

SCHEIDEN VAN ZOETE EN ZOUTE STROMEN

EEN ONDERZOEK NAAR DE HAALBAARHEID VAN EEN GESCHEIDEN WATERSYSTEEM IN DE POLDERS VAN BRUINISSE EN OOSTERLAND



10 augustus 2020

W.I. Visser

0908165

Watermanagement

Hogeschool Rotterdam – IGO

Gemeente Schouwen-Duiveland

Afstudeerbegeleider: D.A. Kampman

Bedrijfsbegeleider: P. van Sante

Versie: 2.1

SCHEIDEN VAN ZOETE EN ZOUTE STROMEN

EEN ONDERZOEK NAAR DE HAALBAARHEID VAN EEN GESCHEIDEN WATERSYSTEEM IN DE POLDERS VAN BRUINISSE EN OOSTERLAND

Publicatiedatum	10-8-2020
Auteur	W.I. Visser
Studentnummer	0908165
E-mail	imcovisser@gmail.com
Onderwijsinstelling	Hogeschool Rotterdam
Opleiding	Watermanagement, IGO
Afstudeerorganisatie	Gemeente Schouwen-Duiveland, Ruimte en Milieu
Afstudeerbegeleider Hogeschool Rotterdam	D.A. Kampman
Bedrijfsbegeleider Gemeente Schouwen-Duiveland	P. van Sante



VOORWOORD

Beste lezer,

Voor u ligt het haalbaarheidsonderzoek dat is opgesteld tijdens mijn afstudeerstage bij de gemeente Schouwen-Duiveland. Het zijn interessante en uitdagende maanden geweest gedurende een stage die uiteindelijk twee gezichten had. Wat begon met een leuke start op het gemeentehuis in Zierikzee veranderde na een aantal weken in noodgedwongen thuiswerken en vergaderen via teams. Desondanks beschouw ik mijn afstudeerperiode als geslaagd en heb ik het erg naar mijn zin gehad met een uitdagende opdracht waar hopelijk een bruikbaar resultaat uit voort is gekomen.

Allereerst wil ik graag Martine Rutten bedanken voor de verhelderende lessen met betrekking tot het afstuderen. Daarnaast wil ik Robin Dieleman en Marjan Sommeijer van het Waterschap Scheldestromen bedanken. Jullie waren altijd beschikbaar als ik een vraag had en dankzij jullie heb ik ontzettend veel mogen leren over het gebied en de taken van het waterschap binnen dat gebied. Ook wil ik mijn collega's van de gemeente Schouwen-Duiveland bedanken voor de gezelligheid op de kamer. Helaas hebben we elkaar niet langer dan een paar weken kunnen zien maar de positieve appjes in de WhatsApp groep stimuleerden mij altijd weer om er het beste van te maken.

In het bijzonder wil ik mijn begeleiders van de Hogeschool Rotterdam en de Gemeente Schouwen-Duiveland benoemen. Allereerst Doeke Kampman, bedankt voor je inzet, je enthousiasme en je inzichten vanuit jouw expertise. Ten tweede Kitty Henderson, bedankt voor je begeleiding in het begin van mijn afstudeerstage. Het is altijd wennen binnen een nieuwe organisatie en jouw hulp daarbij was ontzettend fijn. Ten slotte Peter van Sante, bedankt voor je feedback en het delen van jouw uitgebreide kennis over het plangebied. Ik heb de samenwerking met jullie als zeer prettig ervaren en mede dankzij jullie aanpassingsvermogen heb ik mijn afstuderen zonder al te grote problemen kunnen afronden. Wie weet komen we elkaar nog eens tegen.

Bedankt voor een mooie afstudeerperiode,

Imco Visser

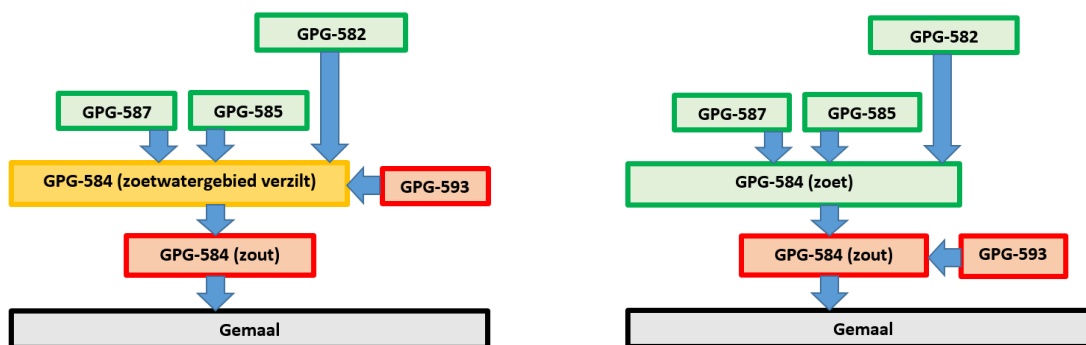
Rotterdam, 10 augustus 2020

SAMENVATTING

Het afstudeeronderzoek is getiteld: "Het scheiden van zoute en zoete stromen". In dit onderzoek wordt de haalbaarheid van een gescheiden systeem onderzocht om vervolgens een voorkeursvariant aan te bevelen die het zoete en zoute oppervlaktewater scheidt om zo de zoetwaterbeschikbaarheid op Schouwen-Duiveland te vergroten. De hoofdvraag luidt: "Is het haalbaar om het oppervlaktewatersysteem in de polders Bruinisse en Oosterland dermate aan te passen dat de menging van zout/brak oppervlaktewater met zoet oppervlaktewater wordt tegengegaan waarmee verdere verzilting van het zoetwatergebied wordt voorkomen en zoetwaterbeschikbaarheid voor agrariërs wordt gegarandeerd?"

Om deze vraag te beantwoorden is allereerst de huidige situatie in kaart gebracht. De huidige waterhuishoudelijke inrichting is ontstaan door overstromingen en kleiafzettingen die de huidige hoogteligging van het gebied hebben beïnvloed. De hoogteligging heeft ervoor gezorgd dat het watersysteem is ingericht om water zo snel mogelijk af te voeren. Uit nieuwe data blijkt dat de zoet-zout verdeling in de ondergrond, in combinatie met de huidige afwatering, leidt tot verzilting. Het punt waar deze verzilting het sterkst optreedt is het punt waar GPG-593 afwatert op GPG-584 zoals weergegeven in onderstaande figuur.

Vervolgens is de zoet-zout verdeling in kaart gebracht door het uitstromend debiet van de peilgebieden GPG-582, GPG-585 en GPG-587 te meten. Het debiet vanuit deze peilgebieden is zoet en de peilgebieden worden daarom beschouwd als zoetwatergebied. In onderstaande figuur is te zien dat GPG-584 deels verzilt door het zoute debiet vanuit GPG-593. Desondanks is dit gebied opgenomen als zoetwatergebied aangezien het gevoed wordt door zoet grondwater. De resulterende afbakening van het zoetwatergebied is opgenomen in bijlage 6. Naar aanleiding van deze data zijn er twee varianten opgesteld waarvan de ontwerpen zijn gevisualiseerd in bijlage 7 en 8.



Schematische weergave huidige situatie (links) en gewenste situatie (rechts) afwatering plangebied

Voor beide varianten is de technische, juridische en financiële haalbaarheid beoordeeld.

De technische haalbaarheid van variant 1 is hoger omdat het maatregelenpakket kleiner is en de variant dus beter uitvoerbaar is. De financiële haalbaarheid van variant 1 is hoger omdat de realisatiekosten van variant 2 75% hoger zijn dan die van variant 1. De juridische haalbaarheid is sterk afhankelijk van het draagvlak vanuit de stakeholders. Dit draagvlak moet verder worden onderzocht om een betrouwbare conclusie te kunnen trekken. Het waterschap geeft aan een voorkeur te hebben voor variant 1 (Waterschap Scheldestromen, 2020). De gemeente geeft aan een lichte voorkeur voor variant 1 te hebben maar de optie voor variant 2 nog open te willen houden (Gemeente Schouwen-Duiveland, 2020).

Omdat de juridische haalbaarheid nog aanvullend onderzoek behoeft is de voorkeursvariant gekozen op basis van de kosten en baten. De essentie van deze afweging is dat variant 2 75% duurder is om het zoetwatergebied 12% te vergroten. Op basis van deze afweging is besloten variant 1 als voorkeursvariant aan te bevelen. Het realiseren van een gescheiden watersysteem in dit plangebied is dus haalbaar. Dit wordt verder toegelicht in de conclusie, hoofdstuk 7.

FIGURENLIJST

Figuur 1, Werking van kwel bij toenemende zeespiegelstijging, Rijkswaterstaat.nl (s.d.)	2
Figuur 2, EC-waardes tussen 2017 en 2019 gemeten bij het oppervlaktewater ter hoogte van gemaal Duiveland, Waterschap Scheldestromen (2020).....	3
Figuur 3, Locatie polders Bruinisse en Oosterland (blauw omlijnd), en gemaal Duiveland (rode pijl), Waterschap Scheldestromen (2012)	4
Figuur 4, Diepteligging van het zoute grondwater in het plangebied (blauw omlijnd), FRESHEM (2018).....	4
Figuur 5, Ligging zoetwatergebied in het plangebied met weergegeven peilgebieden, Waterschap Scheldestromen (2020).....	5
Figuur 6, Bodemopbouw tussen Oosterland (A) en Bruinisse (A'), Dinoloket (2020)	5
Figuur 7, Hoogteligging tussen Bruinisse en Oosterland, bovenaanzicht en dwarsdoorsnede, AHN (2020).....	6
Figuur 8, Stroomrichting en zomerpeilen per peilgebied in het plangebied, Waterschap Scheldestromen (2020).....	6
Figuur 9, Voorbeeld meetresultaten brak meetpunt, Natuurlijk Zoet (2020)	9
Figuur 10, Kaart verwachte EC-waarde watergangen plangebied, Natuurlijk Zoet (2019)	10
Figuur 11, Afwatering peilgebieden in relatie tot het zoutgehalte gebaseerd op FRESHEM en EC-metingen, Waterschap Scheldestromen (2020) en Natuurlijk Zoet (2019)	11
Figuur 12, Afbakening zoetwatergebied met aanwezige meetlocaties, FRESHEM (2018) en Natuurlijk Zoet (2019)	11
Figuur 13, Afwatering plangebied gecombineerd met EC-waardes, Waterschap Scheldestromen (2020) en Natuurlijk Zoet (2019)	12
Figuur 14, Aanvullende EC-metingen binnen het zoetwatergebied	12
Figuur 15, Figuur 16, Schematische weergave huidige afwatering plangebied (links) en gewenste afwatering plangebied (rechts), Waterschap Scheldestromen (2020) en Natuurlijk Zoet (2019)	13
Figuur 16, Doelenboom voor het gescheiden watersysteem, Waterschap Scheldestromen en Gemeente Schouwen-Duiveland (2020)	14
Figuur 17, Locatie KDU huidig (gele stip) en zomerpeil peilgebieden GPG-584 en GPG-593 met huidige stroomrichting, Waterschap Scheldestromen (2020)	15
Figuur 18, Afwatering GPG-593 in de huidige situatie, Waterschap Scheldestromen (2020)	16
Figuur 19, KDU-740 voorzien van geautomatiseerde klepstuw	17
Figuur 20, Alternatieve afwatering en nieuwe stroomrichting van GPG-593 voor variant 1 van het gescheiden watersysteem.....	18
Figuur 21, Huidige afwatering ter hoogte van nieuwe duiker A en gewenste afwatering in variant 1 weergegeven met de rode pijl, Waterschap Scheldestromen (2020).....	19
Figuur 22, Alternatieve afwatering en stroomrichting van GPG-593 voor variant 2 van het gescheiden watersysteem.....	20
Figuur 23, Afwatering zoetwatergebied GPG-593 variant 2	20
Figuur 24, Locatie te vergroten duikers en nieuwe duikers variant 2	21
Figuur 25, Schematische weergaven kosten-baten verhouding tussen de stakeholders bij variant 1 (links) en variant 2 (rechts)	25
Figuur 26, Aanbevolen voorkeursvariant	27

Figuur 27. Aanvullende metingen GPG-568, FRESHEM (2018)	31
Figuur 28, Chloridegehalte grondwater Zeeland, FRESHEEM (2018).....	32

Inleiding	1
H.1 Probleembeschrijving plangebied	2
1.1 Zeespiegelstijging	2
1.1.1 Toename kweldruk.....	2
1.1.2 Verzilting grond- en oppervlaktewater	2
1.2 Piekbuien.....	2
1.3 Droogte	3
1.3.1 Bodemdaling	3
1.3.2 Lage waterstand	3
1.3.3 Berekening	3
1.3.4 Relatie tussen EC-waarde en droogte	3
H.2 Beschrijving plangebied	4
2.1 Ligging in omgeving.....	4
2.2 Zoutgehalte	4
2.3 Zoetwatergebied	5
2.4 Bodemopbouw.....	5
2.5 Hoogteligging in relatie tot het watersysteem.....	6
H.3 Onderzoeksmethode	7
H.4 Zoet-Zout verdeling binnen het plangebied	8
4.1 Toelichting EC-metingen	8
4.2 Beoordelingsmethode model zoutgehalte watergangen	9
4.2.1 Gebruik maximale EC-waardes	9
4.2.2 Betrouwbaarheid meetpunten	9
4.2.3 Ontbreken van data	9
4.2.4 Beoordelingsmethode samengevat	10
4.2.5 Resulterende kaart EC-waardes watergangen	10
4.3 Inzichtelijk maken stroomrichting in combinatie met EC-waardes.....	11
4.4 Afbakening zoetwatergebied	11
4.4.1 Afbakening zoetwatergebied op basis van FRESHEM	11
4.4.2 Meetresultaten aanvullende EC-metingen	12
4.5 Conclusies EC-meetresultaten	13
H.5 Ontwerpvoorstel varianten gescheiden watersysteem	14
5.1 Doelenboom.....	14
5.2 Vergroten zoetwaterbeschikbaarheid	15
5.2.1 Voorkomen van verzilting van zoet water	15

5.2.2 Bergingscapaciteit van zoet water vergroten	15
5.3 Voorkomen van wateroverlast: Afvoercapaciteit behouden/verbeteren	16
5.4 Kostenefficiënt werken	17
5.4.1 Lage realisatiekosten.....	17
5.4.2 Functionaliteit op de lange termijn	17
5.5 Oriënterend ontwerp gescheiden watersysteem	18
5.5.1 Variant 1	18
5.5.2 Variant 2	20
H.6 Keuze voorkeursvariant	22
6.1 Haalbaarheid variant 1	22
6.1.1 Juridische haalbaarheid variant 1.....	22
6.1.2 Financiële haalbaarheid variant 1	23
6.2 Haalbaarheid variant 2	24
6.2.1 Juridische haalbaarheid variant 2.....	24
6.2.2 Financiële haalbaarheid variant 2	24
6.3 Kosten-baten verhouding tussen de stakeholders.....	25
6.4 Keuze voorkeursvariant.....	26
6.5 Toekomstbeeld voorkeursvariant	26
H.7 Conclusie.....	27
H.8 Discussie en aanbevelingen.....	29
8.1 Discussie	29
8.2 Aanbevelingen aanvullend onderzoek	31
8.3 Bruikbaarheid beroepsproduct	32
8.4 Bredere toepasbaarheid methodiek	32
Bibliografie.....	33
Bijlage 1 FRESHM-kaart: Chloridegehalte Grondwatersysteem	36
Bijlage 2 Ligging peilgebieden in het plangebied	37
Bijlage 3 Maximale EC-waardes metingen Natuurlijk Zoet T/M December 2019	38
Bijlage 4 Kaart verwachte EC-waarde watergangen plangebied.....	39
Bijlage 5 Meetmethode en –resultaten metingen 12-5-2020.....	40
Bijlage 6 Aangepaste kaart EC-waarde watergangen en ligging zoetwatergebied	47
Bijlage 7 Oriënterend ontwerp variant 1	48
Bijlage 8 Oriënterend ontwerp variant 2	49
Bijlage 9 Overzicht maatregelen en kosten variant 1 en 2	50
Bijlage 10 Technische haalbaarheid variant 1 en 2	52
Bijlage 11 Waterhuishoudelijke inrichting voorkeursvariant	56

INLEIDING

Het eiland Schouwen-Duiveland gaat een uitdagende toekomst tegemoet. Eén van die uitdagingen is de zoetwaterbeschikbaarheid voor de agrarische sector. Schouwen-Duiveland is voor zoet water geheel afhankelijk van neerslag en zoet grondwater. Door deze afhankelijkheid dreigt een groeiend zoetwatertekort (Gemeente Schouwen-Duiveland, 2020). Om de concurrentiepositie van agrariërs op Schouwen-Duiveland te verbeteren moet zoet water maximaal worden benut. Het vergroten van de zoetwaterbeschikbaarheid voor de agrarische sector is dan ook een belangrijk doel voor Schouwen-Duiveland.

Om dit doel te bereiken zet Schouwen-Duiveland in op verschillende projecten voor het vasthouden van zoet water op het eiland. De Gemeente Schouwen-Duiveland, het Waterschap Scheldestromen, Agrarisch Schouwen-Duiveland, agrariërs en andere lokale ondernemers zijn daarbij de voornaamste hoofdrolspelers. Deze en andere partijen komen samen in kennisgroepen zoals het Living Lab Schouwen-Duiveland. Door integraal te werken wordt er met meerdere partijen gezocht naar oplossingen voor lokale vraagstukken (Living lab Schouwen-Duiveland, 2019). Eén van deze mogelijke oplossingen is het scheiden van zoete en zoute stromen.

Het vasthouden van zoet water tegen minimale kosten is het voornaamste uitgangspunt geweest bij het bepalen van het casusgebied. Het casusgebied betreft de polders van Bruinisse en Oosterland. In deze polders bevindt zich een relatief groot gebied met zoet oppervlaktewater. Dit raakt verzilt doordat het omringende gebied met zout oppervlaktewater afwatert op het zoetwatergebied. Het doel van dit onderzoek is daarom: "Het onderzoeken van, en aanbevelingen doen voor, de haalbaarheid van een systeem waarin het zoete oppervlaktewater in de polder van Oosterland van het zoute oppervlaktewater uit de polder van Bruinisse wordt gescheiden."

De hoofdvraag die bij dit doel hoort luidt als volgt: *"Is het haalbaar om het oppervlaktewatersysteem in de polders Bruinisse en Oosterland dermate aan te passen dat de menging van zout/brak oppervlaktewater met zoet oppervlaktewater wordt tegengegaan waarmee verdere verzilting van het zoetwatergebied wordt voorkomen en zoetwaterbeschikbaarheid voor agrariërs wordt gegarandeerd?"*

Hoofdstuk 1 beschrijft de klimatologische factoren die op lange termijn de zoetwaterbeschikbaarheid beïnvloeden. De huidige situatie van het plangebied wordt uiteengezet in hoofdstuk 2. In hoofdstuk 3 is de onderzoeksmethode opgenomen. Deze onderzoeksmethode is aan de voorkant van het onderzoek opgesteld om bovenstaande hoofdvraag te beantwoorden.

Hoofdstuk 4 is het begin van het inhoudelijke gedeelte van het onderzoek. Dit hoofdstuk maakt de zoet-zout verdeling van het gebied inzichtelijk en laat zien hoe de verzilting van het plangebied ontstaat. De oplossing voor deze problematiek, een gescheiden systeem, wordt beschreven in hoofdstuk 5 middels een ontwerp van twee varianten voor een gescheiden watersysteem. De haalbaarheid van deze varianten wordt beoordeeld in hoofdstuk 6. In dit hoofdstuk wordt ook de voorkeursvariant gekozen. Deze keuze is gebaseerd op de realisatiekosten, de zoetwaterbeschikbaarheid en mate waarin de variant voldoet aan de gestelde doelen. Voor de voorkeursvariant is een waterhuishoudelijke inrichting opgesteld. Deze is opgenomen in bijlage 11.

Ten slotte zijn de conclusies opgenomen in hoofdstuk 7 en worden verdere aanbevelingen en de discussie beschreven in hoofdstuk 8.

H.1 PROBLEEMBESCHRIJVING PLANGEBIED

Binnen dit onderzoek staat de zoetwaterbeschikbaarheid voor de agrarische sector centraal. Deze zoetwaterbeschikbaarheid wordt door verschillende factoren beïnvloed. Binnen deze probleembeschrijving ligt de focus op de klimatologische factoren om een beeld te geven van de gebiedssituatie op de lange termijn. De klimaatverandering heeft als gevolg dat de weersomstandigheden steeds extremer worden en zetten daarmee de zoetwaterbeschikbaarheid onder druk (KNMI, s.d.). De drie meest relevante gevolgen voor dit onderzoek zijn zeespiegelstijging, piekbuien en droogte.

1.1 ZEESPIEGELSTIJGING

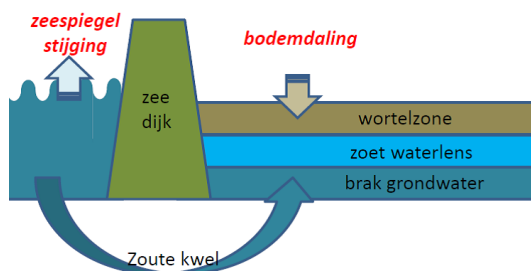
In de afgelopen 100 jaar steeg de zeespiegel 19 centimeter. Voorspellingen over de verwachte zeespiegelstijging lopen sterk uiteen maar het IPCC gaat uit van een versnelde zeespiegelstijging met een 'likely range' van 24 tot 110 cm tot 2100 (Deltacommissaris, 2019). De zeespiegelstijging is een belangrijke factor voor de zoet-zout verdeling in het gebied, de effecten zijn echter pas zichtbaar op de lange termijn. Voor dit onderzoek is de zeespiegelstijging relevant omdat deze leidt tot een toenemende kweldruk.

1.1.1 TOENAME KWELDRUK

Door de zeespiegelstijging stijgt het buitendijkse peil waardoor het hoogteverschil met het peil in het plangebied toeneemt. Water probeert een gelijke waterstand te zoeken en dit zorgt voor kweldruk waardoor het grondwater stijgt. Een hogere stand van de zeespiegel zorgt dus voor een hogere kweldruk en verzilting van het grond- en oppervlaktewater (Deltares, 2017).

1.1.2 VERZILTING GROND- EN OPPERVLAKTEWATER

Door de toenemende kweldruk wordt zoet grondwater weggedrukt door zout grondwater, figuur 1. Omdat zoet water een kleinere dichtheid heeft blijft het op zout water drijven. Dit wordt een zoetwaterlens genoemd. Door de toenemende kweldruk wordt deze lens steeds dunner. Wanneer deze lens te dun wordt kan er zoute kwel in de wortelzone komen waardoor zoutschade optreedt (Burger, 2020). Daarnaast kan zoute kwel in de watergangen terecht komen waardoor het oppervlaktewater verzilt.



Figuur 1, Werking van kwel bij toenemende zeespiegelstijging, Rijkewaddenzee.nl (s.d.)

1.2 PIEKBUIEN

"Piekbui" is een term voor een grote hoeveelheid neerslag in een korte periode. Deze buien komen steeds vaker voor waardoor wateroverlast en waterschade vaker optreden (KNMI, s.d.). Het bergen van zoet water is lastiger tijdens piekbuien omdat het water snel moet worden afgevoerd. Dit leidt tot een interessante tegenstelling op het gebied van waterbeheer waarbij de waterbeheerder op zoek moet gaan naar de ideale balans tussen waterveiligheid en zoetwaterberging. Om de bergingscapaciteit te vergroten moet het peil opgezet worden waardoor de waterveiligheid daalt (Waterschap Scheldestromen, 2020). Momenteel gelden hiervoor strenge veiligheidsmarges. Deze marges zouden bij een groeiend zoetwatertekort in de toekomst versoepeld moeten worden om meer zoet water te kunnen bergen (Waterschap Scheldestromen, 2020).

1.3 DROOGTE

Het derde gevolg van de klimaatverandering is de droogte. De droogte van 2018 en 2019 is een vaak aangehaald voorbeeld. En ook 2020 begon met een hoog neerslagtekort (KNMI, 2020). De droogte heeft invloed op het watersysteem; het veroorzaakt bodemdaling, een lage waterstand en beïnvloedt de berekening.

1.3.1 BODEMDALING

Droogte leidt tot een verlaagde grondwaterstand waardoor de bodem gevoelig wordt voor bodemdaling. De precieze snelheid van de bodemdaling in Schouwen-Duiveland verschilt per locatie. De maximale bodemdaling wordt geschat op 3 mm/jaar (Bodemdalingskaart, 2020). Daarnaast wordt er voorspeld dat de bodemdaling in de toekomst toe zal nemen (WUR, 2012). De bodemdaling is in feite een versterking van het effect van de zeespiegelstijging en zet de zoetwaterbeschikbaarheid verder onder druk omdat het leidt tot een dunnere zoetwaterlens in de ondergrond (WUR, 2012).

1.3.2 LAGE WATERSTAND

Het verschil tussen de verdamping en de neerslag zorgt gedurende droge periodes voor een neerslagtekort. Dit leidt tot een lage waterstand en het droogvallen van kleine zoete watergangen (Burger, 2020). Deze watergangen kunnen meestal niet gevoed worden door het grondwater omdat een dikke kleilaag die verticale stroming voorkomt. Deze watergangen worden gevoed door neerslag. De zoute watergangen worden door zoute kwel gevoed door een poreuze zandlaag waar verticale stroming wel mogelijk is (Dinoloket, 2020).

1.3.3 BEREGENING

Door de toenemende verdamping is er minder zoet water beschikbaar. Het zoete water dat beschikbaar is, is onderhevig aan verzilting door de huidige inrichting van het watersysteem (FRESHM, 2018). De agrariërs moeten hun gewassen beregenen om gewasschade te voorkomen. Dit leidt tot een stijging van de zoetwatervraag maar het aanbod neemt juist af. Het resultaat is een afname van de zoetwaterbeschikbaarheid oftewel een groeiend zoetwatertekort. Op een aantal plaatsen in het plangebied is berekening reeds onmogelijk omdat het oppervlaktewater te zout is. Daarnaast kan door de droogte een beregeningsverbod worden opgelegd door het waterschap. Zij mogen ook besluiten om geen vergunning voor grondwateronttrekkingen te verlenen, deze gebieden zijn vaak kwetsbaar (Waterschap Scheldestromen, 2020).

1.3.4 RELATIE TUSSEN EC-WAARDE EN DROOGTE

Het gemaal is het eindstation van het afvoergebied en daarom een nuttig meetpunt om de gebiedssituatie van de polders van Oosterland en Bruinisse te monitoren. De meetresultaten in figuur 2 tonen de EC-waardes van het oppervlaktewater bij het gemaal tussen 2017 en 2019. Het gemiddelde neerslagtekort van deze jaren bedroeg, respectievelijk, 56, 296 en 160 millimeter (KNMI, 2020). In 2017 bedroeg het neerslagtekort 56 mm en de gemiddelde EC-waarde was 14,61 mS/cm. In 2018 bedroeg het neerslagtekort 296 mm en de gemiddelde EC-waarde was 18,65 mS/cm (Waterschap Scheldestromen, 2020). Door het gemiddelde jaarlijkse neerslagtekort te vergelijken met de waardes in figuur 2 kan er dus geconcludeerd worden dat droogte leidt tot een hogere EC-waarde van het oppervlaktewater.

	2017	2018	2019
Jan	14	6,11	13,4
Feb	9,9	6,41	13,4
Mrt	7	5,63	12,4
Apr	16,4	8,33	10,9
Mei	19,9	9,55	22,8
Jun	25,3	16,9	26,1
Jul	23,7	23,4	22,7
Aug	21,6	31,5	26,8
Sep	6,52	29,3	26
Okt	11,1	29,7	24,5
Nov	12,4	33,6	16,4
Dec	7,55	23,4	7,49
Gemiddelde	14,61	18,65	18,57

Figuur 2, EC-waardes tussen 2017 en 2019 gemeten bij het oppervlaktewater ter hoogte van gemaal Duiveland, Waterschap Scheldestromen (2020)

H.2 BESCHRIJVING PLANGEBIED

Uit hoofdstuk 1 is gebleken dat de zoetwaterbeschikbaarheid op Schouwen-Duiveland op de lange termijn verder onder druk komt te staan. Het zoete water dat aanwezig is moet daarom maximaal moeten benut om zo de zoetwaterbeschikbaarheid voor de agrarische sector te vergroten. Het plangebied dat daarvoor is aangewezen door de gemeente Schouwen-Duiveland wordt in dit hoofdstuk beschreven.

2.1 LIGGING IN OMGEVING

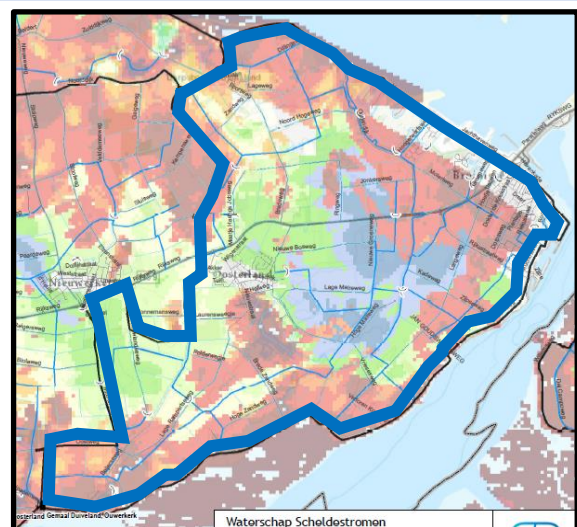
Het plangebied beslaat de polders van Bruinisse en Oosterland, blauw omlind in figuur 3. De linkerhelft van het plangebied is de polder van Oosterland en de rechterhelft is de polder van Bruinisse. Het gebied is omringd door water; de noordzijde grenst aan het Grevelingen, de oostzijde grenst aan het Zijpe en de zuidzijde grenst aan de Oosterschelde. Deze natuurlijke barrière zorgt ervoor dat er geen externe zoetwateraanvoer mogelijk is (Gemeente Schouwen-Duiveland, 2020). Beide polders worden bemaald door gemaal Duiveland (rode pijl, figuur 3). Dit gemaal heeft een capaciteit van 235 m³/min en watert af op de Oosterschelde (De Nederlandse gemalenstichting, 2020). Het huidige watersysteem is sinds de jaren 80 niet ingrijpend veranderd. Er is geen sprake van wateroverlast. De droogte daarentegen is wel een probleem (Waterschap Scheldestromen, 2020).



Figuur 3, Locatie polders Bruinisse en Oosterland (blauw omlind), en gemaal Duiveland (rode pijl), Waterschap Scheldestromen (2012)

2.2 ZOUTGEHALTE

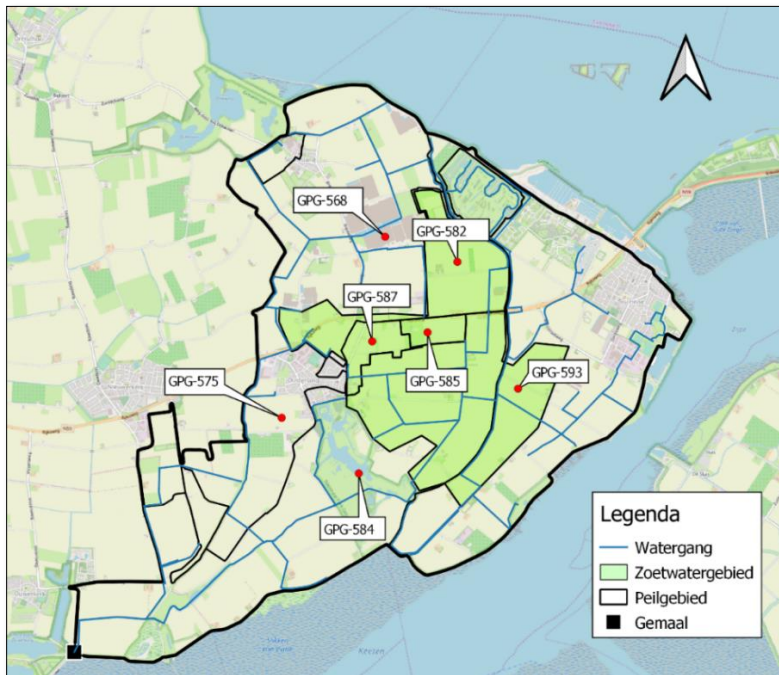
De laatste jaren is er meer aandacht gekomen voor droogte en verzilting, resulterend in de FRESHEM-kaart waarop het zoutgehalte van het grondwater zichtbaar is gemaakt (FRESHEM, 2018). Deze kaart is groot weergegeven in bijlage 1. In figuur 4 is te zien dat er in het midden van het plangebied een blauw gebied ligt. Het grondwater is hier zoet. De omringende gebieden zijn echter rood gekleurd. Hier is het grondwater zout. Er kan aangenomen worden dat het oppervlaktewater in het blauwe gebied zoet is en dat het oppervlaktewater in de rode gebieden zout is. In de praktijk kan het zoutgehalte afwijken. (Sommeijer, 2020).



Figuur 4, Diepteligging van het zoute grondwater in het plangebied (blauw omlind), FRESHEM (2018)

2.3 ZOETWATERGEBIED

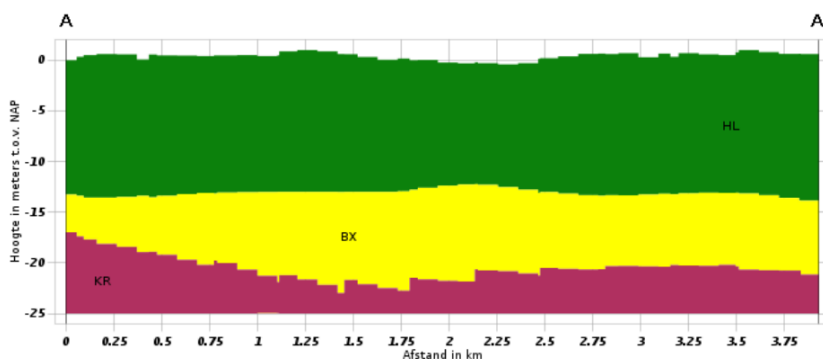
De term zoetwatergebied komt in dit rapport vaak voor. Hiermee wordt de locatie bedoeld zoals aangegeven in figuur 5. Wanneer er gesproken wordt over het plangebied dan betreft dit de polders van Bruinisse en Oosterland. De intentie van de gemeente om de zoetwaterbeschikbaarheid te vergroten, gecombineerd met de aanwezigheid van zoet (grond)water in het plangebied, is de motivatie geweest achter de keuze voor dit gebied.



Figuur 5, Ligging zoetwatergebied in het plangebied met weergegeven peilgebieden, Waterschap Scheldestromen (2020)

2.4 BODEMOPBOUW

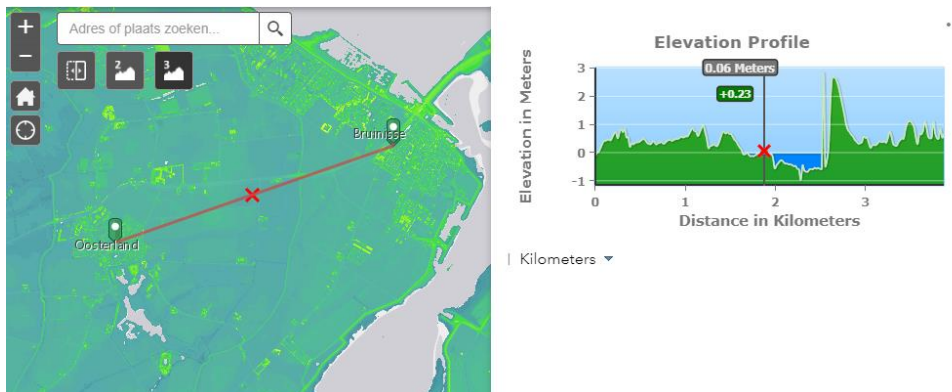
De bodemopbouw bestaat voornamelijk uit klei- en zandlagen. In figuur 6 is een doorsnede zichtbaar tussen Oosterland (A) en Bruinisse (A'). Tot een diepte van 25 meter zijn er drie lagen te onderscheiden. De bovenste laag is klei, de middelste laag is zand (zeer fijn tot matig grof) en de onderste laag is zand (matig grof tot zeer grof) (Dinoloket, 2020). De dikke kleilaag maakt het onttrekken van zoet grondwater op grote diepte niet rendabel. Aan de andere kant voorkomt de dikke kleilaag dat zoute kwel in het oppervlaktewater terecht komt. De watergangen in dit gebied worden dus voornamelijk gevoed door neerslag en zijn meestal zoet. Wanneer de toplaag uit zand bestaat is de kwelwerking groter en het oppervlaktewater zouter.



Figuur 6, Bodemopbouw tussen Oosterland (A) en Bruinisse (A'), Dinoloket (2020)

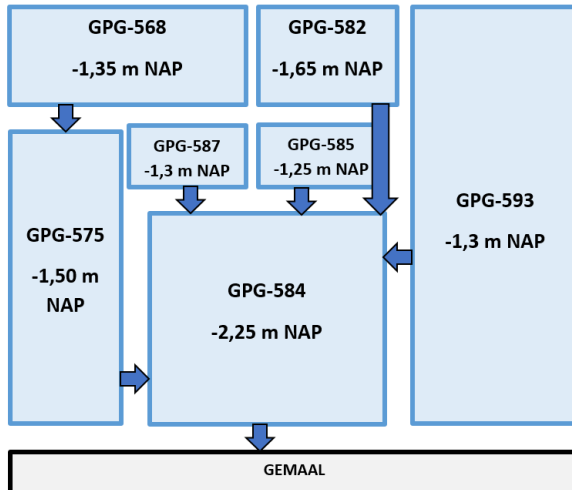
2.5 HOOGTELIJGGING IN RELATIE TOT HET WATERSYSTEEM

In figuur 7 is de hoogtelijging van het plangebied te zien. Het zoetwatergebied, aangegeven met een rood kruis, ligt lager dan het omringende gebied waardoor het omringende gebied onder vrij verval afwatert op het zoetwatergebied. Het omringende gebied wordt gevoed door zoute kwel zoals beschreven in paragraaf 2.2 en het oppervlaktewater is daar zout (FRESHM, 2018). Er watert dus zout water af op het zoetwatergebied.



Figuur 7, Hoogtelijging tussen Bruinisse en Oosterland, bovenaanzicht en dwarsdoorsnede, AHN (2020)

De hoogtelijging van het gebied is ontstaan over een lange periode van overstromingen en kleiafzettingen en heeft geleid tot een watersysteem met de afwatering van het plangebied als primair doel (Waterschap Scheldestromen, 2020). Deze afwatering is schematisch weergegeven in figuur 8. In dit onderzoek wordt gewerkt met het zomerpeil omdat het gescheiden systeem in de eerste plaats moet functioneren bij een neerslagtekort. Een overzicht van de peilgebieden in het plangebied is opgenomen in bijlage 2.



Figuur 8, Stroomrichting en zomerpeilen per peilgebied in het plangebied, Waterschap Scheldestromen (2020)

De beschreven inrichting van het plangebied maakt duidelijk dat er geen externe aanvoer van zoet water is en dat het gebied afhankelijk is van neerslag en zoet grondwater. Er is daarom veel aandacht voor het maximaal benutten van het aanwezige zoete water. De gemeente Schouwen-Duiveland heeft gevraagd of het haalbaar is om het zoete water in Oosterland te scheiden van het zoute water uit de polder van Bruinisse waardoor dit water bruikbaar wordt voor de agrarische sector. In de huidige situatie wateren Bruinisse en Oosterland af op hetzelfde gemaal waardoor menging van zoet en zout oppervlaktewater optreedt. Het meest voor de hand liggende middel is het scheiden van deze zoete en zoute stromen: een gescheiden watersysteem. In dit onderzoek wordt de haalbaarheid van een gescheiden systeem onderzocht. Hiervoor wordt de onderzoeksmethode gebruikt zoals beschreven in hoofdstuk 3.

H.3 ONDERZOEKSMETHODE

De opdracht vanuit de gemeente luidt: Onderzoek of het haalbaar is om het zoute water uit de polder van Bruinisse niet te laten vermengen met het zoete water uit de polder van Oosterland. Aan de hand van deze opdracht is de volgende hoofdvraag voor het haalbaarheidsonderzoek geformuleerd:

“Is het haalbaar om het oppervlaktewatersysteem in de polders Bruinisse en Oosterland dermate aan te passen dat de menging van zout/brak oppervlaktewater met zoet oppervlaktewater wordt tegengegaan waarmee verdere verzilting van het zoetwatergebied wordt voorkomen en zoetwaterbeschikbaarheid voor agrariërs wordt gegarandeerd?”

Het haalbaarheidsonderzoek bestaat uit drie fases: Het inventariseren van informatie, het ontwerpen van varianten en ten slotte het beoordelen van de haalbaarheid van deze varianten en het kiezen van een voorkeursvariant. Ter verdieping is er een voorstel gedaan voor de waterhuishoudelijke inrichting van de voorkeursvariant. Deze is opgenomen in bijlage 11.

Inventarisatie

Deze fase bestaat uit het inventariseren van de beschikbare literatuur, praktijkkennis en data voor de beeldvorming van het watersysteem en de zoet-zout verdeling van het grond- en oppervlaktewater. Om inzicht te krijgen in de zoet-zout verdeling van het watersysteem is gebruik gemaakt van EC-metingen die verricht zijn in het kader van Natuurlijk Zoet (Living Lab Schouwen-Duiveland, sd). Daarnaast is veel literatuur geraadpleegd. De meest relevante documenten zijn de FRESHEM kaart (Overzicht chloridegehalte grondwater), de legger, het Algemeen Hoogtebestand Nederland en Dinoloket. Daarnaast is er regelmatig contact geweest met het waterschap. Met behulp van deze data is een kaart gemaakt waarin het verwachte zoutgehalte per watergang is beschreven bijlage 4. Bij het opstellen van deze kaart zijn de GIS-gegevens van het waterschap gebruikt.

Tijdens de inventarisatiefase is er geconcludeerd dat de EC-metingen niet volledig zijn. Daarom zijn er aanvullende metingen verricht. Hiermee kon een betrouwbaar overzicht van het zoutgehalte van de watergangen in het plangebied worden opgesteld en kon de ligging van het zoetwatergebied nauwkeuriger worden bepaald. Met deze data is een aanbeveling gedaan voor de locatie van het gescheiden watersysteem en de bijbehorende maatregelen.

Ontwerp varianten

Na de inventarisatiefase zijn er twee varianten voor een gescheiden watersysteem ontworpen. Met behulp van feedback vanuit de gemeente, het waterschap en de hogeschool zijn deze varianten verder uitgewerkt.

Beoordelen haalbaarheid

In deze fase wordt de haalbaarheid van beide varianten beoordeeld. De keuze voor de voorkeursvariant is gebaseerd op de kosten/baten verhouding van beide varianten. Voor de kosten zijn de realisatiekosten van beide varianten gebruikt, deze zijn ingeschat door het Waterschap Scheldestromen. Voor de baten is uitgegaan van de zoetwaterbeschikbaarheid voor beide varianten. Ten slotte is er gekeken naar de mate waarin beide varianten voldoen aan de doelen die gesteld zijn vanuit de doelenboom, opgesteld aan de hand van gesprekken met het waterschap en de gemeente.

H.4 ZOET-ZOUT VERDELING BINNEN HET PLANGEBIED

In dit hoofdstuk wordt de zoet-zout verdeling van het oppervlaktewater binnen het plangebied beschreven. Aan de hand van die zoet-zout verdeling wordt het zoutgehalte per watergang beoordeeld en het zoetwatergebied afgebakend.

4.1 TOELICHTING EC-METINGEN

EC staat voor Electric Conductivity oftewel geleidbaarheid. Hoe hoger de geleidbaarheid hoe hoger het zoutgehalte. Binnen het plangebied worden EC-metingen verricht door agrariërs om een beeld te vormen van het zoutgehalte van het oppervlaktewater (Hannewijk, 2020). Om de watergangen te categoriseren zijn grenswaardes voor de termen zout, brak en zoet opgesteld. Deze grenswaardes zijn gebaseerd op de wens is dat het oppervlaktewater gebruikt kan worden voor beregening. Daarom is er gekeken naar de zouttolerantie van de vier meest voorkomende gewassen in het plangebied, weergegeven in tabel 1 (CBS Statline, 2020).

Tabel 1, Zouttolerantie van veelvoorkomende gewassen in het plangebied, Stuyt (2016)

Gewas	Tolerantiedrempel (mg/l)	Tolerantiedrempel (mS/cm)
Granen	2626	8,9
Aardappelen	838	3,7
Akkerbouwgroenten	963 - 1093	4,1 – 4,5
Suikerbieten	1478	5,7

De resulterende grenswaardes zijn opgenomen in tabel 2. Aanvankelijk zijn er drie categorieën voor het zoutgehalte van de watergangen aangehouden: zoet, brak en zout. De grenswaardes van deze categorieën zijn ingevoerd in Qgis en resulteren in het overzicht van de maximale EC-waardes in bijlage 3. Hierbij geldt dat de groene meetpunten zoet zijn, de oranje meetpunten brak en de rode meetpunten zout.

Tabel 2, Grenswaardes bij de termen zoet-brak-zout, Stuyt (2016)

Term	Beschrijving	Grenswaardes (mS/cm)
Zoet	Geschikt voor alle gewassen	< 4,5
Zeer brak	Geschikt voor graan	> 5,7 en < 8,9
Zout	Ongeschikt voor beregening	> 8,9

In een later stadium van het onderzoek is besloten om de term brak verder te specificeren met de categorieën brak en zeer brak. Met deze grenswaardes kunnen watergangen die net te zout zijn worden aangeduid. Deze watergangen kunnen met de implementatie van het gescheiden watersysteem namelijk bruikbaar worden voor beregening (Gemeente Schouwen-Duiveland, 2020). De aangepaste grenswaardes zijn opgenomen in tabel 3. Deze waardes zijn verwerkt in het definitieve model in bijlage 6.

Tabel 3, Aangepaste grenswaardes bij de termen zoet-brak-zeer brak-zout, Stuyt (2016)

Term	Beschrijving	Grenswaardes (mS/cm)
Zoet	Geschikt voor alle gewassen	< 4,5
Brak	Geschikt voor suikerbieten en graan	>4,5 en < 5,7
Zeer brak	Geschikt voor graan	> 5,7 en < 8,9
Zout	Ongeschikt voor beregening	> 8,9

4.2 BEOORDELINGSMETHODE MODEL ZOUTGEHALTE WATERGANGEN

Het resulterende overzicht van de maximale EC-waardes is opgenomen in bijlage 3.

4.2.1 GEBRUIK MAXIMALE EC-WAARDES

De keuze om uit te gaan van de maximale waardes is gebaseerd op het feit dat deze waardes zijn gemeten gedurende een neerslagtekort (Natuurlijk Zoet, 2019). Voor elk afzonderlijk meetpunt is een minimale en maximale EC-waarde beschikbaar. De minimale EC-waardes geven vrijwel allemaal zoet oppervlaktewater weer aangezien deze meetresultaten zijn gemeten bij een neerslagoverschot. Deze resultaten zijn irrelevant aangezien het gescheiden watersysteem hoofdzakelijk moet functioneren bij een neerslagtekort (Waterschap Scheldestromen, 2020).

4.2.2 BETROUWBAARHEID MEETPUNTEN

In figuur 9 is een voorbeeld opgenomen van de data per meetpunt. De maximale waarde (Max) op dit meetpunt is 7,31 mS/cm, dit is brak. De overige meetresultaten geven een EC-waarde tussen 2 en 3 mS/cm, dit is zoet. Dit geeft aan dat de maximale waarde op zich niet altijd representatief is voor de praktijksituatie. Bij het beoordelen van het zoutgehalte zijn daarom ook de metingen van mei tot december 2019 meegenomen.

Daarnaast is op een aantal meetpunten niet frequent gemeten waardoor de meetresultaten een vertekend beeld van de praktijk weer kunnen geven. In figuur 9 is te zien dat elk meetpunt een maandelijks gemiddelde oplevert. Voor de beoordeling van het zoutgehalte is besloten dat meetpunten met minder dan 5 resulterende gemiddeldes tussen mei en december 2019 niet worden meegenomen. Deze meetresultaten zijn voor de algehele beeldvorming wel opgenomen in bijlage 3 omdat deze enkel de maximale EC-waardes weergeeft.

Parameter	geleidendheid
Eenheid	mS/cm
Aantal_Met	16
Min	0,54
Max	7,31
mei_gemidd	1,855
juni_gemid	0,983333
juli_gemid	1,56
augustus_g	2,65
september_	2,515
oktober_ge	3,32
november_g	0,75
december_g	0,78

Figuur 9, Voorbeeld meetresultaten brak meetpunt, Natuurlijk Zoet (2020)

4.2.3 ONTBREKEN VAN DATA

In bijlage 3 is te zien dat enkele watergangen niet voorzien zijn van een EC-meetpunt. Eerder is vastgesteld dat de FRESHM-kaart tot op zekere hoogte representatief is voor het zoutgehalte van het oppervlaktewater (Waterschap Scheldestromen, 2020). Voor watergangen zonder EC-meetpunt, of met een meetpunt dat niet voldoet aan de gestelde eisen vanuit paragraaf 4.2.2, wordt daarom de FRESHM-kaart gebruikt als uitgangspunt voor de beoordeling van het zoutgehalte.

4.2.4 BEOORDELINGSMETHODE SAMENGEVAT

1^e beoordeling zoutgehalte oppervlaktewater (bijlage 4)

- Watergangen met een EC-meetpunt met een maximale waarde kleiner dan, of gelijk aan, 4,5 mS/cm worden beoordeeld als zoet en aangeduid met een groene lijn. Dit water is waarschijnlijk het hele jaar geschikt voor beregening.
- Watergangen met een EC-meetpunt met een maximale waarde groter dan 4,5 maar kleiner dan of gelijk aan 8,9 mS/cm worden beoordeeld als brak en aangeduid met een oranje lijn. Dit water is waarschijnlijk het hele jaar geschikt voor het beregenen van graan en suikerbieten en afhankelijk van de neerslaghoeveelheid ook voor overige gewassen met een lagere zouttolerantie.
- Watergangen met een EC-meetpunt met een maximale waarde groter dan 8,9 mS/cm worden beoordeeld als zout en aangeduid met een rode lijn. Dit water is, afhankelijk van de maximale waarde, waarschijnlijk het grootste gedeelte van het jaar onbruikbaar voor beregening.
- Naast de maximale waarde worden de metingen tussen mei en december 2019 meegenomen in de beoordeling.
- Meetpunten zijn pas valide vanaf 5 maandelijkse gemiddeldes tussen mei en december 2019.
- Bij het ontbreken van een EC-meetpunt in de watergang wordt de FRESHEM-kaart gebruikt.

Aanpassingen voor definitieve beoordeling zoutgehalte oppervlaktewater (bijlage 6)

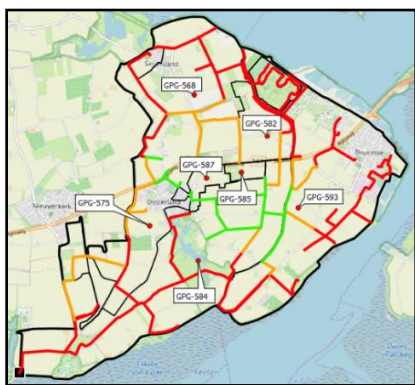
- Watergangen met een EC-meetpunt met een maximale waarde groter dan 4,5 maar kleiner dan of gelijk aan 5,7 mS/cm worden beoordeeld als brak en aangeduid met een gele lijn.
- Watergangen met een EC-meetpunt met een maximale waarde groter dan 5,7 maar kleiner dan of gelijk aan 8,9 mS/cm worden beoordeeld als zeer brak en aangeduid met een oranje lijn.

4.2.5 RESULTERENDE KAART EC-WAARDES WATERGANGEN

De resulterende kaart is groot weergegeven in bijlage 4 en kleiner in figuur 10. Deze figuur laat zien dat de watergangen aan de rand van het plangebied zout zijn en dat er zoete watergangen in het midden van het plangebied liggen. Na het opstellen van deze kaart is er geconcludeerd dat de volgende vervolgstappen nodig waren:

1. Inzichtelijk maken van de stroomrichting in combinatie met de EC-waardes van de watergangen om te begrijpen hoe de inrichting van het watersysteem leidt tot verzilting.
2. Afbakenen van het gebied dat wordt gevoed door zoet grondwater en/of neerslag en niet door zoute kwel om een beter advies te kunnen geven over de locatie van een gescheiden watersysteem.

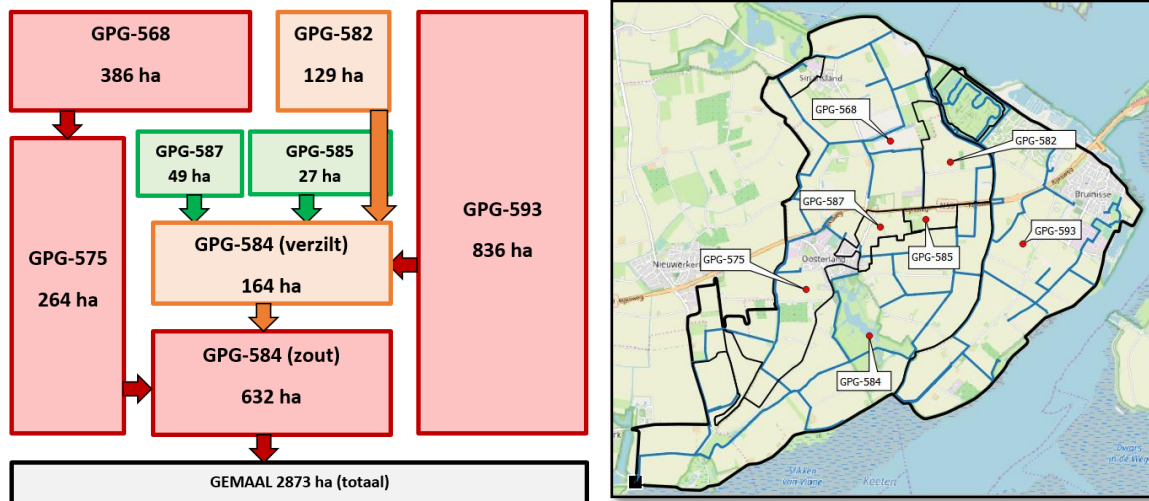
Deze resultaten van deze stappen worden beschreven in paragraaf 4.3 en 4.4.



Figuur 10, Kaart verwachte EC-waarde watergangen plangebied, Natuurlijk Zoet (2019)

4.3 INZICHTELIJK MAKEN STROOMRICHTING IN COMBINATIE MET EC-WAARDES

Om de stroomrichting in relatie tot de EC-waardes van het oppervlaktewater inzichtelijk te maken is de EC-waarde van het uitstromend debiet per peilgebied beoordeeld. Het resultaat is zichtbaar in figuur 11. Op basis hiervan is geconcludeerd dat de oorzaak van de verzilting op twee punten ligt: De uitstroom van GPG-582 naar GPG-584 en de uitstroom van GPG-593 naar GPG-584 (Waterschap Scheldestromen, 2020).

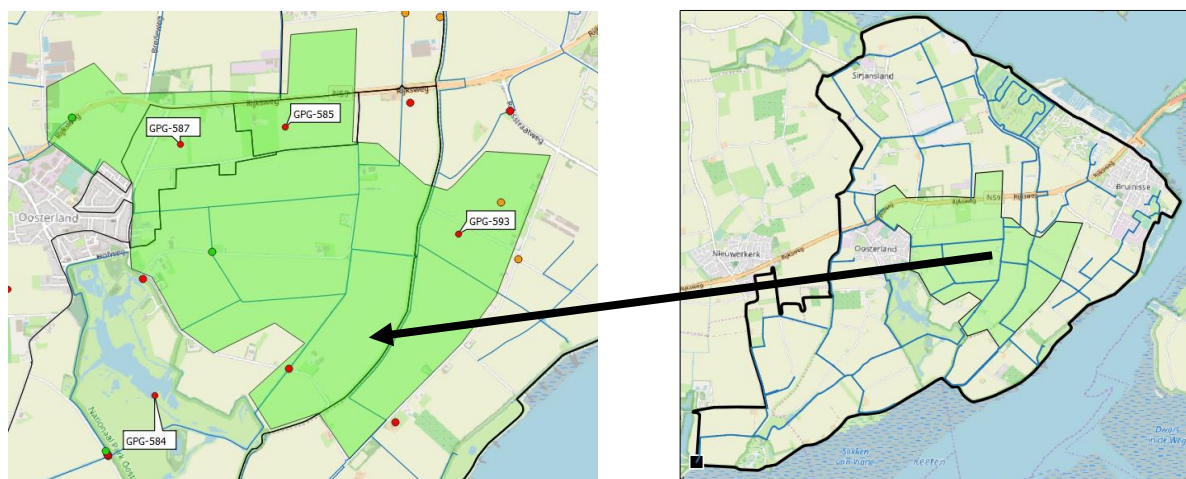


Figuur 11, Afwatering peilgebieden in relatie tot het zoutgehalte gebaseerd op FRESHEM en EC-metingen, Waterschap Scheldestromen (2020) en Natuurlijk Zoet (2019)

4.4 AFBAKENING ZOETWATERGEBIED

4.4.1 AFBAKENING ZOETWATERGEBIED OP BASIS VAN FRESHEM

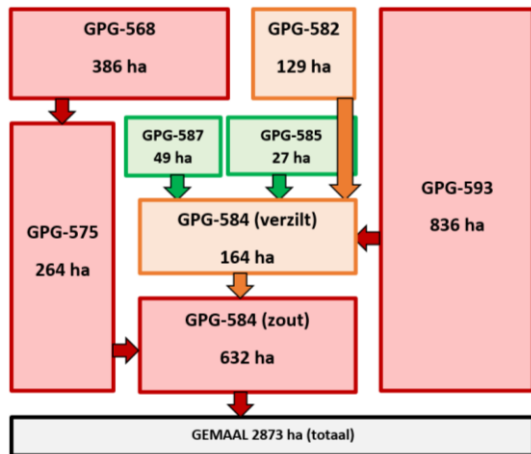
Op de FRESHEM-kaart kan de diepteligging van een in te stellen grensvlak worden bepaald. Het grensvlak is ingesteld op 1000 mg/l, dit staat gelijk aan een EC-waarde van 4,0 mS/cm. Het grondwater boven dit grensvlak is dus zeker zoet (Deltares, s.d.). De diepteligging is ingesteld op 15 meter tussen het maaiveld en de diepte waarop het grondwater een zoutgehalte van 1000 mg/l bereikt. Deze afstand is aangenomen om zeker te zijn dat het gebied niet onderhevig is aan zoute kwel. Deze parameters resulteren in de afbakening in figuur 12. Om deze afbakening aan de praktijk te toetsen zijn er aanvullende metingen verricht volgens het meetplan in bijlage 5.



Figuur 12, Afbakening zoetwatergebied met aanwezige meetlocaties, FRESHEM (2018) en Natuurlijk Zoet (2019)

4.4.2 MEETRESULTATEN AANVULLENDE EC-METINGEN

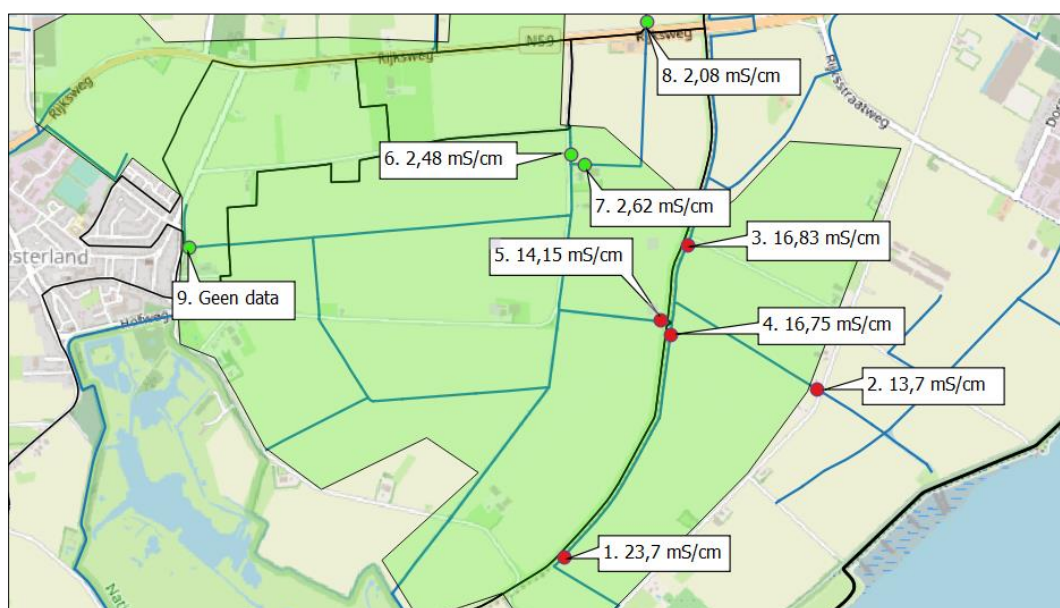
De hypothese in het meetplan, bijlage 5, was dat het oppervlaktewater binnen het zoetwatergebied zoeter zou zijn dan aan de grens of daarbuiten. Daarnaast werd verwacht dat het debiet vanuit GPG-582 en GPG-593 zout/brak zou zijn en het debiet vanuit GPG-587 en GPG-585 zoet zou zijn zoals beschreven in figuur 13.



Figuur 13, Afwatering plangebied gecombineerd met EC-waardes, Waterschap Scheldestromen (2020) en Natuurlijk Zoet (2019)

De hypothese is grotendeels bevestigd door de metingen weergegeven in figuur 14. Meetpunt 1 en 4 zijn een goed voorbeeld. Meetpunt 1 ligt stroomopwaarts op de grens van het zoetwatergebied en heeft een zeer hoge EC-waarde (23,7 mS/cm). Meetpunt 4 ligt stroomafwaarts en ligt meer binnen het zoetwatergebied. De lagere EC-waarde (16,75 mS/cm) laat zien dat de watergang tussen punt 1 en 4 wordt gevoed door zoet water.

Wat betreft de EC-waardes van het uitstromend debiet van de peilgebieden klopt de hypothese deels. Het debiet van GPG-585 is inderdaad zoet, zie meetpunt 6, en het debiet van GPG-593 is inderdaad zout, zie meetpunt 5. Het debiet van GPG-587 is niet gemeten omdat de watergang drooggevallen was, zie meetpunt 9. Door het droogvallen en op basis van de EC-metingen en de FRESHM-kaart kan worden aangenomen dat het debiet van dit peilgebied zoet is. Het debiet van GPG-582 is afwijkend. De verwachting was dat dit debiet brak zou zijn. Het debiet bleek echter zoet te zijn volgens meetpunt 7 en bevestigd met meetpunt 8.



Figuur 14, Aanvullende EC-metingen binnen het zoetwatergebied

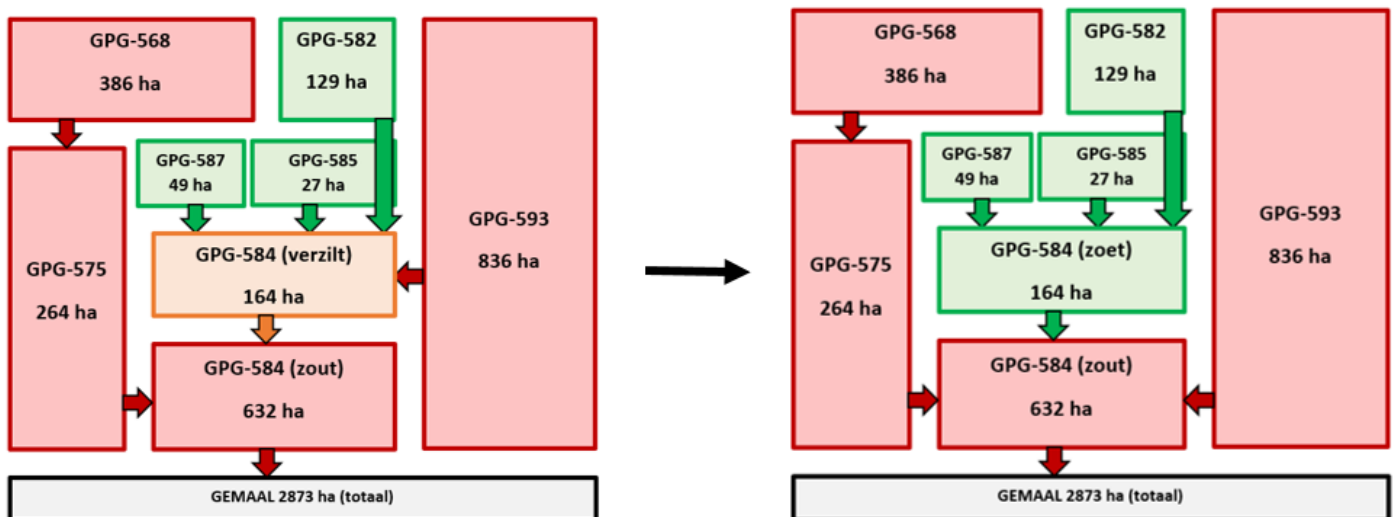
4.5 CONCLUSIES EC-MEETRESULTATEN

Op basis van de meetresultaten die beschreven zijn in paragraaf 4.4.2 is besloten dat GPG-582 binnen het zoetwatergebied valt, figuur 15. Het kritische punt van de verziltting is de afwatering van GPG-593 op GPG-584. GPG-584 is nu verzilt maar zou in een gescheiden systeem zoet kunnen worden. Hiertoe moeten de zoete en zoute stromen gescheiden worden en moet GPG-593 zuidelijker worden afgewaterd. Hierdoor ontstaat binnen GPG-584 een zoetwatergebied met een geschatte EC-waarde van 2,5 mS/cm (Natuurlijk Zoet, 2019).

Het basisprincipe dat wordt toegepast in hoofdstuk 5 is het voorkomen van de primaire afwatering van GPG-593 naar GPG-584 en het aanleggen van een alternatieve afwatering die zuidelijk van het zoetwatergebied moet afwateren op het zoute gedeelte van GPG-584.

De maximaal toelaatbare EC-waarde waarbij alle gewassen kunnen worden berekend is 4,5 mS/cm (Stuyt, 2016). Ten opzichte van de verwachte 2,5 mS/cm is er dus ruimte om een aanzienlijk debiet vanuit GPG-593 over te laten storten mocht dat nodig zijn (Kampman, 2020). De pijl tussen GPG-593 en GPG-584 in figuur 15 (links) is de schematische locatie van deze overstort. Het overstortdebiet is afhankelijk van de grootte van de watergangen in GPG-593. Deze relatie wordt nader toegelicht in paragraaf 5.3.

De bijgewerkte verwachting voor het zoutgehalte per watergang en de aangescherpte afbakening van het zoetwatergebied zijn opgenomen in bijlage 6. Op deze kaart is ook de splitsing tussen de categorieën brak en zeer brak verwerkt zoals beschreven in tabel 3 in paragraaf 4.1.



Figuur 15, Figuur 16, Schematische weergave huidige afwatering plangebied (links) en gewenste afwatering plangebied (rechts), Waterschap Scheldestromen (2020) en Natuurlijk Zoet (2019)

H.5 ONTWERPVOORSTEL VARIANTEN GESCHIEDEN WATERSYSTEEM

In dit hoofdstuk worden twee varianten voor het gescheiden watersysteem beschreven. Allereerst zal het gewenste resultaat worden beschreven aan de hand van de doelenboom, figuur 16. Deze doelen zijn uitgangspunten bij de inrichting van het gescheiden systeem. Vervolgens wordt beschreven hoe er in het plangebied invulling gegeven kan worden aan deze doelen. Deze invulling leidt uiteindelijk tot een ontwerp voor twee varianten van een gescheiden watersysteem.

5.1 DOELENBOOM

Onderstaande doelenboom, figuur 16, is opgesteld aan de hand van gesprekken met het Waterschap Scheldestromen en de Gemeente Schouwen-Duiveland. Allereerst zijn er drie hoofddoelen opgesteld.

De wens om de zoetwaterbeschikbaarheid te vergroten is de aanleiding voor dit onderzoek. Het vergroten van de zoetwaterbeschikbaarheid is daarom opgenomen als hoofddoel. Om dit doel te bereiken moet het watersysteem aangepast worden zodat het zoetwatergebied meer zoet water kan bergen. Daarnaast moet het watersysteem dermate worden ingericht dat dit zoete water niet verzilt (Waterschap Scheldestromen, 2020).

Het waterschap wil uiteraard de zoetwaterbeschikbaarheid vergroten maar zij geeft ook aan dat dit niet ten koste mag gaan van de waterveiligheid van het plangebied. Het voorkomen van wateroverlast is daarom ook een hoofddoel. Hiervoor moet enkel de huidige afvoercapaciteit worden behouden of vergroot; het waterschap heeft aangegeven dat de huidige afvoercapaciteit van het watersysteem voldoende is (Waterschap Scheldestromen, 2020).

Ten slotte is het een hoofddoel om kostenefficiënt te werken. Dit houdt in dat de realisatiekosten zo laag mogelijk worden gehouden en dat het gescheiden watersysteem ook functioneel moet zijn op de lange termijn. De investering zou anders niet rendabel zijn. De hoofddoelen en maatregelen die in onderstaande doelenboom zijn beschreven worden in de volgende paragrafen verder uitgewerkt.



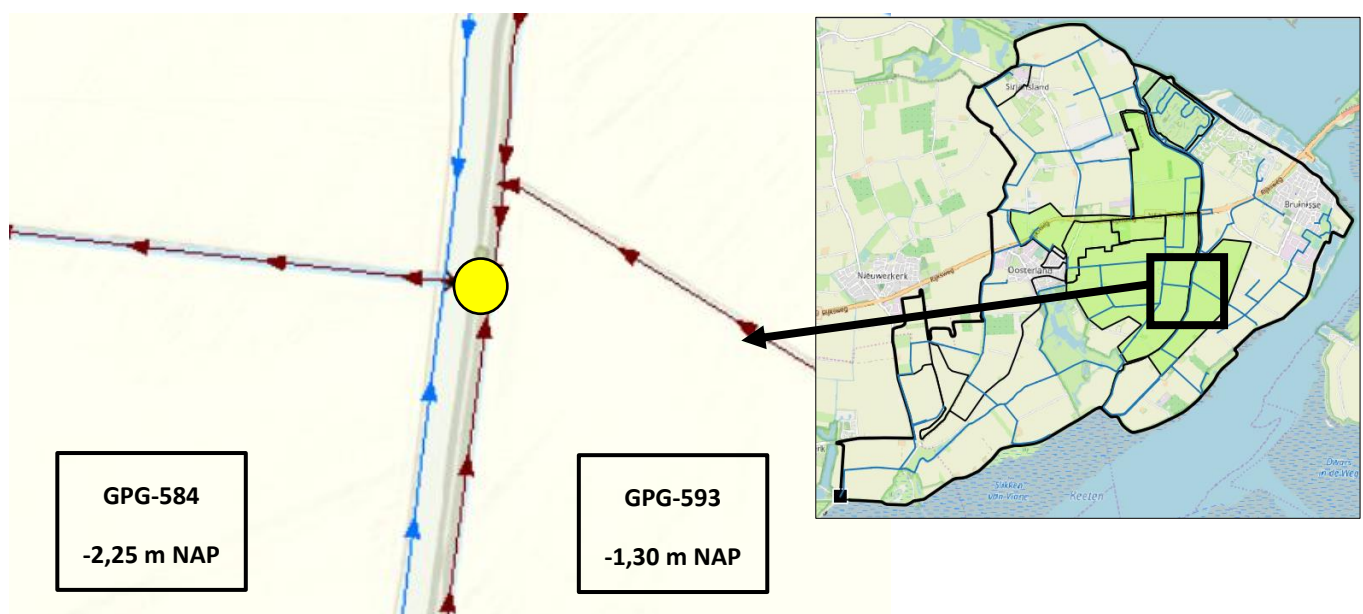
Figuur 16, Doelenboom voor het gescheiden watersysteem, Waterschap Scheldestromen en Gemeente Schouwen-Duiveland (2020)

5.2 VERGROTEN ZOETWATERBESCHIKBAARHEID

Het primaire doel van het gescheiden watersysteem is het scheiden van zoet en zout oppervlaktewater om zo de zoetwaterbeschikbaarheid te vergroten en het oppervlaktewater bruikbaar te maken voor beregening. Voor het vergroten van de zoetwaterbeschikbaarheid moeten twee doelen worden behaald: het voorkomen van verzilting van zoet water en het vergroten van de zoetwaterbergingscapaciteit.

5.2.1 VOORKOMEN VAN VERZILTING VAN ZOET WATER

In paragraaf 4.5 is geconcludeerd dat de afwatering van GPG-593 op de huidige manier niet wenselijk is. Momenteel vindt deze afwatering plaats door een duiker weergegeven met de gele stip in figuur 17. Het alternatief is een nieuwe duiker die aansluit op een primaire watergang in GPG-584 zuidelijk van het zoetwatergebied. Aangezien GPG-584 lager ligt dan GPG-593 is afwatering onder vrij verval mogelijk (Waterschap Scheldestromen, 2020).



Figuur 17, Locatie KDU huidig (gele stip) en zomerpeil peilgebieden GPG-584 en GPG-593 met huidige stroomrichting, Waterschap Scheldestromen (2020)

5.2.2 BERGINGSCAPACITEIT VAN ZOET WATER VERGROTEN

Om de bergingscapaciteit van het zoetwatergebied te vergroten moet het peil worden opgezet om de zoetwaterlens te vergroten. Dit is mogelijk door lokale peilverhoging op perceelniveau of grootschalig per peilgebied.

Lokale vergroting zoetwaterlens

Het vasthouden van zoet water is cruciaal bij het vergroten van de zoetwaterbeschikbaarheid. Er zijn meerdere methodes om lokaal de zoetwaterlens te vergroten. Eén van deze methodes is de waterconserveringsstuw die lokale peilopzetting mogelijk maakt (Hannewijk, Natuurlijk Zoet!, 2020). Agrariërs kunnen plaatsing van een waterconserveringsstuw aanvragen bij het waterschap. Een andere methode is antiverziltingsdrainage. Hierbij wordt een drainagebuis aangelegd die zout grondwater onttrekt en de bergingscapaciteit van de zoetwaterlens vergroot (Burger, 2020).

Grootschalige vergroting zoetwaterlens

Op grotere schaal kan het waterschap de keuze maken om het peil op te zetten wanneer er zoet water beschikbaar is. In de huidige situatie wordt het peil gehanteerd voor de optimale drooglegging afhankelijk van de functie van het aangrenzende perceel. Door flexibel peilbeheer, gebaseerd op de resterende bergingscapaciteit in de ondergrond en de verwachte neerslagintensiteit, kan het peil opgezet worden. Met peilverhoging is het mogelijk om de bergingscapaciteit van de watergang en de zoetwaterlens te vergroten (Waterschap Scheldestromen, 2020). Aan peilopzetting zijn strenge voorwaarden verbonden om wateroverlast of waterschade als gevolg van extreme neerslag te voorkomen. De marge in het watersysteem bedraagt 10 centimeter ten opzichte van het vastgestelde winter- of zomerpeil (Waterschap Scheldestromen, 2020). Er is dus ruimte voor flexibel peilbeheer. De effecten hiervan zijn voor de zoetwaterbeschikbaarheid pas op de lange termijn zichtbaar. Peilbeheer levert dus niet direct een grotere zoetwaterbeschikbaarheid op (Waterschap Scheldestromen, 2020).

Om peilsturing binnen het zoetwatergebied mogelijk te maken moet het peil van het zoetwatergebied onafhankelijk gestuurd kunnen worden. Dit is mogelijk door zuidelijk van het zoetwatergebied een klepstuw te realiseren. De klepstuw voorkomt tegelijkertijd dat het zoute oppervlaktewater vanuit de nieuwe afwatering op GPG-584 stroomopwaarts beweegt omdat het zoute debiet groter is dan zoete het debiet vanuit het zoetwatergebied (Kampman, 2020).

5.3 VOORKOMEN VAN WATEROVERLAST: AFVOERCAPACITEIT BEHOUDEN/VERBETEREN

Primaire afwatering

In de huidige situatie komen drie primaire watergangen samen voor de duiker, gele stip figuur 18. De afwaterende oppervlaktes van deze watergangen zijn in onderstaande figuur weergegeven. In het gescheiden watersysteem zal het debiet van Noord en Oost, samen 630 hectare, moeten worden afgewaterd door de zuidelijke watergang die nu slechts 206 hectare afwatert. Om de waterveiligheid te garanderen moet deze zuidelijke watergang het debiet van 836 hectare kunnen verwerken. Het waterschap heeft aangegeven dat de dimensies van de primaire watergang ter hoogte van de huidige duiker als leidraad kunnen worden gebruikt bij het verbreden van de watergangen (Waterschap Scheldestromen, 2020).

Het verbreden van de watergangen is een kostbare ingreep omdat een gedeelte van particuliere percelen wordt afgegraven. Wanneer er watergangen verbreed moeten worden, wordt er grond aangekocht van de aangrenzende percelen. Daarnaast moet er ook draagvlak aanwezig zijn voor deze maatregelen (Waterschap Scheldestromen, 2020).



Figuur 18, Afwatering GPG-593 in de huidige situatie, Waterschap Scheldestromen (2020)

Overstort

Het oppervlaktewater dat niet verwerkt kan worden door de primaire afwatering kan in de nieuwe inrichting overstorten op GPG-584 door de huidige duiker, weergegeven in figuur 19. Uit de EC-metingen blijkt dat het oppervlaktewater bij een neerslagoverschot zoet is (Natuurlijk Zoet, 2019). Bij een hevige bui of bij een neerslagoverschot wordt deze duiker als overstort ingezet om de waterveiligheid te garanderen. Er kan aangenomen worden dat de resulterende verzilting binnen het zoetwatergebied minimaal is. De huidige duiker is voorzien van een geautomatiseerde klepstuw (Waterschap Scheldestromen, 2020). Dit maakt het mogelijk om het overstortdebiet te controleren en voorkomt dat het zoute debiet bij een neerslagtekort het zoetwatergebied instroomt. De hoogte waarop de klepstuw ingesteld moet worden is afhankelijk van het maximaal toelaatbare debiet dat op GPG-584 mag overstorten.



Figuur 19, KDU-740 voorzien van geautomatiseerde klepstuw

Maximaal overstortdebiet

Het maximale overstortdebiet kan worden bepaald aan de hand van de maximaal toelaatbare zoutlast voor het zoetwatergebied (Kampman, 2020). In andere woorden: "Wat is het maximale debiet dat over mag storten vanuit GPG-593 op GPG-584 zonder dat het oppervlaktewater te zout wordt voor beregening?". De verwachting is dat dit overstortdebiet resulteert in een significante verlaging van het debiet dat door de primaire afwatering van GPG-593 moet worden afgewaterd. De eisen voor de dimensies van de watergangen, dimensioneren op 836 ha, worden beschouwd als een overschatting omdat het maximale overstortdebiet hierin nog niet is meegenomen. In dit onderzoek is de 836 ha wel aangehouden voor de aanbevolen dimensies van de watergangen. In praktijk hoeven de watergangen waarschijnlijk minder breed te zijn waardoor de kosten voor het verbreden van de watergangen aanzienlijk lager zijn. Een hoger overstortdebiet geeft dus lagere kosten voor het verbreden van de watergangen maar verhoogt het risico op verzilting van het zoetwatergebied (Kampman, 2020). Om de juiste balans tussen deze factoren te vinden is aanvullend onderzoek nodig naar de maximaal toelaatbare zoutlast en het resulterende overstortdebiet.

5.4 KOSTENEFFICIËNT WERKEN

5.4.1 LAGE REALISATIEKOSTEN

Een overzicht van de geschatte realisatiekosten is opgenomen in paragraaf 6.1.2 en paragraaf 6.2.2.

5.4.2 FUNCTIONALITEIT OP DE LANGE TERMIJN

Functionaliteit op de lange termijn is afhankelijk van de verzilting van het plangebied op de lange termijn. Om de functionaliteit van het gescheiden systeem te garanderen moet verdere zoutindringing worden voorkomen. Verdere zoutindringing heeft als gevolg dat de grenzen van het zoetwatergebied anders komen te liggen waardoor de voorgestelde indeling voor het gescheiden watersysteem niet langer optimaal is. Het tegengaan van de kwelwerking is wellicht een meekoppelkans bij de inrichting van het waterkerend landschap (Kenniscommunity Oosterschelde, 2020).

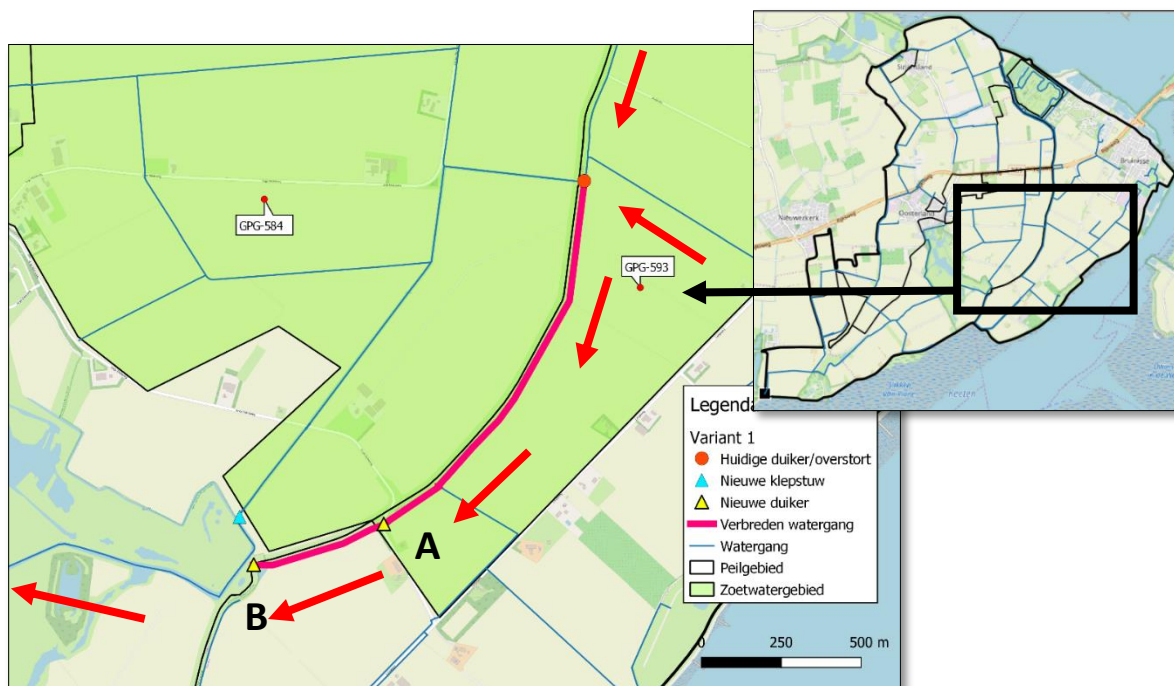
5.5 ORIËTEREND ONTWERP GESCHIEDEN WATERSYSTEEM

De locatie voor het ontwerp komt voort uit het kritieke punt dat aangewezen is in paragraaf 4.5. Daarnaast moet de nieuwe afwatering naar GPG-584 onder het zoetwatergebied worden aangesloten. Het aanpassen van de afwatering op deze punten levert de grootste zoetwaterbeschikbaarheid op tegen de minste inspanning. Er zijn twee varianten ontworpen. Een derde variant ligt niet voor de hand; de kosten en het maatregelenpakket voor het verder vergroten van het zoetwatergebied zouden te groot worden om het een haalbare variant te maken. Er is overwogen om deze varianten als fases aan te bevelen waarbij variant 2 een uitbreiding is op variant 1. Het waterschap ziet hier weinig potentie in (Waterschap Scheldestromen, 2020). De gemeente wil deze optie wel graag openhouden (Gemeente Schouwen-Duiveland, 2020). Daarom is besloten om twee losstaande varianten te ontwerpen en één voorkeursvariant te kiezen. Mocht variant 1 de voorkeursvariant worden dan kan in een later stadium alsnog besloten worden om variant 2 als uitbreiding te implementeren. De ontwerpen van deze varianten zijn opgenomen in bijlage 7 en 8.

5.5.1 VARIANT 1

In deze variant worden de watergangen langs de kering tussen GPG-593 en GPG-584 verbreed tot één primaire watergang met een nieuwe stroomrichting zoals beschreven in figuur 20. De huidige duiker wordt gebruikt als overstort. Bij een neerslagoverschot of hevige neerslag stort het overschot via de huidige duiker over op GPG-584. Het grootste debiet stroomt door de nieuwe primaire watergang richting duiker A en vervolgens richting duiker B. Ter hoogte van duiker B watert het totaaldebiet, min het overstortdebiet, van GPG-593 af op GPG-584. Om te voorkomen dat dit debiet het zoetwatergebied instroomt, wordt er op de ondergrens van het zoetwatergebied een klepstuw geplaatst. Deze klepstuw voorkomt dat het zoute debiet vanuit punt B opstuwt naar het zoetwatergebied (Kampman, 2020).

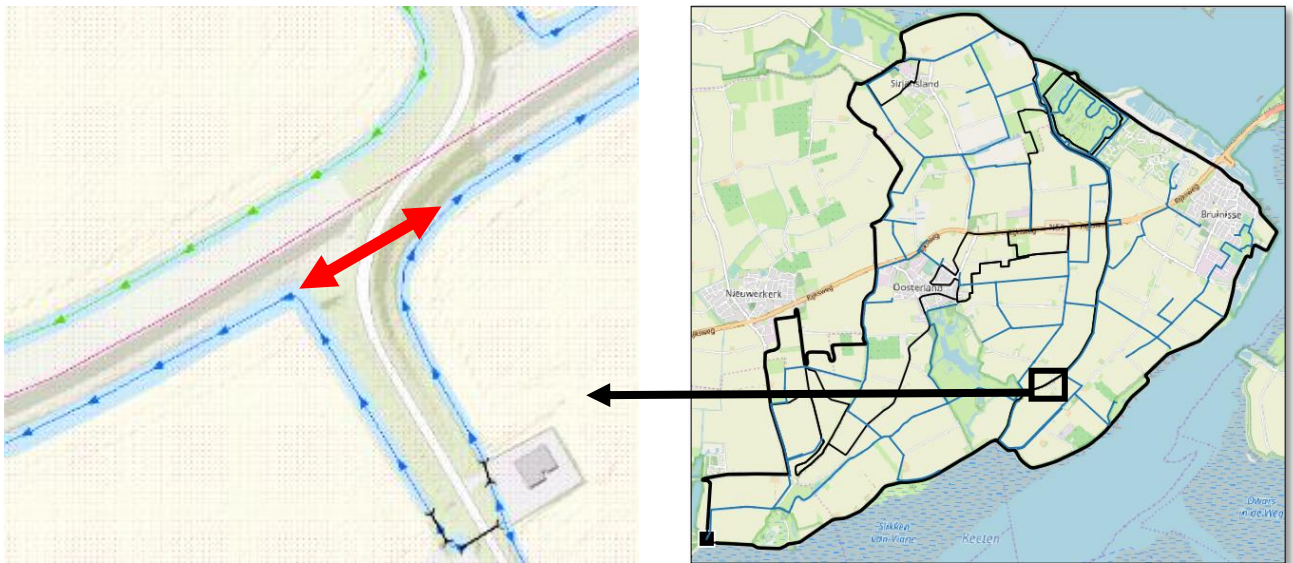
De locatie van duiker B is gebaseerd op de ligging van het zoetwatergebied en de primaire afwatering van GPG-584. De duiker sluit onder het zoetwatergebied aan op de primaire afwatering van GPG-584. De afvoercapaciteit van deze watergang is hoog genoeg om het debiet te verwerken (Waterschap Scheldestromen, 2020). Een kritiek punt is de primaire afwatering van GPG-593 door het zoetwatergebied waardoor de maximale potentie van het zoetwatergebied niet wordt benut. Daar staat tegenover dat de realisatiekosten van deze variant laag zijn (Waterschap Scheldestromen, 2020).



Figuur 20, Alternatieve afwatering en nieuwe stroomrichting van GPG-593 voor variant 1 van het gescheiden watersysteem

Duiker A

De nieuwe duiker op locatie A, figuur 20, wordt aangelegd om de doorstroming te bevorderen. De duiker zal in een kering moeten worden gerealiseerd. Deze kering heeft geen waterkerende functie, desondanks is het een kostbare ingreep (Waterschap Scheldestromen, 2020). In de huidige situatie vindt de afwatering plaats zoals zichtbaar in figuur 21. De blauwe lijnen in deze figuur geven de secundaire watergangen weer die verantwoordelijk zijn voor de huidige afwatering. De rode pijl geeft de gewenste locatie van de nieuwe duiker weer. In het ontwerp van variant 1 is de realisatie van een nieuwe duiker opgenomen. Het vergroten van de secundaire watergangen en de bijbehorende duikers zou, afhankelijk van de realisatiekosten, ook een optie kunnen zijn (Waterschap Scheldestromen, 2020). Er wordt daarom aanbevolen om beide opties nader te onderzoeken.



Figuur 21, Huidige afwatering ter hoogte van nieuwe duiker A en gewenste afwatering in variant 1 weergegeven met de rode pijl, Waterschap Scheldestromen (2020)

Fysieke maatregelen

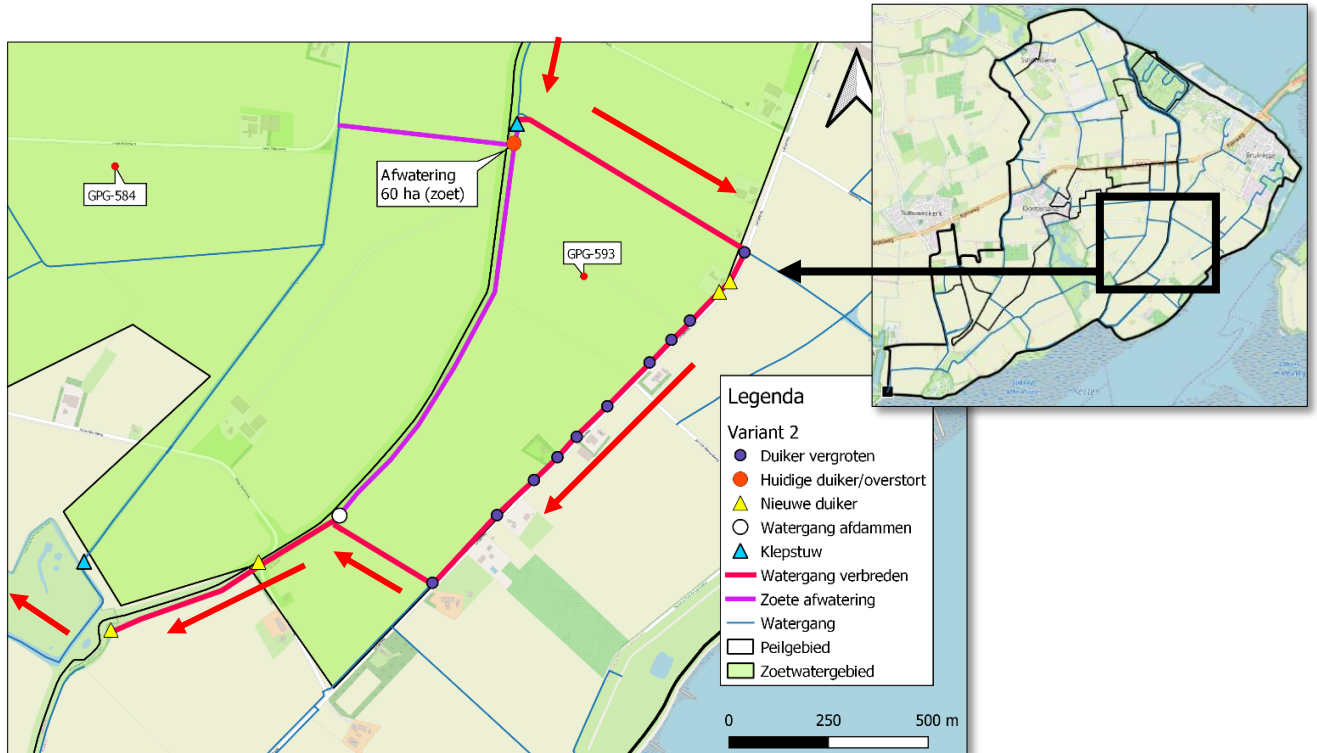
Een gedetailleerde tabel met de maatregelen en ID-codes is opgenomen in bijlage 9. Een beknopte weergave van de maatregelen is opgenomen in tabel 4. Het afwaterende oppervlak dat vrijkomt als zoetwatergebied bedraagt 497 hectare. Het zoute debiet van 836 hectare wordt gescheiden afgevoerd en onder het zoetwatergebied afgewaterd op de primaire afwatering richting het gemaal voor de polders Bruinisse en Oosterland (Waterschap Scheldestromen, 2020).

Tabel 4, Maatregelen variant 1

Maatregel	Lengte (m1)
Primaire watergang verbreden	1018
Secundaire watergang verbreden	565
Aanleggen duiker (A) onder kering zonder waterkerende functie	43
Aanleggen duiker (B) met klepstuw onder kering met waterkerende functie	59
Huidige duiker (KDU-740) gebruiken als overstort	
Aanleggen klepstuw op zuidgrens van zoetwatergebied GPG-584	

5.5.2 VARIANT 2

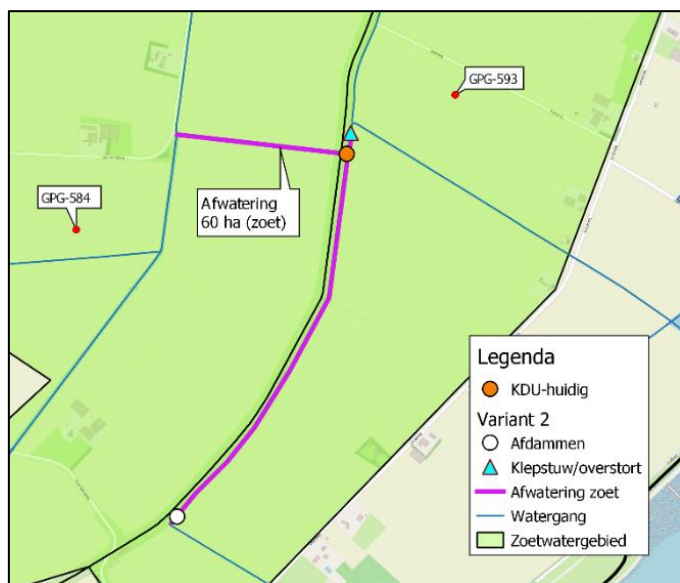
Deze variant is ontworpen om een groter deel van het zoetwatergebied te benutten. In figuur 22 is te zien dat de primaire afwatering van variant 2 wordt omgeleid door het plaatsen van een klepstuw/overstort. Het neerslagoverschot stort via deze klepstuw over naar de huidige duiker om vervolgens af te wateren op GPG-584. De primaire afwatering wordt omgeleid en loopt langs de grens van het zoetwatergebied om uiteindelijk naar de nieuwe duiker te stromen die afwatert op GPG-584 onder het zoetwatergebied.



Figuur 22, Alternatieve afwatering en stroomrichting van GPG-593 voor variant 2 van het gescheiden watersysteem

Extra zoetwatergebied

Door het omleiden van de primaire afwatering komt er 60 hectare zoetwatergebied vrij. Dit gebied watert af op GPG-584 langs de huidige duiker (Waterschap Scheldestromen, 2020). Om verzilting van deze watergang te voorkomen moet deze worden afgedamd zoals beschreven in figuur 23.



Figuur 23, Afwatering zoetwatergebied GPG-593 variant 2

Duikers

De uitdaging van deze variant is het garanderen van de doorstroming. Secundaire watergang B bevat een tiental duikers (Waterschap Scheldestromen, 2020). Deze moeten worden verwijderd om vervolgens grotere duikers aan te leggen, zie figuur 24. Daarnaast moeten er twee nieuwe duikers worden gerealiseerd omdat de watergang op deze punten is gedempt (Waterschap Scheldestromen, 2020).



Figuur 24, Locatie te vergroten duikers en nieuwe duikers variant 2

Fysieke maatregelen

Een tabel met de maatregelen en ID-codes is opgenomen in bijlage 9. Een beknopte weergave van de maatregelen is opgenomen in tabel 5. Het afwaterende oppervlak dat vrijkomt als zoetwatergebied bedraagt 557 hectare (Waterschap Scheldestromen, 2020). Dit is een vergroting in de zoetwaterbeschikbaarheid van 12 procent ten opzichte van variant 1.

Tabel 5, Maatregelen variant 2

Maatregel	Aantal	Lengte (m1)
Primaire watergang verbreden		950
Secundaire watergang verbreden		1705
Afdammen zoete watergang		
Duikers verwijderen	10	
Nieuwe duikers aanleggen in primaire afwatering	12	
Aanleggen klepstuw/overstort GPG-593		
Aanleggen klepstuw op zuidgrens van zoetwatergebied GPG-584		
Aanleggen duiker (A) onder kering zonder waterkerende functie		43
Aanleggen duiker (B) met klepstuw onder kering met waterkerende functie		59

H.6 KEUZE VOORKEURSVARIANT

In dit hoofdstuk wordt de juridische en financiële haalbaarheid van beide varianten beoordeeld. De technische haalbaarheid van beide varianten is ook beoordeeld en opgenomen in bijlage 10. Uit de beoordeling van de technische haalbaarheid is geconcludeerd dat beide varianten technisch haalbaar zijn. Het grote maatregelenpakket van variant 2 zorgt er wel voor dat de uitvoerbaarheid van variant 2 aanzienlijk lastiger is dan die van variant 1. Hier staat tegenover dat variant 2 wel een grotere zoetwaterbeschikbaarheid oplevert dan variant 1.

6.1 HAALBAARHEID VARIANT 1

6.1.1 JURIDISCHE HAALBAARHEID VARIANT 1

De juridische haalbaarheid van de varianten is gebaseerd op gesprekken met de gemeente, het waterschap en het Living Lab Schouwen-Duiveland. Daarnaast worden ook de agrariërs uit het gebied en de perceeleeigenaren langs de te verbreden watergangen meegenomen. Hier zijn nog geen gesprekken mee gevoerd. De voorkeur van deze stakeholders is ingeschat op basis van de verhouding tussen de kosten voor de stakeholder en de resulterende zoetwaterbeschikbaarheid. Er is verder onderzoek nodig om een totaalbeeld te krijgen van het draagvlak per variant.

Waterschap Scheldestromen

Uit gesprekken met het waterschap blijkt dat variant 1 de voorkeur heeft. Deze voorkeur is gebaseerd op het feit dat variant 1 makkelijker uitvoerbaar is en het zoetwatergebied vergroot tegen relatief lage realisatiekosten (Waterschap Scheldestromen, 2020). Op basis van deze gesprekken wordt de juridische haalbaarheid voor variant 1 hoger beoordeeld dan die van variant 2.

Gemeente Schouwen-Duiveland

Uit gesprekken met de gemeente Schouwen-Duiveland blijkt dat variant 1 een lichte voorkeur heeft. In paragraaf 5.5 is beschreven dat de gemeente variant 2 nog niet af wil schrijven en de optie tot een gefaseerde implementatie van het gescheiden watersysteem graag open wil houden. Hierbij speelt het maximale overstortdebiet een belangrijke rol. Bij een hoger overstortdebiet zouden de kosten voor het verbreden van de watergangen in variant 1 en 2 dalen waardoor een fasering financieel aantrekkelijker wordt. Graag zien zij ook dat er nader onderzoek wordt gedaan naar het maximaal toelaatbare overstortdebiet (Gemeente Schouwen-Duiveland, 2020). De juridische haalbaarheid van variant 1 is momenteel dus lichtelijk hoger dan die van variant 2 maar dit zou nog kunnen veranderen.

Living Lab Schouwen-Duiveland

Vanuit het Living Lab is de wens uitgesproken om de zoetwaterbeschikbaarheid te vergroten (Provincie Zeeland, 2020). Er zal daarom zeker draagvlak zijn voor deze variant. Het living lab bestaat uit meerdere stakeholders en het draagvlak van deze stakeholders is grotendeels afhankelijk van de kostenverdeling. Hierbij probeert elke stakeholder een gunstige kosten/baten balans te vinden. De juridische haalbaarheid is daarom op dit moment nog niet vast te stellen.

Perceeleigenaren langs de te verbreden watergangen

De maatregelen van variant 1 worden grotendeels uitgevoerd op het perceel van deze personen. Dit levert hen echter geen vergroting van de zoetwaterbeschikbaarheid op (Gemeente Schouwen-Duiveland, 2020). Sterker nog, het debiet van zout oppervlaktewater dat langs hun perceel stroomt wordt hoger. De juridische haalbaarheid voor variant 1 wordt vanuit deze stakeholder daarom ingeschat als laag. Met deze stakeholder zijn verdere gesprekken nodig om dit te bevestigen.

Agrariërs Zoetwatergebied

De maatregelen van variant 1 worden niet op het perceel van deze agrariërs getroffen maar hun zoetwaterbeschikbaarheid wordt wel vergroot. Daarom kan deze stakeholder ook benaderd worden voor de financiering van de maatregelen. De kosten en de baten voor deze stakeholder zullen waarschijnlijk in balans zijn. De juridische haalbaarheid voor variant 1 wordt vanuit deze stakeholder geschat als hoog omdat de zoetwatervraag vanuit deze stakeholder hoog is (Gemeente Schouwen-Duiveland, 2020). Met deze stakeholder zijn verdere gesprekken nodig om dit te bevestigen.

6.1.2 FINANCIËLE HAALBAARHEID VARIANT 1

In tabel 6 is te zien dat het verbreden van de watergangen en het aanleggen van de nieuwe duiker met klepstuw de meest ingrijpende maatregelen zijn op financieel gebied (Waterschap Scheldestromen, 2020). De kosten in deze tabel zijn een schatting, hier kunnen dus geen rechten aan worden ontleend.

Tabel 6, Geschatte realisatiekosten variant 1, Kentallen Waterschap Scheldestromen (2020)

Maatregel	Realisatiekosten (euro's)
Verbreden watergangen	166.215,-
Aanleggen duiker onder kering zonder waterkerende functie	55.000,-
Aanleggen duiker met klepstuw onder kering met waterkerende functie	100.000,-
Aanleggen klepstuw GPG-584	15.000,-
Totaal	336.215,-

6.2 HAALBAARHEID VARIANT 2

6.2.1 JURIDISCHE HAALBAARHEID VARIANT 2

Waterschap Scheldestromen

Zie paragraaf 6.1.1.

Gemeente Schouwen-Duiveland

Zie paragraaf 6.1.1.

Living lab Schouwen-Duiveland

Vanuit het living Lab is de wens uitgesproken om de zoetwaterbeschikbaarheid te vergroten (Provincie Zeeland, 2020). Variant 2 zorgt voor een grotere zoetwaterbeschikbaarheid maar dit is ook duidelijk terug te zien in de realisatiekosten. De juridische haalbaarheid vanuit deze stakeholder hangt af van de verschillende partijen in het Living Lab en is daarom nog niet vast te stellen.

Perceeleigenaren langs de te verbreden watergangen

Het draagvlak van de perceeleigenaren is sterk afhankelijk van hun locatie. De perceeleigenaren die aan zoet water grenzen, profiteren van een verhoogde zoetwaterbeschikbaarheid (Gemeente Schouwen-Duiveland, 2020). Er zijn daarom aanvullende gesprekken nodig om de juridische haalbaarheid te bepalen.

Agrariërs Zoetwatergebied

Zie paragraaf 6.1.1.

6.2.2 FINANCIËLE HAALBAARHEID VARIANT 2

De geschatte realisatiekosten van variant 2 liggen 75% hoger dan die van variant 1 waardoor de financiële haalbaarheid lager is (Waterschap Scheldestromen, 2020). De zoetwaterbeschikbaarheid is 12% hoger ten opzichte van variant 1. De kosten in tabel 7 zijn een schatting, hier kunnen geen rechten aan worden ontleend.

Tabel 7, Geschatte realisatiekosten variant 2, Kentallen Waterschap Scheldestromen (2020)

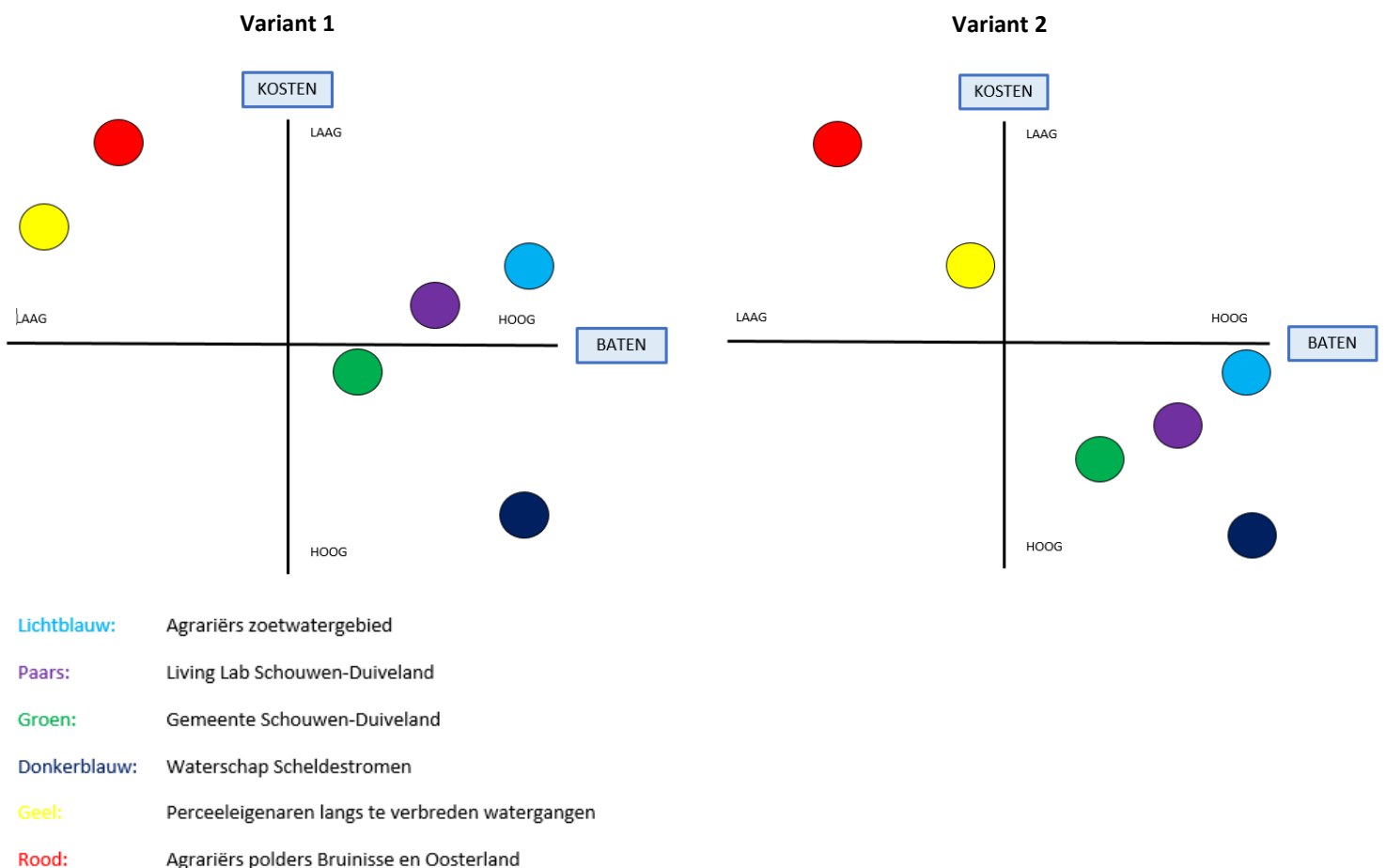
Maatregel	Realisatiekosten
Verbreden secundaire watergang	198.500,-
Verbreden primaire watergang	99.750,-
Aanleggen duiker onder kering zonder waterkerende functie	55.000,-
Aanleggen duiker met klepstuw onder kering met waterkerende functie	100.000,-
Duikers verwijderen en nieuwe duikers aanleggen	100.000,-
Afdammen watergang	5000,-
Aanleggen klepstuw/overstort	15.000,-
Aanleggen klepstuw GPG-584	15.000,-
Totaal	588.250,-

6.3 KOSTEN-BATEN VERHOUDING TUSSEN DE STAKEHOLDERS

Figuur 25 geeft de kosten-baten verhouding tussen de stakeholders bij beide varianten weer. De gemeente, het waterschap, de agrariërs en het living lab zijn bij variant 2 (figuur 38, rechts) licht naar rechts verplaatst omdat de zoetwaterbeschikbaarheid van variant 2 groter is en de baten daarom groter zijn. Ook zijn ze meer naar onder verplaatst omdat de realisatiekosten aanzienlijk hoger zijn dan ten opzichte van variant 1 (Waterschap Scheldestromen, 2020).

De grootste verandering vindt plaats bij de perceeleigenaren langs de te verbreden watergangen. In variant 1 wordt de zoutlast langs hun perceel hoger, dit is meegenomen als een kostenpost. Bij variant 2 profiteren zij echter wel van een hogere zoetwaterbeschikbaarheid waardoor de baten aanzienlijk groter worden maar de kosten ook. Dit is een belangrijke stakeholder om verder mee te nemen bij het beoordelen van het draagvlak voor beide varianten. Om het totale draagvlak voor beide varianten te bepalen en mee te nemen in de afweging van de voorkeursvariant is er meer onderzoek nodig. Er zijn nog geen gesprekken geweest met lokale agrariërs, ondernemers en perceeleigenaren. Daarnaast zijn de standpunten van de gemeente en het waterschap ingeschat op basis van gesprekken met individuen en is er nog geen intern overleg geweest. Het draagvlak wordt daarom niet meegenomen in de variantenafweging.

Voor de kostenverhouding in het algemeen is ingeschat dat het waterschap en de gemeente verantwoordelijk zijn voor het grootste deel van de financiering waarbij het waterschap de meeste kosten draagt. Daarnaast is er vanuit het Living Lab geld beschikbaar en kunnen de agrariërs en perceeleigenaren die profiteren van een grotere zoetwaterbeschikbaarheid worden gevraagd om mee te betalen (Gemeente Schouwen-Duiveland, 2020).



Figuur 25, Schematische weergaven kosten-baten verhouding tussen de stakeholders bij variant 1 (links) en variant 2 (rechts)

6.4 KEUZE VOORKEURSVARIANT

De keuze voor de voorkeursvariant is gebaseerd op de kosten en de baten van de stakeholders zoals beschreven in paragraaf 6.3.

Voor de kosten zijn de realisatiekosten van beide varianten aangehouden. De realisatiekosten voor variant 1 en 2 bedragen respectievelijk 336.115,- euro en 588.250,- euro (Waterschap Scheldestromen, 2020). Variant 2 is 75% duurder.

Voor de baten is er gekeken naar het verschil in zoetwaterbeschikbaarheid bij beide varianten. Variant 1 levert een zoetwatergebied van 497 hectare op terwijl variant 2 resulteert in een zoetwatergebied van 557 hectare, een verschil van 12% (Waterschap Scheldestromen, 2020).

Naast de kosten en baten wordt de doelenboom gebruikt om de afweging te ondersteunen. In deze doelenboom, figuur 16, zijn 3 hoofddoelen opgesteld: Het vergroten van de zoetwaterbeschikbaarheid, voorkomen van wateroverlast en kostenefficiënt werken. Variant 2 vergroot de zoetwaterbeschikbaarheid meer dan variant 1. Het voorkomen van wateroverlast, oftewel de waterveiligheid, is in variant 1 en variant 2 nagenoeg gelijk. In variant 2 moeten echter wel meer maatregelen worden genomen om deze waterveiligheid te kunnen garanderen. Variant 1 is efficiënter qua kosten.

De keuze van de voorkeursvariant is dus een afweging tussen de realisatiekosten en de zoetwaterbeschikbaarheid. De essentie van deze afweging is dat variant 2 75% duurder is om het zoetwatergebied 12% te vergroten. Op basis van deze afweging is besloten variant 1 als voorkeursvariant aan te bevelen.

6.5 TOEKOMSTBEELD VOORKEURSVARIANT

Variant 1 wordt aanbevolen omdat de kosten van variant 2 niet opwegen tegen de baten. Het toekomstbeeld voor Schouwen-Duiveland schetst een situatie waarin de zoetwaterbeschikbaarheid verder afneemt door toedoen van klimatologische factoren zoals beschreven in hoofdstuk 1. De verwachting is dat deze veranderingen ervoor zorgen dat de "waarde van water" stijgt. Variant 2 zou hierdoor aantrekkelijker worden omdat er meer waarde wordt gehecht aan de grootte van het zoetwatergebied dan aan de realisatiekosten (Kampman, 2020). Mocht er in een later stadium een definitieve keuze tussen de varianten moeten worden gemaakt dan is deze ontwikkeling interessant om mee te nemen in de afweging.

Het toekomstbeeld schets ook een behoefte voor flexibel peilbeheer en peilverhoging om de zoetwaterlens te vergroten. Dit is nodig om de zoetwaterbergingscapaciteit van het zoetwatergebied te vergroten. In beide varianten zijn stuwen opgenomen waarmee het peil binnen het zoetwatergebied kan worden beheerd zonder de primaire afwatering van GPG-593 te belemmeren. In bijlage 11 is een voorstel voor de waterhuishoudelijke inrichting van de voorkeursvariant opgenomen.

H.7 CONCLUSIE

Dit afstudeeronderzoek is opgesteld met het doel om antwoord te geven op de volgende vraag:

“Is het haalbaar om het oppervlaktewatersysteem in de polders Bruinisse en Oosterland dermate aan te passen dat de menging van zout/brak oppervlaktewater met zoet oppervlaktewater wordt tegengegaan waarmee verdere verzilting van het zoetwatergebied wordt voorkomen en zoetwaterbeschikbaarheid voor agrariërs wordt gegarandeerd?”

Samengevat is er geconcludeerd dat het haalbaar is om met de aanbevolen voorkeursvariant, figuur 26, de menging van zout en zoet oppervlaktewater tegen te gaan. Hiermee wordt de verzilting van het zoetwatergebied als gevolg van de waterhuishoudelijke inrichting voorkomen. Externe factoren zoals de toenemende kweldruk maken het onmogelijk om verzilting helemaal uit te sluiten. Met de voorkeursvariant wordt een zoetwatergebied van 497 hectare gerealiseerd. Binnen dit gebied kan zoet water worden geborgen met het toepassen van lokale peilopzetting en flexibel peilbeheer binnen het zoetwatergebied. Hiermee wordt de zoetwaterbeschikbaarheid voor agrariërs binnen het zoetwatergebied vergroot, maar niet gegarandeerd. Met name in droge jaren is het neerslagtekort te hoog om zoetwaterbeschikbaarheid te garanderen (KNMI, 2020). Daarnaast kost het tijd om de zoetwaterbeschikbaarheid significant te vergroten. Voor agrariërs buiten het zoetwatergebied zal de zoetwaterbeschikbaarheid onveranderd blijven ten opzichte van de huidige situatie. De realisatiekosten van de voorkeursvariant worden geschat op 336.000 euro (Waterschap Scheldestromen, 2020). Op de volgende pagina is een uitgebreide motivatie voor de conclusie opgenomen.



Figuur 26, Aanbevolen voorkeursvariant

Tegengaan menging zoet en zout oppervlaktewater

Het is haalbaar om het oppervlaktewatersysteem dermate aan te passen dat de menging van zout en zoet oppervlaktewater wordt tegengegaan. Hiervoor wordt een alternatieve afwatering aanbevolen, de voorkeursvariant. Deze voorkeursvariant bestaat uit het verbreden van een aantal watergangen, realiseren van een klepstuw op de grens van het zoetwatergebied en het aanleggen van 2 duikers onder een waterkering, figuur 26. Met deze alternatieve afwatering wordt de menging van zout en zoet oppervlaktewater tegengegaan maar niet volledig voorkomen. De primaire afwatering van de voorkeursvariant loopt deels door het zoetwatergebied heen waardoor er nog steeds sprake is van menging van zout oppervlaktewater en zoet grondwater. Het oplossen van dit probleem verhoogt de realisatiekosten en doet af aan de financiële haalbaarheid.

Voorkomen verzilting plangebied

Het is niet haalbaar om het oppervlaktewatersysteem dermate aan te passen dat de verdere verzilting van het plangebied in zijn geheel wordt voorkomen. Hier zijn factoren bij betrokken die niet, of nauwelijks, beïnvloedbaar zijn. De factor met de grootste invloed is kweldruk als gevolg van de zeespiegelstijging. Deze factor speelt een belangrijke rol bij de verzilting van de polders van Bruinisse en Oosterland. Met name op de lange termijn zorgt de toenemende kweldruk voor een uitdagende toekomst op het gebied van zoetwaterbeschikbaarheid voor de agrarische sector. Met het gescheiden watersysteem wordt voorkomen dat zout oppervlaktewater op zoet oppervlaktewater afwatert. Dit is echter geen permanente maatregel tegen toenemende kweldruk als gevolg van zeespiegelstijging. Hiervoor liggen wel kansen in de inrichting van het waterkerend landschap (Kenniscommunity Oosterschelde, 2020).

Garantie zoetwaterbeschikbaarheid agrarische sector

Het is niet haalbaar om het oppervlaktewatersysteem dermate aan te passen dat de zoetwaterbeschikbaarheid voor agrariërs wordt gegarandeerd. De inrichting van de voorkeursvariant zorgt ervoor dat zout oppervlaktewater niet langer het zoetwatergebied instroomt. Hierdoor ontstaat een zoetwatergebied van 497 hectare. De meeste watergangen in het zoetwatergebied zullen echter droogvallen wanneer het neerslagtekort toeneemt. De zoetwaterbeschikbaarheid is dus vergroot maar niet gegarandeerd. Het bergen van zoet water in combinatie met flexibel peilbeheer is dan ook een belangrijke vervolgstap na het realiseren van het gescheiden watersysteem. Hiermee is de zoetwaterbeschikbaarheid niet direct vergroot. Het kost tijd om de zoetwaterlens te vergroten, grondwaterstromingen gaan namelijk relatief langzaam. Ten slotte hebben agrariërs een vergunning nodig om zoet water te mogen onttrekken. In de huidige situatie is het gebied nog te kwetsbaar om deze vergunning te verlenen (Waterschap Scheldestromen, 2020)

H.8 DISCUSSIE EN AANBEVELINGEN

8.1 DISCUSSIE

Datareeks van de EC-metingen agrariërs

Bij het bepalen van het zoutgehalte van de watergangen is gebruik gemaakt van EC-metingen van agrariërs in het gebied. De betrouwbaarheid van deze meetpunten verschilt. Zo is er op enkele meetpunten gemeten terwijl de watergang droog was gevallen. Hierdoor is de geleidbaarheid van lucht gemeten, dit wordt geregistreerd als zoet. Daarnaast is er gebruik gemaakt van de data tot en met december 2019. De meest recente data zijn niet meegenomen omdat er op een bepaald punt een definitief model moest worden samengesteld. Daarnaast zijn alle EC-metingen verricht in droge jaren. 2018, 2019 en 2020 kennen tot nu toe een uitzonderlijk hoog neerslagtekort. Dit kan een vertekend beeld geven van de ernst van de verzilting.

De impact van bovenstaande gegevens op het onderzoek is relevant. De EC-metingen hebben een belangrijke rol gespeeld bij het analyseren van de zoet-zout verdeling in het watersysteem en de ondergrond. De geadviseerde voorkeursvariant is gebaseerd op deze data. Aanvullend onderzoek naar de inpasbaarheid van de voorkeursvariant is daarom ook nodig om de betrouwbaarheid te vergroten. Dit wordt nader toegelicht in paragraaf 8.2.

Zelf verrichte EC-metingen

Zoals beschreven in bovenstaande alinea zijn er eigenhandig metingen verricht om de verwachte afbakening van het zoetwatergebied te verifiëren. In deze metingen kunnen meetfouten zijn opgetreden waardoor de betrouwbaarheid wordt verkleind. De impact van deze meetfouten op de onderzoeksresultaten is echter gering. Op elke locatie zijn meerdere metingen verricht voor grotere betrouwbaarheid. Daarnaast kwamen de resultaten overeen met de hypothese. Interessanter is het feit dat de metingen aantonen dat het debiet van GPG-582 zoet is terwijl de verwachting was dat dit debiet brak zou zijn. Dit maakt het de moeite waard om te onderzoeken of er nog meer gebieden zijn waar dit het geval is zodat deze ook bij het zoetwatergebied kunnen worden betrokken. Dit wordt toegelicht in paragraaf 8.2.

Verbreden van de watergangen

Bij de keuze voor de voorkeursvariant hebben de realisatiekosten een grote rol gespeeld. Omdat de realisatiekosten van variant 2 75% hoger liggen, wordt variant 1 als voorkeursvariant aanbevolen. Een deel van de realisatiekosten bestaat uit het verbreden van watergangen langs de kering. Voor het dimensioneren van deze verbreding is een representatieve watergang aangehouden die in de huidige situatie 836 hectare afwatert. Hierbij is echter geen rekening gehouden met het maximale overstortdebiet. Een hoger overstortdebiet betekent dat de watergangen minder hoeven te worden verbreed. Hierdoor worden de realisatiekosten voor beide varianten lager en wordt het financieel aantrekkelijker om een fasering aan te bevelen waarbij variant 2 een uitbreiding op variant 1 is. Het wordt ook aantrekkelijker om variant 2 als losstaande maatregel aan te bevelen.

De impact van deze bevindingen op het onderzoek is relevant omdat de aanbeveling hierdoor zou kunnen veranderen en een fasering misschien aantrekkelijker wordt. Met deze fasering zou de zoetwaterbeschikbaarheid worden vergroot. Er wordt daarom ook aanbevolen om vervolgonderzoek te doen zoals beschreven in paragraaf 8.2.

Betrokkenheid stakeholders

Dit onderzoek is uitgevoerd in overleg met de bedrijfsbegeleider van de gemeente Schouwen-Duiveland en in overleg met het Waterschap Scheldestromen. Een belangrijke stakeholder die hierbij ontbreekt zijn de agrariërs uit het gebied. Een verbeterpunt voor het onderzoek is het inventariseren van het draagvlak voor de varianten bij de agrariërs en om hun kennis uit het gebied te gebruiken bij het aanscherpen van het ontwerp. De coronamaatregelen en de beperkte tijd hebben het helaas niet mogelijk gemaakt om dit toe te passen. De aanbeveling voor de voorkeursvariant is gebaseerd op de kosten en de baten. Er wordt aanbevolen om het draagvlak van de stakeholders voor beide varianten goed in kaart te brengen zoals beschreven in paragraaf 8.2 alvorens een goed onderbouwde keuze te kunnen maken tussen variant 1 en 2.

Toekomstbestendigheid gescheiden watersysteem

Met het oog op de klimaatverandering is het de vraag hoe toekomstbestendig het voorgeschreven maatregelenpakket is. De marges waarin oplossingen kunnen worden geïmplementeerd worden steeds kleiner. Hierdoor zouden verregaande maatregelen financieel en juridisch gezien aantrekkelijker worden in de toekomst. Er wordt daarom geadviseerd om in te spelen op het zoetwatertekort op de lange termijn zoals beschreven in paragraaf 8.2.

8.2 AANBEVELINGEN AANVULLEND ONDERZOEK

EC-metingen

Allereerst wordt aanbevolen om het aantal EC-metingen uit te breiden. Hierbij is vooral van belang dat het uitstromend debiet van de peilgebieden die afwateren op het zoetwatergebied wordt gemeten over een heel jaar. Momenteel zijn dit momentopnames die een vertekend beeld van de werkelijkheid kunnen geven. Dit betreft het debiet van de peilgebieden GPG-582, GPG-585, GPG-587 en GPG-593. Door deze aanvullende metingen wordt er een nauwkeuriger beeld gevormd van de zoet-zout verdeling en kunnen kansrijke gebieden worden geïdentificeerd die aangesloten kunnen worden op het bestaande zoetwatergebied. Daarnaast wordt geadviseerd om te onderzoeken hoe zoet het zoetwatergebied zou worden bij het gescheiden watersysteem. Door deze data te vergelijken met de maximale zouttolerantie van de gewassen in het zoetwatergebied kan namelijk het maximaal toelaatbare overstortdebiet worden bepaald.

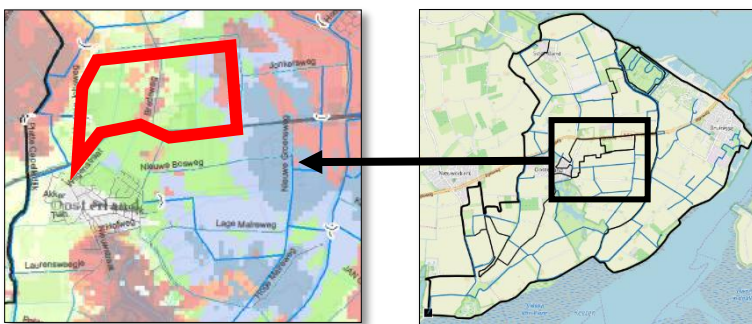
Verbreden van de watergangen

Met het maximale overstortdebiet kan de minimaal vereiste grootte van de watergangen in GPG-593 bepaald worden. Hieruit zou kunnen blijken dat de varianten financieel aantrekkelijker worden waardoor een fasering van variant 1 naar variant 2 ook aantrekkelijker wordt. Ook zou kunnen blijken dat de watergangen minder hoeven te worden verbreed dan in dit onderzoek is aangenomen. Mocht er een groter overstortdebiet toegestaan worden dan is het namelijk financieel aantrekkelijker om de huidige afwatering te behouden. De variabelen die hierbij moeten worden onderzocht zijn, in volgorde:

1. Maximaal toelaatbare zoutlast zoetwatergebied
2. Maximaal toelaatbare overstortdebiet
3. Minimale breedte watergangen

Uitbreiden zoetwatergebied

Het is denkbaar dat de zoetwatervraag verder toeneemt in de toekomst. Daarom wordt er geadviseerd om vervolgonderzoek te doen naar kansrijke gebieden die op het zoetwatergebied aangesloten kunnen worden. Een specifiek voorbeeld is het peilgebied GPG-568. Het zoete water van dit gebied, rood omlijnd in figuur 27, zou betrokken kunnen worden bij het zoetwatergebied zoals beschreven in de voorkeursvariant. Extra metingen zouden moeten uitwijzen of het oppervlaktewater hier inderdaad zoet is.



Figuur 27. Aanvullende metingen GPG-568, FRESHEM (2018)

Waterberging en wateroverlast

Om de zoetwaterbeschikbaarheid in het zoetwatergebied te vergroten moet het peil opgezet worden. Hiermee neemt het risico op wateroverlast toe. Er wordt geadviseerd om de verdere mogelijkheden van flexibel peilbeheer te onderzoeken en de optimale balans tussen waterberging en wateroverlast te vinden. Binnen het gescheiden systeem kan het peil flexibel worden gestuurd met de stuwen.

Onderzoeken draagvlak

Er is vervolgonderzoek nodig naar het draagvlak vanuit de stakeholders. De gemeente en het waterschap kunnen aan de hand van het beroepsproduct intern overleggen of een gescheiden watersysteem de gewenste oplossing is en of variant 1 inderdaad de beste maatregel is. Daarnaast moeten er gesprekken plaatsvinden met lokale agrariërs, ondernemers en perceeleigenaren die betrokken zijn, of kunnen raken, bij de maatregelen van de varianten.

8.3 BRUIKBAARHEID BEROEPSPRODUCT

Dit haalbaarheidsonderzoek kan door de gemeente worden gebruikt om aan te tonen dat het haalbaar is om op een relatief eenvoudige manier het zoete water uit de polder van Oosterland te scheiden van het zoute water uit de polder van Bruinisse.

Voor het waterschap is dit onderzoek nuttig om te kunnen zien op welke wijze deze scheiding plaatsvindt door wijzigingen in de waterhuishoudelijke inrichting.

Voor de agrariërs in de polder van Oosterland is het belangrijk om te zien welke maatregelen zij lokaal moeten treffen (Gemeente Schouwen-Duiveland, 2020).

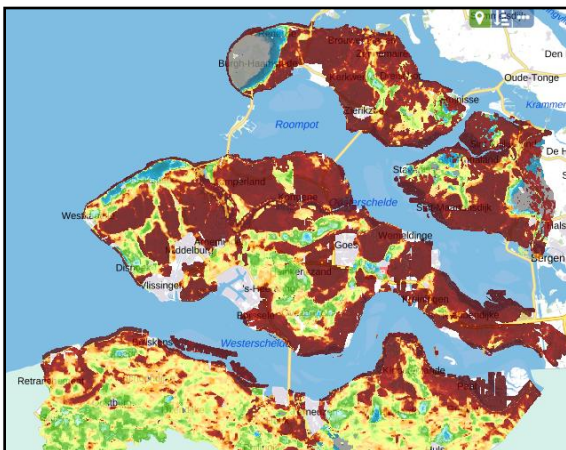
Voor de agrariërs op Schouwen-Duiveland en delen van Zeeland is dit haalbaarheidsonderzoek een motivatie om de zoete en zoute stromen van elkaar te scheiden.

Daarnaast kan dit onderzoek worden gebruikt om met stakeholders in gesprek te gaan over de wenselijkheid en effectiviteit van deze oplossing.

Ook is het beroepsproduct bruikbaar voor kenniscommunities zoals de Kenniscommunity Oosterschelde, Agrarisch Schouwen-Duiveland en het Living Lab Schouwen-Duiveland omdat het beroepsproduct ingaat de zoetwaterproblematiek die op heel Schouwen-Duiveland en grote delen van Zeeland speelt. Ten slotte is het interessant voor vergelijkbare laaggelegen kustgebieden waar de agrarische sector belangrijk is en waar verzilting de zoetwaterbeschikbaarheid verkleint.

8.4 BREDERE TOEPASBAARHEID METHODIEK

De methodiek die gebruikt is voor het analyseren van de zoet-zout verdeling is breder toepasbaar. Door het zoutgehalte van de uitstroom van de peilgebieden in relatie tot de waterhuishoudelijke inrichting in kaart te brengen kunnen kritieke punten in het watersysteem worden geïdentificeerd die met een alternatieve inrichting verholpen kunnen worden. Deze methodiek is met name interessant voor de andere Zeeuwse eilanden en laaggelegen polders omdat deze gebieden vergelijkbaar zijn. In figuur 28 is te zien dat alle Zeeuwse eilanden aan verzilting onderhevig zijn waardoor de inpassing van een gescheiden watersysteem wellicht interessant zou zijn voor deze gebieden.



Figuur 28, Chloridegehalte grondwater Zeeland, FRESHEEM (2018)

BIBLIOGRAFIE

- AHN. (2020). *AHN viewer*. Opgehaald van www.ahn.nl: <https://www.ahn.nl/ahn-viewer>
- B. Janse. (2018, Augustus 4). *Multicriteria-analyse (MCA)*. Opgehaald van www.toolshero.nl: <https://www.toolshero.nl/besluitvorming/multicriteria-analyse-mca/>
- Bodemdalingskaart. (2020). *Bodemdalingskaart*. Opgehaald van www.bodemdalingskaart.nl: <https://bodemdalingskaart.nl/portal/index>
- Burger, S. (2020). Informatieavond zoet water.
- CBS Statline. (2020). *Landbouw; gewassen, dieren en grondgebruik naar gemeente*. Opgehaald van www.opendata.cbs.nl: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/80781ned/table?dl=8D64>
- De Nederlandse gemalenstichting. (2020). *Gemaal Duiveland / de vier Bannen*. Opgehaald van www.gemalen.nl: https://www.gemalen.nl/gemaal_detail.asp?gem_id=1007
- Deltacommissaris. (2019). *Hoe zit het met de zeespiegelstijging*. Opgehaald van www.deltacommissaris.nl: <https://www.deltacommissaris.nl/deltaprogramma/vraag-en-antwoord/hoe-zit-het-met-de-zeespiegelstijging>
- Deltacommissaris. (s.d.). *Zoetwater*. Opgehaald van www.deltacommissaris.nl: <https://www.deltacommissaris.nl/deltaprogramma/gebieden-en-generieke-themas/zoetwater>
- Deltares. (2017). *Als de zeespiegel sneller stijgt*. Opgehaald van www.deltares.nl: <https://www.deltares.nl/app/uploads/2017/04/Hackathon-resultaten-rapport.pdf>
- Deltares. (s.d.). *Conversion EC to chloride*. Opgehaald van www.publicwiki.deltares.nl: <https://publicwiki.deltares.nl/display/ZOETZOUT/Conversion+EC+to+Chloride>
- Dinoloket. (2020). *Ondergrondmodellen*. Opgehaald van www.dinoloket.nl: <https://www.dinoloket.nl/ondergrondmodellen>
- FRESHM. (2018). FRESHM kaart. Opgehaald van <https://kaarten.zeeland.nl>: <https://kaarten.zeeland.nl/map/freshem#>
- Gemeente Schouwen-Duiveland. (2020). Feedback bedrijfsbegeleider.
- Gemeente Schouwen-Duiveland. (2020). Gemeentelijk Kadaster.
- Hannewijk, N. (2020). *Onderzoeksverslag oriënterende stage Natuurlijk Zoet!*
- Kampman, D. (2020). Feedback afstudeerbegeleider.
- Kenniscommunity Oosterschelde. (2020, Juni 25). Presentaties kenniscommunity Oosterscheld. Ouwekerk.
- KNMI. (2020). *Neerslagtekort/Droogte*. Opgehaald van www.knmi.nl: https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/geografische-overzichten/neerslagtekort_droogte
- KNMI. (s.d.). *Zware neerslag*. Opgehaald van www.knmi.nl: <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/zware-neerslag>
- Living lab Schouwen-Duiveland. (2019, Februari 14). Presentatie Living Lab SD.

- Living Lab Schouwen-Duiveland. (sd). *Over Living Lab*. Opgehaald van www.livinglabschouwen-duiveland.nl:
<https://livinglabschouwen-duiveland.nl/over-living-lab>
- Natuurlijk Zoet. (2019). EC metingen aan het oppervlaktewater binnen het plangebied.
- Nieuwe oogst. (2017, September 29). *Slim zoetwaterbeheer Haarlemmermeer beperkt verzilting*. Opgehaald van www.nieuweoogst.nl: <https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2017/09/29/slim-zoetwaterbeheer-haarlemmermeer-beperkt-verzilting>
- Provincie Zeeland. (2020, April 14). *Zeeuws deltaplan zoet water gaat van start*. Opgehaald van www.zeeland.nl: <https://www.zeeland.nl/actueel/zeeuws-deltaplan-zoet-water-gaat-van-start>
- PZC. (2020, Mei 28). *Schip vol water naar Noord-Beveland*. Opgehaald van www.pzc.nl:
<https://www.pzc.nl/zeeuws-nieuws/schip-vol-water-naar-noord-beveland-boeren-betalen-16-mille-voor-een-buitje-regen~a984e916/?referrer=https://www.google.com/>
- Rijksoverheid. (2018, Juni 29). *Welvorming en opbarsten kleilaag*. Opgehaald van www.helpdeskwater.nl:
<https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/waterveiligheid/primaire/technische-leidraden/zoeken-technische/@194238/welvorming-opbarsten/>
- Rijkswaterstaat. (2019, September 4). *Grondwaterstanden zandgronden onveranderd laag*. Opgehaald van www.rijkswaterstaat.nl: <https://www.rijkswaterstaat.nl/nieuws/2019/09/grondwaterstanden-zandgronden-onveranderd-laag-maasafvoer-daalt.aspx>
- Rijkswaterstaat. (2019, April 8). *Voldoende schoon en zoet water*. Opgehaald van www.rijkswaterstaat.nl:
<https://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterbeheer/droogte-en-watertekort/voldoende-en-schoon-zoet-water/index.aspx>
- Stuyt, L. B.-Z. (2016). *Inventarisatie en analyse zouttolerantie*. WUR.
- Trouw. (2019, Augustus 12). *Texelse bedrijven voor teelt zite gewassen, vragen faillissement aan*. Opgehaald van www.trouw.nl: <https://www.trouw.nl/duurzaamheid-natuur/texelse-bedrijven-voor-teelt-zilte-gewassen-vragen-faillissement-aan~beed2887/?referer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F>
- VEMW. (2019, September 10). *Droogte 2019*. Opgehaald van www.vemw.nl:
<https://www.vemw.nl/Nieuwsoverzicht/2019-09-10-Droogte-watervoorziening-watergebruikers.aspx>
- Waterschap Scheldestromen. (2020). EC Metingen bij gemaal Oosterland.
- Waterschap Scheldestromen. (2020). Feedback van Robin Dieleman en Marjan Sommeijer op aangeleverde stukken.
- Waterschap Scheldestromen. (2020, Maart 12). Interview M. Sommeijer en R. Dieleman bij het waterschap Scheldestromen. Middelburg.
- Waterschap Scheldestromen. (2020). *Legger oppervlaktewaterlichamen*. Opgehaald van www.scheldestromen.maps.arcgis.com:
<http://scheldestromen.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=34a19a6fd0a14069880d974f8373dd8d>
- Waterschap Scheldestromen. (2020). *Legger waterkeringen*. Opgehaald van www.scheldestromen.maps.arcgis.com:
<https://scheldestromen.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=061e731d709746dba8b730b1e9b42a1b>

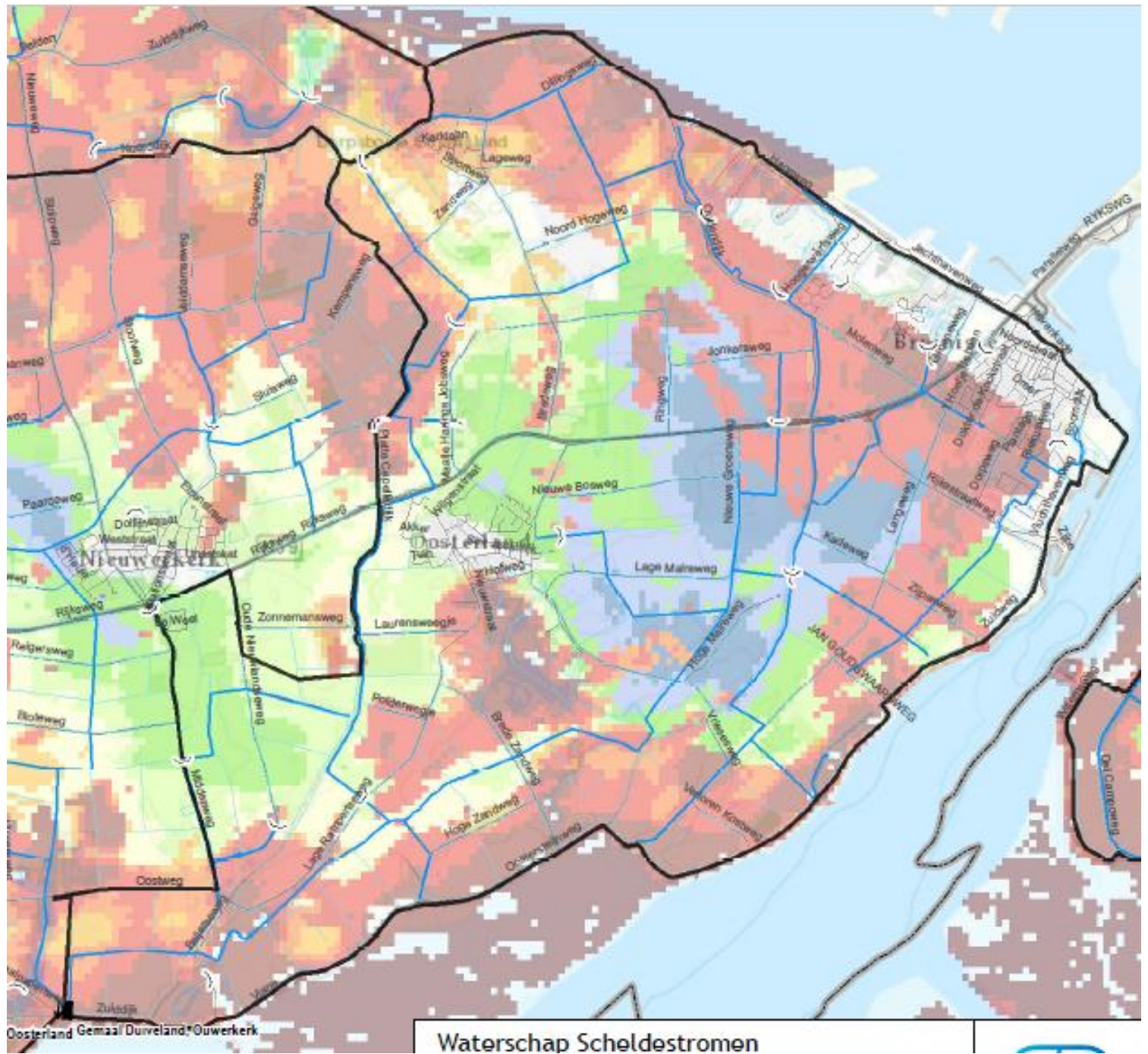
Waterschap Scheldestromen. (2020, Juni 2). Schatting realisatiekosten variant 1 en 2.

Waterschap Scheldestromen. (2020). *Waterbeheer*. Opgehaald van www.scheldestromen.maps.arcgis.com:
<http://scheldestromen.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=75ee023b7b4a46df974c6f10bc44273f>

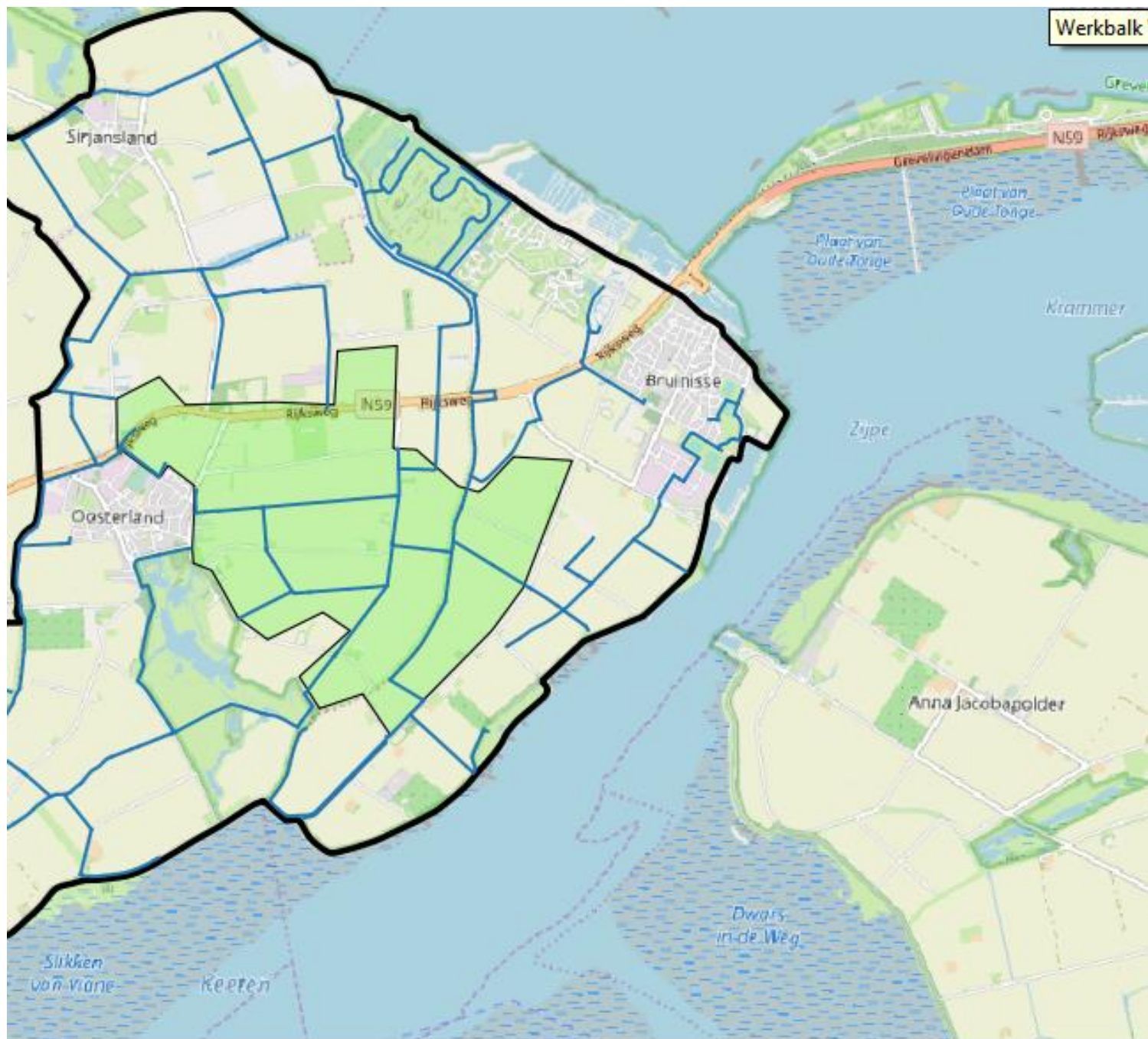
WUR. (2012). *Hydrogeologische studie Schouwen-Duiveland*. Opgehaald van <https://edepot.wur.nl/338972>

WUR. (2014, Maart). *Zorgen om zoute kwel*. Opgehaald van www.edepot.wur.nl: <https://edepot.wur.nl/298288>

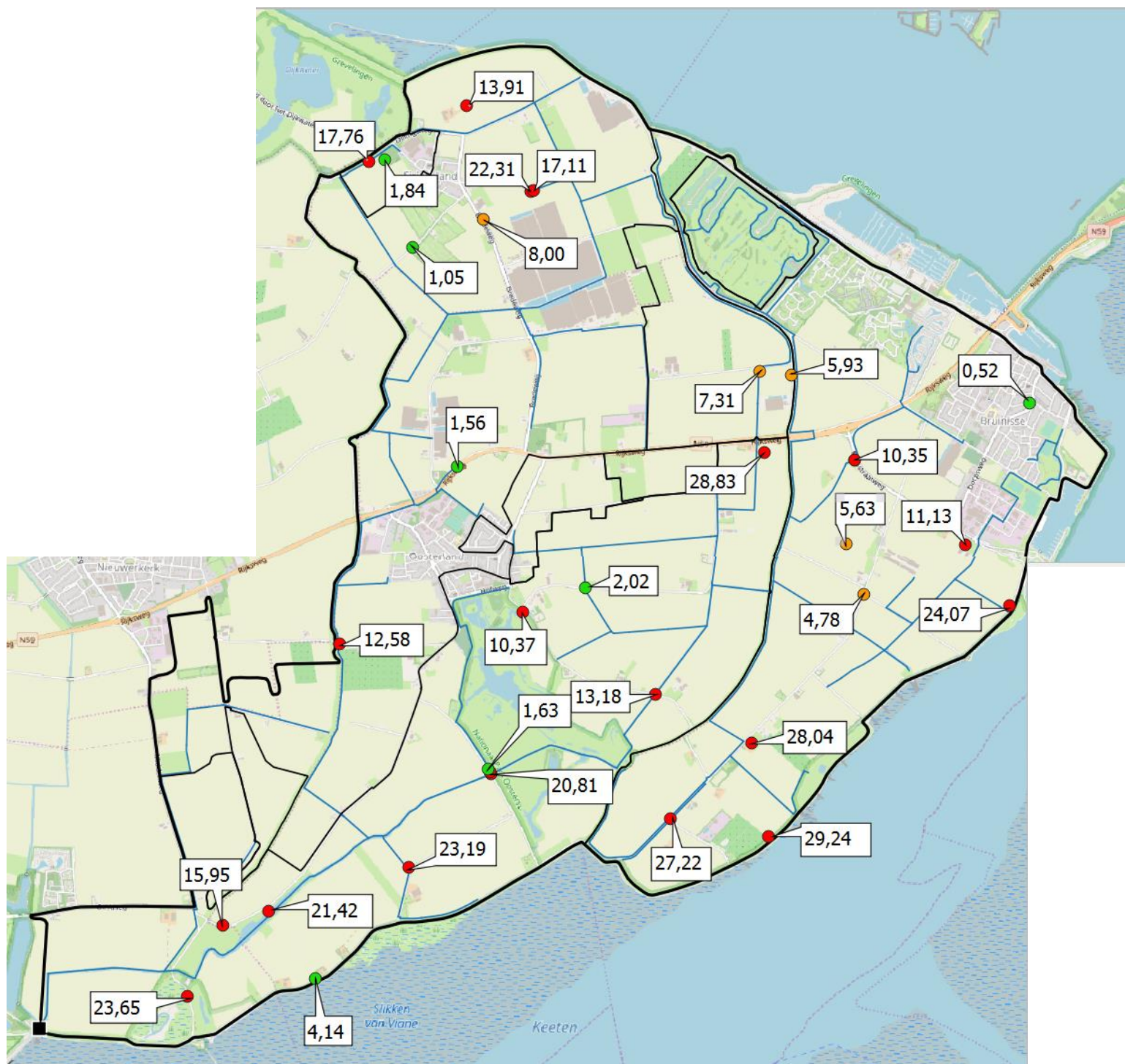
BIJLAGE 1 FRESHEM-KAART: CHLORIDEGEHALTE GRONDWATERSYSTEEM



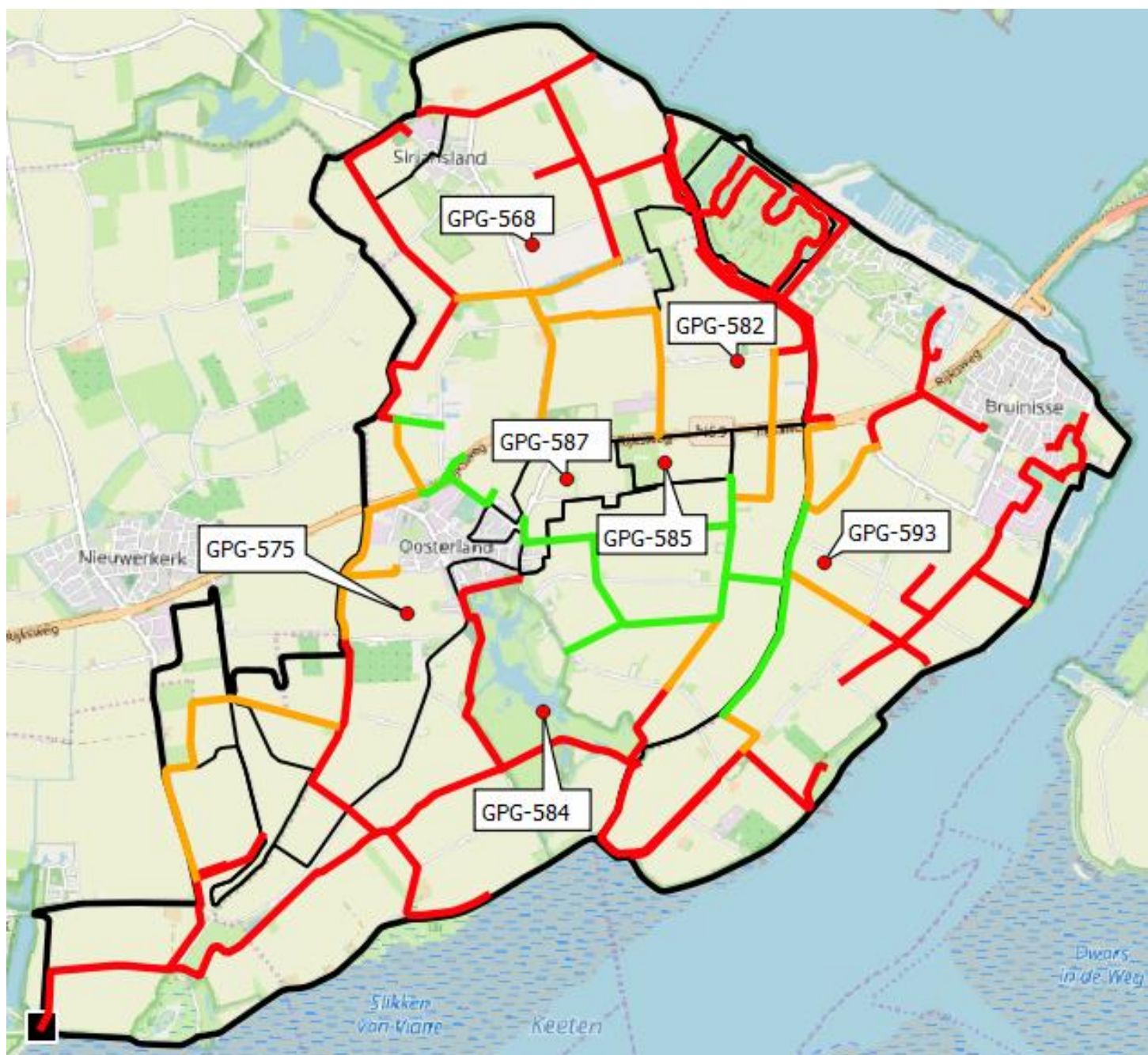
BIJLAGE 2 LIGGING PEILGEBIEDEN IN HET PLANGEBIED



BIJLAGE 3 MAXIMALE EC-WAARDEN METINGEN NATUURLIJK ZOET T/M DECEMBER 2019



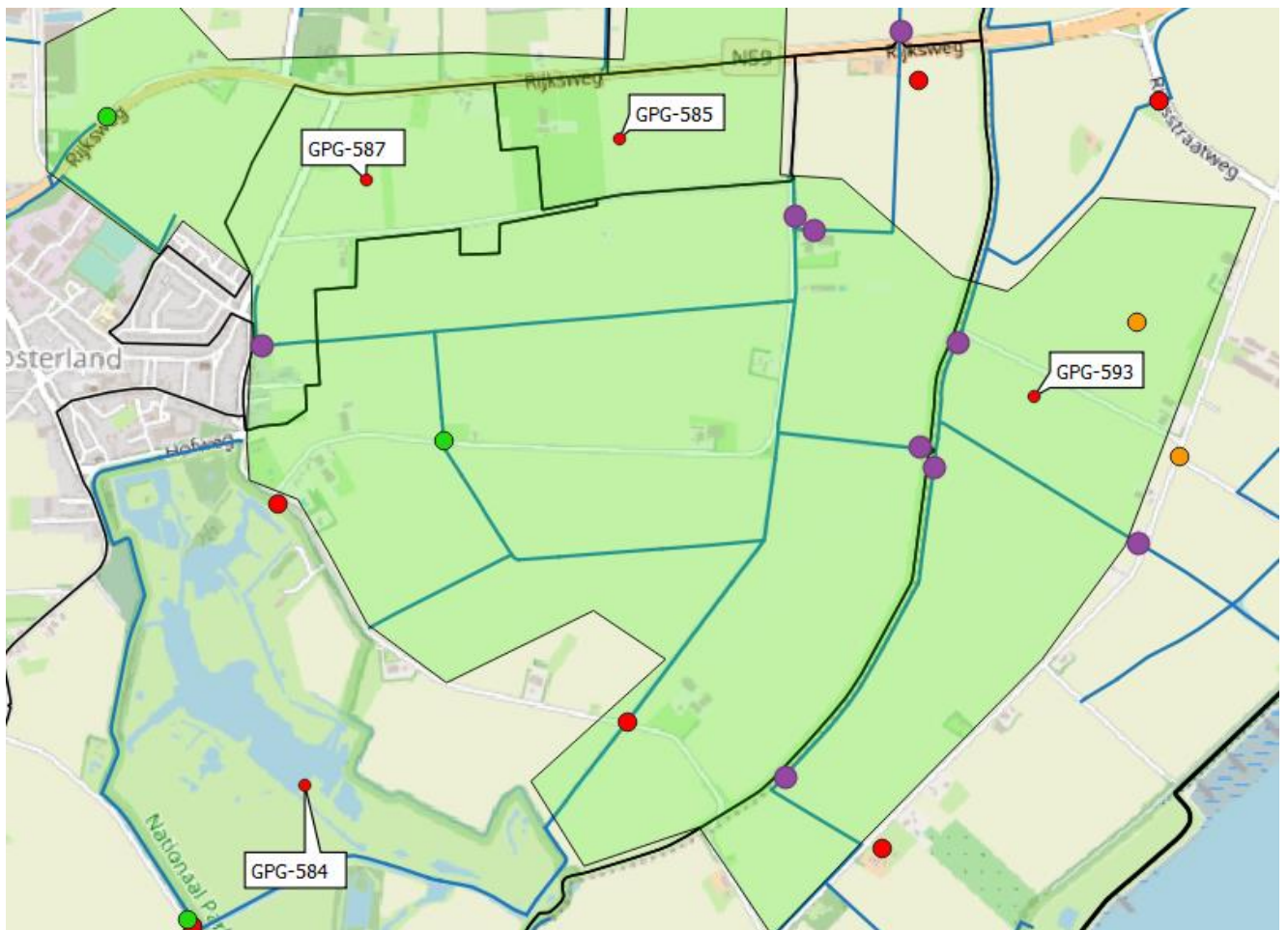
BIJLAGE 4 KAART VERWACHTTE EC-WAARDE WATERGANGEN PLANGEBIED



Meetpunten

Onderstaande afbakening van het zoetwatergebied is gebaseerd op de FRESHEM-kaart. Naast de FRESHEM-kaart zijn er ook EC-metingen binnen dit gebied verricht. Deze zijn echter niet afdoende voor een betrouwbare beeldvorming van het zoutgehalte van het oppervlaktewater.

Er zijn additionele metingen nodig voordat er kan worden gekeken naar een manier om een gescheiden watersysteem te realiseren. In onderstaande afbeelding zijn een negental parse meetpunten weergegeven. Deze meetpunten zijn gekozen omdat ze op een uitstroomblocatie van een peilgebied liggen of omdat er in deze watergang nog geen metingen zijn verricht.



Hypothese

Er wordt verwacht dat het oppervlaktewater binnen het zoetwatergebied zoeter is dan daarbuiten omdat verwacht wordt dat het oppervlaktewater buiten het zoetwatergebied gevoed wordt door zoute kwel. Echter zal het water op sommige locaties binnen het zoetwatergebied misschien toch zout/brak zijn omdat het zoute water van GPG-593 afwatert op het zoetwatergebied. Daarnaast wordt verwacht dat het debiet vanuit GPG-593 en GPG-582 zout of brak is waardoor het zoetwatergebied verzilt.

Meetmethode

De EC-meter is geleend van de Hogeschool Rotterdam. Omdat de omstandigheden op Schouwen-Duiveland relatief zout zijn moet er gebruik worden gemaakt van een EC-meter met hoog bereik. De meter is vooraf gekalibreerd volgens de instructies geleverd bij de meter.

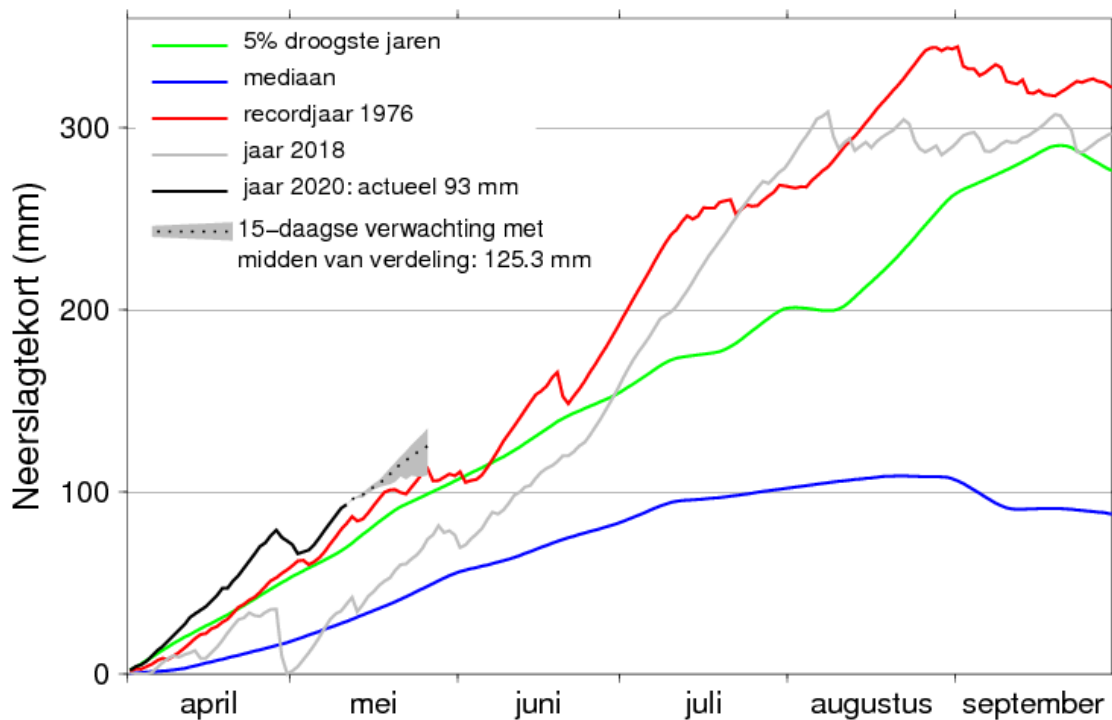
Op elke locatie zal drie keer gemeten worden om de betrouwbaarheid te verhogen en onopzettelijke meetfouten te voorkomen. Bij het meten moet de hele sensor onder water zijn en mag de bodem niet worden geraakt. Tussen de metingen door moet de sensor worden gespoeld met demiwater. De resultaten zullen handmatig worden gevisualiseerd in QGIS.

Meetomstandigheden

2020 kent een uitzonderlijk droge start. In onderstaande afbeelding is te zien dat het neerslagtekort groter is dan in het 1976, het jaar van het droogterecord. Het neerslagtekort op Schouwen-Duiveland bedraagt momenteel 100 mm (KNMI, 2020). Er kan dus verwacht worden dat het oppervlaktewater een relatief hoge EC-waarde aangeeft tijdens de metingen. Omdat deze metingen slechts een momentopname zijn wordt er voornamelijk gekeken naar de verhouding tussen EC-waardes in de verschillende peilgebieden binnen het afgebakende gebied. Als het oppervlaktewater een lagere EC-waarde heeft dan de omliggende peilgebieden dan wordt die watergang waarschijnlijk door zoet grondwater gevoed of wordt er zoet oppervlaktewater van een ander peilgebied aangevoerd.

Neerslagtekort in Nederland in 2020

Landelijk gemiddelde over 13 stations



(c) KNMI, bijgewerkt 2020-05-11, 12:30 UT

Meetresultaten

Hieronder zijn de meetresultaten beschreven. De resultaten zijn weergegeven in mS/cm.

Meetpunt 1 OAF-5225

1. 23,50
2. 24,00
3. 23,60



Meetpunt 2 OAF-4989

1. 13,80
2. 13,30
3. 14,00



Meetpunt 3 OAF-4838

1. 16,70
2. 16,90
3. 16,90



Meetpunt 4 OAF-5033

1. 16,70
2. 16,75
3. 16,80



Meetpunt 5 OAF-4875/KDU-740/Uitstroom GPG-593

1. 13,90
2. 14,24
3. 14,30



Meetpunt 6 OAF-31000/KDU-742/Uitstroom GPG-585

1. 2,48
2. 2,48
3. 2,47



Meetpunt 7 OAF-4679

1. 2,62
2. 2,61
3. 2,62

Deze watergang voert water vanuit GPG-582 aan. De verwachting op basis van de FRESHEM kaart was dat dit water brak zou zijn. Volgens de metingen is het echter zoet. Daarnaast is de waterstand erg laag voor de afvoer van een redelijk groot peilgebied daarom zijn er aanvullende metingen verricht bij meetpunt 8. Bij meetpunt 8 bleek dat de klepstuw (KST-41) omhoog was gezet.



Meetpunt 8 OAF-2526/KST-41/Uitstroom GPG-582

1. 2,08

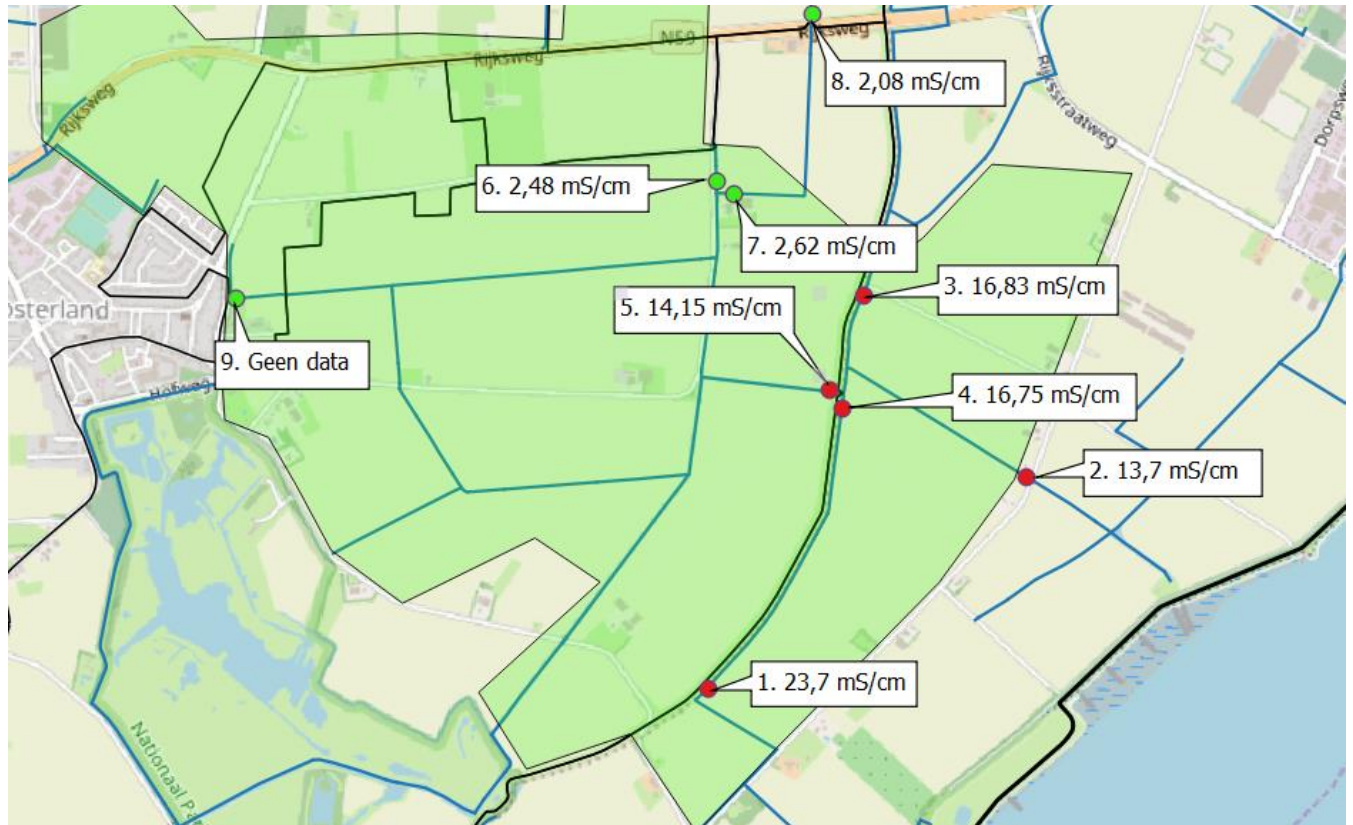
Om de meting van meetpunt 7 te valideren is dit stroomopwaarts gelegen meetpunt gemeten. Ook hier bleek het water zoet te zijn.



Meetpunt 9 OAF-47759/Uitstroom GPG-587

Waterstand dermate laag dat er geen betrouwbare meting verricht kon worden. Door het droogvallen en de FRESHM-gegevens kan er vanuit worden gegaan dat het oppervlaktewater hier zoet is.

Resultierend overzicht



Evaluatie meetresultaten

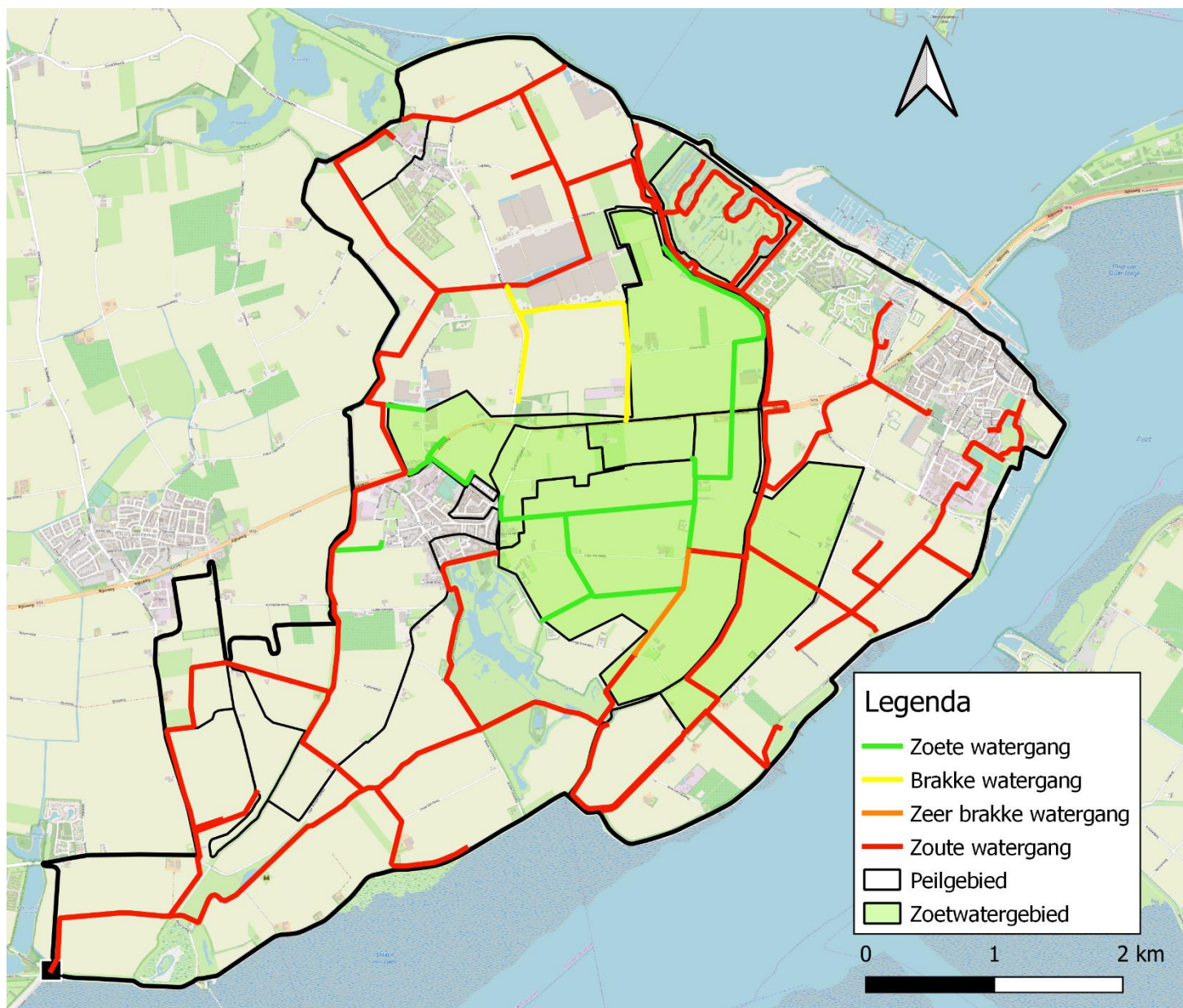
De hypothese was dat de meetpunten binnen het zoetwatergebied zoeter zouden zijn dan aan de grens of daarbuiten. Deze verwachting is met de metingen bevestigd.

De meetpunten 1,2 en 3 laten een hoge EC-waarde zien. Deze neemt af naarmate de watergang meer het zoetwatergebied in ligt. Dit is te zien aan het verschil tussen meetpunt 1 en 4. De resulterende EC-waarde bij de uitstroom van GPG-593 bedraagt 14,15 mS/cm en is dus zout.

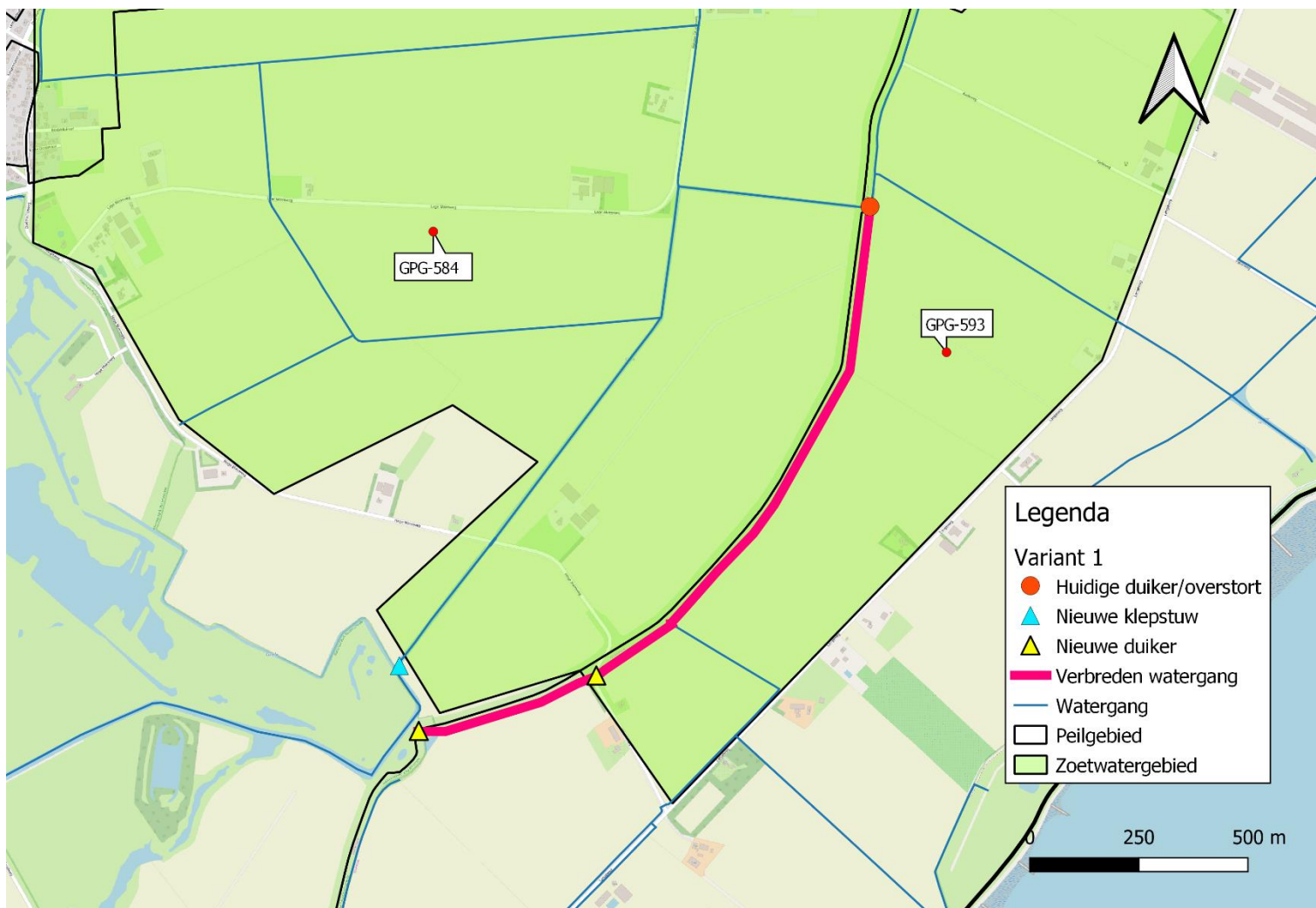
De overige meetpunten binnen het zoetwatergebied zijn zoet zoals verwacht. Wat wel afwijkt is de EC-waarde van de uitstroom van GPG-582. Op basis van de FRESHM gegevens werd verwacht dat dit water brak zou zijn. Dit blijkt echter zoet te zijn met een EC-waarde van 2,08 mS/cm.

Aan de hand van deze meetresultaten kan dus worden geconcludeerd dat de EC-waarde van GPG-593 de grootste invloed heeft op de verzilting van het plangebied en dat het scheiden van deze stroom het meest voor de hand ligt.

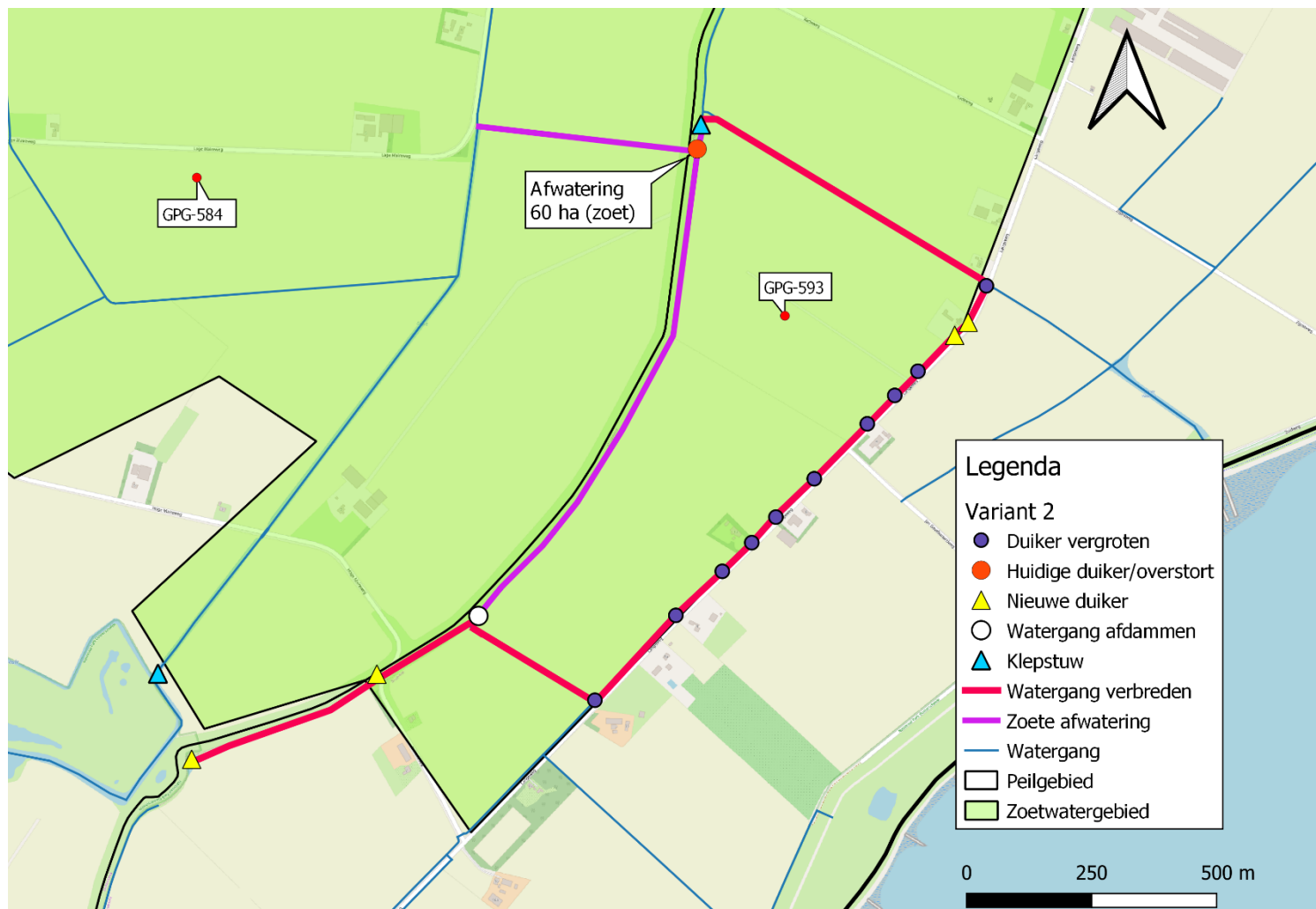
BIJLAGE 6 AANGEPASTE KAART EC-WAARDE WATERGANGEN EN LIGGING
ZOETWATERGEBIED



BIJLAGE 7 ORIËTEREND ONTWERP VARIANT 1



BIJLAGE 8 ORIËTEREND ONTWERP VARIANT 2



BIJLAGE 9 OVERZICHT MAATREGELEN EN KOSTEN VARIANT 1 EN 2

Maatregelen variant 1 (€ 336.215)

Omschrijving	Object ID	Huidige categorie	Categorie variant 1	Afwaterend opp. nieuw (ha)	Lengte (m1)	Indicatie kosten
Watergang verbreden	OAF-5033	Primair	Primair	689	378	39690
Watergang verbreden	OAF-5225	Primair	Primair	689	640	67200
Watergang verbreden	OAF-5284	Secundair	Primair	745	196	20580
Watergang verbreden	OAF-5330	Secundair	Primair	745	369	38745
Aanleggen duiker onder kering zonder waterkerende functie	NVT	NVT	NVT	745	43	55.000
Aanleggen duiker met geautomatiseerde klepstuw onder kering met waterkerende functie	NVT	NVT	NVT	836	59	100.000
Aanleggen klepstuw	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT	15000

Maatregelen variant 2 (€ 588.250)

Omschrijving	Object ID	Huidige categorie	Categorie variant 1	Afwaterend opp. nieuw (ha)	Lengte (m1)	Indicatie kosten
Watergang verbreden	OAF-29345	Primair	Primair	435	346	36330
Watergang verbreden	OAF-4989	Primair	Primair	435	312	32760
Aanleggen duiker	NVT	NVT	NVT	630	20	10000
Aanleggen duiker	NVT	NVT	NVT	630	12	10000
Watergang verbreden	OAF-5274	Secundair	Primair	630	515	54075
Watergang verbreden	OAF-5160	Secundair	Primair	630	208	21840
Watergang verbreden	OAF-5102	Secundair	Primair	630	307	32235
Watergang verbreden	OAF-5018	Secundair	Primair	630	105	11025
Watergang verbreden	OAF-5275	Primair	Primair	776	292	30660
Aanleggen klepstuw	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT	15000
Aanleggen klepstuw	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT	15000
Afdammen watergang	OAF-5225	Primair	Secundair	NVT	NVT	5000
Verwijderen duiker en grotere duiker aanleggen	KDU-10483 KDU-10484 KDU-10485 KDU-10486 KDU-10487 KDU-10489 KDU-10491 KDU-10492 KDU-10493 KDU-12332	NVT	NVT	630	NVT	100000
Watergang verbreden	OAF-5284	Secundair	Primair	745	196	20580
Watergang verbreden	OAF-5330	Secundair	Primair	745	369	38745

Aanleggen duiker onder kering zonder waterkerende functie	NVT	NVT	NVT	745	43	55000
Aanleggen duiker met geautomatiseerde klepstuw onder kering met waterkerende functie	NVT	NVT	NVT	836	59	100000

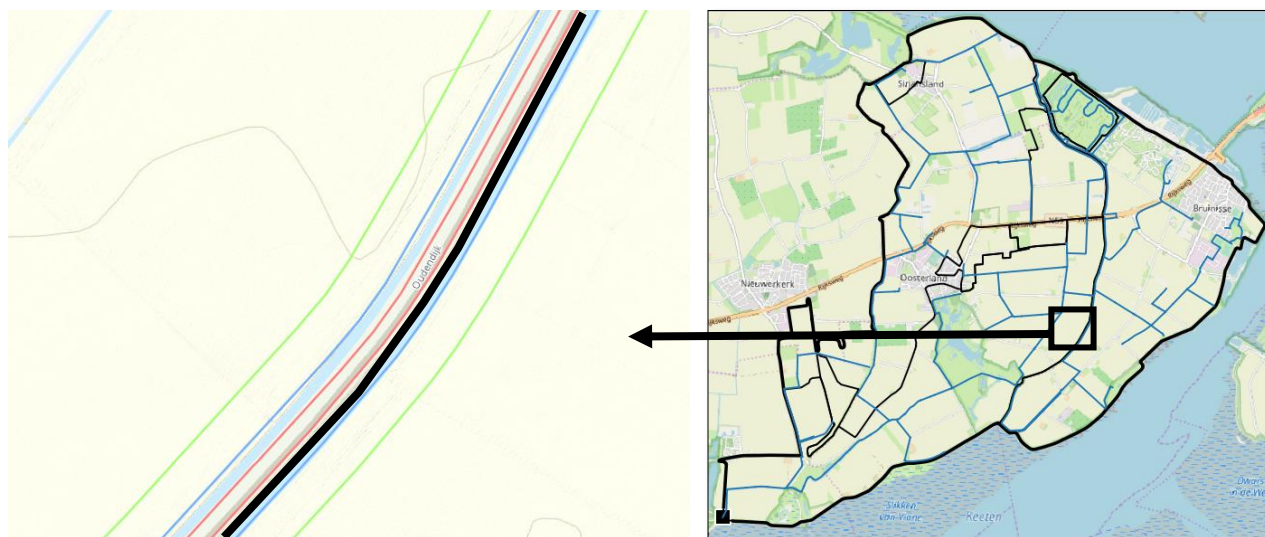
TECHNISCHE HAALBAARHEID VARIANT 1

Het maatregelenpakket van variant 1 is relatief klein en bestaat uit het verbreden van een aantal watergangen, het aanleggen van een klepstuw en het aanleggen van twee duikers onder een kering. Deze maatregelen zijn technisch haalbaar (Waterschap Scheldestromen, 2020). Desondanks wordt de uitvoering van deze mogelijkheden bemoeilijkt door de ligging van de watergangen en de locatie waar de duikers moeten worden gerealiseerd.

Verbreden van de watergangen

De watergangen die verbreed moeten worden liggen in beschermingszone A en B van de kering zoals weergegeven met de zwarte lijn in figuur 1 (Waterschap Scheldestromen, 2020). In de uitvoering zal met deze ligging rekening moeten worden gehouden zodat de werkzaamheden niet afdoen aan de stabiliteit van de kering. Het ligt daarom voor de hand om de watergang te verbreden richting de aangrenzende percelen en niet richting de kering. De kering is in beheer bij het Waterschap Scheldestromen (Waterschap Scheldestromen, 2020).

Bij het ontwerp is verdieping van de watergang niet meegenomen omdat dit niet altijd het gewenste resultaat levert bij het vergroten van de afvoercapaciteit (Waterschap Scheldestromen, 2020). Daarnaast wordt met het verdiepen van de watergang het risico op opbarsten vergroot waardoor de stabiliteit van de kering verder aangetast kan worden en de kweldruk toeneemt (Rijksoverheid, 2018). Zoals beschreven in paragraaf 6.3 is de verbreding van de watergangen afhankelijk van het maximale overstortdebiet (Kampman, 2020).



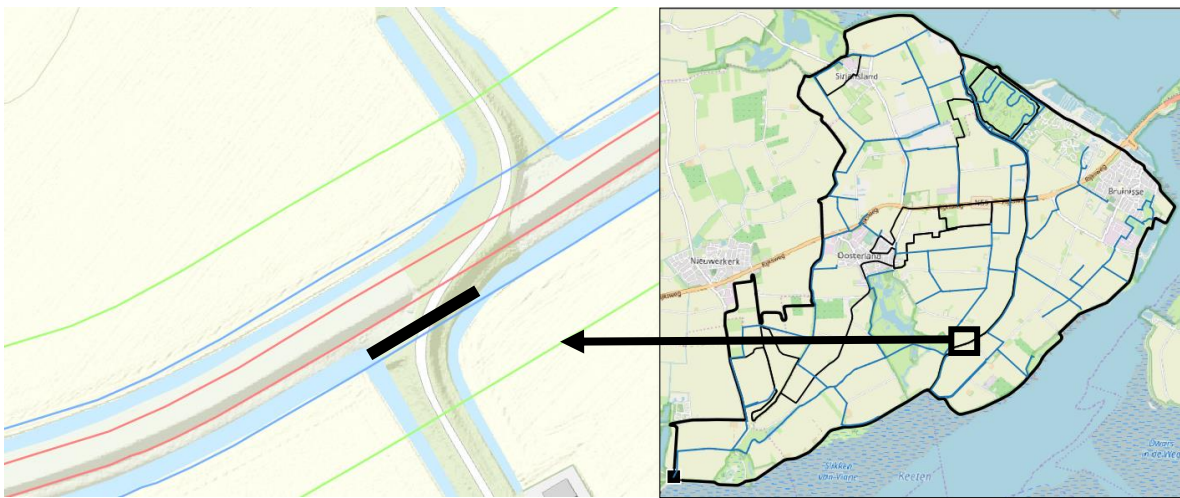
Figuur 1, Ligging van de te verbreden watergang ten opzichte van de regionale kering in variant 1, Legger waterkeringen Waterschap Scheldestromen (2020)

Aanleggen duikers in kering

Zoals beschreven in paragraaf 6.3.1 moeten er twee duikers in een kering worden gerealiseerd. Dit betreft een duiker in een kering zonder waterkerende functie en een duiker met klepstuw in een kering met waterkerende functie (Waterschap Scheldestromen, 2020).

Duiker in kering zonder waterkerende functie

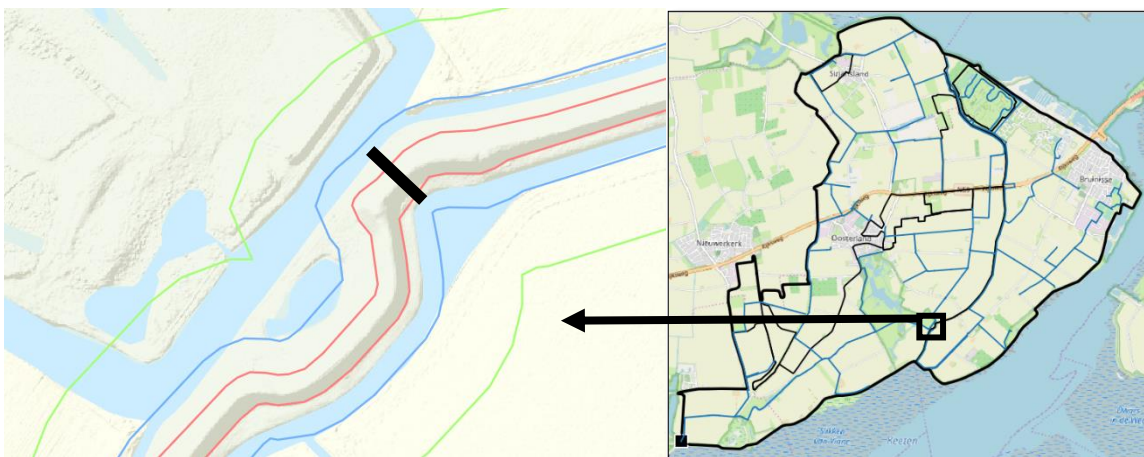
Deze duiker komt in een aftakking van de regionale kering te liggen. De ligging van de duiker is aangegeven met de zwarte lijn in figuur 2. Hoewel de duiker de regionale kering niet kruist, ligt deze wel in veiligheidszone A van de regionale kering (Waterschap Scheldestromen, 2020). In de uitvoering moet er daarom rekening mee worden gehouden dat de werkzaamheden niet afdoen aan de stabiliteit van de regionale kering.



Figuur 2, Locatiebeschrijving voor realisatie van een duiker in een kering zonder waterkerende functie in variant 1 en 2, Legger waterkeringen Waterschap Scheldestromen (2020)

Duiker met klepstuw in kering met waterkerende functie

Bij het realiseren van deze duiker moeten er werkzaamheden in de regionale kering worden verricht. De ligging van de duiker is weergegeven met de zwarte lijn in figuur 3. Op het gebied van technische haalbaarheid is dit de meest uitdagende maatregel omdat de aanpassingen in het waterstaatswerk moeten worden verricht (Waterschap Scheldestromen, 2020). Ook voor deze duiker geldt dat de maatregelen niet af mogen doen aan de stabiliteit van de kering.



Figuur 3, Locatiebeschrijving voor realisatie van een duiker met klepstuw in een kering met waterkerende functie in variant 1 en 2, Legger waterkeringen Waterschap Scheldestromen (2020)

TECHNISCHE HAALBAARHEID VARIANT 2

Het maatregelenpakket van variant 2 is relatief uitgebreid en staat hieronder samengevat. Deze maatregelen zijn technisch haalbaar (Waterschap Scheldestromen, 2020). Desondanks wordt de uitvoering van deze mogelijkheden bemoeilijkt door de ligging van de watergangen en de locatie waar de duikers moeten worden gerealiseerd. De technische haalbaarheid van de dikgedrukte maatregelen is reeds beschreven in de vorige paragraaf. De overige maatregelen worden hieronder uitgewerkt.

- **Primaire watergang verbreden**
- **Aanleggen duiker onder kering zonder waterkerende functie**
- **Aanleggen duiker met geautomatiseerde klepstuw onder kering met waterkerende functie**
- Secundaire watergang verbreden
- 10 duikers verwijderen
- 12 nieuwe duikers aanleggen in primaire watergang
- Afdammen watergang
- Aanleggen klepstuw/overstort

Verbreden secundaire watergang en aanleggen duikers

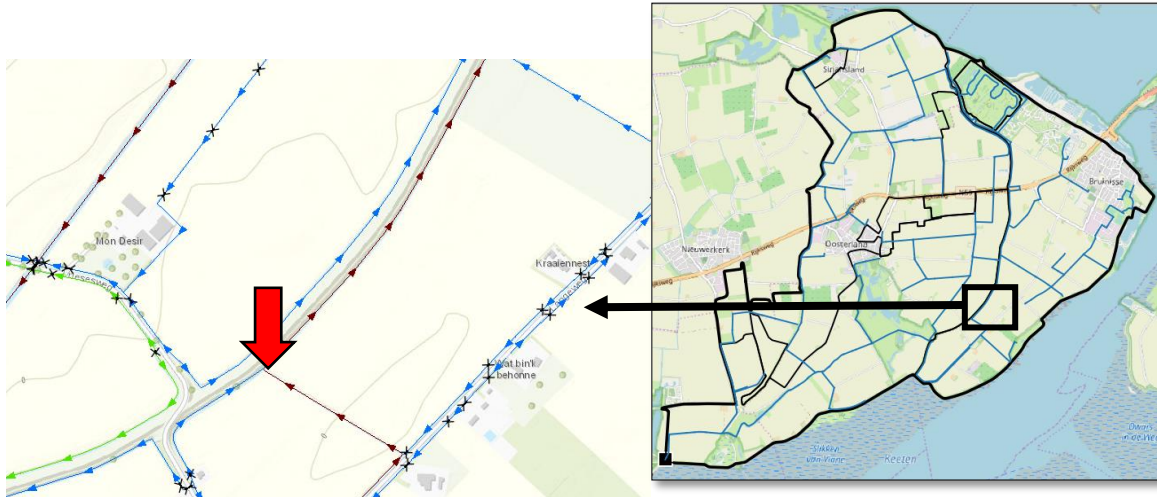
De locatie van de watergangen die verbreed moeten worden is weergegeven met een zwarte lijn in figuur 4. Anders dan in variant 1 hoeft er bij deze watergangen geen rekening gehouden te worden met beschermingszones (Waterschap Scheldestromen, 2020). Dit verhoogt de technische haalbaarheid. In paragraaf 5.5.2 staat beschreven hoe de doorstroming van dit traject moet worden gegarandeerd door het vergroten van de aanwezige duikers. Ook deze maatregel is technisch haalbaar maar wel arbeids- en kostenintensief (Waterschap Scheldestromen, 2020).



Figuur 4, Ligging van de te verbreden watergang in variant 2, Legger waterkeringen Waterschap Scheldestromen (2020)

Afdammen watergang

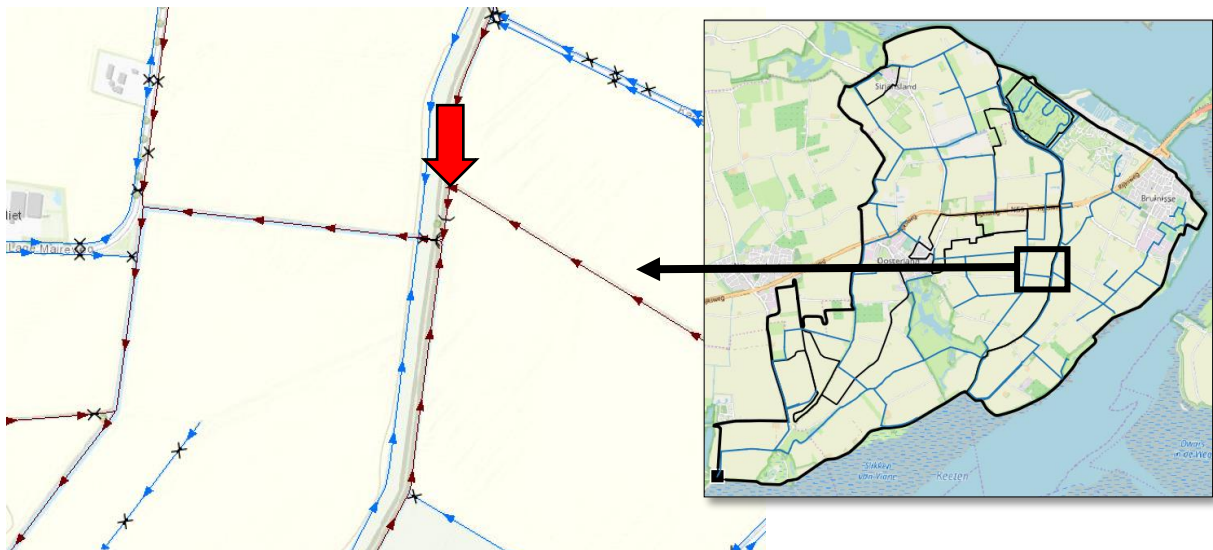
Het afdammen van de watergang betreft het dempen van een gedeelte van de betreffende watergang of het aanleggen van een schotbalkstuw waardoor de watergang gescheiden wordt van de primaire afwatering. Deze maatregel is kleinschalig en er worden geen technische uitdagingen voorzien. De locatie van de afdamming is weergegeven in figuur 5 met een rode pijl.



Figuur 5, Ligging van de af te dammen watergang in variant 2, Legger waterbeheer Waterschap Scheldestromen (2020)

Aanleggen klepstuw/overstort

De locatie van de klepstuw is weergegeven met een rode pijl in figuur 6. In de legger is ook een klepstuw opgenomen die recentelijk is gedemonteerd (Waterschap Scheldestromen, 2020). Er zal dus een nieuwe klepstuw moeten worden gerealiseerd. Hierbij worden geen technische uitdagingen voorzien.



Figuur 6, Toekomstige locatie voor de klepstuw/overstort in variant 2, Legger waterbeheer Waterschap Scheldestromen (2020)

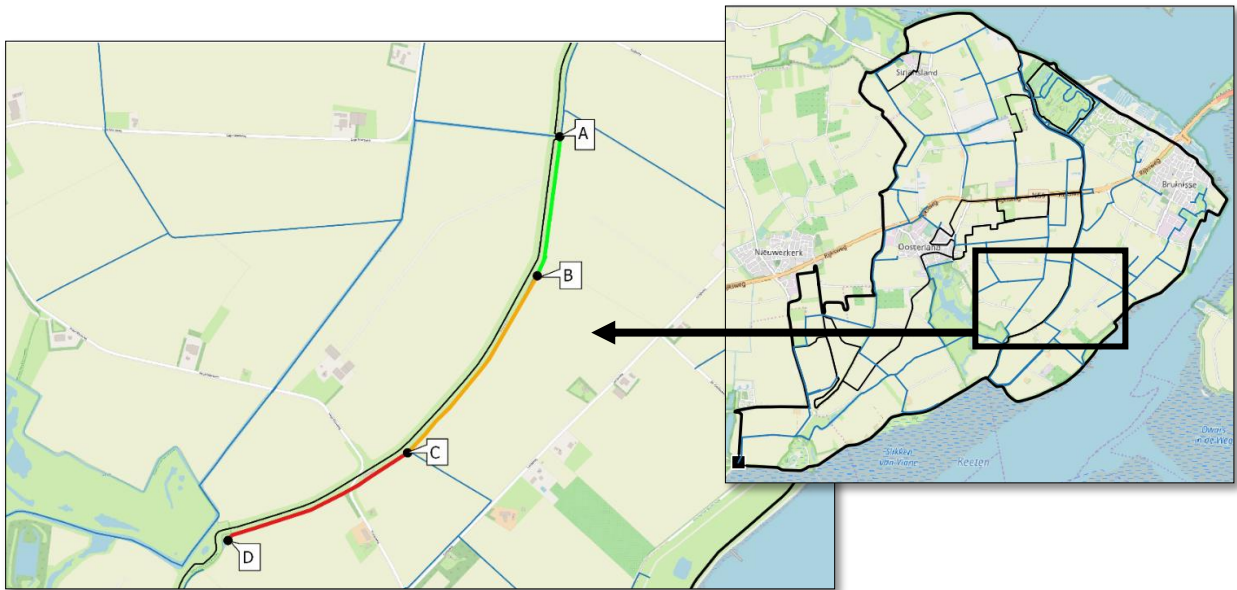
BIJLAGE 11 WATERHUISHOUDELIJKE INRICHTING VOORKEURSVARIANT

Dit hoofdstuk gaat verder in op de toekomstige waterhuishoudelijke inrichting van de voorkeursvariant.

DIMENSIES KUNSTWERKEN PRIMAIRE AFWATERING

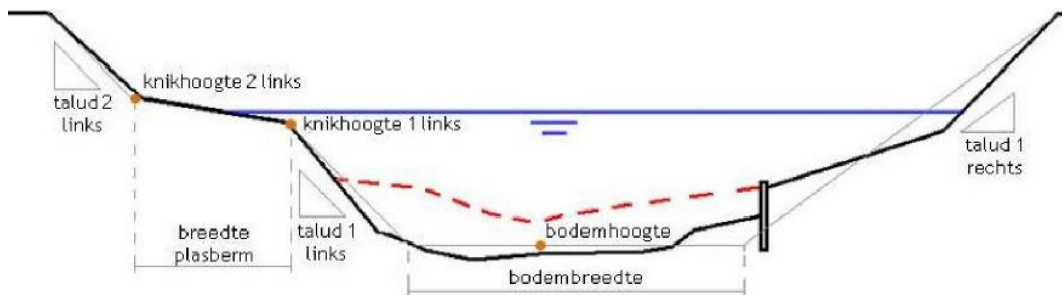
Voor het verbreden van de watergangen in de voorkeursvariant wordt uitgegaan van 3 trajecten. De ligging van deze trajecten is zichtbaar gemaakt in figuur 1.

- Traject A-B: Het doorstroomprofiel van dit traject voldoet aan de eisen en wordt als referentie gebruikt voor traject B-C en C-D
- Traject B-C: Primaire watergang, het doorstroomprofiel van dit traject moet worden vergroot
- Traject C-D: Secundaire watergang, het doorstroomprofiel van dit traject moet worden vergroot



Figuur 1, Ligging van de trajecten in het plangebied, Waterschap Scheldestromen (2020)

Het waterschap heeft aangegeven dat het doorstroomprofiel van traject A-B gebruikt kan worden als referentie. Deze watergang is representatief aangezien het gehele debiet van GPG-593 in de huidige situatie door deze watergang afgewaterd wordt naar de huidige duiker (Waterschap Scheldestromen, 2020). De gegevens die nodig zijn om het doorstroomprofiel van deze watergang te bepalen zijn beschikbaar in de GIS-database van het waterschap. De volgende gegevens worden gebruikt (figuur 2): Bodembreedte, bodemhoogte, talud links en rechts, knikhoogte talud links en rechts, breedte plasberm links en rechts en de bovenbreedte. Daarnaast zijn de maaiveldhoogte en het zomerpeil nodig.



Figuur 2, Locatie van benodigde gegevens in de doorsnede van een watergang, Waterschap Scheldestromen (2020)

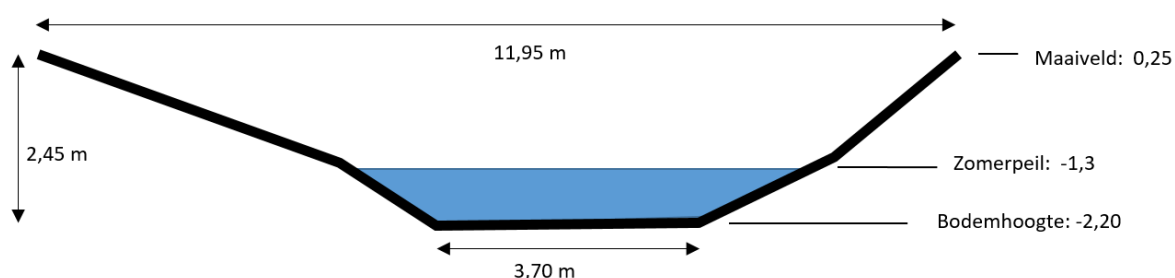
TRAJECT A-B

De afmetingen van traject A-B zijn opgenomen in tabel 1. De ID-code van de watergang is OAF-5033 (Waterschap Scheldestromen, 2020).

Tabel 1, Gegevens doorstroomprofiel OAF-5033, Waterschap Scheldestromen (2020) en AHN (2020)

	Waarde	Eenheid
Bodembreedte	3,70	m
Bovenbreedte	11,95	m
Bodemhoogte	-2,20	m NAP
Talud 1 Links	1,25	
Talud 2 Links	3,00	
Talud 1 Rechts	2,00	
Talud 2 Rechts	1,50	
Knikpunt talud links en rechts	-1,20	m NAP
Breedte plasberm links	0,10	m
Streefpeil zomer	-1,30	m NAP
Maaiveldhoogte	0,25	m NAP

De gegevens uit tabel 1 resulteren in onderstaand doorstroomprofiel in figuur 3.



Figuur 3, Doorstroomprofiel OAF-5033, Waterschap Scheldestromen (2020)

Voor de trajecten B-C en C-D zullen de huidige afmetingen en de benodigde aanpassingen worden beschreven. Bij het voorschrijven van de aanpassingen wordt het stroomoppervlak van de watergang zoals beschreven in tabel 1 als uitgangspunt genomen. Deze afmetingen resulteren in een stroomoppervlak van 20,29 m² en een bovenbreedte van 13,12 m. Bij het bepalen van het stroomoppervlak wordt uitgegaan van de GIS-database. De berekende bovenbreedte correspondeert echter niet met de bovenbreedte zoals vermeld in de GIS-database. Het oppervlak van het doorstroomprofiel zal in de praktijk dus afwijken van het berekende oppervlak.

Een randvoorwaarde bij het vergroten van het doorstroomprofiel is dat werkzaamheden enkel op de rechteroever plaatvinden. De linkeroever grenst aan de kering. Om deze te ontzien zullen werkzaamheden op deze oever vermeden worden. Bij deze werkzaamheden zal het huidige talud van de rechteroever worden aangehouden.

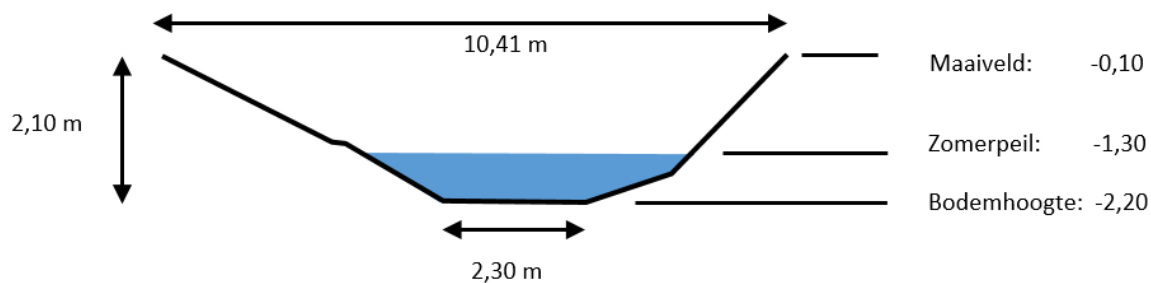
TRAJECT B-C

Voor het doorstroomprofiel van traject B-C gelden de gegevens volgens tabel 2:

Tabel 2, Gegevens doorstroomprofiel OAF-5225, Waterschap Scheldestromen (2020) en AHN (2020)

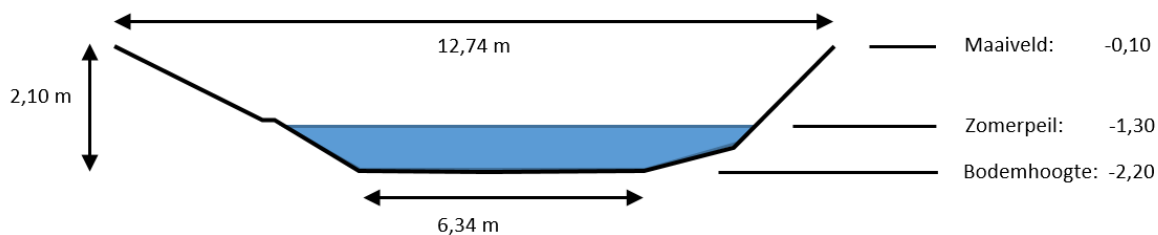
	Waarde	Eenheid
Bodembreedte	2,3	m
Bovenbreedte	10,41	m
Bodemhoogte	-2,20	m NAP
Talud 1 Links	1,25	
Talud 2 Links	2,00	
Talud 1 Rechts	3,50	
Talud 2 Rechts	1,00	
Knikpunt talud links	-1,20	
Knikpunt talud rechts	-1,90	m NAP
Breedte plasberm links	0,10	m
Streefpeil zomer	-1,30	m NAP
Maaiveldhoogte	-0,10	m NAP

De gegevens uit tabel 8 resulteren in onderstaand doorstroomprofiel in figuur 4.



Figuur 4, Doorstroomprofiel OAF-5225, Waterschap Scheldestromen (2020)

Bovenstaande gegevens resulteren in een stroomoppervlak van 11,81 m² met een bovenbreedte van 8,7 m. Aangezien het maaiveld langs traject B-C 0,35 m lager ligt dan bij traject B-A zal er een relatief groot stuk moeten worden verbreed (AHN, 2020). Het extra stroomoppervlak dat gerealiseerd moet worden bedraagt daarbij 8,48 m². De diepte van de watergang bedraagt 2,10 m. Dit resulteert in een verbreding van $(8,48/2,10) = 4,04$ m. Deze aanpassingen zijn opgenomen in figuur 5.



Figuur 5, Voorstel nieuw doorstroomprofiel OAF-5225, Waterschap Scheldestromen (2020)

TRAJECT C-D

De watergangen binnen traject C-D vallen binnen de secundaire categorie (Waterschap Scheldestromen, 2020). Er zijn geen gegevens beschikbaar van de betreffende watergangen. Hierdoor kan er geen betrouwbaar advies gegeven worden voor het nieuwe doorstroomprofiel. De bodemhoogte van de watergang moet uiteindelijk op -2,25 m NAP komen te liggen met een licht verhang naar punt D. Er wordt aanbevolen om het doorstroomprofiel van traject C-D op twee locaties in kaart te brengen. Deze locaties zijn zichtbaar gemaakt met rode pijlen in figuur 6. De rede waarom op deze locaties gemeten moet worden is dat het twee verschillende watergangen zijn aan weerszijden van een kering. De bijbehorende object ID's zijn: OAF5284 en OAF4330 (Waterschap Scheldestromen, 2020).



Figuur 6, Aanbevolen meetlocaties om het huidige doorstroomprofiel van de secundaire watergangen in kaart te brengen

DUIKERS

Duiker onder kering zonder waterkerende functie

Deze duiker komt te liggen ter hoogte van de rode pijl in figuur 7 op de volgende pagina. Voor de afmetingen van deze duiker worden de afmetingen van de huidige duiker KDU-740 als representatief beschouwd. Dit resulteert in onderstaande afmetingen, tabel 3:

Tabel 3, Aanbevolen afmetingen nieuwe duiker onder kering zonder waterkerende functie, Waterschap Scheldestromen (2020)

	Waarde	Eenheid
Lengte	43	m
Hoogte	1,25	m
Breedte	2,50	m
Bodemhoogte instroom	-2,25	m NAP
Bodemhoogte uitstroom	-2,30	m NAP



Figuur 7, Locatie toekomstige duiker onder kering zonder waterkerende functie

Duiker met geautomatiseerde klepstuw onder kering met klepstuw

Deze duiker komt te liggen ter hoogte van de blauwe pijl in figuur 7. Voor de afmetingen van deze duiker worden de afmetingen van de huidige duiker KDU-740 als representatief beschouwd. Dit resulteert in onderstaande afmetingen, tabel 4.

Tabel 4, Aanbevolen afmetingen nieuwe duiker met geautomatiseerde klepstuw onder kering met waterkerende functie, Waterschap Scheldestromen (2020)

	Waarde	Eenheid
Lengte	59	m
Hoogte	1,25	m
Breedte	2,50	m
Bodemhoogte	-2,30	m NAP
Hoogte klepstuw	-1,30	m NAP

Inzetten huidige duiker KDU-740 als overstort

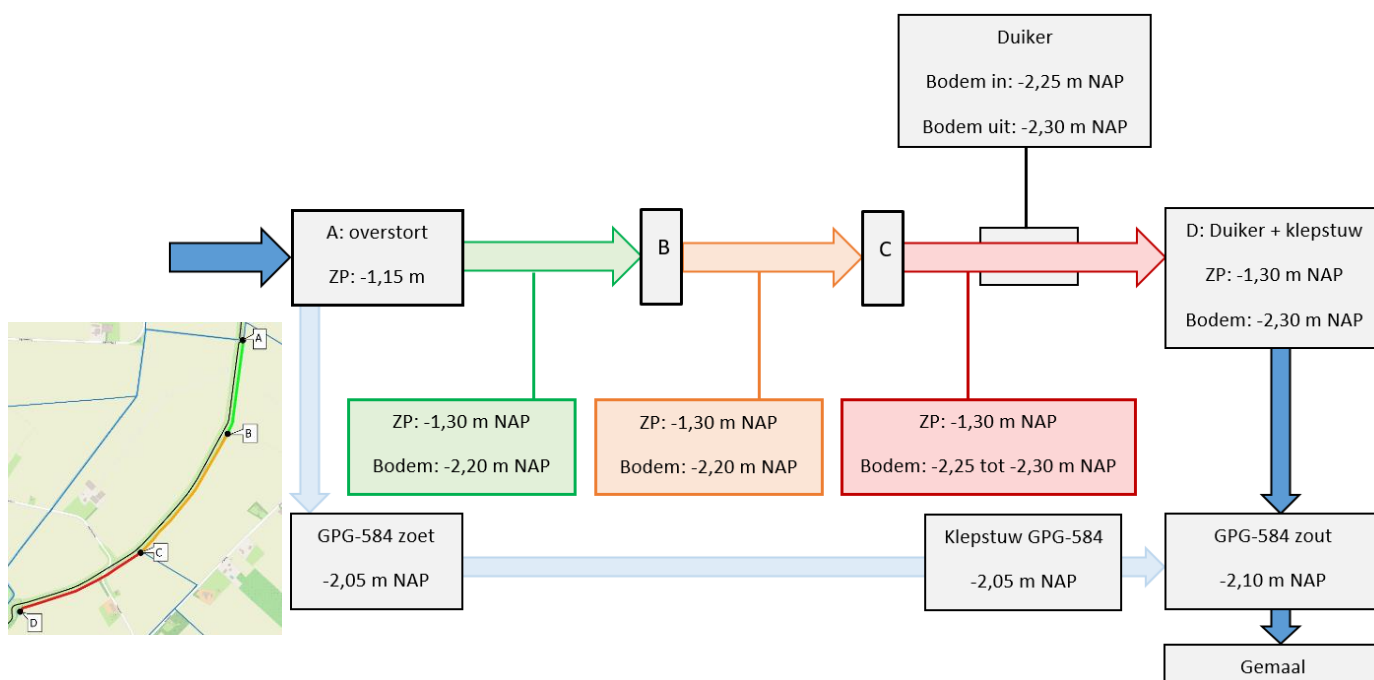
In het gescheiden watersysteem zal deze duiker met geautomatiseerde klepstuw functioneren als overstort. De klepstuw bij de nieuwe duiker wordt ingesteld op een zomerpeil van -1,30 m NAP. De overstort zal ingesteld worden op 10 centimeter boven het zomerpeil afhankelijk van de opstuwing tussen de overstort en de nieuwe duiker (Waterschap Scheldestromen, 2020). Voor de hoogte van de overstort geldt dus:

$$\text{Ingesteld peil overstort (m NAP)} = -1,30 + (0,10 \text{ m} + \text{opstuwing})$$

Bij een opstuwing van 5 centimeter wordt de overstort dus ingesteld op -1,15 m NAP.

SCHEMATISATIE PEILBEHEER EN BODEMVERLOOP

In figuur 8 zijn de maatregelen van de voorkeursvariant schematisch weergegeven.



Figuur 8, Schematische weergave van het gescheiden watersysteem, bodemverloop en het peilbeheer, Waterschap Scheldestromen (2020)

VERBREDEN WATERGANGEN IN RELATIE TOT OVERSTORTDEBIET

De inrichting van het watersysteem is opgesteld naar de wensen van het waterschap en de gemeente. Dit watersysteem is robuust genoeg om GPG-593 het hele jaar door af te wateren. Hierbij is het interessant om te onderzoeken in welke mate het overstortdebiet kan worden vergroot waardoor de watergangen minder breed hoeven te worden en de kosten aanzienlijk lager zijn. Het gaat er voornamelijk om dat de klepstuw voorkomt dat het zoute debiet op GPG-584 afwatert gedurende een neerslagtekort. Het gemiddelde maandelijkse debiet van de zomermaanden van 2013 t/m 2019 bedraagt 47844 m³, dit komt neer op 0,018 m³/s, tabel 5. Dit debiet kan ook worden verwerkt door het huidige watersysteem van GPG-593. Bij een neerslagoverschot kan het water overstorten omdat dit zoet is (Natuurlijk Zoet, 2019). Hiervoor hoeven geen watergangen te worden verbreed. Vervolgonderzoek naar het overstortdebiet en de verbreding van de watergangen in GPG-593 is dus nodig om te voorkomen dat er onnodig ingrijpende maatregelen worden getroffen.

Tabel 5, Maandelijks debiet over KST-42 (m3/maand), Waterschap Scheldestromen (2020)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
Mei	72916	41967	72696	85724	52581	73018	11383	
Juni	189575	54014	46224	77479	38184	0	545	
Juli	52343	42237	38542	117883	9408	0	35556	
Augustus	24358	29898	29654	29402	70213	0	0	
September	5108	119541	149749	31695	54702	13467	4480	
Gemiddeld maandelijks debiet zomermaanden 2013-2019 (m3/maand)							47844,06	
Gemiddeld zomerdebiet zomermaanden 2013-2019 (m3/s)							0,018458	