



Klimaatrobuust watersysteem Fieldlab Burghsluis

Haalbaarheidsplan

KLIMAATROBUUST WATERSYSTEEM FIELDLAB BURGHSLUIS

Uitgebracht aan: Gemeente Schouwen-Duiveland

Tussenpersoon: Peter van Veelen

Uitgebracht door: Aequator Groen + Ruimte bv
Postbus 1171
3840 BD Harderwijk

Contactpersoon: Joani Kannekens
0686818971

Auteur(s): Matheijs Pleijter, Thaem Mous, Joani Kannekens (Aequator Groen + Ruimte)

Met medewerking van: Vince Kaandorp (Deltares)

Versie: Versie 2

Datum: 13-12-2023

Gecontroleerd door:

INHOUDSOPGAVE

AANLEIDING FIELDLAB BURGHSLUIS	4
Fieldlabs Broedplaats Zoetwater	4
Fieldlab Burghsluis: van visie naar plan	4
Onderdelen visie Burghsluis	4
Doel en status plan	5
KNELPUNTEN BODEM EN WATERSYSTEEM	6
Locatiebeschrijving	6
Knelpunten in het watersysteem.....	6
MOGELIJKE AANPASSINGEN HYDROLOGISCH SYSTEEM	7
Doel en aanpak onderzoek.....	7
Resultaten veldwerk zoet/zout metingen, debietmetingen en bodemboringen	7
Debietmetingen	7
Geleidbaarheidsmetingen.....	9
Bodemdata.....	11
Opbrengstdervingsberekeningen en bodemgeschiktheid	14
Conclusie gebiedsbrede metingen	15
Resultaten pilots	16
Pilotplan 1.....	16
Pilotplan 2.....	23
Pilotplan 3.....	29
BODEM ALS SPONS	41
Achtergrond en theorie in een notendop.....	41
Sponswerking en de samenstelling van de bodem	41
Sponswerking en de structuur van de bodem	42
Sponswerking en het beheer van de bodem	42
Sponswerking en bodemleven	43
Bodemtypes in Burghsluis	43
Beoordeling van de bodem als spons in Burghsluis.....	44
Bodemopbouw	45
Structuur.....	45
Analyse.....	46

Advies/Maatregelen	46
SAMENVATTING MEETGEGEVENS EN BODEM ALS SPONS	47
Gebiedsbrede metingen	47
Pilots	47
Bodem als spons	48
ADVIES INRICHTING WATERSYSTEEM	48
ADVIES PROJECTVERVOLG	50
REFERENTIES	51
BIJLAGE	52
Bijlage 1	52

AANLEIDING FIELDLAB BURGHSLUIS

Fieldlabs Broedplaats Zoetwater

Het klimaat verandert. De verwachting is dat in de toekomst langere periodes van droogte optreden én de kans op extreme regenbuien toeneemt. Hierdoor kan het risico op droogteschade, verzilting maar ook schade door wateroverlast toenemen. Om een vitaal landelijk gebied te behouden is het nodig om het watersysteem voor te bereiden op de toekomst.

Om dat te bereiken is een intensieve samenwerking nodig tussen boeren, natuurbeheerders, het waterschap en andere overheden binnen een gebied. Om deze gebiedsgerichte aanpak te ontwikkelen is binnen de Broedplaats Zoetwater het project Fieldlabs Zoetwater opgezet. Het doel van het project fieldlabs Zoetwater is om een gebiedsgerichte aanpak te ontwikkelen voor een klimaatrobuust watersysteem waarmee wateroverlast, watertekort en problemen van verzilting en waterkwaliteit in de toekomst kunnen worden voorkomen.

Fieldlab Burghsluis: van visie naar plan

Het fieldlab Burghsluis is ontstaan op initiatief van enkele ondernemers in het gebied tussen Burghsluis en Burgh-Haamstede. In de periode maart - april 2021 zijn gesprekken gevoerd met ondernemers in het gebied, het waterschap en verschillende natuurorganisaties om een beeld te krijgen van de knelpunten in het watersysteem en ideeën en mogelijke oplossingen te verkennen. Daarnaast is het gebied van het fieldlab verder afgebakend. Op basis van deze verkenning is besloten om een gezamenlijke visie te ontwikkelen op een klimaatrobuust watersysteem.

In het voorjaar en de zomer van 2022 is samen met de gebiedseigenaren, het waterschap, gemeente en provincie door de adviesbureaus Aequator en Deltares gewerkt aan een verkenning van de mogelijke oplossingen om de zoetwaterbeschikbaarheid te vergroten, op basis van een analyse van het bodem- en watersysteem. De visiefase is afgerond in september 2022. De betrokken gebiedseigenaren, het waterschap, provincie en gemeente hebben besloten om de onderdelen van de visie verder uit te werken tot een uitvoeringsplan.

Onderdelen visie Burghsluis

Het Poldergebied tussen Burgh-Haamstede en Burghsluis is bijzonder omdat het gevoed wordt door het zoete kwelwatersysteem van de Kop van Schouwen en door het zoute kwelwater van de Oosterschelde. Het polderwatersysteem is ingericht om overtollig water efficiënt af te voeren richting gemaal Prommelsluis. Hierbij gaat veel zoet kwelwater verloren in het zoute hoofdwatersysteem. Zoetwater kan daardoor niet worden benut voor beregening. In het gebied dat onder invloed van zoute kwel ligt is binnen de percelen een dunne regenwaterlens aanwezig en is verzilting een risico. Het gebied heeft aangegeven de bestaande zoetwaterbronnen uit de duinrand en het effluent RWZI beter te willen benutten in combinatie met het vergroten van de sponswerking van de bodem.

Om de zoetwaterbeschikbaarheid in het gebied te vergroten worden door de gebiedseigenaren de volgende maatregelen voorgesteld:

1. Het zoete kwelwater vanuit de duinrand langer vasthouden door het compartimenteren en opstuwen van de peilgebieden die gevoed worden door kwelwater. Dit betekent het aanbrengen van scheidingsstuwen in het secundaire en soms primaire watersysteem om het peil zo optimaal mogelijk in te richten afhankelijk van de maaiveldhoogte, drooglegging en afvoercapaciteit.
2. Benutten van het effluent van de RWZI aan de Steursweg als bron voor zoetwater voor het landbouwgebied onder invloed van zout grondwater vanuit de Oosterschelde.

3. Vergroten sponswerking bodem door duurzaam bodembeheer, drainagetechnieken en natuurinclusieve inrichting om zoetwater langer vast te houden, ter versterking van beide bronmaatregelen.
4. Ondergrondse opslag van zoetwater in de kreekrug rond de Meeldijk en langs de Steursweg

Doel en status plan

Het doel van dit plan is om de ontwikkelrichting uit de visie Burghsluis uit te werken tot een haalbaarheidsplan op basis waarvan een investeringsbeslissing door de betrokken stakeholders kan worden genomen. De focus zal daarbij in eerste instantie liggen bij de uitwerking van de hydrologische en financiële haalbaarheid van de eerste twee oplossingsrichtingen (zoete kwel bufferen en vasthouden en het benutten van de RWZI als zoetwaterbron). De oplossingsrichting duurzaam bodembeheer, drainage en natuur inclusieve inrichting zal in een tweede instantie worden verkend omdat deze oplossingsrichting afhankelijk is van de haalbaarheid van het benutten van kwelwater en RWZI als bron voor zoetwater. Dit geldt ook voor het onderzoek naar de mogelijkheden voor het benutten van de kreekrug voor opslag van zoetwater omdat deze oplossingsrichting afhankelijk is van de mogelijkheden om meer zoetwater in het gebied te krijgen.

KNELPUNTEN BODEM EN WATERSYSTEEM

Locatiebeschrijving

Het poldergebied tussen Burgh-Haamstede en Burghsluis is bijzonder omdat het gevoed wordt door het zoete kwelwatersysteem van de Kop van Schouwen en door het zoute kwelwater van de Oosterschelde. Het hydrologische systeem bestaat uit het duinsysteem in het noorden met voornamelijk natuur, de binnenduinrand als overgangsgebied met voornamelijk bebouwing, en het lager gelegen poldersysteem, met voornamelijk landbouw, dat grenst aan de Oosterschelde in het zuiden. Het duingebied heeft hoge grondwaterstanden en een groot ondergronds zoetwater lichaam. In de binnenduinrand kwelt het zoete grondwater uit de duinen op wordt het grondwater gedraineerd middels een drainagenetwerk van greppels, kavelsloten en gestuwde primaire sloten richting het poldersysteem. Binnen het poldersysteem komen verschillende peilgebieden voor, overwegend rond of onder NAP, en ligt een scherpe overgang tussen het zoete en zoute kwelsysteem. In de diepere ondergrond is halverwege het gebied hierdoor een scherpe bijna verticale grens ontstaan tussen de zoetwaterbel noordelijk (onder druk vanuit de duinen) en zout grondwater zuidelijk (onder druk vanuit de Oosterschelde). Afhankelijk van locatie, slootpeil, grondwaterstanden en aanwezigheid van goed of slecht doorlatende lagen in de ondergrond kwelt zoet of brak/zout water in het gebied.

Knelpunten in het watersysteem

Het polderwatersysteem is ingericht om het water efficiënt af te voeren richting gemaal Prommelsluis waardoor veel zoet kwelwater verloren gaat in het zoute hoofdwatersysteem. Zoetwater kan daardoor niet worden benut voor beregening. In het gebied dat onder invloed van zoute kwel ligt is binnen de percelen een dunne regenwaterlens aanwezig en is verzilting een risico. Ook hier kan het oppervlakte water niet worden benut voor beregening. Het gebied heeft de wens om de zoetwatervoorraad in de bodem te vergroten en de mogelijkheden om zoet water beschikbaar te hebben voor droge perioden.

Om de zoetwaterbeschikbaarheid in het gebied te vergroten wordt door het gebied voorgesteld om de bestaande zoetwaterbronnen in het gebied te benutten. Dit kan door het zoete kwelwater vanuit de duinrand langer vast te houden door het compartimenteren en opstuwen van de peilgebieden die gevoed worden door zoet kwelwater. Door het aanbrengen van scheidingsstuwen in het secundaire en soms primaire watersysteem kan het peil zo optimaal mogelijk worden ingericht afhankelijk van de maaiveldhoogte, drooglegging en afvoercapaciteit en kan instroom van zout water worden voorkomen. Daarnaast wordt onderzocht of het effluent van de RWZI aan de Steursweg als bron voor zoetwater kan worden gebruikt voor het landbouwgebied onder invloed van zoute grondwater vanuit de Oosterschelde.

MOGELIJKE AANPASSINGEN HYDROLOGISCH SYSTEEM

Doel en aanpak onderzoek

Om inzicht te krijgen in de hydrologische haalbaarheid van enkele maatregelen voorgesteld in de visiefase, is onderzoek naar het huidige watersysteem en naar het effect van bepaalde maatregelen nodig. Uiteindelijk doel van het onderzoek is bepalen welke aanpassingen mogelijk tot een klimaat robuuster watersysteem kunnen leiden. Het onderzoek richt zicht in beginsel op twee sporen (zoals benoemd in de visiefase):

- Zoet kwelwater uit de duinrand langer vasthouden en beter benutten
- Zoute instroom en kwel beperken door extra zoete aanvoer en door zoet-zoutscheiding

Naast gebiedsbrede metingen zijn deze sporen verder uitgewerkt in een drietal pilots. In dit hoofdstuk worden de metingen en inzichten van zowel de gebiedsbrede metingen als de pilots besproken.

Resultaten veldwerk zoet/zout metingen, debietmetingen en bodemboringen

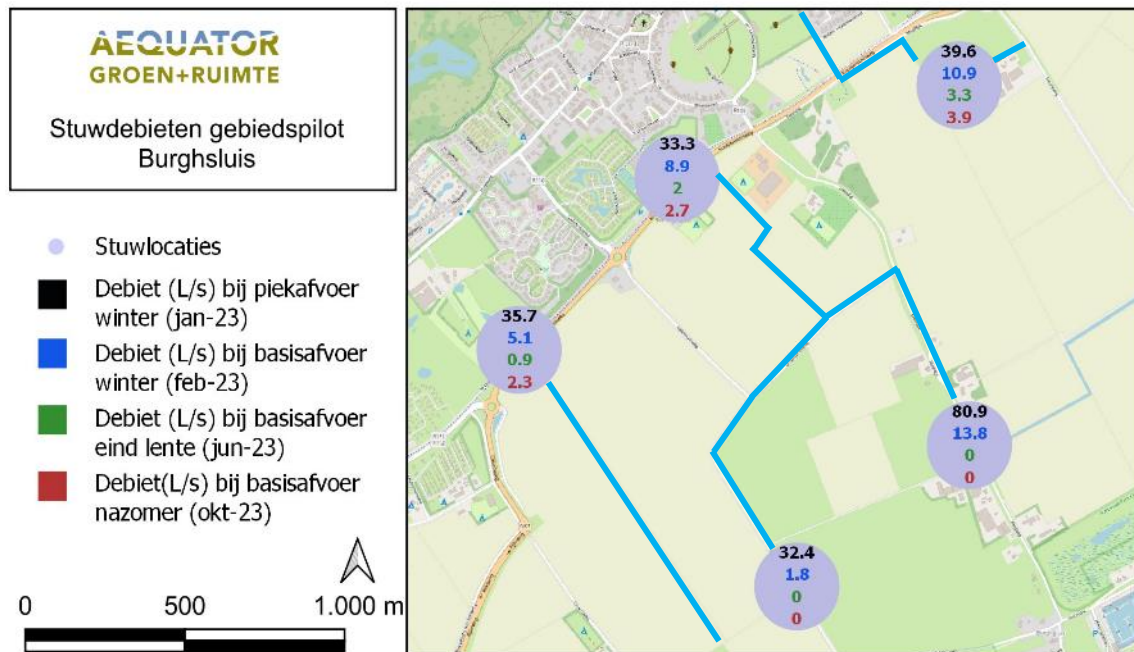
Om aanvoer, zoutgehalte en beschikbaarheid van water binnen het gebied in kaart te brengen zijn metingen uitgevoerd. Deze metingen worden in dit hoofdstuk toegelicht.

Debietmetingen

Gedurende het jaar 2023 is op vier verschillende meetmomenten bij vijf stuwen een handmatige debietmeting uitgevoerd. De vier meetmomenten zijn representatief voor piekafvoer in de winter (12-01-23), een basisafvoer moment in de winter (13-02-23), basisafvoer eind lente/begin zomer (12-06-23) en basisafvoer in de nazomer/begin herfst (10-10-23). Het verschil tussen piek en basisafvoer in de winter is duidelijk te zien in Figuur 1. Doormiddel van de debietmetingen is inzichtelijk gemaakt hoeveel zoetwater aanvoer er is vanuit de duinrand is (Figuur 2) en in hoeverre deze aanvoer toereikend is voor peilopzet van de kavelsloten en het grondwater in het projectgebied. Een kanttekening hierbij is wel dat deze metingen maar in 1 jaar zijn uitgevoerd, de debieten geven dus geen gemiddelde situatie weer maar kunnen wel worden gebruikt om een grove inschatting te maken van de hoeveelheid beschikbaar duinwater.



Figuur 1. Piekafvoer op 12 januari 2023, 80.9 L/s (A) en basisafvoer op 13 februari 2023, 13.8 L/s (B) bij de stuw aan de westkant van de Meeldijk, ter hoogte van Meeldijk 14.



Figuur 2. Debieten in L/s tijdens vier meetmomenten voor vijf waterschapsstuwen in het gebied. Daar waar het debiet 0 L/s is was de stuw volledig afgesloten of liep er geen water over de klep of balk van de stuw.

Met de debietmetingen uit Figuur 2 is voor een denkbeeldige kavelsloot van 1000m en een aanliggend perceel van 30ha (grootweg de afmetingen van het grootste perceel in de pilots) berekend hoe lang er nodig is om het oppervlaktewater- en grondwaterpeil met 30cm op te zetten. De resultaten hiervan zijn weergegeven in Tabel 1. Hierbij is, gebaseerd op de debieten, uitgegaan van een aanvoer van 30 tot 80 L/s bij winter piekafvoer (12 januari), 10 L/s bij een winter basissituatie (13 februari), 1.3 L/s aanvoer in juni en 1.8 L/s aanvoer in oktober.

Tabel 1. Benodigde aantal dagen om een kavelsloot (1000m x 2,5m) en een perceel (30ha) met 30cm op te zetten. Voor het perceel is een porositeit van 0.5 genomen. Met aanvoer wordt enkel de aanvoer van zoetwater uit de duinrand bedoeld. Een porositeit van 0.5 is een relatief hoge aanname, uitgaande van een optimale bodemstructuur. Is de porositeit van een bodem lager, dan kan er minder water in opgeslagen worden.

	Lengte (m)	Breedte (m)	Opzet (m)	Benodigd volume (m ³)	Porositeit (-)	Benodigde tijd bij 30 tot 80 L/s (2600-7000 m ³ /d) aanvoer (dagen)	Benodigde tijd bij 10 L/s (864 m ³ /d) aanvoer (dagen)	Benodigde tijd bij 1.3 L/s (110 m ³ /d) aanvoer (dagen)	Benodigde tijd bij 1.8 L/s (150 m ³ /d) aanvoer (dagen)
Kavelsloot	1000	2,5	0,3	750	-	0,1-0,3	0,9	6,7	4,8
Percelen	1000	0,5*2*300	0,3	90.000	0,5	6,5-17,4	52,1	400,6	289,4

Tabel 1 laat zien dat peilopzet met het zoetwater uit de duinen met name in de winter mogelijk is. Door het slootpeil op te stuwen wordt de drainagebasis in de percelen verhoogd, waardoor regenwater vastgehouden wordt en het grondwaterpeil stijgt. Tijdens een nat voorjaar kan op eenzelfde manier ook dan het peil nog worden opgezet met het duinwater. Daarna neemt de verdamping toe en is de hoeveelheid zoetwateraanvoer via regen niet meer toereikend voor opzet van het grondwaterpeil. Wel biedt de aanvoer in juni nog de kans om het slootpeil hoog te houden en zo ook grondwater langs de kavelsloten langer vast te houden. Een hoger slootpeil aan het begin van het voorjaar verlaat het moment dat het peil niet meer gehandhaafd kan worden.

Geleidbaarheidsmetingen

Ook de geleidbaarheid (Electrical Conductivity = EC) is in kaart gebracht. De EC of EGV is een maat voor de hoeveelheid opgeloste (chloride) ionen in het water en hiermee is de ruimtelijke variatie in zoutgehalte en ook de variatie over tijd weergegeven. Om een beeld te geven van de geleidbaarheid waarbij gewassen stress gaan ervaren is Figuur 3 toegevoegd. Metingen, uitgevoerd door studenten van Hogeschool Rotterdam en Zeeland, in mei en oktober 2022 en door Aequator Groen + Ruimte in februari 2023 (Figuur 4, Figuur 5 & Figuur 6) laten zien dat de hoofdsloot ten zuiden van het gebied brak (>4mS/cm) of zelfs zout (>15mS/cm) water bevat. De sloten die ten noorden hiervan afvoeren in de hoofdsloot worden naar mate ze dichterbij de hoofdsloot komen ook (licht) brak, waarschijnlijk door instroom vanuit de hoofdsloot of zoute kwel.

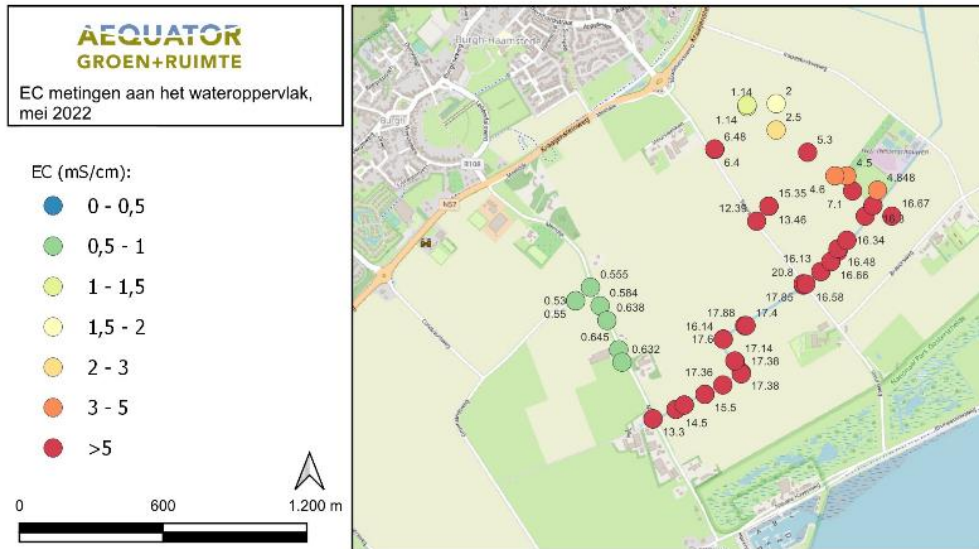
Waar de zoet/zout grens zich precies bevindt is nog lastig in te schatten en lijkt in de watergangen ook te variëren gedurende het jaar (afhankelijk van het neerslagoverschot). Wel is te zien dat er op korte afstand (tot ~100m bovenstrooms) van de hoofdsloot zoute instroom vanuit de vaart plaatsvindt. Aan de Groenlandseweg bevindt zich een stuw die deze instroom tegenhoudt. Hier neemt, bovenstrooms van de stuw, de EC langzamer af tot het zo'n 500 m bovenstrooms van zoet is (EC waarde onder 1.5 mS/cm). De stuw is hier geen harde grens tussen zout en zoet oppervlaktewater en dit duidt erop dat zoute kwel vanuit de ondergrond de sloot voedt. In het noordelijke deel van het gebied, dichterbij de Kraaijensteinweg, is het water niet of nauwelijks verzilt (het hele jaar door is de EC hier laag, onder de 1.5 mS/cm)).

Bovenstaande analyse gaat over de verdeling van zoet, brak en zout water in het gebied, maar het is ook interessant om te kijken waar het water nog geschikt is voor beregenen. We gaan uit van een grenswaarde lager dan 1 mS/cm. In mei is de EC in bijna alle watergangen die gemeten zijn hoger dan 1,0 mS/cm, alleen langs de Meeldijk komt nog geschikt water voor in de watergang. In oktober is het beeld veel gunstiger, maar dan is er geen behoefte meer aan beregenen.

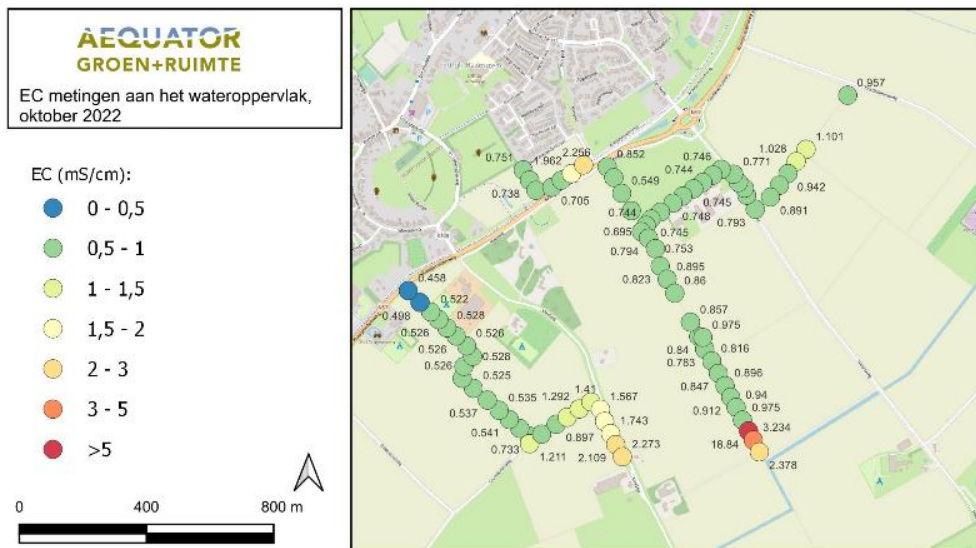
Gewassen	Grenswaarde EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)			
	100 % opbrengst	90 % opbrengst	75 % opbrengst	50 % opbrengst
Aardappel	1100	1700	2500	3900
Bonen	700	1000	1500	2400
Broccoli	1900	2600	3700	5500
Kolen	1200	1900	2900	4600
Wortelen	700	1100	1900	3100
Ui	800	1200	1800	2900
Spinazie	1300	2200	3500	5700

Figuur 3. Grenswaarden in Electrical Conductivity (EC) waarbij verschillende gewassen stress gaan ervaren en daardoor de opbrengst met 0, 10, 25 of 50% afneemt (Guy Fipps, n.d.). In deze tabel is EC gegeven in $\mu\text{S}/\text{cm}$. De EC-metingen binnen dit project zijn gegeven in mS/cm (dit zorgt voor een verschil van factor 1000). Uit de tabel blijkt dat aardappelen stress gaan ervaren wanneer de EGV hoger is dan 1,7 mS/cm en bonen bij een EGV hoger dan 1,0 mS/cm. Een EGV hoger dan 3,9 mS/cm levert bij aardappelen 50% minder opbrengst op en bij bonen is bij een EGV hoger dan 2,4 mS/cm de opbrengst 50% lager.

AEQUATOR GROEN+RUIMTE



Figuur 4. Resultaten van EC metingen, mei 2022, uitgevoerd door studenten van de Hogeschool Rotterdam.



Figuur 5. EC metingen, oktober 2022, uitgevoerd door studenten van de Hogeschool Zeeland.

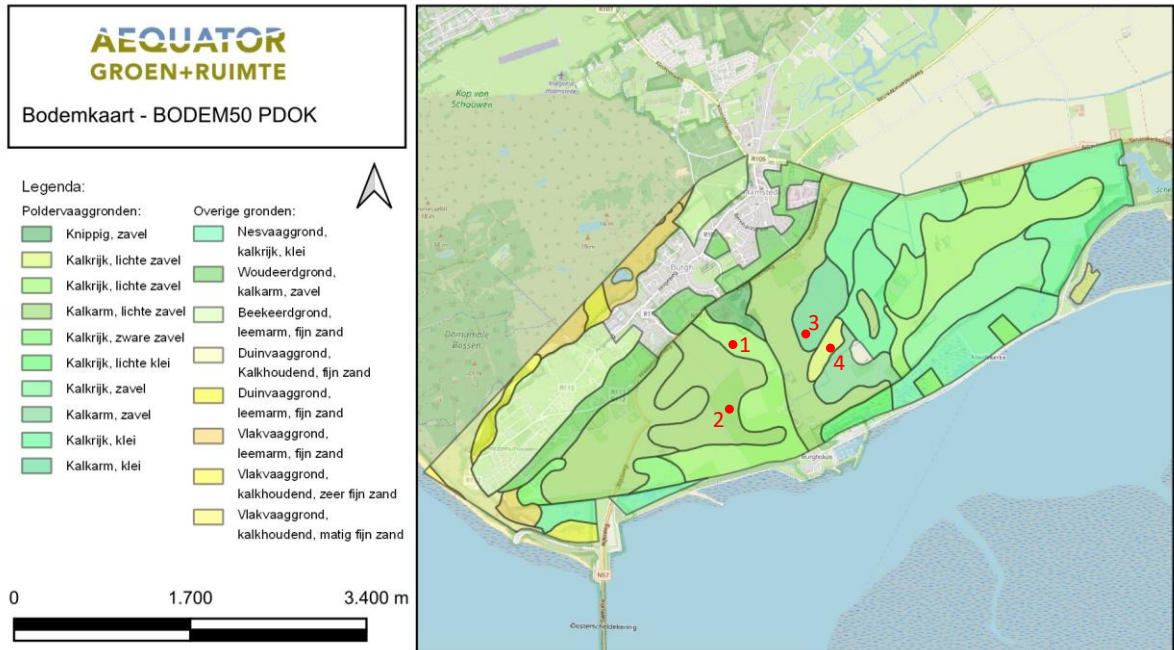


Figuur 6. EC metingen, februari 2023, uitgevoerd door medewerkers van Aequator Groen+Ruimte.

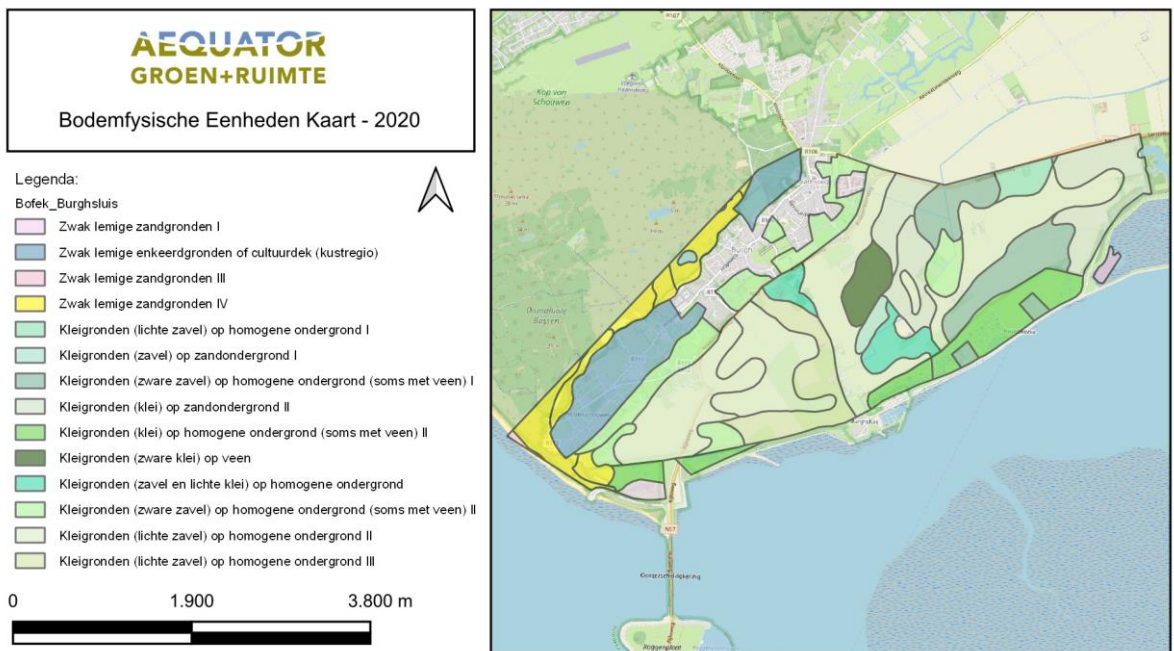
Bodemdata

Gegevens over de bodem kunnen worden afgeleid van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1:5000, de detailbodemkaart, schaal 1:10 000, van Schouwen West en aanvullende boringen die in het gebied door ons zijn uitgevoerd. De bodemkaart van Nederland is gebruikt om bodemfysische parameters af te leiden waarmee de globale effecten van peilveranderingen zijn berekend.

De bodemkaart van het gebied, schaal 1:50.000, (voor detailbodemkaart zie H4 -Bodem als Spons) wordt weergegeven in Figuur 7. De bodemfysische eigenschappen van deze gronden staan weergegeven in Figuur 8. In het gebied komen hoofdzakelijk poldervaaggronden voor, variërend in textuur van lichte zavel tot zware klei. In het noordwesten (het duinengebied) liggen duin- en vlakvaaggronden. Op de detailbodemkaart wordt een indeling van gronden gemaakt op basis van profiel- en landschapkenmerken die in Zeeland gebruikelijk zijn. Het gaat hierbij om kreekruggronden, zandplaatgronden, kleiplaatgronden, poelgronden en strandwalgronden. Om variatie in bodemopbouw en fluctuatie in grondwaterstand binnen het studiegebied gedetailleerder in kaart te brengen zijn verspreid over het gebied 17 boringen gezet. De variatie in bodemopbouw is in Figuur 9 weergegeven aan de hand van vier boringen (locaties aangegeven in Figuur 7). Ook de boringen laten de ruimtelijke verschillen in textuur zien. Met name in de oostelijker gelegen percelen zijn ook veenlaagjes in de profielen aangetroffen en door aanwezigheid van oude strandwallen en zandplaten bevindt een deel van de zavel en klei zich op zandlagen die tussen 75 cm en 150 cm diepte beginnen. De variatie in textuur en gelaagdheid is gebruikt om bij het maken van pilotplannen (*H3 - Resultaten pilots*) de capillaire nalevering en daarmee het vochtleverend vermogen van de bodem in te schatten.



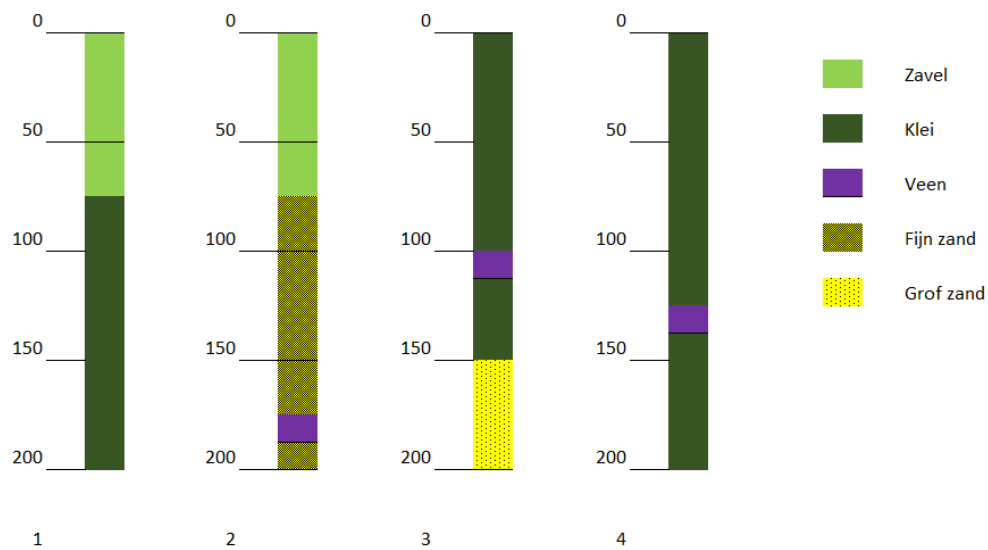
Figuur 7: Bodem 1:50.000 kaart (PDOK, n.d.) van het gebied. De rode punten geven aan van welke punten een schematische weergave is gegeven in Figuur 9.



Figuur 8: Bodemfysische eigenschappen van de gronden in het projectgebied Burghsluis (M. Heinen et al., 2021).

AEQUATOR

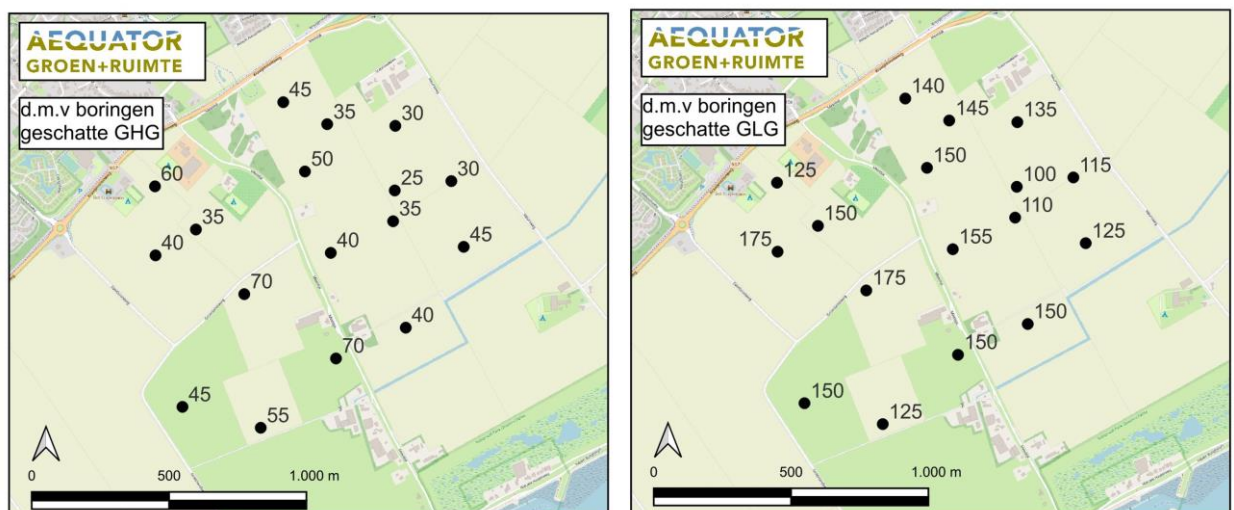
GROEN+RUIMTE



Figuur 9: Schematische weergave van vier boringen (2 meter diep), representatief voor de variatie in typen Poldervaaggrond binnen het gebied.

De aanwezigheid van gley (roestvlekken) is als karteerbaar kenmerk gebruikt om bij de 17 boringen de fluctuatie tussen gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG - wintersituatie) en gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG - zomersituatie) te schatten (Figuur 10). Gley ontstaat door afzetting van ijzer in het profiel door grondwater in natte periodes en aanwezigheid van zuurstof in het profiel in droge periodes. Daar waar de gleyverschijnselen beginnen is als GHG aangenomen en daar waar deze stoppen en overgaan in gereduceerd (grijs) materiaal is aangenomen als GLG. Vergelijken met de geactualiseerde grondwaterkaarten van de BRO actualisatie Gt/Gd (Stuyt et al., 2017) komen de GLG waarden goed overeen maar worden de GHG waarden dichter bij maaiveld geschat (~10 tot 40cm verschil) aan de hand van de gleyverschijnselen. Dit is mogelijk te verklaren door het feit dat de gronden afgezet zijn door water en er tijdens sedimentatie en het rijpingsproces al gleyvlekken ontstaan. Daarnaast is de GHG, in vergelijking met de GLG, ook sterker afhankelijk van slootpeilen en aanwezigheid van drainage.

De binnen dit project geschatte GxG-waarden (GHG en GLG) zijn bij het maken van de pilotplannen gebruikt om het vocht leverend vermogen en de aanwezige ruimte voor peilopzet in te schatten. Hierbij moet er rekening mee worden gehouden dat de GHG in werkelijkheid dieper kan liggen.



Figuur 10: Bovenstaande GxG waarden (cm -maaiveld) zijn aan de hand van gleyverschijnselen geschat. Daar waar de gleyverschijnselen beginnen is als GHG aangenomen en daar waar deze stoppen en overgaan in gereduceerd (grijs) materiaal is aangenomen als GLG. In het algemeen is voor

akkerbouwmatige teelten een GHG dieper dan 50 cm -mv. optimaal. Op het bovenstaande kaartje is te zien dat de omstandigheden voor akkerbouw op een aantal plaatsen niet optimaal is.

Opbrengstdervingsberekeningen en bodemgeschiktheid

Voor een vijftal veelvoorkomende gronden in het gebied is een inschatting gemaakt van de opbrengstderving en de bodemgeschiktheid. Deze gronden en hun eigenschappen zijn weergegeven in Tabel 2

Tabel 2. Veelvoorkomende gronden in pilotgebied Burghsluis.

Gronden	Beschrijving
Kreekruggronden	Hoge zavelige ruggen met geen/weinig gelaagdheid
Poelgronden	Kreekruggrond met een dunne tussenlaag met zware klei op een veenlaag
Kleiplaatgronden	Lichte zeekleigronden met een tussenlaag van dichte zware klei
Strandwalgronden	Zavel of lichte klei op vrij grof zand
Zandplaatgronden	Zavel of lichte klei op fijn zand

De opbrengst van een gewas is onder andere afhankelijk van ontwateringstoestand en bodemopbouw; deze factoren zijn bijvoorbeeld van invloed op de vochtbeschikbaarheid voor een gewas en de draagkracht van de bodem. Met WaterWijzer Landbouw Tabel is voor het gebied een opbrengstdervingspercentage berekend voor aardappelteelt. Dit is gedaan op basis van het Model Grondwaterspiegeldiepte (WDM) uit de BRO actualisatie Gt/Gd (Stuyt et al., 2017) en bodemfysische eenheden (Heinen et al., 2021). Aangezien deze kaarten globaal zijn en worden toegepast in een relatief klein gebied is dit enkel een grove eerste inschatting, die een eerste indicatie geeft van mogelijke opbrengstdervingen. Per bodem in Tabel 2 zijn in Tabel 3 de geschatte opbrengstderving en de specifieke schade die deze derving veroorzaakt weergegeven. Ook staat in de tabel hoe de derving en schade veranderen als de GLG tot 40cm wordt opgezet.

Tabel 3. Opbrengstdervingpercentages, specifieke schade en verandering in opbrengstderving na peilopzet bij gronden in het gebied.

Gronden (& grondwatertrap)	opbrengstderving	Specifieke schade	Na peilopzet (GLG opzet tot 40cm, GHG gelijk)
Kreekruggronden (Vlo)	5-10%	Droogteschade	Heel lichte vermindering opbrengstderving
Poelgronden (Vlo)	35-40%	Droogteschade	Verminderde derving, minder droogteschade
Kleiplaatgronden (Vlo)	5-20%	Droogteschade	Heel lichte vermindering opbrengstderving
Strandwalgronden (Vlo, IVu, IIIb)	30-35%	Droogteschade	Verminderde derving, minder droogteschade
Zandplaatgronden (Vlo)	5-10%	Droogteschade	Heel lichte toename natte stress

De opbrengstdervingpercentages zijn in grote delen van het gebied laag. Voor Poelgronden berekenen we met WWL-tabel een hogere opbrengstderving door droogtestress, terwijl we op deze gronden juist meer natschade zouden verwachten. Wel moet hierbij nadrukkelijk benoemd worden dat de WWL tabel de droogtestress voor specifieke BOFEK- bodemeenheden kan overschatten (WWL (n.d.); Mulder et al. 2018), zo ook bij klei op zand en kleibodems met veenlaagjes. Ook de poelgronden bevinden zich op klei met veen en kunnen dus gevoelig zijn voor overschatting van de opbrengstdervingpercentages. Daarnaast kan de droogteschade het gevolg zijn van verminderde capillaire nalevering bij aanwezigheid van een storende laag met zware klei en verdere gelaagdheid door de aanwezigheid van een veenlaag. Bij gelaagdheid kan namelijk, door overgang in poriëngrootte in het profiel, de zuigspanning van het water aan de bodemdeeltjes afnemen. Onze inschatting is dat de natschade op deze gronden echter wordt onderschat met de berekening. Ook de strandwalgronden ervaren droogtestress. Dit heeft waarschijnlijk te maken met de beperkte capillaire nalevering van het vrij grove zand onder de zavel/lichte klei.

Doormiddel van de WIB-C analyse is de (fysische) bodemgeschiktheid bepaald. WIB-C is een interpretatiesysteem dat bodemkundige gegevens en grondwatergegevens combineert om de gebruiksmogelijkheden van de gronden te bepalen. Aan de bodemeigenschappen (beoordelingsfactoren) worden functies gekoppeld zoals de ontwateringstoestand, het vocht leverend vermogen, de stevigheid, verkruiembaarheid, slempegevoeligheid en stuifgevoeligheid. De waardering van de bodemeigenschappen bepalen of een grond geschikt is voor bijvoorbeeld akkerbouw of weidebouw.. De scores (Tabel 4) laten zien dat de gronden in het gebied ruime mogelijkheden hebben voor akkerbouw en weidebouw. Enkel de poelgronden hebben weinig mogelijkheden, met name door een slecht vocht leverend vermogen. Door peilopzet in het groeiseizoen en ontwatering in natte perioden kan dit mogelijk worden verbeterd. Verder valt op de gronden slempegevoelig zijn. Dat risico kan groter worden wanneer de grondwaterstanden hoger worden.

De WIB-C is gebaseerd op de bodemkaart 1:50000. Poelgronden vallen in de bodemkaart onder de poldervaaggronden met zware laag of ondergrond (Mn86C). De GLG is hier 137cm-mv, gebaseerd op de Gt/Gd actualisatie. Worteldiepte staat ingesteld op 30cm. De bovengrond bij deze poldervaaggrond is, volgens de voorbeeldprofielen horend bij de bodemkaart, matig zware klei (staring: B11) waardoor de kritieke stijghoogte maar 60cm is. Dit verklaart de score van 3.2 door slecht vochtleverend vermogen. De vraag is of dit dan inderdaad voor een poelgrond representatief is.

Tabel 4. Bodemgeschiktheidsbeoordeling door middel van WIB-C scores bij gronden in het gebied.

Gronden	WIB-C score akker		WIB-C score gras	
	score	Toelichting	score	Toelichting
Kreekruggronden	1.2	Goede bodem, kan slempegevoelig zijn Veel complicaties	1.4	Goede bodem, vochtleverendvermogen niet optimaal
Poelgronden	3.2	door droogteschade	3.2	Veel complicaties door droogteschade
Kleiplateagronden	1.2	Goede bodem, kan slempegevoelig zijn	1.4	Goede bodem, vochtleverendvermogen niet optimaal
Strandwalgronden	1.2	Goede bodem, kan slempegevoelig zijn	1.2	Goede bodem, ontwateringstoestand of stevigheid niet optimaal
Zandplateagronden	1.2	Goede bodem, kan slempegevoelig zijn	1.4	Goede bodem, vochtleverendvermogen niet optimaal

Conclusie gebiedsbrede metingen

Het verschil tussen piek- en basisafvoer in de winter is substantieel. Met stuwen kan piekafvoer, als het gewenst is, mogelijk langer vast worden gehouden. In het (late) voorjaar neemt de zoetwateraanvoer al snel af en is peilopzet niet meer mogelijk. Het maximaal haalbare in deze periode is het zo lang mogelijk vasthouden van water dat op dat moment aanwezig is. Uitdaging hierbij is om, zonder de ontwatering in de winter te benadelen, het peil in het voorjaar zo veel mogelijk op te zetten en zo een buffer te bouwen. In de zomer is er in die mate veel verdamping en weinig duinaanvoer dat het water in het gebied niet langer vast kan worden gehouden.

Met name in de hoofdsloot is het hoge zoutgehalte in het zuidelijke deel van het gebied duidelijk zichtbaar. De effecten van dit hoge zoutgehalte (tot boven de 15 mS/cm in het groeiseizoen) zijn ook in de watergangen die hier op afvoeren merkbaar. Zowel via instroom als via zoute kwelstroom. De zoet/zoutscheiding bevindt zich niet ver bovenstrooms van de hoofdsloot maar verplaatst wel in noordelijke richting onder drogere omstandigheden wanneer de zoetwaterlens in dikte afneemt en het peil in de kavelsloten daalt. Het toenemen van het zoutgehalte in de sloten heeft als gevolg dat beregenen uit vrijwel alle sloten in de zomer niet meer mogelijk is.

Resultaten pilots

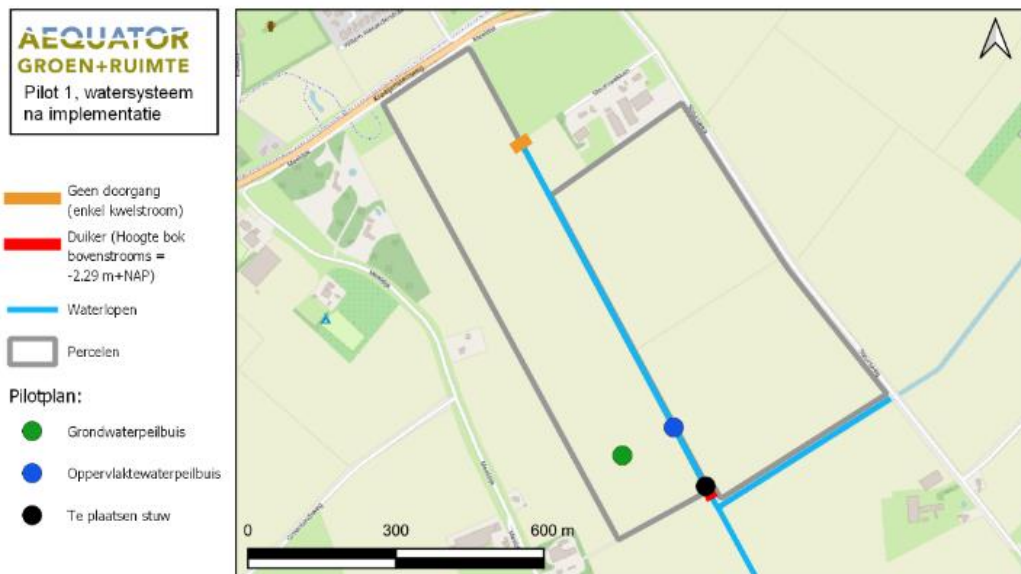
Pilotplan 1

Pilotplan 1 heeft als doel het scheiden van zoet- en zoutwater, door de zoute instroom vanuit de hoofdsloot te blokkeren en het vasthouden van zoetwater uit de duinrand om de zoetwaterlens te vergroten en zoute kweldruk te verminderen. Om dit te bereiken is aan de hand van onderstaande onderzoeksvragen een pilotplan opgesteld.

Onderzoeksvragen

- Kan door toevoer van zoete kwel en regenwater de sloot worden opgestuwd?
- Welk effect heeft peilopzet en het vasthouden van water op de oppervlaktewaterstand van de betreffende waterloop en op de grondwaterstand van de omliggende percelen?
- Hoe varieert de geleidbaarheid van het oppervlaktewater gedurende het groeiseizoen (met name na het plaatsen van de stuw)?
- Helpt de stuw om het zoete watersysteem te versterken door zoute instroom en kweldruk tegen te gaan?

In Figuur 11 staat het pilotgebied weergegeven met locaties waar een stuw is geplaatst (op 9 juni 2023) en peilbuizen zijn geïnstalleerd (op 24 april 2023). De stuwconstructie en kavelsloot zijn afgebeeld in Figuur 12. Door het plaatsen van de stuwende en zoet-zout scheidende constructie op de bovenstroomse zijde van een bestaande dam met duiker in een kavelsloot is het bovenstroomse peil te sturen. Dit peil is afhankelijk van de toevoer van regenwater en drainagewater van de percelen aan beide kanten van de sloot (drains rond de meter diep) aangezien de kavelsloot bovenstrooms is afgesloten door een dam zonder duiker.



Figuur 11: Pilotgebied 1 (grijs omlijnd) met een kavelsloot tussen twee percelen. De sloot is bovenstrooms afgesloten waardoor afvoer alleen uit lokale regen-, kwel- en drainageafvoer bestaat. De duiker, vlak voordat de kavelsloot in de hoofdsloot terechtkomt is afgesloten met een stuw. Bovenstrooms van de stuw zijn een oppervlaktewaterpeilbuis en een grondwaterpeilbuis geplaatst.

Kansen en knelpunten

- De kavelsloot heeft geen aanvoer vanuit andere sloten en voert alleen lokaal kwelwater, drainwater en overtollig neerslag af. De sloot valt soms droog wat waarschijnlijk een verdrogend effect heeft op een gedeelte van de omliggende percelen. Het lijkt mogelijk om langer (zoet, kwel-) water vast te houden met de geplaatste stuw nabij de aansluiting van de kavelsloot met de hoofdsloot.
- Bij een hoger zomerpeil in de hoofdsloot vindt tevens zoute instroom vanuit de hoofdsloot plaats. Bij eerdere EC-metingen (winter begin 2023) was binnen 100m geen zout oppervlaktewater in de kavelsloot waargenomen (EC <1). De stuw kan dit voorkomen.

- Door peilbeheer kan de zoetwaterbuffer worden vergroot en kan de zoutwater instroom of enige kweldruk worden verminderd.

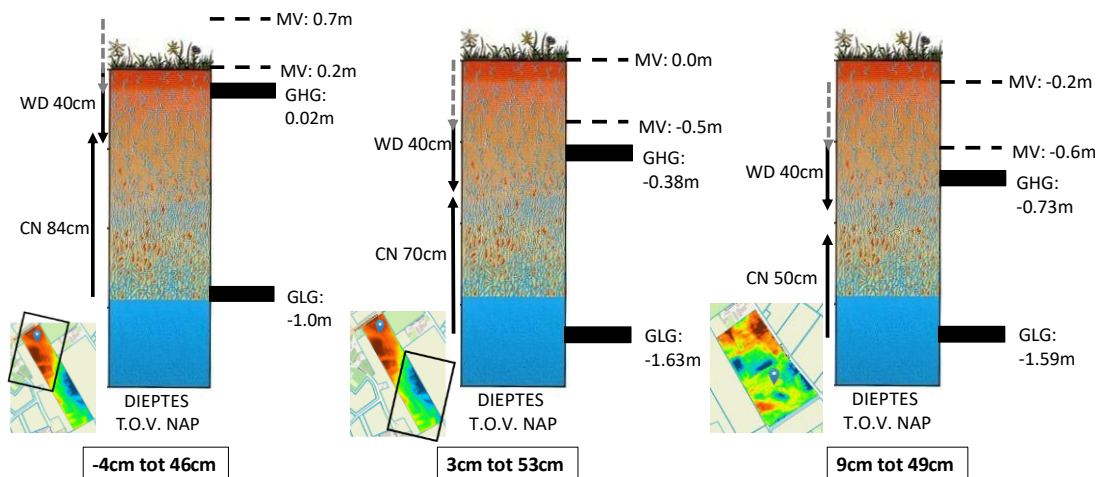


Figuur 12: Stuwende constructie (niet waterdicht) voor een duiker geplaatst (links) en de gestuwde kavelsloot (rechts).

Onderbouwing maatregel

De percelen langs de waterloop bestaan uit poldervaaggronden met een textuur die varieert van lichte zavel tot lichte klei. Het perceel ten oosten van de waterloop bevat enkele veenlaagjes van 5-15 cm dik tussen 110 en 140 cm-mv diepte (poelgronden). Deze veenlaagjes kunnen mogelijk zorgen voor verminderde capillaire nalevering door textuurverandering.

De GHG in het gebied varieert in de veldmetingen tussen de 25 en 50cm-mv en de GLG ligt tussen de 100 en 155cm-mv. De capillaire nalevering bij een GLG-situatie is niet of nauwelijks voldoende om de wortelzone (tot 40cm onder maaiveld) te bereiken (Figuur 13). Dit maakt peilopzet noodzakelijk om een grondwaterprofiel te creëren en biedt ruimte om de GLG met minimaal 25cm op te zetten. Terwijl GLG-opzet wenselijk is, is er geen ruimte voor peilopzet in een GHG-situatie. In de laagte halverwege het westelijk gelegen perceel en de ingesloten laagtes in het oostelijk gelegen perceel is de nalevering in een GLG-situatie al toereikend en daardoor de noodzaak tot opzet beperkter.



Figuur 13: In het figuur zijn drie profielen weergegeven. De profielen zijn representatief voor lichte zavel (CN=84cm), zware zavel (CN=70cm) en lichte klei (CN=50cm). Waarbij WD = Worteldiepte en CN = Capillaire nalevering (voor 2mm nalevering/dag, Rummelink et al., 2020; Bijlage 1). De GxG -peilen zijn gebaseerd op een gemiddelde van de uitgevoerde boringen in het gebied. De peilen laten zien of de capillaire nalevering vanuit het grondwater, in een GLG-situatie, de worteldiepte kan bereiken. Hierbij is de worteldiepte genomen vanaf de minimale maaiveldhoogte (zwarte peil) en de maximale maaiveldhoogte (grijze onderbroken peil) binnen het perceel. Onder de profielen staat hoeveel cm het grondwater (bij GLG) tekort komt om middels capillaire nalevering de wortelzone te bereiken (bij een negatief getal weet het grondwater de wortelzone wel te bereiken).

Monitoring

Met de geïnstalleerde peilbuizen in het pilotgebied worden sinds eind april 2023 continue grond- en oppervlaktewatermetingen uitgevoerd met:

- Gecombineerde EC-drukopnemer in sloot: filterstelling aan hardhouten paal, 50-100 m bovenstrooms van de stuw. Continue meting van oppervlaktewaterdruk en geleidbaarheid van het oppervlaktewater in de diepere (5 cm boven slootbodembodem) slootlaag.
- Gecombineerde EC-drukopnemer in perceel: freatische filterstelling. Continue meting van grondwaterdruk en geleidbaarheid van het grondwater op ~1.80m diepte.

Aanvullend op de EC-metingen (geleidbaarheid) van de peilbuizen zijn onderstaande metingen uitgevoerd in het pilotgebied:

- EC metingen in de kavelsloot door studenten Hogeschool Rotterdam / Zeeland (April 2023)
- EC metingen rondom de oppervlaktewaterpeilbuis en de stuw door Aequator Groen + Ruimte (juni en oktober 2023)

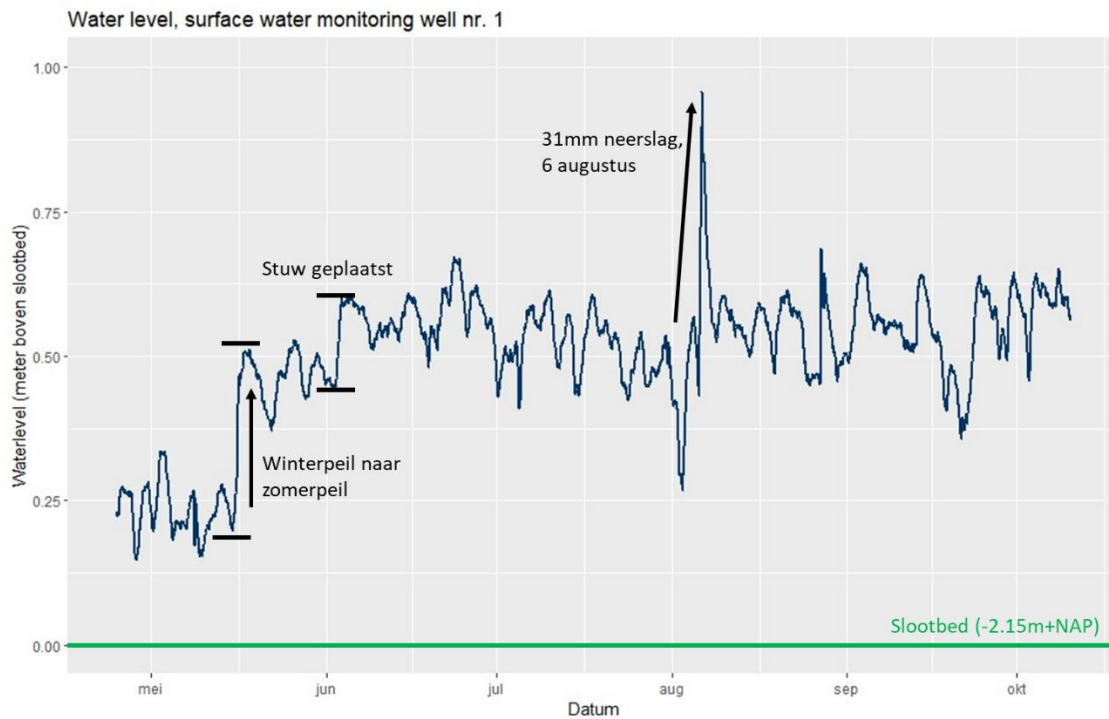
Aandachtspunten

- De grondwaterpeilbuis is naast een rijspoor in het perceel geplaatst. Zo is de peilbuis makkelijk vindbaar en kan ook tijdens het monitoren gebruik worden gemaakt van het rijspoor. Ondanks deze locatie is de grondwaterpeilbuis op 9 september 2023 verwijderd wegens het oogsten.
- Ook de stuwende constructie is wegens hoogwater begin oktober weer verwijderd en zal in 2024 weer opnieuw worden geplaatst.
- Vóór het plaatsen van de stuw was de kavelsloot droogvallend aangemerkt, dit kan door implementatie van de stuw mogelijk veranderen naar waterhoudend. Door het waterschap is toegezegd dat ook met een stuwende constructie, in het kader van zoet/zout stuw en water vasthouden, de kavelsloot gedurende de pilot als 'droogvallend' blijft aangemerkt. Dit is niet van belang voor het uitvoeren van de pilot, maar bij blijvende implementatie van belang in verband met mogelijke verschillen in regelgeving betreffende de breedte van bufferstroken aan de perceel randen.
- Ec metingen in een peilbuis geven door drukvariatie (o.a. door waterbeweging binnen de peilbuis) ook een EC variatie, waar rekening mee gehouden moet worden.

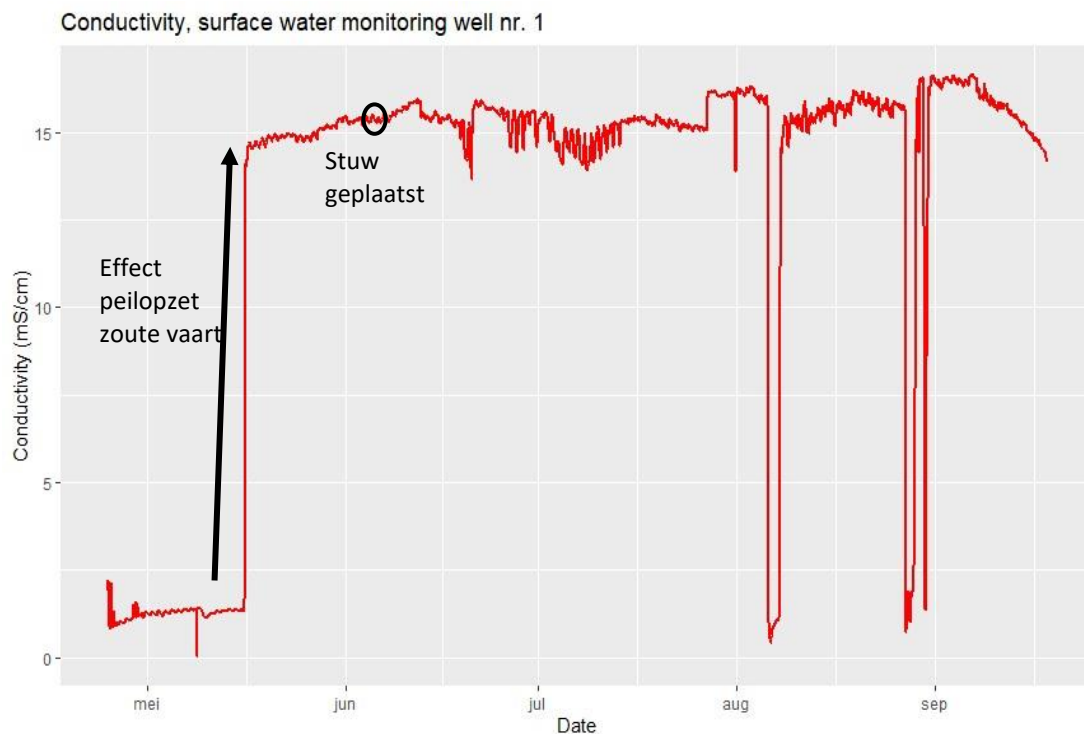
Resultaten monitoring

De meetreeksen van de oppervlaktewatermonitoring in het pilotgebied zijn weergegeven in Figuur 14 & Figuur 15. De waterstand is gegeven ten opzichte van de slootbodembodem (-2.15m+NAP). Het moment dat in de hoofdsloot, ten zuiden van de kavelsloot, het zomerpeil wordt gehanteerd en het waterpeil stijgt is duidelijk te zien dat ook het waterpeil in de kavelsloot met ~25 cm stijgt en daarmee ook de geleidbaarheid omhoog schiet van een waarde rond de 15.0 mS/cm (zoet(maar te zout om te beregenen) naar brak/zout). Op dit moment was de stuw nog niet geplaatst. EC-handmetingen op 10 oktober bevestigen de hoge geleidbaarheid in de kavelsloot (Figuur 16). De EC-handmetingen laten zien dat bovenstrooms van de duiker met name de diepere waterlaag zout is, het oppervlakkige deel van het waterlichaam is zoet. Er lijkt dus zoute instroom plaats te vinden vanuit de hoofdsloot of zoute kwel uit de ondergrond. Dit zoute water is zwaarder dan het zoete water en blijft daardoor op de slootbodembodem hangen. Na het plaatsen van de stuw is het waterpeil in de kavelsloot met ~15cm gestegen. Dit had geen invloed op de geleidbaarheid. Het zoute water blijft bovenstrooms van de stuw hangen.

Ondanks droge omstandigheden in juni en begin juli lijkt het oppervlaktewater op peil te blijven. Dit duidt op aanvoer van kwel en drainagewater vanuit de percelen en bovenstrooms gebied. De pieken in het waterpeil vanaf begin augustus geven de reactie van het oppervlaktewater op veel neerslag weer. Figuur 19 laat de toename in neerslag vanaf eind juli duidelijk zien. Daarnaast is begin augustus en halverwege september een flinke daling te zien in waterpeil. Dit is in realiteit niet het geval maar komt door een lagedrukgebied wat op dit moment door het gebied bewoog (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**), dit is in de meetreeksen terug te zien omdat de EC-druksensoren niet voor luchtdruk compenseren. De sensor meet niet direct de waterstand, maar de druk die op de sensor uitgevoerd wordt. Dit wordt omgerekend naar de waterstand. De luchtdruk wordt echter ook meegenomen in de druk die de sensor ervaart, waardoor veranderingen in luchtdruk te zien zijn in de meetuitkomsten.



Figuur 14: Waterpeil t.o.v. slootbodem tussen 24 april en 10 oktober 2023. Op 9 juni is er benedenstrooms van de peilbuis een stuwteje geïnstalleerd.

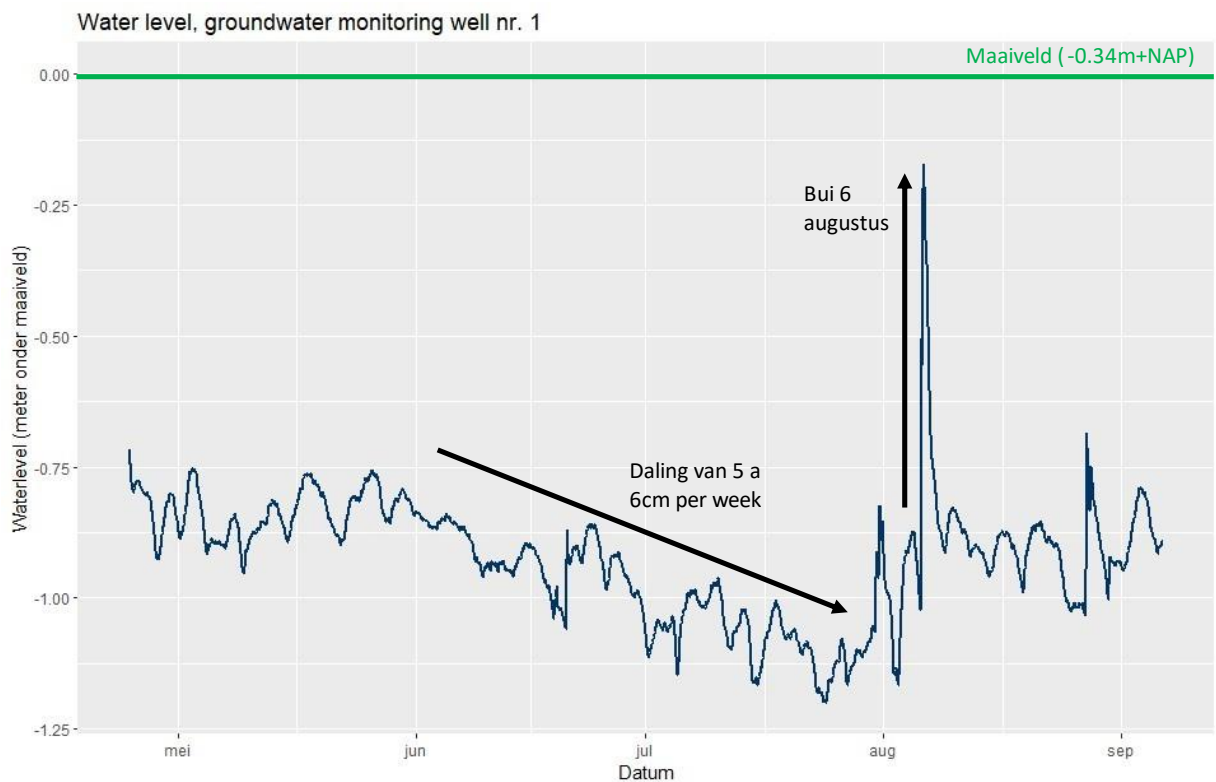


Figuur 15: Geleidbaarheid van het oppervlaktewater, uitgedrukt in EC (Electrical Conductivity (mS/cm)).



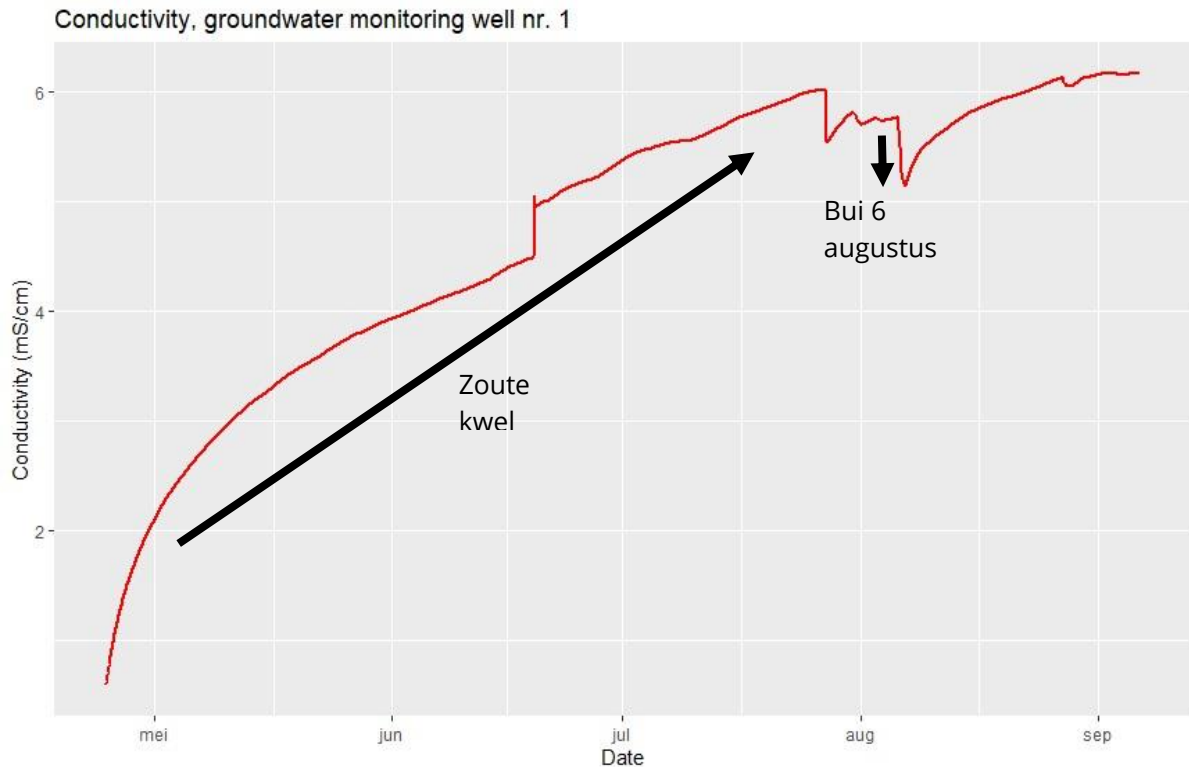
Figuur 16: De geleidbaarheid (mS/cm) op 10 oktober 2023 rondom de oppervlaktepeilbuis en stuw.

De grondwatermeetreeks is weergegeven ten opzichte van maaiveld (-0.34 m+NAP) (Figuur 17). Het meetpunt laat in de droge maanden (mei, juni en de eerste helft van juli) een daling in waterstand van 5 à 6 cm per week zien. Ook in het grondwater zijn de natte omstandigheden begin augustus duidelijk terug te zien. Wel moet opgemerkt worden dat de piek extra sterk naar voren zou kunnen komen door het luchtdrukverschil.

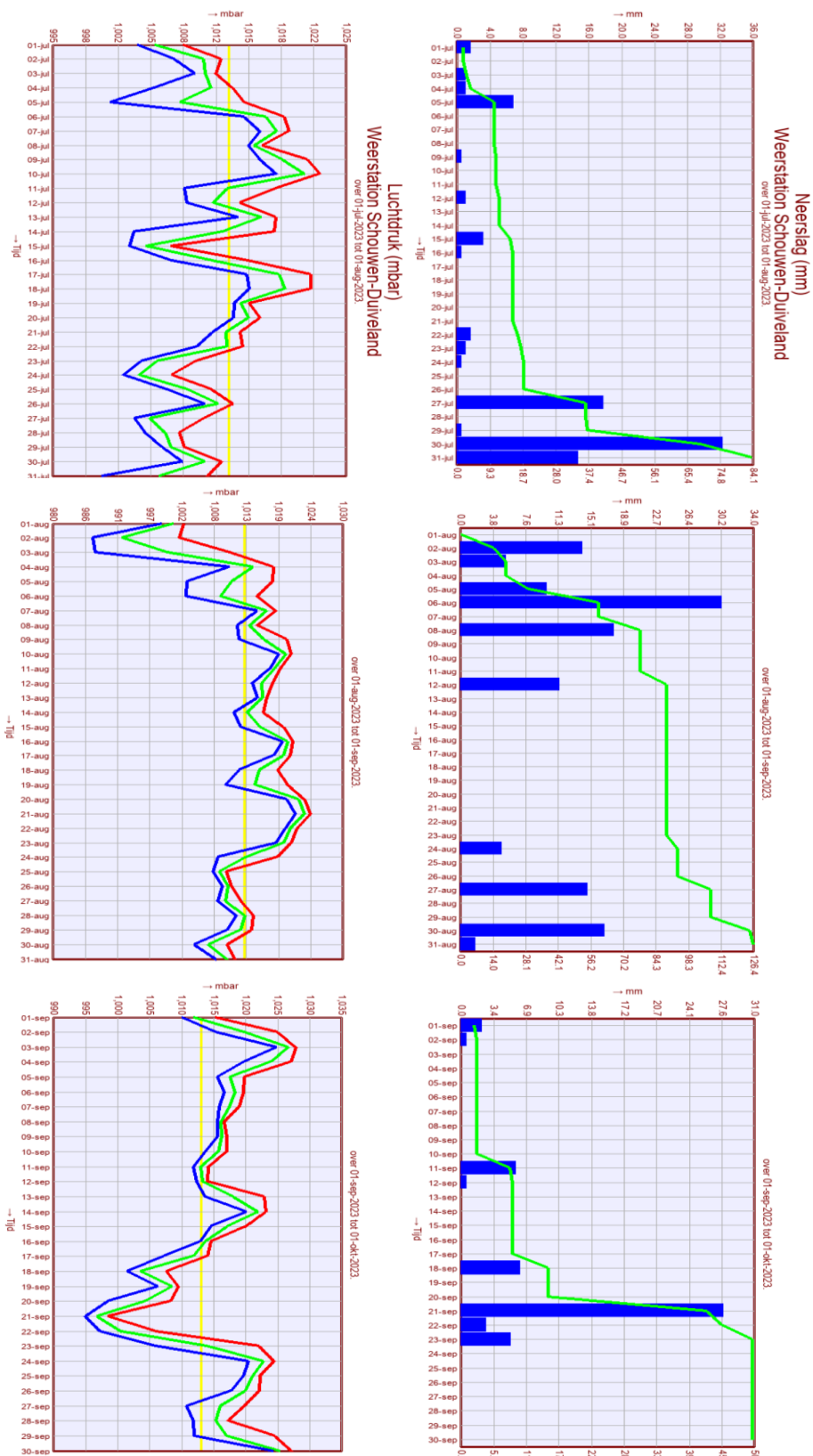


Figuur 17: Grondwaterpeil t.o.v. maaiveld.

De stijging in de geleidbaarheid (Figuur 18) die in de grondwaterpeilbuis is gemeten duidt op een toenemende zoute kweldruk onder de zoetwaterlens, gedurende het groeiseizoen. Dit kan extra versterkt worden door het verminderen van zoete instroom in het filter. De natte omstandigheden in augustus zorgen voor een kleine daling maar de geleidbaarheid blijft hierna tot in de nazomer doorstijgen. Aan het eind van de meetreeks lijkt deze te stagneren maar dit is doordat de peilbuis begin september is verwijderd, niet te bevestigen. Hierbij moet rekening worden gehouden met het feit dat de sensor in de peilbuis op vaste hoogte (1.7m onder maaiveld) hangt en de geleidbaarheid die wordt gemeten representatief is voor deze diepte. De geleidbaarheid dichterbij maaiveld kan mogelijk zoeter zijn door en zoetwaterlens, maar de meetgegevens om dit te bevestigen ontbreken.



Figuur 18: Geleidbaarheid van het grondwater (filter op ongeveer 1.80 m-mv), uitgedrukt in EC (Electrical Conductivity (mS/cm)).



Figuur 19. Neerslag en luchtdruk in de maanden juli, augustus en september (2023).

Conclusie

De meetreeksen laten duidelijk zien dat gedurende het groeiseizoen de geleidbaarheid van het grondwater (op 1.7m onder maaiveld) toeneemt van 1 naar over de 6 mS/cm. Hier vindt zoute kwel plaats die zich door het krimpen van de zoetwaterlens makkelijker omhoogduwt. In de kavelsloot is met name het effect van de overgang van winter-naar zomerpeil duidelijk zichtbaar. Doordat een hoger peil wordt gehanteerd in de hoofdsloot lijkt er instroom van brak/zoutwater de kavelsloot in plaats te vinden. De stuw in deze kavelsloot was pas na peilopzet geplaatst waardoor vermoedelijk het zoute water in de onderste lagen vast werd gehouden. Om het effect van de stuw op zoet-zoutscheiding in kaart te brengen zal de stuw in 2024 al eerder (in nattere omstandigheden en tijdens winterpeil) moeten worden geplaatst.

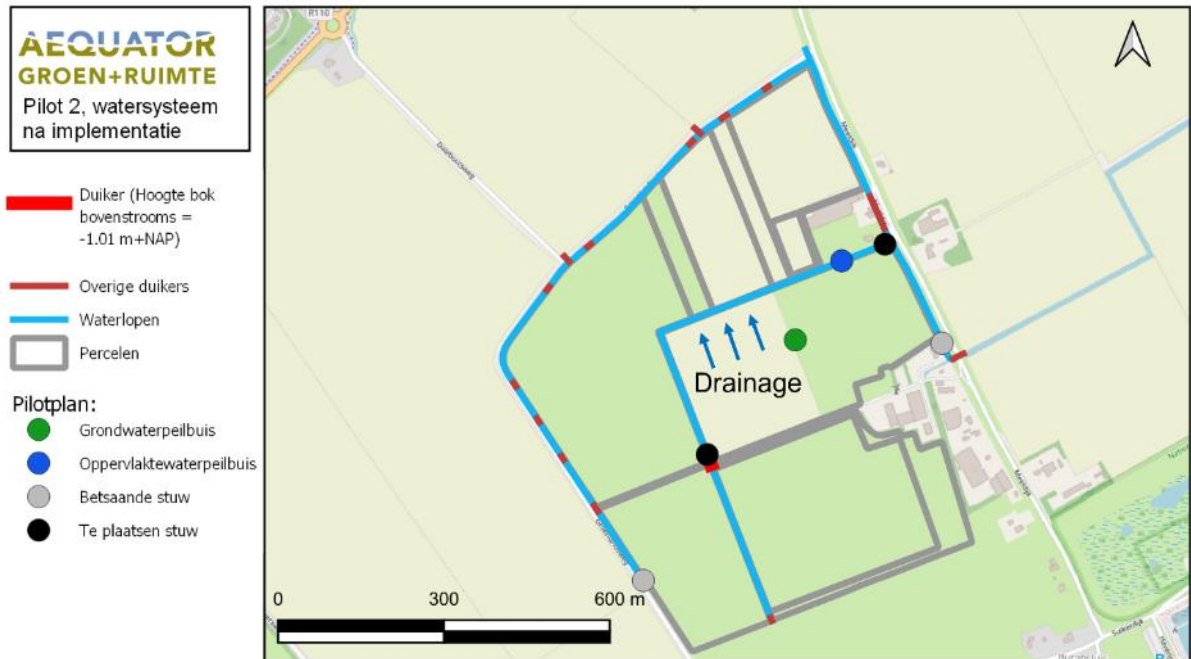
Pilotplan 2

Bij pilotplan 2 ligt het gebied in de overgangszone van zoet naar brak/zout. Hier is het doel om zoet en zoutwater beter te scheiden door te stuwen in de kavelsloot. Ook kan de zoete aanvoer vanuit regenwater beter worden benut door deze vast te houden. Om dit te bereiken is aan de hand van onderstaande onderzoeksvragen een pilotplan opgesteld.

Onderzoeksvragen

- Kan er genoeg zoet water vast worden gehouden om zoute instroom vanuit de hoofdwatgang langs de Meeldijk tegen te gaan?
- Hoeveel zoetwater komt lokaal tot afvoer (neerslag en drainage)?
- Hoe verandert en fluctueert de geleidbaarheid in de kavelsloot na plaatsing van een stuw?
- Hoeveel zoet water is nodig om de kavelsloot op peil te houden in het groeiseizoen?

In Figuur 20 staat het pilotgebied weergegeven. De watergangen rondom de percelen bevatte voor het opstellen van de pilot al twee waterschapsstuwen. Op 25 april 2023 zijn een oppervlakte- en een grondwaterpeilbuis geplaatst. Begin augustus 2023 is de stuw ten oosten van de oppervlaktewaterpeilbuis geplaatst. De stuw bij de duiker zal in 2024 worden geplaatst. Door beide stuwen te plaatsen kan neerslag en drainagewater in de kavelsloot worden opgevangen en kan het peil worden opgezet. Aangezien het water bovenstrooms van de duiker, bij de nog te plaatsen stuwlocatie, relatief hoge EC-waarden heeft (2.9 mS/cm eind maart 2023) moet goed worden gemonitord wat er met het zoutgehalte gebeurt na het plaatsen van de stuw.



Figuur 20: Pilotgebied 2, met een kavelsloot tussen de percelen en primaire watergangen rondom. De afvoer van de kavelsloot bestaat alleen uit regen- en drainageafvoer..

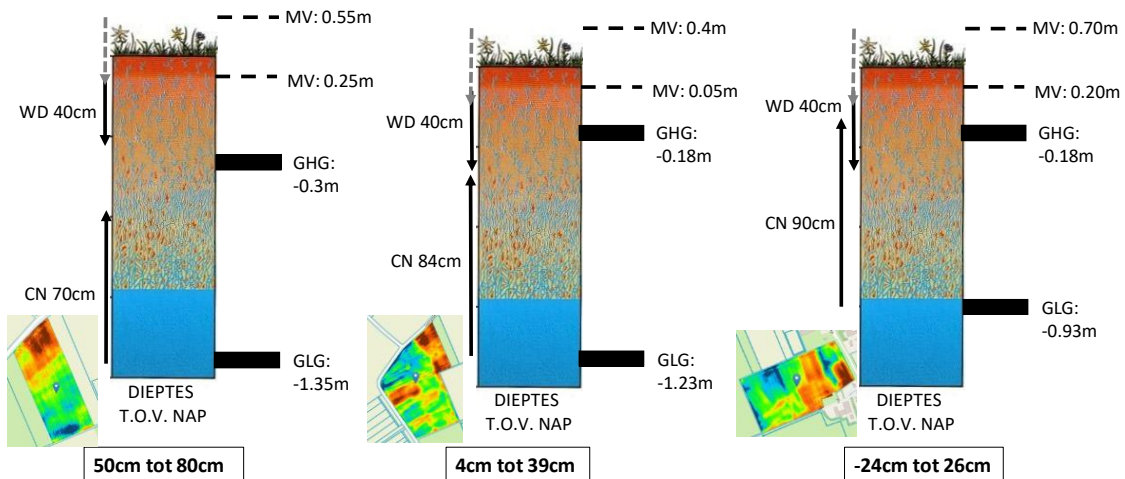
Kansen en knelpunten

- 1) De percelen liggen in een overgangszone van zoete en zoute kwel. Zowel in de sloten langs de Meeldijk (rechts op de kaart) als langs de Groenlandseweg (links op de kaart) is een oplopend zoutgehalte stroomafwaarts gemeten, welke toeneemt naarmate het groeiseizoen vordert. Er is ruimte (in ieder geval 20cm) om oppervlaktewater en grondwaterpeil op te zetten en zo zoute kweldruk mogelijk te verminderen.
- 2) De kavelsloot staat in open verbinding met de hoofdsloot, al is er in de slootbodembodem een natuurlijke drempel aanwezig. De kavelsloot ligt hoger dan de hoofdsloot. De percelen zijn droogtegevoelig. Peilopzet in de kavelsloot kan hier mogelijk tegen helpen.
- 3) In 2022 is onder een perceel drainage aangelegd om te hoge grondwaterstanden te voorkomen en plasvorming te voorkomen. Deze drainage wordt mogelijk in de toekomst als regelbare drainage ingericht. Hiervoor dient in het groeiseizoen een stuk van de kavelsloot d.m.v. stuwen afgesloten te kunnen worden. De agrariër is van plan om in de toekomst mogelijk via het slootpeil het drainageafvoerniveau te regelen door de drains onder water te zetten.

Onderbouwing maatregel

De graspercelen rondom de kavelsloot bestaan uit poldervaaggronden met een textuur die varieert van lichte tot zware zavel. Dichter tegen de Meeldijk begint op 40-70 cm-mv een fijn zandig pakket, het begin van een (fijn)zandig kreeklichaam.

De GHG in het gebied varieert tussen de 45 en 70 cm-mv en de GLG ligt tussen de 125 en 175 cm-mv. Het vocht leverend vermogen binnen dit pilotgebied is sterk afhankelijk van de profielopbouw m.n. begindiepte van de zandondergrond (Figuur 21). Voor perceeldelen met zware zavel is peilopzet noodzakelijk om een grondwaterprofiel te creëren en zo ook in een GLG-situatie capillaire nalevering te houden. Hier is peilopzet tot 50cm mogelijk. Voor lichte zavel is peilopzet tot minimaal 20cm mogelijk maar voor de delen met zeer lichte zavel is noodzaak voor peilopzet beperkt door de grote lengte waarover capillaire nalevering plaatsvindt bij deze textuur. Daar waar peilopzet in een GLG situatie wenselijk is, is er geen ruimte om de GHG op te zetten. Daarom wordt geadviseerd ook onder percelen waar dit nog net aanwezig is ondiepe drainage aan te leggen. Een relatief ondiep aangelegd systeem (maximaal 80 cm-mv) voert hoofdzakelijk overmatig infiltrerend regenwater (pieken) af. Daarmee voer je echter ook een deel van de zoetwaterlens af en neemt het risico op zoute kwel toe.



Figuur 21: In het figuur zijn drie profielen weergegeven. De profielen zijn representatief voor zware zavel (CN=70cm), lichte zavel (CN=84cm) en zeer lichte zavel (CN=90cm). Waarbij WD = Worteldiepte en CN = Capillaire nalevering (voor 2mm nalevering/dag, Rummelink et al., 2020; Bijlage 1). De GxG -peilen zijn gebaseerd op een gemiddelde van de uitgevoerde boringen in het gebied. De peilen laten zien of de capillaire nalevering vanuit het grondwater, in een GLG-situatie, de worteldiepte kan bereiken. Hierbij is de worteldiepte genomen vanaf de minimale maaiveldhoogte (zwarte peil) en de maximale maaiveldhoogte (grijze onderbroken peil) binnen het perceel. Onder de profielen staat hoeveel cm het grondwater (bij GLG) tekort komt om middels capillaire nalevering de wortelzone te bereiken (bij een negatief getal weet het grondwater de wortelzone wel te bereiken).

Monitoring

Met de geïnstalleerde peilbuizen in het pilotgebied worden sinds eind april 2023 continue grond- en oppervlaktewaterringen uitgevoerd:

- Gecombineerde EC-drukopnemer in sloot: filterstelling aan hardhouten paal. Continue meting van oppervlaktewaterring en geleidbaarheid van het oppervlaktewater.
- Gecombineerde EC-drukopnemer in perceel: freatische filterstelling. Continue meting van grondwaterdruk en geleidbaarheid van het grondwater.

Aanvullend op de EC-metingen (geleidbaarheid) van de peilbuizen zijn onderstaande metingen uitgevoerd in het pilotgebied:

- EC metingen in de kavelsloot door studenten Hogeschool Rotterdam / Zeeland (April 2023)

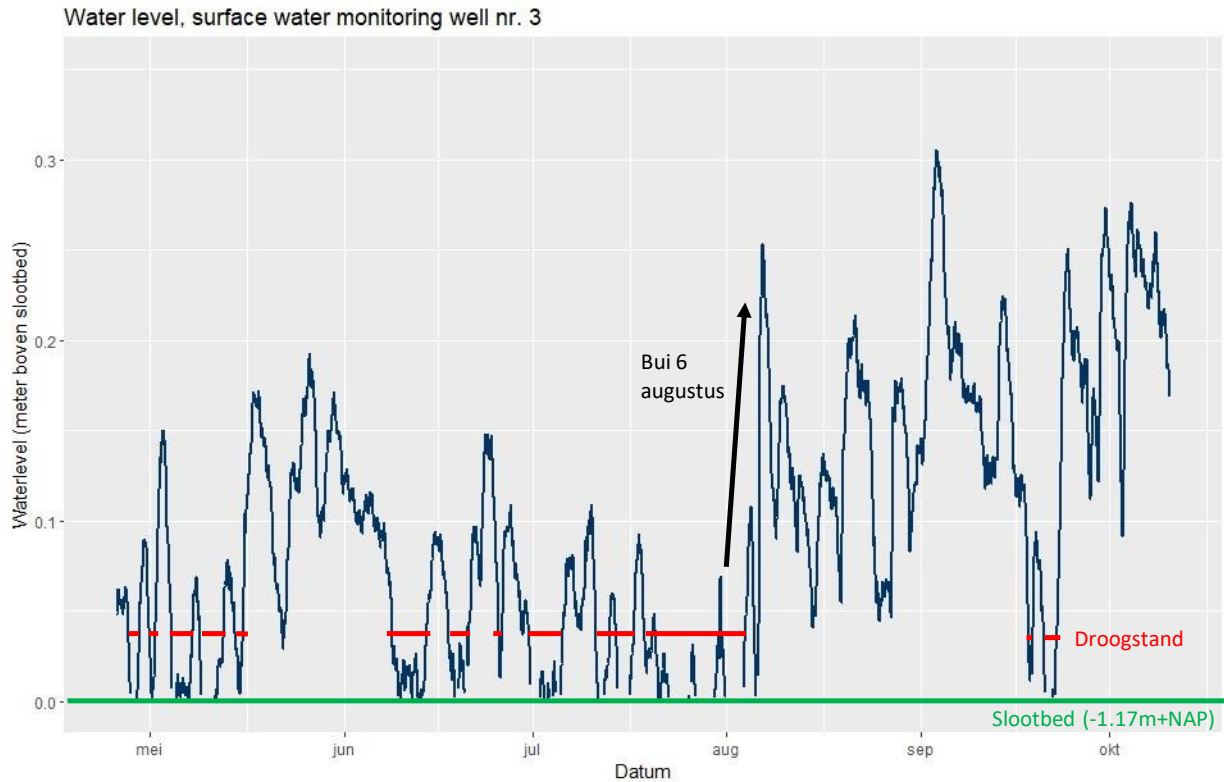
Aandachtspunten

Vóór het plaatsen van de stuw was de kavelsloot droogvallend aangemerkt, dit kan door implementatie van de stuw mogelijk veranderen naar waterhoudend. Door het waterschap is toegezegd dat ook met een stuwende constructie in het kader van zoet/zout stuwen en water vasthouden de kavelsloot gedurende de pilot als 'droogvallend' blijft aangemerkt. Dit in verband met mogelijke verschillen in regelgeving betreffende bufferstroken.

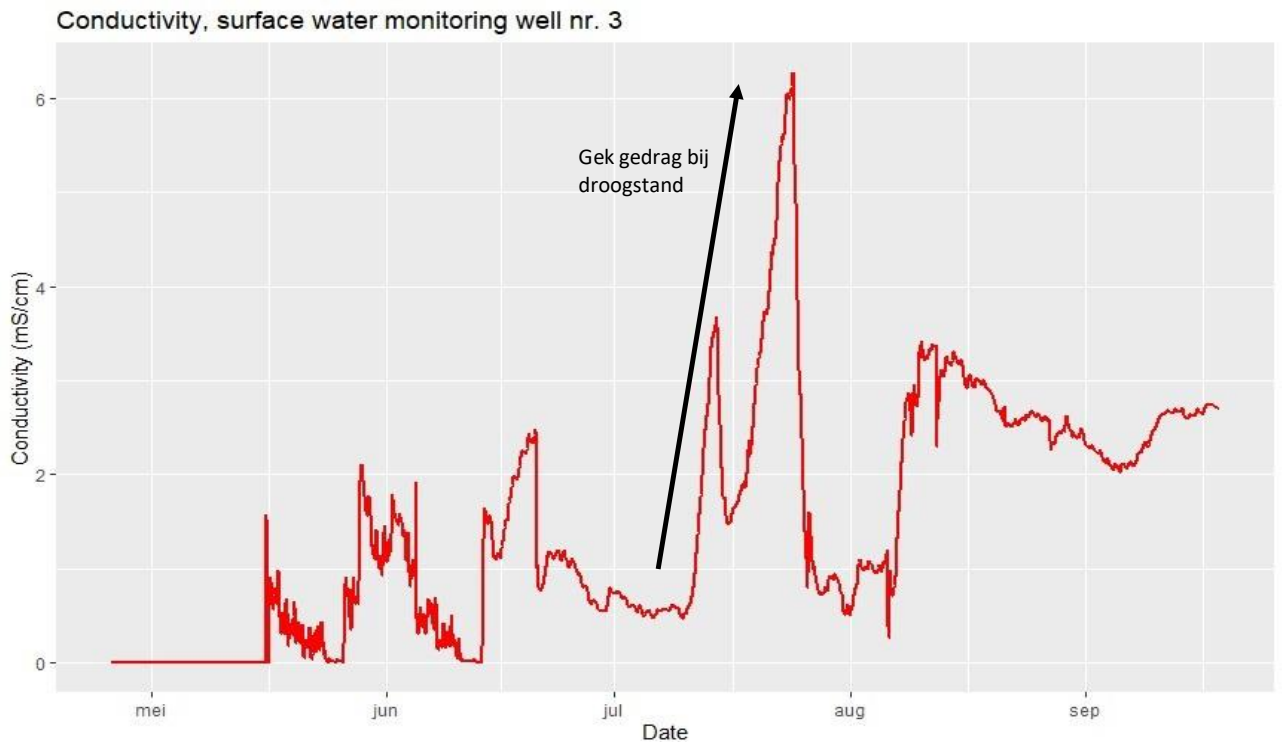
Resultaten monitoring

In Figuur 22 is het oppervlaktewaterpeil in de kavelsloot ten opzichte van slootbodem (-1.17m+NAP) weergegeven. Te zien is dat in de droge maanden juni en juli de sloot meermaals is drooggevallen. Omdat de sensor in de peilbuis 4cm boven de slootbodem hing is deze in die periode ook meermaals droog komen te staan. Door de nattere omstandigheden in augustus is duidelijke stijging in waterpeil te zien. Het piekende karakter van de meetreeks lijkt de directe reactie op neerslag duidelijk weer te geven (ondanks luchtdrukverschillen). Ook hier is de daling door lage luchtdruk halverwege september (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**) duidelijk zichtbaar. Aangezien de stuw ten oosten van de peilbuis pas begin augustus is geplaatst, wanneer de sloot al nagenoeg droog gevallen was, zal het effect van de stuw pas in 2024 zichtbaar worden.

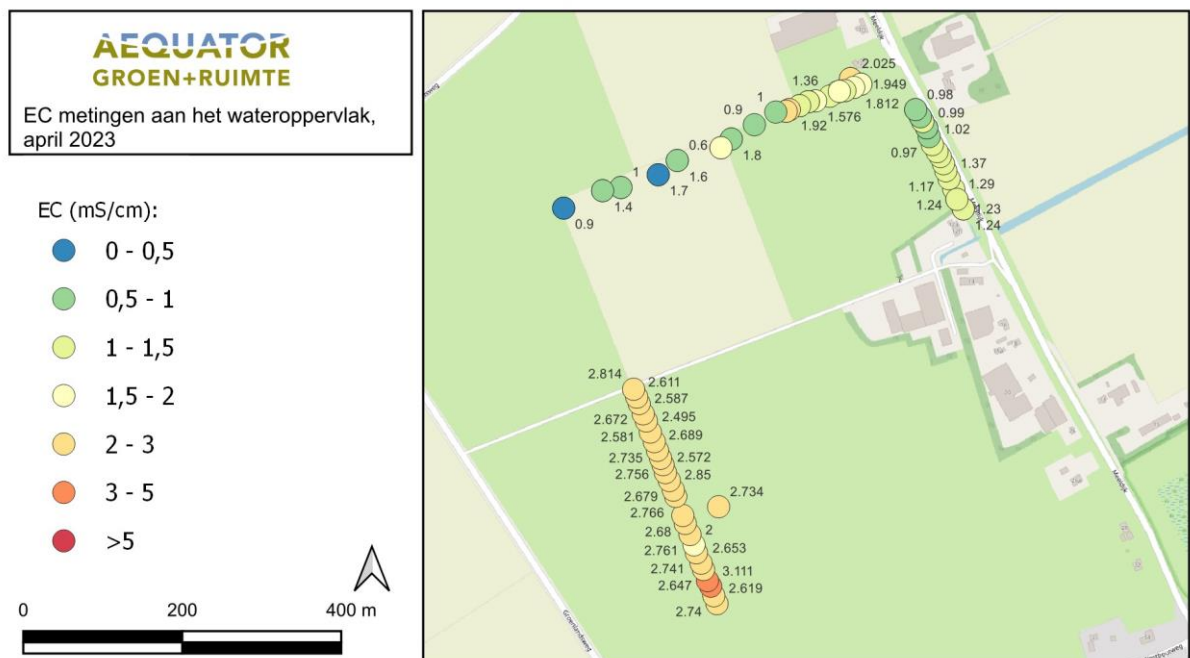
Door de droogstand van de sloot valt er tot augustus weinig informatie uit de geleidbaarheid (Figuur 23) te halen. Wel is te zien dat vanaf augustus, als het waterpeil is gestegen, de EC-waarde rond de 2 à 3 mS/cm schommelt. Dit is iets hoger dan de EC-waarden die in april 2023 met de hand is gemeten (Figuur 24). In de EC-metingen van april is te zien dat met name het zuidelijke deel van de kavelsloot, dicht bij de zoute hoofdsloot, risico op brak water heeft (2.5 à 3 mS/cm). Allemaal vrij hoge EC's dus.



Figuur 22: Waterpeil t.o.v. slootbodem tussen 24 april en 10 oktober 2023.



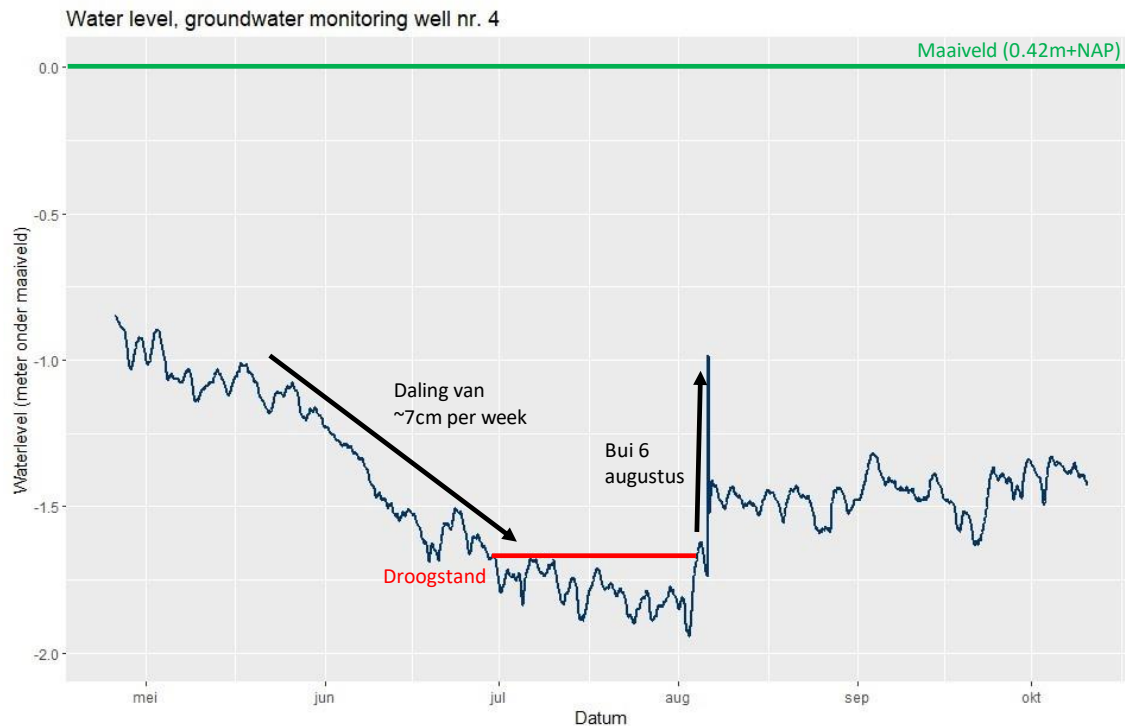
Figuur 23: Geleidbaarheid van het oppervlaktewater, uitgedrukt in EC (Electrical Conductivity (mS/cm)). Tot augustus is de meetreeks door droogstand onbruikbaar, vanaf begin augustus staat er weer voldoende water in de sloot en komen de EC-waarden weer overeen met die van het oppervlaktewater.



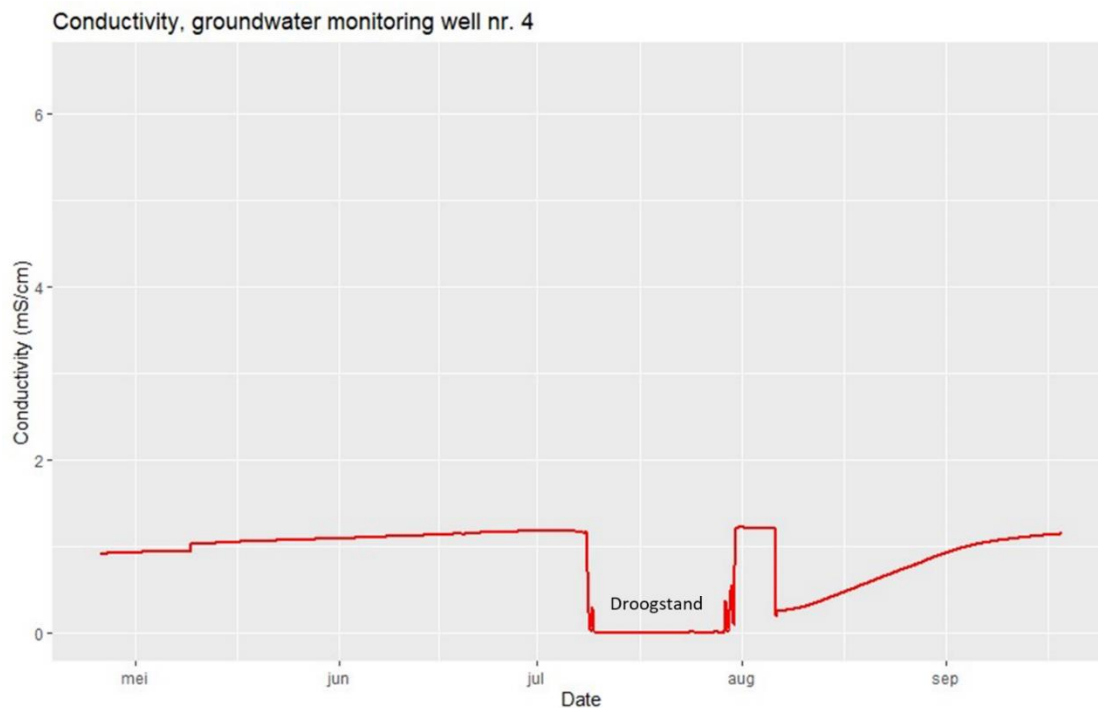
Figuur 24: EC-handmetingen uitgevoerd door studenten van Hogeschool Rotterdam. De metingen zijn uitgevoerd in de kavelsloot in het pilotgebied en een stukje van de primaire watergang langs de Meeldijk.

Gedurende de droge periode in juni 2023 daalt het grondwaterpeil bij de grondwaterpeilbuis met ~7 cm per week (Figuur 25). In juli zakt het grondwaterpeil tot onder de in de peilbuis bevestigde sensor. Dit is ook te

zien aan de plotselinge daling in geleidbaarheid (Figuur 26). De geleidbaarheid blijft gedurende de gehele meetperiode laag (~ 1 mS/cm). Op deze locatie wordt geen zoute kweldruk gemeten.



Figuur 25: Grondwaterpeil t.o.v. maaiveld. Tussen begin juli en begin augustus staat de EC-druksensor droog en wordt enkel luchtdrukvariatie gemeten.



Figuur 26: Geleidbaarheid van het grondwater, uitgedrukt in EC (Electrical Conductivity (mS/cm)). De droogstand van de sensor is duidelijk terug te zien in de plotselinge daling aan het begin en plotselinge stijging aan het eind van de periode van droogstand.

Conclusie

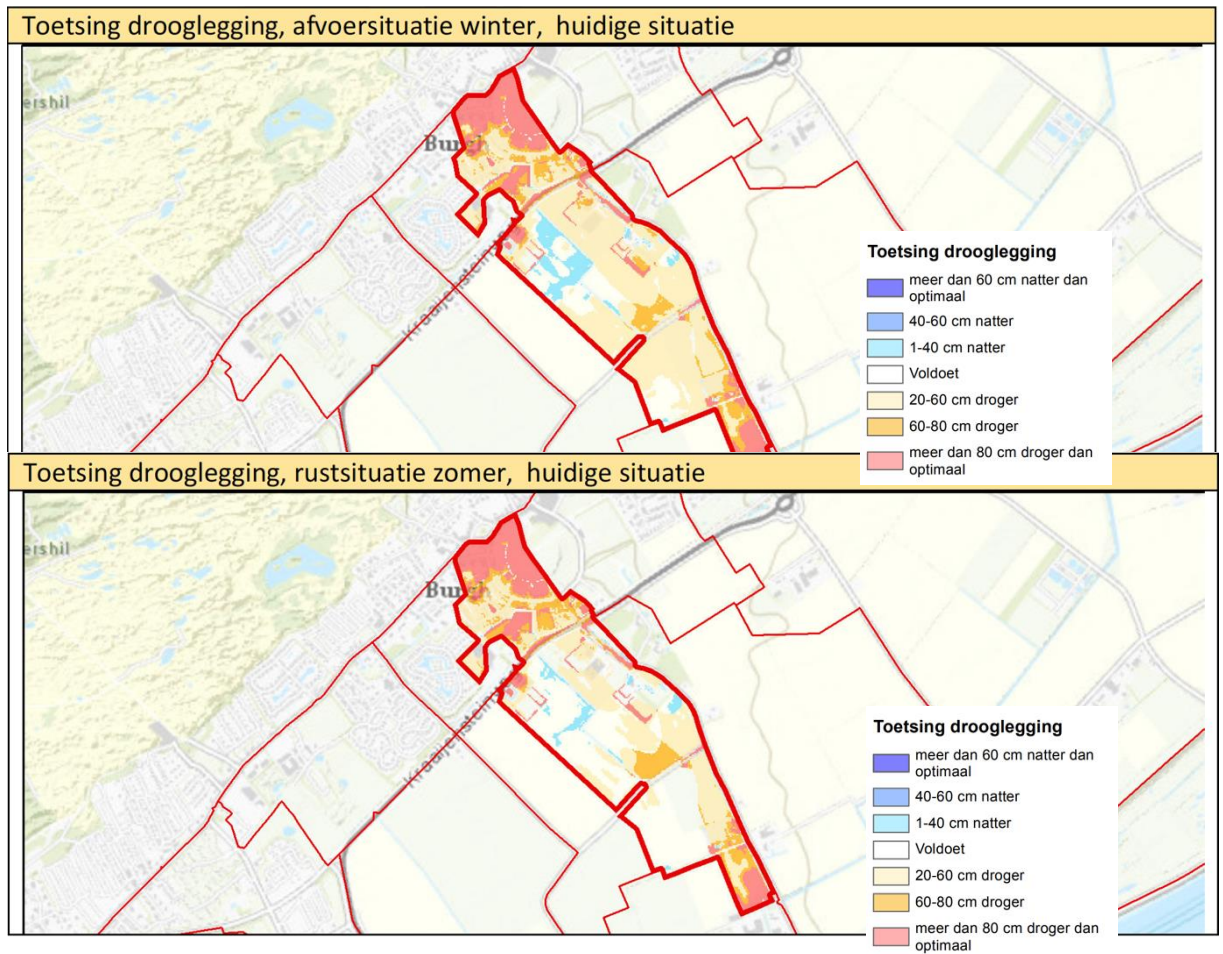
Ondanks dat de metingen binnen deze pilot enkel nog uit nulmetingen bestaan valt hier wel wat over te zeggen. Te zien is dat het grondwater in droge omstandigheden vanaf mei snel uitzakt (7cm/week). Dit benadrukt het belang om al vroeg in het voorjaar te beginnen met het vasthouden en daarmee bufferen van zoete aanvoer (regen- en drainageafvoer).

In tegenstelling tot pilot 1 blijft op deze locatie de geleidbaarheid laag. Er lijkt weinig zoute kwel in het perceel plaatst te vinden. In de kavelsloot is hier minder over te zeggen omdat gedurende de zomer de sloot deels droogstond. Eén van de geplande stuwen is pas in augustus 2023 geplaatst waardoor het effect van de stuw op het vasthouden van water nog niet te zien waren. De andere stuw is nog helemaal niet geplaatst. In 2024 zal het effect van de geplaatste stuw beter zichtbaar zijn. De tweede locatie waar nog een stuw geplaatst moet worden moet rondom het plaatsten hiervan goed worden gemonitord op geleidbaarheid. Zonder stuw kunnen de EC-waarden op deze locatie oplopen (~3mS/cm in de zomer) door zoute instroom of kwel. Bij het plaatsen van de stuw moet worden voorkomen dat zout water juist wordt vastgehouden bovenstreams van de stuw.

Pilotplan 3

De aanpassingen in het watersysteem zullen in het geval van pilot 3 plaatsvinden in een primaire watergang. Om deze reden is het waterschap hierbij actiever betrokken en is het gewenst dat de risico's en te behalen winst voor zowel het pilotgebied als de bovenstroomse delen goed worden uitgewerkt. Om deze reden is dit pilotgebied extra uitgebreid behandeld. Om diezelfde reden is tot dusver in het pilotgebied ook nog geen stuw geplaatst en bestaan de meetgegevens die verzameld zijn uit nulmetingen zonder peilopzet.

Het doel van het pilotplan is om in een peilgebied (GPG1274) te onderzoeken of het opstuwen van het zomerpeil haalbaar is en een significante verbetering oplevert voor de grondwaterstanden in het gebied. Daarnaast speelt een governance vraag: het opstuwen van een deel van het bestaande peilgebied betekent feitelijk dat er een kleiner peilgebied ontstaat. De vraag is of en onder welke voorwaarden waterschap Scheldestromen hieraan wil meewerken. De lessen uit de pilot zullen worden gebruikt om het gebiedsplan verder uit te werken. Dit pilotplan levert een eerste onderbouwing van de voorgestelde maatregelen en een verkenning van de consequenties van deze maatregelen. Het plan zal ter beoordeling aan het waterschap worden voorgelegd.



Figuur 27: Toetsing drooglegging (door Waterschap Scheldestromen) in een zomer- en wintersituatie. Bron: PWO Schouwen factsheet GPG1274

Situatie

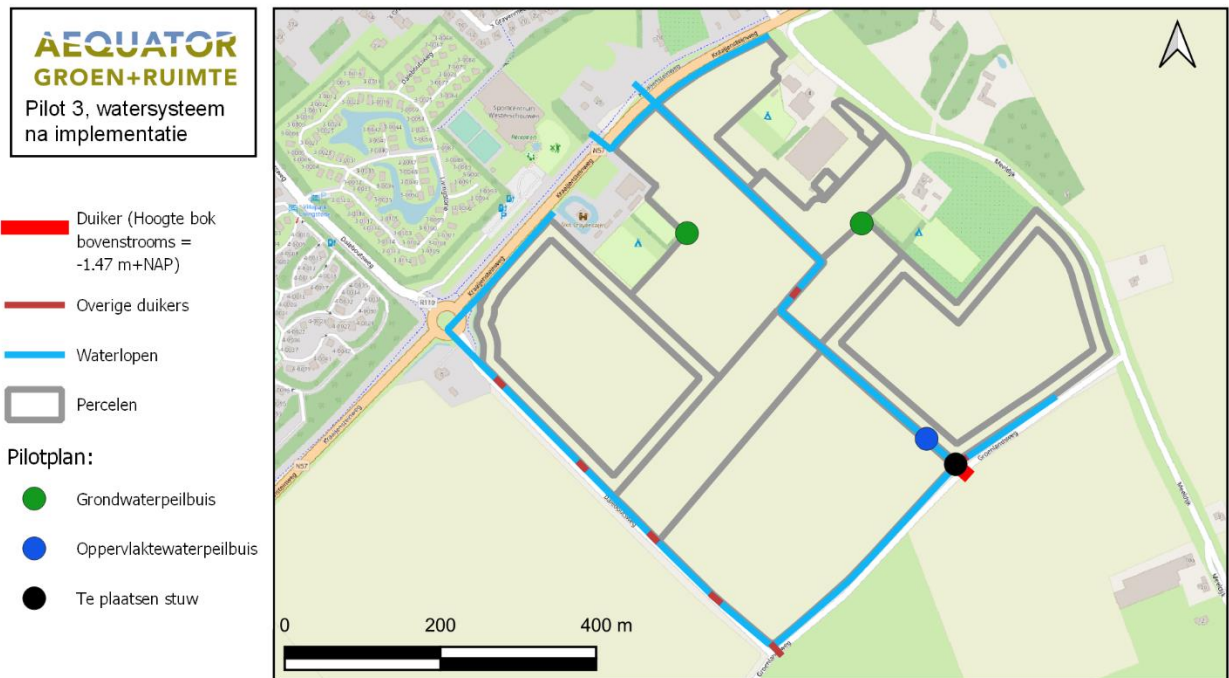
Het peilgebied GPG1274 (Figuur 27) bestaat uit een deel van de bebouwing in de duinrand van Burgh-Haamstede en het landbouwgebied tussen de Kraayensteinweg en de Meeldijk en wordt gevoed door afstromend kwel- en hemelwater via een stuw onder de Kraayensteinweg (N57). Het landbouwgebied is in gebruik voor akkerbouw en weides voor paarden, daarnaast zijn er verschillende campings.

Het peilgebied heeft een aparte schotbalkstuw om het peil te beheren (stuw meeldijk nr. 1 (Kst456)). In de praktijk staat deze stuw op een vaste stand van ca. -1,30 m NAP en reguleert het winterpeil voor dit peilgebied. Het zomerstreefpeil is -1,10 m NAP en wordt gereguleerd door de stuw bij Meeldijk nr. 2 (KST457) die gedeeld wordt met het peilgebied GPG1278. Daarna stroomt het water af via de vaart naar het afvoergebied Schouwen en het gemaal bij Prommelsluis.

Het peilgebied ligt in het overgangsgebied tussen zoete kwel vanuit de duinrand en zoute kwel onder invloed van de Oosterschelde. Het oppervlaktewater in het noordelijke deel van het peilgebied is zoet. In het zuidelijke deel worden hogere EC-waarden gemeten en komt er vermoedelijk zoute kwel in de watergang achter de stuw aan de Meeldijk.

Het pilotgebied (Figuur 28) bestaat uit de landbouwpercelen grenzend aan de N57. Aan de zuidwestzijde en aan de westzijde van de percelen stromen secundaire watergangen richting de Groenlandseweg (zuidwestelijk gelegen weg, dwars op de Meeldijk). Midden door de percelen stroomt een primaire watergang richting de Groenlandseweg. De watergangen voeren afstromend kwel- en hemelwater af via een stuw onder de Kraayensteinweg (N57). De watergangen aan de zuidwestelijke zijde bevinden zich in een ander peilvak dan de primaire watergang. Binnen het pilotgebied zijn 25 april 2023 twee grondwater-

en één oppervlaktewaterpeilbuis geplaatst. Het plan is om bovenstrooms van een duiker, net benedenstrooms van de oppervlaktewaterpeilbuis een stuw te plaatsen in de primaire watergang.



Figuur 28: Pilotgebied 3 met de locaties van de twee geplaatste grondwaterpeilbuizen en de geplaatste oppervlaktewaterpeilbuis. Ook is aangegeven waar, na goedkeuring van waterschap Scheldestromen, een stuw geplaatst kan worden op het peil in het gebied op te zetten.

Knelpunten watersysteem

De drooglegging is in de toetsing van het PWO (peilgebied GPG1274) als voldoende beoordeeld (Figuur 3). Wel is het stedelijk gebied ten noorden van de Kraayensteinweg als droger dan optimaal beoordeeld en een klein deel vlak voor de stuw aan de Meeldijk. In de winter treedt er opstuwing op in het gebied tussen de Kraayensteinweg en de Groenlandseweg. Er is geen sprake van wateroverlast in het gebied, het gebied voldoet aan de normen voor waterbeheer onder extreem natte omstandigheden, zowel bij het huidige als het toekomstige klimaat (WB21).

Uit veldonderzoek blijkt dat de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) binnen de percelen in het pilotgebied (eigenaren dhr. Peter de Broekert & dhr. Cees Jan Kooman) lager is dan vanuit landbouwkundig oogpunt gewenst is. Het verhogen van de GLG zou een mogelijkheid kunnen zijn om droogtestress bij gewassen te voorkomen. De agrariërs in het gebied hebben aangegeven dat een hogere grondwaterstand in de zomer gewenst is. Veldgegevens van de grondwaterstanden en bodemtextuur laten zien dat er ruimte is voor een verhoging van de GLG zonder (te veel) zuurstof stress te veroorzaken.

Een mogelijkheid om de GLG te verhogen is het verhogen van het zomerpeil in het pilotgebied door te stuwen.

De effecten van het stuwen van het peil op de GLG is afhankelijk van lokale situatie zoals de drainage situatie, de bodemopbouw en variatie in het seizoen. Het verhogen van het peil in de polder helpt waarschijnlijk ook (enigszins) met het versterken van de zoetwaterbuffer aan de flanken van de kop van Schouwen omdat de drainerende werking richting de polder afneemt. Een grotere zoetwaterbuffer in de duinrand is tevens gunstig voor de aanvoer van zoetwater gedurende het groeiseizoen.

In de onderbouwing van de maatregelen, bijgevoegd bij dit pilotplan, is een uitgebreide beschrijving van het veldonderzoek en het onderzoek naar mogelijke opzet van het peil opgenomen.

Doel van de pilot

Het is nog niet zeker of het opzetten van het zomerpeil haalbaar is. Het doel van de pilot is om te onderzoeken of en hoe lang het peil in dit deel van de polder het hele seizoen op verhoogd peil is te houden omdat de kwelstroom uit de duinrand in de loop van de zomer afneemt en de verdamping toeneemt. Daarnaast is het de vraag of het opzetten van het oppervlaktewaterpeil ook tot een verhoging van de GLG leidt. Als laatste willen we in de praktijk testen hoe hoog het peil kan komen te staan om een maximale buffer te creëren.

Het voorstel is om het zomerpeil in het deel van het peilgebied tussen de Kraayensteinweg en de Groenlandseweg op te stuwen. Dit kan door het plaatsen van een waterconserveringsstuw voor de duiker onder de Groenlandseweg in de primaire watergang (Figuur 29). Met het opzetten van het oppervlaktewaterpeil kan ook (gedempt) de grondwaterstand binnen de omliggende percelen worden verhoogd. Het zomerpeil in de primaire watergang kan met 10-35 cm verhoogd worden om droogtestress tegen te gaan (zie Onderbouwing Maatregel), zonder dat dit nadelige gevolgen heeft voor omliggende percelen/gebieden. Het gaat specifiek om een verhoging van het zomerpeil, een verhoging van het winterpeil is niet wenselijk. De exacte verhoging en het moment van verhoging hangen samen met weersomstandigheden en wensen van de deelnemende agrariërs. In een eerste overleg met de agrariërs is besproken dat het zomerpeil met 10-35 cm verhoogd zou kunnen worden.

Idealiter zou het peil in afstemming met de ondernemers en het waterschap flexibel geregeld moeten kunnen worden, afhankelijk van het landwerk, het weer en de grondwaterstandgegevens. De agrariërs zelf de verantwoordelijkheid voor het afstellen van de waterconserveringstuwen in leggerwatergangen geven gebeurt bijvoorbeeld al in het programma 'Elke druppel de grond in' van Waterschap Rijn en IJssel. . De ervaring leert daar dat de agrariërs die in afstemming met elkaar experimenteren met peilopzet steeds meer vertrouwen krijgen en openstaan voor ophogen (of hooghouden) van stuwen die zij beheren. Natuurlijk is de situatie in de Achterhoek niet te vergelijken met die in Burghsluis (watersysteem, bodemsoort), maar het samen beheren van stuwhoogtes en daarvan leren kan ook in Burghsluis goed toegepast worden.

De grondwaterstand zal naar verwachting stijgen afhankelijk van het tijdstip van stuwen en de weersontwikkeling. In de berekeningen is uitgegaan van een directe koppeling tussen de peilopzet en de stijging van de GLG. In werkelijkheid is deze relatie niet lineair, maar afhankelijk van periode, bodemtype en watersysteem.



Figuur 29: Voorbeeld van een waterconserveringsstuw

Risico analyse peilopzet voor bebouwing Burgh-Haamstede en rondom pilot

Risico opstuwing voor bovenstrooms gebied (dorp Burgh-Haamstede)

Uit een doorsnede van de hoogtekaart (Figuur 30) blijkt dat het dorp Burgh-Haamstede op het laagste punt nog altijd ruim 60 cm hoger ligt dan het laagste punt van de percelen aangrenzend aan de te stuwende watergang. Het zomerpeil ligt ná een verhoging van 35 cm in de polder nog altijd 90 cm onder het laagste punt van het maaiveld van de bebouwing rond de westelijke ringwal, wat het verschil tussen het oppervlakte waterpeil en het dorp 1.5 meter maakt. Daarnaast wordt het slotensysteem boven de N57 gestuurd via een stuw vlak voor de Kraayensteinweg (ongeveer ter hoogte van rood kruisje). Het verval van de primaire watergang vanaf de duiker onder de Kraayensteinweg (b.o.k. = -1.29 m+NAP) tot de te stuwende duiker is 18 cm, waardoor verwacht kan worden dat, afhankelijk van de peilverandering (10-35cm), een groot gedeelte van het peil van de watergang beïnvloed wordt. Bij een opzet van het zomerpeil van rond de 20 cm zal het effect bij de bovenstroomse stuw verwaarloosbaar zijn. Bij een hogere opzet van max. 35 cm is er nog steeds vrij verval tussen de bovenstroomse stuw bij de N57 en de duiker van enkele tientallen centimeters, waardoor effect op het peil boven de stuw is uitgesloten.

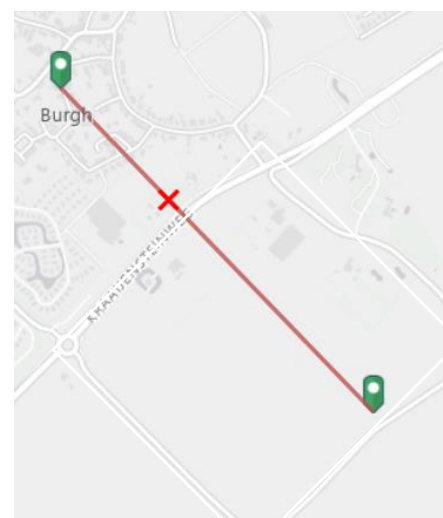
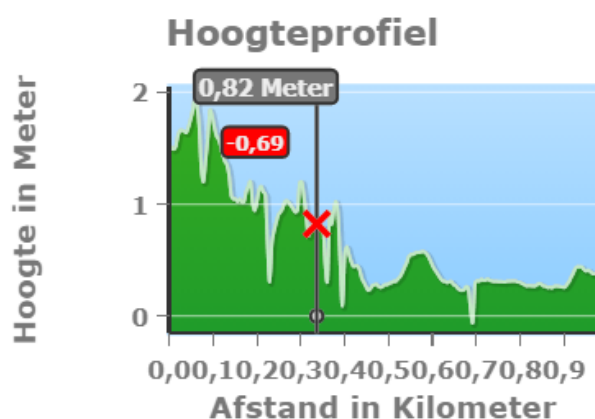
Risico verhogen zomerpeil voor de polder

Wat betreft de bebouwing in het landbouwgebied worden geen problemen verwacht. De voorgestelde opzet zal in het natste geval leiden tot een grondwaterstandsniveau van nog steeds minimaal een meter onder maaiveld. Dit is niet natter dan in de winterperiode het geval is.

De secundaire watergang aan de westzijde van het pilotgebied ligt in een ander peilgebied (ZP = -0,95), watert af op de meest zuidelijk zichtbare duiker en wordt niet beïnvloed door de pilot. Er is dus geen risico op vernatting bovenstrooms van het studiegebied (ten noorden van de Kraayensteinweg) of aanpalende peilgebieden (zie Onderbouwing maatregel).

Als laatste is een eerste korte berekening gemaakt van het effect van het opzetten van het zomerpeil op de afvoer- en buffercapaciteit van de watergang (zie Onderbouwing maatregel). In eerste instantie worden geen problemen verwacht, maar verdere hydrologische modellering is noodzakelijk om het effect van piekbuien goed in te kunnen schatten.

Uit berekeningen met het instrument Waterwijzer landbouw blijkt dat het opzetten van het zomerpeil met 10-35 cm geen direct negatieve gevolgen heeft voor de netto-opbrengst van de landbouwpercelen, zolang de GHG niet hoger wordt (Onderbouwing maatregel). De afwatering door middel van greppels (Figuur 41) aan de zuidzijde van het pilotgebied komt bovendien niet in het geding.



Figuur 30: Hoogtedoorsnede Burgh-Haamstede en percelen langs te stuwende watergang (rood kruisje is ongeveer ter hoogte van de stuw).

Monitoring

Onderzoeksvragen:

Nulmeting

- Hoeveel aanvoer van zoet water vanuit het duingebied is er over de stuw onder de provinciale weg door jaarrond?
- Wat is de grondwaterfluctuatie in de percelen en hoe komt dit overeen met de bodemkundig vastgestelde GLG waarden?

Na peilopzet

- Wat is het effect van peilopzet op de grondwaterstand en welke peilopzet is haalbaar zonder?
- Afhankelijk van zoete aanvoer, tot welk peil is opzet in de praktijk mogelijk?

Aanpak monitoring

Ongeacht het wel of niet plaatsen van stuwen is nader inzicht in fluctuatie in de grondwaterstand gewenst. Voor het vervolg van de pilot is daarnaast een zo lang mogelijke nulmeting van belang. De volgende metingen worden verricht:

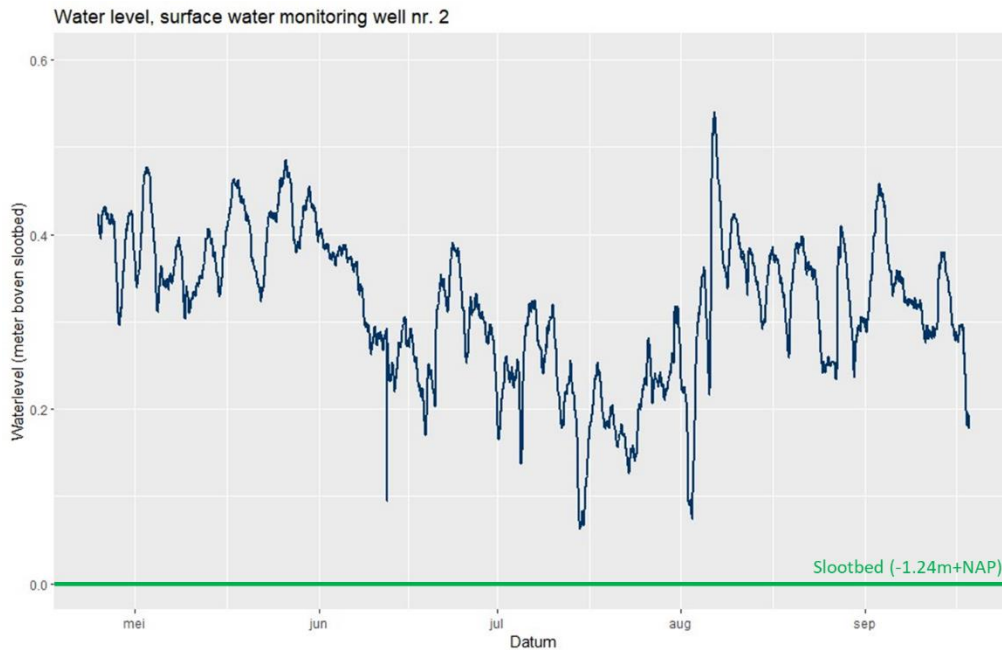
- 1x gecombineerde EC-drukopnemer in de kavelsloot alvorens stuwen te plaatsen (nulmeting en effecten na plaatsing stuw).
- 2x freatische grondwaterpeilbuis met gecombineerde EC-drukopnemer binnen de percelen.
- Om te controleren hoe hoog peil kan worden opgezet d.m.v. stuwen, zonder de greppels aan de zuidoostkant van de percelen (aan de Groenlandseweg) vol te laten lopen, zal met dgps-metingen de hoogtes in het greppelprofiel en aan de duikervoeten in kaart worden gebracht.
- Doorzetten van debiet- en geleidbaarheidsmetingen in veldcampagnes gedurende het groeiseizoen.

Leren en evalueren

Het gezamenlijk bepalen van de maximale stuwstand en het peilbeheer wordt gedaan door regelmatige evaluatie bijeenkomsten waarbij de data uit de monitoring van de grondwaterstanden en de ervaringen van de boeren en waterschap wordt gebruikt om het beheer van de stuw te optimaliseren. Daarnaast zal in het kader van het fieldlab de lessen voor de vergelijkbare situaties worden getrokken.

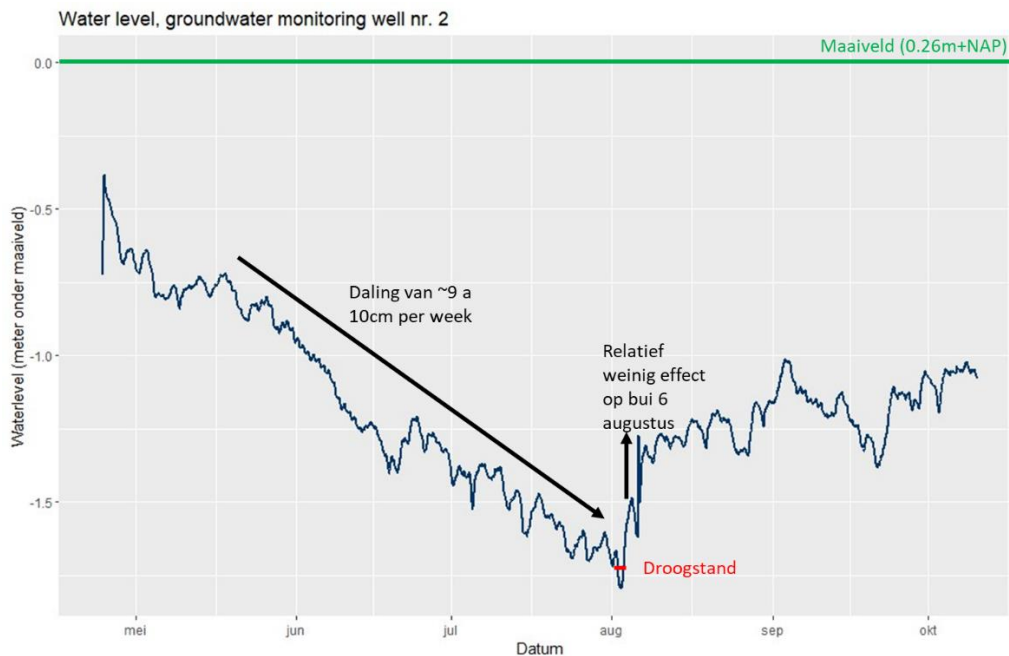
Resultaten monitoring

Figuur 31 geeft de meetreeks van het oppervlaktewatermeetpunt weer. Vanaf begin juni is een duidelijke daling door de droogte zichtbaar. Eind juni begint, door de natte omstandigheden en de aanvoer van de gevallen neerslag vanuit de duinen, het oppervlaktewater weer te stijgen.



Figuur 31: Waterpeil bij het oppervlaktewatermeetpunt.

Het grondwaterpeil bij beide meetpunten daalt snel gedurende de zomer. Voor één van de meetpunten is dit inzichtelijk gemaakt in Figuur 32. Halverwege mei begint het grondwater met 9 à 10cm per week te dalen. Deze dalende trend blijft tot begin augustus waarna de nattere omstandigheden weer voor stijgend peil zorgen.



Figuur 32: Waterpeil bij grondwatermeetpunt 2. Eén van de twee geplaatste grondwatermeetpunten binnen deze pilot.

De geleidbaarheid is bij deze pilot minder relevant aangezien hier geen zoute kwel en instroom plaatsvindt en de EC-waarden constant laag (onder 1,2 mS/cm) zijn.

Onderbouwing maatregel

Veldwaarnemingen

De percelen tussen en rondom de waterlopen bestaan uit poelgronden en kreekkruggen bestaande uit lichte tot zware zavelgronden. De te verwachten capillaire nalevering van deze gronden ligt tussen de 70 en 130 cm (bij 2 mm/dag). Het is de laagopbouw (gelaagdheid) wat de nalevering beïnvloedt. De GHG, afgelezen uit de schattingen in het veld van de drie boorpunten in het pilotgebied, ligt tussen de 35 en 60cm-mv. Dit komt overeen met de watertrap (VI=40-80cm-mv). De GLG ligt tussen de 125 en 175cm-mv. Doordat de capillaire nalevering in een GLG situatie niet toereikend is bij een beworteling van 40cm diepte kan het opzetten van het peil een positief effect hebben op de gewasgroei. Tevens heeft dit een positief effect op de zoetwaterbuffering in een groter gebied.

Onderbouwing peilopzet

Om tot een potentieel maximale peilopzet te komen is gebruik gemaakt van de richtlijnen voor ontwatering van akkerbouwgronden zoals benoemd in het cultuurtechnisch vademecum (Figuur 33). Hieruit valt af te lezen dat bij een lichte zavelgrond een ontwateringsdiepte van 120cm onder maaiveld aangeraden wordt. De hoogte van het maaiveld (Figuur 34) varieert binnen de aan de watergang grenzende percelen van 0.10m+NAP tot 0.90m+NAP, met een gemiddelde rond de 0.45m+NAP en het overgrote deel van de waarden tussen de 0.2m+NAP en 0.6m+NAP. Uitgaande van een zomerpeil van -1.1m+NAP voor dit peilvak geeft dat een spelingsruimte van minimaal 10cm (uitgaand van 0.2m+NAP) en gemiddeld 35cm (uitgaande van 0.45m+NAP) peilopzet (Figuur 35).

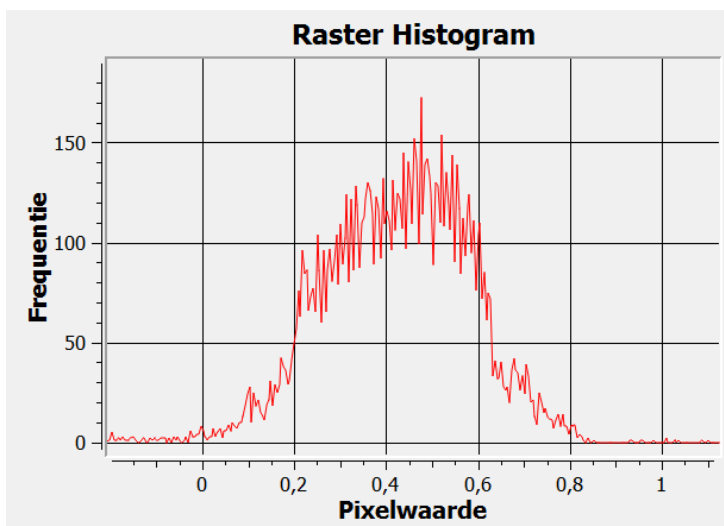
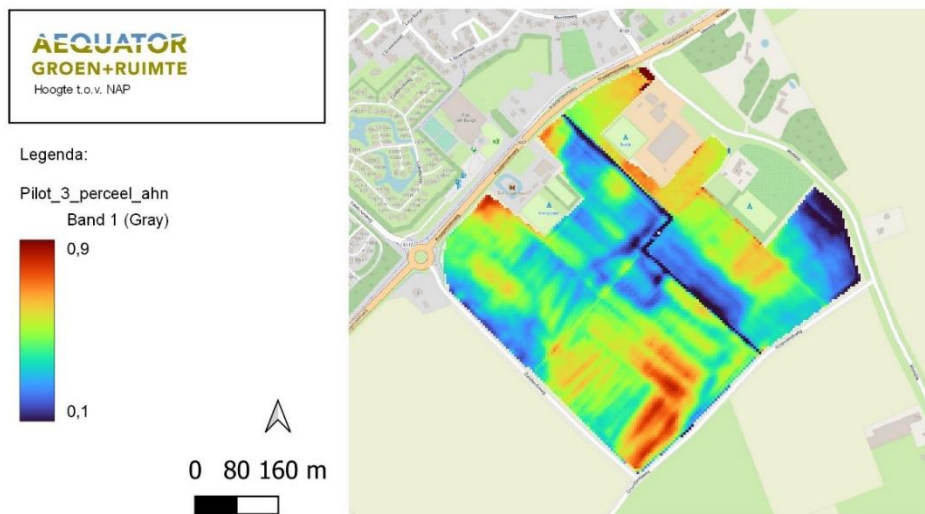
	BOVENGROND*				
	moerig	zand + löss	lichte zavel	zware zavel	klei
ONDERGROND:					
Moerig (veen)	95	95	100	95	90
Leemarm zand	85	85	80	80	80
Zwak lemig zand	90	90	105	90	90
Sterk lemig zand/löss	100	100	110	100	100
Lichte zavel	100	100	120	110	110
Zware zavel	100	100	115	105	115
Klei	100	100	110	105	120

* De bovengrond is gedefinieerd als de eerste 35 cm beneden maaiveld

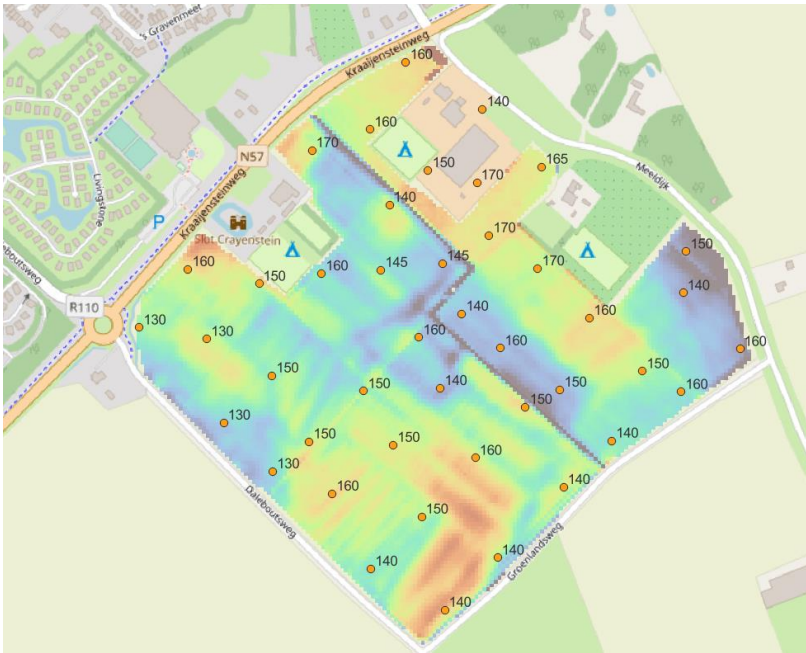
Figuur 33: Richtlijnen voor ontwateringsdiepte voor akkerbouwgronden uit het cultuurtechnisch vademecum in cm onder maaiveld. Bij de berekeningen voor deze percelen gaan we uit van een bovengrond en ondergrond van lichte zavel.

Bij bovenstaande analyse wordt ervanuit gegaan dat het slootpeil gelijk is aan de grondwaterstand, wat in de praktijk niet het geval is. In de zomersituatie zakt de grondwaterstand onder peil in de watergangen (als er geen kwel is). Uit de grondwaterstandsgegevens van een uitgebreide kartering in 1999 blijkt dat ook in de lagere delen van het perceel de GLG uitzakt naar rond de 140-150 cm onder maaiveld, wat een mogelijkheid tot verhoging van 20-30 cm zou betekenen. Daarbij moet er wel rekeningen gehouden worden met de drainhoogte; de drains moeten niet onder water komen te staan. Bij een maaiveldhoogte van 0.2m+nap komen die GLG's echter omgerekend uit op -1.2m+NAP tot -1.3m+NAP, iets lager dan het zomerpeil. Omdat het zonder modelberekening niet zeker is in hoeverre het peil en de grondwaterstand één-op-één of in een vaste verhouding door te rekenen zijn, wordt in de risicoberekening rekening gehouden met een grondwaterstand gelijk aan peil (uiterste geval). Hierbij moet opgemerkt worden dat de wintergrondwaterstanden boven het oppervlaktewaterpeil uitkomen (opbolling door neerslagoverschot) en dat het moment van peilverandering van zomer- naar winterpeil mede de grondwaterstand in het voorjaar wordt bepaald. De drainage in de percelen ligt op 1 meter diepte (ten opzichte van maaiveld) en zal ook na peilopzet kunnen blijven lopen.

AEQUATOR GROEN+RUIMTE



Figuur 34: Hoogtekaart en histogram van de hoogtekaart van percelen aangrenzend aan watergang. De x-as geeft de hoogte in mNAP.



Figuur 35: GLG waarden in cm onder maaiveld benoemd in kartering 1999, boven op de hoogtekkaart.

Risico analyse

In Tabel 5 is berekend wat een peilopzet zou betekenen voor het volume water in de sloot en in het perceel. Uit de debietmetingen is gebleken dat in het voorjaar een basisafvoer over de stuwen van 430 kuub/dag en in de zomer een basisafvoer van 86 kuub/dag verwacht kan worden vanuit het duinsysteem. Bij een basisafvoer zou er in de voorjaarsituatie en een peilopzet van 35 cm nog altijd ruimte voor waterberging in de sloot zelf zijn gelijk aan het volume van ruim 4 dagen in aanvoer. Effecten van mogelijke piekbuien zijn hier niet in meegenomen en zullen aan de hand van een hydrologisch model moeten worden geanalyseerd.

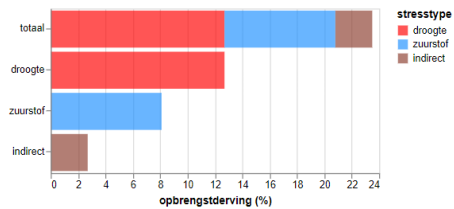
Tabel 5: Berekende inhoud (volume) voor sloot en perceel. Bij de berekeningen wordt uitgegaan van een slootlengte van 700m, een slootbreedte van 1.5m (gemiddeld), een slootdiepte van 2m, een porositeit van de percelen van 30% en een gecombineerde perceelgrote van 36ha. De duikervoet op de stuwlocatie bevindt zich op -1.47m+NAP. Er wordt vanuit gegaan dat het grondwaterniveau gelijk is aan oppervlaktewaterpeil.

	Totaal volume in sloot (m3)	Totale volume in percelen tot slootdiepte (m3)
Compleet gevulde sloot/perceel	2100	216000
Bij zomerpeil	420	43200
10 cm peilopzet	525	54000
35 cm peilopzet	787,5	81000

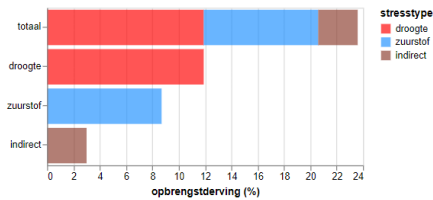
Berekeningen met de Waterwijzer Landbouw laten zien dat voor suikerbieten een verandering van de grondwaterstand van 150 cm onder maaiveld (huidig gemiddeld) naar 120 cm onder maaiveld (minimale ontwateringsdiepte volgens cultuurtechnisch vademecum) netto geen gevolgen heeft voor de opbrengst, al verschuiven de percentages droogte- en zuurstofstress iets. Dezelfde exercitie voor aardappelen laat een kleine afname in derving (toename in opbrengst) zien (Figuur 36). Kortom: meer beschikbaarheid van zoetwater kan wel tot een (beperkte) toename van het risico op natschade leiden, maar verhoogd de opbrengsderving niet.

De agrariërs betrokken bij de pilot hebben aangegeven dat het voor hen van belang is dat de twee greppels aan de zuidzijde van het pilotgebied niet onder water komen te staan en hun afwaterende functie behouden (Figuur 37). De duiker waar de stuw komt te staan voert het water af naar de andere kant van de Groenlandseweg. Aan weerskanten van de stuw bevinden zich duikers die een verbinding

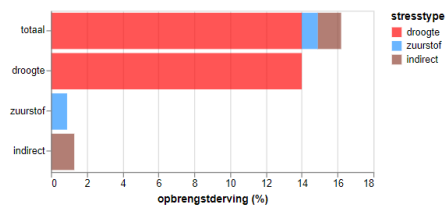
leggen naar twee greppels, waarvan de agrariërs aangegeven hebben ze afwaterend te willen houden. De duikervoeten van deze twee duikers (die naar de greppels lopen) bevinden zich 73cm en 88cm hoger dan de duikervoet van de duiker waar de stuw voor wordt geplaatst. Om te voorkomen dat peilopzet in de secundaire sloot bovenstrooms van de stuw zorgt voor instroom in de greppels moet het waterpeil dus minder dan 73cm boven de duikervoet blijven. Bij een zomerpeil van -1.1 m+NAP geeft dat 36 cm ruimte om het zomerpeil te verhogen. De duiker aan de noordkant van het perceel die de verbinding vormt met de kavelsloot naar het oosten ligt met een duikervoet op -0.84m+NAP ook ruim boven zomerpeil.



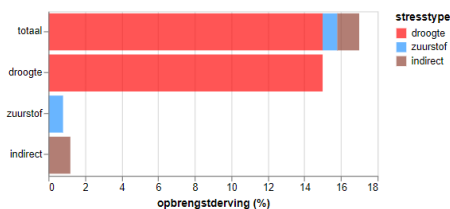
Gewas	suikerbieten
Klimaat	Huidig (1991-2020)
Weerstation	Vlissingen (310)
Bodem	(4016) Kleigronden (zavel en lichte klei) op homogene ondergrond
GHG	60 cm-mv
GLG	150 cm-mv
Irrigatie	nee



Gewas	suikerbieten
Klimaat	Huidig (1991-2020)
Weerstation	Vlissingen (310)
Bodem	(4016) Kleigronden (zavel en lichte klei) op homogene ondergrond
GHG	60 cm-mv
GLG	120 cm-mv
Irrigatie	nee

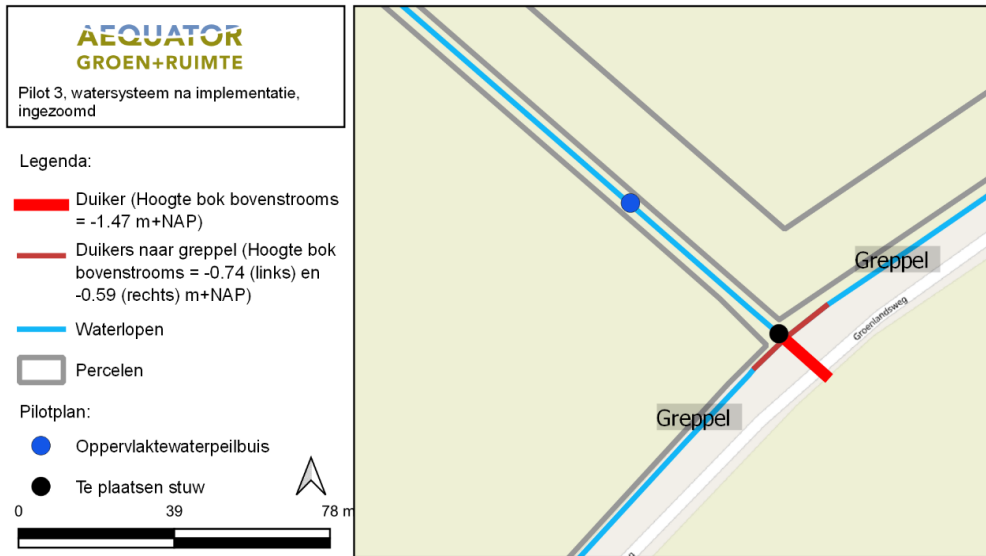


Gewas	aardappelen
Klimaat	Huidig (1991-2020)
Weerstation	Vlissingen (310)
Bodem	(4016) Kleigronden (zavel en lichte klei) op homogene ondergrond
GHG	60 cm-mv
GLG	120 cm-mv
Irrigatie	nee



Gewas	aardappelen
Klimaat	Huidig (1991-2020)
Weerstation	Vlissingen (310)
Bodem	(4016) Kleigronden (zavel en lichte klei) op homogene ondergrond
GHG	60 cm-mv
GLG	150 cm-mv
Irrigatie	nee

Figuur 36: Berekeningen met Waterwijzer Landbouw tabel



Figuur 37: Ter verduidelijking is op de locatie van de te plaatsen stuw ingezoomd.

Conclusie

Het plaatsen van een stuw binnen deze pilot zal plaatsvinden in een primaire watergang. Om deze reden moeten de risico's goed worden overlegd met het waterschap. De peilbuizen hebben hierdoor binnen deze pilot enkel nulmetingen uitgevoerd. De peilbuizen laten zien dat in dit gebied zoute kwel en instroom geen rol speelt. De grondwaterstanden dalen snel in het groeiseizoen met ~9 cm/week. Dit bevestigt de noodzaak om het peil in een GLG-situatie op te kunnen zetten en zo droogte in de zomermaanden te voorkomen.

BODEM ALS SPONS

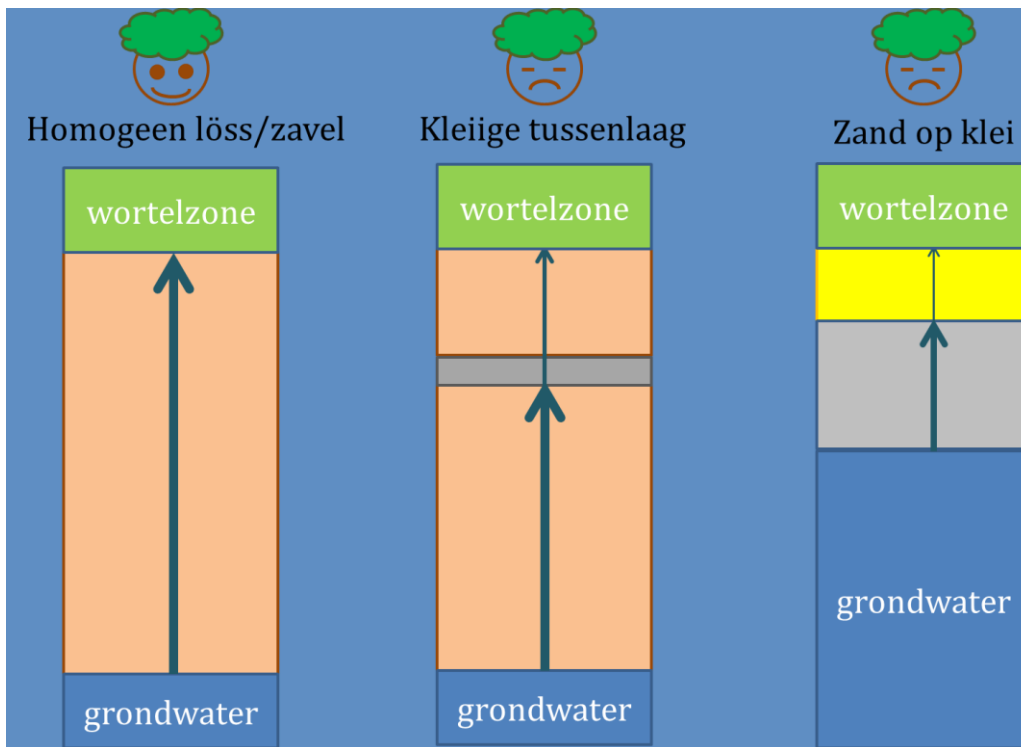
Achtergrond en theorie in een notendop

Sponswerking en de samenstelling van de bodem

De bodem is een belangrijk transport en opslagmedium voor water en vocht. In de bodem infiltreert regenwater naar het grondwater. Andersom zuigt de bodem, via de poriën grondwater naar boven, waardoor grondlagen binnen een bepaalde afstand niet uitdrogen. Dit verschijnsel noemen we capillaire nalevering (Figuur 38). Niet al het regenwater dat infiltreert zakt naar het grondwater, maar een deel wordt in de bodem vastgehouden. De hoeveelheid vocht die de bodem kan vasthouden heet de hoeveelheid beschikbaar bodemvocht. De capaciteit van de bodem om vocht vast te houden en om vocht op te zuigen wordt vergeleken met een spons. Net als bij een spons is die capaciteit afhankelijk van de grootte en verdeling van de poriën, maar ze is ook afhankelijk van de samenstelling van de bodem. Klei en organische stof kunnen goed water vasthouden, zand niet. Een kleibodem kan zodoende meer vocht vasthouden dan een zandbodem. De capillaire nalevering van een bodem is afhankelijk van de grootte van de poriën. Wanneer de poriën groot zijn, zoals bij zandgronden, is de zuigkracht klein en wanneer de poriën klein zijn is de zuigkracht groot. Kleigronden kunnen daardoor over een grotere afstand vocht naleveren vanuit het grondwater dan zandgronden. Door kleine poriën kan minder water worden getransporteerd dan door grote poriën. Het gevolg is dat afstand waarover nog voldoende vocht kan worden nageleverd het grootste is bij zavelgronden en weer kleiner wordt bij (zware) kleigronden. Wanneer de samenstelling van de bodem tussen de grondwaterstand en de wortelzone niet homogeen is beïnvloedt dit de sponswerking negatief (Figuur 39). Dit is de reden waarom kleigronden met een zandondergrond in de regel droogtegevoelig zijn. Anderzijds zijn zavelgronden met een (zware) kleitussenlaag gevoeliger voor wateroverlast omdat water minder snel kan infiltreren door de zware tussenlaag heen.



Figuur 38. Capillaire nalevering vanuit het grondwater naar de wortelzone zichtbaar in een profielwand (voorbeeldprofiel, niet gevonden in gebied).



Figuur 39. Voorbeelden van het effect van bodemopbouw op de capillaire nalevering voor een homogeen profiel, een profiel met een kleiige tussenlaag en een profiel met een zanddek op klei.

Sponswerking en de structuur van de bodem

De sponswerking van de bodem is dus afhankelijk van de samenstelling van de bodem. Maar ook met goede ingrediënten kan een gerecht mislukken. De structuur van de bodem bepaald uiteindelijk of de sponswerking van de bodem optimaal is of juist niet. Met structuur van de bodem bedoelen we de manier waarop verschillende bestanddelen van de bodem in elkaar zijn geschikt. In bodemaggregaten (kluitjes) hebben klei, zand en organische stof een binding met elkaar waardoor er een stabiele verdeling is in bodembestanddelen en poriën. Een gezonde bodem bestaat uit 40% poriën waardoor lucht- en watertransport kan plaatsvinden en wortels kunnen groeien. Bij een ongunstige structuur zijn de poriën klein(er) en minder in volume. De bodemdeeltjes zitten dicht op elkaar en/of bewegen steeds ten opzichte van elkaar waardoor er geen goed poriën- (of gangen-)stelsel kan ontstaan.

Sponswerking en het beheer van de bodem

Met grondbewerking wordt de structuur van de bodem direct beïnvloed, maar ook gewassen en ontwatering hebben invloed op de bodemstructuur. In een bodem die regelmatig beroerd wordt heeft de bodem minder tijd om stabiele aggregaten te bouwen. Bovendien wordt door een grondbewerking het contact of de verbinding tussen poriën in de bovengrond en poriën in de ondergrond onderbroken. Planten hebben een positief effect op de bodemstructuur doordat wortels als steunpilaren kunnen dienen en bovendien schuilplaats en voedingsbron zijn voor bodemleven. Bedekking van planten vermindert de directe invloed van regen en wind op de bodem. De structuur wordt negatief beïnvloed wanneer de bodem afwisselend verzadigd wordt en weer uitdroogt. In een verzadigde grond wordt de binding tussen de bodemdeeltjes zwakker en kunnen ze makkelijker uit elkaar vallen. Fijne deeltjes gaan in het water zweven en slaan neer in poriën wanneer het water weer zakt. Dit verschijnsel heet interne slomp (Figuur 40) en veroorzaakt bodemverdichting.



Figuur 39. Voorbeeld van interne slemp.

Sponswerking en bodemleven

Actief bodemleven zorgt voor een goede en stabiele structuur van de bodem. Bodemleven graaft gangen en transporteert organische stof van het maaiveld naar diepere lagen. Bodemleven breekt organische stof af in beschikbare nutriënten voor planten en is producent van "lijmstoffen" die belangrijk is voor het vormen van stabiele aggregaten. Er zijn veel verschillende soorten bodemleven, die in meer en mindere mate met interactie tussen planten leven. Stimuleren van bodemleven heeft daarom een positief effect op de sponswerking van de bodem en vermindert het risico op interne slemp.

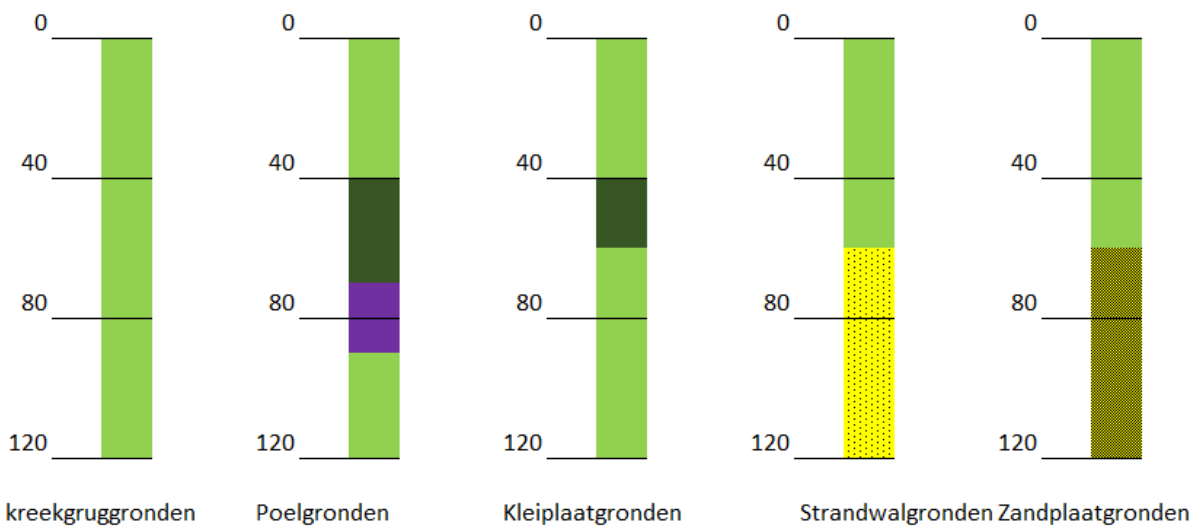
Bodemtypes in Burgsluis

Rondom Burgsluis komen in het algemeen lichte zavelgronden voor met een laag organisch stofgehalte en waarschijnlijk ook een laag koolzuur kalkgehalte. In het gebied komen kreekruggronden, kleiplaatgronden, zandplaatgronden, poelgronden en strandwalgronden voor (Figuur 40). Deze gronden onderscheiden zich hoofdzakelijk van elkaar door verschil in grondwaterdynamiek en de profielopbouw (Figuur 41). De kreekruggronden zijn relatief hooggelegen gronden en zijn daarbij in het algemeen goed ontwaterd. De profielopbouw is homogeen, dat wil zeggen dat er geen (storende) zand- of kleilagen tussen het maaiveld en de grondwaterstand voorkomen. Kleiplaatgronden liggen op de flanken van de kreekrug en zijn redelijk tot goed ontwaterd. Kenmerkend voor kleiplaatgronden is het voorkomen van een storende klei tussen laag, die direct onder de bouwvoor kan beginnen. De capillaire nalevering en vooral de infiltratie capaciteit wordt hierdoor sterk nadelig beïnvloed. Zandplaatgronden zijn gronden met zand in de ondergrond. Met name de capillaire nalevering wordt hierdoor beperkt, waardoor deze gronden enigszins droogtegevoelig zijn. Zandplaatgronden komen verspreid op de kreekrug voor en zijn goed ontwaterd. Poelgronden hebben een relatief lage ligging en zijn daardoor minder goed ontwaterd. De profielopbouw kenmerkt zich door de aanwezigheid van een storende kleilaag en of veenlaag in de ondergrond. Met name de infiltratiecapaciteit wordt hierdoor nadelig beïnvloed waardoor deze gronden gevoelig zijn voor wateroverlast. Langs de Brabers ligt in de ondergrond een oude strandwal die plaatselijk tot binnen 40 cm -mv. aanwezig is. Het

zand van deze strandwal bestaat uit leemarm kalkloos matig grof zand. De aanwezigheid van matig grof zand in de ondiepe ondergrond beperkt de capillaire nalevering sterk waardoor deze gronden droogtegevoelig zijn. Waar de strandwal ondiep onder de kleibovengrond voorkomt is zand met kleigemengd. Een groot verschil in korrelgrootte verdeling in de bodem maakt een grond gevoeliger voor slomp.



Figuur 40. Detailbodemkaart omgeving Burghsluis.



Figuur 41 . Profielopbouw van de verschillende bodemtypes in de omgeving Burghsluis.

Beoordeling van de bodem als spons in Burghsluis

Op 18 september 2023 hebben we drie verschillende landbouwbedrijven bezocht:

- Een biologische melkveehouder met kruidenrijkgrasland en mais
- Een gangbouwer akkerbouwer
- Een extensieve akkerbouwer met een bouwplan zonder rooigewassen

Op alle bedrijven hebben we, samen met de grondgebruiker, op een perceel de bodemopbouw en structuur beoordeeld aan de hand van een grondboring en profielkuil. Opvallend is dat op alle drie de bedrijven kale plekken in het land voorkomen. Deze kale plekken liggen in de regel in laagtes binnen het perceel.

De grondgebruikers zijn alle drie bewust bezig met bodembeheer, door het optimaliseren van de ontwateringstoestand, toepassen van geen kerende grondbewerking, toepassen van groenbemesters en aandacht voor het organische stofgehalte. De grondgebruikers geven alle drie aan last te hebben van natte omstandigheden, ongunstige bodemstructuur en een laag organisch stofgehalte. Op alle drie de percelen zijn kale plekken aanwezig, waar het gewas niet of mindergoed is opgekomen.

Bodemopbouw

De bovengronden bestaan uit (zeer) lichte kalkrijke zavel. Het organische stofgehalte is in het algemeen laag (< 3%). De humushoudende bovengrond is 30 à 35 cm dik. Op een aantal plaatsen hebben we onder de bovengrond een kleilaag aangetroffen die duidelijk zwaarder van textuur is dan de bovengrond (licht klei) (Figuur 42). Deze klei is grijs van kleur, duidelijk poreus, maar er zitten maar beperkt scheuren in. De klei tussen laag is 30 – 50 cm dik en hieronder bevindt zich weer lichte zavel of kleiig zand dat sterk gelaagd is. In de ondergrond is duidelijk de omslag naar blauw sediment zichtbaar tussen 110 en 150 cm -mv. Lokaal hebben we in de ondergrond veen en grof zand aangetroffen.

De verschillende type bodemopbouw verwijzen naar kreekruggrond (1), poelgrond (2) en kleiplaatgrond (3).



Figuur 42. Voorbeeld van een profiel met kleilaag. Het profiel begint rechts bovenaan en ligt per 50 cm van rechts naar links uitgespreid.

Structuur

Locatie 1

Perceel met kruidenrijkgrasland – In de bovenste 10 à 15 cm duidelijke kruimelstructuur, die daaronder snel overgaat in scherpblokkig. Tussen 30 en 40 cm is de bodem compact en weinig poreus. De beworteling is in de bovenste 15 cm intensief en homogeen. De beworteling loopt door tot 30 cm, maar neemt snel af in intensiteit. Enkele wortels zijn door de compacte bovenlaag gegaan en komen tot ca. 50 cm -mv. Er zijn plekken in het land waar helemaal geen kruiden staan en (productief) gras. Hier heeft in een natte periode langere tijd water gestaan. De kale plekken liggen in ingesloten laagtes van 10 tot 15 cm t.o.v. de omgeving.

Locatie 2

Perceel met graan en nu groenbemester – De humushoudende bovenlaag is los en onsamenhangend van structuur. In de bovenlaag is veel vocht aanwezig dat in de grote poriën "hangt". De groenbemester is nog jong, maar wortel al wel 35 – 40 cm diep, maar nog niet intensief. Op 40 cm diepte bevindt zich een stugge grijze kleilaag (lichte tot matig zware klei). Deze kleilaag is poreus, maar er zijn geen duidelijke krimpscheuren zichtbaar. In de klei wordt een enkel worteltje van het graan gevonden. De kleilaag is 20 – 40 cm dik en hieronder bevindt zich lichte zavel. Op een hoger deel van het perceel ontbreekt de klei tussenlaag. Hier is de bovengrond duidelijk droger. De groenbemers staat nu visueel homogeen op het land. Op luchtfoto's is te zien dat de gewassen op de lagere delen in het perceel minder dicht staan dan op de hogere delen.

Locatie 3

Perceel met luzerne – De humushoudende bovenlaag is 30 cm dik en hieronder zit een gemengde laag tot 40 cm diepte. Daaronder zit kleiig zand. De bovengrond heeft afgrond blokkige structurelementen, tussen 30 en 40 cm worden de blokken groter en komen er meer scherpblokkige structurelementen voor. De luzerne pennen houden de grond sterk bij elkaar en de pennen gaan dieper dan 50 cm. In het boorgat zijn op 120 cm nog wortels waargenomen. Er zijn in het gewas kale plekken aanwezig waar helemaal geen luzerne staat.

De actuele grondwaterstanden worden ingeschat op 90 – 110 cm -mv.

Analyse

Knelpunt is slempgevoeligheid van de grond. Gronden met 10 – 15% zijn zeer gevoelig voor interne slemp, zeker in combinatie met een laag organisch stofgehalte. Interne slemp treedt op onder natte omstandigheden in losse grond. Het gevolg van interne slemp is dat de porositeit afneemt, het waterbergend vermogen afneemt, de infiltratie capaciteit vermindert, en het zuurstofgehalte sterk terugloopt en daardoor beworteling bemoeilijkt wordt. Verslempde gronden blijven in het voorjaar lang nat en zijn in de zomer droogtegevoelig. Hoge grondwaterstanden en stagnerende lagen vergroten het risico op interne slemp.

Advies/Maatregelen

Het risico op interne slemp kan worden beperkt door de ontwateringstoestand te optimaliseren en de bodemstructuur te verbeteren. Maatregelen die hieraan kunnen bijdragen zijn:

- Drainage; Zorg voor voldoende ontwatering waarbij de grondwaterstanden in de winter niet hoger komen dan 70 cm -mv. Om te lage grondwaterstanden in de zomer te voorkomen kan ondiepe nauwe drainage worden overwogen. Wanneer er sprake is van zoute kwel vanuit de ondergrond kan deze vorm van drainage echter ervoor zorgen dat de kweldruk toeneemt, omdat het zoete water wordt afgevoerd. Inzicht in de lokale hydrologie moet uitsluitsel geven over de mogelijkheden voor ondiepe nauwe drainage
- Egalisatie; voorkomen van plasvorming door kleine ondiepe laagtes te egaliseren of met afschot naar de sloot te leggen.
- Grondbewerking; niet kaal de winter in, maar de groenbemester pas in het voorjaar onderwerken. Dit vergt een grote aanpassing in de bedrijfsvoering.
- Organische stofgehalte verhogen. Op kalkrijke gronden zal het niet meevallen om het organische stof % omhoog te krijgen. Toch is het interessant om een organische stofbalans op te stellen om meer inzicht te krijgen waar mogelijkheden liggen voor extra aanvoer van organische stof. Een effectieve manier om het organische stofgehalte te verhogen is stro achterlaten op het land na de teelt van tarwe, en de teelt van gras.

SAMENVATTING MEETGEGEVENS EN BODEM ALS SPONS

In 2022 zijn in de omgeving van Burghsluis verschillende metingen gedaan en is data verzameld, met als doel meer inzicht te krijgen in het watersysteem ter plekke. Er zijn zowel gebiedsbrede metingen uitgevoerd als specifieke situaties onderzocht in de vorm van pilotplannen.

Gebiedsbrede metingen

Het watersysteem in de omgeving Burghsluis kenmerkt zich door aan de ene kant zoetwateraanvoer vanuit het duinsysteem in het noorden en aan de andere kant zoute kweldruk vanuit de Westerschelde. Om meer inzicht te krijgen in dit grootschalige systeem zijn verschillende debiet- en EC-metingen uitgevoerd.

Uit de gebiedsbrede debietmetingen komt naar voren dat er een substantieel verschil is tussen piek- en basisafvoer (uit de duinrand) in de wintermaanden, maar dat ook de basisafvoer genoeg zou moeten zijn om een hoger slootpeil te handhaven. Een hoger slootpeil in de winter/het vroege voorjaar zou een zoetwaterbuffer kunnen creëren voor de start van het groeiseizoen. Uitdaging hierbij is de ontwatering in de winter niet te benadelen. In de zomerperiode is er dermate veel verdamping en weinig aanvoer vanuit het duinsysteem, dat het verhoogde peil handhaven niet realistisch lijkt.

Uit de gebiedsbrede geleidbaarheidsmetingen (zoutgehaltes) blijkt dat de zoet-/zoutwaterscheiding zich in de winterperiode net ten noorden van de zoute vaart (hoofdwatgang) bevindt en dat deze in de loop van de zomer, onder invloed van kweldruk en instroom, opschuift richting het noorden. Het toenemen van het zoutgehalte heeft toch gevoel dat beregenen uit vrijwel alle sloten in de zomerperiode niet meer mogelijk is.

Pilots

Om specifieke elementen van het watersysteem in Burghsluis beter te begrijpen zijn een drietal pilots uitgevoerd, ieder met een ander onderzoeksdoel.

Pilot 1 had/heeft als doel het scheiden van zoet- en zoutwater, door de zoute instroom vanuit de hoofdsloot te blokkeren en het vasthouden van zoetwater uit de duinrand om de zoetwaterlens te vergroten en zoute kweldruk te verminderen. De meetreeksen uit deze pilot laten duidelijk zien dat gedurende het groeiseizoen de geleidbaarheid van het grondwater toeneemt. Hier vindt zoute kwel plaats die zich door het krimpen van de zoetwaterlens makkelijker omhoogduwt. In de kavelsloot is met name het effect van de overgang van winter-naar zomerpeil duidelijk zichtbaar. Doordat een hoger peil wordt gehanteerd in de hoofdsloot lijkt er instroom van brak/zoutwater de kavelsloot in plaats te vinden. De afsluitende stuw werd te laat geplaatst om dit te voorkomen. Om het effect van de stuw op zoet-/zoutscheiding in kaart te brengen zal de stuw daarom in 2024 al eerder (in nattere omstandigheden en tijdens winterpeil) moeten worden geplaatst.

Pilot 2 lag/licht het gebied in de overgangszone van zoet naar brak/zout. Hier is het doel om zoet en zoutwater beter te scheiden door te stuwen in de kavelsloot. Ook kan de zoete aanvoer beter worden benut door deze vast te houden. Ondanks dat de metingen in deze pilot enkel nog uit nulmetingen bestaan, is al wel te zien dat het grondwater onder droge omstandigheden vanaf mei snel uitzakt. Dit benadrukt het belang om al vroeg in het voorjaar te beginnen met het vasthouden en daarmee bufferen van zoete aanvoer (regen- en drainageafvoer). In tegenstelling tot pilot 1 blijft op deze locatie de geleidbaarheid laag. Er lijkt weinig zoute kwel in het perceel plaatst te vinden. Één van de geplande stuwen, geplaatst in augustus 2023, bleek te laat te komen om droogvallen van de sloot te voorkomen. Uit een volgend groeiseizoen moet blijken in hoeverre het zoutgehalte in het slotensysteem toeneemt.

Het doel van het pilot 3 is om in een peilgebied (GPG1274) te onderzoeken of het opstuwen van het zomerpeil haalbaar is en een significante verbetering oplevert voor de grondwaterstanden in het gebied. Omdat deze pilot zich afspeelt rondom een primaire watgang is het waterschap Scheldestromen (extra) betrokken en is er voorlopig besloten geen extra stuw te zetten. De al wel geplaatste peilbuizen laten zien dat in dit gebied zoute kwel en instroom geen rol speelt. De grondwaterstanden dalen snel in het groeiseizoen met ~9 cm/week. Dit bevestigt de noodzaak om het peil in een GLG-situatie op te kunnen zetten en zo droogte in de zomermaanden te voorkomen. In een vervolg zal de mogelijkheid worden

onderzocht door middel van een bestaande stuw ter hoogte van de meeldijk het peil in deze watergang aan te passen.

Bodem als spons

De bezochte gronden bestaan uit (zeer) lichte kalkrijke zavel, met een laag organisch stofgehalte en een bovengrond van 30-35 cm. Op een aantal plaatsen hebben we onder de bovengrond een kleilaag aangetroffen die duidelijk zwaarder van textuur is dan de bovengrond (licht klei). De klei tussen laag is 30 – 50 cm dik en hieronder bevindt zich weer lichte zavel of kleilig zand dat sterk gelaagd is. In de ondergrond is duidelijk de omslag naar blauw sediment zichtbaar tussen 110 en 150 cm -mv. Lokaal hebben we in de ondergrond veen en grof zand aangetroffen.

Knelpunt is slempgevoeligheid van de grond. Gronden met 10 – 15% zijn zeer gevoelig voor interne slemp, zeker in combinatie met een laag organisch stofgehalte. Interne slemp treedt op onder natte omstandigheden in losse grond. Het gevolg van interne slemp is dat de porositeit afneemt, het waterbergend vermogen afneemt, de infiltratie capaciteit vermindert, en het zuurstofgehalte sterk terugloopt en daardoor beworteling bemoeilijkt wordt. Verslempde gronden blijven in het voorjaar lang nat en zijn in de zomer droogtegevoelig. Hoge grondwaterstanden en stagnerende lagen vergroten het risico op interne slemp.

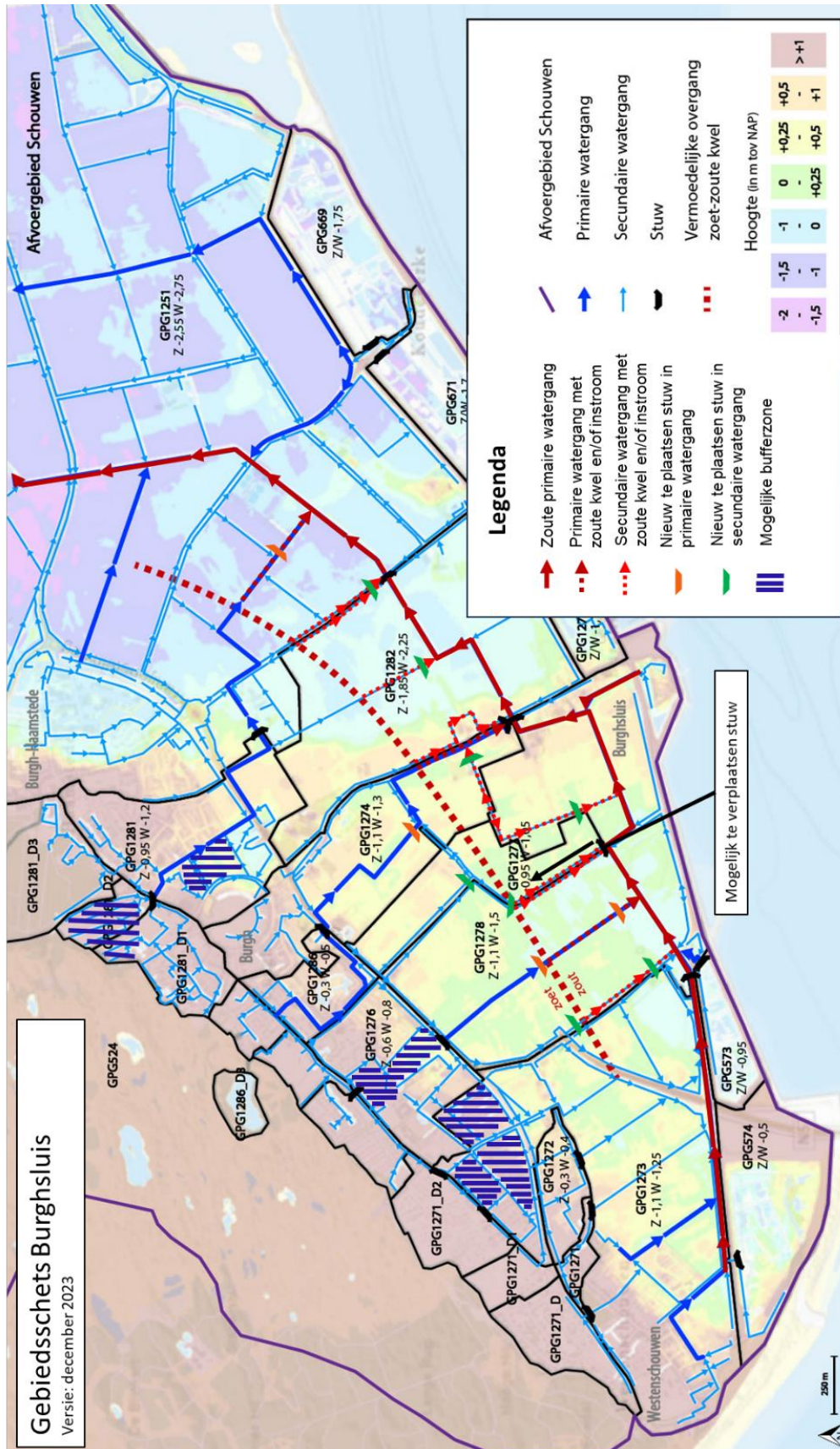
Het risico op interne slemp kan worden beperkt door de ontwateringstoestand te optimaliseren en de bodemstructuur te verbeteren. Maatregelen die hieraan kunnen bijdragen zijn drainage, egalisatie, grondbewerking aanpassen en organische stofgehaltes verhogen.

ADVIES INRICHTING WATERSYSTEEM

Uit de meetreeksen blijkt dat voor het onderzoeksgebied zoet water vasthouden en gebruiken als tegenwicht zeker in het voorjaar mogelijkheden biedt. Regen- of kwelwater in het voorjaar benutten om slootpeilen (verder) op te zetten en daarmee mogelijk de zoetwaterlens in percelen op peil te houden lijkt realistisch. Echter, de pilots hebben tot nu toe nog niet het gewenste inzicht gegenereerd. Het advies is daarom de pilots voort te zetten (uit te voeren) en in sommige gevallen uit te breiden.

In Figuur 43 is een gebiedsschets weergegeven waarin de stuwen binnen de huidige pilots/pilotplannen zijn weergegeven en daarnaast de uitbreidingsmogelijkheden met extra stuwen. De in groen en oranje afgebeelde stuwstukjes maken onderscheid tussen te plaatsen stuwstukjes in primaire en secundaire watergangen. In het geval van secundaire watergangen is een 'simpele' stuw makkelijker door de agrariërs zelf te realiseren, terwijl bij primaire watergangen het Waterschap Scheldestromen er meer mee gemoeid is.

De stuwen op de gebiedsschets die buiten de pilotgebieden vallen zullen eenzelfde functie hebben die zowel peil op kan zetten, zoetwater uit de duinen op kan vangen en zoet en zout water kan scheiden. Aangesterkt door de meetgegevens die in 2024 worden verzameld binnen de pilotgebieden is het advies om het gebied waarbinnen peilopzet en zoet/zoutscheiding plaats vindt verder uit te breiden met de aangegeven stuwen. Zo kan met de aanvoer van zoet water uit de duinrand en regenwater in het vroege voorjaar een hoger peil worden gehanteerd, biedt de zoetwaterlens meer tegendruk tegen zoute kwel en kan zoute instroom worden tegengehouden. Hierbij is de locatie aangegeven op de gebiedsschets nog geen exact bepaalde locatie. Afhankelijk van zoute kwel in het gebied moet goed worden gemonitord of het zoutgehalte bovenstrooms van een stuw niet juist stijgt doordat zout kwelwater wordt opgevangen en vastgehouden. Hierom is het advies om te beginnen met een makkelijk te plaatsen boren stuwstukje voor een duiker die mogelijk kan worden verplaatst als de locatie niet ideaal blijkt. De meetgegevens binnen pilotgebied 1 en 2 zullen hier ook al meer duidelijkheid over geven waardoor in andere watergangen een geschikte locatie ten opzichte van de zoet-zoutscheiding (zie gebiedsschets) kan worden gehanteerd.



Figuur 43. Concept gebiedsplan watersysteem Burghsuis

ADVIES PROJECTVERVOLG

In 2023 is zijn de hierboven beschreven drie pilots geïnitieerd, maar enkel gedeeltelijk of helemaal niet tot uitvoer gekomen. De onderzoeksvragen van deze pilots zijn nog altijd relevant. De wens bestaat om de in de haalbaarheidsfase geïnitieerde pilots te handhaven/uit te breiden. Per pilotplan hebben wij de volgende zaken in gedachten:

- Pilot 1:
 - o handhaven/opnieuw installeren/eventueel uitbreiden (of optimaliseren) van het huidige meetnetwerk. Uit analyse van de tot nu toe verzamelde data blijkt dat er, zoals verwacht, sprake is van zowel zoute instroom als zoute kwel. Vraagstuk is nu nog hoe de zoetwaterlens in het perceel zich over het groeiseizoen ontwikkeld, hoe hoog de zoute kwel in het profiel doordringt en of het vroeger plaatsnemen van de stuw een positief effect heeft op de zoetwaterlens. Voor optimaal inzicht in de zoetwaterlens is aanvullende monitoring van de EGV waarden op verschillende diepten vereist, wellicht in combinatie met een uitbreiding van het aantal meetlocaties. In samenspraak met de betreffende agrariërs zal een monitoringsplan worden opgesteld.
 - o Mogelijkheid onderzoeken tot het doorbreken van de afsluitende dam, die instroom van zoet duinwater voorkomt. Op het moment dat de sloot niet alleen met regenwater, maar ook met duinwater gevoed wordt, biedt dit grotere mogelijkheden om door middel van peilopzet de zoute kweldruk te verlagen of in ieder geval de sloot volledig met zoet water te vullen en daarmee mogelijk de zoute kwel te verminderen.
- Pilot 2:
 - o Handhaven/eventueel uitbreiden van het huidige meetnetwerk. Alhoewel de huidige monitoringsopzet een goed beeld heeft gegeven van de 'nulsituatie', is de plaatsing van de stuw(en) te laat in het groeiseizoen geweest om de pilot goed uit te kunnen voeren. Monitoring in stand houden over het aankomende groeiseizoen zou de mogelijkheid geven de situatie voor en na de stuwplaatsing te vergelijken. Ook bij deze pilot is het wellicht wenselijk op verschillende dieptes de EGV waarden te meten, om de (dikte van de) zoetwaterlens te kunnen monitoren. In samenspraak met de betreffende agrariërs zal een monitoringsplan worden opgesteld.
- Pilot 3:
 - o Uitvoeren van stuwplaatsing en handhaven/eventueel uitbreiden van het huidige meetnetwerk. Door omstandigheden is pilot 3 nog niet uitgevoerd, maar nog altijd relevant. In overleg met het waterschap Scheldestromen hopen we groen licht te krijgen voor deze pilot.

In de haalbaarheidsfase zijn naast de gebiedsbrede metingen en pilots voor drie kenmerkende percelen binnen het gebied adviezen en maatregelen opgesteld om de sponswerking van de bodem te vergroten. De wens bestaat om met (een gedeelte van) de adviezen aan de slag te gaan in een vierde op te zetten pilot. Er zijn verschillende kansen:

- Het opzetten door middel van een stuw van de duinwatervoerende sloot liggend in het blok percelen tussen de Daleboutsweg, Cauersweg en Groenlandseweg.
- Het aanbrengen van ondiepe nauwe drainage in deze percelen om het effect op de bodemstructuur en daarmee het vochtleverend en sponswerkend vermogen te kunnen monitoren. Een goede ontwatering vergroot de mogelijkheden om meer watervast te houden (een hogere GLG).
- Het verbreden van de watergang en de mogelijkheid een natuurvriendelijke oever aan te leggen. Het aanleggen van een natuurvriendelijke oever zou gunstig zijn voor verschillende andere doelstellingen (vergroten biodiversiteit, groenblauwe verbindingen) binnen het gebied.
- Verkennen van de mogelijkheden om het organische stofgehalte te verhogen door het opstellen van een organische stofbalans en uitvoeren van maatregelen om het o.s. gehalte te verhogen door groenbemesters, grondbewerking, achter gelaten gewasresten stro, e.d.

Referenties

Guy Fipps (n.d.). Irrigation water quality standards and salinity management strategies. Texas A&M Agrilife extensions.

Heinen, M., Brouwer, F., Teuling, K., & Walvoort, D. (2021). *BOFEK2020 – Bodemfysische schematisatie van Nederland*. 84.

Mulder, M. et al. (2018). *Waterwijzer Landbouw: Instrumentarium Voor*.

Remmelink, Gerrit et al. 2020. *Handboek Melkveehouderij 2020/21*. Wageningen: Wageningen Livestock Research. Retrieved 2023 (<https://doi.org/10.18174/529557>).

Stuyt L C P M, Knotters M, Walvoort D J J, Hoogland T, Brus D J, de Vries F, Heidema A H, Okx J P. (2017). *BasisRegistratie Ondergrond (BRO) Actualisatie Gt/Gd*. WEnR.

URL:

PDOK. (n.d.). <https://www.pdok.nl/-/de-bodemkaart-van-nederland-beschikbaar-bij-pdok>

WWL. (n.d.) <https://waterwijzerlandbouw.wur.nl>

BIJLAGE

Bijlage 1

Remmelink, Gerrit et al. 2020. Tabel met de stijghoogte voor een capillaire nalevering van 3, 2, 1, 0.8 en 0.4 mm/dag. Binnen dit project is de capillaire nalevering van 2 mm/dag genomen als minimaal voor het goed functioneren van gewassen.

Ondergrond	Leem %	Lutum (%)	Verzadigde doorlatendheid (m/dag)	Toelaatbare afstand tussen onderkant effectieve wortelzone ¹ en grondwater (cm) voor capillaire nalevering van:				
				3	2	1	0,8	0,4 mm/dag
Zand								
Grof zand	2 - 6	-	2,23	43	47	54	56	65
Leemarm fijn zand	1 - 9	-	1,0	76	84	98	103	119
Zwak lemig fijn zand	10 - 16	-	0,64	99	109	127	133	152
Sterk lemig fijn zand	21 - 32	-	0,45	105	122	152	161	189
Zeer sterk lemig fijn zand	37 - 47	-	0,53	134	150	176	184	207
Leem								
Keileem	29 - 48	-	0,05	29	37	57	64	93
Siltige leem (löss)	88 - 92	-	0,57	105	125	161	172	201
Zavel								
Zeer lichte zavel	-	9 - 11	0,26	84	97	120	127	151
Matig lichte zavel	-	12 - 16	0,24	69	84	113	123	156
Zware zavel	-	18 - 22	0,26	56	70	100	110	145
Klei								
Lichte klei	-	28 - 33	0,61	39	50	73	81	112
Matige zware klei	-	37 - 47	0,10	18	24	38	43	65
Zware klei	-	52 - 77	0,38	16	19	26	29	41
Veen								
Oligotroof veen	-	-	0,15	34	42	59	66	90
Meso- en eutroof veen	-	-	0,30	52	63	85	93	122