

SPAARWATER

Economische haalbaarheid: Kosten- batenanalyse

Technische rapportage 2016-2018

Achtergrondinformatie behorende bij hoofdrapport



JAN
2019

Financiers: Waddenfonds, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, Wetterskip Fryslân, Waterschap Noorderzijlvest, Waterschap Hunze en Aa's, Provincie Noord-Holland, Provincie Fryslân, Provincie Groningen, STOWA, LTO Noord fondsen, Achmea Agro, Rabobank.

Uitvoerende partijen: Penvoerder Acacia Institute i.s.m. Acacia Water, Delphy, Wageningen Universiteit (Wageningen Economic Research), Vrije Universiteit Amsterdam, Technische Universiteit Delft, SEO Economisch Onderzoek, Broere Berekening, Combi Drain, YARA, Netafim, Han de Kreuk, CaTeC, METER Group, Vermaire Breezand.

Betrokken landbouwbedrijven: Langeveld VOF - locatie Breezand, Teeuwen en Zonen B.V. - Locatie Breezand, Maatschap Noordam ten Have - locatie Borgsweer, Maatschap J.W. Oosterhuis - locatie Hornhuizen, Maatschap A. Hofstra - locatie Herbaijum.

Overige betrokken partijen: LTO Noord, KAVB (Koninklijke Algemene Vereniging voor Bloembollencultuur), Nederlandse Voedsel en Warenautoriteit (NVWA) en Pootgoedacademie.

Colofon

Documenttitel	. Spaarwater 2 - Economische haalbaarheid
Status	. Technische eindrapportage
Datum	. 17 januari 2019
Projectnummer	. 679
Projectteam	Tine te Winkel, Dr. Ir. Stijn Reinhard, Prof. Carl Koopmans, Judith Landheer en Jouke Velstra

Disclaimer

De ideeën in dit voorstel zijn, voor zover deze niet al vooraf door de opdrachtgever zijn geformuleerd, eigendom van Acacia Water. Zonder schriftelijke toestemming van Acacia Water is het niet toegestaan om (delen ervan) voor te leggen aan derden.

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	1
1.1	Zoetwaterschade in de Waddenregio	1
1.2	Spaarwater als oplossing voor zoetwaterschaarste	1
1.3	Is Spaarwater economisch haalbaar?	1
1.4	Leeswijzer	2
2	Methode	3
2.1	Toelichting toegepaste methode.....	3
2.2	Business case voor de agrariër.....	3
2.3	Maatschappelijke kosten-batenanalyse	3
2.3.1	Stappenplan MKBA	3
2.4	Contante waarde en discontovoet	4
2.5	Effectbepaling	4
2.5.1	Pilotlocaties	4
2.5.2	Pilotpolders	4
2.6	Kwantificeren en moneteriseren effecten	5
2.7	Uitgangspunten.....	6
2.7.1	Tijdshorizon	6
2.8	Kosten.....	6
2.9	Baten.....	7
2.9.1	Vermeden droogteschade	7
2.9.2	Vermeden zoutschade.....	7
2.9.3	Rotatieteelt.....	7
2.9.4	Kosten en baten per hectare/per kuub	8
2.10	Waterbehoefte en klimaatscenario's.....	8
2.11	Nulalternatief en beleidsalternatieven	8
3	Probleemanalyse: Zoetwater en verzilting.....	9
3.1	Inleiding	9
3.1.1	Verzilting en klimaatverandering.....	9
3.1.2	Het verdelingsvraagstuk.....	10
3.1.3	Samenwerking met de gebruikers en het waterschap	11
3.2	Conclusie probleemanalyse	11
4	Alternatieven.....	12
4.1	Inleiding	12
4.2	Doorspoelwater en peilhandhaving	12

4.3	Analyse van Spaarwatermaatregelen in de MKBA	13
4.3.1	Huidig peil en doorspoelwater	13
	Alleen peilhandhaving	13
5	Baten.....	14
5.1	Identificeren van de effecten	14
5.2	Vermeden droogte- en zoutschade.....	14
5.2.1	Droogteschade en bedrijfsresultaat	15
5.2.2	Herhalingstijden en neerslagtekorten	16
5.2.3	Droogtejaar 2018	17
5.2.4	Klimaatscenario's.....	18
5.3	Doorrekening vermeden droogteschade in kosten-batenanalyse.....	19
5.4	Vermeden zoutschade.....	20
5.4.1	Zoutschade in de wortelzone	20
5.4.2	Zoet en zout in het perceel.....	21
5.5	Externe factoren.....	23
5.6	Gewasbeschermingsmiddelen	23
5.7	Gewasziekten.....	23
5.8	Nutriënten in het oppervlaktewater.....	23
6	Waarde van inlaatwater.....	24
6.1	Kosten en baten voor de waterbeheerder	24
6.1.1	Schaduw prijzen.....	24
6.1.2	Baten van inlaatreductie.....	24
6.1.3	Alternatieve aanwendbaarheid	26
6.1.4	Toepassen schaduwprijsmethode	26
7	Kosten	27
7.1	Introductie.....	27
7.2	Ondergrondse opslag	27
7.2.1	Investeringskosten.....	27
7.2.2	Onderhoud en elektriciteit	27
7.2.3	Arbeidskosten	28
7.2.4	Financieringskosten en annuïteit.....	28
7.2.5	Totaal kosten ondergrondse opslag	28
7.3	Anti-verziltingsdrainage	28
7.3.1	Investeringskosten anti-verziltingsdrainage 10/7 meter	28
7.3.2	Financieringskosten en annuïteit.....	29
7.3.3	Totaal kosten anti-verziltingsdrainage	29
7.4	Druppelirrigatie	29
7.4.1	Investerings-, onderhouds- en elektriciteitskosten.....	29
7.4.2	Financieringskosten en annuïteit.....	29

7.4.3	Totaal kosten druppelirrigatie.....	29
8	Resultaten Business cases.....	30
8.1	Introductie.....	30
8.2	Resultaten kosten-baten eigen watervoorziening op bedrijfsniveau	30
8.2.1	Het investeringsgat	31
8.2.2	Gewasopbrengsten onder invloed van klimaatverandering.....	31
8.2.3	Gewasopbrengsten Tulpen	32
8.3	Resultaten kosten en baten antiverziltingsdrainage op bedrijfsniveau	33
8.3.1	Bewustwording verziltingsrisico	34
8.4	Kosten en baten zuinig met zoetwater op bedrijfsniveau	34
8.4.1	Kosten zuinig met zoetwater	34
8.4.2	Baten zuinig met zoetwater	34
8.4.3	Extra baten zuinig met zoetwater.....	34
8.5	Conclusie	34
9	Resultaten Maatschappelijke Kosten-Batenanalyse.....	36
9.1	Introductie.....	36
9.1.1	Beleidsalternatief 'kraan dicht', 50% Spaarwater.....	36
9.1.2	Wat levert Spaarwater op polderschaal?	36
9.1.3	De Oostpolder	36
9.1.4	Invloed van kwel op de doorspoelbehoefte.....	37
9.1.5	Welke investering vereist Spaarwater op regionale schaal?	38
9.1.6	Maatschappelijke Kosten-Baten Analyse.....	39
9.1.7	Scenario 1	40
9.1.8	Scenario 2	41
9.1.9	Scenario 3	42
9.1.10	Anti-verziltingsdrainage	42
9.1.11	Druppelirrigatie	43
10	Onzekerheden en risico's	44
10.1	Introductie	44
10.2	Belangrijkste onzekerheden en risico's	44
10.2.1	Beregeningsmethode agrariërs.....	44
10.2.2	Beregeningsmogelijkheden pootaardappelen	44
10.2.3	Beleid van het waterschap	44
10.2.4	De economische levensduur van het systeem.....	45
10.2.5	Ontwikkeling klimaatverandering	45
10.2.6	Kostenontwikkeling	45
11	Conclusie.....	46
12	Referenties.....	48

1 Inleiding

1.1 Zoetwaterschade in de Waddenregio

De Waddenregio is een 'veelzijdige agriregio' met een groot economisch belang op zowel regionale als nationale schaal. De trend van wereldwijde voedselzekerheid en bevolkingsgroei zorgt voor uitbreidings- en intensiveringsmogelijkheden voor de bollenteelt, pootaardappelenteelt en glastuinbouw. Wereldwijd groeit de jaarlijkse vraag naar aardappelproducten met 2 tot 3%, de toename in vraag zorgt voor extra afzetmogelijkheden voor de Nederlandse markt (Rabobank, 2018). Dit terwijl de regio onder druk staat van verzilting, watertekort en klimaatverandering. Er is een groeiend tekort aan zoetwater terwijl de waterbehoefte in de agrarische sector juist toeneemt. Deze tegenstrijdige ontwikkeling vereist een gerichte aanpak van de regionale verdeling van zoetwater.

Een belangrijke uitdaging ligt bij de samenwerking tussen de agrariërs en het waterschap. Zij staan gezamenlijk voor de opgave om het schaarser wordende water te verdelen en eventueel maatregelen te nemen waar nodig. Het oplossen van waterschaarste heeft namelijk veel te maken met de waterverdeling over de gebruikers. De groeiambities van de gebruikers spelen hierbij een belangrijke rol. Dit is een lokaal vraagstuk, iedere agrariër heeft zijn eigen groeiambities en bijbehorende waterbehoefte. Tegelijkertijd speelt het Nederlandse zoetwaterverdelingsvraagstuk zich ook op bovenregionaal niveau af. Hoe de waterschaarste wordt opgelost binnen de Waddenregio is dus onderdeel van een sociaaleconomisch verdelingsvraagstuk dat zich op meerdere schaalniveaus afspeelt.

1.2 Spaarwater als oplossing voor zoetwaterschaarste

Binnen Spaarwater wordt gezocht naar de haalbaarheid van oplossingen voor de knelpunten binnen dit verdelingsvraagstuk. Waar het waterschap steeds meer moeite heeft met de levering van zoetwater, levert Spaarwater de agrariër middelen waarmee hij zelfvoorzienend kan zijn in zijn irrigatiewater en de effecten van verzilting kunnen worden tegengegaan. Spaarwater maatregelen helpen tegelijkertijd om economische groei te genereren, en de waterhuishouding op orde houden in sterk veranderende omstandigheden. De drie Spaarwater technieken I) ondergrondse opslag, II) anti-verziltingsdrainage en III) druppelirrigatie helpen zoetwaterschaarste te voorkomen en verzilting te mitigeren.

1.3 Is Spaarwater economisch haalbaar?

De economische haalbaarheid van Spaarwatermaatregelen is onderzocht door de kosten en baten van de afzonderlijke maatregelen te analyseren en te belichten vanuit verschillende schaalniveaus en perspectieven. De analyses die hieruit volgen zijn respectievelijk:

- de kosten en baten voor de agrariër (op bedrijfsniveau);
- de kosten en baten voor de waterbeheerder (maatschappelijke kosten-batenanalyse; regionaal niveau).

Dit onderscheid leidt tot het werken op twee schaalniveaus, het bedrijfsniveau en regionaal niveau. Het regionale niveau is uitgewerkt voor drie poldergebieden en er is een nieuwe methode ontwikkeld om de tot op heden onbekende marktwaarde voor 'zoetwater' te bepalen. Dit is een nieuwe ontwikkeling binnen het Nederlandse waterbeheer. De water-economische methode ontwikkeling en bijhorende analyse vormt een belangrijke basis voor het besluitvormingsproces, zowel op bedrijfs- als beleidsniveau.

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de gebruikte methode uitgewerkt en onderbouwd. De haalbaarheidsstudie is gebaseerd op de methode voor maatschappelijke kosten-batenanalyses (MKBA) en start in hoofdstuk 3 met de probleemanalyse. Vervolgens worden in hoofdstuk 4 de verschillende alternatieven uitgewerkt die in de haalbaarheidsstudie worden gebruikt. Hoofdstuk 5 behandelt de verschillende baten en hoofdstuk 6 zoomt in op de baten voor het waterschap, ofwel 'de waarde van inlaatwater'. In Hoofdstuk 7 worden vervolgens de kosten op een rij gezet. Hoofdstuk 7 en 8 behandelen respectievelijk de resultaten van de business case voor de agrariër en de MKBA. Hoofdstuk 9 behandelt de onzekerheden en risico's waarna in hoofdstuk 10 de antwoorden op de onderzoeksvragen worden samengevat en de conclusies worden gegeven.

2 Methode

2.1 Toelichting toegepaste methode

De economische analyse bestaat uit twee componenten I) business case voor de agrariër; en een II) Maatschappelijke kosten-batenanalyse. In dit hoofdstuk worden de belangrijkste methoden en randvoorwaarden beschreven die uitwerking van bovenstaande componenten ondersteund. Het gehele onderzoeksproces, en de ontwikkeling van de methodologie, is in nauwe samenwerking met de belanghebbenden uitgevoerd; de waterschappen, de provincies, agrariërs en LTO Noord uitgevoerd. Ook het tot stand komen van de scenario's is in samenwerking uitgevoerd.

2.2 Business case voor de agrariër

De economische haalbaarheid van Spaarwatermaatregelen wordt voor een agrariër bepaald door de kosten, de baten en de overige effecten die voortkomen uit een investering. Een business case op bedrijfsniveau biedt inzicht in bovengenoemde factoren. In de business case worden alle voor de agrariër relevante kosten en baten kwalitatief en kwantitatief geanalyseerd. Voor de kosten is deze stap overzichtelijk omdat deze bestaan uit de kosten voor investering en onderhoud. Bij het moneteriseren van de baten komt meer kijken omdat 'zoetwater' geen direct te koppelen waarde heeft en de baten afgeleid moeten worden uit vermeden droogte- of zoutschade en/of de extra opbrengsten.

2.3 Maatschappelijke kosten-batenanalyse

Zodra de investering van een agrariër *externe effecten* voortbrengt is het gewenst om een maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) uit te voeren (Koopmans, 2014). Een extern effect is een positief of negatief gevolg voor anderen. Voorbeelden hiervan zijn geluidsoverlast voor omwonenden door de aanleg van een nieuwe snelweg of een gedaalde huizenprijs door het winnen van aardgas. Externe effecten kunnen ook positief zijn, zoals vermindering van nutriëntenuitspoeling bij de investering in een Spaarwatermaatregel.

Binnen de MKBA worden de externe effecten benoemd, kwalitatief beschreven, gekwantificeerd en indien mogelijk gemonetariseerd. Deze aanpak maakt het mogelijk om de externe kosten en baten gezamenlijk te analyseren met de kosten en baten van de agrariër, afkomstig uit de business case. Het doel van de MKBA is om het effect van de maatregelen voor alle actoren inzichtelijk te maken. Door de resultaten te integreren met de maatregelurgentie en beleidsdoelen wordt het mogelijk bedrijfs- en beleidsadvies te geven over de toepassing van Spaarwater in de Waddenregio.

2.3.1 Stappenplan MKBA

Om de informatie gestructureerd te verwerken in een analyse wordt het stappenplan voor maatschappelijk kosten-baten analyse (MKBA) uit de algemene MKBA-leidraad aangehouden (Tabel 1) (Romijn & Renes, 2013).

Tabel 1. Stappenplan voor de maatschappelijke kosten-batenanalyse

Stap	Doel
1 Probleemanalyse	Beschrijving van het knelpunt en de toekomstige ontwikkeling
2 Vaststellen nulalternatief	Beschrijving van de meest waarschijnlijke ontwikkeling <i>zonder</i> beleid.
3 Definitie beleidsalternatieven	Beschrijving van de te nemen maatregelen in samenhang met de scenario's.
4 Bepalen van de effecten en baten	Identificeren, kwantificeren en monetariseren van de effecten.
5 Bepalen van de kosten	Extra kosten (eenmalig, periodiek, vast of variabel) ten opzichte van het nulalternatief.
6 Risicoanalyse	Identificatie en analyse van de belangrijkste onzekerheden en risico's. Analyse van de gevolgen voor de uitkomsten.
7 Opstellen van het overzicht van kosten en baten	Alle kosten en baten berekenen voor hetzelfde basisjaar en bepaling van het saldo.
8 Presenteren van de resultaten	Presenteren van de belangrijkste resultaten.

2.4 Contante waarde en discontovoet

Toekomstige kosten en baten worden omgerekend naar huidige waarden met een discontovoet. In deze studie is gekozen voor 3%¹ (Rapport werkgroep discontovoet 2015). Gebruikelijk is om voor bedrijfsmatige en particuliere investeringen een *rentevoet* te verrekenen. De investering in Spaarwatermaatregelen kunnen zowel (deels) door de overheid of door de agrariër gefinancierd worden. In de MKBA worden de kosten en baten van de agrariër ook verrekend met de discontovoet van 3%. Dit is mogelijk omdat de discontovoet mag worden geïnterpreteerd als een maatschappelijke rendementseis (Centraal Plan Bureau, 2015). In de businesscase is gekozen voor de hogere rentepercentages van 4%, 6% en 8%.

2.5 Effectbepaling

De effecten die ontstaan na de investering in Spaarwatermaatregelen worden meegenomen om de kosten-baten analyses te onderbouwen. De benodigde data voor het bepalen van de effecten wordt op verschillende manieren verkregen. In deze paragraaf wordt kort beschreven op welke manier de data wordt vergaard, wat de uitgangspunten zijn en hoe de kwantificering plaats heeft gevonden.

2.5.1 Pilotlocaties

Spaarwater heeft vier pilotlocaties in Noord-Holland, Friesland en Groningen. Op de locaties worden de Spaarwatermaatregelen getest sinds 2013. Vanuit deze pilotproeven is veel data verzameld die binnen deze studie is gebruikt voor het kwantificeren van de effecten.

2.5.2 Pilotpolders

Binnen elk van de drie provincies (Noord-Holland, Friesland en Groningen) is een pilotpolder geselecteerd waar de fysieke effecten van de Spaarwatermaatregelen modelmatig worden gesimuleerd en berekend. Met behulp van verschillende waterbalans- en modelstudies zijn scenario's op polderniveau doorgerekend. Waarmee de effecten die een Spaarwatermaatregel op een poldersysteem kan hebben, zijn gesimuleerd.

Het doel is om een beeld te geven van de invloed van de zoetwatermaatregelen op de gewasopbrengst, waterkwaliteit, de doorspoelbehoefte en de zoetwatervraag.

¹ Dit is een 'reële' discontovoet; deze wordt toegepast op kosten en baten die zijn gecorrigeerd voor inflatie.

2.6 Kwantificeren en monetariseren effecten

De pilots leveren veel data over de fysieke/hydrologische effecten. Hierdoor is het gedetailleerd kwantificeren en monetariseren van de effecten goed mogelijk. Veel van de effecten worden niet op een markt ‘verhandeld’ en hebben daardoor geen direct waarneembare monetaire waarde. Om toch alle effecten te monetariseren wordt gebruik gemaakt van o.a. literatuurstudie, kentallen onderzoek, statistische analyse en modelstudie. In Tabel 2 is per effect kort de gebruikte methode beschreven.

Tabel 2. Methodebeschrijving kwantificeren en monetariseren effecten

Effect	Methode
Vermeden droogteschade	• Veldonderzoek gewasrotaties; • Hydrologische analyse waterbehoefte; • Statistische analyse vermeden droogteschade op basis van werkelijk gemeten opbrengst; • Hydro-economische analyse herhalingstijden, gemiddelde opbrengst per regio per jaar en meeropbrengst klimaatverandering. • Berekening met gewasrotaties.
Vermeden zoutschade	• Veldonderzoek bodemsamenstelling; • SWAP analyse om tot verzilting & vermeden verzilting te komen; • Zoutschade trappen PPO om tot percentage zoutschade te komen; • Berekening met gewasrotaties.
Extra gewasopbrengst	• Veldonderzoek gewasopbrengst; • Veldonderzoek gewasrotaties; • Berekening met gewasrotaties.
Waarde inlaatwater	• Waterbalans polder; • Invloed Spaarwater op waterbalans polder; • Scenario berekening in waterbalans; • Opzetten schaduwprijs methode • Eerste schaduwprijs berekening voor waarde van inlaatwater.
Gewasbeschermingsmiddelen en ziektekiemen	• Veldonderzoek invloed middelenuitstroom; • Monetariseren vermindering middelenuitstroom; • Berekening.
Invloed nutriëntenuitstroom	• Veldonderzoek invloed nutriëntenuitstroom; • Monetariseren vermindering nutriëntenuitstroom; • Berekening.
Bedrijfskosten	• Operationele bedrijfskosten; • Invloed gebruik Spaarwater op de bedrijfskosten (positief dan wel negatief);
Investerings- en gebruikskosten	• Initiële investeringskosten en gebruikskosten; • Technische levensduur; • Afschrijvingstermijn; • Verrekening over 15 jaar inclusief discontovoet; • Verrekening totaalkosten naar €/hectare/jaar en €/m³

2.7 Uitgangspunten

De MKBA is een omvangrijke economische analysemethode. De kwaliteit staat of valt met de uitgangspunten en gebruikte data (Koopmans, 2016). In deze paragraaf worden de gehanteerde uitgangspunten toegelicht.

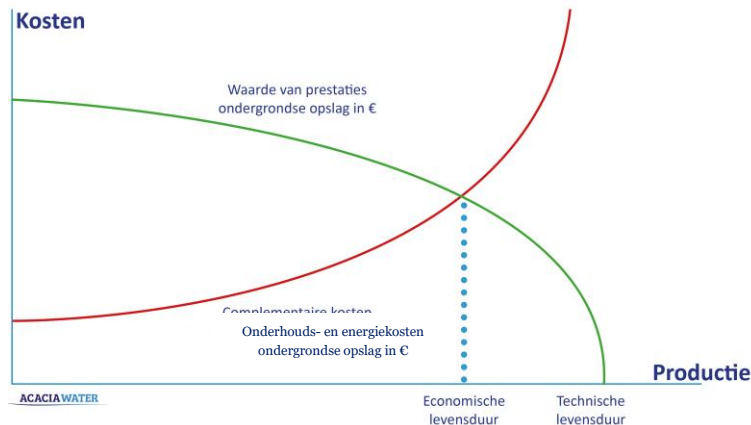
2.7.1 Tijdshorizon

Omdat het bij zoetwaterbeschikbaarheid over de lange termijn gaat is gekozen voor een passende tijdshorizon. Het investeringsjaar is 2020. De keuze voor 2020 is gemaakt omdat de Delta Aanpak voorschrijft dat in 2019 de keuzes gemaakt moeten worden over de 'oplossingsrichtingen in de regio' en de budgetten om maatregelen uit te voeren in 2019 beschikbaar komen (IenW, 2018). Een andere tijdsafhankelijke keuze is die van de *technische* en *economische levensduur* van de investering. Dit vertaalt zich door in een passende investeringsperiode en terugverdien termijn.

Technische en economische levensduur

De technische levensduur is de duur van 'de waarde van de prestaties van de techniek' waarin wordt geïnvesteerd. Omdat de operationele kosten van onderhoud en energiegebruik toenemen in de tijd is er een break-even-point waarop de jaarlijkse kosten de jaarlijkse opbrengsten van het systeem overtreffen. De tijd tot het bereiken van dit break-even-point wordt economische levensduur genoemd. Vanaf dit punt zijn de kosten hoger dan de opbrengsten en is het gewenst om het systeem buiten gebruik te stellen, zelfs als de technische levensduur nog niet is bereikt (zie Figuur 1).

Binnen deze studie wordt in eerste instantie gekozen voor een technische levensduur van 15 jaar en vooralsnog een economische levensduur van 15 jaar. De daadwerkelijke economische levensduur van het systeem is een uitkomst van het onderzoek.



Figuur 1: Technische en economische levensduur van een investering in zoetwatermaatregelen

2.8 Kosten

De totale kosten zijn gebaseerd op de volgende componenten:

- Investeringskosten;
- Gebruikskosten per jaar;
- Onderhoudskosten per jaar;
- Financieringskosten per jaar.

De investeringskosten worden gemaakt in jaar 0 en komen volledig ten goede aan het aanschaffen van kapitaal en de arbeid benodigd voor installatie. Onder gebruikskosten valt de elektriciteit benodigd om de systemen in werking te stellen, als ook de extra arbeidskosten voor de agrariër. Onderhoudskosten bestaan uit reparatiekosten, schoonmaak etc.

De financieringskosten zijn een aparte kosten en zijn gebaseerd op de aanname dat de agrariër geld zal moeten lenen voor de investering. In deze haalbaarheidsstudie is gebruik gemaakt van een annuïteiten financiering.

2.9 Baten

Om te bepalen of de kosten opwegen tegen de opbrengsten worden de baten van vermeden droogte- en zoutschade bepaald. Op basis van het neerslagtekort, het chloridegehalte in de wortelzone en de gevoeligheid per gewas kan de schade uiteindelijk in kg/ha, €/ha en €/m³ worden uitgedrukt. De €/ha weergave is bedoeld voor communicatie met de agrariërs. De €/m³ is bedoeld als inhoudelijke input voor de waarde van het inlaatwater.

2.9.1 Vermeden droogteschade

Spaarwater is gericht op individuele ondernemers die op lokale schaal opereren. Om een economische analyse uit te voeren die dicht bij de realiteit van de agrariër staat bleek het essentieel de opbrengsten op bedrijfsniveau te kunnen schatten. Data over droogteschade was bij de aanvang van het project schaars en gebaseerd op een landelijk gemodelleerd gemiddelde. Omdat de pilots zich specifiek op de Waddenregio richten, was het belangrijk om de regionale karakteristieken zoals neerslagpatronen, bodemprofielen en de beschikbaarheid van oppervlaktewater voor irrigatie te verwerken. Om deze reden is in Spaarwater een nieuwe methode ontwikkeld. Samen met Wageningen Economic Research is de daadwerkelijk gemeten opbrengst van 2002 tot en met 2014 gebruikt om een verband te bepalen tussen de opbrengst van pootgoedteelt en waterbeschikbaarheid. Deze methode maakt het voor het eerst mogelijk om op regionale schaal, voor een specifiek neerslagtekort de gewasopbrengsten te schatten.

2.9.2 Vermeden zoutschade

De Spaarwatermaatregel anti-verziltingsdrainage beoogt verzilting te bestrijden en zo gewasschade door optrekkend zout te vermijden. Het ontbreekt aan een robuuste en direct toepasbare methode om zoutschade in de wortelzone te berekenen op perceelniveau. De bestaande literatuur over dit onderwerp is vaak gebaseerd op zoutgehalten in het irrigatiewater van bovenaf in plaats van zout grondwater in de wortelzone. Om een realistisch beeld te genereren van de zoutschade per gewas is een nieuwe methode ontwikkeld.

Aan de hand van een simulatie van chloridegehalten in de wortelzone zijn de zoutgehalten berekend voor een gemiddeld en een droog jaar. Voor beide jaren is vervolgens een gemiddeld en een maximaal chloridegehalte bepaald. Dit gehalte is vervolgens verrekend met de bij het gewas horende zoutshadedrempel en het zoutshadeperscentage. Uiteindelijk zijn de schadeperscentages gecombineerd met de gemiddelde opbrengst van het gewas om een schatting te maken over de baten van de anti-verziltingsdrainage. Voor de berekening zijn de belangrijkste gewassen in Noord-Nederland genomen: gras, tarwe, pootaardappel, suikerbiet, peen en ui. Voor de bolgewassen zijn de tulp, hyacint en narcis geanalyseerd.

2.9.3 Rotatieteelt

De gekwantificeerde schade wordt gemonetariseerd door het te verrekenen met de gemiddelde jaarlijkse gewasopbrengst. Omdat de gewassen in het gebied in rotatie worden geteeld wordt dit als randvoorwaarde meegenomen in de analyse. De vermeden schade wordt bepaald voor de 1 op 3 rotatie: pootaardappel, wintertarwe, peen/ui en suikerbiet. Dit is een doorsnee rotatie voor een gemiddeld pootgoedbedrijf in de Waddenregio. In de praktijk betekent de rotatie dat, uitgaande van 100 hectare, 33% pootaardappelen, 10% suikerbieten, 10% penen/uien, 47% wintertarwe wordt geteeld.

2.9.4 Kosten en baten per hectare/per kuub

Om de uitkomsten te presenteren in een voor de agrariër 'sprekende eenheid' is gekozen voor €/hectare/jaar. De veelgebruikte eenheid van €/m³ wordt in dit onderzoek niet als gangbaar aangehouden. Het uitdrukken van de kosten en baten in €/m³ is een methode die gebruikt wordt als een vergelijking met de prijs van leidingwater aan de hand is. Binnen de onderzoeken naar ondergrondse opslag in bijvoorbeeld het kassengebied van het Westland, Zuid-Holland wordt '€/m³' veelgebruikt. Hier staan de kwekers bij de keuze voor zoetwatergebruik namelijk voor een aantal opties zoals bassinwater, water uit de ondergrondse opslag en leidingwater. Leidingwater heeft een vaste kuubsprijs, het is dus een logische stap om de overige kosten en baten in kuubs uit te drukken om een goed vergelijking te maken. In de akkerbouw in de Waddenregio is de situatie anders, hier is het gebruik van leidingwater geen optie omdat er onvoldoende leidingwater en druk beschikbaar is voor de berekening van bijvoorbeeld pootgoed. Omdat leidingwater in de praktijk geen substituuut is van irrigatiewater in de Waddenregio is gekozen om in dit onderzoek de baten uit te drukken in €/hectare/jaar.

Als de kosten en baten per kuub worden gepresenteerd dan is dit omdat dit binnen de toepassing een betere eenheid is. Dit zal bijvoorbeeld worden gebruikt bij het bepalen van de waarde van inlaatwater aan de hand van schaduwpreizen.

2.10 Waterbehoefte en klimaatscenario's

De Spaarwatermaatregel wordt genomen om te voorzien in de waterbehoefte van het gewas. De waterbehoefte van het gewas is hiermee een randvoorwaarde binnen de haalbaarheidsstudie. De omvang van de waterbehoefte wordt afgezet tegen de additionele waterbeschikbaarheid door de spaarwatermaatregel en uiteindelijk het terugwinrendement van de ondergrondse opslag maatregelen om te bepalen of de systemen voorzien in voldoende zoetwater. De hypothese is dat de irrigatiewaterbehoefte in de toekomst groter wordt onder de druk van klimaatverandering. Dit betekent dat de baten van het Spaarwatersysteem ook groter worden in de toekomst. Om dit mee te nemen wordt o.a. de waterbehoefte van de verschillende gewassen, het neerslagtekort in de afgelopen 30 jaar en het te verwachten neerslagtekort onder invloed van klimaatverandering bepaald. Deze gegevens bieden input voor de kosten-baten vergelijkingen.

2.11 Nulalternatief en beleidsalternatieven

In de MKBA en de business case wordt gewerkt met een 'nulalternatief' en 'beleidsalternatieven'. Het nulalternatief is het uitgangspunt, een toekomstbeeld waarbinnen geldt dat weinig of geen beleid wordt gevoerd om toekomstige ontwikkelingen bij te sturen. Het beleid dat in dit onderzoek wordt gebruikt draait om het wel of niet kunnen leveren van additioneel irrigatiewater via de sloten. De nulalternatieven en beleidsalternatieven zijn opgesteld door te variëren in:

- het wel, gedeeltelijk of niet toepassen van 'Sparwater'-maatregelen;
- het wel, gedeeltelijk of niet toepassen van 'doorspoelen t.o.v. peilhandhaving'.

Per alternatief worden de kosten en baten bepaald. Vervolgens worden de beleidsalternatieven vergeleken met de bijbehorende nulalternatieven om een uitspraak te kunnen doen of het beleidsalternatief een gunstige of ongunstige situatie is ten opzichte van het nulalternatief. Elk nulalternatief stelt dus een *referentiesituatie* voor.

3

Probleemanalyse: Zoetwater en verzilting

3.1 Inleiding

De eerste stap van het stappenplan in paragraaf 2.3 is de probleemanalyse vanuit het perspectief van de MKBA: welke knelpunten of kansen doen zich voor? Binnen het huidige watersysteem ontstaan knelpunten op het gebied van zoetwatertekort en verzilting. De Spaarwatermaatregelen bieden een oplossing voor deze uitdagingen. De knelpunten zijn een gevolg van onder andere de geologische en bodemkundige ontstaansgeschiedenis en veranderingen van het gebied, de sociaaleconomische omgeving en de beleidsvoering van de lokale en regionale overheden. Om de Spaarwatermaatregelen te toetsen op hun haalbaarheid worden in dit hoofdstuk de bovengenoemde oorzaken uitgewerkt. Hiermee schetsen we een breed beeld van de oorzaken, gevolgen en impact van zoetwatertekort en verzilting in de Waddenregio.

In dit hoofdstuk worden de volgende drie potentiële knelpunten uitgewerkt:

- Watertekort, klimaatverandering en verzilting;
- Het verdelingsvraagstuk;
- Samenwerking met de gebruikers.

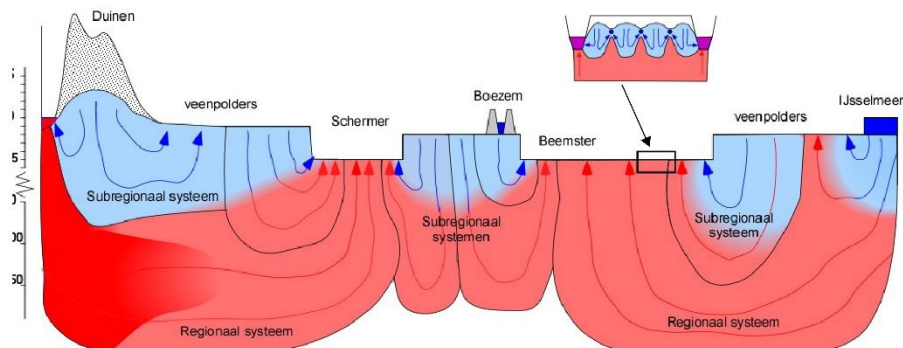
3.1.1 Verzilting en klimaatverandering

Als gevolg van veranderende fysische en klimatologische omstandigheden neemt het risico op periodieke zoetwatertekorten in Nederland toe. In combinatie met interne verzilting als gevolg van de geohydrologische ontstaansgeschiedenis van Laag-Nederland heeft dit negatieve effecten voor de watergebruikers in de Waddenregio. Omdat oppervlaktewater en grondwater een integraal systeem vormen en gezamenlijk de waterkwaliteit bepalen, worden de bovengenoemde veranderingen met behulp van een integrale benadering beschreven (Velstra, 2015).

In Laag-Nederland komt zoet grondwater niet, of slechts zeer ondiep, voor. De rest van het aanwezige grondwater in deze gebieden is zout (Berendsen, 2005). Transgressies, veenvorming en inpoldering hebben geleid tot een dynamisch grondwatersysteem waarbij de grote hoogteverschillen tussen diepe droogmakerijken en ondiepe veenpolders een versterkend effect hebben op kwelstromen. De dynamiek van verschillende geologische afzettingen, bodemkarakteristieken, dichtheids- en hoogteverschillen brengt lokale en regionale grondwaterstroming op gang (zie Figuur 2). De kwelstromen die hieruit ontstaan zijn verantwoordelijk voor de aanvoer van fossiel zout grondwater naar het oppervlak. De kwelstromen monden uit in de hoofdwaters, kavelsloten en in de bodems van de percelen. In alle gevallen ontstaat verzilting met nadelige gevolgen voor gebruikers voor wie zoetwater van belang is.

De effecten van de geohydrologische ontstaansgeschiedenis van het gebied worden versterkt door het veranderende klimaat en de stijgende zeespiegel. Zachte winters en hete zomers nemen in frequentie toe, net als de potentiële gewasverdamming, de zonnestraling en de intensiteit van de buien (KNMI, 2015).

De eerdergenoemde ‘interne verzilting’ wordt versterkt door de extra kweldruk die door zeespiegelstijging wordt veroorzaakt terwijl de weersveranderingen voor minder aanvoer van zoetwater zorgt.



Figuur 2. Dwarsdoorsnede met stromingssystemen van Egmond aan Zee naar Oosthuizen ter illustratie van lokale en regionale grondwaterstromingen (Velstra et al, 2013)

3.1.2 Het verdelingsvraagstuk

Landbouw is de economische motor van de Waddenregio. Met circa 12.000 hectare is de Kop van Noord-Holland (inclusief Texel) het grootste aaneengesloten productiegebied van bloembollen ter wereld (AWF, 2018). In de provincies Noord-Holland, Friesland en Groningen tezamen wordt 50.000 hectare aardappelen geteeld, een derde van het totale areaal in Nederland, met een totale bruto-opbrengst van bijna 1,8 miljoen ton (CBS, 2016). De bodem in het gebied is zeer geschikt voor de vollegrondsteelt. De telers staan, nationaal en internationaal, bekend om de hoge kwaliteit van de producten die zij leveren. Om deze kwaliteit te handhaven - en zelfs verder te verbeteren - is een combinatie van goede ontwatering en beschikbaarheid van zoetwater essentieel. Doordat de regio's de strategische keuzes maken om te richten op groei van de agrarische productie, en zo te kunnen voorzien in toenemende vraag naar voedsel door de wereldwijde bevolkingsgroei worden de productiefactoren, zoals water, steeds crucialer binnen het productieproces. Kennisontwikkeling en innovatie om efficiënt te telen zijn hierbij van belang.

Groei betekent dus een verandering in de verdeling van productiefactoren in de vorm van agrarische inputs. In de land- en tuinbouw is water een zeer belangrijke input. De waterschappen zijn als beheerder verantwoordelijk voor de verdeling van het beschikbare water en de beheersing van het doorspoelsysteem. Zij staan dus voor de uitdaging om strategisch te handelen binnen het speelveld van een afnemende beschikbaarheid, de groeiende efficiëntie en beperkte financiële middelen. Ieder waterschap heeft zijn of haar eigen visie op deze verdeling. Zo geeft Hoogheemraadschap Hollands-Noorderkwartier (HHNK) aan de oplossingen omtrent waterschaarste niet te zoeken in het vergroten van de huidige aanvoer (HHNK, 2015). In hun Deltavisie schrijft HHNK (Schreijer, 2012): “Zoetwater wordt kostbaar en minder vanzelfsprekend. We zorgen voor een duurzame en eerlijke verdeling op een basaal niveau met de huidige infrastructuur.” Dat deze voornemens niet gemakkelijk te realiseren zijn wordt duidelijk op het moment dat we het probleem vanuit een economische invalshoek benaderen. Het waterschap en provincie hebben op dit moment namelijk een ‘monopoliepositie’ op het zoetwaterbeleid. Vasthouden aan de huidige aanvoerhoeveelheden binnen een veranderend klimaat zal als vanzelf tot onvrede leiden bij de gebruikers. De Spaarwatermaatregelen die in deze studie worden behandeld zijn een voorbeeld van maatregelen om nieuwe zoetwaterbronnen te creëren.

In de volgende paragraaf ‘samenwerking met de gebruikers en het waterschap’ wordt beschreven hoe de samenwerking tussen gebruikers en de waterbeheerder verloopt in de zoektocht naar oplossingen.

3.1.3 Samenwerking met de gebruikers en het waterschap

Als de fysische, klimatologische en economische veranderingen binnen het beleidskader en de marktrealiteit worden geplaatst worden de knelpunten duidelijk. 'Hoe' waterschaarste wordt opgelost door de waterschappen is namelijk onderdeel van een groter sociaaleconomisch verdelingsvraagstuk. Een eerste observatie laat zien dat de agrarische groeiambities en de beperkte zoetwaterbeschikbaarheid op gespannen voet staan.

Waar de gebruiker van oudsher water geleverd krijgt wanneer zijn vraag toeneemt, maakt klimaatverandering, de toenemende vraag naar zoetwater en het beleid van de waterschappen dit in de toekomst waarschijnlijk onmogelijk. Doordat we deze frictie al in vroeg stadium hebben gesignaleerd kan worden gewerkt aan voorbereidingen op de toekomst. Concrete onderzoeks- en uitvoeringstrajecten leveren inzicht en oplossingen. Het inzichtelijk maken van de beschikbare gegevens, het delen van de kennis en het vaststellen van de mogelijke oplossingen is essentieel in de onderhandelingen tussen gebruikers en waterbeheerder. Het belangrijkste is om daadwerkelijk tot praktische oplossingen en maatregelen te komen.

3.2 Conclusie probleemanalyse

Groeiend tekort aan zoetwater en tegelijkertijd een toenemende behoefte eraan creëren een knelpunt. De agrarische activiteiten zijn van groot economische belang, zowel op regionaal als op nationale schaal. De toenemende vraag naar voedsel door de wereldwijde bevolkingsgroei zorgt voor mogelijkheden voor de bollenteelt, pootaardappelenteelt en glastuinbouw. Watertekort, klimaatverandering en verzilting vereisen een gerichte aanpak van het regionale zoetwater verdelingsvraagstuk. Aan de hand van pilots wordt onderzocht of de Spaarwatermaatregelen haalbare opties zijn als zoetwatermaatregelen. Concrete stappen binnen het besluitvormingsproces vragen om gedetailleerde informatie over de kosten en baten van de maatregel. De maatschappelijke kosten-batenanalyse biedt dit inzicht.

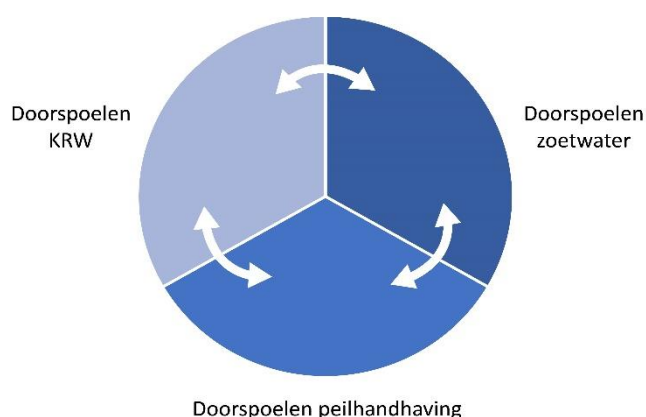
4 Alternatieven

4.1 Inleiding

Om het effect van Spaarwatermaatregelen en bijhorend beleid op polderniveau te kunnen presenteren worden de beleidsarme toekomstbeelden vergeleken met 'beleidsalternatieven' (Romijn & Renes, 2013). De beleidsalternatieven representeren de toekomst waarin is geïnvesteerd in Spaarwater. De nulalternatieven worden gebruikt als 'referentiescenario's'.

4.2 Doorspoelwater en peilhandhaving

De nul- en beleidsalternatieven worden bepaald door de combinatie van wel/geen Spaarwatermaatregelen en het wel/niet voorzien in doorspoelwater door het waterschap. Het zoete inlaatwater is een belangrijk element in de alternatieven. De sloten worden momenteel door het Waterschap doorgespoeld om ervoor te zorgen dat het oppervlaktewater van voldoende kwaliteit is voor irrigatie. In deze analyse worden de definities 'kraan open' en 'kraan dicht' gebruikt, dit verwijst naar de hoeveelheid 'doorspoelen voor zoetwater'. In Figuur 3 wordt dit geïllustreerd; er is water nodig voor peilhandhaving in de sloot, er wordt een hoeveelheid water gebruikt voor het doorspoelen en er wordt water doorgespoeld om te kunnen voldoen aan de Kaderrichtlijn Water norm. Hoe groot de verhouding is hangt af van beleid en lokale omstandigheden in de specifieke polders. Waar in deze MKBA wordt gesproken over 'extra m³ doorspoelwater' dan betekent dat er in het kwadrant 'doorspoelen zoetwater' extra water wordt toegevoegd of afgehaald.



Figuur 3. Oppervlaktewater illustratief verdeeld in water voor peilhandhaving, doorspoelen en KRW

4.3 Analyse van Spaarwatermaatregelen in de MKBA

In de analyse waarbij wordt onderzocht wat het effect is van het wel, gedeeltelijk of niet toepassen van Spaarwater door agrariërs worden twee nulalternatieven gebruikt voor het doorspoelbeleid van het waterschap: 'huidig peil' en 'alleen peilhandhaving'.

4.3.1 Huidig peil en doorspoelwater

Binnen het nulalternatief 'huidig peil' blijft de kraan open en faciliteert het waterschap doorspoelwater. In dit geval zorgt de waterbeheerder dat polders in het gebied in hun watervraag blijven worden voorzien, ook bij een grotere watervraag in de toekomst. De beleidsalternatieven bestaan ook uit de huidige doorspoelsituatie, maar dan in combinatie met 10% van het polderoppervlak met Spaarwatermaatregelen en 50% van het polderoppervlak met Spaarwatermaatregelen. Deze beleidsalternatieven worden vergeleken met de referentiesituatie waarbij sprake is van huidig peil en doorspoelwater zonder Spaarwatermaatregelen (zie Tabel 3).

Spaarwater M ³ voor doorspoelen	Geen	10% van het polderoppervlak	50% van het polderoppervlak
Kraan open	Huidig peil	Huidig peil	Huidig peil
Kraan dicht	Alleen peilhandhaving	Alleen peilhandhaving	Alleen peilhandhaving

Nulalternatieven Beleidsalternatieven

Tabel 3. De MKBA van de Spaarwater maatregelen levert 4 resultaten. De implementatie van Spaarwater zijn de beleidsalternatieven.

Alleen peilhandhaving

De tweede realistische toekomstontwikkeling is die waarbij het waterschap de 'kraan dicht' draait met betrekking tot het doorspoelwater. In dit geval levert de waterbeheerder geen water meer voor doorspoeling ten gunste van de waterkwaliteit en zorgt zij enkel voor peilhandhaving. Dit betekent dat er niet wordt voorzien in de watervraag van de agrariërs. Deze situatie leidt tot waterschaarste in de landbouw. De referentiesituatie 'alleen peilhandhaving' kenmerkt zich door een afnemende waterbeschikbaarheid vanuit de sloten voor de agrariërs. De beleidsalternatieven bestaan uit 10% van het polderoppervlak met Spaarwatermaatregelen en 50% van het polderoppervlak met Spaarwatermaatregelen. Deze beleidsalternatieven worden vergeleken met de situatie zonder Spaarwatermaatregelen en geen doorspoelbeleid.

5 Baten

5.1 Identificeren van de effecten

Implementatie van Spaarwatermaatregelen wordt uitgevoerd om o.a. droogte- en zoutschade bij teelt van gewassen te voorkomen. De effecten voor andere indicatoren kunnen zowel positief als negatief uitpakken, de omvang van de effecten is van belang voor de economische haalbaarheid. Tabel 4 laat de effectmatrix zien die ter ondersteuning van de economische analyse wordt angewend. In Tabel 4 zijn de effecten en de actoren weergegeven. In dit hoofdstuk worden de effecten zo ver mogelijk uitgewerkt, gewaardeerd en maar mogelijk gemonetariseerd.

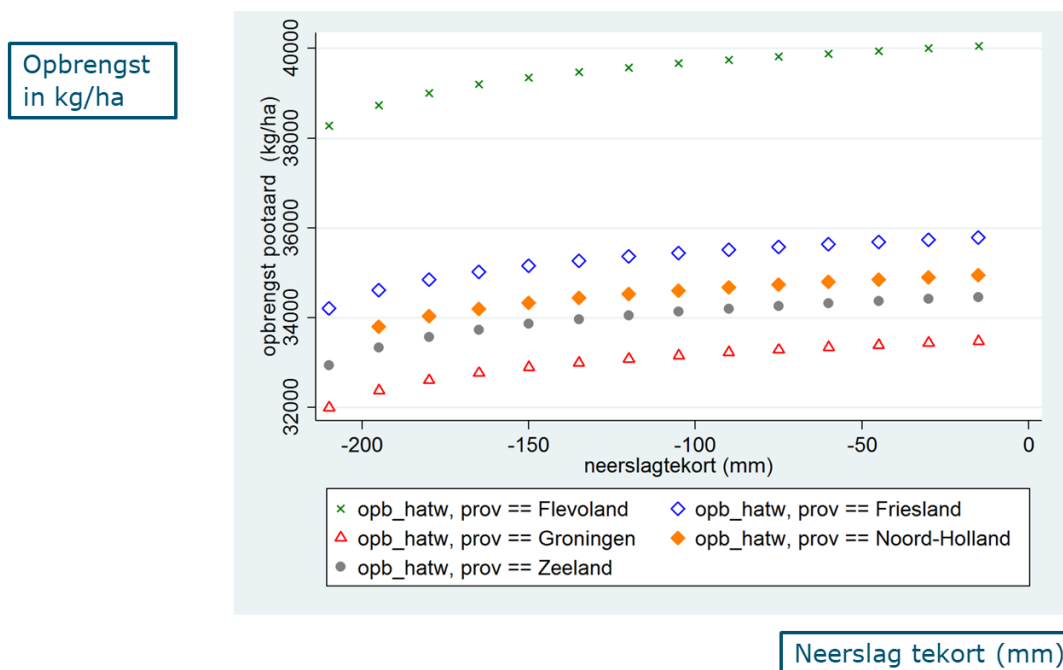
Tabel 4. Effectmatrix Spaarwatermaatregelen

	Agrariërs	Waterbeheerders	Rijk	Natuur	Totaal
Gewasopbrengst (euro/ha)	+				+
Waterbeheermethode		+		+/- ?	+ ?
Aankoop Kunstmest	+				+
Aankoop Gewasbeschermingsmiddelen	+				+
Ziektekiemen in beregeningswater	+				+
Oppervlaktewater kwaliteit (nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen)		+		+	+
Inzet arbeid					
Inzet kapitaal (Investerings)	-	- ?			-
Onderhoud & elektriciteit	-	- ?			-
Financiering	-				0 !
Totaal	+ ?	+ ?	-	+	+ ???

5.2 Vermeden droogte- en zoutschade

De Spaarwater maatregelen zijn gericht op individuele ondernemers die op lokale schaal opereren. Om een economische analyse uit te voeren die dicht bij de realiteit van de agrariër staat bleek het essentieel de opbrengsten op bedrijfsniveau te kunnen schatten. Data over droogteschade was bij de aanvang van het project schaars en gebaseerd op een landelijk gemodelleerd gemiddelde. Omdat de pilots zich specifiek op de Waddenregio richten, was het belangrijk om de regionale karakteristieken zoals neerslagpatronen, bodemprofielen en de beschikbaarheid van oppervlaktewater voor irrigatie te verwerken. Om deze reden is in Spaarwater een nieuwe methode ontwikkeld. Samen met Wageningen Economic Research is de daadwerkelijk gemeten opbrengst van 2002 tot en met 2014 gebruikt om een verband te bepalen tussen de opbrengst van pootgoedteelt en waterbeschikbaarheid. De hieronder beschreven methode maakt het voor het eerst mogelijk om op regionale schaal, voor een specifiek neerslagtekort de gewasopbrengsten te schatten. De focus van de vermeden droogteschade ligt in eerste instantie op irrigatie van pootaardappelen, de aanleiding hiervoor is dat uit metingen blijkt dat op locaties waar geen beregeningsverbod geldt voor pootaardappelen de opbrengsten hoger zijn. In figuur Figuur 4 is de opbrengst in kg/ha ten opzichte van het neerslagtekort per provincie weergegeven. De

data laat een duidelijk voordeel zien voor Flevoland, waar meer zoetwater beschikbaar is, ten opzichte van Groningen, Friesland, Noord-Holland en Zeeland, waar minder zoetwater beschikbaar is.



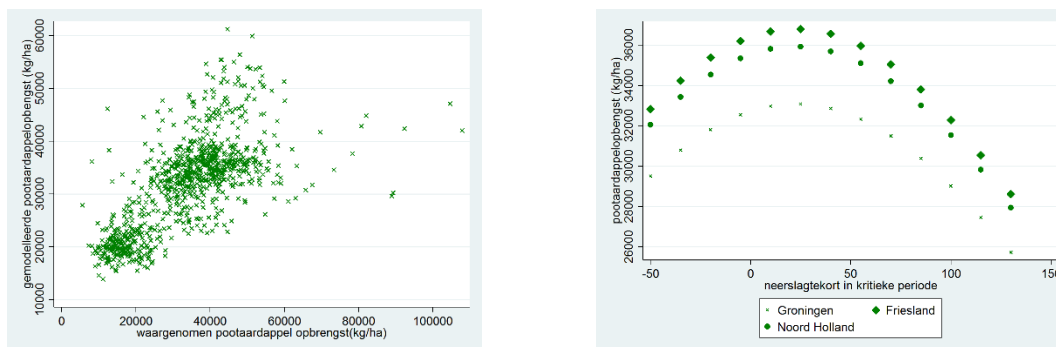
Figuur 4. Opbrengst poot aardappelen in kg/ha tov neerslagtekort in mm voor Flevoland, Groningen, Zeeland, Friesland en Noord-Holland

5.2.1 Droogteschade en bedrijfsresultaat

Hoewel de data geanonimiseerd gebruikt wordt, zijn de schattingen gebaseerd op daadwerkelijk gemeten bedrijfsresultaten, agrarische inputs en weersomstandigheden. Dit zorgt voor een betrouwbaar beeld en maakt het mogelijk om goed onderbouwde schattingen te doen over omzetsderiving door neerslagtekort en de extra opbrengst die irrigatiewater kan bieden.

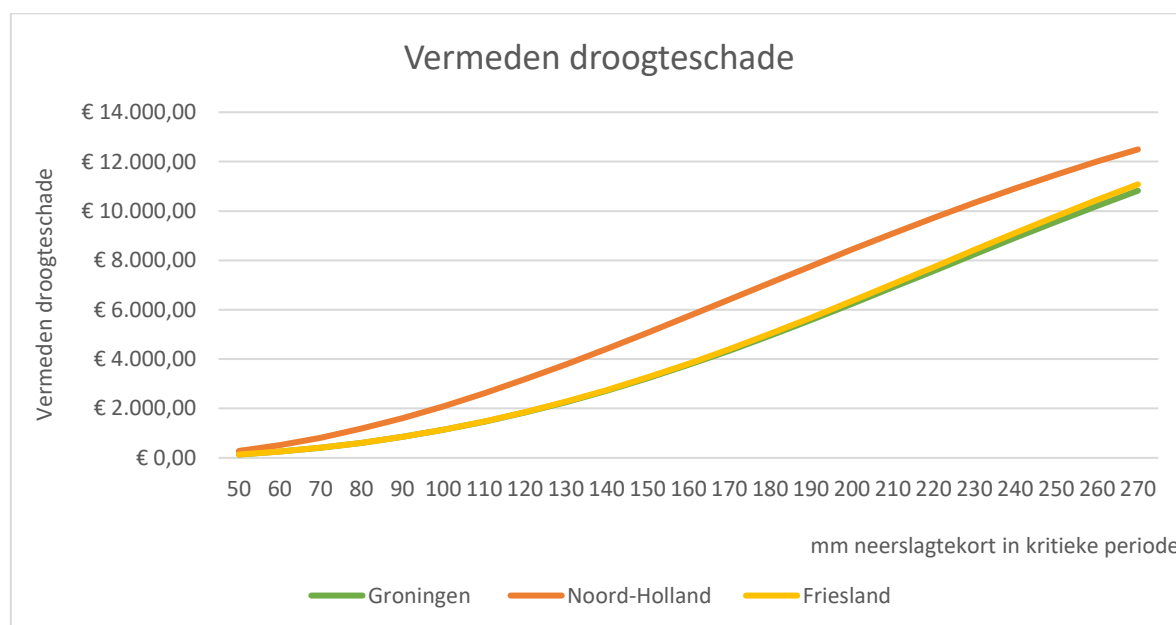
Als eerste zijn de gemeten opbrengsten van poot aardappelen statistisch geanalyseerd om een verband te leggen tussen de opbrengst, de productiemiddelen van de boer en de meteorologische kenmerken die de gewasgroei bepalen. Dit is gedaan met 881 waarnemingen over heel Nederland van poot aardappel opbrengsten in de periode 2002-2014. Met de geschatte parameters van deze relatie kan worden vastgesteld wat het optimale neerslagtekort is (gegeven de waarde van de andere variabelen). Bij een neerslagtekort groter dan 22,5 mm is er droogteschade en heeft een agrariër baat bij extra irrigatiewater. In jaren met een kleiner of negatief neerslagtekort is er eveneens een lagere opbrengst, maar geen toegevoegd effect van extra zoetwaterbeschikbaarheid.

Dit leidt tot een overzicht van de droogteschade voor de jaren 2002 tot en met 2014. De droogteschade voor de jaren 2015 tot en met 2018 is vanuit deze data doorberekend en vastgesteld. Vanuit het statistische verband tussen opbrengst en het neerslagtekort in de kritieke periode van 15 juni tot en met 31 juli is een formule vastgesteld waarmee per provincie de opbrengsten behorende bij een specifiek neerslagtekort kunnen worden geschat. Het uitgangspunt is dat ondergrondse opslag het water beschikbaar stelt dat nodig is om het neerslagtekort te overbruggen. Naast poot aardappelen is ook de vermeden droogteschade voor bollen en overige rotatiegewassen bepaald. Voor deze gewassen is de formule van poot aardappelen gebruikt. Deze keuze is gemaakt vanwege het ontbreken van gewasspecifieke formules voor de andere gewassen. Eén van de aanbevelingen voortkomend uit deze studie is om voor de overige gewassen op zoek te gaan naar meer gewasspecifieke vermeden droogteschade formules op regionaal niveau.



Figuur 5. Waargenomen en gemodelleerde pootaardappelopbrengst (kg/ha)

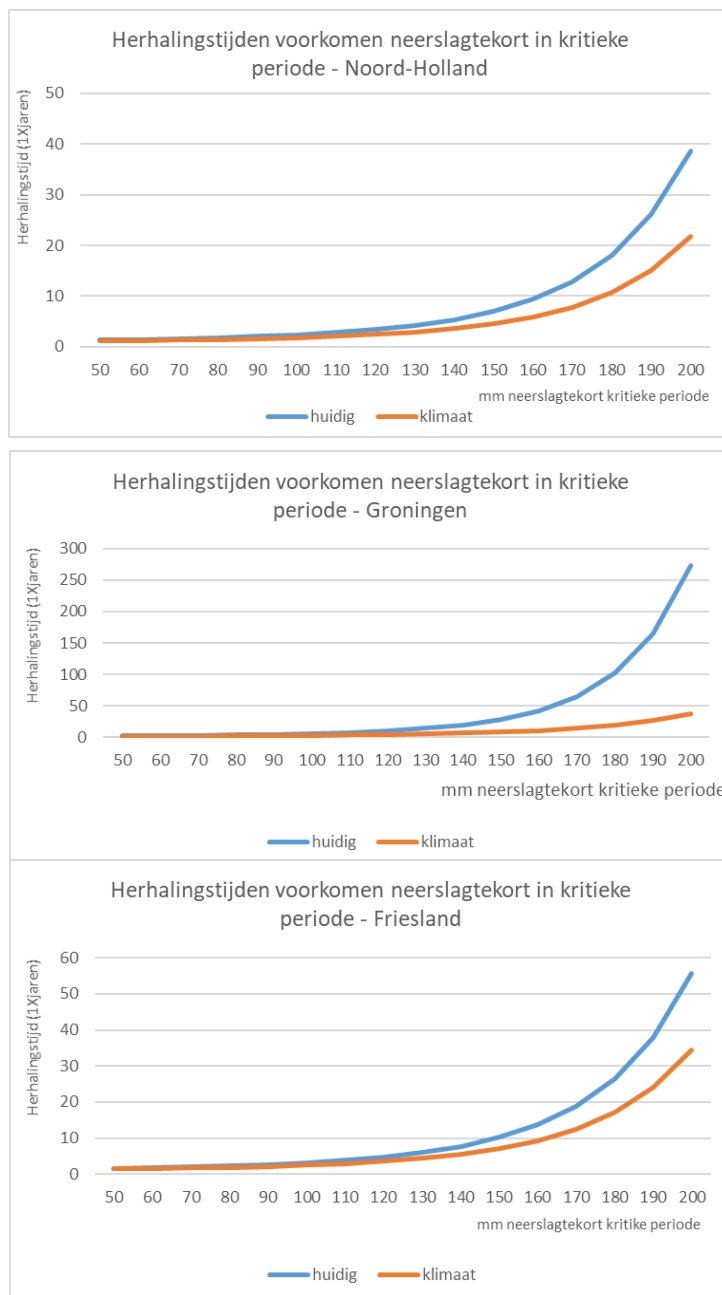
Het resultaat van de statistische analyse (Figuur 5) is een formule waarmee de vermeden droogteschade per provincie per neerslagtekort in de kritische periode wordt bepaald. Hiermee wordt de stap gezet naar het monetariseren van ‘vermeden droogteschade’ per regio. De resultaten van de vermeden droogteschade per neerslagtekort in de kritieke periode is weergegeven in Figuur 6. Alle voor deze batenanalyse gebruikte getallen worden per provincie gepresenteerd in Bijlage I.



Figuur 6. Vermeden droogteschade, per mm neerslagtekort, pootaardappelen in Noord-Holland, Friesland en Groningen.

5.2.2 Herhalingstijden en neerslagtekorten

Om een gemiddelde baat per jaar per hectare te kunnen berekenen is gebruik gemaakt van de verschillende ‘herhalingstijden’ behorend bij een bepaald neerslagtekort. Aan ieder neerslagtekort is een kans op voorkomen gekoppeld dat is afgeleid uit een langjarig gemiddelde. Zo is voor Noord-Holland het neerslagtekort in de kritieke periode met een 1 in de 2 jaar kans van voorkomen 89 mm, en is er 1 in de 10 jaar kans op een neerslagtekort van 162 mm. De volgende stap die is gezet, is de vermeden droogteschade behorend bij een neerslagtekort te verrekenen met de kans dat deze droogte zich voordoet. Dit ter voorbereiding op de berekening van het gemiddelde en de invloed van klimaatverandering op de opbrengsten. Als gevolg van klimaatverandering groeit namelijk de kans op een groter neerslagtekort. Het neerslagtekort horend bij een kans van 1 in de 2 jaar toe neemt dan toe tot 108 mm; bij 1 in de 10 jaar tot 178 mm.

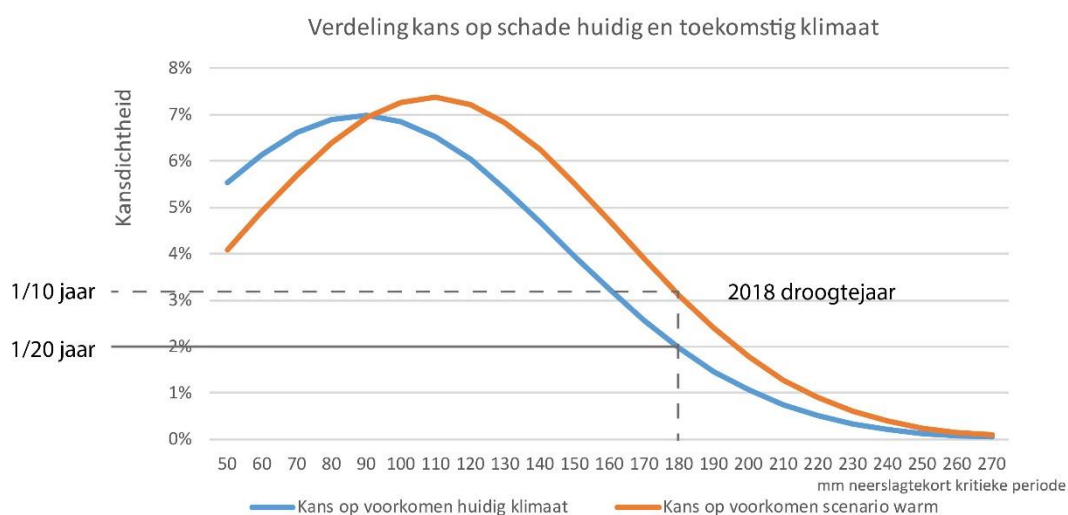


Figuur 7. Herhalingstijden voorkomen neerslagtekort in kritieke periode pootaardappelen - Noord-Holland, Groningen en Friesland

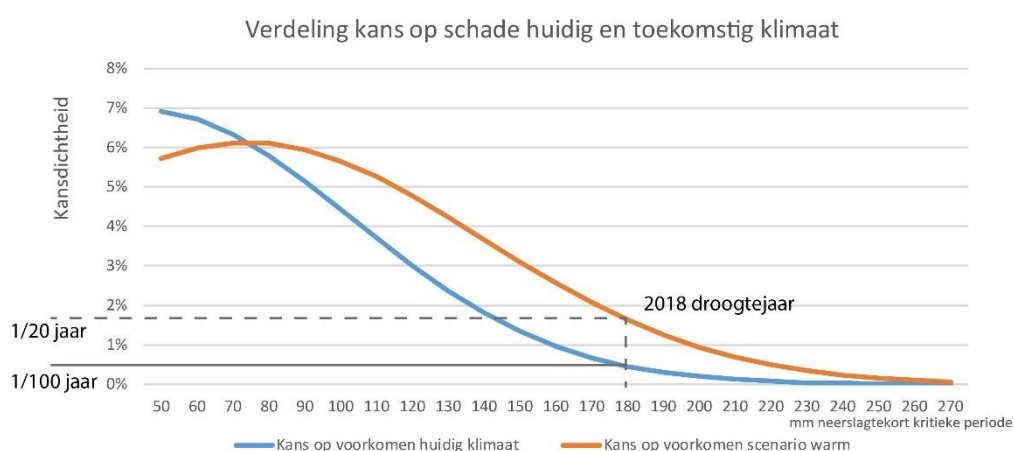
5.2.3 Droogtejaar 2018

Door de vermeden droogteschade aan de kans op voorkomen van een specifieke droogte te koppelen, kan per regio een gemiddelde opbrengst per jaar worden ingeschat. Omdat de kans op een droogte 'normaal verdeeld is' tellen de neerslagtekorten rond het gemiddelde het zwaarst mee voor de gemiddelde opbrengst. Extreme buien komen minder vaak voor (lagere kans op voorkomen). De kans op voorkomen zal onder invloed van klimaatverandering verschuiven. De droogte van 2018 is illustratief voor hoe de baten in de toekomst toenemen doordat de kans op droogte groeit. Het neerslagtekort in de kritieke periode van 2018 was 180 mm in Noord-Holland. De kans dat dit voorkomt is eens in de 20 jaar. Onder invloed van klimaatverandering schuift deze kans op naar eens in de 10 jaar, zie Figuur 8. Ook hier is het regionaal verschil tussen de provincies goed waarneembaar.

Ook in Groningen was het neerslagtekort 180 mm, hier is de kans op voorkomen echter eens in de 100 jaar, onder invloed van klimaatverandering wordt de kans daar eens in de 20 jaar, zie Figuur 9. De gemodelleerde effecten komen overeen met de gemeten gewasopbrengsten in 2018. Op het proefperceel in Borgsweer werd in dit jaar een meeropbrengst van €4.500,- /ha gehaald, dit komt overeen met de resultaten van het model.



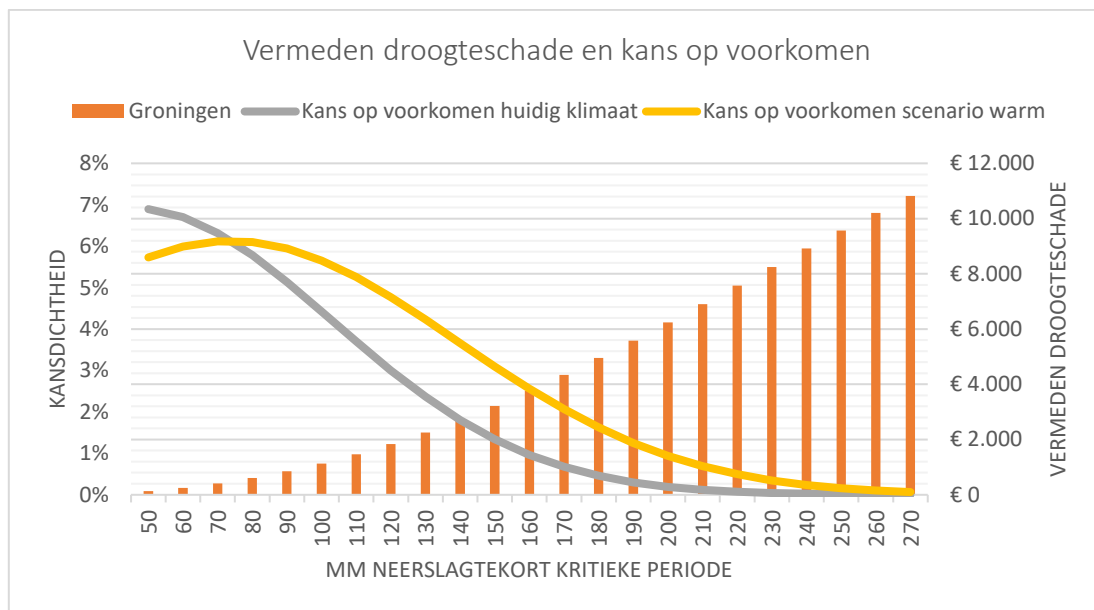
Figuur 8. Toenemende kans op een droogtejaar onder invloed van klimaatverandering in Noord-Holland



Figuur 9. Toenemende kans op een droogtejaar onder invloed van klimaatverandering in Groningen

5.2.4 Klimaatscenario's

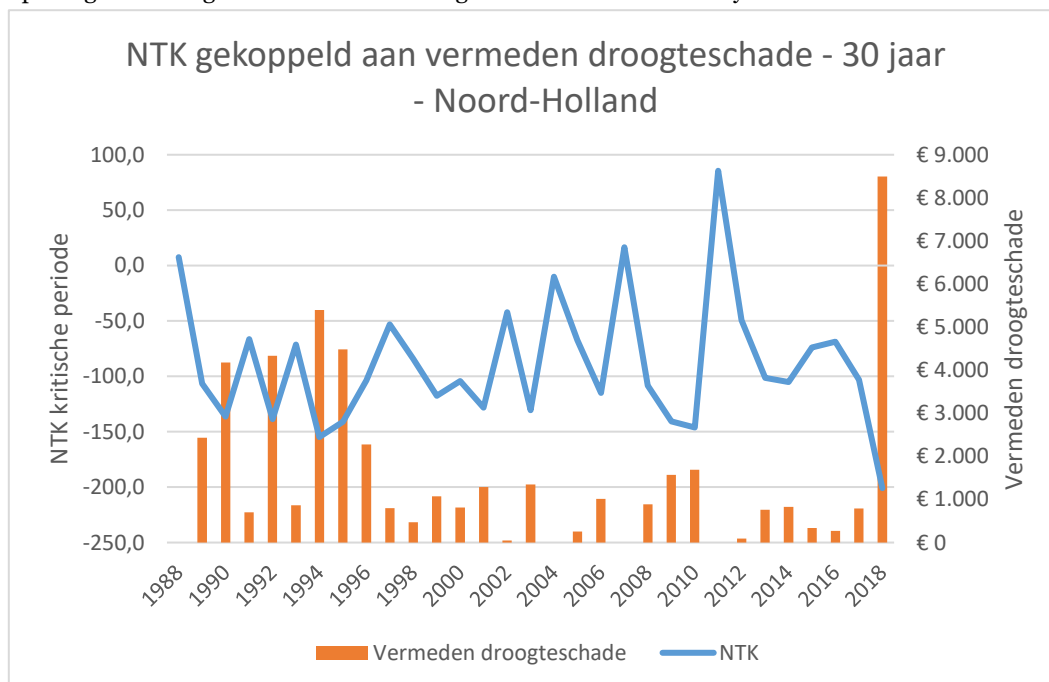
In de toekomst, onder invloed van klimaatverandering, neemt de kans op langdurige droogte toe en zal het effect van de Spaarwatermaatregelen groter zijn. Om het effect van klimaatverandering door te rekenen is de vermeden droogteschade ook berekend op basis van het klimaatscenario WH midden 2050 (KNMI, 2014). Hierbij is aangenomen dat het monetaire effect van de Spaarwatermaatregelen gelijk blijft aan de die in het huidige klimaat. Door het toenemen van de herhalingstijd en daarmee de kans op voorkomen van een neerslagtekort neemt het effect van 'eigen watervoorziening' op de oogstopbrengst toe (Figuur 10) (Acacia Water, 2018).



Figuur 10. Vermeden droogteschade en kans op voorkomen huidige klimaat en scenario warm, Groningen

5.3 Doorrekening vermeden droogteschade in kosten-batenanalyse

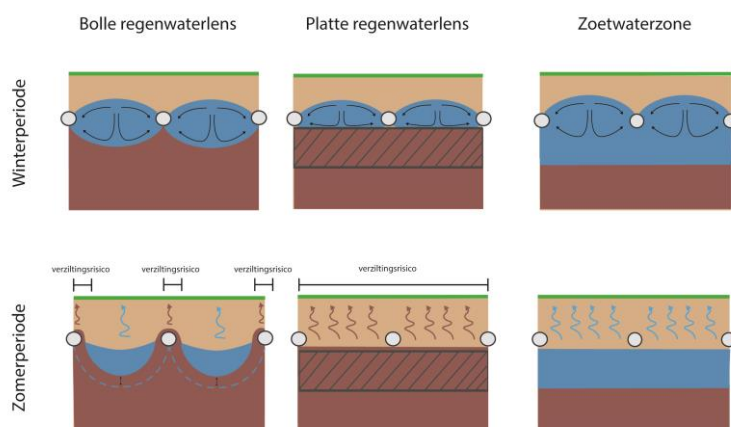
Vervolgens is voor de drie regio's een historische reeks van het neerslagtekort in de kritieke periode over 30 jaar gemaakt. Door de reeksen met daarin het neerslagtekort te verwerken in de opbrengstformule ontstaat een gegenereerde 'vermeden droogteschade-reeks' voor de afgelopen 30 jaar. Voor de overige gewassen ontbreekt de gewasspecifieke formule. Om de vermeden droogteschade wel mee te kunnen nemen in de analyse is de pootaardappelformule gebruikt voor de overige gewassen. De neerslagtekorten in de kritieke periode zijn gewasspecifiek bepaald. In hoofdstuk 7 worden deze opbrengstreeksen gebruikt voor het vervolg van de kosten-batenanalyse.



Figuur 11. NTK gekoppeld aan vermeden droogteschade - 30 jaar - Noord-Holland

5.4 Vermeden zoutschade

Robuuste neerslaglenzen voorkomen dat zoute kwel de wortelzone bereikt. In Figuur 12 wordt de globale dynamiek van de neerslag lenzen geïllustreerd tijdens de winter- en zomerperiode. Neerslaglenzen vormen zich tussen de drainagebuizen. Afhankelijk van de bodemsamenstelling heeft de lens boven en onder een opbolling. Als gevolg van verdamping in de zomer verdwijnt de opbolling en neemt de relatieve onderdruk vanuit het zoute grondwater toe. Als de regenwaterlenzen onder invloed van klimaatverandering (hogere gewasverdamping), bodemdaling (grotere kweldruk) en zeespiegelstijging (grotere kweldruk) verdwijnen, heeft het zoute grondwater de mogelijkheid om volledig op te trekken richting de wortelzone en maaiveld met gewasschade tot gevolg (Figuur 12). Implementatie van de Spaarwatertechniek anti-verziltingsdrainage draagt bij aan het voorkomen van deze schade.



Figuur 12. Dynamiek zout grondwater en regenwaterlenzen in het perceel t.o.v. drainage

De Spaarwatermaatregel anti-verziltingsdrainage beoogt verzilting te bestrijden en zo gewasschade door optrekkend zout te vermijden. Bij aanvang van het project in 2016 ontbrak het aan een robuuste en direct toepasbare methode om zoutschade in de wortelzone te berekenen op perceelniveau. De bestaande literatuur over dit onderwerp is vaak gebaseerd op zoutgehaltes in het irrigatiewater van bovenaf in plaats van zout grondwater in de wortelzone. Om een realistisch beeld te genereren van de zoutschade per gewas is de vermeden zoutschade van verschillende gewassen aan de hand van chloridegehaltes in de wortelzone (zie Bijlage III voor uitleg van de SWAP-methode en de gebruikte getallen).

Gewassen verschillen in zouttolerantie, en laten hiermee een variatie in schadepercentage zien. Uiteindelijk wordt dit vermenigvuldigd met de gemiddelde opbrengst van het gewas en ontstaat er een schatting over de baten van anti-verziltingsdrainage.

5.4.1 Zoutschade in de wortelzone

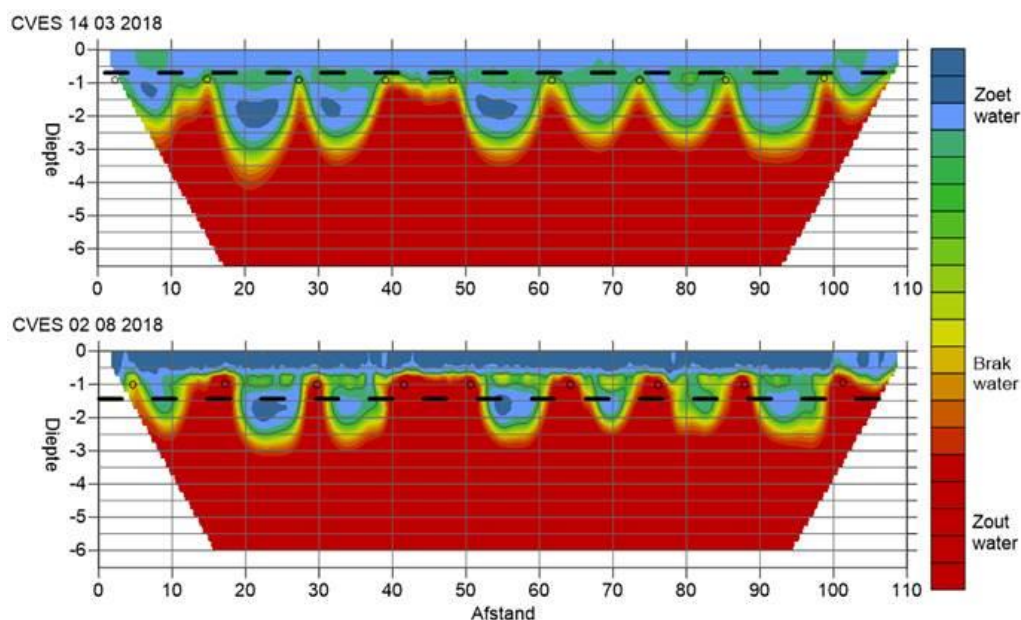
Aan de hand van een simulatie van chloridegehaltes in de wortelzone zijn de zoutgehaltes berekend voor een gemiddeld en een droog jaar (de gebruikte methode en getallen worden gepresenteerd in Bijlage III). Voor beide jaren is vervolgens een gemiddeld en een maximaal chloridegehalte bepaald. Dit gehalte is vervolgens verrekend met de bij het gewas horende zoutschadedrempel en het zoutschadepercentage. Uiteindelijk zijn de schadepercentages gecombineerd met de gemiddelde opbrengst van het gewas om een schatting te maken over de baten van de anti-verziltingsdrainage. Voor de berekening zijn de belangrijkste gewassen in Noord-Nederland genomen: gras, tarwe, pootaardappel, suikerbiet, peen en ui. Voor de bolgewassen zijn de tulp, hyacint en narcis geanalyseerd.

5.4.2 Zoet en zout in het perceel

Cijfers over hoeveel zoutschade daadwerkelijk op een perceel voorkomt zijn er nog niet. Tijdens de pilots is wel veel inzicht ontstaan over de werking van zoet en zout grondwater in het perceel. Zowel uit de metingen als de modellen blijkt dat zout grondwater een preferente stroomrichting naar de drainagebuizen heeft (Figuur 13). Voornamelijk bij de drains krijgt het zoute water de mogelijkheid om tot maaiveld op te trekken. Dit zijn dan ook de plekken in het veld waar de zoutschade het eerst herkenbaar zal zijn. In 2018 was dit effect duidelijk te zien op de ERT-metingen op het perceel in Herbaijum, zie Figuur 14. De combinatie van verzilting rond de drains en de bodemgesteldheid van een perceel, maken de locatie boven drains in het maaiveld het meest gevoelig voor zoutschade. Omdat het effect van drainage op zoutschade in de wortelzone nog verder onderzocht moet worden, wordt bij de bepaling van de zoutschade in deze methodiek gerekend met verziltingsschade over verschillende oppervlaktes. De oppervlaktes zijn in percentages uitgedrukt.

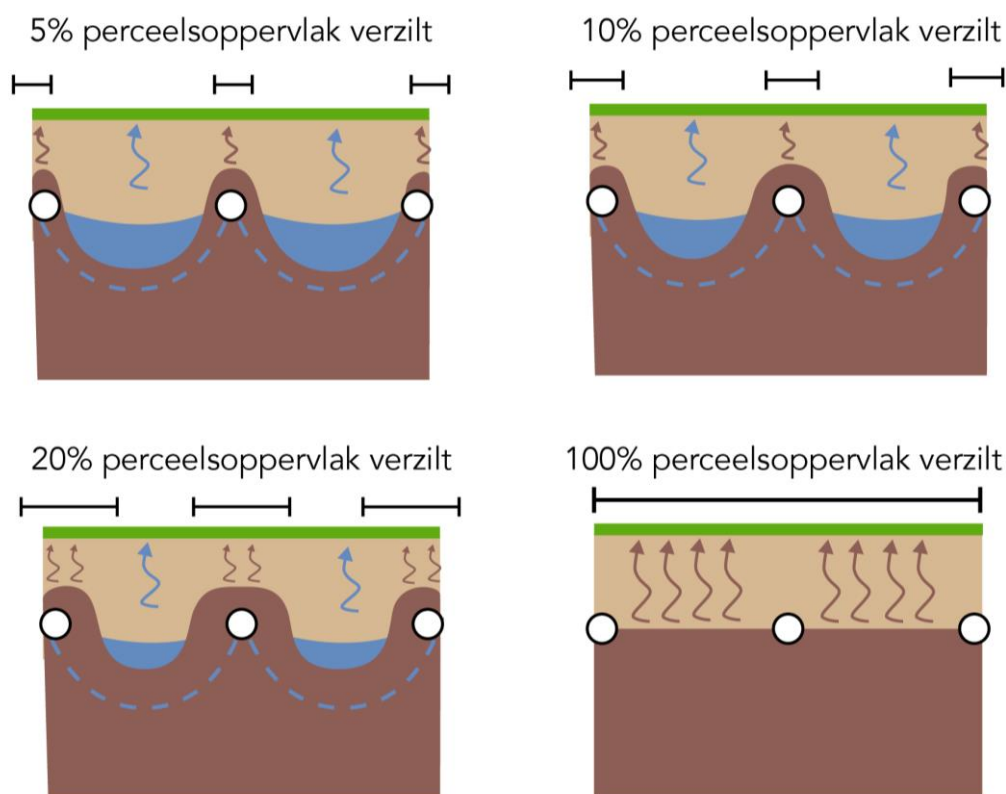


Figuur 13. Verzilting op een perceel in Texel, waarbij de structuren van drainage en voormalige geulen zichtbaar zijn.



Figuur 14. Invloed drainage op de verzilting in de zomer van 2018 op pilotlocatie Herbaijum.

Naast '100% verzilting' is voor het zoutschade-effect ook gerekend voor '5%, 10% en 20% - varianten' (Figuur 15). Hier wordt ervanuit gegaan dat de gewassen die zich boven de drains groeien zoutschade ondervinden. In Tabel 5 wordt een voorbeeld gegeven van de 5% en 100% zoutschade oppervlakten boven drainniveau bij poot aardappelen op een veelvoorkomende bodemsoort in de Waddenregio, namelijk zavel/lichte klei. Waar onder het huidige klimaat de geschatte zoutschade €5.700,- per hectare is, neemt de schade ten gevolge van zout met 38% toe onder toekomstige klimaatomstandigheden. Het volledige overzicht van vermeden zoutschade voor verschillende gewassen en bodemsoorten is beschikbaar in Bijlage II.



Figuur 15. Verziltingsdynamiek in het perceel rond de drainage

Tabel 5. Zoutschade in euro's per hectare poot aardappelen en bollen in rotatie bij huidig en toekomstig klimaat voor verschillende drainafstanden en breedten zoutschade-oppervlak van 5% en 100%

	Huidig klimaat	Toekomstig klimaat
Poot aardappelen		
5%	€ 300 / ha	€ 400 / ha
100%	€5.700 / ha	€ 7.900 / ha
Bollen rotatie		
5%	€ 55 / ha	€ 230 / ha
100%	€ 1.100 / ha	€4.600 / ha

5.5 Externe factoren

Naast de directe baten voor de agrariër leveren de Spaarwatermaatregelen een aantal externe factoren zoals afbraak van gewasbeschermingsmiddelen, verminderde uitspoeling van nutriënten en afbraak van gewasziekten. Het bepalen van deze effecten is complex, op dit moment lopen naar alle deze externe effecten kwantitatief onderzoek. De hieruit volgende analyses worden vervolgens ingezet om het effect op polderschaal te kunnen bepalen. In deze paragraaf worden de effecten kwalitatief beschreven waaruit de externe effecten voor waterbeheer en agrariër blijken.

5.6 Gewasbeschermingsmiddelen

Uit de pilots is gebleken dat bij het infiltreren van drainagewater in ondergrondse opslag door afbraak en vastlegging in de ondergrond de uitspoeling van middelen naar het oppervlaktewater vermindert. De benodigde onderzoeksresultaten om deze baat te monetariseren zijn bij het schrijven van deze rapportage niet beschikbaar. In een vervolgstudie is dit een belangrijke parameter voor het bepalen van de economische haalbaarheid van ondergrondse opslag.

5.7 Gewasziekten

Voor de aardappelteelt geldt een beregeningsverbod met oppervlaktewater vanwege risico's op de aanwezigheid van Bruinrot in het oppervlaktewater. Voor de bolgewassen Zantedeschia en Hyacint heerst terughoudendheid met beregenen met oppervlaktewater vanwege schadelijke bacteriën. Bij toepassing van een meervoudig systeem voor ondergrondse opslag kunnen gewasziekten bestreden worden doordat er met dit systeem een bodempassage en een langere verblijftijd wordt gerealiseerd. Bij een enkelvoudig systeem worden gewasziekten niet bestreden omdat een bodempassage ontbreekt. Voor ziektekiemen wordt op dit moment de hypothese getest dat door het creëren van een bodempassage in ondergrondse opslag de schadelijke bacteriën afsterven. Binnen een lopend promotieonderzoek van de TUDelft, Acacia Water en Delphy worden de bewijzen verzameld om de hypothese te bevestigen. De benodigde onderzoeksresultaten om deze baat te monetariseren zijn bij het schrijven van deze rapportage niet beschikbaar. In een vervolgstudie is dit een belangrijke parameter voor het bepalen van de economische haalbaarheid van ondergrondse opslag. In deze studie is bij pootgoedteelt het economisch effect van gewasziekten al meegewogen door aan te nemen dat het effect van afbraak positief is en het water gebruikt mag worden. Voor de bollenteelt zal het economisch effect voortkomen uit de afweging van de teler om te investeren in ondergrondse opslag of water uit sloot in verband met risicobeheersing.

5.8 Nutriënten in het oppervlaktewater

Bij aanvang van de proef is de hypothese gesteld dat door de Spaarwatertechnieken nutriënten afstroom van het perceel naar de sloot afneemt. Dit heeft een positief gevolg voor de Kaderrichtlijn Water doelstellingen voor het waterschap en de agrariërs. Bij zowel ondergrondse opslag, anti-verziltingsdrainage als druppelirrigatie vindt een reductie van de nutriëntenuitstroom plaats. Ondergrondse opslag vindt reductie en vastlegging van nutriënten plaats. In de ondergrondse opslag wordt reductie behaald door vastlegging van nutriënten, bij anti-verziltingsdrainage spelen de langere verblijftijd en lagere uitstroom een belangrijke rol en bij gebruik van druppelirrigatie worden minder nutriënten opgebracht. De positieve effecten zijn in deze studie niet gemonetariseerd omdat de meetresultaten en de perceel afhankelijke risico's nog onvoldoende duidelijk zijn om op schaal conclusies te trekken over de impact van de maatregelen op nutriëntenuitstroom. Een grootschalige pilot zal helpen bij het verzamelen van data waarmee een analyse op polderniveau kan worden uitgevoerd naar het economisch effect van minder nutriëntenuitstroom. Voor meer informatie over de invloed van Spaarwatermaatregelen op de waterkwaliteit zie de technische rapportages 'Eigen Watervoorziening', 'Anti-verziltingsdrainage' en 'Zuinig met zoetwater'.

6

Waarde van inlaatwater

6.1 Kosten en baten voor de waterbeheerder

Spaarwateroplossingen maken agrariërs minder afhankelijk van het oppervlaktewater voor irrigatie. Een verandering in de watervraag waar het waterschap in zijn doorspoelbeleid op kan inspelen. Minder doorspoelen is één van de indirecte effecten van het investeren in Spaarwater maatregelen en is een baten post van de waterbeheerder in de MKBA. Om te bepalen hoe groot de baat is, is informatie over ‘de waarde van inlaatwater’ nodig. Omdat irrigatiewater niet op de markt wordt verhandeld is er geen monetaire waarde van inlaatwater. De waarde van het water kan worden geschat door schaduwpijzen en hydrologische modelering met elkaar te combineren. Dit is een nieuwe ontwikkeling in het Nederlandse waterbeheer.

6.1.1 Schaduwprijzen

“Schaduwprijzen zijn kunstmatige prijzen voor goederen of productiefactoren die niet op markten worden verhandeld. Het milieu is daar een voorbeeld van” (CE Delft, 2010). Met een schaduwpijs wordt de niet in een markt waar te nemen waarde van een product benaderd. Het doorspoelwater in de Nederlandse polders is in de vorm van irrigatiewater een productiefactor voor veel agrariërs. Voor irrigatiewater bestaat geen directe markt, waardoor de waarde niet kan worden waargenomen en berekend moet worden om te kunnen gebruiken in de maatschappelijke kosten-batenanalyse.

Door ons in te beelden dat deze markt er wel zou zijn, rijzen enkele vragen: hoeveel water wil een landbouwer kopen? Waar wil hij het water voor gebruiken? Hoeveel water is er beschikbaar? Wat zijn de opbrengsten als het water op een andere locatie een bepaalde mate van schade kan voorkomen? Het beantwoorden van deze vragen leidt tot een waarde van water voor de gebruikers (schaduwpijs). Op basis van de schadekostenbenadering van het water is een eerste aanzet gedaan om inlaatwater een waarde te geven. Om inlaatwater als volwaardige effectenpost in de MKBA op te kunnen nemen is doorontwikkeling van de methode nodig.

6.1.2 Baten van inlaatreductie

Het inlaatwater in de polders is bedoeld om het oppervlaktewater zoet te houden voor gebruik als irrigatiewater. Daarnaast is er een hoeveelheid inlaatwater dat wordt gebruikt voor peilhandhaving en de Kaderrichtlijn Water. Water voor peilhandhaving wordt in dit onderzoek buiten beschouwing gelaten, vanaf nu richten wij ons alleen op inlaatwater voor van irrigatie. Om de schaduwpijs van inlaatwater te bepalen is de waarde van het water berekend wanneer het wordt gebruikt als irrigatiewater voor gewassen. Het doorspoelwater dat extern wordt aangevoerd wordt gebruikt om droogteschade te voorkomen. De opbrengst voor vermeden droogteschade wordt gekoppeld aan de hoeveelheid m³. Vervolgens wordt aangenomen dat het water dat wordt bespaard in polder A wordt gebruikt om droogteschade te vermijden van poot aardappelen in polder B. De gekozen vermeden droogteschade om de eerste berekening mee uit te voeren is €350,-/ha/jaar voor poot aardappelen. Een gemiddelde hoeveelheid water die gebruikt wordt om deze schade te voorkomen is 100 mm/ha. De opbrengst per kuub voor een hectare is in dit geval €0,35,-/m³: in het geval van een droogtejaar ‘€350,-/ha’ de schaduwpijs van water voor een poot aardappelteler. Om de methode verder toe te lichten wordt door gerekend met €0,35,-/m³.

Vervolgens is een waterbalans model gemaakt per polder om te bepalen hoeveel water er bespaard wordt door minder door te spoelen (zie het rapport 'Spaarwater in de polder' voor een uitgebreide toelichting op zowel de polderanalyse als het waterbalansmodel). In Tabel 6, Tabel 7 en Tabel 8 worden de resultaten van de drie polders Oostpolder, Negenboerenpolder en Oude Bildtpollen en Noorderleegpolder weergegeven. Ter verduidelijking, in de Oostpolder wordt in de referentiesituatie 6.344.000 m³ ingelaten, hiervan is 6.100.000 m³ bedoeld voor doorspoelen, het overige water is ten behoeve van peilhandhaving. Vervolgens zijn een aantal scenario's met doorspoelreductie doorgerekend.

Tabel 6. Schaduwprijzen doorspoelwater Oostpolder gerekend met €0.35/m³, totaal hectare landbouwgrond 1130 ha

Parameter	Inlaat (m ³ x 1000)	Inlaat tbv doorspoelen (m ³ x 1000)	Inlaat tbv peilhandhaving (m ³ x 1000)	Te besparen hoeveelheid doorspoelwater (m ³ x 1000)	Waarde van het doorspoel water	Waarde van het water per hectare
Referentie	6.344	6.100	243			
90% inlaat	5.734	5.490	243	610	€ 213.500	€ 190
50% inlaat	3.294	3.050	243	3.050	€ 1.067.500	€ 935
25% inlaat	1.740	1.525	214	4.575	€ 1.601.250	€ 1.400
0% inlaat	363	0	362	6.100	€ 2.135.000	€ 1.890

Tabel 7. Schaduwprijzen doorspoelwater OBDP, gerekend met €0.35/m³, totaal hectare landbouwgrond 648 ha

Parameter	Inlaat (m ³ x 1000)	Inlaat tbv doorspoelen (m ³ x 1000)	Inlaat tbv peilhandhaving (m ³ x 1000)	Te besparen hoeveelheid doorspoelwater (m ³ x 1000)	Waarde van het doorspoel water	Waarde van het water per hectare
Referentie	468	460	8			
90% inlaat	422	414	8	46	€ 16.100	€ 25
50% inlaat	235	230	5	230	€ 80.500	€ 124
25% inlaat	120	115	5	345	€ 120.750	€ 186
0% inlaat	41	0	41	460	€ 161.000	€ 250

Tabel 8. Schaduwrijzen doorspoelwater Negenboerenpolder, gerekend met €0.35/m³, totaal hectare landbouwgrond 545 ha

Parameter	Inlaat (m ³ x 1000)	Inlaat tbv doorspoelen (m ³ x 1000)	Inlaat tbv peilhandhaving (m ³ x 1000)	Te besparen hoeveelheid doorspoelwater (m ³ x 1000)	Waarde van het doorspoel water	Waarde van het water per hectare
Referentie	794	733	61			
90% inlaat	722	660	62	73	€ 25.550	€ 47
50% inlaat	425	367	59	367	€ 128.450	€ 235
25% inlaat	246	183	63	550	€ 192.500	€ 353
0% inlaat	86	0	86	733	€ 256.550	€ 470

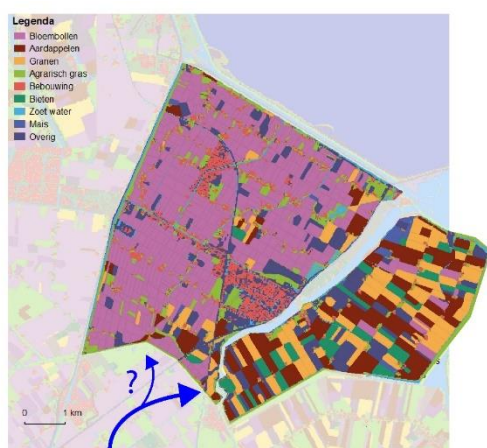
6.1.3 Alternatieve aanwendbaarheid

Het aantal kuub dat kan worden bespaard, en alternatief aangewend in een andere polder, wordt verrekend met de schaduwprijs naar een kuubsprijs tot een totale waarde van het doorspoelwater en uitgemiddeld voor een aantal hectare van de betreffende polder. Eén van de conclusies is dat de waarde hoger uitkomt dan de te voorkomen droogteschade per perceel. Dit kan erop duiden dat er meer water wordt doorgespoeld dan strikt noodzakelijk is voor het voorkomen van de schade. In het hierboven beschreven voorbeeld is het uitgangspunt dat het water volledig ten behoeve komt aan het voorkomen van droogteschade in de pootgoedteelt. Verfijning van de methode is nodig om verschillende gewassen mee te kunnen nemen, een validatie met de daadwerkelijk gebruikte hoeveelheid irrigatiewater uit te voeren en verschillende droogtejaren mee te nemen. De schaduwprijs per hectare per droogtejaar wordt gekoppeld aan de waarde van de verschillende gewassen en uiteindelijk meegeteld als batenpost in de kosten- en batenanalyse voor de waterbeheerder.

6.1.4 Toepassen schaduwprijsmethode

De schaduwprijsmethode kan worden ingezet om te komen tot het daadwerkelijk waarderen van inlaatwater in de Nederlandse polders. Het belang van de methode wordt geïllustreerd door het keuze dilemma van veel waterbeheerders hoe zij in droge perioden het water verdelen over de polders. Gebruik van schaduwrijzen is een goede methode om dit proces te ondersteunen. Omdat iedere polder

uniek is in termen van doorspoelregime en teeltplannen is er een grote variatie van resultaten. De uit dit onderzoek voortkomende aanbeveling is om deze methode verder uit te werken binnen een grotere casestudie. Dit biedt de mogelijkheid een volgende stap te zetten: verfijning van de resultaten door te bepalen hoe hoog het daadwerkelijke alternatieve watergebruik per polder is en voor welke gewassen dit water wordt gebruikt, zoals gevisualiseerd voor de Anna Paulownapolder en de Oostpolder in Figuur 16. De getallen zoals in dit hoofdstuk gepresenteerd zijn gebruikt voor een eerste aanzet van de maatschappelijke kosten-batenanalyse, de resultaten van worden gepresenteerd in Hoofdstuk 9.



Figuur 16. Waterverdeling en alternatieve aanwendbaarheid Anna Paulownapolder en Oostpolder in perioden van droogte

7 Kosten

7.1 Introductie

Om te toetsen of de Spaarwatertechnieken haalbaar zijn is naast de baten een overzicht gemaakt van de kosten. In deze analyse worden per toekomstbeeld de kosten per systeem en per hectare uitgewerkt: investeringskosten; onderhoudskosten; elektriciteitskosten; arbeidskosten en de financieringskosten.

7.2 Ondergrondse opslag

7.2.1 Investeringskosten

De investeringskosten voor ondergrondse opslag zijn afhankelijk van het schaalniveau en wat aangelegd moet worden. Een volledig systeem omvat de gecombineerde aanleg van anti-verziltingsdrainage in combinatie met een volledig veld infiltratie- en onttrekkingsputten en een uitgebreid leidingnetwerk voor distributie. Deze systemen worden op dit moment op twee schaalniveaus uitgewerkt: 10 hectare en 100 hectare. De opschaling naar een 100 hectare systeem wordt ingegeven door efficiënte, zowel hydrologisch omdat een groter systeem tot minder verzilting en efficiëntere opslag leidt als kostentechnisch. De kosten voor een 10 hectare systeem zijn geschat op €75.000,-. De kosten voor een 100 hectare systeem zijn €800.000,-. In deze variant is uitgegaan van een complexe bodemgesteldheid waardoor de investeringskosten hoog zijn. Als de bodemgesteldheid eenvoudiger is worden de infiltratie- en onttrekkingsputten op een efficiëntere manier geplaatst en dalen de kosten tot een variant van €600.000,-. Hierbij is tevens de aanleg of aanpassing van een nieuw drainagesysteem vereist. Als de trend van het standaard aanleggen van anti-verziltingsdrainage zich in Noord-Nederland net zo ontwikkelt als dat in Zuid-Nederland heeft gedaan, dalen de kosten verder tot €500.000,-. In beschouwing nemend dat het ondergronds opslagsysteem op een innovatie berust, laten de verschillende varianten zien hoe sterk kosten kunnen variëren en dalen door ontwikkeling.

Om een gemiddelde prijs van €350,- per hectare per jaar te halen mag de ondergrondse opslag maximaal €300.000,- kosten en moeten de elektriciteitskosten dalen. Deze kostendaling is een belangrijk focuspunt in vervolgprijzen waarbij de 100 hectare systemen aangelegd worden. Met dit in het achterhoofd zal de Spaarwatermaatregel ondergrondse opslag binnen afzienbare tijd kostenefficiënt aangelegd kunnen worden. Het doel is om een ondergronds opslagsysteem te ontwikkelen waarvoor de investeringskosten maximaal €300.000,- bedragen.

7.2.2 Onderhoud en elektriciteit

De onderhoudskosten voor alle systemen worden gerekend vanaf jaar 1. In het installatie jaar, jaar 0, worden nog geen kosten gemaakt voor onderhoud. De onderhoudskosten zijn geschat op basis van de pilots. De kosten voor het onderhoud van ondergrondse opslag 10 ha zijn gemiddeld €1000,- per jaar. Hier zijn zowel de mensuren als de kosten voor reserveonderdelen in opgenomen. De onderhoudskosten voor een 100 hectaresysteem worden geschat op €2000,- per jaar.

De elektriciteitskosten worden ook geschat op basis van de pilots. De elektriciteitskosten worden na het uitvoeren van de pilots geschat op €0,12,-/m³.

Bij een gemiddelde waterbehoefte van 100 mm per hectare per jaar, komt dit neer op €120,-/ha/jaar aan elektriciteitskosten. Verrekend naar een 10 hectare systeem is dit €1200,- per jaar. De elektriciteitskosten voor een 100 hectare systeem worden hiermee geschat op €2.400,- per jaar. Het doel is om de elektriciteitskosten in de toekomst verder te laten dalen.

7.2.3 Arbeidskosten

De loonkosten van een ondernemer bedragen €26,28 per uur (Bron: KWIN, Alterra). De aanneme is gedaan dat een ondergronds opslagsysteem van 10 hectare de ondernemer 12 uur werk per jaar kost. Hiermee komen we uit op een totaalbedrag van €315,36 aan arbeidskosten per jaar, en €31,54 per hectare/jaar. Voor een 100 hectare systeem zijn de arbeidskosten geschat op 20 uur, wat een totaal geeft van €525,60,- per jaar en €5,26 per hectare.

7.2.4 Financieringskosten en annuïteit

Om de ondergrondse opslag te financieren zullen de agrariërs in veel gevallen geld moeten lenen bij de bank. De kosten die hiervoor worden gemaakt worden enkel verwerkt in de business cases, in de MKBA wordt gebruik gemaakt van de discontovoet. De financieringskosten zijn verwerkt op basis van een annuïteit. Een lening op basis van annuïteit kenmerkt zich door een jaarlijks te betalen vast bedrag aan de geldverstrekker. De betaling bestaat gedeeltelijk uit aflossing en gedeeltelijk uit rente. Het kenmerk van een annuïteit is dat het rentedeel eerst hoog is, en vervolgens steeds sneller afneemt. In de analyse is gerekend met drie verschillende rentepercentages. In de business case is gebruik gemaakt van 4% rente.

7.2.5 Totaal kosten ondergrondse opslag

In Tabel 9 zijn de kosten van ondergrondse opslag weergegeven. Dit is een totaal van de investerings-, onderhouds-, elektriciteits-, arbeids- en financieringskosten:

Tabel 9. Totaal kosten ondergrondse opslag

100 hectare ondergrondse opslag	Kosten
Volledig systeem, complexe bodemgesteldheid	€800,-/ha/jaar
Efficiënte aanleg, eenvoudig bodemsysteem	€630,-/ha/jaar
Efficiënte aanleg, drainage aanwezig	€550,-/ha/jaar
Doel kosten reductie	€350,-/ha/jaar

7.3 Anti-verziltingsdrainage

7.3.1 Investeringskosten anti-verziltingsdrainage 10/7 meter

Anti-verziltingsdrainage ondervindt geen grote schaalvoordelen en variaties zoals ondergrondse opslag, ongeacht het aan te leggen oppervlak blijft de hectareprijs ongeveer hetzelfde. Een belangrijke parameter die de investeringskosten beïnvloeden is de mate van kwel en de daaruit volgende drainafstand. In percelen met een normale kweldruk worden de drainagebuizen om de 10 meter gelegd. In percelen met een hoge kweldruk is een drainafstand van 7 meter gewenst om meer tegendruk te kunnen genereren voor het ontstaan van de regenwaterlenzen tussen de drains.

De investeringskosten voor anti-verziltingsdrainage op een afstand van 10 en 7 meter is respectievelijk €2.575,-/ hectare en €3.100,- /hectare. Ter referentie, reguliere drainage kost €1000,- tot €1.500,- /hectare.

Het doorspoelen van de drains om verstopping te voorkomen gebeurt eens in de vijf jaar en kost €1000,-. In deze analyse wordt uitgegaan van een levensduur van 15 jaar, het schoonspuiten wordt dus

twee keer uitgevoerd. De arbeidskosten bij anti-verziltingsdrainage zijn verwaarloosbaar over de totale levensduur van 15 jaar en niet meegenomen in de analyse.

7.3.2 Financieringskosten en annuïteit

Om de anti-verziltingsdrainage te financieren zullen de agrariërs in veel gevallen geld moeten lenen bij de bank. Net als bij ondergrondse opslag zijn de financieringskosten verwerkt op basis van een annuïteit. Het kenmerk van een annuïteit is dat het rentedeel eerst hoog is, en vervolgens steeds sneller afneemt. In de analyse is gerekend met drie verschillende rentepercentages. In de business case is gebruik gemaakt van 4% rente. 6% en 8% worden gebruikt in de onzekerheidsanalyse (hoofdstuk 9).

7.3.3 Totaal kosten anti-verziltingsdrainage

In Tabel 10 zijn de kosten van ondergrondse opslag weergegeven. Dit is een totaal van de investerings-, onderhouds-, elektriciteits- en financieringskosten:

Tabel 10. Kosten overzicht 10 hectare anti-verziltingsdrainage 10 en 7 meter drainafstand

10 hectare anti-verziltingsdrainage	Kosten	Meerkosten tov reguliere drainage
Drainafstand van 10 meter	€255,-/ha/jaar	€155,- /ha/jaar
Drainafstand van 7 meter	€280,-/ha/jaar	€180,- /ha/jaar

7.4 Druppelirrigatie

7.4.1 Investerings-, onderhouds- en elektriciteitskosten

De investeringskosten komende uit de pilots voor 10 hectare druppelirrigatie bedragen €86.333,-. De technische levensduur van het systeem is 15 jaar. De kosten worden uiteindelijk verrekend naar een prijs per hectare. De gebruiks- en onderhoudskosten bedragen €1.000,- per jaar. De elektriciteitskosten bedragen €20,-/ha/jaar (Brouwer, 2015).

7.4.2 Financieringskosten en annuïteit

Om de druppelirrigatie te financieren zullen de agrariërs in veel gevallen geld moeten lenen bij de bank. Net als bij ondergrondse opslag en anti-verziltingsdrainage zijn de financieringskosten verwerkt op basis van een annuïteit. Het kenmerk van een annuïteit is dat het rentedeel eerst hoog is, en vervolgens steeds sneller afneemt. In de analyse is gerekend met drie verschillende rentepercentages. In de business case is gebruik gemaakt van 4% rente. 6% en 8% worden gebruikt in de onzekerheidsanalyse (hoofdstuk 9).

7.4.3 Totaal kosten druppelirrigatie

In Tabel 11 zijn de kosten van ondergrondse druppelirrigatie weergegeven. Dit is een totaal van de investerings-, onderhouds-, elektriciteits- en financieringskosten:

Tabel 11. Kosten overzicht 10 hectare druppelirrigatie

	Kosten
10 hectare druppelirrigatie	€780,-/ha/jaar

8

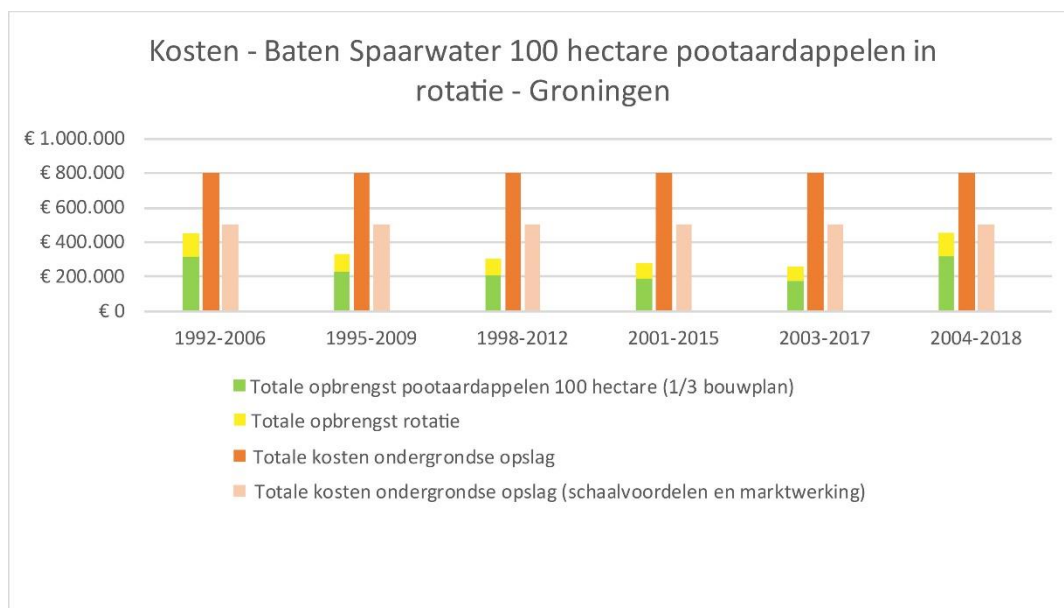
Resultaten Business cases

8.1 Introductie

De resultaten op bedrijfsniveau zijn verwerkt in de business cases. In dit hoofdstuk worden de resultaten van de business cases gepresenteerd voor drie Spaarwatertechnieken en een aantal combinaties van technieken. Voor iedere techniek is de huidige klimaat situatie uitgewerkt en de variant waarin klimaatverandering optreedt in de toekomst.

8.2 Resultaten kosten-baten eigen watervoorziening op bedrijfsniveau

De nieuwe vermeden droogteschademethode is gebruikt om de opbrengsten voor eigen watervoorziening te bepalen. Om de opbrengsten voor een realistische investeringstermijn te presenteren zijn willekeurige periodes van 15 jaar doorgerekend op basis van het neerslagtekort van de afgelopen 30 jaar. Deze investeringsperiode is gekozen omdat de technische levensduur van de ondergrondse opslagsystemen op dit moment 15 jaar is. Vervolgens is rekening gehouden met een 1/3 rotatie van pootaardappelen. De vermeden droogteschade van de overige rotatiegewassen is als één opbrengstenpost meegenomen. Het totaalbedrag is vergeleken met drie verschillende kostprijzen; €800.000,-, €600.000,- en €500.000. De resultaten voor de regio Groningen zijn weergegeven in Figuur 17. De totale baten variëren afhankelijk van het jaar van investeren. Dit illustreert hoe de opbrengsten afhangen van de neerslagtekorten welke variëren en hiermee een risicofactor vormen voor de economische haalbaarheid van de maatregelen.



Figuur 17. Kosten en baten Spaarwater 100 hectare ondergrondse opslag, pootaardappelen in rotatie, Groningen

Rotatie

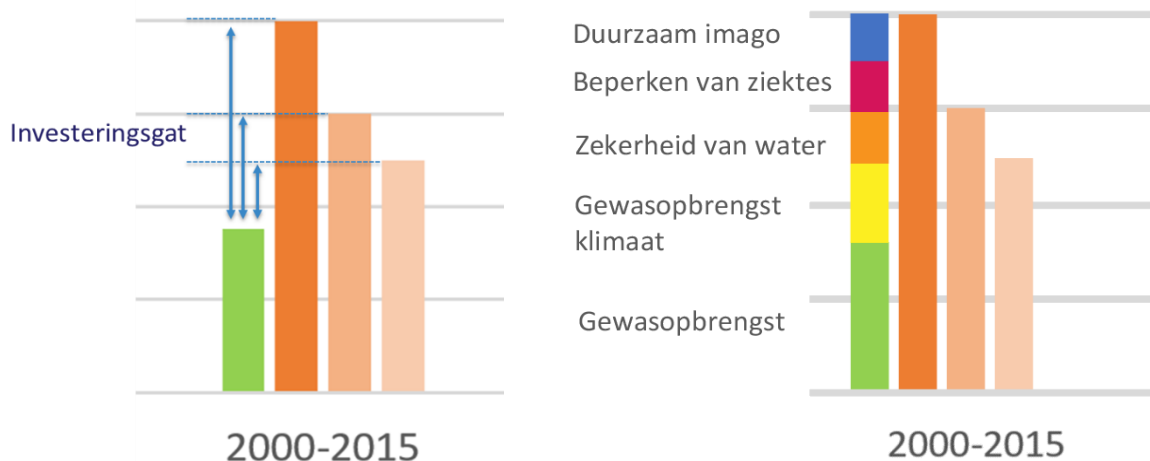
Naast gebruik van het opslagwater voor de overige gewassen en het meewegen van deze baten heeft de agrariër nog een aantal andere opties om het systeem van ondergrondse opslag te gebruiken. Deze opties hebben allen tot doel om het opgeslagen water zo efficiënt mogelijk te gebruiken en de baten te optimaliseren en de kosten te minimaliseren:

- De ondergrondse opslag wordt zo ontworpen dat het water ieder jaar beschikbaar is voor het beregenen van pootaardappelen. De beschikbaarheid van het water kan bijvoorbeeld worden gereguleerd met behulp van het verplaatsen van de beregeningsinstallatie. Om dit te kunnen realiseren is onder andere de locatie van de infiltratie- en onttrekkingsputten belangrijk. Zo kan de agrariër het beschikbare water dus voor 100% gebruiken, dit levert in de huidige rotatie 66% meer baten op.
- Het systeem optimaal ontwerpen zo dat het gedimensioneerd is op het opslaan en onttrekken op het oppervlakte pootgoed van de investerende teler. Met deze optie dalen de totale kosten van de agrariër.

Uiteindelijk bepaald de investeringsbeslissing van de agrariër welke baten meewegen in de business case en tegen welke kosten deze kunnen worden afgezet.

8.2.1 Het investeringsgat

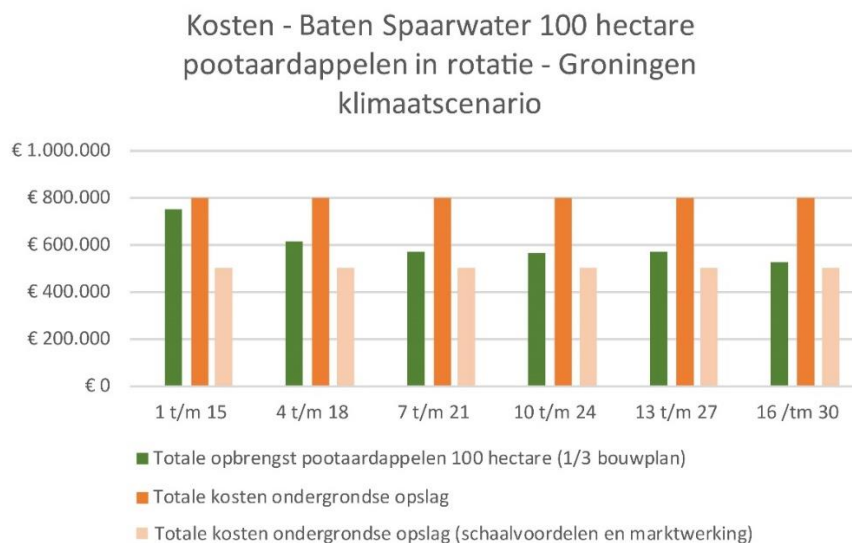
In Figuur 17 is te zien dat de opbrengsten van vermeden droogteschade de kosten niet dekken. In de huidige situatie is sprake van een investeringsgat in de business case. Dit investeringsgat kan op verschillende manieren gevuld worden, zie Figuur 18. Extra opbrengsten zoals gewasopbrengst in de toekomst door toenemende droogte onder klimaatverandering, de waarde van risicomijding door zekerheid van voldoende zoetwater, het beperken van ziektedruk en een duurzaam imago zijn hier voorbeelden van. De extra opbrengsten zijn onderwerp voor vervolgstudie.



Figuur 18. Het investeringsgat voor de agrariër.

8.2.2 Gewasopbrengsten onder invloed van klimaatverandering

De optie 'hogere opbrengst door toenemende droogte onder klimaatverandering' is uitgewerkt door willekeurige periodes van 15 jaar over dezelfde tijdsperiode van 30 jaar als bovenstaande resultaten met neerslagtekorten behorend bij klimaatscenario WH midden 2050 door te rekenen. Zo ontstaat een overzicht van de totale te behalen baten in die periode, zie Figuur 19 voor de resultaten in Groningen.

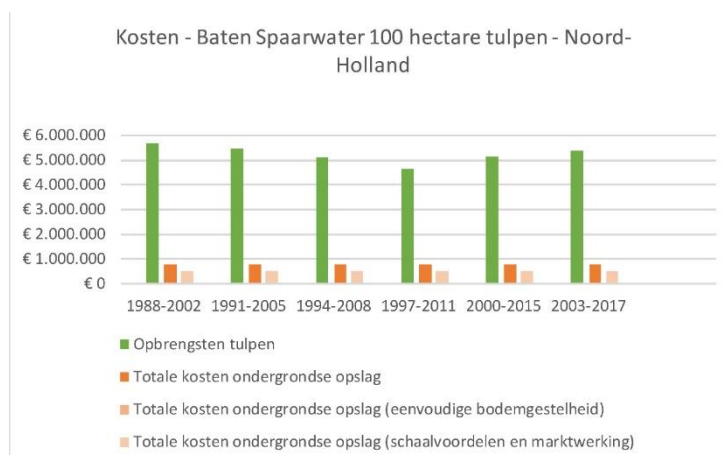


Figuur 19. Kosten en baten Spaarwater 100 hectare ondergrondse opslag in klimaatscenario, pootaardappelen in rotatie, Groningen

De resultaten laten nog steeds een investeringsgat zien bij de variant met de hoogste kosten. Bij de overige systemen wordt het investeringsgat kleiner door hogere opbrengsten of wordt het gat zelfs gedicht. De conclusie die kan worden getrokken uit de analyse waarbij klimaatverandering wordt meegewogen is dat de baten op lange termijn toenemen door de droogte. Om de baten van de overige opties 'zekerheid van water' en het 'verminderen van gewasziektes' door te rekenen zijn nog niet voldoende getallen beschikbaar. Zodra deze beschikbaar komen uit ander onderzoek biedt de huidige methode voldoende mogelijkheden om de resultaten te verwerken.

8.2.3 Gewasopbrengsten Tulpen

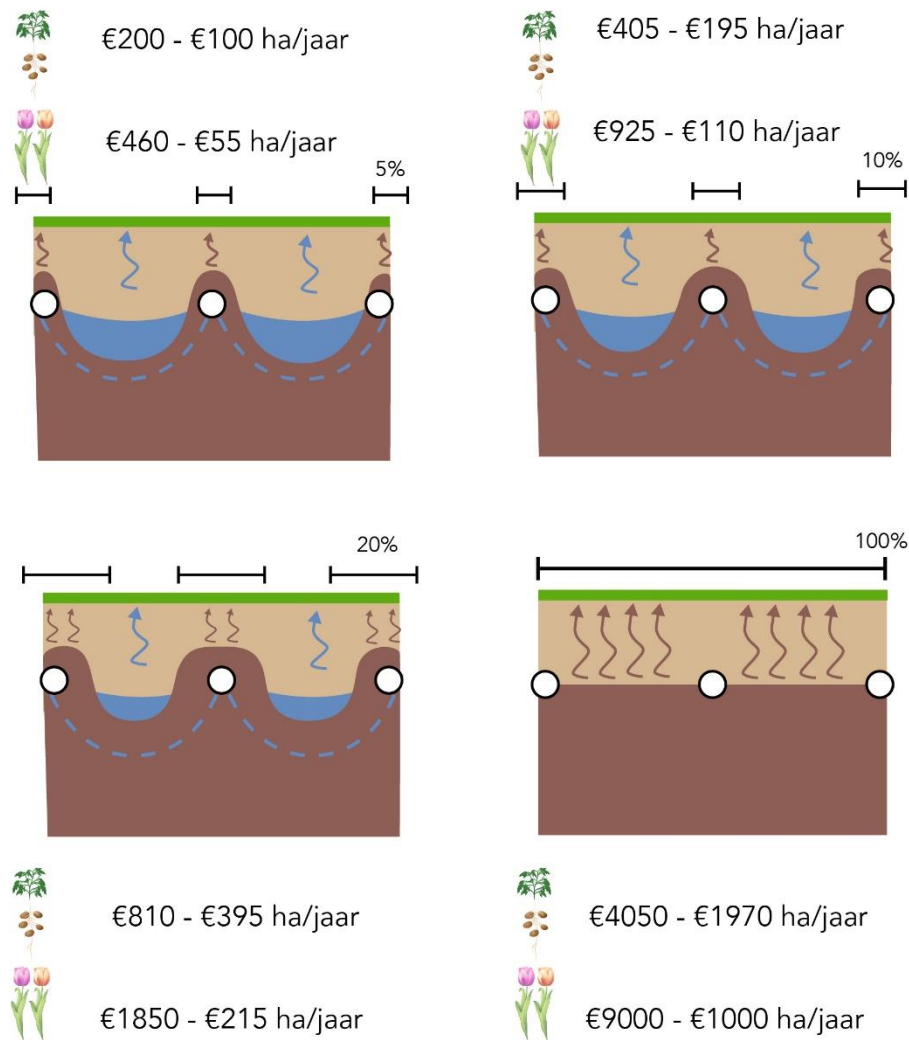
Naast de pootgoedteelt is de beschikbaarheid van zoetwater van groot belang in de bollenteelt. Als er water beschikbaar is wordt er in de bollenteelt altijd berekend en is het geen praktijk om de oogst van het de neerslag af te laten hangen. Omdat er altijd berekend wordt is er onvoldoende data beschikbaar om eenzelfde functie te ontwikkelen zoals voor pootaardappelen. Omdat de relevantie van berekening in de bollen groot is zijn de geschatte baten afgeleid van de bestaande formule voor droogteschade. Om de geschatte baten voor tulpen te geven zijn op basis van de kritieke periode 1 april – 31 mei de opbrengsten voor willekeurige periodes van 15 jaar in de afgelopen 30 jaar berekend, zie Figuur 20. Kosten en baten Spaarwater 100 hectare ondergrondse opslag, tulpen, Noord-Holland (Figuur 20)



Figuur 20. Kosten en baten Spaarwater 100 hectare ondergrondse opslag, tulpen, Noord-Holland

8.3 Resultaten kosten en baten antiverziltingsdrainage op bedrijfsniveau

Om de kosten en baten van antiverziltingsdrainage op bedrijfsniveau te bepalen is gestart met het bepalen van zoutschade voor meerdere gewassen. Zoals bij de vermeden droogteschade zijn de vermeden schades uitgewerkt voor poot aardappelen in rotatie en de bolgewassen. De maximale verziltingsschade vanuit de wortelzone voor poot aardappelen ligt rond de €10.000,- per hectare voor een droog jaar en €2.500,- voor een gemiddeld jaar. Deze maximale schade is vervolgens verrekend voor verschillende percentages die de oppervlakte representeren van de aangetaste gewassen op het veld. In Figuur 21 worden de resultaten voor dezelfde droogtesituatie gepresenteerd maar dan inclusief de rotatiegewassen suikerbiet, granen, penen, ui en bollen in rotatie teelt. Afgezien van de onzekerheid over het oppervlak zoutschade wordt uit de analyse duidelijk dat de extra investering van €155,- per hectare per jaar in veel gevallen gehaald wordt. Verder onderzoek is gewenst om gedetailleerder antwoord te kunnen geven op vragen over optredende zoutschades in combinatie met neerslagreeksen uit het verleden en in de toekomst.



Figuur 21. Vermeden zoutschade, poot aardappel en bollen in rotatie teelt

Bewustwording verziltingsrisico

Een belangrijk element dat de investeringsbeslissing voor antiverziltingsdrainage van agrariërs beïnvloedt is het bewustzijn, de bekendheid en de kennis over verzilting. Het bewustzijn over de risico's van verzilting is de afgelopen sterk gegroeid in de Waddenregio. Om daadwerkelijk te investeren in mitigerende maatregelen is nog een slag nodig. Het project 'Boeren Meten Water' waarbij de agrariërs de verzilting in sloten en het perceel meten, is een belangrijke stap naar uiteindelijke adaptatie en implementatie.

8.4 Kosten en baten zuinig met zoetwater op bedrijfsniveau

Op de proefvelden in Borgsweer en Breezand is de combinatie tussen ondergrondse opslag en druppelirrigatie getest. De resultaten zijn positief en het is mogelijk om met druppelirrigatie zuiniger om te gaan met het beschikbare zoete water.

8.4.1 Kosten zuinig met zoetwater

De huidige investeringskosten voor (ondergrondse) druppelirrigatie zijn €86.333,- voor 10 hectare binnen een looptijd van 10 jaar. De jaarlijkse onderhouds- en elektriciteitskosten zijn €1.200,-. Dit komt neer op €790,- per hectare per jaar.

8.4.2 Baten zuinig met zoetwater

De opbrengsten van druppelirrigatie komen binnen de Spaarwater pilot in eerste instantie tot uiting in efficiënt watergebruik. Omdat de druppelirrigatie enkel is getest met water afkomstig uit de eigen watervoorziening blijft deze combinatie (druppelirrigatie en ondergrondse opslag) gehandhaafd in de economische analyse. In eerste instantie worden de baten van druppelirrigatie dan ook vertaald naar het gebruik van de eigen watervoorziening. Efficiënter gebruik van het water maakt het voor de agrariër mogelijk om meer gewas te irrigeren met dezelfde waterbuffer. Hij kan dus een grotere hoeveelheid droogteschade vermijden en meer opbrengst genereren afgezet tegen dezelfde investering. De tweede mogelijkheid is dat de agrariër hetzelfde oppervlak blijft irrigeren maar investeert in een kleiner systeem. Hierdoor komt hij onder de streep voordeliger uit. Om deze extra opbrengsten te genereren is op dit moment echter nog een extra investering nodig van €790,- per hectare per jaar die op dit moment nog onvoldoende opweegt tegen de baten.

8.4.3 Extra baten zuinig met zoetwater

Net als bij eigen watervoorziening zijn er bij het gebruik van druppelirrigatie ontwikkelingen waardoor de opbrengsten in de toekomst zullen toenemen. Op de eerste plaats is ondergrondse druppelirrigatie in de akkerbouw een nieuw en innovatief concept. Dit product is pas aan het begin van de ontwikkelingsfase, de verwachting is dat de kosten in de toekomst zullen dalen door lagere materiaalkosten, efficiëntere plaatsingstechnieken en opkomende concurrentie. Daarnaast zijn er extra batenposten zoals verminderd kunstmestgebruik, beperken van ziektes, verminderde bladverbranding en verbeterde groeiomstandigheden die de baten van druppelirrigatie zullen beïnvloeden. Doorlopend onderzoek zal deze baten inzichtelijk maken.

8.5 Conclusie

Op basis van de hierboven gepresenteerde business case is te concluderen dat de methode om betrouwbare schattingen over vermeden droogteschade en zoutschade te doen toepasbaar zijn in de praktijk. Op basis van deze methoden zijn de eerste baten berekeningen uitgevoerd voor rotatie- en bolgewassen.

Door de vermeden droogteschade uit te rekenen over perioden van 15 jaar gebaseerd op historische klimaatreeksen van de afgelopen 30 jaar is een beeld ontstaan van de dynamiek van de opbrengsten. Dit levert inzicht over de kosten-batenverhouding van eigen watervoorziening.

De analyse laat zien dat voor de pootgoedteelt een investeringsgat bestaat in het huidige klimaat, de bollenteelt laat een positieve kosten-batenverhouding zien. Uiteindelijk bepaalt de investeringsbeslissing van de agrariër welke baten meewegen in de business case en tegen welke kosten deze kunnen worden afgezet. De mogelijke extra opbrengsten om het huidige investeringsgat te vullen zijn gedefinieerd en als eerste is 'extra gewasopbrengst door klimaatverandering' uitgewerkt. Het toevoegen van deze batenpost laat zien dat door toenemende droogte het investeringsgat gedeeltelijk wordt aangevuld.

Op basis van de hierboven uitgewerkte business case voor anti-verziltingsdrainage is te concluderen dat vermeden zoutschade in de wortelzone de baat is die geldt voor anti-verziltingsdrainage. Het in dit onderzoek voor het eerst gebruikte 'oppervlakte-principe' waarbij de focus ligt op zoutschade boven de drains, geeft een goede benadering van de werkelijkheid.

Door deze benadering te volgen is het mogelijk om de extra investeringen van €155,- per hectare per jaar terug te verdienen met het vermijden van zoutschade in percelen. Een validatie van het zoutschademodel en de gebruikte oppervlaktes met meetgegevens uit het veld is een volgende interessante stap.

Op basis van de business case voor 'zuinig met zoetwater' is te concluderen dat de baten van zuinig met zoetwater in eerste instantie tot uiting komen in efficiënt watergebruik.

Zo is het voor de agrariër mogelijk om meer gewas te irrigeren met dezelfde waterbuffer of hetzelfde oppervlak te irrigeren maar te investeren in een kleiner systeem. Onder de streep komt de agrariër in beide gevallen voordeliger uit. Om de extra opbrengsten te genereren is een extra investering van €790,- per hectare per jaar nodig. Op dit moment wegen de baten nog onvoldoende op tegen de kosten. Gelijk aan eigen watervoorziening vinden bij het gebruik van druppelirrigatie ontwikkelingen plaats waardoor de opbrengsten in de toekomst toe zullen nemen. Doorlopend onderzoek en ontwikkeling van het innovatie concept binnen de akkerbouw zal de baten inzichtelijk maken.

9

Resultaten Maatschappelijke Kosten-Batenanalyse

9.1 Introductie

Op polderschaal leiden de Spaarwatermaatregelen niet alleen tot vermeden droogte- en zoutschade voor de agrariër maar ook baten voor het waterschap. Minder noodzaak tot externe zoetwateraanvoer is er daar één van. De externe effecten zijn in hoofdstuk 5 ‘Baten’ en hoofdstuk 6 ‘Waarde van inlaatwater’ uiteengezet. In dit hoofdstuk worden zowel de kosten als de baten samengevat gepresenteerd voor de relevante scenario’s.

9.1.1 Beleidsalternatief ‘kraan dicht’, 50% Spaarwater

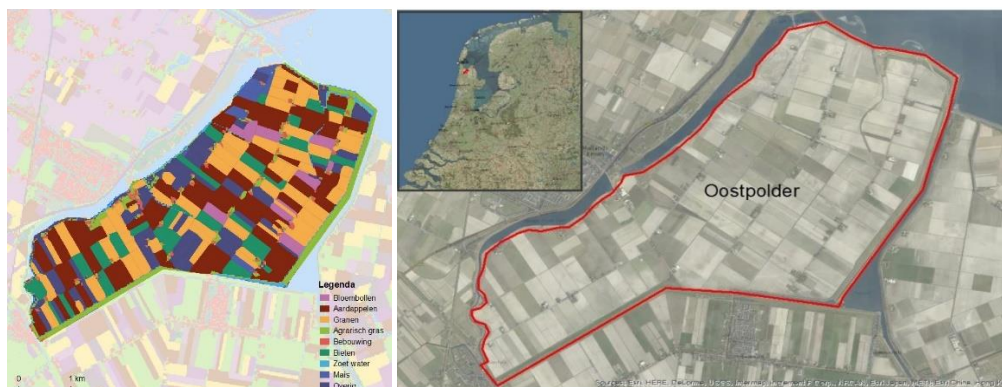
Voor de MKBA is de huidige situatie vergeleken met een situatie waarbij op 50% van de polder wordt geïnvesteerd in Spaarwatermaatregelen. In dit alternatief wordt verondersteld dat het waterschap kan stoppen met het doorspoelen van zoetwater voor beregeningsdoeleinden. Toenemende waterschaarste als gevolg van klimaatverandering en bodemdaling zorgt ervoor dat het waterschap in de toekomst meer moeite zal krijgen met de distributie van voldoende zoetwater. De kosten stijgen en als de verdringingsreeks in werking treedt, zal het water in sommige jaren simpelweg ‘op’ zijn. Het scenario waarin het waterschap geen zoetwater meer heeft voor irrigatie is dus aannemelijk en wordt met die reden uitgewerkt en gepresenteerd.

9.1.2 Wat levert Spaarwater op polderschaal?

Minder of helemaal stoppen met doorspoelen voor irrigatie levert het waterschap baten op in de vorm van ‘zoetwater besparing’. In hoofdstuk 6 is toegelicht hoe de waarde van het water op basis van alternatieve aanwendbaarheid wordt bepaald. Deze waarde wordt gebruikt om de baten op polderniveau te bepalen. Zoals in hoofdstuk 6 toegelicht is deze methode een veelbelovende – eerste – aanzet en behoeven de getallen nog gedetailleerde uitwerking. Hier wordt de waarde van het inlaatwater gebruikt om de toepassing en de mogelijkheden van de methode te illustreren.

9.1.3 De Oostpolder

De Oostpolder is de pilotpolder in Noord-Holland. De teeltplannen richt zich hier voornamelijk op pootaardappelen. In Figuur 22 is de locatie en het landgebruik van de Oostpolder weergegeven.



Figuur 22. Landgebruik in de Oostpolder volgens de LGN 7.

Voor de Oostpolder is bepaald hoeveel water kan worden bespaard door minder doorspoelen. Tabel 12 geeft, zoals in hoofdstuk 6, de hoeveelheid te besparen inlaatwater in verschillende scenario's weer en de hieraan gekoppelde waarde. Als het waterschap stopt met het inlaten van water levert dit in dit rekenvoorbeeld positieve baten van €1.890,- per hectare op. Dit is een hogere baat dan de te voorkomen droogteschade van €350,- per hectare per jaar die voor dit voorbeeld is aangehouden. Dit kan erop duiden dat er meer water wordt doorgespoeld dan noodzakelijk voor het voorkomen van droogteschade. In dit voorbeeld blijven we werken met de totale positieve baten van €1.890,- per hectare.

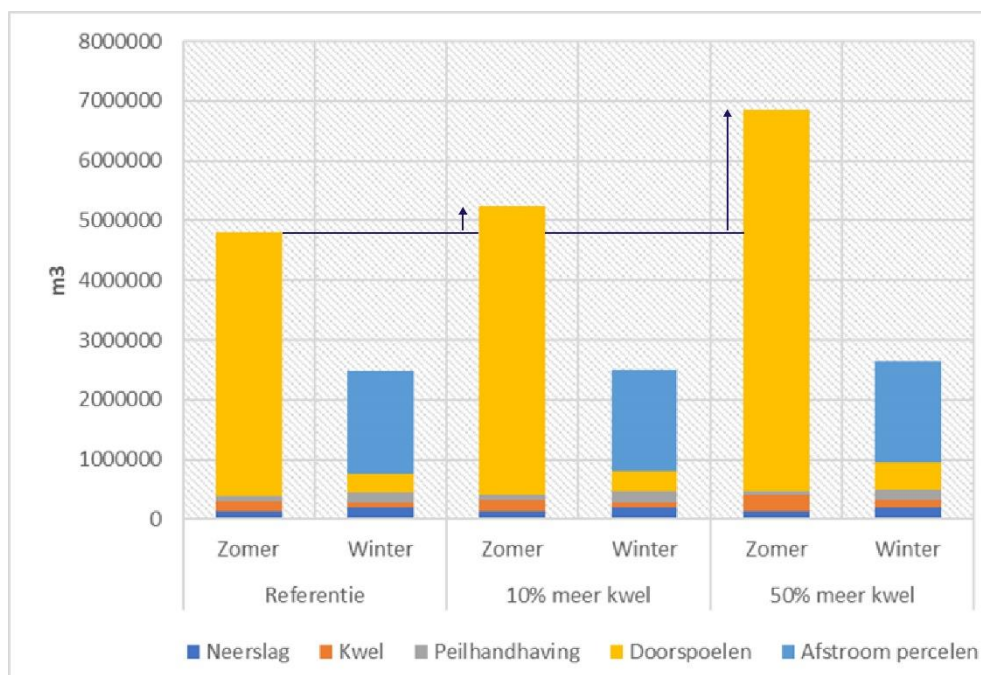
Tabel 12. Waarde van inlaatwater in de Oostpolder gebaseerd op uitkomsten van een waterbalansmodel.

Scenario's	Inlaat (m ³ x 1000)	Inlaat tbv doorspoelen (m ³ x 1000)	Te besparen hoeveelheid doorspoelwater (m ³ x 1000)	Waarde van het doorspoel water	Waarde van het water per hectare
Referentie	6.344	6.100			
90% inlaat	5.734	5.490	610	€ 213.500	€ 190
50% inlaat	3.294	3.050	3.050	€1.067.500	€ 935
25% inlaat	1.740	1.525	4.575	€ 1.601.250	€ 1.400
0% inlaat	363	0	6.100	€ 2.135.000	€ 1.890

Met behulp van de scenario's worden de vergelijking voor de MKBA opgezet.

9.1.4 Invloed van kwel op de doorspoelbehoefte

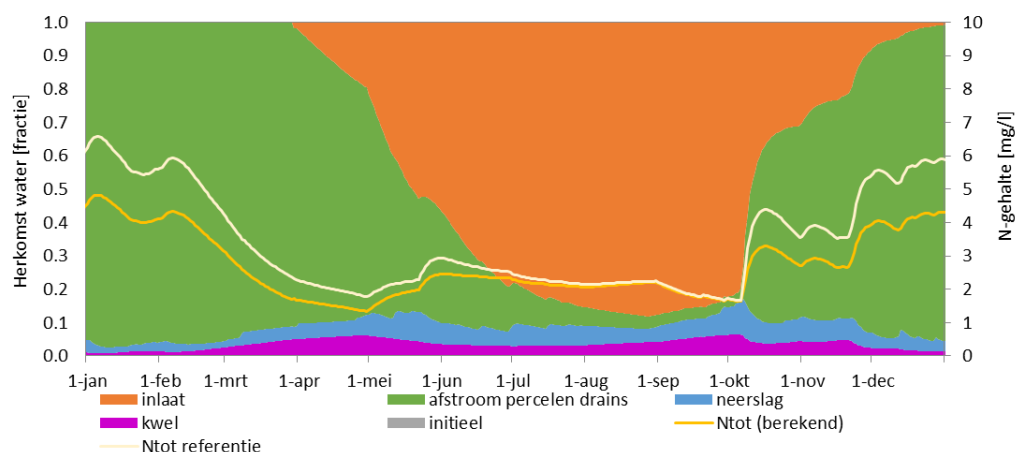
Dat de waarde van doorspoelwater een belang heeft, wordt duidelijk als we naar bijvoorbeeld kwelverandering kijken. Kwel kan als gevolg van bodemdaling of zeespiegelstijging toenemen. Hierdoor neemt de zoute flux richting kavelsloten en hoofdwaters toe, met een hoger zoutgehalte in het oppervlaktewater tot gevolg. Figuur 23 laat het effect zien van een 10% en 50% kweltoename in de Oostpolder op de benodigde doorspoelhoeveelheid om een goede waterkwaliteit (EC = 2 dS/cm) in de sloten te behouden. Bij een kweltoename van 0.5 mm/d naar 0.75 mm/d is in de zomerperiode meer dan 50% extra doorspoelwater nodig.



Figuur 23 Het effect van kweltoename op het de doerspoelbehoefte in de Oostpolder bij het waarborgen van een waterkwaliteit van $EC = 2 \text{ dS/cm}$ (460 mg/L).

Baten Spaarwater voor oppervlaktewaterkwaliteit

Naast een afnemende vraag naar oppervlaktewater hebben de Spaarwatermaatregelen ook een positief effect op de waterkwaliteit. Wanneer 50% van de boeren investeren in Spaarwatermaatregelen heeft dit een aanzienlijk effect op de waterkwaliteit (zie Figuur 24). De reductie in uitstroom van zout, nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen bij zowel ondergrondse opslag als anti-verziltingsdrainage draagt bij aan het behalen van de KRW-doelen en is voor het waterschap een relevant extern effect.



Figuur 24 Verandering van totale stikstof concentratie in het oppervlaktewater van de Oude Bildtpollen polder bij toepassing van ondergrondse opslag op 50% van de polderoppervlakte.

9.1.5 Welke investering vereist Spaarwater op regionale schaal?

Als resultaat van de MKBA worden de kosten van de verschillende Spaarwatermaatregelen naast de baten geplaatst. In de MKBA wordt geen rekening gehouden met de rentekosten, wel wordt hier gebruik gemaakt van een discontovoet en een annuïteit berekening.

Om de eerste resultaten van de MKBA te kunnen presenteren wordt één situatie uitgewerkt. In de Oostpolder worden door de agrariërs een aantal '100 hectare systemen' aangelegd.

De hoeveelheid van het aantal systemen wordt flexibel in de analyse opgenomen. Dit uit zich in de verschillende scenario's hoeveelheid doorspoelwater die worden gepresenteerd.

De baten worden berekend voor drie droogte events:

1. Een neerslagtekort in de kritieke periode van 53 mm en een vermeden droogteschade van 350,-
2. Een neerslagtekort in de kritieke periode van 86 mm en een vermeden droogteschade van € 1.500,-
3. Een neerslagtekort in de kritieke periode van 107 mm en een vermeden droogteschade van € 2.500,-

In deze droogte is de berekende waarde van het doorspoelwater:

1. € 0,35,- / m³
2. € 0,87,- / m³
3. € 1,17,- / m³

Op basis van zijn de doorspoelscenario's van de Oostpolder doorgerekend en is de waarde van het water per hectare bepaald:

Tabel 13. Doorspoelscenario's Oostpolders gekoppeld aan de waarde van inlaatwater

	50% doorspoelen	25% doorspoelen	0% doorspoelen
Te besparen hoeveelheid inlaatwater (m³ x 1000)	3.050	4.575	6.100
Scenario 1	€ 935	€ 1.400	€ 1.890
Scenario 2	€ 2.350	€ 3.520	€ 4.696
Scenario 3	€ 3.157	€ 4.048	€ 6.315

Aan de hand van bovenstaande waarden kunnen nu meerdere scenario's van de MKBA worden doorgerekend.

Hier zijn een aantal mogelijke scenario's uitgewerkt:

1. €0,35,-/m³, 0% inlaat en twee kosten varianten van het systeem: €800,- /ha/jr en €555,- /ha/jr;
2. €0,87,-/m³, 0% inlaat en twee kosten varianten van het systeem: €800,- /ha/jr en €555,- /ha/jr;
3. €1,17,-/m³, 0% & 25% inlaat en twee kosten varianten van het systeem: €800,- /ha/jr en €555,- /ha/jr.

9.1.6 Maatschappelijke Kosten-Baten Analyse

Voor de maatregel 100 hectare ondergrondse opslag op 50% van het polderoppervlak zijn de kosten en baten samengevoegd in de 'effectmatrix' (Tabel 14). Omdat nog niet alle baten zijn gemonetariseerd wordt in sommige gevallen gebruik gemaakt van aanduiding door middel van '+ + / - ' symbolen. Dit is bijvoorbeeld het geval bij het effect op nutriënten, gewasbeschermingsmiddelen en ziektekiemen. Deze effecten zijn kwalitatief gewaardeerd op basis van de resultaten uit de Spaarwater pilots.

9.1.7 Scenario 1

Tabel 14. Overzicht van de maatschappelijke kosten-batenanalyse, het waterschap stopt met inlaten van zoetwater voor het kostenscenario van €555,- /ha/jr en een ntk met een opbrengst van €350.

	Effect	Agrariër	Waterbe- heerder	Totaal
Kosten	Investering	- €555		- €555
Baten	Gewasopbrengst	+€350 ha/jr		+€350 /ha/jr
Baten	Reductie inlaatwater		+ € 1.890	+ € 1.890
Baten	Aankoop kunstmest	+		+
Baten	Aankoop gewasbesch. middelen	+		+
Baten	Oppervlaktewaterkwaliteit		++	++
Baten	Ziektekiemen	++		++
	Totaal	-€205 tot /ha/jr plus overige baten	+€1.890 /ha/jr plus overige baten	+€1.685,- /ha/jr plus overige baten

In tegenstelling tot de business case voor de agrariër laat de MKBA een duidelijk positief resultaat zien. Het uitgewerkte beleidsalternatief waarbij het waterschap stopt met inlaten van zoetwater levert een belangrijke positieve baten. Daarnaast is de nutriëntenuitstroom een belangrijke baten op de balans, ondanks dat dit niet in monetaire eenheden is uitgedrukt.

Tabel 15. Overzicht van de maatschappelijke kosten-batenanalyse, het waterschap stopt met inlaten van zoetwater voor het kostenscenario van €800,- /ha/jr en een ntk met een opbrengst van €350.

	Effect	Agrariër	Waterbe- heerder	Totaal
Kosten	Investering	- €800		- €800
Baten	Gewasopbrengst	+€350 ha/jr		+€350 /ha/jr
Baten	Reductie inlaatwater		+ € 1.890	+ € 1.890
Baten	Aankoop kunstmest	+		+
Baten	Aankoop gewasbesch. middelen	+		+
Baten	Oppervlaktewaterkwaliteit		++	++
Baten	Ziektekiemen	++		++
	Totaal	-€450 /ha/jr plus overige baten	+€1.890 /ha/jr plus overige baten	+€1.440,- /ha/jr plus overige baten

9.1.8 Scenario 2

Tabel 16. Overzicht van de maatschappelijke kosten-batenanalyse, het waterschap stopt met inlaten van zoetwater voor het kostenscenario van €555,- ha/jr en een ntk met een opbrengst van €1500.

	Effect	Agrariër	Waterbe- heerder	Totaal
Kosten	Investering	- €555		- €555
Baten	Gewasopbrengst	+€1500 ha/jr		+€1500 /ha/jr
Baten	Reductie inlaatwater		+ € 4.696	+ € 4.696
Baten	Aankoop kunstmest	+		+
Baten	Aankoop gewasbesch. middelen	+		+
Baten	Oppervlaktewaterkwaliteit		++	++
Baten	Ziektekiemen	++		++
	Totaal	+€945 /ha/jr plus overige baten	+€4.696 /ha/jr plus overige baten	+€5.641,- /ha/jr plus overige baten

Tabel 17. Overzicht van de maatschappelijke kosten-batenanalyse, het waterschap stopt met inlaten van zoetwater voor het kostenscenario van €800,- ha/jr en een ntk met een opbrengst van €1500.

	Effect	Agrariër	Waterbe- heerder	Totaal
Kosten	Investering	- €800		- €800
Baten	Gewasopbrengst	+€1500 ha/jr		+€1500 /ha/jr
Baten	Reductie inlaatwater		+ € 4.696	+ € 4.696
Baten	Aankoop kunstmest	+		+
Baten	Aankoop gewasbesch. middelen	+		+
Baten	Oppervlaktewaterkwaliteit		++	++
Baten	Ziektekiemen	++		++
	Totaal	+€700 /ha/jr plus overige baten	+€4.696 /ha/jr plus overige baten	+€5.396,- /ha/jr plus overige baten

9.1.9 Scenario 3

Tabel 18. Overzicht van de maatschappelijke kosten-batenanalyse, het waterschap stopt met inlaten van zoetwater voor het kostenscenario van €555,- ha/jr en een ntk met een opbrengst van €2500.

	Effect	Agrariër	Waterbe- heerder	Totaal
Kosten	Investering	- €555		- €555
Baten	Gewasopbrengst	+€2500 ha/jr		+€2500 /ha/jr
Baten	Reductie inlaatwater		+ € 6.315	+ € 6.315
Baten	Aankoop kunstmest	+		+
Baten	Aankoop gewasbesch. middelen	+		+
Baten	Oppervlaktewaterkwaliteit		++	++
Baten	Ziektekiemen	++		++
	Totaal	+€1945 /ha/jr plus overige baten	+€6.315 /ha/jr plus overige baten	+€8.260,- /ha/jr plus overige baten

Tabel 19. Overzicht van de maatschappelijke kosten-batenanalyse, het waterschap stopt met inlaten van zoetwater voor het kostenscenario van €800,- ha/jr en een ntk met een opbrengst van €2500.

	Effect	Agrariër	Waterbe- heerder	Totaal
Kosten	Investering	- €800		- €800
Baten	Gewasopbrengst	+€2500 ha/jr		+€2500 /ha/jr
Baten	Reductie inlaatwater		+ € 6.315	+ € 6.315
Baten	Aankoop kunstmest	+		+
Baten	Aankoop gewasbesch. middelen	+		+
Baten	Oppervlaktewaterkwaliteit		++	++
Baten	Ziektekiemen	++		++
	Totaal	+€1700 /ha/jr plus overige baten	+€6.315 /ha/jr plus overige baten	+€8.015,- /ha/jr plus overige baten

9.1.10 Anti-verziltingsdrainage

Ook implementatie van anti-verziltingsdrainage levert een positief resultaat. De jaarlijks vermeden zoutschade is groot genoeg om de kosten te dekken en maakt de maatregel economisch haalbaar. Daarnaast zijn er veel voordelen

Tabel 20. Overzicht van de maatschappelijke kosten-batenanalyse, voor het kostenscenario van €255,- ha/jr in een droog jaar met een opbrengst tussen de €202 en €810 ha/jr.

		Agrariër	Waterbe- heerder	Totaal
Kosten	Investing	- €255		- €255
Baten	Gewasopbrengst	+€202 tot +€810/ha/jr		+€202 tot +€810/ha/jr
Baten	Aankoop kunstmest	+		+
Baten	Aankoop gewasbesch. middelen	+		+
Baten	Oppervlaktewaterkwaliteit		++	++
Baten	Ziektekiemen	++		++
	Totaal	- €53 tot +€555/ha/jr plus overige baten	Overige baten	- €53,- tot +€555/ha/jr plus overige baten

9.1.11 Druppelirrigatie

Druppelirrigatie is in de huidige uitvoering economisch niet haalbaar voor de pootgoedteelt. De kosten kunnen worden terugverdient in droge jaren, maar hier zijn de kosten voor de toevoer van water niet bij gerekend. De beschikbaarheid van dit water is een vereiste voor het gebruik van druppelirrigatie. Doordat de toevoer van ziektekiemenvrij water in de pootaardappelteelt met ondergrondse opslag een even grote investering vereist als die van de druppelirrigatie zijn de gezamenlijke kosten te hoog voor een haalbare business case. Daarbij komt dat de externe effecten van druppelirrigatie niet groot genoeg zijn om de negatieve business case te compenseren. Indien een bestaande waterbron veilig gebruikt kan worden zullen de kosten lager uitvallen en is het op de lange termijn, met klimaatverandering, economisch interessant om druppelirrigatie toe te passen.

10

Onzekerheden en risico's

10.1 Introductie

De toekomst kent onzekerheden, zo ook de bepaling van de kosten en baten. Bij bepaling van de kosten en baten kunnen door onzekerheid geen *exacte* getallen en uitkomsten worden gegeven. Alle resultaten moeten met een bandbreedte worden benaderd. Hoe meer onzekerheden hoe groter de bandbreedte, hiermee neemt de spreiding van de uitkomsten toe. In de MKBA worden de onzekerheden onderverdeeld in drie categorieën: 1) kennisonzekerheid, 2) beleidsonzekerheid en 3) toekomstonzekerheid (Romijn & Renes, 2013). Deze onzekerheden zijn alle drie van toepassing bij het investeren in een Spaarwatermaatregel.

10.2 Belangrijkste onzekerheden en risico's

10.2.1 Beregeningsmethode agrariërs

Binnen de kosten-batenanalyse Spaarwater ligt de focus op de ontwikkelde technieken. De beregeningsmethode van de agrariër is in het geval van ondergrondse opslag buiten beschouwing gelaten. De bijkomende kosten van beregening met bijvoorbeeld een haspel heeft invloed op de kosten-batenverhouding. Of dit ook invloed zal hebben op de investeringsbeslissing van de agrariër is een reden voor nadere verdieping. De agrariërs maken in de huidige situatie als kosten voor hun beregeningsinstallatie. Het is dus geen bijkomende kostenpost. Om deze reden is de beregeningsinstallatie in deze haalbaarheidsstudie buiten beschouwen gelaten. In het geval van anti-verziltingsdrainage en druppelirrigatie is van deze onzekerheid geen sprake. In het geval van druppelirrigatie geldt wel de onzekerheid van de aanwezigheid van goed en voldoende irrigatiewater.

10.2.2 Beregeningsmogelijkheden poot aardappelen

Op dit moment geldt in grote delen van het land een beregeningsverbod met oppervlaktewater voor poot aardappelen vanwege het risico op Bruinrot besmetting. Toekomstige ontwikkelingen van de bacterie is een onzekerheid die invloed heeft op de MKBA. De huidige watervraag uit oppervlaktewater is relatief laag in poot aardappel gebieden vanwege het beregeningsverbod. Het waterschap geeft aan wel te blijven doorspoelen om de irrigatie van andere gewassen mogelijk te maken, dit is van invloed op de waarde van het doorspoelwater. Op het moment van schrijven (najaar 2018) wordt in de media veel geschreven over onderzoeken van de NVWA naar de oppervlaktewaterkwaliteit en het opheffen van het beregeningsverbod. Als de regels worden versoepeld in de toekomst betekent dit dat het water weer kan worden gebruikt, met een stijgende watervraag tot gevolg. Deze ontwikkeling zal de waarde van het water beïnvloeden en hiermee eventueel de beleidsontwikkeling.

10.2.3 Beleid van het waterschap

Een belangrijke onzekerheid voor de economische haalbaarheid is de beleidskeuze van het waterschap. Het toekomstige doorspoelregime beïnvloedt de te behalen baten en daarmee de investeringsbeslissing van de agrariërs. De vermeden droogteschade die kan worden toegeschreven aan de investering valt weg als de agrariër ook water uit de sloot beschikbaar heeft. Hoeveel water beschikbaar is in de sloten, voornamelijk in droge jaren, is onder andere afhankelijk van het beleid van de overheid.

Goed inzicht in dit beleid en wederzijdse communicatie is relevant om een indicatie te geven van de opbrengsten en dus de terugverdientijd van de maatregelen.

10.2.4 De economische levensduur van het systeem

De economische levensduur bepaald hoe lang een systeem rendabel in het gebruik blijft en wanneer het op basis van financiële argumenten beter is om te investeren in een nieuw systeem. Omdat de systemen in de innovatiefase zijn is het nog niet helder wat de economische levensduur precies is. Om de mogelijkheid tot financiering zorgvuldig te onderbouwen is kennis over de terugverdientijd nodig. De terugverdientijd wordt o.a. bepaald door de technische en economische levensduur van het systeem. Het advies is dan ook om dit verder uit te werken tijdens toekomstige ontwikkeling.

10.2.5 Ontwikkeling klimaatverandering

Klimaatverandering blijft een belangrijke onzekere factor voor de Spaarwater maatregelen. Dit omdat de weersomstandigheden grotendeels de extra opbrengst bepalen en dus de winstverwachting en terugverdientijd van de agrariër. Deze vorm van 'toekomstonzekerheid' is niet te beïnvloeden, het advies geldt om het klimaatonderzoek zo goed mogelijk in de gaten te houden en in de economische haalbaarheid altijd rekening te houden met verschillende scenario's.

10.2.6 Kostenontwikkeling

Vanwege de innovatieve aard van de Spaarwater maatregelen is de ontwikkeling van de kosten een onzekere factor. Om tot een efficiënte kosten-baten verhouding te komen is binnen deze haalbaarheidsstudie geconcludeerd dat ondergrondse opslag rond de €350,- ha/jaar mag gaan kosten. Op dit moment liggen de kosten nog tussen de €800 en de €555,- ha/jaar. Doorontwikkeling, pilots op 100 hectare schaal en productievoordelen bij grootschalige verkoop zullen bijdrage aan de kostendaling. De snelheid van deze ontwikkeling is echter een onzekere factor. Ook druppelirrigatie heeft nog een hoge kostprijs, vooral doorontwikkeling van de installatiemethode en het zoeken naar goedkopere materialen zullen de kosten doen dalen.

De maximale kosten van ondergrondse opslag zijn op dit moment veilig gekozen en gebaseerd op de huidige klimaatomstandigheden. Als de klimaatomstandigheden de komende jaren structureel veranderen kunnen de maximale kosten omhoog worden bijgesteld. Dit is echter een onzekere conclusie.

11 Conclusie

De conclusie van de economische haalbaarheidsstudie voor de toepassing van drie Spaarwatermaatregelen is positief. Als rekening gehouden wordt met de juiste schaalgrootte en investeringstermijn is Spaarwater economisch haalbaar. Door de maatregelen, gecombineerd, op een schaal van minimaal 100 hectare aan te leggen kunnen kostenvoordelen optreden. De toekomst waarin klimaatverandering een rol speelt maakt Spaarwater bedrijfsmatig aantrekkelijk. De zomer van 2018 heeft aangetoond dat waterschaarste een cruciale rol speelt in de landbouwsector. Op het perceel in Borgsweer is met Spaarwater een meeropbrengst van €4500,-/ha gerealiseerd.

Omdat de winstverwachting is gebaseerd op een innovatieve techniek en op verwachtingen rond klimaatverandering zijn de kosten-batenverwachtingen indicatief. Om toch uitspraken te kunnen doen over de winstverwachting zijn de baten voor vermeden droogteschade uitgerekend voor de afgelopen 30 jaar. Hiermee ontstaat een goed beeld van de kosten-batenverhouding. De scenario's lenen zich uitstekend voor het managen van de verwachtingen.

Een schaalniveau hoger, op polderschaal, wordt duidelijk dat de Spaarwatermaatregelen niet alleen tot vermeden droogte- en zoutschade (interne effecten) leiden, maar ook tot minder noodzaak tot externe zoetwateraanvoer. In de MKBA zijn de externe effecten voor derden onderzocht. Binnen Spaarwater zijn verminderde noodzaak tot externe zoetwateraanvoer, minder nutriëntenuitspoeling naar de sloot en een lagere ziektedruk in het oppervlaktewater als externe effecten onderzocht. Het doel van de MKBA is om de effecten voor iedereen in het gebied inzichtelijk te maken. Om dit te bereiken zijn twee beleidsalternatieven vergeleken met de huidige situatie. De alternatieven 'kraan open' en 'kraan dicht' verschillen in de hoeveelheid water die het waterschap doorspoelt in de polder en het polderoppervlakte waarop geïnvesteerd wordt in Spaarwater. Zo wordt het mogelijk om bedrijfs- en beleidsadvies te geven over het toepassen van Spaarwater op regionale schaal.

Voor de MKBA is de huidige situatie vergeleken met een situatie waarbij op 50% van de polderoppervlakte is geïnvesteerd in Spaarwatermaatregelen. In dit beleidsalternatief is verondersteld dat het waterschap stopt met het doorspoelen van water voor beregeningsdoeleinden. Door toenemende waterschaarste als gevolg van klimaatverandering en bodemdaling, krijgt het waterschap in de toekomst meer moeite met de distributie van het water. De kosten stijgen en als de verdringingsreeks in werking treedt zal het water in sommige jaren simpelweg 'op' zijn voor de landbouw. Een beleidsscenario waarbij het waterschap de kraan als het ware dicht draait voor irrigatie kan dus daadwerkelijk plaatsvinden in de toekomst. De doorrekening van dit scenario levert, onder specifieke voorwaarden, een positieve balans voor de Spaarwatermaatregelen ondergrondse opslag. Ook implementatie van anti-verziltingsdrainage levert een positief resultaat. De jaarlijks vermeden zoutschade is groot genoeg om de kosten te dekken en maakt de maatregel economisch haalbaar. Om te zorgen dat de kosten van druppelirrigatie worden gedekt door de baten zullen de kosten moeten dalen. Op dit moment kunnen de kosten worden terugverdiend in de droge jaren. De winstverwachting van druppelirrigatie is nog onzeker, toch is de verwachting dat het efficiënt watergebruik onder toekomstige klimaatomstandigheden en bij doorontwikkeling een groot bedrijfsvoordeel op zal leveren.

De conclusie is dat de maatregelen economisch gezien een interessante optie zijn voor een robuuste landbouw. Ondanks dat nog veel onderzoek en ontwikkeling verricht moet worden om de economische analyse sluitend te maken, het systeem kostenefficiënter en de investering rendabel te maken is duidelijk dat Spaarwater een oplossing biedt voor waterbeschikbaarheid in de toekomst. Doordat de risico's op schade op de lange termijn toenemen en het waterschap niet altijd in staat zal zijn om voldoende water te leveren is het belangrijk dat de agrariërs autonome oplossingen op het eigen bedrijf onderzoeken. De volgende stap is het in praktijk brengen van de Spaarwatermaatregelen door de agrariërs zelf. Het advies is om hierbij te focussen op de financieel, institutionele en vergunning technische vragen van implementatie. Enerzijds dienen deze onderwerpen vooraf uitgezocht te worden zodat de instapdrempel voor de agrariër verlaagt, anderzijds is een sterk advies om dit niet enkel vanachter de tekentafel te ontwikkelen maar dit simultaan tijdens implementatie uit te werken.

Samen met de technische ontwikkelingen zal het economisch en institutioneel onderzoek de zelfvoorzienendheid van de agrariër een stap dichterbij brengen waardoor een robuuste agrarische sector onder klimaatverandering mogelijk wordt.

12

Referenties

- Berendsen, H. (2005). *Landschap in delen* . Assen: Van Gorcum & Comp B.V. .
- Brouwer, G. (2015). *Druppelirrigatie in de aardappelenteelt op zandgronden*. Dronten .
- C.C. Koopmans, A. H. (2016). *Werkwijzer voor kosten-batenanalyse in het sociale domein* . Amsterdam : SEO economisch onderzoek .
- CE Delft . (2010). *Handboek Schaduw prijzen, Waardering en weging van emissies en milieueffecten*. Delft: CE Delft.
- Centraal Plan Bureau . (2015). *De Discontovoet Ontrafeld*. Den Haag : CPB.
- *Greenport NoordHollandNoord*. (2017, april 10). Opgehaald van <https://www.greenportnln.nl/>
- HHNK. (2015). *Waterprogramma 2016-2021*. Heerhugowaard: Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier .
- IenW. (2018). *Deltaprogramma 2019*. Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.
- KNMI. (2015). *KNMI'14-klimaatscenario's voor Nederland; Leidraad voor professionals in klimaatadaptatie*. De Bilt: KNMI.
- Koopmans, C. (2014). *Waarom maatschappelijke kosten-batenanalyses?* . Amsterdam : SEO economisch onderzoek.
- Rabobank. (2018). *Rabobank cijfers en trends akkerbouw* . Opgehaald van Rabobank bedrijven: <https://www.rabobank.nl/bedrijven/cijfers-en-trends/akkerbouw/>
- (sd). *Rapport werkgroep discontovoet 2015*.
- Romijn, G., & Renes, G. (2013). *Algemene Leidraad voor Maatschappelijke kosten-batenanalyse* . Den Haag : CPB / PBL.
- Schreijer, M. K. (2012). *Een Deltavisie voor Hollands Noorderkwartier - Noord-Holland voorbereid op klimaatverandering*. Heerhugowaard : Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier.
- Velstra, J. t. (2015). *Grondwaterbeleidskader, Stromend grondwater verbindt*. Heerhugowaard: Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier.

Bijlagen

Bijlage I

Vermeden droogteschade

Vermeden droogteschade

De vermeden droogteschade is in verschillende stappen berekent. Om te beginnen is de statistische relatie tussen het neerslagtekort, oogstopbrengst en overige agrarische inputs bepaald. Deze relatie is vervolgens gebruikt om per provincie op basis van de historische neerslagreeks van de afgelopen 30 jaar de vermeden droogteschade te bepalen (www.knmi.nl). Hieruit zijn de baten voor 'huidig klimaat' gekomen. Vervolgens is een 30-jarige reeks voor het klimaatscenario WH midden 2050 (KNMI, 2014). Deze reeks is gebruikt om de vermeden droogteschade onder klimaatverandering te bepalen. In onderstaande grafieken zijn de numerieke resultaten gepresenteerd. Met deze resultaten is de economische haalbaarheidsstudie uitgevoerd.

Noord-Holland

Tabel 21. Neerslagstation De Kooy (Noord-Holland), Neerslagtekort kritische periode pootaardappelen, herhalingstijden en gekoppelde vermeden droogteschade pootaardappelen historische reeks 30-jaar.

De Kooy	NTK Kritisch Huidig Klimaat	Herhalingstijd	Vermeden droogteschade
1988	7,6	1,0	€ 0
1989	-106,7	2,6	€ 2.435
1990	-136,3	4,9	€ 4.180
1991	-66,5	1,5	€ 704
1992	-138,7	5,2	€ 4.333
1993	-71,4	1,6	€ 865
1994	-154,9	8,1	€ 5.395
1995	-141,0	5,5	€ 4.481
1996	-103,7	2,5	€ 2.277
1997	-53,2	1,4	€ 801
1998	-84,0	1,9	€ 474
1999	-117,7	3,2	€ 1.072
2000	-104,4	2,5	€ 814
2001	-128,1	4,1	€ 1.290
2002	-42,3	1,3	€ 51
2003	-130,7	4,3	€ 1.346
2004	-10,2	1,1	€ 0
2005	-67,4	1,5	€ 257
2006	-114,9	3,1	€ 1.015
2007	16,4	1,0	€ 0
2008	-108,2	2,7	€ 885
2009	-140,8	5,5	€ 1.571
2010	-146,1	6,3	€ 1.692
2011	85,6	1,0	€ 0
2012	-49,4	1,3	€ 94
2013	-101,4	2,4	€ 759
2014	-105,3	2,6	€ 830
2015	-73,8	1,7	€ 334
2016	-68,7	1,6	€ 272
2017	-103,1	2,5	€ 790
2018	-200,9	40,2	€ 8.493

Tabel 22. Neerslagstation De Kooy (Noord-Holland), Neerslagtekort kritische periode pootaardappelen, herhalingstijden en gekoppelde vermeden droogteschade pootaardappelen 30-jarige reeks WH midden 2050.

De Kooy	NTK Kritisch Toekomst Klimaat	Herhalingstijd	Vermeden droogteschade
1	-97,7	1,7	€ 1.973
2	-108,0	2,0	€ 2.505
3	-195,9	18,7	€ 8.162
4	-96,6	1,7	€ 1.919
5	-53,5	1,2	€ 353
6	-148,4	4,3	€ 4.964
7	2,5	1,0	€ 0
8	-33,9	1,1	€ 48
9	-145,1	4,0	€ 4.747
10	-150,7	4,6	€ 5.116
11	-54,0	1,2	€ 365
12	-149,4	4,4	€ 5.030
13	-67,2	1,3	€ 726
14	-186,9	13,5	€ 7.559
15	-163,6	6,4	€ 5.980
16	-125,1	2,6	€ 3.486
17	-82,2	1,5	€ 1.272
18	-90,4	1,6	€ 1.627
19	-153,3	4,9	€ 5.289
20	-96,8	1,7	€ 1.929
21	-149,4	4,4	€ 5.030
22	-59,3	1,2	€ 496
23	-158,1	5,5	€ 5.610
24	-34,9	1,1	€ 57
25	-72,1	1,3	€ 889
26	-149,3	4,4	€ 5.023
27	7,2	1,0	€ 0
28	-122,9	2,5	€ 3.354
29	-176,7	9,6	€ 6.869
30	-152,7	4,8	€ 5.249

Tabel 23. Neerslagstation De Kooy (Noord-Holland), Herhalingstijden passend bij neerslagtekort, huidig klimaat en WH midden 2050

mm nkt	Terugkeertijd ntk huidig	Terugkeertijd ntk WH midden 2050
50	1,3	1,2
60	1,4	1,2
70	1,6	1,3
80	1,8	1,4
90	2,0	1,6
100	2,4	1,8
110	2,8	2,0
120	3,4	2,4
130	4,2	2,9
140	5,4	3,5
150	7,0	4,5
160	9,4	5,8
170	12,8	7,8
180	18,1	10,6
190	26,1	15,0
200	38,7	21,8
210	58,9	32,7
220	92,3	50,4
230	148,7	80,1
240	246,2	131,3
250	419,4	222,1
260	734,9	387,7
270	1325,2	698,2

Tabel 24. Neerslagstation De Kooy (Noord-Holland), gemiddelde vermeden droogteschade per hectare per jaar op basis van herhalingstijden en normale verdeling, huidige klimaatscenario

NTK	Geconcretiseerd ntk	Overschrijdingskans	Vermeden droogteschade	Overschrijdingskans In totaal	Gemiddelde vermeden droogte schade
				1,00	€ 2308,00
				0,22	
	-45	0,78			
-50			€ 279	0,06	€ 15,42
	-55	0,72			
-60			€ 514	0,06	€ 31,57
	-65	0,66			
-70			€ 817	0,07	€ 54,00
	-75	0,60			
-80			€ 1.184	0,07	€ 81,65
	-85	0,53			

NTK	Geconcretiseerd ntk	Overschrijdingskans	Vermeden droogteschade	Overschrijdingskans In totaal	Gemiddelde vermeden droogte schade
-90			€ 1.609	0,07	€ 112,36
	-95	0,46			
-100			€ 2.087	0,07	€ 143,16
	-105	0,39			
-110			€ 2.614	0,07	€ 170,70
	-115	0,32			
-120			€ 3.182	0,06	€ 191,90
	-125	0,26			
-130			€ 3.785	0,05	€ 204,44
	-135	0,21			
-140			€ 4.417	0,05	€ 207,18
	-145	0,16			
-150			€ 5.070	0,04	€ 200,32
	-155	0,12			
-160			€ 5.738	0,03	€ 185,20
	-165	0,09			
-170			€ 6.414	0,03	€ 164,01
	-175	0,07			
-180			€ 7.093	0,02	€ 139,34
	-185	0,05			
-190			€ 7.767	0,01	€ 113,70
	-195	0,03			
-200			€ 8.433	0,01	€ 89,20
	-205	0,02			
-210			€ 9.085	0,01	€ 67,34
	-215	0,01			
-220			€ 9.718	0,01	€ 48,95
	-225	0,01			
-230			€ 10.329	0,00	€ 34,29
	-235	0,01			
-240			€ 10.914	0,00	€ 23,16
	-245	0,00			
-250			€ 11.472	0,00	€ 15,09
	-255	0,00			
-260			€ 11.999	0,00	€ 9,49
	-265	0,00			
-270			€ 12.494	0,00	€ 5,76
	-275	0,00			

Tabel 25. Neerslagstation De Kooy (Noord-Holland), gemiddelde vermeden droogteschade per hectare per jaar op basis van herhalingstijden en normale verdeling, scenario WH midden 2050

NTK	Geconcretiseerd ntk	Overschrijdingskans	Vermeden droogte schade	Overschrijdingskans In totaal	Gemiddelde vermeden droogte schade
				1,00	€ 3.100
				0,12	
	-45	0,88			
-50			€ 279	0,04	€ 11
	-55	0,84			
-60			€ 514	0,05	€ 25
	-65	0,79			
-70			€ 817	0,06	€ 47
	-75	0,73			
-80			€ 1.184	0,06	€ 76
	-85	0,67			
-90			€ 1.609	0,07	€ 112
	-95	0,60			
-100			€ 2.087	0,07	€ 152
	-105	0,53			
-110			€ 2.614	0,07	€ 193
	-115	0,45			
-120			€ 3.182	0,07	€ 230
	-125	0,38			
-130			€ 3.785	0,07	€ 258
	-135	0,31			
-140			€ 4.417	0,06	€ 276
	-145	0,25			
-150			€ 5.070	0,06	€ 280
	-155	0,20			
-160			€ 5.738	0,05	€ 270
	-165	0,15			
-170			€ 6.414	0,04	€ 250
	-175	0,11			
-180			€ 7.093	0,03	€ 220
	-185	0,08			
-190			€ 7.767	0,02	€ 186
	-195	0,06			
-200			€ 8.433	0,02	€ 150
	-205	0,04			
-210			€ 9.085	0,01	€ 117
	-215	0,02			
-220			€ 9.718	0,01	€ 87
	-225	0,02			
-230			€ 10.329	0,01	€ 62
	-235	0,01			

NTK	Geconcretiseerd ntk	Overschrijdingskans	Vermeden droogte schade	Overschrijdings kans In totaal	Gemiddelde vermeden droogte schade
-240			€ 10.914	0,00	€ 43
	-245	0,01			
-250			€ 11.472	0,00	€ 28
	-255	0,00			
-260			€ 11.999	0,00	€ 18
	-265	0,00			
-270			€ 12.494	0,00	€ 11
	-275	0,00			

Groningen

Tabel 26. Neerslagstation Nieuw-Beerta (Groningen), Neerslagtekort kritische periode pootaardappelen, herhalingstijden en gekoppelde vermeden droogteschade pootaardappelen historische reeks 30-jaar.

Nieuw-Beerta	NTK Kritisch Huidig Klimaat	Herhalingstijd	Vermeden droogteschade
1992	-104,2	6,5	€ 1.266
1993	23,9	1,1	€ 0
1994	-110,3	7,7	€ 1.472
1995	-127,4	12,9	€ 2.141
1996	-72,0	3,1	€ 448
1997	-24,9	1,6	€ 0
1998	10,1	1,2	€ 0
1999	-81,1	3,7	€ 643
2000	-18,1	1,5	€ 0
2001	-5,0	1,3	€ 0
2002	-66,0	2,8	€ 344
2003	-84,2	4,0	€ 705
2004	38,1	1,1	€ 0
2005	-57,2	2,4	€ 217
2006	-130,4	14,2	€ 2.271
2007	70,0	1,0	€ 0
2008	-41,9	1,9	€ 67
2009	-31,4	1,7	€ 14
2010	-122,7	11,1	€ 1.944
2011	7,9	1,2	€ 0
2012	-35,5	1,8	€ 30
2013	-22,5	1,5	€ 0
2014	-40,5	1,9	€ 58
2015	12,3	1,2	€ 0
2016	-28,0	1,6	€ 5
2017	-7,4	1,3	€ 0
2018	-180,4	104,0	€ 4.975

Tabel 27. Neerslagstation Nieuw-Beerta (Groningen), Neerslagtekort kritische periode pootaardappelen, herhalingstijden en gekoppelde vermeden droogteschade pootaardappelen 30-jarige reeks WH midden 2050.

Nieuw-Beerta	NTK Kritisch Toekomst Klimaat	Herhalingstijd	Vermeden droogteschade
1	-1,7	1,2	€ 0
2	-54,7	1,6	€ 187
3	-180,2	19,5	€ 4.963
4	-16,6	1,2	€ 0
5	23,5	1,1	€ 0
6	-153,2	9,0	€ 3.390
7	31,2	1,1	€ 0
8	32,0	1,1	€ 0
9	-158,3	10,3	€ 3.669
10	-77,5	2,1	€ 556
11	-60,5	1,7	€ 261
12	-170,2	14,4	€ 4.353
13	-30,8	1,3	€ 12
14	-125,0	4,6	€ 2.039
15	-147,7	7,8	€ 3.101
16	-95,1	2,7	€ 989
17	-25,6	1,3	€ 2
18	-35,7	1,4	€ 31
19	-114,5	3,8	€ 1.624
20	-30,5	1,3	€ 11
21	-73,7	2,0	€ 480
22	-81,0	2,2	€ 632
23	-141,3	6,7	€ 2.779
24	-26,6	1,3	€ 3
25	-97,0	2,8	€ 1.044
26	-169,1	13,9	€ 4.288
27	32,8	1,1	€ 0
28	-34,4	1,4	€ 25
29	-94,9	2,7	€ 983
30	-142,0	6,8	€ 2.814

mm	Terugkeertijd ntk huidig	Terugkeertijd ntk WH midden 2050
50	2,0	1,5
60	2,3	1,6
70	2,7	1,8
80	3,3	2,0
90	4,1	2,3
100	5,1	2,7
110	6,6	3,2
120	8,8	3,8
130	11,9	4,6
140	16,6	5,7
150	23,8	7,3
160	34,9	9,4
170	52,6	12,4
180	81,3	16,6
190	129,4	22,8
200	211,4	31,9
210	355,2	45,5
220	613,6	66,4
230	1090,0	99,0
240	1991,5	150,6
250	3742,8	234,2
260	7236,7	372,1
270	14396,9	604,3

Tabel 28. . Neerslagstation Nieuw-Beerta (Groningen), Herhalingstijden passend bij neerslagtekort, huidig klimaat en WH midden 2050

Tabel 29. Neerslagstation Nieuw-Beerta (Groningen), gemiddelde vermeden droogteschade per hectare per jaar op basis van herhalingstijden en normale verdeling, huidige klimaatscenario

NTK	Geconcretiseerd ntk	Overschrijdingskans	Vermeden droogteschade	Overschrijdingskans In totaal	Gemiddelde vermeden droogteschade
				1,00	€ 575
				0,50	
	-45	0,50			
-50			€ 136	0,07	€ 9
	-55	0,43			
-60			€ 254	0,07	€ 17
	-65	0,37			
-70			€ 412	0,06	€ 26
	-75	0,30			
-80			€ 609	0,06	€ 35
	-85	0,25			
-90			€ 850	0,05	€ 44
	-95	0,20			
-100			€ 1.133	0,04	€ 50
	-105	0,15			
-110			€ 1.462	0,04	€ 54
	-115	0,11			
-120			€ 1.835	0,03	€ 55
	-125	0,08			
-130			€ 2.254	0,02	€ 53
	-135	0,06			
-140			€ 2.716	0,02	€ 49
	-145	0,04			
-150			€ 3.220	0,01	€ 43
	-155	0,03			
-160			€ 3.763	0,01	€ 36
	-165	0,02			
-170			€ 4.342	0,01	€ 29
	-175	0,01			
-180			€ 4.950	0,00	€ 23
	-185	0,01			
-190			€ 5.584	0,00	€ 17
	-195	0,00			
-200			€ 6.237	0,00	€ 12
	-205	0,00			
-210			€ 6.903	0,00	€ 8
	-215	0,00			
-220			€ 7.576	0,00	€ 5
	-225	0,00			
-230			€ 8.248	0,00	€ 3
	-235	0,00			

NTK	Geconcretiseerd ntk	Overschrijdingskans	Vermeden droogte schade	Overschrijdingskans In totaal	Gemiddelde vermeden droogte schade
-240			€ 8.915	0,00	€ 2
	-245	0,00			
-250			€ 9.569	0,00	€ 1
	-255	0,00			
-260			€ 10.207	0,00	€ 1
	-265	0,00			
-270			€ 10.822	0,00	€ 0
	-275	0,00			

Tabel 30. Neerslagstation Nieuw-Beerta (Groningen), gemiddelde vermeden droogteschade per hectare per jaar op basis van herhalingstijden en normale verdeling, scenario WH midden 2050

NTK	Geconcretiseerd ntk	Overschrijdingskans	Vermeden droogte schade	Overschrijdingskans In totaal	Gemiddelde vermeden droogte schade
				1,00	€ 1.221
				0,33	
	-45	0,67			
-50			€ 136	0,06	€ 8
	-55	0,61			
-60			€ 254	0,06	€ 15
	-65	0,55			
-70			€ 412	0,06	€ 25
	-75	0,49			
-80			€ 609	0,06	€ 37
	-85	0,43			
-90			€ 850	0,06	€ 50
	-95	0,37			
-100			€ 1.133	0,06	€ 64
	-105	0,32			
-110			€ 1.462	0,05	€ 77
	-115	0,26			
-120			€ 1.835	0,05	€ 88
	-125	0,22			
-130			€ 2.254	0,04	€ 95
	-135	0,17			
-140			€ 2.716	0,04	€ 99
	-145	0,14			
-150			€ 3.220	0,03	€ 100
	-155	0,11			
-160			€ 3.763	0,03	€ 96
	-165	0,08			
-170			€ 4.342	0,02	€ 90

NTK	Geconcretiseerd ntk	Over-schrijd-ings-kans	Vermeden droogte schade	Over-schrijd-ingskans In totaal	Gemiddelde vermeden droogte schade
	-175	0,06			
-180			€ 4.950	0,02	€ 80
	-185	0,04			
-190			€ 5.584	0,01	€ 70
	-195	0,03			
-200			€ 6.237	0,01	€ 59
	-205	0,02			
-210			€ 6.903	0,01	€ 48
	-215	0,02			
-220			€ 7.576	0,00	€ 37
	-225	0,01			
-230			€ 8.248	0,00	€ 29
	-235	0,01			
-240			€ 8.915	0,00	€ 21
	-245	0,00			
-250			€ 9.569	0,00	€ 15
	-255	0,00			
-260			€ 10.207	0,00	€ 11
	-265	0,00			
-270			€ 10.822	0,00	€ 7
	-275	0,00			

Friesland

Tabel 31. Neerslagstation Leeuwarden (Friesland), Neerslagtekort kritische periode pootaardappelen, herhalingstijden en gekoppelde vermeden droogteschade pootaardappelen historische reeks 30-jaar.

De Kooy	NTK Kritisch Huidig Klimaat	Herhalingstijd	Vermeden droogteschade
1988	39,9	1,0	€ 0,00
1989	-88,9	2,6	€ 823,00
1990	-71,2	2,0	€ 1.868,00
1991	-32,1	1,4	€ 16,00
1992	-128,2	5,8	€ 2.190,00
1993	-33,1	1,4	€ 20,00
1994	-94,3	2,9	€ 970,00
1995	-58,6	1,7	€ 235,00
1996	-101,9	3,3	€ 1.197,00
1997	0,1	1,1	€ 0,00
1998	-69,1	2,0	€ 396,00
1999	-126,0	5,5	€ 2.097,00
2000	-109,1	3,8	€ 1.438,00

De Kooy	NTK Kritisch Huidig Klimaat	Herhalingstijd	Vermeden droogteschade
2001	-143,1	8,4	€ 2.898,00
2002	-25,2	1,3	€ 0,00
2003	-98,0	3,1	€ 1.077,00
2004	-26,3	1,3	€ 0,00
2005	-87,7	2,6	€ 792,00
2006	-143,0	8,4	€ 2.893,00
2007	105,9	1,0	€ 0,00
2008	-74,6	2,1	€ 498,00
2009	-125,6	5,4	€ 2.080,00
2010	-146,7	9,3	€ 3.083,00
2011	18,1	1,1	€ 0,00
2012	-14,0	1,2	€ 0,00
2013	-68,3	2,0	€ 382,00
2014	-143,0	8,4	€ 2.893,00
2015	-64,3	1,9	€ 317,00
2016	-20,6	1,3	€ 0,00
2017	-51,8	1,6	€ 154,00
2018	-189,8	37,6	€ 5.697,00

Tabel 32. Neerslagstation Leeuwarden (Friesland), Neerslagtekort kritische periode pootaardappelen, herhalingstijden en gekoppelde vermeden droogteschade pootaardappelen 30-jarige reeks WH midden 2050.

Nieuw-Beerta	NTK Kritisch Toekomst Klimaat	Herhalingstijd	Vermeden droogteschade
1	-83,7	2,0	€ 694
2	-108,6	2,9	€ 1.422
3	-187,5	22,0	€ 5.544
4	-55,6	1,5	€ 197
5	-3,9	1,1	€ 0
6	-131,5	4,5	€ 2.347
7	-13,7	1,1	€ 0
8	-1,7	1,1	€ 0
9	-138,1	5,3	€ 2.659
10	-89,7	2,1	€ 844
11	-67,7	1,6	€ 371
12	-156,1	8,3	€ 3.606
13	-66,7	1,6	€ 355
14	-129,2	4,3	€ 2.243
15	-71,0	1,7	€ 429
16	-117,8	3,4	€ 1.764
17	-53,9	1,4	€ 177
18	-76,1	1,8	€ 527
19	-150,3	7,1	€ 3.286
20	-63,5	1,6	€ 304
21	-121,1	3,6	€ 1.897

Nieuw-Beerta	NTK Kritisch Toekomst Klimaat	Herhalingstijd	Vermeden droogteschade
22	-51,3	1,4	€ 148
23	-107,8	2,8	€ 1.394
24	29,3	1,0	€ 0
25	-114,6	3,2	€ 1.641
26	-147,3	6,6	€ 3.126
27	95,6	1,0	€ 0
28	-68,2	1,6	€ 380
29	-127,9	4,2	€ 2.185
	-158,8	9,0	€ 3.760

Tabel 33: Neerslagstation Leeuwarden (Friesland), Herhalingstijden passend bij neerslagtekort, huidig klimaat en WH midden 2050.

mm	Terugkeertijd ntk huidig	Terugkeertijd ntk WH midden 2050
50	1,5	1,3
60	1,7	1,5
70	1,9	1,6
80	2,1	1,8
90	2,5	2,0
100	2,9	2,3
110	3,5	2,7
120	4,3	3,2
130	5,3	3,9
140	6,8	4,9
150	8,8	6,2
160	11,8	8,1
170	16,0	10,7
180	22,2	14,5
190	31,6	20,2
200	45,9	28,7
210	68,2	41,7
220	103,9	62,1
230	162,1	94,8
240	258,8	148,3
250	423,2	237,6
260	709,0	390,3
270	1216,8	657,4

Tabel 34. Neerslagstation Leeuwarden (Friesland), gemiddelde vermeden droogteschade per hectare per jaar op basis van herhalingstijden en normale verdeling, huidige klimaatscenario

NTK	Geconcretiseerd ntk	Over-schrijd-ings-kans	Vermeden droogte schade	Over-schrijd-ingskans In totaal	Gemiddelde vermeden droogte schade
				1,00	€ 1.092
				0,34	
	-45	0,66			
-50			€ 135	0,06	€ 8
	-55	0,60			
-60			€ 254	0,06	€ 16
	-65	0,53			
-70			€ 411	0,06	€ 26
	-75	0,47			
-80			€ 610	0,06	€ 39
	-85	0,40			
-90			€ 851	0,06	€ 52
	-95	0,34			
-100			€ 1.138	0,06	€ 65
	-105	0,29			
-110			€ 1.469	0,05	€ 77
	-115	0,23			
-120			€ 1.848	0,05	€ 86
	-125	0,19			
-130			€ 2.273	0,04	€ 92
	-135	0,15			
-140			€ 2.743	0,03	€ 93
	-145	0,11			
-150			€ 3.258	0,03	€ 91
	-155	0,09			
-160			€ 3.812	0,02	€ 86
	-165	0,06			
-170			€ 4.404	0,02	€ 77
	-175	0,05			
-180			€ 5.028	0,01	€ 67
	-185	0,03			
-190			€ 5.678	0,01	€ 56
	-195	0,02			
-200			€ 6.350	0,01	€ 45
	-205	0,01			
-210			€ 7.035	0,01	€ 35
	-215	0,01			
-220			€ 7.728	0,00	€ 27
	-225	0,01			
-230			€ 8.421	0,00	€ 19
	-235	0,00			

NTK	Geconcretiseerd ntk	Over-schrijd-ings-kans	Vermeden droogte schade	Over-schrijd-ingskans In totaal	Gemiddelde vermeden droogte schade
-240			€ 9.109	0,00	€ 14
	-245	0,00			
-250			€ 9.785	0,00	€ 9
	-255	0,00			
-260			€ 10.444	0,00	€ 6
	-265	0,00			
-270			€ 11.080	0,00	€ 4
	-275	0,00			

Tabel 35. Neerslagstation Leeuwarden (Friesland), gemiddelde vermeden droogteschade per hectare per jaar op basis van herhalingstijden en normale verdeling, scenario WH midden 2050

NTK	Geconcretiseerd ntk	Over-schrijd-ings-kans	Vermeden droogte schade	Over-schrijd-ingskans In totaal	Gemiddelde vermeden droogte schade
				1,00	€ 1.419
				0,26	
	-45	0,74			
-50			€ 135	0,06	€ 8
	-55	0,69			
-60			€ 254	0,06	€ 15
	-65	0,63			
-70			€ 411	0,06	€ 26
	-75	0,56			
-80			€ 610	0,07	€ 40
	-85	0,50			
-90			€ 851	0,07	€ 56
	-95	0,43			
-100			€ 1.138	0,06	€ 72
	-105	0,37			
-110			€ 1.469	0,06	€ 88
	-115	0,31			
-120			€ 1.848	0,06	€ 102
	-125	0,25			
-130			€ 2.273	0,05	€ 113
	-135	0,20			
-140			€ 2.743	0,04	€ 119
	-145	0,16			
-150			€ 3.258	0,04	€ 120
	-155	0,12			
-160			€ 3.812	0,03	€ 116
	-165	0,09			

NTK	Geconcretiseerd ntk	Over-schrijd-ings-kans	Vermeden droogte schade	Over- schrijd- ingskans In totaal	Gemiddelde vermeden droogte schade
-170			€ 4.404	0,02	€ 108
	-175	0,07			
-180			€ 5.028	0,02	€ 97
	-185	0,05			
-190			€ 5.678	0,01	€ 83
	-195	0,03			
-200			€ 6.350	0,01	€ 69
	-205	0,02			
-210			€ 7.035	0,01	€ 55
	-215	0,02			
-220			€ 7.728	0,01	€ 43
	-225	0,01			
-230			€ 8.421	0,00	€ 32
	-235	0,01			
-240			€ 9.109	0,00	€ 23
	-245	0,00			
-250			€ 9.785	0,00	€ 16
	-255	0,00			
-260			€ 10.444	0,00	€ 11
	-265	0,00			
-270			€ 11.080	0,00	€ 7
	-275	0,00			

Bijlage II

Vermeden zoutschade

Vermeden zoutschade

Tabel 36. Vermeden zoutschade verschillende gewassen Huidig klimaat

Huidig klimaat	Lichte zavel		Zavel/lichte klei		Klei	
	Droog jaar	Gemiddeld jaar	Droog jaar	Gemiddeld jaar	Droog jaar	Gemiddeld jaar
Pootaardappel	€5.400,-	€0,-	€6.000,-	€50,-	€0,-	€0,-
Gras	€80,-	€0,-	€70,-	€0,-	€0,-	€0,-
Ui	€190,-	€0,-	€235,-	€0,-	€0,-	€0,-
Suikerbiet	€60,-	€0,-	€365,-	0,-	€775,-	€0,-
Wintertarwe	€265,-	€0,-	€365,-	€105,-	€710,-	€0,-
Tulp	€1.670,-	€590,-	€1.095,-	€340,-	€0,-	€0,-
Peen	€1.100,-	€620,-	€1.413,-	€930,-	€2.500,-	€150,-

Tabel 37. Vermeden zoutschade verschillende gewassen klimaat scenario warm

Klimaat scenario warm	Lichte zavel		Zavel/lichte klei		Klei	
	Droog jaar	Gemiddeld jaar	Droog jaar	Gemiddeld jaar	Droog jaar	Gemiddeld jaar
Pootaardappel	€7.850,-	€530,-	€8.000,-	€1360,-	€0,-	€0,-
Gras	€385,-	€0,-	€345,-	€0,-	€0,-	€0,-
Ui	€450,-	€0,-	€600,-	€0,-	€0,-	€0,-
Suikerbiet	€225,-	€0,-	€625,-	€0,-	€0,-	€0,-
Wintertarwe	€365,-	€65,-	€480,-	€210,-	€0,-	€0,-
Tulp	€1.790,-	€1.175,-	€1.195,-	€675,-	€0,-	€0,-
Peen	€1.200,-	€720,-	€1.565,-	€1.075,-	€515,-	€275,-

Tabel 38. Vermeden zoutschade bolgewassen op fijn zand huidig klimaat

Huidig klimaat	Fijn zand			
	Droog jaar Maximaal	Droog jaar gemiddeld	Gemiddeld jaar maximaal	Gemiddeld jaar gemiddeld
Tulp	€9.447,-	€2.935,-	€2.773,-	€769,-
Narcis	€1951,-	€0,-	€,-	€0,-
Lely	€16.329,-	€332,64,-	€10.691,-	€4.374,-

Tabel 39. Vermeden zoutschade bolgewassen op fijn zand toekomstig klimaat

Toekomstig klimaat	Fijn zand			
	Droog jaar Maximaal	Droog jaar gemiddeld	Gemiddeld jaar maximaal	Gemiddeld jaar gemiddeld
Tulp	€11.387,-	€3.817,-	€7.903,-	€2.278,-
Narcis	€3.118,-	€53,-	€1.083,-	€0,-
Lely	€18.023,-	€9.932,-	€14.837,-	€7.049,-

Tabel 40. Vermeden zout schade verwerkt in oppervlakte perceel huidig klimaat

zout schade in euro's per hectare poot aardappelen - huidig klimaat				
	Lichte zavel		Zavel/lichte klei	
30 cm	€ 162 / ha	€ 216 / ha	€ 180 / ha	€ 240 / ha
	€ 270 / ha	€ 378 / ha	€ 300 / ha	€ 420 / ha
100 cm	€ 540 / ha	€ 756 / ha	€ 600 / ha	€ 840 / ha
	€ 5.400 / ha	€ 5.400 / ha	€ 6.000 / ha	€ 6.000 / ha

Tabel 41. Vermeden zout schade verwerkt in oppervlakte perceel klimaat scenario warm

zout schade in euro's per hectare poot aardappelen - klimaat scenario warm				
	Lichte zavel		Zavel/lichte klei	
30 cm	€ 236 / ha	€ 314 / ha	€ 240 / ha	€ 320 / ha
	€ 393 / ha	€ 550 / ha	€ 400 / ha	€ 560 / ha
100 cm	€ 785 / ha	€ 1.099 / ha	€ 800 / ha	€ 1.120 / ha
	€ 7.850 / ha	€ 7.850 / ha	€ 8.000 / ha	€ 8.000 / ha

Bijlage III

Onverzadigde zone model

Onverzadigde zone model

Introductie

Uit voorgaand onderzoek is gebleken dat zout in de onverzadigde zone getransporteerd kan worden bij verdwijning van de zoetwaterlens. Het transport gebeurt als gevolg van verdamping en de capillaire werking van de bodem en is dus afhankelijk van gewassenmerken, bodemeigenschappen en het ontwerp van het drainagesysteem. Het voorkomen van zout in de wortelzone kan gevolgen hebben voor de opbrengst van gewassen.

Het doel van dit onderzoek is om de zoutschade in de noordelijke kuststrook te kwantificeren voor vier scenario's: een droog en een gemiddeld jaar onder het huidige klimaat, en een droog en gemiddeld jaar onder een toekomstig klimaat.

De Soil Water Atmosphere Plant (SWAP) model (Kroes et al. 2017) versie 4.0 wordt gebruikt om het zoutgehalte in de onverzadigde zone te simuleren. SWAP is speciaal ontwikkeld om het transport van water, zout en warmte in verzadigde en onverzadigde bodems te berekenen. Voor dit onderzoek zijn verschillende combinaties van gewassen en bodemtypes gesimuleerd die veel voorkomen in noord Nederland.

De zoutgehalten in de wortelzone berekend door SWAP worden uiteindelijk gecombineerd met informatie over de zoutgevoeligheid van de gewassen om de zoutschade te berekenen.

Aanpak

In dit onderzoek zijn de zoutgehalten berekend voor een gemiddeld jaar en een droog jaar, hier respectievelijk 2005 en 2003. De SWAP-simulaties zijn uitgevoerd voor de jaren 1997–2007 om ervoor te zorgen dat de initiële waarden opgegeven in het model geen invloed hebben op de resultaten.

Tijdsreeksen van verdamping zijn afkomstig van KNMI-station Eelde, met dagelijkse neerslag van station Rottum. Deze tijdsreeksen zijn getransformeerd naar het klimaat van 2050 volgens toekomstscenario Wh-midden met de Climate Explorer tool van de KNMI (climexp.knmi.nl/scenarios_knmi14_form.cgi).

De berekeningen zijn uitgevoerd voor de belangrijkste gewassen in noord Nederland:

- Gras
- Tarwe
- Aardappelen
- Suikerbiet
- Peen
- Ui
- Tulp

De kenmerken van de gewassen zijn gebaseerd op standaardwaarden voor elk gewas afkomstig van het Deelrapport Gewassenmerken van het NHI (Bakel et al. 2008). Ontbrekende gegevens werden aangevuld met waardes uit wetenschappelijke literatuur en standaardwaardes van SWAP. In de werkelijkheid worden verschillende soorten van de gewassen geteeld, waarvan de gewassenmerken af kunnen wijken van de gebruikte waardes. Uit simulaties is gebleken dat vooral gewasfactoren en worteldiepte een groot effect hebben op zoutgehalten in de wortelzone. Door standaardwaardes te gebruiken nemen wij aan dat de verschillen tussen gewassen groter zijn dan de verschillen tussen soorten van een gewas.

Vier bodemtypes zijn gebruikt in de simulaties:

- Fijn zand
- Lichte zavel
- Zavel/lichte klei
- Zware klei

De zavel en klei bodemtypes zijn representatief voor de noordelijke kuststrook. Een zand bodemtype is hieraan toegevoegd omdat bollen voornamelijk op zandbodems geteeld worden. Fijn zand is de meest voorkomende zand bodemtype in het gebied.

De drainagediepte is op 100 cm onder maaiveld. Uit voorgaand veldonderzoek blijkt dat deze diepte representatief is voor het studiegebied.

De onderrandvoorwaarde van het model is een vaste kwel en chloridegehalte. De opgenomen chloridegehalte van 10.000 mg/l is hoog, maar komt in het gebied voor. De kwel is dusdanig hoog gezet dat het chloridegehalte door het hele jaar tot aan het drainageniveau komt. In de werkelijkheid zijn de kwel en chloridegehalte over het algemeen lager, maar met deze onderrandvoorwaarden simuleren wij een worst-case scenario waarin de zoetwaterlens is verdwenen.

De modellen zijn niet gekalibreerd vanwege een gebrek aan meetgegevens. De zoutgehaltes in de werkelijkheid kunnen daardoor afwijken van de berekende waarden.

Resultaten

De zoutschade voor de verschillende combinaties van gewassen en bodemtypes is gebaseerd op de gemiddelde chloridegehalte in de wortelzone van het gewas. Meer specifiek is voor ieder gewas de hoogste gemiddelde chloridegehalte tijdens het groeiseizoen bepaald. Voor het huidig klimaat staan deze waarden voor een droog (2003) en gemiddeld (2005) jaar in Tabel 42.

Tabel 42. Maximale zoutgehalte (mg/l) gemiddeld over de wortelzone tijdens de groeiseizoenen van 2003 en 2005 voor verschillende gewassen en bodemtypes onder het huidig klimaat

	Lichte zavel		Zavel/lichte klei		Klei		Fijn zand	
	2003	2005	2003	2005	2003	2005	2003	2005
Pootaard-appel	3766	617	4056	778	3	1		
Gras	4142	609	4081	676	1	1		
Ui	658	69	721	71	0	0		
Suiker-biet	5076	2640	6293	3834	2061	1312		
Winter-tarwe	6093	3838	6915	4809	2935	1888		
Tulp	471	250	326	191	0	0	729	287
Peen	4653	3195	5580	4125	2558	1795		

De maximale zoutgehaltes zijn voor suikerbiet, wintertarwe en peen het hoogst. Dit komt doordat deze gewassen relatief diep wortelen, tot 1 meter of meer. Dit komt overeen met het drainageniveau. In de vorige paragraaf is uitgelegd dat de kwel zo is vastgesteld dat het zoute grondwater altijd tot aan drainageniveau staat. Hierdoor is het zoutgehalte onderaan de wortelzone altijd de achtergrondwaarde van 10.000 mg/L, en als gevolg is de gemiddelde zoutgehalte in de wortelzone hoog.

Voor gras is het zoutgehalte ook relatief hoog. In tegenstelling tot de andere gewassen met hoge zoutgehaltes wortelt gras het minst diep van alle bestudeerde gewassen. De hoge zoutgehalte voor gras wordt veroorzaakt doordat gras het hele jaar groeit, waardoor de totale verdamping relatief hoog is.

De waarden voor ui en tulp zijn van alle gewassen het laagst. Tulpen worden begin van de zomer geoogst, terwijl zoutgehaltes eind van de zomer op het hoogste niveau zijn. De lage zoutgehaltes bij ui komen doordat de verdamping van ui laag is vergeleken met de andere gewassen.

Transport van zout is over het algemeen groter in de bodemtypes lichte zavel en zavel/lichte klei dan in de klei bodemtype. Het verschil tussen de lichte zavel en zavel/lichte klei is groter voor gewassen die tot aan het drainageniveau wortelen, maar is klein voor gewassen die minder diep wortelen. Voor kleibodems is de risico op zoutschade voor de meeste gewassen heel klein. Uitzondering hierop zijn de gewassen die tot aan het drainageniveau wortelen. Het transport van zout voor suikerbiet, wintertarwe en peen op kleigronden is nog steeds relatief laag, maar de gemiddelde waarde over de wortelzone is hoog doordat de wortels tot aan het drainageniveau, en dus het niveau van het zoute grondwater, komen.

In een droog jaar (2003) is de kans op zoutschade over het algemeen hoger dan in een gemiddeld jaar (2005). Of de hogere zoutgehaltes daadwerkelijk leiden tot meer zoutschade is afhankelijk van de zouttolerantie van de gewassen. De klei bodemtype is weer een uitzondering, waarbij er zelfs in een droog jaar geen verzilting optreedt bij gewassen die niet tot aan de drainagediepte wortelen (alle gewassen behalve suikerbiet, wintertarwe en peen).

Onder het toekomstscenario Wh-midden voor het klimaat rond 2050 nemen de zoutgehaltes in de wortelzone toe en is er dus meer kans op zoutschade. Voor de meeste gewassen is het verschil tussen het huidige klimaat en het toekomstscenario is echter kleiner dan het verschil tussen een nat en een droog jaar.

Tabel 43. Maximale zoutgehalte (mg/l) gemiddeld over de wortelzone tijdens de groeiseizoenen van 2003 en 2005 voor verschillende gewassen en bodemtypes onder het klimaat van 2050 onder klimaatscenario Wh-midden

	Lichte zavel		Zavel/lichte klei		Klei		Fijn zand	
	2003	2005	2003	2005	2003	2005	2003	2005
Pootaard-appel	5132	1045	5259	1509	9	5		
Gras	6111	1219	5841	1852	4	3		
Ui	1041	168	1248	187	0	0		
Suiker-biet	5729	3217	7351	4801	2333	1691		
Winter-tarwe	6886	4465	7856	5646	3254	2582		
Tulp	495	370	344	250	0	0	909	595
Peen	4941	3493	6048	4553	2872	2149		

Samenvatting

De belangrijkste uitkomsten van de SWAP-analyses zijn:

- Zoutgehaltes zijn het hoogst voor gewassen die diep wortelen en/of een hoge verdamping hebben. Lage zoutconcentraties worden berekend voor gewassen die vroeg in de zomer geoogst worden of die met een lage verdamping.
- In kleigronden is er weinig transport van zout, waardoor verzilting alleen een risico is voor gewassen die (bijna) tot aan het niveau van het zoute grondwater wortelen.
- Zoutgehaltes zijn in een droog jaar groter dan in een gemiddeld jaar, en hoger onder de toekomstscenario Wh-midden dan onder het huidige klimaat. Het verschil tussen een gemiddeld en droog jaar is over het algemeen groter dan tussen het huidige en toekomstig klimaat.

Referenties

Kroes, J.G., van Dam J.C., Bartholomeus, R.P., Groenendijk, P., Heinen, M., Hendriks, R.F.A., Mulder, H.M., Supit, I., van Walsum, P.E.V. (2017). SWAP version 4 Theory description and user manual. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Report 2780. 244 p.

Van Bakel, P.J.T., Kroes, J.G., de Vries, F. (2008). Gewassenmerken, NHI-fase 1+ Deelrapport 12. Utrecht, Deltares.

Acacia Institute

Van Hogendorpplein 4
2805 BM Gouda

Telefoon: 0182 – 686424
Internet: www.spaarwater.com