Inventarisatie maatregelen omtrent interne verzilting

Definitief rapport 28/5/2009

Leven met Zout Water
Deelrapport : Inventarisatie maatregelen omtrent interne verzilting

STOWA en Leven met Water

28/5/2009
Definitief rapport
Projectnummer 203

Acacia Water
Solutions in Groundwater

vrije Universiteit amsterdam

Documenttitel	Inventarisatie maatregelen omtrent interne verzilting
Status	Definitief rapport
Datum	28/05/2009
Projectnaam	Leven met Zout Water
Projectnummer	203
Opdrachtgever	STOWA en Leven met Water
Referentie	

Auteur(s)	Jouke Velstra, Merel Hoogmoed en Koos Groen

INHOUDSOPGAVE

1 Inleiding 1
1.1 Algemeen 1
1.2 Achtergrond 1
2 Aanpak en context van de maatregeltabellen 3
2.1 Water managementsysteem en verzilting 3
2.2 Typering en indeling van maatregelen 4
3 Gebruikersmaatregelen 5
3.1 Creëren van eigen zoetwatervoorziening 5
3.1.1 Opvang (berging) en recirculatie van regenwater 5
3.1.2 Ontzilting van grond- of oppervlaktewater 6
3.2 Conditioneren van watersysteem op perceel 7
3.2.1 Vergroting afstand of verhoging niveau van drainagemiddelen 7
3.2.2 Afvangen brakke kwel door kwelscherm van (diepe) drains 8
3.2.3 Combinatie berging en drainage 8
3.3 Aanpassingen agrarisch landgebruik 9
3.3.1 Aanpassen teeltsysteem voor zoetminnende gewassen 9
3.3.2 Gewaseigenschappen veranderen 10
3.3.3 Overstap op teelt van zouttolerante en zoutminnende gewassen 10
3.3.4 Overstap op aquacultures 11
3.4 Herziening natuurdoeltypen 12
4 Beheersmaatregelen 13
4.1 Externe wateraanvoer 14
4.1.1 Functiegebonden zoetwatervoorziening 14
4.1.2 Polder water hergebruik / hercirculatie 14
4.1.3 Gescheiden aan en afvoer via watergangen 14
4.1.4 Externe aanvoer via leidingen en afvoer via de watergangen 14
4.1.5 Gebruik effluent RWZI's 15
4.2 Interne watervoorziening door seizoensberging van (winter)afvoer en regenwater 15
4.2.1 Seizoensberging in open waterreservoirs (berging van winter voor zomer) 15
4.2.2 Seizoensberging in zoetwaterlenzen op percelen door verlaging van slootpeilen 16
4.2.3 Seizoensberging in ondiepe goed doorlatende afzettingen als kreekruggen 16
4.2.4 Seizoensberging in diepe aquifers door zoet water injectie 16
4.3 Tegengaan brakke grondwaterkwel 17
4.3.1 Tegengaan brakke kwel door peilverhoging in watergangen 17

4.3.2 Tegengaan van brakke kwel door waterwinning in het watervoerend pakket onder de Holocene deklaag 18
4.3.3 Tegengaan brakke kwel door dichten van wellen 18
4.3.4 Tegengaan brakke kwel door vergroten hydraulische weerstand door luchtinjectie....19
4.4 Sturen van de brakke waterstromen (i.c.m. regulering ruimtegebruik) 19
4.4.1 Compartimenteren van brakke kwelgebieden in polders en apart afwateren....19
4.4.2 Zonering op basis van beschikbaarheid zoet water 20
4.4.3 Concentreren van de brakke kwel in bepaald gebieden door doorprikken en verdiepen van slootbodems 20
4.4.4 Concentreren van kwel langs de randen van diepe polders 20
4.4.5 Door afwisselende "hoge" en "lage" sloten, zodat kwel zich op de laatste concentreren 20
5 Beleidsmaatregelen 21
5.1 Normering en watervoorziening differentiëren naar plaats en tijd....21
5.2 Verzekeringen 23
5.3 Ruimtegebruik sturen 23
5.3.1 Verplaatsen verziltinggevoelige teelt 24
5.3.2 Stedelijke ontwikkeling 24
5.3.3 Ontwikkelen van natuur....25
5.4 Brak watervoorziening ten behoeve van zilte teelten mogelijk maken....25
5.5 Waterlevering....25
5.5.1 Beprijzing waterlevering 25
5.5.2 Waterakkoorden en waterovereenkomsten externe aanvoer 26
6 Voorstel tot aanpak uitwerking gebiedsgericht waterbeheer in gebieden met brakke watersystemen 27
6.1 Inceptiestudie 27
6.2 Analyse watersysteem 27
6.3 Analyse watergebruik 28
6.4 Vaststellen van autonome ontwikkelingen 28
6.5 Opstellen modelstrumentarium 28
6.6 Inventarisatie en screening van maatregelen....29
6.7 Terugkoppeling en opstellen van alternatieven (maatregelcombinaties) ...29
6.8 Analyse van verschillende alternatieven 29
6.9 Terugkoppeling en besluitvorming....29
6.10 Definitieve besluitvorming in werkgroep en stuurgroep 29
7 Referenties 30

Lijst met figuren

Figuur 1.1 Fractie gebiedsvreemd water in een gemiddeld jaar links) en een extreem droog jaar (rechts) [35]. 2

Figuur 2.1 Schematische weergave van het water managementsysteem 3

Tabel 3.1. Verkort overzicht gebruikersmaatregelen (volledig versie in de bijlage)..... 5
Figuur 3.2 Voorbeeld van waterberging onder kas. Dubbele waterbergingskelder waarbij de onderste kelder is bedoeld voor piekberging van oppervlaktewater, terwijl de bovenste kelder gebruikt kan worden voor opslag van bijvoorbeeld gietwater en drainwater. [3] 6
Figuur 3.3 Schematische opzet van de proef met brakwaterzuivering. Ondiep zien we de bestaande grondwaterwinning, iets dieper zien we de winning van brak water en nog dieper de infiltratie van het ingedikte concentraat [32]. 6
Figuur 3.4 Principe van membraanfiltratie met MEMSTILL. [43] 7
Figuur 3.5 Doorsnede over een perceel over afstand van 40m en een diepte van 7m. Het betreft een geofysicameting (CVES) die het mogelijk maakt om de onverzadigde zone en verzadigde zoete laag weer te geven, in blauw, en in rood het brakke/zoute grondwater. De scherpe overgang van zoet naar zout is duidelijk herkenbaar en ligt op de diepte van de drains [52]. De drains zorgen ervoor dat de zout kwel de wortelzone niet bereikt. 8
Figuur 3.6 Systeem 3, gecombineerd systeem van waterberging in perceel en drainage.[54] 9
Figuur 3.7 Zeekool, zeekraal en lamsoor 11
Figuur 3.8 Teelt van gamba's en zaagers [bron: Happy Shrimp Farm en Innovatienetwerk]. 11

Tabel 4.1 Verkort overzicht beheersmaatregelen (volledig versie in de bijlage) 13
Figuur 4.2 Voorstel van gescheiden aan- en afvoer [42]. 14
Figuur 4.3 Hevels over de dijk en leveringsgebied via hevels en leidingen Wieringermeerpolder [19] 15
Figuur 4.4 Ondergrondse seizoensopslag en terugwinning van zoet water [9]. 17
Figuur 4.5 Berekend verloop van de zoutlast van Schouwen-Duiveland in het zeer droge jaar 1976, zonder peilmaatregelen (getrokken lijn), met peilverhoging (streeplijn) en met peilverhoging in combinatie met beregening (stippellijn) [39]. De peilverhoging resulteert in een lagere zoutlast. 17
Figuur 4.6 Grondwaterwinning onder de deklaag. Waardoor de kweldruk afneemt en daarmee de zoutbelasting in de sloot. [24] 18
Figuur 4.7 Schematische weergave van een gescheiden zoet- en zoutwatersysteem 19

Tabel 5.1 Verkort overzicht beleidsmaatregelen (volledig versie in de bijlage)..... 21
Tabel 5.2. Chloride concentraties (mg Cl-/l; zomerhalfjaargemiddelden) in oppervlaktewateren, gekoppeld aan de ecologische toestand [12] 22
Figuur 5.3 Veeteelt in brak laagveengebied [bron: Staatsbosbeheer] 22
Figuur 5.4 Voorbeeld hagelschade (bron: verzekeraar Onderlinge Fruittelers Hagelverzekerings-maatschappij) 23

1 INLEIDING

1.1 Algemeen

Om waterbeheerders te informeren over maatregelen die ontwikkeld zijn en in ontwikkeling zijn rond het omgaan met verzilting is door Acacia Water een inventarisatie uitgevoerd.

We richten ons in dit rapport op interne verzilting en daaraan gerelateerde maatregelen die binnen de competentie liggen van de belanghebbenden van de regionale en lokale watersystemen. Het rapport richt zich dus niet op de problematiek en maatregelen ten aanzien van externe watervoorziening en verzilting van rijkswateren.

De maatregelen zijn ingedeeld op basis van mogelijkheden en bevoegdheden van de verschillende belanghebbenden. Dit heeft geresulteerd in een indeling van maatregelen binnen het bereik van gebruiker, beheer en beleid. Voor iedere maatregel is er aandacht voor de methodiek, de initiator, beslissingsbevoegd orgaan en uitvoeringsniveau.

Er is getracht een compleet beeld te geven van het scala van maatregelen betreffende verzilting: een ambitie die waarschijnlijk niet haalbaar is vanwege de continue ontwikkelingen. Daarom is dit rapport is dan ook bedoeld als een groeidocument. Aanvullingen en correcties zijn meer dan welkom.

1.2 Achtergrond

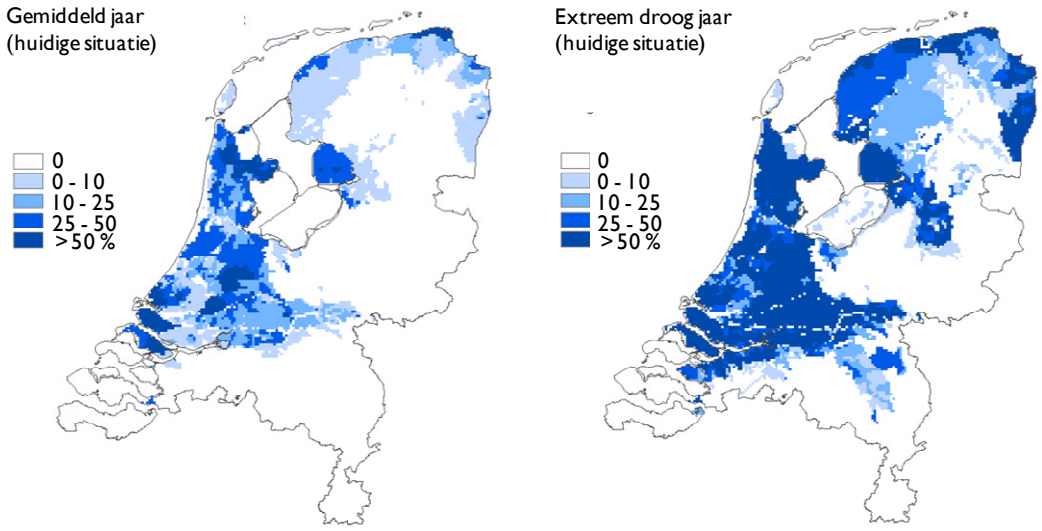
In Laag Nederland komen op veel plaatsen grondwater- en oppervlaktelichamen voor die "van nature" brak of periodiek brak zijn. Daar waar deze situatie niet stuurbaar is door de waterbeheerders heeft het landgebruik voor landbouw en natuur zich aangepast, zoals in grote delen van Zeeland. Daar waar sturing wel mogelijk is en gewenst vanwege het landgebruik, bestaat vaak een lange traditie van sturing door waterschappen, meestal in de vorm van het spoelen van brakke waterlopen met zoet water in de zomer ten behoeve van de landbouw en soms ook natuurgebieden.

De verwachting is dat door klimaatverandering, zeespiegelstijging en bodemdaling de waterlichamen brakker worden of beter gezegd dat de frequentie waarmee een bepaald zoutgehalte wordt overschreden zal toenemen. Dat laatste geldt vooral voor het oppervlaktewater. Aan de andere kant voltrekt zich ook een verandering in het landgebruik.

Langjarige prognoses wijzen erop dat het areaal met akkers en weides voor de traditionele landbouw – nu nog het grootste ruimtebeslag - in economisch belang zal afnemen. Specialistische teelten die winstgevender zijn en van zoet beregeningswater afhankelijk zijn zullen daarentegen uitbreiden. Verder zal er meer ruimte nodig zijn voor woningbouw en infrastructuur. Dat veroorzaakt knelpunten gerelateerd aan verzilting en zoetwatervoorziening. Het is echter ook een kans voor innovatieve oplossingen en anders omgaan met ruimte en gebruik ervan.

Doorspoelgebruik in Nederland

De momenteel meest toegepaste maatregel tegen verzilting is doorspoelen met zoet water dat van buiten het eigen watersysteem wordt aangevoerd. Dit wordt geïllustreerd in onderstaande figuur, die de verspreiding van dit zogenaamde 'gebiedsvreemd water' in Nederland laat zien.



Figuur 1.1 Fractie gebiedsvreemd water in een gemiddeld jaar links) en een extreem droog jaar (rechts) [35].

Grote gebieden in noord en west Nederland zijn in de zomerperiode dus in meer of mindere mate afhankelijk van gebiedsvreemd water. Dit wordt overigens niet alleen ingelaten ten behoeve van doorspoeling maar ook van peilhandhaving en beregening. Het gebiedsvreemd water is in de zomerperiode doorgaans water uit de grote rivieren, al dan niet indirect via het IJsselmeer.

In principe is doorspoelen een goede maatregel om de norm van het oppervlaktewater te waarborgen. De beschikbaarheid van zoet water van goede kwaliteit staat echter onder druk, ten gevolge van autonome ontwikkelingen zoals:

- toename van zoute kwel, waardoor meer doorspoelen noodzakelijk wordt
- afname van beschikbaar water van goede kwaliteit, door verminderde rivierafvoer en daardoor ook minder water beschikbaar in het IJsselmeer, en door indringing van zeewater in rivieren
- hogere eisen van gebruikers, vanwege hoogwaardige kapitaalintensieve teelten

Als het aanbod uit de rivieren of de watervoorraad in de meren te laag wordt kan in de gebieden die afhankelijk zijn van wateraanvoer een oppervlaktewatertekort optreden.

De kansen en noodzaak tot anders denken wordt momenteel versneld door een proces waarbij veranderingen deels worden geleid door beleidsveranderingen, ingegeven door het rapport van de Deltacommissie en het ontwerp Nationaal Waterplan. Dit beleid houdt in dat de regionale watersystemen, in dit geval de poldergebieden in Laag Nederland, minder afhankelijk moeten worden voor de externe wateraanvoer (vanuit de Rijn) in droge perioden. Ook polders met brakke kwel als interne zoutbron dienen zich in de toekomst zelf te kunnen bedruipen.

Deze ontwikkelingen stelt beleidsmakers, waterbeheerders en gebruikers voor de opgave tot het nemen van maatregelen ten aanzien van verzilting en zoetwatervoorziening. Daarbij rekening houdend met de autonome ontwikkelingen in de komende decennia.

2 AANPAK EN CONTEXT VAN DE MAATREGELTABELLEN

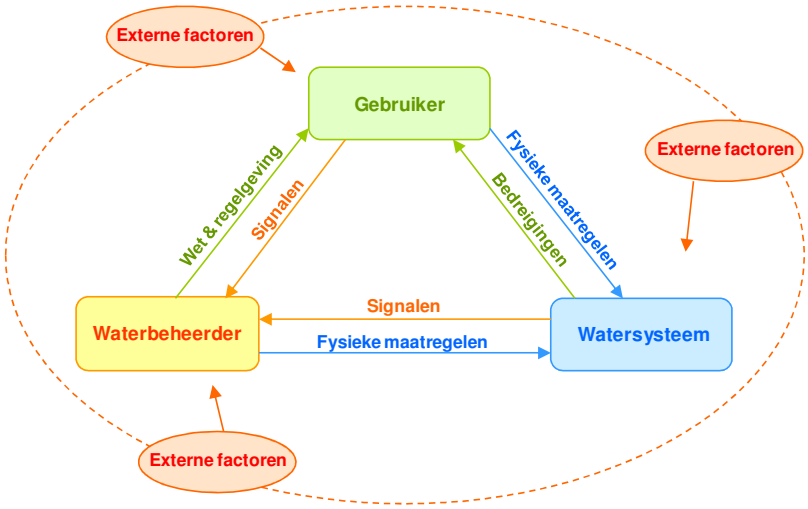
Leidraad voor de indeling van de maatregelen is het model voor het water management systeem. Dit water management systeem is het spanningsveld waarbinnen de balans gevonden moet worden tussen het handhaven van een robuust en duurzaam watersysteem en de wensen van de landgebruikers en de maatschappij in het algemeen.

2.1 Water managementsysteem en verzilting

Het water managementsysteem bestaat uit drie componenten:

(i) de gebruiker (landbouw, natuur, drinkwatervoorziening, woonomgeving),
(ii) de waterbeheerder (rijk, provincie, waterschap, gemeente) en
(iii) het watersysteem.

Het ervaren van verzilting als probleem binnen het spanningsveld van deze componenten is afhankelijk van de perceptie, die voor gebruikers en beheerders verschillend kan zijn.



Figuur 2.1 Schematische weergave van het water managementsysteem

Verschuivingen in dit spanningsveld kunnen voortkomen uit *externe factoren*. Vanuit de waterbeheer en gebruiker beschouwd zijn dit bijvoorbeeld de Kaderrichtlijn water en beleid voortkomend uit het Nationaal Waterplan. Vanuit het watersysteem beschouwd is de verwachting dat de verzilting in de deze eeuw zal toenemen als gevolg zeespiegelstijging, bodemdaling en klimaatverandering.

Door veel gebruikers wordt dit als een *bedreiging* gezien – in het geval van een landbouwer bijvoorbeeld voor zijn oogst. De gebruiker heeft dan twee mogelijkheden om te reageren: door het nemen van *fysieke maatregelen* die vallen binnen zijn bevoegdheden (zoute kwel afvangen, water zuiveren), of door het afgeven van een signaal bij de waterbeheerder.

De waterbeheerder kan tevens *signalen* ontvangen vanuit het watersysteem zelf, bijvoorbeeld bij een overschrijding van de gestelde chloridenorm. Afhankelijk van het type waterbeheerder en het afwegingskader beschikt deze vervolgens over bevoegdheden om actie te ondernemen in de vorm van *fysieke maatregelen*

ten aanzien van het watersysteem (denk aan verhogen van het inlaatdebiet ten behoeve van doorspoelen), of middels *wet en regelgeving* (bijvoorbeeld door een vergunning te verlenen voor grondwateronttrekking ten behoeve van beregening, of door sturing te geven aan de ruimtelijke ordening en daarmee een wijziging van het landgebruik te bewerkstelligen).

2.2 Typering en indeling van maatregelen

Maatregelen om de balans te handhaven kunnen dus worden geïnitieerd door zowel waterbeheerders (waterschappen, provincies), beleidsmakers (provincies, ministeries) als gebruikers (agrariërs, industrieën, waterleidingbedrijven en natuurbeheerders). Met dit model van het water management systeem voor ogen zijn de maatregelen in dit rapport onderverdeeld in gebruiksmaatregelen beheersmaatregelen en beleidsmaatregelen.

De maatregelen liggen in het technische, beheersmatige en bestuurlijk-juridische domein en zijn van een schaalniveau variërend van percelen tot grote polders. Als zodanig is dit overzicht relevant voor alle stakeholders in het water managementsyteem. De maatregel zijn soms fundamenteel verschillend in de zin dat sommige maatregelen brak water en verzilting bestrijden door brongerichte (kwelreductie) en effectgerichte ingrepen (doorspoelen). Naast deze mitigerende maatregelen zijn er ook adaptieve maatregelen, waarbij beheerders en gebruikers zich aanpassen aan het brakke watersysteem. Veel maatregelen zijn hybride vormen.

Voor elk van de maatregelen is steeds een korte omschrijving. Informatie over de maatregelen is ook in de tabellen samengevat. Een verkorte tabel is in de tekst opgenomen, de uitgebreide versie hiervan is opgenomen in de bijlagen. De informatie in de tabellen betreft onder andere de initiator (gebruiker of beheerder) van de maatregel, (mee)beslissende organen, mitigerend of adaptief, het ontwikkelingsstadium van de maatregel en de locatie waar die is toegepast. Tenslotte bevat de tabel ook referenties naar bronnen met gedetailleerdere informatie over de maatregel.

Een belangrijke opmerking is dat de maatregelen niet alle in een zelfde stadium van ontwikkeling verkeren. Enkele zijn nog in een conceptueel stadium (proefballon), maar ons inziens wel haalbaar. Anderen hebben zich op pilotschaal al bewezen, maar zijn nog niet op grotere schaal toegepast. Weer andere maatregelen zijn alleszins uitvoerbaar maar vergen veranderingen in de wet en regelgeving, nader toegepast wetenschappelijk onderzoek of samenwerkingsverbanden van publieke en private partijen.

3 GEBRUIKERSMAATREGELEN

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de maatregelen die door gebruikers zelf of een beheerder geïnitieerd en door de gebruiker uitgevoerd worden. Een gebruiker is gedefinieerd als degene die gebruik maakt van land en/of water. Dit kan zijn ten behoeve van landbouw, natuur, drinkwatervoorziening of woonomgeving.

Tabel 3.1. Verkort overzicht gebruikersmaatregelen (volledig versie in de bijlage)

Gebruiksmaatregelen	Initiatief[1]	Uitvoering[2]	Schaal-niveau[3]	Type[4]	Locatie	Uitvoer-stadium[5]
Eigen watervoorzienig						
Opvang en recirculatie regenwater	A / WS	G	L	M	Kassengebieden West-Nederland	1
Ontzilten brak water	A / WS	G	L	M	o.a. kassen in Westland	1
Ontzilten brak water met MEMSTILL technologie	A / WS	G	L	M	enkele pilots in het buitenland	2
Conditioneren van watersysteem op perceel						
Vergroting afstand of verhoging niveau van drainagemiddelen	A	G	L	M	Percelen in polders met veeteelt (grasland)	1 en 4
Afvangen brakke kwel door kwelscherm van diepe drains	A	G	L	M	Vrijwel alle percelen in polders waar akkerbouw wordt bedreven	1
Combinaties berging en drainage	A / LS / P	G	L	M		2
Aanpassen agrarisch landgebruik						
Teeltsysteem zoete gewassen	A / LS	G	L	A		
- bodemstructuur						1
- nutrientenvoorziening						1
- drip/sprinkler irrigatie						4
Gewaseigenschappen veranderen (veredeling, genetische modificatie en halofyten)	A / LS	G	R / N	A		Veredeling (3) Gen. Modif. (?) Halofyten (?)
Overstap op zoutminnende gewassen	A / LS	G	L / R	A	Zeeuwse eilanden, Veerse Meer, Texel, Ferwerd	2
Overstap op zoutminnende aquacultuur	A	G	L	A	Yerseke, Veerse Meer, Maasvlakte	1 en 2
Herziening natuurdoeltypen	NB / P	G	L	A		

[1] Initiatief (nemer):	A= Agrarier, G= Gemeente, LS=Landbouwsector, N= Nationale overheid, NB=NatuurBeheerder, P= Provincie, WL= Waterleidingbedrijf, WS = Waterschap
[2] Uitvoering (verantwoordelijk/bevoegd):	G = Gebruiker, B = Beheerder
[3] Schaalniveau van de maatregel:	L= Lokaal, R= Regionaal, N= Nationaal
[4] Type maatregel:	A= Adaptief, M= Mitigerend
[5] Uitvoerstadium	1= dagelijkse praktijk, 2 = Pilot, 3= Deskstudie, 4= Proefballon
[6] Referenties	Nummer komt overeen met de referentielijst in het rapport

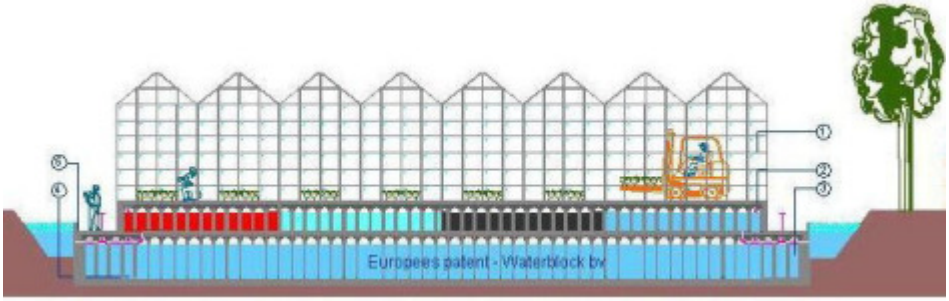
3.1 Creëren van eigen zoetwatervoorziening

3.1.1 Opvang (berging) en recirculatie van regenwater

Opvang en berging van regenwater wordt algemeen toegepast in de kassenteelt vaak nog in combinatie met zuivering en recirculatie. Dit is mogelijk wanneer de te beregenen oppervlakken beperkt zijn en teeltvormen betreft die kapitaalintensief zijn [o.a. 3,6,8,13,46,47,50].

Systemen voor waterberging zijn onder te verdelen in gesloten, halfopen tot open berging bassins. Waarbij dan nog weer onderscheidt kan worden gemaakt tussen bedrijfsgebonden systemen en gebiedsgebonden systemen. De

gebiedsgebonden systemen vallen binnen de bevoegdheid van de waterbeheerder en zijn beschreven in paragraaf 4.2. Welk systeem in de praktijk wordt toegepast, hangt bijvoorbeeld af van watergangen, beschikbare ruimte en vrijheidsgraden, urgentie, natuur- en recreatieve waarden, beleid van waterschap en gemeente, en grondprijs. Zo kan een (kleine) kelder bedrijfsgebonden worden toegepast (de norm van 325 m3 voor het aantal ha glas), of collectief door een aantal tuinders voor een (deel van) een polder of boezemland, als dat waterhuishoudkundig ter plaatse kan [6].

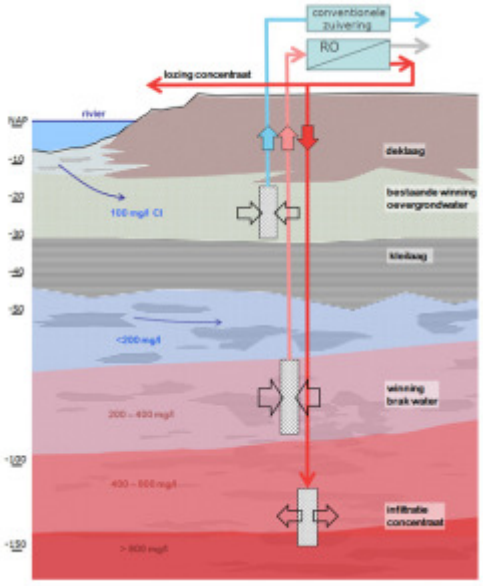


Figuur 3.2 Voorbeeld van waterberging onder kas. Dubbele waterbergingskelder waarbij de onderste kelder is bedoeld voor piekberging van oppervlaktewater, terwijl de bovenste kelder gebruikt kan worden voor opslag van bijvoorbeeld gietwater en drainwater. [3]

Een uitbreiding van het creëren van een eigen watervoorziening is het concept 'De Waterhouderij'. Het idee hiervan is dat boeren verenigd in coöperaties gezamenlijk hun watervoorziening regelen. Het regenwater dat op hun land valt wordt via sloten vervoerd naar een meer of een ondergrondse opslag, waar het bewaard wordt voor een droge periode [37].

3.1.2 Ontzilting van grond- of oppervlaktewater

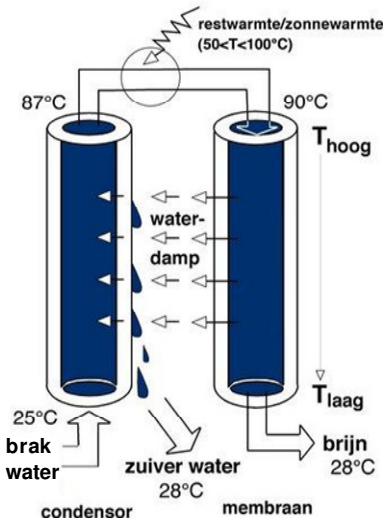
Wanneer opvang op eigen terrein niet mogelijk is en er is geen zoet water beschikbaar kan het voor kapitaalintensieve teelten haalbaar zijn om brak grondwater op te pompen en te zuiveren via membraanfiltratie.



Figuur 3.3 Schematische opzet van de proef met brakwaterzuivering. Ondiep zien we de bestaande grondwaterwinning, iets dieper zien we de winning van brak water en nog dieper de infiltratie van het ingedikte concentraat [32].

Waar voor de glastuinbouw ontzilting al wordt toegepast is dit voor de waterleidingbedrijven in Nederland nog niet het geval. Wel is Waternet [57] gestart met een studie naar de mogelijkheden en is een proef voorzien door Oasen [32] voor het winnen en ontzilten van brak grondwater.

Ontzilten van brak tot zout grondwater is relatief duur. Wanneer restwarmte beschikbaar is uit vergisting en verbranding van agrarisch afval dan kan ook gebruik worden gemaakt van de goedkopere MEMSTILL destillatietechniek.[43]



Figuur 3.4 Principe van membraanfiltratie met MEMSTILL. [43]

Nadeel van beide ontziltingsmethoden is en blijft dat er een restant brijn over blijft dat niet zonder meer geloosd mag worden op het oppervlaktewater. Door verschillende waterschappen is lozing op het oppervlaktewater toegestaan als de chlorideconcentratie niet meer bedraagt dan 200 mg/l wat in de praktijk niet de ideale oplossing is. Lozing op het riool is volgens het besluit glastuinbouw ook niet toegestaan.

Een andere mogelijkheid is het lozen van brijn in de bodem. Over het algemeen is dit verboden en wordt er alleen een ontheffing verleend als wordt voldaan aan alle voorwaarden van het Lozingenbesluit Bodembescherming.

3.2 Conditioneren van watersysteem op perceel

3.2.1 Vergroting afstand of verhoging niveau van drainagemiddelen

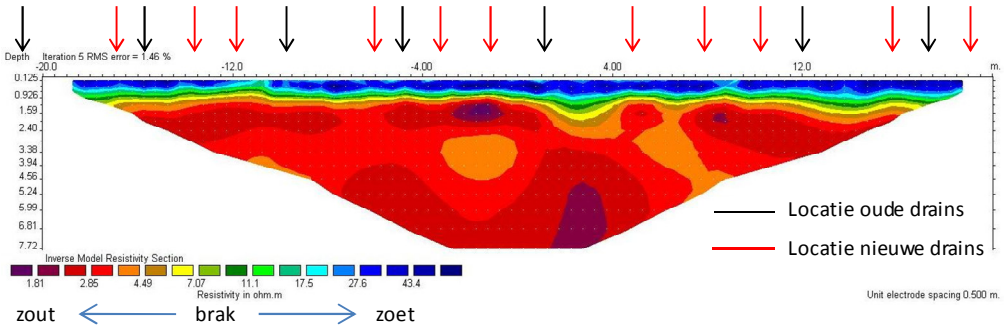
Dikkere grondwaterlenzen op de percelen kunnen worden gecreëerd door de afstand tussen de drainage middelen in de vorm van greppels en drainagebuizen te vergroten. In het geval van drainagebuizen kan dit ook worden bereikt door de diepteligging te verkleinen. De dikkere zoete grondwaterlens voorkomt doorbraak van dieper brak grondwater in de wortelzone [41,49].

De lens kan zodanig toenemen in dikte dat het zoete grondwater kan worden opgepompt ten behoeve van beregening. Dit is alleen mogelijk in zandige afzettingen. Door Provincie Zeeland wordt bijvoorbeeld vergunning verleend voor onttrekkingen wanneer deze lens dikker is dan 15 meter. In meerdere kreekruggen wordt hieraan voldaan. Een verhoging van het grondwater met 3,5 decimeter kan leiden tot een aangroei van de lens met 15 meter. Voorwaarde is

wel dat de lens zich volledig kan ontwikkelen. Bij een netto porievolume van 20% komt een grondwaterschijf van 3,5 decimeter overeen met 70 mm, ongeveer de gemiddelde beregeningsbehoefte, en ongeveer de helft van wat in een gemiddeld jaar wordt afgevoerd [13]. Doordat deze maatregel alleen werkt bij zandige afzettingen is toepassing van deze maatregel mogelijk in Zeeland, de Waddeneilanden en langs de kust van Friesland en Groningen. Nadeel is dat in sommige gebieden de freatische grondwaterstand in natte perioden sterk kan stijgen, zodat de grond niet goed bewerkbaar en berijdbaar wordt en natschade kan ontstaan voor akkerbouwgewassen.

3.2.2 Afvangen brakke kwel door kwelscherm van (diepe) drains

In sommige gebieden met brakke kwel wordt ook een tegenovergestelde strategie toegepast ten opzichte van de vorige. Grondgebruikers hebben daar een relatief dicht netwerk van diepe drains, die de brakke kwel afvangen en doorbraak tot de wortelzone verhinderen. Echter hier kan zich geen zoetwaterlens van betekenis ontwikkelen en doet het systeem juist de kwel toenemen, omdat de gemiddelde grondwaterstand lager ligt dan die in niet-gedraineerde percelen. Men treft dit dan ook aan in vrijwel alle polders met akkerbouw waar ook brakke kwel een rol speelt. Opgemerkt wordt dat dit systeem in eerste instantie is aangelegd om natschade te voorkomen.



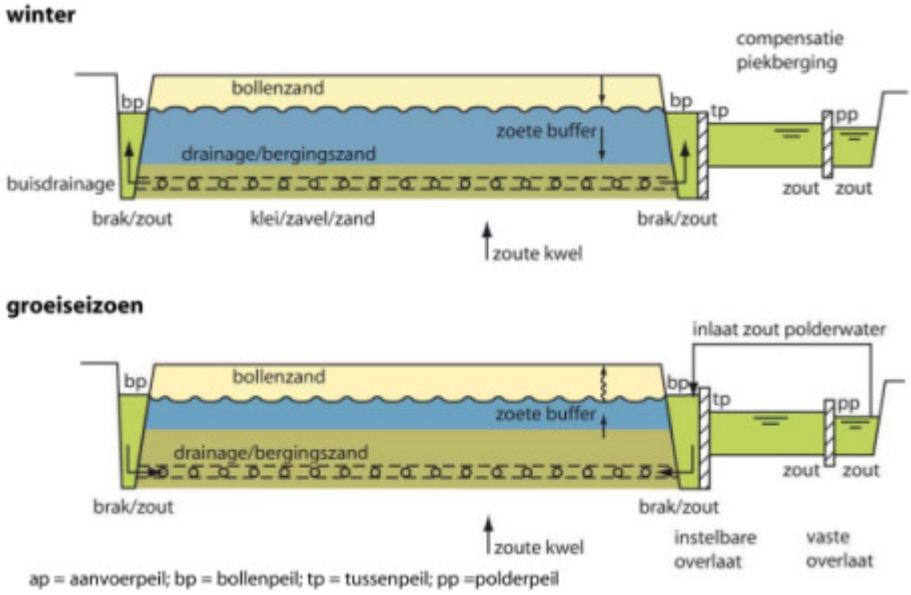
Figuur 3.5 Doorsnede over een perceel over afstand van 40m en een diepte van 7m. Het betreft een geofysicameting (CVES) die het mogelijk maakt om de onverzadigde zone en verzadigde zoete laag weer te geven, in blauw, en in rood het brakke/zoute grondwater. De scherpe overgang van zoet naar zout is duidelijk herkenbaar en ligt op de diepte van de drains. De drains zorgen ervoor dat de zout kwel de wortelzone niet bereikt. [52].

3.2.3 Combinatie berging en drainage

Een speciaal systeem dat is ontwikkeld ten behoeve van de bollenteelt. Het bestaat uit een systeem van diepe drainagebuizen in combinatie met peilbeheer in de randsloten. Er zijn een drietal zogenaamde waterbeheersystemen ontworpen die momenteel middels praktijkproeven in de Wieringermeerpolder worden getest [54].

- Systeem 1. Betreft een systeem waarbij een zwakke inzijgingssituatie optreedt. Dit wordt bereikt door een verhoogd maaiveld en een juiste instelling van het freatisch waterpeil met behulp van drainage.
- Systeem 2. Betreft een variant waarbij een ondoorlatende folie is aangebracht onder het drainage niveau. De folie dient om de brakke kwel tegen te gaan en te sterke wegzijging te voorkomen. De drainage dient op het waterpeil te sturen.

- Systeem 3. Infiltratie vindt plaats vanuit ondergronds opgeslagen neerslagoverschot. Beregening is niet of nauwelijks noodzakelijk. Waterafvoer vindt plaats via drainagesysteem. In de winter wordt neerslagoverschot aangevuld en verdringt het brakke water via drainagesysteem.



Figuur 3.6 Systeem 3, gecombineerd systeem van waterberging in perceel en drainage.[54]

3.3 Aanpassingen agrarisch landgebruik

3.3.1 Aanpassen teeltsysteem voor zoetminnende gewassen

De meest simpele aanpassing is het telen van gewassen die geen additionele beregening nodig hebben, hoewel dat in het algemeen de minder rendabele gewassen zijn. Daar waar traditionele gewassen toch beregening nodig hebben is het onder bepaalde condities mogelijk licht brak water (200 tot 1000 mg/l) hiervoor te gebruiken. Anders gezegd: de zoutschade ligt binnen acceptabele grenzen en weegt niet op tegen de droogteschade. Daar zijn dan vaak wel aanvullende maatregelen voor nodig. Beregenen met brak water is onder bepaalde omstandigheden mogelijk zolang een bepaalde van mate van overirrigatie wordt toegepast om de zouten die zich bij verdamping ophopen in de wortelzone uit te spoelen. De watergift dient dan gericht plaats te vinden door middel van druppel- of lage sprinklersystemen.

Voorwaarde is wel dat de bodem redelijk doorlatend is. Dat betekent dat in sommige gevallen de bodemstructuur moet worden verbeterd. Verder is het zo dat onder zilte omstandigheden de beschikbaarheid van nutriënten voor het gewas minder groot kan zijn en het daarom soms zinvol is extra nutriënten toe te dienen via bladbemesting [47].

Druppelirrigatie heeft als voordeel voor diverse gewassen dat een wat hogere opbrengst kan worden verkregen en een uniformer product, bijvoorbeeld een

regelmatigere knolsortering in aardappelen. Daarnaast kan met brak water schurft worden beperkt. Belangrijk nadeel zijn de hoge kosten en waardoor het alleen rendabel kan zijn bij hoog renderende gewassen [2,48].

3.3.2 Gewaseigenschappen veranderen

Er zijn meerdere mogelijkheden om gewas aan te passen aan ziltere omstandigheden:

- Cultivarkeuze: gebruik de variatie in zouttolerantie die al binnen gewassen bestaat
- Versterk de zouttolerantie door veredeling
- Versterk de zouttolerantie door genetische modificatie
- Verhoog de opbrengst en de kwaliteit door veredeling, dan blijft bij zilte omstandigheden nog een aanvaardbaar niveau over.
- Maak hybriden tussen soorten om de zouttolerantie van gewassen te verbeteren
- Ontwikkel halofyten (zoutminnende planten) tot landbouwgewassen.

Voor al deze oplossingsrichtingen geldt dat de kennis beperkt is. Er is vrij weinig bekend over verschillen in zouttolerantie tussen cultivars.

Versterken van de zouttolerantie door hybridisatie, veredeling of genetische modificatie heeft tot nog toe slechts zeer beperkt succes gehad. Het is erg lastig om zouttolerantie goed vast te stellen. Het gaat uiteindelijk om de opbrengst die er in een veldsituatie bereikt kan worden, maar die situatie is niet te standaardiseren. Metingen onder gecontroleerde omstandigheden geven altijd een vertekend beeld.

In de enkele gevallen dat het gelukt is de zouttolerantie te verhogen door veredeling, blijkt dat de verandering ook gevolgen heeft voor de productie onder zoetwateromstandigheden. Die kan hoger of juist lager zijn dan die in het oorspronkelijke gewas. Andere mogelijkheden zijn middels genetische manipulatie. Ontwikkeling van halofyten tot landbouwgewassen zou succesvol kunnen zijn, gegeven de variatie aan halofyten die beschikbaar is. Dat lijkt echter alleen perspectief te hebben als er voor deze alternatieve gewassen een markt is [47].

3.3.3 Overstap op teelt van zouttolerante en zoutminnende gewassen

Er zijn enkele initiatieven van agrariërs, die zijn overgegaan op de teelt van zouttolerante gewassen als gerst, spelt, asperge en biet en zoutminnende gewassen, zoals zeekraal, zeekool, en zeeaster. De beste omstandigheden daarvoor zijn die waar brak water relatief ondiepe zit en/of tot in de wortelzone reikt. Deze kleinschalige initiatieven zijn geconcentreerd in de kuststreek zoals in Zeeland, Friesland en Texel (zie bijvoorbeeld zeekool.nl) [11,13,14,47].

In veel polders, zelfs die met hoge zoutgehalten in de watergangen, bevinden zich echter permanente zoetwaterlenzen op de percelen. Men kan de brakke condities in de wortelzone bevorderen door bepaalde beheers- en bedrijfsmaatregelen die het omgekeerde beogen van de hierboven beschreven maatregelen, namelijk het zout maken van de wortelzone. Vaak is toch

additionele beregening nodig van brak water. Als de sloten zoet zijn of zoet worden gehouden, dan moet een andere bron van brak/zout water worden gevonden (aanvoer met tankwagens zoals op Texel, of het oppompen van zout grondwater). Aanvoer via brak water van buiten via sloten kan ook een optie zijn. Opgemerkt wordt dat voor het aanvoeren en beregenen van brak water aparte vergunningen nodig zijn en het huidige vergunningbeleid hierop niet is afgestemd. Kortom mogelijkheden voor zilte teelten hangen sterk af van de locale omstandigheden en medewerking van het bevoegd gezag (zoals waterschap).



Figuur 3.7 Zeekool, zeekraal en lamsoor

3.3.4 Overstap op aquacultures

Een verdergaande vorm van aanpassing in het agrarisch gebruik aan zilte omstandigheden is de binnendijkse teelt van vis, schaaldieren en zagers. Dit gebeurt nu al op kleine schaal op verschillende locaties in Zeeland (productie) en Friesland (pilot Westergo). Het is duidelijk dat voor de teelt van mariene diersoorten alleen locaties in aanmerking komen waar een grote toevoer van brak tot zout grondwater heerst en bovendien de mogelijkheid bestaat tot aanvoer van zeewater. Vaak moet een voedselketen worden opgezet te beginnen met algenteelt. De watercirculatie in de teeltbassins is vrij groot. Ook al is de waterbeschikbaarheid (buitenwater) groot dan is hergebruik van het nutriëntrijke en vervuilde water noodzakelijk om de lozing van afvalwater te minimaliseren. Het voert te ver om hier in te gaan op alle inrichtingsmaatregelen. Daarvoor wordt verwezen naar onder andere [11,13,14].



Figuur 3.8 Teelt van gamba's en zaagers [bron: Happy Shrimp Farm en Innovatienetwerk].

3.4 Herziening natuurdoeltypen

Naar analogie van de agrarische gebruiker die overgaat op de teelt van andere producten kunnen natuurbeheerders hun natuurdoeltypen wijzigen van die van zoete naar brakke ecosystemen om het hoofd te bieden aan de verzilting en de geringe beschikbaarheid van zoet water in de zomer. Dat hoeft niet te leiden tot vermindering van de natuurwaarden [44]. Opgemerkt dat huidige brakke natuurgebieden zijn ontstaan omdat landbouw niet langer rendabel was of kon worden gemaakt. Overigens is het in Laag Nederland tegenwoordig vaak het omgekeerde het geval waarbij brakke natuur is gewenst en er sprake is van verzoeting, een voorbeeld is de polder Westzaan [38]. Er worden dan maatregelen genomen om het watersysteem te verbrakken.

4 BEHEERSMAATREGELEN

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de maatregelen die door gebruikers of een beheerder geïnitieerd en door de beheerder uitgevoerd worden. De beheerder is gedefinieerd als degene die verantwoordelijk is voor het waterbeheer en bevoegd is tot uitvoering van maatregelen. Dit zijn rijk, provincie, waterschap of gemeente.

Tabel 4.1 Verkort overzicht beheersmaatregelen (volledig versie in de bijlage)

Beheersmaatregelen	Initiatief[1]	Uitvoering[2]	Schaal-niveau[3]	Type[4]	Locatie	Uitvoer-stadium[5]
Externe wateraanvoer						
Functiegebonden zoetwatervoorziening	WS	B	R	M / A		4
Polder water hergebruik / hercirculatie	WS	B	R	M	Hollands Noorderkwartier, Rijnland	3(9), 4(1)
Gescheiden aan en afvoer via watergangen	WS	B	R	M		3
Aanvoerleidingen en afvoer via de watergangen	A / WS / WL	G / B	R	M		1
Gebruik effluent RWZI	WS	B	R	M / A	Zeeland, Texel	2
Interne watervoorziening door seizoensberging						
Seizoensberging in open waterreservoirs						
- bassin (seizoensberging)	P/WS/A	B/G	L / R	M	o.a. Noord en Zuid Meene, Eendrachtspolder, Zuidplaspolder,…	1
- natuurgebied gebruiken als opslag	WS/P	B	R	M	Diverse locaties o.a. Zuidplaspolder	3
- aanleg tussenboezems	WS/P	B	R	M	Hollands Noorderkwartier	3
Zoetwaterlenzen op percelen door verlaging van slootpeilen	A / WS	B	L	M	Texel	4
Kreekruggen / strandwallen	A / WS / P	B / G	L en R	M	Zeeland	3
Diepe aquifers door zoet water injectie	WS/WL	B/G	L/R	M	Haarlemmermeer, Herten (WML), Glastuinbouw	3, 2, 1
Tegengaan brakke grondwaterkwel						
Peilverhoging in watergangen / polder	WS	B	R (L)	M	Diverse locaties	1
Waterwinning in het watervoerend pakket onder de Holocene deklaag	WS	B / G	L	M		4
Dichten van wellen	P / WS / G	B	L	M	Haarlemmermeer (rijksweg A4), Haarlemmermeer (HSL)	1 (waterglas), 2 (biosealing)
Vergroten hydraulische weerstand door luchtinjectie	WS	B	L	M		2
Sturen brakke stromen						
Compartimenteren brakke kwelgebieden	WS (P/G)	B	R/L	A	Texel, polder Welvliet bij Spijkenisse	1
Zonering op basis van beschikbaarheid zoet water	WS	B	R	A		4
Concentreren brakke kwel door doorprikken/verdiepen slootbodems	WS	B	L	A	Schouwen-Duiveland	2
Concentreren van kwel langs de randen van diepe polders	WS	B	R	A	?	1
Dubbel slootpeil	WS	B	R	A / M		4

[1] Initiatief (nemer):	A= Agrarier, G= Gemeente, LS=Landbouwsector, N= Nationale overheid, NB=NatuurBeheerder, P= Provincie, WL= Waterleidingbedrijf, WS = Waterschap
[2] Uitvoering (verantwoordelijk/bevoegd):	G = Gebruiker, B = Beheerder
[3] Schaalniveau van de maatregel:	L= Lokaal, R= Regionaal, N= Nationaal
[4] Type maatregel:	A= Adaptief, M= Mitigerend
[5] Uitvoerstadium	1= dagelijkse praktijk, 2 = Pilot, 3= Deskstudie, 4= Proefballon
[6] Referenties	Nummer komt overeen met de referentielijst in het rapport

4.1 Externe wateraanvoer

4.1.1 Functiegebonden zoetwatervoorziening

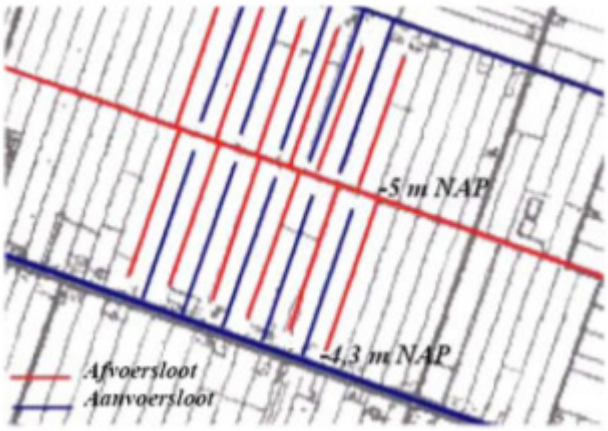
Doorspoelen is eigenlijk een vorm van waterleverantie en er kan daarom ook naar de vraagzijde worden gekeken. Optimalisatie kan dus plaatsvinden door eerst het watergebruik (voor beregening) te kwantificeren en te lokaliseren. Daarna kan het systeem van doorspoelen worden herzien door andere inlaatpunten te maken [8] en de circulatie van het water gericht te sturen naar de gebruikers in de perioden waarin dit nodig is (groeiseizoen) [52].

4.1.2 Polder water hergebruik / hercirculatie

Water dat uit een polder met een geringe zoutlast wordt gepompt kan gebruikt worden om polders door te spoelen met een hogere zoutbelasting. In veel gevallen wordt water uit polders direct op de boezem uitgeslagen. De boezem heeft hierdoor een waterkwaliteit die een optelsom is van het zoete en zoute uitgemalen water stroomopwaarts. Ditzelfde water wordt ook weer gebruikt voor het doorspoelen van andere polders. Door water uit zoete polders direct te benutten voor doorspoelen van brakke polders zou doorspoelen efficiënter kunnen plaatsvinden [13, 42]. Vergelijkbaar maar dan binnen een polder is beschreven in maatregel 4.4.4.

4.1.3 Gescheiden aan en afvoer via watergangen

Nederland is de situatie van het watersysteem vrij uniek te noemen doordat hier het aan- en afvoer van water via dezelfde watergangen plaatsvindt [23]. In sommige polders zijn er aparte stelsels van watergangen met aanvoer van zoet water en afvoer van brak drainagewater. De inrichting van de polders hiervoor is niet overal geschikt, maar varianten hierop kunnen worden gecreëerd door het opstuwen van enkele sloten die direct toegang hebben tot extern zoetwater.



Figuur 4.2 Voorstel van gescheiden aan- en afvoer [42].

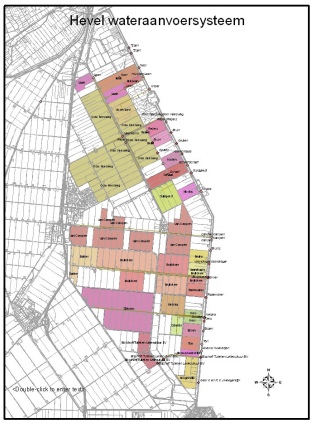
4.1.4 Externe aanvoer via leidingen en afvoer via de watergangen

Als de behoefte aan zoet water gering is en beperkt tot een klein gebied kan worden overwogen om water te leveren via leidingen. Waterlevering zou dan plaats kunnen vinden door het waterschap maar ook een waterleidingbedrijf. Een

consequentie kan zijn dat de waterlevering betaald moet worden door de gebruiker. In dit geval wordt wel gesproken van beprijzing (zie maatregel 5.5.1)

Zoet water aanvoeren middels leidingen is dagelijkse praktijk in de Wieringermeerpolder. Daar hebben de agrariërs middels hevels en distributie via leidingen de beschikking over zoet water uit het IJsselmeer. De watergangen dienen vervolgens als bron voor beregening en afvoer van het rest/regenwater. Opgemerkt dat deze maatregel is genomen op initiatief van de agrariërs en wordt gedoogd door het hoogheemraadschap, dat een alternatief aan het ontwikkelen is [19].





Figuur 4.3 Hevels over de dijk en leveringsgebied via hevels en leidingen Wieringermeerpolder [19]

4.1.5 Gebruik effluent RWZI's

Effluent van Riool Water Zuivering Installaties (RWZI's) ten behoeve van peilbeheer, doorspoelen en als beregeningswater voor de landbouw. Er is een pilot uitgevoerd in Zeeland met druppelirrigatie voor aardappels [13]. Een ander voorbeeld waar om effluent RWZI te gebruiken is op Texel [18].

Gebruik van effluent is zinvol als ander bronnen niet beschikbaar zijn. Verder zijn er nog een aantal milieuhygiënische eisen (o.a. restanten geneesmiddelen). Vooral bladgroenten kan men niet zonder gezondheidsrisico's besproeien met effluent. Het verder zuiveren van effluent is bovendien erg kostbaar. De mogelijke inzet van effluent is daarom beperkt, maar wordt zeker nog niet volledig benut. Zuiveringstechnieken zijn de afgelopen tijd sterk verbeterd, waardoor de kwaliteit van het effluent geschikt geworden is voor meer functies.

4.2 Interne watervoorziening door seizoensberging van (winter)afvoer en regenwater

4.2.1 Seizoensberging in open waterreservoirs (berging van winter voor zomer)

Door het creëren of vergroten van het areaal oppervlaktewater, waarin een variabel peil kan worden gehandhaafd, kan winterneerslag worden geborgen. Dit kan in de zomer worden gebruikt voor aanvoer naar brakke delen in de polder. Deze maatregel kan worden gecombineerd met peilverhoging, zodat de brakke kwel kan worden tegengegaan (maatregel 4.3.1). Als dit een grootschalige berging betreft spreekt men ook van een tussenboezem.

Open water kan een nevenfunctie krijgen door het te combineren met: natuurontwikkeling [40, kennistabellen www.stowa.nl], waterrecreatie [13,16], aquacultures en woningbouw op water [www.habiforum.nl]. Echter deze nevenfunctie leggen beperkingen op aan de toelaatbare peilfluctuatie en dus de bergingsfunctie. Bij geringe peilfluctuatie is uiteraard meer open water oppervlak nodig.

4.2.2 Seizoensberging in zoetwaterlenzen op percelen door verlaging van slootpeilen

Op kleinere schaal kan ook water worden geborgen in zogenaamde zoetwaterlenzen op percelen. Door slootpeilen te verlagen wordt de brakke kwel in de sloten versterkt, maar tevens worden de potentialen verlaagd. Dit leidt ertoe – hoe paradoxaal ook – tot verdikking van de zoetwaterlenzen. Zelfs een geringe verdikking van de zoetwaterlens op deze manier kan nuttig zijn met het oog op het optrekken van zoet tot in de wortelzone. Toepasbaarheid van deze maatregel waarschijnlijk alleen zinvol in gebieden waar het zout zeer ondiep aanwezig is zoals inlaaggebieden.

Ervaring met deze maatregel is opgedaan in percelen in de oostelijke polder van Texel, waar vòòr de peilverlaging de sterke brakke kwel achter de dijk tot verzilting van de wortelzone leidde.

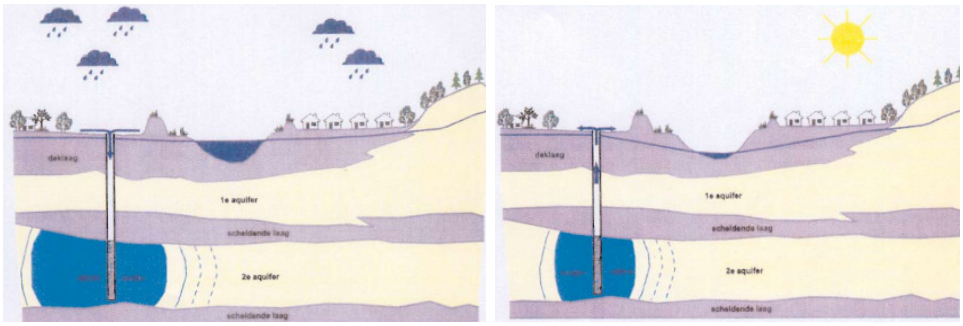
4.2.3 Seizoensberging in ondiepe goed doorlatende afzettingen als kreekruggen

Vanuit open water lichamen met opgezet peil kan ook infiltratie worden bevorderd en water als grondwater worden opgeslagen. Dit kan worden gecombineerd met oppervlaktewaterberging onder 4.2.1. Omdat vrijwel overal slecht doorlatende Holocene klei- en veenzettingen aan het oppervlak liggen in Laag Nederland, zijn alleen locaties geschikt waar zandafzettingen aan het oppervlak liggen of dicht onder het maaiveld. Dit zijn meestal oude strandwallen (Noord-Holland) of kreekafzettingen (o.a. Zeeland), die soms als ruggen in het landschap zichtbaar zijn. Vooral in de zuidwestelijke delta zijn deze een bekend fenomeen en bevatten van nature al zoet water. Deze ruggen hebben een breedte die kan oplopen van enkele honderden meters tot enkele kilometers. Momenteel vindt in Zeeland onderzoek plaats naar de potentie voor waterberging in kreekruggen [39].

4.2.4 Seizoensberging in diepe aquifers door zoet water injectie

Zoet water kan ook worden geborgen in diepe watervoerende pakketten (met brak grondwater) door het injecteren van water middels persputten. Dit kan tevens zorgen voor een buffer tegen de brakke kwel. Ondergrondse opslag kan echter ook een averechts effect hebben, omdat daarmee de kweldruk verhoogd wordt en de zoutlast toeneemt. Omdat het brakke grondwater voorlopig niet vervangen zal zijn door zoet injectiewater [30]. Daarnaast vergt injectie van oppervlaktewater voorbehandeling en is een relatief kostbare maatregel. Deze maatregel zou alleen hierdoor vooralsnog bedoeld kunnen zijn voor waterlevering ten behoeve van hoogwaardige teelten.

Voor de toepassing moet voldaan worden aan een reeks wetgevingen zoals de Grondwaterwet, Wet Bodembescherming en moet rekening worden gehouden met de KRW.



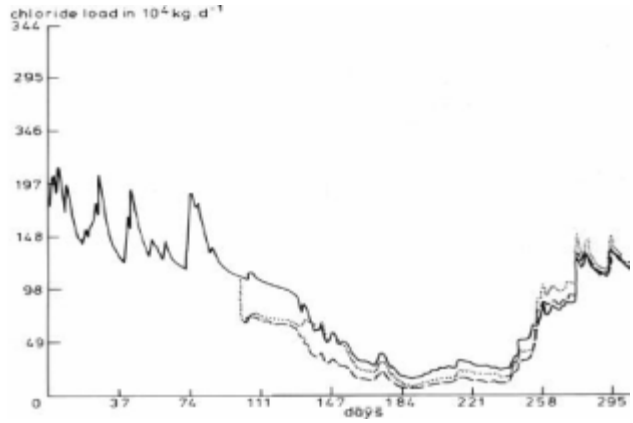
Figuur 4.4 Ondergrondse seizoensopslag en terugwinning van zoet water [9].

4.3 Tegengaan brakke grondwaterkwel

4.3.1 Tegengaan brakke kwel door peilverhoging in watergangen

Verhoging van de peilen in sloten en daarmee ook verhoging van de freatische grondwaterstanden leiden tot verlaging van de kwel van brak grondwater. De kwelreductie neemt met name op in de watergangen. Reductie van de kweldruk op de percelen maakt het mogelijk een (dikkere) neerslaglens te vormen. Verkleining van de drooglegging en de ontwatering hebben uiteraard consequenties voor het landgebruik in de polder of peilvak. Zie ook maatregel 3.2.1 (vergroting afstand of niveau drainagemiddelen).

Een variant is het verhogen van het waterpeil waarbij een polder of delen ervan plas/dras of geheel onder water worden gezet [o.a. 13, 17,36].

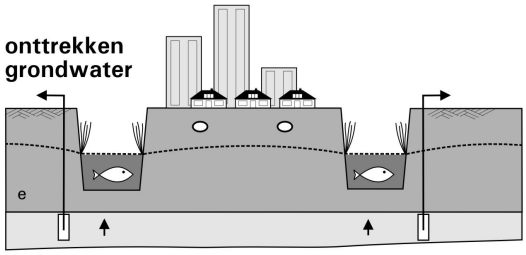


Figuur 4.5 Berekend verloop van de zoutlast van Schouwen-Duiveland in het zeer droge jaar 1976, zonder peilmaatregelen (getrokken lijn), met peilverhoging (streeplijn) en met peilverhoging in combinatie met beregening (stippellijn) [39]. De peilverhoging resulteert in een lagere zoutlast.

4.3.2 Tegengaan van brakke kwel door waterwinning in het watervoerend pakket onder de Holocene deklaag

Door grondwater te ontrekken met putten of drains onder de Holocene deklaag wordt de kweldruk verminderd. Het oorspronkelijk doel hiervan is het voorkomen van opbarsting en vorming van wellen [24]. Deze methode kan echter ook gebruikt worden om uitsluitend de kweldruk te verminderen met als doel de zout kwel door de Holocene deklaag te verlagen.

Bij onttrekking boven in het pakket zal echter het nog dieper gelegen mogelijk zouter grondwater versneld omhoog kunnen stromen.



Figuur 4.6 Grondwaterwinning onder de deklaag. Waardoor de kweldruk afneemt en daarmee de zoutbelasting in de sloot. [24]

Een variant hierop is de onttrekking van brak en zout grondwater op grotere diepte. Bij een juiste dimensionering verdwijnt de brakke kwel en kan het zoet-zout grensvlak tot onder de deklaag worden getrokken. De grootte van de ontrekking kan beduidend lager zijn dan een onttrekking boven in het watervoerende pakket [33]. Wel leiden grondwateronttrekkingen tot grotere zoetwater kwel en meer wegzijging in de omliggende polders. Deze grondwaterwinning van brak water kan in combinatie met ontzilting worden benut voor de drinkwaterproductie.

Een uitbreiding van beide varianten is de combinatie van water- en energiestromen volgens het Ecopolder concept. Afhankelijk van de polder wordt het concept uitgewerkt. Zo kan bijvoorbeeld brak kwelwater via drains worden opgepompt en ontzilt tot grijs- tot drinkwater. De benodigde energie voor ontzilting wordt verkregen uit de restwarmte van een afvalverbrandingcentrale. Het restproduct uit de ontzilting (brijn) wordt met behulp van restwarmte ingedampt tot droog zout, dat als wegenzout kan worden ingezet [1].

4.3.3 Tegengaan brakke kwel door dichten van wellen

In veel polders manifesteert de kwel van brak grondwater zich alleen heel lokaal in zogenaamde wellen. Dit zijn "gaten" in deklaag, die op natuurlijke zijn ontstaan door het opbarsten van de deklaag door een combinatie van grote grondwaterdruk en een gering gewicht van de deklaag. Deze wellen kunnen ook ontstaan door grondwerkzaamheden. Wanneer wellen voorkomen in een polder leveren zij zeer grote bijdrage van de totale kwel in een polder. Van enkele polders is de bijdrage aan de totale kwel geschat van 60% tot meer dan 80% [27, 58].

De wellen kunnen worden gedicht door het injecteren en laten uitharden van waterglas [28] of door biosealing [26,28]. In het laatste geval wordt het gat gedicht door groei van bacteriën, dit is alleen op pilotschaal toegepast.

Dichten van wellen heeft alleen zin als er sprake is van een beperkt aantal wellen met een groot debiet. Het risico van gedichte wellen is dat nieuwe wellen ergens anders kunnen gaan ontstaan.

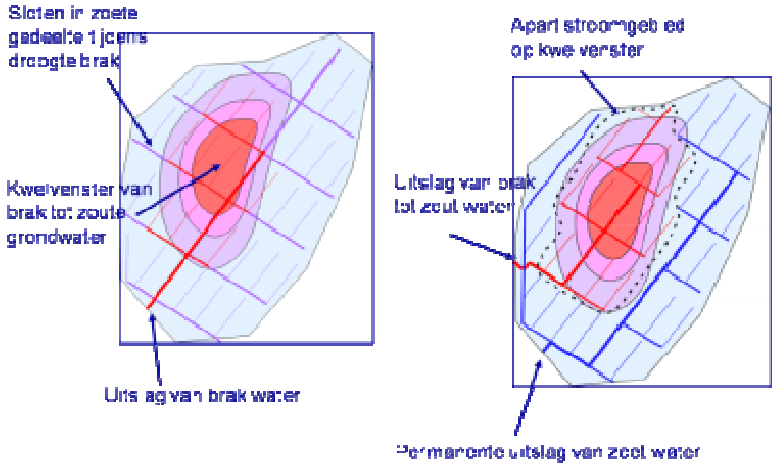
4.3.4 Tegengaan brakke kwel door vergroten hydraulische weerstand door luchtinjectie

In het geval van diffuse brakke kwel door de deklaag kan de hydraulische weerstand van de kwel worden vergroot door luchtinjectie in het watervoerende pakket net onder de deklaag. De lucht hoopt zich dan op onder de deklaag en vormt daar een ondoorlatend kussen. Hier is op beperkte schaal mee geëxperimenteerd. De haalbaarheid voor grootschalige toepassing is nog niet aangetoond.

4.4 Sturen van de brakke waterstromen (i.c.m. regulering ruimtegebruik)

4.4.1 Compartimenteren van brakke kwelgebieden in polders en apart afwateren

De brakke kwel, hetzij diffuus hetzij via wellen, is vaak beperkt tot één of enkele gebieden in een polder. In sommige gevallen leidt de circulatie in het afwateringstelsel tot vermenging van brak en zoet water en beperkt het land- en watergebruik in de gehele polder. Het kan dan zinvol zijn om het afwateringsstelsel te scheiden in een zoet en een zout systeem door middel van kunstwerken. Zoutgehalten in een deel van de polder stijgen dan nog meer, maar een ander gedeelte blijft juist zoet. Dit is een vorm van adaptief beheer dat gecombineerd kan worden met sturing van het ruimtegebruik [13]. (zie ook maatregel 5.3 voor voorbeelden)



Figuur 4.7 Schematische weergave van een gescheiden zoet- en zoutwatersysteem

4.4.2 Zonering op basis van beschikbaarheid zoet water

Afhankelijk van de ligging ten opzichte van zoetwaterbronnen en aanvoerroutes kan een bepaald chloridegehalte worden gegarandeerd in drogere jaren. Het is zinvol om ruimtelijk aan te geven waar welke gehalten gegarandeerd kunnen worden dan wel waar het handhaven van lage gehalten erg veel beheersinspanning vergt. Vervolgens kan men op chloride zoneren en op die manier ook het grondgebruik sturen. Dit kan vragen om een specifieke normering in enkele gebieden bijvoorbeeld voor de landbouw relevante klassen. (zie ook maatregel 5.3 ruimtelijk sturen)

4.4.3 Concentreren van de brakke kwel in bepaald gebieden door doorprikken en verdiepen van slootbodems

De brakke kwel kan geconcentreerd worden in bepaalde gebieden door de slootbodems aldaar door te prikken en daarmee de hydraulische weerstand van de Holocene deklaag te verminderen. Het brakke kwelwater zoekt daarmee de weg van de minste weerstand en vormt in feite wellen (zie 4.3.3). Dit concept is in het verleden op Schouwen-Duiveland op veldschaal getoetst [29].

Deze maatregel leent zich voor combinatie met de vorige maatregel. Nadeel is dat het proces moeilijk controleerbaar is en mogelijk onomkeerbaar.

4.4.4 Concentreren van kwel langs de randen van diepe polders

Een variant op de voorgaande maatregel is het aanleggen van extra sloten langs de randen van diepe polders met brakke kwel. Dit resulteert in een concentratie van kwel langs de randen en afname van de kwelintensiteit en zoutbelasting in het centrum van de polder. Via de randsloten wordt het kwelwater direct afgevangen en afgevoerd. Hierdoor neemt de kwelintensiteit en dus de chloridebelasting in het centrum van de polder af. Het afgevangen kwelwater langs de randen is vaak zoet en kan dan juist worden gebruikt in combinatie met berging en interne watervoorziening (maatregel 4.2) [30]. Maar kan ook worden gebruikt voor het doorspoelen van het centrale deel van de polder waar nog brakke kwel optreedt.

Een omgekeerde doelstelling is denkbaar in de kuststrook. Als gevolg van zeespiegelstijging zal de kweldruk toenemen. Door het aanleggen van extra kwelsloten concentreert de zout kwel zich in deze sloten of zone met sloten en zal het effect van de druktoename landinwaarts verminderen.

4.4.5 Door afwisselende “hoge” en “lage” sloten, zodat kwel zich op de laatste concentreren

De brakke kwelstroom kan ook worden gestuurd door een systeem van sloten met afwisselende peilen. De kwel richt zich op de diepe sloten en de ondiepe sloten blijven zoet [30]. Dit systeem combineert in wezen de werkingen van maatregel 4.2.2, het verlagen van slootpeil om de zoetwaterlens te vergroten (diepe sloten) en maatregel 4.3.1, het verhogen van de slootpeilen om de kwel tegen te gaan (ondiepe sloten). Dit systeem met twee slootpeilen kan ook samengaan met aanvoer van zoet water, middels de ondiepe sloten (4.1.3).

5 BELEIDSMAATREGELEN

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de maatregelen die door gebruikers of door een beheerder geïnitieerd en door de beheerder uitgevoerd kunnen worden. Beleidsmaatregelen omtrent verzilting liggen over het algemeen binnen het bereik van overheden als rijk en provincie in samenspraak en in uitvoering van provincie, waterschap en gemeente.

Tabel 5.1 Verkort overzicht beleidsmaatregelen (volledig versie in de bijlage)

Beleidsmaatregelen		Initiatief[1]	Uitvoering[2]	Schaal-niveau[3]	Type[4]	Locatie	Uitvoer-stadium[5]
Normering en watervoorziening differentieren in ruimte en tijd		WS / P	B	R	M / A		4
Verzekeringen / Fondsvorming		A / LS	G / B	N	M		4
Ruimtegebruik sturen							
	Verplaatsen verziltinggevoelige teelt	P/A	B / G	R/L	A	Boskoop	3
	Stedelijke ontwikkeling	P/ G	B	R/L	A	Spijkenisse	4
	Ontwikkelen van natuur	P / NB	B	R	A	Zeeland, Laagveengebieden Zaanstreek, Robbenoord- & Dijkgatbos (Wieringermeerpolder)	1
Brak watervoorziening zilte teelten mogelijk maken		A / WS / P	B	R / L	A		4
Waterlevering							
	Beprijzing waterlevering	WS / P	B / G	R	M		1
	Waterakkoorden en waterovereenkomsten externe aanvoer	N / WS	B	R / N	M		1

[1] Initiatief (nemer):	A= Agrarier, G= Gemeente, LS=Landbouwsector, N= Nationale overheid, NB=NatuurBeheerder, P= Provincie, WL= Waterleidingbedrijf, WS = Waterschap
[2] Uitvoering (verantwoordelijk/bevoegd):	G = Gebruiker, B = Beheerder
[3] Schaalniveau van de maatregel:	L= Lokaal, R= Regionaal, N= Nationaal
[4] Type maatregel:	A= Adaptief, M= Mitigerend
[5] Uitvoerstadium	1= dagelijkse praktijk, 2 = Pilot, 3= Deskstudie, 4= Proefballon
[6] Referenties	Nummer komt overeen met de referentielijst in het rapport

5.1 Normering en watervoorziening differentiëren naar plaats en tijd

Voor de kwaliteit van het oppervlaktewater wordt door waterschappen normen gehandhaafd. Vaak zijn de normen vrij star in de zin dat er geen variatie bestaat in tijd en ruimte. Met uitzondering van een verschil in de zomer en winter. Dit heeft dan meer te maken met het feit dat in de zomer het systeem wordt doorgespoeld en in de winter niet.

Overschrijdingen van normen treden soms op in perioden (bijvoorbeeld buiten groeiseizoen) dat er geen zoutschade te verwachten valt. Door de norm in de tijd te variëren kan een deel van deze (theoretische) verziltingsproblematiek worden weggenomen [52].

Naast een differentiatie in tijd is ligt ook een koppeling met het landgebruik voor de hand. Uit verschillende studies blijkt dat, (zoete) terrestrische natuur [34], (zoete) aquatische natuur [54], landbouwgewassen [47] en veeteelt [5] vaak veel toleranter zijn dan waar op basis van normeringen van waterkwaliteit naar wordt gestreefd.

Een uitzondering vormt de afgeleide tolerantie voor zoete aquatische ecosystemen met een MTR norm van 94 mg Cl /l wat de helft is van de

standaard MTR norm van 200 mg Cl/l. Voor de gebieden in Laag Nederland die beïnvloed zijn door brak water is door VROM geen streefwaarde voor oppervlaktewater vastgesteld [54].

In het kader van de EU Kaderrichtlijn Water (KRW) is voor alle natuurlijke watertypen (oppervlaktewateren) de referentietoestand beschreven. Voor deze kwaliteitselementen zijn voorstellen gedaan voor getalswaarden (klassengrenzen) behorend bij een bepaalde ecologische toestand rekeninghoudend met ook de brakke wateren [12].

Tabel 5.2. Chloride concentraties (mg Cl-/l; zomerhalfjaargemiddelden) in oppervlaktewateren, gekoppeld aan de ecologische toestand [12]

Watertype	Ecologische toestand (macrofauna)		
	Zeer goed (ZGET)	Goed (GET)	Matig of Slechter
Grote rivieren (zoet)	≤ 150	≤ 150 *	≤ 200 (Matig) ≤ 250 (Ontoereikend) > 250 (Slecht)
Overige rivieren (zoet)	≤ 20 tot ≤ 40	≤ 150 *	≤ 200 (Matig) ≤ 250 (Ontoereikend) > 250 (Slecht)
Meren en plassen (zoet)	≤ 200	≤ 200 *	≤ 250 (Matig) ≤ 300 (Ontoereikend) > 300 (Slecht)
Uitlopers grote rivieren (getijdewateren)	≤ 300	≤ 300	≤ 350 (Matig) ≤ 400 (Ontoereikend) > 400 (Slecht)
Zwak brakke water	300-3000	300-3000	< 300 of > 3000
Kleine brakke tot zoute wateren	3000-10000	≥ 3000	< 3000
Grote brakke tot zoute wateren (exclusief zeewater)	10000-18000	≥ 10000	< 10000

Gegeven de kennis van de zouttoleranties is er de nodige rek mogelijk in de huidige normeringen. Dat afgeweken kan worden van deze norm is te zien in de dagelijkse praktijk waarbij een norm naar boven is bijgesteld omdat deze niet haalbaar blijkt te zijn. Dit is echter een bijstelling achteraf en niet altijd ingegeven door de gecombineerde werkelijke waterkwaliteitsbehoefte en mogelijkheden voor differentiatie in tijd en ruimte in een gebied (zie ook maatregel 5.3 sturen ruimtegebruik). Klassengrenzen vastgesteld in de context van de KRW biedt wellicht mogelijkheden.



Figuur 5.3 Veeteelt in brak laagveengebied [bron: Staatsbosbeheer]

Een voorbeeld om aan te geven dat vee tolerant is voor zout is veeteelt in brakke laagveengebieden of op de kwelders in Noord Nederland. Landschapsorganisaties zoals het Fryske Gea weiden schapen en koeien op deze kweldergebieden om bijvoorbeeld diversiteit in stand te houden.

Uit onderzoek is gebleken dat wanneer koeien de vrije keuze wordt gegeven tussen zoet of zilt gras de keuze valt op het zilte gras. Voorwaarde is wel dat er voor drenking zoet water beschikbaar is. Ook is het zo dat koeien wel een hoger zoutgehalte van het water aankunnen maar dat dit gehalte vervolgens niet sterk mag fluctueren [51]. Wat overigens voor natuur en gewassen ook geldt.

5.2 Verzekeringen

In bepaalde gevallen is de zoutschade in de zomer niet structureel, maar doet die zich alleen in zeer droge zomers voor. Als waterbeheerder en gebruiker niet in staat zijn om daar maatregelen voor te nemen of als die niet kosteneffectief blijken te zijn, zou de gebruiker verzekeringen kunnen afsluiten.

Uit onderzoek in zeven landen in Europa naar de effectiviteit van instrumenten voor risicomanagement in de agrarische sector, zoals verzekeringen, blijkt dat niet-gesubsidieerde, private verzekeringen weinig effectief zijn, omdat maar weinig boeren erin deelnemen. Een uitzondering zijn verzekeringen tegen hagel en storm [4]. Een verzekering voor zoutschade wordt naar ons weten nog niet aangeboden op dit moment. Aangezien een vergelijkbare verzekering als hagel- en stormschade wel succesvol zijn is een verzekering tegen zoutschade zeker een optie.

Een andere optie is indekking tegen verziltingsschade door het vormen van een fonds binnen de (landbouw)sector en/of door de waterbeheerder. In het laatste geval is een kleinere inspanning (lagere kosten) van de waterbeheerder nodig om de waterkwaliteit te waarborgen. Een periodieke overschrijding die vervolgens leidt tot schade kan dan vanuit het fonds worden uitgekeerd aan de gebruikers.



Figuur 5.4 Voorbeeld hagelschade (bron: verzekeraar Onderlinge Fruittelers Hagelverzekerings-maatschappij)

5.3 Ruimtegebruik sturen

Door de ruimtelijke indeling van een gebied waar verzilting optreedt of in de toekomst gaat optreden af te stemmen op het watersysteem, kan gezorgd worden dat verzilting geen afbraak doet aan de functie van het gebied. Verzilting kan zelfs als toegevoegde waarde beschouwd worden in relatie tot activiteiten

die in een gebied plaatsvinden. In gebieden waar agrarische activiteiten schade ondervinden van verzilting kan dit verminderd of voorkomen worden door de agrarische activiteiten in overeenstemming te brengen met het chloridegehalte in het watersysteem (zie maatregel 3.3).

Sturen van ruimtegebruik vraagt om een samenwerking tussen provincie, waterschap en gemeente [50]. Om veranderingen te bewerkstelligen kunnen zij uitruil van grond en verplaatsen bedrijven faciliteren, structuurnota's en bestemmingsplannen aanpassen (water als ordenend principe) en stimulerings- en schaderegelingen treffen. Dat dit gegeven de complexiteit van beleid mogelijk is blijkt uit onderstaande voorbeelden van Spijkenisse en Texel.

Een voorbeeld van herinrichting op basis van waterkwaliteit zijn de polders bij en woonwijken van Spijkenisse. Door polder Het Welvliet loopt momenteel een watergang waarmee zoet water wordt aangevoerd voor de landbouw. Deze situatie is niet ideaal: door het zoete water komt het brakke karakter van de natuurgebieden niet optimaal tot zijn recht én door de brakke kwel wordt de zoetwaterkwaliteit aangetast. Daarom worden het brakke en zoete water gescheiden. Het zoetwateraanvoertracé wordt verlegd, waardoor een gebied van zo'n 30 ha landbouw kan worden doorspoeld met zoet water. Het vee in dit gebied kan dan weer uit de sloot drinken. De brakke natuurgebieden Biert en Het Welvliet worden verbonden met de woonwijken Vogelenzang en Vriesland in Spijkenisse waar nu een stabiel brakwatersysteem is gerealiseerd. Hiermee ontstaat over een lengte van zo'n 4 kilometer een brakwaterverbinding [15,20].

Ook op Texel is een scheiding gemaakt tussen watersystemen met verschillende waterkwaliteit, opdat er in de kwaliteitseisen van enerzijds zoute natuur en anderzijds landbouw en stedelijk gebied ontstond [18].

5.3.1 Verplaatsen verziltinggevoelige teelt

Verplaatsen van het productiecomplex van zoutgevoelige teelten naar gebieden waar verzilting een kleine of geen rol speelt [8,25]. Hierdoor zal zoutschade aan gewassen verminderd dan wel voorkomen worden. Verder leidt het tot een efficiënter watergebruik. Omdat het in dit geval om het verplaatsen van bestaande teelten gaat, zijn hier hoge kosten mee gemoeid. Dit is alleen rendabel als het om kapitaalintensieve teelten gaat, zoals de bollenteelt.

5.3.2 Stedelijke ontwikkeling

Stedelijk gebied ontwikkelen in gebieden die nu of in de toekomst door toenemende verzilting ongeschikt of minder geschikt worden voor andere functies zoals landbouw.

Het grote percentage hard oppervlakte binnen stedelijk gebied, alsmede een toenemende neerslagintensiteit, zorgen voor hoge piekafvoeren van regenwater. Berging hiervan of vertraagd afvoeren biedt mogelijkheden als toepassen als doorspoel- en beregeningswater voor de landbouw.

5.3.3 Ontwikkelen van natuur

Natuurgebied ontwikkelen in gebieden waar verzilting optreedt. Dit kan als achterliggende reden hebben dat deze gebieden door verzilting onbruikbaar zijn voor andere ruimtelijke functies, of waar handhaven van de functie kostbaar zou zijn. Verder biedt brakke en zilte natuur ecologische diversiteit (bijvoorbeeld brakke laagveengebieden).

5.4 Brak watervoorziening ten behoeve van zilte teelten mogelijk maken

Deze maatregel staat in nauw verband met gebruikers maatregelen genoemd in paragraaf 3.3 die het mogelijk moeten maken om zoutminnende gewassen dan wel aquacultures te telen.

Ten behoeve van zilte teelten is aanvoer, beregening en lozing van brak water noodzakelijk. Het huidige beleid is hierop niet ingesteld en stelt agrariërs voor problemen.

Zilte teelten zullen daar plaatsvinden waar het watersysteem al brak is of brak water nabij beschikbaar is. Echter een teler van zeekool op Texel moet zout water aanvoeren in tankwagens omdat het via het watersysteem niet mogelijk is. Het lozen van brak water op het oppervlaktewater is alleen toegestaan als de chlorideconcentratie niet meer bedraagt dan 200 mg/l hetgeen niet aansluit bij de praktijk van zilte teelten.

Er zijn wel veel initiatieven op beleidsniveau voor het mogelijkmaken van zilte teelten. Het huidige beleid is echter volledig ingericht op zoetwatervoorziening. Een oplossingsrichting is ontheffingsbeleid op te stellen voor zilte teelten. Dit moet dan wel gecombineerd worden door aanpassing van het watersysteem bestemd voor brakke aan- en afvoer van water. Met betrekking tot dit laatste punt houdt dit verband met anders omgaan met normen en functieafhankelijke watervoorziening (maatregelen 4.1.1 en 5.1).

5.5 Waterlevering

5.5.1 Beprijzing waterlevering

Doorspoelen van het watersysteem is een inefficiënte manier van waterlevering. Een groot deel van het doorspoelen wordt gebruikt om hoge chloridegehalten in watergangen te bestrijden en slechts een klein deel gebruik voor beregening. Voor Hollands Noorderkwartier is dit berekend op 40% voor bestrijding hoge chloridegehalten en 12% voor beregening [31]. Vanuit andere waterschappen worden zelfs lagere waarden van minder dan 5% gemeld. Een klein deel van het ingelaten water wordt dus daadwerkelijk gebruikt voor beregening.

Daarnaast is het zo dat teelten die voorheen werden beregend waar dit niet langer wordt toegepast. Bijvoorbeeld de in toenemende mate belangrijke teelt van aardappelen. In andere gevallen vereist de glastuinbouw hoge eisen aan het water en is men deels of volledig zelfvoorzienend.

Overwogen kan worden of het uit het oogpunt van maatschappelijk kosten en baten niet beter is om water te leveren door een waterleverancier. Dit zou een rol voor het waterschap kunnen zijn, maar ook voor waterleidingbedrijven, zoals nu Evides en Vitens, die al op grote schaal water, soms van B-kwaliteit, leveren aan de industrieën. Een advies met deze strekking is door de Raad van Verkeer en Waterstaat en als zodanig opgenomen in het Ontwerp Nationaal Waterplan [22].

De noodzaak om hoge chloridegehalten te bestrijden wordt daarmee ook aanzienlijk kleiner. Opgemerkt dat inlaten van water voor peilhandhaving (o.a. bescherming van dijken) en waterkwaliteit nodig zal blijven.

5.5.2 Waterakkoorden en waterovereenkomsten externe aanvoer

Bij de verdeling van zoet water, ook in geval van mogelijke dreigende tekorten, moeten de eventuele economische-, natuur- en sociaal-maatschappelijke schade zo klein mogelijk gehouden worden. De verdeling is in veel gevallen vastgelegd in zogenaamde waterakkoorden, waarin afspraken over de oppervlaktewaterverdeling tussen beheerders worden vastgelegd. De waterakkoorden worden opgesteld sinds 1990 op grond van de wet op de waterhuishouding (Wwh, 1989). De wet werd ingegeven na aanleiding van de waterschaarste tijdens de droge zomer van 1976.

Het kan worden gesteld dat een waterakkoord een gebiedsspecifiek instrument is om de af- en aanvoer van water te regelen. Hierbij wordt rekening gehouden met bestaande beheerplannen en de huidige ambities van duurzaam waterbeheer. Het doel van de waterakkoorden is dan ook om de beheerders zekerheid en garanties te bieden ten opzichte van andere beheerders bij de verdeling van het water, waarbij transparantie naar buiten en een bijdrage aan het integrale waterbeheer (‘vasthouden, bergen en afvoeren’) centaal staan. De oorspronkelijke waterakkoorden richten zich vooral op de kwantiteitsaspecten van de waterverdeling. In het kader van de Europese kaderrichtlijn besteden recentere waterakkoorden ook meer aandacht aan de kwaliteitsaspecten.

Naast de formeel vastgelegde waterakkoorden bestaan er ook de zogenaamde waterovereenkomsten. Dit zijn niet geformaliseerde afspraken zoals convenanten, welke vaak een bredere inhoud kennen dan de waterakkoorden.

In sommige gevallen is er te weinig water om aan de afspraken zoals vastgelegd in water akkoorden en convenanten te voldoen. In dat geval worden er prioriteiten toegekend aan de hand van de zogenaamde verdringingsreeksen [10,21].

6 VOORSTEL VOOR AANPAK UITWERKING GEBIEDSGERICHT WATERBEHEER IN GEBIEDEN MET BRAKKE WATERSYSTEMEN

De omgang van brakke wateren is niet louter een vraagstuk van veranderend klimaat en veranderende watersystemen waarop een technisch antwoord wordt gevraagd. Het heeft ook te maken met het veranderend landgebruik en de veranderende bedrijfsvoering van agrarische bedrijven. Het is daarmee een maatschappelijk vraagstuk. Dit rapport laat zien dat er vele maatregelen denkbaar zijn in de aanpak van technische, economische tot beleidsmatige en van adaptieve tot mitigerende maatregelen. Ook kunnen de maatregelen vanuit verschillende belanghebbenden worden geïnitieerd.

Met zoveel mogelijkheden en belanghebbenden is het van belang om een gebiedsgericht onderzoek systematisch uit te voeren. Het gehele water managementsysteem, zoals beschreven in paragraaf 2.1, moet daarbij worden beschouwd. Zowel de aanbod- als vraagzijde van het watersysteem. Maar ook de sturende rol van de overheden. Doelstelling is om inzicht te geven in de complexe materie en om via participatieve besluitvorming tot oplossingen te komen voor een bepaald gebied.

Een dergelijke studie vormt dan de basis voor de reguliere water- en ruimtegebruiksplannen van provincies, waterschappen en gemeentes. De opzet van zo'n onderzoek verschilt niet wezenlijk van andere beleidsstudies op het gebied van waterbeheer. Daarom wordt hieronder nader ingegaan op aspecten die specifiek zijn voor de omgang met verzilting.

6.1 Inceptiestudie

Tijdens deze fase wordt het projectdomein afgebakend in overleg met de initiatiefnemers. Dat heeft betrekking op de algemene doelstellingen, begrenzing van het gebied, de definitie van de vraagstukken, de identificatie van de belanghebbenden en de tijdshorizon. Met initiatiefnemers en belanghebbenden zal het afwegingskader worden vastgesteld. Met het laatste wordt bedoeld een eerste verkenning en afbakening van maatregelen en strategieën en de criteria waarop deze worden beoordeeld vanuit verschillende belangen.

Tevens wordt de planning, informatiestromen en projectstructuur vastgesteld. Met het laatste wordt bedoeld het functioneren van een

- stuurgroep (bestuurders),
- projectgroep (uitvoerende ambtenaren en onderzoekers),
- klankbordgroep (belanghebbenden en externe deskundigen) en
- werkgroepen (analyse van deelaspecten).

Tijdens deze fase wordt ook de vastgesteld welke informatie ontbreekt en welke aanvullende onderzoeken nodig zijn (zie hieronder). De producten die het onderzoek moeten opleveren worden vastgesteld en op welke wijze deze producten de daaropvolgende reguliere planvorming moeten ondersteunen.

6.2 Analyse watersysteem

Het beschrijven van het watersysteem kan voor een groot deel gebaseerd worden op aanwezige informatie. Echter, uit de maatregelbeschrijvingen

hierboven blijkt dat de aanpak van verzilting maatwerk vraagt, waarvoor een goed begrip van brakke watersystemen is vereist. Daarvoor ontbreken in de meeste gevallen de benodigde gegevens. Het gaat hierbij om de variatie van zoutgehalten in de watergangen, ondiep grondwater en bodemvocht in ruimte en tijd. De dichtheden van bestaande monitoringnetwerken voor grondwater (TNO/Deltares) en oppervlaktewater (waterschappen) zijn veelal te grof hiervoor. Ook de monitoringsfrequentie doet geen recht aan de systeemdynamiek.

Met aanvullend (geofysisch) veldonderzoek en gerichte monitoring is het mogelijk de processen nauwkeuriger te volgen en patronen ruimtelijk in kaart te brengen. Dat geldt voor de natuurlijke processen maar ook voor de waterinlaat. Vaak is niet goed bekend hoeveel er wordt ingelaten en hoe het inlaatwater circuleert door de polder. Verder moet in kaart worden gebracht waar brak en zoet water opkwelt en hoe groot die waterstromen zijn, zodat meer gedetailleerde water- en zoutbalansen kunnen worden opgesteld.

6.3 Analyse watergebruik

Vanwege het gewenste maatwerk moeten de belanghebbenden en gebruikers heel concreet in kaart worden gebracht. Het gaat er daarbij om te bepalen wie daadwerkelijk oppervlaktewater en grondwater gebruikt voor beregening, veedrenking of proceswater. Ook moet worden nagegaan hoe de waterbehoefte varieert in het jaar en wat de limieten zijn van het zoutgehalten van het gebruikte water. Ook indirecte gebruikers, dat wil zeggen gebruikers, die belang hebben bij een bepaalde watertoestand en waterkwaliteit, zoals natuurbeheerders, moeten worden geïnventariseerd.

Zo'n inventarisatie van watergebruik kan niet alleen worden gebaseerd op geadministreerde vergunningen. Daarvoor zijn enquêtes noodzakelijk, die ook als doel hebben in kaart te brengen hoe het waterbeheer op perceels- en peilvakniveau plaatsvindt (inlaat, peilbeheer, ontwatering). De ervaring van het BSIK project "Leven met Zout Water" [53] leert dat de formele waterbeheerders vaak niet precies weten wat er op dit niveau gebeurt. Een ander belangrijk doel van de enquêtes is het vaststellen van de percepties van belanghebbenden ten aanzien van knelpunten, autonome ontwikkelingen en oplossingen.

6.4 Vaststellen van autonome ontwikkelingen

Oplossingen dienen duurzaam te zijn. Daarom dient rekening te worden gehouden met verwachte veranderingen in het fysische watersysteem, zoals klimaatverandering, zeespiegelstijging, bodemdaling en langjarige trends in brakke kwelstroom als gevolg van de inpolderingen in het verleden. Verder zijn er ook demografische en sociaal-economische trends, die op hun beurt het landgebruik en verstedelijking in de toekomst bepalen. Op kortere termijn zijn er allerlei beleidsplannen op het gebied van water, ruimtegebruik, landbouw en milieu, die kaderstellend zijn en ook als autonome ontwikkeling kunnen worden aangemerkt.

6.5 Opstellen modelstrumentarium

Voor complexe situaties – dat zal blijken uit de vier voorgaande onderzoeksstappen - modelinstrumentarium nodig om het watersysteem te simuleren en de effecten van maatregelen te bepalen. Dat vergt bijzondere expertise en kan als een aparte fase worden ingelast. Vooral stroming van

grondwater met verschillende zoutgehalten en daarmee verschillende dichtheden stellen hoge eisen aan het instrumentarium. Met name de modellering van de processen die optreden op perceelsniveau (wel/geen zout kwel in de wortelzone, neerslaglens). Naast hydrologische modellen zijn er ook specifieke effectmodellen nodig. Tenslotte is het voor participatieve studies belangrijk dat een transparante methodologie voor maatschappelijke kosten-baten analyses en besluitvormingstechnieken wordt uitgewerkt.

6.6 Inventarisatie en screening van maatregelen

Na de inceptiefase en de analyse van het watersysteem, watergebruik en autonome ontwikkelingen zullen potentiële maatregelen worden geïnventariseerd en aan een eerste schifting worden onderworpen. Hiervoor zullen een beperkt aantal voorwaardelijke criteria worden gebruikt.

6.7 Terugkoppeling en opstellen van alternatieven (maatregelcombinaties)

Na deze objectieve analytische fase worden alle resultaten teruggekoppeld met de stuur- en klankbordgroep en zullen eventueel discussieavonden worden georganiseerd. Doel is een aantal alternatieve strategieën te ontwikkelen vanuit verschillende gezichtspunten of belangen. Die strategieën zijn meestal combinaties van verschillende maatregelen.

6.8 Analyse van verschillende alternatieven

Op basis van de terugkoppeling zullen verschillende alternatieven nader worden uitgewerkt. Milieueffecten, kosten en baten zullen worden doorgerekend. Strategieën kunnen zijn gebaseerd op gebruikers-, beheers- of beleidsmaatregelen of combinaties daarvan. Omdat daarmee particuliere en maatschappelijke belangen met elkaar worden verstrengeld is het waarschijnlijk dat afweging alleen kan plaatsvinden op basis van integrale maatschappelijke kosten-baten analyses.

6.9 Terugkoppeling en besluitvorming

De resultaten van de analyse van de alternatieven zullen worden teruggekoppeld naar stuur- en klankbordgroep en eventueel andere belangengroepen tijdens discussieavonden. Op basis hiervan zullen de alternatieven kunnen nogmaals worden bijgesteld en doorgerekend.

6.10 Definitieve besluitvorming in werkgroep en stuurgroep

Definitieve besluitvorming in werkgroep en stuurgroep. Afsluiting van het onderzoek.

7 REFERENTIES

1. Acacia Water (2009). Ecopolder verlangt domeinoverstijgend denken. Nieuwsbrief Leven met Water juli 2008.
2. Alblas, J. en Floot, H. (2002). Druppelirrigatie met brak water voor schurftbestrijding in pootaardappelen. PPO-agv en SPNA.
3. Aqua-Terra Nova. (2004). Dubbele Kelders onder Kassen; Duurzame innovatie voor waterschap en tuinder.
4. Baltussen, W.H.M., M.A.P.M van Asseldonk, H.A.B. van der Meulen, M.P.M. Meuwissen, N.I. Valeeva, H.C.J. Vrolijk, R.C.D. Berndsen, M.B. Kort, R.J.M. van Den Haag (2008). Risk management instruments in agriculture; An assessment of efficacy and distortions. LEI Rapport 2008-054, 92 Pagina's
5. Bannink, A. Persoonlijke communicatie Animal Science Group, Lelystad.
6. Binneveld, A.J., van de Geijn, W.E. (2003). Systemen voor waterberging in glastuinbouwgebieden, InnovatieNetwerk Groene Ruimte en Agrocluster.
7. Bohemen, P.J.M., Kusse, P.J., Maas. C., Wesseling, J.W. (1983). Effect of fresh water supply on agriculture in the southwest of the Netherlands. Neth. J. Agric. Sci. 31, 269-278
8. Bosman, E., Van der Linden, F.J. (2006). Zoetwaterverkenning Midden-West Nederland, hoofdrapport. Royal Haskoning B.V. p.7-29.
9. Bremer, D., Van den Adel, J., Drijver, B., Willemsen, A., (2004). Ondergrondse waterberging als alternatief voor bovengrondse piek- en seizoensberging. H2O Magzine Number 19-2004. p. 89-92.
10. Commissie Integraal Waterbeheer. (1999). Evaluatie waterakkoorden, Rapport CIW 4 1999-07.
11. De Kempenaer, J.G., Brandenburg, W.A., Van Hoof, L.J.W. (2007). Het zout en de pap, Een verkenning bij marktexperts naar lange termijn mogelijkheden voor zilte landbouw. Innovatienetwerk, Utrecht. Rapport-nummer 07.2.154. p. 13-43.
12. Evers, CHM. (2006). Getalswaarden voor de algemene fysisch-chemische kwaliteitselementen. Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwater-behandeling (RIZA), RIZA rapport nr. 9R6513B0D0.
13. Fiselier, J.L., Benner, E., Van de Kerk, A. J., 2003. Zilte perspectieven. InnovatieNetwerk Groene Ruimte en Agrocluster, Rapportnummer 03.2.036, Den Haag. p. 45.
14. Guldemond, A., Tolkamp, W., Van der Weijden, L., 2007. Zilt verweven, Kansen voor een gezamenlijke ontwikkeling van zoute landbouw en natuur. Innovatienetwerk, Utrecht. Rapportnummer 07.2.153. p. 65.
15. Grontmij (2008). Gemeentelijk rioleringsplan Spijkenisse, Stedelijk afvalwater, hemelwater en grondwater. Planperiode 2009-2013.
16. Groot, S., Penning, E., Jókövi, M., Kuin, A. (2002). Waterberging in combinatie met recreatie : 'Spannend water', H2O jaargang 35 nr. 8, p 38-39.
17. Hartog, P. en Mankor, J., (2006). Verkenning water Groot Mijdrecht Noord. Provincie Utrecht en Waternet.
18. HHNK (2007). Masterplan Texel. www.hhnk.nl.
19. HHNK (2009). Wateraanvoerplan en dijkversterking Wieringermeer.
20. Hollandse Delta (2005). Natuurgebied Welvliet, van zoet naar brak.
21. Inspectie Verkeer en Waterstaat. (2007). Waterakkoorden in het licht van integraal waterbeheer, Rapport TeW/2007/000004.
22. Jansen, G.J. (2009). Briefadvies Adaptatie infrastructuur aan klimaatverandering. Brief aan de staatssecretaris van Verkeer en Waterstaat, 26 februari 2009.

23. Kielen, N. (2008). De sleutel voor klimaatbestendig waterbeheer ligt in de Nieuwe Waterweg. Platform Zoet-Zout, 5 juni 2008.
24. Kooiman, J.W., van den Akker, K. (2006). Grondwater, de cruciale hulp in het waterbeheer. Stromingen. 12(2006) nr 2.
25. Kolen, B., Icke J., Cirkel G., Bakkum R., van der Wateren B., Michielsen B., Vuister L., van Kruiningen F., (2007). Verzilting en waterbehoefte - kwantificering probleem onderzoek beleidsopties. HHRijnland, p. 75
26. Lambert, J., (2006). Blokkade door bacterien - Biosealing van Geodelft bewijst zich bij Aquaduct HSL. De ingenieur 8, Juni 2006.
27. Louw, P. de, R. Bakkum, H. Folkerts en H. van Hardeveld (2004). Het effect van waterbeheer op chloride- en nutrientenbelasting van het oppervlaktewater in Polder de Noordplas. Proj.nr. 005.54009, TNO Utrecht
28. Louw, P. de, G. Oude Essink en P., Maljaars (2007). Achtergrondstudie kwelreductietechnieken. Ref. 2007-U-R0357/B, TNO, Utrecht.
29. Maas, C., (1991). A seepage barrier against salt water intrusion. In: Hydrology of Salt Water Intrusion, International Contributions to Geohydrology, Volume 11, IAHS.
30. Maas, C. 2007. Verzilting en verziltingsbeheersing. Verzilting in Nederland. Nederlandse Hydrologische Vereniging-special 7. p. 85-94.
31. Nelen & Schuurmans (2007). Onderzoek watertekort HHNK.
32. Oasen (2009). Zout in het water. Helder Jan. 2009 nr 10.
33. Olsthoorn, T.N. (2007). Opties voor brakwaterwinning en vermindering van de (zoute) kweldruk onder de polder Groot Mijdrecht en vergelijkbare droogmakerijen. Interne rapportage Waternet.
34. Paulissen M. en E. Schouwenberg (2007). Leven met Zout Water, deelrapport: Zouttolerantie van zoetwaterafhankelijke natuurdoeltypen; verkenning en kennislacunes. Alterra.
35. RIZA (2005). Droogtestudie Nederland. Aard, ernst en omvang van watertekorten in Nederland. Eindrapport, RIZA-rapport 2005.016; ISBN 9036957230. 104p.
36. Royal Haskoning (2005). Aanvullende studie Horstermeer. Prj.nr. 9R1118.
37. Sloot, P. ,Arts, M. , Bakker, R., Hall, A. van, (2008). Naar een water-leverende landbouw. H2O, jaargang 41(2008), nummer 19, pagina 38-39.
38. Staatsbosbeheer (2006). LIFE-project Polder Westzaan.
39. Schaars, F. (2009). Persoonlijke mededeling. Artesia.
40. Stuijfzand, S. (2008). Praktijkervaringen met waterberging in natuur(ontwik-kelings)gebieden, Hoofdrapport pilotprogramma waterberging en natuur. RWS Waterdienst rapport nr. 2007.011.
41. Stuyt, L.C.P.M., P.J.T. van Bakel, J.G. Kroes, E.J. Bos, M. van der Elst, B. Pronk, B.J. Rijk, O.A. Clevering, A.J.G. Dekking, M.P.J van der Voort, M. de Wolf & W.A. Brandenburg (2006). Transitie en toekomst van Deltalandbouw; indicatoren voor de ontwikkeling van de land- en tuinbouw in de Zuidwestelijke Delta van Nederland. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1132. p.148-155
42. Ter Voorde, M. (2004). Watertekort in Hollands Noorderkwartier, Afstudeeronderzoek Universiteit Twente, Civiele Techniek, afdeling Waterbeheer. p. 25-31.
43. TNO (2005). Opschaling veelbelovende Nederlandse ontzoutingstechniek Memstill met drie pilots. Www.memstill.com. p. 1-3.
44. Turlings, L.G. (2007). Herstel van water- en ecologische kwaliteit in veenweidegebieden: verzilting bestrijden of juist toejuichen? Symposium Leven met Zout Water, 2007.

45. van Boheemen, P.M.J., Kusse, P.J., Maas, C. en Wesseling, J.W., (1983). Effect of fresh water supply on agriculture in the southwest of the Netherlands, Neth. J. Agric. Sci. 31, 269-278.
46. van den Berg A., Goedhart G., Van de Kreeke P. (2004) Zoetwatervoorziening Deltalandbouw. Royal Haskoning, Rotterdam
47. van Dam A.,Clevering O., Voogt W., Aendekerk Th., Van der Maas M. (2007). Leven met Zout Water, deelrapport: Zouttolerantie van landbouwgewassen. PPO, Wageningen.
48. van Geel, W.C.A. (2004). Perspectief druppelirrigatie en -fertigatie in consumptieaardappelen op droge zandgrond valt tegen. PPO-agv.
49. van Poppel, J.W.P.M., Roelofsma, K.P., Krikken, A. (2000). Zoetwatervoorziening Zeeuwse Landbouw, definitief rapport. IWACO 's-Hertogenbosch. p.22.
50. van Tilburg, M., Brouwer, S. (2006). Leven met Zout Water, deelrapport: Basisdocument wetgeving en beleid met betrekking tot verzilting. Instituut voor Milieuvraagstukken, Vrije Universiteit Amsterdam. Rapportnummer W-06/25. p 2-4, 36.
51. Vellinga, T. (2008). Animal Science Group. Persoonlijke communicatie.
52. Velstra, J. en de Vries, A.C. (2008). Een nieuwe kijk op verzilting biedt perspectief voor het zoetwater tekort. H2O, jaargang 41(2008), nummer 22, pagina 20-21.
53. Velstra, J. (2009). Leven met Zout Water, Deelgebiedstudie Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier. Deelgebiedstudie Waternet. Acacia Water.
54. Verbruggen, E.M.J., Moermond, C.T.A. Janus, J.A., Lijzen, J.P.A. (2008) Afleiding van milieurisicogrenzen voor chloride in oppervlaktewater, grondwater, bodem en waterbodem. 'Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). Rapport 711701075/2008.
55. Vliegenthart, F., Dik, P., Groenendijk, P. (2009). Proef duurzaam watergebruik in bollenteelt. H2O jrg. 42 nr 8, p23-p26.
56. VROM. (1999). Stoffen en normen 1999 – Overzicht van belangrijke stoffen en normen in het Milieubeleid.
57. Waternet (2009). Waternet Onderzoek 01_50, #01_2009 p72-73.
58. Zaadnoordijk, W.J., Velstra, J., Vergroesen, A.J.J., Mankor, J. (2009). Groot Mijdrecht: Inzicht in functioneren van wellen. Stromingen (geaccepteerd).

Bijlage 1. Uitgebreide maatregeltabellen

[1] Initiatief (nemer):	A= Agrarier, G= Gemeente, LS=Landbouwsector, N= Nationale overheid, NB=NatuurBeheerder, P= Provincie, WL= Waterleidingbedrijf, WS = Waterschap
[2] Uitvoering (verantwoordelijk/bevoegd):	G = Gebruiker, B = Beheerder
[3] Schaalniveau van de maatregel:	L= Lokaal, R= Regionaal, N= Nationaal
[4] Type maatregel:	A= Adaptief, M= Mitigerend
[5] Uitvoerstadium	1= dagelijkse praktijk, 2 = Pilot, 3= Deskstudie, 4= Proefballon
[6] Referenties	Nummer komt overeen met de referentielijst in het rapport

Gebruiksmaatregelen	Initiatief[1]	Uitvoering[2]	Schaal-niveau[3]	Type[4]	Locatie	Uitvoer-stadium[5]	Voorwaarden	Voordelen	Nadelen	Opmerkingen	Referen-ties[6]
Eigen watervoorzienig											
Opvang en recirculatie regenwater	A / WS	G	L	M	Kassengebieden West-Nederland	1	Beschikbare ruimte	Meervoudig ruimtegebruik)	Toe te passen oppervlak gering, toepassing voor	eigen watervoorziening kan worden opgelegd vanuit	3,6,8,13,37,
Ontzilten brak water	A / WS	G	L	M	o.a. kassen in Westland	1	Brak water buiten grondwaterbelasting	Snelle ontwikkeling membraantechniek, veel kennis internationaal	Dure methode dus allen voor kapitaalintieve teelt. Vergunning voor lozing brine verschilt per waterschap.	eigen watervoorziening kan worden opgelegd vanuit waterschap	8,13,30,32, 57
Ontzilten brak water met MEMSTILL technologie	A / WS	G	L	M	enkele pilots in het buitenland	2	Brak water buiten grondwaterbelasting	Maakt gebruik van restwarmte voor ontzilting. Hierdoor minder duur.	Vergunning voor lozing brijn verschilt per waterschap.	pilots uitgevoerd in buitenland, overigens niet als doel voor landbouw	43
Conditioneren van watersysteem op perceel											
Vergroting afstand of verhoging niveau van drainagemiddelen	A	G	L	M	Percelen in polders met veeteelt (grasland)	1 en 4	Zandige bodemstructuur	Voorkomt verzilting wortelzone, grotere zoetwaterbel, meer zoete grondwateraanvulling. Dus zinvol bij geen/beperkte	Invloed oppervlaktewater peil beinvloedt grondwater in beperkte mate	Voor grasland (veeteelt) is dit al dan niet bedoeld dagelijkse praktijk, voor akkerbouw is uitvoering van deze maatregel niet bekend	13,41,49
Afvangen brakke kwel door kwelscherm van diepe drains	A	G	L	M	Vrijwel alle percelen in polders waar akkerbouw wordt	1	Laag slootpeil onder drainniveau	Effectief voor afvange brakke kwel. Brakke kwel bereikt wortelzone niet.	Hogere afvoer brak grondwater, ook afvoer neerslag. Hogere zoutbelasting		41,52
Combinaties berging en drainage	A / LS / P	G	L	M		2		Controleerbaar waterbeheersysteem	Uitsluitend in zandbodem	Ontwikkeld voor bollenteelt.	54
Aanpassen agrarisch landgebruik											
Teeltsysteem zoete gewassen	A / LS	G	L	A			Beschikbaarheid van kwalitatief goed water (drip)				47
- bodemstructuur						1					
- nutrientenvoorziening						1					
- drip/sprinkler irrigatie						4		Dripirrigatie voorkomt zoutschade aan blad	Dripirrigatie is kostbaar	Druppelirrigatie met brakwater voor schurftbestrijding in pootaardappelen op pilotniveau	
Gewaseigenschappen veranderen (veredeling, genetische modificatie en halofyten)	A / LS	G	R / N	A		Veredeling (3) Gen. Modif. (?) Halofyten (?)		Vergroten opbrengst op voorheen minder rendabele grond. Aanpassing ligt dichter bij huidige gewassen.	Genetische modifcatie is kostbaar en alleen zinvol voor hoog rendementsteelt.	Halofyten kan succesvol zijn, is veel beschikbaar, maar afhankelijk van de marktvraag.	11,13,47
Overstap op zoutminnende gewassen	A / LS	G	L / R	A	Zeeuwse eilanden, Veerse Meer, Texel, Ferwerd	2	Beschikbaarheid en vergunning lozing brak water	Vergroten opbrengst op voorheen minder rendabele grond	Zout irrigeren niet geaccepteerd, afzetmarkt onduidelijk	Subsidies, mogelijk i.c.m. dubbele zeewering	11,13,14, 42,47,50
Overstap op zoutminnende aquacultuur	A	G	L	A	Yerseke, Veerse Meer, Maasvlakte	1 en 2	Beschikbaarheid en vergunning lozing brak water	Vergroten opbrengst op voorheen minder rendabele grond	Injectie van restant brak water in ondergrond en lozing op oppervlkate water niet overal toegestaan	Ontbreekt aan een eenduidige vergunningsbeleid in NL. Afhankelijk van provincie en waterschap is injecatie of lozing wel/niet toegestaan.	11,13,14
Herziening natuurdoeltypen	NB / P	G	L	A						In het kader van de KRW / Natura 2000 zijn de natuurdoeltypen uitgwerkt waaronder ook brakke natuur	44

Beheersmaatregelen (1)	Initiatief[1]	Uitvoering[2]	Schaal-niveau[3]	Type[4]	Locatie	Uitvoer-stadium[5]	Voorwaarden	Voordelen	Nadelen	Opmerkingen	Referen-ties[6]
Externe wateraanvoer											
Functiegebonden zoetwatervoorziening	WS	B	R	M / A		4		Minder inlaat van zoet water nodig		Uitwerking van verdelingsvraagstuk en sturing	8,52
Polder water hergebruik / hercirculatie	WS	B	R	M	Hollands Noorderkwartier, Rijnland	3(9), 4(1)	Chloridegehalte water uit vorige polder moet lager zijn dan in de door te spoelen polder				13,42
Gescheiden aan en afvoer via watergangen	WS	B	R	M		3		Gewenste waterkwaliteit kan worden geleverd, geen menging met afvoerwater	Aanpassingen aan infrastructuur nodig		23,42
Aanvoerleidingen en afvoer via de watergangen	A / WS / WL	G / B	R	M		1	Waterbeschikbaarheid op niet te grote afstand	Gewenste waterkwaliteit kan worden geleverd, geen menging met afvoerwater	Aanvoer van water is nu 'kostenloos' en dient dan te worden betaald (zie ook beprijzing)		19,
Gebruik effluent RWZI	WS	B	R	M / A	Zeeland, Texel	2	Goede kwaliteit (bacterien/zware metalen)	Beschikbaarheid lokaal	hoge kosten bij slechte kwaliteit effluent, imagoschade, risico bacterieeel en/of geneesmiddelen		13,18
Interne watervoorziening door seizoensberging											
Seizoensberging in open waterreservoirs											8,9,13,16, 25,42,46,
- bassin (seizoensberging)	P/WS/A	B/G	L / R	M	o.a. Noord en Zuid Meene, Eendrachtspolder, Zuidplaspolder,...	1	Beperkte zoute kwel, dichtbij gebieden watertekort	Opvangen piekafvoer, goede waterkwaliteit, combinatie natuurontwikkeling/recreatie, gebiedseigen water, onderdrukking kwel, verschillende schaalniveaus	Veel (dure) ruimte nodig, maatschappelijk draagvlak nodig, veel verdamping, ecosystemen gevoelig voor grote peilfluctuaties, niet te gebruiken voor piekberging	Waterberging Velt en vecht niet t.b.v. zoutbestrijding	
- natuurgebied gebruiken als opslag	WS/P	B	R	M	Diverse locaties o.a. Zuidplaspolder	3		Natuurontwikkeling, recreatie	Grond is duur, ontwikkelde ecosystemen mogelijk gevoelig voor peilfluctuaties		40
- aanleg tussenboezems	WS/P	B	R	M	Hollands Noorderkwartier	3	Sterke peilovergangen (boezem vs droogmakerij)	Natuurontwikkeling	Ruimteclaim (duur)	Goed uitvoervaar in combinatie met	8,42
Zoetwaterlenzen op percelen door verlaging van slootpeilen	A / WS	B	L	M	Texel	4		Toename zoetwaterlens op perceel	Toename brakke/zout kwel naar de sloot		
Kreekruggen / strandwallen	A / WS / P	B / G	L en R	M	Zeeland	3	Aanwezigheid van een aan maaiveld reikende goeddoorlatende afzetting als Kreekrug	Berging in reeds bestaande zoetwatervoorkomens met faciliteit voor onttrekking voor beregening	Mogelijk nadeel is verhoging van de grondwaterstand met wateroverlast.		39,
Diepe aquifers door zoet water injectie	WS/WL	B/G	L/R	M	Haarlemmermeer, Herten (WML), Glastuinbouw	3, 2, 1	Vergunningverlening	Kleine ruimteclaim. Geen verdamping. Verschillende schaalniveau's mogelijk.	Risico op verhogen kweldruk, waardoor zoutlast kwelwater toe. Kostbaar.	Toepassingsniveau is afhaneklijk van de schaal. Op kleine schaal al toegepast op grotere schaal als pilot.	9,30

Beheersmaatregelen (2)	Initiatief[1]	Uitvoering[2]	Schaal-niveau[3]	Type[4]	Locatie	Uitvoer-stadium[5]	Voorwaarden	Voordelen	Nadelen	Opmerkingen	Referen-ties[6]
Tegengaan brakke grondwaterkwel											
Peilverhoging in watergangen / polder	WS	B	R (L)	M	Diverse locaties	1		Kleiner zoutbezwaar op de boezem, minder zout in watergangen	Toename natschade, vermindering bergingscapaciteit, instabiliteit oevers, mogelijk geen behoud (landbouw)functie	Peilopzet op schaal van polders of delen ervan bevindt zich in uitvoerstadium 3	3, 8,17,27, 30,36,39, 41
Waterwinning in het watervoerend pakket onder de Holocene deklaag	WS	B / G	L	M		4		Vermindering risico opbarsting. Vermindering nutrienten.	Vergunning voor lozing brijn verschilt per waterschap. Injectie in diepe ondergrond niet altijd toegestaan.		1,24,33
Dichten van wellen	P / WS / G	B	L	M	Haarlemmermeer (rijksweg A4), Haarlemmermeer (HSL)	1 (waterglas), 2 (biosealing)			Risico op nieuwe wellen in de nabijheid.		26,28
Vergroten hydraulische weerstand door luchtinjectie	WS	B	L	M		2			Experimenteel	Haalbaarhied heeft zich nog niet bewezen	?
Sturen brakke stromen											
Compartimenteren brakke kwelgebieden	WS (P/G)	B	R/L	A	Texel, polder Welvliet bij Spijkenisse	1		Hogere waterkwaliteit in zoet deel (verziltingsgevoelige functies), RO aanpassen	Chloride gehalte in brak/zout deel hoger, hier geen zoet water beschikbaar voor beregening, aparte infrastructuur aanleggen (duur)	Combinatie met ruimtelijke ordening. Onderdeel van gebiedsproces	13,
Zonering op basis van beschikbaarheid zoet water	WS	B	R	A		4		Efficienter watergebruik. Daar waar het nodig is.	Ruimtelijke afstemming nodig en daarom vrijwel altijd samen met ruimtelijke ordening. Maar ook aanpassingen in het watersysteem nodig.		
Concentreren brakke kwel door doorprikken/verdiepen slootbodems	WS	B	L	A	Schouwen-Duiveland	2		Kwel concentreert op bekende sloten en daarmee te beheersen	Zeer chloriderijk water moet geloosd worden. proces moeilijk controleerbaar is en mogelijk onomkeerbaar.	Mogelijk te combineren met zoute aquacultuur/teelten	29,
Concentreren van kwel langs de randen van diepe polders	WS	B	R	A	?	1		Kwelwater langs de randen is vaak zoet en te combineren met berging en interne watervoorziening			30,
Dubbel slootpeil	WS	B	R	A / M		4	Op polder(deel) schaal toepassen	Hogere waterkwaliteit in zoet deel	Chloride gehalte afvoersloot hoger, chloride belasting boezem blijft gelijk, grote aanpassing watersysteem	Combinatie met ruimtelijke orderning en landgebruik	30,

Beleidsmaatregelen	Initiatief[1]	Uitvoering[2]	Schaal-niveau[3]	Type[4]	Locatie	Uitvoer-stadium[5]	Voorwaarden	Voordelen	Nadelen	Opmerkingen	Referenties[6]
Normering en watervoorziening differentieren in ruimte en tijd	WS / P	B	R	M / A		4					52,
Verzekeringen / Fondsvorming	A / LS	G / B	N	M		4	Maatschappelijk draagvlak nodig	Periodieke schade toestaan, compensatie uit fonds. Kostenbesparing op handhaven		Verzekeringsmaatschappij moet een dergelijke verzekering opzetten en daartoe bereid zijn.	4,
Ruimtegebruik sturen											
Verplaatsen verziltinggevoelige teelt	P/A	B / G	R/L	A	Boskoop	3		Efficiente ruimtelijke inrichting, kostenbesparing van watertransport	Hoge kosten, niet af te dwingen		8,25,42
Stedelijke ontwikkeling	P/ G	B	R/L	A	Spijkenisse	4		Langebruik dat voor landbouw minder geschikt is		Afweging is niet alleen afhankelijk van verzilting. Voorbeeld Spijkenisse is combinatie van meerdere	15,20
Ontwikkelen van natuur	P / NB	B	R	A	Zeeland, Laagveengebieden Zaanstreek, Robbenoord- & Dijkgatbos (Wieringermeerpolder)	1		Maatschappelijke waarde, ecologische diversiteit, verminder zoutschade	Beheer		15,18,20
Brak watervoorziening zilte teelten mogelijk maken	A / WS / P	B	R / L	A		4		Nieuwe impuls voor andere teelten	Huidige beleid en wetgeving maakt dit nog niet altijd mogelijk		
Waterlevering											
Beprijzing waterlevering	WS / P	B / G	R	M		1		Duidelijkheid voor gebruiker over aangeleverde hoeveelheid en kwaliteit.	Verplicht waterleverancier tot levering van water met afgesproken kwaliteit		22
Waterakkoorden en waterovereenkomsten externe aanvoer	N / WS	B	R / N	M		1				Status van waterakkoord verschilt per regio in Nederland.	10,21