



€ureyeopener 2.1: Zoetwatervoorziening Zuidwestelijke Delta en Rijnmond-Drechtsteden

P.N.M. Schipper, G.M.C.M. Janssen, N.B.P. Polman, V.G.M. Linderhof, P.J.T. van Bakel,
H.T.L. Massop, R.A.L. Kselik, G.H.P. Oude Essink en L.C.P.M. Stuyt

€ureyeopener 2.1: Zoetwatervoorziening Zuidwestelijke Delta en Rijnmond-Drechtsteden

P.N.M. Schipper¹, G.M.C.M. Janssen³, N.B.P. Polman², V.G.M. Linderhof², P.J.T. van Bakel⁴, H.T.L. Massop¹,
R.A.L. Kselik¹, G.H.P. Oude Essink³ en L.C.P.M. Stuyt¹

1 Alterra

2 LEI

3 Deltares

4 De Bakelse Stroom

Dit onderzoek is uitgevoerd door Alterra Wageningen UR in opdracht van en gefinancierd door het Ministerie van Economische Zaken, in het kader van het Beleidsondersteunend Onderzoekthema Gebiedsgerichte Deltaprogramma's (projectnummer BO-11-015-019; BO-11-015-031; BO-11-015-038). De applicatie is ontwikkeld met ondersteuning van Kennis Basis Leven met Zout (KB14-005-020).

Alterra Wageningen UR
Wageningen, april 2014

Alterra-rapport 2510
ISSN 1566-7197

Schipper, P.N.M., G.M.C.M. Janssen, N.B.P. Polman, V.G.M. Linderhof, P.J.T. van Bakel, H.T.L. Massop, R.A.L. Kselik, G.H.P. Oude Essink en L.C.P.M. Stuyt, 2014. *€ureyeopener 2.1: Zoetwatervoorziening Zuidwestelijke Delta en Rijnmond-Drechtsteden*. Wageningen, Alterra Wageningen UR (University & Research centre), Alterra-rapport 2510. 70 blz.; 18 fig.; 22 tab.; 72 ref.

Het veiligstellen van de toekomstige zoetwatervoorziening in de Zuidwestelijke Delta en Rijnmond-Drechtsteden (ZWD-RD) kan op verschillende manieren worden geëffectueerd. Elke maatregel die hiertoe wordt overwogen beïnvloedt het chloridegehalte van het polderwater en daarmee de kwaliteit van het beregeningswater voor de landbouw en de ecologische kwaliteit. De huidige zoetwatervoorziening en een reeks maatregelen zijn voor de ZWD-RD gekwantificeerd met behulp van €ureyeopener 2.1, een beleidsondersteunend model dat is ontwikkeld voor beantwoording van vragen over de zoetwatervoorziening door Alterra, Deltares, het LEI en De Bakelse Stroom. €ureyeopener 2.1 is toegespitst op de situatie in de ZWD-RD. Gebruikers kunnen tijdens overleggen met stakeholders (interactief) beoogde maatregelen invoeren; het model berekent dan per omgaande de effecten (waterbehoeften, zoutgehaltes regionale wateren, fysieke opbrengstveranderingen landbouw,) en ook de directe kosten van de maatregelen. In deze rapportage wordt het model beschreven, en de manier waarop, aan de hand van werksessies met actoren in de regio, de uitkomsten van het model zijn getoetst en het model op onderdelen is verbeterd.

Trefwoorden: regionaal waterbeheer, verzilting, zoetwaterbeheer, zoutschade, landbouw, natuur, beslissingsondersteunend systeem, €ureyeopener 2.1.

Dit rapport is gratis te downloaden van www.wageningenUR.nl/alterra (ga naar 'Alterra-rapporten' in de grijze balk onderaan). Alterra Wageningen UR verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

© 2014 Alterra (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, E info.alterra@wur.nl, www.wageningenUR.nl/alterra. Alterra is onderdeel van Wageningen UR (University & Research centre).

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Inhoud

	Woord vooraf	5
	Samenvatting	7
1	Inleiding	9
	1.1 Probleem- en doelstelling	9
	1.2 Aanpak	9
	1.3 Leeswijzer	10
2	Modelbeschrijving	11
	2.1 Modelopzet en modelgebied	11
	2.2 Modelconcepten	12
3	Modelinvoer en -uitvoer	15
	3.1 Datamodel	15
	3.2 Modelinvoer	17
	3.2.1 Invoerbestanden van de gebruiker	17
	3.2.2 Databasebestanden	19
	3.2.3 Modeluitvoer	20
4	Rekenmethode water- en zoutbalans	22
	4.1 Aannames en uitgangspunten	22
	4.2 Water- en zoutbalansen van het oppervlaktewatersysteem	23
	4.3 Effecten van maatregelen op water- en zoutbalansen	25
	4.4 Toekenning van berekening	27
	4.5 Resultaten hydrologische berekening huidige situatie	29
	4.6 Globale toetsing berekende inlaat.	31
	4.7 Aandachtspunten berekening water- en zoutbalans	32
5	Rekenmethode opbrengstverandering landbouw	33
	5.1 Methodiek	33
	5.2 Rekenprincipe zoutschade	33
	5.3 Unieke combinaties (UC's) bodemtype en landgebruik	34
	5.4 Resulterende zoutschadetabellen	37
	5.5 Droogteschade en natschade	38
	5.6 Aandachtspunten agrohydrologische effecten	39
6	Rekenmethode Kosten en baten	41
	6.1 Inleiding	41
	6.2 Algemene aannames en uitgangspunten	42

7	Effecten van maatregelen	44
7.1	Inleiding	44
7.2	Zoetwaterleiding naar Walcheren voor fruitteelt	44
7.3	Peilopzet gebied 'De Paal' Zeeuws-Vlaanderen	47
7.4	Infiltratie in kreekruigen op Schouwen-Duivenland	48
7.5	Efficiënter beregenen in Mark-Vliet polders	53
7.6	Inlaten water met lagere chloridegehaltes	54
7.7	Synthese van maatregelen	59
8	Conclusies en aanbevelingen	60
8.1	Meerwaarde applicatie Eurekaopener	60
8.2	De modelopzet	60
8.3	Toetsing en evaluatie modelresultaten	62
8.4	Veelbelovende maatregelen	63
8.5	Aanbevelingen	63
	Literatuur	64
	Bijlage 1 Verslag werksessie 30-9-2013	67

Woord vooraf

In dit project is expertise van de regionale (agro)hydrologie en hydrogeologie gecombineerd met economische expertise en, in nauwe samenspraak met de opdrachtgever en andere belanghebbenden, vertaald in nieuwe kennis en inzichten die sturend zijn bij de beleidsontwikkeling rond de toekomstige zoetwatervoorziening van de regio Zuidwestelijke Delta en Rijnmond-Drechtsteden. Zoals zo vaak bij vraagstukken rond het regionale waterbeheer is het stellen van (kennis)vragen gemakkelijker dan het geven van antwoorden, zeker als bij de beantwoording als voorwaarde wordt gesteld dat de nieuwe kennis bruikbaar moet zijn bij het maken van afwegingen. Geanalyseerde effecten van kansrijk geachte inrichtings- en beheersmaatregelen moeten daarom op inzichtelijke manier worden voorzien van zo goed mogelijke schattingen van kosten en baten. Deze functionaliteit staat centraal in de snelle, flexibele en transparante applicatie €ureyeopener.

De ontwikkelaars hopen met de nieuw ontwikkelde kennis en de bijbehorende applicatie een bijdrage te leveren aan de ontwikkeling van beleid, gericht op verbetering van de zoetwatervoorziening in de regio en om de potentie van maatregelen als alternatieve zoetwateraanvoer, waterconservering en besparing te verkennen, en deze qua kosten-baten transparant te kunnen afwegen.

Het project werd uitgevoerd in nauwe samenspraak met opdrachtgever Jan Huinink, M.Sc. (Ministerie van Economische Zaken) en de leden van het Afstemoverleg Zoetwater, onder leiding van Ir. Steven Visser. Ik wil hen, mede namens de onderzoekers van het €ureyeopener-team, hartelijk danken voor hun constructieve inbreng.

Wageningen, 15 maart 2014
Lodewijk Stuyt, projectleider

Samenvatting

De zoetwatervoorziening van de regio Zuidwestelijke Delta en Rijnmond-Drechtsteden staat incidenteel onder druk. Het economisch belang van, en de vraag naar zoetwater nemen geleidelijk toe, maar de verwachte effecten van klimaatverandering, maaiveldddaling en zeespiegelstijging op het (beheer van het) watersysteem maken dat het moeilijker wordt om onder alle omstandigheden in deze behoefte te blijven voorzien.

Het Deltaprogramma is gericht op veiligheid en zoetwatervoorziening. Om de huidige en toekomstige zoetwatervoorziening veilig te stellen worden strategieën uitgewerkt. Hierbij is de aandacht niet alleen gericht op het hoofdwatersysteem, maar wordt regionale waterbeheerders gevraagd welke maatregelen zij in hun beheersgebied kunnen nemen om vraag en aanbod beter op elkaar te laten aansluiten. In september 2014 worden de deltabeslissingen genomen. In de hierop volgende uitvoeringsfase is het aan de regio om met de maatregelen aan de slag te gaan. Dit onderzoek wil hieraan bijdragen door de perspectieven van het anders omgaan met zoetwater in beeld te brengen.

Waterbeheerders hebben grote behoefte aan inzicht in hoe zij in tijden van schaarste het zoete water in hun regio zo goed mogelijk kunnen verdelen. In veel gebieden is dit inzicht beperkt. Dit komt omdat de regionale hydrologie van kustnabije regio's van Nederland complex is en de zoet-zoutpatronen sterk van plaats tot plaats verschillen. De waterbeheerders willen voor hun inbreng in het Deelprogramma Zoetwater van het Deltaprogramma ook weten welke maatregelen het meest geschikt zijn om de toekomstige zoetwatervoorziening in hun beheersgebied te verbeteren. Bestaande landelijke modelinstrumenten bleken hiervoor niet geschikt; daarom is de beslissingsondersteunende applicatie €ureyeopener ontwikkeld. Deze applicatie is ingezet om inzicht te geven in hydrologische effecten, gewasopbrengsten, en kosten en baten van veelbelovende maatregelen.

€ureyeopener is een autonoom metamodel met een eigen rekenschema. De applicatie rekent snel omdat het specifieke output van 'state-of-art' berekeningen gebruikt die eerder met diverse (landelijke) modellen zijn verkregen, dit zijn het Nederlands Hydrologisch Instrumentarium (NHI), agrohydrologisch model SWAP en AGRICOM (nat- en droogteschade in de landbouw). Specifieke NHI-uitvoer wordt gebruikt om per deelgebied de water- en zoutbalans, inlaat en zoutconcentraties van het oppervlaktewater te berekenen. De externe modelresultaten van Agricom en SWAP worden geïmporteerd in de vorm van kennistabellen met behulp waarvan de zout-, nat- en droogteschade wordt vastgesteld. Tenslotte worden data uit STONE gebruikt voor de parameterisering van de SWAP-profielen.

€ureyeopener berekent de watervraag, nodig voor peilbeheer en doorspoelen, de zout-, nat- en droogteschade van landbouwgewassen, de - gebied specifieke - geldelijke opbrengsten van landbouwgewassen, de beregeningsbehoefte en de kosten van maatregelen. De methodiek om de vaste en variabele kosten en baten te berekenen is afgestemd op de Standaard Systematiek Kostenramingen (SSK-2010) die in het Deltaprogramma wordt toegepast. Nieuwe inzichten in zouttolerantie van gewassen, gewasopbrengsten of nieuwe releases van de landelijke modellen kunnen gemakkelijk in de applicatie worden verwerkt: €ureyeopener wordt steeds aangepast aan de nieuwste kennis en blijft daarmee up-to-date.

In €ureyeopener zijn diverse opties ingebouwd om effecten van maatregelen instantaan te kunnen evalueren en deze informatie te delen. Voor de regio Zuidwestelijke Delta en Rijnmond-Drechtsteden zijn vijf veelbelovende maatregelen uitgewerkt qua effecten, kosten en baten. De ruimtelijke en temporele resolutie is afgestemd op de gewenste inzichten. Tussenresultaten zijn diverse malen uitgebreid met de regio bediscussieerd (Afstemoverleg Zoetwater). De applicatie is ten opzichte van de eerste versie voor deze regio (V2.0, maart 2013) op een aantal punten aangepast en verbeterd. De resultaten zijn qua berekende wateraanvoer plausibel en de kosten en baten sluiten aan bij de beleving van de actoren.

De transparante combinatie/integratie van 'externe' resultaten met kennis van onderzoekers en kennis/ervaring van waterbeheerders en andere stakeholders die €ureyeopener biedt is uniek. Het biedt een laagdrempelig platform waar kennis en ervaringen met grote betrokkenheid worden gedeeld, en onvolkomenheden in toeleverende modellen worden opgespoord en benoemd ('regionale toetsing'). Op grond van de gedeelde informatie wordt de applicatie gaandeweg verbeterd: de betrokkenen zien dat hun kennis en ervaring ertoe doet en in €ureyeopener een plaats krijgt.

De effecten van volgende maatregelen zijn met €ureyeopener V2.1 verkend:

1. pijpleiding zoetwater doortrekken naar Walcheren om fruitteelt mogelijk te maken;
2. waterconservering door infiltratie in kreekruigen (met wateraanvoer);
3. waterconservering door peilopzet zonder wateraanvoer (pilot Zeeuws Vlaanderen);
4. waterbesparing door efficiënter beregenen;
5. verlaging van zoutgehaltes van de inlaat.

De regionale maatregelen voor waterconservering (peilopzet en infiltratie in kreekruigen) en verlaging van de zoutgehaltes van inlaatwater blijken economisch gunstig. Dit is ook de perceptie van de actoren, maar met de €ureyopener kan dit ook kwantitatief worden onderbouwd. De pijpleiding heeft een duidelijk negatief saldo, efficiënter beregenen valt ook enigszins negatief uit.

De hoeveelheden inlaat voor peilbeheer en doorspoelen zijn qua orde van grootte in overeenstemming met hetgeen uit meetdata en praktijkkennis van waterbeheerders naar voren komt. Het verdient echter sterk de aanbeveling om het model en de resultaten per gebied te evalueren in nauwe samenwerking met de regionale waterbeheerders. Daarbij kan dan bestudeerd worden in hoeverre de modelresultaten voor de hydrologie, gewasopbrengsten, geldelijke opbrengsten en kosten maatregelen plausibel zijn en kan het model interactief daarop worden bijgesteld.

1 Inleiding

1.1 Probleem- en doelstelling

Tijdens lange droge perioden dreigt in Nederland een tijdelijk tekort aan zoetwater met als gevolg schade voor landbouw, industrie, scheepvaart en natuur. Door klimaatverandering, zeespiegelrijzing en voortgaande bodemdaling neemt de verzilting in laag Nederland toe, terwijl de vraag naar zoetwater door economische ontwikkelingen waarschijnlijk zal stijgen. Daarom moet de huidige strategie van de zoetwatervoorziening qua vraag en aanbod worden herzien. Het deelprogramma Zoetwater van het Deltaprogramma neemt het beleid onder de loep en brengt problemen en mogelijke oplossingen in kaart.

Waterbeheerders hanteren de zoetwatervoorziening veelal volgens ongeschreven beheersregels en missen vaak het overzicht hoe hun watersysteem ten aanzien van de zoetwater-voorziening functioneert. Voor het Deelprogramma Zoetwater is behoefte aan transparant kwantitatief inzicht in de problematiek van verzilting en met welke maatregelen de situatie kan verbeteren. Omdat het beschikbare modelinstrumentarium (i.c. het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium, NHI) hierin niet goed kan voorzien, heeft Rijkswaterstaat Waterdienst op verzoek van het Deelprogramma Zoetwater Alterra, Deltares, LEI en Bakelse Stroom opdracht gegeven het voor Rijnland ontwikkelde model de €ureyeopener, verder te ontwikkelen en toe te passen voor de Zuidwestelijke Delta en Rijnmond-Drechtsteden (ZWD RD).

Dit heeft geresulteerd in €ureyeopener 2.0. Dit model berekent voor de ZWD-RD de behoefte aan de inlaat van water uit op basis van de chlorideconcentratie van het water en de streefwaarde van chloride voor het doorspoelen. Direct hieraan gekoppeld rekent het model de zout-, nat- en droogteschade uit in de vorm van opbrengstdepressies (%) en in euro's. In het model zijn vijf specifieke maatregelen ingebouwd, doorgerekend en in een concept memo gerapporteerd. Naast de variabele baten voor de landbouw (minder schade en/of duurdere gewassen) zijn de kosten van deze maatregelen in het model verwerkt. Het model gebruikt kennisregels en data van landelijke modellen als het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (NHI, versie 2.1), STONE (versie 2.3, Groenendijk, 2012) en Agricom (versie 2.01, Mulder 2014), en hanteert voor de kosten/baten de Standaardsystematiek Kostenramingen die ook in het Deltaprogramma wordt toegepast.

De meerwaarde ten opzichte van bestaande modellen (Deltamodel, blokkendoos, NHI) wordt door de actoren in de ZWD-RD onderkend. Voor acceptatie van de modelresultaten door de waterbeheerders is behoefte aan een beschrijving van het model, toetsing van resultaten en verbetering van aannamen en/of modelconcepten op een aantal onderdelen. Daarom heeft EZ op verzoek van het afstemoverleg ZWD-RD opdracht gegeven het model te beschrijven, te toetsen, enkele belangrijk geachte verbeteringen aan te brengen en hierover schriftelijk te rapporteren.

1.2 Aanpak

€ureyeopener 2.1 is een modelinstrument waarin kennisregels en (model)data zodanig zijn gebundeld en gekoppeld dat de zoetwatervraag van de landbouw, de zout- nat- en droogteschade en de effecten van diverse maatregelen op transparante (interactieve) wijze worden berekend. De deelmodellen en de resultaten van de vijf type maatregelen zoals doorgerekend met €ureyeopener 2.0 zijn beschreven. Op 30 september 2013 zijn twee werksessies georganiseerd met de waterbeheerders. De methodiek van het model, de gebruikte concepten en de doorgerekende maatregelen zijn toen uitgebreid besproken.

Aan de hand van deze werksessies zijn verbeterpunten geïdentificeerd. In overleg met de opdrachtgever zijn vervolgens enkele belangrijke verbeteringen aangebracht en verwerkt in versie €ureyeopener 2.1. Hiermee zijn de type maatregelen opnieuw doorgerekend en gepresenteerd tijdens een brede bijeenkomst 'Zoet water in de Zuidwestelijke Delta' te Goes op 18 december 2013.

1.3 Leeswijzer

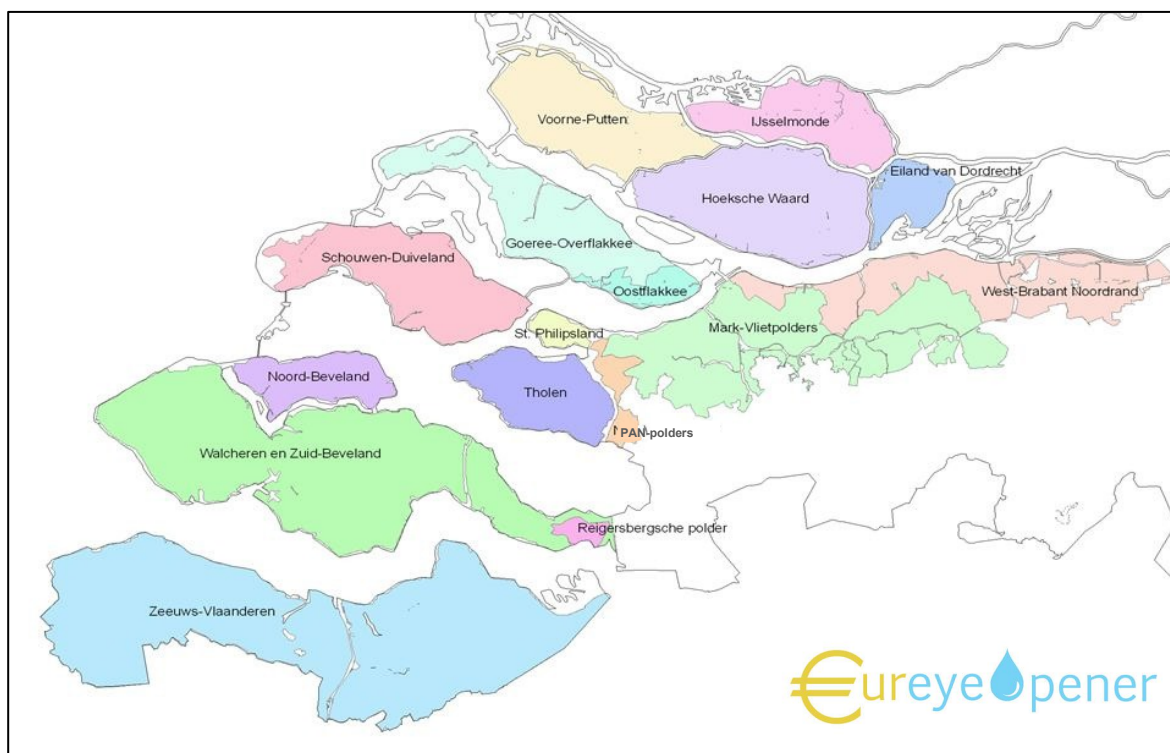
Dit rapport beschrijft de applicatie €ureyeopener 2.1 die is ontwikkeld en toegepast voor de ZWD-RD, en de erin doorgevoerde verbeteringen ten opzichte van de versie 2.0 (mei, 2012). Een algemene beschrijving is opgenomen in hoofdstuk 2. De structuur en koppelingen van de (meta)tabellen en de modelinvoer- en uitvoer wordt beschreven in hoofdstuk 3. De modules voor de watervraag en landbouwschade worden behandeld in hoofdstuk 4 en 5. De methodiek voor de kosten en baten voor vijf maatregelen wordt beschreven in hoofdstuk 6. De uitwerking hiervan volgt in hoofdstuk 7. De conclusies en aanbevelingen zijn geformuleerd in hoofdstuk 8.

2 Modelbeschrijving

2.1 Modelopzet en modelgebied

€ureyeopener 2.1 is een laagdrempelig model dat voor een regio of (deel)stroomgebied snel en interactief inzicht biedt in de huidige zoetwatervoorziening en mogelijkheden om in tijden van waterschaarste anders om te gaan met de zoetwaterverdeling, vraag en aanbod. Effecten van mogelijke maatregelen worden gekwantificeerd in termen van een (landbouw)areaal waarop de maatregel (binnen een gekozen regio) van toepassing kan zijn, de verandering in zoetwaterinlaat waarmee de maatregel gepaard gaat, en de kosten en baten, uitgedrukt in euro's. De eerste versie is in Excel ontwikkeld voor het beheersgebied van Rijnland (Stuyt et al., 2013). Voor de toepassing in de Zuidwestelijke Delta en Rijnmond Drechtsteden (ZWD-RD) is het model verder ontwikkeld. Om de gewenste uitbreiding van functionaliteit te realiseren is het model omgezet in de programmeertaal Fortran.

De zoetwatervraag, kosten en baten van de referentiesituatie en de maatregelen worden voor elk van de deelgebieden van de ZWD-RD afzonderlijk in beeld gebracht. De indeling in deelgebieden is weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1 Deelgebieden in de Zuidwestelijke Delta en Rijnmond-Drechtsteden.

Belangrijke uitgangspunten voor de modelopzet van €ureyeopener voor de ZWD-RD zijn de volgende kenmerken:

- De eilanden functioneren qua waterbeheer grotendeels autonoom.
- De helft van de eilanden heeft geen mogelijkheid om van elders zoet oppervlaktewater aan te voeren.
- Er is veel grondgebonden landbouw; door te beregenen met brak oppervlaktewater wordt het bodemvocht rond de wortels van de gewassen zouter en dit kan leiden tot zoutschade.

- Naast beregening zijn andere bronnen van zoetwater voorhanden, namelijk een bestaande landbouwwaterleiding en zoet grondwater onder kreekruigen dat benut mag worden voor beregening als de zoetwaterbel dieper reikt dan 15 m beneden maaiveld.

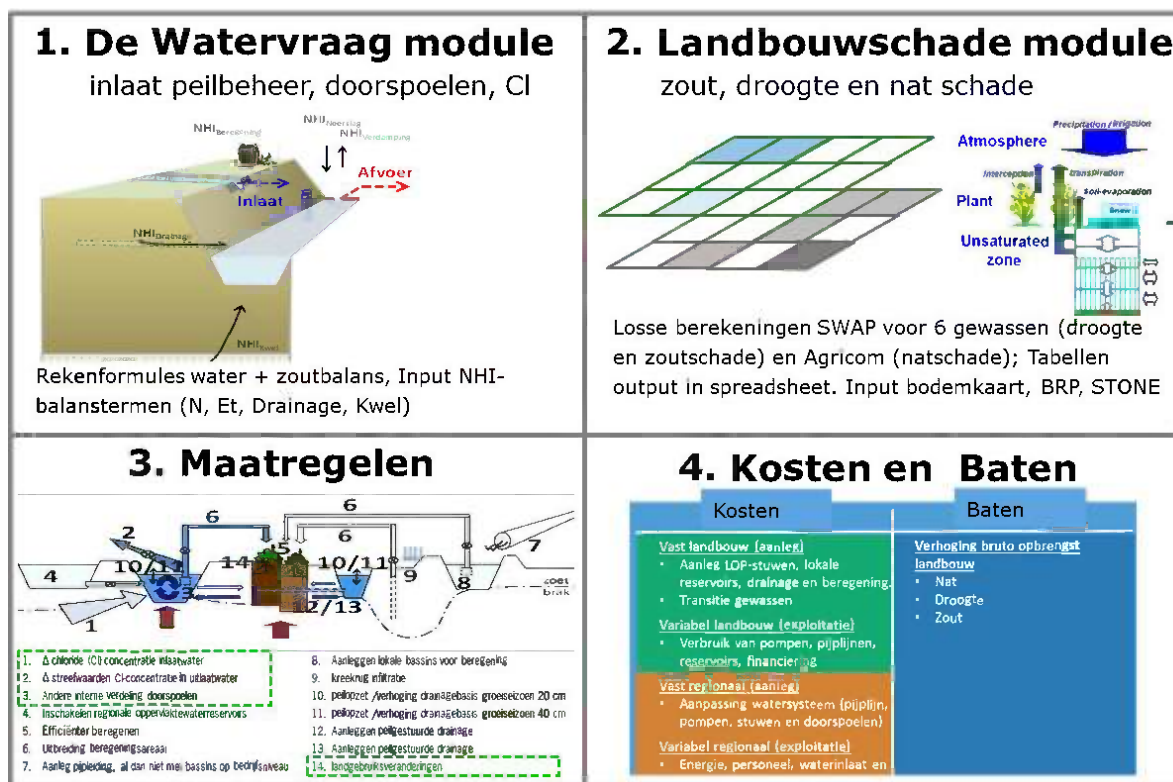
2.2 Modelconcepten

€ureyeopener 2.1 is een model dat voor de ZWD-RD de watervraag, zout-, nat- en droogteschade berekent en daarbij de kosten en baten van enkele typen maatregelen kwantitatief in beeld brengt. Het model berekent analytisch de zoetwaterinlaat, van een polder of andere hydrologische eenheid, die nodig is om het oppervlaktewater op peil te houden en zodanig met zoeter inlaatwater door te spoelen, dat een bepaalde streefwaarde voor chloride niet wordt overschreden. Het model monteert hierbij vooral kennisregels en data van modellen zoals het NHI, SWAP, STONE en AGRICOM, en is aangevuld met economische kentallen voor regio-specifieke opbrengsten van gewassen en directe en indirecte kosten van maatregelen.

Het model bestaat uit vier gekoppelde modules:

1. **Watervraag:** deze module berekent de watervraag die in een deelgebied (polder, eiland, afwateringsgebied) 's zomers nodig is voor peilhandhaving en extra inlaat (doorspoelen) om de zoutgehalten omlaag te brengen tot het gewenste niveau.
2. **Landbouwschade:** deze module berekent, op basis van agrohydrologische berekeningen, voor de zout- en droogteschade van grondgebonden gewassen (model SWAP), de beregeningsbehoefte en de natschade (model AGRICOM).
3. **Maatregelen:** in deze module zijn diverse maatregelen ingebouwd die de hydrologische effecten van maatregelen berekenen op grondwaterstanden, extra berging van zoet water, efficiëntere routing van zoetwater aanvoer en dergelijke.
4. **Kosten en baten:** deze module kwantificeert de geldelijke opbrengsten van gewassen op basis waarvan de schade en de vaste en variabele kosten van maatregelen in euro's wordt uitgedrukt.

De modules van €ureyeopener zijn schematisch weergegeven in Figuur 2.



Figuur 2 Schematische weergave van de vier modules in €ureyeopener 2.1.

De kern van €ureyeopener 2.0 is een hydrologisch rekenschema waarin per deelgebied een water- en zoutbalans wordt berekend voor het zomerhalfjaar van 1976 (1% droog jaar), 1989 (10% droog jaar) en het langjarige zomerhalfjaargemiddelde over de periode 1962-1990¹. Met output van landelijke modellen (NHI), wordt op basis van neerslag, verdamping, drainage, kwel/wegzijging, infiltratie vanuit waterlopen en berekening uit oppervlaktewater per deelgebied berekend hoeveel inlaatwater in een zomerhalfjaar nodig is om het open water in de polders op peil te houden, hoeveel extra doorspoelwater nodig is om het chloridegehalte in het open water in de polders tot een bepaald streefpeil te verlagen. De zoutgehalten van het grondwater worden ontleend van het NHI (Nederlands Hydrologisch Instrumentarium); de concentraties van het inlaatwater en de beoogde streefwaarden worden handmatig per deelgebied ingevoerd.

De opbrengstdepressies (schade) van landbouwgewassen vormen de basis voor de berekening van de variabele kosten/baten. Dit zijn opbrengstdepressie door droogte-, zout- en natschade.

De droogte- en natschade wordt berekend met respectievelijk SWAP en Agricom. Uit STONE (versie 2.4; Groenendijk et al., 2012) zijn op basis van een bodem- en hydrologische kenmerken drie rekenplots gekozen (klei, zavel, klei op zand) om met SWAP scenario's voor berekening (met zoet en brak tot zout water) en effecten van peilopzet in de zomer door te rekenen. Deze SWAP-berekeningen zijn zo uitgevoerd voor 'unieke combinaties' (UC's) van de drie in STONE gedefinieerde bodemprofielen en zes (clusters van) grondgebonden landbouwgewassen. Met als invoer de klimaatreeks van 1962-1990 zijn hiermee de GHG en GLG berekend, en wordt de watervraag voor berekening en sub-infiltratie berekend. De droogteschade wordt dan berekend als het verschil tussen de actuele en potentiële verdamping gedeeld door de potentiële verdamping.

De berekening van de zoutschade in de landbouw is als volgt. Met SWAP is voor de genoemde profielen de klimaatreeks doorgerekend met een zoutgehalte van het beregeningswater van respectievelijk 0, 50, 100, 150, 250, 500, 750, 1000, 1250, 1500, 2000, 3000, 4000 en 5000 mg/l. Als SWAP hiermee een zoutgehalte in de wortelzone berekent dat hoger is dan de drempelwaarde voor zoutschade van het gewas, wordt een verminderde verdamping berekend die als maat gehanteerd wordt voor beperking van de gewasgroei. De zoutschade is gedefinieerd als de afname van de verdamping ten opzichte van de verdamping bij een zoutconcentratie van 0 mg/l. De SWAP-rekenresultaten zijn als tabellen opgenomen in €ureyeopener 2.0 op het niveau van iedere 250×250 m gridcel. Voor iedere gridcel is vanuit de BRP (=BasisRegistratie Percelen) de areaalverdeling van de zes gewassen afgeleid. Voor drie niet-grondgeboden clusters zijn generieke kentallen voor zoutschade gehanteerd.

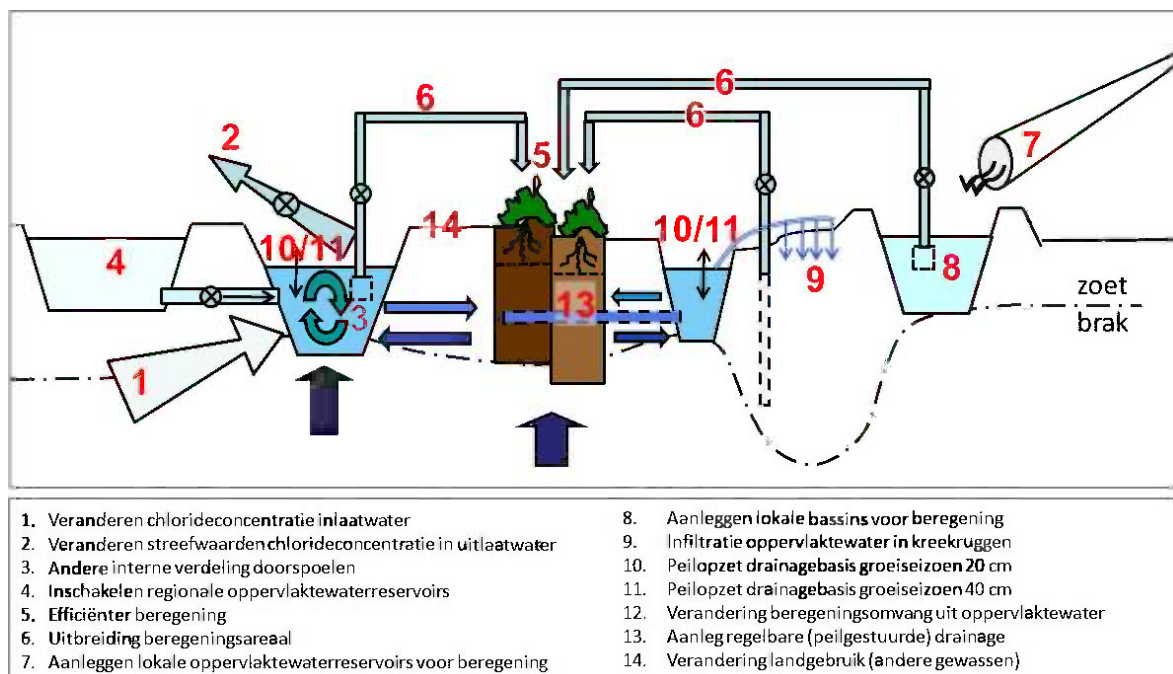
Zoals aangegeven zijn voor de unieke combinaties met SWAP ook de GHG en GLG berekend die vervolgens zijn vertaald in nat- en droogteschade. Ook deze resultaten zijn in tabelvorm in €ureyeopener 2.0 opgenomen. De fysieke schades (verandering van gewasopbrengsten) zijn vertaald naar euro's op basis van bij het LEI beschikbare gegevens over saldi per gewas of cluster van gewassen. De in- en output van het model en de manier waarop de verschillende onderdelen in elkaar grijpen wordt uitgelegd in hoofdstuk 3.

Het modelconcept van €ureyeopener 2.0 kan als volgt worden samengevat:

- I. Watervraag: €ureyeopener 2.0 rekent per deelgebied met input van het NHI de waterbalans en zoutbalans voor 1976 (1% droog jaar), 1989 (10% droog jaar) en het langjarig gemiddelde van 1981 – 2010. De inlaat voor peilhandhaving wordt als sluitpost op de waterbalans berekend uit de balans termen neerslag, verdamping, kwel en berekening uit het oppervlaktewater. Deze balans termen worden op deelgebiedniveau ontleend aan de rekenresultaten van het NHI. De berekening van de totale watervraag omvat naast inlaat voor peilhandhaving ook extra doorspoelwater om de zoute kwel te verdunnen. Deze hoeveelheid doorspoelwater wordt ook over het gehele zomerhalfjaar berekend op basis van het zomergemiddelde chloridegehalte in de polderwateren zonder

¹ De 'keuze' voor de periode 1962-1990 was pragmatisch: dit was de enige periode waarvoor tijdens de ontwikkeling van €ureyeopener 2.0 volledige uitvoer (i.c. met 'zout') van het NHI beschikbaar was.

- doorspoelen, het gewenste streefniveau voor chloride en het chloridegehalte van het water dat voor doorspoelen kan worden ingelaten. Dit concept wordt verder uitgelegd in hoofdstuk 4.
- II. De zoutschade wordt berekend met SWAP voor 3×6 unieke combinaties van bodemtype en gewas die zijn toebedeeld voor een grid van 25×25 m; de boven- en onderrandvoorwaarden van deze 1-dimensionale SWAP-rekenprofielen zijn per bodemtype gelijk (zomer-/winterpeil, kwelflux en bijbehorende zoutgehalte). Dit concept wordt nader uitgelegd in hoofdstuk 5.
 - III. Voor droogteschade zijn metarelaties afgeleid door met SWAP voor de 250×250 m grids de GHG en GLG te berekenen. De output hiervan is in tabelvorm in €ureyeopener 2.0 opgenomen. De droogteschade is aldus de met SWAP berekende afname van de verdamping die optreedt als gevolg van een tekort (in de wortelzone) van bodemvocht.
 - IV. Voor natschade is, voor dezelfde periode, het model Agricom gerund en met als input de 18 onderscheiden combinaties van drie bodemtypen en zes gewassen en de daarbij door SWAP berekende GLG-GHG. In de SWAP-modellen wordt ook de beregeningsbehoefte berekend. Vanuit de berekeningskaart worden deze hoeveelheden in de grids van €ureyeopener toebedeeld aan beregening uit oppervlaktewater of grondwater.
 - V. De geldelijke schades zijn berekend door per clustergewas uit te gaan van saldi. Landelijk beschikbare saldi zijn hiertoe regio specifiek gemaakt voor de deelgebieden die in de ZWD-RD voor deze studie zijn onderscheiden. De uitgangspunten en rekenwijze van de kosten en baten worden nader beschreven in hoofdstuk 6.
 - VI. Overzicht per deelgebied: de resultaten worden vanuit de rekengrids gesommeerd naar het niveau van de zestien onderscheiden deelgebieden van de ZWD-RD. Dit gaat om de watervraag voor beregening en subinfiltratie, zoutschade, nat- en droogteschade.
 - VII. Maatregelen: in €ureyeopener versie 2.0 zijn twaalf typen maatregelen ingebouwd. Hiervan zijn de kosten en baten in euro's uitgedrukt. Hydrologische effecten van maatregelen worden bepaald op basis van metarelaties die per rekeneenheid zijn afgeleid van SWAP- en NHI-berekeningen en expertkennis. Uitgaande van de bestaande (referentie) situatie zijn in de €ureyeopener 2.0 in totaal veertien typen maatregelen worden opgegeven. Figuur 3 geeft een overzicht van deze maatregelen.



Figuur 3 Schematische weergave van maatregelen die met €ureyeopener 2.1 genomen en geëvalueerd kunnen worden.

3 Modelinvoer en -uitvoer

3.1 Datamodel

Zoals aangegeven monteert de €ureyeopener in feite (meta)data en kennisregels en berekent daarmee op een eenvoudige manier een water- en chloridebalans, opbrengstderving, kosten en baten.

In grote lijnen werkt €ureyeopener als volgt. De tool berekent op 25x25m gridcelbasis watervragen (berekening en infiltratie) en schade (zout-, droogte- en natschade). Dit doet €ureyeopener successievelijk voor een situatie met-, en een situatie zonder de implementatie van maatregelen. In de 'huidige' situatie wordt het doorspoelregime afgestemd op inlaatconcentratie, streefconcentratie en de waterbalans van het deelgebied zoals verkregen vanuit het NHI 2.1. In de 'situatie na maatregelen' wordt de waterbalans van het deelgebied aangepast aan de berekende verandering in de watervraag na implementatie van de maatregelen, wat effect heeft op het doorspoelregime. De berekende verschillen in schades tussen 'voor' en 'na', evenals kosten of besparingen die samenhangen met veranderd waterverbruik en/of doorspoelregime, worden vervolgens afgewogen tegen de berekende kosten van de maatregelen.

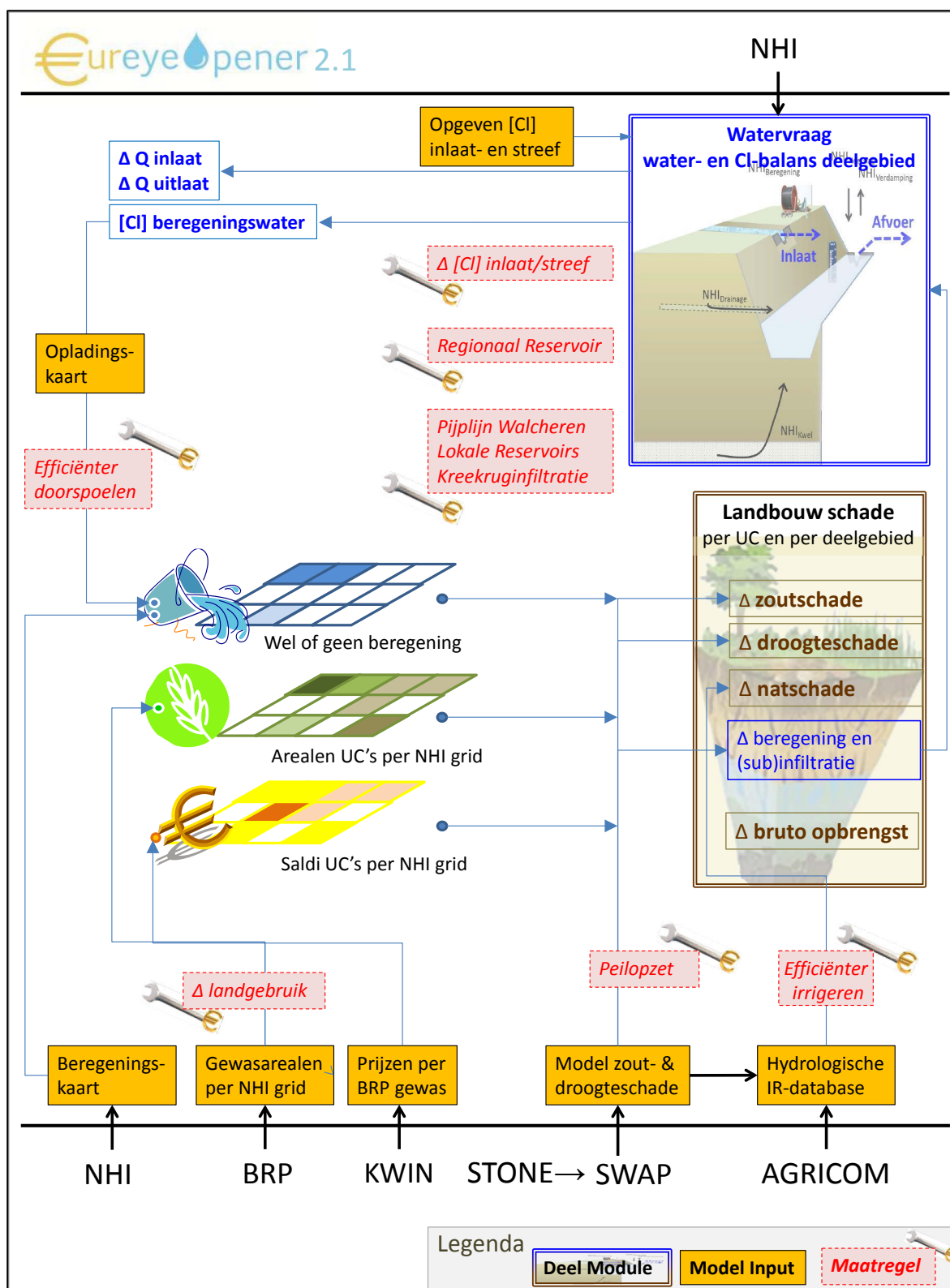
De procedure wordt hieronder in iets meer detail uitgelegd aan de hand van Figuur 4. In de volgende hoofdstukken worden de gehanteerde rekenregels exact gerapporteerd.

De essentie van de werkwijze van het model wordt weergegeven in het datamodel dat getoond wordt in Figuur 4. De modelnamen boven en onder de horizontale zwarte strepen in Figuur 4 zijn 'toeleverende' modellen en databases die buiten de tool €ureyeopener vallen. Het gaat om het NHI, de Basis Registratie Percelen (BRP), SWAP en Agricom. Deze modellen zijn gebruikt om informatie aan te ontleen en/of databases samen te stellen die wél onderdeel zijn van de €ureyeopener. De oranje tekstvakken zijn invoer. Niet alle invoer is vermeld omdat dit de figuur onoverzichtelijk zou maken. Alleen de voor het begrip van de werking van de tool belangrijkste invoer wordt vermeld. Het gaat om:

- De water- en stoffenbalans van het deelgebied, verkregen vanuit NHI 2.1-modelresultaten;
- De heersende inlaat- en streefconcentratie van het boezemsysteem;
- De beregeningskaart van het NHI 3.0;
- De opladingskaart (hieronder uitgelegd);
- De gewasarealen per NHI-grid, vanuit de BRP;
- De prijzen/saldi van de BRP-gewassen (in €/ha);
- De zoutschadetabel, samengesteld uit experttabellen en SWAP-berekeningen zoals uitgelegd in hoofdstuk 5;
- Een hydrologische invoer-respons (IR) database die tot op heden gevuld is met hydrologische respons (G×G, droogteschade in %, natschade in %, watervraag voor berekening en watervraag voor (sub)infiltratie) op 20 en 40 cm peilverhoging. De opbouw van deze invoer wordt nader besproken in hoofdstuk 4.

De sleutels met rode tekstvakken geven aan op welke modelonderdelen de in €ureyeopener 2.1 opgenomen maatregelen aangrijpen.

Als natuurlijk startpunt voor de uitleg van de procedure kan de water- en stoffenbalans van het (deel)gebied genomen worden; zie rechtsboven in Figuur 4. Denk in eerste instantie de sleutels met rode tekstvakken weg. Dan resteert de uitgangssituatie. Zoals gezegd is deze waterbalans, die verkregen wordt uit NHI 2.1 modelresultaten invoer voor de tool. Met deze waterbalans wordt, samen met de opgegeven invoer- en streefconcentraties, het doorspoelregime berekend (inlaatdebiet, uitlaatdebiet, uitlaatconcentratie), volgens de in hoofdstuk 4 uiteengezette rekenregels.



Figuur 4 Datamodel van €ureyeopener 2.1.

Met de opgelegde inlaatconcentratie en de berekende uitlaatconcentratie wordt een opladingscurve opgesteld (default: linear). De opladingscurve bestaat uit tien chlorideconcentraties (op- of aflopend van de inlaat- naar de uitlaatconcentratie) die elk aan een specifiek areaal van het deelgebied worden toegekend. Dit gebeurt aan de hand van een invoerkaart waarop de tien klassen aangegeven staan. Als geen kaart wordt opgegeven, verdeelt de tool de tien chlorideconcentraties oplopend van laag naar hoog in noord-zuid richting over het gebied, in tien qua areaal min of meer even grote gebieden.

Vanuit de beregeningskaart in combinatie met aannamen omtrent van welke UC's aangenomen mag worden dat ze beregend worden (zie sectie 4.4) is bekend welke NHI-gridcellen/UC's met deze tien chlorideconcentraties daadwerkelijk geïrrigeerd worden (berekening uit oppervlaktewater in gebieden met wateraanvoer), welke geïrrigeerd worden met zoetwater (berekening uit grondwater of reservoirs) of niet geïrrigeerd worden. Als de NHI-gridcel volgens de beregeningskaart beregend wordt moet de gebruiker specificeren welke UC's binnen de NHI-gridcel geïrrigeerd worden. Zo kan men er bijvoorbeeld voor kiezen om grasland niet te beregenen (zie sectie 4.4).

Vanuit de BRP-informatie is per NHI-grid bekend wat de arealen van de UC's zijn, en de gewas-opbrengsten van deze UC's. Uit de hydrologische IR-database is per UC bekend hoe groot de nat- en droogteschaden in de uitgangssituatie zijn (in %), en hoe groot de watervraag is bij irrigatie en (sub)infiltratie. Zoals gemeld in hoofdstuk 5 wordt in de hydrologische IR-database onderscheid gemaakt in beregende en niet-beregende UC's.

De droogte- en natschade in %, gecombineerd met de saldi per UC, leveren de nat- en droogteschade in € (al dan niet per hectare), per UC en geaggregeerd over het gehele deelgebied. Bovendien worden de watervragen geaggregeerd over het deelgebied. De combinatie van de zoutschadetabel met de beregeningskaart en de toegekende chlorideconcentraties van het irrigatiewater levert per UC en geaggregeerd over het deelgebied de zoutschade in Euro's (al dan niet per hectare).

Vervolgens worden de effecten na implementatie van de maatregelen gekwantificeerd. Figuur 4 laat zien *waar* de maatregelen in de rekenprocedure ingrijpen; het volgende hoofdstuk gaat in op *hoe* dit gebeurt.

Maatregelen kunnen indirect effect hebben op de waterbalans, bijvoorbeeld als door efficiënter beregenen of waterconservering minder beregeningswater nodig is. Dit effect wordt verdisconteerd in de berekening van de water- en zoutbalans.

3.2 Modelinvoer

Deze paragraaf beschrijft alle invoerbestanden die noodzakelijk zijn voor het runnen van de €ureyeopener. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen invoerbestanden die door de gebruiker aangeleverd moeten worden en databasebestanden. Databasebestanden worden niet door de gebruiker aangepast; deze zijn bij de ontwikkeling van de huidige versie van de €ureyeopener klaargezet voor de Zuidwestelijke Delta en Rijnmond-Drechtsteden. In de overige invoerbestanden moet de gebruiker wel keuzes opgeven.

3.2.1 Invoerbestanden van de gebruiker

De invoerbestanden van de gebruiker bestaan uit twee tekstbestanden (*.txt) en drie kaartbestanden (*.asc). Het format van de *.txt bestanden is vanzelfsprekend. De gebruiker hoeft desgewenst alleen de getallen in de bestanden aan te passen. Het format van de *.asc bestanden is het standaard asc formaat zoals geproduceerd door software als iMod of ArcMap.

Keuzes.txt

In het bestand Keuzes.txt geeft de gebruiker, in combinatie met het kaartinvoerbestand Maatregelen.asc (zie hieronder), welke maatregelen waar van toepassing zijn. Achtereenvolgens moet de volgende invoer opgegeven worden:

- Inlaatconcentratie 'VOOR' (default inlaatconcentratie), in mg/L, per deelgebied;
- Inlaatconcentratie 'NA' in mg/L, per deelgebied;
- Streefconcentratie 'VOOR' in mg/L, per deelgebied;
- Streefconcentratie 'NA' in mg/L, per deelgebied;
- De toe te passen distributiefactor (voor de maatregel Efficiënter Doorspoelen, bepalend voor de vorm van de opladingscurve) per deelgebied. Default = 1.0;
- De grootte van een eventueel toe passen regionaal reservoir, in ha, per deelgebied. Default = 0.0;

- De chlorideconcentratie in een eventueel toe te passen regionaal reservoir, in mg/L, per deelgebied. Default = 0.0;
- De vermindering van irrigatieverliezen (efficiënter irrigeren), in %, per deelgebied; Default = 0.0;
- De capaciteit van een aan te leggen pijplijn, in m³/s, per deelgebied. Default = 0.0;
- De lengte van deze pijplijn, in km, per deelgebied. Default = 0.0;
- Landgebruiksveranderingen per deelgebied. Deze invoer bestaat uit drie regels:
 - *Regel 1*: per deelgebied kan hier een gewasnummer gekozen worden, waarna alle teelten in het gekozen gebied (zoals aangegeven in het kaartinvoerbestand Maatregelen.asc) worden omgezet naar het gekozen gewas. Default = 0 (geen gewasnummer, dus geen landgebruiksveranderingen). Als een gewasnummer gekozen wordt in regel 1, zijn de regels 2 en 3 niet meer van toepassing.
 - *Regels 2 en 3*: per deelgebied kan hier een gewasnummer gekozen worden, waarna dit gewasnummer in het gekozen gebied (zoals aangegeven in het kaartinvoerbestand Maatregelen.asc) vervangen wordt door het in Regel 3 per deelgebied gekozen gewas.
- Als zowel in regel 1 als in regel 2 en/of 3 voor een deelgebied een gewasnummer is gekozen, resulteert dat in een foutmelding, omdat in dat geval niet-eenduidige modelinvoer is gegeven,
- Extra te realiseren grondwateraanvulling per categorie op de kansenkaart voor kreekruuginfiltratie, in mm/jaar, voor vier categorieën: geschikt-matig geschikt-matig ongeschikt-ongeschikt,
- Verdeling van de berekening over de negen gewasklassen van de uc's. Per gewasklasse kan worden opgegeven of deze klasse berekend wordt als aanvoerwater beschikbaar is (huidige berekeningskaart) of gerealiseerd wordt (pijplijn, kreekruuginfiltratie). Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen gebieden met wateraanvoer en gebieden zonder wateraanvoer, zie sectie 4.4).
- Keuze van het deelgebied waarvoor de modeluitvoer gevisualiseerd moet worden (in pop-up window en pdf bestand).

Bestand 'Maatregelen.asc'

Maatregel 1 (aanpassen inlaatconcentratie);

Maatregel 2 (aanpassen streefconcentratie);

Maatregel 3 (efficiënter doorspoelen);

Maatregel 4 (regionaal reservoir) en

Maatregel 5 (efficiënter irrigeren)

Gelden voor het gehele deelgebied waarvoor de defaultwaarden worden aangepast. Van de overige maatregelen kan, op gridbasis, worden aangegeven waar deze van toepassing zijn. Dit gebeurt in het kaartinvoerbestand Maatregelen.asc.

De default versie van bestand 'Maatregelen.asc' is een kaart op NHI-gridcelresolutie met de waarde 0 in gridcellen waarin UC's liggen en de waarde -1 in de overige cellen (in principe dus alle gridcellen zonder landbouw). Het toepassingsgebied van de maatregelen kan worden aangegeven door in het gekozen gebied de 'nullen' te vervangen met het nummer van de betreffende maatregel:

- 6 Voor uitbreiding berekening (zonder extra infrastructuur).
- 7 Voor het verzorgingsgebied van de pijplijn.
- 8 Voor lokale reservoirs (één buffer per 1.000 ha à 0,15 Mm³).
- 9 Voor de implementatie van kreekruug-infiltratie.
- 10 Voor 20 cm peilverhoging met LOP-stuwen.
- 11 Voor 40 cm peilverhoging met LOP-stuwen.
- 12 Voor 20 cm peilverhoging met regelbare drainage.
- 13 Voor 40 cm peilverhoging met regelbare drainage.

De in bestand 'Keuzes.txt' eventueel gekozen landgebruiksveranderingen worden in alle cellen toegepast waar de waarde groter is dan nul. Veranderingen in landgebruik kunnen dus altijd in combinatie met de overige maatregelen worden doorgevoerd. Als alleen veranderingen in landgebruik doorgevoerd moeten worden, zonder de maatregelen 6-13, moet een getal groter dan 13 worden opgegeven .

Effecten van maatregelen 1-5 kunnen worden doorgerekend in combinatie met elkaar, en in combinatie met maatregelen 6-13. Maatregelen 6-13 kunnen niet op dezelfde locatie in combinatie met elkaar doorgerekend worden, maar wel als zij op verschillende locaties worden geïmplementeerd.

Bestand 'Opladingscategorieën.asc'

In de kaart 'Opladingscategorieën.asc' kan de gebruiker de verdeling van de opladingscategorieën 1-10 over de deelgebieden aangeven. Hier kan de gebruiker dus eventueel de kennis kwijt die er bestaat over hoe het oppervlaktewater ruimtelijk oplaadt met chloride. Als geen kaart wordt gespecificeerd verloopt de oplading per deelgebied altijd in benedenstroomse richting en beslaat elke van de tien opladingscategorieën 10% van het areaal.

Bestand 'Kosten_Kentallen.txt'

In het tekstinvoerbestand 'Kosten_Kentallen.txt' moet de gebruiker de gewenste kostenkentallen opgeven die te maken hebben met de implementatie van maatregelen en het verbruik van water. Het gaat om:

- Variabele kosten irrigeren (€/m³).
- Variabele kosten verbruik water uit pijplijn (€/m³).
- Eenheidsprijs aanleg pijplijn (€/km/jaar).
- Eenheidsprijs aanleg distributienetwerk (€/km/jaar).
- Eenheidsprijs aanleg innamestation (€/jaar).
- Eenheidsprijs aanleg bassin (voor berging pijplijnwater (€/jaar).
- Vaste kosten aanschaf/aanleg beregeningsinstallaties (€/ha/jaar).
- Vaste kosten aanleg LOP-stuwen (€/ha/jaar).
- Variabele kosten exploitatie LOP-stuwen (€/ha/jaar).
- Vaste kosten aanleg peilgestuurde drainage indien drains al aanwezig (€/ha/jaar).
- Vaste kosten aanleg peilgestuurde drainage indien drains nog niet aanwezig (€/ha/jaar).
- Variabele kosten verbruik water uit lokaal reservoir (€/m³).
- Eenheidsprijs lokaal reservoir (€/jaar).
- Eenheidsprijs regionaal reservoir (€/jaar).
- Vaste abonnementskosten op beregeningsplanner t.b.v. efficiënter irrigeren (€/ha/jaar).
- Variabele kosten uitlaat (€/m³).
- Vaste kosten voor kreekruuginfiltratie (€/ha/jaar).
- Transitiekosten voor opgegeven gewastransities (€/ha/jaar).
- Vaste kosten aanpassing oppervlaktewatersysteem voor effectiever doorspoelen (€/jaar).

3.2.2 Databasebestanden

De databasebestanden bestaan uit zes kaarten (*.asc) en acht tekstbestanden (*.txt). Hieronder volgt per bestand een korte omschrijving.

- 'Berekening.asc': kaart waarop per NHI-gridcel aangegeven staat of er berekend wordt en zo ja, of dat dan met oppervlaktewater of met grondwater gebeurt;
- 'WATERAANVOER.asc': kaart waarop per NHI-gridcel aangegeven staat waar wateraanvoer mogelijk is;
- 'Kansenkaart_kreekrug.asc': kaart waarop de potentie van kreekruuginfiltratie als waterconserveringstactiek is ingedeeld in vier categorieën (Geschikt/Matig geschikt/Matig ongeschikt/Ongeschikt);
- 'C_deklaag.asc': NHI 3.0 kaart met de weerstand van de deklaag
- 'Prijzen.txt': de prijzen van alle gebruikte BRP-gewassen in €/ha;
- 'Standaardopbrengsten.txt': normalisatiefactoren die het verschil in opbrengst tussen deelgebieden per gewas in rekening brengen;
- 'Zoutschadetabel.txt': de zoutschades in % per UC, zoals uitgelegd in Hoofdstuk 5;
- 'MEM.txt'; de 'Maatregel-Effect Matrix', ofwel de hydrologische IR-database zoals uitgelegd in Hoofdstuk 4;
- 'BRParealen_per_NHIgrid.txt': tabel met voor elk NHI-grid de arealen van alle gebruikte BRP-gewassen;
- water- en stoffenbalansbestanden, 1 bestand per maand voor de waterbalansdata en idem voor de zoutbalansdata; de vanuit NHI 2.1 per LSW-eenheid berekende, en naar de deelgebieden opgeschaalde water- en stofbalansen.

3.2.3 Modeluitvoer

€ureyeopener kent de volgende uitvoerbestanden: twee logbestanden: 'Log_VOOR.txt' en 'Log_NA.txt', een tekstbestand 'Resultaten.txt' en visuele weergave van 'Resultaten.txt' middels een pop-up window en een pdf-bestand.

'Log_VOOR.txt' en 'Log_NA.txt'

Dit zijn twee logbestanden die een echo geven van de meeste modelinvoer (al dan niet deels bewerkt) en inzicht geven in het verloop van de berekening. In het bestand 'Log_VOOR.txt' wordt de berekening van de situatie voor de implementatie van maatregelen gelogd. In het bestand 'Log_NA.txt' wordt de berekening van de situatie na implementatie van de maatregelen gelogd. Door beide bestanden te vergelijken (met bijvoorbeeld de 'Compare by Content' functie in Total Commander) wordt duidelijk waar de maatregelen ingrijpen in de berekening. Het op deze manier opzetten van de logbestanden was erg inzichtelijk tijdens de ontwikkeling van de software, maar kan ook de gebruiker inzicht bieden.

'Resultaten.txt'

Tekstbestand 'Resultaten.txt' geeft voor alle deelgebieden en voor alle droogtejaren de uiteindelijke modelresultaten. De lijst van mogelijke uitvoer uit €ureyeopener is eindeloos, maar in de huidige versie is gekozen om de volgende gegevens uit te voeren:

De water- en zoutbalans van het deelgebied. Zie voor uitleg van de termen Hoofdstuk 4, waar dieper op het berekenen van de water- en zoutbalans wordt ingegaan.

Kosten/baten 'Landbouw' (per UC-gewasklasse): deze kosten en baten bestaan uit vier delen:

1. *Opbrengst* (in €), bruto: per UC-gewasklasse wordt de verandering in bruto opbrengst weergegeven (afgezien van eventuele veranderingen in landbouwschade). De verandering in bruto opbrengst is altijd alleen het gevolg van landgebruiksveranderingen;
2. *Schadereductie in procenten*: per UC-gewasklasse wordt de verandering in optredende schades (som van droogte-, nat- en zoutschade) gegeven;
3. *Kosten, vast*: de vaste kosten die gemoeid zijn met de gekozen maatregelen worden gegeven, waarbij deze kosten worden verdeeld naar rato (op basis van oppervlak) over de UC-gewasklassen. Het gaat hier alleen om kosten die direct gedragen worden door de landbouwsector zelf; grote infrastructurele werken (zoals een regionaal reservoir of een pijpleiding), die niet, slechts ten dele of alleen indirect door de landbouwsector gedragen worden tellen hierin niet mee. Specifiek gaat het om:
 - Kosten voor de aanleg van lokale reservoirs;
 - Kosten voor de aanleg van lop-stuwen;
 - Kosten voor de aanleg van peilgestuurde drainage t.b.v. Peilverhoging (of eigenlijk: verhoging drainagebasis) ;
 - Kosten voor de aanleg van regelbare drainage en pompen t.b.v. Kreekruginfiltratie;
 - Kosten voor 'efficiënter irrigeren', in de vorm van abonnementskosten voor een beregeningsplanner;
 - Kosten voor de aanleg van beregeningsinstallaties voor de maatregel uitbreiding beregend areaal;
 - Transitiekosten; deze kosten worden toegeschreven aan de vervangende uc-gewasklassen (i.t.t. De vervangen uc-gewasklasse).
4. *Kosten, variabel*: de variabele kosten die gemoeid zijn met de gekozen maatregelen worden gegeven, waarbij deze kosten naar rato (op basis van oppervlak) over de UC-gewasklassen worden verdeeld. Het gaat hier alleen om variabele kosten die direct gedragen worden door de landbouwsector zelf; grote, infrastructurele werken (zoals een regionaal reservoir of een pijpleiding), die niet, slechts ten dele of alleen indirect door de landbouwsector gedragen worden tellen hierin niet mee. Specifiek gaat het hier om water- en energiekosten en wel de volgende:
 - Verbruik van water uit oppervlaktewatersysteem (pompkosten);
 - Verbruik van water uit pijplijn;
 - Verbruik van water uit lokale reservoirs;
 - Verbruik van kreekrugwater (pompkosten).

Kosten/baten Totaal

Voor elk deelgebied worden de totale kosten afgezet tegen de totale baten van de maatregelen. De kosten en baten worden onderverdeeld in vier posten:

1. Financiële opbrengst (in €), bruto: dit is dezelfde term als onder A, echter hier voor het deelgebied gesommeerd over alle UC-gewasklassen.
2. Schadereductie in procenten per gewas: dit is dezelfde term als onder A, echter hier voor het deelgebied gesommeerd over alle UC-gewasklassen.
3. Kosten per gewas, landbouw: de som van alle kosten zoals berekend onder A, gesommeerd over alle UC-gewasklassen.
4. Kosten, regionaal: het netto resultaat van alle kosten en baten die gelden op het 'regionale' niveau, en die dus niet direct ten gunste van of op rekening komen van de landbouwsector. Specifiek gaat het hier om:
 - Vaste kosten die gemoeid zijn met de aanleg van een pijplijn (aanleg leiding, aanleg inname pompstation, aanleg distributienetwerk, aanleg bufferbassins);
 - Vaste kosten die gemoeid zijn met de aanpassing van het watersysteem t.b.v. Effectiever doorspoelen;
 - Variabele kosten die gemoeid zijn met een pijplijn (energie-, en personeelskosten);
 - Variabele kosten die gemoeid zijn met veranderde wateruitlaat (dit kunnen dus zowel kosten als besparingen zijn);
 - Vaste kosten die gemoeid zijn met de aanleg van pompen en stuwen ten behoeve van peilopzet.

Landbouwschade

Voor het gehele deelgebied wordt de totale droogteschade, gedefinieerd als de optelsom van de daling van de totale opbrengst, de totale natschade en de totale zoutschade, gepresenteerd voor zowel de situatie voor als na de implementatie van maatregelen.

Oplading oppervlaktewater

De oplading van het oppervlaktewater wordt gepresenteerd als de verdeling van de chlorideconcentraties van in- naar uitlaatconcentratie over de tien opladingscategorieën, voor de situatie voor als na de implementatie van de maatregelen.

Uitputting watervoorraden

Weergegeven wordt, voor de maatregelen pijplijn, lokale reservoirs en kreekruuginfiltratie, de hoeveelheid extra watervoorraad die met de maatregelen wordt gerealiseerd, en de mate waarin deze watervoorraad wordt uitgeput. De gebruiker kan hiermee in de gaten houden of de verzorgingsgebieden van respectievelijk pijplijn, lokale reservoirs en kreekruuginfiltratie, niet te groot of te klein gekozen zijn.

'Tijdreeksen.txt'

Dit bestand geeft de tijdreeksen (op maandbasis) van alle waterbalanstermen en alle bijbehorende chlorideconcentraties.

Visuele weergave van bestand 'Resultaten.txt'

Een pop-up window en een PDF-bestand (identiek aan het pop-up window) geven een grafische weergave van de modelresultaten in 'Resultaten.txt' voor een gekozen deelgebied. Voor de uitleg van deze figuren wordt aldus verwezen naar het hierboven beschrevene.

4 Rekenmethode water- en zoutbalans

4.1 Aannames en uitgangspunten

Zoals beschreven in hoofdstuk 3 opereren de in €ureyeopener 2.1 onderscheiden deelgebieden qua waterbeheer grotendeels autonoom: het waterbeheer in het ene gebied heeft geen invloed op een ander deelgebied. Per deelgebied kan dan ook een onafhankelijke water- en zoutbalans worden opgesteld.

Er zijn twee typen deelgebieden: deelgebieden met wateraanvoermogelijkheden en deelgebieden zonder wateraanvoermogelijkheden. Voor de deelgebieden met wateraanvoermogelijkheden wordt aangenomen dat, tenzij volgens de beregeningskaart uit grondwater wordt beregend, er beregening plaatsvindt met een chlorideconcentratie zoals berekend door de €ureyeopener. In gebieden zonder wateraanvoermogelijkheden wordt altijd beregend met zoet water. Als volgens de beregeningskaart in deze deelgebieden met oppervlaktewater wordt beregend, wordt aangenomen dat in dat geval een opvangreservoir bedoeld wordt, gevuld met water met een chlorideconcentratie die niet leidt tot enige zoutschade.

De water- en stoffenbalansen worden op maandbasis berekend. Dit geschiedt alleen voor het zomerhalfjaar (april t/m september).

- Er kunnen drie verschillende tijdreeksen doorgerekend worden: Het zomerhalfjaar van 1976, als representatief voor een '1% droog zomerhalfjaar', m.a.w. een zomerhalfjaar met een droogtegraad zoals die gemiddeld 1 maal in de honderd jaar voorkomt. Dit betreft dus een tijdreeks van 6 maanden.
- Het zomerhalfjaar van 1989, als representatief voor een '10% droog zomerhalfjaar', m.a.w. een zomerhalfjaar met een droogtegraad zoals die gemiddeld 1 maal in de tien jaar voorkomt. Ook dit is een tijdreeks van 6 maanden.
- Een 30-jarig gemiddeld zomerhalfjaar, als representatief voor een zomerhalfjaar in de klimaatperiode 1961-1990. Dit betreft dus een tijdreeks van 180 maanden.

Het oppervlaktewatersysteem in de deelgebieden met wateraanvoermogelijkheden kent één inlaat en één uitlaat, en wordt beschouwd als een ideaal mengvat. Dat betekent dat alle water- en zoutbalanstermen direct en volledig met elkaar mengen. Dat betekent echter, in tegenstelling tot €ureyeopener v1 (Rijnland), niet dat er binnen een deelgebied maar met één chlorideconcentratie wordt geïrrigeerd. Er wordt een verloop aangenomen van inlaatconcentratie tot uitlaatconcentratie, waarbij de volgens het principe van het ideale mengvat berekende chlorideconcentratie representatief is voor het gemiddelde van in- en uitlaatconcentratie. Het verloop van de concentratie van inlaat- naar uitlaatconcentratie wordt gediscrètiseerd in tien opladingscategorieën, die volgens een kaartinvoerbestand van toepassing verklaard worden op het areaal van het deelgebied. De chlorideconcentraties worden per maand opnieuw berekend, waardoor in een bepaalde maand alleen inlaat voor doorspoelen wordt berekend als de concentratie - gemiddeld over de betreffende maand - de streefwaarde overschrijdt.

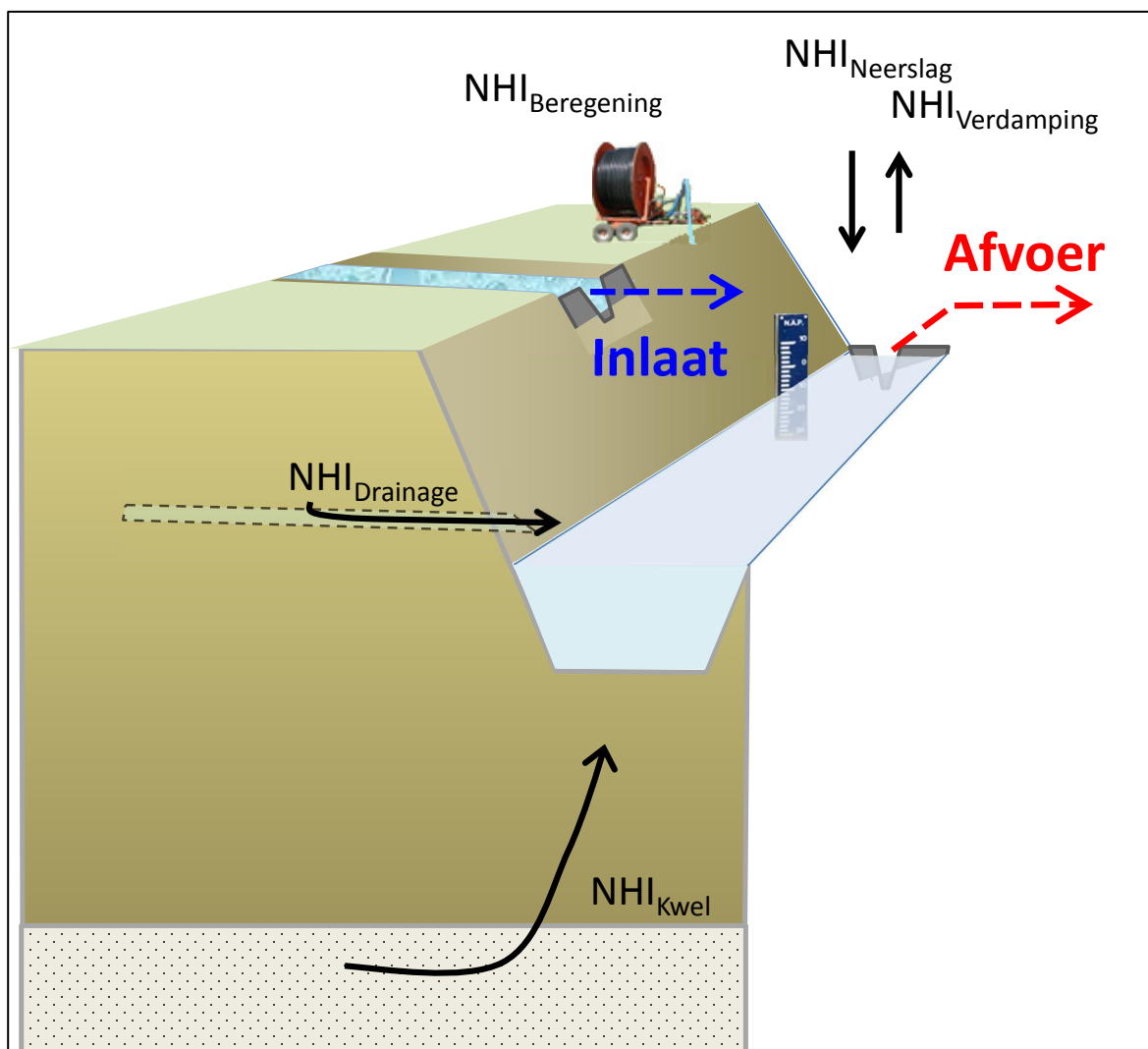
Als een maatregel aanleiding geeft tot het gebruik van een andere bron van beregeningswater (pijplijn, lokale reservoirs, kreekruginfiltratie), wordt aangenomen dat binnen de aangewezen verzorgingsgebieden volledig naar deze nieuwe bron wordt omgeschakeld. Er kan dus (nog) geen verdeling van beregeningsbronnen opgegeven worden.

De volgende paragraaf gaat nader in op de berekening van de water- en zoutbalans. Dit is alleen van toepassing op de deelgebieden met wateraanvoermogelijkheden.

4.2 Water- en zoutbalansen van het oppervlaktewatersysteem

Het opstellen van de water- en zoutbalans van een (deel)gebied is het logische startpunt voor de rekenprocedure. De water- en zoutbalansen worden grotendeels ontleend uit NHI 3.0 resultaten. Deze termen (neerslag, verdamping, drainage/kwel, irrigatie) zijn vanuit het NHI 3.0 per LSW-eenheid bekend, en worden voor het opstellen van de water- en zoutbalans voor alle LSW-eenheden gebruikt. Deze termen vormen invoer voor een water- en zoutbalansberekening waarin gestreefd wordt naar een door de gebruiker opgegeven gemiddelde chlorideconcentratie in het oppervlaktewatersysteem (= streefconcentratie) en waarbij de hoeveelheid ingelaten water als sluitpost wordt gebruikt. Hieronder wordt de berekening van de water- en zoutbalans nader uiteengezet.

Figuur 5 geeft een schematisch overzicht van de wijze waarop de water- en chloridebalans wordt berekend. De termen neerslag, verdamping, drainage, kwel en berekening uit oppervlaktewater worden ontleend aan het NHI. Daarmee wordt de inlaat berekend die nodig is voor handhaving van het waterpeil (peilbeheer). Vervolgens wordt op basis van de chlorideconcentraties van de genoemde termen een chlorideconcentratie van het regionale water berekend. Als deze zouter is dan de opgelegde streefwaarde, wordt extra inlaat berekend voor doorspoelen, zodanig dat het gemiddelde chloridegehalte tot de streefwaarde gedaald is. Uit de waterbalans volgt dan de totale inlaat (peilbeheer + doorspoelen) en de totale afvoer.



Figuur 5 Schematische weergave van de berekening van de water- en chloridebalansen van €ureyeopener 2.1.

Als referentie wordt een theoretische inlaat berekend die nodig is voor peilhandhaving: In formule:
 inlaat, nodig voor peilhandhaving = verdamping + subinfiltratie + beregening – neerslag
 op open water, ofwel:

$$Q_{\text{inlaat voor peilbeheer}} = Q_{\text{verdamping}} + Q_{\text{infiltratie}} + Q_{\text{beregening}} - Q_{\text{neerslag}} + Q_{\text{drainage}} \quad 4-1$$

Bergingsveranderingen worden verwaarloosd. Met uit het NHI verkregen zoutconcentraties van het drainagewater en kwel wordt de resulterende zoutconcentratie van het polderwater berekend (onder de aanname van ideale menging):

$$Cl_{\text{eigen}} = \frac{Cl_{\text{neerslag}} \times Q_{\text{neerslag}} + Cl_{\text{drainage}} \times Q_{\text{drainage}} + Cl_{\text{inlaat}} \times Q_{\text{inlaat voor peilbeheer}}}{Q_{\text{neerslag}} + Q_{\text{drainage}} + Q_{\text{inlaat}} + Q_{\text{verdamping}}} \quad 4-2$$

Vervolgens wordt hieruit de doorspoelbehoefte berekend, en wel zo, dat de zoutconcentratie van het polderwater met zoeter inlaatwater wordt verdund tot de streefconcentratie in deze polder. In formule:

$$Cl_{\text{eigen}} = \frac{Cl_{\text{neerslag}} \times Q_{\text{neerslag}} + Cl_{\text{drainage}} \times Q_{\text{drainage}} + Cl_{\text{inlaat}} \times Q_{\text{inlaat voor peilbeheer}}}{Q_{\text{neerslag}} + Q_{\text{drainage}} + Q_{\text{inlaat}} + Q_{\text{verdamping}}} \quad 4-2$$

$$Cl_{\text{mengwater}} = \frac{Q_{\text{doorspoelen}} \times Cl_{\text{doorspoelen}} + Q_{\text{eigen}} \times Cl_{\text{eigen}}}{Q_{\text{doorspoelen}} + Q_{\text{eigen}}} = \leq Cl_{\text{streef}} \quad 4-3$$

Uitwerking voor de doorspoelbehoefte levert dan:

$$Q_{\text{doorspoelen}} = Q_{\text{eigen}} \times \frac{Cl_{\text{eigen}} - Cl_{\text{streef}}}{Cl_{\text{streef}} - Cl_{\text{doorspoelen}}} \quad 4-4$$

met:

$Q_{\text{doorspoelen}}$	= doorspoelbehoefte (m ³)
$Cl_{\text{doorspoelen}}$	= chlorideconcentratie inlaatwater voor doorspoelen (mg/l)
Q_{eigen}	= 'eigen' polderafvoer = neerslag – verdamping _{open water} + drainage + kwel + inlaatt _{peilhandhaving} (m ³)
Cl_{eigen}	= chlorideconcentratie eigen polderafvoer (mg/l)
$Cl_{\text{mengwater}}$	= chlorideconcentratie polderwater na menging met doorspoelwater (mg/l)
Cl_{streef}	= streefconcentratie chloride in de polder ('Serviceniveau' ²) (mg/l)

Alleen als de chlorideconcentratie van de eigen polderafvoer (Cl_{eigen}) groter is dan de streefconcentratie wordt een doorspoelbehoefte berekend. Hierbij kunnen zich de volgende situaties voordoen:

- $Cl_{\text{inlaat}} < Cl_{\text{streef}}$: het inlaatwater is zoeter dan de streefconcentratie van chloride in de polder (het voor die polder overeengekomen 'serviceniveau'). Het model berekent dan een doorspoelbehoefte waarbij de resulterende chlorideconcentratie in de polder de streefwaarde evenaart;
- $Cl_{\text{inlaat}} > Cl_{\text{streef}}$ en $Cl_{\text{inlaat}} < Cl_{\text{eigen}}$: het inlaatwater is zouter dan de streefconcentratie van chloride in de polder, maar zoeter dan het polderwater. Het model berekent dan een doorspoelbehoefte tot het polderwater een chlorideconcentratie bereikt die gelijk is aan ($Cl_{\text{inlaat}} + 50$ mg/l). Deze drempel van 50 mg/l is ingebouwd om te voorkomen dat onrealistisch grote doorspoelhoeveelheden worden berekend.

² De streefconcentratie is in een voorlopende studie (Stuyt et al., 2011) aangeduid als het 'Serviceniveau' en is in de praktijk gericht op het meest zoutgevoelige landbouwgewas dat in de polder (in een significant areaal) voorkomt.

4.3 Effecten van maatregelen op water- en zoutbalansen

Per maatregel wordt hier besproken hoe deze ingrijpt in de berekening van water- en zoutbalans, en hoe deze invloed berekend wordt. De maatregelen 1, 5, 7, 9 en 10 worden uitgewerkt in hoofdstuk 7.

Maatregel 1: verandering van de inlaatconcentratie (C_{inlaat}). Dit grijpt direct aan op vergelijking 4.2-4.4. Een hogere inlaatconcentratie zorgt voor een grotere doorspoelbehoefte.

Maatregel 2: verandering van de streefconcentratie (C_{streef}). Dit grijpt direct aan op vergelijking 4.4. Een hogere streefconcentratie zorgt voor een lagere doorspoelbehoefte.

Maatregel 3: efficiënter doorspoelen. Deze maatregel heeft geen effect op de water- en zoutbalans op deelgebied niveau. De maatregel grijpt alleen in op de verdeling van de opladingscategorieën over het deelgebied, en daarmee alleen op de berekende schades.

Maatregel 4: regionaal reservoir. Het regionale reservoir is geschematiseerd als een extra bronterm (van zoet water) voor de waterbalans. Aangenomen wordt dat het regionale reservoir in zijn geheel wordt gebruikt. Het regionale reservoir neemt aldus deel aan de ideale menging die voor het oppervlaktewatersysteem wordt aangenomen. Een regionaal reservoir vermindert daardoor de doorspoelbehoefte en de inlaatbehoefte.

Maatregel 5: efficiënter irrigeren. In alle beregende UC's wordt de watervraag voor beregening verminderd met het opgegeven percentage van de efficiëntieverbetering. Het model sommeert voor alle grids in het deelgebied de opnieuw berekende watervraag voor beregening. Het resulterende verschil met de uitgangssituatie wordt verrekend met de waterbalans (term $Q_{\text{irrigatie}}$ wordt aangepast). Dit kan resulteren in een veranderde waterinlaat, tenzij de doorspoelbehoefte bepalend is voor deze waterinlaat.

Maatregel 6: uitbreiding beregend areaal. De gebruiker geeft ruimtelijk (in de gridkaart) het additionele beregende areaal aan (met code 6). Het beregeningsbestand 'Beregening.asc' wordt met deze informatie aangepast: het nieuwe areaal wordt toegevoegd aan de beregende locaties. In combinatie met de in bestand 'Keuzes.txt' als beregend aangewezen UC-gewascategorieën is nu per NHI-grid bekend of en wat er in de nieuwe situatie beregend wordt. Vanuit de hydrologische maatregel-effectdatabase zijn per UC de beregeningshoeveelheden bekend. De totale hoeveelheid beregening wordt over het gehele deelgebied gesommeerd, en het resulterende verschil met de uitgangssituatie wordt verrekend met de waterbalans (term $Q_{\text{irrigatie}}$ wordt aangepast). Dit kan resulteren in een veranderde waterinlaat, tenzij de doorspoelbehoefte bepalend is voor deze waterinlaat.

Maatregel 7: pijplijn. Dit betreft het doortrekken van een zoetwaterleiding voor de fruitteelt, hier ingevoerd voor een pijplijn naar Walcheren. Dit omvat de aanleg van een pijplijn en bijbehorend distributienetwerk naar afnemers (agrariërs), landgebruik verandering (duurder gewas) en aanschaf van beregeningsinstallaties. De gebruiker geeft via het kaartinvoerbestand 'Maatregelen.asc' het verzorgingsgebied aan van de pijplijn (met code 7). Het beregeningsbestand 'Beregening.asc' wordt met deze informatie aangepast: het verzorgingsgebied wordt toegevoegd aan de beregende locaties. In combinatie met de in 'Keuzes.txt' als beregend aangewezen UC-gewascategorieën is nu per NHI-grid bekend of en wat er in de nieuwe situatie beregend wordt. Vanuit de hydrologische maatregel-effectdatabase zijn per UC de beregeningshoeveelheden bekend. De totale hoeveelheid beregening wordt over het gehele deelgebied gesommeerd en het resulterende verschil met de uitgangssituatie wordt verrekend met de waterbalans (term $Q_{\text{irrigatie}}$ wordt aangepast). Dit kan resulteren in een veranderde waterinlaat, tenzij de doorspoelbehoefte bepalend is voor deze waterinlaat.

€ureyeopener houdt bij in hoeverre de beregeningsvraag vanuit het aangewezen verzorgingsgebied strookt met de capaciteit van de pijplijn. De capaciteit van de pijplijn wordt opgegeven door de gebruiker in 'Keuzes.txt', in m^3/s . De gehanteerde piekvraag vanuit het verzorgingsgebied wordt ook door de gebruiker ingeschat en opgegeven in 'Keuzes.txt', in mm/uur . Deze piekvraag kan dus naar inzicht worden aangepast op piekbehoefte t.b.v. vorstschadebeperking, of ten tijde van langdurige

droogte, en afhankelijk van de geteelde gewassen in het verzorgingsgebied. '€ureyeopener berekent het totale areaal aan beregende UC's in het verzorgingsgebied, waarmee de piekbehoefte in m^3/s berekend kan worden, welke afgezet wordt tegen de capaciteit van de pijplijn. Indien de capaciteit van de pijpleiding wordt overschreden, wordt een waarschuwing gegeven op de *command prompt*.

Maatregel 8: lokale reservoirs. Wat betreft de waterbalans werken lokale reservoirs op exact dezelfde wijze door als een pijplijn. Net als bij de pijplijn houdt €ureyeopener ook voor de lokale reservoirs bij in hoeverre de beregeningsvraag vanuit het aangewezen verzorgingsgebied strookt met de capaciteit/inhoud van de lokale reservoirs. Er wordt aangenomen dat er 1 reservoir per 1000 hectare wordt geplaatst, en dat deze een inhoud hebben van $150\,000\text{ m}^3$. De totale beregeningsvraag vanuit het verzorgingsgebied, zoals berekend vanuit de UC's, wordt afgezet tegen deze inhoud. Indien de capaciteit van de lokale reservoirs wordt overschreden, wordt een waarschuwing gegeven op de *command prompt*.

Maatregel 9: kreekruginfiltratie. De gebruiker geeft via het kaartinvoerbestand 'Maatregelen.asc' het gebied aan waar kreekruginfiltratie toegepast moet worden (met code 9). Het model neemt aan dat alle landbouw in het gekozen gebied volledig overschakelt op beregening met in de kreekruggen opgeslagen (zoet) grondwater. Het beregeningsbestand 'Berekening.asc' wordt met deze informatie aangepast: het gekozen gebied wordt toegevoegd aan de beregende locaties. Indien in 'Maatregelen.asc' areaal geselecteerd wordt waar volgens de kansenkaart voor kreekruginfiltratie (als opgegeven in 'Kansen.asc') geen kans is op succesvolle grondwaterberging, wordt ter plaatse de invoer van deze maatregel genegeerd. In combinatie met de in 'Keuzes.txt' als beregend aangewezen UC-gewascategorieën is nu per NHI-grid bekend of en wat er in de nieuwe situatie beregend wordt. Vanuit de hydrologische maatregel-effectdatabase zijn per UC de beregeningshoeveelheden bekend. De totale hoeveelheid beregening wordt over het gehele deelgebied gesommeerd en het resulterende verschil met de uitgangssituatie wordt verrekend met de waterbalans (term $Q_{\text{irrigatie}}$ wordt aangepast). Dit kan resulteren in een veranderde waterinlaat, tenzij de doorspoelbehoefte bepalend is voor deze waterinlaat.

Ook voor kreekruginfiltratie wordt bijgehouden of de beregeningsvraag de capaciteit overschrijdt. De beregeningsvraag wordt berekend vanuit de UC's. De capaciteit bestaat hier uit de hoeveelheid extra in de winter opgeslagen water. Deze capaciteit is per categorie in de kansenkaart ('Kansen_kreekrug.asc') opgegeven in 'Keuzes.txt', in mm/jaar. De capaciteit wordt over het gehele aangewezen verzorgingsgebied gesommeerd en afgezet tegen de totale beregeningsvraag vanuit het verzorgingsgebied. Indien de levercapaciteit van de kreekrug(en) wordt overschreden, wordt een waarschuwing gegeven op de *command prompt*.

Maatregel 10, 11, 12 en 13: peilopzet/verhoging drainagebasis. De gebruiker geeft via het kaartinvoerbestand 'Maatregelen.asc' weer waar het peil/de drainagebasis verhoogd wordt (met code 10, 11, 12 en/of 13). In termen van de waterbalans werken maatregel 10-13 alle op exact dezelfde manier door. Voor alle NHI-grids waar de maatregel wordt doorgevoerd, wordt voor de binnen deze grids gelegen UC's de watervraag nu uit de kolom in de hydrologische IR-database gehaald die geldt voor de gekozen mate van peilopzet (20 of 40 cm). Dit resulteert voor deze UC's/NHI-grids in een aangepaste watervraag als gevolg van veranderde (toegenomen) infiltratiefluxen en veranderde (t.w. afgenomen) irrigatiebehoeftes. De nieuwe infiltratiefluxen en irrigatiebehoeftes worden gesommeerd over alle UC's/NHI-grids in het deelgebied en de veranderingen ten opzichte van de uitgangssituatie worden verwerkt met de termen $Q_{\text{irrigatie}}$ en $Q_{\text{infiltratie}}$ in de waterbalans.

De verhoging van de drainagebasis heeft bovendien gevolgen voor de kwel naar het oppervlaktewater. Op moment is dit effect echter slechts op een sterk benaderende manier in €ureyeopener verdisconteerd, en bovendien op dezelfde manier voor Maatregel 10-11 (peilverhoging in het oppervlaktewater) als voor Maatregel 12-13 (regelbare drainage). Er is een snelle rekenregel doorgevoerd waarbij aangenomen is dat de freatische stijghoogteveranderingen niet doorwerken naar het eerste watervoerend pakket. De methode voor berekening van de kwelreductie zal nog aangepast worden met betere informatie. Hoe dan ook: peilopzet/verhoging van de drainagebasis resulteert in een onderdrukking van de kwel. Per NHI-grid wordt deze vermindering van de kwel uitgerekend en het totale, over het

deelgebied gesommeerde verschil met de uitgangssituatie wordt afgetrokken van Q_{drainage} in de waterbalans.

Omdat berging in het oppervlaktewater verwaarloosd wordt (zie 4.1) vindt er voor deze term geen aparte aanpassing van de waterbalans plaats.

Afgezien van de doorspoelbehoefte zal peilopzet/verhoging van de drainagebasis resulteren in een verhoging van de watervraag en waterinlaatbehoefte, als gevolg van verhoogde infiltratie en verminderde drainage. De besparing op irrigatie weegt hier niet tegenop. Echter, doordat met de verlaging van de kwel ook de zoutvracht naar het oppervlaktewater sterk kan teruglopen, is het mogelijk dat hierdoor de behoefte voor doorspoeling dusdanig wordt verminderd dat er netto toch sprake kan zijn van een teruglopende inlaatbehoefte.

Maatregel 14: landgebruiksveranderingen. De in bestand 'Keuzes.txt' gekozen wisselingen in gewassen hebben invloed op de UC-statistieken: in het deelgebied waarin de verandering wordt doorgevoerd hebben 1 of meer UC's nu een andere samenstelling van gewassen. Daarmee hangt er dus ten eerste een andere opbrengst aan de UC. Ook de verdeling van de UC's over het deelgebied wordt anders, doordat een gewaswisseling tevens een UC-wisseling kan inhouden. En daarmee verandert ook de waterbalans, omdat in de hydrologische input-responsdatabase de watervragen voor infiltratie en irrigatie per UC anders zijn. De nieuwe infiltratiefluxen en irrigatiebehoeftes worden gesommeerd over alle UC's/NHI-grids in het deelgebied; de veranderingen ten opzichte van de uitgangssituatie worden verwerkt met de termen $Q_{\text{irrigatie}}$ en $Q_{\text{irrigatie}}$ in de waterbalans.

4.4 Toekenning van beregening

De toekenning van beregening (ofwel het aanwijzen van grids/ UC's als wel of niet beregend) verdient speciale aandacht. In €ureyeopener is de beregeningskaart van het NHI 3.0 opgenomen. Op deze kaart is met nullen, enen en tweeën per NHI-grid aangegeven of er beregend wordt:

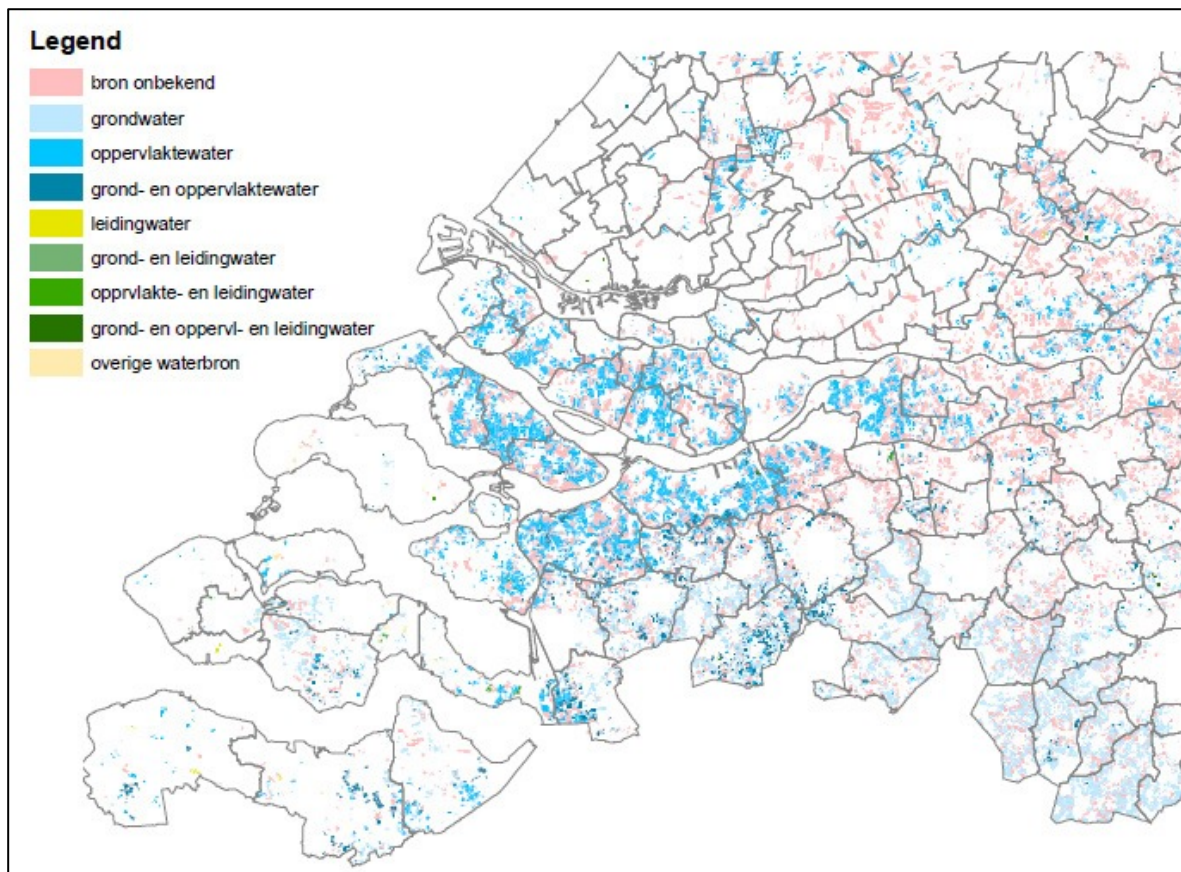
- 0: Geen beregening;
- 1: Beregening uit grondwater;
- 2: Beregening uit oppervlaktewater.

De kaart wordt getoond in Figuur 6.

Hoewel de beregeningskaart de enige gedocumenteerde en meest actuele databron is over de verdeling van de beregening, wordt deze voor de huidige toepassing te onzuiver geacht om volledig op te vertrouwen. Ten eerste omdat de NHI beregeningskaart een resolutie kent van 250x250 meter, terwijl de €ureyeopener op 25x25 meter schaal onderscheid maakt in landgebruiksvormen UC's). Ten tweede omdat uit gesprekken met de waterschappen over gebieden die doorgerekend zijn voor de Joint Fact Finding Volkerak Zoommeer blijkt dat de actuele situatie duidelijk afwijkt van de kaart.

Informatie over de locaties waarvan de NHI-kaart aangeeft dat er sprake is van beregening uit grondwater lijkt redelijk in overeenstemming met de informatie waarover de betreffende waterschappen beschikken. Voor diverse gebieden geeft de NHI-kaart echter aan dat van beregening uit oppervlaktewater geen sprake is, terwijl dit volgens de lokale waterbeheerder in de praktijk wél gebeurt.

Daar komt bij dat de waterbeheerders aannemen (schattingen) dat in diverse gebieden met wateraanvoer als Tholen, Oostflakkee en de PAN-polders, tijdens een zeer droge periode maximaal 20% van het landbouwareaal tegelijkertijd wordt beregend. De reden is dat onvoldoende capaciteit (beregeningssystemen, menskracht) beschikbaar is om het gehele areaal tegelijkertijd te beregenen. Deze beperking van de maximale aanvoerbehoefte voor beregening is in het berekeningsprotocol niet verwerkt.



Figuur 6 Beregeningskaart Alterra t.b.v. NHI (Massop, 2013).

Uit een studie naar de beregeningspraktijk in de polders van de Zuidwestelijke Delta blijkt overigens dat het areaal dat in potentie beregend kan worden het laatste decennium sterk is toegenomen (Rijk, 2009). In 2007 is dit areaal in de studie geschat op gemiddeld 43% van het areaal cultuurgrond (37 à 65%); ongeveer een verdubbeling ten opzichte van de situatie in 2003 (Stuyt et al., 2006). Het beregende areaal zal de komende periode hoogstwaarschijnlijk verder toenemen, inclusief de hiervoor benodigde operationele capaciteit.

Gegeven het bovenstaande is besloten om in €ureyeopener 'beregenningsflexibiliteit' in te bouwen door de mogelijkheid te bieden om via de modelinvoer aan te geven of en hoe er beregend wordt. De gehanteerde 'beslisboom' om te bepalen of een bepaald UC-grid op een bepaalde locatie wel of niet beregend wordt, werkt als volgt. De gebruiker kan per UC-klasse aangeven of, en onder welke omstandigheden, de UC als een beregende UC beschouwd moet worden. Dit gebeurt met de volgende codes:

- 0: de UC wordt nooit beregend;
- 1: de UC wordt beregend indien volgens de beregeningskaart het NHI-grid waarbinnen de UC gelegen is beregend wordt;
- 2: de UC wordt altijd beregend.

Omdat het aannemelijk is dat de toekenning van de codes aan de UC's in het geval van een deelgebied *met* externe wateraanvoer (bijvoorbeeld Tholen, Mark-Vlietpolders, Voorne-Putten) anders zou moeten zijn dan in gebieden zonder externe wateraanvoer (bijvoorbeeld Walcheren, Schouwe-Duiveland, Noord-Beveland), kan deze keuze apart opgegeven worden voor gebieden *met* en gebieden *zonder* wateraanvoer. Het is bijvoorbeeld aannemelijk dat in gebieden met wateraanvoer meer kapitaal extensievere teelten beregend worden, omdat het water toch beschikbaar is. In gebieden zonder externe wateraanvoer is het aannemelijker te veronderstellen dat alleen de kapitaalintensieve teelten beregend worden, omdat alleen bij die teelten de investeringen die nodig zijn om een watervoorziening te treffen zullen renderen.

In de invoer wordt per deelgebied aangegeven of het deelgebied externe wateraanvoer kent of niet. Deze keuze geldt voor zowel de referentiesituatie als het scenario. Daarnaast geldt dat, indien een maatregel wordt gekozen in de eureyeopener waarmee een watervoorziening wordt getroffen (i.e. een lokaal reservoir, een pijplijn of regionale grondwaterberging), de betreffende grids *in het scenario* worden aangemerkt als gebieden met wateraanvoer.

In de Eureyeopener 2.1 zijn voor de gewassen de volgende beregeningsopties aangehouden:

Verdeling beregening over gewas-UC's voor gebieden ZONDER wateraanvoer:

	UC1	UC2	UC3	UC4	UC5	UC6	UC7	UC8	UC9
	Aardappel	gevoelige Aardappel	Tulp	Biet	Fruit	Vollegr. groente	Boom & sierteelt	Glas	Gras
Referentie:	1	1	2	1	2	2	2	0	0
Scenario:	1	1	2	1	2	2	2	0	0

Verdeling beregening over gewas-UC's voor gebieden MET wateraanvoer:

	UC1	UC2	UC3	UC4	UC5	UC6	UC7	UC8	UC9
	Aardappel	gevoelige Aardappel	Tulp	Biet	Fruit	Vollegr. groente	Boom & sierteelt	Glas	Gras
Referentie:	2	2		2	2	2	2	2	0
Scenario:	2	2		2	2	2	2	2	0

In woorden: de UC's 'Gras' en 'Glastuinbouw' worden in gebieden zonder en met wateraanvoer nooit beregend. De UC's 'Tulp', 'Fruitteelt', 'Vollegrondsgroenten' en 'Boom- en Sierteelt' daarentegen, worden altijd beregend. De overige UC's worden in gebieden met wateraanvoer altijd beregend en in gebieden zonder wateraanvoer alleen indien de UC gelegen is binnen een NHI-grid die volgens de NHI-beregeningskaart beregend wordt. Er is geen verschil in keuzes tussen de referentie en het scenario.

De NHI-beregeningskaart wordt in geval van gebieden met wateraanvoer dus volledig losgelaten. Er is geen verschil in keuzes tussen de referentie en het scenario.

Het zal duidelijk zijn dat de rekenwijze voor beregening nogal onzeker is. De rekenwijze kan echter pas gevalideerd en eventueel op basis daarvan verbeterd worden als meer harde informatie boven tafel komt over welke arealen worden beregend en daarbij de hoeveelheden die voor beregening worden onttrokken. In de eureyeopener heeft de gebruiker overigens ook de mogelijkheid om de beregende arealen als percentage van het totale landbouwareaal op te geven. Dit percentage wordt in dat geval 'opgevuld' door respectievelijk UC-gewasklassen.

4.5 Resultaten hydrologische berekening huidige situatie

Voor een aantal gebieden is een zoutgehalte voor de sturing van het doorspoelen bekend. Dit is ofwel het gehalte waarop actief door het Waterschap het inlaatregiem wordt gestuurd, of het zoutgehalte nabij de uitlaalpunten van het eiland als resultante van een bepaald inlaatregiem, zonder dat hier actief op is gestuurd. Voor de rekenwijze maakt dat niet uit. De situatie waarvoor in de berekeningen van uit is gegaan wordt hieronder per gebied kort toegelicht.

- *Tholen en st. Philipsland.* Hier wordt actief doorgespoeld met water vanuit het Volkerak-Zoommeer. Conform de huidige situatie is uitgegaan dat nu de helft (52%) van het peilbeheerde areaal zodanig effectief wordt doorspoeld dat de chloridegehalten niet verder stijgen dan 700 mg/l. Bij de dimensionering van het aanvoerstelsel was uitgegaan van een inlaatconcentratie van 450 mg/l en een chloridegehalte van 750 mg/l bij de uitslaande gemalen (Dekker, 1995). In ruim een kwart van het gebied (28%) wordt het water nog wel met zoet doorspoelwater bereikt, maar lopen de gehalten op tot zo'n 1000 mg/l. In het overige gebied zijn de gehalten significant hoger omdat hier meer zoute kwel is en de oppervlaktewateren slecht door het doorspoelwater worden verzoet. Deze ligging

van de zones zijn in kaart gebracht door het Waterschap. In het model is deze kaart zodanig verwerkt, dat in het zoete gebied de gehalten oplopen vanaf 400 mg/l (de gemiddelde inlaatconcentratie in de zomer) tot 700 mg/l en in het minder goed doorspoelde gebied tot 942 mg/l. Dit laatste gehalte is berekend op basis van de verhouding van de arealen $400 + (700 - 400)/(0,28/0,52)$.

- *Reigersbergsche polder*: hiervoor is conform de huidige situatie uitgegaan dat het chloridegehalte in het peilbeheerde gebied oploopt van 450 mg/l bij de inlaat (zomergemiddelde concentratie inlaatwater Volkerak) tot 700 mg/l nabij de uitlaat.
- *PAN polders*: Hiervoor is uitgegaan van de situatie van een aantal jaren terug, waarbij het chloridegehalte in het peilbeheerde gebied oploopt van 450 mg/l bij de inlaat (zomergemiddelde concentratie inlaatwater Volkerak) tot 550 mg/l nabij de uitlaat. De laatste jaren wordt met een mobiele pomp van het Waterschap zoeter water vanuit het noorden ingelaten, maar mede omdat de pompcapaciteit hiervan beperkt is en het als een noodvoorziening wordt beschouwd, is hiervan net als voor de afweging van een zout Volkerak Zoommeer (met bijbehorende zoetwater voorziening) niet uitgegaan.
- *Oostflakkee*: Hiervoor is uitgegaan van de situatie van een aantal jaren terug, waarbij het chloridegehalte in het peilbeheerde gebied oploopt van 450 mg/l bij de inlaat (zomergemiddelde concentratie inlaatwater Volkerak) tot 600 mg/l bij de uitlaat. De laatste jaren wordt via Goerree-Overflakkee ook (met 'kunst en vliegwerk') water vanuit het zoetere Haringvliet ingelaten, maar dit is evenals voor de berekeningen van het effect van een zout Volkerak zoommeer met bijbehorende alternatieve zoetwatervoorziening niet meegenomen in de berekening.
- *Goerree-Overflakkee*: Hiervoor is uitgegaan van de huidige situatie, waarbij het chloridegehalte in het peilbeheerde gebied oploopt van 200 mg/l (Haringvliet) tot circa 800 mg/l nabij de uitlaat.
- *Voorne-Putten*: hiervoor is uitgegaan van de huidige situatie, waarbij het chloridegehalte in het peilbeheerde gebied oploopt van 100 mg/l nabij de inlaat tot circa 400 mg/l nabij de uitlaat.

Voor de hierboven beschreven gebieden wordt een inlaat berekend voor het op peil houden van de watergangen en een extra inlaat voor het doorspoelen tegen verzilting. Voor de gebieden waar geen zoutgehalte voor de sturing van de inlaat opgegeven is, wordt alleen inlaat voor het peilbeheer berekend.

In de berekeningen is voor berekening uitgegaan dat de arealen met aardappels, vollegrondsgroenten, fruit, boomteelt, en tulpen worden berekend. In het model wordt dan de piekvraag voor berekening overschat, omdat voor diverse gebieden bekend is dat maximaal 20% van het landbouwareaal tegelijkertijd wordt berekend. Met deze begrenzing wordt in het model geen rekening gehouden.

De resultaten van de hydrologische berekeningen zijn weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1

Rekenresultaten waterinlaat en berekening referentie. De berekende inlaat- en beregeningsbehoeftes betreffen gemiddelden over de periode 1961-1990.

Deelgebied	Areaal (ha)	Areaal Beregend (%)	chloride-gehalte drainage (mg/L)	Chloride-gehalte (mg/L)		Waterinlaat (Mm ³ zomer)		Berekening (Mm ³ zomer) uit:	
				Inlaat	Uitlaat	Peil-beheer	Door-spoelen	Opp. water	grond-water
Zeeuws Vlaanderen	52089	1,3						0	0,2
Walcheren	11105	0,6						0	0,02
Zuid-Beveland	22259	3,2						0	0,2
Noord-Beveland	6119	0,2						0	0,004
Tholen	8765	56	2975	400	700	0,8	22,8	0,9	0,2
Schouwen-Duiveland	13469	0,2						0	0,01
Goeree-Overflakkee	12083	62	643	200	800	5,4	0,5	2,9	0,007
Voorne-Putten	8832	50	519	100	400	0,9	3,4	0,9	0,002
Reigersbergse polder	960	47	1231	450	700	0,1	0,05	0,1	0,002
PAN-polders	2063	58	700	450	550	0,2	3,0	0,4	0
Mark-Vlietpolders	22887	63	270			4,4	0	4,4	0,03
West-Brabant Noordrand	12165	48	109			2,2	0	1,2	0,02
Eiland van Dordrecht	1974	60	117			0,3	0	0,16	0
St. Philipsland	1576	62	1184	400	700	0,2	0,1	0,14	0,08
IJsselmonde	1841	59	146			0,6	0	0,2	0
Hoeksche Waard	18006	65	251			4,8	0	3,1	0
Oost-Flakkee	2759	62	374	450	600	0,9	0,02	0,6	0

4.6 Globale toetsing berekende inlaat.

Nagegaan is in hoeverre de berekende totale inlaat (peilbeheer + doorspoelen) qua orde van grootte overeenkomt met de hoeveelheden die door de waterbeheerders zijn afgeleid uit metingen en schattingen.

Tholen. Uit afvoergegevens van de gemalen blijkt dat de totale afvoer in de zomers van 2001 tot en met 2007 varieerde van 11 tot 26 miljoen m³. Het model berekent voor de langjarige periode een totale inlaat van bijna 24 miljoen m³. Gegeven het feit dat gerekend is met een stuurgehalte van 700 mg/l terwijl in de periode 2001-2007 dit iets hoger was, lijkt de berekende inlaat redelijk in overeenstemming met de praktijk. De inlaathoeveelheid wordt vooral bepaald voor de inlaat die nodig is voor het doorspoelen. De inlaat voor het peilbeheer is daarbij vergeleken vrij klein.

St. Philipsland. Uit maalgegevens blijkt dat de afvoer hier in de periode 2001-2010 sterk varieerde van 0,2 tot ruim 3 miljoen m³. Voor het jaar 2007, toen de afvoer ruim 3 miljoen m³ was, wordt de inlaat geschat op 1,8 miljoen m³. Met het model wordt een langjarig gemiddelde inlaat berekend van 0,3 miljoen m³. Dit lijkt aan de lage kant omdat het de ondergrens is van hetgeen in de praktijk geschat wordt.

Goeree-Overflakkee en Oostflakkee. Op basis van een balansstudie wordt geschat dat in de praktijk voor het gehele eiland (Goeree-Overflakkee en Oostflakkee samen) in een droog jaar 14 miljoen m³ water wordt ingelaten en dat hiermee een gebied van circa 20 000 ha van zoet water wordt voorzien. Met het model wordt een langjarig gemiddelde inlaat berekend van 5,9 miljoen voor Goeree-Overflakkee en 0,9 miljoen voor Oostflakkee. Dit is redelijk in overeenstemming met de praktijk, als ook in ogenschouw wordt genomen dat het gemodelleerde areaal geen 20 000 maar 15 000 ha is.

PAN-polders. Hier kan moeilijk getoetst worden aan gemeten inlaathoeveelheden. Wel is bekend dat de capaciteit van het gemaal waarmee kan worden ingelaten erg groot is en dat de capaciteit van het achterliggende regionale water voor het doorspoelen ruim gedimensioneerd is op 0,3 l/s/ha. Het model berekent een langjarig gemiddelde inlaat van 3,2 miljoen m³. De grootste maximale inlaat die het model berekent is in de orde van grootte van 0,3 l/s/ha.

4.7 Aandachtspunten berekening water- en zoutbalans

Bij de rekenwijze wordt aangenomen dat de hoeveelheden ingelaten water worden bepaald door het zoutgehalte. Dit is lang niet overal de praktijk.

Versie 2.0 berekende de water- en zoutbalans op zomerhalfjaar-basis; de waterbehoefte voor het doorspoelen werd hiermee dus ook op halfjaarbasis berekend. Dit leverde een duidelijke onderschatting van de wateraanvoerbehoefte. Daarom is in versie 2.1 overgestapt op berekening op maandbasis. In principe zou ook op decade-interval gerekend kunnen worden. De berekende inlaatbehoefte wordt dan steeds groter omdat tekorten niet worden gecompenseerd door een neerslaggebeurtenis in een volgende tijdstap. Idealiter zou de grootte van de tijdstappen afgestemd moeten worden op het inlaatregiem. Wanneer besluit de waterbeheerder de inlaat te stoppen of juist verder open te zetten?

Het model gaat voor de berekening van het zoutgehalte uit van volledige menging. Een andere rekenwijze die gehanteerd kan worden is uitgaan van blokstroming. Dan wordt het zoute water iets efficiënter doorgespoeld en zouden ook iets lagere doorspoelbehoeften worden berekend. Het belangrijkste voor de berekening van het doorspoelen is echter de verhouding tussen de gehalten van het inlaat-, uitlaat- en drainagewater.

Voor de berekening van de zoutschade is vooral de wijze waarop het zoete inlaatwater zich over het deelgebied verspreidt van belang. Deze 'oplading' is vaak niet-lineair omdat delen van de eilanden minder goed met inlaatwater worden doorgespoeld. Sommige watergangen worden helemaal niet door het zoete inlaatwater ververst (lange kopsloten is een illustratief voorbeeld). Het modelinstrument kan hiermee rekening houden doordat de verspreiding van het inlaatwater over het gebied als efficiency ruimtelijk kan worden ingevoerd.

Voor validatie van het model kunnen de berekende hoeveelheden inlaatwater getoetst worden aan de werkelijk ingelaten hoeveelheden. Deze praktijkgegevens zijn niet gemakkelijk boven tafel te krijgen. Bovendien verschilt het inlaatregiem en de wijze waarop qua doorspoelen wordt gestuurd door de jaren heen. Daarom is het alleen mogelijk om op hoofdlijnen te toetsten of de berekende hoeveelheden qua orde van grootte aansluiten op de praktijk en dan voor die gebieden en jaren, waar het inlaatregiem en de werkelijk ingelaten hoeveelheden redelijk goed bekend zijn. De in paragraaf 4.5 beschreven globale toetsing toont dat de berekende inlaat redelijk qua orde van grootte in overeenstemming is met de praktijk. Hierbij moet wel worden bedacht dat de berekende hoeveelheden sterk afhankelijk blijken van de verhouding tussen de zoutgehalten van het inlaat-, uitlaat- en drainagewater. De waterbeheerders kunnen voor diverse eilanden op basis van metingen vrij goed de zoutgehalten van het in- en uitlaatwater opgeven.

Naast de in- en uitlaatconcentratie is de NHI-output van de kwel en de bijbehorende drainageconcentratie de belangrijkste input voor de berekening van de water- en zoutbalans en daarmee de berekende watervraag. Gerekend is met het NHI, versie 2.1. In een voorgaande studie (Witteveen en Bos) is geconcludeerd dat het NHI op het niveau van de ZWD voldoende valide is om voor de zoetwaterbehoefte te gebruiken. Op het niveau van de hier onderscheiden deelgebieden is het NHI niet getoetst. Wel is door de waterbeheerders aangegeven dat de kwel/infiltratie patronen van het NHI globaal overeenstemmen met hetgeen zij vanuit hun expert- en gebiedskennis weten.

5 Rekenmethode opbrengstverandering landbouw

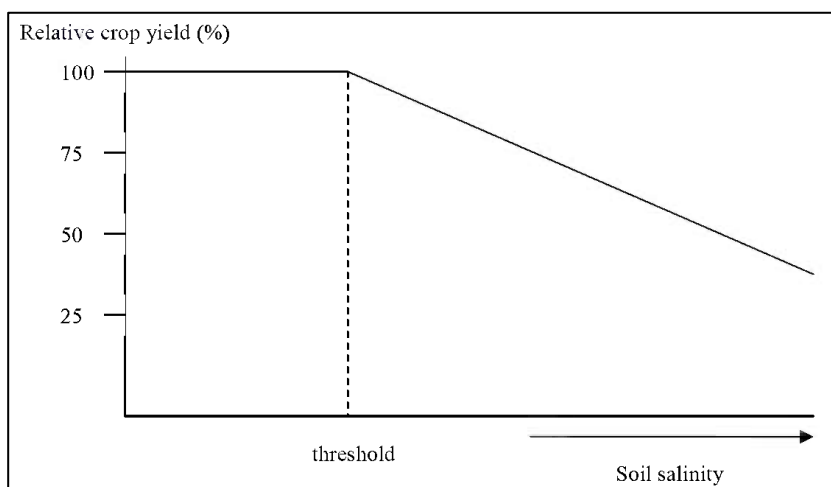
5.1 Methodiek

De zout- en droogte schade is voor de periode 1981-2010 apart berekend met het agrohydrologische model SWAP (versie 3.2; Kroes et al., 2009). Hiertoe zijn drie bodemtypen gekozen die het meest voorkomen in de ZWD-RD en deze zijn vervolgens gekoppeld aan negen vormen van agrarisch landgebruik. De resultaten van deze berekeningen zijn samengevat in negen tabellen die in €ureyeopener zijn opgenomen, namelijk drie tabellen voor zavelgrond: 1976 (1% droog jaar), 1989 (10% droog jaar) en 30-jarig gemiddelde, idem voor kleigrond en idem voor klei-op-zandgronden.

5.2 Rekenprincipe zoutschade

Voor de analyse van de resultaten van de Zoetwaterverkenning is het van belang inzicht te hebben in zoutschade in de landbouw. Zoutschade kan ontstaan als wordt berekend met te zout water en/of als zout grondwater via capillaire opstijging naar de wortelzone wordt getransporteerd (Stuyt et al., 2006). Zout in de wortelzone van landbouwgewassen (en natuur) verhoogt de osmotische potentiaal waardoor wateropname door de wortels kan worden geremd, met verdampingsreductie en opbrengstderving tot gevolg. Ook kan berekening met zout water bladverbranding en structuurschade aan de bodem veroorzaken. De chlorideconcentratie in het oppervlaktewater is voor waterbeheerders van oudsher bepalend voor het doorspoelbeheer, en een essentiële variabele om in beeld te brengen, omdat de chlorideconcentratie in het beregeningswater gelijk is aan die in het oppervlaktewater, als hieruit wordt berekend.

Voor de €ureyeopenerO 2.1 wordt in de berekening van zoutschade met SWAP voortgebouwd op de zoutschadefuncties van Maas-Hoffman (1977). Deze zoutschadefuncties worden gedefinieerd door een zoutschadedrempel, zijnde de maximum zoutconcentratie die een gewas zonder schade verdraagt, en een helling die de afname van de gewasopbrengst beschrijft, bij toenemende zoutconcentratie; zie Figuur 7.



Figuur 7 Zoutschadefunctie landbouwgewassen volgens Maas en Hoffman (1977). Bron: Kroes et al., 2009.

De zoutgehaltes ('soil salinity') worden in deze functies uitgedrukt in het elektrisch geleidingsvermogen (EGV). In het NHI - en dus ook in €ureyopener - wordt in regionale wateren niet met EGV's maar met chloridegehaltes gerekend. In de gebruikte SWAP versie (2.4) is derhalve ook met chloridegehaltes gerekend. In het rapport van de €ureyopener 1.0 (Stuyt et al., 2013) en de SWAP-manual (Kroes et al., 2009) staat uitgebreid de rekenwijze voor zoutschade en de genoemde omrekening van chloride naar EGV beschreven. De gehanteerde zoutschadedrempels zijn weergegeven in Tabel 2. In €ureyopener zijn (versie 2.4) de zoutschades berekend met model SWAP, voor de periode 1971-2000. In deze berekeningen ontstaat schade als de zoutgehaltes in de wortelzone door berekening met zout water oplopen tot boven de in zoutschadedrempels.

Tabel 2

Classificatie van gevoeligheden voor zout van de LGN6-landgebruikcategorïeën (alle toekenningen ontleend aan Van Bakel en Stuyt (2011), met uitzondering van boomkwekerijen en glastuinbouw).

Landgebruiksvorm volgens LGN6	Zoutgevoeligheidsklasse (mg/l Cl ⁻)					tolerant
	extreem gevoelig	zeer gevoelig	gevoelig	matig gevoelig	Matig Tolerant	
Agrarisch gras						2400
Mais				600		
Aardappelen				600		
Bieten						2400
Granen					1200	
Overige gewassen			300			
Glastuinbouw	75					
Boomgaarden				600		
Bloembollen ('Ploegman')			300			
Bloembollen ('Van der Valk')				600		
Boomkwekerijen		150				
Fruïtkwekerijen			300			

5.3 Unieke combinaties (UC's) bodemtype en landgebruik

De berekening van de opbrengstverandering van grondgebonden landbouw is uitgevoerd door unieke combinaties van bodemtype en landgebruik te definiëren. Het navolgende beschrijft de werkwijze waarop de unieke combinaties zijn vastgesteld en de resulterende schematisatie.

Stap 1 Clustering bodemtype

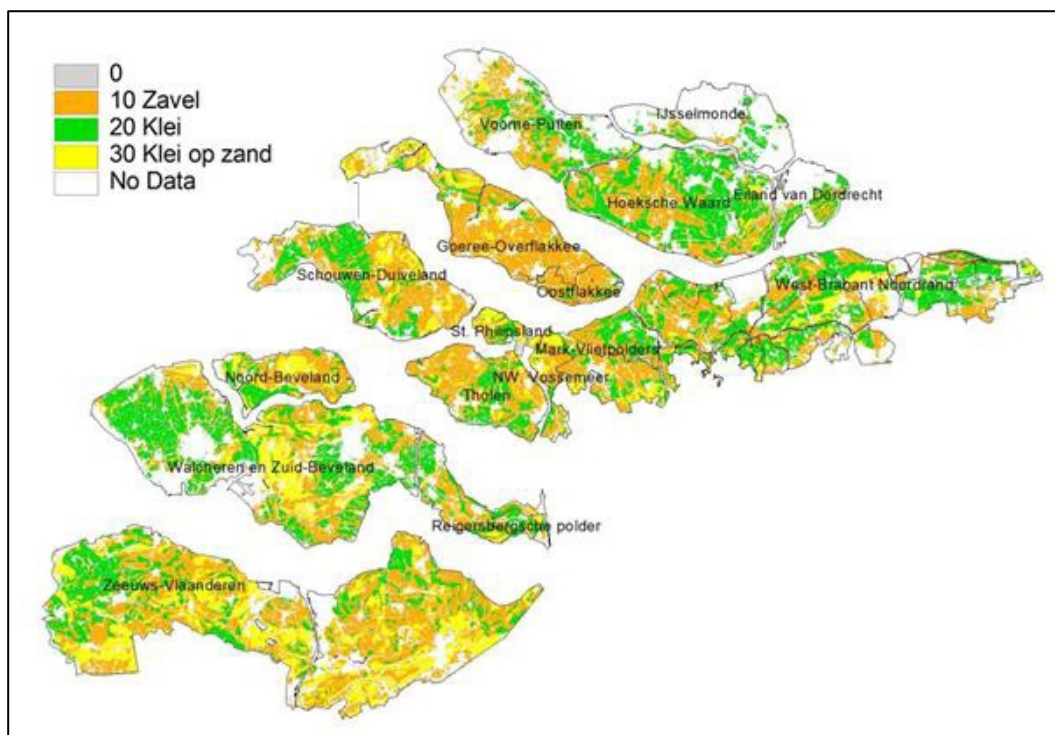
Als basis is gebruik gemaakt van de bodemkaart 1:50.000 en de PAWN -eenheden zoals onderscheiden in STONE versie 2.4 (Groenendijk,2012). In de bodemkaart zijn een groot aantal type bodems gekarteerd. Het is op voorhand ondoenlijk om deze in de agrohydrologische modellering allemaal apart door te rekenen. Om een hanteerbare en toch representatieve indeling in bodemtypen te verkrijgen, is gebruik gemaakt van de bodemtype eenheden die in het landelijke nutriënten uitspoelingsmodel STONE zijn gedefinieerd. Uit een GIS-analyse komt naar voren dat de PAWN-eenheden die het grootste areaal vertegenwoordigen zijn:

- 15 Zavelgrond
- 16 Lichte klei
- 19 Klei op zand

De overige PAWN-eenheden hebben een gering areaal en zijn als volgt samengevoegd:

- Zavel : naast Pawn eenheid 15 de eenheden 7 t/m 14, en 21
- Klei: naast pawn-eenheid 16 de eenheden 1 t/m 6, 17,18
- Klei op zand: naast pawn-eenheid 19 de eenheid 20

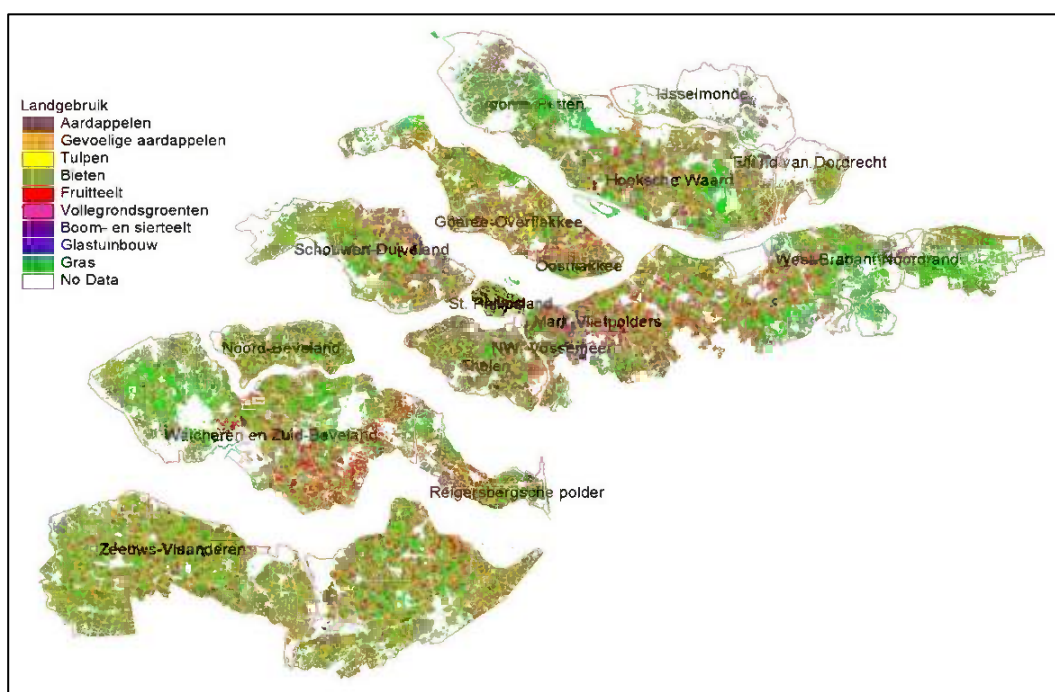
Het resultaat van deze indeling is ruimtelijke weergegeven in Figuur 8.



Figuur 8 Geclusterde bodemtypen (PAWN-eenheden).

Stap 2 Onderscheiden in Landgebruik

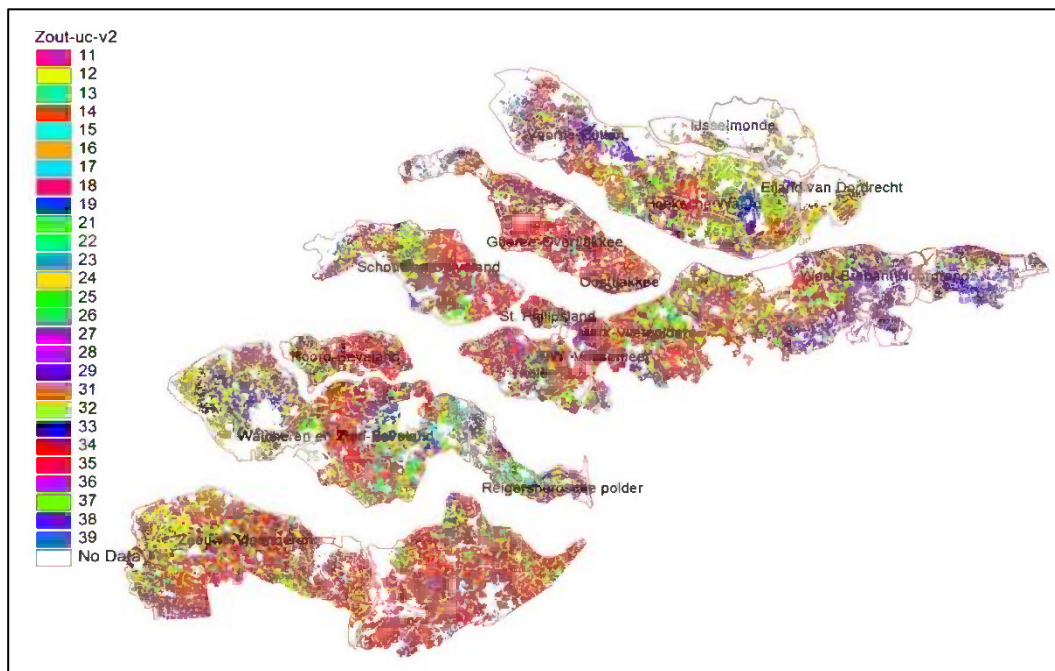
Voor het landgebruik is de kaart Bedrijfsregistratie percelen (BRP-kaart) samengevoegd met glas-tuinbouw uit Top1-vector. De onderscheiden vormen van landgebruik zijn genummerd 1 t/m 9 en de ruimtelijke ligging is weergegeven in Figuur 9.



Figuur 9 Landgebruik toebedeeld aan de negen onderscheiden type landbouw.

Stap 3: combinatie bodemtype en landgebruik

De kaarten, weergegeven in Figuur 8 en Figuur 9 zijn gecombineerd. Dit levert 9×3 combinaties. Hierbij zijn combinaties waarvoor de bodem ontbreekt, het landgebruik ontbreekt of beide ontbreken niet meegenomen. De resulterende combinaties zijn weergegeven in Figuur 10.



Figuur 10 Ligging onderscheiden 27 combinaties (3 bodemtypen en 9 landgebruiksvormen).

In Tabel 3 is voor ieder deelgebied het resulterend areaal van de 27 UC's weergegeven.

Tabel 3

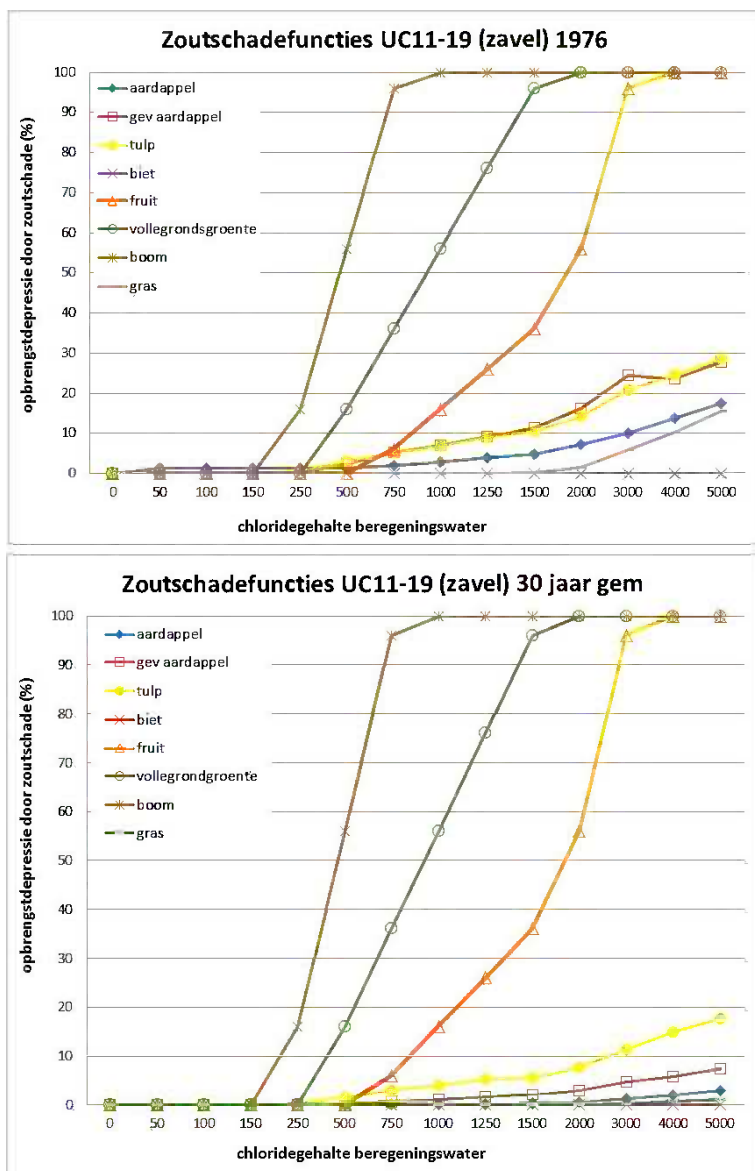
Aantal ha per UC per deelgebied, oftewel de 25×25- m landbouwschade tabellen.

			Aardappelen	Gevoelige Aardappelen	Tulpen	Bieten	Fruitteelt	Vollegrondsgroenten	Boort- en sierteelt	Glastuinbouw	Gras
Deelgebied	nr	Sub nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Eiland van Dordrecht	10	Zavel	140	72	0	381	0.4	31	0	5	139
	20	Klei	133	99	0	717	0	46	0	11	167
	30	Klei op zand	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Goeree-overflakkee	10	Zavel	2525	1168	475	3390	66	452	85	7	1367
	20	Klei	156	90.5	6	434	11	9	3	<1	192
	30	Klei op zand	401	157	39	577	<1	37	48	<1	398
Hoekse Waard	10	Zavel	1632	522	0	3769	159	492	19	17	1070
	20	Klei	1756	523	0	4356	173	710	12	45	2041
	30	Klei op zand	118	44	0	302	12	52	0	9	76
IJsselmonde		Zavel	84	14	0	281	11	49	8	42	156
	20	Klei	130	22	0	574	22	91	6	113	354
	30	Klei op zand	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mark-Vlietpolders	10	Zavel	2064	788	80	4774	305	1136	208	100	1960
	20	Klei	1365	642	3	3526	149	703	74	37	2280
	30	Klei op zand	554	186	9	1386	92	249	41	52	591
Noord-Beveland	10	Zavel	594	271	0	1537	63	152	1	1	463
	20	Klei	275	119	0	665	13	22	0	0	361
	30	Klei op zand	292	140	0	794	30	59	1	0	266
NW. Vossemeer	10	Zavel	274	14	5	466	42	132	41	2	306
	20	Klei	75	25	0	162	13	16	5	0	81
	30	Klei op zand	84	10	0	109	48	32	5	0	140

Deelgebied	nr	Sub nr.	Aardappelen	Gevoelige Aardappelen	Tulpen	Bieten	Fruiteelt	Vollegrondsgroenten	Boom- en sierteelt	Glastuinbouw	Gras
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
Oost-flakkee	10	Zavel	712	299	79	842	18	187	11	18	221
	20	Klei	26	13	0	162	9	15	0	0	102
	30	Klei op zand	23	0	0	40	0	0	0	0	0
Reigersbergsche polder	10	Zavel	73	17	0	128	42	8	6		61
	20	Klei	140	58	0	193	16	0	0	0	135
	30	Klei op zand	16	16	0	39	2	0	0	0	3
Schouwen-Duiveland	10	Zavel	1450	760	15	3063	126	519	68	51	1366
	20	Klei	666	411	5	2009	18	178	14	2	903
	30	Klei op zand	503	224	7	655	10	229	24	5	186
St. Philipsland	10	Zavel	124	13	0	318	6	31	3	0	106
	20	Klei	83	39	0	213	7	8	0	0	86
	30	Klei op zand	112	15	0	242	15	43	4	0	123
Tholen	10	Zavel	1474	389	33	2073	215	378	171	38	878
	20	Klei	524	113	9	1101	51	68	51	0	535
	30	Klei op zand	216	46	12	250	40	47	22	7	73
Voorne-Putten	10	Zavel	959	234	0	2043	47	264	18	212	997
	20	Klei	476	86	0	1312	14	108	7	35	1736
	30	Klei op zand	85	20	0	133	1	25	1	17	116
Walcheren	10	Zavel	365	210	15	1389	52	144	31	3	31
	20	Klei	673	367	3	3605	74	159	49	11	2507
	30	Klei op zand	88	33	0	275	46	43	1	0	202
West-Brabant Noordrand	10	Zavel	724	310	0	2074	106	363	37	57	1656
	20	Klei	399	303	0	2313	58	240	2	55	2697
	30	Klei op zand	71	35	0	382	0	36	0	54	417
Zeeuws-Vlaanderen	10	Zavel	5427	2824	98	12613	446	666	22	19	4319
	20	Klei	1958	1051	5	6566	150	204	15	0	1681
	30	Klei op zand	2777	1497	55	6786	135	383	13	10	2113
Zuid-Beveland	10	Zavel	1436	639	49	3989	1652	405	58	79	1414
	20	Klei	926	490	13	3483	932	70	38	59	2039
	30	Klei op zand	841	400	10	2105	377	192	11	19	660

5.4 Resulterende zoutschadetabellen

Zoals aangegeven zijn met SWAP voor de drie bodemtypen en vijf grondgebonden gewassen (aardappel, gevoelig aardappel, bieten, gras, tulp) de opbrengstvermindering door zoutschade berekend voor de periode 1971-2000. Het model geeft steeds een beregeningsgift in de opgegeven periode tussen zaaien en oogsten zodra het vochtgehalte in de wortelzone onder een kritische grens komt. Deze berekeningen zijn uitgevoerd voor chloridegehalten van het beregeningswater van 0, 50, 100, 150, 250, 500, 750, 1000, 1250, 1500, 2000, 3000, 4000 en 5000 mg/l. Voor drie overige landbouwtypen (boomteelt, vollegrondsgroente en fruit) is de zoutschade bepaald op basis van literatuur. Voor glastuinbouw wordt aangenomen dat geen zoutschade optreedt omdat de glastuinbouw goeddeels autonoom is qua watervoorziening. De aldus berekende opbrengstreducties door zoutschade zijn voor zavel weergegeven in Figuur 11 (1976 en 30-jarig gemiddelde).



Figuur 11 Berekende zoutshade (opbrengstreductie) per gewas voor zavel voor het jaar 1976 (boven) en gemiddeld over de periode 1971-2000 (onder) bij oplopende zoutgehalten van het beregeningswater.

Uit Figuur 11 blijkt de zoutshade significant is als boomteelt, vollegrondsgroenten en fruit met brak water (300 à 1000 mg/l) worden berekend. Bij hogere zoutgehalten van het beregeningswater is de zoutshade van tulpen en zoutgevoelige aardappels significant, voor bieten is ook bij chloridegehalten van 5000 mg/l nauwelijks sprake van zoutshade.

De resultaten van de zoutshadeberekeningen zijn als drie tabellen weggeschreven (30 jaar gemiddeld, 1989 en 1976). Deze tabellen zijn in €ureyeopener ingevoerd. Bij het zoutgehalte dat maandelijks voor elke gridcel wordt berekend, wordt dan met een zoekfunctie de bijbehorende zoutshade opgezocht.

5.5 Droogteschade en natschade

Voor alle UC's is met SWAP de klimaatperiode doorgerekend zonder berekening. De hierbij berekende gemiddeld hoogste en laagste grondwaterstanden zijn ingevoerd in het model Agricom (Mulder, 2013). Conform de Waterlood systematiek wordt daarmee de droogte- en natschade berekend als % opbrengstderiving (analoog aan de in paragraaf 5.4. beschreven zoutshade). De resultaten zijn als

tabellen weggeschreven voor de langjarige periode (1971-2000), 1989 en 1976. Analooq aan de zoutschade, zijn de resultaten van Agricom voor droogte- en zoutschade als drie tabellen weggeschreven (30 jaar gemiddeld, 1989 en 1976). Deze tabellen zijn in €ureyeopener ingevoerd. De droogteschade die optreedt als wel wordt berekend wordt overgenomen uit de zoutschadetabel bij een chloridegehalte van 0 mg/l. Maatregelen die effect hebben op het grondwaterregime, worden met SWAP berekend. Het effect op de droogteschade wordt dan gesuperponeerd op de met Agricom berekende droogteschade.

5.6 Aandachtspunten agrohydrologische effecten

Agrohydrologische berekening maatregelen

De huidige opzet is zodanig, dat met SWAP berekeningen worden uitgevoerd voor 15 UC's (5 akkerbouwgewassen en 3 verschillende bodems). Voor boomteelt, fruitteelt, vollegrondsgroenten en glastuinbouw zijn de zoutschades die optreden bij de oplopende chloridegehalten niet met SWAP berekend maar afgeleid uit literatuur. Omdat verandering van zoutschades juist bij deze teelten zo'n zwaar aandeel hebben in de totale geldelijke opbrengsten, verdient het aanbeveling voor deze gewassen ook agrohydrologische modelberekeningen uit te voeren. Dit vergt specifiek onderzoek en is alleen zinvol als ook adequate veldinformatie beschikbaar is om de modellen te parameteriseren en te valideren.

Constant chloridegehalte gedurende het groeiseizoen

Om rekentechnische en logistieke redenen is bij de SWAP-berekeningen verondersteld dat de chlorideconcentratie in het beregeningswater gedurende het beregeningsseizoen constant is. Dit kon eerst ook niet anders, omdat bij de opzet van het model de zoutbalans voor het zomerhalfjaar werd berekend. Nu het model qua temporele resolutie is verfijnd en op maandbasis de water- en zoutbalans wordt berekend, is het een volgende stap om ook de rekenwijze voor de zoutschade (en droogteschade) qua temporele resolutie te verfijnen.

Met het groeistadium variërende zoutschadegevoeligheid

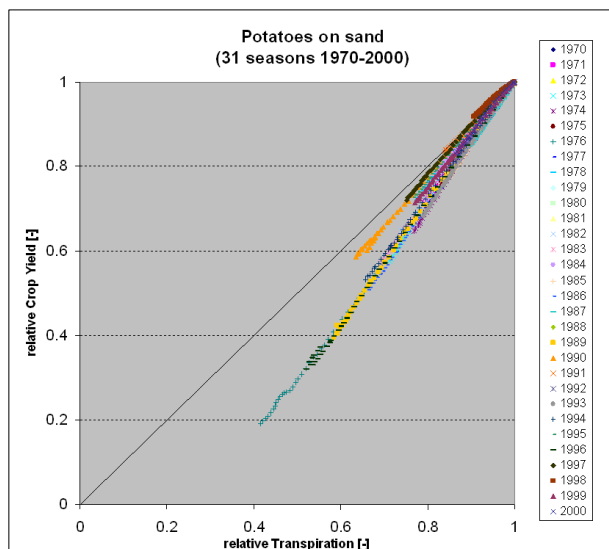
Bekend is dat de meeste gewassen gedurende de kieming en de verdere ontwikkelingsfase meer of minder gevoelig zijn voor verminderde mogelijkheden tot wateropname door de wortels. Vooral tijdens de vruchtzetting zijn veel gewassen gevoelig. Hiermee kan rekening worden gehouden door de met de tijd variërende zoutgevoeligheid van gewassen in komende analyses met €ureyeopener mee te nemen. In hoeverre de berekende opbrengstreductie hierdoor wordt beïnvloed is moeilijk aan te geven, maar gezien de achtergrond van de experimenten van Maas & Hoffman zal de berekende reductie bij constant chloridegehalte in de wortelzone maximaal zijn.

Slim beregenen

De met SWAP berekende relaties zijn afgeleid met een beregeningsregime dat alleen is gekoppeld aan de vochtspanning in de bodem. Indien wordt berekend met water dat behoorlijk zout is, zal de agrarier een afweging willen maken tussen niet beregenen en daarbij droogteschade voor lief nemen en tussen beregen met chloridehoudend water moet de beregening ook worden afgestemd op de chlorideconcentratie in de wortelzone. Immers, door 'overberegening' kan worden voorkomen dat het chloridegehalte van het bodemwater in de wortelzone wegens 'indikking' oploopt. De met het model SWAP opgestelde zoutschadefuncties indiceren om die reden nog te grote opbrengstreducties.

Opbrengstreductie is gewasverdampingsreductie

In bovenstaande beschouwingen is de opbrengstreductie verondersteld evenredig te zijn met de verdampingsreductie ten gevolge van verzilting. In Van Bakel et al. (2009) is echter een berekening beschreven waarbij model SWAP gekoppeld is aan gewasgroeimodel WOFOST. Met deze gekoppelde modellen wordt (voor het beschreven geval) een tot ca. 50% grotere opbrengstreductie berekend; zie Figuur 12.



Figuur 12 Relatie tussen relatieve gewasverdamping en gewasopbrengst, berekend met een SWAP-WOFOST combinatie voor aardappelen op zand, voor 30 opeenvolgende hydrologische jaren en vijftien zoutconcentraties van het beregeningswater (Van Bakel et al., (2009).

De in dit rapport gepresenteerde opbrengstreducties worden daarom wellicht onderschat, waardoor een te optimistisch beeld ontstaat van de zoutschade. Anderzijds zijn er weer aanwijzingen dat de tolerantie van aardappels voor zout in de Nederlandse situatie groter is dan in de literatuur met de zoutschadefuncties wordt aangegeven.

De zouttolerantie van landbouwgewassen is afhankelijk van omgevingsfactoren

Het klimaat is van belang, omdat dat de transpiratie en de groei bepaalt. Naarmate de transpiratie, en dus de wateropname door het gewas, hoger is, is het voor de gewassen moeilijker om Na- en Cl-ionen buiten te sluiten. De zouttolerantie van gewassen is daardoor lager naarmate de transpiratie, bepaald door temperatuur, straling en luchtvochtigheid, hoger is. Ook is de beluchting van de bodem van belang. Het actief buitensluiten van zout door de wortels kost energie, die verkregen wordt door ademhaling. Voor deze ademhaling moet voldoende zuurstof aanwezig zijn. Bij de wortels concurreren Na-ionen met andere kationen. Een gewas kan Na makkelijker buitensluiten als de concentraties aan andere ionen, bij voorbeeld Ca en K, hoger zijn (Dam et al., 2007). Daarom is het van belang om een goed beeld te hebben van de chemische samenstelling van het beregeningswater en het effect daarvan op de chemische samenstelling van het bodemvocht.

Naast beregeningswater kan zout via andere bronnen in de wortelzone worden gebracht. Te denken valt aan wellen, inundatie en infiltratie vanuit het oppervlaktewater, langdurige zoute kwel bij aanhoudende droogte en dergelijke. De chemische samenstelling van zulke bronnen kan afwijken van die van verzilt oppervlaktewater; die samenstelling moet daarom goed in ogenschouw worden genomen. Met bovenstaande aspecten is in de analyses geen rekening gehouden; in hoeverre dit invloed heeft op de resultaten is onbekend; nader onderzoek lijkt geen overbodige luxe, zeker in het licht van de afweging tussen het voorkómen van droogte-, en/of zoutschade.

Nieuwe concepten voor verdisconteren van de invloed van de osmotische potentiaal³

De osmotische potentiaal is eigenlijk de drijvende kracht achter zouttransport. Met de huidige concepten, zoals nu gebruikt, wordt dit indirect benaderd. Er zijn directere methoden in ontwikkeling (De Jong Van Lier et al., 2008 en 2009) die er veel belovend uit beginnen te zien. Nader onderzoek en toetsing onder veldomstandigheden is nodig om de concepten uit te testen. Bovendien zal dit tot een andere samenhang tussen zoutschade en nat- en droogteschade leiden, waarvoor een nieuwe parameterisering nodig zal zijn.

³ J.G. Kroes (Alterra), persoonlijke mededeling dd. 7 juni 2013.

6 Rekenmethode Kosten en baten

6.1 Inleiding

In €ureyeopener 2.0 worden de gemiddelde jaarlijkse kosten en baten van de veranderingen van ingrepen in het waterbeheer bepaald. De schattingen worden gedaan op basis van kentallen. Vanuit pragmatische overwegingen (tijd en budget) zijn in versie 2.0 niet alle kosten/baten meegenomen maar alleen de kosten/baten van waterbeheer en landbouw. Welvaartseffecten (kosten/baten) die normaliter worden opgenomen in een maatschappelijke kosten-baten analyse (MKBA), worden daarom buiten beschouwing gelaten, zoals bijvoorbeeld indirecte effecten van maatregelen (denk aan de gevolgen voor de verwerkende industrie) en welvaartsveranderingen die niet in geld uit te drukken zijn (denk aan de verandering in belevingswaarde van zoete/zoute natuur).

De volgende categorieën kosten en baten worden onderscheiden.

1. De kosten voor het implementeren/aanleggen van maatregelen (investeringen, exploitatie/beheer, financiering);
2. De kosten/baten die gepaard gaan bij de transitie van teelten (Δ geldelijke opbrengsten door aanpassing van het bouwplan, aanleg beregeningsinstallaties e.d.);
3. De verandering in kosten voor meer/minder inlaat en uitlaat van water;
4. De verandering in kosten voor meer/minder hoeveelheden beregening;
5. De verandering in kosten voor toe/afname van landbouw gewas opbrengsten.

De eerste twee kostenposten worden berekend op basis van kentallen en aannames bij het definiëren van de maatregel. Deze kostenposten zijn niet gerelateerd aan het gebruik van de maatregel, zoals bijvoorbeeld aanlegkosten pijplijn voor wateraanvoer. Een ander voorbeeld is de aanname dat in het voorzieningsgebied van die pijplijn overgegaan wordt op gewassen met hogere geldelijke opbrengsten per ha (bijvoorbeeld fruitteelt in plaats van akkerbouw). Kosten worden omgerekend naar jaarlijkse kosten en baten zodat de kosten en baten van verschillende categorieën en ook de kosten en baten van verschillende maatregelen vergelijkbaar zijn.

De laatste drie kosten/batenposten worden bepaald door de resultaten van de agrohydrologische berekeningen die in de €ureyeopener 2.0 zijn ingebouwd. Dit betreft de hydrologische berekeningen voor inlaat, uitlaat, de agrohydrologische berekening voor de hoeveelheid beregening en de berekende verandering van gewasopbrengsten (de som van reductie van optimale opbrengsten door zout-, nat- en droogte schade).

De volgende termen worden gerekend onder baten:

- De som van droogte-, nat- en zoutschadereductie, indien deze som positief is (= minder totale gewasschade);
- De vermeden variabele kosten van waterinlaat, als minder water ingelaten hoeft te worden;
- De vermeden variabele kosten van beregening als minder beregend hoeft te worden;
- De netto opbrengstverhoging, te weten de bruto opbrengstverhoging als gevolg van overschakeling naar hoogwaardiger gewas, verminderd met de verhoging van de schades die gerelateerd zijn aan bruto opbrengsten.

De volgende termen worden gerekend onder toename van kosten:

- De som van droogte-, nat- en zoutschadereductie, indien deze som negatief is (= meer totale gewasschade);
- De toegenomen variabele kosten inlaat indien meer water ingelaten dient te worden;
- De toegenomen variabele kosten beregening indien meer beregend wordt;
- De overige kosten zoals nader gespecificeerd per maatregel, zoals kosten van beregeningsinstallaties, pompen, stuwtjes, pijpleidingen en dergelijke .

De resultaten van de kosten en baten zijn maatregel specifiek en worden ook per maatregel gepresenteerd.

6.2 Algemene aannames en uitgangspunten

Kosten worden omgerekend naar jaarlijkse kosten en baten zodat de kosten en baten van verschillende categorieën en ook de kosten en baten van verschillende maatregelen vergelijkbaar zijn. Voor de berekeningen wordt aangesloten op de Standaardsystematiek Kostenramingen (SSK-2010). De SSK-2010 is een systematiek voor het maken van kostenramingen (zie ook CROW-publicatie 137 'Standaardsystematiek voor kostenramingen – SSK 2010').

Prijsniveau

Bij de bepaling van de jaarlijkse kosten en baten is uitgegaan van het feit dat er géén rekening gehouden met inflatie. Alle kosten en baten worden uitgedrukt in het huidige prijsniveau (2012). Alle kosten en baten zijn inclusief BTW, waarbij geldt dat de kosten van maatregelen zijn belast met 21% BTW en de gewasopbrengsten met 6%. Voor toekomstige kosten en baten is de netto contante waarde berekend (discontovoet: 5,5% voor de periode 2015-2100). Ook wordt geen rekening gehouden met mogelijke prijsveranderingen als gevolg van veranderende fysieke opbrengsten per ha of door veranderende omstandigheden op de (internationale) markten voor landbouwgewassen.

Kosten voor de implementatie van maatregelen

De aannames voor de kosten van het implementeren van maatregelen zijn bepaald op basis van via literatuurstudie, gebiedsexperts (o.a. EVIDES), internet en persoonlijke informatie van aanbieders van pompen, stuwen etc. De onderscheiden kostencomponenten zijn: investeringen, exploitatie- en beheerkosten en financieringskosten. De investeringskosten zijn bepaald met de annuïteitenmethode. Dat heeft als voordeel dat het jaarbedrag van afschrijvingen en rentekosten een vast bedrag per jaar is. Voor het bepalen van het jaarbedrag voor financieringskosten zijn de volgende gegevens nodig: investering, levensduur, restwaarde en rentepercentage. De restwaarde wordt op 0 gesteld. Het rentepercentage is vastgesteld op 2,5%. De investering en de levensduur verschillen per maatregel.

Variabele kosten waterinlaat/uitlaat en beregeningsgiften

De variabele kosten van het waterbeheer zijn afhankelijk van de hoeveelheid water van inlaat, inlaat voor peilbeheer en beregening. Hierbij wordt op basis van expert-judgement uitgegaan van de volgende variabele kosten voor waterinlaat:

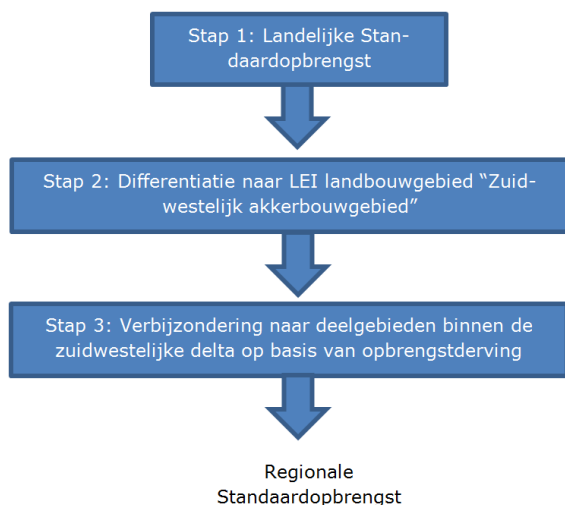
- Variabele kosten extra inlaat voor het doorspoelen: €0,005/m³
- Variabele kosten extra inlaat voor het peilbeheer: €0,0066/m³

De variabele kosten van meer/minder beregenen worden in het landelijke model Agricom (Mulder, 2014) gesteld op €0,78 per mm/ha voor energie en €0,25 per mm/ha voor arbeidskosten. Omdat in de uitgangspunten van de maatregelen geen rekening wordt gehouden met kosten van arbeid als die niet door de agrariër hoeven te worden ingehuurd, wordt in de €ureyeopener 2.1 uitgegaan van €0,78 per mm/ha. Dit is gelijk aan €0,078/m³. De kosten voor afschrijving en onderhoud worden niet meegenomen omdat de afschrijving niet verandert als een of meer keren per jaar minder beregend hoeft te worden. Daarbij is ook in overweging genomen dat het in de eilanden niet de gangbare praktijk is om loonwerkers voor beregening in te huren.

Landbouwbaten

Het startpunt voor de bepaling van de baten van een maatregel in de €ureyeopener 2.1 is de verandering van de standaardopbrengsten. Een correctie voor toegerekende variabele kosten (saldo) daar waar relevant en praktisch uitvoerbaar binnen het project (zoals voor fruitteelt). De standaard opbrengst (SO)-norm is een gestandaardiseerde opbrengst per ha of per dier die met het gewas of de diercategorie gemiddeld op jaarbasis wordt behaald (LEI /CBS, 2012). De SO norm is verbijzonderd voor de deelgebieden in €ureyeopener 2.1, zie Figuur 13. De berekende toe/afname van landbouw gewas opbrengsten worden vermenigvuldigd met de SO. Deze verandering van de standaard-opbrengsten zijn een benadering van de verandering van de netto toegevoegde waarde (zie Polman et al., 2014) en zijn gespecificeerd voor de 27 UC. De standaardopbrengst per US is berekend op basis

van de standaardopbrengsten voor 85 gewassen (op basis van de Basisregistratiepercelen, 2012). De netto toegevoegde waarde vormt de beloning voor de factorinput (arbeid, kapitaal en grond). De gerealiseerde netto toegevoegde waarde van een activiteit, een bedrijf, en een sector geeft de economische betekenis van die activiteiten, bedrijven en sectoren weer.



Figuur 13 *Stappen voor verbijzonderen landelijke SO norm naar regionale (gebied specifieke) SO-norm.*

De gebruikte methode heeft als voordeel dat het snel een richting geeft. Het is slechts een benadering van de welvaartseffecten. Er wordt geen rekening gehouden met:

- Markteffecten die zich bijvoorbeeld uiten in veranderende gewasprijzen bij droogte;
- Markteffecten die zich voordoen door veranderende marktomstandigheden, zoals vraagverandering en areaalverandering over een langjarige periode. het landgebruik in 1990 verschilt ten opzichte van het landgebruik in 1960;
- Effecten verder in de agro-foodketen en voor clusters niet meegenomen, zie paragraaf 6.1. bij een transitie naar hoogwaardige teelten kunnen ook aanzienlijke economische effecten optreden in andere onderdelen van de agrofoodketen;
- Standaardopbrengsten zijn niet voor alle gewassen beschikbaar en voor biologische productiemethoden zijn geen aparte normen opgesteld.

De primaire landbouw draagt de effecten van opbrengstveranderingen van maatregelen. Dit betekent niet dat door deze veronderstelling ook de kosten van maatregelen alleen door de landbouw gedragen zullen worden (denk aan stuwen en pijpleidingen).

7 Effecten van maatregelen

7.1 Inleiding

In versie 2.1 zijn op aangeven van het Afstemoverleg ZWD-RD de berekeningen voor kosten/baten ingebouwd voor de volgende maatregelen en bijbehorende deelgebieden:

Maatregel	Deelgebieden
Aanleg zoetwaterleiding voor ontwikkeling fruitteelt	Walcheren
Peilopzet (zonder wateraanvoer) 'De Paal'	Zeeuws-Vlaanderen
Infiltratie in kreekruigen	Schouwen-Duiveland
Efficiënter beregenen	Mark-Vlietpolders
Inlaten water met een lager zoutgehalte	Nieuw-Vossemeer, Voorne Putten en Tholen

In de volgende paragrafen worden de berekeningen per maatregel toegelicht; een beschrijving van de maatregel, de uitgangspunten en gebruikte input voor de kosten/baten berekening en de resultaten.

7.2 Zoetwaterleiding naar Walcheren voor fruitteelt

Beschrijving maatregel en aannames

De maatregel betreft:

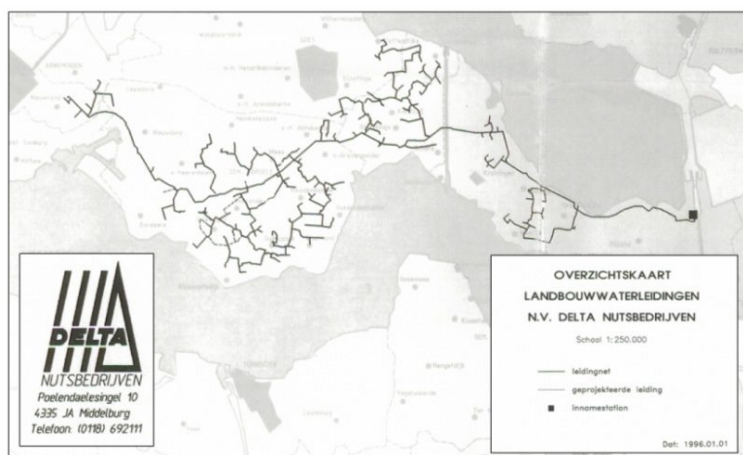
- Het vervangen van de zoetwaterleiding in Zuid-Beveland, omdat de huidige capaciteit onvoldoende is om meer fruitteelters aan te laten sluiten;
- Het verlengen van de zoetwaterleiding naar Walcheren;
- Het omzetten van akkerbouwgrond in fruitteelt;
- Een distributienetwerk in Walcheren naar de afnemers;
- Het aanschaffen van beregeningsinstallaties door de afnemers in Walcheren.

De leiding is bedoeld om zoetwater van hoge kwaliteit bij de agrariërs als huisaansluiting te leveren, al dan niet via een bassin. In gebieden waar nu weinig hoogwaardige teelten zijn is dat dan ineens wel mogelijk, bijvoorbeeld op Walcheren.

Waarschijnlijk is (op elk bedrijf) een bassin nodig om de piekvraag goed te kunnen bedienen, vooral als het systeem gebruikt wordt voor nachtvorstbestrijding: hiervoor is tot 3 mm/uur nodig, en dat gedurende soms wel 10 uur. Zonder reservoir is dat niet mogelijk. Nachtvorst is op Walcheren echter veel minder een probleem dan in Zuid-Beveland (persoonlijke communicatie met Piet Rijk, 2013). Ondanks dat wordt voor de maatregelen wel uitgegaan van de aanleg van een zoetwaterbassin.

De huidige landbouwwaterleiding loopt van het Bathse Spuikanaal tot op zo'n 5 km van Middelburg, zie Figuur 14. De capaciteit van de landbouwwaterleiding in Zuid-Beveland is op dit moment 1.000 m³/uur (Visser et al., 2011 en bevestigd door Evides) oftewel 0,2778 m³/s. Voor het door-trekken van deze landbouwwaterleiding naar Walcheren houden we rekening met het feit dat de capaciteit in Walcheren ook 1.000 m³/uur beschikbaar zou moeten zijn bij piekvraag. Dat betekent dat de capaciteit van de pijplijn vergroot moet worden naar minimaal 2.000 m³/uur.

In Walcheren geldt dat er 1.000 m³/uur verdeeld kan worden. Bij aanhoudende droogte is de irrigatie-behoefte 4 mm/dag (40 m³.dag⁻¹.ha⁻¹). Dan kan 608 ha kan worden beregend. Door de leiding moet dan per hectare 40.000/86.400 ≈ 0,5 liter per seconde worden aangevoerd.



Figuur 14 De bestaande landbouwwaterleiding op Zuid Beveland.

Voor de berekening van de kosten en baten worden de volgende aannames gehanteerd:

- De huidige landbouwwaterleiding met een lengte van ca. 45 km moet worden vervangen en uitgebreid met 6 km, zodat de leiding reikt tot aan de westkant van Middelburg.
- Het distributienetwerk bestaat uit kleinere pijpleidingen met een capaciteit van 12 m³/uur (Zlto, 2011, Tolck, 2013). In totaal worden 30 aftakkingen (30 nieuwe fruitteilers op Walcheren met een gemiddeld areaal van 20 ha) met van de landbouwwaterleiding aangelegd met een gemiddelde lengte van 2 km.
- Er wordt verondersteld dat elk bedrijf minstens één bassin aanlegt van 25.000 m³.
- Omdat de maatregel alleen wordt doorgerekend voor Walcheren wordt geen rekening gehouden met kosten die gemoeid zijn met bestrijding van nachtvorst.

Kosten voor implementatie pijpleiding

De investering voor een zoetwaterleiding met capaciteit van 9.000 m³/uur en een lengte van 1 km is €2,5 miljoen, zie factsheets DHV (2011). De kosten voor een pompstation bedragen 11,6 miljoen (DHV, 2011). De exploitatiekosten bestaan uit drie delen. Volgens de studie van Royal Haskoning (2005) bedragen de exploitatiekosten (personeels- en energiekosten) €0,10 per m³. De kosten van het pompen worden geschat op €0,02 per m³, uitgaande van een volume van 1 000 000 m³. Het watergebruik voor beregening wordt berekend in de hydrologische rekenmodule van Eureau en de pompkosten worden verdisconteerd in de kosten-baten voor landbouw (zie Tabel 5). De overige exploitatiekosten en financieringskosten van investeringen zijn tezamen met alle kostenposten weergegeven in Tabel 4. Deze zijn in de laatste kolom uitgedrukt in Netto Contante Waarden (NCW) voor de periode 2015-2100 (gemiddeld per jaar).

Tabel 4

Kosten van het doortrekken van de zoetwaterleiding naar Walcheren, (prijsniveau 2012).

Omschrijving	Aantal eenheden	Eenheid	Levensduur	Investering (incl. BTW)	Exploitatie (incl. BTW)	NCW investering en exploitatie 2015-2100 • € gemiddeld/jaar
Aanleg				€	€/jaar	€/jaar
Pijplijn	51	km	40	€165.957.215	€1.659.572	€11.880.085
Pompstation	1	stuks	40	€14.717.253	€147.173	€1.053.538
Distributienet	60	Km	40	€3.806.186	€38.062	€272.467
Energie- en personeelskosten	1 000 000	m ³	1		€109.565	€75.568
Bassins	30	stuks	16	€1.636.660	€74.220	€221.710
Beregeningsinstallaties	608	ha	10	€2.687.699	€64.855	€403.806
Transitie appels*	304	ha	12	€12.754.261		€1.421.542
Transitie peren*	304	ha	25	€19.839.961		€1.447.189
Ruilverkaveling	608	ha		€963.741		€70.298
Totaal				€222.362.976	€2.093.447	€16.846.203

* Er gelden verschillende Btw-tarieven. De kosten van nieuwe bomen is belast met een Btw-tarief van 6% en de overige kosten met een Btw-tarief van 21%. De kosten van nieuwe bomen is ca. 75% van de kosten.

Transitiekosten landbouw (overgang naar fruitteelt met beregening en een bassin)

Voor het voorzieningsgebied dat is ingeschat op 608 ha wordt ervan uitgegaan dat alle nu aanwezige akkerbouw zal overschakelen naar fruitteelt. Dit betreft dus een 'best case' scenario omdat in werkelijkheid slechts een deel van de akkerbouwers zal overschakelen. Voor de omschakeling naar fruitteelt moeten beregeningsinstallaties voor de zomer (druppelirrigatie) worden aangelegd; nachtvorstschade beregening wordt als niet noodzakelijk verondersteld in Walcheren omdat dit niet of nauwelijks in de praktijk voorkomt. Ook wordt verondersteld dat elk bedrijf minstens één bassin a 25.000 m³ aanlegt op het bedrijf. Voor het omzetten van akkerbouw naar fruitteelt moeten ook transitiekosten in beschouwing worden genomen met:

- Kosten van aanleg waarbij wordt uitgegaan van een evenredige verdeling van het areaal tussen appels en peren;
- Oogstverliezen tijdens de eerste jaren na aanplant (appels drie jaar en peren zeven jaar);
- De economische levensduur van appelbomen is 12 jaar; die van perenbomen 25 jaar.

De investeringskosten voor het omschakelen van akkerbouw naar fruitteelt zijn €41.955 per ha voor appels (3.000 appelbomen per ha) en €65.263 per ha voor peren. Deze kosten zijn gebaseerd op de berekening uit Heijerman-Peppelman en Roelofs (2010) en gecorrigeerd voor inflatie (prijsspeil 2012) en inclusief BTW. Dit is inclusief de kosten die gepaard gaan met de oogstverliezen van de aanwas in de eerste drie jaren na aanplant.

Voor de aanleg van de beregeningsinstallaties wordt uitgegaan van een investering van €4.421 per hectare en een levensduur van 10 jaar. Voor de aanleg van de bassins wordt uitgegaan van een investering van €54.555 en een levensduur van 16 jaar. De aldus berekende transitiekosten zijn weergegeven in Tabel 4. De netto-contante waarde per jaar van de maatregel bedragen €17 miljoen.

Baten verandering gewas

Fruitteelt heeft een opbrengst die bij een gelijke verdeling van appels en peren €16.633.ha⁻¹ hoger is dan akkerbouw. Voor het aangenomen areaal van 608 ha levert dit baten van €8.859.000 inclusief 6% BTW.

Kosten wateraanvoer, beregening en schades

Met €ureyeopener 2.1 zijn de veranderingen in wateraanvoer, beregeningsbehoefte en schades berekend. Voor de maatregel wordt een beregening in de fruitteelt berekend van gemiddeld 250 000 m³ (gemiddeld over de 30 jarige rekenperiode). Uitgaande van €0,02/m⁻³ bedragen de jaarlijkse kosten voor beregening €5.000. Dit beregeningswater moet via de pijplijn worden aangevoerd. Deze kosten voor deze extra wateraanvoer worden berekend op 250 000m³ × €0,005/m⁻³ = €1.250.

Zowel in de huidige situatie met akkerbouw als in de toekomstige situatie met fruitteelt is sprake van opbrengstderving door nat- en droogte schade. Indien de procentuele schade gelijk is, wordt toch een verschil in kosten-baten berekend omdat de geldelijke opbrengst van fruit per hectare veel hoger is dan akkerbouw.

Totale kosten-baten zoetwaterleiding Walcheren

In het voorgaande zijn de kosten berekend die gemoeid zijn met de aanleg van de zoetwaterleiding, de transitie van akkerbouw naar fruitteelt inclusief de aanleg van beregeningsinstallaties, de baten door de kapitaal intensievere fruitteelt en de kosten voor de berekende beregeningsgiften en bijbehorende wateraanvoer. De netto contante waarde van de kosten en baten voor de maatregel inclusief de transitie van akkerbouw naar fruitteelt zijn weergegeven in Tabel 5. Op basis van de jaarlijkse kosten en baten is er een negatief saldo voor het aanleggen van de zoetwaterleiding naar Walcheren door de hoge kosten van het aanleggen van de pijpleiding. De kosten zijn ca. tweemaal zo hoog als de baten. Overschakelen naar andere hoogwaardige teelten zoals bometeelt en vollegrondsgroenten, is ook niet interessant, omdat de meeropbrengsten van deze teelten ten opzichte van akkerbouw vaak lager zijn dan bij fruitteelt.

De kosten per hectare fruitteelt bedragen ruim €28.000 en zijn hoger dan de baten (meeropbrengsten per hectare voor fruitteelt, €14.500). De investeringen van de maatregel zijn hoog (€222 miljoen, zie Tabel 4) en indicatief, omdat er geen gedetailleerd ontwerp en kostenberekening van de maatregel is

gedaan. Nader onderzoek is nodig om een gedetailleerdere inschatting van de investeringen te maken. Het is bijvoorbeeld de vraag of het voor alle boeren wel nodig is om een bassin aan te leggen. De locatie van boeren die willen overschakelen speelt ook een rol bij het ontwerp en de kosten van de maatregel. Bovendien wordt er nog voorbij gegaan aan de vraag of boeren in Walcheren daadwerkelijk open staan om over te schakelen naar fruitteelt vergt nader onderzoek. Daarbij speelt niet alleen de beschikbaarheid van zoet water via de pijpleiding een rol, maar ook de lokale omstandigheden (type bodem en klimaat), kennis van de boer over fruitteelt en marktomstandigheden). De deelname bereidheid van de boeren op Walcheren bepaalt ook grotendeels de te realiseren meeropbrengsten. Ook voor de baten is nader onderzoek nodig, omdat er ook indirecte effecten kunnen optreden (meer toegevoegde waarde in agro-food keten en verwerkende industrie).

Tabel 5

Netto contante waarde van de kosten en baten per jaar van doortrekken van de zoetwaterleiding naar Walcheren (prijsniveau 2012, periode 2015-2100).

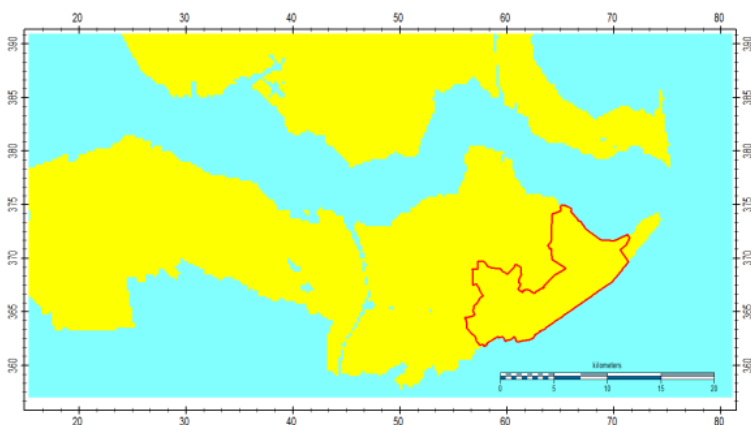
Posten Kosten en baten	Areaal (ha)	Kosten (€1.000)	Baten (€1.000)
Kosten aanleg en transitie		13.282	
Kosten transitie van akkerbouw naar fruitteelt	608	2.939	
Kosten 30 beregeningsinstallaties en 30 basins à 25.000 m ³		626	
Kosten beregeningsgift en wateraanvoer		6	
Baten landbouw (kapitaal intensiever gewas)			8.859
Schadeverandering (nat, droogte en zoutschade)		257	
Totaal		17.111	8.859

Omdat de baten van de pijpleiding grotendeels bestaan uit de omschakeling naar fruitteelt, en de omvang van deze omschakeling in de berekening maximaal wordt ingeschat, worden de baten van de pijpleiding overschat. Zelfs met deze overschatte baten wordt dus een negatief saldo voor deze maatregel berekend.

7.3 Peilopzet gebied 'De Paal' Zeeuws-Vlaanderen

Beschrijving maatregel en aannames

In Zeeuws Vlaanderen is in het gebied 'De Paal' een pilot voor tijdelijke peilopzet gestart, zie Figuur 15. In het gebied wordt geen water aangevoerd. In de berekening wordt er op grond van expertkennis uitgegaan dat de peilopzet ongeveer gemiddeld over een langjarige periode zo'n 2,5 mm meer water in de zomer wordt vastgehouden, en dat dit ca. 0,625% meer gewasopbrengst levert.



Figuur 15 Gebied 'De Paal' met tijdelijk opzetten van peilen.

Het opzetten van de oppervlaktewaterpeilen in de polders van Zeeuws-Vlaanderen vereist dat er stuwen moeten worden aangelegd in de polder. Met de stuwen kunnen de oppervlaktewaterpeilen in de polders worden opgezet, waardoor infiltratie via sloten toeneemt. In feite wordt er water geconserveerd op perceelsniveau. De stuwen zijn de zogenaamde boerenstuwen ('LOP-stuw') die worden voorzien van pompen ('opmaalgemaaltjes') om het water 'over' de stuwen te pompen. De oppervlakte van het gebied waar peilen worden opgezet bedraagt 1.100 ha. Hier zijn 50 stuwen aangelegd.

Kosten voor implementatie en exploitatie

Het uitgangspunt is dat er op alle locaties vergelijkbare stuwen kunnen worden geplaatst. De investering per stuw bedraagt €4.840. De totale investering in 50 stuwen bedraagt dan €242.000, zie Tabel 6.

Tabel 6

Aanleg- en exploitatiekosten 50 stuwen voor het opzetten van peilen in 'De Paal' in Zeeuws Vlaanderen (prijsniveau 2012).

Maatregel	Aantal eenheden	Levensduur (jaar)	Kosten Aanleg (€)	Exploitatie (€/j)	NCW investering en exploitatie - 2015-2100 - € gemiddeld/jaar
Aanleg stuwen	50	30	242.000	2.601	18.772

Baten gewas verandering en kosten beregeningsgiften en wateraanvoer

In het gebied in Zeeuws-Vlaanderen (1.100 ha) worden 50 extra stuwen aangelegd voor het opzetten van peilen. Zoals aangegeven is op grond van expertkennis uitgegaan dat door de peilopzet ongeveer gemiddeld over een langjarige periode zo'n 2,5 mm meer water in de zomer wordt vastgehouden, en dat dit ca. 0,625% meer gewasopbrengst levert. Gerekend met de gemiddelde opbrengst per ha voor heel Zeeuws Vlaanderen bedraagt de vermeden droogteschade dan van 22.4 k€.

Totale kosten-baten peilopzetten een polder in Zeeuws-Vlaanderen

Tabel 7 toont de kosten en baten van peilverhogingsvarianten in een gebied in Zeeuws-Vlaanderen. De kosten van het aanleggen van stuwjes zijn iets lager dan de vermeden droogteschade. Hierbij moet wel bedacht worden dat de baten zeer globaal (op basis van expertkennis) zijn geschat. De vermeden droogteschade kan met meer zekerheid worden bepaald door gebruik te maken van een gedetailleerd hydrologisch model (verzadigde en onverzadigde zone).

Tabel 7

Kosten en baten in 1000 €/j (Netto contante waarden) tijdelijke peilopzet pilotgebied (1100 ha) 'de Paal' in Zeeuws-Vlaanderen (prijsniveau 2012, periode 2015-2100).

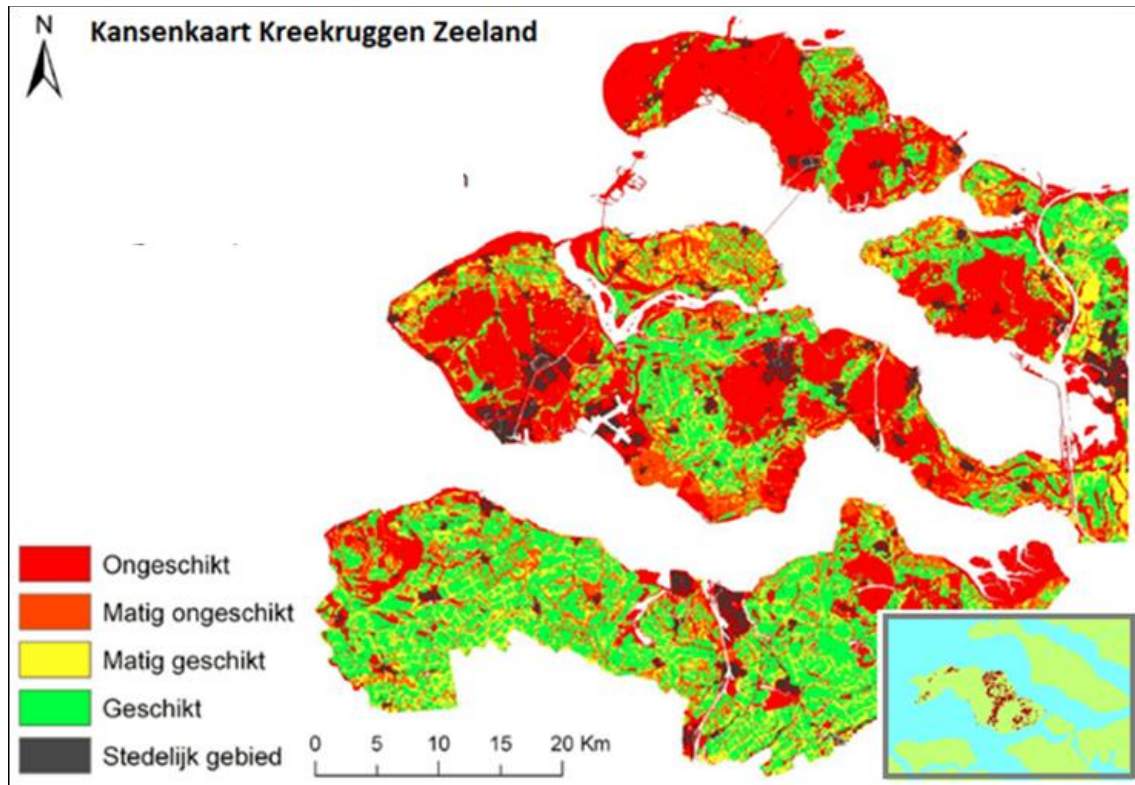
Kosten/batenpost	Kosten (€1000)	Baten (€1000)
Aanleg stuwen	19	
Vermeden droogteschade		289
Extra natschade	44	
Totaal	63	289

7.4 Infiltratie in kreekruigen op Schouwen-Duivenland

Beschrijving maatregel en aannames

Het gaat om een maatregel waarbij in perioden met neerslagoverschot extra water in dikke zoetwaterlenzen (15 meter) wordt geborgen door hierin water te infiltreren. Locaties waar deze vorm van infiltratie in beginsel mogelijk is, zijn ontleend aan de kanskaart voor Kreekruigen die recent door Deltares is vervaardigd (Sommeijer, 2013). Deze kaart en de daarbij gehanteerde criteria zijn

weergegeven in Figuur 16. Vanuit deze kanskaart zijn de rekengrids in €ureyeopener geselecteerd waar de maatregel is doorgerekend (inzet rechtsonder).



Figuur 16 Kansrijke arealen voor kreekruuginfiltratie op Schouwen-Duiveland.

De als geschikt gekaarteerde arealen voldoen aan de volgende criteria:

- Maaiveld ≥ 0 m NAP.
- Grondsoort $\geq 35\%$ lutum (deeltjes $\leq 2 \mu\text{m}$).
- Landgebruik is landbouw.
- Infiltratiegebied (geen kwel) winter.
- Diepte zoet-zout grensvlak ($1500 \text{ mgCl}^-/\text{l}$) ≥ 5 m.
- Onverzadigde zone ≥ 0.85 m winter.
- Geen scheidende lagen in de eerste 20 m.

Het uitgangspunt voor deze maatregel is dat water uit de zoetwaterlenzen nu al voor beregening wordt gebruikt, maar dat het hiervoor beschikbare volume (onttrekkingsgebied) kan worden vergroot door extra te infiltreren. Aandachtspunt hierbij is wel dat de infiltratiehoeveelheid gelimiteerd is wegens mogelijke natschade in het centrum van het gebied.

Extra grondwateraanvulling in de winter wordt gestuurd via regelbare drainage, waarvan de kosten al bekend zijn. Tijdens de winter wordt oppervlaktewater uit lager gelegen locaties opgepompt en vervolgens geïnfiltreerd. In de zomer wordt grondwater uit de zoetwaterlens onttrokken voor beregenings-/ irrigatiedoeleinden.

Het voordeel van verticale pompputten is dat tot op grote diepte grondwater gewonnen kan worden en dat de filterstelling afgestemd kan worden op de bodemopbouw en op het pakket waaruit het water onttrokken wordt. Ter hoogte van een slecht doorlatende laag (zeer fijnzandige of kleiige laag) kan een blinde buis (blindstuk) aangebracht worden. Verticale pompputten zijn flexibeler in de onttrekkingsdiepte dan horizontale putten. Een ander voordeel is dat de aanlegkosten relatief laag zijn. Als stelregel houden wordt vaak €750 per meter pompput aangehouden. Gaan we uit van een pompput van 60 m diep met een gemiddelde capaciteit van $75 \text{ m}^3/\text{u}$, die in 15 jaar economisch wordt afgeschreven, dan bedragen de aanlegkosten circa €0,006 per m^3 onttrokken grondwater.

Het bergen van meer grondwater door te infiltreren in kreekruggen is vooral interessant in gebieden waar nu geen water kan worden aangevoerd. Het is wel beperkt tot gebieden waar de zoet-zoutgrens dieper is dan 15 m, omdat anders conform de provinciale wetgeving geen duurzame onttrekking van het geïnfilterde water mogelijk is.

Dit betekent dat het bergen van meer grondwater door te infiltreren in kreekruggen mogelijk is in de gebieden behorend tot waterschap Scheldestromen: Walcheren, Schouwen-Duiveland, Zuid-Beveland, Noord-Beveland en Zeeuws-Vlaanderen. De implementatie van deze maatregel in de €ureyeopener behelst uitbreiding van het areaal waaruit nu al grondwater wordt gewonnen (kreekrug/duin), met gebieden waar het grondwater tot minimaal 15 m zoet is, *en* waar volgens de kanskaart goede mogelijkheden zijn voor grondwaterberging in een kreekrug. Er zijn twee opties doorgerekend:

A: Het landgebruik blijft gelijk, maar alle gewassen (UC's) worden nu optimaal beregend (behalve gras).

B: Het landgebruik schakelt volledig over naar fruitteelt (optimaal beregend).

Omdat een goede schatting van de hoeveelheden zoetwater die hiermee 'gewonnen' wordt niet voorhanden is, werken we nu met de aanname dat de regionale grondwaterberging altijd aan de beregeningsbehoefte kan voldoen. Impliciet wordt dus ook aangenomen dat de maatregel 'werkt'. Het is in de huidige versie van €ureyeopener alleen mogelijk om het grondwater ten goede te laten komen aan landbouw ter plaatse van de zoetwatervoorraden⁴. Dit betekent dat delen van de duinen nu niet benut kunnen worden, omdat daar nu geen landbouw plaatsvindt.

Kosten voor implementatie en exploitatie

Tabel 8 toont de van de kosten van de maatregel.

Tabel 8

De kosten van aanleg en exploitatie van installaties, nodig om kreekruginfiltratie in Schouwen-Duiveland mogelijk te maken zonder en met transitie naar fruitteelt (prijsniveau 2012).

Maatregel	Eenheid	Levensduur (j)	Kosten Aanleg (x€1000)	Exploitatie (rente en beheer) (x€1000/j)	NCW investering en exploitatie - 2015-2100 - € gemiddeld/jaar
Scenario A: geen transitie					
Aanleg regelbare drainage	2.324 ha	20	6.749	500	975.038
Pompen	232 stuks	40	1.169	21	92.108
Beregeningsinstallatie (geen druppelirrigatie)	2.324 ha	10	5.624	142	832.782
Totaal			13.542	613	1.899.927
Scenario B: transitie van akkerbouw naar fruitteelt					
Aanleg regelbare drainage	2.324 ha	20	6.749	500	975.038
Pompen	232 stuks	40	1.169	21	92.108
Beregeningsinstallatie (druppelirrigatie)	2.324 ha	10	6.749	248	1.543.497
Transitie appels*	1.162 ha	12	18.751		5.456.982
Transitie peren*	1.162 ha	25	75.836		5.528.368
Totaal			142.779		13.595.992

* Er gelden verschillende Btw-tarieven. De kosten van nieuwe bomen is belast met een Btw-tarief van 6% en de overige kosten met een Btw-tarief van 21%. De kosten van nieuwe bomen is ca. 75% van de kosten.

De volgende uitgangspunten voor de berekening van de kosten zijn gehanteerd:

- Met de maatregel kan op Schouwen-Duiveland 2324 ha worden beregend.
- Er moet regelbare drainage worden aangelegd. De kosten van aanleg bedragen €2.904 per ha en de exploitatiekosten bedragen €194 (Tolk, 2013, blz. 28). Gegeven het te beregenen areaal en de

⁴ Aandachtspunt voor verdere ontwikkeling.

veronderstelling dat er geen regelbare drainage aanwezig is op het te beregenen areaal bedragen de investeringen in regelbare drainage €6,7 miljoen.

- Het grondwater moet weer worden opgepompt. De capaciteit van de pomp moet ongeveer 20 m³/uur zijn, waarmee (zie gemaalpompe) 10 ha kan worden beregend en zijn er 232 pompen nodig. De investering per pomp en de bijbehorende leiding bedragen €5.040. Dit is de aanschaf van de pomp met de hoogste capaciteit⁵. Oppomphoogte van de pomp is 1,70 m. De capaciteit van de pomp is 150 m³ per uur. De exploitatiekosten zijn een vast percentage van de investering analoog aan de LOP stuwen bij de maatregel peilopzet. De investeringen in 232 pompinstallaties bedraagt bijna €1,2 miljoen.
- Het motorvermogen van de pomp is 2,2 kW en de maximale pompcapaciteit is 150 m³/uur. Uitgaande van de veronderstelling dat 60 m³ per uur voldoende is, dan is het elektriciteitsverbruik 0,44 kWh. Uitgaande van een elektriciteitsprijs van €0,20 per kWh bedragen de kosten per 60 m³ opgepompt water €0,07 oftewel €0,003 per m³.
- Er worden twee scenario's onderscheiden ten aanzien van de transitie naar een ander gewas. In scenario A blijft het landgebruik onveranderd. Bij scenario B wordt een deel van het landgebruik voor akkerbouw omgezet naar fruitteelt. De helft van het te beregenen areaal wordt gebruikt voor het telen van appels en de andere helft voor het telen van peren.

Baten gewas verandering en kosten beregeningsgiften en wateraanvoer

De fysieke effecten voor waterinlaat, beregening en (vermeden) schades voor beide scenario's van de maatregel zijn berekend met Eurekaopener 2.0, zie Tabel 9. In scenario A wordt er met de maatregel kreekruginfiltratie op Schouwen-Duiveland ruim €1 miljoen aan droogteschade vermeden. In scenario B waarbij er wel wordt overgeschakeld op fruitteelt zijn er veel baten door de meeropbrengsten door de overstap naar fruitteelt nl. ruim €30 miljoen. Ook treedt er natschade op na overschakeling (€100.000).

Tabel 9

Effecten, de kosten en de baten van kreekruginfiltratie in kansrijke gebieden op Schouwen-Duiveland zonder en met transitie naar fruitteelt (prijsniveau 2012).

Scenario	Areaal (ha)	Water-vraag (m ³)	Meer opbrengst door duurder gewas (€/j)	Extra natschade (€/j)	Vermeden droogteschade (€/j)
A zonder transitie	2 324				1.037.000
B met transitie naar fruitteelt	2 324		30.477.000	102.000	

* Een positief bedrag betekent kosten en een negatief bedrag betekent baten.

Tabel 10

NCW-kosten en -baten kreekruginfiltratie in kansrijke gebieden op Schouwen-Duiveland voor twee scenario's zonder overgang naar fruitteelt (prijsniveau 2012, periode 2015-2100).

	Scenario A Zonder gewasverandering		Scenario B Met overgang van akkerbouw naar fruitteelt	
	Kosten (x€1.000)	Baten (x€1.000)	Kosten (x€1.000)	Baten (x€1.000)
Aanleg regelbare drainage	975		975	
Aanleg pompen	92		92	
Aanleg beregeningsinstallaties	833		1.543	
Transitie naar fruitteelt			10.985	
Meer gewasopbrengst door gewasverandering				30.477
Minder droogteschade		1.0370		
Meer Natschade			102	
Totaal	1.900	1.037	13.607	30.477

⁵ Bron: <http://www.vopo.nl/>

Totale kosten-baten van meer regionale grondwaterberging

Effecten, de kosten en de baten van de maatregel 'vergroting van regionale berging van grondwater' zijn gekwantificeerd met €ureyeopener 2.0; zie Tabel 10.

Kosten voor beregening van fruitteelt zijn hoog omdat druppelirrigatie wordt aangelegd (identiek als bij het doortrekken van de zoetwaterleiding naar Walcheren). De kosten voor beregeningsinstallaties voor nachtvorstbestrijding zijn niet meegenomen; deze zijn aanzienlijk hoger.

De baten lijken enorm, maar dat wordt veroorzaakt door het feit dat wordt uitgegaan van volledige overschakeling van het huidige landgebruik naar fruitteelt. De transitiekosten voor fruitteelt zijn €41.955 per ha voor appels (3.000 bomen per ha) en €65.243 per ha voor peren (3.000 bomen per ha (Heijerman-Peppelman en Roelofs, 2010)⁶.

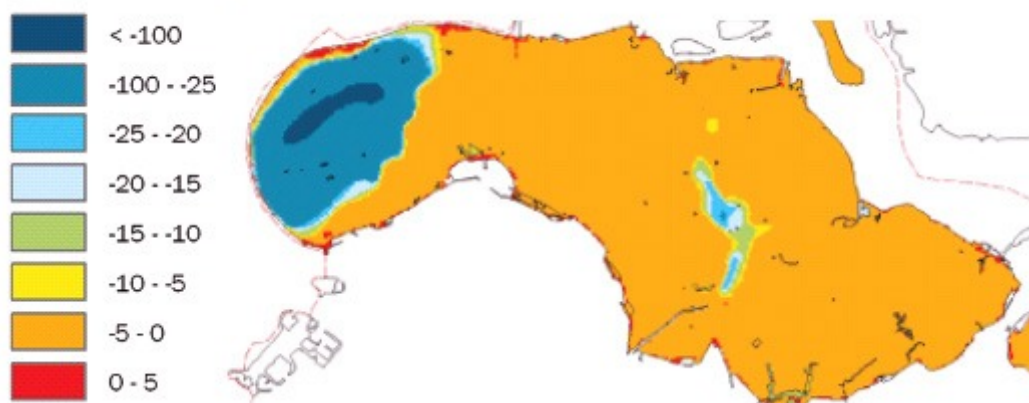
Evaluatie berekende baten kreekruginfiltratie

Daar waar de zoetwatervoorraad in de huidige situatie al dieper is dan 15 m, mag conform de provinciale verordening grondwater voor beregening worden onttrokken (zie kader).

Grondwateronttrekking voor beregening (uit: Beleidsnota Grondwater, Scheldestromen 2013).

In gebieden met een zoetwaterbel dikker dan 15 meter (zie Figuur 17) kan 80 mm grondwater per jaar worden onttrokken zonder dat het risico oplevert voor verzilting of intering op de voorraad zoet grondwater. Voor landbouwonttrekkingen in deze gebieden hoeft geen vergunning te worden aangevraagd als er per uur tussen 10 en 60 m³ wordt onttrokken en niet meer dan 3.000 m³ per kwartaal en niet meer dan 8.000 m³ per jaar. Deze onttrekkingen vallen onder de algemene regels.

diepte zoet-brak grensvlak in m NAP



Figuur 17 Diepteligging zoet-brak grensvlak (uitsnede Schouwen-Duiveland). Bron:REGIS 2, TNO.

De berekende baten zijn daarom een overschatting omdat ervan wordt uitgegaan dat in de huidige situatie niet wordt beregend, terwijl in het centrale deel van de doorgerekende gebieden wel grondwater kan worden onttrokken. Hiermee is in de berekening geen rekening gehouden omdat de beregeningskaart nauwelijks beregening uit grondwater wordt aangegeven en dat ook de indruk is dat in het gebied weinig gebruik wordt gemaakt van de mogelijkheid om met grondwater ter beregenen. Als ondergrens voor het areaal waarop de kreekruginfiltratie voor wordt aangenomen is het areaal waarmee nu is gerekend verminderd met het areaal waar het zoet-brak grensvlak dieper ligt dan 15 m (het centraal gelegen blauw gearceerde areaal in feite Figuur 17 aftrekken van 2324 ha).

⁶ Heijerman-Peppelman, G. en P.F.M.M. Roelofs (2010) Kwantitatieve informatie fruitteelt 2009/2010. PPO rapport 09-041. Wageningen: PPO-Wageningen UR.

Het rekenscenario waarin wordt uitgegaan dat in het gehele landbouwareaal overgestapt wordt naar fruit, geeft de bovengrens van de baten aan, omdat het uiteraard niet realistisch is dat dit in het gehele landbouwareaal zal plaatsvinden.

7.5 Efficiënter beregenen in Mark-Vliet polders

Beschrijving maatregel en aannames

Met de huidige technieken, inzichten en apparatuur kan efficiënter worden geïrrigeerd dan nu, zogenoemd 'preventief beregenen'. Bovendien zouden er in het gebied afspraken kunnen worden gemaakt om alleen 's nachts te beregenen, om verdampingsverliezen te beperken. Met het model SWAP is berekend dat beregeningshoeveelheden (irrigatiehoeveelheden) in de praktijk lager kunnen worden als agrariërs overgaan op anticipatief beregenen, o.a. door gebruik te maken van weer-ensembles, rekening houden met verschillen in gevoeligheid gedurende het groeiseizoen en gezond boerenverstand, zonder dat dit gepaard gaat met noemenswaardige extra reductie van de gewasverdamping (en dus opbrengsten). Aangenomen is dat de beregeningshoeveelheden tot zo'n 20% kunnen worden gereduceerd. NB: 'preventief beregenen' moet niet worden verward met 'effectiever beregenen'. In de praktijk wordt niet altijd 'op maat' (lees: zoals in SWAP wordt berekend) beregend, omdat de capaciteit onvoldoende is of omdat de boer te vroeg of te laat beregent omdat hij niet de ideale sensor heeft. Dit betekent dat de door SWAP berekende effecten van beregening in de praktijk niet altijd worden gehaald en de baten van beregening daarom in de huidige situatie gemiddeld met bijvoorbeeld 20% zouden moeten worden verlaagd.

Efficiënter beregenen zorgt voor besparing op het zoetwatergebruik, terwijl dit niet leidt tot (extra) droogteschade. Dit is een activiteit die boeren en tuinders zelf ter hand moeten nemen. Het levert ten opzichte van de huidige situatie geen hogere fysieke opbrengst per ha, maar wel een besparing van watergebruik en dus een kostenbesparing. De mogelijkheden voor het besparen van water door efficiëntere irrigatie verschilt per teelt.

De opbrengst - in de vorm van waterbesparing - is geschat op 20%. Dit is een besparing die wordt verondersteld en daarmee voor Euryeopener 2.0 een gegeven is. De baten (i.e. kostenbesparingen) zijn voor de agrariër; eventuele extra kosten voor irrigatie zijn ook voor de agrariër. De extra kosten en baten voor de landbouw vallen tegen elkaar weg. Er treedt wel een reductie van de watervraag op. Het 'Beregemen op maat' principe geldt met name voor de gewassen tulpen, vollegrondsgroenten, boom/sierteelten en fruitteelten. Voor het waterbeheer kan dit ook een besparing van waterinlaat opleveren.

Voor de Mark-Vliet polders zijn de kosten en baten van het efficiënter beregenen berekend. Uitgangspunt is dat alle gewassen in de polders worden beregend met uitzondering van gras. In totaal is er 18099 ha beregend areaal in de Mark-Vliet polders. 'Beregening op maat' levert een besparing van de watervraag voor beregening en een besparing van de hoeveelheid water dat moet worden ingelaten.

Kosten voor implementatie en exploitatie

Extra investeringen in het aanleggen van maatregelen zijn niet nodig. De maatregel wordt ingezet op 18099 ha van het landbouwareaal in Mark-Vlietpolders (22.887 ha). De enige kostencomponent is een abonnement op 'Beregemen op maat' à €20/ha per jaar. De jaarlijkse kosten van 'Beregemen op maat' in Mark-Vlietpolders bedragen €362000.

Baten gewas verandering en kosten beregeningsgiften en wateraanvoer

De baten, veroorzaakt door minder beregenen, zijn vastgelegd op €0,02/m³. De baten, veroorzaakt door minder waterinlaat, zijn vastgelegd op €0,005/m³. Tabel 11 toont de baten van de verminderde inlaat en de verminderde beregeningsbehoefte voor Mark-Vlietpolders. Voor de deelgebieden Schouwen-Duiveland, Noord-Beveland, Walcheren en Zuid-Beveland is er geen inlaat en veranderd. De beregeningsbehoefte in deze deelgebieden vermindert wel.

Tabel 11

Kosten en baten van beperking van irrigatieverliezen in de Mark-Vlietpolders (prijsniveau 2012).

Batenpost	Hoeveelheid (Mm ³)	Baten (€)
Verminderde watervraag/inlaat	1.08	5414
Verminderde beregening	1.38	107640
Totaal		113054

Totale kosten-baten beperken irrigatieverliezen alle deelgebieden

De kosten en de baten van de maatregel 'beperking van irrigatieverliezen', gekwantificeerd met €ureyeopener 2.1, worden gepresenteerd in Tabel 12. De extra kosten zijn alleen het abonnement van 'Beregenen op maat'. De extra baten bestaan uit het verminderen van de waterinlaat en het verminderen van de beregeningsbehoefte.

Tabel 12

Netto contante waarde van de kosten en baten van beperking van irrigatieverliezen in de Mark-Vlietpolders (prijsniveau 2012, periode 2015-2100).

Kosten-baten posten	Hoeveelheden	Kosten (×€1.000)	Baten (×€1.000)
Kosten abonnement 'Beregenen op maat'	18 099 ha	362	
Minder beregening	1 380 000m ³		107.6
Minder waterinlaat	1 082 800m ³		5.4
Totaal		362	113.1
Totaal per hectare		20	6.2

Uit het rekenvoorbeeld voor de Mark-Vlietpolders blijkt dat voor deze maatregel de baten niet opwegen tegen de kosten. Dit komt echter geheel omdat de kosten voor beregening niet opwegen tegen de kosten voor een abonnement voor beregenen op maat. Per hectare zijn deze kosten en dus ook het verschil tussen de abonnementskosten en beregeningskosten zeer gering.

7.6 Inlaten water met lagere chloridegehaltes

Beschrijving maatregel en aannames

Bij het inlaten van water met een lager zoutgehalte gaat het om het kijken naar water met andere inlaatconcentraties en een andere randvoorwaarde (chlorideconcentratie) aan het eind van het systeem. De scenario's zijn gebaseerd op de studie die wordt uitgevoerd voor de afweging van het zout maken van het Volkerak-Zoommeer.

In overleg met deskundigen van waterschappen is afgesproken om deze maatregel voor drie deelgebieden door te rekenen, namelijk Tholen (Scheldestromen), Nieuw-Vossemeer (Brabantse Delta) en Voorne Putten (Hollandse Delta). Voor Tholen wordt er twee scenario's geëvalueerd. Eén scenario waarbij geen landgebruiksveranderingen optreden (scenario A) en een scenario waarbij een deel van het akkerbouwareaal in het gebied wordt omgezet in fruitteelt.

In alle scenario's wordt ervan uitgegaan dat de inlaat en beregening met zoetwater loopt over het groeiseizoen, hetgeen in het modelinstrumentarium loopt van 1 april tot 31 september.

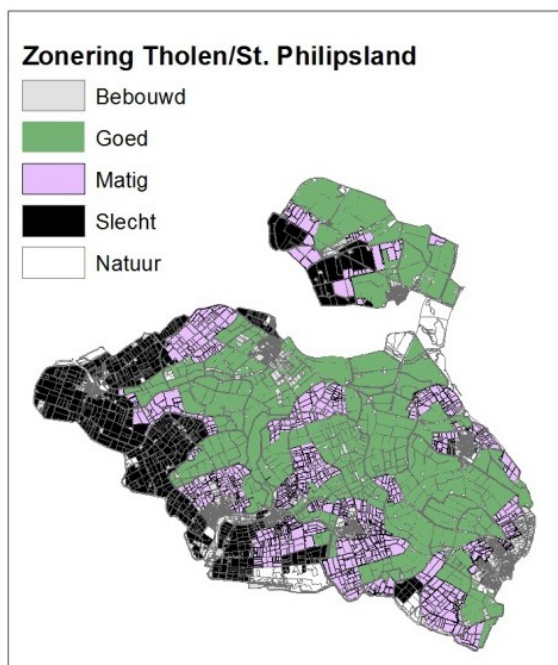
Tholen

Aannames

De gekozen inlaat- en de uitlaatconcentraties zijn beslissende variabelen bij de evaluatie van wat een dergelijke maatregel zou kunnen opleveren. Tabel 13 toont de verschillende uitgangspunten voor de berekende scenario's voor chlorideconcentraties van inlaat, uitlaat en oplading.

Er zijn twee scenario's. Scenario A is het scenario waarbij water met een lagere zoutgehalte wordt ingelaten en er geen transitie naar fruitteelt plaatsvindt. In scenario B wordt verondersteld dat het areaal fruit op Tholen (305 ha) verdubbeld wordt.

De huidige verspreiding van het zoete inlaatwater is ruimtelijk weergegeven in Figuur 18. In de schematisatie is deze verspreiding voor het ruimtelijke patroon van de berekende ingevoerd. Het gebied waar het zoete inlaatwater slecht wordt bereikt, is niet meegenomen in de berekening van de wateraanvoer en de zoutschade.



Figuur 18 De mate waarin Tholen en St. Philipsland bereikt worden door het ingelaten water. (bron: Waterschap Scheldestromen, 2013).

Tabel 13

Uitgangspunten voor inlaat, uitlaat en oplading voor Tholen.

	Cl-gehalte Inlaat (mg/l)	Cl-gehalte Uitlaat (mg/l)	Opmerkingen
Referentie	375	852	Referentie bij zoet VZM. Sturing op 700 mg/L in het 'groene' gebied (zie Fig. 6.5)
Scenario A	250	664	Geen gewasverandering. Sturing op 575 mg/L in het 'groene' gebied (zie Fig. 6.5)
Scenario B	250	664	Overgang van akkerbouw naar fruitteelt. Sturing op 575 mg/L in het 'groene' gebied (zie Fig. 6.5).

Kosten voor implementatie en exploitatie

De kosten voor de aanpassing van de infrastructuur van het oppervlaktewater in de polder kunnen flink oplopen. Bij Tholen gaat het om investeringen tussen de €1 en 5 miljoen. Uitgangspunt is dat de aanleg van de inlaat een vergroting van de capaciteit met 2 m³/s betreft. De kosten van de maatregel staan in Tabel 14.

Tabel 14

Kosten, geassocieerd met inlaten van water met lagere chloridegehaltes van polders; (bron: schattingen van lokale waterbeheerders dd. 19-3-2013).

Maatregel	Levensduur	Aanleg ¹	Exploitatie	NCW aanleg en exploitatie (2015-2100)
-----------	------------	---------------------	-------------	---------------------------------------

	jaar	€	€ / jr	€ / jr	€ / jr
Scenario A					
Aanpassen waterinlaat	40	1.000.000	25.000	14.836	39.836
Scenario B					
Aanpassen waterinlaat	40	1.000.000	25.000	14.836	39.836
Transitie naar appels (152,5 ha) ²	12	6.398.108			696.575
Transitie naar peren (152,5 ha) ²	25	9.952.612			716.680
Totaal		17.350.720			1.484.145

¹ Voor Tholen heeft dhr. Acronius Kramer (waterschap Scheldestromen) verschillende mogelijke maatregelen beschreven om te komen tot een lagere waarde van α. Voor het bepalen van de kosten is voor het goedkoopste alternatief gekozen.

² Er gelden verschillende BTW-tarieven. De kosten van nieuwe bomen is belast met een BTW-tarief van 6% en de overige kosten met een BTW-tarief van 21%. De kosten van nieuwe bomen is ca. 75% van de kosten.

Kosten en baten van verandering inlaat en schadeposten

Inlaten van water met een lager zoutgehalte betekent voor het deelgebied Tholen dat er 1,7 miljoen m³ meer water moet worden ingelaten, zie Tabel 15. Dit betekent een extra kostenpost van €112.000. Echter de baten in termen van vermeden zoutschade bedragen bijna €2 miljoen. Als het areaal fruitteelt nog eens verdubbeld wordt, dan zijn er ook nog €3,5 miljoen aan extra baten uit meer-opbrengsten van gewassen (scenario B).

Tabel 15

Te verwachten effecten, kosten en baten bij de maatregel zoeter water inlaten voor deelgebied Tholen zonder (scenario A) en met transitie van akkerbouw naar fruitteelt (scenario B) (prijsniveau 2012).

Scenario	Areaal (ha)	Meer waterinlaat		Extra gewasopbrengsten	Minder zoutschade
		Hoeveelheid (m3)	Kosten (€)	(€)	(€)
A	8 763	5.100.000	332.000		3.273.000
B	8 763	5.100.000	332.000	3.591.700	2.824.000

Totale kosten-baten van water inlaten met een lager zoutgehalte

De baten van het inlaten van water met een lager zoutgehalte in het deelgebied Tholen zijn groter dan de kosten ongeacht of er een verdubbeling van het fruitareaal plaatsvindt (scenario B), zie Tabel 16. De kosten bestaan uit investeringen in het aanpassen van de waterinlaat van het gebied en het inlaten van meer water. Voor scenario B komen daar de kosten van transitie naar fruitteelt nog bij. De baten bestaan uit het vermijden van zoutschade aan de gewassen en voor scenario B komen daar nog de meeropbrengsten van fruit.

Tabel 16

Netto contante waarde van de kosten en baten per jaar voor de maatregel zoeter water inlaten voor het deelgebied Tholen zonder (scenario A) en met transitie van akkerbouw naar fruitteelt (scenario B), (prijspeil 2012, periode 2015-2100).

	Kosten Scenario A (×€1000)		Kosten Scenario B (×€1000)	
Kosten aanpassing inlaat	71		71	
Transitiekosten			1.413	
Meer inlaat	332		332	
Meer gewasopbrengst				3.592
Minder zoutschade		3.273		2.824
Totaal	403	3273	1816	6416

PAN-polders

Het gaat hier om een vergelijking van de kosten en baten bij inlaat vanuit het Volkerak Zoommeer en de noodvoorziening uit het MarkVlietstelsel.

Aannames

De gekozen inlaat- en de uitlaatconcentraties zijn beslissende variabelen bij de evaluatie van wat een dergelijke maatregel zou kunnen opleveren. Tabel 17 toont de verschillende chloridegehalten waar in de berekening van uit is gegaan. De oplading van het zoutgehalte is lineair verondersteld.

Tabel 17

Uitgangspunten voor inlaat, uitlaat en oplading voor Nieuw-Vossemeer.

	Cl-gehalte Inlaat (mg/l)	Cl-gehalte Uitlaat (mg/l)	Opmerkingen
	mg/l	mg/l	
Referentie	375	625	Referentie bij zoet VZM
Scenario A	150	375	Geen gewasverandering

Een ander belangrijk uitgangspunt is dat de berekeningen zijn uitgevoerd voor het gehele gebied, ofwel voor alle drie PAN-polders. Zoals aangegeven wordt in de praktijk nu met een noodvoorziening alleen Nieuw-Vossemeer met zoet water uit het MarkVliet stelsel doorgespoeld. Het model zou voor zo'n berekening ruimtelijk verfijnd moeten worden, zodanig dat voor iedere PAN-polder apart een water- en zoutbalans wordt opgesteld.

Kosten voor implementatie en exploitatie

Bij Nieuw-Vossemeer zijn extra investeringen nodig om een noodvoorziening voor het inlaten van water met een lagere chlorideconcentratie mogelijk te maken. In de praktijk wordt door het Waterschap Brabantse Delta in dit gebied de laatste jaren een noodpomp geplaatst nabij de kern De Heen. Deze heeft een vrij beperkte capaciteit van ca. 0,2 m³/s. Indirect wordt hier water ingelaten vanuit de Steenbergse Vliet; dit water is afkomstig van afvoer regionale rivieren en/of de inlaat Oosterhout (water uit het benedenpand van het Wilhelminakanaal/Amer). Een recente proef (september 2013) heeft aangetoond dat dit begin september onvoldoende is om aan de totale vraag in het Nieuw Vossemeer (dus aan het eind van het groeiseizoen) te kunnen voldoen, want ondanks de inlaat van 0,2 m³/s daalde het waterpeil. Tot en met 2012 werden pompen ingehuurd. In 2013 is voor het eerst een eigen noodopstelling gemaakt. De noodvoorziening kost nu €70 000 per seizoen (inclusief pomp plaatsen, brandstof etc.). De pomp moet ieder jaar weer opnieuw geplaatst worden.

Uitgangspunt voor het rekenscenario is dat de aanpassing van de inlaat een vergroting van de capaciteit betreft die voldoende is voor de watervraag. Dit is dus groter dan de huidige noodvoorziening. Onderstaande kosten zijn opgegeven door deelnemers aan de bijeenkomst op 19 maart jl. te Roosendaal; zie Tabel 18.

Tabel 18

Kosten, geassocieerd met inlaten van water met lagere chloridegehalten van polders in deelgebied Nieuw-Vossemeer; (bron: schattingen van lokale waterbeheerders dd. 19-3-2013).

Maatregel	Levensduur	Aanleg €	Exploitatie		NCW € / jr
	jaar		€ / jr	€ / jr	
Noodvoorziening inlaat	40	1.000.000	25.000	14.836	70.891

Totale kosten-baten van effectiever doorspoelen

Met €uureyopener zijn de gevolgen voor het deelgebied Nieuw-Vossemeer berekend, zie Tabel 19. De maatregel betekent in het deelgebied dat er geen verandering in de hoeveelheid wateraanvoer optreedt, maar wel zoutschade (€558.000) vermeden wordt. Hiermee zijn de baten (vermeden schade) veel hoger dan de kosten voor de noodvoorziening voor het inlaten van zoeter water.

Tabel 19

Netto contante waarde van de kosten en baten per jaar voor de maatregel zoeter water inlaten voor het deelgebied Nieuw-Vossemeer, (prijsniveau 2012, periode 2015-2100).

	Toename kosten (×€1.000)	Baten (×€1.000)
Aanpassing inlaat	71	
Minder zoutschade		558
Totaal	71	558

Evaluatie berekende kosten-baten zoetwaterinlaat PAN-polders

De berekening is uitgevoerd voor alle 3 PAN-polders als geheel. In de praktijk wordt alleen Nieuw-Vossemeer met een noodvoorziening met het zoete(re) water doorgespoeld. Als de berekening voor alleen Nieuw-Vossemeer zou worden uitgevoerd, zijn de baten een stuk kleiner. Ook de pompkosten zouden minder zijn, want volgens het Waterschap zijn de kosten voor de huidige noodvoorziening €30.000/jaar voor de huur van de pomp, dat is inclusief kosten voor het plaatsen, onderhoud en weer verwijdering aan het eind van het groeiseizoen. Hierbij komen dan nog de kosten voor brandstof, deze zijn circa €0,03/m³ (15 l diesel/uur bij een capaciteit van 0,2 m³/s).

Om de kosten in te schatten voor een voorziening die voor alle 3 PAN-polders adequaat is, zou eerst een globaal ontwerp gemaakt moeten worden. Want met de huidige noodvoorziening is het niet mogelijk om het gehele gebied van zoet water te voorzien, ook niet als een pomp met een grotere capaciteit zou worden geplaatst. De hier berekende kosten zijn derhalve indicatief.

Voorne-Putten

Aannames

De gekozen inlaat- en de uitlaatconcentraties zijn in €ureyeopener 2.0 beslissende variabelen bij de evaluatie van wat een dergelijke maatregel zou kunnen opleveren. Tabel 20 toont de verschillende uitgangspunten voor de berekende scenario's voor chlorideconcentraties van inlaat, uitlaat en oplading.

Tabel 20

Uitgangspunten voor inlaat, uitlaat en oplading voor zoeter water inlaten Voorne-Putten.

	Inlaat mg/l	Uitlaat mg/l	Opmerkingen
Referentie	150	450	Referentie bij zoet VZM
Scenario A	100	400	Geen gewasverandering

Totale kosten-baten van effectiever doorspoelen

Bij Voorne-Putten zijn geen extra investeringen nodig om water met een lagere chlorideconcentratie in te laten. Met €ureyeopener zijn de gevolgen voor het deelgebied Voorne-Putten berekend, zie Tabel 21. Ondanks dat er ook zoeter water wordt ingelaten, betekent de verlaagde streefconcentratie dat er netto meer doorgespoeld moet worden, nl. 1.6 miljoen m³. De kosten daarvan bedragen €104.000. De verminderde zoutschade als gevolg van het zoetere oppervlaktewater bedraagt €93.000. Hiermee zijn de kosten van zoeter water inlaten voor Voorne-Putten groter dan de baten.

Tabel 21

Netto contante waarde van de kosten en baten voor het inlaten van zoeter water in Voorne-Putten, (prijsniveau 2012, periode 2015-2100).

	Toename kosten (×€1.000)	Baten (×€1.000)
Meer waterinlaat	104	
Minder zoutschade		94
Totaal	104	94

7.7 Synthese van maatregelen

Tabel 22 toont een overzicht van de saldi van kosten en baten van de verschillende maatregelen per deelgebied.

Een rood vlak betekent dat de jaarlijkse kosten van de maatregel hoger zijn dan de baten. Een groen vlak betekent dat de baten groter zijn dan de kosten. Een wit vlak betekent dat de maatregel niet is doorgerekend in het kader van deze studie. Zoals uit Tabel 22 blijkt, is een select aantal maatregelen voor een beperkt aantal deelgebieden doorgerekend.

Tabel 22

Overzicht van de saldi van de kosten en baten (NCW) van de maatregelen (en scenario's) per deelgebied (rood betekent een negatief saldo; groen betekent een positief saldo).

	Saldo Netto Contante Waarde kosten en baten maatregelen, uitgedrukt in € per ha per jaar (rood is negatief en blauw is positief)				
	1 Zoetwater- leiding voor fruitteelt	2 Peilopzet zonder wateraanvoer	3 Kreekrug- infiltratie*	4 Efficiënter beregenen	5 Inlaten zoeter water
Paragraaf	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6
Voorne-Putten (8832 ha)					(-1)
Schouwen-Duiveland (2.324 ha)			-371 (A)	+7259 (B)	
PAN-polders (2062 ha)					236
Mark-Vlietpolders (2324 ha)				-14	
Tholen (8763 ha)					+328 (A)
Walcheren (608 ha)	-13572				+525 (B)
Zeeuws Vlaanderen 'De Paal' (1100 ha)		+205			

* Scenario A: geen transitie van akkerbouw naar fruitteelt; Scenario B: transitie van akkerbouw naar fruitteelt.

Het aanleggen van de pijplijn om fruitteelt mogelijk te maken wordt alleen in Walcheren beschouwd en heeft een negatief saldo. Het saldo van het opzetten van peilen in Zeeuws-Vlaanderen heeft een positief saldo van kosten en baten. De kosten voor de maatregel en de kosten van extra natschade wegen niet op tegen de vermeden droogte- en zoutschade. In Mark-Vlietpolders is het saldo voor efficiënter beregenen (verminderen van irrigatieverliezen) positief.

De peilopzet zoals nu als pilot uitgevoerd wordt in Zeeuws Vlaanderen (pilotgebied 'de Paal') is rendabel omdat de kosten voor de stuwtjes beduidend lager zijn dan de baten van minder droogteschade.

Efficiënter beregenen levert geen positief saldo omdat de baten voor minder beregenen niet opwegen tegen de kosten voor een abonnement op 'beregenen op maat' (€20/ha). Hierbij moet worden bedacht dat voor de baten alleen de energiekosten voor beregening zijn meegenomen (€0,078 /m³), en niet de arbeidskosten (€0,025/m³) of andere kosten zoals meer onderhoud.

Voor Schouwen-Duiveland zijn de te beregenen arealen in de kansrijke gebieden voor kreekrug-infiltratie in beeld gebracht. Als er geen transitie van akkerbouw naar fruitteelt plaatsvindt zijn de kosten groter dan de baten. Alleen als een deel van het areaal wordt omgezet naar fruitteelt is de maatregel rendabel en zijn de baten groter dan de kosten.

Inlaten van minder zout water en lagere streefwaarden voor de oplading van zoutgehaltes in het gebied hebben voor alle drie de deelgebieden (Nieuw Vossemeer, Voorne-Putten en Tholen) een gunstige balans tussen kosten en baten. Alleen voor Voorne-Putten is dit niet rendabel omdat in de huidige situatie al vrij zoet water wordt aangevoerd en met zoeter water nauwelijks minder zoutschade optreedt. Als voor de maatregelen aangenomen wordt dat in een significant areaal overgestapt wordt naar duurdere teelt, is de maatregel meer rendabel.

8 Conclusies en aanbevelingen

8.1 Meerwaarde applicatie €ureyeopener

Nadat €ureyeopener versie 1.0 voor het beheersgebied van het Hoogheemraadschap van Rijnland was ontwikkeld, ontstond de wens om het model ook te ontwikkelen voor de Zuidwestelijke Delta en Rijnmond Drechtsteden, ter ondersteuning van beleidsontwikkeling voor het deelprogramma Zoetwater van het Deltaprogramma. De waterbeheerders willen namelijk meer inzicht krijgen in het effect van de huidige zoetwatervoorziening op de baten in de landbouw en welke maatregelen zinvol en kosteneffectief zijn om de zoetwatervoorziening toekomstbestendig te maken.

Lopende het traject is naar voren gekomen dat er geen model beschikbaar was om de kennisvragen rond de regionale zoetwatervoorziening adequaat en eenduidig te kunnen beantwoorden.

€ureyeopener versie 1.0 voor het beheersgebied van het Hoogheemraadschap van Rijnland (Stuyt, 2013) is hiervoor uitgebouwd naar de Zuidwestelijke Delta en Rijnmond Drechtsteden.

De meerwaarde van €ureyeopener 2.0 is dat het snel en interactief inzicht biedt in de effectiviteit van potentieel aantrekkelijke opties voor het inlaatregime van zoetwater door de transparante berekening van de water- en zoutbalans en door de effecten op de landbouw in opbrengstveranderingen te vertalen en daarbij de effecten van de maatregelen direct inzichtelijk maakt door accurate specificatie van kosten en baten. Voor de berekening van kosten zijn wel voor een aantal maatregelen aanvullende locatiespecifieke kentallen noodzakelijkerwijs verzameld.

8.2 De modelopzet

De kenmerken van €ureyeopener versie 2.0 kunnen als volgt worden samengevat:

- Het model is in eerste instantie (net als versie 1.0) ontwikkeld in MS Excel.
- Het gebruikt rekenresultaten van de modellen NHI, SWAP en AGRICOM.
- Het rekent voor een langjarige periode (1962-1990, i.c. 29 jaar⁷); uitgevoerd wordt het langjarig gemiddelde, en aparte uitvoer voor de jaren 1976 en 1989 (resp. 1% en 10% droog jaar).
- Het gebied is opgedeeld in 17 aparte eilanden, per eiland wordt voor het zomerhalfjaar één water- en zoutbalans berekend op basis van modeluitvoer van NHI en meteorologische gegevens.
- De 'routing' van de zoutoplading van in- naar uitlaat van een eiland kan per gridcel (250 × 250 m) worden opgegeven.
- Er wordt gewerkt met 27 UC's (=Unieke Combinaties) van 9 hoofdtypen gewassen met 3 bodemtypen met resolutie 25×25 m; informatie over de gewasbezetting van percelen is ontleend aan de BRP (=BasisRegistratie Percelen) en de bodemkaart.
- De droogteschade en de natschade in de huidige situatie zijn (gebied specifiek) berekend met model AGRICOM⁸.

⁷ De 'keuze' voor de periode 1962-1990 was pragmatisch: dit was de enige periode waarvoor tijdens de ontwikkeling van €ureyeopener 2.0 volledige uitvoer (i.c. met 'zout') van het NHI beschikbaar was.

⁸ AGRICOM staat voor AGRicultural Cost Model. Het is een economisch model dat op basis van de resultaten van een hydrologisch model voor de onverzadigde zone een aantal kosten en baten voor de landbouwsector berekent. Het NHI levert informatie op dagbasis over de berekende beregening, verdampingsreductie (door droogte, verzilting, verdrassing of inundatie) en grondwaterstanden. Deze hydrologische informatie wordt voor AGRICOM zo nodig opgeschaald naar langjarige gemiddelden (als GLG en GHG) of decade waarden (verdamping). AGRICOM kan vervolgens de kosten van beregening en de schade aan landbouwgewassen berekenen. Zie <http://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/applicaties-modellen/water-en-ruimte/agricom>

- Zoutschade en verandering van droogteschade zijn, voor 18 UC's, (gebied specifiek) berekend met model SWAP⁹.
- Gebiedsgerichte maatregelen als peilopzet, efficiënter beregenen, infiltratie in kreekruigen en introductie van zoetwaterbassins zijn ingevoerd op 250×250 m gridcelbasis.
- De mogelijkheid om te kunnen beregenen is ontleend aan de beregeningskaart van het NHI.
- Berekening van onderstaande kosten en baten:
 - Kosten van het implementeren/aanleggen van maatregelen (investeringen, exploitatie/beheer, financiering);
 - Kosten/baten die gepaard gaan met de transitie van teelten (verandering van geldelijke opbrengsten door aanpassing van het bouwplan, aanleg van beregeningsinstallaties e.d.);
 - Verandering in kosten van meer/minder inlaat en uitlaat van water;
 - Verandering in kosten van grotere/kleinere hoeveelheden beregening;
 - Verandering in kosten van toe/afname van gewasopbrengsten, waarbij de standaardopbrengsten gebiedspecifiek (i.c. Per eiland) zijn gespecificeerd

Deze opzet bleek functioneel, maar tijdens het project zijn op basis van verkregen inzichten en wensen van de betrokken waterbeheerders de volgende verbeteringen uitgevoerd:

- Conversie van het Excel-model naar programmeertaal Fortran. Dit omdat het model in Excel te omvangrijk werd, met name door de opzet in het 250×250 m grid (ca. 60 000 rekencellen). Door gebruik van een eenvoudige invoerfile is dit niet ten koste gegaan van de toegankelijkheid en gebruikersgemak van het model. De rekentijd is dankzij deze conversie, en het gebruik van de metatabellen (=tabellen met zout-, nat- en droogteschade, eerder berekend met modellen SWAP en AGRICOM) bijzonder kort (10 à 20 seconden voor een 30 jarige periode).
- Berekening van water- en zoutbalansen op maandbasis. Dit omdat de wateraanvoer bij berekening van de balans op haljaarbasis (1 april – 1 oktober) sterk wordt onderschat, omdat er in het zomerhalfjaar meestal een vrij natte maand voorkomt, waardoor watertekort en oplopende zoutgehalten in droge maanden worden 'weggemiddeld'.
- Aanpassing van de methodiek waarmee kosten en baten worden gekwantificeerd, zodat dit aansluit bij de Standaardsystematiek Kostenramingen die in het Deltaprogramma wordt aangehouden.
- Correctie van door het NHI berekende zoutgehalten van het drainagewater. Deze zoutgehalten zijn de resultante van zoute kwel en de grondwateraanvulling (i.c. neerslag minus verdamping) die via drains naar de waterlopen wordt afgevoerd. Gebleken is dat met name de 1^e 2 decennia de gehalten te hoog waren om de periode van initialisatie onvoldoende lang in het NHI is uitgevoerd.
- Aanpassing van het areaal van Tholen en Philipsland, door het gebied eraf te knippen dat niet of nauwelijks door het inlaatwater wordt bereikt.
- Gebruik van de meeste recente beregeningskaart.
- Mogelijkheid om de manier waarop in het model wordt uitgegaan van beregening flexibel in te voeren: het beregeningsareaal kan worden gespecificeerd per gewas én als percentage van het bewuste areaal.
- Introductie van veel vrijheidsgraden bij de specificatie van transitie naar andere gewassen: vrije keuze, percentages en dergelijke.

Met deze aanpassingen is €ureyeopener 2.1 geschikt om de huidige zoetwateraanvoer en de bijbehorende opbrengstderivaten te berekenen. Ook is deze opzet geschikt om het effect van diverse maatregelen te berekenen.

Tijdens de ontwikkeling van het model ontstond gaandeweg het inzicht dat effecten van maatregelen met €ureyeopener op realistische schaal moeten worden verkend. Hydrologie is altijd maatwerk, en toepassing van maatregelen zijn daarom gebiedspecifiek, zoals de variatie van de drooglegging in één polder/peilgebied. In €ureyeopener 2.0 wordt hiermee rekening gehouden door maatregelen te nemen

⁹ SWAP (Soil, Water, Atmosphere and Plant) simulates transport of water, solutes and heat in unsaturated/saturated soils. The model is designed to simulate flow and transport processes at field scale level, during growing seasons and for long term time series. It offers a wide range of possibilities to address both research and practical questions in the field of agriculture, water management and environmental protection. <http://www.swap.alterra.nl/>

in UC's die hiervoor geschikt zijn. Met eventuele uitstralingseffecten van maatregen is geen rekening gehouden. Hiervoor is onlangs het door STOWA/KvK ondersteunde project FWOO (=Fresh Water Options Optimizer) gestart.

8.3 Toetsing en evaluatie modelresultaten

Het model berekent voor ieder eiland de waterinlaat die gedurende het zomerhalfjaar nodig is om de oppervlaktewateren op peil te houden (peilhandhaving, zoetwatervoorziening). De toetsing is alleen uitgevoerd voor die gebieden, waar een zoutgehalte (chloride) van het inlaatwater bekend is alsmede het gehalte waar het doorspoelregiem op wordt gestuurd. Dit stuurgehalte kan ook het gemeten chloridegehalte zijn van het oppervlaktewater nabij (of net bovenstrooms van) het uitlaatpunt.

De waterinlaat van (een) polder(s) kan alleen worden berekend voor gebieden waar zowel het chloridegehalte van het oppervlaktewater bij de zoetwaterinlaat, als de 'stuurconcentratie' (=het zoutgehalte van het oppervlaktewater dat de polder benedenstrooms verlaat) bekend zijn.

Een uitgebreide kalibratie is niet uitgevoerd, niet alleen om budgettaire redenen, maar ook omdat het op het niveau van de ZWD-RD ontbreekt aan betrouwbare informatie over hoeveelheden waterin- en uitlaat. Wel zijn de modelopzet en de deelresultaten uitgebreid geëvalueerd met de betrokken waterbeheerders, en zijn voor de 'Joint Fact Finding Volkerak-Zoommeer' specifieke berekeningen uitgevoerd. Hieruit kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- De hoeveelheden inlaat voor peilbeheer en doorspoelen zijn qua orde van grootte in overeenstemming met het beeld van deze hoeveelheden dat blijkt uit de meetdata. Aanvankelijk werden in enkele gebieden een onrealistisch grote verhouding berekend tussen het tussen het inlaatwater voor doorspoelen en peilbeheer, omdat de zoutgehalten van het drainwater van de gebruikte NHI-output significant te hoog was. Zoals gezegd zijn de NHI getallen inmiddels gecorrigeerd.
- De berekende inlaat is vooral afhankelijk gebleken van:
 - De zoutvracht via kwel (gehalte kwelwater i.c.m. Kwelflux)
 - Het chloridegehalte van het inlaatwater
 - Het chloridegehalte waarop het doorspoelen wordt gestuurd cq het gemeten chloridegehalte nabij de uitlaat
 - De routing van het inlaatwater (ruimtelijke patroon van oplading)
 - Het neerslagtekort in de zomermaanden.

Daarnaast is de berekende inlaat, zijn het in mindere mate, afhankelijk van het areaal dat wordt berekend.

- De geldelijke verandering van gewasopbrengsten (baten) is het meest afhankelijk gebleken van:
 - Significante veranderingen in het zoutgehalte van het beregeningswater voor boom- en sierteelt, vollegrondsgroenten en fruitteelt. Dit omdat deze gewassen beduidend zoutgevoeliger en hoger qua geldelijke opbrengst per ha zijn dan de overige meegenomen gewasklassen (tulp, aardappel, bieten/granen en gras).
 - Sterk toe- of afnemende droogteschade, bijvoorbeeld als door het voorkomen van blauwalgen in de nazomer in het rijkswater geen water voor beregening meer kan worden ingelaten.
- De verandering in variabele kosten en baten als door maatregelen meer of minder water moet, respectievelijk kan worden ingelaten tellen weinig mee in de totale kosten en baten. Dit komt omdat de gehanteerde eenheidsprijzen voor inlaatwater gering zijn ($< 1 \text{ cent/m}^3$).

De baten nemen sterk toe in geval van transitie van gewassen als aardappel of bieten/granen naar fruitteelt. Deze aanname is realistisch in gebieden waar door een verbeterde zoetwateraanvoer voldoende zoetwater voor beregening beschikbaar is, en hier ook in (extreem) droge jaren op gerekend kan worden. In de huidige situatie is in gebieden waar de zoetwatervoorziening wordt verbeterd een duidelijke verschuiving te zien naar kapitaal intensievere (en daarbij ook zoutgevoeliger) teelten.

8.4 Veelbelovende maatregelen

De effecten van volgende maatregelen zijn met het model verkend:

1. Pijpleiding zoetwater doortrekken naar Walcheren om fruitteelt mogelijk te maken;
2. Waterconservering door infiltratie in kreekruggen (met wateraanvoer);
3. Waterconservering door peilopzet zonder wateraanvoer (pilot Vlaanderen);
4. Waterbesparing door efficiënter beregenen;
5. Verlaging van zoutgehalten van de inlaat.

Afgaand op de berekende kosten en baten, zijn alleen de pijpleiding en efficiënter beregenen niet gunstig. Met name voor de pijpleiding wegen de baten lang niet op tegen de kosten. De overige maatregelen vallen positief uit.

8.5 Aanbevelingen

Lang niet voor alle gebieden is de inlaat en stuurconcentratie bekend. Het verdient aanbeveling om dit voor de beleidsontwikkeling van de zoetwatervoorziening in beeld te brengen.

Het verdient aanbeveling om de resultaten te evalueren per gebied in nauwe samenwerking met waterbeheerders. Dit omdat dan interactief de huidige watervoorziening met diverse uitgangspunten berekend kan worden en maatregelen te verkennen. Als de modelresultaten op deze wijze voldoende gedragen worden, kan het wellicht ook worden ingezet om beprijzing van water (zoals bijvoorbeeld nu in Tholen en Philipsland geld wordt gevraagd aan de agrariërs voor de uitbreiding van de zoetwater aanvoervoorziening).

Verbetering van de routing van het oppervlaktewater in het modelconcept is gewenst. In het huidige modelconcept worden de verschillende deelgebieden als een mengvat te beschouwd. Binnen de deelgebieden bestaat echter vaak veel variatie in zoutbelasting van het oppervlaktewater. Het doorspoelen van een polder met een hoge zoutlast binnen het deelgebied kan veel meer water vergen dan op basis van het mengvat, waarin deze zoutvracht deels wordt weggemiddeld, wordt berekend. Om beter te kunnen berekenen hoeveel water nodig is, en van welke kwaliteit, om het gehele deelgebied onder de streefwaarde te houden, moet op een hoger ruimtelijk detailniveau de doorspoeling berekend worden. Dit ruimtelijke detailniveau moet overeenstemmen met de ruimtelijke schaal waarop de zoutbelasting significant varieert. Een mogelijke strategie hiervoor is een routing van de binnen de deelgebieden onderscheiden LSW's aan te brengen en de doorspoeling en overige water- en stoffenbalanstermen op LSW-niveau te berekenen. In feite komt dit neer op een integratie van het in Eureye-opener 1.0 gehanteerde concept van volgtijdelijkheid met het modelconcept van Eureyeopener 2.

Het verdient aanbeveling meer onderscheidend vermogen aan te brengen wat betreft de drooglegging (grondwaterstanden). Dit geldt eveneens voor het aantal gewasklassen (nu 8). Een groter aantal UC's kan de nauwkeurigheid van de berekeningen aanzienlijk vergroten, terwijl het de verwachting is dat dit niet of nauwelijks ten koste gaat van de snelheid van het instrument.

Als maatregelen worden overwogen om de beschikbaarheid van zoet(er) water te vergroten, worden de baten sterk bepaald door de mate waarin zoutschade van de grondgebonden gewassen afneemt. Recent onderzoek wijst erop dat met hier gebruikte zoutschadefuncties voor de Nederlandse praktijk meestal te hoge schades worden berekend. Voor de boeren is een evenwichtige afweging rond berekening van belang, met name als het beregeningswater vrij zout is. De vraag is dan of het voorkómen van droogte opweegt tegen een mogelijke toename van zoutschade. Het verdient daarom sterk aanbeveling om te investeren in kennis over zoutschadefuncties van gewassen.

Literatuur

- Acacia Water, 2013. Verziltingsstudie Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, Rapportnr. 278. 168p.
- Adviesbasis voor de bemesting van de boomkwekerijgewassen. Pot en containerteelt. Proefstation voor de Boomkwekerij.
- Adviesbasis voor de bemesting van Boomkwekerijgewassen. Vollegrondsteelt. Proefstation voor de Boomkwekerij.
- Anonymus, 1957. Tolerance of gladioli to salinity and boron. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 69: 556-56.0
- Appelo, C.A.J. en D. Postma, 2005. Geochemistry, groundwater and pollution, 2nd edition. A.A. Balkema Publishers, Leiden.
- Bakel, P.J.T. van, R.A.L. Kselik, C.W.J. Roest and A.A.M.F.R. Smit, 2009. Review of crop salt tolerance in the Netherlands. Alterra Report 1926, Wageningen. Appendix 2.
- Bakel, P.J.T. van en L.C.P.M. Stuyt, 2011. Actualisering van de kennis van de zouttolerantie van landbouwgewassen, op basis van literatuuronderzoek, expertkennis en praktische ervaringen. Wageningen, Alterra-rapport 2201.
- Bakel, P.J.T. van, R. Kselik, H.T.L. Massop en L.C.P.M. Stuyt. 2012. Toelichting zoutschades Rijnland. Memo, opgesteld in opdracht van het Hoogheemraadschap van Rijnland (in voorbereiding).
- Berekening van bloembolgewassen, 1993 Lisse, 1993, Ed. 2, [6], 46 pp., 8 foto's, 9 tabellen, 9 bijlagen. Informatie en Kennis Centrum Akker- en Tuinbouw, Afdeling Bloembollen.
- Berghoef, J. en P. Elzinga, 1982. Calciumchloride vermindert bladverbranding bij 'Pirate'. Vakblad voor de Bloemisterij 37 (11) 1982: 32-33
- Boontjes, J. en C. Ploegman, (ongedateerd). Zout beregeningswater en de bolproductie bij lelies. Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Wageningen.
- Dam, A.M. van, N. Reijers en N. van Wees, N. van, [jaar onbekend]. Bedreigt zout water de bollenteelt? PPO, Lelystad.
- Dam, A.M. van, O.A. Clevering, W. Voogt, Th.G.L. Aendekerk en M.P. van der Maas, 2007. Zouttolerantie van landbouwgewassen. Deelrapport Leven met zout water. Rapport PPO nr. 32 340194 00, Lelystad
- Dekker, K., juli 1995. ' Zoetwater-aanvoer op Tholen. Verdichtingenplannen. k
- De Jong Van Lier, Q., J.C. van Dam en K. Metselaar, 2009. Root Water Extraction under Combined Water and Osmotic Stress. Soil Sci. Soc. Am., 73(3), 862-875. doi:10.2136/sssaj2008.0157
- De Jong Van Lier, Q., J.C. van Dam, K. Metselaar, R. de Jong en W.H.M. Duijnisveld, 2008. Macroscopic Root Water Uptake Distribution Using a Matric Flux Potential Approach. Vadose Zone, 7(3), 1065-1078. doi:10.2136/vzj2007.0083
- Eindevaluatie Onderzoek Verzilting en vernatting van de bodem; een collectief probleem van de bloembollensector? 2008 Productschap Tuinbouw, 2008 (PowerPoint presentatie)
- Evers, C.H.M., 2006. Getalswaarden voor de algemeen fysisch-chemische kwaliteitselementen. Lelystad, Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA).
- Evers, C.H.M., 2007. Getalswaarden bij de Goede Ecologische Toestand voor oppervlaktewater voor de algemeen fysisch-chemische kwaliteitselementen temperatuur, zuurgraad, doorzicht, zoutgehalte en zuurstof. Amersfoort, RIZA & STOWA.
- Greft-van Rossum, J.G.M. van der, H.T.L. Massop, R.M.A. Wegman en M.P.C.P. Paulissen; *Droogte, verzilting en binnendijkse natuur in de Zuidwestelijke Delta. Analyse autonome ontwikkeling en effecten deltascenario's*. Wageningen, Alterra-rapport 2303
- Hazeu, G.W., C. Schuiling, G.J. Dorland, J. Oldengarm en H.A. Gijsbertse, 2010. Landelijk Grondgebruiksbestand Nederland versie 6 (LGN6); Vervaardiging, nauwkeurigheid en gebruik. Wageningen, Alterra-Report 2012.
- Heijerman-Pepelman, G. en P.F.M.M. Roelofs (2010) Kwantitatieve informatie fruitteelt 2009/2010. PPO rapport 09-041. Wageningen: PPO-Wageningen UR.
- LEI Wageningen UR/Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) (2012) Land- en tuinbouwcijfers 2012. LEI-rapport 2012-056, Den Haag.

- Kroes, J.G., J.C. van Dam, P. Groenendijk, R.F.A. Hendriks en C.M.J. Jacobs, 2009. *SWAP version 3.2(26). Theory description and user manual*. Alterra-report 1649 (update 02), 284 pp, Alterra, Research Institute, Wageningen, The Netherlands.
- Liu W.C., G.D. Wu, T.P. Yao, F. Chen en W.H. Chen, 1998. Effects of soil factors and management practices on soil fertility and gladiolus growth in a slate alluvial soil. *Taiwan Sugar* 45 (3): 20-25.
- Maas, E.V. and G.J. Hoffman, 1977. Crop Salt Tolerance - Current Assessment. *J. Irr.Drain.Div.* 1977(6):115-134.
- H.M. Mulder en A.A. Veldhuizen, 2014, AGRICOM 2.01 ; Theorie en gebruikershandleiding, Wageningen, Alterra (Alterra-rapport in preparatie).
- Massop, H. Th. L., C. Schuiling en A.A. Veldhuizen, 2013. Potentiele beregeningskaart 2012. Update landelijke potentiele beregeningskaart tbv NHI op basis van de landbouwmetingen 2010. Wageningen, Alterra-rapport 2382.
- Paulissen, M.P.C.P., S.A.M. van Rooij, J.W.J. van der Gaast, G.H.P. Arts, H.Th.L. Massop en P.A. Slim, 2011. Klimaatgedreven verzilting: betekenis voor natuur en mogelijkheden voor klimaatbuffers. Wageningen, Alterra-rapport 2161.
- Ploegman, C., 1978. Het chloride-ion in de grond in relatie tot de opbrengst bij tulpen. *Landbouwkundig tijdschrift, jaargang 90 (2):*40-43.
- Ploegman, C., 1972. De invloed van zout beregeningswater bij de gladiol cv 'Peter Pears'. *Nota 68*, Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Wageningen.
- Ploegman, C., 1977. Waterkwaliteit en bloembollenteelt. *Nota 954*, Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Wageningen.
- Ploegman, C. en G.G.M. van der Valk, (ongedateerd). Invloed van zout beregeningswater op ontwikkeling van vijf-graden Tulpen C.V.
- Ploegman, C. en G.G.M. Valk, 1971. De gevoeligheid van tulpen voor het zoutgehalte van beregeningswater tijdens de broei. *Weekblad voor Bloembollencultuur*, 1971, no. 12
- Ploegman, C. en J. Boontjes, 1981. Invloed van de zoutconcentratie van het bodemwater op de productie van drie leliecultivars. *Nota 1248*, Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Wageningen.
- Ploegman, C. en A.H.M. van Heesen, 1980. De invloed van geïnfiltreerd oppervlaktewater op het zoutgehalte van het bodemvocht in de grond en op de produktie van bolgewassen in de polder Anna Paulowna. *Nota 1172*, Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Wageningen.
- Rahi T.S., R. Shukla, R.K. Pandey en S.K. Datta, 1998. Performance of ornamental crops in salt affected soils and use of gamma rays to develop salt resistant strains. *J. Nuclear Agric. Biol.* 27(4): 253-263.
- Rhoades, J.D., F. Chanduvi en S. Lesch, 1999. Soil salinity assessment. Methods and interpretation of electrical conductivity measurements. *FAO Irr. & Drain. Paper 57*, FAO, Rome
- Ritzema, H.P. 1994. *Drainage Principles and Applications*. ILRI Publication 16, Second Edition (Completely Revisited).
- Rijk, P. , R. Michels en J. van Dijk 2009. 'Indicatie van inkomens- en vermogensdervingen van de landen tuinbouwsector in de Zuidwestelijke Delta ten gevolge van het niet meer kunnen beregenen door een zout Volkerak-Zoommeer. Berekeningen op basis van droogteschade (exclusief verziltingschade). LEI Den Haag, http://www.volkerakzoommeer.nl/dynamisch/content/Indicatie_van_inkomensderving_zoutVZM.pdf
- Roest, C.W.J., P.J.T. van Bakel en A.A.M.F.R. Smit, 2003. Actualisering van de zouttolerantie van land- en tuinbouwgewassen ten behoeve van de zoutschade in Nederland met het RIZA-instrumentarium. Briefadvies.
- Royal Haskoning (2005). Kosten en baten verkend: Zoetwaterverkenning Midden West Nederland. Rapport dd. 15 december 2005, Rotterdam
- Rijnders, E., 1989. Berekening van Irissen. Waterkwaliteit en tijdstip vragen aandacht. *Vakwerk* nr. 18, 1989, pag. 21-22.
- Scheldestromen 2013; Beleidsnota Grondwater. (versie 3.5, 3 april 2013, Registratienummer: 2013005642)
- Sommeijer, M.J.; Pauw, P.S.; van Baaren, E.S.; Oude Essink, G.H.P. Zeeland kan voorraden zoet grondwater vergroten. *Land + Water*, juli 2013
- Strietman, H., 1971. De invloed van infiltratie met 'zout water op het chloorgehalte van het grondwater en de bolproductie. *Bedrijfsontwikkeling*, Editie Tuinbouw, jaargang 2, 1971(7-8): 69-72

-
- Stuyfzand, P.J., 2012. Hydrogeochemical (HGC 2.1), for storage, management, control, correction and interpretation of water quality data in Excel® spread sheet. KWR-rapport B111698-002.
- Stuyt, L.C.P.M., P.J.T. van Bakel, J.G. Kroes,, E J. Bos, M. van der Elst, B. Pronk, P.J. Rijk, O.A. Clevering, A.J.G. Dekking, M.P.J. van der Voort, M. de Wol en W.A. Brandenburg, 2006. Transitie en toekomst van Deltalandbouw; indicatoren voor de ontwikkeling van de land- en tuinbouw in de Zuidwestelijke Delta van Nederland. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1132.
- Stuyt, L.C.P.M., P.J.T. van Bakel en H.T.L. Massop, 2011. Basic Survey Zout en Joint Fact Finding effecten van zout. Naar een gedeeld beeld van het zoetwaterbeheer in laag Nederland. Wageningen, Alterra-rapport 2200.
- Stuyt, L.C.P.M., 2012. Kansrijkdom van anders omgaan met zout. Een druppel op de gloeiende plaat, of niet? Memo 27 blz.
- Stuyt et al. (2013). Zoetwatervoorziening in het Hoogheemraadschap van Rijnland: onderzoek met hulp van Ecoreopeners 1.0. Alterra rapport 2439. Wageningen: Alterra Wageningen UR.
- Swartjes, F.A. en E.M.J. Verbruggen, 2006. Toetsing van Chloride in grondwater. Bilthoven, RIVM.
- Toussaint, C.G., 1968. Berekening bij tulpen op zandgrond. Mededelingen van de Directie Tuinbouw 31 (5) 1968: 212-221, 6 figs.
- Valk, G.G.M. van der, 1970. Geschiktheid van zout oppervlaktewater voor berekening van tulpen.
- Valk, G.G.M. van der, jaartal Invloed van de zoutbelasting van grondwater op de produktie van tulpen.
- Valk, G.G.M. van der en J.A. Schoneveld, 1963. Invloed van grondwaterstand op de produktie van enkele gewassen op klei- en zavelgronden. Mededeling nr. 29, Proefstation voor de groenteteelt in de vollegrond in Nederland
- Verbruggen, E.M.J., C.T.A. Moermond, J.A. Janus en J.P.A. Lijzen, 2008. Afleiding van milieurisicogrenzen voor chloride in oppervlaktewater, grondwater, bodem en waterbodem. Bilthoven, RIVM.
- Visser, Steven, Jan Baltissen en Johan Heymans (2011). Zoetwatervoorziening in de Zuidwestelijke Delta en Rijnmond-Drechtsteden 1e fase Lange termijn probleemanalyse Regionale probleemanalyse Deltaprogramma Zoetwater. Augustus 2011.
- Vlaardingen, P.L.A. van en E.M.J. Verbruggen, 2007. Guidance for the derivation of environmental risk limits within the framework of 'International and national environmental quality standards for substances in the Netherlands' (INS). Bilthoven, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM).
- Voogt, W, 2009. Verzilting oppervlaktewater en glastuinbouw. De gevolgen van een zout Volkerak-Zoommeer voor de watervoorziening in Zuidwest Nederland. Wageningen-UR.
- VROM, 1999. Stoffen en normen 1999. Overzicht van belangrijke stoffen en normen in het Milieubeleid.
- WHO (Ed.), 1996. Health Criteria and other supporting information. Second edition ed., Vols.2. World Health Organisation. Geneva, Switzerland.
- WHO (Ed.), 2004. Recommendations. Third edition ed., Vols.1. World Health Organisation. Geneva, Switzerland.
- Wolf J., A.H.W. Beusen, P. Groenendijk, T. Kroon, R. Rötter en H. van Zeijts, 2003. The integrated modeling system STONE for calculating emissions from agriculture in the Netherlands. Environmental Modelling & Software 18: 597-617.
- Wösten, J.H.M., F. de Vries, J. Denneboom en A.F. van Holst, 1988. Generalisatie en bodemfysische vertaling van de bodemkaart van Nederland, 1 : 250 000, ten behoeve van de PAWN-studie. Rapport 2055, Stiboka. Wageningen.
- Wouwe, W. van, 1957. Zoutschade in de bloembollenteelt. Het vakblad voor Bloembollenteelt en -handel 10 (27): 11.
- Wijnen, G., 1969. Zoutgevoeligheid van de tulp. Verslag van watercultuur. IB, Haren.
- Wijnen, G., 1970. Verslag van watercultuur. Zoutgevoeligheid van gladiol. IB, Haren.
- Wijnen, G., 1969. Zoutgevoeligheid van de tulp. Verslag van watercultuur. IB, Haren.
- Wijnen, G., 1970. Verslag van watercultuur. Zoutgevoeligheid van gladiol. IB, Haren.
- ZLTO (2011). Water optimalisatie Plan (WOP) Fruitteelt. Goes: ZLTO.
- Zoutdossier, (ongedateerd). KAVB, Alterra, Proefstation voor de Groenten- en Fruitteelt onder Glas te Naaldwijk

Evides (2013) persoonlijke communicatie
Piet Rijk (2013) persoonlijke communicatie

Bijlage 1 Verslag werksessie 30-9-2013

BIJEENKOMST	AANWEZIG
Werksessie Eureyeopener ZWD-RD	Ochtend:
LOCATIE	
Waterschap Scheldestromen Middelburg	Acronius Kramer, Walter Oomen, Jan Huinink, Vincent Klap, Rene Boeters, Harm Janssen, Jan van Bakel, Gualbert Oude Essink, Gijs Janssen, Lodewijk Stuyt, Nico Polman, Peter Schipper, Vincent Linderhof
DATUM	30 september 2013
	Middag:
	Edwin Arens, Alex de Klerk, Felix Helmich, Vincent Klap, Harm Janssen, Jan van Bakel, Gualbert Oude Essink, Gijs Janssen, Lodewijk Stuyt, Nico Polman, Peter Schipper, Vincent Linderhof
	KOPIE AAN
	Steven Visser, Klaas-Jan Douben, Jos Karssemeijer, Rinus Meeuwse, Anneke van der Kraan, Jan Smits, Luc Absil

1. Opening en korte inleiding (Lodewijk Stuyt)

Lodewijk licht de aanleiding en doel van de werksessie toe. Aanleiding is de opdracht vanuit EZ om het model, de Eureyeopener (€EO) transparant te beschrijven en toetsen aan de inzichten vanuit de praktijk, wensen voor verbetering te identificeren en vervolgens een aantal verbeterpunten uit te voeren. In de opdracht is een opdeling gemaakt in 2 fasen; de conceptrapportage en werksessie is onderdeel van fase 1, de uitwerking daarvan en door te voeren verbeterpunten fase 2. Het doel van de werksessie is derhalve om de werking van het model toe te lichten, te toetsen aan de praktijkinzichten en daarbij verbeterpunten te identificeren.

2. Toelichting rapportage (Peter Schipper en Nico Polman)

Peter licht de rapportage toe aan de hand van een aantal sheets. Het accent in de rapportage ligt op een transparante beschrijving van het model. De resultaten van effecten van 5 veelbelovende maatregelen waren al gerapporteerd in de memo van april 2013. Peter onderscheidt 4 modules:

- Module watervraag: berekening van inlaat zoetwater voor peilbeheer en inlaat om chloridegehalten niet te hoog op te laten lopen. Deze module leunt sterk op de in het nhi berekende kwel- en drainagefluxen. Bedacht moet worden dat omwille van de eenvoud de watervraag wordt berekend op basis van een waterbalans gemiddeld over het zomerhalfjaar, dus van 1 april t/m 30 september. Indien nodig kan dit worden verfijnd naar maand of decadebasis (nhi geeft nl output op decadebasis), dit vergt wel aanpassingen in het programma.
- Module opbrengstverandering landbouw: metarelaties zout-, droogte- en natschade. Voor zout- en droogteschade zijn deze metarelaties afgeleid uit de nieuwste swap-berekeningen, voor natschade is met de agricom (ghg/glg) gerund. Deze module maakt gebruik van de gedetailleerde bodem- en landgebruikskaart en van stone (het landelijk model voor uit- en afspoeling van nutriënten voor wat betreft de parameterisatie van de swap-profielen.
- Module maatregelen: in de applicatie zijn diverse maatregelen ingebouwd; sommige kunnen worden uitgerekend door alleen inputgegevens te veranderen, zoals verandering van de streefconcentraties of inlaatconcentraties van chloride; andere maatregelen zoals retentiebekkens zijn met een eenvoudige waterbalansbenadering ingevoerd en voor peilopzet zijn aparte metarelaties afgeleid op grond van swap-berekeningen.
- Kosten-baten module: deze module wordt toegelicht door nico. Voor iedere maatregel rekent de module uit wat de kosten en baten zijn, met onderscheid in vaste en variabele kosten. Voor verandering van inlaatdebieten peilbeheer en doorspoelen wordt uitgegaan van een vaste prijs per m³. Daarbij wordt geen rekening gehouden met een omslagpunt als een maximale inlaatcapaciteit wordt overschreden met als gevolg dat de infrastructuur van de in/uitlaat werken en/of de dimensionering van de watergangen verruimd zou(den) moeten worden.

Tijdens de discussie komen de volgende wensen voor de rapportage naar voren:

- In de rapportage toelichten hoe de €EO zich verhoudt tot het NHI, Deltamodel en de Blokkendoos
- Transparant aangeven waarvan is uitgegaan voor de geldelijke landbouwopbrengsten in de referentie ('kwin'), en met welke schades dan geen rekening wordt gehouden
- Kosten-baten: vermelden dat niet nader wordt ingegaan waar de berekende kosten en baten komen te liggen (landbouw, overheid, privaat, e.d.)
- Waardeoordeel over modeluitkomsten : hoe moet men de uitkomsten interpreteren?

3. Runnen €ureyeopener deelgebieden Scheldestromen (Gijs Janssen)

Gijs heeft de applicatie die in Excel was opgezet omgebouwd naar Fortran. Hierdoor rekent het model in enkele seconden het gehele gebied door. De data die voor invoer wordt gebruikt zit in een aparte map. Dit zijn o.a. de NHI-output tabellen, de metarelaties (tabellen) voor zout-, nat- en droogteschade, de beregeningskaart, landgebruik (BRP), en geschiktheidskaart infiltratie kreekruigen. Daarnaast is er een mapje waar de uitgangspunten voor de referentie in een tekstfile eenvoudig ingevoerd kunnen worden. Dit betreft per deelgebied o.a. inlaatconcentratie, streefconcentratie, max inlaat en maatregelen zoals wel/geen peilopzet, aanleg regionale reservoirs (aantal, ha), aanleg pijpleiding Walcheren e.a.

Tijdens de discussie komen de volgende wensen voor het model naar voren:

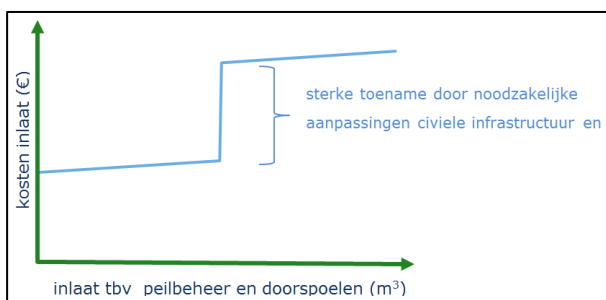
- Voor inlaat niet uitgaan van een vaste m^3 -prijs, maar rekening houden met trapsgewijze verhoging kosten; veel van de kosten zijn namelijk niet gerelateerd aan de werkelijke in- en uitlaat, omdat voor de huidige in- en uitmaalcapaciteit de kosten vooral worden bepaald door de inzet van personeel en de aanwezige voorzieningen die beiden los staan hoeveel water in een zomer nu wel/niet worden ingelaten. Zo'n trapsgewijze verhoging van de kosten zou bij voorkeur door het Waterschap worden opgegeven, dan kan het worden geprogrammeerd in de applicatie.

4. Runnen €ureyeopener deelgebieden Scheldestromen (Gijs Janssen)

Gijs heeft de applicatie die in Excel was opgezet omgebouwd naar Fortran. Hierdoor rekent het model in enkele seconden het gehele gebied door. De data die voor invoer wordt gebruikt zit in een aparte map. Dit zijn o.a. de NHI-output tabellen, de metarelaties (tabellen) voor zout-, nat- en droogteschade, de beregeningskaart, landgebruik (Basisregistratie Percelen, BRP), en de geschiktheidskaart van infiltratie van water in kreekruigen. Daarnaast is er een map waar de uitgangspunten voor de referentiesituatie, en een op effecten te onderzoeken maatregel gemakkelijk in een tekstfile ingevoerd kunnen worden. Dit betreft per deelgebied o.a. de inlaatconcentratie van zout, streefconcentraties, maximum inlaat en maatregelen zoals wel/geen peilopzet, aanleg regionale reservoirs (aantal, ha), aanleg pijpleiding Walcheren en dergelijke; in totaal 14 maatregelen.

Tijdens de discussie komen de volgende wensen voor het model naar voren:

- voor inlaat niet uitgaan van een vaste m^3 -prijs, maar rekening houden met trapsgewijze verhoging van kosten; veel van de kosten zijn namelijk niet gerelateerd aan de werkelijke in- en uitlaat, omdat voor de huidige in- en uitmaalcapaciteit de kosten vooral worden bepaald door de inzet van personeel en de aanwezige voorzieningen die beiden los staan hoeveel water in een zomer nu wel/niet worden ingelaten. Zo'n trapsgewijze verhoging van de kosten moet door het Waterschap worden opgegeven, dan kan het in de applicatie worden geprogrammeerd. (NB. in de discussie over het Volkerak-Zoommeer wordt uitgegaan van een maximum inlaatcapaciteit van 0,3 l/s/ha).



- In Tholen is de inlaatconcentratie 400 mg/l (i.p.v. 200). De streefwaarde van 700 mg/l wordt maar in 50% van het gebied bereikt.
- De baten pijplijn worden onjuist gepresenteerd, omdat wordt uitgegaan van bruto opbrengsten. Een fruitteeltbedrijf heeft weliswaar meer bruto opbrengst/ha, maar krijgt ten opzichte van akkerbouw ook te maken met hogere kosten. Volgens Jan Huinink kunnen uit KWIN gegevens worden ontleend die inzicht geven in de kosten, waarna netto opbrengsten berekend kunnen worden. Dit is volgens het LEI niet eenvoudig; omwille van tijd/budget wordt gezocht naar een pragmatische oplossing.
- Als bij uitvoering van een maatregel wordt uitgegaan agrariërs met verbeterde beschikbaarheid van zoet water over kunnen gaan op een kapitaalintensievere gewassen (bijvoorbeeld fruitteelt i.p.v. Akkerbouw), dan is het wenselijk om in de invoer een factor te introduceren voor de mate van implementatie. 100% ('alle boeren schakelen over') is dan een maximum, maar weinig realistisch.
- Waterbalans; zoals aangegeven wordt uitgegaan van zomerhalfjaar gemiddelden; daarom wordt voor diverse gebieden in de huidige situatie geen inlaat berekend (septemberregens doen in veel jaren tekorten teniet), terwijl tijdens het groeiseizoen wel inlaat nodig is. Uiteindelijke overgang naar analyses op kwartaal-, of maandbasis lijkt daarom noodzakelijk.
- Het is nodig om €ureyeopener te finetunen op basis van door waterbeheerders aan te dragen hoeveelheden over in- en uitlaat e.a. Kenmerken van het huidige watersysteem.
- Peilopzet: niet in een geheel deelgebied invoeren, want dat is niet reëel / in veel (natte) gebieden niet mogelijk. Waterschap Brabantse Delta e.a. Kunnen ook een kaart aanleveren waar peilopzet mogelijk is.
- Ter nuancering van de natschade aangeven dat dit alleen de natschade in landbouw is. Kosten in (bijvoorbeeld) stedelijk gebied, waar kosten moeten worden gemaakt om overstroming / natschade te voorkomen, worden namelijk niet meegenomen.
- De natschade lijkt erg laag, in ieder geval in Brabants deel. Dit komt omdat nu uitgegaan wordt van drie bodemprofielen (klei, klei op zand, zavel) met ieder een gemiddelde drooglegging. Voor een realistischer benadering kunnen meer SWAP-profielen worden ingevoerd met onderscheid in meer / minder grote drooglegging.
- De invloed van zoute kwel op zoutschade wordt in SWAP niet meegenomen. In de praktijk komt het eigenlijk niet voor, daar waar dit wel voorkwam is de landbouw overgegaan naar natuur. Toch is er de wens om het mee te nemen omdat het plaatselijk kan spelen, en ook omdat hij bij klimaatverandering op (veel) meer plaatsen kan gaan spelen.
- Berekening is nu (in de referentiesituatie) gekoppeld aan het NHI; Het is beter (realistischer) om dit via de SWAP-berekeningen te koppelen aan de gewassen, of gewasclusters.
- Alterra heeft onlangs een nieuwe beregeningskaart ontwikkeld. Het verdient de voorkeur deze te benutten en deze door gebiedsdeskundigen van waterschappen en provincies te laten controleren / fine-tunen.
- Fluxen voor drainage en kwel kunnen in plaats van uit het NHI desgewenst worden ontleend aan het zoet-zout model dat Deltares voor de provincie Zeeland heeft ontwikkeld. Dit is niet op voorhand een noodzakelijke verbetering, want het NHI benadert deze fluxen in het algemeen al vrij goed.
- Nu wordt nog gerekend met het huidige klimaat (in casu het klimaat van de afgelopen 30 jaar). Het is wenselijk om klimaatscenario's in te bouwen, omdat projecties van het KNMI die aangeven dat droge zomers vaker en in extremere vormen voorkomen een ander beeld kunnen geven van de inlaatbehoefte en de resulterende kosten-baten analyse. Berekeningen van klimaatscenario's kunnen daarom helpen om beleid voor anticiperen op klimaatverandering te ontwikkelen.
- Het is nuttig om voor de finetuning van het model 1:1 inhoudelijk werkoverleg te voeren met de waterbeheerders.

5. Synthese en afsluiting

In een discussie over het draagvlak voor het model wordt door de waterbeheerders aangegeven dat de methodiek aanspreekt, er sowieso voor de onderbouwing van de vragen over zoetwatervoorziening geen alternatief is, maar dat het model wel verbeterd moet worden om beter aan te sluiten op de huidige situatie en meer realistische resultaten te geven voor de natschade bij peilopzet, en de baten van de pijplijn naar Walcheren (netto i.p.v. bruto opbrengstvermeerdering). Het waterschap Brabantse delta geeft aan dat zij, wegens de tijdsdruk, voor de deltabeslissingen dit jaar vertrouwen op expert judgement.

Alterra Wageningen UR
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
www.wageningenUR.nl/alterra

Alterra-rapport 2510
ISSN 1566-7197



Alterra Wageningen UR is hét kennisinstituut voor de groene leefomgeving en bundelt een grote hoeveelheid expertise op het gebied van de groene ruimte en het duurzaam maatschappelijk gebruik ervan: kennis van water, natuur, bos, milieu, bodem, landschap, klimaat, landgebruik, recreatie etc.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Alterra Wageningen UR
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 317 48 07 00
www.wageningenUR.nl/alterra

Alterra-rapport 2510
ISSN 1566-7197

Alterra Wageningen UR is hét kennisinstituut voor de groene leefomgeving en bundelt een grote hoeveelheid expertise op het gebied van de groene ruimte en het duurzaam maatschappelijk gebruik ervan: kennis van water, natuur, bos, milieu, bodem, landschap, klimaat, landgebruik, recreatie etc.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

