



Externe aanvoer zoetwater Zeeland

Verkenning

Provincie Zeeland

4 juni 2021

Project Externe aanvoer zoetwater Zeeland
Opdrachtgever Provincie Zeeland

Document Verkenning
Status Definitief
Datum 4 juni 2021
Referentie 123214/21-008.667

Projectcode 123214
Projectleider
Projectdirecteur

Auteur(s)
Gecontroleerd door
Goedgekeurd door

Paraaf

Adres Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V.
Leeuwenbrug 8
Postbus 233
7400 AE Deventer
+31 (0)570 69 79 11
www.witteveenbos.com
KvK 38020751

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden veeelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	7
1.1	Aanleiding	7
1.2	Afbakening en doel van deze verkenning	7
1.3	Leeswijzer	7
2	GEGEVENS, VARIANTEN EN UITGANGSPUNTEN	9
2.1	Algemeen	9
2.2	Watervraag	9
2.3	Bronnen van aanvoerwater	12
2.4	Waterkwaliteit Volkerak-Zoommeer	12
2.5	Te beschouwen varianten	12
	2.5.1 Zeeuws-Vlaanderen	12
	2.5.2 Zuid-Beveland	13
	2.5.3 Varianten	14
2.6	Aan te voeren debieten	15
2.7	Periode van wateraanvoer	16
2.8	Opvoerhoogte	17
2.9	Leidingeigenschappen hoofdaanvoerleiding	18
2.10	Aansluiting op de eilanden	19
2.11	Ondergrondse opslag	19
2.12	Investeringskosten	20
2.13	Jaarlijkse kosten	20
	2.13.1 Vervanging en onderhoud	20
	2.13.2 Energiekosten	20
3	HOOFDAANVOERLEIDING	22
3.1	Tracé	22
	3.1.1 Aanvoerleiding ringleiding (varianten 1 en 3)	22
	3.1.2 Aanvoerleiding oppervlaktewater (variant 2)	23
3.2	Pompstations	24
	3.2.1 A. Inlaatpunt en pompstation	24

3.2.2	Tussenpompstation (B)	24
3.3	Leidingeigenschappen	25
3.3.1	Debieten en diameters	25
3.3.2	Kruisingen kanalen	26
3.4	Energiekosten	27
3.5	Indicatie aanvoerleiding Zeeuws-Vlaanderen	28
4	DISTRIBUTIESYSTEMEN	33
4.1	Algemeen	33
4.2	Ringleidingsysteem (varianten 1 en 3)	33
4.2.1	Investeringskosten	33
4.2.2	Jaarlijkse energiekosten	34
4.3	Oppervlaktewatersysteem (variant 2)	34
4.3.1	Watervraag bij distributie via open waterlopen	34
4.3.2	Gebruikte gegevens	34
4.3.3	Aannames	35
4.3.4	Methode bepalen gewenst aanvoerdebiet per gemaal	36
4.3.5	Resultaat	37
4.3.6	Van doorspoeldebiet naar ontwerpdebiet	37
4.3.7	Debieten per leidingsegment en aftappunt	38
4.4	Ondergrondse wateropslag	39
5	MULTI CRITERIA ANALYSE	41
5.1	Analyse	41
5.2	Criteria	44
5.2.1	Kosten	44
5.2.2	Toelichting beoordeling kwalitatieve criteria	44
6	RISICO'S VARIANTEN	48
6.1	Risico's	48
7	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	49
7.1	Conclusies	49
7.2	Aanbevelingen	51
7.3	Aandachtspunten voor vervolgonderzoek	52

8	REFERENTIES	54
---	--------------------	----

	Laatste pagina	54
--	----------------	----

	Bijlage(n)	Aantal pagina's
--	-------------------	------------------------

I	Samenstelling begeleidingsgroep	1
---	---------------------------------	---

II	Mogelijkheden ondergrondse wateropslag (KWR)	14
----	--	----

1

INLEIDING

1.1 Aanleiding

In het kader van het Zeeuws Deltaplan Zoet Water (ZDZW) is voorgesteld om de aanvoer van extra extern zoet water te verkennen. Dit om de beschikking van zoetwater in Zeeland te verbeteren en zo ook in droge tijden de gewassen van zoet water te kunnen voorzien. Momenteel zijn er al een aantal gebieden met externe aanvoer van zoet water vanuit het Volkerak-Zoommeer (Tholen, St Philipsland en Reigerbergsepolder). Daarnaast is er een bestaande landbouwwaterleiding die water vanuit de spaarbekkens in de Biesbosch naar Zuid-Beveland aanvoert, ten behoeve van vooral de fruitteelt aldaar.

De verkenning is begeleid door een begeleidingsgroep, waarvan de samenstelling is opgenomen in bijlage I.

1.2 Afbakening en doel van deze verkenning

In deze verkenning is op hoofdlijnen onderzocht welke mogelijkheden er zijn om extern zoet water aan te voeren naar de Zeeuwse gebieden die thans geen externe aanvoer van zoet water hebben. Daarbij zijn de gebieden Schouwen-Duiveland en Zuid-Beveland ten oosten van het Kanaal door Zuid-Beveland niet beschouwd, omdat daar al vergelijkbare verkenningen lopen. Tijdens de verkenning is ervoor gekozen om Zeeuws-Vlaanderen slechts beperkt te behandelen, de redenen daarvoor zijn benoemd in dit rapport.

De gebieden die zijn beschouwd betreffen daarom hoofdzakelijk Noord-Beveland, Zuid-Beveland en Walcheren. Voor de beschouwde gebieden zijn in overleg met de begeleidingsgroep de uitgangspunten voor de watervraag, de bron van het externe water en een viertal varianten bepaald. In afbeelding 1.1 is het verkende gebied op kaart weergegeven.

Het doel is om op hoofdlijnen de verschillende varianten te verkennen en met elkaar te vergelijken. Hierbij zijn in een multi criteria analyse (MCA) de volgende criteria vergeleken:

- benodigd debiet en lengte van een aanvoerleiding;
- globale investeringskosten hoofdaanvoerleiding en distributiesysteem;
- globale jaarlijkse energiekosten en kosten beheer en onderhoud hoofdaanvoerleiding en distributiesysteem;
- de chloridehalte van de bron van het aan te voeren water;
- het verwachte chloridegehalte bij berekening;
- het effect op de oppervlaktewaterkwaliteit;
- een inschatting van de uitvoeringstermijn voor realisatie van een hoofdaanvoerleiding;
- een inschatting van de uitvoeringstermijn voor realisatie van een distributiesysteem.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 zijn de gegevens, varianten en uitgangspunten beschreven. Hoofdstuk 3 gaat in op de aan te leggen hoofdaanvoerleiding voor verschillende varianten. Hoofdstuk 4 gaat in op de mogelijke distributiesystemen voor verdeling van aanvoerwater over de aanvoergebieden. In hoofdstuk 5 worden de

varianten vergeleken in een multi-criteria analyse. In hoofdstuk 6 is ingegaan op risico's die een rol spelen, en in hoofdstuk 7 zijn de conclusies en aanbevelingen opgenomen.

Afbeelding 1.1 Verkende gebied



2

GEGEVENS, VARIANTEN EN UITGANGSPUNTEN

2.1 Algemeen

In dit hoofdstuk zijn de uitgangspunten beschreven voor de bepaling van de watervraag voor externe wateraanvoer, en de mogelijke bronnen van het aanvoerwater. Ook zijn de te verkennen varianten beschreven.

2.2 Watervraag

Voor de watervraag is uitgegaan van de volgende uitgangspunten:

- het doel van de aanvoer van zoet water is de berekening van landbouwgewassen. Het gaat er om de huidige teelten door droge perioden (zoals 2018) heen te helpen;
- de ervaring is dat er in droge zomers geen echt natte landbouwgebieden meer in Zeeland zijn, er wordt daarom geen onderscheid gemaakt in grondwatertrappen;
- bij distributie van beregeningswater via het bestaande oppervlaktewatersysteem is extra wateraanvoer nodig, om het zoute kwelwater uit de watergangen weg te spoelen. De watervraag voor doorspoelen van watergangen is per gebied ingeschat op basis van water- en stoffenbalansen en metingen van debieten en chlorideconcentraties bij de gemalen.

Bandbreedte van de watervraag

De watervraag voor beregening in de landbouw is niet exact vast te stellen, maar is afhankelijk van de gewassen die geteeld worden, en het beregeningsregime dat gevoerd wordt. Hiertoe is een bandbreedte van de watervraag ingeschat, door middel van een ondergrens en een bovengrens benadering. In overleg met de begeleidingsgroep is gekozen voor de ondergrens. Deze wordt hierna beschreven.

Voor de piekwatervraag en totale watervraag per groeiseizoen voor beregening in de landbouw in een droge zomer is in tabel 2.1 de ondergrens van de watervraag beschreven. Daarbij is uitgegaan van de arealen die naar verwachting minimaal beregend moeten worden. Voor akkerbouw is dit ingeschat op het areaal aardappelen en uien, zijnde ongeveer 50 % van het akkerbouw areaal. In de mei-telling van 2020 was dit percentage overigens 40 à 45 %, dus wat lager dan de gekozen 50 %. Voor grasland is uitgegaan van 25 % beregend areaal, en fruitteelt 100 %. Verder is uitgegaan van drie beregeningsgiften van 25 mm per seizoen, en 1/3 van het beregende areaal akkerbouw en grasland gelijktijdig beregend in droge perioden met een piekwatervraag.

Tabel 2.1 Uitgangspunten bepaling watervraag in droge zomer zoals 2018

landbouwtype	bodemtype	deel van het beregend areaal gelijktijdig beregend in droge perioden (piekwatervraag)	Aantal beregeningsgiften (25 mm per gift)	Aantal mm beregening over gehele groeiseizoen (gehele beregend areaal)
akkerbouw (50 % areaal beregend)	klei en zavel en zand	1/3	3	75
	veen alleen in natuurgebied Yerseke Moer	0	0	0
Fruitteelt (druppelbevloeiing) (100 % areaal beregend)	klei en zavel en zand	1	1,5 mm/etmaal (90 dagen)	135
Grasland (25 % areaal beregend)	klei en zavel en zand	1/3	3	75

In tabel 2.2 is de berekening van de watervraag beschreven.

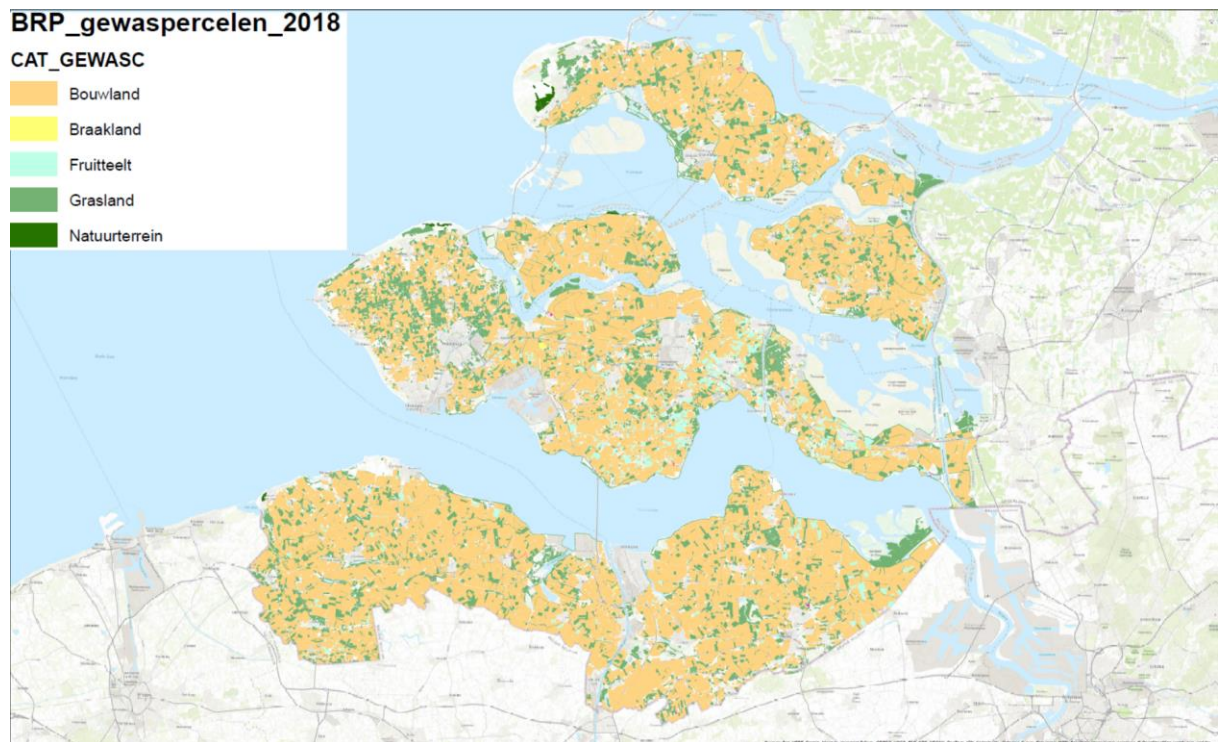
Tabel 2.2 Berekening watervraag in droge zomer per deelgebied en totaal

Deelgebied	Akkerbouw			Grasland			Fruitteelt			Totaal		
	Oppervlakte (ha)	Piekwater-vraag in m ³ /s	Seizoens-watervraag in m ³	Oppervlakte (ha)	Piekwater-vraag in m ³ /s	Seizoens-watervraag in m ³	Oppervlakte (ha)	Piekwater-vraag in m ³ /s	Seizoens-watervraag in m ³	Oppervlakte landbouw (ha)	Piekwater-vraag in m ³ /s	Seizoens-watervraag in m ³
Noord-Beveland	5.297	0,36	1.986.375	1.024	0,04	192.000	77	0,01	103.950	6.398	0,41	2.300.000
Walcheren	7.456	0,51	2.796.000	4.070	0,14	763.125	101	0,02	136.350	11.627	0,67	3.700.000
Zuid-Beveland West*	13.558	0,93	5.084.250	3.042	0,10	570.375	1.796	0,31	2.424.600	18.396	1,35	8.100.000
Zeeuws Vlaanderen	42.782	2,95	16.043.250	9.916	0,34	1.859.250	798	0,14	1.077.300	53.496	3,43	19.000.000
Totaal	69.093	4,76	25.909.875	18.052	0,62	3.384.750	2.772	0,48	3.742.200	89.917	5,86	33.100.000

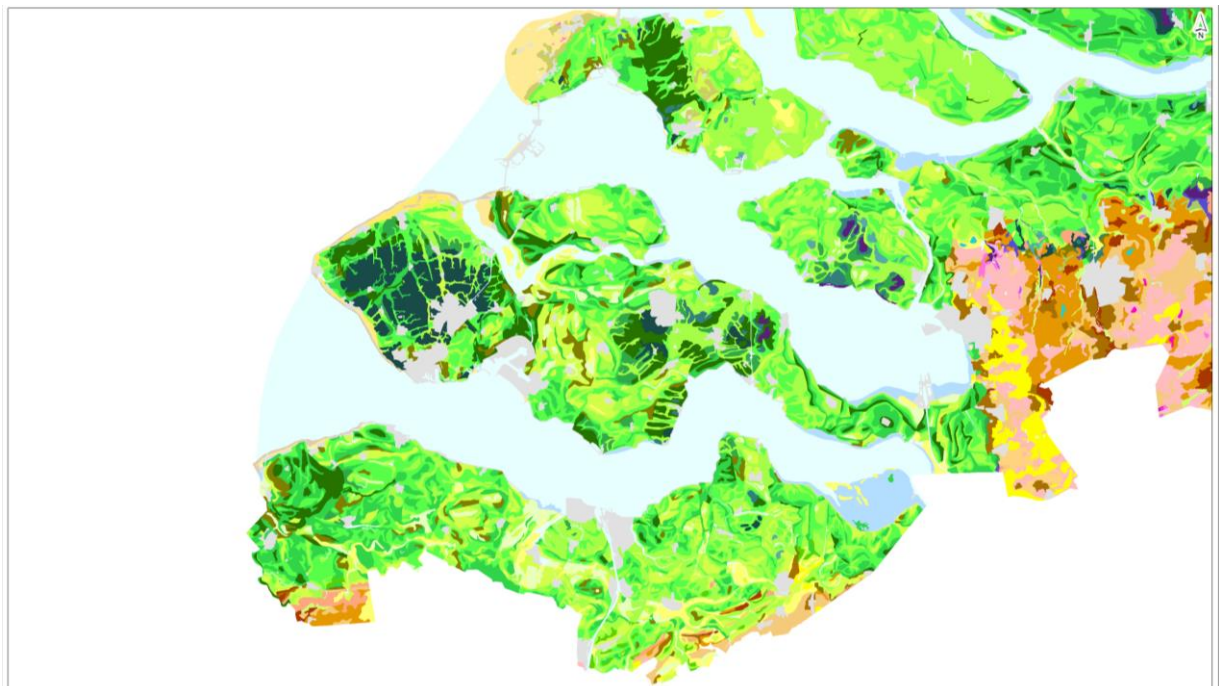
* De bestaande landbouwwaterleiding naar Zuid-Beveland van 0,2 m³/s is hier nog niet van afgetrokken.

In afbeelding 2.1 en 2.2 zijn ter informatie kaarten weergegeven van het landbouwkundig grondgebruik en van bodemtypen.

Afbeelding 2.1 Landbouwkundig grondgebruik volgens Basisregistratie percelen (BRP)



Afbeelding 2.2 Bodemkaart (groene kleuren klei- en zavelgronden, gele/oranje kleuren zandgronden)



Bron: bofek

2.3 Bronnen van aanvoerwater

De verschillende mogelijke bronnen van extern aanvoerwater zijn op hoofdlijnen beschouwd. Hieruit kwam het volgende naar voren:

- het Volkerak-Zoommeer is de meest logische bron voor de levering van zoet aanvoerwater, omdat dit het dichtst bij de Zeeuwse gebieden is gelegen, en omdat dit via de Volkeraksluizen vanuit het Hollands Diep continu met aanzienlijke hoeveelheden zoet water wordt doorgespoeld.

2.4 Waterkwaliteit Volkerak-Zoommeer

Voor de locatie van de onttrekking vanuit het Volkerak-Zoommeer is voor de varianten vanuit de ondergrens benadering (goedkoopste oplossing) uitgaan van het Spuikanaal bij Bath, nabij de Bathse brug. Vanaf deze locatie kan met een leiding het bestaande tracé van de landbouwleiding worden gevolgd naar Zuid-Beveland. Van daaruit kan de hoofdleiding worden opgesplitst in leidingen naar Zuid-Beveland, Noord-Beveland, Walcheren en Zeeuws-Vlaanderen (via een onderdoorgang onder de Westerschelde).

Voor de inlaat van zoet water is de chlorideconcentratie van het Volkerak-Zoommeer (VZM) een belangrijk gegeven. Via het schutten bij de Krammersluizen en de Kreekraksluizen (Antwerps kanaalpand) komt zout water naar het Volkerak-Zoommeer. Om het Volkerak-Zoommeer zoet te houden wordt daarom continu aan de noordkant zoet water ingelaten vanuit het Hollands Diep bij de Volkeraksluizen, en wordt water afgelaten via de Bathse Spuisluis naar de Westerschelde. Hierdoor worden de chlorideconcentraties in het Schelde-Rijnkanaal hoger in zuidelijke richting.

In het waterakkoord voor het Volkerak-Zoommeer is afgesproken dat de chlorideconcentratie in het Volkerak-Zoommeer (ook in het Spuikanaal bij Bath) van 15 maart tot en met 15 september niet hoger mag worden dan 450 mg Cl/l. Indien nodig wordt er daartoe tot 40 m³/s zoet water vanuit het Hollands Diep ingelaten bij de Volkeraksluizen. In het huidige beheer gebeurt dit vanaf half januari. Dit leidt ertoe dat voor de chlorideconcentratie van het aan te voeren water in deze periode uit kan worden gegaan van 400 mg Cl/l. Om deze concentratie ook te kunnen garanderen bij eventuele wateropslag in de winter, zou er door Rijkswaterstaat ook in de periode van 15 september tot 15 januari moeten worden doorgespoeld. Dit gebeurt thans nog niet. Het doorspoelen gebeurt onder vrij verval, er zijn daardoor geen energiekosten mee gemoeid.

Om chlorideconcentraties van circa 300 mg Cl/l te realiseren zou op een veel noordelijker locatie (bij Nieuw-Vossemeer) water uit het Schelde-Rijnkanaal water moeten worden onttrokken, met waarschijnlijk een boring onder de Oosterschelde door, wat zou zorgen voor aanzienlijk hogere kosten voor de aanvoerleiding.

In 2016 is het waterakkoord voor het VZM geactualiseerd, waarbij de volgende afspraak is opgenomen:

'Rijkswaterstaat Zee en Delta verplicht zich om in de periode van 15 maart tot en met 15 september door het doorspoelbeheer het chloridegehalte van het Volkerak-Zoommeer te beperken tot maximaal 450 mg/l, behoudens de momenten waarop er geen mogelijkheid is om water aan te voeren of wanneer dit niet wenselijk is gelet op de waterkwaliteit van het watersysteem. Indien deze laatste situatie zich voordoet zal Rijkswaterstaat Zee en Delta in overleg treden met de betrokken waterbeheerders.'

2.5 Te beschouwen varianten

2.5.1 Zeeuws-Vlaanderen

In overleg met de begeleidingsgroep is een aanvoerleiding vanuit het Volkerak-Zoommeer naar Zeeuws-Vlaanderen niet beschouwd, vanwege de volgende redenen:

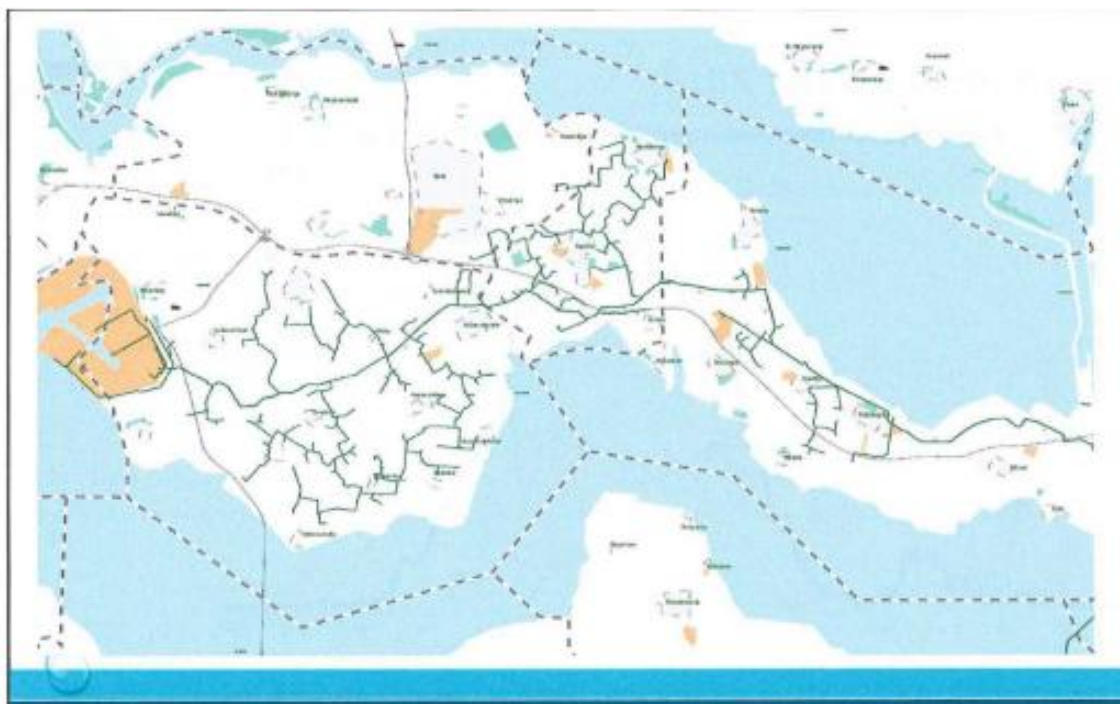
- een groot deel van Zeeuws-Vlaanderen is relatief hoog gelegen en heeft daardoor van nature zoetwaterbellen in het ondiepe grondwater, die worden gevoed door het jaarlijkse neerslagoverschot. Deze natuurlijke zoetwatervoorraden kunnen al door de landbouw worden gebruikt in droge perioden. Aanvoer van water uit het Volkerak-Zoommeer met een concentratie van 400 mg Cl/l zou naar verwachting tot een ongewenste verbraking in deze gebieden leiden;
- het areaal kapitaalintensieve gewassen is beperkt, waardoor de kosten van externe wateraanvoer niet snel terug kunnen worden verdiend. Hierdoor is er weinig tot geen interesse voor externe wateraanvoer vanuit dit gebied, en weinig bereidheid daarvoor te betalen;
- er zijn al mogelijkheden voor ondergrondse of bovengrondse berging van water uit de beken uit Vlaanderen (in de winter), waarvoor veel lagere transportkosten nodig zijn dan voor externe wateraanvoer;
- hoge kosten van externe wateraanvoer via nieuwe leidingen naar Zeeuws-Vlaanderen (3,4 m³/s nodig vanwege grote oppervlakte), waarbij een (dure) boring onder de Westerschelde nodig zou zijn.

2.5.2 Zuid-Beveland

In overleg met de begeleidingsgroep is de aanleg van een nieuwe aanvoerleiding vanuit het Volkerak-Zoommeer naar Zuid-Beveland niet beschouwd, vanwege de volgende redenen:

- een groot deel van Zuid-Beveland is relatief hoog gelegen en heeft daardoor van nature grote zoetwaterbellen in het ondiepe grondwater, die worden gevoed door het jaarlijkse neerslagoverschot. Deze natuurlijke zoetwatervoorraden worden nu al deels gebruikt door de landbouw in droge perioden, dit gebruik kan worden uitgebreid. Aanvoer van water uit het Volkerak-Zoommeer met een concentratie van 400 mg Cl/l zou naar verwachting tot een ongewenste verbraking in deze gebieden leiden;
- er is al een bestaande landbouwwaterleiding vanuit de Biesbosch bekkens naar Zuid-Beveland, die thans in de zomer vooral de fruitteeltpercelen van zoet water voorziet. Echter, deze bestaande leiding kan ook in de winter worden gebruikt om water aan te voeren, dat dan ondergronds of bovengronds kan worden opgeslagen, en vervolgens gebruikt voor beregening van akkerbouw percelen in de zomer. De inschatting is dat op deze manier voldoende zoet water van goede kwaliteit (100 mg Cl/l) kan worden geleverd om (in aanvulling op de natuurlijke zoete grondwatervoorraden) geheel Zuid-Beveland van zoet water te voorzien.

Afbeelding 2.3 Bestaande landbouwwaterleiding naar Zuid-Beveland



2.5.3 Varianten

Op basis van de hiervoor beschreven afwegingen, en om inzicht in de verschillende opties te krijgen, zijn de volgende varianten gedefinieerd, zie tabel 2.3.

Tabel 2.3 Verkende varianten

bron	Gebied dat aanvoerwater ontvangt	Nieuwe pijpleiding voor hoofdaanvoer	Distributie binnen het ontvangende gebied via buizen	Distributie binnen het ontvangende gebied via bestaande oppervlakte-watersysteem
1. Volkerak-Zoommeer zonder opslag in de aanvoergebieden	Noord-Beveland en Walcheren	ja	X	
2. Volkerak-Zoommeer zonder opslag in de aanvoergebieden	Noord-Beveland en Walcheren	ja		X
3. Volkerak-Zoommeer met tijdelijke ondergrondse opslag in de aanvoergebieden, waardoor kleinere aanvoerleidingen	Noord-Beveland en Walcheren	ja	X	
4A. bestaande landbouwwaterleiding (Biesbosch water) maximaal benutten door in de winter tijdelijk ondergronds op te slaan	Zuid-Beveland	nee	X	
4B. bestaande landbouwwaterleiding doortrekken naar Walcheren om in de winter water aan te voeren en tijdelijk ondergronds op te slaan	Walcheren	nieuwe leiding toevoegen aan bestaande leiding	X	
4C. bestaande landbouwwaterleiding doortrekken naar Noord-Beveland om	Noord-Beveland	nieuwe leiding toevoegen aan	X	

bron	Gebied dat aanvoerwater ontvangt	Nieuwe pijpleiding voor hoofdaanvoer	Distributie binnen het ontvangende gebied via buizen	Distributie binnen het ontvangende gebied via bestaande oppervlakte-watersysteem
in de winter water aan te voeren en tijdelijk ondergronds op te slaan		bestaande leiding		

2.6 Aan te voeren debieten

De hoeveelheid zoetwater die door de hoofdaanvoerleidingen dient te worden getransporteerd is afhankelijk van het type distributiesysteem op de eilanden, zie tabel 2.3.

De basis voor de debieten is de watervraag waarin moet worden voorzien, zoals beschreven in tabel 2.2.

Daarnaast spelen de volgende aspecten een rol:

- voor het systeem met open waterlopen (variant 2) dient er meer water getransporteerd te worden vanwege een benodigd doorspoeldebiet om zout kwelwater uit het oppervlaktewatersysteem weg te spoelen, en om verdampingsverliezen uit open water te compenseren;
- voor het leidingsysteem met tijdelijke opslag (variant 3) is de totale seizoenswatervraag voor beregening even groot als het systeem zonder tijdelijke opslag (variant 1). Echter is het verschil dat er in het water opgeslagen kan worden en er dus minder aanvoer per tijdseenheid plaats dient te vinden. De benodigde piekaanvoer capaciteit is daardoor lager. Anderzijds dient bij ondergrondse opslag wel meer dan de watervraag voor beregening te worden aangevoerd, omdat een deel van het water in de grond zich mengt met brak water en niet meer bruikbaar is voor beregening (circa 30 %). Uitgangspunt is dat de totaal benodigde hoeveelheid aanvoerwater gedurende zeven maanden in het winterhalfjaar in de bodem wordt geïnfiltreerd en opgeslagen;
- voor varianten 4A, 4B en 4C is uitgegaan van het debiet dat maximaal kan worden aangevoerd via de bestaande landbouwwaterleiding. Op aangeven van Evides is er daarbij van uitgegaan dat het aanvoerwater gedurende zes maanden in het winterhalfjaar in de bodem kan worden geïnfiltreerd en opgeslagen. Dit extra aangevoerde water is in de zomer beschikbaar voor beregening van landbouwgronden in Zuid-Beveland die thans nog geen water ontvangen uit de bestaande landbouwwaterleiding.

De resulterende aanvoerdebieten voor de piekwatervraag van de varianten zijn beschreven in tabel 2.4.

Tabel 2.4 Aan te voeren piekdebieten

	Variant 1	Variant 2	Variant 3	Variant 4
Noord- Beveland [m ³ /s]	0,41	0,54	0,18	-
Walcheren [m ³ /s]	0,66	2,56	0,28	-
Zuid-Beveland	-	-	-	
totaal [m ³ /s]	1,07	3,10	0,46	0,2

2.7 Periode van wateraanvoer

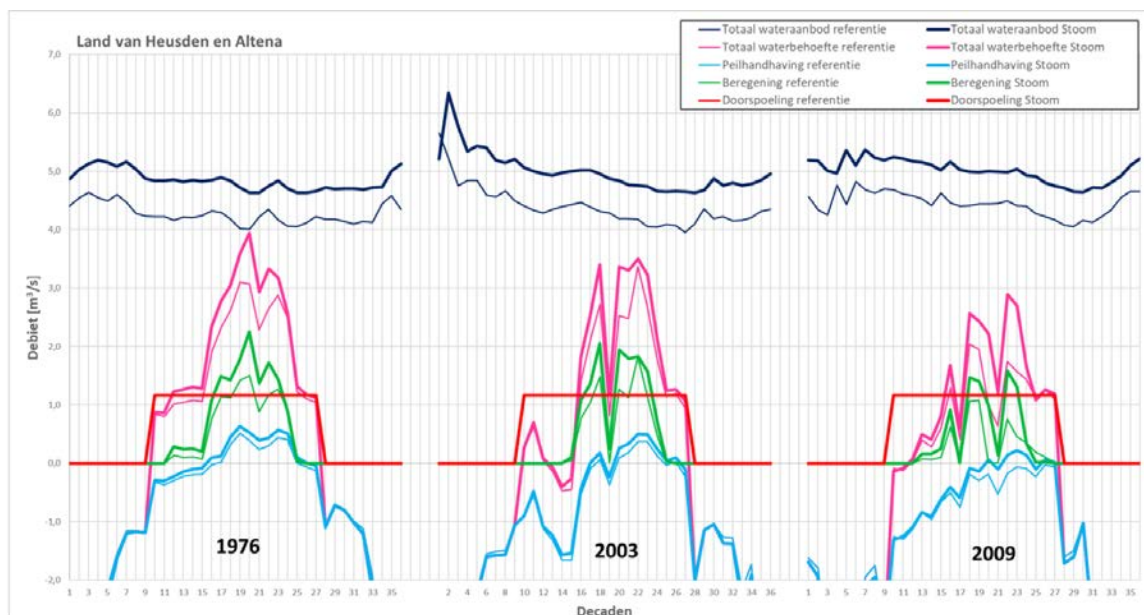
Om de energiekosten van de aanvoerleidingen te kunnen berekenen dienen uitgangspunten voor de periode van wateraanvoer te worden gekozen. Deze periode is onder meer afhankelijk van het type distributiesysteem op de eilanden. Bij distributie via waterlopen dient voorafgaand aan berekening het oppervlaktewatersysteem te worden zoet gespoeld, waardoor langer wateraanvoer nodig is. Wanneer het transport plaatsvindt hangt af van welke gewassen er dat jaar worden geteeld, en hoe de neerslag en verdamping verlopen. Voor de varianten is het volgende aangenomen:

- de seizoenswatervraag is teruggerekend naar een periode met constante piekaanvoer. In tabel 2.5 staan deze periodes weergegeven;
- voor de distributie met de ringleiding (variant 1) zal er rechtstreeks vanuit de buizen berekening plaatsvinden. Hierdoor zal er alleen aangevoerd worden wanneer er berekend wordt in droge periodes. Op basis van een zoetwaterstudie die er voor het rivierengebied is gedaan door Witteveen+Bos [ref. 9], zie afbeelding 2.4, is te zien dat gedurende een droge zomer (circa 150 dagen) er in meer of mindere mate berekening nodig is. Vertaald naar een periode waarin op volle capaciteit berekend zou moeten worden is dat 65 dagen;
- voor het systeem met open waterlopen (variant 2) zal er vanuit de open waterlopen berekening plaatsvinden. Vanwege verdampingsverliezen en het doorspoelen van het watersysteem dient meer debiet te worden aangevoerd voor een langere periode. Op basis van een zoetwaterstudie die er voor het rivierengebied is gedaan door Witteveen+Bos [ref. 9], zie afbeelding 2.4, is te zien dat gedurende een droge zomer (circa 150 dagen) er in meer of mindere mate berekening nodig is. Vertaald naar een periode waarin op volle capaciteit wateraanvoer voor doorspoelen, peilhandhaving en berekening nodig zou zijn is dat 90 dagen met een debiet van 3,12 m³/s, per jaar is dat 24,3 miljoen m³. Daarbij moet bedacht worden dat voor het doorspoelen zowel de aanvoergemalen aan moeten staan, als ook de bestaande afvoergemalen op de eilanden;
- voor het leidingsysteem met tijdelijke opslag (variant 3) is de totale seizoenswatervraag even groot als het systeem zonder tijdelijke opslag (variant 1). Echter is het verschil dat er water opgeslagen kan worden en er dus minder aanvoer per tijdseenheid plaats dient te vinden. Er wordt uitgegaan van zeven maanden (winterhalfjaar), ofwel 210 dagen wateraanvoer. In de overige vijf maanden van het jaar (zomerperiode) kan water worden onttrokken uit de opslag ten behoeve van berekening;
- voor variant 4 wordt uitgegaan van maximale benutting van de bestaande landbouwwaterleiding. Volgens Evides is de aanvoercapaciteit in het zomerhalfjaar al volledig vergund. In het winterhalfjaar (zes maanden) kan via de leiding nog wel water aangevoerd worden, dat dan ondergronds kan worden opgeslagen.

Tabel 2.5 Seizoensaanvoer en rekenperiode wateraanvoer in een droog jaar

	Variant 1	Variant 2	Variant 3	variant 4
debiet [m ³ /s]	1,07	3,10	0,46	0,2
seizoensaanvoer [m ³]	6.000.000	24.300.000	6.000.000	3.100.000
rekenperiode wateraanvoer [dagen]	65 dagen	90 dagen	210 dagen (7 maanden)	180 dagen (6 maanden)

Afbeelding 2.4 Voorbeeld verloop beregeningsvraag over het seizoen (groene lijnen) voor het aanvoergebied Land van Heusden en Altena in drie droge jaren (ref. 9). 1976 is qua droogte redelijk vergelijkbaar met 2018. Referentie is de huidige situatie en Stoom is het Wh klimaatscenario in 2050



2.8 Opvoerhoogte

Voor de variantenstudie dient de opvoerhoogte van de benodigde pompen per variant bepaald te worden om zodoende te bepalen of de betreffende pompen leverbaar zijn en om een inschatting van de energiekosten te bepalen. Voor de pompen wordt een maximale opvoerhoogte tussen de 30 á 40 m aangehouden. Om de benodigde opvoerhoogtes te verlagen kan de leidingdiameter worden vergroot (vermindering weerstand) of kan er een extra pompstation worden gerealiseerd (booster).

De maximale opvoerhoogte is gekozen zodat de pompen een relatief hoog debiet kunnen leveren. Er zijn pompen met hogere opvoerhoogtes verkrijgbaar maar het debiet wordt dan dusdanig laag dat er voor de benodigde debieten een groot aantal pompen benodigd zijn (>10), dit wordt gezien als ongewenst. Het voordeel van meerdere pompen is dat bij variërend debiet pompen kunnen worden bij- of afgeschakeld en het op en af toeren is begrensd. Zodoende blijft de efficiëntie van de pompen optimaal en leidt dit tot minder energieverbruik dan bij minder pompen die suboptimaal moeten pompen. Het bepalen van het aantal en type pompen dient in een vervolgfase uitgevoerd te worden.

Voor het bepalen van de opvoerhoogte van de pompstations van de hoofdaanvoerleiding is enkel rekening gehouden met het wrijvingsverval over de leiding. Er wordt vanuit gegaan dat het in- en uitstroompunt op dezelfde hoogte liggen en de verliezen door bochten, afsluiters etc. worden in deze fase verdisconteerd in de leidingweerstand.

Op basis van de wandruwheid bepalen we het wrijvingsverlies met de formule van Darcy-Weisbach ($\Delta H_W = \lambda \frac{U^2}{2g} \frac{L}{D}$), met λ de dimensieloze Darcy-wrijvingscoëfficiënt. De lengte en de leidingdiameter hebben de grootste invloed op het totale wrijvingsverlies en de opvoerhoogte. Daarnaast heeft de gladheid van het leidingmateriaal invloed op de wrijvingscoëfficiënt en daarmee op het wrijvingsverlies.

Distributiesysteem

Voor het vergelijken van de varianten van de hoofdaanvoerleiding wordt enkel het aanvoeren van het water beschouwd tot aan het begin van de ringleiding (variant 1 en 3) of tot aan het begin van het oppervlaktewatersysteem (variant 2). Voor het distributiesysteem via zowel de ringleiding of via het oppervlaktewatersysteem is uitgegaan van levering van water tot aan het perceel (middels aftappunten van

de ringleiding en middels watergangen langs de percelen bij het oppervlaktewatersysteem). De agrariërs zorgen zelf voor de benodigde pompen die de beregeningshaspels in werking stellen.

Het doorgespoelde hoofdwatergangensysteem moet ook worden gezien als een soort ringleiding. Deze watergangen worden door het doorspoelen het meest zoet. Boeren kunnen eventueel met lange haspels water onttrekken uit de dichtstbijzijnde hoofdwatergang met zoet water. De secundaire/tertiaire waterlopen worden niet doorgespoeld met zoet water. Hoe zoet deze secundaire/tertiaire watergangen zouden gaan worden is op voorhand niet te voorspellen want afhankelijk van de lokale situatie (wel of geen zoute kwel in de zomer). Wel is het zo dat als er eenmaal voor beregening wordt onttrokken aan een secundaire/tertiaire watergang, het zoete water uit de hoofdwatergang dan die watergang in zal trekken.

2.9 Leidingeigenschappen hoofdaanvoerleiding

Voor het bepalen van de eigenschappen van de hoofdaanvoerleiding(en) is rekening gehouden met het aantal leidingen, leidingmateriaal, diameters en wanddikten.

Aantal leidingen

In deze variantenstudie is rekening gehouden met 1 hoofdaanvoerleiding voor het tracé aangezien de verwachting is dat dit goedkoper is dan 2 leidingen. Dit geldt zowel voor de materiaalkosten als de kosten voor de aanleg. Wanneer er 2 leidingen worden aangelegd dient de benodigde sleuf voor de aanleg en leidingstrook breder te zijn. Voordeel van 2 leidingen is dat er minder diep hoeft te worden gegraven indien bemaling een probleem is en daarnaast is er bij leidingbreuk meer leveringszekerheid. Daarnaast kan met een gestuurde boring een kleinere leidingdiameter een voordeel zijn aangezien de benodigde trekkracht per leiding kleiner is. Een keuze voor 2 leidingen kan in een volgende fase als optimalisatie verder worden uitgewerkt.

Leidingmateriaal

Voor het leidingmateriaal wordt er rekening gehouden met een GVK (Glasvezelversterkte Kunststof) leiding. Dit composietmateriaal is dunwandig, niet gevoelig voor corrosie en duurzaam. Andere leidingmaterialen zoals HDPE, staal of beton zijn in deze fase niet gekozen omdat:

- HDPE is dikwandig en niet beschikbaar in de benodigde diameters (maximaal circa 1.000 mm);
- staal is gevoelig voor corrosie, en vormt een risico in het zoute milieu van het projectgebied;
- beton is een mogelijkheid voor de veldstrekking maar niet voor de boringen. In deze fase van het project gaan wij uit van één leidingmateriaal. Bij de overgangen van bijvoorbeeld een gestuurde boring naar veldstrekking kan overwogen worden om van materiaal te wisselen. Dit is een optimalisatie voor een volgende fase;
- GVK heeft een gladde wandruwheid wat gunstig is voor de energiekosten ($k=0,3$ mm).

Diameters en wanddikten

Voor de enkele GVK-aanvoerleiding zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd voor de bepaling van de diameters en wanddikten:

- voor de aanvoerleiding wordt ernaar gestreefd een maximale stroomsnelheid in de leidingen te krijgen van circa 1,0- 2,0 m/s voor de verschillende varianten. Uit ervaring blijkt dat het optimum tussen realisatiekosten en de energiekosten zich in deze range van snelheden bevindt. Een kleine leidingdiameter leidt tot lagere constructiekosten, maar de energiekosten nemen met de 4^e macht toe bij kleinere diameters;
- de sterkteklasse van de leiding dient in een volgende fase te worden berekend. De klasse van de leiding is afhankelijk van de interne drukken en de externe belastingen. In deze fase wordt uitgegaan van PN10 en SN10000 [ref. 3].

Op basis van bovenstaande uitgangspunten zijn de leidingeigenschappen van de hoofdaanvoerleiding voor de verschillende varianten weergegeven in tabel 2.6. Hierbij dient opgemerkt te worden dat dit de leidingeigenschappen zijn vanaf het inlaatpunt. Deze hoofdaanvoerleiding zal verderop in het systeem splitsen voor de aanvoer naar de verschillende eilanden. Dit leidingsysteem is verder uitgewerkt in H3.

Tabel 2.6 Leidingeigenschappen GVK leiding

Eigenschappen	Variant 1	Variant 2	Variant 3
debiet [m ³ /s]	1,07	3,12	0,46
buitendiameter [mm]	1100	1600	750
binnendiameter [mm]	1054	1530	718
wanddikte [mm] PN10	23	35	16
snellheid [m/s]	1,23	1,70	1,14
ruwheid (k) [mm]	0,3	0,3	0,3
wrijvingscoëfficiënt (λ)	0,015	0,015	0,015

2.10 Aansluiting op de eilanden

De aansluiting op de eilanden is afhankelijk van het type distributiesysteem:

- voor de distributie met een ringleiding (variant 1 en 3) zal de aanvoerleiding aansluiten op de ringleiding op het betreffend eiland. Er wordt als uitgangspunt aangehouden dat vanaf de 'aankomst' op het betreffende eiland, de aanvoerleiding nog 2 km doorloopt en vervolgens aansluit op een ringleiding;
- voor het systeem met open waterlopen (variant 2) zal de aanvoerleiding aansluiten op een watergang in het gebied met een (relatief) hoog peil en weinig zoute kwel. Op deze manier kan zoet water (merendeels) onder vrij verval over het eiland worden gedistribueerd en voorkomt men dat het bij aankomst wordt opgeladen met chloride door zoute kwel.

2.11 Ondergrondse opslag

Voor opslag van zoet water is in deze verkenning uitgegaan van ondergrondse opslag. Dit omdat ondergrondse opslag in het algemeen goedkoper is dan bovengrondse opslag (bassins), en omdat het bovengrondse ruimtebeslag veel kleiner is dan bij bovengrondse opslag.

Ondergrondse opslag van zoetwater wordt in Nederland al sinds de jaren 1950 op grote schaal toegepast in de duinen ten behoeve van de drinkwatervoorziening, sinds de jaren 1980 in de glastuinbouw in het Oostland, en in de afgelopen tien jaar ook door (glas)tuinbouw in gebieden waar de ondergrond van nature brak of zout is, zoals in delen van Zuid-Holland, West-Brabant en in Zeeland. Voor een recent overzicht, zie Zuurbier en Raat (2018).

In Zeeland bestaan, naast de duinen, twee mogelijkheden voor tijdelijke ondergrondse opslag van zoetwateroverschotten:

- 1 extra zoetwateropslag in kreekruggen, door de bestaande zoetwaterlenzen te vergroten;
- 2 ASR ('aquifer storage and recovery') door in aquifers (watervoerende pakketten) met verticale putten zoetwater te infiltreren en zo zoetwaterbellen te creëren.

ASR wordt door de glastuinbouw inmiddels breed toegepast, in onder andere Nootdorp (10.000 m³ opslag per jaar), 's-Gravenzande (30.000 m³), Dinteloord (300.000 m³ opslag) en Waddinxveen (500.000 m³), en sinds kort ook in Kruijningen bij akkerbouwbedrijf Muelwater (> 100.000m³). Een groot voordeel van ASR is dat systemen makkelijk schaalbaar zijn. Kreekruggen worden nog zeer beperkt gebruikt voor extra opslag van zoetwater; er zijn momenteel twee werkende systemen in Serooskerke (kreekruginfiltratiesysteem) en in Ovezande (Freshmaker). Extra wateropslag in kreekruggen is moeilijker schaalbaar, vanwege de geohydrologische beperkingen en ook de grotere uitstraling op de omgeving van deze systemen. Dit zijn zaken om in een inventarisatie rekening mee te houden.

Uitgangspunten potentie zoetwateropslag:

- er is gebruik gemaakt van (digitaal) kaartmateriaal uit eerdere studies (Hoogvliet et al., 2014; Delsman et al., 2018) waarin de geschiktheid voor ondergrondse opslag middels respectievelijk kreekruginfiltratie, freshmaker en ASR is geïnventariseerd;
- uit deze kaarten zijn gebieden en arealen geselecteerd waarin genoemde technieken toepasbaar zijn. Voor kreekruggen zijn alleen die gebieden geselecteerd met een redelijke omvang, waar redelijkerwijze te verwachten is dat grote volumes te bergen zijn. Kleinere kreekrugsystemen zijn weliswaar geschikt voor opslag, maar het is veel logischer daarvoor lokaal zoetwater te gebruiken (denk aan drainwater of lokaal oppervlaktewater);
- aan de hand van aanvullende geohydrologische gegevens (DINO loket; FRESHEM Zeeland) en kennis van het gebied is een eerste, grove inschatting gemaakt van waar grootschalige opslag mogelijk is en aan welke volumes daarbij gedacht moet worden.

2.12 Investeringskosten

Voor deze verkenning (initiatiefase) zijn de verschillende varianten onder andere vergeleken op basis van globale investeringskosten. De kostentechnische verschillen van de varianten worden met deze ramingen inzichtelijk gemaakt. Deze vergelijking is nadrukkelijk niet geschikt voor een budgetaanvraag, omdat er in deze fase nog te veel risico's en onzekerheden voor een budgetraming zijn. De raming is daarom ook bewust niet in deze rapportage opgenomen, om de besluitvorming niet onterecht te beïnvloeden.

Voor alle varianten is zoveel mogelijk dezelfde kostensystematiek gehanteerd, om de varianten onderling vergelijkbaar te maken. Dit betreft de volgende uitgangspunten:

- deterministische raming van de investeringskosten;
- bedrijfseconomische raming;
- variatiecoëfficiënt investeringskosten 40 %, levensduurkosten >50 %;
- exclusief omzetbelasting;
- in de objecten is rekening gehouden met objectgebonden risico's en niet met projectgebonden risico's. De projectgebonden risico's betreffen met name overige risico's zoals juridische, organisatorische, maatschappelijke, ruimtelijke en financiële risico's.

2.13 Jaarlijkse kosten

De jaarlijkse kosten bestaan uit kosten voor vervangingsinvesteringen, jaarlijks onderhoud en jaarlijkse energiekosten.

2.13.1 Vervanging en onderhoud

Voor de kosten voor vervangingsinvesteringen (looptijd 50 jaar volgens opgave provincie Zeeland) en jaarlijks onderhoud is uitgegaan van de volgende vervangings- en onderhoudsfrequenties:

- vervangen civiele constructies en leidingen: 100 jaar (buiten scope);
- vervangen werktuigbouwkundige installaties/pompen: 25 jaar;
- vervangen elektrotechnische installaties: 15 jaar;
- voor regulier beheer en onderhoud van de gemalen is 2,0 % van de investeringskosten gehanteerd;
- exclusief omzetbelasting;
- twee keer per jaar maaien onderhoudspad en watergang bij variant 2.

2.13.2 Energiekosten

Voor de vergelijking van de varianten zijn de energiekosten van de pompstations bepaald. Voor de energiekosten van het pompstation is gebruik gemaakt van de volgende stappen:

- het benodigde vermogen is bepaald met de formule $P = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot h}{\eta}$. Hierbij wordt een efficiëntie aangenomen van 80 %;
- het vermogen is vermenigvuldigd met het totaal aantal draaiuren om het aantal kWh te bepalen;
- er is uitgegaan van een prijs per kWh van EUR 0,10.

De jaarlijkse energiekosten per variant zijn bepaald op basis van de pompkosten van de aanvoergemalen, en bij variant 2 (distributie via het oppervlaktewatersysteem) ook de extra pompkosten van de bestaande afvoergemalen in verband met het doorspoelen van het oppervlaktewatersysteem.

Voor de varianten 4A, 4B en 4C, waarin gebruik wordt gemaakt van de bestaande landbouwwaterleiding, is voor de jaarlijkse kosten tevens gerekend met een bedrag van EUR 0,30 per m³ aangeleverd water door Evides. Deze kosten zijn opgeteld bij de jaarlijkse kosten voor vervanging, onderhoud en energie voor de toe te voegen nieuwe elementen in deze varianten, zoals een aanvullende hoofdleiding, distributiesysteem en ASR-systemen.

3

HOOFDAANVOERLEIDING

Voor de varianten 1, 2 en 3 dient een nieuwe hoofdaanvoerleiding te worden aangelegd naar Noord-Beveland en Walcheren. De ontwerpkeuzes voor deze hoofdaanvoerleiding worden in dit hoofdstuk beschreven.

Voor de aanvoerleiding zijn twee ontwerpen uitgewerkt; voor variant 1 en 3, die voor distributie op de eilanden gebruik maken van een ringleiding, en voor variant 2, die voor distributie gebruik maakt van het oppervlaktewater systeem. In de laatste paragraaf wordt voor variant 1 een indicatie aangegeven van de aanpassingen aan de hoofdaanvoerleiding wanneer eventueel toch een aanvoer naar Zeeuws- Vlaanderen zou worden overwogen.

3.1 Tracé

3.1.1 Aanvoerleiding ringleiding (varianten 1 en 3)

In afbeelding 3.1 en tabel 3.1 is het tracé van de hoofdaanvoerleidingen weergegeven voor variant 1 en 3. Het inlaatpunt van de aanvoerleiding is vanuit het Bathse spuikanaal nabij de Bathse Brug. Tracédeel Nr. 1 volgt daarna de bestaande landbouwwaterleiding, kruist het kanaal door Zuid-Beveland en sluit aan bij het tussenpompstation B. Vervolgens loopt de leiding door naar Noord-Beveland en Walcheren oost en west (Nr. 2, 3 en 4). Er is gekozen voor een splitsing van Walcheren oost en west vanwege de boring onder het kanaal door Walcheren. De aansluitpunten op de ringleidingen zijn weergegeven met de witte vierkanten.

Voor het ontwerp van het tracé is er in deze verkennende fase rekening gehouden met een recht leidingverloop. Daarnaast is er met het ontwerp rekening gehouden dat de aanvoerleidingen de grote kanalen in het projectgebied kruisen. De kosten van deze kruisingen zijn apart geraamd.

Afbeelding 3.1 Tracé hoofdaanvoerleiding varianten 1 en 3, distributie via ringleidingen



Tabel 3.1 Hoofdonderdelen varianten 1 en 3

Nr.	Onderdeel	Beschrijving	Lengte
A	inlaatpunt en pompstation	ter plaatse van Bathse brug, transport voor leiding Nr. 1	
B	pompstation N-B en Wal.	transport voor leiding Nr. 2, 3 en 4	
1	hoofdaanvoer	volgt bestaande tracé (Evides), boring onder kanaal door Zuid-Beveland en aansluiting pompstation B	27,3 km
2	hoofdaanvoer N-B	boring onder Veerse Meer en aansluiting Noord-Beveland	8,4 km
3	hoofdaanvoer Wal.	aanvoer Walcheren oost	12,8 km
4	hoofdaanvoer Wal.	boring onder kanaal door Walcheren en aansluiting Walcheren west	4,2 km
		totaal	52,7 km

3.1.2 Aanvoerleiding oppervlaktewater (variant 2)

In afbeelding 3.2 en tabel 3.2 is het tracé van de hoofdaanvoerleiding weergegeven voor variant 2. Voor het ontwerp van de leiding is rekening gehouden met de hoogte van de peilgebieden in het projectgebied. De aftappunten (witte vierkanten) voor het oppervlaktewater systeem zijn zodanig gekozen dat het water onder vrij verval in het gebied verspreid kan worden. Dit is verder beschreven in paragraaf 4.2.

Het inlaatpunt van de aanvoerleiding is vanuit het Bathse spuikanaal nabij de Bathse Brug. Tracédeel Nr. 1 volgt daarna de bestaande landbouwwaterleiding, kruist het kanaal door Zuid-Beveland en sluit aan bij tussenpompstation B. Vervolgens loopt de leiding door naar Noord-Beveland en Walcheren-oost en west (Tracédelen Nr. 2, 3 en 4). Er is gekozen voor een splitsing van Walcheren oost en west vanwege de boring onder het kanaal door Walcheren. De aansluitpunten op de oppervlaktewatersystemen zijn weergegeven met de witte vierkanten.

Het is te zien dat vooral bij Walcheren west de leiding een stuk verder doorloopt om naar het hoogste peilgebied te leiden, bij Noord-Beveland is hetzelfde tracé als de variant met ringleiding van toepassing.

Afbeelding 3.2 Tracé hoofdaanvoerleiding variant 2, distributie via oppervlaktewatersystemen



Tabel 3.2 Hoofdonderdelen variant 2

Nr.	Onderdeel	Beschrijving	Lengte
A	inlaatpunt en pompstation	ter plaatse van Bathse brug, transport voor leiding Nr. 1	
B	pompstation N-B en Wal.	transport voor leiding Nr. 2, 3 en 4	
1	hoofdaanvoer	volgt bestaande tracé (Evides), boring onder kanaal door Zuid-Beveland en aansluiting pompstation B	27,3 km
2	hoofdaanvoer N-B	boring onder Veerse Meer en aansluiting Noord-Beveland	8,4 km
3	hoofdaanvoer Wal.	aanvoer Walcheren oost	11,5 km
4	hoofdaanvoer Wal.	boring onder kanaal door Walcheren en aansluiting Walcheren west	11,0 km
		totaal	58,2 km

3.2 Pompstations

3.2.1 A. Inlaatpunt en pompstation

Het inlaatpunt van de aanvoerleiding is gelegen in het Bathse Spuikanaal, nabij het meetpunt Bathse Brug van Rijkswaterstaat, waar de A58 het Spuikanaal kruist (zie afbeelding 3.3). De waterkering aan de westzijde van het Spuikanaal betreft een primaire waterkering. Het water wordt uit het kanaal gehaald met een zuigleiding door de waterkering. Het pompstation wordt dicht bij het inlaatpunt gerealiseerd om zo de lengte van de zuigleiding te minimaliseren.

Afbeelding 3.3 Indicatie van de locatie van het inlaatpunt met het pompstation



3.2.2 Tussenpompstation (B)

Vanwege het aantal kilometers van de aanvoerleidingen dient een extra pompstation gerealiseerd te worden in het projectgebied om het water te transporteren. In het ontwerp is er uitgegaan van een pompstation bij de splitsing naar Noord-Beveland en Walcheren. In tabel 3.3 zijn de pompstations weergegeven voor het netwerk van de hoofdaanvoerleidingen met de debieten en opvoerhoogtes.

De opvoerhoogte van het pompstation is bepaald aan de hand van de diameter, de lengte en de wandruwheid zoals toegelicht in 2.8. Dit is de benodigde opvoerhoogte tot aan de aansluiting met het volgende pompstation, ringleiding of open waterloop.

Tabel 3.3 Overzicht pompstations hoofdaanvoerleidingen

Nr.	Variant 1		Variant 2 [m ³ /s]		Variant 3 [m ³ /s]	
	Debiet [m ³ /s]	Opvoerhoogte [m]	Debiet [m ³ /s]	Opvoerhoogte [m]	Debiet [m ³ /s]	Opvoerhoogte [m]
A, inlaatpunt	1,07	30,5	3,12	36,7	0,46	41,9
B, tussenstation	1,07	36,7	3,12	31,8	0,46	42,0

3.3 Leidingeigenschappen

3.3.1 Debieten en diameters

In tabel 3.4 (variant 1 en 3) en tabel 3.5 (variant 2) zijn voor de aanvoerleidingen de te transporteren debieten weergegeven met de benodigde leidingdiameters. De leidingdiameters van de leidingen zijn bepaald aan de hand van de stroomsnelheid in de leiding, de handelsmaten van GVK-leidingen en aan de hand van de opvoerhoogte van het betreffende stuk.

Voor enkele leidingen, zie * in tabellen, zijn tevens boringen in kaart gebracht. De lengtes en eigenschappen van deze boringen staan in de volgende paragraaf.

Tabel 3.4 Wateraanvoer per leidingdeel voor varianten 1 en 3

Nr.	Lengte veldstrekking	Aanvoergebied	Wateraanvoer		Leidingdiameter	
	[km]		Variant 1 [m ³ /s]	Variant 1 [mm]	Variant 3 [m ³ /s]	Variant 3 [mm]
1	26,8*	ALLE	1,07	Ø1100	0,46	Ø900
2	7,5*	N-B	0,41	Ø600	0,18	Ø400
3	12,8	Wal. oost en west	0,66	Ø800	0,28	Ø700
4	3,8*	Wal. west	0,51	Ø700	0,22	Ø500

*Exclusief de lengtes van de boringen (zie volgende paragraaf).

Tabel 3.5 Wateraanvoer per leidingdeel voor variant 2

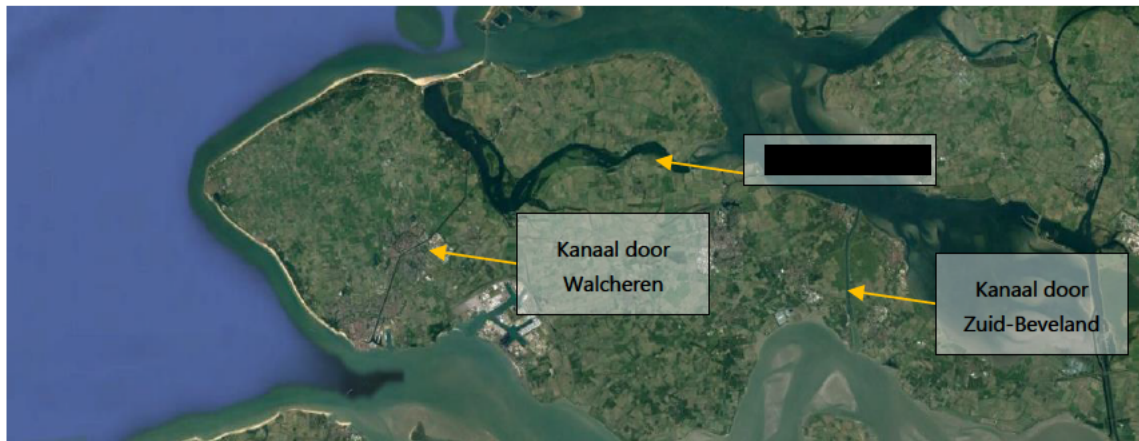
Nr.	Lengte veldstrekking	Aanvoergebied	Wateraanvoer		Leidingdiameter
	[km]		Variant 2 [m ³ /s]	Variant 2 [mm]	
1	26,8*	Alle	3,12	Ø1.600	
2	7,5*	N-B	0,52	Ø700	
3	11,5	Wal. oost en west	2,59	Ø1.500	
4	10,6*	Wal. west	1,69	Ø1.200	

* Exclusief de lengtes van de boringen (zie volgende paragraaf).

3.3.2 Kruisingen kanalen

De aanvoerleidingen kruisen enkele kanalen in het projectgebied, zie afbeelding 3.4 en tabel 3.6. Voor de boring van de aanvoerleidingen wordt onder andere rekening gehouden met de restricties vanwege Natura 2000-gebieden en de richtlijnen voor HDD (en GFT) boringen.

Afbeelding 3.4 Te kruisen kanalen in het projectgebied



Tabel 3.6 Te kruisen watergangen van de leidingen

Watergang	Breedte watergang	Type Boring
Kanaal door Zuid-Beveland	160 m	HDD
Veerse Meer	620 m	HDD
Kanaal door Walcheren	90 m	HDD

Natura 2000

Voor de boringen onder het Veerse Meer geldt dat de boring wordt aangelegd in een Natura 2000-gebied, zie afbeelding 3.5. De voorkeur qua aanlegmethodiek voor deze boring gaat uit naar een HDD-boring (horizontal directional drilling) aangezien het natuurgebied dan niet wordt verstoord. Er vinden geen graafwerkzaamheden plaats in het natuurgebied en er is ook geen sprake van vertroebeling van het oppervlaktewater (zoals bij het baggeren van een sleuf).

Afbeelding 3.5 Natura 2000gebieden in projectgebied



Ontwerprichtlijnen HDD

In de NEN-3651 [ref.4] en de richtlijn boortechniek [ref.5] worden de ontwerprichtlijnen voor gestuurde boringen beschreven:

- conform de norm dient de minimale vereiste dekking ten opzichte van de bodem van het kanaal 10 m te zijn. De in- en uitredepunten van een HDD-boring onder een waterweg moeten altijd buiten de veiligheidszone van de waterkering liggen. Deze veiligheidszone is opgebouwd uit een stabiliteitszone en een verstoringszone;
- conform de norm dient men bij het tracé van de boring rekening te houden met de minimale kromtestraal van de leiding. Voor het behalen van de specifieke kromtestraal dient men tot een bepaalde diepte te boren en voldoende afstand te houden van de waterkering. Het kan voorkomen dat niet de benodigde dekking maar de kromtestraal uiteindelijk de maximale diepte van de boring bepaald;
- de lengte van de boring is afhankelijk van de diameter van de leiding en de booropstelling. Een maximale lengte indicatie voor een 100 tons booropstelling is circa 1.000 m, met diameters 500-1 200 mm [ref. 6].

Ontwerp

Voor het ontwerp van de horizontaal gestuurde boringen wordt een marge van circa 150 m aan beide zijden van de watergang aangehouden. In tabel 3.7 staan de lengtes van de boringen met de diameters zoals bepaald in de voorgaande paragraaf.

Tabel 3.7 Overzicht HDD boringen

Watergang	Lengte boring	Variant 1	Variant 2	Variant 3
Kanaal door Zuid-Beveland	500 m	Ø1100 mm	Ø1600 mm	Ø750 mm
Veerse Meer	900 m	Ø600 mm	Ø700 mm	Ø450 mm
Kanaal door Walcheren	400 m	Ø700 mm	Ø1200 mm	Ø450 mm

3.4 Energiekosten

In tabel 3.8, tabel 3.9 en tabel 3.10 is een indicatie van de jaarlijkse energiekosten gegeven van de pompstations voor de aanvoerleidingen weergegeven voor de varianten 1, 2 en 3.

De totale jaarlijkse energiekosten per variant zijn:

- variant 1 EUR 137.500,--;
- variant 2 EUR 566.100,--;
- variant 3 EUR 238.500,--.

Tabel 3.8 Energiekosten variant 1

Onderdeel	Pompstation A	Pompstation B
periode [dagen]	65	65
draaiuren per jaar [uur]	1.560	1.560
opvoerhoogte [m]	30,5	36,7
debiet [m ³ /s]	1,07	1,07
vermogen per jaar [MWh]	624	751
energiekosten per jaar [EUR]	62.000,--	75.000,--

Tabel 3.9 Energiekosten variant 2

Onderdeel	Pompstation A	Pompstation B
periode [dagen]	90	90
draaiuren per jaar [uur]	2.160	2.160
opvoerhoogte [m]	36,7	31,8
debiet [m ³ /s]	3,10	3,10
vermogen per jaar [MWh]	3033	2628
energiekosten per jaar [EUR]	303.000,--	263.000,--

Tabel 3.10 Energiekosten variant 3

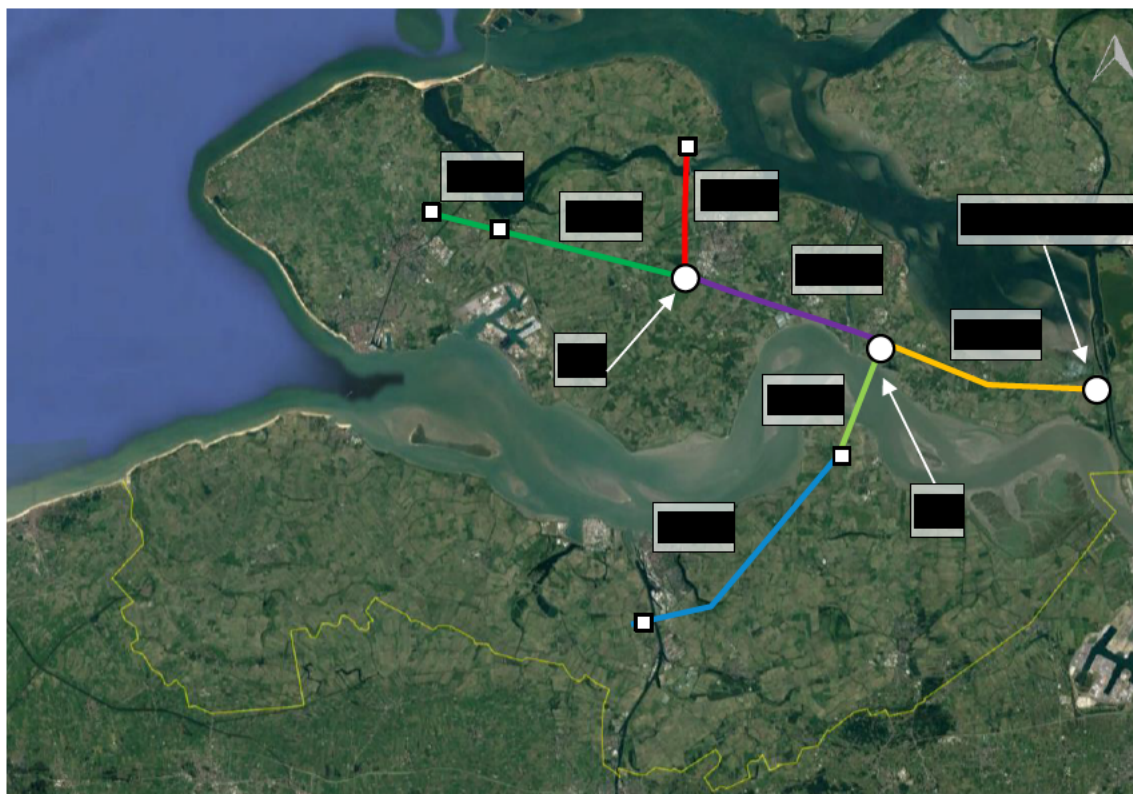
Onderdeel	Pompstation A	Pompstation B
periode [dagen]	210	210
draaiuren per jaar [uur]	5.040	5.040
opvoerhoogte [m]	41,9	42,0
debiet [m ³ /s]	0,46	0,46
vermogen per jaar [MWh]	1191	1194
energiekosten per jaar [EUR]	119.000,--	120.000,--

3.5 Indicatie aanvoerleiding Zeeuws-Vlaanderen

In deze paragraaf wordt een indicatie gegeven van de aanpassingen aan de hoofdaanvoerleiding wanneer de aanvoer naar Zeeuws- Vlaanderen wordt meegenomen in de analyse (enkel voor variant 1).

In afbeelding 3.6 en tabel 3.11 is het tracé van de hoofdaanvoerleidingen weergegeven met de aanvoer naar Zeeuws-Vlaanderen. Hierbij is pompstation C gerealiseerd bij de splitsing tussen Nr.1a en Nr.1b. Naar Zeeuws-Vlaanderen gaan de leidingen Nr.5 en Nr.6.

Afbeelding 3.6 Tracé hoofdaanvoerleiding met Zeeuws-Vlaanderen



Tabel 3.11 Hoofdonderdelen variant met aansluiting Zeeuws-Vlaanderen

Nr.	Onderdeel	Beschrijving	Lengte
C	pompstation ZV	transport voor leiding Nr. 5 en 6	
7	hoofdaanvoer ZV-oost	boring onder de Westerschelde en aansluiting Zeeuws-Vlaanderen (oost)	7,2 km
8	hoofdaanvoer ZV-west	boring onder kanaal Gent- Terneuzen en aansluiting Zeeuws-Vlaanderen (west)	18,2 km
		totaal extra	25,4 km

Pompstations

In tabel 3.12 zijn de aanpassingen aan de pompstations weergegeven wanneer de aanvoer van zoet water naar Zeeuws-Vlaanderen in beschouwing wordt genomen. Het is te zien dat de totale capaciteit van pompstation A wordt vergroot en een nieuw pompstation C gerealiseerd dient te worden. Voor pompstation B zijn geen aanpassingen benodigd.

Tabel 3.12 Overzicht pompstations hoofdaanvoerleidingen incl. Zeeuws-Vlaanderen voor variant 1

Nr.	Tabel 3.3	Inclusief Zeeuws-Vlaanderen
	Debiet [m ³ /s]	Debiet [m ³ /s]
A, inlaatpunt	1,07	4,50
B, tussenstation	1,07	1,07
C, tussenstation Zeeuws-Vlaanderen	n.v.t.	3,43

Leidingeigenschappen

In tabel 3.13 zijn de eigenschappen van de leidingen weergegeven die worden aangepast of toegevoegd. Voor de aanvoerleidingen geldt dat Nr.1a vergroot dient te worden vanwege de toename in debiet en dat leidingen Nr. 5 en Nr. 6 toegevoegd worden.

Tabel 3.13 Wateraanvoer en leidingeigenschappen incl. Zeeuws-Vlaanderen voor variant 1

Nr.	Lengte veldstrekking [km]	Aanvoergebied	Wateraanvoer [m ³ /s]	Leidingdiameter [mm]
1a	11,9	alle	4,50	Ø2.000
5	3,0*	Zeeuws-Vlaanderen (geheel)	3,43	Ø1.800
6	17,7*	Zeeuws-Vlaanderen (west)	1,72**	Ø1.280

* Exclusief de lengtes van de boringen (zie volgende paragraaf).

** Voor het westelijk deel van Zeeuws-Vlaanderen wordt de helft van het debiet aangenomen, aangezien de oppervlaktes van het oostelijk en westelijk deel nagenoeg gelijk zijn.

Kruisingen kanalen

De aanvoerleidingen naar Zeeuws-Vlaanderen kruisen verschillende kanalen in het projectgebied, zie tabel 3.14. In dit overzicht is te zien dat de kruising onder de Westerschelde een lange boring betreft. Een gestuurde boring (HDD) met deze lengte en diameter is op technisch gebied zeer moeilijk te realiseren en wordt buiten beschouwing gelaten. In deze fase van het project gaan we ervan uit dat de gesloten front boring (GFT) onder de Westerschelde mogelijk is.

Voor de boring van de aanvoerleidingen wordt onder andere rekening gehouden met de restricties vanwege Natura 2000-gebieden en de richtlijnen voor HDD en gft-boringen.

Tabel 3.14 Te kruisen watergangen van de hoofdaanvoerleidingen naar Zeeuws-Vlaanderen

Nr.	Watergang	Breedte watergang	Type Boring
5	Westerschelde	4,0 km	GFT
6	kanaal Gent- Terneuzen	170 m	HDD

Natura 2000

Voor de boring onder de Westerschelde geldt dat de boring wordt aangelegd in een Natura 2000-gebied. De voorkeur qua aanlegmethodiek voor deze boringen gaat uit naar gft-boring aangezien het natuurgebied dan niet wordt verstoord. Er vinden geen graafwerkzaamheden plaats in het natuurgebied en er is ook geen sprake van vertroebeling van het oppervlaktewater (zoals bij het baggeren van een sleuf).

HDD

Voor het ontwerp van de horizontaal gestuurde boringen worden de richtlijnen zoals genoemd in de vorige paragraaf gebruikt.

Ontwerprichtlijnen GFT

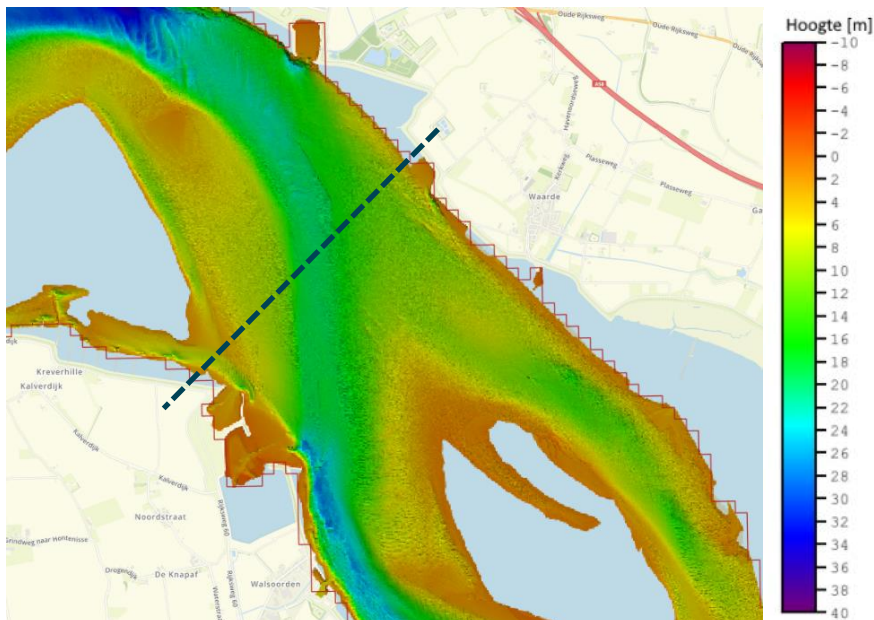
In de NEN-3651 [ref.4] en de richtlijn boortechniek [ref.5] worden de ontwerprichtlijnen voor een gesloten front boring (GFT) beschreven:

- vanuit een persput wordt de leiding onder het te kruisen waterstaatswerk geboord naar de ontvangstuip. De pers- en ontvangstuipen mogen te allen tijde geen negatieve invloed op het rijkswaterstaatswerk hebben (onder andere stabiliteit en vervorming);
- er kunnen tussenstations worden aangebracht indien de perscapaciteit of opneembare perskracht van de buis wordt overschreden ten gevolge van een te grote wrijvingsweerstand. Met behulp van deze

methodiek kan men over grote afstanden boren. We gaan ervan uit dat de te boren afstand mogelijk is met een gft-boring;

- conform de norm kan bij de kruising met een primaire waterkering de gft-methodiek toegepast worden indien geen andere uitvoeringswijze mogelijk is. De voorkeur gaat uit naar de DGB-methodiek (direct gestuurd boren) over de gehele boring. In een volgende fase dient uitgezocht te worden of deze methodiek ook mogelijk is voor deze lengte van het tracé met de gebruikte diameter. Voor nu wordt uitgegaan van de gft-methodiek;
- in de richtlijn wordt aangegeven dat de minimaal aan te houden gronddekking (voor leidingen ≥ 1.000 mm): 2 x de leidingdiameter is (exclusief verhardingslaag). Ter plaatse van waterwegen dient voor de gronddekking voor boringen (stalen leidingen of betonnen buizen met een plaatstalen kern) een minimale waarde van 3,0 m te worden aangehouden beneden de laagst verwachte bodem of een ankervalbeschouwing. In afbeelding 3.7 is een indicatie van de bathymetrie weergegeven van de Westerschelde ter plaatse van de gft-boring. In een volgende fase zou aan de hand van een morfologische studie bepaald dienen te worden in hoeverre de dieptes en ondieptes variëren in de tijd.

Afbeelding 3.7 Bathymetrie Westerschelde ter plaatse van gft-boring [<https://bathymetrie.rijkswaterstaat.nl/mapbender>]



Ontwerp

Voor de gft-boring is een relatief smal deel van de Westerschelde gekozen met een diepte van circa 20 m. Vergeleken met een gestuurde boring kan men eerder op diepte komen aangezien men boort vanuit de pers- en ontvangstuip. Voor het ontwerp van de gft-boring wordt daarom een marge van 100 m aan beide zijden van de watergang aangehouden in verband met voldoende afstand van de primaire waterkeringen. In tabel 3.15 staat de lengte van de boring met de diameters zoals bepaald in de voorgaande paragraaf.

Tabel 3.15 Overzicht GFT en HDD-boring hoofdaanvoerleidingen incl. Zeeuws-Vlaanderen voor variant 1

Nr.	Lengte boring	Leidingdiameter
5	4,2 km	Ø1.800 mm
6	500 m	Ø1.280 mm

Energiekosten

In tabel 3.16 zijn de jaarlijkse energiekosten bepaald voor variant 1 inclusief Zeeuws-Vlaanderen. Er wordt aangenomen dat de jaarlijkse energiekosten kunnen worden bepaald op basis van de waarden in 3.4. Hierbij zijn de energiekosten bepaald aan de hand van het verschil in debiet. Er wordt aangenomen dat de opvoerhoogte van pompstations C het gemiddelde is van station A en B. Het is te zien dat de jaarlijkse energiekosten toenemen met circa 60 %.

Tabel 3.16 Indicatie jaarlijkse energiekosten incl. Zeeuws-Vlaanderen

Eigenschappen	Waarden
totaal debiet pompstations	2,14 m ³ /s
energiekosten	EUR 137.500,--
totaal debiet pompstations incl. Z-V	5,57 m ³ /s
energiekosten incl. Z-V	EUR 358.000,--
toename jaarlijkse energiekosten	EUR 220.000,--

4

DISTRIBUTIESYSTEMEN

4.1 Algemeen

In dit hoofdstuk worden de twee mogelijke distributiesystemen beschreven, waarmee het aangevoerde water binnen Noord-Beveland en Walcheren verdeeld kunnen worden naar de landbouwpercelen.

Een eerste optie is om het water met een ringleidingsysteem te verdelen. Dit is een systeem waarbij het water met behulp van pompen door pijpleidingen wordt getransporteerd naar de percelen. Daar worden aftappunten gerealiseerd, waar agrariërs hun beregeningsinstallaties op kunnen aansluiten. De tweede optie is om het aangevoerde water te verdelen via de bestaande oppervlaktewatersystemen, die tot nog toe alleen zijn ingericht op afvoer van overtollig hemelwater en kwelwater.

4.2 Ringleidingsysteem (varianten 1 en 3)

Het ontwerp van de ringleiding op de eilanden voor de varianten 1 en 3 is enkel op hoofdlijnen beschouwd. Er wordt aangenomen dat voor beide varianten eenzelfde ringleiding van toepassing is aangezien voor de distributie op de eilanden dezelfde debieten per hectare gelden. Voor beide varianten geldt wel dat de aanvoerleiding verschillend is, deze aanvoerleiding is al in hoofdstuk 3 beschouwd en wordt in dit hoofdstuk verder buiten beschouwing gelaten.

4.2.1 Investeringskosten

In een eerder uitgevoerde studie voor zoetwateraanvoer naar Schouwen-Duiveland [ref. 2] heeft stichting de Puupe in overleg met de agrariërs een ringleiding laten ontwerpen voor het landbouwgebied van Schouwen-Duiveland (circa 14.000 ha). Voor dit ontwerp is rekening gehouden met:

- een gelijkmatig over het eiland verdeeld leidingsysteem, afgestemd op de haspellengte van beregeningsinstallaties, van circa 120 km bestaande uit HDPE-leidingen met verschillende diameters (Ø110 tot Ø1000 mm) waarvan circa 20 km gestuurde boringen;
- opvoergemalen verdeeld over het eiland om voldoende druk op het leidingsysteem te houden;
- circa 340 afnamepunten (inclusief appendages) verdeeld over het gehele eiland zodat alle boeren beregeningswater voor hun percelen kunnen onttrekken.

Witteveen+Bos heeft op basis van dit ontwerp een bedrijfseconomische kostenraming opgesteld. Hierbij is rekening gehouden met de investeringskosten en levensduurkosten van de bovenstaande onderdelen. Voor een indicatieve bepaling van de kosten voor ringleidingsystemen op Noord-Beveland en Walcheren is in deze studie als vertrekpunt gebruik gemaakt van deze kostenraming.

Er is daartoe aangenomen dat een ringleidingsysteem in het studiegebied een vergelijkbare ruimtelijke dichtheid zal hebben als op Schouwen-Duiveland. Dit betekent niet dat het een identiek systeem wordt maar dat de verhoudingen van het aantal leidingen, boringen, pompstations en afnamepunten over het landbouwgebied vergelijkbaar zullen zijn.

Er zijn ook verschillen tussen de systemen, die tot kostenverschillen per hectare leiden:

- de oppervlakte landbouwgrond op Noord-Beveland en Walcheren is circa 1,3 maal zo groot als op Schouwen-Duiveland. Dit betekent dat er meer lengte aan leidingen nodig is om overal in het gebied water naar toe te transporteren;
- de leidingdiameters kunnen kleiner uitgevoerd worden aangezien er minder water per hectare aangevoerd dient te worden op basis van de uitgangspunten in deze studie in vergelijking met de uitgangspunten voor Schouwen-Duiveland.

4.2.2 Jaarlijkse energiekosten

Voor het bepalen van de jaarlijkse energiekosten is gebruik gemaakt van de totale hoeveelheid water die verpompt dient te worden. Hierbij is aangenomen dat de opvoerhoogtes hetzelfde zijn als in de verkenning voor Schouwen-Duiveland.

Tabel 4.1 Bepaling jaarlijkse energiekosten ringleiding Noord-Beveland en Walcheren

	Variant 2
debiet	1,07 m ³ /s
periode	65 dagen
water aanvoer per jaar	6.000.000 m ³
jaarlijkse energiekosten	EUR 470.000,--

4.3 Oppervlaktewatersysteem (variant 2)

4.3.1 Watervraag bij distributie via open waterlopen

Voor de bepaling van het benodigde doorspoeldebiet van een open watersysteem is een water- en stoffenbalans van Noord-Beveland en Walcheren opgesteld op basis van beschikbare metingen over de periode januari 2010 - oktober 2020. Aan de hand van deze balans is een inschatting gemaakt van de te verwachten chlorideconcentratie bij de gemalen bij verschillende doorspoeldebieten een chlorideconcentratie van het aanvoerwater van 400 mg Cl/l. In onderstaande paragrafen worden achtereenvolgens de gebruikte gegevens, aannames, de aanpak, en resultaten gepresenteerd.

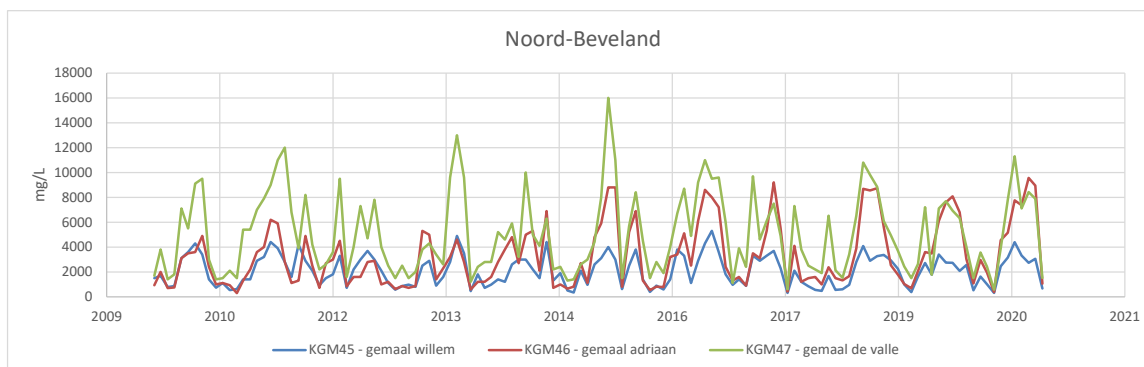
4.3.2 Gebruikte gegevens

Voor de water- en stoffenbalansen zijn de volgende aangeleverde gegevens gebruikt:

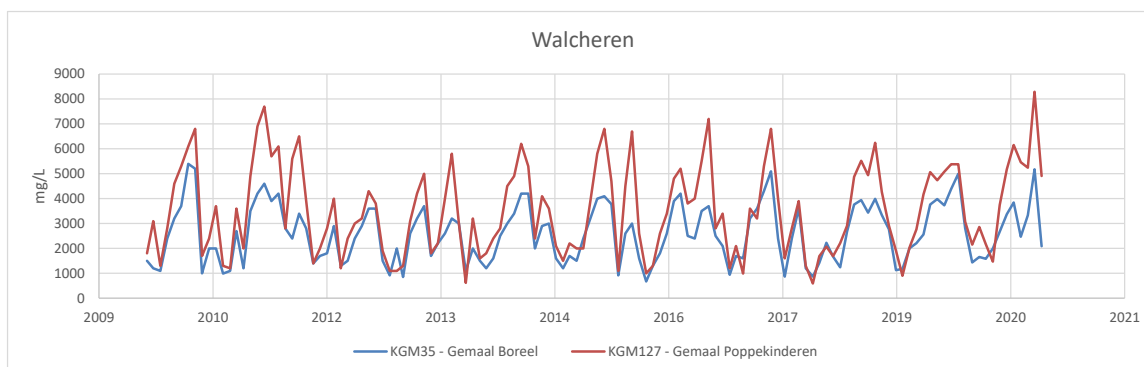
- maandelijkse chloridemetingen over de periode januari 2010 - oktober 2020 van de afvoergemalen. Er is aangenomen dat de aangeleverde waarden maandgemiddelde waarden zijn, of representatief voor de betreffende maand;
- maalstaten van de hierboven genoemde gemalen (maandvolumes).

Het verloop van de chlorideconcentraties van het oppervlaktewater bij de verschillende gemalen op Noord-Beveland en Walcheren is opgenomen in de onderstaande afbeeldingen.

Afbeelding 4.1 Chloridemetingen Noord-Beveland (het jaartal staat steeds bij 1 januari van het betreffende jaar)



Afbeelding 4.2 Chloridemetingen Walcheren (het jaartal staat steeds bij 1 januari van het betreffende jaar)



In afbeelding 4.1 en afbeelding 4.2 is te zien dat de chlorideconcentraties in de winter relatief laag zijn, en in de zomer relatief hoog. Dit is te verklaren door de verdunning van zout kwelwater met neerslagwater, als gevolg van het neerslagoverschot in de winter. In de zomer lopen de chlorideconcentraties in de watergangen hoger op, tot soms meer dan 10.000 mg Cl/l, omdat het neerslagoverschot dan omslaat in een neerslagtekort waardoor de zoute kwelaanvoer niet meer wordt verdund met regenwater.

Opgemerkt wordt dat een hoge chlorideconcentratie in de watergangen in de zomer niet wil zeggen dat de zoutvracht naar de watergangen ook hoger is dan in de winter. Want als de grondwaterstanden in de zomer door verdamping lager worden dan de peilen in de watergangen, treedt geen grondwaterafvoer en dus ook geen zoutvracht naar de watergangen meer op. In het najaar en de winter worden de grondwaterstanden gemiddeld weer hoger dan de oppervlaktewaterpeilen, en neemt de (zoute) grondwaterafvoer naar drains en waterlopen weer toe.

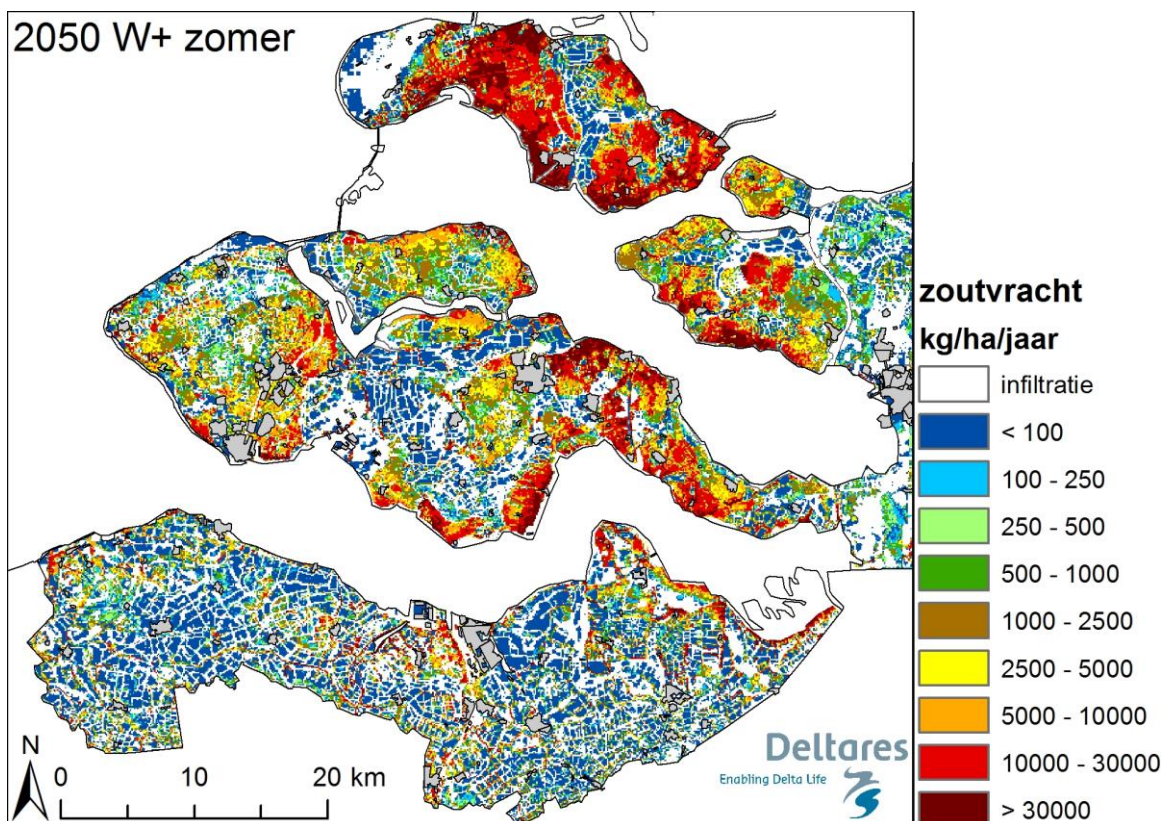
4.3.3 Aannames

De basisgegevens waren niet geheel compleet. Daarom zijn enkele aannames gedaan:

- er ontbraken chloridemetingen voor januari 2019 bij gemalen Adriaan en de Valle (Walcheren) en bij gemaal Poppekinderen (Walcheren). De missende waarden van chlorideconcentraties zijn lineair geïnterpoleerd;
- voor KGM 71 (gemaal Oranjeplaat) was geen debietreeks beschikbaar. Voor dit gemaal kon daarom geen huidige zoutvracht en doorspoeldebiet worden berekend. Het bemalingsgebied van gemaal Oranjeplaat is relatief klein en op basis van de zoutvrachtk kaart van Deltares, zie afbeelding 4.3, heeft het gebied relatief weinig zoute kwel, dus het effect op het berekende doorspoeldebiet van Walcheren is naar verwachting beperkt;

- voor de chlorideconcentratie van gemaal Jacoba (KGM170, Noord-Beveland) waren wel debietmetingen beschikbaar, maar geen chloridemetingen. Er is aan de hand van de zoutvrachtk kaart van Deltares (afbeelding 4.3) visueel ingeschat dat de chloridemetingen van KGM45 (gemaal Willem) representatief is voor gemaal Jacoba;
- hetzelfde is gedaan voor de chlorideconcentraties bij enkele gemalen op Walcheren:
 - KGM38 (gemaal Zuidwatering) gelijk aan KGM127 (gemaal Poppekinderen);
 - KGM39 (gemaal Aalvanger) gelijk aan KGM127 (gemaal Poppekinderen);
 - KGM40 (gemaal Kleverskerke) gelijk aan KGM127 (gemaal Poppekinderen)
 - KGM41 (gemaal Oostwatering) gelijk aan KGM35 (gemaal Boreel).

Afbeelding 4.3 zoutvracht door zoute kwel (Deltares, Ref. 12)



4.3.4 Methode bepalen gewenst aanvoerdebiet per gemaal

Met een water- en stoffenbalans is per gemaal de uitgaande zoutvracht (kg/s) in de huidige situatie bepaald door vermenigvuldiging van de gemeten chlorideconcentratie (kg/m³) met de gemeten gemaalafvoer (m³/s) van de afgelopen jaren. De chlorideconcentratie bij de gemalen is waar het water het zoutst is, omdat het water daar maximaal heeft kunnen opladen met zout, als gevolg van de zoute kwel naar de waterlopen.

Vervolgens is in de water- en stoffenbalans het doorspoelen met externe wateraanvoer gesimuleerd door in de zomerperiode een doorspoeldebiet met de chlorideconcentratie van de bron van het water (400 mg Cl/L, Spuikanaal bij Bathse Brug) aan de balans toe te voegen. Naast de zoutvracht door zoute kwel komt er hierdoor nog een inkomende zoutvracht op het oppervlaktewatersysteem, die bepaald wordt door de chlorideconcentratie van de bron van het aanvoerwater. Door de totale zoutvracht (vanuit zoute kwel en inkomend via het doorspoeldebiet) te delen door de som van de gemeten afvoer plus het doorspoeldebiet, wordt een nieuwe chlorideconcentratie bij het gemaal berekend.

Vervolgens is per gemaal bepaald wat het aanvoerdebiet dient te zijn om tot een gewenste zomerhalfjaargemiddelde chlorideconcentratie van 1200 mg Cl/L te komen bij de gemalen. Op basis hiervan

kan een gewenst aanvoerdebiet per eiland worden bepaald door de aanvoerdebieten van alle gemalen bij elkaar op te tellen.

4.3.5 Resultaat

De uit de analyse volgende doorspoeldebieten per gemaal zijn opgenomen in tabel 4.2 (Noord-Beveland) en tabel 4.3 (Walcheren).

Tabel 4.2 Berekende doorspoeldebieten (m³/s) per gemaal (Noord-Beveland) bij chlorideconcentratie aanvoerwater 400 mg/L (Schelde-Rijnkanaal) voor realisatie van zomerhalfjaargemiddelde chlorideconcentratie van 1200 mg Cl/L bij het gemaal

Gemaal ID	Naam	Doorspoeldebiet [m ³ /s]
KGM45	gemaal Willem	0,09
KGM46	gemaal Adriaan	0,06
KGM47	gemaal de Valle	0,34
KGM170	gemaal Jacoba	0,01
	totaal	0,50

Tabel 4.3 Berekende doorspoeldebieten (m³/s) per gemaal (Walcheren) bij chlorideconcentratie aanvoerwater 400 mg/L (Schelde-Rijnkanaal) voor realisatie van zomerhalfjaargemiddelde chlorideconcentratie van 1200 mg Cl/L bij het gemaal

Gemaal ID	Naam	Doorspoeldebiet [m ³ /s]
KGM35	gemaal Boreel	0,24
KGM38	gemaal Zuidwatering	1,59
KGM39	gemaal Aalvanger	0,01
KGM40	gemaal Kleverskerke	0,15
KGM41	gemaal Oostwatering	0,13
KGM127	gemaal Poppekinderen	0,37
	totaal	2,48

4.3.6 Van doorspoeldebiet naar ontwerpdebiet

Het doorspoeldebiet is op basis van balansen bepaald per gemaal. In deze balansen wordt echter nog geen rekening gehouden met de verliezen door open water verdamping vanuit de watergangen. Om tot een ontwerpdebiet per eiland te komen is de compensatie voor open water verdamping bij het doorspoeldebiet opgeteld. De redenatie hierbij is:

- het benodigd doorspoeldebiet is nodig om in het zomerhalfjaar de vereiste (voldoende lage) chloride concentraties in het oppervlaktewatersysteem te realiseren, zodat er vanuit het oppervlaktewatersysteem kan worden beregend. Met dit debiet wordt het zoute kwelwater weggespoeld en bij de gemalen uitgemalen;
- beregening vanuit het oppervlaktewatersysteem zorgt ook voor het verdwijnen van zout uit het oppervlaktewatersysteem. In perioden met veel beregening (plus doorspoeling) zullen de chlorideconcentraties in het oppervlaktewater dus niet stijgen. De beregeningsvraag hoeft dus niet te worden opgeteld bij de doorspoelbehoefte;
- open water verdamping (peilhandhaving) is een toekomstige watervraag, die er nu niet is en erbij komt als er wateraanvoer komt. Open water verdamping zorgt niet voor verdwijnen van zout, maar juist voor

verhoging van chlorideconcentraties door indamping. Deze watervraag moet dus worden opgeteld bij de doorspoelbehoefte.

De bepaling van het ontwerpdebiet is samengevat in onderstaande tabel.

Tabel 4.4 Bepaling ontwerpdebiet

Eiland	Benodigd doorspoel-debiet (m ³ /s)	Piekwater-vraag berekening in m ³ /s	Oppervlakte landbouw (ha)	Oppervlakte open water 2 % (ha)	Compensatie open water verdamping 3 mm/dag (m ³ /s)	Ontwerp-debiet (m ³ /s) wateraanvoer naar oppervlakte-watersysteem
Noord-Beveland	0,50	0,41	6.398	128	0,04	0,54
Walcheren	2,48	0,67	11.627	233	0,08	2,56
totaal						3,10

4.3.7 Debieten per leidingsegment en aftappunt

In variant 2 wordt uitgegaan van de distributie van het ontwerpdebiet via het oppervlaktewatersysteem. Op enkele strategische punten wordt water afgelaten uit de pijpleiding, waarna het water verder via het oppervlaktewatersysteem wordt verspreid. Het uitgangspunt is dat zoveel mogelijk onder vrij verval en van zoet naar zout wordt doorgespoeld. Dit is optimaal voor zowel kostenbeheersing (beperking aantal opvoergemalen) als voor de effectiviteit van het doorspoelen (en daarmee beheersing van de jaarlijkse energiekosten). De locaties van de aftappunten zijn hierop afgestemd, namelijk gelegen in de peilgebieden met de hoogste peilen in de landbouwgebieden.

In onderstaande afbeelding wordt een clustering van peilvakken weergegeven die op basis van deze hoog-over verkenning kan worden bediend vanuit de verschillende aftappunten. Hierbij dient te worden opgemerkt dat de bestaande watersystemen wel zullen moeten worden aangepast. Zo zullen voor de water aan- en doorvoer watergangen moeten worden opgewaardeerd en duikers, afsluiters en opvoergemalen moeten worden geplaatst. Voor de investeringskosten en jaarlijkse kosten van het aangepaste oppervlaktewatersysteem is uitgegaan van hectareprijzen, die zijn afgeleid van een recente kostenraming van een vergelijkbaar oppervlaktewatersysteem voor Schouwen-Duiveland (Ref. 13).

Daarbij is rekening gehouden met lagere doorspoeldebieten, en daardoor lagere kosten per hectare landbouwgebied, dan voor Schouwen-Duiveland, omdat Noord-Beveland en Walcheren een lagere zoutvracht door kwel kennen (zie afbeelding 4.3). Een verdere detailuitwerking van de oppervlaktewatersystemen van Noord-Beveland en Walcheren behoorde niet tot de scope van onderliggende verkenning.

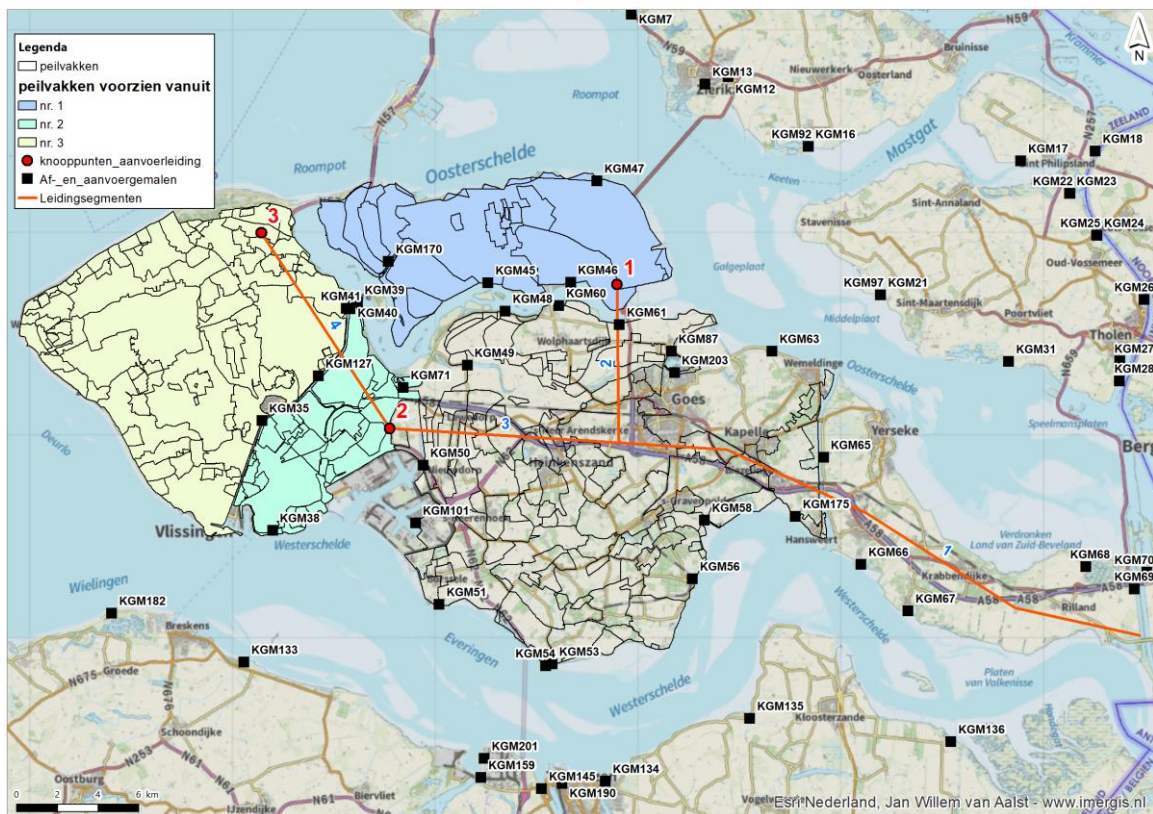
De volgende gebieden worden onderscheiden per aftappunt:

- aftappunt 1: Noord-Beveland;
- aftappunt 2: Walcheren, ten oosten van kanaal door Walcheren;
- aftappunt 3: Walcheren, ten oosten van kanaal door Walcheren.

Tabel 4.5 Doorspoeldebieten per aftappunt

Aftappunt	Peilgebied	Debiet (m ³ /s)
nr. 1	GPG387	0,54
nr. 2	GPG1460	0,90
nr. 3	GPG379	1,69

Afbeelding 4.4 Verdeling toevoergebieden per aftappunt

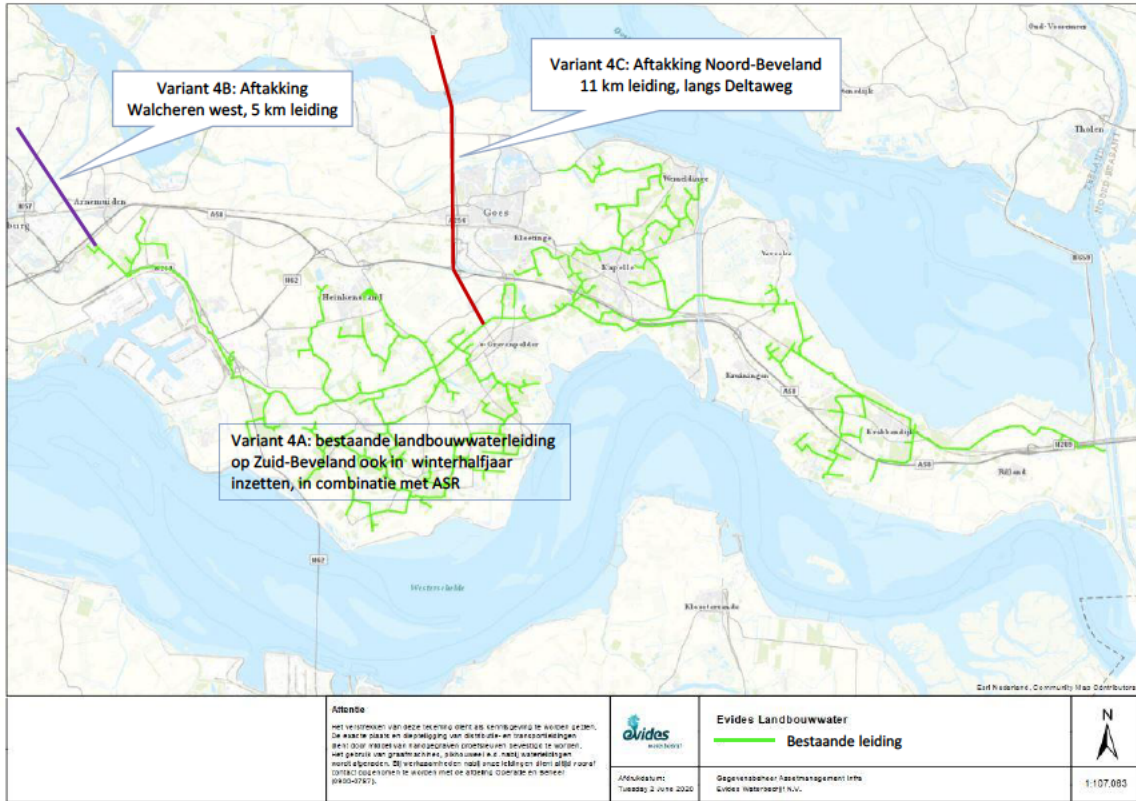


4.4 Ondergrondse wateropslag (varianten 3, 4A, 4B en 4C)

De mogelijkheden voor ondergrondse wateropslag zijn per variant onderzocht door KWR, de resultaten zijn beschreven in bijlage II. Hiernaar wordt kortheidshalve verwezen.

Varianten 4A, 4B en 4C, zie afbeelding 4.5, gaan uit van uitbreiding van het gebruik van de bestaande landbouwwaterleiding naar Zuid-Beveland. Door deze leiding ook in het winterhalfjaar te benutten en daarmee ondergrondse zoetwatervoorraden in ASR-systemen op te bouwen, die in het daaropvolgende zomerhalfjaar kunnen worden gebruikt voor beregning van landbouwgewassen.

Afbeelding 4.5 Varianten 4A, 4B en 4C



5

MULTI CRITERIA ANALYSE

In dit hoofdstuk worden de verschillende varianten met elkaar vergeleken op basis van verschillende criteria.

5.1 Analyse

In tabel 5.1 zijn de resultaten van de multi criteria analyse beschreven. Na de tabel is een toelichting op de beoordeling van de kwalitatieve criteria gegeven. Opgemerkt wordt dat bewust geen wegingsfactoren aan de criteria zijn toegekend, omdat dat een afweging subjectief en moeilijk navolgbaar maakt. De afweging zal uiteindelijk door organisaties en bestuurders moeten worden gemaakt, op basis van de informatie over de criteria.

Tabel 5.1 Resultaten Multi Criteria Analyse

	Variant 1 ringleiding	Variant 2 waterlopen	Variant 3 ringleiding plus ondergrondse opslag	Variant 4A bestaande landbouwleiding plus ondergrondse opslag	Variant 4B bestaande landbouwleiding plus ondergrondse opslag	Variant 4C bestaande landbouwleiding plus ondergrondse opslag
gebied dat van zoet water wordt voorzien	Noord-Beveland en Walcheren	Noord-Beveland en Walcheren	Noord-Beveland en Walcheren	landbouw Zuid-Beveland zonder bestaande aanvoer	landbouw Walcheren zonder bestaande aanvoer	landbouw Noord-Beveland zonder bestaande aanvoer
oppervlakte landbouwgebied	18.000 ha	18.000 ha	18.000 ha	6.500 ha	2.100 ha	6.300 ha
te leveren beregeningswater in een droog jaar	6.000.000 m ³	6.000.000 m ³	6.000.000 m ³	2.200.000 m ³	700.000 m ³	2.100.000 m ³
piekdebiet hoofdaanvoerleiding	1,07 m ³ /s	3,12 m ³ /s	0,46 m ³ /s	0,2 m ³ /s	0,065 m ³ /s	0,195 m ³ /s
externe aanvoer in een droog jaar	6.000.000 m ³ in zomerhalfjaar (65 d piekdebiet)	24.300.000 m ³ in zomerhalfjaar (90 d piekdebiet)	8.400.000 m ³ in winterhalfjaar (7 mnd. piekdebiet)	3.100.000 m ³ in winterhalfjaar (6 mnd. piekdebiet)	1.000.000 m ³ in winterhalfjaar (6 mnd. piekdebiet)	3.000.000 m ³ in winterhalfjaar (6 mnd. piekdebiet)
lengte nieuwe hoofdaanvoerleiding	52,7 km	58,2 km	52,7 km	0 km (bestaande leiding)	5 km	11 km
begindiameter hoofdaanvoerleiding	1.100 mm	1.600 mm	900 mm	bestaand	315 mm	500 mm
chloridehalte bij de bron	400 mg/l	400 mg/l	400 mg/l	100 mg/l	100 mg/l	100 mg/l
geschat gemiddeld chloridegehalte bij beregening	400 mg/l	400 -1.200 mg/l	400 mg/l	100 mg/l	100 mg/l	100 mg/l
investeringskosten hoofdaanvoerleiding	€€€€	€€€€€€	€€€	bestaande leiding	€	€
jaarlijkse kosten hoofdaanvoerleiding*	€€	€€€€	€€	€€€	€	€€€
investeringskosten distributiesysteem	€€€€	€€	€€€€	€€€	€	€€€

	Variant 1 ringleiding	Variant 2 waterlopen	Variant 3 ringleiding plus ondergrondse opslag	Variant 4A bestaande landbouwleiding plus ondergrondse opslag	Variant 4B bestaande landbouwleiding plus ondergrondse opslag	Variant 4C bestaande landbouwleiding plus ondergrondse opslag
gebied dat van zoet water wordt voorzien	Noord-Beveland en Walcheren	Noord-Beveland en Walcheren	Noord-Beveland en Walcheren	landbouw Zuid-Beveland zonder bestaande aanvoer	landbouw Walcheren zonder bestaande aanvoer	landbouw Noord-Beveland zonder bestaande aanvoer
jaarlijkse kosten distributiesysteem*	€€€€€	€€€€	€€€€€€	€€€	€€	€€€
investeringskosten ASR-systemen	-	-	€€	€	€	€
jaarlijkse kosten ASR-systemen*	-	-	€€€	€€	€	€€
investeringskosten totaal	€€€€€€€	€€€€€€€	€€€€€€€	€€€	€€	€€€
Jaarlijkse kosten totaal*	€€€€€€	€€€€€€€	€€€€€€€€	€€€€€€	€€€	€€€€€€
kwaliteit als beregeningswater	+	o	+	++	++	++
effect op oppervlaktewater-kwaliteit	o	o/-	o	o	o	o
toekomstvastheid van de bron	o	o	o	++	++	++
inschatting uitvoeringstermijn aanvoerleiding	+ / ++	+	+ / ++	n.v.t.	++	++
inschatting uitvoeringstermijn distributiesysteem	+	o	+	+	+	+
inschatting uitvoeringstermijn ASR-wateropslag	n.v.t.	n.v.t.	o/+	o/+	o/+	o/+

* jaarlijkse kosten in een droog jaar. In een normaal of nat jaar is minder beregeningswater nodig en zullen deze kosten lager zijn.

5.2 Criteria

5.2.1 Kosten

De wijze waarop de kosten zijn ingeschat is beschreven in paragraaf 2.12 en 2.13.

Investeringskosten

Op basis van de globale kosteninschatting in deze verkenningsfase zijn de investeringskosten per variant weergegeven met een aantal eurotekens. Hoe groter het aantal eurotekens, hoe hoger de prijs. De betekenis voor de investeringskosten is als volgt:

€	= 2 tot 10 miljoen EUR
€€	= 10 miljoen à 30 miljoen EUR
€€€	= 20 miljoen à 60 miljoen EUR
€€€€	= 30 miljoen à 90 miljoen EUR
€€€€€	= 40 miljoen à 120 miljoen EUR
€€€€€€	= 50 miljoen à 150 miljoen EUR
€€€€€€€	= 60 miljoen à 180 miljoen EUR

Jaarlijkse kosten in een droog jaar

De jaarlijkse kosten in een droog jaar bestaan uit energiekosten plus onderhoudskosten. De betekenis van het aantal eurotekens is als volgt:

€	= 50.000 à 200.000 EUR
€€	= 200.000 à 600.000 EUR
€€€	= 400.000 à 1.200.000 EUR
€€€€	= 600.000 à 1.800.000 EUR
€€€€€	= 800.000 à 2.400.000 EUR
€€€€€€	= 1.000.000 à 3.000.000 EUR
€€€€€€€	= 1.200.000 à 3.600.000 EUR
€€€€€€€€	= 1.400.000 à 4.200.000 EUR
€€€€€€€€€	= 1.600.000 à 4.800.000 EUR

In een normaal of nat jaar zullen deze jaarlijkse kosten lager zijn.

5.2.2 Toelichting beoordeling kwalitatieve criteria

Voor de criteria die kwalitatief zijn beoordeeld is (afhankelijk van het criterium) de volgende waardering voor de plussen en minnen gehanteerd:

Tabel 5.2 Beoordeling kwalitatieve criteria

Beoordeling	Waardering
--	slechte waterkwaliteit/onzekere bron voor de toekomst/circa 10 jaar of meer uitvoeringstermijn verwacht
-	matig tot slechte waterkwaliteit/onzeker voor de toekomst/circa 5 tot 10 jaar uitvoeringstermijn verwacht
o	matige waterkwaliteit/matig zeker voor de toekomst/circa 3 tot 7 jaar uitvoeringstermijn verwacht
+	goede waterkwaliteit/redelijk zeker voor de toekomst/circa 3 tot 5 jaar uitvoeringstermijn verwacht
++	zeer goede waterkwaliteit/toekomstzeker/binnen 2 à 3 jaar uitvoerbaar

Nadere toelichting kwalitatief beoordeelde kwalitatieve criteria

Kwaliteit als beregeningswater

Voor beregeningswater is in beginsel een zo laag mogelijke chlorideconcentratie gewenst, omdat te hoge chlorideconcentraties (en daarmee samenhangende hoge natriumconcentraties) tot schade aan gewassen kunnen leiden. Bij chlorideconcentraties lager dan 150 mg/l (drinkwaternorm) kunnen in beginsel alle gewassen worden beregend. Bij hogere chlorideconcentraties kunnen steeds minder (zoutgevoelige) gewassen worden beregend. In [ref.11] wordt ingegaan op de zouttolerantie van teelten. Hieruit is tabel 5.3 ontleend.

Tabel 5.3 Zoutgevoeligheidsklassen van typen gewassen. Geldig voor beregeningswater als een indikingsfactor twee tussen het beregeningswater en de wortelzone wordt gebruikt

Zoutgevoeligheidsklasse	Zoutschadedrempel (mg Cl-/l)	Zoutschadegevoeligheid (% opbrengstdaling per toename van 100 mg Cl-/l)
gevoelig	300	8
matig gevoelig	600	4
matig tolerant	1.200	2
tolerant	2.400	1

(Bron: Bakel en Stuyt, 2011)

Voor de beoordeling is een verwachte gemiddelde chlorideconcentratie van het beregeningswater lager dan 300 mg Cl/l als '++' beoordeeld. Van 300 tot 600 mg Cl/l is als '+' beoordeeld. Van 600 tot 900 mg Cl/l is beoordeeld als 'o'. Van 900 tot 1200 mg Cl/l is beoordeeld als '-' en hoger dan 1200 mg Cl/l als '--'.

Bij distributie via de ringleiding (de a-varianten) is de chlorideconcentratie van het bronwater gelijk aan de chlorideconcentratie van het beregeningswater. Bij distributie via het oppervlaktewatersysteem vindt onderweg oplading met zout plaats door zoute kwel naar de watergangen. Ondanks doorspoelen zijn hierdoor de te verwachten chlorideconcentraties van het beregeningswater (bij dezelfde bron van het water) hoger dan bij distributie via een ringleiding.

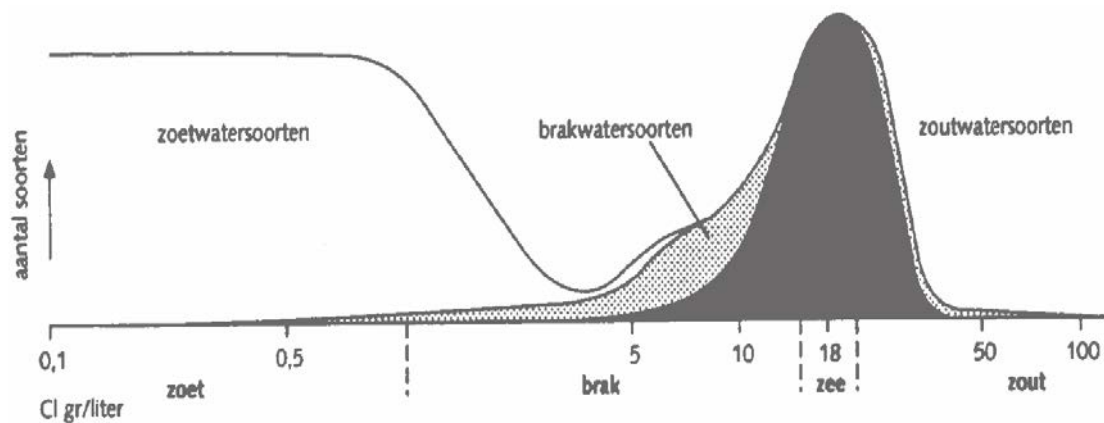
Effect op oppervlaktewaterkwaliteit

Dit effect is alleen van toepassing bij variant 2, omdat daarin de distributie van het aanvoerwater via het oppervlaktewatersysteem plaats vindt. In de andere drie varianten wordt in droge perioden beregend vanuit buisleidingen. Dit beregeningswater komt in het algemeen niet verder dan de wortelzone, en heeft praktisch geen invloed op de oppervlaktewaterkwaliteit. Deze varianten zijn daarom beoordeeld met een 'o', die een neutraal effect weergeeft.

In de huidige situatie is er geen zoetwateraanvoer naar Noord-Beveland en Walcheren, en is er onder invloed van zoute kwel en zoete neerslag sprake van brakke oppervlaktewaterlichamen. Voor deze oppervlaktewateren gelden waterkwaliteitsdoelstellingen vanuit de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW), type M31 (kleine brakke tot zoute watertypen). Voor chloride geldt voor deze wateren als doelstelling dat de zomergemiddelde chlorideconcentratie groter of gelijk moet zijn aan 3.000 mg Cl/l.

Voor de biologie van deze watertypen is het zoutgehalte de overheersende factor, die bepalend is voor de vrij soortenarme samenstelling van de levensgemeenschappen in dit watertype. Door de seizoenen heen kan het zoutgehalte sterk wisselen. Deze intermediaire positie leidt tot een verarmde gemeenschap, eenvoudig omdat maar een beperkte groep van soorten aangepast is aan deze omstandigheden, zie afbeelding 5.1. De voedselrijkdom, die ook meestal vrij hoog is in brakke wateren, is minder belangrijk voor de soortensamenstelling.

Afbeelding 5.1 De kromme van Remane geeft het verband aan tussen het zoutgehalte (in g Cl-/l) en soortenrijkdom op basis van soorten uit de Oostzee (Wolff, 1989)



Indien er in de toekomst 's zomers zoetwater zou worden aangevoerd naar de oppervlaktewatersystemen op Noord-Beveland en Walcheren, zal dat 's zomers leiden tot lagere chloride concentraties in het oppervlaktewater, en nog grotere fluctuaties in chlorideconcentraties gedurende het jaar. Naar verwachting zal dit een negatief effect hebben op de ecologische waterkwaliteit. In ieder geval zal hierdoor minder goed voldaan worden aan de huidige doelstelling van ≥ 3.000 mg Cl/(3 g Cl/l) voor KRW type M31. Verschuiving naar een zoet KRW type lijkt niet realistisch, omdat de chlorideconcentraties door zoute kwel weer zullen oplopen zodra de wateraanvoer stopt (in het winterhalfjaar).

In verband met deze effecten is het effect op de oppervlaktewaterkwaliteit bij variant 2 licht negatief gescoord (o/-). Het verzoetende effect is niet heel sterk, omdat het aanvoerwater vanaf locatie Bathse Brug al een chlorideconcentratie van 400 mg Cl/l heeft, en daarmee al licht brak is.

Toekomstvastheid van de bron

De afgelopen decennia zijn er plannen en discussies geweest over het weer zout maken van het Volkerak-Zoommeer. Dit is momenteel weer van de baan, waardoor de onttrekkingslocatie bij de Bathse Brug redelijk toekomstzeker lijkt. Maar het is niet uit te sluiten dat de discussie over een zout Volkerak-Zoommeer over 20 of 30 jaar toch weer terugkomt. Verder speelt een rol dat incidenteel in extreme droogte situaties met zeer lage rivierafvoeren de inlaat van zoet water uit het Hollands Diep bij de Volkeraksluizen moet worden beperkt vanwege de landelijke verdringingsreeks bij watertekort. In dergelijke situaties kunnen de chloride concentraties in het Volkerak-Zoommeer tijdelijk hoger worden.

De bestaande landbouwwaterleiding naar Zuid-Beveland onttrekt water uit de Biesboschbekkens (Maaswater). Volgens beheerder Evides is deze bron zeer toekomst vast, ook bij de verwachte klimaatontwikkeling. En voor variant 4 is van belang dat het extra aanvoerwater niet in de zomer hoeft te worden geleverd, maar in het natte winterseizoen, waarin de leiding thans praktisch niet wordt gebruikt. In de winter is daarnaast in het algemeen meer zoet water beschikbaar dan in de zomer, omdat het aanbod uit de rivieren hoger is, en de watervraag kleiner (geen beregening landbouwgronden of tuinen).

Uitvoeringstermijn

Uitgangspunt is dat elke variant in beginsel technisch uitvoerbaar is. Maar naarmate de uitvoering complexer wordt neemt wel de verwachte uitvoeringstermijn toe. Aspecten die hierbij een rol spelen zijn de benodigde tijd voor het verkrijgen van vergunningen, grondverwerving en verdere engineering.

De aanleg van de ringleiding als distributiesysteem lijkt bijvoorbeeld binnen 3 à 5 jaar uitvoerbaar, omdat er geen grond hoeft te worden aangekocht. Wel dient er nog overeenstemming met de agrariërs te worden bereikt om de ringleiding onder hun percelen aan te laten leggen, waarbij ook de kosten van het aanvoerwater per agrariër een rol zullen spelen. Voor distributie via het oppervlaktewatersysteem is grondaankoop nodig voor verruiming van watergangen, wat tot vertraging kan leiden. Daarom wordt

daarvoor ingeschat dat de uitvoeringstermijn 5 tot 10 jaar kan duren. Bij de hoofdaanvoerleiding is van belang dat de lengte van de leiding aanzienlijk is, ruim 50 km, waardoor 3 tot 5 jaar als benodigd worden verwacht voor vergunningaanvragen (o.a. kruisen primaire waterkering), grondaankoop, vestiging van zakelijke rechten en aanleg. Daarnaast vraagt een pijpleiding van 3 m³/s meer ruimte, engineering en realisatietijd dan een pijpleiding van 0,5 m³/s, waardoor laatstgenoemde iets sneller zal kunnen worden gerealiseerd. Voor de realisatie van een ASR-opslagsysteem is per locatie geohydrologisch onderzoek nodig, waardoor de uitvoeringstermijn langer wordt.

Conclusies

Uit de multi criteria tabel komt het volgende naar voren:

- varianten 1, 2 en 3 leveren elk per jaar 6 miljoen m³ beregeningswater voor de landbouw op Noord-Beveland en Walcheren, via een geheel nieuw wateraanvoersysteem. Deze varianten kunnen onderling worden vergeleken;
 - varianten 4A, 4B en 4C leveren per jaar respectievelijk 2,2 en 0,7 en 2,1 miljoen m³ beregeningswater voor de landbouw op respectievelijk Zuid-Beveland, Walcheren en Noord-Beveland via de bestaande landbouwwaterleiding, distributie via een ringleidingsysteem en ondergrondse wateropslag in ASR-systemen. Deze varianten zijn niet rechtstreeks vergelijkbaar met varianten 1, 2 en 3;
 - voor variant 2 (oppervlaktewatersysteem) is de grootste hoeveelheid wateraanvoer nodig. Hierdoor zijn zowel de investeringskosten als de jaarlijkse kosten van de hoofdaanvoerleiding van deze variant het hoogst. Voor variant 1 en 3 zijn echter de investeringskosten voor de ringleidingsystemen en ASR-systemen hoger dan de kosten van aanpassing van het oppervlaktewatersysteem. In totaal zijn de investeringskosten van varianten 1, 2 en 3 daardoor uiteindelijk ongeveer even hoog;
 - de totale jaarlijkse kosten per m³ beregeningswater zijn het laagst voor variant 1. Daarna is variant 2 het goedkoopst en daarna variant 3. Variant 3 is duurder dan variant 2 omdat daarvoor zowel jaarlijkse kosten van hoofdaanvoerleiding, ringleidingsysteem en ASR-systemen bij elkaar opgeteld moeten worden. Ditzelfde effect treedt op bij varianten 4A, 4B en 4C. Maar omdat daarbij ook de kosten voor gebruik van de bestaande landbouwwaterleiding van EUR 0,30 per m³ in de winter, moeten worden opgeteld hebben varianten 4A, 4B en 4C de hoogste kosten per m³ beregeningswater;
 - de gemiddelde chlorideconcentratie van het beregeningswater is bij variant 2 ongeveer 800 mg Cl/l, en bij variant 1 en 3 ongeveer 400 mg Cl/l. Variant 1 en 3 leveren daardoor een hogere meerwaarde voor de landbouw (minder opbrengstderiving door zoutschade). Varianten 4A, 4B en 4C leveren een nog gunstiger kwaliteit beregeningswater, met een chlorideconcentratie van 100 mg Cl/l;
 - variant 2 heeft een licht negatief effect op de waterkwaliteit van het oppervlaktewatersysteem;
 - het bepalen van een voorkeur tussen variant 1, 2, 3 en 4 is afhankelijk van welke aspecten in de besluitvorming het zwaarst wegen. De aspecten jaarlijkse kosten of kwaliteit van het beregeningswater lijken daarbij het meest zwaarwegend, maar ook de uitvoeringstermijn kan een rol spelen. Omdat variant 3 op de jaarlijkse kosten ongunstiger scoort dan variant 1 zou de voorkeurskeuze naar verwachting tussen variant 1 en 2 gaan;
 - varianten 4A, 4B en 4C hebben de volgende voordelen:
 - er zijn al een bestaande hoofdaanvoerleiding met enkele aftakkingen aanwezig, hiervoor zijn geen nieuwe investeringskosten meer nodig;
 - het water vanuit de Biesbosch heeft een gunstig (laag) chloridegehalte van 100 mg Cl/l;
- Deze varianten hebben echter ook nadelen:
- Omdat het gebruik van de bestaande landbouwwaterleiding in de zomer al volledig vergund is, is uitbreiding van het gebruik alleen in het winterhalfjaar mogelijk. Dit betekent dat ondergrondse opslag (ASR-systemen) noodzakelijk zijn om het water vervolgens in de zomer te kunnen gebruiken voor beregening in de landbouw. Daarbij dient ook een distributiesysteem (ringleidingsysteem) te worden aangelegd, om in de winter de ASR-systemen te kunnen vullen, en in de zomer vanuit de ASR-systemen het water naar de landbouwpercelen te transporteren.

6

RISICO'S VARIANTEN

6.1 Risico's

In het vorige hoofdstuk zijn de varianten met elkaar vergeleken op basis van verschillende criteria. In dit hoofdstuk worden risico's van de varianten die in deze fase van de verkenning zijn geïdentificeerd beschouwd. Deze risico's kunnen leiden tot extra werkzaamheden, hogere kosten en een langere realisatietijd.

Tabel 6.1 In deze verkenning geïdentificeerde risico's voor realisatie van de wateraanvoer

Variant	Risico
hoofdaanvoerleiding	<p>het aanleggen van een pompstation/zuigleiding door de primaire waterkering.</p> <p>de afstemming met de perceeleigenaren. Mogelijk wil niet iedereen meewerken.</p> <p>de kruisingen met kabels, leidingen (hogedruk gasleidingen), doorgaande wegen en watergangen.</p> <p>het aanleggen van pijpleidingen in de berm van de doorgaande weg (mogelijk onvoldoende ruimte).</p> <p>morfologische ontwikkelingen nabij boringen onder watergangen waardoor er dieper geboord dient te worden.</p> <p>het uitvoeren van een eventuele gft-boring onder de Westerschelde. De lengte en diepte van een dergelijke boring is een technisch risico wat wellicht tot hogere kosten zal leiden. Daarnaast wordt er onder Natura 2000-gebied geboord.</p>
ringleiding (1)	<p>de afstemming met de perceeleigenaren over het aanleggen van leidingen in/onder hun percelen.</p> <p>de kruisingen van aan te leggen leidingen met kabels, leidingen (hogedruk gasleidingen), doorgaande wegen en watergangen.</p>
open watersysteem (2)	<p>voor het opwaarderen van watergangen en het plaatsen van nieuwe doorvoergemalen zal grondaankoop nodig zijn. Hiervoor is medewerking van de betreffende grondeigenaren vereist.</p>

7

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

7.1 Conclusies

Uit deze verkenning en de multi-criteria analyse kunnen de volgende conclusies worden getrokken.

Bron aanvoerwater

Voor de bron van het aanvoerwater voor een eventuele nieuwe hoofdaanvoerleiding (varianten 1, 2 en 3) is uitgegaan van onttrekking vanuit het Volkerak-Zoommeer, vanuit het Spuikanaal nabij de Bathse brug. Qua beschikbaarheid van water en kosten is dit de meest gunstige locatie. De chlorideconcentratie bedraagt hier circa 400 mg Cl/l.

In het waterakkoord voor het Volkerak-Zoommeer is afgesproken dat de chlorideconcentratie in het Volkerak-Zoommeer (ook in het Spuikanaal bij Bath) van 15 maart tot en met 15 september niet hoger mag worden dan 450 mg Cl/l. Indien nodig wordt er daartoe tot 40 m³/s zoet water vanuit het Hollands Diep ingelaten bij de Volkeraksluizen. In het huidige beheer gebeurt dit vanaf half januari. Om een chlorideconcentratie van 400 mg Cl/l ook te kunnen garanderen bij eventuele wateropslag in de winter, zou er door Rijkswaterstaat ook in de periode van 15 september tot 15 januari moeten worden doorgespoeld. Dit gebeurt thans nog niet. Het doorspoelen gebeurt onder vrij verval, er zijn daardoor geen energiekosten mee gemoeid.

Om chlorideconcentraties van circa 300 mg Cl/l te realiseren zou op een veel noordelijker locatie (bij Nieuw-Vossemeer) water uit het Schelde-Rijnkanaal water moeten worden onttrokken, met waarschijnlijk een boring onder de Oosterschelde door, wat zou zorgen voor aanzienlijk hogere kosten voor de aanvoerleiding.

Voor de varianten 4A, 4B en 4C is uitgegaan van gebruik van de bestaande landbouwwaterleiding. Dit water komt uit de Biesbosch bekkens, en heeft een betere waterkwaliteit (100 mg Cl/l) voor berekening dan het water uit het Volkerak-Zoommeer.

Zeeuws-Vlaanderen

De aanleg van een aanvoerleiding vanuit het Volkerak-Zoommeer naar Zeeuws-Vlaanderen wordt niet als haalbaar of gewenst wordt beschouwd, vanwege de volgende redenen:

- een groot deel van Zeeuws-Vlaanderen is relatief hoog gelegen en heeft daardoor van nature zoetwaterbellen in het ondiepe grondwater, die worden gevoed door het jaarlijkse neerslagoverschot. Deze natuurlijke zoetwaterreserves kunnen al door de landbouw worden gebruikt in droge perioden. Aanvoer van water uit het Volkerak-Zoommeer met een concentratie van 400 mg Cl/l zou naar verwachting tot een ongewenste verbrakking in deze gebieden leiden;
- het areaal kapitaalintensieve gewassen is beperkt, waardoor de kosten van externe wateraanvoer niet snel terug kunnen worden verdiend. Hierdoor is er weinig tot geen interesse voor externe wateraanvoer vanuit dit gebied, en weinig bereidheid daarvoor te betalen;
- er zijn al mogelijkheden voor ondergrondse of bovengrondse berging van water uit de beken uit Vlaanderen (in de winter), waarvoor veel lagere transportkosten nodig zijn dan voor externe wateraanvoer;
- hoge kosten van externe wateraanvoer via nieuwe leidingen naar Zeeuws-Vlaanderen, waarbij een (dure) boring onder de Westerschelde nodig zou zijn.

Zuid-Beveland

De aanleg van een nieuwe aanvoerleiding vanuit het Volkerak-Zoommeer naar Zuid-Beveland wordt niet als haalbaar of gewenst wordt beschouwd, vanwege de volgende redenen:

- een groot deel van Zuid-Beveland is relatief hoog gelegen en heeft daardoor van nature grote zoetwaterbellen in het ondiepe grondwater, die worden gevoed door het jaarlijkse neerslagoverschot. Deze natuurlijke zoetwatervoorraden worden nu al deels gebruikt door de landbouw in droge perioden, dit gebruik kan worden uitgebreid. Aanvoer van water uit het Volkerak-Zoommeer met een concentratie van 400 mg Cl/l zou naar verwachting tot een ongewenste verbraking in deze gebieden leiden;
- er is al een bestaande landbouwwaterleiding vanuit de Biesbosch bekkens naar Zuid-Beveland, die thans in de zomer vooral de fruitteeltpercelen van zoet water voorziet. Echter, deze bestaande leiding kan ook in de winter worden gebruikt om water aan te voeren, dat dan ondergronds of bovengronds kan worden opgeslagen, en vervolgens gebruikt voor beregening van akkerbouw percelen in de zomer. De inschatting is dat op deze manier voldoende zoet water van goede kwaliteit (100 mg Cl/l) kan worden geleverd om (in aanvulling op de natuurlijke zoete grondwatervoorraden) geheel Zuid-Beveland van zoet water te voorzien.

Ondergrondse opslag

Voor opslag van zoet water is in deze verkenning uitgegaan van ondergrondse opslag. Dit omdat ondergrondse opslag in het algemeen goedkoper is dan bovengrondse opslag (bassins), en omdat het bovengrondse ruimtebeslag veel kleiner is dan bij bovengrondse opslag. Uit de verschillende ondergrondse opslagmethoden komt in deze verkenning ASR (Aquifer Storage and Recharge) als meest logische methode van opslag naar voren, omdat deze methode eenvoudig schaalbaar is, en beperkte invloed op de directe omgeving heeft.

Varianten

De volgende varianten zijn in deze verkenning onderzocht:

- **variant 1:** wateraanvoer naar Noord-Beveland en Walcheren middels een nieuwe aanvoerleiding vanaf Bathse Brug. Het water wordt vervolgens voor beregening naar agrarische percelen gedistribueerd via een ringleidingsysteem;
- **variant 2:** wateraanvoer naar Noord-Beveland en Walcheren middels een nieuwe aanvoerleiding vanaf Bathse Brug. Het water wordt vervolgens voor beregening naar agrarische percelen gedistribueerd via de bestaande oppervlaktewatersystemen, die daartoe moeten worden aangepast. Voor deze variant dient meer water te worden aangevoerd dan voor variant 1, omdat er naast beregeningswater ook water nodig is voor het doorspoelen van het oppervlaktewatersysteem (zoute kwel) en ter compensatie van verdamping vanuit de waterlopen;
- **variant 3:** wateraanvoer naar Noord-Beveland en Walcheren in het winterhalfjaar middels een nieuwe aanvoerleiding vanaf Bathse Brug. Het water wordt vervolgens via een ringleidingsysteem getransporteerd naar nieuwe ASR-systemen voor ondergrondse opslag. In de zomer wordt het water vanuit de ASR-systemen via hetzelfde ringleidingsysteem naar de agrarische percelen gedistribueerd voor beregening;
- **variant 4A:** wateraanvoer naar Zuid-Beveland in het winterhalfjaar middels de bestaande landbouwwaterleiding (Biesboschwater) naar Zuid-Beveland. Het water wordt vervolgens via een nieuw distributiesysteem getransporteerd naar nieuwe ASR-systemen voor ondergrondse opslag. In de zomer wordt het water vanuit de ASR-systemen via hetzelfde distributiesysteem naar agrarische percelen (die thans nog geen wateraanvoer hebben) gedistribueerd voor beregening;
- **variant 4B:** als 4A, maar dan wateraanvoer naar Walcheren, middels het doortrekken van de bestaande landbouwwaterleiding;
- **variant 4C:** als 4A, maar dan wateraanvoer naar Noord-Beveland, middels het doortrekken van de bestaande landbouwwaterleiding.

Kostenramingen

De kostenramingen voor alle varianten zijn afhankelijk van de aannames die voor deze verkenning zijn gemaakt voor:

- de beregeningsbehoefte van de verschillende landbouwgewassen in een droog jaar;
- het deel van de verschillende landbouwgewassen (akkerbouw, fruitteelt en grasland) dat gelijktijdig dient te worden beregend/geïrrigeerd. Dit bepaalt met name de piekwatervraag, die bepalend is voor de

dimensionering van het wateraanvoersysteem. Een grotere piekwatervraag vraagt grotere leidingen, pompen en ondergrondse opslagsystemen, waardoor de investeringskosten hoger worden, en daarmee indirect ook de jaarlijkse kosten voor onderhoud en vervanging;

- directe aanvoer van zoet water in het beregeningsseizoen, of aanvoer en opslag van zoet water in het winterhalfjaar en gebruik van dat water in het beregeningsseizoen. In het laatste geval kan de hoofdaanvoerleiding kleiner en daardoor goedkoper worden, maar zijn extra kosten nodig voor opslag en transport van water (naar en van de opslaglocaties) binnen de aanvoergebieden.

Uit deze verkenning volgt dat de investeringskosten van de varianten tientallen, tot meer dan honderd miljoen euro bedragen, en de jaarlijkse kosten in een droog jaar circa een half miljoen tot vier miljoen euro per jaar, afhankelijk van de variant. In een normaal of nat jaar zullen deze jaarlijkse kosten lager zijn.

Variante 4B is relatief goedkoop, maar dat komt alleen omdat die variant een relatief klein landbouwgebied (2.100 ha) van water voorziet.

Conclusies uit de multi criteria analyse

Uit de multi criteria tabel komt het volgende naar voren:

- varianten 1, 2 en 3 leveren elk per jaar maximaal 6 miljoen m³ beregeningswater voor de landbouw op Noord-Beveland en Walcheren, via een geheel nieuw wateraanvoersysteem. Deze varianten kunnen onderling worden vergeleken;
- varianten 4A, 4B en 4C leveren per jaar respectievelijk maximaal 2,2 en 0,7 en 2,1 miljoen m³ beregeningswater voor de landbouw op respectievelijk Zuid-Beveland, Walcheren en Noord-Beveland via de bestaande landbouwwaterleiding, distributie via een ringleidingsysteem en ondergrondse wateropslag in ASR-systemen. Deze varianten zijn niet rechtstreeks vergelijkbaar met varianten 1, 2 en 3;
- voor variant 2 (oppervlaktewatersysteem) is de grootste hoeveelheid wateraanvoer nodig. Hierdoor zijn zowel de investeringskosten als de jaarlijkse kosten van de hoofdaanvoerleiding van deze variant het hoogst. Voor variant 1 en 3 zijn echter de investeringskosten voor de ringleidingsystemen en ASR-systemen hoger dan de kosten van aanpassing van het oppervlaktewatersysteem. In totaal zijn de investeringskosten van varianten 1, 2 en 3 daardoor uiteindelijk ongeveer even hoog;
- De totale jaarlijkse kosten in een droog jaar per m³ beregeningswater zijn het laagst voor variant 1. Daarna is variant 2 het goedkoopst en daarna variant 3. Variant 3 is duurder dan variant 2 omdat voor variant 3 zowel jaarlijkse kosten van hoofdaanvoerleiding, ringleidingsysteem en ASR-systemen bij elkaar opgeteld moeten worden. Ditzelfde effect treedt op bij varianten 4A, 4B en 4C. Maar omdat daarbij ook nog de kosten voor gebruik van de bestaande landbouwwaterleiding van 0,30 euro per m³ in de winter, moeten worden opgeteld hebben varianten 4A, 4B en 4C de hoogste kosten per m³ beregeningswater in een droog jaar;
- de gemiddelde chlorideconcentratie van het beregeningswater is bij variant 2 ongeveer 800 mg Cl/l, en bij variant 1 en 3 ongeveer 400 mg Cl/l. Variant 1 en 3 leveren daardoor een hogere meerwaarde voor de landbouw (minder opbrengstderiving door zoutschade). Varianten 4A, 4B en 4C leveren een nog gunstiger kwaliteit beregeningswater, met een chlorideconcentratie van 100 mg Cl/l;
- variant 2 heeft een licht negatief effect op de waterkwaliteit van het oppervlaktewatersysteem;
- het bepalen van een voorkeur tussen de varianten is afhankelijk van welke aspecten in de besluitvorming het zwaarst wegen. De aspecten jaarlijkse kosten of kwaliteit van het beregeningswater lijken daarbij het meest zwaarwegend, maar ook de uitvoeringstermijn kan een rol spelen;
- varianten 4A, 4B en 4C hebben de volgende voordelen:
 - er is al een bestaande hoofdaanvoerleiding met enkele aftakkingen aanwezig, hiervoor zijn geen nieuwe investeringskosten meer nodig;
 - het water vanuit de Biesbosch heeft een gunstig (laag) chloridegehalte van 100 mg Cl/l.

7.2 Aanbevelingen

De kosten van een nieuw wateraanvoersysteem kunnen lager worden dan als berekend in deze verkenning indien:

- een kleiner deel van het landbouwareaal gelijktijdig hoeft te worden berekend. Dan wordt het piekdebiet waarop het systeem moet worden ontworpen lager, en dalen zowel de investeringskosten als de jaarlijkse kosten voor onderhoud en vervanging. Een optie daarbij is om het aanvoersysteem niet te ontwerpen op een potentiële piekaanvoer (vraag gestuurd), maar te ontwerpen op een lagere piekaanvoer en de landbouw zich daarop aan te laten passen (aanbod gestuurd). In feite is dat ook wat er de afgelopen decennia is gebeurd met de bestaande landbouwwaterleiding op Zuid-Beveland;
- bij varianten 3, 4A, 4B en 4C kunnen de kosten van de hoofdaanvoerleiding goedkoper worden indien ook gedurende een (groter) deel van het zomerhalfjaar water kan worden aangevoerd om op te slaan in ASR-systemen. De aanvoerperiode zou dan kunnen worden verlengd van bijvoorbeeld 6 maanden naar 8 of 9 maanden per jaar. Daardoor wordt het gemiddelde debiet lager en kan de hoofdaanvoerleiding kleiner en daardoor goedkoper worden. Hierbij dient wel te worden opgemerkt dat de ASR-systemen voor opslag en de ringleidingsystemen voor distributie even groot blijven, en dus niet goedkoper worden, terwijl deze bij variant 3 ongeveer 65 % van de kosten bepalen. Bij varianten 4A, 4B en 4C dient daarnaast nog EUR 0,30 per m³ water betaald te worden aan Evides, waardoor het aandeel van de kosten van een nieuwe aantakking aan de hoofdaanvoerleiding slechts ongeveer 20 % van de kosten bedragen. De besparing door het verkleinen van deze nieuwe aftakking is daarmee relatief beperkt.

Varianten 4A, 4B en 4C hebben enkele voordelen (bestaande hoofdaanvoerleiding, laag chloridegehalte), waardoor het de moeite waard kan zijn om in samenwerking met Evides een pilot met (een onderdeel van) deze varianten te starten. Indien daaruit blijkt dat (op een mogelijk innovatieve manier) de kosten van aanleg en inzet van ASR-systemen en een distributiesysteem lager kunnen worden dan volgt uit de ramingen in deze verkenning, zou die oplossing toch kansrijk kunnen zijn. Hieruit kunnen dan leerervaringen worden opgedaan waardoor deze oplossing in de toekomst mogelijk verder kan worden verbeterd en uitgebreid naar overige delen van Noord- en Zuid-Beveland en Walcheren, waar thans nog behoefte aan zoetweraanvoer is.

In variant 4C kan aanleg van een nieuwe aftakking van de bestaande landbouwwaterleiding naar Noord-Beveland mogelijk worden gecombineerd met verwachte werkzaamheden aan de Deltaweg. Door werk met werk te maken zouden de investeringskosten van variant 4C daardoor mogelijk lager kunnen worden (ordegrootte 5 à 15 % besparing).

Voor grootschalige wateraanvoer met een nieuwe hoofdaanvoerleiding uit het Volkerak-Zoommeer naar Noord-Beveland en Walcheren kan een afweging worden gemaakt tussen varianten 1, 2 en 3. Aanbevolen wordt om daarvoor scherper te krijgen welke maatschappelijke/bestuurlijke aspecten daarbij het zwaarste wegen. Daarbij kunnen ook nog andere criteria een rol gaan spelen, zoals:

- financiering: wie betaalt wat? Investeringskosten en levensduurkosten worden vaak door verschillende partijen betaald. Voor de investeringskosten zijn mogelijk subsidiebijdragen mogelijk (Deltaprogramma Zoetwater);
- wat is een gewenste/haalbare beheersorganisatie voor de zoetweraanvoer en -distributie?
- draagvlak in de omgeving: landbouwsector, waterschap, gemeente en belanghebbenden langs de mogelijke tracés van de pijpleidingen, ringleidingsystemen, op te waarderen watergangen en ASR-systemen.

Aanbevolen wordt om in vervolgonderzoek deze aspecten verder in beeld te brengen.

7.3 Aandachtspunten voor vervolgonderzoek

Tracé aanvoerleiding varianten 1, 2 en 3

In deze fase van de variantenstudie is vooral de lengte en haalbaarheid van een aanvoerleiding van belang. Voor het exacte tracé van een aanvoerleiding dient in een vervolg een tracéstudie te worden uitgevoerd.

In deze variantenstudie is ervoor gekozen om het tracé van de aanvoerleiding zoveel mogelijk in een rechte lijn (kortste verbinding) aan te leggen. Deze aanname kan tot gevolg hebben dat als er bij verdere uitwerking

blijkt dat een rechte lijn niet overal haalbaar is, de leiding langer zal worden en waarschijnlijk meer bochten zal krijgen. Hierdoor zullen zowel de investeringskosten als de energie- en onderhoudskosten toenemen.

Opwaarderen watergangen in variant 2

Het opwaarderen van overige watergangen tot aanvoerwatergang gaat gepaard met een verbreding en/of verdieping van het huidige dwarsprofiel indien het huidige dwarsprofiel te krap is voor de aanvoer/doorvoer van het doorspoeldebiet. Dit kan er in theorie toe leiden dat deze watergangen meer zoute kwel gaan aantrekken. Tijdens de droge periodes waarin wateraanvoer nodig is zal dit effect echter meevallen, omdat in deze periodes de grondwaterstanden vaak lager zijn dan de oppervlaktewaterstanden. Hierdoor zal er beperkte afvoer plaats vinden van het grondwater naar het oppervlaktewater vanaf de percelen. Om hier meer zekerheid over te krijgen zouden er op mogelijk kwetsbare locaties enkele veldmetingen van grond- en oppervlaktewaterstanden kunnen worden gedaan in een droge periode.

Kans op wateroverlast in variant 2

Bij een eventuele vervolgitwerking van wateraanvoer via het oppervlaktewatersysteem dient getoetst te worden of door hogere waterstanden (betere peilhandhaving en enige peilopzet voor doorspoelen) in de zomer het risico op wateroverlast bij extreme zomerbuien niet onacceptabel toeneemt.

Oeverbescherming in variant 2

Bij realisatie van nieuwe wateraanvoertracé's dient rekening te worden gehouden met mogelijke schade aan oevers als gevolg van hoge stroomsnelheden en peilfluctuaties in aanvoersituaties. Dit kan worden voorkomen door het aanbrengen van oeverbescherming. Dit risico lijkt in het plan in dit rapport beperkt, omdat peilen niet of minimaal verhoogd worden, en omdat watergangen verruimd worden daar waar nodig. Niettemin is dit een aandachtspunt bij een eventuele vervolgitwerking van wateraanvoer via het oppervlaktewatersysteem.



REFERENTIES

- 1 Google Earth Pro.
- 2 Trident group, deelonderzoek de Puupe, ontwerp ringleiding (2020).
- 3 Hobas GVK pressure pipe systems, technische data producten (<https://www.amiblu.com/nl/downloads/>).
- 4 NEN-3651, januari 2020. Aanvullende eisen voor buisleidingen in of nabij belangrijke waterstaatswerken.
- 5 Richtlijn boortechniek, Rijkswaterstaat, versie juni 2019.
- 6 Boormaterieel horizontaal gestuurde boringen (HDD), Heijmans infra techniek.
- 7 Rijkswaterstaat website (<https://www.rijkswaterstaat.nl/water/vaarwegenoverzicht>).
- 8 Openstreetmap (<https://www.openstreetmap.org/>).
- 9 Regionale verkenning zoetwater rivierengebied, Witteveen+Bos, 16 juni 2020.
- 10 Pipelife, PE-drukleidingen (https://www.pipelife.nl/nl/media/pdfs/A6PE_drukleidingen2011LR.pdf).
- 11 Stowa Deltafact zouttolerantie van teelten, website Stowa.nl, 4 januari 2021.
- 12 Verzoeting en verzilting van het grondwater in de Provincie Zeeland; Regionaal 3D model voor zoet-zout grondwater, Deltares rapport, 86 p. Van Baaren, E.S., Oude Essink, G.H.P., Janssen, G.M.C.M., De Louw, P.G.B., Heerdink, R., Goes, B. 2016.
- 13 Zoetwateraanvoer Schouwen-Duiveland. Verkenning. Witteveen+Bos, 17 februari 2021.

Bijlage(n)



BIJLAGE: SAMENSTELLING BEGELEIDINGSGROEP

Tabel I.1 Samenstelling begeleidingsgroep

Organisatie	Naam
provincie Zeeland	
	vanaf maart 2021)
Waterschap Scheldestromen	
gemeente Noord-Beveland	
ZLTO	
Witteveen+Bos	

Deelname aan werksessies (in aanvulling op bovenstaande begeleidingsgroep):

Evides	
KWR	
Witteveen+Bos	



BIJLAGE: MOGELIJKHEDEN ONDERGRONDSE WATEROPSLAG (KWR)

Mogelijkheden voor ondergrondse waterberging in combinatie met externe aanvoer

Inventarisatie voor Walcheren, Noord-Beveland en West Zuid-Beveland

KWR 2021.061

Datum 2 juni 2021	Opdrachtgever Witteveen en Bos	Meer informatie T +31 30 606 9598
Auteur(s) at	Opdrachtnummer 403589	
Kwaliteitsborger(s)	Projectmanager	Pagina 1/14

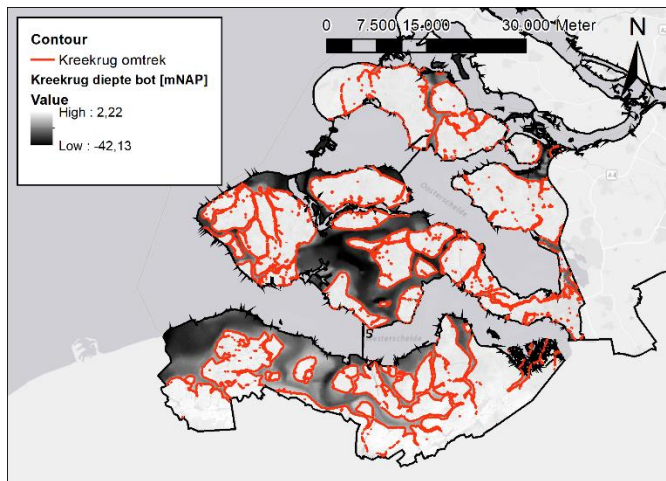
1 Achtergrond

Deze notitie betreft een inventarisatie van de mogelijkheden voor grootschalige ondergrondse waterberging gekoppeld aan de externe aanvoer van zoetwater via leidingen naar de gebieden Noord-Beveland, Walcheren en Zuid-Beveland (ten westen van het kanaal door Zuid-Beveland). Het idee hierachter is dat de leidingen gedurende een groot deel van het jaar niet nodig zullen zijn voor beregening. Door in deze periode het aangevoerde water ondergronds te bergen kan dit gedurende het beregeningsseizoen extra vrij gemaakt worden bovenop het debiet door de leiding in die periode. Hierdoor zou de benodigde leiding mogelijk kleiner gedimensioneerd kunnen worden. Oorspronkelijk maakte ook Zeeuws Vlaanderen onderdeel uit van deze analyse, maar gedurende de initiële verkenningen bleek dat de externe aanvoer naar Zeeuws Vlaanderen zeer onwaarschijnlijk wordt geacht. Dit deelgebied is daarom ook hier buiten beschouwing gelaten.

In deze notitie worden eerst de mogelijk technieken waarmee zoetwater ondergronds kan worden geborgen kort beschreven en vervolgens worden de relevante scenario's (3 en 4) onderzocht. Bij scenario 3 is voor de eilanden Noord-Beveland en Walcheren de kansrijkheid van de technieken in het projectgebied geanalyseerd, om tot een inschatting te komen van de totale potentiële bergingscapaciteit en het daaraan gekoppelde benodigd aantal opslagsystemen. In dit scenario is West Zuid-Beveland niet meegenomen, omdat hier reeds veel zoet grondwater beschikbaar is, en de vraag naar een externe bron dus beperkt is. Voor scenario 4 is de toegevoegde waarde van ondergrondse opslag van de bestaande landbouwleiding naar Zuid-Beveland geïnventariseerd.

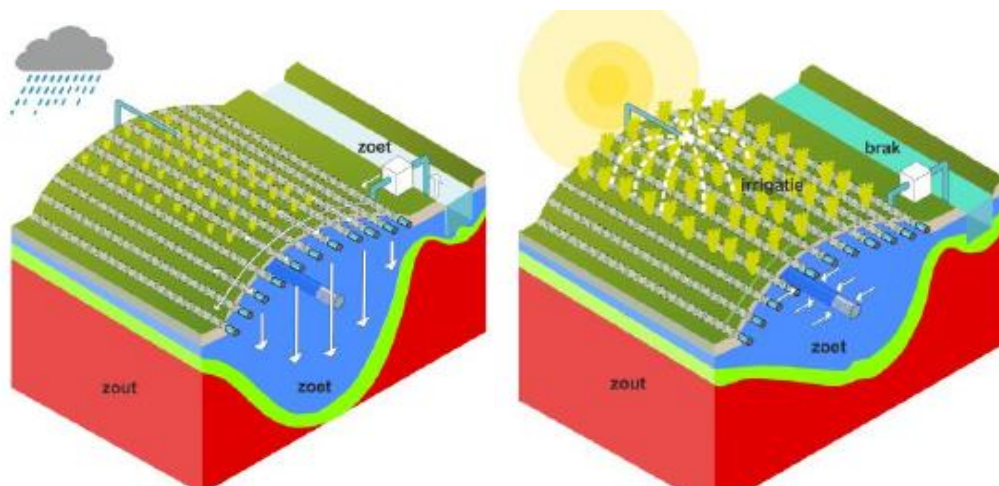
Zoetwateropslag in kreekruigen

De Zeeuwse ondergrond onderscheidt zich door het voorkomen van kreekruigen (Figuur 1); zandige kreekbodemaftzettingen welke door inklinking van klei en veen in het omringende landschap nu relatief hoog zijn komen te liggen. Door de hoge doorlatendheid van deze zanden kan water hier goed infiltreren, wat verklaard waarom de kreekruigen ook al van nature grotendeels met zoetwater gevuld zijn. Waar toegestaan worden deze zoetwatervoorkomens al ingezet door agrariërs door middel van horizontale putten op zo'n 5 a 6 meter diepte ('diepdraains'). Omdat ze relatief klein zijn kunnen deze zoetwaterbellen echter snel uitgeput raken, en is duurzaam beheer ervan van groot belang.



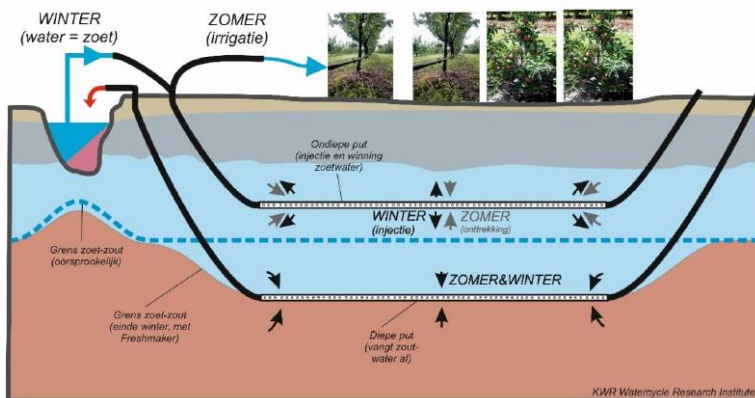
Figuur 1. Ligging kreekruigen in Zeeland, op basis van GEOTOP data.

Door de goede doorlatendheid bieden de kreekruigen ook kans tot extra opslag van zoet water. In de afgelopen jaren zijn hiervoor twee verschillende technieken in de praktijk gebracht. Het eerste staat bekend als het kreekrug infiltratiesysteem (KIS, Figuur 2). KIS is een vorm van regelbare drainage waarbij in de wintermaanden het peil op een perceel kunstmatig wordt opgezet. Er kunnen hiervoor verschillende bronnen van zoetwater gebruikt worden, zoals oppervlakte water of water uit drains van omliggende percelen. Door dit hogere waterpeil groeit ook de diepte van de zoetwaterbel aan de onderkant. Deze extra groei kan vervolgens in het beregeningsseizoen teruggewonnen worden met diepdrains. Bij de pilot van het KIS systeem in Serooskerke wordt elk seizoen zo'n 30.000 m³ geborgen, waarvan er ongeveer 16.000 m³ kan worden teruggewonnen (rendement van 55%).



Figuur 2. Schematische weergave van de werking van het kreekruginfiltratiesysteem.

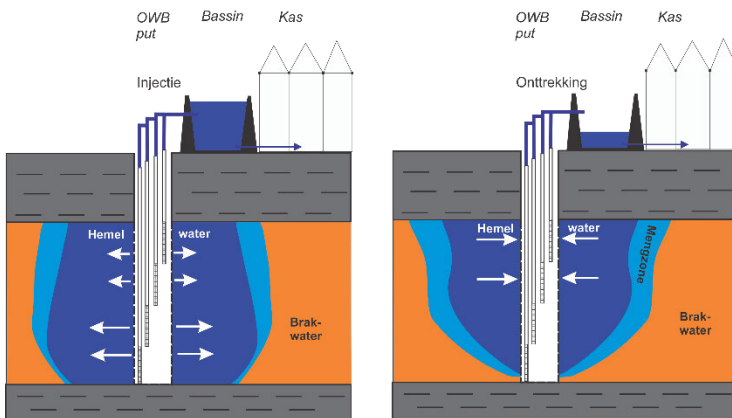
De andere techniek voor ondergrondse waterberging in kreekruigen staat bekend als het 'freshmaker' systeem (Figuur 3). Deze infiltreert overtollig zoetwater in de wintermaanden via een diepdrain op zo'n 5 tot 10 m diepte. Om extra ruimte te maken voor dit zoetwater wordt tegelijkertijd via een diepere, geboorde horizontale put het onderliggende zoute grondwater naar beneden getrokken. Bij de freshmaker moet dus wel continue brak/zout water geloosd worden op het oppervlaktewatersysteem. Als bronwater kan oppervlaktewater gebruikt worden, maar eventueel ook drainagewater uit hetzelfde of omliggende percelen. Bij het bestaande freshmaker systeem in Ovezande wordt jaarlijks ongeveer 5000 m³ geïnfilteerd en ook weer teruggewonnen.



Figuur 3. Schematische weergave van de werking van het freshmaker systeem.

Ondergrondse opslag met verticale ASR putten

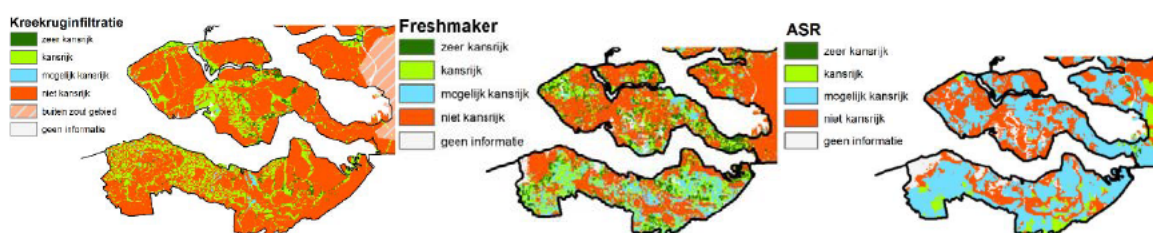
Zoetwater kan ook in diepere zandige lagen geïnfiltreerd worden met verticale grondwaterputten, om in later stadium weer te worden teruggewonnen (Figuur 4). Dit zijn de meer traditionele ASR systemen (Aquifer Storage and Recovery) welke bijvoorbeeld in het Westland al breed worden ingezet voor de seizoensopslag van hemelwater. Met verticale ASR systemen zijn over het algemeen veel grotere opslagvolumes gemoeid dan met de technieken op de kreekruigen. In Nederland zijn systemen toegepast met een opslagvolume tot zo'n 500.000 m³ per jaar. Afhankelijk van het systeemontwerp en de opslagcondities kan zo'n 50 tot 85% weer worden teruggewonnen (Zuurbier 2016).



Figuur 4. Ondergrondse berging van zoetwater in zout grondwater met een verticale ASR (OWB = ondergrondse waterberging).

2 Scenario 3: totale potentiële bergingscapaciteit per techniek

Om tot een schatting van de mogelijke bergingscapaciteit te komen voor de drie waterbergingstechnieken is gebruik gemaakt van de bestaande kansrijke kaarten (Figuur 5) uit het onderzoeksprogramma ‘Kennis voor Klimaat’ (Hoogvliet et al. 2014). Deze geven een globaal beeld van waar de toepassing van de technieken kansrijk is en waar niet of minder kansrijk. Daar bovenop is rekening gehouden met het huidige landgebruik, en zijn alleen die gebieden meegeteld waar het landgebruik momenteel geclassificeerd is als agrarisch.



Figuur 5. De kansrijke van de verschillende waterbergingstechnieken in het projectgebied (Hoogvliet et al. 2014).

Kreekrug Infiltratie Systeem

Voor een eerste analyse van de mogelijke bergingscapaciteit via KIS systemen zijn twee scenario's doorgerekend: één waarbij al het kansrijk areaal is opgeteld en een ander waarbij alleen het zeer kansrijk areaal is meegerekend (Tabel 1). Als voor Walcheren en Noord Beveland al het kansrijk areaal wordt ingezet voor opslag via KIS systemen zou dit leiden tot een totale opslag van grofweg 11.3 Mm³, waarvan circa 6 Mm³ ook weer kan worden teruggewonnen. Dit is 102% van de bij de uitgangspunten gedefinieerde watervraag van 5.9 Mm³ voor de twee eilanden samen. In Noord-Beveland is naar schatting iets te weinig bergingscapaciteit via KIS systemen (81%). Bij toepassing op alleen het zeer kansrijke areaal zouden KIS systemen in 7% van de watervraag kunnen voorzien. Hoewel het dus technisch mogelijk lijkt om op zijn minst in een aanzienlijk deel van de watervraag te kunnen voorzien via KIS systemen, is het grote nadeel van deze strategie het grote aantal benodigde systemen. Bij toepassing op al het kansrijk areaal komt dit neer op in totaal zo'n 377 systemen, en vier keer zoveel diepdraains voor het terugwinnen van het water. Voor de aanvoer van het oppervlakte water naar deze systemen zal dan ook een zeer fijn fijnmazig leidingnetwerk nodig zal zijn. Om al deze systemen te voeden met extern aangevoerd water is in totaal 0.61 m³/s nodig over 7 maanden.

Tabel 1. Analyse bergingscapaciteit KIS systeem in projectgebied.

Parameter	Eenheid	N Beveland	Walcheren	Totaal	Aanname
mogelijk kansrijk areaal	%	0%	0%	0%	
kansrijk areaal	%	12%	12%	12%	
zeer kansrijk areaal	%	2%	1%	1%	
totaal kansrijk areaal	%	13%	12%	13%	
Scenario: berging op al het kansrijk areaal					
te bergen volume	m ³	3.492.000	7.806.000	11.298.000	30.000 m ³ per 10 ha
noodzakelijk aanvoer debiet	m ³ /s	0.19	0.42	0.61	7 maanden aanvoer
max terugwinbaar volume water	m ³	1.862.400	4.163.200	6.025.600	16.000 m ³ per 10 ha
watervraag per seizoen	m ³	2.300.000	3.600.000	5.900.000	uitgangspunt
percentage van watervraag	%	81%	113%	102%	
aantal systemen	#	116	260	377	
aantal diepdraains	#	466	1041	1506	4 per 10 ha

pieklevering	m ³ /s	1.3	2.9	4.2	10 m ³ /uur per drain
Scenario: berging op alleen het zeer kansrijk areaal					
te bergen volume	m ³	465.000	315.000	780.000	30.000 m ³ per 10 ha
noodzakelijk aanvoer debiet	m ³ /s	0.03	0.02	0.04	7 maanden aanvoer
max terugwinbaar volume water	m ³	248.000	168.000	416.000	16.000 m ³ per 10 ha
watervraag per seizoen	m ³	2.300.000	3.600.000	5.900.000	uitgangspunt
percentage van watervraag	%	11%	5%	7%	
aantal systemen	#	16	11	26	
aantal diepdrains	#	62	42	104	4 per 10 ha
pieklevering	m ³ /s	0.17	0.12	0.29	10 m ³ /uur per drain

Freshmaker

Ook voor de freshmaker systemen is 1 scenario doorgerekend waarbij al het kansrijk areaal is opgeteld en een ander waarbij alleen het zeer kansrijk areaal is meegerekend (Tabel 2). Als op alle twee de eilanden al het kansrijk areaal wordt ingezet voor opslag via freshmaker systemen zou dit leiden tot een totale opslag van grofweg 10.6 Mm³, waarvan circa 9.6 Mm³ ook weer kan worden teruggewonnen (aanneame van 5.000 m³ per systeem met 90% terugwinrendement). Dit is 163% van de watervraag van 5.9 Mm³ voor de twee eilanden samen. Bij toepassing op alleen het zeer kansrijke areaal zouden freshmaker systemen in zo'n 57% van de totale watervraag kunnen voorzien. Net als bij de KIS systemen geldt dat een zeer groot aantal systemen nodig is: zo'n 1.919 bij al het kansrijk areaal en 678 voor het zeer kansrijk areaal, waardoor ook bij deze techniek een zeer fijn fijnmazig leidingnetwerk nodig zal zijn. Door het hogere opslagrendement is een lager aanvoerdebiet nodig dan bij het KIS systeem, van 0,45 m³/s en 0,15 m³/s voor de twee scenario's. Wel moet er dus bij alle systemen continue brakwater worden afgevoerd.

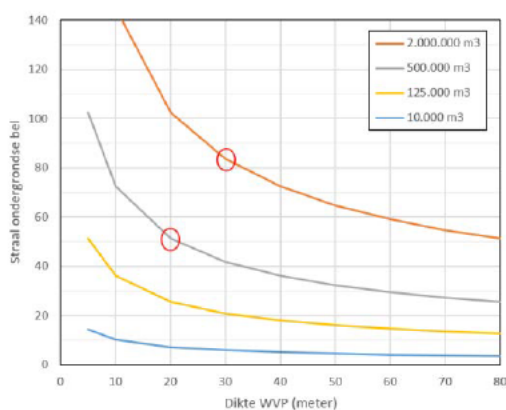
Tabel 2. Analyse bergingscapaciteit in projectgebied met freshmaker systemen.

Parameter	Eenheid	N Beveland	Walcheren	Totaal	Aannames
mogelijk kansrijk areaal	%	4%	3%	6%	
kansrijk areaal	%	14%	15%	15%	
zeer kansrijk areaal	%	13%	8%	9%	
totaal kansrijk areaal	%	31%	26%	28%	
Scenario: berging op al het kansrijk areaal					
aantal mogelijke systemen	#	635	1284	1919	1 per 170 x 250 m ²
te bergen volume	m ³	3.529.412	7.132.353	10.661.765	rendement 90%
noodzakelijk aanvoer debiet	m ³ /s	0,15	0,30	0,45	7 maanden aanvoer
max terugwinbaar volume water	m ³	3.176.471	6.419.118	9.595.588	
seizoenswatervraag	m ³	2.300.000	3.600.000	5.900.000	uitgangspunt
percentage van watervraag	%	138%	178%	163%	
Pieklevering	m ³ /s	1,8	3,6	5,3	10 m ³ /uur per drain
Scenario: berging op alleen het zeer kansrijk areaal					
aantal mogelijke systemen	#	269	409	678	1 per 170 x 250 m ²
te bergen volume	m ³	1.495.098	2.271.242	3.766.340	rendement 90%
noodzakelijk aanvoer debiet	m ³ /s	0,06	0,10	0,30	7 maanden aanvoer
max terugwinbaar volume water	m ³	1.345.588	2.044.118	3.389.706	
seizoenswatervraag	m ³	2.300.000	3.600.000	5.900.000	uitgangspunt

percentage van watervraag	%	59%	57%	57%	10 m ³ /uur per drain
pieklevering	m ³ /s	0,7	1,1	1,9	

Verticale ASR

De toepassing van verticale ASR systemen is veel minder gelimiteerd door het ruimtelijk beslag dan de twee andere type systemen. Zo is de straal van de ondergrondse opslag, uitgaande van een cilindervormig volume, slechts iets meer dan 50 meter bij opslag van 500.000 m³ in een 20 m dik pakket. Bij opslag van 2.000.000 m³ in een 30 m dik pakket is dit ongeveer 85 m (Figuur 6). Mits er voldoende geschikte zandige lagen zijn op niet te grote diepte (anders worden de borings- en putkosten te hoog) zal er dus ook maar zeer weinig ruimte nodig zijn in vergelijking met de andere twee technieken. Volgens de kansrijke kaarten is in ieder geval 24% van het areaal in Noord-Beveland en Walcheren mogelijk geschikt (Tabel 3).



Figuur 6. Straal van de ondergrondse opslag bij verticale ASR, uitgaande van een cilindervormig volume, voor vier verschillende opslagvolumes. WVP = watervoerend pakket.

Om in de totale watervraag per eiland te kunnen voorzien moet in totaal 8,4 Mm³ geborgen worden, uitgaande van een terugwinrendement van 70% (Tabel 3). Op basis van het in Nederland tot dusver grootst aangelegde ASR systeem (Glasparel+, ~500.000 m³) zou het dan gaan om in totaal ongeveer 17 ASR systemen om te voorzien in de totale watervraag. Om dit volume gedurende 7 maanden aan te voeren is een debiet nodig van 0,46 m³/s. De infiltratiecapaciteit van grondwaterputten is vaak gelimiteerd. Een vuistregel is dat infiltratie kan met zo'n 10 m³/uur en onttrekking met 20 m³/uur. Dit betekent dat er in totaal 165 grondwaterputten nodig zijn om het volume in 7 maanden te kunnen infiltreren. Omgekeerd zou dit een pieklevering van ongeveer 0,92 m³/s betekenen.

Tabel 3. Analyse potentie van combinatie externe aanvoer met verticale ASR.

Parameter	Eenheid	N Beveland	Walcheren	Totaal	Aannames
totaal kansrijk	%	28%	22%	24%	
seizoenswatervraag	m ³	2.300.000	3.600.000	5.900.000	uitgangspunt
te bergen volume	m ³	3.285.714	5.142.857	8.428.571	bij rendement van 70%
hoeveelheid systemen nodig	#	6,6	10,3	16,9	500.000 m ³ per systeem
noodzakelijk aanvoerdebiet	m ³ /s	0,18	0,28	0,46	berging gedurende 7 maanden
aantal putten nodig	#	64	101	165	infiltratie 10 m ³ /u, 7 maanden
pieklevering	m ³ /s	0.36	0.56	0.92	20 m ³ /u per put

3 Scenario 4: gebruik van de landbouwleiding

In scenario 4 wordt enkel het water van de landbouwleiding van Evides gebruikt en zoveel mogelijk ondergronds opgeslagen met verticale ASR systemen. Voordeel van het gebruik van deze leiding is dat het chloridegehalte lager ligt, en de het de norm in het infiltratiebesluit (200 mg/l) niet overschrijdt. De haalbaarheid van deze optie is onderzocht op basis van de volgende aannames:

- De leiding wordt gedurende 6 maanden niet gebruikt voor irrigatie. In die periode wordt het water ondergronds geborgen.
- In de overige 6 maanden kan het leidingwater niet gebruikt worden voor infiltratie. Het ASR water kan dan opgepompt worden als extra bron voor beregening.
- Er is uitgegaan van een terugwinrendement van 70%.
- Een enkele grondwaterput kan maximaal 20 m³/uur onttrekken en 10 m³/uur infiltreren.

Zuid-Beveland, Walcheren en Noord-Beveland zijn ieder apart beschouwd, met de volgende aanname over beschikbaar volume water voor infiltratie gedurende 6 maanden:

- Zuid-Beveland (scenario 4A): 3.100.000 m³
- Walcheren (scenario 4B): 1.000.000 m³
- Noord-Beveland (scenario 4C): 3.000.000 m³

De uitkomsten van deze analyse zijn weergegeven in Tabel 4. Voor Noord-Beveland kan met ASR in een groot deel van de watervraag worden voorzien: 91%, met een pieklevering van 0.38 m³/s. Op Zuid-Beveland kan een nagenoeg zelfde hoeveelheid water geborgen en terug gewonnen worden, maar vanwege de hogere watervraag aldaar is dit een kleiner, doch nog steeds aanzienlijk deel van de watervraag: 33%, met een pieklevering van 0.39m³/s. Dit "ASR water" komt bovenop de 0.2 m³/s die de landbouwleiding zomers kan leveren in Zuid-Beveland. Vanwege beperkingen in vertakkingen van de bestaande landbouwleiding, kan in herfst/winter veel minder water geleverd worden aan Walcheren, in totaal 1.000.000 m³ in 6 maanden. Daardoor en daar de grotere (totale) watervraag op Walcheren kan ASR slechts in 19% van de waterbehoefte voorzien (pieklevering 0.13m³/s).

Tabel 4. Uitwerking scenario 4; ondergrondse berging van de het water uit de landbouwleiding van Evides met (verticale) ASR systemen.

Scenario 4: berging water landbouwleiding met verticale ASR			
Parameter	Eenheid	Waarde	Aanname
Leveringsdebiet landbouwleiding	m ³ /s	0,2	uitgangspunt
Scenario 4A. Zuid-Beveland			
beschikbaar volume voor infiltratie	m ³	3.100.000	6 maanden aanvoer
beschikbaar volume voor onttrekking	m ³	2.170.000	terugwinrendement 70%
watervraag Zuid-Beveland	m ³	6.600.000	uitgangspunt
percentage watervraag	%	33%	
benodigd aantal putten	#	71	infiltratie per put 10 m ³ /uur
pieklevering	m ³ /s	0,39	onttrekking per put 20 m ³ /uur

Scenario 4B. Walcheren

beschikbaar volume voor infiltratie	m ³	1.000.000	6 maanden aanvoer
beschikbaar volume voor onttrekking	m ³	700.000	terugwinrendement 70%
watervraag Walcheren	m ³	3.600.000	uitgangspunt
percentage watervraag	%	19%	
benodigd aantal putten	#	23	infiltratie per put 10 m ³ /uur
pieklevering	m ³ /s	0,13	onttrekking per put 20 m ³ /uur

Scenario 4C. Noord-Beveland

beschikbaar volume voor infiltratie	m ³	3.000.000	6 maanden aanvoer
beschikbaar volume voor onttrekking	m ³	2.100.000	terugwinrendement 70%
watervraag Walcheren	m ³	2.300.000	uitgangspunt
percentage watervraag	%	91%	
benodigd aantal putten	#	68	infiltratie per put 10 m ³ /uur
pieklevering	m ³ /s	0,38	onttrekking per put 20 m ³ /uur

4 Overige aandachtspunten

Behalve het potentieel realiseerbaar bergingsvolume zijn er nog een aantal belangrijke aspecten welke de haalbaarheid van ondergrondse waterberging bepalen. Een aantal van de belangrijkste aspecten zijn hieronder kort samengevat.

- *Putverstopping.* Het voorkomen van putverstopping is een cruciale aspect bij ondergrondse waterberging. Putverstopping kan veroorzaakt worden door een aantal verschillende processen, zoals biologische groei op het putfilter, neerslag van ijzermineralen, of neerslag van zwevende stoffen. Afhankelijk van de kwaliteit van het bronwater kan er dus meer of minder voorzuivering nodig zijn, om de infiltratie en onttrekkingscapaciteit van de putten op de lange termijn te waarborgen. Daarnaast is periodiek onderhoud aan de putten ook vaak nodig.
- *Effect op de grondwaterstand.* Infiltratie van water in de ondergrond gaat altijd gepaard met een toename van de druk van het lokale grondwatersysteem, en onttrekking met een afname. Vooral in freatische aquifers kan dit tot ongewenste stijghoogte verschillen leiden. Bij KIS systemen wordt zelfs met opzet het grondwaterpeil in een perceel opgezet. Het is de vraag of dit ook bij al het kansrijk areaal kan, aangezien het ook tot vernattingschade kan leiden. Bij freshmakers is dit effect minder, omdat het gedeeltelijk opgeheven wordt door de onttrekking van het brakke water. Voor verticale ASRs betekent het dat er een voldoende dikke deklaag nodig is, die de effecten naar maaiveld dempt. Zo niet kan dit niet alleen tot vernattingschade leiden maar zelfs tot opbarsting.
- *Effect op de waterkwaliteit.* De kreekruggen zijn grotendeels gevuld met relatief schoon, zoet water. Infiltratie van oppervlaktewater kan dus effectief neerkomen op verontreiniging van het grondwater. Ten eerste is het chloridegehalte hierbij een probleem. In de wet is vastgelegd dat alleen water geïnfiltreerd mag worden met een chloride gehalte < 200 mg/l. Bij toepassing van verticale ASRs zal het in Zeeland gaan om opslag in reeds zout grondwater. Mogelijk dat de eisen voor de kwaliteit van infiltratiewater in deze formaties versoepeld kunnen worden.

Naast hoge chloride concentraties kunnen er in het oppervlakte water bijvoorbeeld ook antropogene verontreinigingen voorkomen welke niet in het grondwater zitten. Afhankelijk van de kwaliteit is er dus meer of minder voorzuivering nodig.

- *Lozing brakwater bij freshmakers.* De grootschalige toepassing van freshmaker systemen vereist ook een grootschalige onttrekking van zout grondwater, en lozing hiervan op het oppervlakte systeem. Om schade te voorkomen moeten er lokaal dus wel zoute watergangen beschikbaar zijn waarin geloosd kan worden.

5 Investerings- en operationele kosten

Achtergrond

Ondergrondse waterberging wordt sinds de jaren 1980 veelvuldig toegepast door de glastuinbouw, in gebieden waar het oorspronkelijke grondwater zoet is. Sinds 2012 is ondergrondse waterberging ook geschikt gemaakt voor toepassing in gebieden waar het grondwater van nature brak tot zout is, zoals in het Westland en het westen van Brabant (ASR toepassingen voor de glastuinbouw) en in Zeeland (toepassingen voor de fruitteelt en sinds kort ook voor de akkerbouw).

Veel van deze zoet-in-zout toepassingen zijn ontwikkeld vanuit onderzoeks- en ontwikkelingsprojecten, met een nadruk op technisch functioneren. Zuurbier et al. (2019) hebben een overzicht gemaakt van de investerings- en operationele kosten van ondergrondse waterbergingssystemen, op basis van de gemaakte kosten van vier toepassingen: ASR systemen in Nootdorp, Westland en Dinteloord en de Freshmaker in Ovezande. Het overzicht van Zuurbier et al. (2019) inclusief de achterliggende getallen vormt de basis van onze kosteninschatting voor onderhavige studie. De systemen zoals beschreven door Zuurbier et al. (2019) variëren aanzienlijk in grootte: van 6.000 m³ per jaar in Ovezande tot 300.000 m³ per jaar in Dinteloord. Het schaalvoordeel bij grotere toepassingen is echter beperkt: voor grotere opslag volumes is ook een groter aantal putten en een grotere voorzuivering vereist en wordt meer energie verbruikt. De kosten nemen daardoor tamelijk lineair toe bij grotere winvolumes. Twee andere zaken blijken uit de analyse van Zuurbier et al. (2019) sterker sturend voor de kostprijs:

- Een laag terugwinrendement leidt tot veel hogere kosten per m³. Er dienen dan relatief hoge kosten te worden gemaakt voor verzameling, zuivering en infiltratie, ten opzichte van het uiteindelijk te winnen volume;
- Een grote pieklevering (voor 100% zekerheid tijdens extreem droge jaren, zoals 2018) tegenover een veel lager gemiddeld winvolume leidt ook tot relatief hoge gemiddelde kosten per m³, hoewel vrijwel 100 procent van het opslagen water kan worden onttrokken en ondanks de grote schaal van de opslag

De kosten van ondergrondse waterberging in de voorbeelden van Zuurbier et al. variëren tussen 0,50 en 0,85 €/m³ (som van investeringskosten CAPEX en operationele kosten OPEX; 20 jaar afschrijvingstermijn).

Uitgangspunten kosteninschatting ondergrondse waterberging Zeeland

Een kosteninschatting is gemaakt voor inzet van ondergrondse waterberging met behulp van (verticale) ASR voor de scenario's 3 en 4, mede op basis van de ervaringscijfers en analyse van Zuurbier et al. (2019). De volgende uitgangspunten zijn daarbij gehanteerd:

- Startpunt voor de kosteninschatting zijn de kengetallen zoals weergegeven in Tabel 3 (scenario 3) en Tabel 4 (scenario 4). In deze tabellen is het rendement van de ASR systemen al verdisconteerd;
- Voor beide scenario's is een kosteninschatting gemaakt voor een ASR puttenveld van in totaal 10 putten. Investeringskosten, vervangingskosten, operationele kosten en energieverbruik zijn in beeld gebracht.
- De kosten per regio zijn vervolgens berekend door per puttenveld te vermenigvuldigen met het aantal benodigde puttenvelden om aan de gewenste leveringscapaciteit te komen.

- Er wordt vanuit gegaan dat de ASR puttenvelden direct gelegen zijn aan de ringleiding (scenario 3) of bestaande landbouwleiding (scenario 4). Elke ASR puttenveld bestaat uit een klein pompstation waarvandaan tien putten voorzien worden van zoetwater. De putten leveren terug aan het pompstation en van daar aan de ringleiding. Het leidingwerk van pompstation naar de putten is meegenomen in de kostenraming.
- Verschil tussen de puttenvelden in beide scenario's is dat in scenario 3 een extra voorzuivering (zandfiltratie) is voorzien om zwevend stof te verwijderen uit het voedingswater. Voor scenario 4 wordt ervan uitgegaan dat het water van de bestaande landbouwleiding direct geïnfiltreerd kan worden.

Een gedetailleerd overzicht van de investeringskosten, vervangingskosten, operationele kosten en energieverbruik is apart beschikbaar. Hieronder wordt een samenvatting gegeven voor scenario 3 en de scenario's 4A – 4C.

Kosteninschatting scenario 3

Kosteninschatting ASR puttenveld, scenario #3

wel voorzuivering

puttenveld met 10 putten

TOTAAL investeringen	€	1.170.000
TOTAAL herinvesteringen na 15 jaar	€	220.000
TOTAAL operationale kosten € /jaar (excl. elektra)	€	15.500
TOTAAL energieverbruik	€	11.400

Kosteninschatting ASR puttenvelden, scenario #3, Noord-Beveland

Aantal ASR puttenvelden

6,6

TOTAAL investeringen	€	7.722.000
TOTAAL herinvesteringen na 15 jaar	€	1.452.000
TOTAAL operationale kosten € /jaar (excl. elektra)	€	102.300
TOTAAL energieverbruik	-	€ 75.240

Kosteninschatting ASR puttenvelden, scenario #3, Walcheren

Aantal ASR puttenvelden

10,3

TOTAAL investeringen	€	12.051.000
TOTAAL herinvesteringen na 15 jaar	€	2.266.000
TOTAAL operationale kosten € /jaar (excl. elektra)	€	159.650
TOTAAL energieverbruik	-	€ 117.420

Kosteninschatting scenario 4

Kosteninschatting ASR puttenveld, scenario #4

geen voorzuivering

puttenveld met 10 putten

TOTAAL investeringen	€	1.120.000
TOTAAL herinvesteringen na 15 jaar	€	210.000
TOTAAL operationale kosten € /jaar (excl. elektra)	€	14.500
TOTAAL energieverbruik	€	6.400

Kosteninschatting ASR puttenvelden, scenario #4A, Zuid-Beveland

Aantal ASR puttenvelden

7,1

TOTAAL investeringen	€	7.952.000
TOTAAL herinvesteringen na 15 jaar	€	1.491.000
TOTAAL operationale kosten € /jaar (excl. elektra)	€	102.950
TOTAAL energieverbruik	-	€ 45.440

Kosteninschatting ASR puttenvelden, scenario #4B, Walcheren

Aantal ASR puttenvelden

2,3

TOTAAL investeringen	€	2.576.000
TOTAAL herinvesteringen na 15 jaar	€	483.000
TOTAAL operationale kosten € /jaar (excl. elektra)	€	33.350
TOTAAL energieverbruik	-	€ 14.720

Kosteninschatting ASR puttenvelden, scenario #4C, Noord-Beveland

Aantal ASR puttenvelden

6,8

TOTAAL investeringen	€	7.616.000
TOTAAL herinvesteringen na 15 jaar	€	1.428.000
TOTAAL operationale kosten € /jaar (excl. elektra)	€	98.600
TOTAAL energieverbruik	-	€ 43.520

6 Conclusies

In deze notitie is een verkenning gepresenteerd van de mogelijkheden voor grootschalige ondergrondse opslag van zoetwater gekoppeld aan de externe aanvoer van zoet oppervlaktewater naar de Zeeuwse eilanden Zuid-Beveland, Noord-Beveland en Walcheren. De belangrijkste conclusies zijn in tabelvorm samengevat in (Tabel 5).

Tabel 5. Belangrijkste voor- en nadelen van de drie verkende ondergrondse waterbergingstechnieken.

Kreekrug infiltratie systeem	Freshmaker	Verticale ASR
+ Totaal realiseerbare bergingscapaciteit lijkt theoretisch voldoende	+ Totaal realiseerbare bergingscapaciteit lijkt theoretisch voldoende	+ Bergingscapaciteit praktisch onbeperkt
+ Eisen voor kwaliteit infiltratiewater vanuit verstoppingsoogpunt minder	- Hoge eisen kwaliteit infiltratiewater uit verstoppingsoogpunt	+ Infiltratie in reeds zout grondwater: effecten op grondwaterkwaliteit minder relevant
- Aantal systemen en areaal nodig	- Groot aantal systemen nodig	+ Totale watervraag realiseerbaar met veel kleiner aantal systemen
- Zeer fijnmazig netwerk nodig	- Zeer fijnmazig netwerk nodig	- Hoge eisen kwaliteit infiltratiewater uit verstoppingsoogpunt
- Water in kreekruigen reeds zoet: onwenselijk effect op waterkwaliteit?	- Water in kreekruigen reeds zoet: onwenselijk effect op waterkwaliteit?	- Geschiktheid diepere aquifers in Zeeland voor ASR systemen moet verder worden uitgezocht
- Wenselijkheid vanuit agrariërs: vernattingsschade? beheer/onderhoud?	- Continue brijnlozing noodzakelijk	

Hieruit komt naar voren dat opslag via verticale ASR systemen veruit het meest voor de hand liggend is, omdat bij dit type systemen het benodigde areaal en het aantal benodigde systemen vele malen kleiner is dan bij kreekrug infiltratie systemen of freshmakers. Van die laatste twee typen systemen zullen >1000 systemen nodig zijn om in de totale watervraag te voorzien, tegen mogelijk maar 17 systemen bij ASR (bestaande uit 165 grondwaterputten). Voor berging met ASR systemen is dus een veel minder fijnmazig aanvoernetwerk nodig, en is daarom waarschijnlijk ook veel minder kostbaar. Bovendien is het maar de vraag of er voldoende agrariërs animo zouden hebben om de technieken op hun percelen toe te gaan passen. Ook is het water in de kreekruigen reeds zoet, en is het dus de vraag hoe wenselijk het is om juist in de kreekruigen grootschalig te gaan infiltreren met oppervlaktewater, aangezien de kwaliteit van oppervlaktewater vermoedelijk lager is dan dat van het al aanwezige zoete grondwater.

Ondergrondse waterberging van het water uit de landbouwleiding van Evides met verticale ASR's is van de onderzochte scenario's het meest realistisch. Ten eerste is het water lager in chloride gehalte dan 200 mg/l, en zullen de effecten op de omgeving dus minder zijn en de projecten makkelijker vergunbaar. Daarnaast is er in Nederland nog niet dusdanig veel ervaring met het type grootschalige ASRs dat nodig zou zijn om in de totale watervraag te kunnen voorzien van het hele projectgebied. Uitrol hiervan zou dus nog ook veel onderzoek met zich meebrengen, omdat elke ASR maatwerk vereist. De verkenning van scenario vier laat zien dat met berging van het aangevoerde water uit deze leiding in 91% van de watervraag op Noord-Beveland en 33% van de watervraag op Zuid-Beveland. Dat zijn aanzienlijke hoeveelheden. Vanwege beperkingen in vertakkingen van de bestaande landbouwleiding kan tijdens het infiltratiesizoen (herfst, winter) veel minder water geleverd worden aan Walcheren. ASR kan daar in ca. 19% van de waterbehoefte voorzien.

ASR vergt wel aanzienlijke investeringen die voor de verschillende scenario's zijn ingeschat. Inmiddels is met ASR, ook op grote schaal, op diverse locaties ervaring opgedaan, ook in gebieden waar de ondergrond van nature brak of zout is. Toch is elke toepassing weer maatwerk. Een logische vervolgstap voor Zeeland zou een toepassing in Zuid-Beveland zijn, gekoppeld aan de bestaande landbouwleiding, als 'proof of concept' voor hoe de leiding optimaler benut zou kunnen worden.

Jaar van publicatie
2021

Meer informatie

T +31 30 606 9598
E

Groningehaven 7
Postbus 1072
3430 BB Nieuwegein

T +31 (0)30 60 69 511
F +31 (0)30 60 61 165
E info@kwrwater.nl
I www.kwrwater.nl

KWR 2021.061 | 2 juni 2021 ©KWR

Alle rechten voorbehouden aan KWR. Niets uit deze uitgave mag - zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van KWR - worden veelevoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier.

