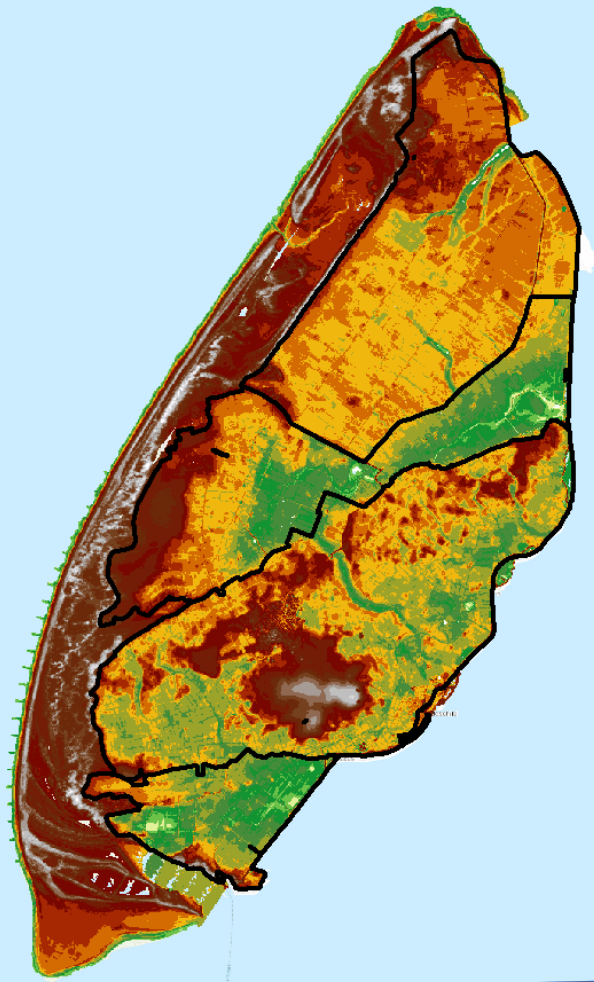


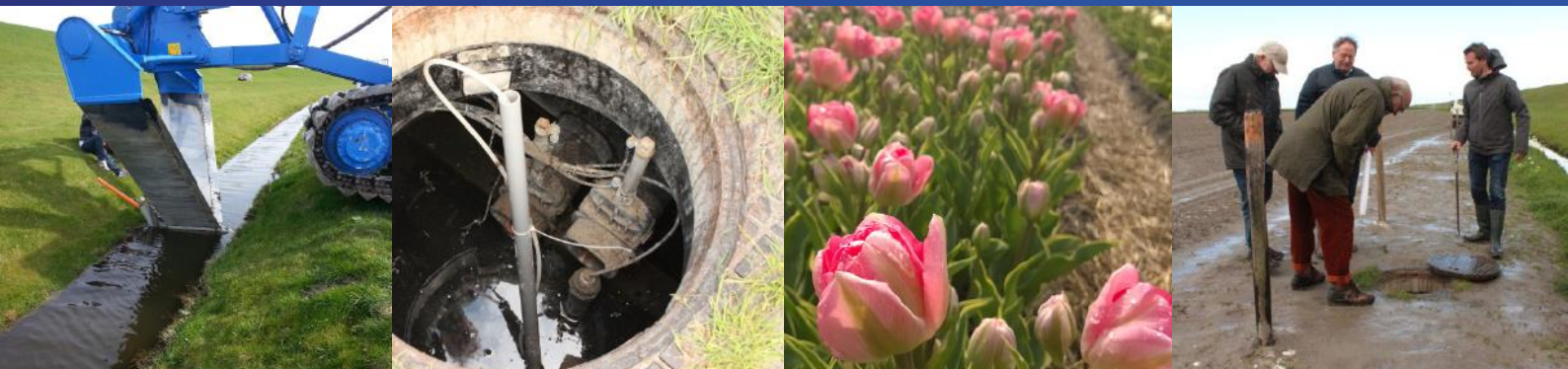
10 apr 2018



# Mogelijkheden zelfvoorziening zoet water Texel

Bureaustudie mogelijkheden zoetwatervoorziening op Texel voor landbouw en natuur

Eindrapport



## Samenvatting

---

Voor het klimaatbestendig maken van Texel is in 2014 het document Texel Water opgesteld. Eén van de onderwerpen in dit document is het verkennen van de mogelijkheid van waterberging voor de opslag van zoetwater om Texel zelfvoorzienend te maken.

Het doel van deze studie is inzicht te krijgen over de mogelijkheden van zelfvoorzienendheid voor landbouw en op Texel waarbij wordt gekeken naar welke locaties, bronnen, opslagsystemen en distributienetwerken geschikt zijn op Texel.

Door de afweging van de waterbeschikbaarheid, technische haalbaarheid en economische haalbaarheid is geconcludeerd dat zelfvoorzienendheid mogelijk is voor Texel. De waterbronnen, afstroom van percelen en de duinrellen leveren het meeste water van goede kwaliteit, die gebruikt kunnen worden voor opslag. Het middelgrote ondergrondse opslag systeem (voor ca. 100ha) komt zowel technisch- als economisch als meest kansrijk naar voren. Met ca. 60 tot 70 van deze systemen kan het eiland zelfvoorziening in zoet water voor landbouw en natuur. De kosten zijn berekend op ca. € 275,- per ha per jaar.

Om heel Texel zelfvoorzienend te maken kan het gebruik van duinwater samen met afstroom van de percelen met een middelgrote ondergrondse opslagsystemen voldoende zijn voor de stroomgebieden Gemeenschappelijke polders, Waal en Burg en het Noorden en polder Eijerland. Voor de Prins Hendrikpolder is een combinatie nodig van water uit de Gemeenschappelijk polders en de Prins Hendrikpolder.

---

## Colofon

Documenttitel	. Mogelijkheden zelfvoorziening zoetwater Texel
Opdrachtgever	. Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier
Verantwoordelijke bij opdrachtgever	. Karel Bruin-Baerts
Status	. Eindrapport
Datum	. 10 april 2018
Projectnummer	. 170787
Projectteam	. Kyra Hu-a-ng, Beatriz de la Loma Gonzalez, Tine te Winkel en Jouke Velstra

---

## Disclaimer

Aan dit rapport kunnen geen rechten worden ontleend. De auteurs zijn niet verantwoordelijk voor eventuele fouten of consequenties. Aanvullingen of verbeteringen zijn welkom via [info@acaciawater.com](mailto:info@acaciawater.com)

---

# Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding .....</b>	<b>1</b>
1.1	Kader en doel van het onderzoek.....	1
1.2	Overzicht van de aanpak.....	1
1.3	Schema.....	2
<b>2</b>	<b>Watersysteemanalyse van Texel .....</b>	<b>4</b>
2.1	Gebiedsbeschrijving.....	4
2.2	Watersysteem.....	4
2.3	Waterbalans.....	5
2.4	Zonering.....	6
2.5	Kalibratie waterbalans.....	8
2.6	Resultaten waterbalans.....	9
2.7	Economische analyse.....	9
<b>3</b>	<b>Watervraag.....</b>	<b>12</b>
3.1	Algemeen .....	12
3.2	Waterbehoefte .....	12
3.3	Waterbehoefte klimaatscenario.....	14
<b>4</b>	<b>Waterbronnen .....</b>	<b>16</b>
4.1	Algemeen .....	16
4.2	Waterbronnen.....	16
4.3	Wateraanbod huidige klimaat.....	17
4.4	Wateraanbod WH klimaatscenario.....	18
<b>5</b>	<b>Opslagsystemen .....</b>	<b>19</b>
<b>6</b>	<b>Opslag in een bassin.....</b>	<b>21</b>
6.1	Kleinschalig bassin.....	21
6.2	Grootschalige bassin.....	25
<b>7</b>	<b>Ondergrondse opslag.....</b>	<b>29</b>
7.1	Kleinschalige ondergrondse opslag .....	29
7.2	Middelgrote ondergrondse opslag.....	33
7.3	Grootschalige ondergrondse opslag .....	35
<b>8</b>	<b>Sloot.....</b>	<b>38</b>
8.1	Bronnen.....	38
8.2	Technische haalbaarheid.....	39

8.3	Risicobeoordeling .....	39
8.4	Economische haalbaarheid .....	40
<b>9</b>	<b>Vasthouden in het perceel .....</b>	<b>41</b>
<b>10</b>	<b>Gebruik .....</b>	<b>43</b>
10.1	Haspel .....	43
10.2	Dripirrigatie.....	43
10.3	Drainage -infiltratiesysteem (DI- systeem) .....	44
<b>11</b>	<b>Verkenning van de combinaties .....</b>	<b>45</b>
11.1	Overzicht totaal .....	45
11.2	Mogelijke combinaties .....	47
<b>12</b>	<b>Conclusies en aanbevelingen .....</b>	<b>48</b>
12.1	Conclusies.....	48
12.2	Aanbevelingen .....	48
	<b>Referenties .....</b>	<b>49</b>
	<b>Bijlage 1 Waterbalans .....</b>	<b>2</b>
	<b>Bijlage 2: H2oogst .....</b>	<b>4</b>

# 1

## Inleiding

### 1.1 Kader en doel van het onderzoek

Voor het klimaatbestendig maken van Texel is in 2014 het document Texel Water opgesteld. Dit is een levend document waarin alle ambities, plannen, ideeën, samenwerkingsintenties en netwerkontwikkeling van de Texelse gemeenschap zijn opgenomen op het gebied van water en veiligheid voor lange en korte termijn in een veranderend klimaat.

In het document zijn diverse initiatieven en ideeën benoemd die de partijen graag gezamenlijk wensen te verkennen. Eén van de onderwerpen die de samenwerkende partijen vanuit Texel Water wensen te verkennen is de mogelijkheid van waterberging voor de opslag van zoetwater.

Het doel van deze studie is inzicht te krijgen over de mogelijkheden van zelfvoorzienendheid voor landbouw op Texel waarbij wordt gekeken naar welke locaties, bronnen, opslagsystemen en distributienetwerken geschikt zijn op Texel.

Om de mogelijkheden voor de waterberging te verkennen wordt eerst een bureaustudie gedaan. Bij een positief resultaat kunnen vervolgstappen worden ondernomen voor start van praktijkonderzoek in de vorm van een pilot.

Op basis van de uitvraag kan worden vastgesteld dat de focus ligt op de mogelijkheden van ondergrondse opslag van zoetwater. Er zijn op dat vlak verschillende mogelijkheden denkbaar als ook andere mogelijkheden om water vast te houden dan wel beschikbaar te maken.

In de bureaustudie zijn drie mogelijkheden van wateropslag uitgewerkt, een bassin, ondergrondse opslag en opslag in de sloten. Dit heeft tot doel de argumenten voor of tegen alternatieven voor ondergrondse opslag goed tegen elkaar af te kunnen zetten. Het gaat om grote investeringen waarbij het van belang is op basis van feiten de juiste en vooral goed onderbouwde keuzes te maken.

### 1.2 Overzicht van de aanpak

De bureaustudie is in drie fasen verdeeld, een basis vaststellen, een voorstudie en een ontwerpfase. In de voorstudie is de waterbehoefte bepaald, van daaruit zijn de dimensionering en verschillende mogelijkheden geanalyseerd om objectief te beoordelen en te scoren. Op basis hiervan kan worden besloten wat de meest kansrijke richting is om verder te testen in een pilot. Deze zal dan verder worden uitgewerkt in de ontwerpfase. De reden voor deze fasering is dat de uitwerking van de pilot sterk afhankelijk is van de resultaten en conclusies uit de voorstudie.

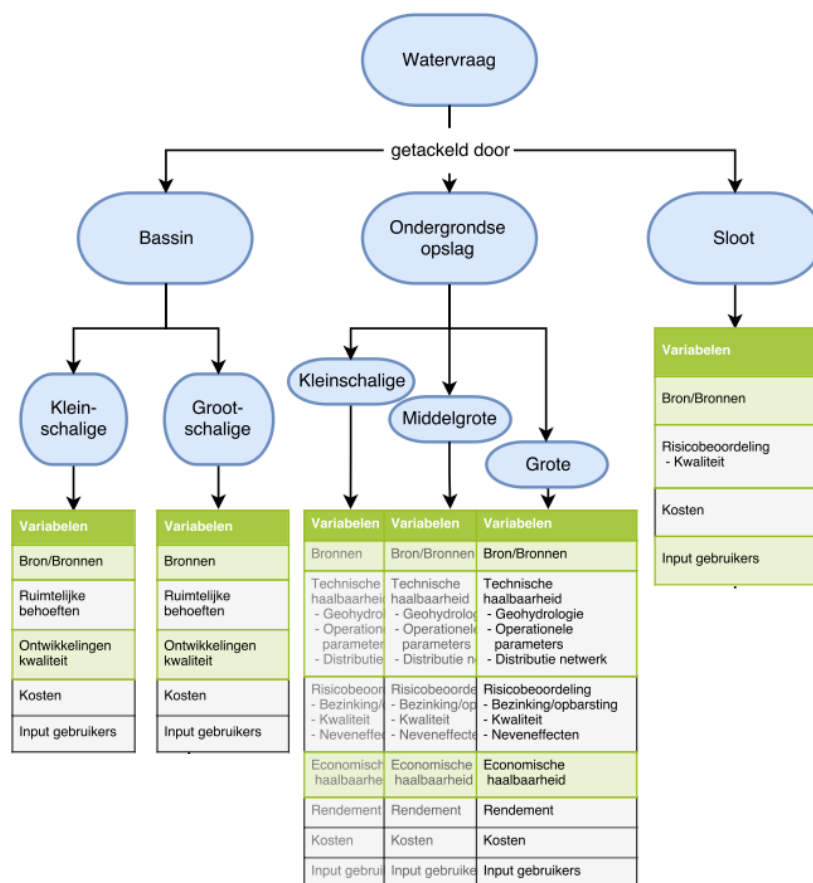
Deze systematische analyse en aanpak, weergegeven in onderstaande schema (zie Figuur 1), maakt het mogelijk de voor- en nadelen van de verschillende oplossingen naast elkaar te overzien en een gedegen afweging te maken.

### 1.3 Schema

Vanuit de sector komen over het algemeen en herhaaldelijk drie mogelijkheden naar voren voor opslag: bassin, ondergrondse opslag en de sloot. Deze drie mogelijkheden worden op schaalniveau, technische haalbaarheid en economische haalbaarheid geanalyseerd (zie Figuur 1).

#### 1.3.1 Schaalniveaus

Op perceelniveau kunnen de lokale agrariërs zelf het initiatief nemen. Echter voor grootschalige opslag van zoetwater ligt dit initiatief niet bij de individuele agrariër en wordt misschien ook wel terecht gekeken naar de overheden.



Figuur 1. Schema van de systematische analyse

Vanwege dit aspect maar ook andere, zoals risicobeheersing, distributie (aan- en afvoer), verantwoordelijkheid en eigenaarschap, etc. worden er drie schaalniveaus onderscheiden:

- 1) Lokaal niveau. Een individueel bedrijf zorgt voor zijn eigen watervoorziening.
- 2) Regionaal niveau. Dit kent verschillende schaalniveaus van groot bedrijf (ca. vanaf 100ha) of groep agrariërs.
- 3) Bovenregionaal niveau. De schaal van een polder en/of eiland.

We hebben dit binnen de bureaustudie vertaald vanuit de techniek in klein, midden en groot.

### 1.3.2 Technische haalbaarheid

De technische haalbaarheid bestaat uit de trits: bron, distributie, opslag, beschikbaarheid en gebruik. Voor elk zijn meerdere mogelijke oplossingen te bedenken of zijn gesuggereerd vanuit de sector. Het is van belang alle mogelijkheden te benoemen en de voor- en nadelen vast te leggen. Er dient gericht te worden op de 'technische' voorwaarden (in termen van m3, kwaliteit) en een bepaling van de economische implicaties en , wet- en regelgeving. Er zal tevens worden aangegeven welke partijen (boer, waterschap, etc.) nodig zijn per onderdeel.

### 1.3.3 Mening van gebruikers

De keuze voor een methode of de schaalgrootte daarvan is van grote invloed op de bedrijfsvoering van de agrariërs en natuurbeheer. Dit gaat dan over impact op de percelen, sloten en natuurlijk de kosten & baten en het eigenaarschap van de systemen.

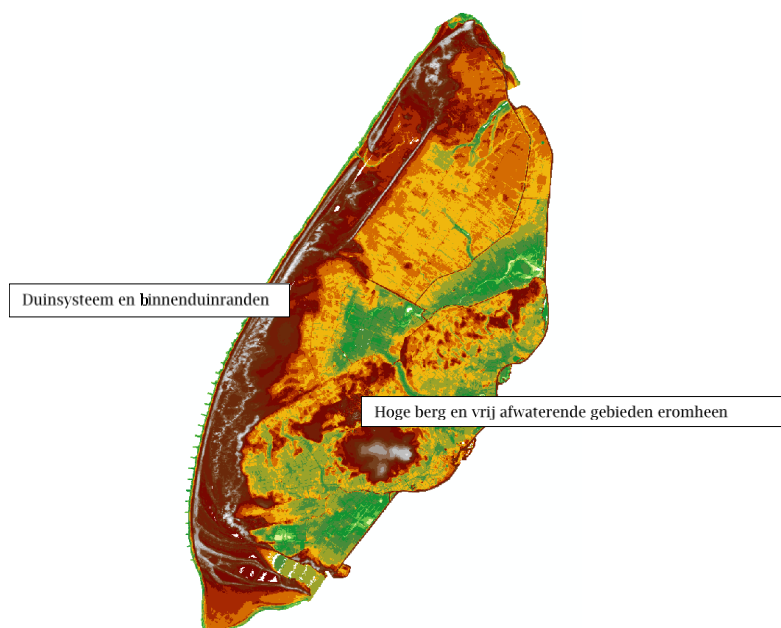
Uit ervaring binnen projecten zoals Spaarwater (waarbinnen o.a. ondergrondse opslagsystemen worden toegepast bij agrarische bedrijven, bijvoorbeeld in Breezand), maar ook internationaal in Bangladesh (inmiddels zijn daar meer dan 100 ondergrondse opslagsystemen aangelegd) is bekend dat de mening van de gebruikers doorslaggevend is voor het succes. Binnen deze bureaustudie gezien de korte doorlooptijd, zijn in deze fase geen interviews gehouden met potentiële gebruikers op Texel. In plaats daarvan heeft eind december 2017 een avond plaatsgevonden waarin de resultaten zijn gedeeld. Op deze avond met meer dan 70 geïnteresseerden is vastgesteld dat er veel draagvlak is voor verder ontwikkeling van zelfvoorziening op basis van de voorgestelde middelgrote ondergrondse opslagsystemen.

# 2

## Watersysteemanalyse van Texel

### 2.1 Gebiedsbeschrijving

Het eiland Texel behoort tot de Provincie van Noord-Holland en is het meest zuidelijk gelegen en grootste Waddeneiland. Het eiland heeft een populatie van circa 13.000 inwoners en een totaal oppervlak van ongeveer 460 km<sup>2</sup>. Aan de westkant van het eiland zijn de duinenrijen gelegen, die in het noorden onderbroken worden door een periodieke overstroomde kweldervallei, de Slufter. Aan de Waddenzee kant liggen de poldergebieden met de belangrijkste polders, Prins Hendrikpolder, Gemeenschappelijke polders, Waal en Brug polder, het Noorden polder en Eijerland polder. De duinen hebben een hoogte tussen de 3 m en 25 m t.o.v. NAP. De polders hebben een maaiveld van -1 m tot 0.60 m t.o.v NAP met uitzondering van De Hooge Berg met hoogtes van 3 m tot 15 m t.o.v NAP (zie Figuur 2). Het landgebruik in de polders is overwegend akkerbouw en agrarisch gras (zie Figuur 4 LGN7).



Figuur 2. Verloop van maaiveld op Texel

### 2.2 Watersysteem

Het watersysteem op Texel kan, aan de hand van de ontwateringssituatie, ingedeeld worden in drie gebieden:

1. Het duinsysteem in het westen en de Hooge Berg. Dit gebied wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van zoetwaterbellen en de vrij afwaterende binnenduinenranden, welke gevoed worden met een permanente en constante kwelstroom van de zoetwaterbellen in het duin.
2. Poldergebieden die door middel van gemalen en stuwen op streefpeil worden gehouden. Deze laaggelegen polders hebben een hoge zoutbelasting als gevolg



van zoute kwel. Toch kunnen lokaal, tijdelijk dunne zoetwaterlenzen voorkomen, door neerslagoverschot in de winter.

3. De natuurgebieden, hier wordt zoveel mogelijk water vastgehouden door verhoging van de oppervlaktewaterstanden met gebruik van stuwen.

## 2.3 Waterbalans

Om de waterstromen op Texel inzichtelijk te maken is een waterbalans opgesteld op stroomgebiedsschaal. De waterbalans wordt ingezet voor de analyse van de wateropslagsystemen, waarbij de waterbehoefte, waterbeschikbaarheid en zoutgehaltes berekend worden.

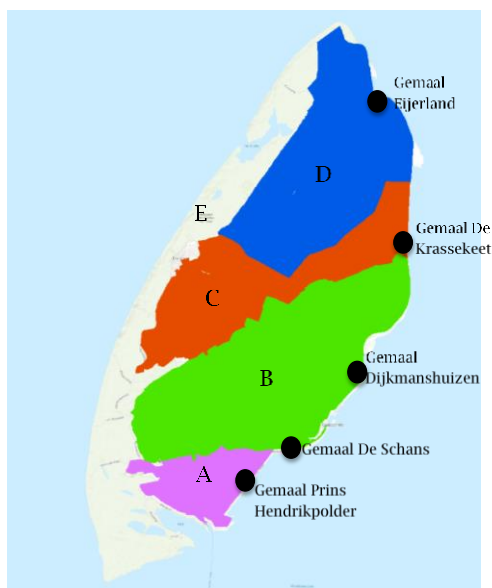
Voor de waterbalans is onderscheid gemaakt tussen het oppervlaktewater en de percelen. In Bijlage 1 en 2 wordt de waterbalans verder toegelicht. Voor de balans is het noodzakelijk om Texel op te delen in stroomgebieden, welke zijn gebaseerd op vijf afwateringsgebieden (zie Figuur 3):

- A. Prins Hendrikpolder met gemaal Prins Hendrikpolder;
- B. Gemeenschappelijke polders met gemalen Dijkmanshuizen en de Schans;
- C. Waal en Burg en het Noorden met gemaal de Krassekeet;
- D. De polder Eijerland met gemaal De Eijerland (vroeger Cocksdoorp);
- E. Duingebied Texel;

Per stroomgebied wordt één balans opgesteld, waarna ze samen worden gevoegd tot één waterbalans.

### Perceel uitstroom in de waterbalans

Om een goed beeld te krijgen van de verschillende soorten uitstroom van het perceel naar het oppervlaktewatersysteem is gebruik gemaakt van de tool H2Oogst (Acacia Water, 2017). Met deze tool wordt uitstroom en waterkwaliteit van het perceel berekend, voor verder toelichting van de tool zie Bijlage 2. Om gebruik te maken van de tool voor de waterbalans zijn de stroomgebieden verder onderverdeeld in meerdere zones. In het volgende paragraaf wordt ingegaan op de methode voor de zonering van de stroomgebieden.



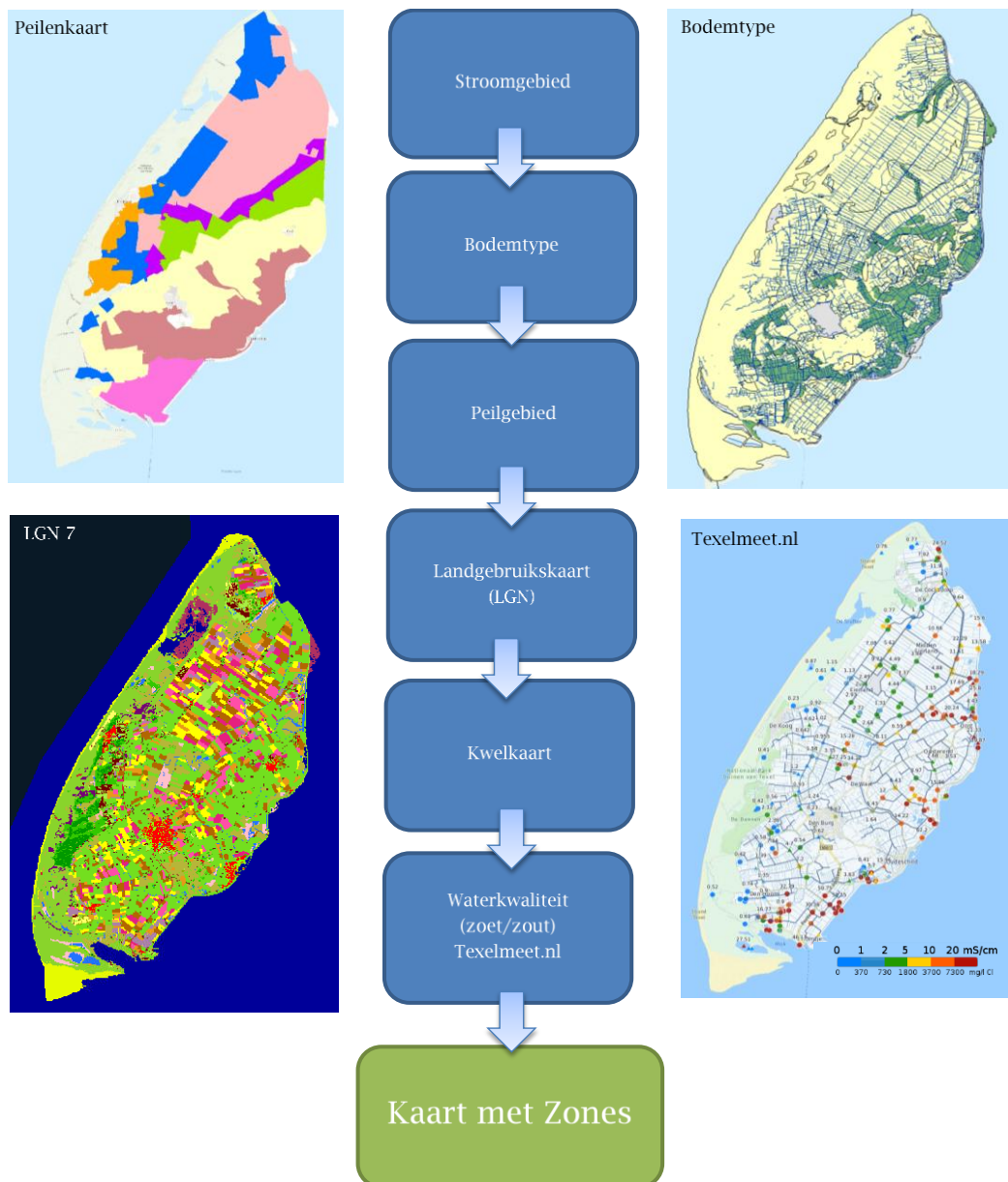
Figuur 3. Stroomgebieden gekoppeld aan de gemalen op Texel.

## 2.4 Zonering

Om de diversiteit binnen een stroomgebied te simuleren is elk gebied in meerdere zones verdeeld.

De zonering is in zes stappen uitgevoerd, waarbij de volgende parameters leidend zijn (zie Figuur 4):

- Stroomgebied
- Bodemtype
- Peilgebied
- Landgebruiksk kaart
- Kwelkaart
- Waterkwaliteit van het eerste watervoerend pakket



Figuur 4. Flowchart zonering

### Stroomgebied

De stroomgebieden zijn afgeleid van de afwateringsgebieden per gemaal (Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, 2009).

### Bodemtype

Voor de parameter 'bodemtype' is een versimpelde bodemkaart gemaakt gebaseerd op de bodemkaart van Nederland 1: 50.000, waarbij drie classificaties zijn gemaakt van zand, veen en klei.

### Peilgebied

De peilgebieden zijn afkomstig van het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK).

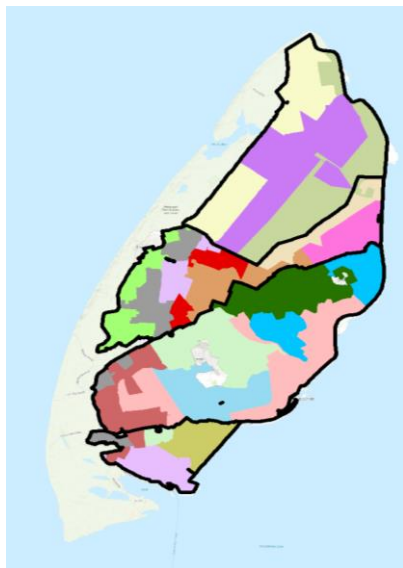
### Landgebruik

De bepaling van het landgebruik is uitgewerkt met behulp van LGN3 tot en met LGN7. Door in de tijd te kijken naar het landgebruik is het mogelijk geweest om de rotatiegewassen mee te nemen in de berekeningen. Uit de LGN analyse zijn gebieden gedefinieerd als grasland, bloembollen en akkerbouw met een gewasrotatie van aardappel, graan en bieten.

### Kwel

De fluctuatie van kwel verschilt gedurende het jaar door de toe- en afname van de netto neerslag. In de winter neemt de freatische stijghoogte toe door de netto neerslag, hierdoor neemt de kweldruk uit het onderliggende pakket af. Het omgekeerde proces vindt in de zomer plaats, wanneer er minder netto neerslag is waardoor de kwelflux toeneemt.

Om de kwelfluctuatie te simuleren is de kweldruk in H2Oogst bepaald aan de hand van de deklaagweerstand (TNO rapport NITG 02-166-A, 2002) en de berekende stijghoogte in het eerste watervoerend pakket (TNO rapport NITG 02-166-A, 2002). Aan de zuidelijke Waddenzeekant bevindt zich een zoute (10.000 mg/l) kwelwaarde van meer dan 1mm/d. Langs de duinen vindt men ook een kwelwaarde van meer dan 1mm/d, deze kwel heeft echter een zoete concentratie. De overige delen van Texel hebben een kwelregime tussen de 0.1-0.7 mm/d met uitzondering van de duinen waar een infiltratiesituatie heerst.



Figuur 5. Zonering van Texel met 24 zones

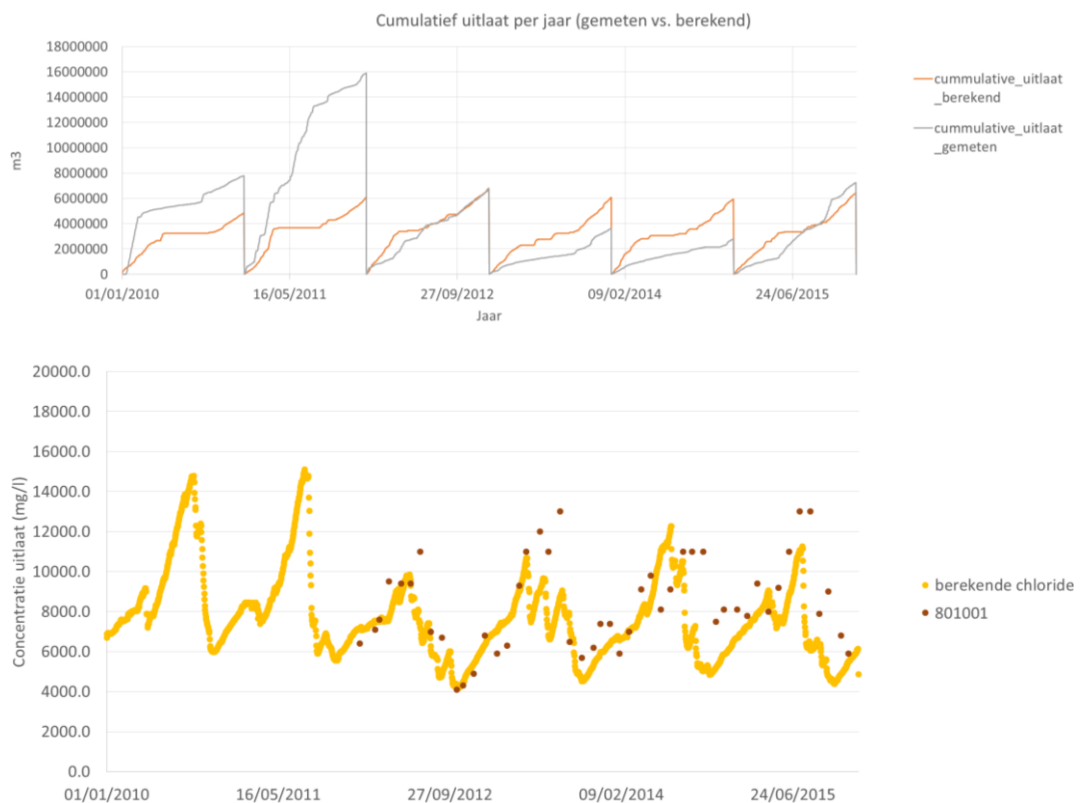
Uit de analyse zijn 24 zones gedefinieerd (zie Figuur 5). Voor deze 24 zones wordt de waterafvoer vanaf het perceel en de waterbehoefte berekend. Deze gegevens van de 24 gebieden worden meegenomen in de waterbalans, waar het water van het perceel gemengd wordt met het water van het oppervlakte systeem.

## 2.5 Kalibratie waterbalans

Om te toetsen of de waterbalansen een goed beeld geven van het watersysteem is getracht een kalibratie uit te voeren met de maalstaten van de poldergemalen van Texel. Gedurende het kalibratie proces is geconstateerd dat de maalstaten niet volledig en of incorrect zijn. Hieronder is kort opgesomd per stroomgebied wat de gebreken zijn in de maalstaten.

### Maalstaten en kalibratie

De kalibratie van de waterbalans met de gegevens van Lizard (HHNK website voor maalstaten) is weergegeven in Figuur 6. Uit de vergelijking van de cumulatieve maalstaten en de waterkwaliteit met de waterbalans resultaten kan worden vastgesteld dat het model de werkelijkheid goed simuleert.



Figuur 6. Kalibratie van de Prins Hendrikpolder. Boven zijn de cumulatieve uitgemalen hoeveelheden, beneden zijn de chloride gehalten bij de gemalen.

Nadere beschouwing van de maalstaten levert op dat deze voor, Polder Eijerland, en de andere stroomgebieden onvoldoende betrouwbaar zijn. Op basis van deze analyse kan er een onder- dan wel overschatting zijn van de uitgemalen hoeveelheden op basis van het waterbalans model. Geadviseerd wordt om een revisie en validatie uit te voeren ter voorbereiding op toekomstig gebruik.

## 2.6 Resultaten waterbalans

De resultaten van de waterbalans per stroomgebied zijn weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1. Resultaten van de waterbalans

Stroomgebied	A Prins Hendrik polder	B Gemeenschap- pelijke polders	C Waal en Noorden	D Eijerland polder
Oppervlakte	966 ha	4500 ha	2620 ha	3606 ha
Dominante teelt	Bollen	Gras	Gras	Akkerbouw
IN (neerslag + kwel)	0.3 Mm <sup>3</sup>	1.6 Mm <sup>3</sup>	0.3 Mm <sup>3</sup>	0.4 Mm <sup>3</sup>
Afstroom van percelen	5.5 Mm <sup>3</sup>	12 Mm <sup>3</sup>	12 Mm <sup>3</sup>	6 Mm <sup>3</sup>
UIT door gemalen	5.6 Mm <sup>3</sup>	13 Mm <sup>3</sup>	12 Mm <sup>3</sup>	6 Mm <sup>3</sup>
UIT door verdamping	0.2 Mm <sup>3</sup>	0.4 Mm <sup>3</sup>	0.2 Mm <sup>3</sup>	0.3 Mm <sup>3</sup>

De voornaamste waterbron van het oppervlakte watersysteem is de afstroom van percelen. Kwelwater is de enige bron van zoutwater aan het systeem, waardoor deze parameter veel invloed heeft op de waterkwaliteit en de beschikbaarheid van zoetwater.

Vanwege de onzekerheden van de maalstaten is ervoor gekozen om te werken met een bandbreedte van de resultaten voor het wateraanbod. Hierbij wordt uitgegaan van de ervaring opgedaan tijdens een proefpilot voor zelfvoorzienende zoetwaterberging in Texel door Acacia Water en Antea, in 2015 (Acacia Water en Antea, in 2015), gecombineerd met een theoretische benadering met behulp van de waterbalansen. Deze benadering is de basis van de technische haalbaarheid van de zoetwatermaatregelen:

- Bassin; Ondergrondse opslag;
- Opslag in de sloot,

De uitwerking van deze maatregelen wordt in de volgende hoofdstukken beschreven.

## 2.7 Economische analyse

### Kosten en randvoorwaarden

Om te toetsten of de voorgestelde maatregelen haalbaar zijn is naast het technisch onderzoek een financieel-economische analyse uitgevoerd. Deze analyse wordt ingezet om inzicht te geven in de kosten per systeem, per hectare. De totale kosten zijn gebaseerd op drie componenten:

- Investeringskosten in jaar 0;
- Gebruikskosten per jaar;
- Onderhoudskosten per jaar.

Deze kosten worden uitgezet over de tijd, met behulp van sommering ontstaat hieruit totaalbedrag. Om een realistische inschatting van de kosten over de tijd te kunnen maken wordt uitgegaan van de volgende randvoorwaarden:

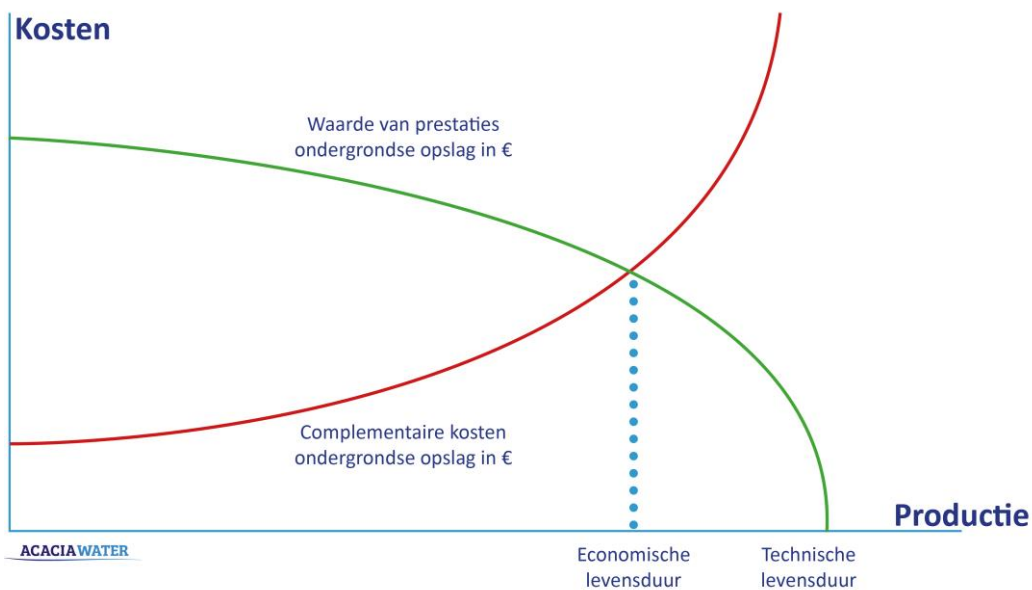
- Technische levensduur van 15 jaar;
- Economische levensduur van 5 jaar (afschrijvingstermijn);
- Discontovoet van 3%.

### Technische en economische levensduur

Het verschil tussen de technische levensduur en de economische levensduur is gebaseerd op de verschillende kosten waaruit beiden zijn opgebouwd. De technische levensduur bestaat uit 'de waarde van de prestaties van de techniek' waarin wordt geïnvesteerd, dit is dus de financiële waarde die het systeem aan het productieproces toevoegt ten opzichte van een situatie waarin de agrariër niet heeft geïnvesteerd. Daartegenover staan de complementaire kosten die tijdens gebruik worden gemaakt. Onder deze laatste vallen bijvoorbeeld onderhoudskosten en energieverbruik. Omdat de complementaire kosten stijgen over de tijd is er een break-even-point waarop de waarde van de prestatie van het systeem de complementaire kosten snijdt. Vanaf dit punt worden de kosten te hoog ten opzichte van de opbrengsten en is het gewenst om het systeem afbetaald te hebben (zie Figuur 7).

Vanwege deze theoretische benadering van afschrijvingskosten, maar ook de bedrijfseconomische visie in combinatie met belastingtechnische afwegingen is gekozen voor een afschrijvingstermijn van 5 jaar.

Vanuit praktijkervaring is gekozen voor een technische levensduur van 15 jaar. Voor enkele maatregelen zijn de onzekerheden groot zijn vanwege de kennis- en ervaringshiaten. Hierdoor is er onvoldoende bekend over de afschrijvingskosten, waardeverandering, bedrijfseconomische visie, de investeerder en dus de belastingtechnische afwegingen. Voor deze maatregelen is een *indicatie van de totaal kosten* gemaakt welke statisch zijn weergegeven. Hiervoor is ook geen discontoverrekening gebruikt.



Figuur 7: Technische en economische levensduur van een investering in zoetwatermaatregelen

### Discontovoet

In deze analyse wordt gebruik gemaakt van een discontovoet van 3%. In kosten-batenanalyses voor beleidsmaatregelen die zich richten op de toekomst is het gebruikelijk om waardeveranderingen te verwerken met behulp van een discontovoet. Gebruikelijk is om voor bedrijfsmatige en particuliere investeringen een rentevoet te verrekenen. De investering in zoetwatermaatregelen op Texel kunnen zowel (deels) door de overheid of door de agrariër gefinancierd worden. Toch wordt alleen gebruik gemaakt

van de discontovoet, dit is mogelijk omdat de discontovoet mag worden geïnterpreteerd als een minimum rendementseis (Centraal Plan Bureau , 2015)

#### Verrekening per hectare

De totale kosten over 15 jaar worden opgeteld en verrekend met een discontovoet van 3% en een afschrijvingstermijn van 5 jaar. Dit geeft een indicatief totaalbedrag. Om dit te presenteren in een voor de agrariër 'spreekende eenheid' is gekozen voor €/hectare/jaar.

# 3

## Watervraag

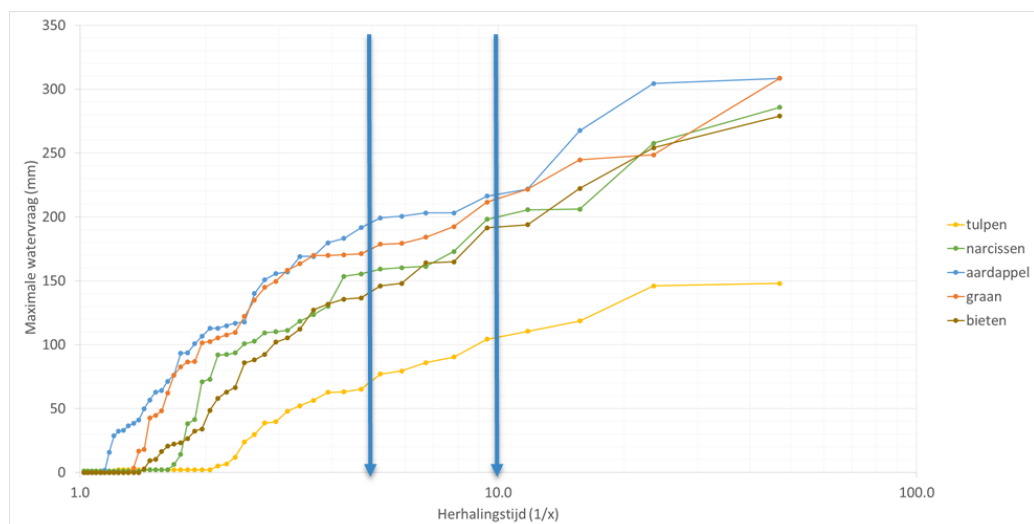
### 3.1 Algemeen

Bij de analyse van de verschillende wateropslagsystemen moet rekening gehouden worden met de componenten: bron, opslag, beschikbaarheid en gebruik. Deze vier componenten zijn sterk met elkaar verbonden. Immers om op te slaan moet er een bron zijn van water om op te slaan en aan de andere kant moet dit aansluiten bij de waterbehoefte.

De eerste stap in de systematische analyse is het kwantificeren van de waterbehoefte. De waterbehoefte bepaalt de benodigde opslag en de mate waarin een waterbron aangeboord dient te worden.

### 3.2 Waterbehoefte

Voor het kwantificeren van de waterbehoefte is onderscheid gemaakt tussen de maximale en de minimale waterbehoefte. De maximale watervraag is de theoretisch benodigde hoeveelheid water op basis van gewasgroei en verdamping voor een optimale opbrengst (maximaal rendement). Voor de berekeningen van de maximale watervraag is voor de neerslaggegevens gebruik gemaakt van KNMI neerslagstation Den Brug en voor de verdampinggegevens KNMI meteorologische station, de Kooy. Gegevens van een langjarige periode van 1981 tot en met 2010 zijn gebruikt om de watervraag te bepalen.



Figuur 8: Gumbel distributie voor het huidige klimaat.



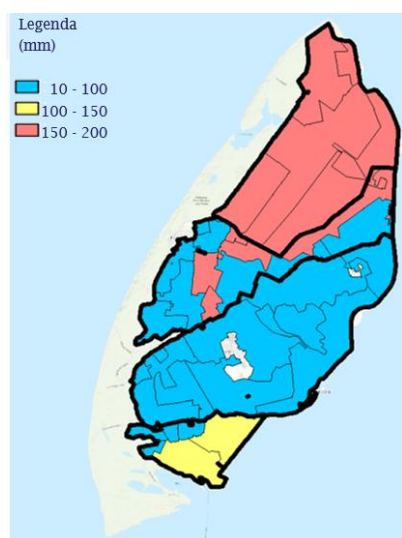
Voor akkerbouw is gekozen om voor de gewassen aardappel, graan en bieten een berekening uit te voeren. Voor bollenteelt is gebruik gemaakt van tulpen en narcissen. Om inzichtelijk te maken hoe vaak een bepaalde maximale watervraag voorkomt is gebruik gemaakt van de Gumbel distributie (Gumbel, 1958).

Figuur 8 toont de Gumbel distributie voor de gekozen akkerbouw en bollenteelt en Tabel 2 laat de watervraag zien voor een situatie dat 1 keer in de 5 jaar en 1 keer in de 10 jaar voorkomt.

Tabel 2. Watervraag (in mm) gebaseerd op Gumbel en H2oogst.

	Tulp	Narcis	Aardappel	Graan	Bieten
Watervraag (mm) Herhalingstijd: 1x in de 2 jaar	20	70	110	100	50
Watervraag (mm) Herhalingstijd: 1x in de 5 jaar	80	160	200	180	145
Watervraag (mm) Herhalingstijd: 1x in de 10 jaar	110	210	220	220	190

De resultaten voor de maximale watervraag zijn ook weergegeven in Figuur 9 De meeste watervraag (>150mm/j) bevindt zich in het noorden van Texel in de polder Eijerland. De waterbehoefte is sterk beïnvloed door het gewas en zijn het hoogste voor de akkerlanden. Op de tweede plek zijn de bollenstreken in het zuiden met een waterbehoefte van 100-150 mm/j.



Figuur 9: Maximale watervraag huidige klimaat.

De minimale watervraag is de hoeveelheid water voor de overbrugging van een droogteperiode. Deze komt voort uit diverse gesprekken met boeren op Texel. Het gaat dan om 100mm of minder. Bij de pilot van 2015 (Acacia Water en Antea, 2015), op een tulpen perceel bleek in een droog jaar 70mm voldoende, hoewel dit jaar ca. 100mm tot 200mm is gebruikt. Tabel 3 geeft het totaal maximale en minimale watervraag per stroomgebied weer.

Tabel 3. Overzicht van de totale maximale en minimale watervraag (in Mm<sup>3</sup>/j) van het huidige klimaat per stroomgebied.

Stroomgebied	A Prins Hendrik polder	B Gemeenschappelijke polders	C Waal en Noorden	D Eijerland polder
Minimale watervraag (Mm <sup>3</sup> /j)	0.1	1	1.4	3.6
Maximale watervraag 1x in de 5 jaar (Mm <sup>3</sup> /j)	1	1	2	6
Maximale watervraag 1x in de 10 jaar (Mm <sup>3</sup> /j)	1.2	1.4	2.3	7.5

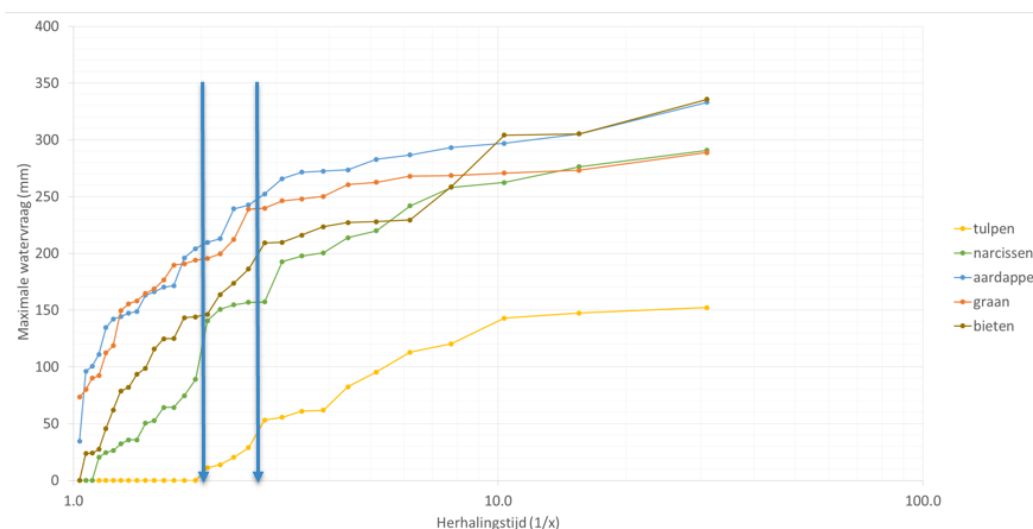
### 3.3 Waterbehoefte klimaatscenario

Door de klimaatveranderingen zijn er toenemende effecten op de waterbehoefte en wateraanbod. Om de toenemende effecten te kwantificeren is voor de meest recente KNMI 14 scenario WH, een berekening uitgevoerd ten behoeve van de watervraag zoals ook geformuleerd voor de huidige klimaat in paragraaf 3.2.

Bij de berekening van de waterbehoefte is rekening gehouden met een toename in neerslag en verdamping waarbij gebruik is gemaakt van reeds getransformeerde reeksen van KNMI stations De Kooy en Den Burg voor de periode 1981-2010, uitgaande van horizon 2050.

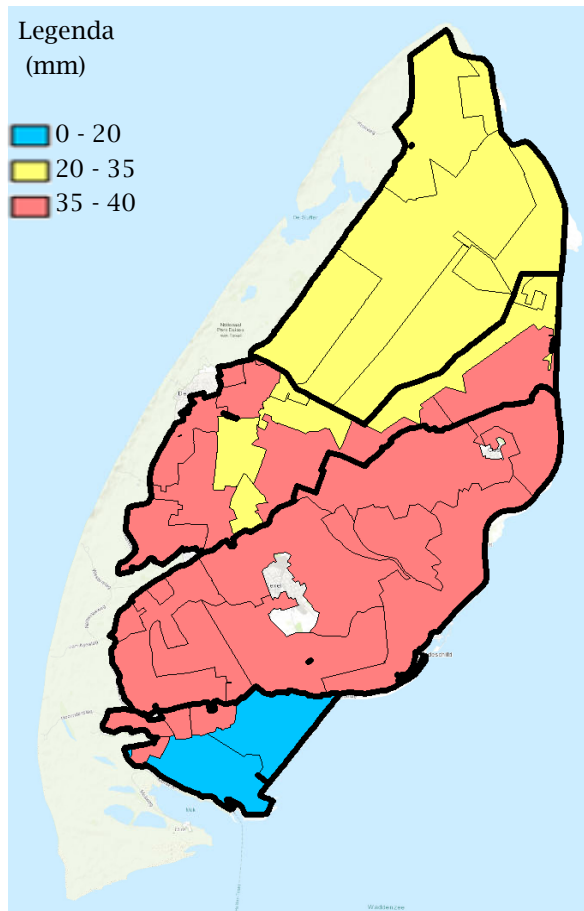
Voor de klimaatscenario WH is een Gumbel distributie gemaakt om de vergelijking te maken tussen de 1 x in de 5 jaar en 1x in de 10 jaar voorkomende watervraag van het huidige klimaat in de WH scenario.

Figuur 10 toont de Gumbel distributie voor de WH scenario met daarin de twee lijnen met de watervraag voor 1x in de 5 en 1x in de 10 jaar van de huidige situatie.



Figuur 10: Gumbel distributie voor de WH klimaatscenario

In de WH scenario zal de 1 x in de 5 jaar watervraag van de huidige situatie 1 x in de 2 jaar voorkomen en zal de 1x in de 10 jaar 1 x in de 3 jaar voorkomen. De toename in watervraag is het grootst bij grasland gebieden met een toename van meer dan 35 mm en het kleinst bij de bollenteelt met een toename van ongeveer 20 mm (Figuur 11).



Figuur 11: Toename in mm van de waterbehoefte met de WH klimaat scenario.

# 4 Waterbronnen

## 4.1 Algemeen

Om de watervraag te kunnen aanvullen is een wateraanbod nodig, daarom is de tweede stap in de systematische analyse van de systemen het onderscheiden van de mogelijke bronnen van wateraanbod om deze vervolgens te kwantificeren. Binnen Texel zijn drie vormen van wateraanbod mogelijk:

- Water van de duinrellen;
- Perceel afstroom;
- Neerslag direct op het opslagsysteem.

## 4.2 Waterbronnen

### 4.2.1 Water van de duinrellen

Het neerslagoverschot uit de duinen is een bron van zoetwater dat gebruikt kan worden als waterbron om in de waterbehoefte te voorzien. Uit het onderzoek van Bakker, 1981 (zie Figuur 12) kan aangenomen worden dat bij droge-duinvegetatie een verdamping van 360 mm/j geldt. Bij een gemiddelde neerslag van 800 mm/j (KNMI Den Burg meteostation van 1964-2017) en een 360 mm/j verdamping zorgt dit voor een neerslagoverschot van 440 mm/j.

Begroeiingstype	V (mm/j)	f(-)	g(-)	Vegetation type
Onbegroeid duinterrein	180		0,25	Bare dunes
Vochtige-valleivegetatie	550	0,7		Wet slack vegetation
Droge-duinvegetatie	360		0,5	Dry dune vegetation
Vochtig loofbos	550	0,7		Wet decidious woodland
Droog loofbos	400		0,55	Dry decidious woodland
Vochtig loofbos	700	0,9		Wet coniferous woodland
Droog naaldbos	550		0,75	Dry coniferous woodland

Figuur 12. De grootte van de jaarlijkse verdamping en de f-en g-waarden van zeven begroeiingstypen in het Nederlandse duingebied onder gemiddeld normale klimaatomstandigheden (Bakker, 1981).

Met een lengte van de duinen van 19 km met uitzondering van de Slufter en een gemiddelde duinbreedte van 750m, omdat maar de helft van de duin bijdraagt aan kwel aan de binnenduintrand, de rest gaat naar de Noordzee, levert dit een debiet van 0.2 m<sup>3</sup>/s voor het hele duingebied. Bij een berekening van het volume van de kwel uit de kwelkaart van TNO rapport NITG 02-166-A, 2002, komt een vergelijkbaar debiet van 0.17 m<sup>3</sup>/s als aangenomen wordt dat de kwel in een breedte van 500 m plaatsvindt.

Met behulp van deze twee benaderingen is aangenomen dat ongeveer 0.2 m<sup>3</sup>/s uit de duinen kan stromen voor een heel jaar. In werkelijkheid wordt niet al dit water gebruikt voor opslag. De aanname is gedaan dat de helft in de wintermaanden afstroomt, 0.1m<sup>3</sup>/s, en bruikbaar is voor opslag. Dit levert een volume van ca. 3 miljoen m<sup>3</sup> per jaar voor opslag in de wintermaanden. Dit zelfde volume is, doordat de duinrellen ook in de zomerperiode water kunnen leveren, nogmaals beschikbaar voor gebruik in de

zomermaanden en komt daarom als bron in de tabellen voor naast de beschikbaarheid van water uit de opslag.

#### 4.2.2 Water afkomstig van de percelen

Het water waarmee het opslagsysteem gevuld kan worden is het afstroom van het perceel. Het overtollig water van het perceel van goede kwaliteit wordt naar het bassin afgevoerd. Afhankelijk van de zoutconcentratie (EC -waarde) grenswaarde wordt bepaald of het water van goede of slechte kwaliteit is. Als het water van slechte kwaliteit is wordt het op de sloot geloosd. Aangenomen is dat een EC-grenswaarde van 1.7 wordt gehanteerd als water van goede kwaliteit. Bij het verhogen van de EC-grenswaarde naar 2.5 neemt de waterbeschikbaarheid met negenmaal toe. Door het bepalen van het wateraanbod met de H2oogst tool voor elk van de 24 zones kan rekening gehouden worden met de bodemopbouw en rotatie van de verschillende teelten.

#### 4.2.3 Water direct op het opslagsysteem

Bij open opslagsystemen kan het neerslag dat direct in of op het systeem valt ook als bronwater functioneren. Belangrijk hierbij is het oppervlak waarop de neerslag valt want des te groter het oppervlak des te meer water beschikbaar is.

### 4.3 Wateraanbod huidige klimaat

Voor het kwantificeren van het wateraanbod is gebruik gemaakt van de waterbalansen en van praktijkervaring opgedaan bij de proef in een tulpen perceel in 2015 (Acacia Water en Antea, (2015). De aanname is gemaakt dat het water van voldoende kwaliteit is voor irrigatie als het onder de grenswaarde zit van 1.7 EC (365mg/l). De theoretische benadering met de waterbalansen geven een conservatief beeld van het te verwachten wateraanbod omdat de waterbalansen zijn gekalibreerd met waterkwaliteitsmetingen in de sloten (zie Hoofdstuk 2). De praktijkervaringen geven een meer geoptimaliseerd beeld van het mogelijk aanbod hierbij is aangenomen dat voor het hele eiland 350 mm van de percelen kan komen. Omdat tijdens de proef gebruik werd gemaakt van peilopzet, kan de geoptimaliseerde situatie een te optimistisch beeld geven voor die locaties waarin geen peilopzet mogelijk is. Daarom is er ook een midden oplossing berekend. Tabel 4 geeft de waterkwantiteit van goede kwaliteit water weer voor de duinrellen, en afstromen uit de percelen en direct op het bassin.

Tabel 4. Waterkwantiteit van goede kwaliteit per waterbron per gebied.

Stroomgebied	A - Totaal aanbod goede kwaliteit (Mm <sup>3</sup> /j)	B - Totaal aanbod goede kwaliteit (Mm <sup>3</sup> /j)	C - Totaal aanbod goede kwaliteit (Mm <sup>3</sup> /j)	D - Totaal aanbod goede kwaliteit (Mm <sup>3</sup> /j)
Water uit duinrellen	0.01	0.3	1.2	1.5
Afstroming van perceel	0	0.6	5	2.5
Directe neerslag op het opslagsysteem	0.1	0.6	0.5	0.5
<b>Totaal</b>	<b>0.11</b>	<b>1.5</b>	<b>6.7</b>	<b>4.5</b>

Tabel 5 geeft de resultaten weer voor totaal water van goede kwaliteit, dus de duinen samen met perceel en direct op het opslagsysteem voor alle stroomgebieden, voor de conservatieve tot de geoptimaliseerde benadering.

Tabel 5. Totaal water van goede kwaliteit voor een conservatief, midden en geoptimaliseerde benadering.

Stroomgebied	A -Totaal aanbod goede kwaliteit (Mm <sup>3</sup> /j)	B -Totaal aanbod goede kwaliteit (Mm <sup>3</sup> /j)	C - Totaal aanbod goede kwaliteit (Mm <sup>3</sup> /j)	D - Totaal aanbod goede kwaliteit (Mm <sup>3</sup> /j)
Conservatief	0.11	1.5	6.7	4.5
Midden	2	9	7	9
Geoptimaliseerd	3.4	16	9	13

Voor het toetsen van de waterbehoefte aan het wateraanbod wordt in de volgende hoofdstukken gebruik gemaakt van de **midden situatie**.

#### 4.4 Wateraanbod WH klimaatscenario

Bij de berekening van het wateraanbod in de klimaatscenario WH is rekening gehouden met een toename in neerslag en verdamping waarbij gebruik is gemaakt van reeds getransformeerde reeksen van KNMI stations De Kooy en Den Burg voor de periode 1981-2010, uitgaande van horizon 2050. Voor de klimaatscenario WH is gesimuleerd dat het neerslagoverschot een toename heeft van 50 mm in de duinen waardoor dan uit de duinen met een conservatieve benadering 4 miljoen kuub komt. Tabel 6 geeft de resultaten weer voor totaal water van goede kwaliteit, dus de duinen samen met perceel en direct op het opslagsysteem voor alle stroomgebieden, voor de conservatieve tot de geoptimaliseerde benadering bij een WH klimaatscenario.

Tabel 6. Totaal water van goede kwaliteit voor een conservatief, midden en geoptimaliseerde benadering in het WH scenario.

Stroomgebied	A -Totaal aanbod goede kwaliteit (Mm <sup>3</sup> /j)	B -Totaal aanbod goede kwaliteit (Mm <sup>3</sup> /j)	C - Totaal aanbod goede kwaliteit (Mm <sup>3</sup> /j)	D - Totaal aanbod goede kwaliteit (Mm <sup>3</sup> /j)
Conservatief	0.2	4.9	9.4	9.3
Midden	2	11	9.6	12
Geoptimaliseerd	3.9	18	10	14

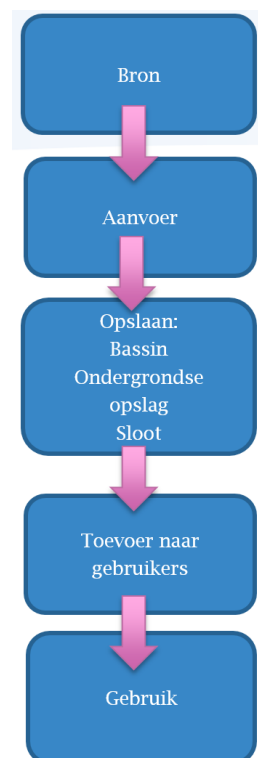
# 5 Opslagssystemen

Binnen het project Spaarwater zijn verschillende maatregelen beproefd en ontwikkeld om de zelfvoorzienendheid van agrariërs te vergroten (Tolk en Velstra, 2016). Het hierin ontwikkelde analyse van het wateropslagsysteem is ook van toepassing bij de analyse van de verschillende wateropslagsystemen op Texel. Deze analyse verdeelt het opslagsysteem in vijf blokken (Figuur 15). Beginnend bij de waterbron tot aan het gebruik door de agrariërs. Deze verdeling van het wateropslagsysteem bestaat uit:

- Bron
- Distributie van bron naar opslag (aanvoer)
- Opslag
- Distributie van opslag naar gebruikers (toevoer)
- Gebruik

Door deze verdeling van het systeem kunnen de verschillende mogelijkheden per blok onafhankelijk worden benaderd waardoor het mogelijk is om verschillende samenstellingen van een systeem te maken.

In hoofdstuk 4 zijn de verschillende waterbronnen al behandeld, in de volgende hoofdstukken worden de vier overige blokken van het wateropslagsysteem toegelicht en uitgewerkt.



Figuur 13. Analyse van het opslagsysteem in blokken.

## 5.1.1 Distributie van bron naar opslag

Onder distributie van bron naar opslag vallen de benodigheden die gebruikt worden om het water van de waterbron naar het opslagsysteem te krijgen. Hierbij kan gedacht worden aan verzamelleidingen, extra pompen en persleidingen.

## 5.1.2 Opslag

Vanuit de sector komen over het algemeen en herhaaldelijk drie mogelijkheden naar voren voor opslag: bassin, ondergrondse opslag en de sloot. Deze drie opslagsystemen worden voor verschillende schalen uitgewerkt zoals benoemd in paragraaf 1.3. Daarbij is ook gekeken naar de mogelijkheden voor peilgestuurde drainage om het water in het perceel vast te houden.

## 5.1.3 Distributie van opslag naar gebruikers

Onder het blok distributie van opslag naar gebruikers vallen de benodigheden die gebruikt worden om het water van het opslagsysteem naar de eindgebruiker te brengen. Hierbij kan gedacht worden aan leidingen, extra pompen, persleidingen en herinrichting van het watersysteem.

#### 5.1.4 **Gebruik**

De eindgebruiker kan verschillende irrigatietechnieken gebruiken om zijn land van water te voorzien. Binnen deze studie is gekeken naar gebruik door middel van haspel, dripirrigatie en drainage- infiltratie methode (DI).



# 6

## Opslag in een bassin

De vorm van wateropslag in een bassin is een toepassing die al veel wordt toegepast voor individuele bedrijven. Om de technische haalbaarheid te toetsen van opslag in een bassin zijn de klein en groot schaalniveaus onderzocht. Een kleinschalig bassin heeft betrekking op individuele bedrijven waarbij uitgegaan is van een oppervlak van 10 hectare. Een grootschalig bassin heeft betrekking tot één groot buitendijks bassin die heel Texel van water moet voorzien.

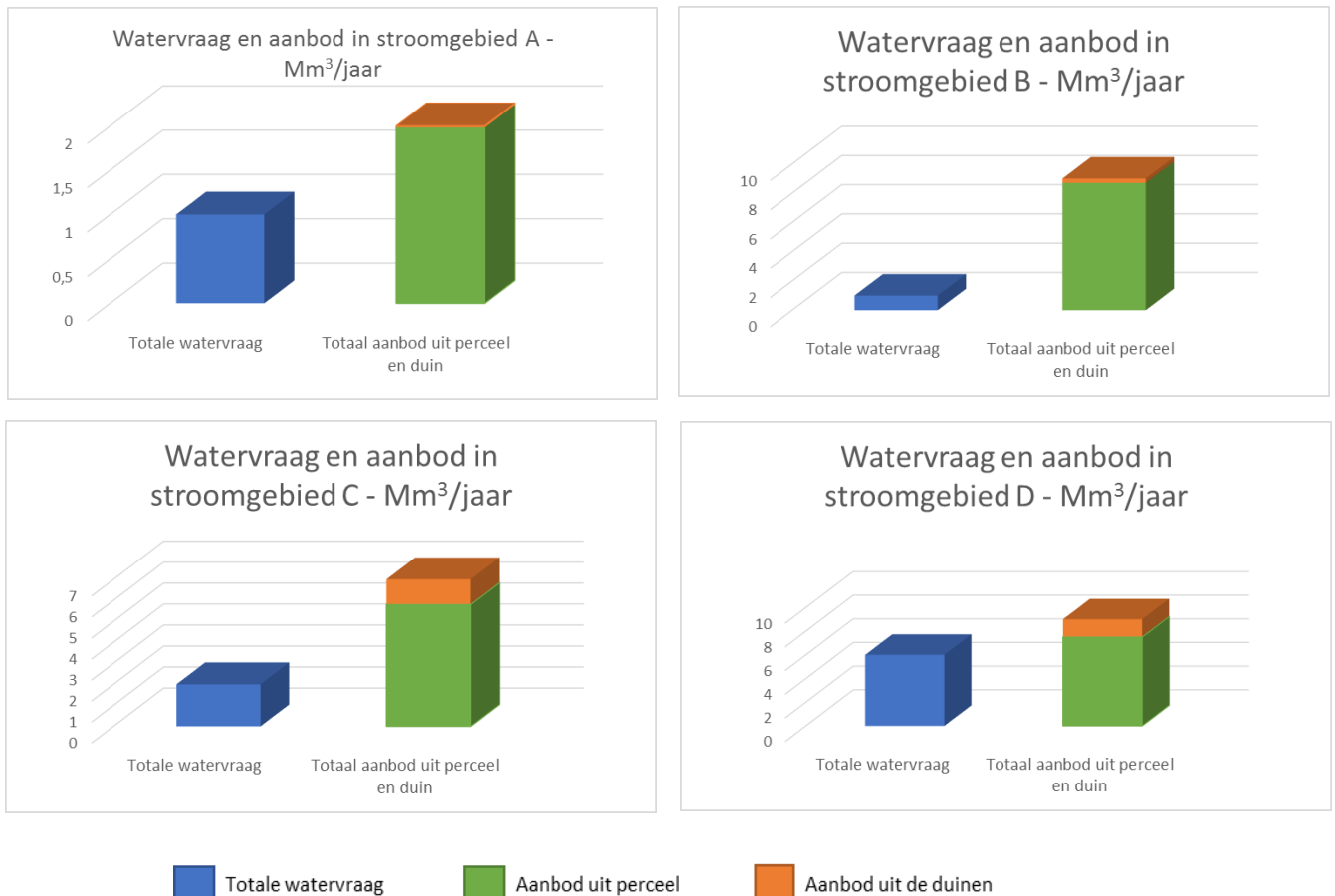
In de proef voor zelfvoorzienende zoetwaterberging (Acacia Water en Antea, 2015), wordt drainagewater vanuit het perceel en water van het dak van de schuur opgevangen. Het opgevangen water van goede kwaliteit wordt vervolgens opgeslagen in een bassin zodat het beschikbaar gesteld wordt in het groeiseizoen via peilopzet en druppelirrigatie.

### 6.1 Kleinschalig bassin

#### 6.1.1 Bronnen

Het water waarmee het bassin wordt gevuld kan afkomstig zijn van drie bronnen, afstroom vanaf het perceel, de duinen en directe neerslag op het bassin. Voor de afstroming van het perceel zie paragraaf 4.2. Uit de duinen komt ongeveer 0.1m<sup>3</sup>/s per lengte, die gebruikt kan worden als water van goede kwaliteit (zie meer uitleg paragraaf 4.2.1). Per stroomgebied is de lengte van de duin bepaald om het aandeel van duinwater te berekenen.

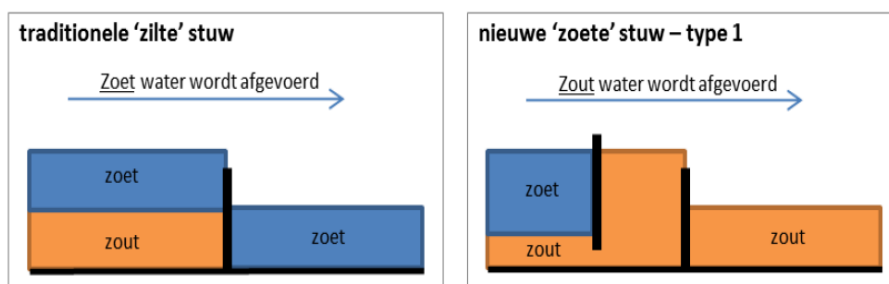
Voor waterbron direct op het bassin is uitgegaan van een bassin met een volume van gemiddeld 10.000 m<sup>3</sup> waarbij een oppervlakte geldt van ongeveer 2800m<sup>2</sup>. Voor elk van de stroomgebieden is het wateraanbod weergegeven per bron in Figuur 14. Geconcludeerd kan worden dat er voldoende water beschikbaar is voor de watervraag van 1x5 jaar voor alle stroomgebieden. Een gedetailleerde tabel is weergegeven in Bijlage 3.



Figuur 14: Watervraag en -aanbod per stroomgebied - kleinschalig bassin

### 6.1.2 Distributie van bron naar opslag

Voor het opvangen van het overtollig water van het perceel wordt gebruik gemaakt van bestaande drainage in het perceel. De bestaande drainages worden aangesloten op een verzamelleiding, die het water van het perceel naar het opslagsysteem toevoert. Voor het water uit de duinen moet gedacht worden dat het water via leidingen van de duinrellen naar het opslagsysteem wordt toegevoerd zodat het niet wordt gemengd met het water van slechte kwaliteit in de sloten. Of het slootsysteem wordt aangepast om het zoete en het zoute water van elkaar gescheiden te houden (zie Figuur 15).



Figuur 15: De zoete stuw

### 6.1.3 Opslag

Om water beschikbaar te maken kan de agrariër op zijn eigen perceel water opslaan in een bassin. Een bassin wordt meestal aangelegd door het uitgraven, en het creëren van een aarden wal met de uitgegraven aarde. Een bassin wordt over het algemeen bekleed met plastic om infiltratieverliezen te voorkomen. De enige verliesterm die het water uit een bassin daardoor heeft is verdamping.

### 6.1.4 Distributie van opslag naar gebruikers

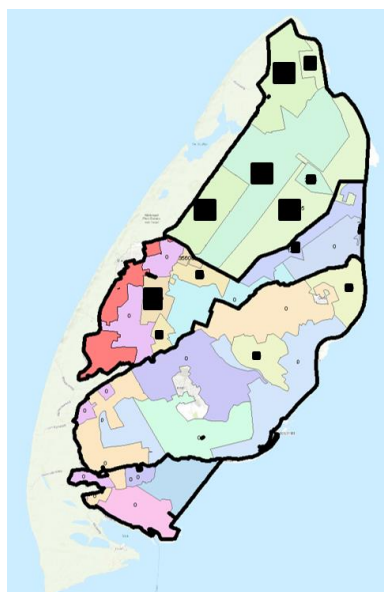
Voor het beschikbaar maken van het water uit het bassin naar de gebruikers kunnen de bestaande drainages en verzamelleiding die voor de afvoer zijn gebruikt opnieuw worden gebruikt om het water naar de percelen toe te voeren.

### 6.1.5 Technische haalbaarheid

In principe kan een bassin overal aangelegd worden. De technische haalbaarheid van een bassin wordt bepaald door de ruimtelijke behoefte van het bassin doordat er gewasareaal opgegeven dient te worden om het bassin te plaatsen. Het is daarom van belang vast te stellen hoeveel ruimtebeslag deze bassins met zich mee brengen in verhouding tot de benodigde volume. Tabel 7 geeft een overzicht van het totaal areaal van de stroomgebieden en welk percentage daarvan van bassin moet worden voorzien om de watervraag van 1 x in de 10 jaar te beantwoorden, dit is ook geïllustreerd in Figuur 16.

Tabel 7. Overzicht van het totaal areaal van de stroomgebieden met het percentage oppervlakte.

	Stroomgebied A	Stroomgebied B	Stroomgebied C	Stroomgebied D
Totaal oppervlak (hectare)	966	4500	2620	3606
Oppervlak nodig voor watervraag (1x10) (hectare)	34	40	66	215
Percentage bassin/totaal op (%)	3.5	1	2.5	6



Figuur 16. Illustratie oppervlak van bassin t.o.v. totaal oppervlak.

### 6.1.6 Risicobeoordeling

De ontwikkeling van de waterkwaliteit in het bassin is een aspect die meegenomen moet worden in de risicobeoordeling van het bassin. Rekening moet worden gehouden met vervuiling van buitenaf door mens en dier, algengroei, ophoping van meststoffen, verstopping door bladeren en groei van fauna (Alvarez Cobelas & Arauzo, 1994; Lee et al., 2012).

De algengroei in een bassin wordt bevordert door de temperatuur, neerslag en zonlicht, bij gunstige omstandigheden van deze factoren kan de concentratie van algen toenemen waardoor de chemische samenstelling van het water verslechterd (Alvarez Cobelas & Arauzo, 1994; Lee et al., 2012). Ook het toenemen van nitraat en fosfaat in het bassin leidt tot een snelle algengroei dat leidt tot eutrofiëring. Hierdoor gaat de kwaliteit van het water achteruit met als resultaat dat de kosten voor het zuiveren van het water en het bassin omhoog gaan (Lu et al., 1999). De ophoping van meststoffen kan voor komen doordat water van percelen wordt opgevangen en opgeslagen in het bassin en weer hergebruikt, door deze cirkel kunnen meststoffen zich ophopen in het bassin. Desalniettemin is uit het onderzoek van Texel geen verandering geconstateerd voor meststoffen in het bassin (Acacia Water en Antea, 2015).

Andere aspecten van de risicobeoordeling voor het gebruiken van een bassin is het nagaan van de ingegraven diepte van het bassin zonder dat er negatieve effecten optreden in de omgeving (bijvoorbeeld opbarsting). En de toetsing bij de vergunning of bassins passen in het landschap van Texel.

### 6.1.7 Economische haalbaarheid

De kosten zijn een totaal van investerings-, gebruiks- en onderhoudskosten. De investeringskosten voor een kleinschalig bassin bedragen €70.000,- / 10 hectare. Met deze investering is het mogelijk om 20.000m<sup>3</sup> op te slaan. De gebruiks- en onderhoudskosten bedragen €2.100,- per jaar. De technische levensduur van het systeem is 15 jaar. Vanwege de afschrijvingskosten, bedrijfseconomische visie in combinatie met belastingtechnische afwegingen is gekozen voor een afschrijvingstermijn van 5 jaar. Om waardeveranderingen voor de toekomst te verwerken is ook een discontovoet van 3% meegerekend voor de technische levensduur van het bassin (zie Tabel 8).

Tabel 8. Overzicht van de kosten voor een kleinschalig bassin.

Parameter	Kosten
Bron	€0,-
Aanvoer	€ 10,- per meter
Opslag	€ 70.000,- /10ha
Gebruik/onderhoud	€ 2.100,- per jaar bij gebruik drainage Infiltratie
Gebruik/onderhoud	€ 5.600,- per jaar bij gebruik druppelirrigatie

De kosten worden uiteindelijk verrekend naar een prijs per hectare (zie Tabel 9). Verrekening over 15 jaar levert de volgende kostenresultaten:

Tabel 9. Kosten kleinschalig bassin per hectare.

Parameter	Kosten
<b>Klein bassin inclusief Drainage Infiltratie</b>	
Totaal / 10 hectare	€ 90.000,-
Totaal/hectare	€ 9.000,-
Totaal/hectare/jaar	€ 600,-
<b>Klein bassin inclusief Druppelirrigatie</b>	
Totaal /10 hectare	€ 142.000,-
Totaal / hectare	€ 14.200,-
Totaal/hectare/jaar	€ 950,-

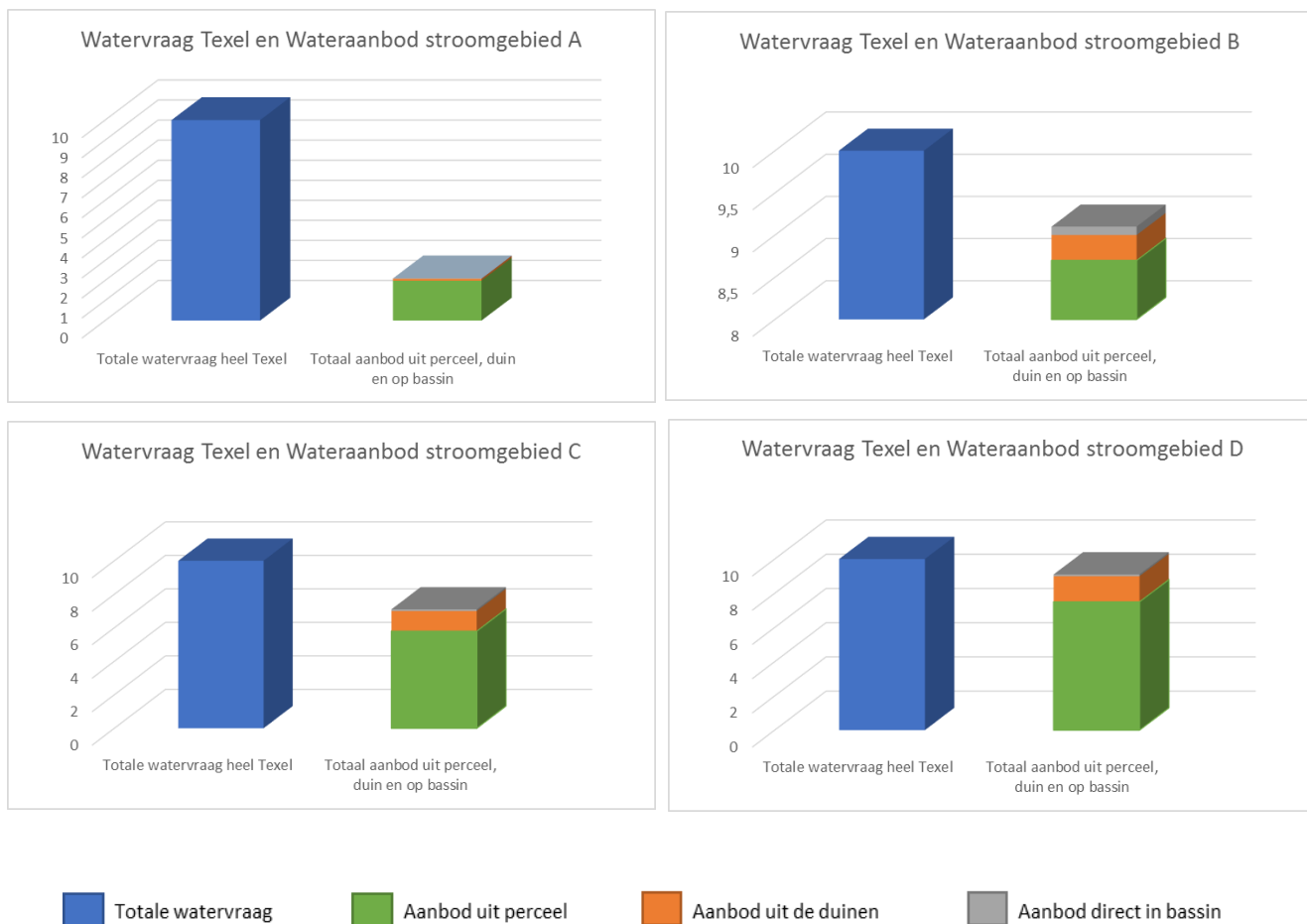
## 6.2 Grootschalige bassin

### 6.2.1 Bronnen

Het water waarmee het bassin wordt gevuld kan afkomstig zijn van drie bronnen, het afstroom van het perceel, de duinen en direct neerslag op het bassin.

Voor de afstroming van het perceel zie paragraaf 4.2. Uit de duinen komt 0.1m<sup>3</sup>/s per lengte, die gebruikt kan worden als water van goede kwaliteit (zie meer uitleg paragraaf 2.4.1). Per stroomgebied is de lengte van de duin bepaald om het aandeel van duinwater te berekenen. Voor waterbron direct op het bassin is uitgegaan van een bassin met een oppervlakte van 100 hectare.

Voor elk van de stroomgebieden is het wateraanbod weergegeven per bron in Figuur 17. Geconcludeerd kan worden dat er onvoldoende water beschikbaar is vanuit elk stroomgebied voor de totale watervraag van heel Texel.



Figuur 17. Wateraanbod Grootchalig bassin per stroomgebied - grootchalig bassin

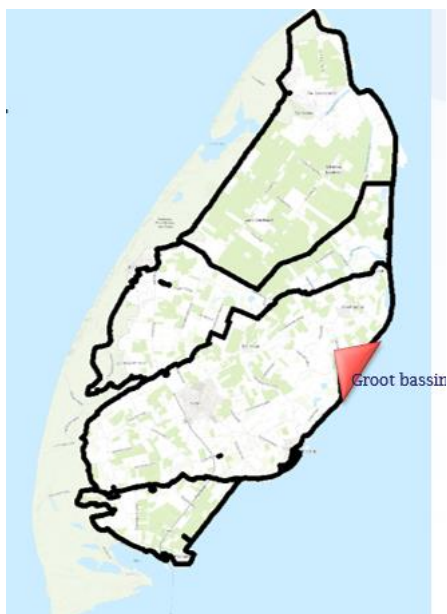
### 6.2.2 Distributie van bron naar opslag

Voor de aanvoer van het water uit de duinen naar het gemaal van Dijkmanshuizen is een leiding nodig van ongeveer 12 km. Daarbij moet een extra gemaal geplaatst worden die het water op concentratie kan controleren zodat alleen water van goede kwaliteit in het bassin wordt in gemalen.

Een tweede aanvoermogelijkheid is het aanpassen van het watersysteem met een verbinding van de gemalen Dijkmans en de Schans en het scheiden van zoet en zout water in de sloten zodat ook het afstroom water van de percelen naar het grote bassin kan worden afgevoerd.

### 6.2.3 Opslag

De grote bassin zal in de Waddenzee net voor de kust van Texel worden geplaatst waarbij gebruik wordt gemaakt van de baai bij gemaal Dijkmanshuizen (Figuur 18). Voor verder toelichting van het idee voor een groot bassin kan Arcadis geraadpleegd worden.



Figuur 18. Weergave van de locatie van het grote bassin.

#### 6.2.4 **Distributie van opslag naar gebruikers**

Voor het beschikbaar maken van het water uit het grote bassin naar de gebruikers moet een extra gemaal geplaatst worden om het water uit het bassin naar de gebruiker te brengen. Daarna moet het water via een persleiding of door de herinrichting van watersysteem naar de percelen gebracht worden. Daarnaast kan het water ook uit het bassin in watertanks worden gepompt om naar de gewenste locatie gebracht te worden.

#### 6.2.5 **Technische haalbaarheid**

De technische haalbaarheid van het grote bassin wordt bepaald door de ruimtelijke behoefte van het bassin in het buitendijks gebied, dat nodig is om de totale watervraag te beantwoorden. Om de volledige watervraag van 16Mm<sup>3</sup> van Texel te beantwoorden zal een groot bassin nodig zijn met een oppervlakte van 200 hectare bij een diepte van ongeveer 8 meter.

Door de buitendijkse aanleg van een bassin moet ook onderzoek worden gehouden over de effecten van het bassin om bestaande dijken om dijkinstabiliteit te voorspellen en te kwantificeren.

#### 6.2.6 **Risicobeoordeling**

Het bergen van zoetwater in een zoute omgeving zorgt ervoor dat het zoete en het zoute water gaan mengen waardoor de kwaliteit van het water niet voldoende zal zijn voor irrigatie doeleinden. Om menging te vermijden moet het buitendijkse bassin afgedicht worden aan de onderzijde.

Voor het aanleggen van een bassin is een vergunning nodig, door de locatie van de buitendijkse bassin in Natura 2000 gebied zal het vergunningstraject een lang en moeilijk proces zijn.

## 6.2.7 Economische haalbaarheid

De kosten (zie Tabel 10) zijn een totaal van investerings-, gebruiks- en onderhoudskosten. De investeringskosten voor een grootschalig bassin bedragen €34.000,-/ meter. De gebruiks- en onderhoudskosten per jaar voor een bassin van dit formaat zijn nog onbekend. Aangenomen is dan de technische levensduur van het systeem het gemiddelde van 15 jaar betreft. Vanwege de onzekerheden is gekozen om geen lange termijn doorrekening van 15 jaar te maken, richting de toekomst omdat er onvoldoende bekend is over de afschrijvingskosten, waardeverandering, bedrijfseconomische visie, de investeerder en dus de belastingtechnische afwegingen. Onderstaande *indicatieve totaal kosten* zijn dus een statische weergave, hiervoor is ook geen discontoverrekening gebruikt (zie Tabel 11).

Tabel 10. Overzicht van de kosten voor een grootschalig bassin.

Parameter	Kosten
Bron	€0,-
Aanvoer	€ 10 per meter bij ongeveer 12 km leiding Extra gemaal €700.000
Opslag	€ 34.000/m (bij 2,5km ca. 85 miljoen)
Gebruik/onderhoud	PM
Watergebruikskosten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Persleiding nodig op uit het bassin te pompen € 500,- per meter naar de gebieden (ca. 2 miljoen)</li> <li>• (Herinrichting van het watersysteem € 15,- per meter)</li> <li>• Gebruik van DI dus eigen drainagesysteem (€160,- per hectare/jaar)</li> <li>• Gebruik met druppel (€560,- per hectare/jaar)</li> <li>• Gebruik haspel</li> </ul>

Tabel 11. Indicatieve totaal kosten.

Parameter	Kosten
<b>Indicatieve totaal kosten</b>	€ 90 miljoen



# 7

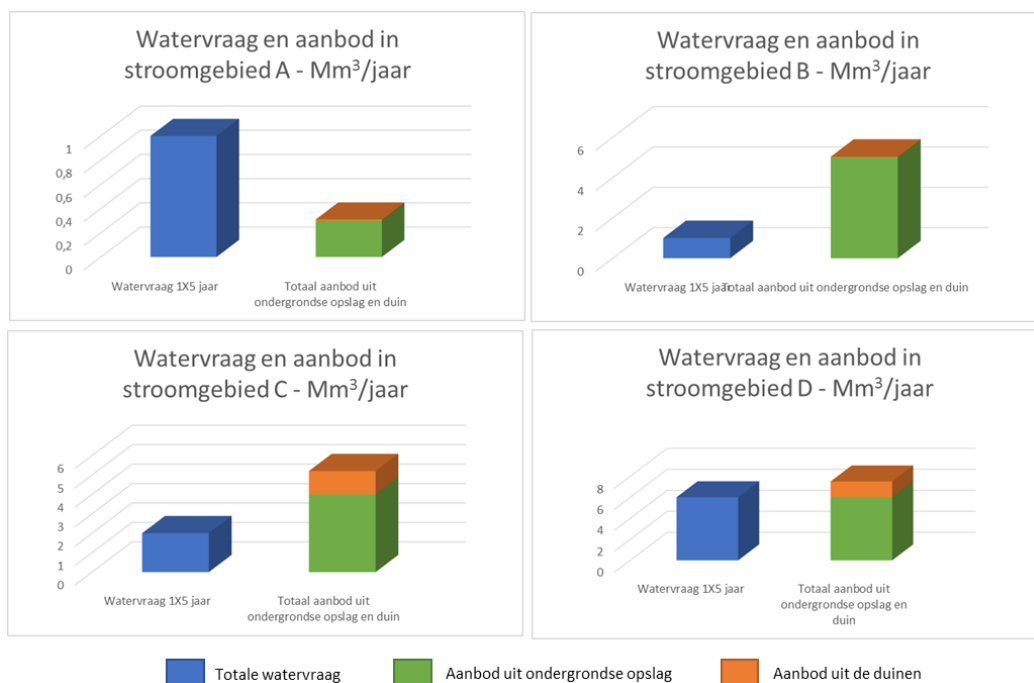
## Ondergrondse opslag

Binnen het project Spaarwater is onderzoek gedaan en wordt nog steeds gedaan naar de technieken om het zoete water in de ondergrond op te slaan. Uit de resultaten van Spaarwater was een rendement van meer dan 50% behaald voor de pilot gebieden. Door het water in de ondergrond op te slaan kan niet alleen de zelfvoorzienendheid van de agrariër worden vergroot maar ook kan verzilting worden tegen gegaan. Drie schaalniveaus worden in dit hoofdstuk onderzocht waarbij kleinschalig betrekking heeft op bedrijf van 10 hectare en middel groot op een bedrijf van 100 hectare. De grootschalige opslag heeft betrekking tot één gigantische ondergrondse opslag voor heel Texel.

### 7.1 Kleinschalige ondergrondse opslag

#### 7.1.1 Bronnen

Het water dat gebruikt kan worden voor de ondergrondse opslag kan afkomstig zijn van twee bronnen, het afstroom van het perceel en de duinen. Voor elk van de stroomgebieden is het wateraanbod uit de ondergrondse opslag berekend met de terugwinefficiency en weergegeven per bron in Figuur 19.



Figuur 19: Wateraanbod Grootschalig bassin per stroomgebied – kleinschalige opslag

### 7.1.2 **Distributie van bron naar opslag**

Voor het opvangen van het overtollig water van het perceel wordt gebruik gemaakt van bestaande drainages in het perceel. De bestaande drainages worden aangesloten op een verzamelleiding, die het water van het perceel naar het opslagsysteem toevoert. Voor het water uit de duinen moet gedacht worden dat het water via leidingen van de duinrellen naar het opslagsysteem wordt toegevoerd zodat het niet wordt gemengd met het water van slechte kwaliteit in de sloten.

### 7.1.3 **Opslag**

De opslag van het water gebeurt middels putten die het water in een geschikte watervoerend pakket pompen gedurende drie maanden in de natte periode met wateroverschot. Het water kan onttrokken worden wanneer het nodig is met dezelfde putten die zijn gebruikt voor het infiltreren. Door vooronderzoek van het gebied en beoogde capaciteit wordt de puttenconfiguratie en infiltratie en onttrekkingsregime ontworpen zodat het systeem optimaal kan functioneren.

### 7.1.4 **Distributie van opslag naar gebruikers**

Voor het beschikbaar maken van het water uit de ondergrondse opslag naar de gebruikers kunnen de bestaande drainages en een verzamelleiding gebruikt worden om het water naar de percelen toe te voeren.

### 7.1.5 **Technische haalbaarheid**

Voor de technische haalbaarheid van het systeem is de volgende empirische formule gebruik:

$$RE = 0.116 * \ln(Q) - 0.317 * \ln(kz) - 0.536 * \ln(TDS) + 0.766$$

RE = rendement (%)

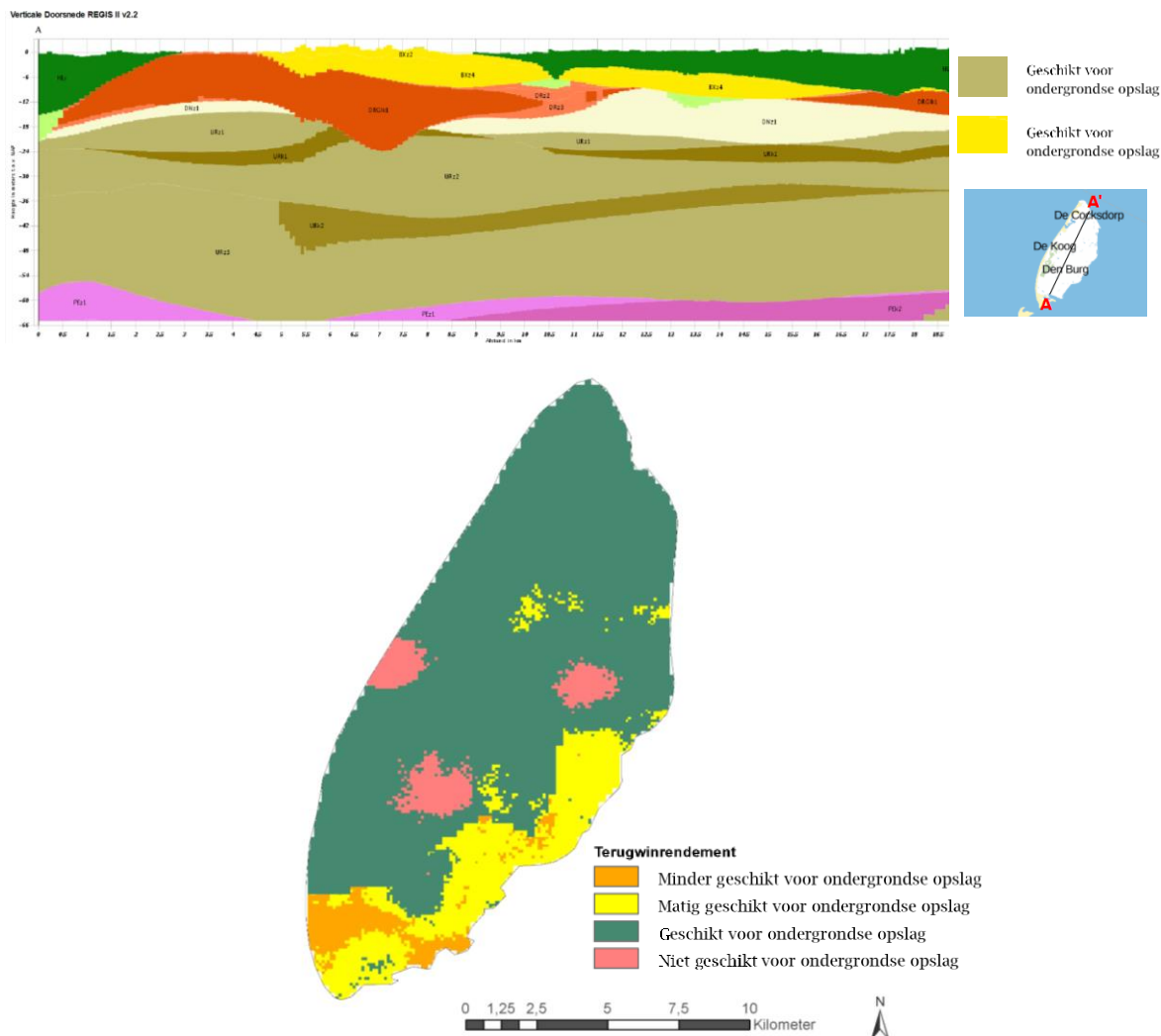
Q = totaal geïnfiltreerde volume in 1 jaar (m<sup>3</sup>)

Kz = verticale doorlatendheid (m/d)

TDS = zoutgehalte van het achtergrondwater in de aquifer (kg/m<sup>3</sup>)

Voor het invullen van de formule is voor de volume gebruik gemaakt van wateraanbod berekend met H2oogst. Voor de kv is gebruik gemaakt van gegevens van REGIS en voor de TDS is gebruik gemaakt van kaarten van TNO- rapport NITG 02-166-A,2002.

Aannames bij de formule zijn, dat er 1 spaarjaar is, een lage dispersie een onvolkomen put en alleen infiltratie in de winter is. Als randvoorwaarden is aangenomen een afdichtende laag van meer dan 5 meter aanwezig moet zijn en de aquifer waarin wordt geïnfiltreerd bestaat uit de formaties Bostel, Urk, Eem, Drachten en Drente. Figuur 20 boven geeft een overzicht van de formaties en locatie van het watervoerend pakket. Figuur 20 (onder) geeft de rendementen weer voor een ondergrondse opslag op Texel. Het noordelijk deel van Texel heeft rendementen van meer dan 50% en het zuiden en aan de zuidoost kust zijn de rendement lager door de hoge achtergrond concentratie in de aquifer.



Figuur 20. Boven: overzicht van Formaties van een dwarsdoorsnede op Texel. Onder: rendement voor ondergrondse opslag voor heel Texel.

### 7.1.6 Risicobeoordeling

Voor ondergrondse opslagsystemen moet eerst een lokaal onderzoek gedaan worden naar de effecten van het infiltreren en onttrekken van water op de omgeving. Het gaat hierbij om het kwantificeren van de mate van stijging of daling van de grondwaterstand en tot hoever deze verandering zal reiken in het gebied. Daarbij vormen opbarsting en inzinking belangrijke aspecten voor de risicobeoordeling. Verder moet bij het onderzoek ook gekeken worden naar de verandering van waterkwaliteit en chemische reacties die kunnen optreden in de aquifer door het infiltreren van gebiedsvreemd water.

### 7.1.7 Economische haalbaarheid

De kosten (zie Tabel 12) zijn een totaal van investerings-, gebruiks- en onderhoudskosten. De investeringskosten voor een kleinschalige ondergrondse opslag bedragen €75.000,- / 10 hectare. De gebruiks- en onderhoudskosten bedragen €2.100,- per jaar. De technische levensduur van het systeem is 15 jaar. Vanwege de afschrijvingskosten, bedrijfseconomische visie in combinatie met belastingtechnische afwegingen is gekozen voor een afschrijvingstermijn van 5 jaar. Om waardeveranderingen voor de toekomst te verwerken is ook een discontovoet van 3% meegerekend voor de technische levensduur van de ondergrondse opslag.

Tabel 12. Overzicht van de kosten voor een kleinschalig ondergrondse opslag.

Parameter	Kosten
Bron	€0,-
Aanvoer	€ 10,- per meter
Opslag	€ 75.000,- /10ha
Gebruik/onderhoud	€ 2.100,- per jaar

De kosten worden uiteindelijk verrekend naar een prijs per hectare. Verrekening over 15 jaar levert de volgende kostenresultaten (zie Tabel 13):

Tabel 13. Overzicht kosten per hectare kleinschalig ondergrondse opslag.

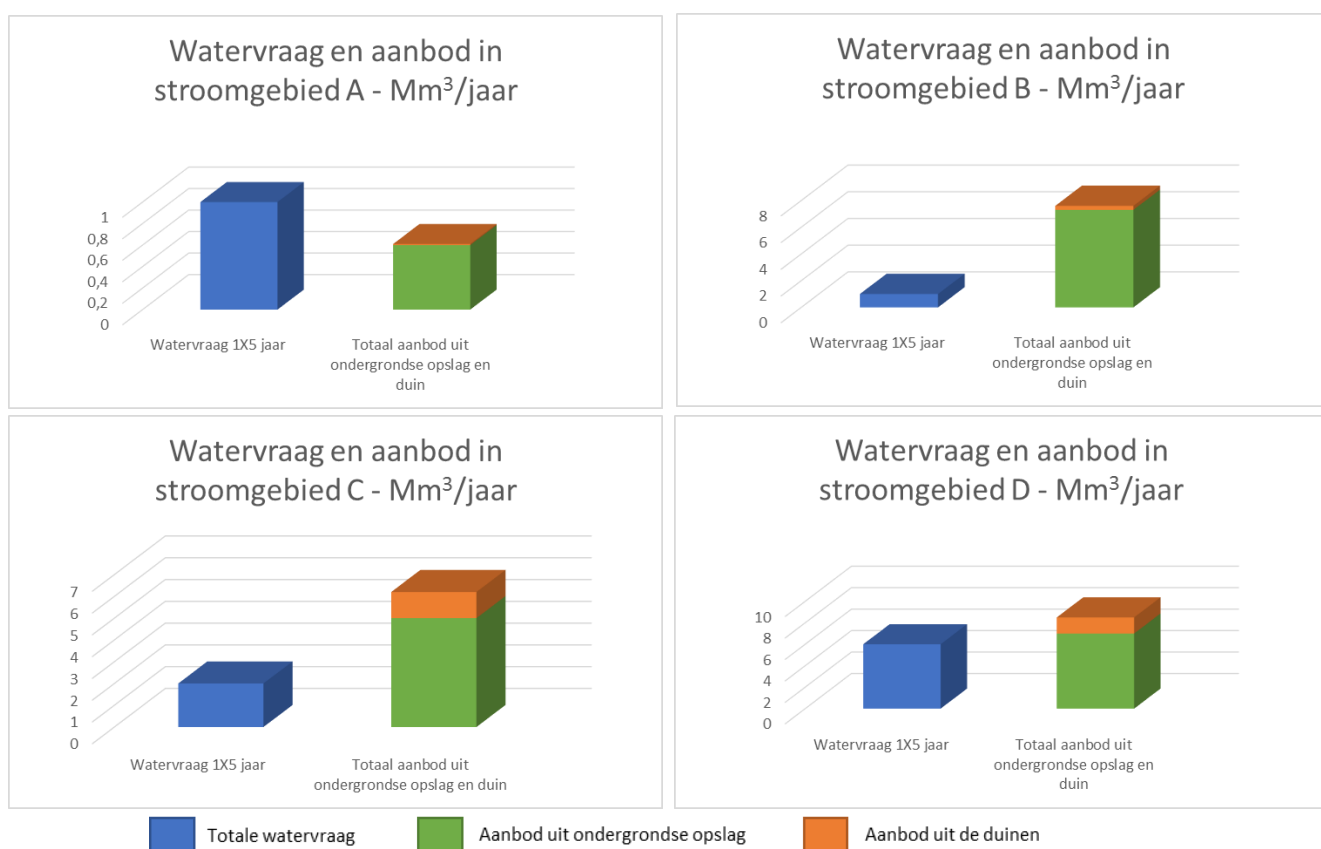
Parameter	Kosten
Totaal / 10 hectare	€ 90.000,-
Totaal/hectare	€ 9.000,-
Totaal/hectare/jaar	€ 600,-

## 7.2 Middelgrote ondergrondse opslag

De middelgrote ondergrondse opslag heeft betrekking op een opslag van bedrijven met een oppervlak van 100 hectare, waarbij een groter distributienetwerk nodig is.

### 7.2.1 Bronnen

Het water dat gebruikt kan worden voor de ondergrondse opslag kan afkomstig zijn van twee bronnen, het afstroom van het perceel en de duinen. Voor elk van de stroomgebieden is het wateraanbod weergegeven per bron in Figuur 21.



Figuur 21: Wateraanbod middelgrote ondergrondse opslag voor alle stroomgebieden – middelgrote ondergrondse opslag

### 7.2.2 Distributie van bron naar opslag

Voor het opvangen van het overtollig water van het perceel wordt gebruik gemaakt van bestaande drainage in het perceel. De bestaande drainages worden aangesloten op een verzamelleiding, alle verzamelleidingen van de percelen komen samen tot 1 leiding die alle het water naar het opslagsysteem zal toevoeren. Hierbij is de keuze van de locatie van het opslagsysteem belangrijk omdat dit bepaald hoe duur de distributienetwerk zal worden.

Voor het water uit de duinen moet gedacht worden dat het water via leidingen van de duinrellen naar het opslagsysteem wordt toegevoerd zodat het niet wordt gemengd met het water van slechte kwaliteit in de sloten.

### 7.2.3 Opslag

Het opslag van het water gebeurt middels putten die het water in een geschikte watervoerend pakket pompen gedurende drie maanden. Na een verblijfperiode in het watervoerend pakket van ongeveer één maand kan het water onttrokken worden met dezelfde putten die zijn gebruikt voor het infiltreren. Door vooronderzoek van het gebied en beoogde capaciteit wordt de puttenconfiguratie en infiltratie en onttrekingsregime ontworpen zodat het systeem optimaal kan functioneren.

### 7.2.4 Distributie van opslag naar gebruikers

Voor het beschikbaar maken van het water uit de ondergrondse opslag naar de gebruikers kan het distributienetwerk van bron naar opslag worden gebruikt om het water weer naar de percelen te brengen.

### 7.2.5 Technische haalbaarheid

Voor de technische haalbaarheid van het systeem is dezelfde methode gebruikt als bij kleine ondergrondse opslag (zie paragraaf 7.1.5). Door de grotere volume van het te infiltreren water zijn de rendementen met 60% gestegen waardoor meer water beschikbaar is voor irrigatie.

### 7.2.6 Risicobeoordeling

Voor ondergrondse opslagsystemen moet eerst een onderzoek gedaan worden naar de effecten van het infiltreren en onttrekken van water op de omgeving. Het gaat hierbij om het kwantificeren van de mate van stijging of daling van de grondwaterstand en tot hoever deze verandering zal reiken in het gebied. Daarbij vormen opbarsting en inzinking belangrijke aspecten voor de risicobeoordeling. Verder moet bij het onderzoek ook gekeken worden naar de verandering van waterkwaliteit en chemisch reacties die kunnen optreden in de aquifer door het infiltreren van gebiedsvreemd water.

### 7.2.7 Economische haalbaarheid

Tabel 14. Kosten overzicht middelgrote ondergrondse opslag.

Parameter	Kosten
Bron	€0,-
Aanvoer	€ 10,- per meter
Opslag	€ 300.000,- /100ha
Gebruik/onderhoud	€9.000,- per jaar

De kosten (zie Tabel 14) zijn een totaal van investerings-, gebruiks- en onderhoudskosten. De investeringskosten voor een kleinschalig bassin bedragen €300.000,- / 100 hectare. De gebruiks- en onderhoudskosten bedragen €9.000,- per jaar. De technische levensduur van het systeem is 15 jaar. Vanwege de afschrijvingskosten, bedrijfseconomische visie in combinatie met belastingtechnische afwegingen is gekozen voor een afschrijvingstermijn van 5 jaar. Om waardeveranderingen voor de toekomst te verwerken is ook een discontovoet van 3% meegerekend voor de technische levensduur van het bassin. Om waardeveranderingen voor de toekomst te verwerken is ook een discontovoet van 3% meegerekend voor de technische levensduur van de ondergrondse opslag.

De kosten worden uiteindelijk verrekend naar een prijs per hectare. Verrekening over 15 jaar levert de volgende kostenresultaten (zie Tabel 15):

Tabel 15. Kosten per hectare van een middengrote ondergrondse opslag.

Parameter	Kosten
Totaal / 100 hectare	€ 400.000,-
Totaal/hectare	€ 4.000,-
Totaal/hectare/jaar	€ 275,-

## 7.3 Grootschalige ondergrondse opslag

### 7.3.1 Bronnen

De duinen dienen als enige waterbron voor de grootschalig ondergrondse opslag met een totaal aanbod van 3Mm<sup>3</sup>/j (zie Tabel 16), dit betekent een 30% van de watervraag.

Tabel 16. Wateraanbod vanuit de duinen.

	Mm <sup>3</sup> /j
Watervraag heel Texel 1x5 jaar	10
Watervraag heel Texel 1x10 jaar	16
Aanbod uit de duin	3

### 7.3.2 Distributie van bron naar opslag

Middels een infiltratiebuis van ongeveer 17 km langs de duinrellen kan het water uit de duinen worden opgevangen. Deze infiltratiebuis zal dan via een verzameldrain om menging met zout water in het gebied te voorkomen, het water afvoeren van de duinen naar het opslagsysteem.

### 7.3.3 Opslag

De opslag van het water gebeurt middels 1 grote put die het water in een geschikte watervoerend pakket pompt gedurende het hele jaar. Tijdens het groeiseizoen kan het water onttrokken worden met dezelfde put. Door vooronderzoek van het gebied en beoogde capaciteit wordt de puttenconfiguratie en infiltratie en onttrekkingsregime ontworpen zodat het systeem optimaal kan functioneren.

### 7.3.4 Distributie van opslag naar gebruikers

Voor het beschikbaar maken van het water uit de ondergrondse opslag naar de gebruikers moet een persleiding en pompen gebruikt worden om het water naar de percelen te brengen.

Een andere manier om het water naar de gebruikers te brengen is door het herinrichten van het watersysteem zodat de sloten gebruikt kunnen worden om het water te vervoeren.

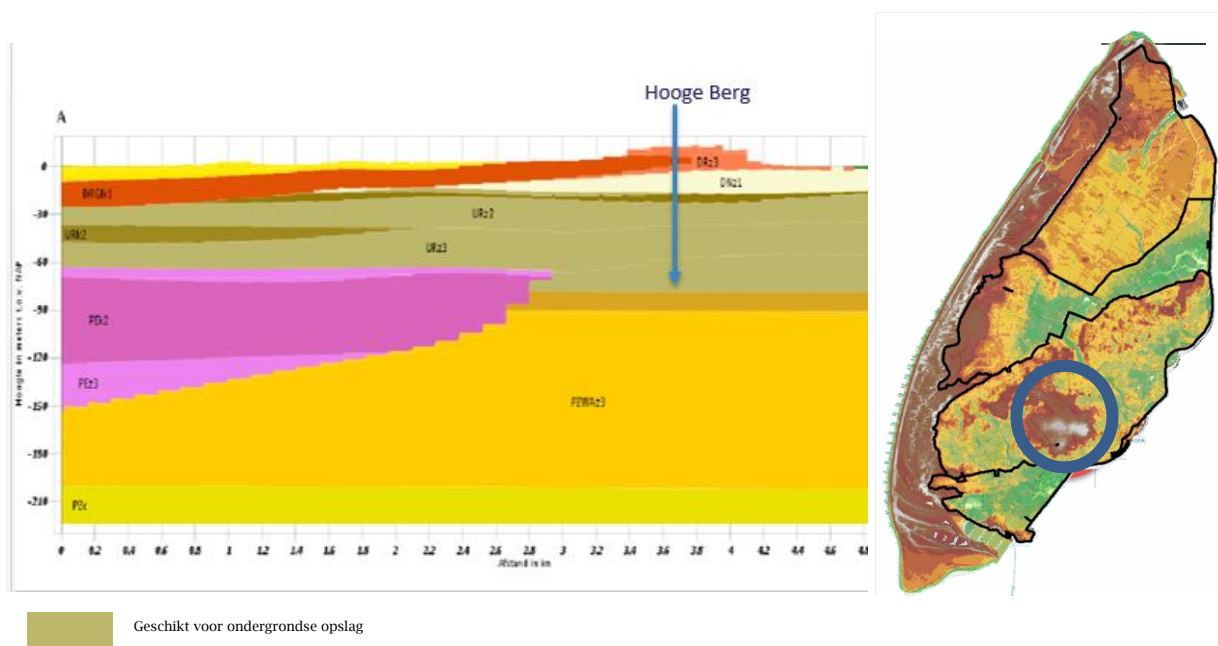
### 7.3.5 Technische haalbaarheid

Op de Hoge Berg is al een oude infiltratie en onttrekkingssysteem dat vroeger in werking was. Mocht dit systeem weer in werking worden gesteld moet geëvalueerd worden of dit mogelijk is en in hoeverre dit systeem voldoet aan de gevraagde capaciteiten en regelgeving. Verder dient zoal bij benoemd bij de vorige ondergrondse opslagsystemen een vooronderzoek gedaan te worden naar de effecten van het infiltreren en onttrekken van water op de omgeving ( zie Figuur 22).

### 7.3.6 Risicobeoordeling

Het grootse risico bij een groot ondergrondse opslag is het risico op opbarsting, deze is minimaal onder de berg. Voor de rest van Texel is het van belang om een studie te maken gericht op het risico op opbarsting bij het opslaan van een grote volumen water, dit zal onder andere afhankelijk zijn van de dikte van de deklaag.

Bijkomende aspect voor een groot ondergrondse opslag is ook dat een verantwoordelijkheidsvraagstuk ontstaat. Dus wie is verantwoordelijk voor het systeem, wie besluit wanneer hoeveel water naar wie en waar gaat. Hierdoor wordt een extra besluitvorming laag toegevoegd in het gebied, waardoor processen voor besluitvorming vertraagd worden.



Figuur 22. Overzicht van locatie infiltratie onder de Hoge Berg en mogelijk invloedsveld.



### 7.3.7 Economische haalbaarheid

De kosten (zie Tabel 17) zijn een totaal van investerings-, gebruiks- en onderhoudskosten. De investeringskosten voor een kleinschalig bassin bedragen €1 miljoen / 300 hectare. De gebruiks- en onderhoudskosten bedragen €21.000,- per jaar. De technische levensduur van het systeem is 15 jaar. Vanwege de afschrijvingskosten, bedrijfseconomische visie in combinatie met belastingtechnische afwegingen is gekozen voor een afschrijvingstermijn van 5 jaar. Om waardeveranderingen voor de toekomst te verwerken is ook een discontovoet van 3% meegerekend voor de technische levensduur van de ondergrondse opslag. De keuze voor de afschrijvingstermijn van 5 jaar kan nog ter discussie gesteld worden vanwege de omvang van de investering. Dit is een aanbeveling richting toekomstige haalbaarheidsstudies.

Tabel 17 Overzicht kosten grootschalig ondergrondse opslag.

Parameter	Kosten
Bron	€0,-
Aanvoer	€ 500,- per meter
Opslag	€ 1 miljoen /300ha
Gebruik/onderhoud	€ 21.000,- per jaar
Irrigeren	Persleiding € 500,- per meter naar de gebieden (stel 5 leidingen dan 1,5 miljoen) Putten + pompen € 150.000,-

De kosten worden uiteindelijk verrekend naar een prijs per hectare. Verrekening over 15 jaar levert de volgende kostenresultaten (zie Tabel 18):

Tabel 18. Overzicht kosten per hectare.

Parameter	Kosten
<b>Klein bassin inclusief Drainage Infiltratie</b>	
Totaal / 300 hectare	€ 11,5 miljoen
Totaal per hectare	€ 38.500,-
Totaal per jaar per hectare	€ 2.500,-

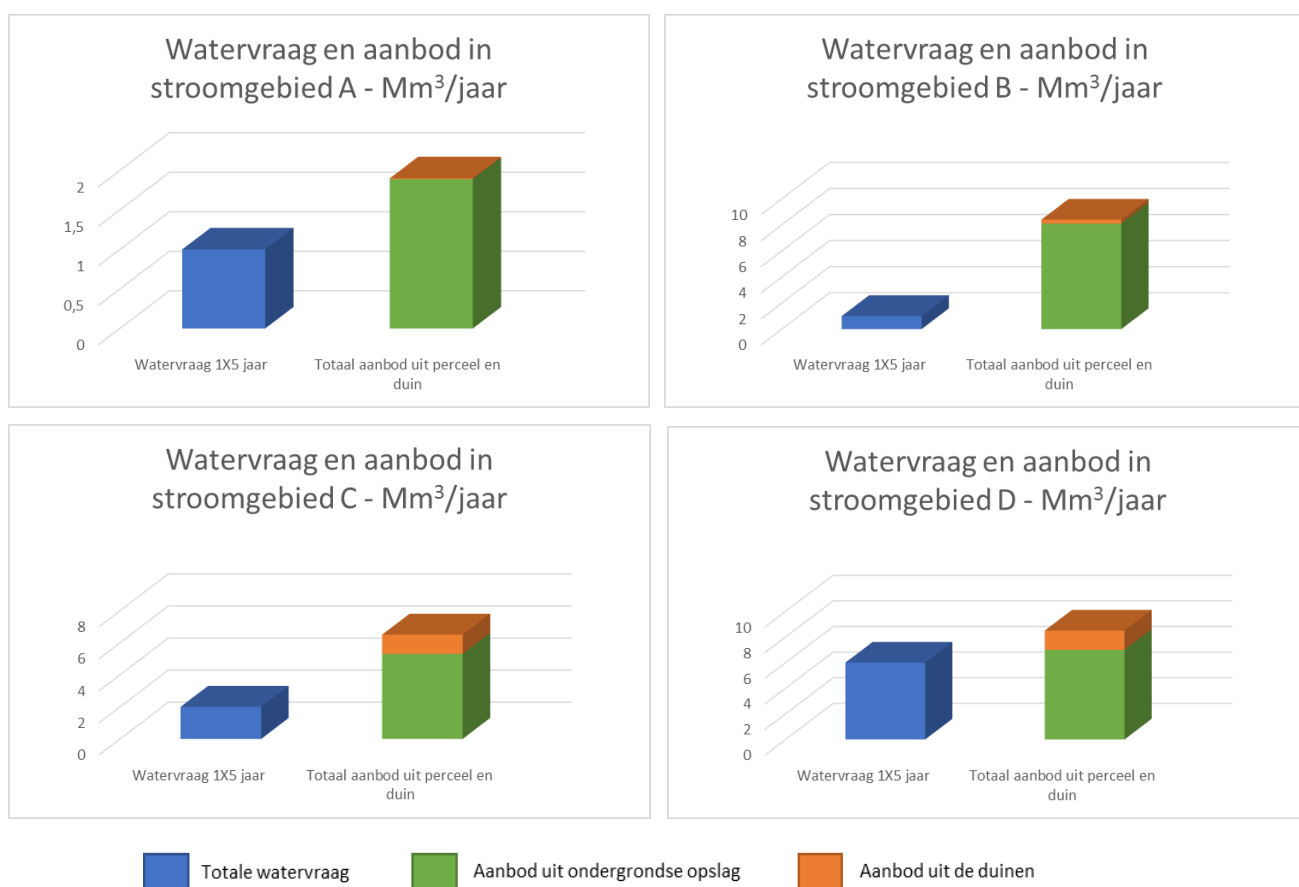
# 8

## Sloot

Door de agrariërs is meerdere malen de mogelijkheid genoemd om water op te slaan in de sloten. Dit moet niet verward worden met een gebruik (ook bekend als de Texelse teeltmethode) die op Texel wordt toegepast door in het voorjaar water vast te houden. In deze analyse worden de perceelsloten als waterberging gebruikt, waarbij in het groeiseizoen het opgeslagen water uit de sloten voor beregening kan worden gebruikt.

### 8.1 Bronnen

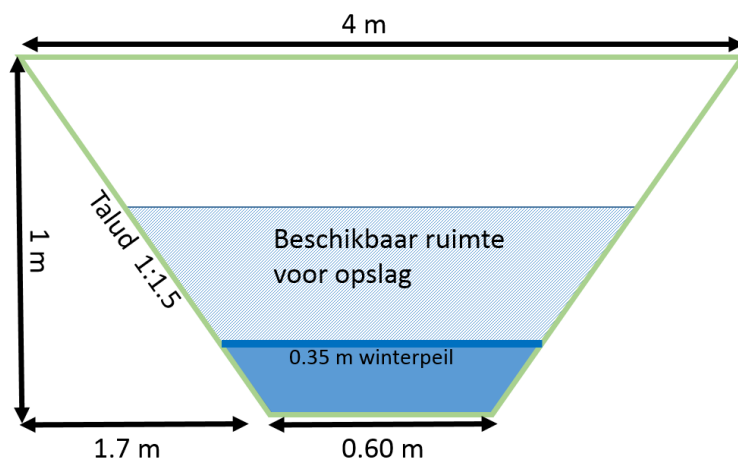
Het water voor de sloten is afkomstig van het perceel. Het overtollig water van het perceel wordt via drainage afgevoerd naar de sloten. Per stroomgebied is in Figuur 23 de waterbeschikbaarheid weergegeven.



Figuur 23: Wateraanbod voor de stroomgebieden - sloot

## 8.2 Technische haalbaarheid

Voor de haalbaarheid van de sloten moet voldaan worden aan de volgende eis. Het peil in de perceelssloten moet onafhankelijk van het peilbeheer in de waterschapssloten kunnen worden beheerd en de perceelssloten moeten worden afgedamd met stuwen. De technische haalbaarheid wordt verder bepaald door de ruimtelijke behoefte van de sloot om het totaal beschikbaar water op te slaan. Voor de bepaling van de benodigde lengte sloten is een berekening uitgevoerd uitgaande van een beschikbare ruimte in de sloten van 0.6 m breed en 0.3 m diepte, zie Figuur 24 omdat er maximaal 60cm erin mag staan (LTO Guus Braam).



Figuur 24. Schematisatie sloot met waterberging.

Met de aanname van een beschikbare ruimte van 0.6 m breed en 0.3 m diepte is in Tabel 19 een overzicht gegeven van het totaal lengte sloot dat nodig is om het overtollig water op te slaan per zone voor een bedrijf van 10 hectare.

Tabel 19. Overzicht totaal benodigde lengte sloten om water op te slaan.

	Stroomgebied A	Stroomgebied B	Stroomgebied C	Stroomgebied D
Lengte van de sloten (miljoen m)	3	7	4	14

Om de waterberging in de perceelssloten te vergroten, waardoor de benodigde lengte minder wordt, kunnen de waterlopen worden vergroot, om zo meer water op te kunnen slaan. Hiervoor zijn meerdere mogelijkheden zoals het verbreden van de waterlopen en het toevoegen van extra waterlopen. Een bijzondere optie zijn de waterbergingsoevers of natuurvriendelijke oevers. Bij waterbergingsoevers verloopt de overgang van land naar water geleidelijk, om waterberging en de ontwikkeling van natuur, landschap en ecologie te verbeteren. Hierdoor ontstaat er meer ruimte om water te bergen, in droge perioden fungeren deze oevers als waterbuffer voor water. Nadeel aan het verbreden van de sloten is dat gewasareaal opgegeven dient te worden.

## 8.3 Risicobeoordeling

Mogelijke heeft de perceelssloot al een functie voor de waterberging bij piekbuien, dat kan een beperking opleveren voor de maximale opzet.

- Bij de drooglegging moet rekening worden gehouden met het gewas op de aangrenzende percelen en de snelheid waarmee het water naar de rest van het watersysteem kan worden afgevoerd.

- Of het slootpeil het grondwaterniveau beïnvloedt is afhankelijk van bodem en of buisdrainage aanwezig is.

Het opgeslagen water in het perceelsloten moeten van goede kwaliteit blijven om als irrigatiewater te kunnen worden gebruikt. Door de hoeveelheid zoute kwel op Texel vooral in de lage polders langs de kust is de kans op verzilting van het opgeslagen water zeer groot. Voor het tegen werken van deze verzilting zal de slootbodembodem afgedicht moeten worden om de waterkwaliteit te conserveren.

Naast de kwaliteit spelen zetting en opbarsting een rol bij de risicobeoordeling door de toename van waterdruk in de sloten, dit zal in een vervolgonderzoek uitgezocht moeten worden.

## 8.4 Economische haalbaarheid

De kosten voor het verbreden van de waterlopen zitten in de aankoop van land en graafwerkzaamheden. Daarnaast is het beheer en onderhoud een belangrijke kostenpost. Extra kosten zitten ook in de aankoop voor land en de graafwerkzaamheden. De technische levensduur van het systeem is gelijk genomen met deze van een bassin, gemiddeld 15 jaar. Er is gekozen om geen doorrekening te maken richting de toekomst omdat er onvoldoende bekend is over de economische afschrijvingstermijn. Het totaalbedrag zoals beneden beschreven (Tabel 20) is gebaseerd op het aantal meter sloot dat per gebied nodig is om de gevraagde waterhoeveelheid in op te slaan.

Tabel 20. Overzicht kosten sloten.

Parameter	Prijs
Bron	€0,-
Aanvoer	€ 10,- per meter
Opslag	€ 23,- per meter ontgraven sloot Aankoop land € 10,- per m2 Opbrengst verlies
Beheer/onderhoud	€ 2.5,- per meter
Gebruik	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gebruik van DI dus eigen drainagesysteem (€160,- per hectare/jaar)</li> <li>• Gebruik met druppel (€560,- per hectare/jaar)</li> </ul>
Indicatieve totaalkosten / jaar	Tussen de € 20 miljoen en € 53 miljoen per jaar

# 9

## Vasthouden in het perceel

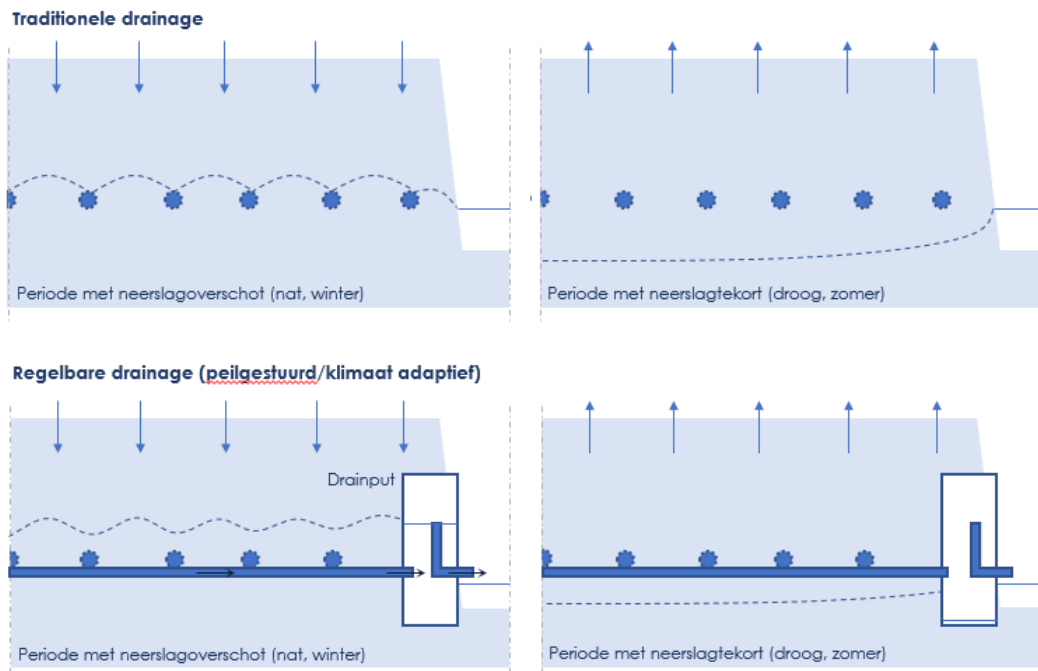
### 9.1.1 Water vasthouden in het perceel

Het water dat op het perceel valt kan door het opzetten van het peil aan de drainage uitstroomdeel vastgehouden worden in het perceel. Het opzetten van het peil kan op twee manieren,;

1. Het opzetten van het peil in de sloten waar de drains op uitkomen.
2. Werken met peilgestuurde drainage.

Bij het opzetten van het peil in de sloten kan met stuwen het peil in een sloot opgezet worden. Een risico hierbij is dat de opvangcapaciteit van de bodem en de watergangen wordt verkleind tijdens piekbuien, waardoor een vergroot risico is op wateroverlast.

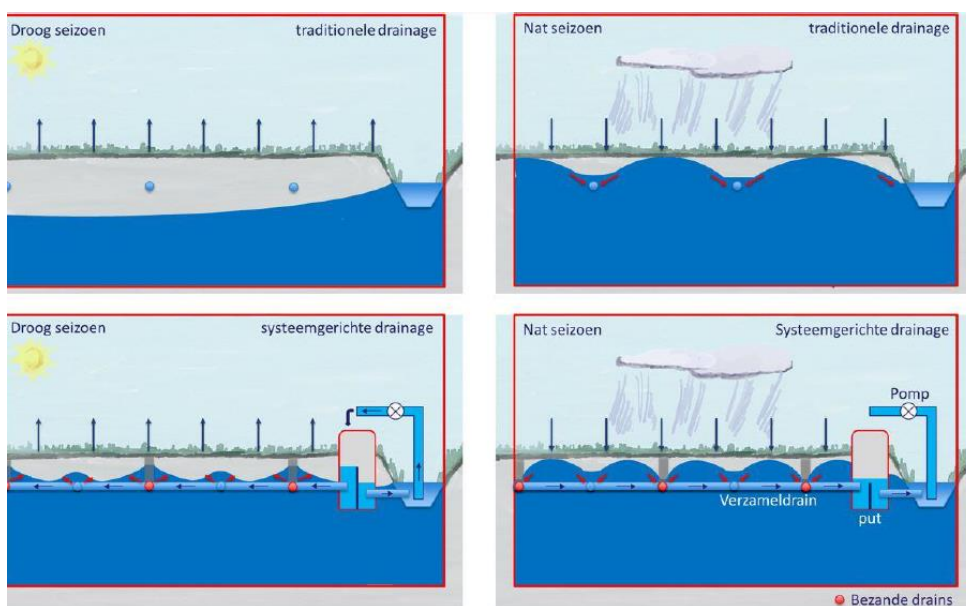
Tweede manier om water in het perceel vast te houden is door gebruik te maken van peilgestuurde drainage. Hierbij worden de drains aangesloten om een verzamelbuis met een regelput waarbinnen de peil handmatig geregeld wordt door de agrariër (Figuur 25).



Figuur 25. Traditionele en peilgestuurde drainage.

Een verdere aanpassing op het peilgestuurde drainage dat nu in Flevoland wordt getest is het systeemgerichte drainage waarbij de verzameldrain uitkomt in een regelput dat op afstand door de agrariër bedient kan worden. De boer bepaalt zelf wanneer het peil verhoogd wordt en middels een pomp wordt water uit de sloot in de regelput gepompt op het peil te verhogen en via de drains geïnfiltrereerd in het perceel (Figuur 26).

Door met behulp van gecontroleerde drainage het grondwaterpeil te sturen, kan meer zoetwater in het perceel worden vastgehouden zonder dat het risico op natschade in het teeltseizoen toeneemt. Een ander belangrijk voordeel is dat door een verhoging van het grondwaterpeil in de winter, en een verlaging voor het begin van het teeltseizoen, een extra hoeveelheid zoetwater van goede kwaliteit beschikbaar komt voor opslag. Door deze grotere zoetwaterlens neemt ook de kans op verzilting af.



Figuur 26. Systeemgerichte drainage

# 10

## Gebruik

De eindgebruiker kan verschillende irrigatietechnieken gebruiken om zijn land van water te voorzien. Binnen deze studie is gekeken naar gebruik door middel van haspel, dripirrigatie, subirrigatie en drainage- infiltratie methode (DI).

### 10.1 Haspel

Een haspel is een irrigatietechniek waarbij water over het land wordt gespreid (zie Figuur 27). Voor een haspel moet het opslagsysteem ongeveer  $60\text{m}^3/\text{u}$  kunnen leveren.



Figuur 27. Haspel.

### 10.2 Dripirrigatie

Dripirrigatie is een manier van watergift via druppelsslagen die op het perceel zijn uitgerold. Ook kunnen de druppelsslagen op een bepaalde diepte onder maaiveld worden aangebracht dicht bij de wortels waardoor irrigatie gericht kan plaatsvinden (zie Figuur 28).

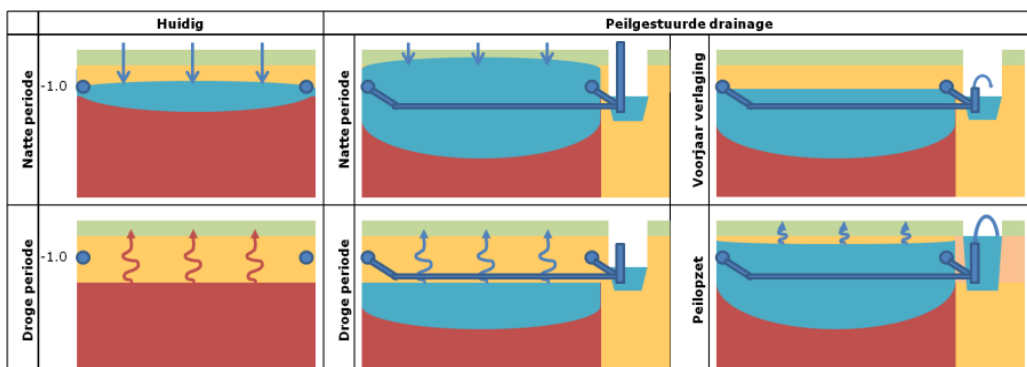
Op de percelen Breezand en Borgsweer in Spaarwater is aangetoond dat ten opzichte van traditionele vormen van irrigatie zoals sprinkler en waterkanon druppelirrigatie watereffectiever is onder Nederlandse humide omstandigheden omdat er geen verwaaiing, verdamping, afstroming en interceptie plaatsvindt. Voor dripirrigatie is een capaciteit van  $20\text{ m}^3/\text{uur}$  nodig.



Figuur 28. Dripirrigatie boven en ondergronds.

### 10.3 Drainage –infiltratiesysteem (DI- systeem)

Met het peilgestuurde drainage-infiltratiesysteem (DI-systeem) kan door de aansluiting van bestaande drainagebuizen op een verzameldrain het grondwaterpeil in de pompput dynamisch gestuurd worden. Met behulp van de regelunit kan de teler het peil in de verzameldrain dynamisch regelen. In het groeiseizoen kan via het DI-systeem zoetwater in het perceel worden geïnfiltrerd om een hoog grondwaterpeil in stand te kunnen houden. De theorie voor het bepalen van het gewenste grondwaterpeil en het gebruik van de regelunit is geïllustreerd in Figuur 29. Vanuit het project 'Zelfvoorzienende zoetwaterberging' en 'Spaarwater' is aangetoond dat het DI-systeem effectief werkt.



Figuur 29. Het effect van een peilgestuurd drainage-infiltratiesysteem(DI-systeem) op de theoretische ontwikkeling van de zoetwaterlens (rechts) ten opzichte van de huidige situatie(links), in de natte periode (boven) en in de droge periode (onder).



# 11

## Verkenning van de combinaties

De watervraag en wateraanbod voor Texel zijn in de vorige hoofdstukken in kaart gebracht per opslagsysteem. In dit hoofdstuk wordt gekeken in hoeverre per stroomgebied er wordt voldaan aan de waterbehoefte en welke combinaties mogelijk zijn om heel Texel zelfvoorzienend te maken.

### 11.1 Overzicht totaal

Om een afweging te maken welke combinaties te realiseren zijn om Texel zelfvoorzienend te maken, is gekeken naar de waterbeschikbaarheid, technische haalbaarheid en kosten. Tabel 21 toont het totaaloverzicht van de watervraag en wateraanbod voor de kleinschalige en midden groot opslagsystemen per stroomgebied. Bijna alle systemen hebben meer dan voldoende water voor de watervragen van 1x 5 en 1 x in de 10 jaar. Alleen voor gebied A is voor de kleinschalig en midden groot ondergrondse opslagsysteem niet voldoende water. Dit heeft te maken met het zoutgehalte van het te gebruiken watervoerend pakket voor het opslaan van het water, waardoor een laag rendement behaald wordt.

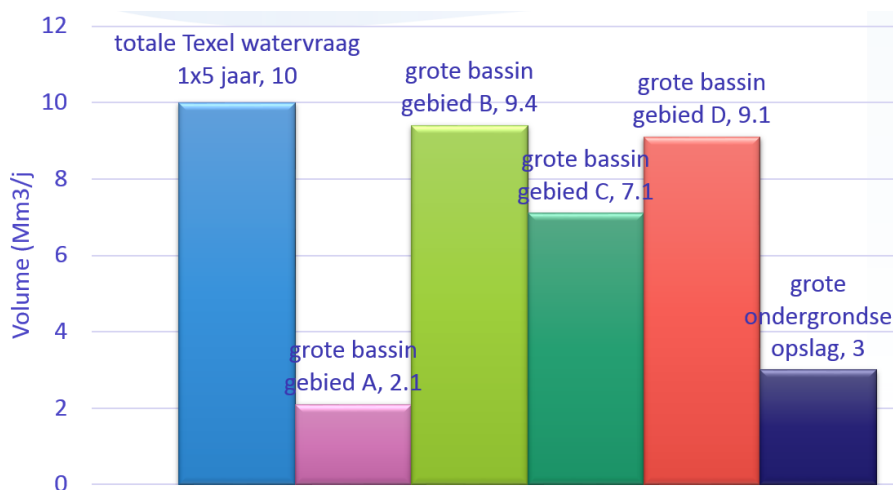
Tabel 21. Totaal overzicht van de water- vraag en aanbod voor de kleinschalig en midden grote opslagsystemen.

	Stroomgebied A Totaal aanbod goede kwaliteit (Mm3/j)	Stroomgebied B Totaal aanbod goede kwaliteit (Mm3/j)	Stroomgebied C Totaal aanbod goede kwaliteit (Mm3/j)	Stroomgebied D Totaal aanbod goede kwaliteit (Mm3/j)
Watervraag 1x5 jaar (Mm3/j)	1	1	2	6
Watervraag 1x10 jaar (Mm3/j)	1.2	1.4	2.3	7.5
Totaal aanbod (mm3/j) Kleinschalig bassin	2	9	7	9
Totaal aanbod (mm3/j) Kleinschalig ondergrondse opslag	0.31	5.3	5.2	7.5
Totaal aanbod (mm3/j) Midden groot ondergrondse opslag	0.61	7.6	6.2	8.5
Totaal aanbod (mm3/j) Sloot	1.9	8.4	6.5	9.5

Voor de technische haalbaarheid zal de kleinschalig bassin afvallen omdat dit veel ruimte in beslag neemt dat als akkerland gebruikt kan worden en het past minder goed in het landschappelijk beeld van Texel. Ook de sloten zijn niet te realiseren omdat miljoenen kilometers sloot nodig zijn om de watervraag te kunnen beantwoorden, daarnaast is dan een verhoogd risico op wateroverlast tijdens piekbuien en vanuit het oogpunt van de kosten zal dit opslagsysteem boven de 50 miljoen per jaar uitkomen.

Vervolgens blijft nog de kleinschalig en midden groot ondergrondse opslag waarbij de midden groot ondergrondse opslag goedkoper, meer water beschikbaar heeft en minder systemen nodig zijn dan de kleinschalig systeem.

Voor de grootschalige opslagsystemen is in Figuur 30 af te lezen dat geen van de oplossingen voldoen aan de totale watervraag van 10Mm<sup>3</sup>/j van Texel.



Figuur 30. Grafiek met de totale watervraag van Texel en het wateraanbod van de grootschalige systemen.

Voor het uitvoeren van de grootschalige oplossingen zijn vele ingrijpende veranderingen nodig in het watersysteem, distributienetwerk en het besluitvormingsproces. Doordat al het water naar 1 punt gebracht moet worden en gescheiden moet blijven van het zoute water, zorgt dit voor een herinrichting van het watersysteem en aanleg van infiltratie en persleidingen.

Voor de besluitvorming moet een extra besluitvorming laag geïntroduceerd worden om te bepalen wie voor wat verantwoordelijk is en hoeveel water waar en wanneer wordt verdeeld. Vergelijken met de kosten voor de overige opslag systemen zijn de kosten voor de grootschalige opslagsystemen vele malen hoger.

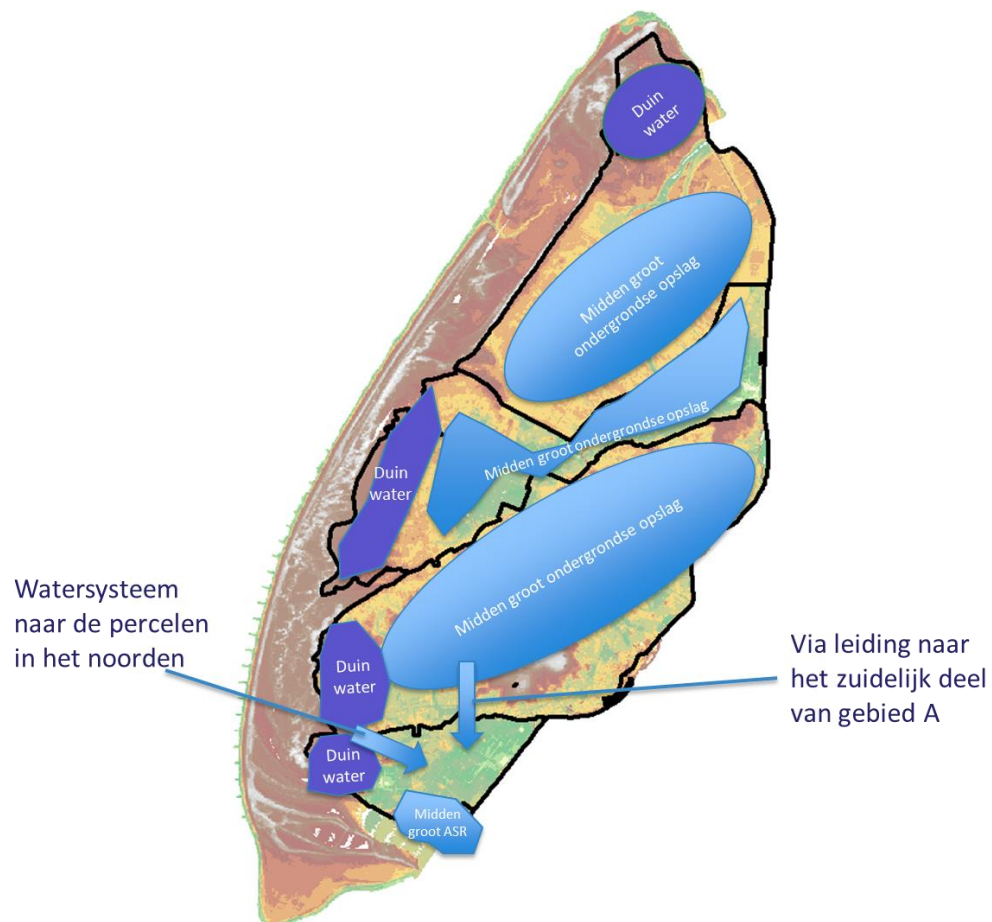
Uit het oogpunt van de waterbeschikbaarheid, technische haalbaarheid en de kosten is geconcludeerd dat de grootschalige opslagsystemen grote bassin en grote ondergrondse opslag niet voldoen aan de watervraag en te duur zijn. Het opslaan in een sloot is niet haalbaar door te hoge kosten en veel ruimte beslag.

Een andere factor waarmee rekening moet worden gehouden is het totaal benodigde opslagsystemen voor om de watervraag te kunnen beantwoorden. Op basis van een watervraag van 1 keer in de 5 jaar en de potentiële aanbod berekend per systeem is de midden groot ondergrondse opslagmethode hetgeen die het minste aantal systemen hiervoor nodig heeft. Op basis van de voorliggende studie zullen ca. 60 a 70 systemen het eiland voor een belangrijk deel van water kunnen voorzien.

Het kleinschalig bassin en ondergrondse opslag zijn, vergeleken met de middelgrote ondergrondse opslag, duurder en vergen meer ruimte en systemen om de watervraag te voorzien. Dus de beste opslagsysteem is de midden grote ondergrondse opslagsysteem.

## 11.2 Mogelijke combinaties

In Tabel 21 is aangetoond dat voor de gebieden B, C en D met het midden grote ondergrondse opslag meer dan voldoende water beschikbaar is om de watervraag te beantwoorden. Voor gebied A moet naar een combinatie gezocht worden met gebied B om te kunnen voorzien de watervraag. Figuur 31 toont een mogelijke combinatie waarbij ook water van de duinen wordt opgevangen om op te slaan samen met het toepassen van de midden grote ondergrondse opslagsysteem in gebieden B, C en D. Voor gebied A wordt het water vanuit de duinen van gebied A en B opgevangen om vervolgens via het watersysteem naar gebied A te worden afgevoerd. Met dit duinwater kan het noordelijk deel van gebied A van zoetwater worden voorzien. Voor het zuidelijk deel van gebied A kan een leiding vanuit gebied B bij de Hoge Berg naar gebied A worden aangelegd en kan in het meest zuidelijk punt wel midden groot ondergrondse opslagsystemen worden toegepast.



Figuur 31. Schematische tekening van een combinatie van opslagsystemen om Texel zelfvoorzienend te maken.

# 12

## Conclusies en aanbevelingen

### 12.1 Conclusies

Binnen deze studie is vastgesteld dat:

- Zelfvoorzienendheid voor heel Texel is te realiseren;
- De Gemeenschappelijke polders, Waal en Burg en het Noorden en Eijerland polder kunnen zelfvoorzienend zijn;
- De Prins Hendrikpolder kan in combinatie met de Gemeenschappelijke polders zelfvoorzienend zijn;
- De belangrijkste bronnen van water zijn perceelwater en duinwater;
- Duinwater heeft een beperkt aandeel aan het wateraanbod, het grootste deel komt uit de percelen;
- Het systeem met de grootste technische en economische haalbaarheid is *de middelgrote ondergrondse opslag*;
  - Deze systemen hebben een orde grote van één systeem per ca. 100 ha, hier wordt gemiddeld 200.000 m<sup>3</sup> in opgeslagen, dit kost ongeveer €275 ha/jr;
  - Zelfvoorziening van zoetwater kan met ca. 60 tot 70 systemen worden bereikt.
- Een belangrijk voordeel van middelgrote ondergrondse opslag systemen is dat dit een beperkte ingreep op het bestaande water- en drainagesysteem vraagt;
- Dit systeem is te combineren met de oppervlaktewater systeemoptimalisatie door
  - Scheiden van zoet en zout water
  - Gebruiken van zoete stuw
  - Gebruik van duinwater
- Deze systemen zijn geschikt om het water te irrigeren met behulp van drip-irrigatie, haspelirrigatie en drainage-infiltratiesystemen.

### 12.2 Aanbevelingen

Om betere inzichten te krijgen in het watersysteem en hierdoor de kwantiteiten van water op Texel is het van belang een goed gekalibreerd waterbalans te hebben. Er wordt geadviseerd om een revisie en validatie uit te voeren van de maalstaten zodat deze beter benut kunnen worden in de toekomst bij het kalibreren van waterbalansen.

Om de mogelijkheid van zelfvoorzienendheid, zoals geconcludeerd in dit rapport, te realiseren adviseren we te starten met een pilot op 2 tot 4 locaties. Door het uitvoeren van de pilot kan een eventuele optimalisatie voor volgende systemen worden gerealiseerd. Op deze wijze kan geleerd worden en kan stap voor stap het eiland zelfvoorzienend worden gemaakt. Een goede locatie voor een pilot is bijvoorbeeld in polder Eijerland toegepast omdat hier het meeste akkerland met de meeste watervraag aanwezig is. Maar ook andere locaties zijn zinvol om de variatie van omstandigheden te beproeven en de systemen daarop aan te passen.

# Referenties

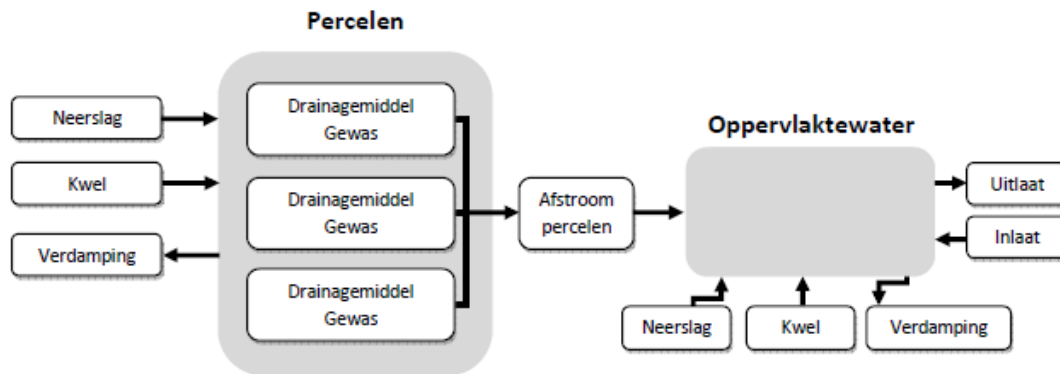
- Acacia Water en Antea, (2015), Proef zelfvoorzienende zoetwaterberging Texel.
- Alvarez Cobelas, M., & Arauzo, M. (1994). Phytoplankton responses of varying time scales in a eutrophic reservoir. *Ergebnisse der Limnologie*, 40, 69-69.
- Bakker, T.W.M., (1981), Nederlandse kustduinen: geo-hydrologie, Pudoc, Wageningen.
- Boomgaard, M. (2015) Invloed klimaatverandering op waterhuishouding Texel. Presentatie. Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier. .
- Gumbel, E.J., (1958), *Statistics of extremes*. New York, Columbia University Press, 375.
- Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, (2009), Watergebiedsplan Texel.
- Lee, S., Lee, S., Kim, S. H., Park, H., Park, S., & Yum, K. (2012). Examination of Critical Factors Related to Summer Chlorophyll a Concentration in the Sueo Dam Reservoir, Republic of Korea. *Environmental engineering science*, 29(6), 502-510.
- Lu, RS., Lo, SL. & Hu, JY. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment* (1999) 13: 327. <https://doi.org/10.1007/s004770050054>
- TNO- rapport NITG 02-166-A,2002, De achtergrondbelasting van het oppervlaktewaterstelsel met N,P en Cl, en enkele ecohydrologische parameters in West-Nederland.
- Tolk, J. en Velstra, J. 2016. Spaarwater, pilots rendabel en duurzaam agrarisch watergebruik in een verziltende omgeving van de waddenregio. Hoofdrapport, Acacia Institute.
- Wittenveen+Bos, 2000, Groot Geohydrologisch Onderzoek Texel.



# Bijlagen

# Bijlage 1 Waterbalans

Voor de waterbalans is onderscheid gemaakt tussen het oppervlaktewater en de percelen. In excell is een oppervlaktewaterbalans opgesteld waarvoor één van de inkomende posten de afstroom van de percelen is (Figuur 32). Andere posten van de oppervlaktewaterbalans zijn neerslag, verdamping, kwel, inlaat en uitlaat. Inzijging van het oppervlaktewater naar de percelen is niet meegenomen.



Figuur 32 Schema waterbalans

Het waterbalansmodel is gemaakt voor het oppervlaktewater. Op dagbasis wordt voor elke tijdstap (t) elke in- en uitgaande post berekend. In een apart model (SWAP) wordt de afvoer van de percelen berekend.

Voor zowel de kwantiteit als de kwaliteit van het oppervlaktewater is een waterbalans opgesteld. Inkomende posten van de waterbalans zijn neerslag, kwel, afstroom van de percelen en inlaat. Uitgaande posten zijn verdamping en uitlaat (Vergelijking 1).

$$\text{Neerslag} + \text{Kwel} + \text{Afstroom percelen} + \text{Inlaat} = \text{Verdamping} + \text{Uitlaat}$$

Vergelijking 1

## 12.2.1

### Oppervlaktewater kwantiteit

Neerslag, kwel, en verdamping worden vermenigvuldigd met het totaal oppervlak aan oppervlaktewater in het gebied. Vanaf de percelen komt een hoeveelheid water en er kan water in- of uitgelaten worden.

Wanneer er een verschil is tussen in- en uitgaande posten (Vergelijking 1) zorgt berging voor peilverandering. De grootte van de peilverandering wordt bepaald door de hoeveelheid berging gedeeld door het wateroppervlak (Vergelijking 2).

$$\text{Peil}(t) = \text{Peil}(t - 1) + \frac{\text{Berging}(t)}{\text{Opp}_{\text{water}}}$$

Vergelijking 2

De peilverandering wordt binnen bepaalde grenzen gehouden door de drempelwaarden voor in- en uitlaat. Het model laat water in als het peil beneden het minimumpeil komt (Vergelijking 3).

$$\text{Peil}(t) + \frac{\Delta V(t)}{\text{Opp}_{\text{water}}} < \text{Peil}_{\text{min}}$$

Vergelijking 3



Er wordt water ingelaten zodat het peil op streefpeil komt (Vergelijking 4). Er is geen maximum inlaathoeveelheid. Het is mogelijk om, boven op de door de waterbalans berekende inlaat, een inlaathoeveelheid in te stellen.

$$Inlaat(t) = (Peil_{streef} - Peil(t)) * Opp_{water} - \Delta V(t) \quad \text{Vergelijking 4}$$

Er wordt water uitgelaten als het peil boven het maximumpeil komt. Het maximumpeil is het aanslagpeil van het gemaal (Vergelijking 5).

$$Peil(t) + \frac{\Delta V(t)}{Opp_{water}} > Peil_{aanslag\ gemaal} \quad \text{Vergelijking 5}$$

Er wordt water uitgemaal tot het peil op het minimumpeil komt (uitslagpeil gemaal) (Vergelijking 6).

$$Uitlaat(t) = (Peil(t) - Peil_{uitslag}) * Opp_{water} + \Delta V(t) \quad \text{Vergelijking 6}$$

De hoeveelheid uitlaat per dag kent een bovengrens die bepaald wordt door de maximumcapaciteit van het gemaal. Het peil kan boven het maximumpeil komen als de maximum uitlaatcapaciteit te klein is om de benodigde hoeveelheid water uit te malen.

## 12.2.2

### Oppervlaktewaterkwaliteit

Aan iedere in- en uitgaande post van de waterbalans (Vergelijking 1) wordt een chloridegehalte toegekend. De toename in hoeveelheid chloride wordt berekend door elke in- of uitgaande post te vermenigvuldigen met het chloridegehalte van deze post (Vergelijking 7).

$$\Delta m_{Cl} = P(t) * Cl_p + K(t) * Cl_k + Inlaat(t) * Cl_{Inlaat} + AfstroomP(t) * Cl_{AfstroomP}(t) + Cl_{opp.water,ber.}(t-1) * Uitlaat(t)$$

Vergelijking 7

Het chloridegehalte van het oppervlaktewater is de hoeveelheid aanwezige chloride in het systeem (op t - 1) plus de toe- of afname (Vergelijking 8).

$$Cl_{opp.water,ber.}(t) = \frac{Cl_{opp.water,ber.}(t-1) * V(t-1) + \Delta m_{Cl}}{V(t)} \quad \text{Vergelijking 8}$$

Afhankelijk van het chloridegehalte van de in- of uitgaande post treedt verdunning of juist toename van het chloridegehalte op.

## Bijlage 2: H2oogst

### Methode

Voor het ontwikkelen van de waterbalans is het watersysteem in drie onderdelen verdeeld, het perceel, de ondergrondse opslag en irrigatiemethode. Uiteindelijk moet de waterbalans voor heel Nederland toepasbaar zijn daarom zijn al keuze vrijheden mogelijk binnen de balans voor bijvoorbeeld het type gewas, het te irrigeren areaal en irrigatiemethode.

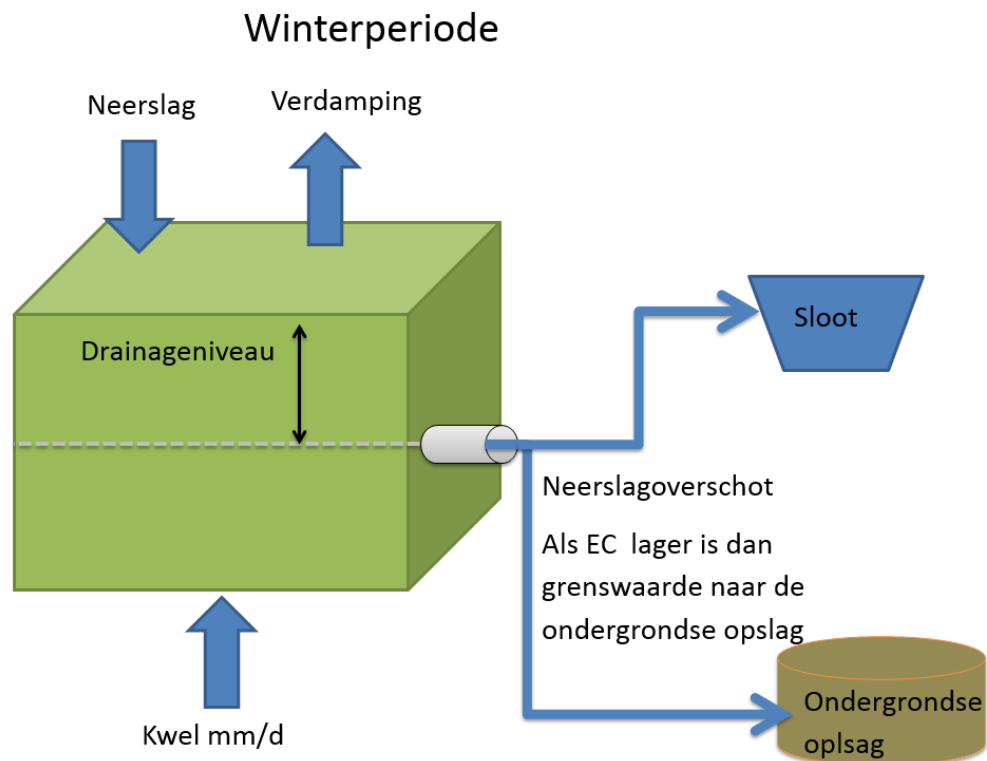
#### *Het perceel:*

Het perceel is het eerste onderdeel in de waterbalans, met daarin neerslag, verdamping, gewasfactor, drainage en kwel. Bij de berekeningen voor het perceel wordt de zoutgehalte en stijghoogte van het systeem bijgehouden en herberekend.

De werking van het perceel is als volgt in de waterbalans geschematiseerd. Neerslag valt direct op het perceel, een deel verdampt door gewasverdamping die wordt gegeven door verdampingsgetallen van het KNMI te vermenigvuldigen met gewasfactoren (afkomstig van Vademecum, 2002). De kwel flux wordt berekend op basis van de stijghoogte in de eerste watervoerende pakket en de stijghoogte in het perceel en een weerstand. Een positieve kwel betekent dat er kwel is en een negatieve kwel betekent dat er wegzijging is. Het neerslagoverschot (neerslag- gewasverdamping +/- kwel), sijpelt door naar de grondwaterspiegel. Als de grondwaterspiegel hoger is dan het drainageniveau wordt het perceel gedraineerd, anderszits wordt niet gedraineerd tot de grondwaterspiegel weer hoger is dan het drainageniveau.

De neerslag, kwel en bodem hebben allemaal een chloride concentratie. De bodem heeft aan het begin van de berekening een vaste chloride concentratie daarna wordt de bodem concentratie berekend aan de hand van de in en uit fluxen van volumes met een chloride concentratie. De aanname is dat er volledige menging optreedt in de bodem. De neerslag en de kwel hebben gedurende de berekeningen een vaste chloride concentratie. Dit betekent ook dat het gedraineerde water een chloride concentratie heeft dat gelijk staat aan de bodem concentratie.

Het gedraineerde water kan twee kanten op, of naar de ondergrondse opslag of naar de sloot. Als de chloride concentratie van het water onder de opgegeven grenswaarde is, wordt het water geleid naar de ondergrondse opslag. Als de concentratie boven de grenswaarde is, wordt het water naar de sloot geleid.



#### Ondergrondse opslag

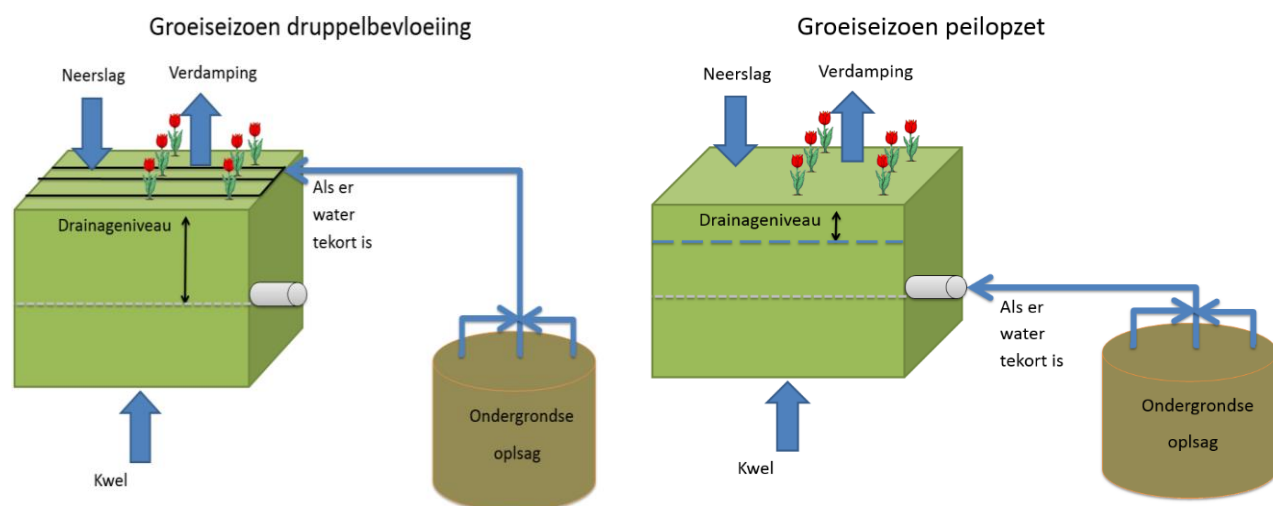
Het water van 'goede kwaliteit', dus onder de grenswaarde, wordt naar de ondergrondse opslag geleid. De ondergrondse opslag is in de waterbalans geschematiseerd als een oneindig grote bak, er zitten geen beperkingen aan de toegestane volumes wat erin kan. De berekeningen van de ondergrondse opslag zijn gekoppeld aan een grondwatermodel door middel van een formule. De uitkomst van de formule geeft aan hoeveel procent van het geïnfiltreerde water terug gewonnen kan worden voor irrigatie. De aanname hierbij is dat al het water dat terug gewonnen wordt een vaste 'goede' concentratie heeft.

- **Ondergrondse model**  
Een gekalibreerde model is gebruikt voor het berekenen van een range aan infiltratie volumes. De aannames voor deze simulaties zijn het volgende. We gaan nu uit van het optimale situatie dat toepasbaar is in het veld, namelijk een bufferjaar introduceren, infiltreren in de twee filters en alleen onttrekken in de bovenste filter. In het bufferjaar wordt in december 2013 tot en met februari 2014 een bepaald volume geïnfiltreerd, in het eerste jaar wordt niet onttrokken. De daarop volgende december 2014 tot en met februari 2015 wordt hetzelfde volume geïnfiltreerd en wordt ditzelfde volume onttrokken in de maanden april 2015 tot en met juni 2015. Deze simulatie is gedaan voor volumes van 1.000 m<sup>3</sup> tot en met 100.000 m<sup>3</sup>. Hieruit volgt een relatie tussen volume en rendement.

#### Irrigatiemethode

De waterbalans is nu geschematiseerd op twee irrigatiemethodes, dripirrigatie en peilopzet. Het water uit de ondergrondse opslag wordt gebruikt in de groeimaanden van een gewas. Voor dripirrigatie wordt water uit de ondergrondse opslag gebruikt wanneer de potentiële en actuele verdamping verschilt wat betekent dat het gewas een watertekort heeft. Dit watertekort wordt aangevuld als er voldoende water beschikbaar is in de ondergrondse opslag, zie onderstaande figuur.

Voor peilopzet wordt het peil van het perceel verhoogd via het drainagesysteem tot een vrij te kiezen niveau. Als er voldoende water in de ondergrondse opslag is wordt dit gebruikt om het peil te verhogen tot het gekozen niveau en te zorgen dat het peil op dat niveau blijft. Tijdens peilopzet wordt het verschil tussen de grondwaterstand en het verhoogde peil gebruikt om te bepalen hoeveel water nodig is uit de ondergrondse opslag. Daarnaast geldt hiervoor ook dat wanneer de grondwaterstand hoger is dan het verhoogde peil, het perceel gedraineerd wordt tot het verhoogde peil.



## Bijlage 3 – watervraag en wateraanbod

Overzicht van de watervraag en het wateraanbod voor een kleinschalig bassin per stroomgebied

	Stroomgebied A	Stroomgebied B	Stroomgebied C	Stroomgebied D
Watervraag heel Texel 1x5 jaar (Mm3/j)	10	10	10	10
Watervraag heel Texel 1x10 jaar (Mm3/j)	16	16	16	16
Aanbod goede kwaliteit (Mm3/j)	1.99	8.7	5.8	7.5
Aanbod uit de duin (Mm3/j)	0.01	0.3	1.2	1.5
Aanbod direct op bassin (Mm3/j)	0.1	0.1	0.1	0.1
Totaal aanbod goede kwaliteit (Mm3/j)	2.1	9.4	7.1	9.1

Overzicht van de watervraag en het wateraanbod voor kleinschalig ondergrondse opslag.

	Stroomgebied A	Stroomgebied B	Stroomgebied C	Stroomgebied D
Watervraag 1x5 jaar (Mm3/j)	1	1	2	6
Watervraag 1x10 jaar (Mm3/j)	1.2	1.4	2.3	7.5
Aanbod uit ondergrondse opslag (Mm3/j)	0.3	5	4	6
Aanbod uit de duin (mm3/j)	0.01	0.3	1.2	1.5
Totaal aanbod (mm3/j)	0.31	5.3	5.2	7.5

Overzicht van de watervraag en het wateraanbod voor middelgrote ondergrondse opslag voor alle stroomgebieden.

	Stroomgebied A	Stroomgebied B	Stroomgebied C	Stroomgebied D
Watervraag 1x5 jaar (Mm3/j)	1	1	2	6
Watervraag 1x10 jaar (Mm3/j)	1.2	1.4	2.3	7.5
Aanbod uit ondergrondse opslag (Mm3/j)	0.6	7.3	5	7
Aanbod uit de duin (mm3/j)	0.01	0.3	1.2	1.5
Totaal aanbod (mm3/j)	0.61	7.6	6.2	8.5

Overzicht van de watervraag en het wateraanbod voor maatregelen in de sloot voor alle stroomgebieden.

	Stroomgebied A	Stroomgebied B	Stroomgebied C	Stroomgebied D
Watervraag 1x5 jaar (Mm3/j)	1	1	2	6
Watervraag 1x10 jaar (Mm3/j)	1.2	1.4	2.3	7.5
Aanbod perceel (Mm3/j)	1.89	8.1	5.3	7
Aanbod uit de duin (mm3/j)	0.01	0.3	1.2	1.5
Totaal aanbod (mm3/j)	1.9	8.4	6.5	9.5





van Hogendoornplein 4  
2805 BM Gouda

Telefoon: 0182 - 686 424  
Internet: [www.acaciawater.com](http://www.acaciawater.com)  
Email: [info@acaciawater.com](mailto:info@acaciawater.com)