

**BODEM- EN GRONDWATERKARTERING
'NULSITUATIE' LUXWOUDE 2020-2021**



BODEM- EN GRONDWATERKARTERING

'NULSITUATIE' LUXWOUDE 2020-2021

Uitgebracht aan: Vitens
De heer F. Bonnema
Postbus 1205
8001 BE ZWOLLE

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

Contactpersoon: Everhard van Essen
0626 518 630

Auteur(s): Jan van Berkum, Joani Kannekens, Everhard van Essen

Versie: definitief

Datum: 20-07-2022

Gecontroleerd door: Everhard van Essen

INHOUDSOPGAVE

Samenvatting

1	INLEIDING	1
1.1	Aanleiding en doel onderzoek	2
2	AANPAK	3
2.1	Afbakening onderzoeksgebied	3
2.2	Bodem en grondwaterkartering	4
2.2.1	<i>Voorbereiding veldwerk</i>	5
2.2.2	<i>Plaatsen peilbuizen tijdelijk meetnet</i>	5
2.2.3	<i>Veldwerk</i>	5
2.2.4	<i>Verwerken veldgegevens, maken gedetailleerde bodem- en grondwaterkaart</i>	6
2.2.5	<i>Methodiek beoordeling effecten op bodemgeschiktheid en opbrengst</i>	7
2.2.6	<i>Advies freatisch meetnet</i>	8
2.3	Communicatie met het gebied	9
3	RESULTATEN NULSITUATIE	10
3.1	Bodemopbouw Luxwoude	10
3.1.1	<i>Eerder Bodemonderzoek en ontstaanswijze gebied</i>	10
3.1.2	<i>Actuele bodemkaart</i>	12
3.1.3	<i>Textuur aanduidingen op de bodemkaart (de cijfers)</i>	13
3.1.4	<i>Kenmerken veldpodzolgronden Hn</i>	14
3.1.5	<i>Moerpodzolgronden W</i>	15
3.1.6	<i>Veengronden V</i>	17
3.1.7	<i>Leem binnen 120 cm</i>	17
3.2	Grondwaterfluctuatie	18
3.2.1	<i>GHG en GLG</i>	18
3.2.2	<i>Waterdoorlatendheid varieert</i>	18
3.2.3	<i>Grondwaterstandsmetingen</i>	19
3.3	Bodemgeschiktheid met WIB-C	21
3.4	Uitkomsten Waterwijzer Landbouw WWL (tabelvorm)	22
3.5	Uitwisselen ervaringen en resultaten met agrariërs	22
4	ADVIES FREATISCH MEETNET	24
4.1	Advies freatisch meetnet	24
4.2	Invloed op freatisch grondwater	28
4.3	Aandachtspunten plaatsing peilbuizen	29
4.3.1	<i>Ongewenste beïnvloeding van de meetpunten</i>	30
4.3.2	<i>Meetfrequentie en periode van meten</i>	30
4.3.3	<i>Filterstelling</i>	30
4.3.4	<i>Afwerking van de meetpunten</i>	31
4.3.5	<i>Risico's bij installatie meetnet</i>	31
4.3.6	<i>Afstemming met grondeigenaren</i>	31

5	AANBEVELINGEN	32
	Referenties	33
	BIJLAGEN	34
	Bijlage 1 Notitie Bepaling van de GHG in omgeving Luxwoude	35
	Bijlage 2 Technische achtergronden verwerken veldgegevens naar bodem- en grondwaterkaart	39
	Bijlage 3 <i>Bodemgeschiktheid (WIBC methode) en voortbrengend vermogen WWL</i>	41
	Bijlage 4 Tien reeksen van Vitens peilbuizen in 2019-2021 rond de winning locatie	44
	Bijlage 5 Overzicht peilbuizen met gegevens en inschattingen	49
	Bijlage 6: Bodemkaart	50
	Bijlage 7: GHG Gemiddelde Hoogste Grondwaterstand-kaart	51
	Bijlage 8: GLG Gemiddelde Laagste Grondwaterstand-kaart	52
	Bijlage 9: Bodemgeschiktheid voor grasland m.b.v. WIB-C	53
	Bijlage 10: Bodemgeschiktheid voor maasteelt m.b.v. WIB-C	54
	Bijlage 11: Opbrengstreducties grasland als gevolg van natte omstandigheden m.b.v. WWL-tabel versie 4.0.0 (<i>Zie voor reden "Concept" toelichting in §3.5.</i>)	55
	Bijlage 12: Opbrengstreducties grasland als gevolg van droge omstandigheden m.b.v. WWL-tabel versie 4.0.0 (<i>Zie voor reden "Concept" toelichting in §3.5.</i>)	56
	Bijlage 13: Opbrengstreducties maisland als gevolg van natte omstandigheden m.b.v. WWL-tabel versie 4.0.0 (<i>Zie voor reden "Concept" toelichting in §3.5.</i>)	57
	Bijlage 14: Opbrengstreducties maisland als gevolg van droge omstandigheden m.b.v. WWL-tabel versie 4.0.0 (<i>Zie voor reden "Concept" toelichting in §3.5.</i>)	58
	Bijlage 15: Achtergronden bij methodiek van beoordelen en interpreteren	59
	De bodemgesteldheid, of bodemopbouw	59
	De grondwatersituatie	59
	De bodem- en grondwatertrappenkaart op perceel schaal	60
	<i>De bodemgeschiktheid</i>	61
	Effecten voortbrengend vermogen (Opbrengstderving, HELP systematiek)	66
	De verwachte toekomstige hydrologische situatie	66

Samenvatting

In Luxwoude zijn de voorbereidingen voor een toekomstige waterwinning in gang gezet door Vitens. In de omgeving van deze winning is de bodem- en grondwatersituatie in kaart gebracht in de periode april 2020 en juni 2021. Doel van deze inventarisatie is om een nul situatie te krijgen, om mogelijke veranderingen o.i.v. de winning te herkennen. Als onderzoeksgebied is een ruime omgeving rond het mogelijke invloed-gebied genomen.

Nog geen 50 jaar geleden bestond de bovengrond in dit gebied uit vaak veengrond. Om de draagkracht te verbeteren is zand naar boven gewerkt. De bodem bestaat daarna uit gemengde zandgrond met veenresten. De mate van veenvermenging door het zand bepaalt of het bodemprofiel een podzolgrond, een moerpodzolgrond of nog een veengrond genoemd kan worden. De mate van veenmenging is veelal gering, waardoor de grootste oppervlakte uit (verwerkte) podzolgrond bestaat. In de ondergrond komt verspoelde leem voor, de begindiepte wisselt op korte afstand

De inventarisatie is uitgevoerd met een zogenaamde 'vrije' of landschappelijke bodemkartering, de locaties van de boorpunten zijn ter plekke bepaald. Verspreid over het onderzoeksgebied zijn bij deze kartering bijna 1300 handboringen gemaakt. Aan de hand van o.a. veld- en profielkenmerken en grondwaterstandsmetingen in de boorgaten is de jaarlijkse grondwatersituatie ingeschat. Deze metingen en bepalingen zijn getoetst aan de al aanwezige peilbuizen. De puntbeoordelingen zijn geïnterpoleerd om er een vlak dekkende kaart van te kunnen maken.

Om een indruk te krijgen van de variatie en huidige bodemgesteldheid is met deze gegevens een bodemgeschiktheidsbeoordeling uitgevoerd. Ook is de Waterwijzer Landbouw (tabelvorm) toegepast, om een indruk te krijgen van de huidige opbrengstderiving door droogte of wateroverlast t.o.v. optimale groeiomstandigheden.

Bewoners en grondgebruikers zijn geïnformeerd middels gebiedsbijeenkomsten of via de nieuwsbrief van Vitens, waarin regelmatig tussenresultaten van dit onderzoek zijn gedeeld. Daarnaast is frequent overleg geweest met de begeleidingscommissie waterwinning Luxwoude.

De gegevens zijn gebruikt om een advies op te stellen voor een freatisch meetnet met 26 peilbuizen rond de toekomstige winning.

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding en doel onderzoek

Om Fryslân in de toekomst ook van voldoende en goed drinkwater te voorzien, wil Vitens een nieuwe grondwaterwinning van 6,5 miljoen m³ per jaar stichten nabij Luxwoude. Vitens is al enkele jaren bezig om een waterwinning op te starten. Vitens wil met de grootste zorg goed, open en transparant communiceren met de omgeving. Belangrijk thema hierbij is de mogelijke droogteschade die landbouwers zouden kunnen ondervinden als gevolg van de onttrekking van grondwater aan de ondergrond. Het doel van dit onderzoek is om de huidige grondwater- en bodemkundige situatie vast te leggen als een nul-situatie. Vitens heeft Aequator Groen & Ruimte gevraagd, als onafhankelijke en deskundige partij, de nul-situatie van het grondwater vast te leggen. Het vastleggen van de nul-situatie is in belang van alle eigenaren en gebruikers en voor Vitens zelf ook om na de start van de winning de effecten op het grondwater en de landbouw te kunnen vaststellen. Om de nulsituatie in beeld te hebben en in de toekomst effecten op de landbouw inzichtelijk te maken moet de huidige bodem- en grondwatersituatie vastgelegd worden. In dit geval gaat het om het inventariseren van het bovenste (freatische) grondwater, wat een grote invloed heeft op o.a. de groei van landbouwgewassen. De invloed van het grondwater wordt ook bepaald door de bodemopbouw, de samenstelling en o.a. de waterdoorlatendheid.

Op basis van de bodem- en grondwaterkartering wordt het realiseren van een goed freatisch grondwatermeetnet mogelijk. Dit is een middel om de nul-situatie verder te monitoren en vanaf de start van de winning verandering van het grondwater goed in beeld te brengen. De nul-situatie-gegevens, de gemeten effecten en de overige kennis en informatie van het gebied worden gebruikt bij de vertaling van effecten naar een goede droogteschaderegeling op perceelsniveau voor de agrariërs in de nabije toekomst.

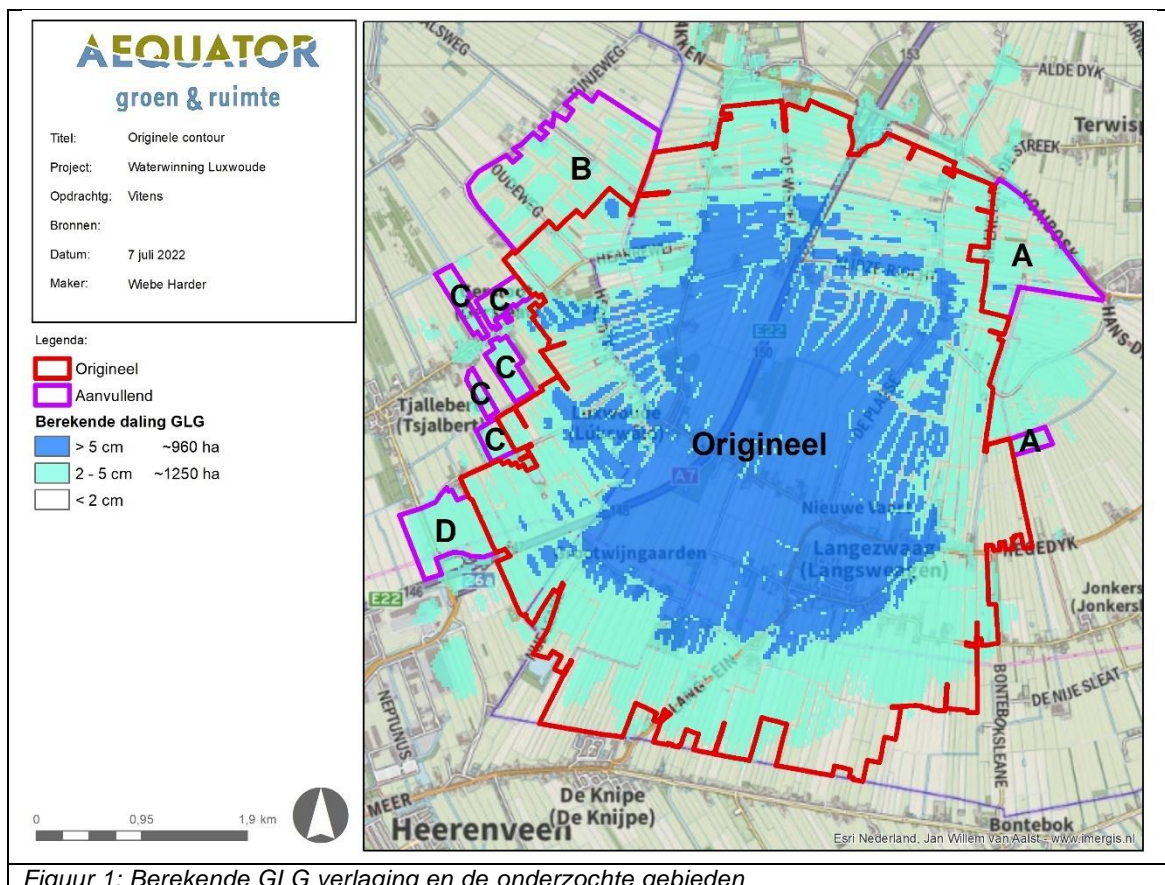
De projectdoelen zijn als volgt geformuleerd:

1. Vastleggen van de huidige nulsituatie van de bodem- en grondwatersituatie in het invloedsgebied van de nieuwe waterwinning op een schaalniveau van 1:10.000.
2. Advies geven hoe een optimaal grondwatermeetnet ingericht kan worden waarmee de 0-situatie vooraf aan de winning en de hydrologische effecten na de start van de winning goed in beeld kunnen worden gebracht.
3. Streven naar draagvlak en consensus bij de agrariërs in het gebied over de aanpak en de resultaten van dit project, te weten de vast te stellen nulsituatie en het advies voor het freatische meetnet.

2 AANPAK

2.1 Afbakening onderzoeksgebied

Voor de uitvoering van het veldwerk en ook voor de communicatie en het betrekken van belanghebbenden, was het van belang om bij de opstart van het project het te karteren gebied goed af te bakenen. Op basis van de hydrologische grondwatermodelstudie van Sweco is het invloedsgebied bepaald. Gedurende het project is het model nog verder geoptimaliseerd met behulp van pompproefgegevens uit het veld. In de onderstaande kaart is het invloedsgebied weergegeven. De rode begrenzing was de eerste gebiedsafbakening en als gevolg van de optimalisatie is het onderzochte gebied iets uitgebreid (blauwe lijn). Hierbij zijn zoveel als mogelijk praktische perceelsgrenzen aangehouden. Deze afbakening is in overleg met de LTO Noord en de agrariërs die zitting hebben in de begeleidingscommissie Luxwoude tot stand gekomen. Kortom het is gebaseerd op het meest actuele grondwatermodel en pompproefgegevens. Verder is bij de afbakening uitgegaan van de invloed van de winning op de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG), zeg maar de situatie in de zomer. Deze strekt verder dan de invloed op de GHG (wintersituatie) en de GLG is voornamelijk bepalend voor eventuele droogteschade in het groeiseizoen.



Figuur 1: Berekende GLG verlagings en de onderzochte gebieden

Bij de gebiedsbegrenzing is uitgegaan van de 2 cm verlagings van de GLG in plaats van de gebruikelijke 5 cm verlagingslijn. De argumentatie voor een iets ruimere begrenzing staat hieronder toegelicht. In het najaar van 2018 is (onder invloed van het initiatief van Droogteschade.nl) een discussie ontstaan over de wenselijkheid van deze 5 cm grens, en met name of deze grens niet verlegd diende te

worden naar de 2 cm freatische verlagingslijn. In juli 2019 heeft de ACSG een evaluatie uitgevoerd en een advies uitgebracht over het hanteren van de 5 cm freatische verlagingslijn als grens van het te beschouwen gebied. Deze evaluatie heeft geleid tot de eindconclusie dat er voor de ACSG geen aanleiding bestaat om de in brede kring aanvaarde en gebruikte grens van 5 cm freatische verlagingslijn aan te passen als grens voor de afbakening van het gebied waarbinnen schade kan ontstaan door grondwateronttrekkingen. Aangezien de discussie bij de start van het bodemonderzoek nog actueel was, is in afstemming met LTO-Noord afgesproken om in Luxwoude ook net buiten de 5 cm grens onderzoek te doen. Redenen hiervoor waren ook (mede kijkend naar de resultaten van het onderzoek van het ACSG):

- 1) Grondwaterstandsverlagingen van 2-5 cm kunnen altijd nog tot schade leiden, ook al is het zeer gering (0,4% volgens ACSG, tot mogelijk 1% volgens de HELP systematiek).;
- 2) Er ontstaat meer draagvlak bij agrariërs voor de opzet van het onderzoek. Agrariërs die zowel gronden binnen als buiten de 5 cm verlagingscontour hebben, krijgen een meer compleet beeld van hun bedrijfsomstandigheden.
- 3) Er zijn geen validatiestudies beschikbaar waarmee de nauwkeurigheid van gesimuleerde grondwaterdalingscontouren door onttrekkingen met grondwatermodellen met zeer grote betrouwbaarheid kunnen worden vastgesteld. Dit vanwege het ontbreken van relatief grote nauwkeurigheid van grondwaterstandsmetingen, de beperkte hydraulische informatie van het grondwatersysteem en de modelvereenvoudigingen van het topsysteem. Dit geldt voor Luxwoude in dit stadium van het onderzoek, waarbij de winning nog niet gestart is, dan is er eerst alleen maar een model beschikbaar. In een dergelijk nieuw gebied moet veel informatie nog verzameld moeten worden.

Met name dit punt 3 heeft er in Luxwoude aanleiding toe gegeven om de 5 cm contour niet als een harde contour te zien. Deze kan dicht bij de winning liggen of juist verder weg. Procesmatig naar het gebied kijkend, verdiende het aanbeveling om in Luxwoude in een iets ruimer gebied onderzoek te doen dan alleen binnen de 5 cm freatische verlagingscontour en dan met name op de gevoelige gronden onderzoek te doen. Daar kan een kleine verandering van het grondwater al snel tot opbrengsderving leiden. Hierbij moet worden gedacht aan gronden met grondwatertrappen III t/m VI. Deze grondwatertrappen komen in Luxwoude met name voor. In gebieden met grondwatertrappen VII en droger behoeft geen onderzoek te worden gedaan, of heel extensief. Op deze gronden zal een kleine verandering van het grondwater geen effect hebben. In de huidige situatie zijn deze gronden al droogtegevoelig, en zal een daling geen effect hebben op de droogteschade component.

Daarnaast geeft het inzicht in het gebied waar zeer waarschijnlijk geen effect wordt verwacht, zodat ook daar goede monitoringslocaties kunnen worden geadviseerd. Voor de zekerheid naar de agrariërs toe (procesmatig), is de nulsituatie dus in een groter gebied in kaart gebracht. Tevens biedt het de gelegenheid om het grondwatermodel in de toekomst verder te optimaliseren. M.b.v. dit iteratief onderzoeksproces is nauwkeuriger inzichten opgedaan tijdens de uitvoering van het onderzoek en zijn veel bruikbare meetdata beschikbaar gekomen.

2.2 Bodem en grondwaterkartering

Bij het onderzoek zijn de volgende onderdelen te onderscheiden:

- Voorbereiding/inlezen, veldverkenning, analyseren grondwatergegevens, invloed van de winning op het grondwater, oude bodemkaarten;
- Plaatsen van tijdelijke peilbuizen

- Uitvoeren van veldwerk t.b.v. bodem- en grondwaterkartering, gesprekken met eigenaren om gebiedskennis op te halen;
- Verwerken veldgegevens, maken gedetailleerde bodem- en grondwaterkaart;
- Maken bodemgeschiktheidskaart en een voortbrengend vermogen-kaart voor de huidige situatie grasland en snijmais met behulp van de WIBC methodiek en de Waterwijzer Landbouw.
- De resultaten terugkoppelen met de opdrachtgever, de begeleidingscommissie, middels keukentafelgesprekken met betrokken boeren in kleine groepjes, via de nieuwsbrief en project-site van Vitens.

Hieronder volgt een beschrijving van de gevolgde werkwijze. Daarnaast is een uitgebreide beschrijving opgenomen in bijlage 15.

2.2.1 Voorbereiding veldwerk

Gestart met een deskstudie van de aanwezige kennis en informatie over het gebied, zoals kaartmateriaal (bodem, grondwater, hoogtekarten, bodemkaarten uit de ruilverkaveling) en peilbuisinformatie (bijv. van de pompproef). Vooraf aan het veldwerk zijn de boeren ook bezocht om hun ervaring met de percelen te delen, zoals het voorkomen van droge en natte plekken en kennis over de bodemopbouw. Tevens heeft over de uitgangspunten van uitvoering van het veldwerk afstemming plaatsgevonden met de ACSG om tot aanpak te komen die tevens aansluit bij de landelijke systematiek,

2.2.2 Plaatsen peilbuizen tijdelijk meetnet

Om zo goed mogelijk inzicht te krijgen in de grondwatersituatie is het nodig om naast de bestaande grondwaterstandbuizen een aantal tijdelijke grondwaterstandbuizen in het gebied te plaatsen. Deze zijn benut tijdens veldwerk om inzicht te hebben in de actuele fluctuaties. Met behulp van deze buizen met een korte meetreeks is meer inzicht verkregen in de specifieke hydrologische situatie van het onderzoeksgebied. De tijdelijke peilbuizen zijn uitgerust met zendapparatuur, zodat op afstand het dagelijkse verloop te volgen is tijdens de veldwerkperiode, en de GHG- en GLG-momenten goed bepaald kunnen worden. De peilbuizen zijn geplaatst conform voorschriften zoals deze zijn opgenomen in het STOWA handboek: **Metten van grondwaterstanden in peilbuizen**.

2.2.3 Veldwerk

Het veldwerk is medio april 2020 gestart en is afgerond in juni 2021. Voorafgaande aan het veldwerk heeft de medewerker zich bij de eigenaren of gebruikers gemeld, voordat hij de percelen ging betreden. Er is daarbij gebiedskennis ingewonnen over ervaringen met de grond die te maken hebben met bodemopbouw en water.

De gehanteerde aanpak voor het veldwerk is gebaseerd op in Nederland gangbare methodes, zie referentie 1 en 2. In deze paragraaf stippen wij alleen de relevante technische aspecten aan van de gehanteerde methoden en enkele kenmerkende onderdelen (zie ook bijlage 15). Bij het veldonderzoek is met behulp van een Edelman grondboor gewerkt (figuur 2). De bodemgesteldheid is beschreven volgens de richtlijnen in referentie 1 en 2 en in een digitaal bestand vastgelegd en is ook separaat opgeleverd. De boordiepte is afhankelijk van de aangetroffen bodemopbouw, waarbij steeds tot ten minste het laagste (zomer-)grondwaterniveau is geboord.

De boorpuntlocaties zijn gekozen op basis van eigen waarnemingen en ervaring in het veld zoals stand van de gewassen, de ontwateringstoestand, de maaiveldhoogte en de informatie uit de gesprekken met grondeigenaren. In totaal zijn er door Aequator Groen & Ruimte 1277 beschreven boringen uitgevoerd. Er is tussen 1 m tot 2.20 m geboord met een Edelman-boor. De boordiepte werd

soms beperkt door snel toestromend grondwater in natte periodes, waardoor het zand uit de boor spoelde. Door onder drogere omstandigheden op deze plekken terug te komen is hierop ingespeeld.

Op basis van bodemkenmerken en grondwaterstandsmetingen in open boorgaten hebben wij de grondwaterfluctuatie in het seizoen bepaald en uitgedrukt in de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) en gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG). Hydromorfe verschijnselen zoals roest en kleur zijn in de voorkomende gronden niet zo duidelijk. Daarom hebben wij ter ondersteuning ook grondwaterstandsmetingen uitgevoerd in alle boorgaten tijdens de hele onderzoeksperiode. In deze periode was zowel sprake van een zogenaamde GHG- als GLG-periode, in respectievelijk een natte winterperiode en een droge zomersituatie. Zowel in de droge als de natte periode is teruggekomen in eerder gekarteerde gedeeltes en zijn steekproefsgewijs in het hele gebied bepalingen gedaan om de eerste analyse te controleren om zo te komen tot een gedegen schatting van de GHG en GLG. De metingen zijn voortdurend vergeleken met de beschikbare peilbuisgegevens van Vitens en van tijdelijke meetnet, die een indruk geven van de actuele grondwaterfluctuatie. Meer informatie over de interpretatie van de hydromorfe kenmerken en GHG-/GLG-bepaling staat in bijlage 1.



Figuur 2: Veldwerk met de Edelmanboor waarbij de bodemopbouw en grondwatersituatie wordt vastgelegd

2.2.4 Verwerken veldgegevens, maken gedetailleerde bodem- en grondwaterkaart

De bodem en grondwatergegevens zijn op puntniveau verzameld in het veld en vertaald naar vlakniveau. Voor de bodemvlakken is in het veld reeds gewerkt aan het maken van vlakken door gebruik te maken van tussenboringen of veldkenmerken. De puntgegevens zijn vervolgens vertaald naar vlakken met vergelijkbare bodemopbouw (zie ook referentie 3).

Voor het gebiedsdekkend maken van de verzamelde GHG- en GLG-puntgegevens is gebruik gemaakt van de interpolatie techniek 'universal kriging', ook wel 'kriging with external drift' genoemd. Hierbij worden schattingen van de GHG en GLG met behulp van de hoogtekaart geïnterpoleerd. Aangezien veel percelen bol liggen is dit een betere en nauwkeurigere systematiek dan het tekenen van vlakken. Meer achtergrondinformatie over deze werkwijze vindt u in bijlage 2.

2.2.5 Methodiek beoordeling effecten op bodemgeschiktheid en opbrengst

De bodem- en grondwaterkaarten zijn vertaald naar een bodemgeschiktheidskaart en kaarten die inzicht geven in het voortbrengend vermogen van de gronden. Dit is gedaan om voor gebruikers zodat ze zich beter herkennen in de kaartbeelden. Met name agrariërs denken veelal in termen als gronden met weinig draagkracht, droogtegevoelige percelen en verschillen in opbrengsten. De bodemgeschiktheidskaarten en opbrengstkaarten sluiten veelal beter aan bij de beleving van de agrariërs. De landbouwkundige bodemgeschiktheid van de huidige situatie is in beeld gebracht met behulp van de WIB-C methode (Werkgroep Interpretatie Bodemkaarten C: bodemgeschiktheid). De WIB-C methode beschrijft de bodemgeschiktheid voor gras en maisteelt van de percelen. Dit is een methode die ook gebruikt wordt bij ruilverkavelingen om gronden te waarderen voor ruilingen. De Waterwijzer Landbouw (WWL) is een rekenmethode voor bepaling van de opbrengst van gewassen. De uitkomsten van Waterwijzer in deze rapportage geven een beeld van het voortbrengend vermogen van de grond in de huidige situatie t.o.v. een ideale situatie met optimale groeiomstandigheden (het potentieel van de bodem).

Bodemgeschiktheid (WIBC methode)

De bodemgeschiktheid van de bodem is vastgesteld voor grasland en akkerbouw. Akkerbouw wordt gebruikt voor maisteelt berekeningen. We bepalen de bodemgeschiktheid met de zogenaamde WIBC methode. De methodiek is uitvoerig beschreven door Ten Cate et al, ref. 7. De methode werkt met zogenaamde beoordelingsfactoren, zoals de ontwateringstoestand, het vochtleverend vermogen, draagkracht, bewerkbaarheid, en slemp en stuifgevoeligheid, welke worden afgeleid uit een combinatie van de verzamelde bodemgegevens en grondwatersituatie (zie ook bijlage 3). De gronden worden hiermee geclassificeerd voor grasland en maisteelt in gronden:

- met ruime mogelijkheden,
- gronden met beperkte mogelijkheden
- en gronden met weinig mogelijkheden.

Per klasse wordt vervolgens een onderverdeling gemaakt in reden van de beperking. De beperking kan productieverlies inhouden, beweidingsverliezen of beperkingen ten aanzien van de draagkracht. De bewerkbaarheid van bouwland varieert, afhankelijk van de zwaarte en kan een beperking geven. Daarnaast kunnen de beperkingen een gevolg zijn van snel te natte grond of van makkelijk te droge. Uitgebreidere toelichting op deze methode staat in bijlage 2.

Voortbrengend vermogen / opbrengsten gras en mais (Waterwijzer Landbouw WWL)

Om effecten van maatregelen op de opbrengst inzichtelijk te maken wordt gebruik gemaakt van het instrument "de Waterwijzer Landbouw", de WWL Tabel.

De Waterwijzer Landbouw bestaat uit een eenvoudige tabel en een complexere 'maatwerktoepassing'. De tabel geeft voor een aantal gewassen snel een eerste indruk van de effecten op opbrengsten. Dit gebeurt op basis van vooraf vastgestelde, algemene aannames.

Om echt te bepalen hoe maatregelen in een specifiek gebied uitpakken, dan is gebruik van de maatwerktoepassing nodig. Hierin kunnen algemene aannames worden vervangen door gebied specifieke informatie, bijvoorbeeld over meteorologie en grondwaterstanden.

Voor Luxwoude en deze rapportage is de 4.0.0 versie van Waterwijzer gebruikt (de tabelvorm, referentie 9). De WWL-methode is de opvolger van de HELP systematiek en TCGB-tabellen. De ACSG (Adviescommissie Schade Grondwater) heeft aangegeven deze nieuwe systematiek te willen volgen om droogteschade te bepalen voor nieuwe drinkwaterwingebieden of nieuwe evaluaties van droogteschade. Anno 2022 kiezen we voor de WWL omdat de HELP-systematiek gedateerd is (1987) en meer mogelijkheden biedt om relaties te leggen uit de vele beschikbare gegevens. De WWL is nog in ontwikkeling, maar is wel goed bruikbaar voor deze eerste inschatting van mogelijke effecten. De uiteindelijke keuze voor welke systematiek te gebruiken om de droogteschade als gevolg van de waterwinning te berekenen ligt nog open. Er wordt dan gekozen voor het best werkend versie beschikbaar op dat moment. Voor een droogteschade regeling is het sowieso aan te bevelen om aan te sluiten bij de maatwerkvariant van WWL en ACSG te raadplegen voor de beste systematiek op dat moment.

Als input maakt de WWL gebruik van bodem- en grondwatergegevens. Voor de huidige situatie wordt dus gebruik gemaakt van de actuele bodem- en grondwatergegevens uit de bodem- en grondwaterkartering van 2021. De landbouwkundige productie voor Luxwoude is berekend voor de meest voorkomende gewassen, te weten grasland en snijmais. Voor grasland kan worden gekozen voor beweiding of maaien. Aangezien hydrologische effecten op de opbrengst bij maaien iets groter zijn is gekozen voor de optie maaien als een soort worstcase.

De WWL-tabel heeft als resultaat een percentage opbrengstderving onder de huidige omstandigheden ten opzichte van een optimale opbrengst bij een bepaald bodemtype, die het gevolg is van te natte of te droge omstandigheden. Een uitgebreide omschrijving van de WWL kunt u vinden op www.waterwijzer.wur.nl, en referentie 9.

2.2.6 Advies freatisch meetnet

Na het vaststellen van een bodemkaart en grondwatertrappenkaart is een analyse uitgevoerd om te bepalen waar aanvullende peilbuizen geplaatst dienen te worden. Hiermee kan de grondwatersituatie voor de start van de winning beter in beeld worden gebracht, en de effecten na start van de winning worden gemonitord. Hiervoor is naast de bodemkaart en grondwatertrappenkaart ook het verwachte verlagingspatroon volgend uit de grondwatermodellering worden gebruikt.

Door het combineren van de verschillende kaarten en informatie, ontstaan unieke vlakken (zogenoemde agrohydrologische vlakken) waarbinnen de bodem en de grondwatersituatie vergelijkbare eigenschappen hebben. We streven ernaar om in ieder geval in elk uniek vlak een peilbuis te zetten. Daarnaast wordt rekening gehouden met spreiding, effect van de winning en eigendomssituaties. Uiteindelijk moeten peilbuizen ook op representatieve locaties in percelen worden geplaatst en volgens geldende voorschriften om het freatische grondwater nauwkeurig te meten. Denk hierbij aan representatieve locaties die informatie geven over grondwater onder landbouw percelen (dus niet in wegbermen, erven, e.d.), een juiste filterstelling, afwerking van peilbuizen en meten met divers. Hier zal in het advies ook aandacht aan worden geschonken.

2.3 Communicatie met het gebied

Er is op gezette momenten gecommuniceerd met individuele agrariërs, groepjes buurboeren middels keukentafelgesprekken of de groep als geheel. De boeren zijn geïnformeerd middels gebiedsbijeenkomsten of via de nieuwsbrief van Vitens, waarin regelmatig tussenresultaten van dit onderzoek zijn gedeeld.

Daarnaast is frequent overleg geweest met de begeleidingscommissie waterwinning Luxwoude. Deze commissie speelt al vanaf het begin van het project een belangrijke rol in het behartigen van de belangen van alle betrokkenen en adviseert Vitens. In deze commissie hebben zitting Provincie Fryslân, Wetterskip Fryslân, Gemeente Opsterland, SBB, de Plaatselijke belangen van Luxwoude en Langezwaag, LTO, agrariërs uit de streek en uiteraard Vitens.

3 RESULTATEN NULSITUATIE

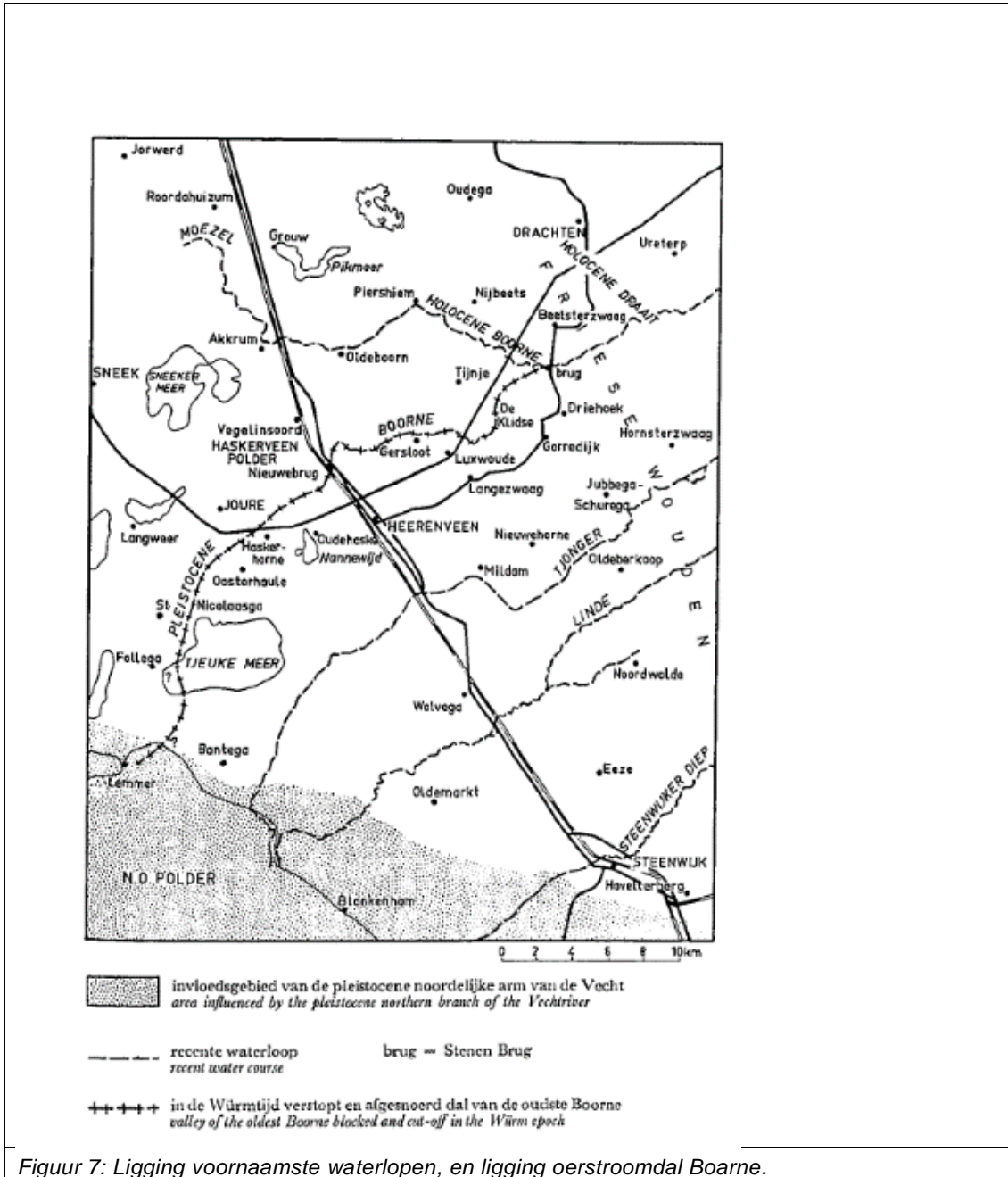
3.1 Bodemopbouw Luxwoude

Het agrarisch gebruik rondom het gebied van de nieuwe waterwinning van Luxwoude wordt gedomineerd door melkveehouderij en hoofdzakelijk als grasland gebruikt, deels in roulatie met mais. Aan de zuidkant van Langezwaag komen iets drogere gronden voor waar ook akkerbouw (zoals?) plaatsvindt. De waterbeheersing bestaat uit verschillende grotere peilvakken (circa 5-6) en watert richting het noordwesten af op het gemaal de Fjouwer Kriten. Daarnaast is er een aantal kleinere peilvakken, met name rondom bebouwing. De verschillende peilvakken hebben vaste peilen, maar in de zomer wordt het peil de laatste jaren al iets hoger opgezet in droge perioden (tot ongeveer 20 cm). De drooglegging varieert sterk tussen 40 cm tot meer dan 160 cm, o.a. omdat er grote peilvakken voorkomen en veel akkers behoorlijk 'rondliggen'.

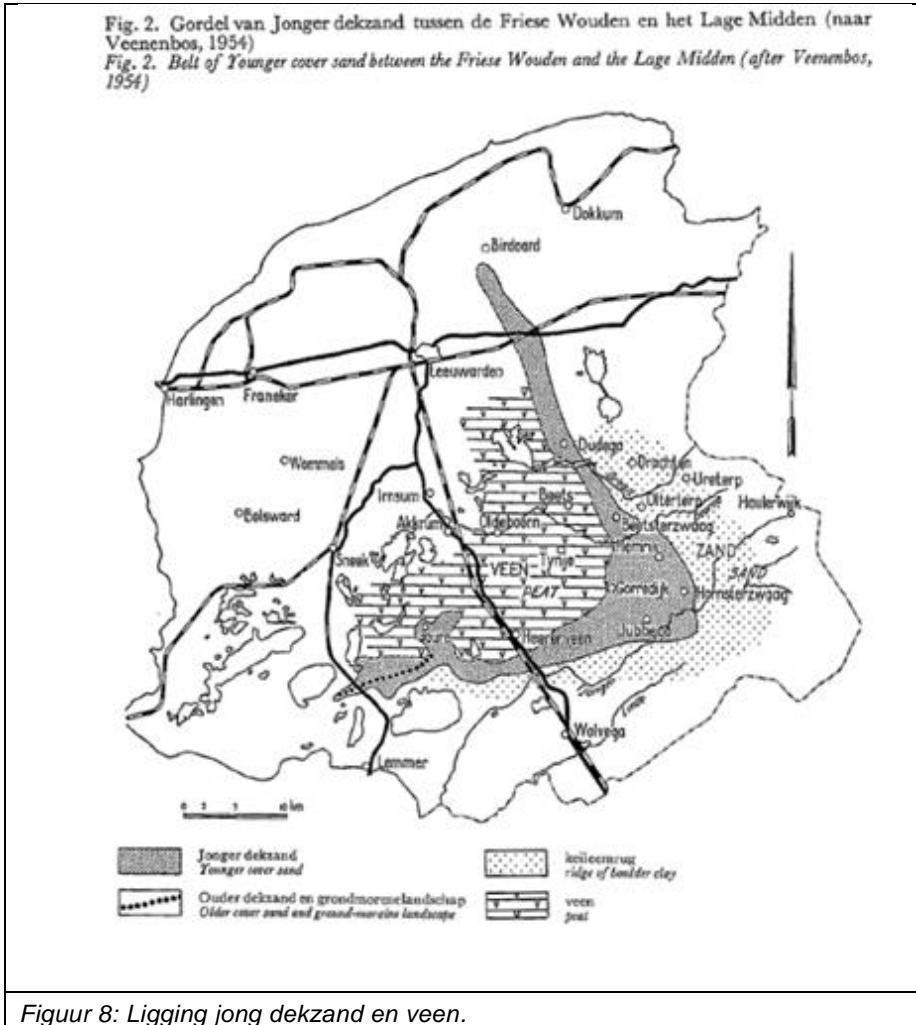
3.1.1 *Eerder Bodemonderzoek en ontstaanswijze gebied*

Voorafgaande aan de ruilverkaveling in de jaren 75-90 van de vorige eeuw is in dit gebied ook een bodemkartering uitgevoerd. Eén van de redenen voor de verkaveling was de matige draagkracht van de moerige gronden en veengronden. Bij de kartering bleek toen de zandige ondergrond bruikbaar om de bovengrond te versralen en steviger te maken, ref. 4. Dit is gedaan door mengwoelen en diepploegen. Omdat de oorspronkelijke bodemopbouw al gevarieerd was, werd de bodemopbouw door de bewerkingen zeer divers. Om de eigenschappen van de gemengde grond te kunnen 'uitleggen' en begrijpelijk maken, behandelen we hierna relevante informatie over de ontstaanswijze van het gebied, deels afkomstig uit referentie 5 en 6.

De oudste afzetting in dit gebied is het keileem in de vorm van een morene. Het bovenste gedeelte van deze morene is sterk verweerd en bevat zand, leem en klei. Later is hier dekzand overheen gestoven en het bovenste keileem is in natte periodes gemengd met dit zand tot zogenaamde fluvioperiglaciale afzettingen. Deze afzettingen bestaan uit zeer fijn en matig fijn zand dat sterk lemig en soms gelaagd is. De erosie was soms zo sterk dat de keileem gedeeltelijk of soms geheel werd opgeruimd en elders werd afgezet als verspoelde leem. De pleistocene waterloop van de Boarne heeft hier een grote rol in gehad, deze liep dwars door het onderzoeksgebied, zie onderstaande figuur 7, ref. 5.



De fluvioperiglaciale afzettingen zijn later afgedekt met dekzand. In het dekzand is plaatselijk een veenlaagje aangetroffen (Hypnaceeën-veen). Het dekzand komt zowel aan de oppervlakte als onder veen voor. Grote veengroei begon in het Laatglaciaal en ging door in het Boreaal (11.000 tot 7.000 jaar voor Christus), zie figuur 8, ref. 5. De eerste veengroei in dit gebied bestaat voornamelijk uit riet-zeggeveen. Later is er veenmosveen bovenop gegroeid.



Figuur 8: Ligging jong dekzand en veen.

Van oorsprong lag er een flinke laag veen op een zandige ondergrond, hoogveen aan de zuidkant en laagveen aan de noordkant. Door vervening is het meeste veen 'afgegraven'. In het noordelijke deel van het plangebied is het veen onder de grondwaterspiegel afgegraven, waardoor veenplassen zijn ontstaan. Door het zuidoostelijke deel werd een dijk, de Lang'ein, aangelegd als begrenzing van de veenpolders. Het zuidoostelijke deel van het plangebied, ten zuidoosten van de Lang'ein, is niet tot onder de grondwaterspiegel afgegraven, waardoor dit gebied nog altijd iets hoger (30 à 55 cm) ligt. Het gebied is in de tweede helft van de achttiende eeuw 'nat' uitgeveend, men baggerde het veenmosveen eruit. Om te grote waterplassen te voorkomen zijn hier polders aangelegd in 1833 tot 1850. De drooglegging en het in cultuur brengen van de uitgeveende gronden gebeurde doorgaans kavelsgewijs met het oog op de afwatering. Na de drooglegging werd het restveen geëgaliseerd en plaatselijk bezand met zand uit de talrijke sloten. Door homogenisatie van dit zand met de teruggestorte bonkaarde en door bemesting met terpaarde, slootbagger en stalmest is een goed cultuurdek op het restveen ontstaan.

3.1.2 Actuele bodemkaart

Het resultaat van de bodemkartering is weergegeven op de bodemkaart, opgenomen in bijlage 6. Op de bodemkaart staan 4 bodemtypes met een eigen bodemcode. Achter de omschrijving staat de oppervlakte in het onderzochte gebied in ha's:

1.	aVz	– Veengrond	12 ha
2.	Hn43	– Veldpodzolgrond	1445 ha
3.	pzWp	– Moerige grond met zandige eerdlaag	706 ha
4.	vWp	– Moerige grond met moerige bovengrond	26 ha

Een bodemcode bestaat uit meerdere delen (letters en cijfers). De hoofdletter geeft het bodemtype aan (V voor veen, Hn voor veldpodzolgrond en W voor moerige grond.). Het voorvoegsel beschrijft de bovengrond (vooral relevant voor moerige en veengronden). De ondergrond wordt beschreven door het achtervoegsel. Eerst worden de cijfers verder uitgelegd. Daarna zijn de drie bodemtypes samen met hun voor- en achtervoegsel verder uitgewerkt.

Bij de bodemkaart voor de ruilverkaveling is een driedeling gemaakt in zandgronden, moerige gronden en veengronden. Belangrijk is op te merken dat vrijwel alle gronden zijn gemengwoeld of gedeeploegd, waardoor de oorspronkelijke gelaagdheid in brokken of gemengd in de grond terug is te vinden. Ondanks dat de meeste gronden nu gemengd zijn middels diepploegen, hebben we dezelfde indeling aangehouden, omdat de bodem nog veel kenmerken heeft van de genese. De zandgronden zijn als veldpodzolgronden geclassificeerd, wanneer in het zand geen of nauwelijks veen voorkomt (lettercode op de kaart Hn..). Bij een zichtbare vermenging met veenresten onder de bovengrond noemen we het bodemprofiel een moerpodzolgrond (lettercode op de kaart pzWp..). De veenresten zijn minder dan 40 cm dik in deze 'podzolgrond met een moerige tussenlaag'. Zit het veen hoofdzakelijk in de bovengrond, dan heet het profiel een 'moerpodzolgrond met een moerige bovengrond' (lettercode vW..). Plaatselijk komt een kleine oppervlakte voor met meer dan 40 cm veen, binnen 120 cm -mv. op zand, dit zijn veengronden (lettercode ..V..).

Bij deze kartering zijn de codes voor grootschalige bodemkaarten gebruikt bij de indeling in bodemtypes, zie ref. 2.

3.1.3 **Textuur aanduidingen op de bodemkaart (de cijfers)**

Met de textuur wordt de samenstelling van het minerale gedeelte van de bodem bedoeld, het gaat hier dus over (zand)korrelgrootte en leemgehaltenes.

De zandgrofheid van de zandgronden (dat zijn hier de veldpodzolgronden aangegeven met de code Hn..) bestaat hoofdzakelijk uit zeer fijn tot matig fijn, zwak lemig zand. De geschatte M50 (maat voor de korrelgrootte) van het zand is vaak 145 tot 155 μm en het leemgehalte is 10-15 % (zwak lemig). De 'grens' tussen de klasse 'matig fijn zand' en 'zeer fijn zand' ligt bij 150 μm , zie volgende tabel 4.

Naam		M50 (in μm)	Code ¹			
fijn	uiterst fijn	50 - 105	1	2		
	zeer fijn	105 - 150	3		4	
	matig fijn	150 - 210	5			6
grof	matig	210 - 420	7			
	zeer grof	420 - 2000	9			8

Tabel 4 Code-indeling naar zandgrofheid op de bodemkaart

Omdat de zandgrofheid varieert tussen 145 en 155 μm , is geen onderscheid gemaakt tussen zeer fijn en matig fijn en is gekozen voor een 'mengvorm' met het cijfercode "4". Op de bodemkaart is de zandgrofheid weergegeven als achtervoegsel in het eerste cijfer van de bodemcode Hn.. Het tweede cijfer in de bodemcode geeft het leemgehalte aan; "3" voor zwak lemig zand (10 – 17,5% leem), zie volgende tabel 5. Dit lage leemgehalte komt vrijwel overal voor.

Naam		% < 50 μm	% < 2 μm	Code ¹			
zand	leemarm zand	0 - 10	< 8	1	2		
	zwak lemig zand	10 - 17,5		3		4	
	sterk lemig zand	17,5 - 32,5		5			6
	zeer sterk lemig zand	32,5 - 50		7			
leem	zandige leem	50 - 85	meestal > 8				5
	siltige leem	85 - 100					6

Tabel 5 Code-indeling naar leemgehalte op de bodemkaart

Behalve in het zuiden komt verspreid keileem of verspoelde leem in de ondergrond voor. De bovenkant van het verspoelde leem zit in het bodemvlak Hn43x (met het achtervoegsel x van keileem) vaak tussen 75 en 110 cm, in 20 boringen zit het hoger in het profiel. De verspreiding van de leem in de ondergrond is ook opgenomen in de bodemkaart van bijlage 6.

3.1.4 Kenmerken veldpodzolgronden Hn

Veldpodzolgronden met de aanduiding Hn... nemen de grootste oppervlakte in beslag: ze komen verspreid over het gebied overal voor. Deze gronden kenmerken zich door een duidelijk herkenbare bruine inspoelingslaag (podzol-B).



Figuur 9 Voorbeeld van een podzolgrond in een profielkuil

Bodemvorming vindt voor een belangrijk deel plaats onder invloed van grondwaterstromen. In een klimaat met een jaarlijks neerslagoverschot infiltreert regenwater in de bodem en zakt langzaam weg naar diepere lagen. Hierbij lossen humuszuren en mineralen op in het infiltrerende regenwater, waarmee het dan naar de ondergrond verplaatst. De bovengrond wordt hierdoor langzaam uitgeloozd en er ontstaat een grijze uitspoelingslaag. Op een bepaald moment raakt het grondwater verzadigd met humuszuren en dan slaat dit neer in een zogenoemde inspoelingslaag. Deze laag is als een koffiebruine laag onder de grijze uitspoelingslaag zichtbaar. De inspoelings- en uitspoelingslagen variëren sterk in dikte en intensiteit. Het proces van uitspoeling en inspoeling wordt podzolificatie genoemd. Tijdens de grondbewerkingen in de ruilverkaveling zijn deze lagen gemengd over de ploegdiepte.



Figuur 10 Een podzolgrond met de boor

De veldpodzolgronden in dit gebied zijn van de moerpodzolgronden onderscheiden door de afwezigheid van duidelijk herkenbare veenresten en gliede. De bovengrond van de veldpodzolgronden bevat vaak 4 tot 7 % organische stof.

3.1.5 Moerpodzolgronden W

Deze moerpodzolgronden zijn gediëpploegd of gemengwoeld in de ruilverkaveling. De diepte van de bewerking varieert van 60 cm tot wel 2 m. Bij deze diepe bewerkingen is zand naar boven gewerkt. Door de diepe bewerking wordt onder de bouwvoor behalve zand ook kleine of grote brokken met veen en/of 'gliede' gevonden.



Figuur 11 Een moerpodzolgrond met veenbrokken

Gliede-lagen zit oorspronkelijk op de overgang van veen naar het zand en zijn vaak slecht waterdoorlatende "schoenpoetslagen" bestaande uit leem en heel fijne organische stof. Omdat de begindiepte van de zandige ondergrond varieert en meer of minder bedekt is met resten veen of gliede, varieert ook de gemengde grond sterk op korte afstand.

De moerpodzolgronden met een moerige tussenlaag zijn op de bodemkaart aangeduid met de code pzWp. Deze bodemtypes komen verspreid in het gebied overal voor. Het voorvoegsel pz... in pzW... staat voor een zanddek waarin zich een minerale eerdlaag heeft ontwikkeld. Een minerale eerdlaag is een humeuze, humusrijke of soms ook moerige bovengrond die 'veraard' is en zich als een homogene bovengrond duidelijk onderscheidt van de ondergrond. In het zanddek met een minerale eerdlaag (de bovengrond) loopt het organische stofgehalte uiteen van 4 tot 8 %.

Voor de zandige ondergrond is het achtervoegsel ...p gebruikt, omdat er 'resten' van een humuspodzol onder of in de bewerkte ondergrond voorkomt.

In de noordwest- en de noordoosthoek zijn twee bodemvlakken onderscheiden met een venige bovengrond op een podzolgrond, hierin 'domineert' de moerige bovengrond. Deze vlakken zijn met de voorvoegsel v.. aangeduid in vW... Het organische stofgehalte van de bovenlaag zit vaak tussen 20 en 25 %.

3.1.6 Veengronden V

Waar meer dan 40 cm moerig/venig materiaal in het profiel voor komt spreekt men van een veengrond.



Figuur 12 Een profiel met gemengde veengrond

'Echte' veengronden komen in Luxwoude nog maar 'plaatselijk' voor. In 4 kleine gebieden ligt een aantal aaneengesloten boorpunten met veenprofielen, waar bodemvlakken van gemaakt zijn. Ze liggen aan de randen van het onderzoeksgebied aan de noordwestkant en aan de oostkant.

Veengronden met een kleiarme, veraarde moerige bovengrond heten madeveengronden, aangeduid met de code aV... Het organische stofgehalte zit vaak tussen 20 en 25 %.

Achter de aV.. is voor een zandige ondergrond het achtervoegsel z gebruikt. De zandige ondergrond begint vaak al tussen 50 en 70 cm – mv. Soms ligt een dunne zandondergrond op zandige leem.

3.1.7 Leem binnen 120 cm

Op de bodemkaart (zie bodemkaart bijlage6) is met een arcering aangegeven waar leem binnen 120 cm beneden maaiveld voorkomt. Het ondiep voorkomen van leem met deze arcering komt het meest voor in het noorden van het gebied en in het midden. Rondom deze arcering zit het leem vaak wat dieper. Let wel, hier is vooral sprake van verspoeld leem en bestaat uit grotendeels uit zeer fijn en matig fijn zand dat sterk lemig en soms gelaagd is.

3.2 Grondwaterfluctuatie

3.2.1 GHG en GLG

Het belangrijkste doel van het onderzoek was het vaststellen van de huidige situatie voor de grondwaterfluctuatie in het freatisch water (het bovenste grondwater). Het grondwater bepaalt in grote mate hoe een bodem zich gedraagt en hoe hij zich leent voor verschillende gebruiksdoeleinden. Een (te) hoge grondwaterstand kan zorgen voor opbrengstdepressies en problemen met de bewerk- en rijdbaarheid of draagkracht van de grond. Diepe grondwaterstanden kunnen in de zomer voor droogteschade in een gewas zorgen. De grondwaterfluctuatie van een bodemprofiel wordt uitgedrukt in de GHG (Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand, geeft een indruk van een natte winterperiode) en de GLG (Gemiddeld Laagste Grondwaterstand, geeft een indruk van een droge zomerperiode). De grondwaterfluctuatie heeft een sterke relatie met de hoogteligging. In Luxwoude liggen vrijwel alle akkers rond. Om vanuit de puntmetingen van een boring 'vlakken' voor een kaart te kunnen maken heeft Aequator Groen & Ruimte een interpolatie-techniek toegepast om het grondwaterniveau aan te kunnen geven, zie paragraaf 2.2.4.

In tabel 6 zijn deze begrippen GHG en GLG gebruikt en is een indeling aangehouden in 'klassen'.

In deze tabel zijn de percentages weergegeven van de waargenomen GHG en GLG binnen een bepaalde 'klasse'.

Tabel 6: Procentuele verdeling van voorkomen van GHG- en GLG-waarden in het onderzoeksgebied.

GHG <25 cm	25- <40 cm	40-60 cm	> 60 cm
33%	27%	26%	14%
GLG <80 cm	80- <120 cm	120-140 cm	>140 cm
10%	58%	20%	12%

In bijlage 7 en 8 zijn de kaarten opgenomen met de GHG en GLG. Grote oppervlaktes met hoge 'wintergrondwaterstanden' met GHG's binnen 25 cm komen vooral voor in het noorden en ten westen van de snelweg A7. Ze komen ook verspreid over het hele onderzoeksgebied voor in relatief kleine oppervlaktes. De wat diepere wintergrondwaterstanden komen meer in het midden en zuiden voor en in het noordwesten in een kleine oppervlakte. Deze 'verdeling' geldt eveneens voor de wat drogere zomergrondwaterstanden, de GLG's.

3.2.2 Waterdoorlatendheid varieert

Vanwege de slechte eigenschappen van de moerige en veengronden, zoals vertrapping van de bovengrond en een slechte waterdoorlatendheid als gevolg van ingedroogd veen en een 'stugge' podzolgrond, is bijna alles gediëpplagd in de periode 1970-1990. De mate van verbetering is afhankelijk van voldoende bruikbaar zand en dat varieerde door de ongelijke hoogteligging van de zandondergrond. Ook de mensen op de diepplag hadden een grote invloed op het resultaat. Om de bruikbaarheid te verhogen zijn veel akkers bol gelegd. Door al deze bewerkingen en variatie in ondergrond is de gemengde grond, en daarmee de waterdoorlatendheid in de bovenste meter en de grondwaterstand, sterk wisselend op korte afstand. Te vlakke percelen met een matige ontwatering en ingesloten laagtes blijven lang nat, soms ook versterkt door gebruik onder te natte omstandigheden. Tijdens het veldonderzoek was het opvallend dat veel greppels niet jaarlijks onderhouden worden. De matige ontwatering en slechte tot matige doorlatendheid heeft zijn weerslag op de waargenomen GHG en GLG's (tabel 6), en dan met name de GHG.

Het gevolg is dat in de huidige situatie er veel percelen voorkomen waar de draagkracht in meer of mindere mate de voornaamste beperkende factor is. Opvallend bij de kartering van de (gemengde) veen- en moerige gronden is dat het veen vaak nog bruin is. Dit veen is nog vrijwel zuurstofloos en is nauwelijks verweerd of veraard, ook al ligt het boven het grondwater. Dit maakt duidelijk dat de gemengde grond boven het grondwater vaak sterk vochthoudend is.

De sterk vochtvasthoudende eigenschappen worden veroorzaakt door (jonge) organisch stof, veen en leem (zit in gliede). Deze 'bestanddelen' zijn meer of minder gemengd en vaak zeer heterogeen. Brokken en ook kleinere gronddeeltjes liggen als het ware los van elkaar in het bodemprofiel. Elk losliggend gronddeeltje vormt voor watertransport meer of minder een barrière. Hierdoor is de bovengrond lokaal kwetsbaar voor structuurbederf bij beweiden of berijden en zal daardoor plaatselijk natter zijn dan op basis van het grondwaterniveau zou worden verwacht. Het optreden van deze 'zachte plekken' hangt ook af van het gewas. Maïs bewortelt oppervlakkig en vrij ondiep, de gronden zijn dan kwetsbaarder onder natte omstandigheden. De kwetsbaarheid neemt toe en de waterdoorlatendheid neemt af naarmate de grond natter is. Het is dus een glijdende schaal naarmate de ontwatering en de afwatering minder goed 'geregeld' is. Bij het veldonderzoek zijn nauwelijks eindbuizen van drainage gezien in de slootkant, ook al is door de gebruiker wel aangegeven dat er drainage ligt. We kunnen hierdoor geen uitspraak doen over de aanwezigheid of werking van drainage in Luxwoude.

3.2.3 Grondwaterstandsmetingen

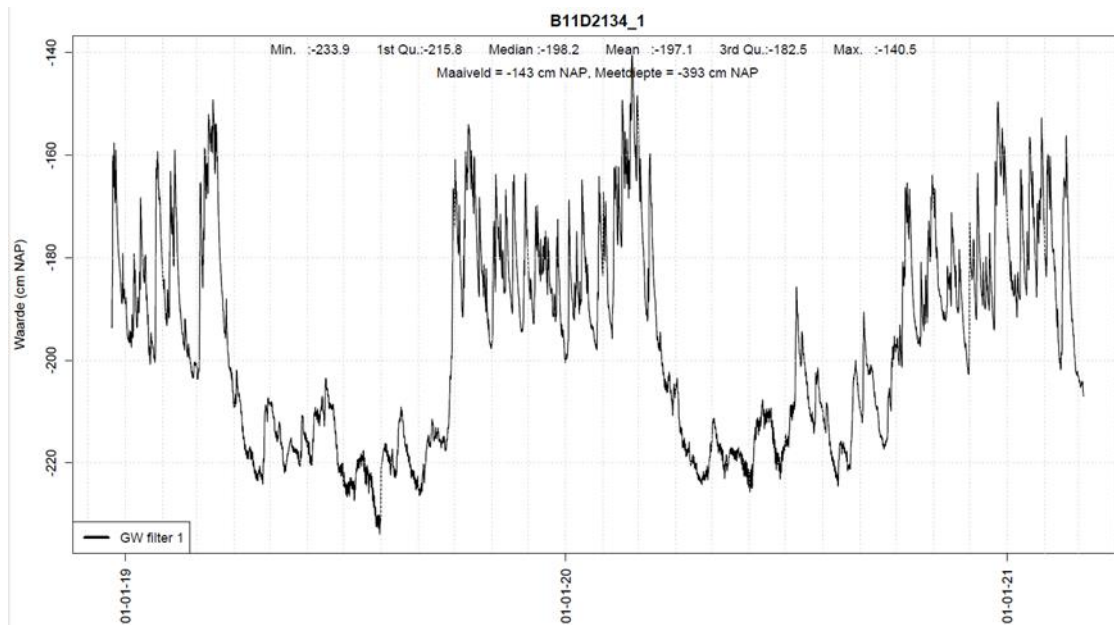
Zoals in de aanpak is uitgelegd, zijn metingen in boorgaten tijdens het onderzoek regelmatig vergeleken met peilbuisgegevens in het freatisch (bovenste) grondwater. Aequator Groen & Ruimte heeft zelf 7 peilbuizen geplaatst, die 'dagelijks' te volgen waren via internet. Hier is veel gebruik van gemaakt tijdens de kartering, om de grondwatermetingen te kunnen vergelijken met elkaar en in de tijd. De fluctuaties van de grondwaterstanden zijn hieronder weergegeven in de diverse figuren.



Figuur 13 Het grondwaterverloop van vier peilbuizen van Aequator (informatie over deze peilbuizen in bijlage 5)

Algemeen laten de grondwaterstanden vergelijkbare patronen zien. In het droge voorjaar van 2020 (en ook voorgaande droge jaren) zakten de grondwaterstanden als snel uit richting het GLG-niveau en blijven de grondwaterstanden in het voorjaar en de zomer op een vrijwel constant zelfde niveau. Dit is een direct gevolg van de polderbemaling en de kwel in het gebied. In de winter en natte perioden pieken de grondwaterstanden vooral als gevolg van neerslag of is het grondwater constant hoog.

De peilbuizen van Vitens rond de winning zijn vanaf 2018 gerealiseerd en vanaf dat moment gemeenten. Ze bevatten eveneens nuttige informatie voor de interpretatie van de eigen metingen tijdens de kartering. De Vitens-metingen in het droge jaar 2019 gaven een goede indruk van het 'wegzakken' van het grondwater, nuttig in het eveneens droge voorjaar en zomer van 2020. Hieronder staat de grafiek van een Vitens-peilbuis.



Figuur 14 Het grondwaterverloop in een Vitens-peilbuis (informatie over deze peilbuis in bijlage 4, figuur 23)

In zeer natte periodes en hele droge perioden hebben we verspreid over het gebied controlemetingen gedaan naar de diepte van het grondwater, om de eerdere gedane schattingen van de GHG en GLG te toetsen.

De waterdoorlatendheid van de grond rond het filter heeft een duidelijke invloed. Bodemprofielen met leem in de ondergrond rond 1 m diep of hoger in het profiel zijn langer nat en hebben minder 'waterberging' in het profiel. We zien dit in de volgende figuur 15.

Bij peilbuis L1 zit het leem op 1 m beneden maaiveld, bij L2 en L3 is de zandige ondergrond veel beter doorlatend. In L2 en L3 zakt het grondwater sneller weg.



Figuur 15 Het grondwaterstandsverloop van drie peilbuizen, L1 met leem op 1 m diepte en L2 en 3 met een zandige ondergrond (informatie over deze peilbuizen in bijlage 5).

Onder vochtige en nattere omstandigheden spelen meer factoren een rol bij het grondwaterniveau, zoals de detailontwatering, de bodemopbouw en hoogteligging. Bij het veldonderzoek is ook duidelijk geworden dat de 'bodemgesteldheid' in de eerste meter onder maaiveld een grote invloed heeft op het grondwaterniveau in natte periodes. De zeer lokale bodemgesteldheid direct rond de peilbuis moet altijd meegenomen worden in de interpretatie van de metingen. De factoren die daarbij een rol spelen zijn naar voren gebracht in de notitie 'Bepaling van de GHG in omgeving Luxwoude' (4 nov.2020), die in november 2020 met Vitens is besproken. Deze notitie is als bijlage 1 toegevoegd. Het bevat een uitleg en verantwoording over de gebruikte werkwijze bij deze grondwaterkartering. We stellen dat de term schijnspiegel of schijngrondwaterspiegel hier de lading onvoldoende goed dekt. Een schijnspiegel is "een freatisch vlak op een slecht doorlatende laag, waaronder weer een onverzadigde zone voorkomt" (ref. 7). Het suggereert een vaststaande situatie (met een slecht doorlatende laag), in dit gebied is geen sprake van een blijvend slecht doorlatende grond. Er is in de zachte plekken sprake van een tijdelijke, vrijwel verzadigde bodem. De grond verweekt en verslemt, elke andere grondsoort in het bodemprofiel levert dan een 'waterbarrière', een 'storende laag' op. Dit beperkt de waterdoorlatendheid. Als de grond opgedroogd is, neemt ook de waterdoorlatendheid van het hele profiel weer vrij snel toe. Door de ontwatering te optimaliseren kan de grond vaak snel opdrogen.

3.3 Bodemgeschiktheid met WIB-C

In bijlage 9 en 10 zijn de bodemgeschiktheidskaarten opgenomen voor gras en maisteelt. De bodemgeschiktheidsbeoordeling m.b.v. de WIB-C methode geeft een waardering van de gronden op basis van de beoordelingsfactoren in termen van gebruiksmogelijkheden voor landbouw. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in gronden met ruime mogelijkheden, gronden met beperkte mogelijkheden en gronden met weinig mogelijkheden voor de specifieke vorm van landgebruik. De uitkomsten staan op kaarten bijgevoegd in bijlage 9 en 10.

De meeste gronden in het gebied hebben ruime mogelijkheden voor grasland (categorieën 1.1-1.4, groen op de kaart in bijlage 9). In het noorden en noordwesten heeft grasland beperkingen in de draagkracht (categorie 2.1 en 2.3) als gevolg van hoge grondwaterstanden. De veengronden hebben grote beperkingen vanwege een zeer beperkte draagkracht en grote beweidingsverliezen (categorie 3.1). Dit komt slechts voor op enkele plekken in het noorden van het gebied. Op enkele relatief hoge gedeeltes zijn de zandgronden droogtegevoelig (categorie 2.2 en 3.2).

Voor maisteelt zijn de beperkingen in berijdbaarheid veel omvangrijker. Voor maisteelt (zie kaart bijlage 10) zijn de gronden in het noorden en noordwesten zeer beperkt berijdbaar in het voor- en najaar en daardoor zijn deze gronden veelal niet geschikt voor maisteelt. Veel van de gronden in de noordelijke helft vallen in de categorie 3.1. Op de kaart in bijlage 10 is ook te zien dat verspreid over het hele gebied gebiedjes liggen die ook vallen de categorie 3.1, en niet geschikt zijn voor maisteelt. Dit zijn veelal lokaal lagere en nattere percelen.

Aan de zuidkant van het gebied, en wat percelen midden in het gebied, vallen in de categorie 1.3 en 1.4, gronden met ruime mogelijkheden voor maisteelt.

Verspreid in het gebied liggen veel gronden die beperkt berijdbaar kunnen zijn bij de oogst (categorie 2.1). Vooral in het zuiden van het gebied, en een paar percelen in het noordwesten, liggen de meeste overige gronden met beperkingen voor maisteelt door droogte. Dit zijn de hoogste gronden.

3.4 Uitkomsten Waterwijzer Landbouw WWL (tabelvorm)

De meeste gronden in het gebied met ruime mogelijkheden voor grasland (zie paragraaf 3.3) hebben nauwelijks opbrengstderving onder natte omstandigheden t.o.v. de 'optimale' situatie, blijkt uit berekeningen met de WWL (zie bijlage 11 t/m 14). Meer dan de helft van de gronden benadert de optimale situatie voor wat betreft de grasopbrengst en zijn de opbrengstdepressies onder natte en droge omstandigheden minder dan 5%. In het noorden en noordwesten heeft grasland beperkingen in de draagkracht, deze gronden hebben 5 tot 30 % opbrengstderving onder natte omstandigheden (zie bijlage 11).

Ten zuidwesten van de A7 heeft een groot deel van de zandgronden mogelijk 5 tot 10 % opbrengstderving onder droge omstandigheden (zie bijlage 12). Op enkele relatief hoge gedeeltes zijn de zandgronden iets meer droogtegevoelig: dit kan 10 tot 15 % opbrengstderving geven bij grasland.

Voor maasteelt zijn de gronden in het noorden en noordwesten zeer beperkt berijdbaar in het najaar (zie paragraaf 3.3): de WWL laat hier een opbrengstderving zien van 5 tot 30 % o.i.v. van natte omstandigheden t.o.v. de ideale situatie. De overige gronden in het gebied benaderen de optimale situatie bij natte omstandigheden. Deze meeste van deze gronden liggen met name aan de zuidkant en op lokale hogere gedeeltes. Ze hebben door droogte lichte beperkingen voor maasteelt: de WWL-berekeningen voor de mogelijke opbrengstderving door droogte variëren tussen de 10 en 25%.

N.B. In deze 'doorrekening' is de WWL-tabelvorm gebruikt, De tabel geeft voor een aantal gewassen snel een eerste indruk van de effecten op opbrengsten. Dit gebeurt op basis van vooraf vastgestelde, algemene aannames, afwijkingen in het gebied zijn mogelijk (zie 3.5)

3.5 Uitwisselen ervaringen en resultaten met agrariërs

Voorafgaande aan de kartering is het onderzoek toegelicht aan de agrariërs in het gebied op een informatieavond. Tijdens de kartering heeft Vitens een informatiebijeenkomst georganiseerd over de gang van zaken. Tijdens de kartering is vrijwel met alle grondgebruikers gesproken en zijn ervaringen over het grondgebruik uitgewisseld. Tussentijdse ervaringen en resultaten van de kartering zijn periodiek besproken in de begeleidingscommissie. In Luxwoude is al het onderzoek (waaronder het MER-onderzoek) begeleid door "Begeleidingscommissie waterwinning Luxwoude". Deze commissie speelt al vanaf het begin van het project een belangrijke rol in het behartigen van de belangen van alle betrokkenen en adviseert Vitens. In deze commissie hebben zitting Provincie Fryslân, Wetterskip Fryslân, Gemeente Opsterland, SBB, de Plaatselijke belangen van Luxwoude en Langezwaag, LTO, agrariërs uit de streek en uiteraard Vitens.

De bodem- en GXG-kaarten van de nulsituatie en de afgeleide kaarten (de gebruiksmogelijkheden voor landbouw en het 'voortbrengend vermogen' voor de huidige situatie) zijn op 18 en 19 november 2021 in het Dorpshuis 't Trefpunt in Luxwoude gepresenteerd aan de grondgebruikers. Ongeveer 25 grondgebruikers/grondeigenaren hebben de kaarten toen bekeken. De Bodem- en grondwaterkaarten zijn goed bevonden als referentie van de nulsituatie. Ten zuiden van de Hegedyk/'t Skeane Ein is de bodemkaart voor ongeveer 5 ha aangepast n.a.v. opmerkingen van grondeigenaren.

Van deze bodem- en grondwaterkaarten zijn zes interpretatie-kaarten gemaakt (de vertaalslag), twee van de bodemgeschiedenis en de andere vier kaarten van mogelijke opbrengstderving onder de huidige omstandigheden (zonder waterwinning) t.o.v. de optimale situatie. Dit is beschreven in paragraaf 3.3 en 3.4. De bodemgeschiedenis-interpretatie m.b.v. WIB-C is gebaseerd op een oude methode, die zijn waarde heeft bewezen in ruilverkavelingen. De getoonde toepassing voor

'akkerbouwgewassen in het algemeen' leidde tot opmerkingen. Binnen de akkerbouw komen heel diverse gewassen voor met verschillende eisen aan de bodem. De toepassing van deze geschiktheidskaart in Luxwoude is afgestemd op gras- en maisteelt. De legenda voor deze kaart is daarom al aangepast aan 'maisteelt' (i.p.v. akkerbouw).

De andere vier getoonde interpretatie-kaarten m.b.v. WWL hebben betrekking op opbrengstderving onder invloed van droogte of wateroverlast. De getoonde kaarten voor gras- en maisteelt van de huidige nulsituatie zijn vergeleken met opbrengsten onder optimale omstandigheden. Tijdens de bezichtiging rezen er vragen over de berekende 'droogtestress' van mais. De gebruikte methode achter deze interpretatie naar effecten (de Waterwijzer Landbouw systematiek) is nog in ontwikkeling en wordt de komende jaren geoptimaliseerd. Voor mais worden de invoergegevens over de groei verder verbeterd. Hierover zijn al afspraken gemaakt met de opstellers van het instrumentarium

De tijdens de inloopbijeenkomsten getoonde kaartbeelden zijn opgenomen in deze rapportage. Er dient dus nadrukkelijk rekening mee te worden gehouden dat de getoonde kaartbeelden op de interpretatiekaarten over de opbrengstderving onder de huidige omstandigheden nog gaat wijzigen. Dit als gevolg van de tijdens de inloopavond door de agrariërs gemaakte opmerkingen en de verdere ontwikkeling van de Waterwijzer Landbouw systematiek. Daarentegen is de huidige situatie (nulsituatie) wat betreft bodem- en grondwatersituatie op basis van de uitgevoerde kartering goed vastgelegd: Dit laatste is het belangrijkste, omdat dit na de start van de waterwinning belangrijke bouwstenen zijn bij het opstellen van een droogteschaderegeling.

4 ADVIES FREATISCH MEETNET

4.1 Advies freatisch meetnet

Om de effecten van de waterwinning op het freatische grondwater te monitoren, en hiermee ook de effecten op landbouw inzichtelijk te maken, heeft Aequator Groen & Ruimte een voorstel gemaakt om 26 peilbuizen te verdelen over het onderzochte gebied Luxwoude. Afgaande op de ervaringen van de afgelopen jaren met de bestaande peilbuizen zijn 26 voldoende om goed inzicht te krijgen in de fluctuatie.

Bij de spreiding van de peilbuizen is rekening gehouden met:

- De afstand tot de winning (figuur 16);
- Variatie in GLG (figuur 17);
- Verschillen in bodemopbouw (figuur 18);
- Voorkomen van leem in de ondergrond (binnen 1.20 m -mv);
- Verwachte effect van de winning op de GLG.

Direct rond de winning zijn al peilbuizen geplaatst door Vitens. Daaromheen, nog vlak bij de winning, is het grootste effect mogelijk en adviseren we daar extra peilbuizen in landbouwpercelen. Ook worden er nog peilbuizen verder af van het wingebied geadviseerd in het gebied waar vrijwel geen verlaagingen wordt verwacht.

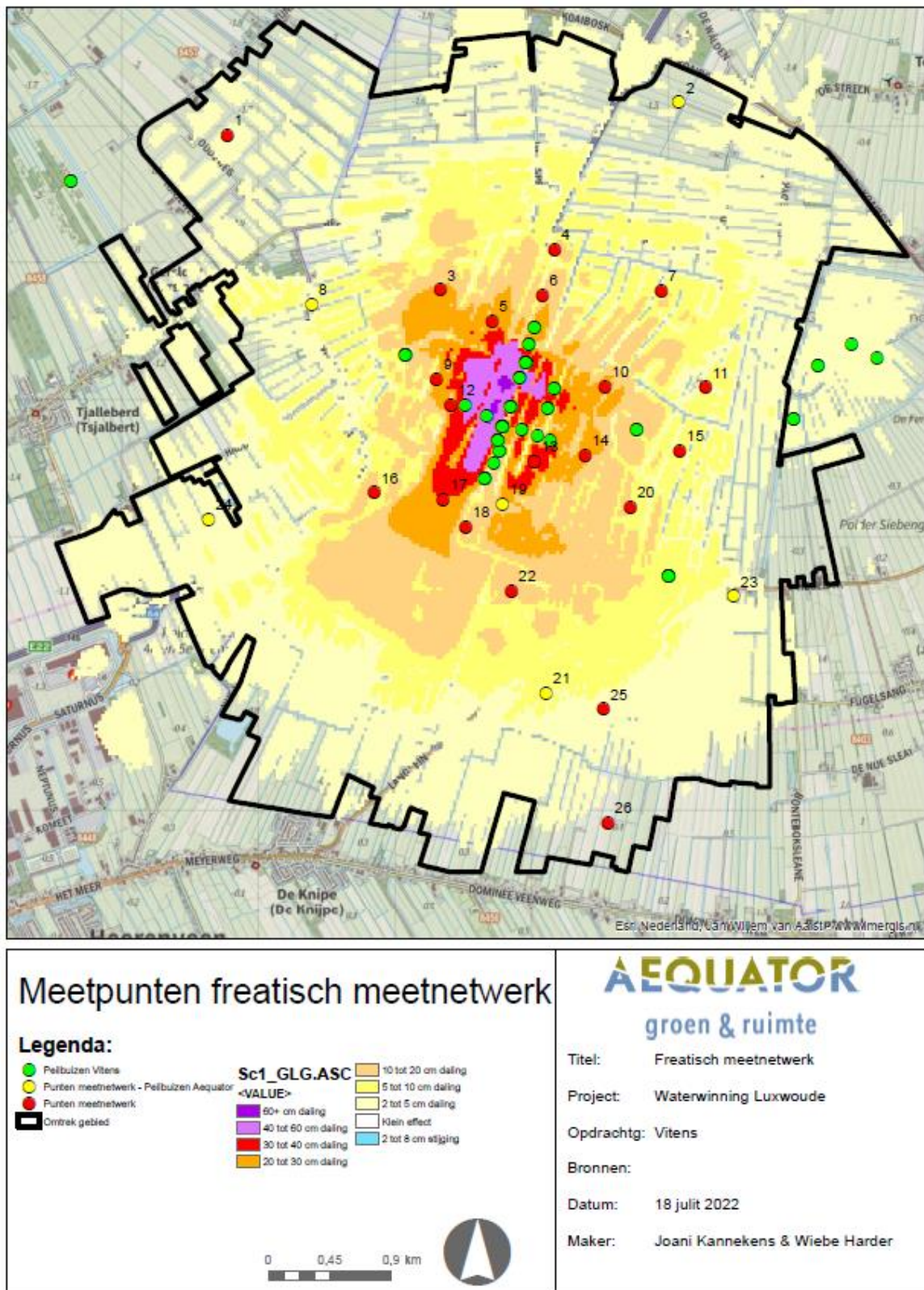
De verdeling volgt de variatie in het kaartbeeld met GLG, het bodemtype en het al of niet voorkomen van leem binnen 1.20 m:

1. Variatie in GLG: bijna ¼ deel van de nieuwe peilbuizen komt binnen 90 cm beneden maaiveld, 4/10 deel tussen 90 en 110 cm en 1/3 deel >110 cm;
2. 1/5 deel in de moerige podzolgronden pzWp, 4/5 in de veldpodzolgronden Hn53 (de overige bodemtypes met meer veen beslaan een hele kleine oppervlakte);
3. 1/4 deel met leem binnen 1.20 m, 3/4 deel in het gebied met leem > 1.20 m.

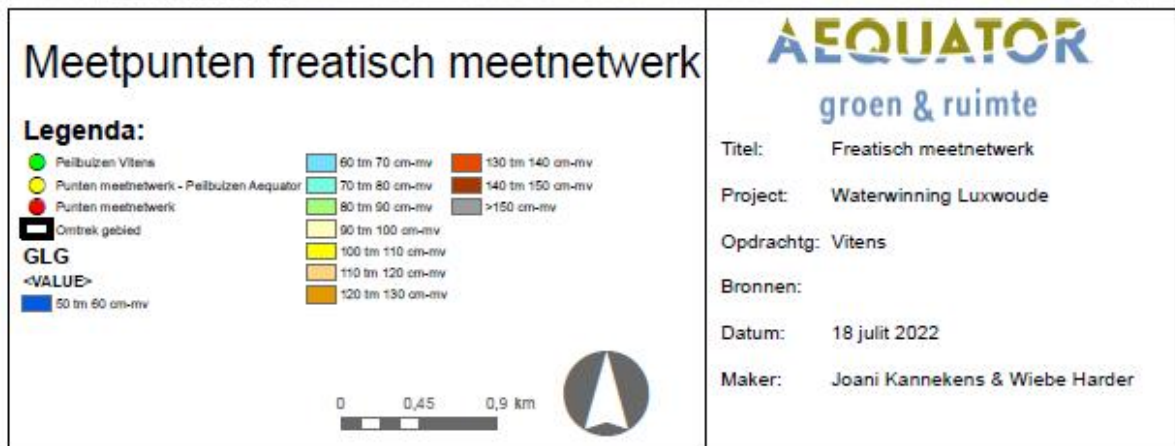
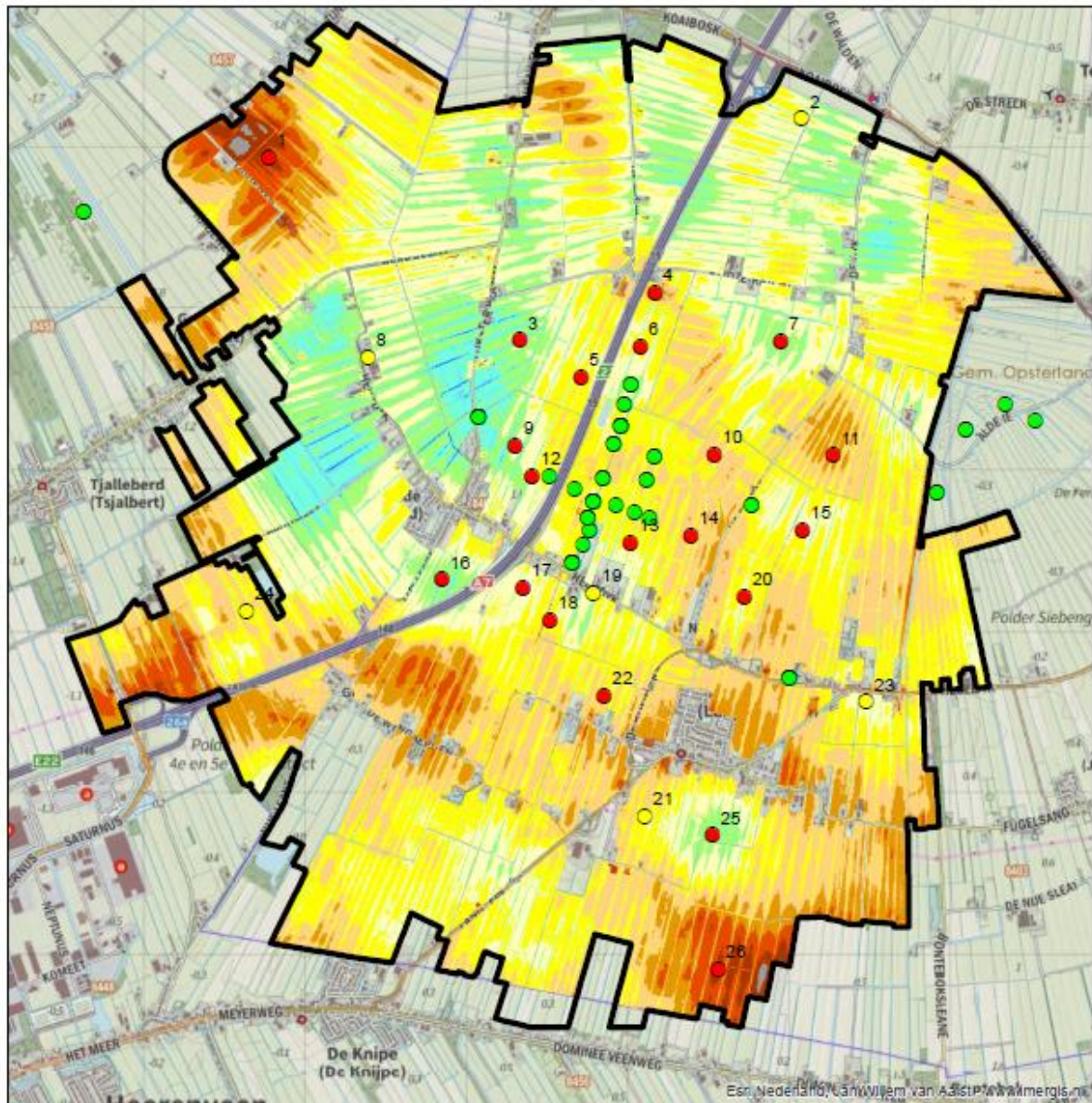
Om de mogelijke weerstand van leem in de ondergrond op het freatisch water vast te kunnen stellen, gaat Vitens ongeveer 10 freatische peilbuizen combineren met een tweede buis met een filter onder de keileem.

Elk meetpunt hebben we zoveel mogelijk in de grotere kaartvlakken gezet, zonder verdere detail over een geschikte locatie ter plekke. Bij het plaatsen van de peilbuis moet de bodemopbouw gecontroleerd worden. Door diepploegen kan de grond op korte afstand (binnen 2 meter) soms sterk variëren. Dit resulteert in de locaties die in de figuren staan op de volgende bladzijden.

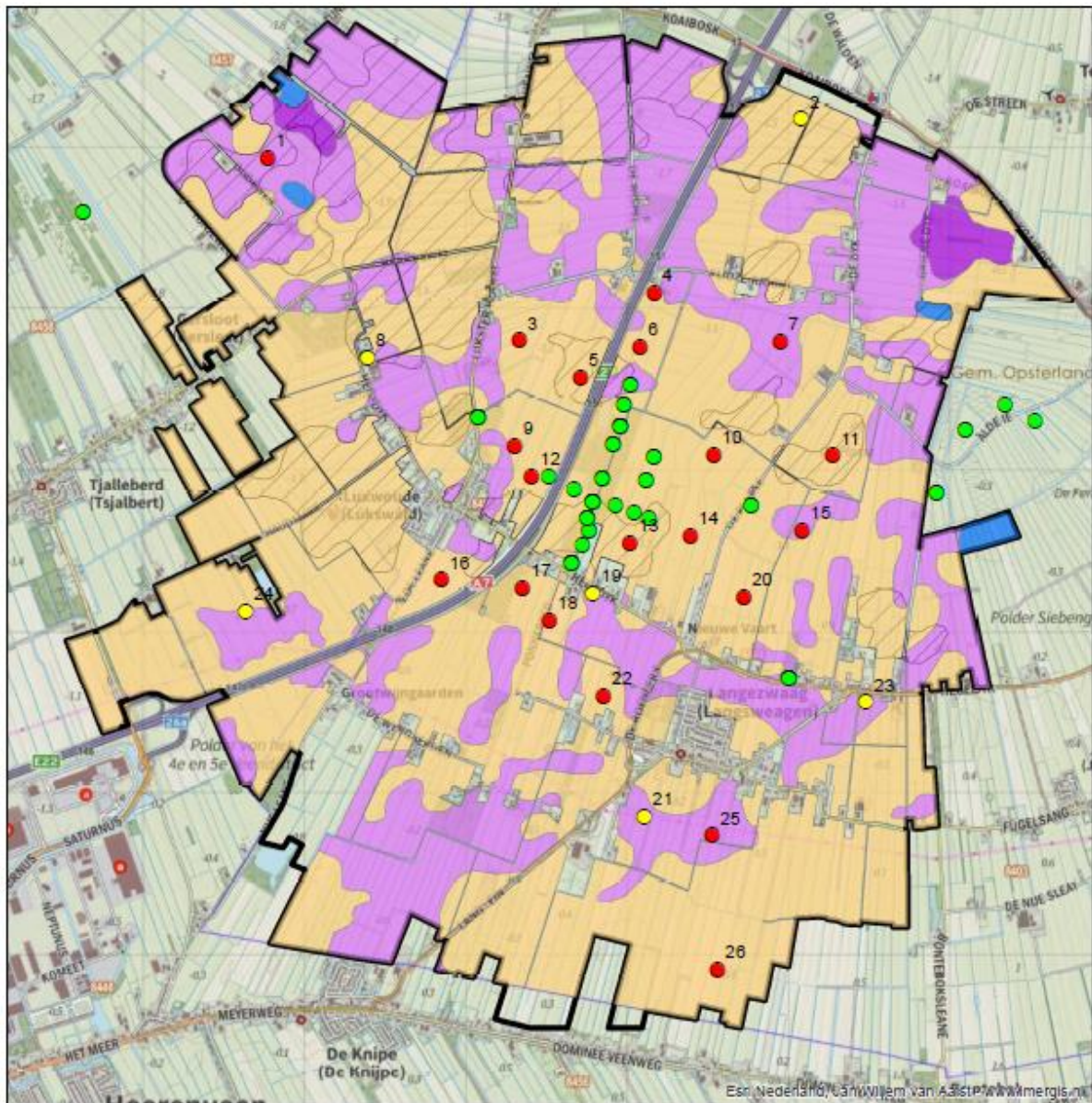
De verdere onderbouwing van deze verdeling voor een freatisch meetnet beschrijven we in de tekst na de figuren met het nieuwe freatisch meetnet. Hiervoor is vooral de grondwaterfluctuatie in de Vitens-peilbuizen geanalyseerd.



Figuur 16 Voorgestelde meetpunten voor het freatisch meetnet ten opzichte van berekende grondwaterstandsverlaging



Figuur 17 Voorgestelde meetpunten ten opzichte van in het veld gemeten GLG



Figuur 18 Voorgestelde meetpunten in relatie tot de bodemopbouw

4.2 Invloed op freatisch grondwater

Tijdens de kartering van het landbouwgebied rondom de waterwinning Luxwoude hebben we gebruik gemaakt van aanwezige peilbuizen van Vitens en van Aequator Groen & Ruimte (zie ook paragraaf 3.2.3). Ze zijn vooral gebruikt om de metingen in de boorgaten tijdens de veldperiode april 2020 – juni 2021 te ‘toetsen’. Tijdens de kartering merkten we dat o.a. de doorlatendheid van de gemengde bovengrond een grote invloed heeft op het grondwater, naast diverse andere factoren zoals de hoogteligging van de directe omgeving (zie ook paragraaf 3.2.2). Vooral de interpretatie van de GHG’s is ‘lastig’. En al helemaal wanneer je dit wilt baseren op basis van een peilbuis. Het ‘gedrag’ van de peilbuis hangt van veel factoren af, o.a. van het weer en van de exacte ligging ‘in het veld’ en dan met name de waterdoorlatendheid van de bovengrond (zie ook paragraaf 3.2.2) is zeer bepalend. Tijdens de kartering in Luxwoude hebben we dit vaak waargenomen. We hebben de grondwaterfluctuatie met de ‘moeilijke’ factoren eerder uitgelegd in een notitie “Bepaling van de GHG in omgeving Luxwoude”, van 4 november 2020. Volledigheidshalve verwijzen we daarnaar, bijlage 1. Hierin is ook de werkwijze bij de kartering aangegeven. Het fenomeen van een ‘moeilijk grijpbare’ GHG is al in meer oude én nieuwe publicaties aangegeven. De bij de kartering bepaalde GHG in relatie tot eventuele wateroverlast wordt gebruikt in de WWL. Bij de 26 te plaatsen peilbuizen heeft de locatie mogelijk invloed op de hoge grondwaterstanden. Om deze reden is het o.a. nuttig om de locatie in samenspraak met de grondgebruikers te bepalen.

In bijlage 4 hebben we 10 peilbuisreeksen verzameld van de buizen van Vitens direct rond de winning. De eerste 3 peilbuizen B11D2142, ..2141 en ..2143 in figuur 20, 21 en 22 ‘lopen in een natte periode helemaal vol’, bijna tot aan maaiveld, en blijven heel lang nat. Tijdens het ‘vollopen’ van de peilbuis is de grond er omheen ook verzadigd. Echter deze grond droogt op door verdamping. Direct rond de peilbuis en onder het peilbuisdeksel kan het minder snel opdrogen, daaronder is minder verdamping. De volgende 3 peilbuizen ..2136, ..2136 en ..2134 (figuur 23, 24 en 25) staan letterlijk op een wat drogere positie op de akker in het perceel en laten ook een duidelijk ander patroon zien. We hebben de sterke invloed van de doorlatendheid van de bovengrond in de directe omgeving tijdens het veldwerk bij deze peilbuizen ook onderzocht en geconstateerd.

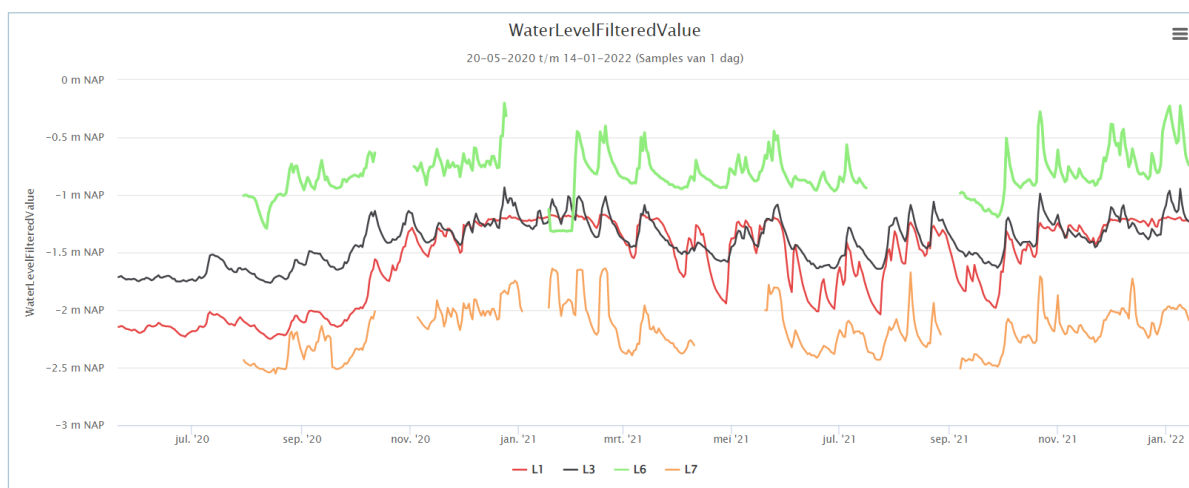
De volgende 7^e Vitens-peilbuis ..2149 (figuur 26) in het bos laat de invloed van de bovengrond eveneens duidelijk zien: in het bos is de bovengrond sterk beworteld tot wel 60 cm diep met dikke populiere-wortels in ‘t zand (zonder podzollaag). De bovengrond is hier wel moerig en iets lemig, maar is heel goed doorlatend. Daardoor zijn de grondwaterstijgingen na veel regen gering. Opvallend dat ook hier een jaarlijkse grondwaterfluctuatie van minder dan 1 m optreedt.

Het is zeer de vraag of de GHG van een perceel wel van één of een paar peilbuizen is af te leiden. De GLG heeft veel minder ‘fluctuatie’ in het jaar en over de jaren heen, zeker in dit gebied. De droge zomersituatie oftewel GLG is veel ‘stabiel’. De GLG zakt naar een eenduidig gelijkmatig niveau uit voor het gehele gebied. De GLG is ook veel belangrijker om het effect van de grondwaterwinning inzichtelijk te maken. Het 8^e plaatje van Vitens-peilbuis ..2139 (figuur 27) op een erf langs de Plasse, de 9e peilbuis ..2133 (figuur 28) langs de weg naar de winning en de 10e in het bos (..2150, figuur 29), vlak bij de Hegedyk laten bijvoorbeeld een ‘gelijkmatig’ GLG-niveau zien. Deze 10e peilbuis ..2150 vlak bij de Hegedyk staat in een zandige grond met leemgrond op 1.60 m.

Er is gekeken naar de invloed van meer of minder verspoelde leem in de ondergrond op het verloop van het freatisch grondwater. Om hier beter zicht op te krijgen hebben we de profielbeschrijvingen van de peilbuizen van Vitens geïnventariseerd. In bijlage 4 is de leemdtepte aangegeven bij de beoordeelde peilbuizen. De leemdtepte is ook aangegeven in de tabel van bijlage 5 met een overzicht

van de peilbuizen met gegevens en inschattingen. Het leem zit vaak duidelijk beneden 1 m – mv en heeft onzes inziens dan weinig aanwijsbare invloed op de hoogte en het verloop van het freatisch water.

Het onderstaande 'plaatje' van de Aequator Groen & Ruimte peilbuizen laat zien dat peilbuis L1 met leem op 1 m – mv evenwel een uitzondering vormt op de vorige/laatste zin. In vergelijking met de andere pb L3, L6 en L7 heeft L1 een afwijkend grondwaterstandsverloop en heeft het leem op 1 m diepte wel degelijk invloed (de peilbuizen L2, L4 en L5 vallen af door onvolledige metingen). De peilbuis L1 staat echter ook tegen een rand aan van de mestput, de locatie blijkt slecht ontwaterd en bijna te vergelijken met een ingesloten laagte: het oppervlaktewater kan niet weg. Het grondwater blijft lang hoog staan, maar zakt uiteindelijk wel dieper weg dan in de andere 3 peilbuizen met filters in het zand. Het dieper wegzakken van het grondwater in leem is hier wel kenmerkend voor een ondiepe leemlaag.



Figuur 19 Metingen in peilbuizen van Aequator., L1 'zakt meer uit' dan de andere peilbuizen

Kortom de invloed van verspoelde leemlagen in de eerste meters van het bodemprofiel is onzes inziens beperkt. De leemdiepte hoeft dan ook niet richtinggevend te zijn bij het zoeken naar een geschikte locatie. De directe omgeving is veel bepalender, om redenen die we in paragraaf 4.3 aangeven. We houden een voorkeur voor peilbuizen in landbouwpercelen. Het moeten wel goed bereikbare en topografisch en bodemtechnisch helder te 'omschrijven' plekken zijn. De plek moet representatief zijn voor de directe omgeving. De bovengrond mag het grondwater niveau niet direct beïnvloeden. Deze laatste eis is nodig om 'rare' langdurige hele hoge grondwaterstanden te voorkomen.

4.3 Aandachtspunten plaatsing peilbuizen

Voor de aanleg van peilbuizen gelden verschillende richtlijnen. In deze paragraaf worden richtlijnen die van toepassing zijn op het geplande monitoringsnetwerk in Luxwoude beknopt beschreven. Voor het volledige overzicht van richtlijnen voor het plaatsen van peilbuizen wordt doorverwezen naar het Handboek Meten van Grondwaterstanden in Peilbuizen (ref. 8). Peilbuizen moeten volgens deze voorschriften worden geplaatst. We gaan ervan uit dat dit ook aansluit bij de werkwijze die Vitens hiervoor hanteert. Een aantal belangrijke aandachtspunten benadrukken we in deze paragraaf.

Het doel van het monitoringsnetwerk is om het freatische grondwater in kaart te brengen. Het gaat hier specifiek om het freatische grondwater wat gebruikt wordt voor landbouwkundige doeleinden.

4.3.1 Ongewenste beïnvloeding van de meetpunten

Lokale invloeden moeten zoveel mogelijk beperkt worden. Hierbij valt te denken aan:

- *Watergangen*

Als een peilbuis te dicht bij een watergang staat wordt het grondwaterregime sterk beïnvloed door het peil gehanteerd in de watergang. De richtlijnen gaan uit van de volgende afstanden voor het plaatsen van een peilbuis bij een watergang:

- rivier of kanaal: ten minste 100 m
- primaire watergangen: ten minste 25 m, voorkeur voor 50 m
- sloot of greppel: ten minst 10 m, voorkeur voor 25 m

Daarnaast kunnen onttrekkingen of ontgravingen de metingen beïnvloeden. Naast de grondwaterwinning, of eventuele bronnen op melkveehouderijen is dit niet relevant voor het gebied.

Bij de exacte locatie bepaling is het ook van belang om te beoordelen **of de bodemopbouw representatief is voor de omgeving**. De invloed van de waterdoorlatendheid van de bovengrond, en lokale hoogteligging is ook geconstateerd in dit gebied (zie ook paragrafen 3.2.2. en 4.2). Vergravingen of ophogingen moeten worden voorkomen. **Ook moeten peilbuizen niet in kleine ingesloten laagtes worden geplaatst**. Bomen of beplanting hebben ook invloed op het grondwater. Peilbuizen moeten niet in de nabijheid van bomen worden geplaatst, aangezien deze ook meer water verdampen in het groeiseizoen en het grondwater kunnen beïnvloeden.

4.3.2 Meetfrequentie en periode van meten

We adviseren om met een hoge meetfrequentie te meten, bijvoorbeeld elk drie uur middels inzet van divers. Hierdoor kunnen ook goede koppelingen worden gelegd met bijvoorbeeld neerslag gebeurtenissen of peilveranderingen.

4.3.3 Filterstelling

Voor het landbouwkundig gebruik zijn de freatische grondwaterstanden van invloed, op bijvoorbeeld draagkracht of vochtvoorziening van gewassen. Daarom moet de filterstelling in het GXG bereik zijn van het freatische grondwater. Uit de voorgaande verkenning is bekend dat er in de ondergrond veel matig doorlatende veen- en leemlagen voorkomen. Een correcte filterstelling voor het juist meten van het freatisch grondwater komt daardoor erg nauw. Anders worden stijghoogtes van dieper liggende pakketten gemeten, of worden metingen aan hoge grondwaterstanden gemist.

Voor optimale metingen moet de filterstelling net onder de lokale GLG waarde zitten tot maximaal 50 cm onder GLG om droogval van divers te voorkomen. Grofweg zullen de filters dus geplaatst moeten worden tussen 20 en 150 tot 200 cm -mv. Er moet uiteraard ook rekening worden gehouden met een eventuele verlaging van de grondwaterstanden door de waterwinning.

4.3.4 Afwerking van de meetpunten

Het is een optie om de meetpunten ondergronds af te werken onder een putdekseltje. Het voordeel hiervan is dat het in grasland (het meest voorkomende landgebruik) geen beperkingen oplevert voor de agrarische bedrijfsvoering. Agrariërs zijn vaak eerder bereid om mee te werken met een dusdanige afwerking. Er zijn echter ook praktische bezwaren. Het meten van de hoogste grondwaterstanden kan beperkingen opleveren door plasvorming en het vollopen van de peilbuis vanaf het maaiveld. Ook het terugvinden van de peilbuizen is nog wel eens lastig. Met een afwerking boven de grond onder een schutkoker, moet ook weer rekening worden gehouden met vee. Vee wil graag nog wel eens gebruik maken van een peilbuis, door zich er tegen aan te schuren, of zich er veelvuldig op te houden (vertrapping e.d.).

4.3.5 Risico's bij installatie meetnet

Bij het installeren van het meetnet zijn een aantal risico's die tot foutieve metingen kunnen leiden, zie Tabel 2.

Tabel 1: Risico's meetnetinstallatie.

Risico	Gevolg	Maatregel
Onjuist geplaatste peilbuis door onnauwkeurige uitvoering tijdens plaatsing.	De filters staan niet in de juiste laag, of er is onvoldoende weerstand waardoor niet de juiste grondwaterstand wordt gemeten.	Toezicht tijdens het plaatsen door een geohydroloog.
Foutief installeren van de drukmeter.	Geen dataverzameling van specifiek meetpunt.	Eén maand na plaatsing van de peilbuizen wordt een uitleesronde uitgevoerd om dit snel op te merken en te herstellen.
Uitval meetpunt.	Vandalisme of een ontwikkeling door derden stelt de peilbuis buiten gebruik.	Locatieselectie afstemmen met de eigenaren en een robuuste afwerking gebruiken. Zie ook 4.3.6.

4.3.6 Afstemming met grondeigenaren

Het plaatsten van de peilbuizen moet in goede afstemming met de grondgebruikers plaatsvinden. Door dit in overleg te doen, kunnen vaak praktische plekken worden gevonden, die ook representatief zijn voor het landbouw perceel. Tevens kan nut en noodzaak, en het belang voor de agrariërs zo ook goed uitgelegd worden. Ze zijn immers zelf belanghebbende om ten behoeve van landbouw de effecten op het grondwater goed inzichtelijk te maken. Bij het plaatsen moet ook rekening worden gehouden met machine breedtes.

5 AANBEVELINGEN

In de achterliggende onderzoeksperiode is er aandacht geweest voor individuele grondgebruikers over de resultaten, kaarten en interpretaties. Om de slag naar een geaccepteerde droogteschade-regeling te kunnen maken, blijft vooralsnog meer uitleg nodig over de gehanteerde werkwijze. Boeren zullen vragen hebben, of de vragen komen met de tijd weten we uit ervaring, daarom is het nodig om in gesprek met hen te blijven. Een rondgang langs een aantal percelen en de bodems beoordelen in het veld kan een goede setting geven om ook de werkwijze en de bodem en grondwaterkaarten uit te leggen. Daarnaast kunnen de bestaande communicatie kanalen blijvend worden benut.

Een tweede belangrijk uitgangspunt voor een geaccepteerde droogteschade-regeling is vertrouwen in het te maken freatisch meetnet. Het is noodzakelijk om de exacte locaties van peilbuizen in het veld met de grondgebruikers te bepalen. De aandachtspunten zijn beschreven in paragraaf 4.2. en 4.3. Het spreekt voor zich dat de beschreven aanbevelingen en richtlijnen van goed meten van het freatisch grondwater in acht worden genomen. We bevelen aan om het freatisch meetnet in samenspraak met de agrariërs zo spoedig mogelijk te realiseren, zodat er nog goed gemeten kan worden voor de start van de winning. Dit geeft een aanvullend inzicht in de nulsituatie en effecten van de winning. We bevelen aan om de metingen van het freatisch grondwatermeetnet periodiek met de agrariërs te evalueren en te bespreken.

De bodem- en grondwaterkaarten leggen een goede basis het opstellen van een goede droogteschade regeling. Hiermee kunnen reeds eerste verkennende berekeningen worden gedaan, met behulp van de huidige berekende verlagingsbeelden. We bevelen aan om dit goed af te stemmen met de ACSG om de juiste versies beschikbare model en werkwijze op te pakken. Daarnaast bevelen we aan om het in samenspraak met de boeren in het gebied te doen, zodat de werkwijze goed uitgelegd kan worden, wat de acceptatie en begrip ervoor ondersteunt.

Referenties

1. Bakker, H. de en J. Schelling, *Systeem van Bodemclassificatie van Nederland, De hogere niveaus*, Stichting voor Bodemkartering/Pudoc, Wageningen, 1989
2. Ten Cate, J.A.M. et al., *Handleiding bodemgeografisch onderzoek, Richtlijnen en voorschriften, Deel A Bodem*, Technisch Document 19A, DLO-Staring Centrum, Wageningen, 1995
3. Ten Cate, J.A.M. et al., *Handleiding bodemgeografisch onderzoek, Richtlijnen en voorschriften, Deel C: Kaart tekenen, rapporteren en samenstellen digitale bestanden*, Technisch Document 19C, DLO-Staring Centrum, Wageningen, 1995
4. Makken, H., J.A. van der Hurk, *De bodemgesteldheid van het ruilverkavelingsgebied De Veenpolders, rapport 717*, Stichting voor Bodemkartering/Pudoc, Wageningen, 1969
5. Cnossen, J. en J.G. Zandstra, *De oudste Boornelooop in Friesland en veen uit de Paudortijd nabij Heerenveen*, Boor en Spade 14, 62-87, 1965
6. Cnossen, J. en W. Heijink, *Het jongere dekzand en zijn invloed op het ontstaan van de Veenkoloniën in de Friese wouden*, Boor en Spade 14, 42-61, 1965
7. Ten Cate, J.A.M. et al., *Handleiding bodemgeografisch onderzoek, Richtlijnen en voorschriften, Deel D Interpretatie van bodemkundige gegevens voor diverse vormen van bodemgebruik*, Technisch Document 19D, DLO-Staring Centrum, Wageningen, 1995
8. *Verklarende hydrologische woordenlijst*, Commissie voor Hydrologisch Onderzoek TNO, 1986
9. Werkgroep Waterwijzer Landbouw, 2018. *Waterwijzer landbouw, instrumentarium voor kwantificeren van effecten van waterbeheer en klimaat op landbouwproductie. En toelichting op Waterwijzer Landbouw tabel versie 4.0.0.*

BIJLAGEN

Bijlage 1 Notitie Bepaling van de GHG in omgeving Luxwoude

Notitie

Aan : Feike Bonnema en Ate Oosterhof
Van : Jan van Berkum en Everhard van Essen
CC : Wiebe Harder
Datum : 4 november 2020
Onderwerp : Bepaling van de GHG in omgeving Luxwoude

Aequator Groen & Ruimte bv

Postbus 1171
3840 BD Harderwijk

t (088) 426 2422

internet:

www.aequator.nl

aequator@aequator.nl

1. INLEIDING

De Gemiddelde Hoogste Grondwaterstand (GHG) heeft een zeer grote invloed op de mogelijkheden (en beperkingen) voor landbouwkundig gebruik. Omdat de geschiktheidsbeoordeling een belangrijk onderdeel is van deze kartering-opdracht, hechten we grote waarde aan een zo goed mogelijke GHG bepaling. Tijdens de veldkartering hebben de bodemkundigen van Aequator Groen & Ruimte in grote delen van Luxwoude bodemkundige en hydrologische fenomenen waargenomen, waardoor de vastgestelde GHG bij de kartering af kan wijken van beschikbare meetgegevens, zoals in de peilbuizen. De reden voor het schrijven van deze notitie is om duidelijkheid te scheppen waarom dit speelt en hoe wij daarmee omgaan.

De definitie van de GHG en GLG is het rekenkundig gemiddelde van de hoogste resp. laagste drie grondwaterstanden per hydrologisch jaar (beginnend 1 april) van metingen op de 14^e en 28^e van de maand. Dit wordt bepaald aan de hand van peilbuismetingen over een aaneengesloten periode van tenminste 8 jaar waarin het grondwaterregime niet door ingrepen is gewijzigd (referentie 2). We noemen dit de echte of grondwaterstands-GxG.

De GxG – de veld-GxG - kan ook in het veld worden vastgesteld door te kijken naar:

- Hydromorfe kenmerken van het bodemprofiel (gleyverschijnselen, roest en bleking, kleur, rijping);
- Overige profielkenmerken (structuur, beworteling, vochtgehalte, e.d.);
- Grondwaterstanden in boorgaten (diepte boorgat heel belangrijk);
- Hulpinformatie (kaarten, grondwaterstandsgegevens van peilbuizen in de buurt, e.d.);
- Veldkenmerken

De GHG (en GLG) in een **punt** kan op verschillende manieren worden vastgesteld: (i) gerichte opnamen in het open boorgat, (ii) bodemkundige veldbeoordeling en (iii) peilbuiswaarnemingen (Hoogland, ref 1). In het ideale geval zijn de GxG's van alle 3 de methoden gelijk. In de realiteit is dat niet altijd zo, als gevolg van de subjectiviteit van de karteerder (structureel en incidenteel), waarnemingsfouten, onjuiste diepte van het boorgat, onjuiste correctie voor klimaatrepresentativiteit (bij gerichte opnamen) en onjuiste filterstelling (bij peilbuiswaarnemingen) en optreden schijngrondwaterstanden. Dit is nog afgezien van de eis van 8 jaar geen wijzigingen door ingrepen en dat deze 8 jaar veelal niet klimaatrepresentatief zijn.

De geschetste oorzaken voor de verschillen bij de 'punt'-GxG zullen opeenvolgend worden behandeld.

Stationariteit van de hydrologische omgeving

De eis van stationariteit voor wat betreft de 'omgeving' is 8 jaar, 8 jaar geen noemenswaardige verandering in de hydrologische randvoorwaarden. In veel peilvakken in Luxwoude wordt volgens het peilbesluit een vast peil aangehouden, dat betekent het hele jaar door hetzelfde slootpeil. O.i.v. het droge jaar 2018 is er in 2019 en vooral het afgelopen zomerhalfjaar 2020 hiervan afgeweken en is extra water aangevoerd en een hoger slootpeil aangehouden in de zomer. We hebben het waterschap gevraagd in hoeverre het waterpeil in de sloten de afgelopen tijd is veranderd, maar hier nog geen antwoord op gekregen.

Onjuiste filterstelling

Van der Gaast e.a. (2006, 2007 en 2008, ref. 3/5) beschrijven in diverse publicaties dat de gemeten grondwaterstand in peilbuizen veelal niet gelijk is aan de werkelijke grondwaterstand omdat (het) filter(s) te diep (is) zijn gesteld. Vooral de GHG wordt daardoor in niet-kwelgebieden met een duidelijke verticale weerstand in de bovenste 1 à 3 m te diep 'berekend'. Het beschreven verschijnsel wordt door hen samengevat onder de noemer 'numerieke verdroging'. Er is de nodige kritiek op de mate waarin dit verschijnsel optreedt. Zie Querner en van Bakel (2009).

Het is bijna per definitie niet mogelijk de grondwaterstand in gronden met niet-verwaarloosbare verticale weerstand in het grondwaterstandstraject correct te meten. Dat zou namelijk een meting van de drukhoogte met behulp van drukopnemers om de cm over de gehele verticaal vergen. Er zal dus in dergelijke situaties een verschil resteren tussen de grondwaterstands-GHG en de echte GHG en dus tussen de grondwaterstands-GHG en de veld-GHG.

Verschil tussen grondwaterstand en niveau van volledige verzadiging

De grondwaterstand is per definitie niet gelijk aan het niveau waarboven lucht in de bodem aanwezig is. Afhankelijk van de relatie tussen drukhoogte en vochtinhoud (die afhangen van de verticale flux) is er een vol-capillaire zone variërend van verwaarloosbaar tot reikend tot aan maaiveld. De afhankelijkheid van de verticale flux maakt het lastig maar in een GHG-situatie is er een neerwaartse flux van 2 à 3 mm/d.

Optreden schijngrondwaterstanden

In een situatie van schijngrondwaterstanden worden er idealiter 2 grondwaterstanden gemeten. De hoogste grondwaterstand doet mee in de bepaling van de GxG.

2. WERKWIJZE KARTERING

Een en ander betekent dat er nogal wat discrepanties kunnen optreden tussen de veld-GxG en de grondwaterstands-GxG. Door kennis te nemen van de factoren die invloed hebben op de grondwaterstands-informatie in de bodem is het mogelijk te anticiperen op deze discrepanties.

Dit is ook de werkwijze die wij hebben gevolgd tijdens de bodemkundige veldkartering (zie ook plan van aanpak / offerte). De veld-GxG wordt vastgesteld volgens Bakker en Schelling en geeft veel informatie over de grondgebruiksmogelijkheden voor landbouw en natuur. In sommige gevallen kan de veld-GHG afwijken van de grondwaterstands-GHG. Onder punt 3 worden de twee meest voorkomende karakteristieke situaties toegelicht.

Voor Luxwoude hanteren we de volgende werkwijze om de GHG goed in beeld te brengen:

1. Beoordelen aan de hand van de bestaande peilbuizen. Zowel die van Vitens als de tijdelijke die geplaatst zijn door Aequator Groen & Ruimte. De bodemopbouw ter plekke is ook beoordeeld om de grondwaterstanden op de juiste wijze te interpreteren.
2. Steekproefsgewijs percelen opnieuw beoordelen / bezoeken, welke in de droge zomer van 2020 al reeds zijn gekarteerd. Beoordelen op draagkracht, drassigheid en eventueel meten van grondwaterstanden in open boorgaten.
3. GHG verificatie. Circa 1 meting van de grondwaterstand in een (ondiep) boorgat tijdens een GHG moment. Zie ook plan van aanpak / offerte

3. TWEE VERSCHIJNSELEN TOEGELICHT

1. Anisotropie

Een belangrijk aspect is het verschijnsel anisotropie. Dit is gelaagdheid van de bodem.

Door anisotropie kan de waterstroming door de bodem zodanig worden beïnvloed, dat de drukhoogte tijdens natte perioden (neerslag) boven in het bodemprofiel (veel) hoger is dan dieper in bodemprofiel.

In een peilbuis met een ondiep filter (bijvoorbeeld 40 cm –mv.) wordt dan een hogere grondwaterstand gemeten dan in een peilbuis met een filter dieper in de bodem (bijvoorbeeld 100-150 cm –mv.). De veld-GHG zal overeenkomen met de GHG uit de peilbuis met het ondiepe filter. In de praktijk is er meestal alleen een dieper filter aanwezig (of helemaal geen peilbuis) en zal de GHG dus afwijken van de door ons vastgestelde *veld*-GHG.

Als extreem gevolg van anisotropie kunnen zelfs schijngrondwaterstanden optreden. Een schijngrondwaterstand komt voor als tussen de verzadigde bovengrond en de verzadigde ondergrond een deel van de grond niet verzadigd is met water. Dit kan met name veroorzaakt worden door een 'textuursprong' of een slecht doorlatende laag in de bodem waarop het water in de bovengrond blijft staan, terwijl het water in de ondergrond dieper wegzakt. Onder invloed van veel regen in de afgelopen weken zien we dat anisotropie veelvuldig voorkomt in Luxwoude, bijna alle gronden zijn immers sterk gemengd.

Tijdens een veldbeoordeling van de GHG (onder natte omstandigheden) kan anisotropie meestal worden herkend. Dit kan op basis van bodemprofielkenmerken zoals gelaagdheid (textuursprongen), minder goed doorlatende lagen en gleyverschijnselen e.d. Wij merken op dat de *veld*-GHG die genoteerd is de waterfluctuatie weergeeft welke van invloed is op het gebruik.

2. Vol-capillaire zone

Een vol-capillaire zone bevindt zich direct boven het grondwater, deze is afhankelijk van de verticale flux en de capillaire werking van de gronddeeltjes. Verteerde organische stof / veenresten in het bodemprofiel in gemengde zandgrond speelt hierbij een grote rol. Humus kan hier de ruimte tussen de zandkorrels opvullen. In de vol-capillaire zone is de grond bijna verzadigd, hierdoor kunnen ook hydromorfe verschijnselen optreden. De dikte en mate van voorkomen van deze zone heeft invloed op het bodemgebruik. Echter in een vol-capillaire zone wordt geen vrij grondwater gemeten indien een boorgat of peilbuis zou zijn geplaatst, maar hoge vochtgehalten in het profiel in winter en voorjaar hebben wel grote invloed op de berijdbaarheid van de grond (ref. 6 en 7) .

In zeer humeuze of humusrijke en / of sterk lemige gronden kan de volcapillaire zone gemakkelijk groter worden dan in humusarmere gronden met minder leem en grover zand. Tijdens de veldkartering hebben wij geconstateerd dat de grootte van de volcapillaire zone behalve door humusgehalte en textuur, ook in belangrijke mate samenhangt met gewasgroei en -beworteling, bodemstructuur en eventuele verdichtingen en bewerkingen, kortom met het gebruik. De laatste weken inventariseren we deze invloed op de grondwaterstandsmeting

REFERENTIES

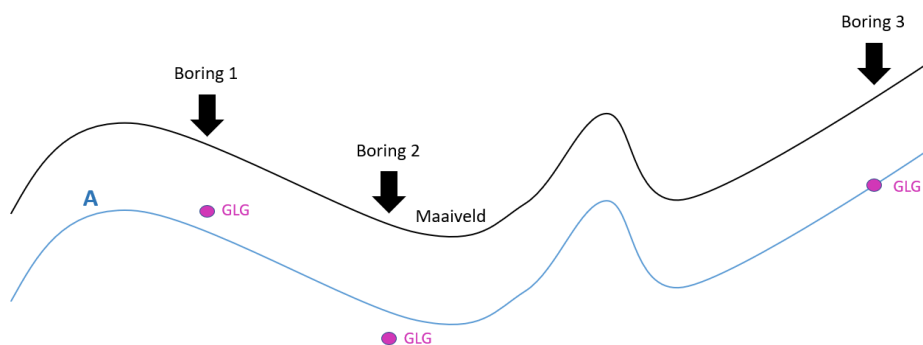
1. Hoogland, T., G.B.M. Heuvelink en M. Knotters, De seizoensfluctuatie van de grondwaterstand in natuurgebieden vanaf 1985 in kaart gebracht, Rapport 89, Wettelijke Onderzoekstakentaken Natuur & Milieu, Wageningen, 2008
2. Sluijs, P. van der, 1990, Hoofdstuk 11: Grondwatertrappen. In: Locher, W.P. en H. de Bakker, Bodemkunde van Nederland, deel 1, Algemene Bodemkunde, Stichting voor Bodemkartering/Ministerie van Landbouw en Visserij, Wageningen, 1987.
3. Gaast, J.W.J. van der, H,R.J. Vroon, H. Th.L. Massop, Verdroging veelal systematisch overschat; in: H2O/21 2006,
4. Gaast, J.W.J. van der, H,R.J. Vroon, H. Th.L. Massop Oorzaak en gevolg van numerieke verdroging; in: H2O/5 2008
5. Gaast, J.W.J. van der, H. Th.L. Massop, H,R.J. Vroon, Actuele grondwatersituatie in natuurgebieden, een pilotstudie, rapport 94, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, Wageningen, 2009
6. Kuipers, S.F., Bodemkunde, Culemborg, 1984
7. Heij D.van der en P.K. Peerlkamp, Kennis van grond en bodem, Groningen, 1970
8. Bouma, J., Maasbommel, M., & Schuurman, I. (2012). Handboek meten van grondwaterstanden in peilbuizen. <https://www.stowa.nl/publicaties/handboek-meten-van-grondwaterstanden-peilbuizen>

Bijlage 2 Technische achtergronden verwerken veldgegevens naar bodem- en grondwaterkaart

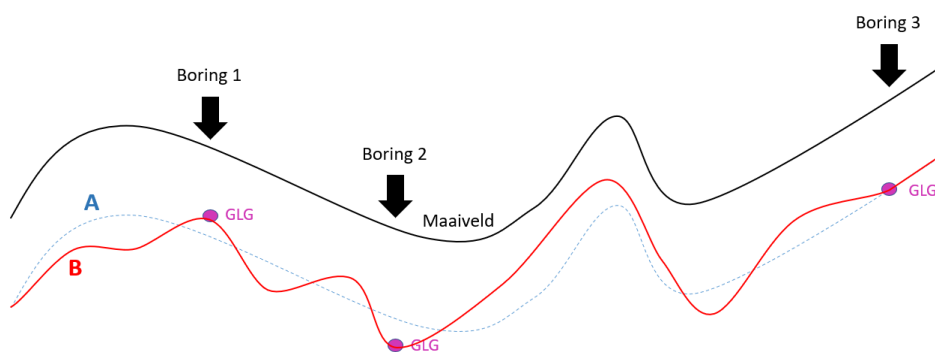
De bodem en grondwatergegevens zijn op punt niveau verzameld in het veld. Voor de bodemvlakken wordt in het veld reeds gewerkt aan het maken van vlakken door gebruik te maken van tussenboringen of veldkenmerken. De bodemgegevens zijn vervolgens vertaald naar vlakken met vergelijkbare bodemopbouw (zie ook referentie 3, Ten Cate, J.A.M. et al., Handleiding bodemgeografisch onderzoek, Richtlijnen en voorschriften, Deel C: Kaart tekenen, rapporteren en samenstellen digitale bestanden, Technisch Document 19C, DLO-Staring Centrum, Wageningen, 1995).

Voor het gebiedsdekkend maken van de verzamelde GHG- en GLG-puntgegevens is gebruik gemaakt van de interpolatie techniek 'universal kriging', ook wel 'kriging with external drift' genoemd. Deze techniek gebruikt voor de interpolatie naast de ruimtelijke variabiliteit in de dataset ook aanvullende ruimtelijke informatie, in dit geval de hoogtekaart (AHN). De eerste interpolatiestap maakt gebruik van GXG-waarden ten opzichte van NAP ter plaatse van de boorpunten. Op basis van de maaiveldhoogte uit de AHN-kaart worden de GXG-puntgegevens vertaald van cm -mv naar NAP-hoogte. Door deze grondwaterstanden in NAP-hoogte te interpoleren, aan de hand van een lineair model (schematische weergave: figuur 6), ontstaat lijn **A** (schematische weergave: figuur 3)). De 'residuals', de afwijkingen tussen de in het veld bepaalde GXG en de voorspellingen volgens het lineaire model, worden gebruikt in de tweede interpolatiestap. De ruimtelijke variabiliteit van deze afwijkingen worden in kaart gebracht in een semi-variogram, een model dat de variabiliteit tussen punten als een functie van afstand weergeeft. Aan de hand van dit semi-variogram wordt een tweede interpolatie uitgevoerd ('ordinary kriging'), wat resulteert in lijn **B** (schematische weergave: figuur 4). Door de interpolaties **A** en **B** te combineren wordt tot de definitieve GXG, lijn **C**, gekomen (schematische weergave: figuur 5).

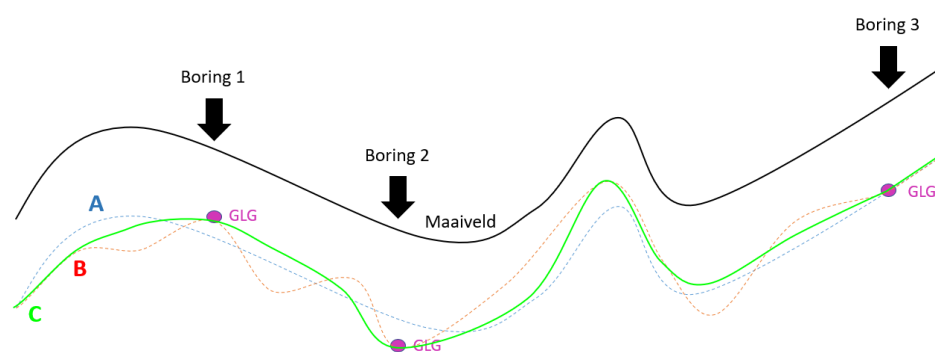
De interpolatie vond plaats op basis van 1273 boorpunten met GXG-waarden en een AHN met een resolutie van 5x5 m². Zoals eerder benoemd zijn de GXG-waarden ten opzichte van maaiveld (cm-mv) genormaliseerd naar een waarde ten opzichte van NAP (cm+NAP). Voor de interpolatie van de 'residuals' is gekozen voor een sferisch model, een van de meest gebruikte modellen, omdat op die manier grote verschillen in GxG op kleine afstanden opgevangen konden worden. De GXG-waarden kenden een normale verdeling, een voorwaarde om kriging toe te kunnen passen.



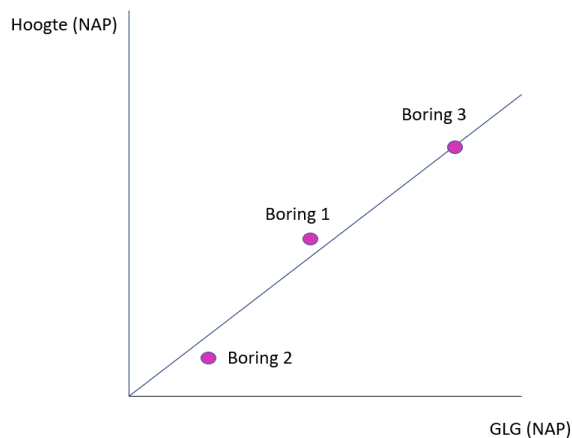
Figuur 3. Schematische weergave van de eerste interpolatiestap van 'Universal Kriging'. Lijn A geeft de interpolatie op basis van de hoogtekaart aan de hand van een lineair model weer.



Figuur 4. Schematische weergave van de tweede interpolatiestap van 'Universal Kriging'. Lijn B geeft de interpolatie van de 'residuals' op basis van ruimtelijke variatie (semi-variogram) weer.



Figuur 5. Schematische weergave van laatste stap van 'Universal Kriging'. Lijn A en lijn B worden gecombineerd tot een uiteindelijke interpolatie.



Figuur 6. Schematische weergave van een lineair model tussen de hoogte en gemeten GLG.

Bijlage 3 Bodemgeschiktheid (WIBC methode) en voortbrengend vermogen WWL

Per boorlocatie wordt de bodemgeschiktheid van de bodem vastgesteld voor grasland en akkerbouw. Akkerbouw wordt gebruikt voor maisteelt berekeningen. We bepalen de bodemgeschiktheid met de zogenaamde WIBC methode. De methodiek is uitvoerig beschreven door Ten Cate et al, ref. 7. De methode werkt met zogenaamde beoordelingsfactoren, zoals de ontwateringstoestand en het vochtleverend vermogen. De gronden worden hiermee geclassificeerd voor grasland en maisteelt in gronden met ruime mogelijkheden, gronden met beperkte mogelijkheden en gronden met weinig mogelijkheden. De **beoordelingsfactoren** kunnen voor iedere vorm van landgebruik verschillend zijn (zie tabel) of een andere weging hebben.

Tabel 1. Beoordelingsfactoren en het grondgebruik die worden toegepast bij de geschiktheidsbeoordeling van de gronden

Beoordelingsfactor	Bodemgebruik		
	Akkerbouw	weidebouw	bosbouw
Ontwateringstoestand	X	X	X
Vochtleverend vermogen	X	X	X
Stevigheid van de bovengrond	X	X	
Verkruielbaarheid/bewerkbaarheid	X		
Slempgevoeligheid	X		
Stuifgevoeligheid	X		
Voedingstoestand			X
Zuurgraad			X

Een beoordelingsfactor berust op een combinatie van bodemeigenschappen (bijvoorbeeld textuurorganische stofgehalte), GHG en GLG. De waarde die aan een beoordelingsfactor wordt toegekend wordt gradatie genoemd. Een gradatie is een waarderingscijfer van een bepaald aspect van de bodem voor een specifiek type grondgebruik. Een gradatie wordt aangeduid met de cijfers 1 t/m 5, waarbij een laag cijfer een gunstige omstandigheid aangeeft en een hoog cijfer een ongunstige omstandigheid.

Om tot een beoordeling te komen voor de bodemgeschiktheid worden de gronden geclassificeerd op basis van de beoordelingsfactoren voor een specifiek type landgebruik. Per boorlocatie wordt een klasse toegekend aan de bodem voor grasland en maisteelt.

De gronden worden geclassificeerd voor grasland en maisteelt volgens de onderstaande indeling in tabel 2 en 3. In tabel 2 staan de beoordelingsklassen van de bodemgeschiktheid voor weidebouw weergegeven. Er zijn drie hoofdklassen:

1. gronden met ruime mogelijkheden,
2. gronden met beperkte mogelijkheden
3. gronden met weinig mogelijkheden

Per klasse wordt vervolgens een onderverdeling gemaakt in reden van de beperking. De beperking kan productieverlies inhouden, beweidingsverliezen of beperkingen ten aanzien van de draagkracht. Daarnaast kan afgeleid worden of de beperkingen een gevolg zijn van te natte omstandigheden of van te droge omstandigheden. Als voorbeeld klasse 3, waarbij 3.1 weinig mogelijkheden heeft door te

natte omstandigheden (zeer beperkte draagkracht en grote beweidingsverliezen) en 3.2 weinig mogelijkheden heeft als gevolg van te droge omstandigheden (goede draagkracht en weinig beweidingsverliezen, maar een lage tot matige productie).

	Productie	Beweidingsverliezen	Berijdbaarheid/draagkracht	
1	Gronden met ruime mogelijkheden			1
1.1	Hoog	Weinig	Goed	1.1
1.2	Hoog	Weinig	Enigszins beperkt	1.2
1.3	Hoog, behalve in droge jaren	Weinig	Goed	1.3
1.4	Hoog, behalve in droge jaren	Weinig, behalve in natte jaren	Enigszins beperkt	1.4
2	Gronden met beperkte mogelijkheden			2
2.1	Hoog	Matig	Beperkt	2.1
2.2	Matig, in droge jaren	Weinig	Goed	2.2
2.3	Matig, in droge jaren	Matig, in natte jaren	Beperkt, in natte jaren	2.3
3	Gronden met weinig mogelijkheden			3
3.1	Matig tot hoog	Groot	Zeer beperkt	3.1
3.2	Laag tot matig	Weinig	Goed	3.2

Tabel 2: Beoordelingsklassen voor weidebouw.

In tabel 3 staan de beoordelingsklassen van de bodemgeschiktheid voor maisteelt weergegeven. Er zijn hierbij ook weer drie hoofdklassen:

1. gronden met ruime mogelijkheden,
2. gronden met beperkte mogelijkheden en
3. gronden met weinig mogelijkheden.

	Productie	Teeltrisico	Oorzaak	
1	Gronden met ruimte mogelijkheden			1
1.1	Klei, hoog	Weinig	Goed berijdbaar en bewerkbaar	1.1
1.2	Klei, matig tot hoog	Enig	Beperkt berijdbaar, goed bewerkbaar	1.2
1.3	Zand, hoog	Weinig	Goed berijdbaar en bewerkbaar	1.3
1.4	Zand, matig tot hoog	Enig	Beperkt berijdbaar, goed bewerkbaar	1.4
2	Gronden met beperkte mogelijkheden			2
2.1	Hoog	Vrij groot	Veelal beperkt berijdbaar	2.1
2.2	Matig, in droge jaren	Vrij groot	Beperkt berijdbaar	2.2
2.3	Matig, in droge jaren	Vrij groot	Vochttekort	2.3
3	Gronden met weinig mogelijkheden			3
3.1	Matig tot hoog	Zeer groot	Zeer beperkt berijdbaar of bewerkbaar	3.1
3.2	Laag tot matig	Zeer groot	Groot vochtkort	3.2
3.3		Zeer groot	Overstromingsgevaar	3.3
	Productie	Teeltrisico	Oorzaak	

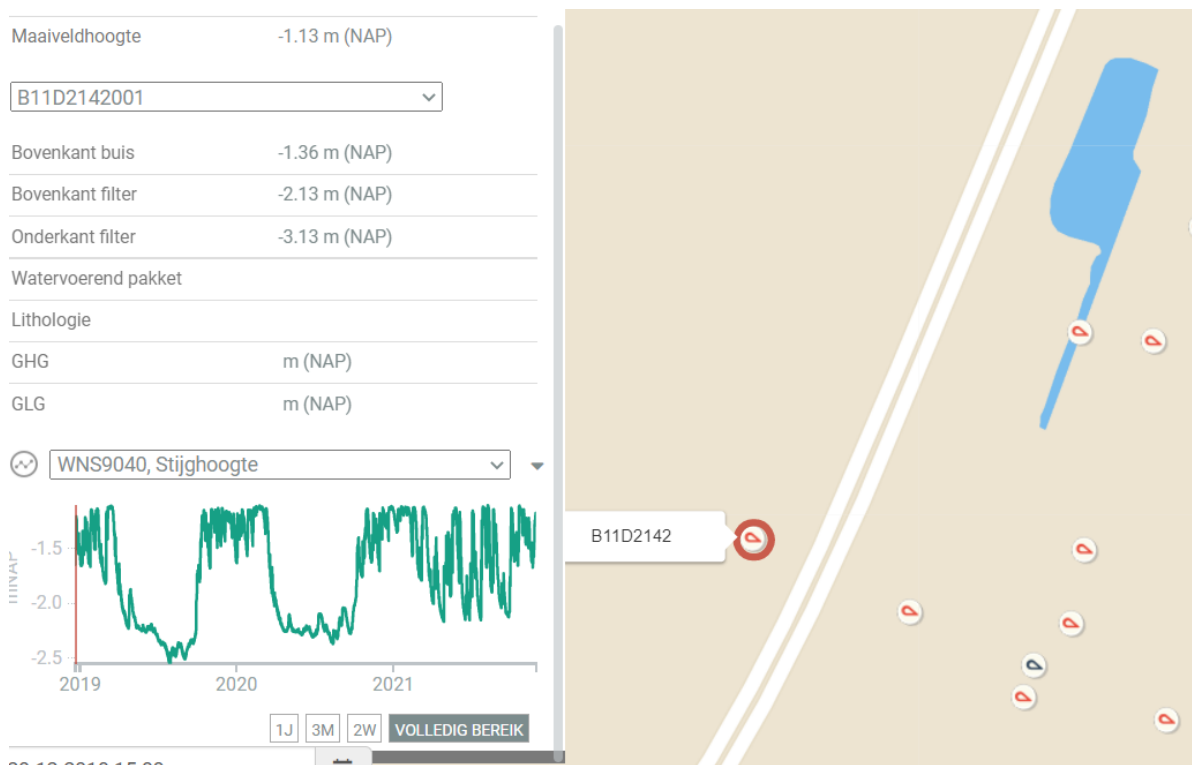
Tabel 3: Beoordelingsklassen voor snijmais.

Voortbrengend vermogen m.b.v. WWL

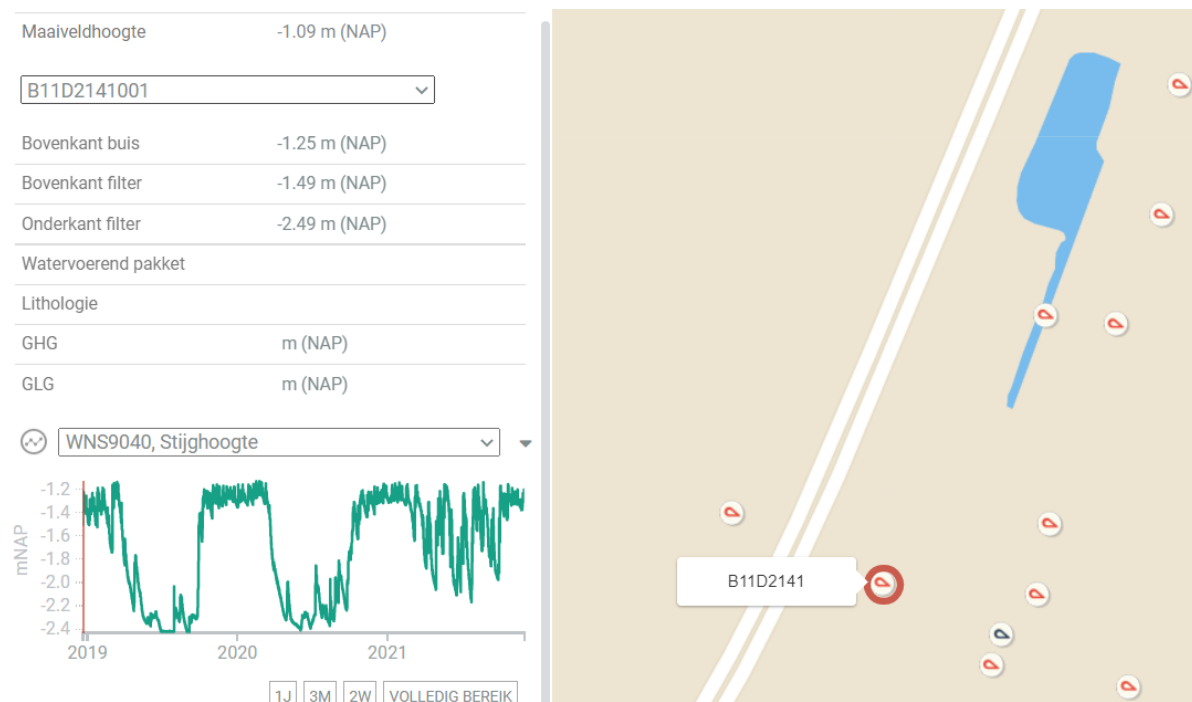
De WWL-tabel roept op een relatief eenvoudige manier de WWL-metarelaties (vastgesteld aan de hand van SWAP-WOFOST runs) aan, waardoor het mogelijk is relatief snel inzicht te krijgen in de opbrengstderving onder een gemiddeld weerpatroon (1981-2020). WWL-tabel kan worden gerund voor een groot aantal gewassen onder uiteenlopende bodemkundige en hydrologische condities (GLG en GHG), wat het uitermate geschikt maakt voor ruimtelijke analyses.

De uitgebreidere WWL-maatwerk kan gebruikt worden om meer grip te krijgen op de modelresultaten in een specifieke situatie, bijvoorbeeld als het beeld wat WWL-tabel te weinig inzicht geeft in relatie tot details in de beschikbare gebiedsinformatie. Door modelinstellingen aan te passen en het model-instrumentarium (SWAP-WOFOST) opnieuw te draaien kan er beter aangesloten worden op lokale omstandigheden, maar dit vergt ook gedetailleerde kennis en kost relatief veel tijd. Straks tijdens de winning zal het best mogelijke model gebruikt worden voor een droogteschade regeling, o.a. in afstemming met de ACSG.

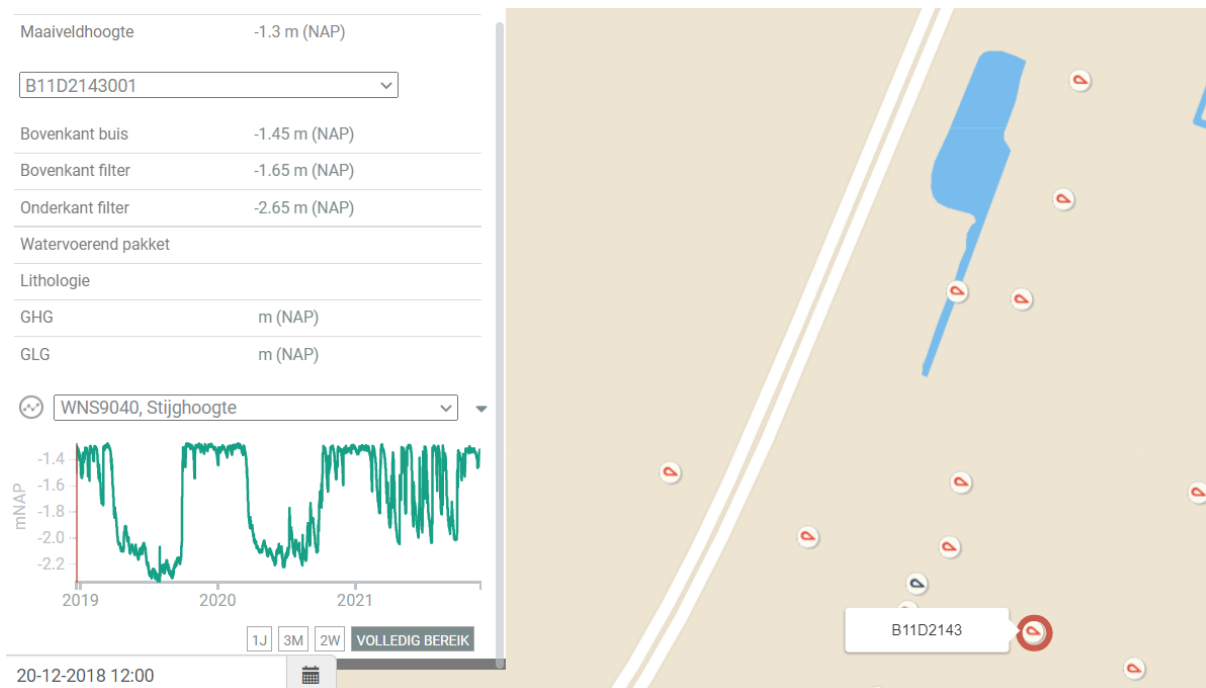
Bijlage 4 Tien reeksen van Vitens peilbuizen in 2019-2021 rond de winning locatie



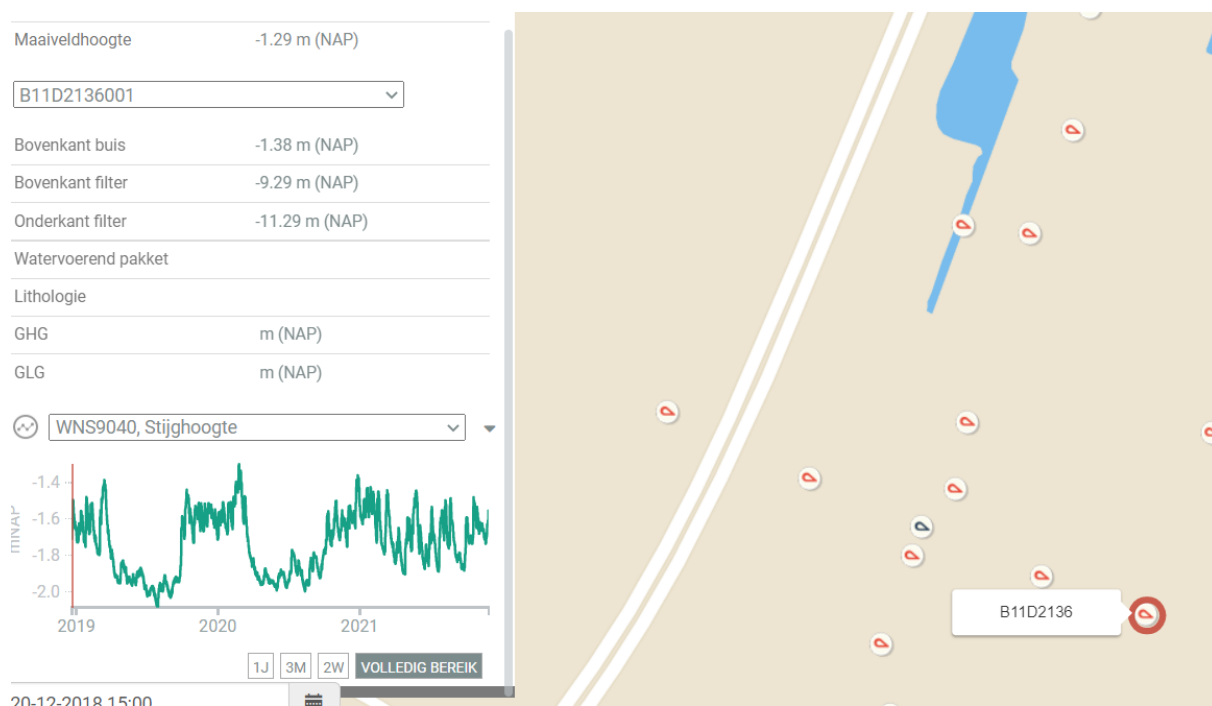
Figuur 20 peilbuis 2142 met leem op 2 m - mv



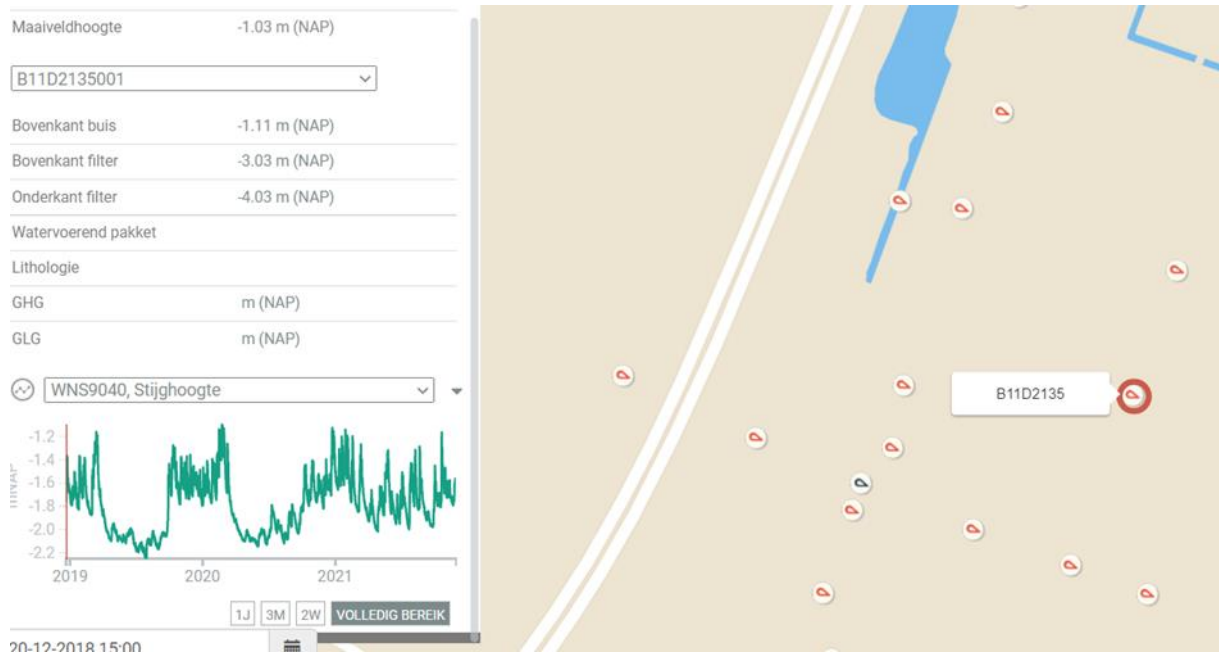
Figuur 21 peilbuis 2141 met leem op 1.30 m - mv



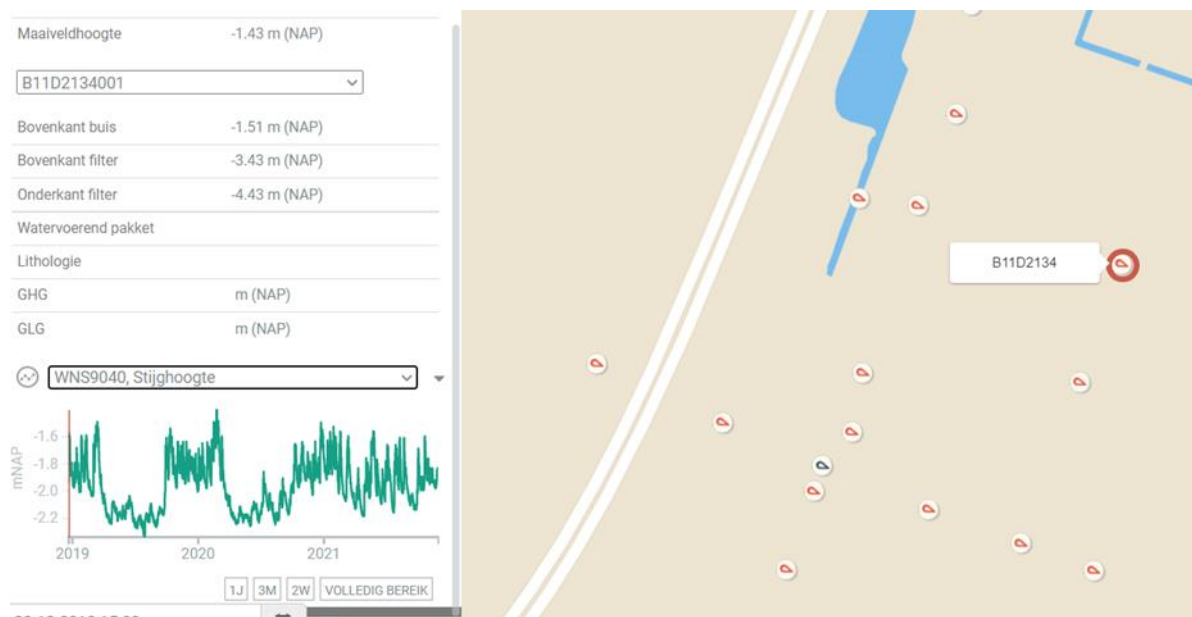
Figuur 22 peilbuis 2143 met leem op 1.30 m - mv



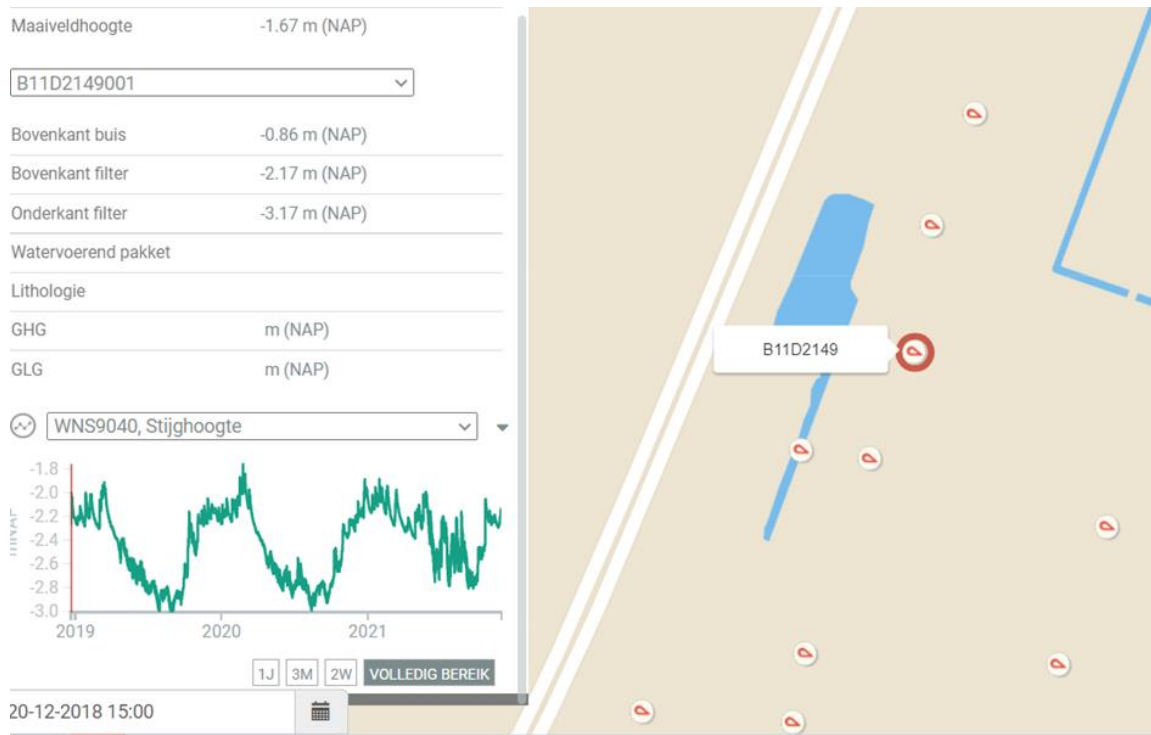
Figuur 23 peilbuis 2136 met leem op 80 cm - mv



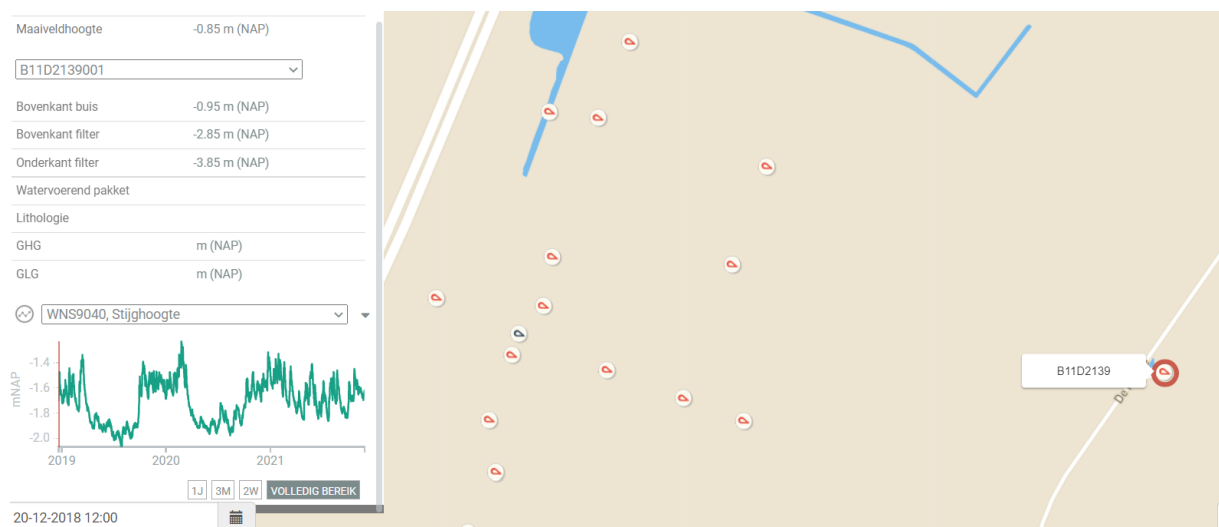
Figuur 23 Peilbuis 2135 met leem op 2.60 m -mv



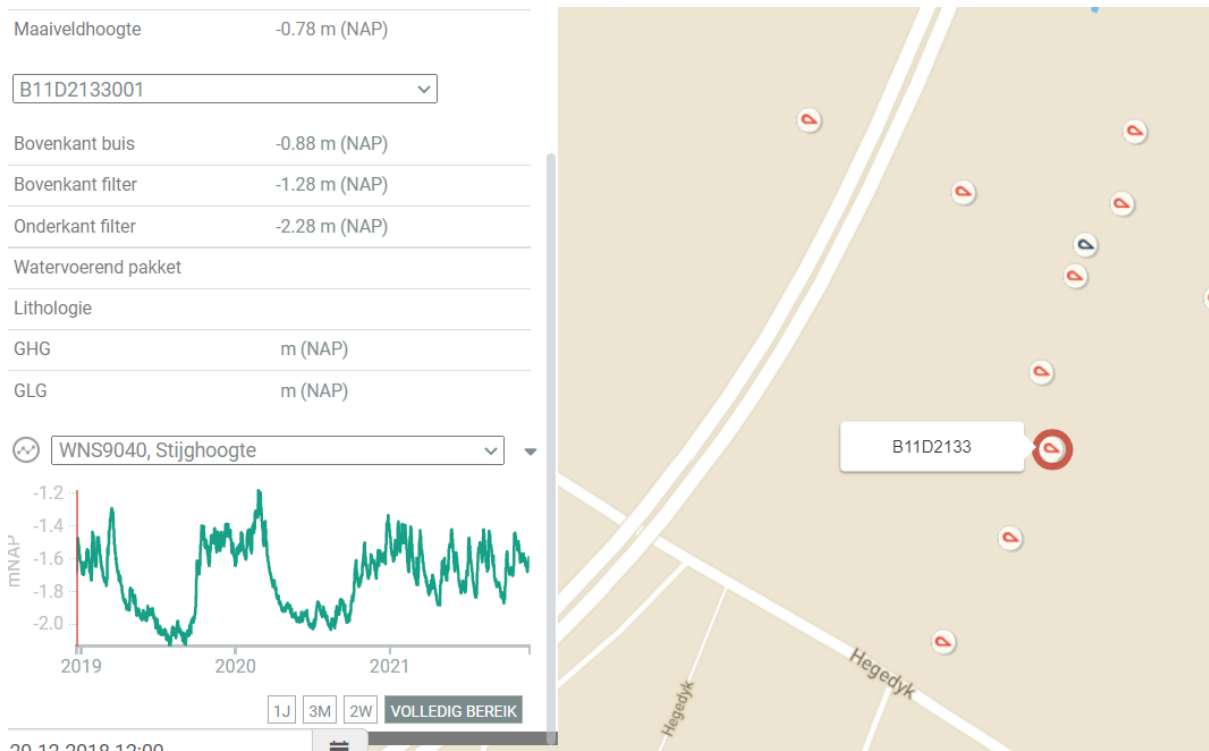
Figuur 25 Peilbuis 2134 met leem op 4 m - mv



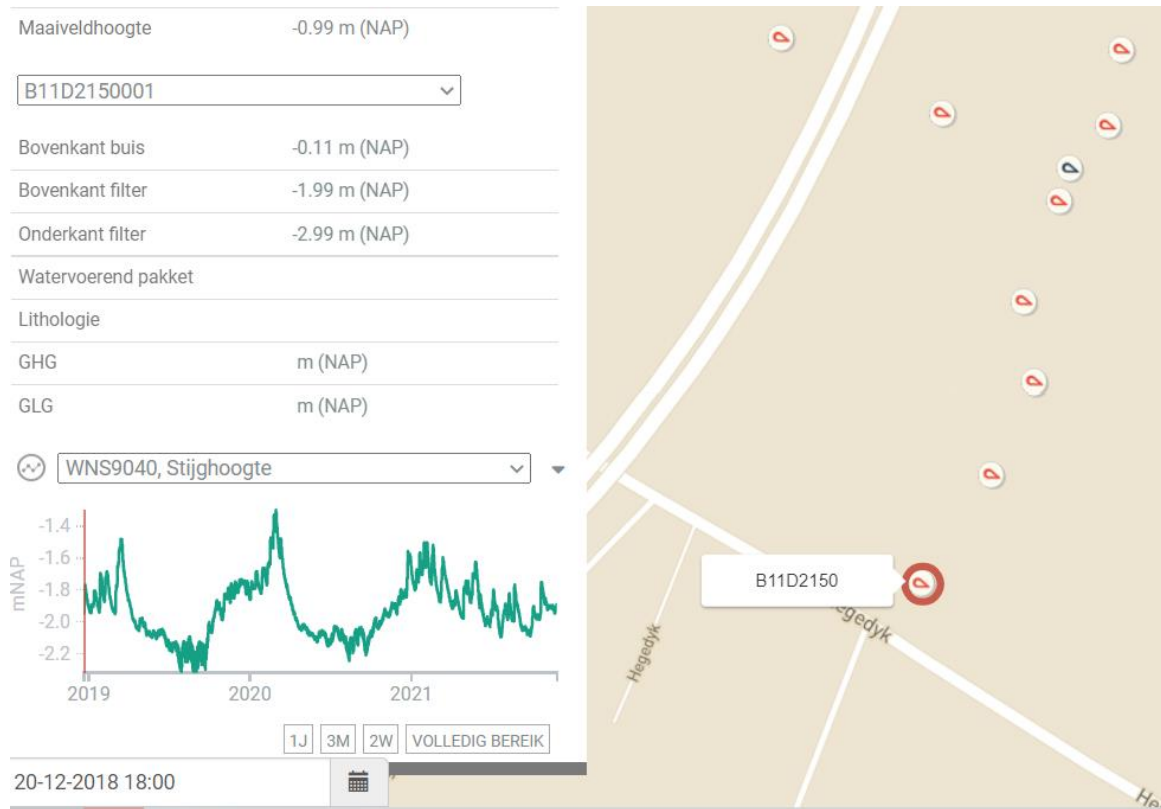
Figuur 26 peilbuis met leem op 1.40 m – mv, peilbuis staat in het bos bij de winning



Figuur 27 Peilbuis 2139, geen leem in de ondergrond



Figuur 28 Peilbuis 2133 met leem op 1.30 m - mv

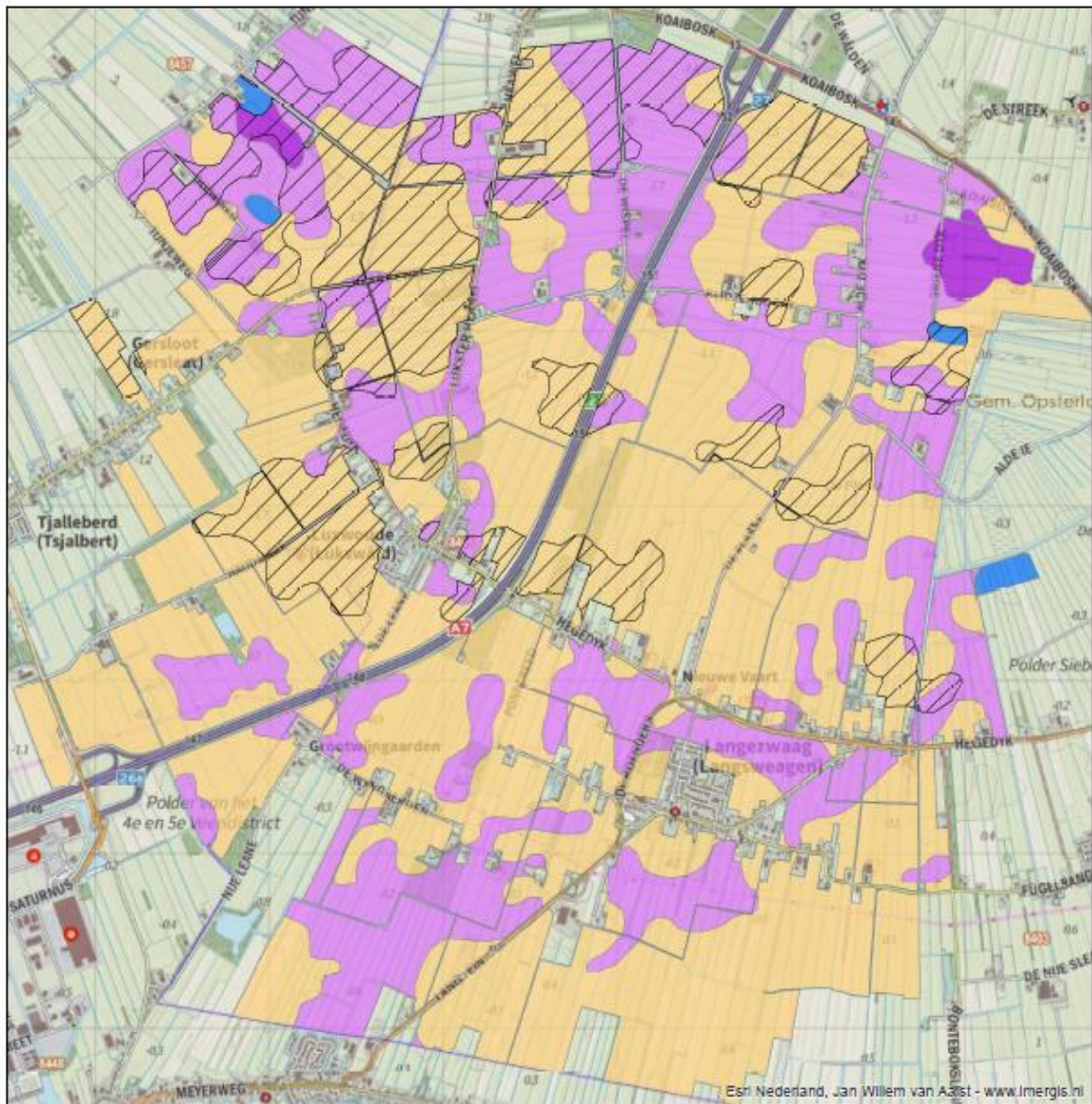


Figuur 29 peilbuis 2150 in het bos met leem op 1.60 m - mv

Bijlage 5 Overzicht peilbuizen met gegevens en inschattingen

peilbuis	leemgrond begint op m - mv	inschatting		grond- water- fluctuatie	opmerkingen
		GLG m - NAP	GHG m - NAP		
Vitens					
B11D2133	1.30	2	1,45	0,55	erf, op de rand van een parkeerplaats en grasveldje naast woning
B11D2134	4.00	2,2	1,65	0,55	filter vanaf 2 m, lb, omgeving Gt IIIb
B11D2135	2.60	2,1	1,35	0,75	filter vanaf 2 m, lb, omgeving Gt IV
B11D2136	0.80	1,95	1,5	0,45	filter vanaf 9 m, lb, omgeving Gt IIIb
B11D2137		2,3	1,55	0,75	filter vanaf 2 m, lb, omgeving Gt IIIb
B11D2138		2,35	1,9	0,45	filter vanaf 1 m, lb, omgeving Gt IV
B11D2139	geen	1,95	1,45	0,5	erf, op de rand van een parkeerplaats en grasveldje naast woning
B11D2140		2,1	1,2	0,9	erf, op de rand van een parkeerplaats en grasveldje naast woning
B11D2141	1.30	2,3	1,25	1,05	filter vanaf 40 cm èn slechte ontwatering, naast natte greppel, lb (omgeving is iets droger met Gt IIIa, met fluctuatie van 65 cm)
B11D2142	2.00	2,25	1,2	1,05	filter vanaf 1 m èn pb in ingesloten laagte lb, omgeving droger met Gt IIIb
B11D2143	1.30	2,2	1,3	0,9	filter vanaf 35 cm èn slechte ontwatering lb, water op het putdeksel, fluctuatie omgeving 0 - 90
B11D2144		2	1,35	0,65	filter vanaf 40 cm èn slechte ontwatering, naast natte greppel, lb
B11D2145				0	bos
B11D2146				0	bos
B11D2147				0	bos
B11D2148				0	bos
B11D2149	1.40	2,8	2,1	0,7	bos, Gt IV
B11D2150	1.60	2,1	1,7	0,4	bos
B11D2151		2,3	1,9	0,4	bos, N.B. deze peilbuis staat 8 m van sloot
Aequator					
L1	1m	2,15	1,2	0,95	leem op 1m en slechte ontwatering
L2		2,25	1,5	0,75	L2 >1,5 m gemengd zwak lemig en lemig zand
L3		1,7	1,15	0,55	zwak lemig zand, "drains lopen altijd":kwel ? Goed ontwaterd
L4					Brouwer
L5					Geertsema
L6		1,25	0,7	0,55	CorCarCenter, goed doorlatend profiel
L7		2,5	1,8	0,7	Maas Hegedyk, drassig mv, maar grw op 40 cm

Bijlage 6: Bodemkaart



Bodemkaart

Legenda:

- Leem binnen 120 cm-mv
- aVz - Veengrond
- Hh43 - Veldpodzolgrond
- pzWp - Moerige grond met zandige eerdlaag
- vWp - Moerige grond met moerige bovengrond

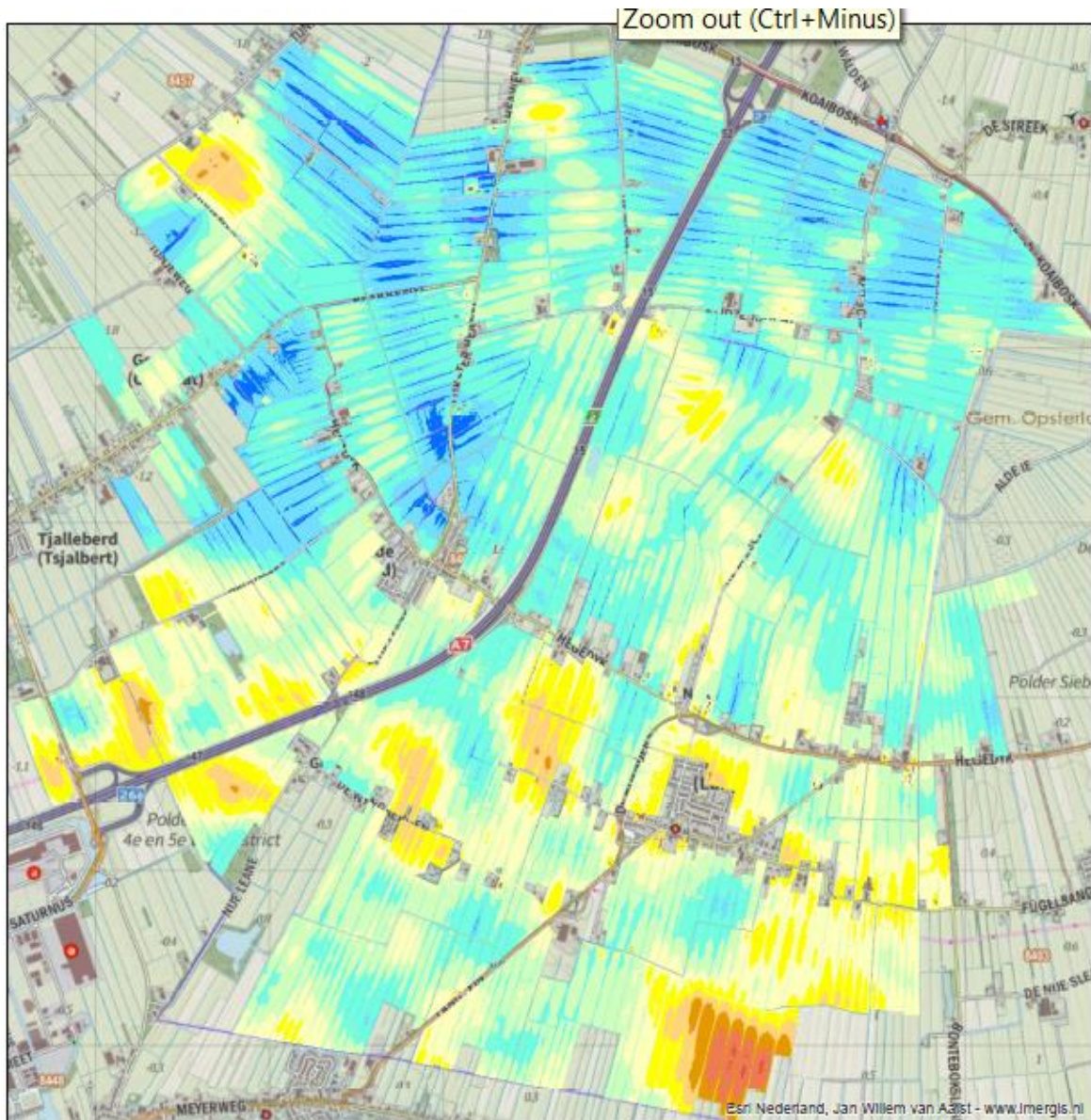
0 0,45 0,9 km




AQUATOR
groen & ruimte

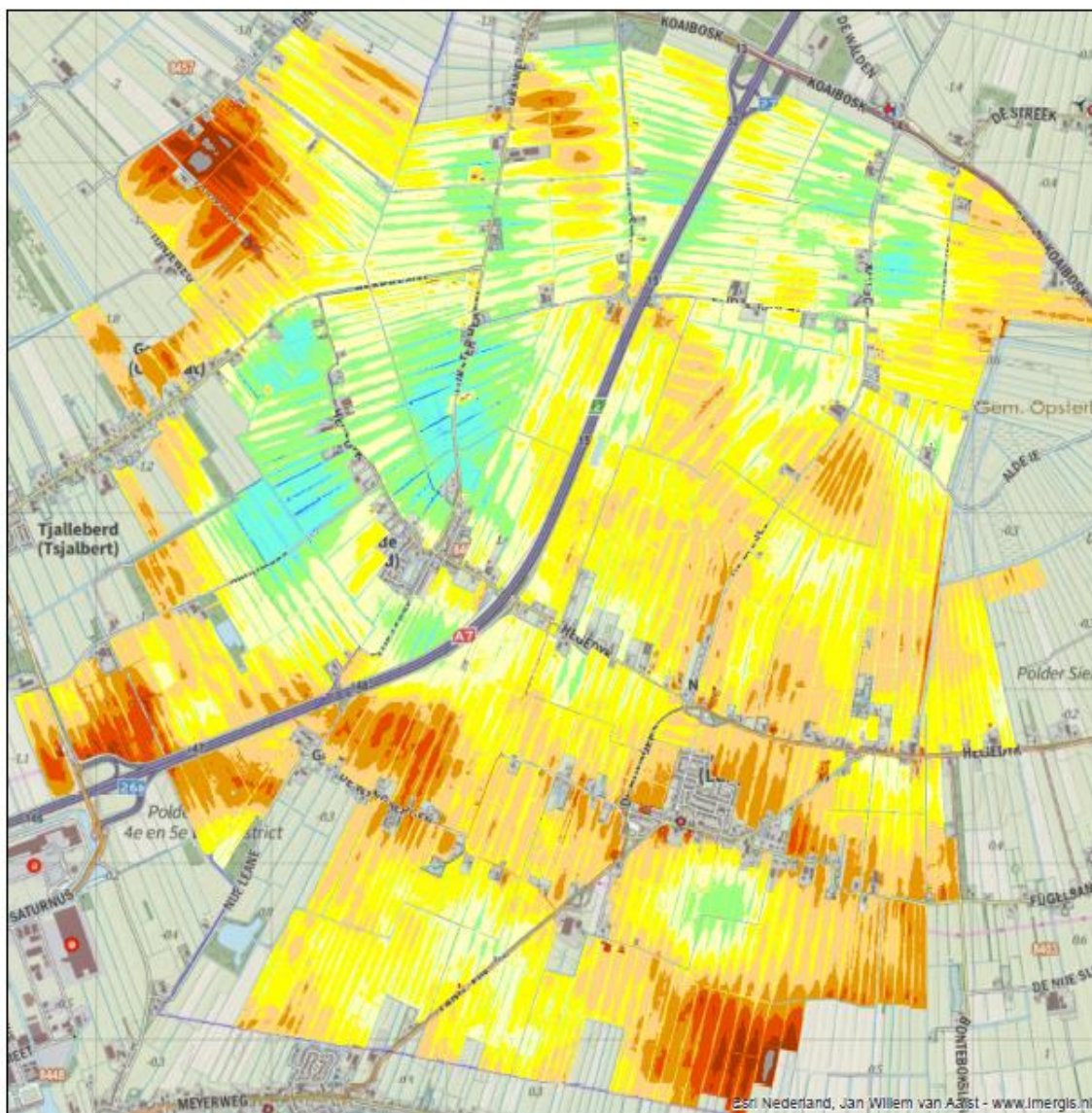
Titel: Bodemkaart
 Project: Waterwinning Luxwoude
 Opdrachtg: Vitens
 Bronnen:
 Datum: 8 april 2022
 Maker: Joani Kannekens & Wiebe Harder

Bijlage 7: GHG Gemiddelde Hoogste Grondwaterstand-kaart



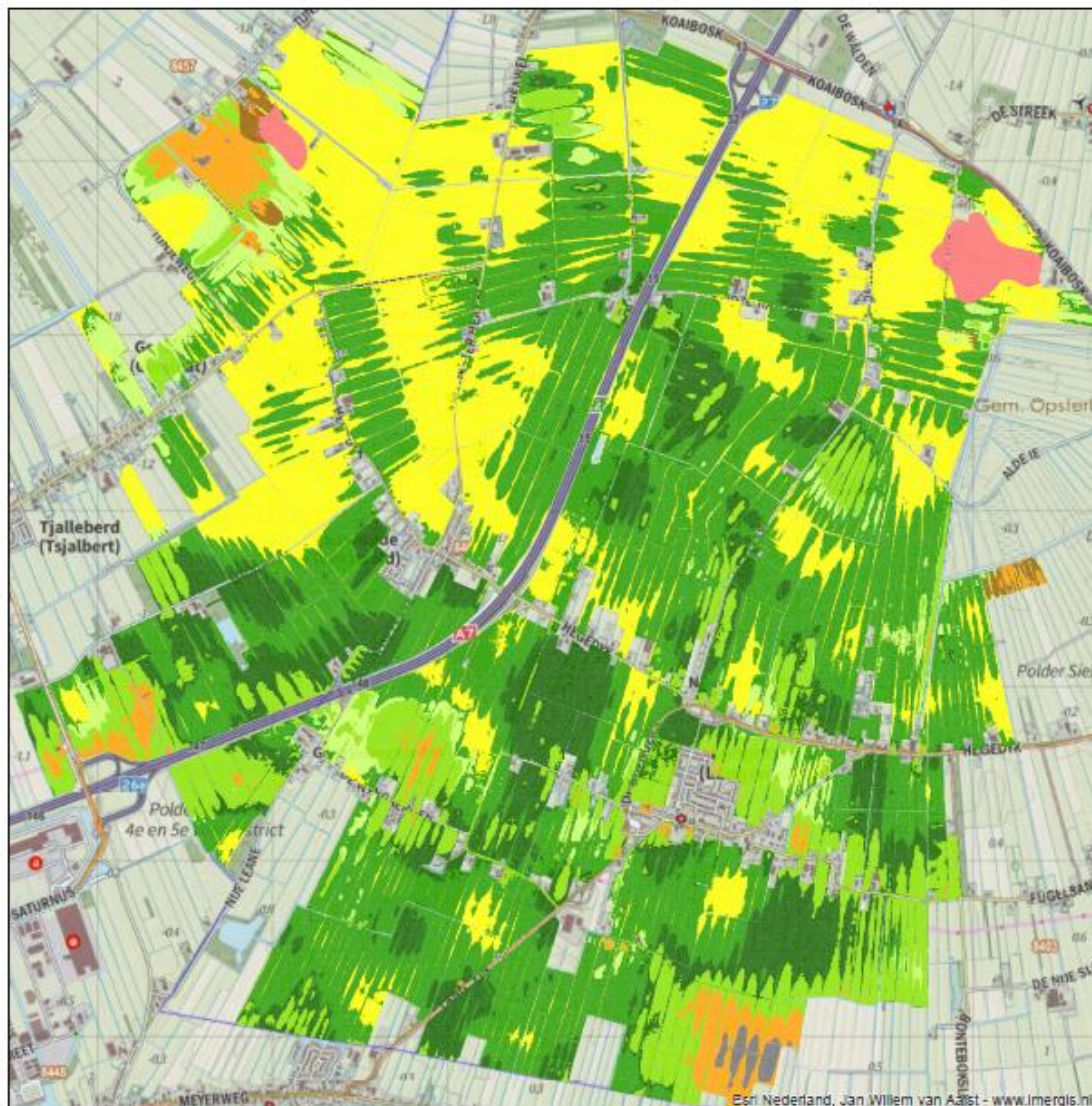
<p>Legenda:</p> <ul style="list-style-type: none"> < 0 cm-mv 0 tm 10 cm-mv 10 tm 20 cm-mv 20 tm 30 cm-mv 30 tm 40 cm-mv 40 tm 50 cm-mv 50 tm 60 cm-mv 60 tm 70 cm-mv 70 tm 80 cm-mv 80 tm 90 cm-mv 90 tm 100 cm-mv >100 cm-mv 	<h2>Gemiddeld hoogste grondwaterstand</h2> 	<p>AQUATOR groen & ruimte</p> <p>Titel: Gemiddeld hoogste grondwaterstand</p> <p>Project: Waterwinning Luxwoude</p> <p>Opdrachtg: Vitens</p> <p>Bronnen:</p> <p>Datum: 8 april 2022</p> <p>Maker: Joani Kannekens & Wiebe Harder</p>
--	--	---


Bijlage 8: GLG Gemiddelde Laagste Grondwaterstand-kaart



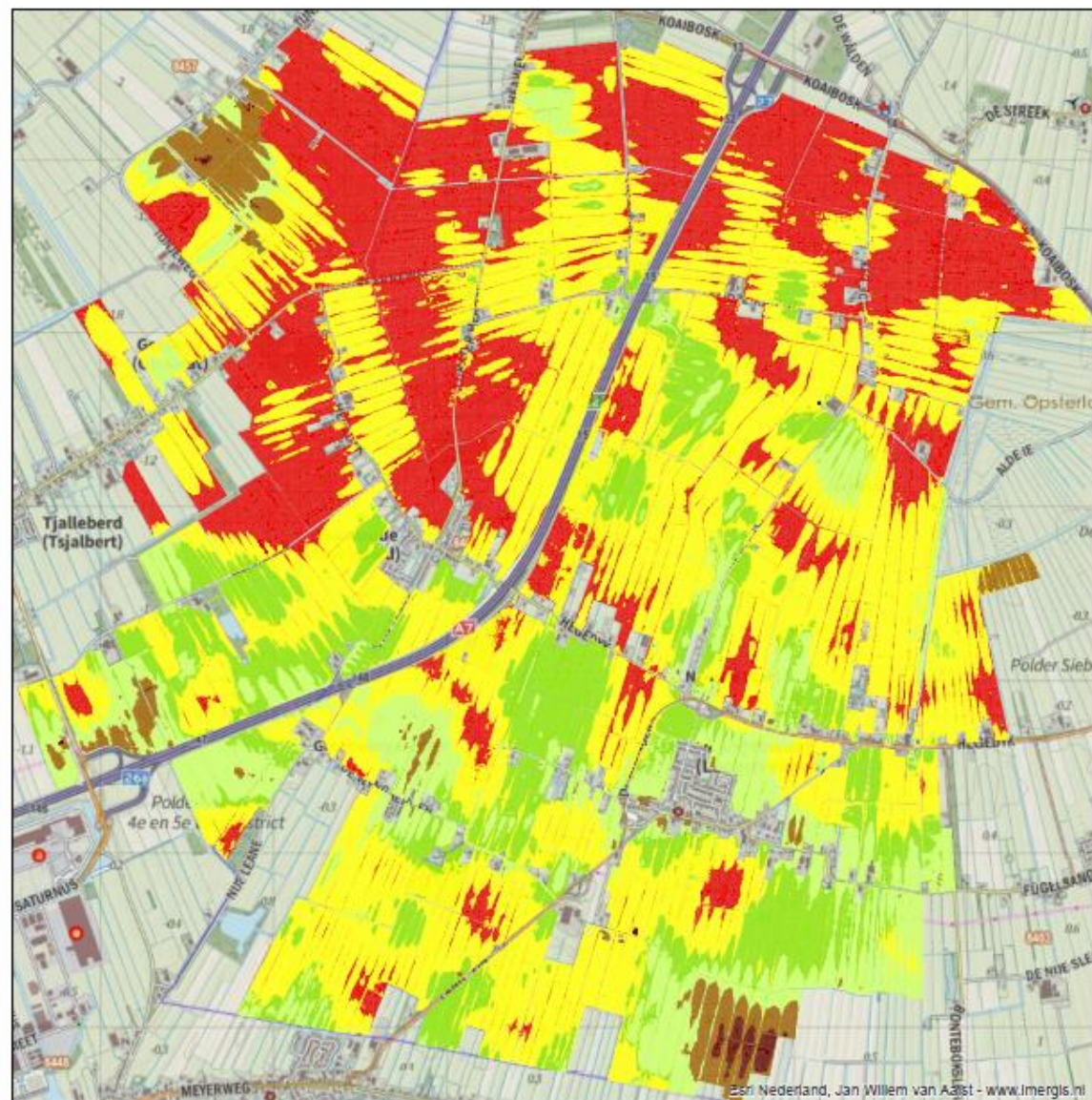
<p>Legenda:</p> <ul style="list-style-type: none"> 50 tm 60 cm-mv 60 tm 70 cm-mv 70 tm 80 cm-mv 80 tm 90 cm-mv 90 tm 100 cm-mv 100 tm 110 cm-mv 110 tm 120 cm-mv 120 tm 130 cm-mv 130 tm 140 cm-mv 140 tm 150 cm-mv >150 cm-mv 	<h2>Gemiddeld laagste grondwaterstand</h2>	<p>AQUATOR groen & ruimte</p>
<p>0 0,45 0,9 km</p>		
<p>Titel: Gemiddeld laagste grondwaterstand</p> <p>Project: Waterwinning Luxwoude</p> <p>Opdrachtg: Vitens</p> <p>Bronnen:</p> <p>Datum: 8 april 2022</p> <p>Maker: Joani Kannekens & Wiebe Harder</p>		

Bijlage 9: Bodemgeschiktheid voor grasland m.b.v. WIB-C



<p>Legenda:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1,1 1,2 1,3 1,4 2,1 2,2 2,3 3,1 3,2 	<h3>Bodemgeschiktheid - Gras</h3> <p>Bodemgeschiktheidsklassen:</p> <p>Klasse 1: Gronden met ruime mogelijkheden Klasse 2: Gronden met beperkte mogelijkheden Klasse 3: Gronden met weinig mogelijkheden</p>	<p>AQUATOR groen & ruimte</p> <p>Titel: Bodemgeschiktheid - Gras</p> <p>Project: Waterwinning Luxwoude</p> <p>Opdrachtg: Vitens</p> <p>Bronnen:</p> <p>Datum: 8 april 2022</p> <p>Maker: Joani Kannekens & Wiebe Harder</p>
<p>0 0,45 0,9 km</p> 		

Bijlage 10: Bodemgeschiktheid voor maisteelt m.b.v. WIB-C



- Legenda:
- 1,1
 - 1,2
 - 1,3
 - 1,4
 - 2,1
 - 2,2
 - 2,3
 - 3,1
 - 3,2

Bodemgeschiktheid - Maïs

Bodemgeschiktheidsklassen:
 Klasse 1: Gronden met ruime mogelijkheden
 Klasse 2: Gronden met beperkte mogelijkheden
 Klasse 3: Gronden met weinig mogelijkheden



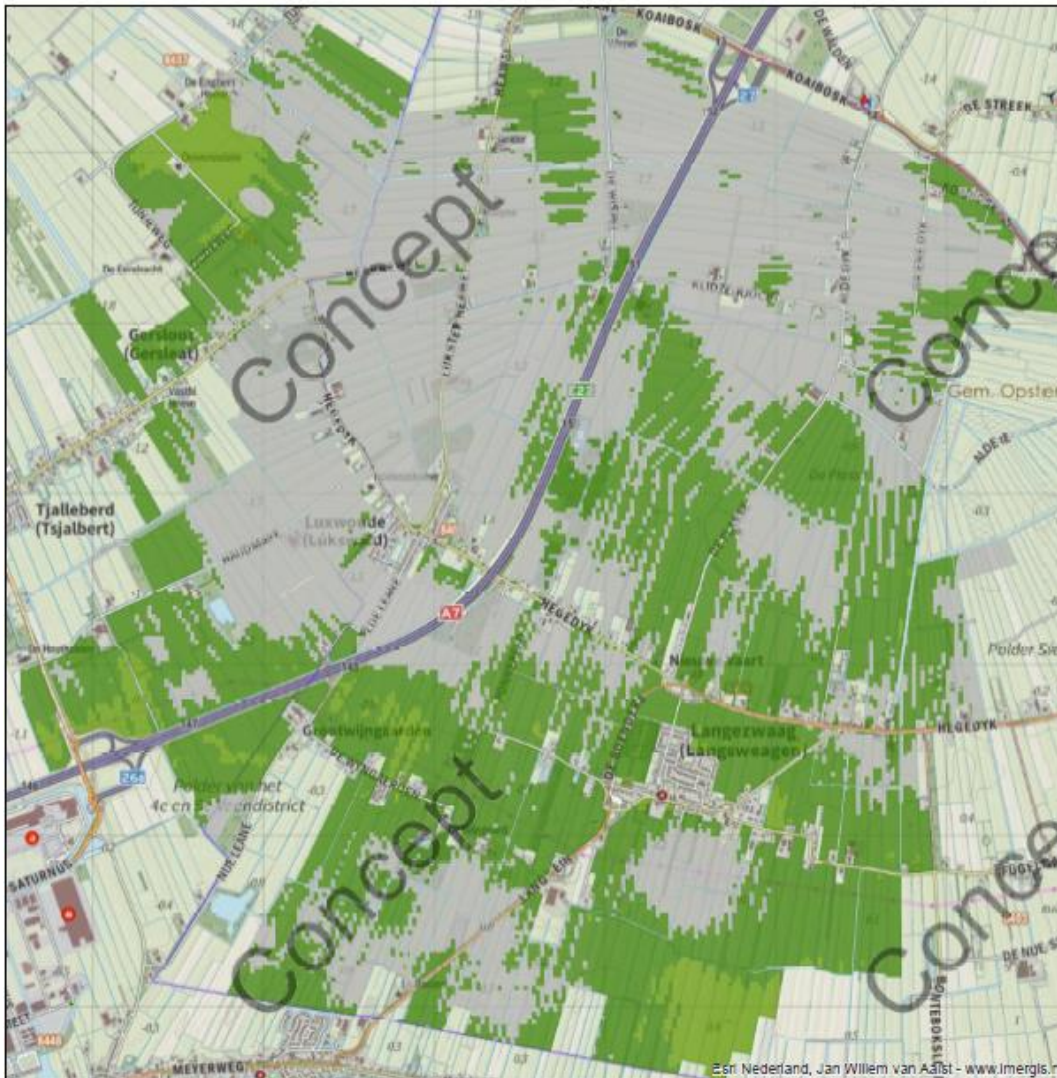
Titel: Bodemgeschiktheid - Maïs
 Project: Waterwinning Luxwoude
 Opdrachtg: Vitens
 Bronnen:
 Datum: 8 april 2022
 Maker: Joani Kannekens & Wiebe Harder

**Bijlage 11: Opbrengstreducties grasland als gevolg van natte omstandigheden
m.b.v. WWL-tabel versie 4.0.0 (Zie voor reden "Concept" toelichting in §3.5.)**



<p>Legenda:</p> <ul style="list-style-type: none"> 0 tot 5% 5 tot 10% 10 tot 15% 15 tot 20% 20 tot 25% 25 tot 30% 30 tot 35% 35 tot 40% 40 tot 45% 45 tot 50% 50 tot 100% 	<h2>Gras - Natte omstandigheden</h2>	<p>AEQUATOR groen & ruimte</p> <p>Titel: Opbrengstderiving (concept)</p> <p>Project: Waterwinning Luxwoude</p> <p>Opdrachtg: Vitens</p> <p>Bronnen:</p> <p>Datum: 11 januari 2022</p> <p>Maker: Joani Kannekens & Wiebe Harder</p>
<p>0 0,45 0,9 km</p>		


**Bijlage 12: Opbrengstreducties grasland als gevolg van droge omstandigheden
m.b.v. WWL-tabel versie 4.0.0 (Zie voor reden "Concept" toelichting in §3.5.)**



<p>Legenda:</p> <ul style="list-style-type: none"> 0 tot 5% 5 tot 10% 10 tot 15% 15 tot 20% 20 tot 25% 25 tot 30% 30 tot 35% 35 tot 40% 40 tot 45% 45 tot 50% 50 tot 100% 	<h2>Gras - Droge omstandigheden</h2>	<p>AQUATOR groen & ruimte</p> <p>Titel: Opbrengstderiving (concept)</p> <p>Project: Waterwinning Luxwoude</p> <p>Opdrachtg: Vitens</p> <p>Bronnen:</p> <p>Datum: 11 januari 2022</p> <p>Maker: Joani Kannekens & Wiebe Harder</p>
---	--------------------------------------	--


Bijlage 13: Opbrengstreducties maisland als gevolg van natte omstandigheden m.b.v. WWL-tabel versie 4.0.0 (Zie voor reden "Concept" toelichting in §3.5.)



<p>Legenda:</p> <ul style="list-style-type: none"> 0 tot 5% 5 tot 10% 10 tot 15% 15 tot 20% 20 tot 25% 25 tot 30% 30 tot 35% 35 tot 40% 40 tot 45% 45 tot 50% 50 tot 100% 	<h2>Mais - Natte omstandigheden</h2>	<p>AQUATOR groen & ruimte</p> <p>Titel: Opbrengstderiving (concept)</p> <p>Project: Waterwinning Luxwoude</p> <p>Opdrachtg: Vitens</p> <p>Bronnen:</p> <p>Datum: 11 januari 2022</p> <p>Maker: Joani Kannekens & Wiebe Harder</p>
<p>0 0,45 0,9 km</p> 		

Bijlage 14: Opbrengstreducties maisland als gevolg van droge omstandigheden m.b.v. WWL-tabel versie 4.0.0 (Zie voor reden "Concept" toelichting in §3.5.)



<p>Legenda:</p> <ul style="list-style-type: none"> 0 tot 5% 5 tot 10% 10 tot 15% 15 tot 20% 20 tot 25% 25 tot 30% 30 tot 35% 35 tot 40% 40 tot 45% 45 tot 50% 50 tot 100% 	<h2>Mais - Droge omstandigheden</h2>	<p>AEQUATOR groen & ruimte</p>
<p>0 0,45 0,9 km</p> 	<p>Titel: Opbrengstderiving (concept) Project: Waterwinning Luxwoude Opdrachtg: Vitens Bronnen: Datum: 11 januari 2022 Maker: Joani Kannekens & Wiebe Harder</p>	

Bijlage 15: Achtergronden bij methodiek van beoordelen en interpreteren

Om te komen tot de bodemgeschiktheid is actuele informatie noodzakelijk over de bodemopbouw en de grondwatersituatie. De bodemgeschiktheid geeft aan wat onder de huidige situatie het natuurlijk voortbrengend vermogen is van de grond. Ook andere aspecten zijn van invloed op de bodemgeschiktheid van de grond, zoals ligging van het perceel en het beheer van een perceel. Daarom wordt ook wel gesproken over gebruiksmogelijkheden van gronden.

De bodemgesteldheid, of bodemopbouw

De bodemgesteldheid wordt bepaald door het beschrijven van een bodemprofiel volgens “*Het systeem van Bodemclassificatie, de onderste niveaus*” van Bakker en Schelling (1989). Dit wordt gedaan aan de hand van grondboringen. Bij dit systeem worden bodemlagen onderscheiden in horizonten met ieder een kenmerkende eigenschap op basis van textuur (grondsoort, leem/lutumgehalte, enz.) of bodemvorming (pedogenese). Het ontstaan van de bodem en de bodemvorming heeft een sterke verwantschap met de grondwaterstanden. Dit komt tot uiting in hydromorfe kenmerken, maar ook textuurverschillen en grondsoort worden beïnvloed en beïnvloeden de hydrologische omstandigheden. Of een bodem nat of droog (droogtegevoelig) is wordt enerzijds bepaald door de diepte van de grondwaterstand, maar ook door de profielopbouw van een bodem. Verschillen in bodemopbouw gaan vaak samen met verschillen in hydrologie en daarom worden bij het vaststellen van de eigenschappen van de grond de bodemopbouw en grondwaterstand als eenheid vastgelegd.

De grondwatersituatie

Een heel belangrijke factor op de gebruiksmogelijkheden van een grond wordt bepaald door de grondwaterstand. De hydrologie van een bodemprofiel wordt uitgedrukt in de **GHG** (gemiddeld hoogste grondwaterstand) en de **GLG** (gemiddeld laagste grondwaterstand). De combinatie van een GHG en een GLG levert de **grondwatertrap** (Gt.) op.

Bij een bodemkartering wordt aan de hand van **bodemprofielkenmerken** de Gt. geschat, denk hierbij aan roestverschijnselen in het bodemprofiel (ook wel hydromorfe verschijnselen genoemd). Hoewel de bodemopbouw een sterke relatie met de grondwaterstanden heeft, kan de hydrologische situatie sterk afwijken dan op basis van het bodemprofiel kan worden verondersteld. Een veel voorkomend verschijnsel is dat door de toegenomen ontwatering (sloten, drainage, grondwateronttrekking, e.d.) gronden droger zijn geworden dan op basis van hun ligging en profielkenmerken zou worden verondersteld. Gronden kunnen ook natter zijn geworden door bodemverdichting, stoppen van grondwateronttrekkingen of verandering in het oppervlakte waterbeheer (vasthouden van water, vernattingsprojecten t.b.v. behalen natuurdoelstellingen, e.d.). Bodem profielkenmerken zeggen dus niet alles over de toestand van de gronden en daarom is het belangrijk dat er aanvullende metingen van de grondwaterstanden worden gedaan. Dit doen we door op 1 bepaald moment op verschillende locaties, verspreid door het gebied in open boorgaten de grondwaterstand te meten en te gelijker tijd de grondwaterstanden te meten in freatische grondwaterstandbuizen waarvan de Gt. bekend is. Op deze manier krijgen we inzicht in de grondwaterstanden ten opzichte van de GHG, of de GLG, afhankelijk van het moment van de meting en kunnen daarmee de schattingen op de boorlocaties verifiëren. Gezien de doorlooptijd van het project kunnen we deze zogenaamde **gerichte opname** alleen uitvoeren voor de **GHG situatie**.

De Grondwatertrap kan worden bepaald door in een grondwaterstandbuis gedurende ten minste 8 jaar minstens twee maandelijks de freatisch (het bovenste grondwater) grondwaterstand te meten. Voor een goed inzicht in het grondwaterstandsverloop van een gebied is het van belang de beschikking te hebben over **grondwaterstandbuizen met een langjarige meetreeks** die het grondwaterstandsverloop van het freatisch water weergeven. Bij voorkeur liggen deze buizen binnen het onderzoeksgebied en verspreid over de voorkomende Gt. 's. Om dit te realiseren stellen wij voor aanvullend op de bestaande grondwaterstandbuizen een aantal grondwaterstandbuizen in het gebied te plaatsen en daarin gedurende een half jaar tweewekelijks de grondwaterstand te meten (**tijdelijke peilbuizen**). Met behulp van deze buizen met een korte meetreeks kan meer inzicht worden verkregen in de specifieke hydrologische situatie van het onderzoeksgebied.

De bodem- en grondwatertrappenkaart op perceel schaal

Op bodemkaart wordt de bodemgesteldheid in kaartvlakken weergegeven. Een kaartvlak geeft informatie over de bodemopbouw en de hydrologische omstandigheden in een afgegrensde eenheid. De karteerder grenst een kaartvlak af op basis van profielbeschrijvingen relatieve hoogte ligging, topografie en vegetatie. Landschappelijke veranderingen gaan vaak samen met veranderingen in de bodemopbouw. Het Algemeen Hoogte Bestand Nederland (AHN) is daarom een belangrijke hulpbron bij het afgrenzen van kaartvlakken. Ook veranderingen in vegetatie, (grassenbestand, bomensoort, enz.) topografie (slootdichtheid, ligging van de wegen, enz.) kunnen iets vertellen over de variatie in de bodemgesteldheid. Dit zijn de zogenaamde **veldkenmerken**.

Van een kaartvlak wordt de bodemgesteldheid beschreven volgens een kaarteenheden. Deze kaarteenheden zegt iets over de bodemopbouw en de grondwaterstanden binnen de kaart en geeft daarmee een zo goed mogelijk beeld van de bodemgesteldheid binnen dat kaartvlak.

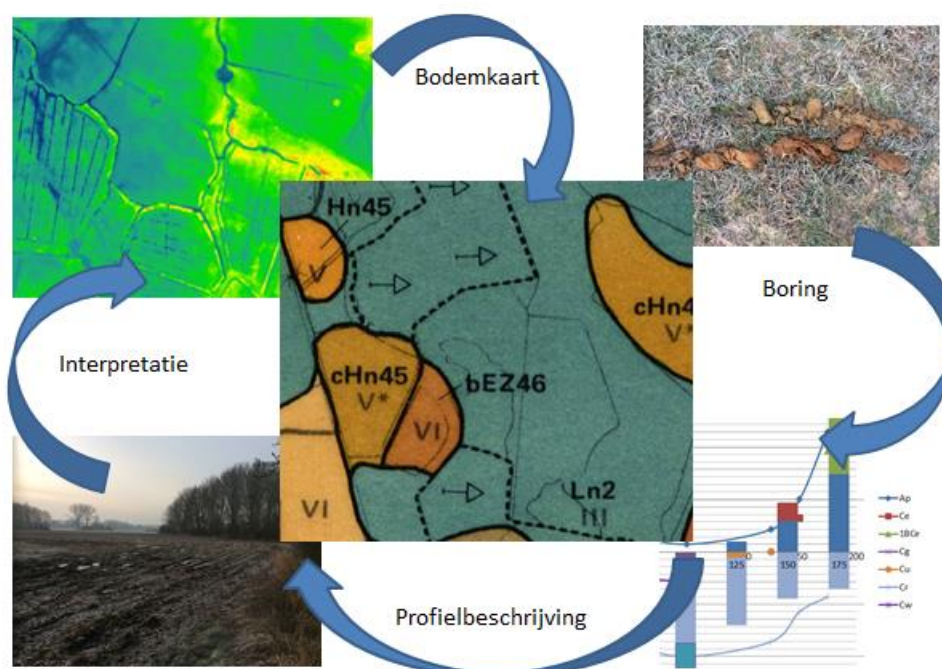
Hoewel een kaartvlak op de bodemkaart als eenheid wordt beschouwd, kan ook binnen een kaartvlak variatie voor komen. De variatie binnen een kaartvlak is grotendeels afhankelijk van de **kaartschaal** (bij een grote schaal kunnen kleinere vlakken worden onderscheiden), van het aantal boringen (hoe meer boringen, hoe meer inzicht in de variatie in de bodemopbouw) en in hoeverre natuurlijke landschappelijke elementen nog zichtbaar zijn (in sterk verwerkte/geëgaliseerde gebieden is de relatie landschap – bodemgesteldheid verstoord).

Om op perceelniveau een uitspraak te kunnen doen over de bodemgeschiktheid, is een bodemkaart vereist waar op ieder perceel een boring is gedaan met een dichtheid van, afhankelijk van de variatie, circa 1 boring per hectare. Met deze aanpak kan een bodemkaart vervaardigd worden waarop eenheden van tenminste 1 ha kunnen worden onderscheiden (zogenaamde schaal 1:10.000). Deze kaartschaal is gangbaar in bijvoorbeeld droogteschade regelingen, ruilverkavelingen of herinrichtingen, waarbij schattingskaarten of ruiklassenkaarten worden gemaakt voor ruiling van gronden.

Algemene uitgangsprincipes beschrijving bodemopbouw:

- Er wordt geclassificeerd conform het Nederlandse classificatiesysteem van De Bakker & Schelling).
- De bodemprofielen worden beschreven conform Ten Cate et al., 1995. De bodemcodes die gebruikt worden zijn volgens de 1:10.000 kartering, ook bij meer gedetailleerde kaartschalen.
- Elk profiel wordt geografisch ingemeten (X,Y coördinaten) met een handheld GNSS-apparaat.
- De boorbeschrijvingen worden opgeleverd in een Excel document waarbij op 1 tabblad de horizont beschrijvingen zijn opgenomen en in een ander tabblad de gegevens per boring zoals GHG, GLG, waargenomen grondwaterstand, bewortelingsdiepte, en dergelijke.
- De bodemkaart wordt opgeleverd in een GIS-bestand (bodemvlakkenkaart), met daarbij de boorpuntgegevens (boorpuntenkaart).

Verzamelen en interpreteren van veldgegevens voor de vervaardiging van een bodemkaart



De bodemgeschiktheid

We bepalen de bodemgeschiktheid met de zogenaamde WIBC methode. (Werkgroep Interpretatie Bodemkaarten C). De methodiek is uitvoerig beschreven door Ten Cate et al., 1995, Deel D (richtlijnen en -voorschriften Deel D: Interpretatie van bodemkundige gegevens voor diverse vormen van bodemgebruik). De methode werkt met zogenaamde beoordelingsfactoren. De **beoordelingsfactoren** kunnen voor iedere vorm van landgebruik verschillend zijn (zie tabel) of een andere weging hebben.

Beoordelingsfactoren en het grondgebruik die worden toegepast bij de geschiktheidsbeoordeling van de gronden

Beoordelingsfactor	Bodemgebruik		
	akkerbouw	weidebouw	bosbouw
Ontwateringstoestand	X	X	X
Vochtleverendvermogen	X	X	X
Stevigheid van de bovengrond	X	X	
Verkruimelbaarheid/bewerkbaarheid	X		
Slempgevoeligheid	X		
Stuifgevoeligheid	X		
Voedingstoestand			X
Zuurgraad			X

Een beoordelingsfactor berust op een combinatie van bodemeigenschappen, bv. textuurorganische stofgehalte, GHG en GLG. De waarde die aan een beoordelingsfactor wordt toegekend wordt gradatie genoemd. Een gradatie is een waarderingscijfer van een bepaald aspect van de bodem voor een specifiek type grondgebruik. Een gradatie wordt aangeduid met de cijfers 1 t/m 5, waarbij een laag cijfer een gunstige omstandigheid aangeeft en een hoog cijfer een ongunstige omstandigheid.

Om tot een beoordeling te komen voor de bodemgeschiktheid worden de gronden geclassificeerd op basis van de beoordelingsfactoren voor een specifiek type landgebruik. De toekenning van een geschiktheidsklasse aan kaartenheden gebeurt met een **sleutel**. De sleutel is een combinatie van beoordelingsfactoren en de daarop toegekende gradatie die leidt tot een geschiktheidsbeoordeling.

Tabel D-34 Sleutel voor de vaststelling van hoofdklassen en klassen van de bodemgeschiktheid voor weidebouw

Ontwaterings- toestand	Vochtleverend vermogen	Stevigheid van de bovengrond		
		1	2	3
1 of 2	1	1.1	1.2	2.1
	2	1.3	1.4	
	3	2.2	2.3	
	4 of 5	3.2		
3	1	1.1	1.2	3.1
	2	1.3	1.4	
	3	2.2	2.3	
	4 of 5	3.2		
4	1	1.2	2.1	3.1
	2	1.3		
	3	2.2	2.3	
	4 of 5	3.2		
5	1, 2 of 3	2.1		3.1
	4 of 5	3.2		

De bodemgeschiktheid wordt vervolgens ingedeeld (zie onderstaande tabel) in **bodemgeschiktheidklassen**. In volgorde worden drie hoofdklassen met afnemende geschiktheid aangegeven, te weten: grond met ruime gebruiksmogelijkheden, gronden met beperkte gebruiksmogelijkheden en gronden met weinig gebruiksmogelijkheden. Binnen de hoofdklassen worden subklassen onderscheiden, maar deze zijn niet in afnemende geschiktheid gerangschikt. De subklassen geven aan op welke gradaties de gronden minder goed, of juist goed scoren. In onderstaande figuur is de bodemgeschiktheidsklasse voor weidebouw weergegeven.

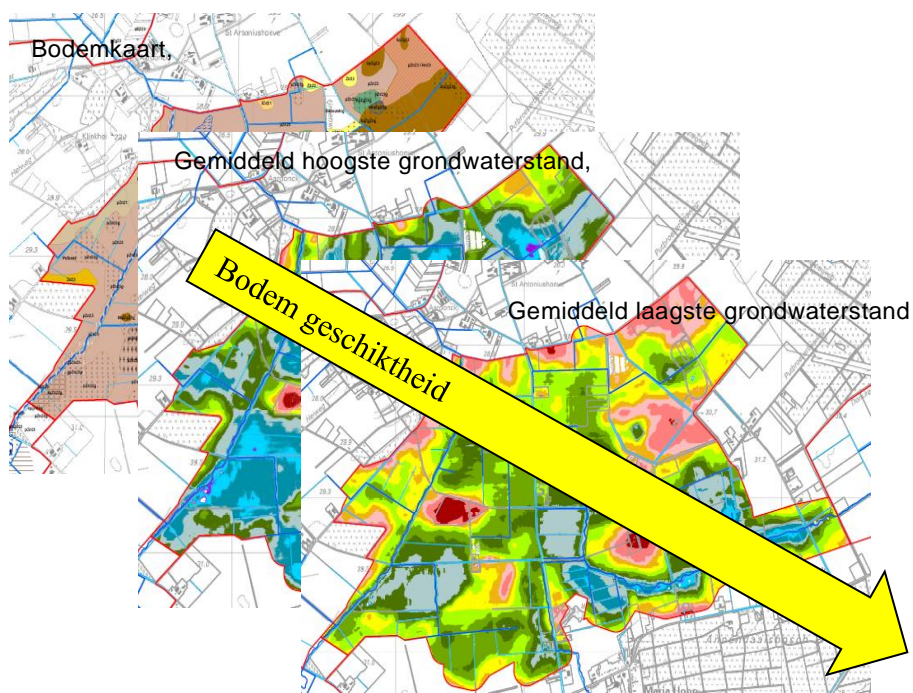
1	Gronden met ruime mogelijkheden
1.1	Hoge bruto-productie; weinig beweidingsverliezen; goed berijdbaar
1.2	Hoge bruto-productie; weinig beweidingsverliezen, behalve in natte jaren; enigszins beperkt berijdbaar
1.3	Hoge bruto-productie, behalve in droge jaren; weinig beweidingsverliezen; goed berijdbaar
1.4	Hoge bruto-productie, behalve in droge jaren; weinig beweidingsverliezen, behalve in natte jaren; enigszins beperkt berijdbaar
2	Gronden met beperkte mogelijkheden
2.1	Hoge bruto-productie; matige beweidingsverliezen; beperkt berijdbaar
2.2	Matige bruto-productie in droge jaren; weinig beweidingsverliezen; goed berijdbaar
2.3	Matige bruto-productie in droge jaren; matige beweidingsverliezen in natte jaren; beperkt berijdbaar
3	Gronden met weinig mogelijkheden
3.1	Matige of hoge bruto-productie; grote beweidingsverliezen; zeer beperkt berijdbaar
3.2	Lage of matige bruto-productie; weinig beweidingsverliezen; goed berijdbaar

Bodemgeschiktheidsklasse voor weidebouw uit: Handleiding bodemgeografisch onderzoek, deel D (Ten Cate et. al., 1995)

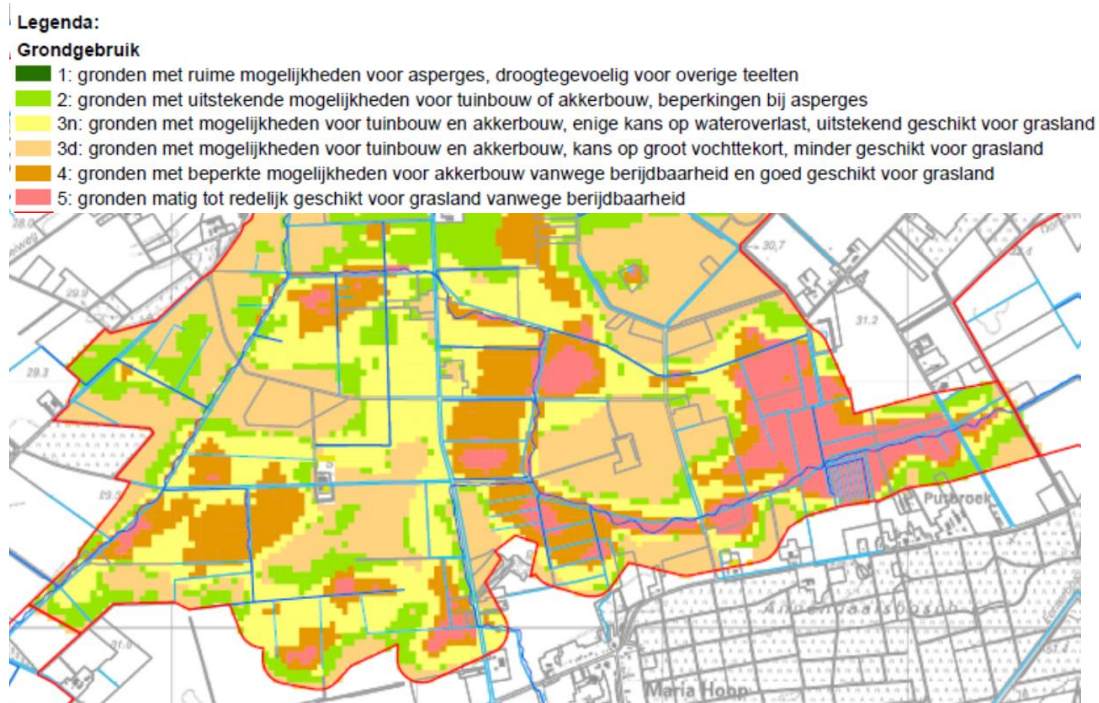
Aan ieder kaarteenheden wordt een bodemgeschiktheid toegekend, zodat er een vlakdekkend beeld ontstaat van de gebruiksmogelijkheden in het gebied. **Deze methode wordt normaal ook gebruikt in ruilverkavelingen om ruilklassen op te stellen of de waarde van de grond te bepalen.**

Fragment van een vlak dekkende geschiktheidsbeoordelingskaart





Figuur: Methodiek om te komen tot bodemgeschiktheid.



Figuur: Voorbeeld van een bodemgeschiktheidskaart

Effecten voortbrengend vermogen (Opbrengstderving, HELP systematiek)

De hierboven beschreven classificatie is een semi-kwantitatief beoordelingssysteem. Het voordeel is dat agrariërs zich veelal herkennen in de indeling van gronden, en de beschreven eigenschappen in de bodemgeschiktheidsklassen.

Om effecten van maatregelen op de opbrengst inzichtelijk te maken gebruiken we de HELP systematiek. In de HELP-tabellen wordt de nat- en droogteschade voor bouwland en grasland per grondwatertrap voor 70 bodemeenheden weergegeven. De schade wordt weergegeven als percentage ten opzichte van de maximaal behaalbare opbrengst en kan ook uitgedrukt worden in geld. Het schadepercentage is gebaseerd op veldonderzoek, praktijkervaring en modelberekeningen. Voordeel van deze methode is dat een geringe verandering in de hydrologische situatie direct tot uiting komt in een verandering van de opbrengstderving, terwijl bij de bodemgeschiktheidsbeoordeling de verandering klasse overstijgend moet zijn om de verandering in gebruiksmogelijkheid te zien. Het gebruik van de (oude) HELP-tabellen staat onder discussie en men is inmiddels bezig met een verbeterde methode onder de naam "*Waterwijzer*". Zolang deze toepassing nog niet beschikbaar is zullen wij gebruik maken van de verbeterde HELP-tabellen uit 2002.

De verwachte toekomstige hydrologische situatie

De bodemgeschiktheidsclassificatie (WIBC) en de berekening van de opbrengstderving (HELP) kan vervolgens opnieuw worden uitgevoerd met behulp van de toekomstige hydrologische situatie, als gevolg van de waterwinning, zoals deze wordt berekend door het grondwatermodel. Deze uitkomsten worden door de opdrachtgever aan ons verstrekt. Per kaartvlak wordt de nieuwe grondwatersituatie (GHG en GLG) bepaald, op basis waarvan de bodemgeschiktheidsclassificatie en berekening van de opbrengstderving plaats gaat vinden. De patronen die het grondwatermodel berekend hoeven niet overeen te komen met de bodempatronen op de bodemkaart. Dit kan tot gevolg hebben dat extremen van de verwachte effecten, b.v. dicht langs een sloot, worden uitgemiddeld binnen een (groter) kaartvlak. In overleg met de opdrachtgever kunnen eventueel bodemvlakken worden opgedeeld om beter recht te doen aan de patronen in de verandering van de grondwaterstanden die het hydrologisch model voorspelt.