

COASTAR

Hydrogeologische referentiesituatie en
voorlopig ontwerp puttenveld brakwaterpilot
Scheveningen (Dunea)



ALLIED WATERS®



Rapport

COASTAR. Hydrogeologische referentiesituatie en voorlopig ontwerp puttenveld brakwaterpilot Scheveningen (Dunea)

KWR 2021.023

Mei 2021

OPDRACHTGEVER

TKI Watertechnologie, TKI Deltatechnologie, en overige partners in kennisprogramma COASTAR

KWALITEITSBORGER(S)

Dr. N. (Niels) Hartog (KWR en UU)

AUTEUR(S)

T.C.G.W. (Teun) van Dooren, MSc (KWR)

Dr. K.G. (Koen) Zuurbier (KWR, thans PWN)

Dr. K.J. (Klaasjan) Raat (KWR)

Dr. J.J.G. (Gertjan) Zwolsman (Dunea)

Ing. P.H. (Pieter) Dammers (Dunea)

VERZONDEN AAN

Projectpartners TKI COASTAR – casus Brakwaterwinning kust(duinen)

STATUS

Dit document is niet openbaar en is uitsluitend bedoeld voor discussiedoeleinden. Aan de inhoud van dit rapport kunnen noch door de opdrachtgever, noch door derden rechten worden ontleend.

Deze activiteit is mede gefinancierd met PPS-financiering uit de Toeslag voor Topconsortia voor Kennis en Innovatie (TKI's) van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat.

JAAR VAN PUBLICATIE
2021

MEER INFORMATIE
E info@coastar.nl
I www.coastar.nl



COASTAR is een initiatief van Allied Waters, Arcadis, Deltares en KWR en wordt ondersteund door en uitgevoerd met bedrijfsleven en overheden in laag Nederland. www.coastar.nl

© Allied Waters, Arcadis, Deltares, KWR

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

Samenvatting

Dunea verwacht een groei in de drinkwatervraag in het voorzieningsgebied. Omdat er in de aanvoer van rivierwater te weinig extra capaciteit kan worden gevonden met het huidige leidingsysteem, wordt er gezocht naar een aanvullende bron voor drinkwaterproductie. Daarnaast is Dunea afhankelijk van een strategische zoete grondwatervoorraad in het duin om drinkwatertekorten tijdens innamestops, bij een onvoldoende rivierwaterkwaliteit of technische calamiteiten in de aanvoer, te overbruggen.

Winning en ontzilting van brakwater kan zorgen voor een extra, hoogwaardige en continue zoetwaterbron om de groei in de watervraag op te vangen. Daarnaast kan winning van brak grondwater een vergroting van de zoete grondwatervoorraad mogelijk maken indien er voldoende extra aanvulling is. Daardoor zullen bestaande diepe winningen minder verziltingsgevoelig zijn, waardoor langere overbruggingsperioden mogelijk worden. De haalbaarheid van brakwaterwinning in Meijndel en Berkheide wordt binnen COASTAR onderzocht met uitgebreide geohydrologische modelberekeningen. Daarnaast zal binnen het EU LIFE project FRESHMAN een veldpilot uitgevoerd worden met als doel te laten zien hoe een brakwaterwinning de strategische zoetwaterreserve kan vergroten en hoe brak grondwater een duurzame bron van drinkwater kan zijn voor Dunea.

Dit rapport beschrijft de aanpak, het tijdsplan, de locatie, en de opzet van de pilot. De pilot zal bestaan uit een puttenveld (winning van brak grondwater en monitoring van effecten) en een zuivering (ontzilting). In maart 2020 is een proefboring verricht, waarbij een eerste waarnemingsput is gerealiseerd (WP FP). Op basis hiervan is het voorlopige ontwerp van het puttenveld tot stand gekomen, wat tevens in dit rapport is beschreven, evenals de geohydrologische referentiesituatie. Het ontwerp van de zuivering valt buiten de scope van dit rapport.

De pilot zal plaatsvinden op het terrein van pompstation Scheveningen van Dunea. Het terrein is vlak, beveiligd en goed toegankelijk, en daardoor een geschikte locatie voor de pilot. Het ligt relatief dichtbij bestaande gebouwen, en aansluitingen van het puttenveld en de zuivering op bestaande infrastructuur (elektriciteit, data, waterleidingen en riool) zijn eenvoudig te realiseren.

In de duinen bij de projectlocatie is tot ca. 85 m-mv een zoetwaterlens aanwezig (watertype F3CaHCO₃+), met daaronder een brakke overgangszone tot ca. 120 m-mv (watertype b2NaCl-). Beneden 120 m-mv is het grondwater zout (watertype S3NaCl). Voor de pilot zal een winput met drie winfilters worden gerealiseerd in de brakke overgangszone. Een tweede winput met een winfilter op ca. 60 m-mv worden gerealiseerd voor de winning van zoet grondwater (overbrugging). Dit watervoerend pakket is hydrologisch gescheiden van de reguliere diepe winpakketten van Dunea door de onderliggende slecht doorlatende Waalre kleilaag. De tweede winput bevat een tweede winfilter op ca. 85 m-mv die tevens zoet/brak water kan onttrekken.

De pilot zal drie jaar duren. Met de brakke winput zal twee jaar lang met ca. 50 m³/uur brak grondwater worden gewonnen, waarbij de grens tussen zoet en brak grondwater verdiept en er zodoende ruimte ontstaat voor de zoete grondwatervoorraad, welke bij voldoende aanvulling kan vergroten. Tijdens de pilot zal niet actief extra aanvulling plaatsvinden, maar zal gebiedseigen omringend zoet grondwater door de grondwaterstandsverlaging ter plaatse van de pilot toestromen. Bij grootschalige toepassing van brakwaterwinning zal extra aanvulling noodzakelijk zijn om een groei van de zoetwatervoorraad te kunnen realiseren zonder elders te resulteren in verliezen van zoet water. Vervolgens zal voor een periode van drie maanden een overbrugging worden gesimuleerd door zoet grondwater met het filter op ca. 60 m-mv te onttrekken met ca. 50 m³/uur. Daarbij zal het grensvlak tussen zoet en brak

grondwater weer terug omhoog bewegen. Vervolgens wordt voor een periode van zes maanden wederom brak grondwater gewonnen, zodat de verdeling tussen zoet, brak en zout grondwater kan herstellen. Het diepe winfilter van de zoete winput kan worden benut voor een sneller herstel. Tenslotte zal voor een periode van drie maanden wederom een overbrugging worden gesimuleerd, maar ditmaal tegelijkertijd met het winnen van brak grondwater.

De winputten worden voorzien van monitoringsvoorzieningen. Daarnaast worden acht aanvullende waarnemingsputten gerealiseerd op verschillende afstanden (5 – 140 meter) van de winputten. De monitoringsvoorzieningen bestaan uit peilbuisfilters, minifilters, zoutwachterkabels, CTD-loggers, Crosshole-ERT kabels en DTS-glasvezelkabels. Bovendien bestaat de mogelijkheid om periodieke geofysische boorgatmetingen uit te voeren. Enkele bestaande diepe waarnemingsputten zijn tevens aanwezig op verschillende afstanden rondom pompstation Scheveningen, welke kunnen worden benut voor de pilot. Met deze voorzieningen kunnen de effecten op de omgeving, en de verdeling van zoet, brak en zout grondwater, uitvoerig gemonitord worden tijdens de bedrijfsvoering van de pilot. Met de proefboring is al enige ervaring opgedaan met de verschillende meettechnieken, waardoor een goede afweging kon worden gemaakt van de monitoringsvoorzieningen in de nog te realiseren putten.

De waterkwaliteitsanalyses die bij de proefboring zijn uitgevoerd laten zien dat Cl, EGV, gesuspendeerd stof, troebelingsgraad, Na, Ca, K, Mg, pH, en HCO_3 in elk geval aandacht vereisen m.b.t. de bedrijfsvoering van de winning. Daarnaast zijn As, B, Ba, Ca, Fe, Mg, Mn, Na, NH_4 , Ni, PO_4 , SO_4 en Sr in ieder geval belangrijke aandachtparameters voor de bedrijfsvoering van de zuivering (RO) van het te onttrekken brakke grondwater. Een aanvullende zuivering vóór de ontzilting (omgekeerde osmose: RO) is daarnaast gewenst om vaste deeltjes af te vangen, die door veranderingen in bedrijfsvoering, door veranderingen in zoutgehalte en door kationenuitwisseling kunnen mobiliseren.

Met de proefboring is ook duidelijk geworden dat er veel aandacht besteed moet worden aan de kwaliteit van de boringen van de overige putten, welke door middel van zuig- en luchtliftboringen zullen worden gerealiseerd. Bij voorkeur wordt schoon geboord (zonder boorspoeladditieven), blijven de boorgaten zo kort mogelijk open staan, en worden alle filters in de putten uitvoerig schoongespoeld. Hierdoor zal de invloed van het werkwater op de latere monitoring zo veel mogelijk worden beperkt. Tijdens werkoverleggen met de boorfirma zal het voorlopige ontwerp uitvoerig besproken worden en zal een duidelijk en werkbaar plan worden gevormd om tot een definitief ontwerp te komen.

Inhoud

Samenvatting	1
1 Inleiding	5
1.1 Aanleiding	5
1.2 Onderzoeksvragen Brakwaterpilot	5
1.3 Doel	6
2 Aanpak pilot	7
2.1 Onderdelen van de pilot	7
2.2 Tijdpad brakwaterwinning	8
3 Pilotlocatie	9
3.1 Locatiekeuze: Pompstation Scheveningen	9
3.2 Bodemopbouw	11
3.3 Grondwaterkwaliteit	17
3.4 Grondwaterstroming	21
3.5 Bestaande diepe waarnemingsputten	22
4 Proefboring	24
4.1 Locatiekeuze	24
4.2 Booractiviteiten	24
4.3 Monsternamen bodemmateriaal	27
4.4 Boorgatmeting in open boorgat	29
4.5 Inrichting waarnemingsput	29
5 Hydrogeologische referentiesituatie	38
5.1 Meetactiviteiten	38
5.2 Bodemopbouw	43
5.3 Verdeling van zoet, brak, en zout grondwater	44
5.4 Grondwaterkwaliteit	48
5.5 Stijghoogte	54
5.6 Temperatuurprofiel	56
6 Voorlopig ontwerp (schematisch)	58
6.1 Overzicht win- en meetlocaties	59
6.2 Dimensionering winput OP1	64
6.3 Dimensionering winput OP2	67
6.4 Dimensionering waarnemingsputten	70
6.5 Overige eisen, wensen en opmerkingen	78
7 Conclusies	83
8 Referenties	85

1 Inleiding

1.1 AANLEIDING

Dunea verwacht een groei in de drinkwatervraag in het voorzieningsgebied. Omdat er in de aanvoer van rivierwater te weinig extra capaciteit kan worden gevonden met het huidige leidingsysteem, wordt er gezocht naar een aanvullende bron voor drinkwaterproductie, als derde bron naast de Lek en de Maas. Brak grondwater (na ontzilting: permeaat) is hiervoor naar verwachting een betrouwbare bron. Door de extreem lage hardheid van permeaat kan door opmenging van duinwater met voldoende permeaat ook voldaan worden aan de wens van verlaagde hardheid.

Daarnaast is Dunea afhankelijk van een strategische zoete grondwatervoorraad in het duin om drinkwatertekorten tijdens innamestops, bij een onvoldoende rivierwaterkwaliteit of technische calamiteiten in de aanvoer, te overbruggen. Diepe putten worden momenteel gebruikt om de ondergrondse zoetwatervoorraad te benutten in tijden van overbrugging, maar veel van deze diepe putten zijn verziltingsgevoelig, waardoor de gewenste overbrugging van drie maanden niet wordt gehaald.

Winning en ontzilting van brakwater kan zorgen voor een extra, hoogwaardige en continue zoetwaterbron om de groei in de watervraag op te vangen. Daarnaast kan winning van brak grondwater een vergroting van de zoete grondwatervoorraad mogelijk maken indien er voldoende extra aanvulling is. Daardoor zullen bestaande diepe winningen minder verziltingsgevoelig zijn, waardoor langere overbruggingsperioden mogelijk worden. Daarom wordt hier binnen COASTAR nader onderzoek naar verricht.

In 2019 is de haalbaarheid van brakwaterwinning in Meijndel en Berkheide onderzocht door middel van uitgebreide geohydrologische modelberekeningen (binnen COASTAR). Daarnaast zal op pompstation Scheveningen een veldpilot uitgevoerd worden, met co-financiering vanuit het LIFE programma van de EU. Dit EU LIFE project ('Freshman') is leidend voor de doelstelling en planning van de pilot brakwaterwinning en geeft de volgende primaire doelen aan:

- Laten zien hoe brakwater een duurzame bron van drinkwater kan zijn voor Dunea. We hebben het dan over duurzame onttrekking (zonder onacceptabele effecten op de omgeving, gedurende 50 jaar) en een duurzame zuivering (geringe fluctuaties in zoutgehalte over de duur van de winning).
- Laten zien hoe de strategische zoetwaterreserve (de zoetwaterbel) kan worden vergroot door brakwaterwinning.

1.2 ONDERZOEKSVRAGEN BRAKWATERPILOT

Beoogd wordt om bij de pilot brakwater te onttrekken en te ontzilten, het resulterende concentraat te lozen, en het permeaat te mengen met duinwater. Deze rapportage richt zich enkel op de geohydrologische aspecten van de pilot. Verschillende onderzoeksvragen zijn daarbij relevant, welke hieronder zijn benoemd. De pilot levert informatie op over het functioneren van het zoet-zout watersysteem op verschillende schaalniveaus. Deze informatie is voor Dunea van belang voor vervolg(modelleer)studies naar toepassing van brakwaterwinning op de schaal van het gehele duingebied.

1.2.1 ONDERZOEKSVRAGEN BRAKWATERWINNING

1. Wat is de herkomst van het brakwater dat wordt onttrokken en hoe verandert de onttrokken brakwaterkwaliteit in de tijd?
2. Hoe snel groeit de zoetwaterlens, hoeveel extra aanvoer van zoet infiltratiewater zou daarvoor benodigd zijn, en wat is de herkomst van het zoete water dat tevens wordt onttrokken?
3. Wat is de reikwijdte en mate van beïnvloeding van de brakwaterwinning op de freatische grondwaterstand?
4. Hoe snel trekt brak grondwater op bij de diepe winning van zoet duinwater (upconing)? Hoe snel is het grensvlak tussen zoet en brak grondwater weer hersteld na een periode van overbrugging bij het opnieuw inschakelen van de brakwaterwinning (downconing)?
5. Hoe dient de brakwaterwinning te worden gestuurd en gemonitord om optimale prestaties te garanderen en beheer te minimaliseren?

1.3 DOEL

Het doel van dit plan van aanpak is om de winning van brak grondwater in de pilot zo concreet mogelijk te omschrijven: doel en onderzoeksvragen, locatiekeuze (inclusief bodemopbouw), voorlopig ontwerp en bedrijfsvoering.

De aanpak van de pilot en het tijdsplan dat daarbij wordt gehanteerd zijn omschreven in hoofdstuk 2. De beoogde pilotlocatie en de lokale en regionale geohydrologie zijn omschreven in hoofdstuk 3. Voor de pilot is reeds een vooronderzoek uitgevoerd middels een proefboring, waarvan de activiteiten en resultaten zijn beschreven in respectievelijk hoofdstuk 4 en 5. Op basis van de uitkomsten van deze resultaten, en op basis van een effectenstudie die is uitgevoerd voor de vergunningverlening (Ogilvie et al., 2020), is het voorlopige ontwerp voor de pilot geconstrueerd in hoofdstuk 6. Het monitoringsplan dat zal worden gevolgd tijdens de pilot maakt geen onderdeel uit van deze rapportage en wordt in een later traject opgesteld.

2 Aanpak pilot

2.1 ONDERDELEN VAN DE PILOT

De pilot bestaat uit vijf verschillende onderdelen of stadia, die geleidelijk worden opgebouwd:

1. Onttrekking van brak grondwater onder de zoetwaterlens en verlaging van het zoet-brak grensvlak;
2. Ontziltling van het onttrokken brak grondwater (brakwater reverse osmosis: BWRO);
3. Lozing van brakwater of het resulterende concentraat (en eventueel permeaat);
4. Menging van permeaat met onttrokken duinwater, gevolgd door na-zuivering;
5. Simulatie van een overbruggingsperiode door 3 maanden lang water uit de zoetwaterlens te winnen ter plaatse van de brakwaterwinning.

Dit rapport richt zich exclusief op de geohydrologische aspecten van de pilot (onderdelen 1 en 5).

2.1.1 ONTTREKKING VAN BRAK GRONDWATER

Brak grondwater dat zich onder de geïnfilterde zoetwaterlens in de duinen bevindt, zal worden onttrokken met als doel de grens tussen zoet en brak grondwater te verdiepen, en daarmee een vergroting van de zoete grondwatervoorraad mogelijk te maken. Deze activiteit zal zorgen voor een verandering in de verdeling van zoet, brak en zout grondwater, en dus voor een verandering van de hydrogeochemie.

Bij onttrekking van brakwater is vooral de ontwikkeling van de brakwatersamenstelling en de resulterende verschuiving van de verdeling van zoet, brak en zout grondwater van belang.

2.1.2 ONTZILTING VAN BRAK GRONDWATER (BWRO)

Een deel van het verkregen brakke grondwater zal worden ontzilt door middel van omgekeerde osmose (RO). Bij deze ontziltling komt nagenoeg gedemineraliseerd water vrij (permeaat) en een concentraat dat dubbel zo zout is (bij 50% recovery) als het brakke grondwater zelf.

2.1.3 LOZING VAN BRAKWATER OF HET RESULTERENDE CONCENTRAAT (EN EVENTUEEL PERMEAAT)

Na zuivering van (een deel van) het brakke grondwater middels RO, zal het resulterende RO-concentraat worden geloosd. Tijdens de pilot zal brak grondwater of concentraat op het riool worden geloosd. Voor een grootschalige toepassing van brakwaterwinning zal lozing van brak grondwater of RO-concentraat zeer waarschijnlijk op zee plaatsvinden, mits dit niet tot onaanvaardbare effecten leidt en de daarvoor benodigde infrastructuur kan worden gerealiseerd. Een alternatief is lozing van RO-concentraat in een dieper watervoerend pakket, of benutting van de concentraatstroom voor andere doeleinden.

2.1.4 MENGING VAN PERMEAAT MET ONTTROKKEN DUINWATER, GEVOLGD DOOR NA-ZUIVERING

Menging van het RO-permeaat met onttrokken zoet duinwater (VOW) zal worden onderzocht om te bezien of benutting voor de drinkwaterproductie praktisch uitvoerbaar is en of de gewenste hardheid (en pH) kan worden bereikt. Door RO-permeaat te mengen met zoet duinwater (verhouding 1:3), kan de algehele hardheid van het drinkwater worden verlaagd zonder dat een klassieke onthardingsstap nodig is. Het mengsel zal vervolgens de reguliere zuiveringsstappen doorlopen (cascadebeluchting en snelle zandfiltratie).

2.1.5 SIMULATIE VAN EEN OVERBRUGGINGSPERIODE

De brakwaterwinning zal onder een nog te realiseren diepe zoetwater winningsput worden geplaatst, welke de strategische grondwaterreserve kan aanwenden tijdens overbrugging. Hierdoor profiteert de diepe zoetwaterwinning optimaal van de verdieping van het grensvlak. Bij het aanschakelen van de diepe zoetwaterwinning tijdens de overbrugging zal het grensvlak weer terug omhoog bewegen.

De belangrijkste onderzoeksvragen betreffen de veranderingen in het zoet-brak grensvlak tijdens een langere overbruggingsperiode en de veranderingen in waterkwaliteit in de brakwaterwinning en de zoete diepwinning tijdens zo'n overbruggingsperiode. Ook de langzame nalevering van brakwater uit diepere kleilagen dient hierbij te worden onderzocht.

2.2 TIJDPAD BRAKWATERWINNING

De pilot beslaat een periode van 3 jaar, opgedeeld in de volgende vier fasen:

- Brakwaterwinning (2 jaar)
- Overbrugging (3 maanden)
- Brakwaterwinning (6 maanden)
- Overbrugging én brakwaterwinning (3 maanden)

2.2.1 BRAKWATERWINNING (2 JAAR)

De eerste twee jaar wordt continue brak grondwater onttrokken met de onttrekkingsfilters. Dit zal gebeuren met een totaal debiet van ca. 50 m³/h. De verwachting is dat het zoet-brak grensvlak door deze brakwaterwinning zal verdiepen. De monitoring is erop gericht om dit proces zo goed mogelijk te volgen.

2.2.2 OVERBRUGGING (3 MAANDEN)

In het begin van het derde jaar wordt gedurende drie maanden een overbruggingsperiode gesimuleerd. Hierbij wordt diep zoet grondwater gewonnen met het overbruggingsfilter. Dit zal gebeuren met een debiet van ca. 50 m³/h. De verwachting is dat het zoet-brak grensvlak door deze onttrekking naar boven zal verschuiven. De brakwaterwinning wordt in deze periode tijdelijk uitgeschakeld om de invloed van de diepe winning op het zoet-brak grensvlak te toetsen.

2.2.3 BRAKWATERWINNING (6 MAANDEN)

Na deze overbrugging wordt de zoete winning uitgeschakeld en de brakwaterwinning weer ingeschakeld (i.e. vergelijkbaar met de eerste fase). De verwachting is dat het zoet-brak grensvlak weer zal verdiepen en dus zal herstellen na de overbrugging. Omdat met meerdere filters wordt onttrokken, kan flexibel worden ingespeeld op het verdiepen van de zoet-brak grens. Gedurende deze periode van in totaal 6 maanden, kan het debiet naar behoefte worden ingesteld, met een maximum van 50 m³/h.

2.2.4 OVERBRUGGING ÉN BRAKWATERWINNING (3 MAANDEN)

Aan het eind van het derde jaar wordt gedurende drie maanden een tweede overbrugging gesimuleerd. Hierbij wordt diep zoet grondwater gewonnen met een debiet van 50 m³/h. Om de invloed van de brakwaterwinning op het zoet-brak grensvlak te testen wordt de brakwaterwinning in deze periode ingeschakeld op 12,5 m³/h (¼ van het windebiet).

3 Pilotlocatie

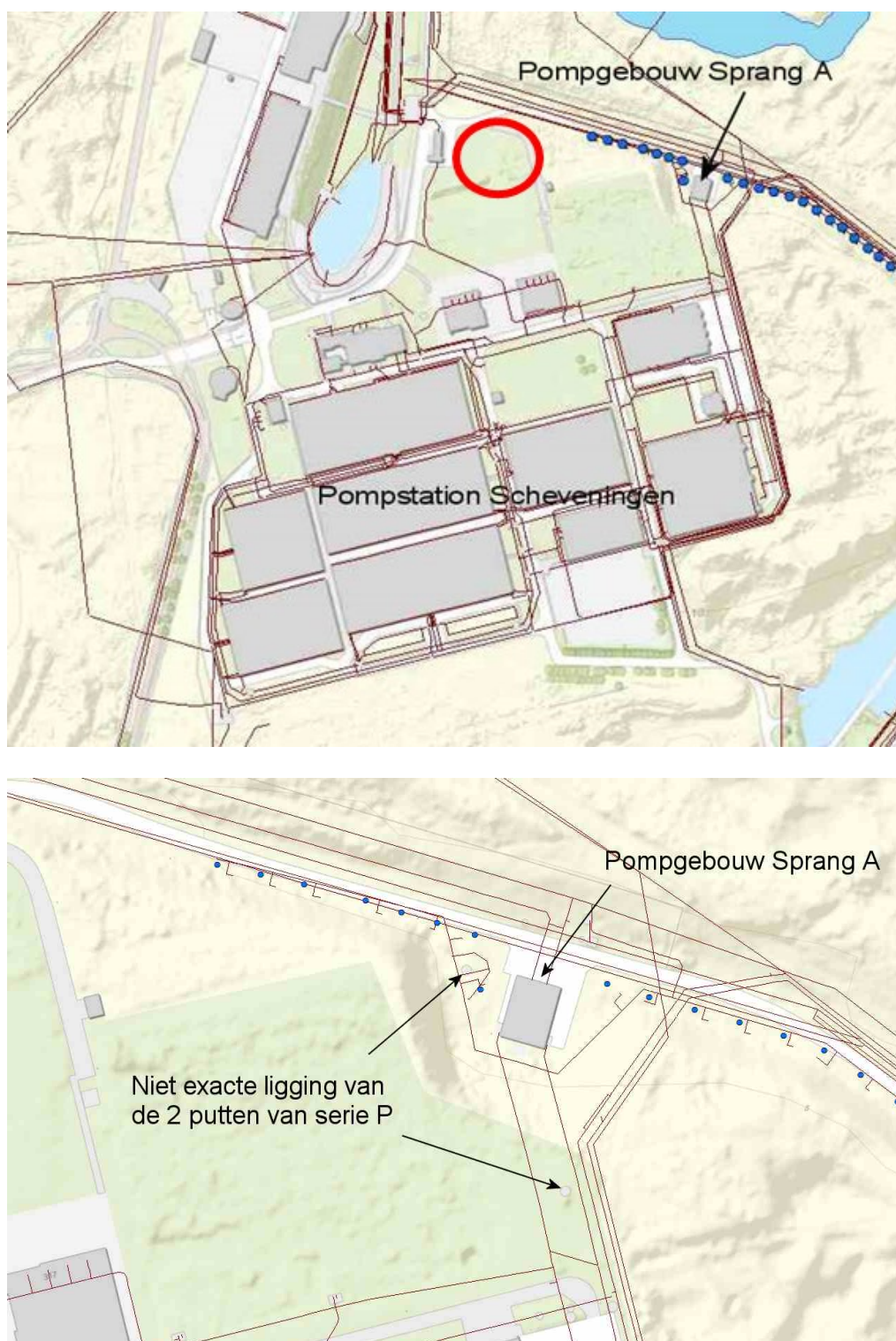
3.1 LOCATIEKEUZE: POMPSTATION SCHEVENINGEN

Meerdere locaties zijn overwogen voor de realisatie van de pilot (Bijlage I). Deze locaties zijn tegen elkaar afgewogen op basis van de verziltingsgevoeligheid, de toegankelijkheid, en de mogelijkheid voor het benutten van permeaat en het lozen van concentraat middels bestaande infrastructuur. Uiteindelijk is gekozen om de pilot te realiseren op het terrein van pompstation Scheveningen. De bereikbaarheid van deze locatie is goed, en er kan mogelijk gebruik worden gemaakt van al aanwezige gebouwen en infrastructuur.

Op het terrein van pompstation Scheveningen zijn reeds putten aanwezig (Winning P in Sprang A: Figuur 3-1), die voorheen behoorden bij de Flip/Flop proefopstelling (Flotatie infiltratie put/Flotatie onttrekking put; Knol en Buijck 1986). Deze putten worden momenteel via een zuigleiding onttrokken met een debiet van ca. 8 m³/uur per put (Figuur 3-5, en Figuur 3-6). De putten zouden mogelijk voor de pilot verbouwd kunnen worden tot serieuze winputten met elk een bronpomp voor de winning van zoetwater en voor de simulatie van een overbruggingsperiode. Echter, rondom deze bronnen zijn veel leidingen aanwezig en is het landoppervlak niet vlak, waardoor de locatie niet optimaal is voor een pilot. Daarnaast wordt beoogd zonneweides te realiseren nabij deze putten. De boorstaten van de Flip/Flop putten geven wel veel informatie over de lokale bodemopbouw bij pompstation Scheveningen.

De rode cirkel in Figuur 3-1 geeft een geschiktere locatie weer voor de pilot. Deze locatie heeft een vlak landoppervlak, ligt direct naast een elektriciteitsvoorziening, en ligt relatief dichtbij bestaande gebouwen waar aansluitingen op riool en waterleidingen gerealiseerd kunnen worden. De pilotlocatie heeft verschillende mogelijkheden om permeaatsromen richting riool, duin of na-zuivering te leiden, waardoor relatief weinig leidingwerk benodigd is. De RO-installatie zal compleet in een nieuw te plaatsen loods worden gerealiseerd direct naast het puttenveld voor de pilot.

Er is bij pompstation Scheveningen inmiddels voldoende mogelijkheid voor lozing van concentraat en overtollig brakwater richting het riool met een maximaal debiet van 50 m³/u en een maximaal toegestane concentratie chloride van 7500 mg/L.



FIGUUR 3-1: LOCATIE VAN DE TWEE AANWEZIGE WINPUTTEN VAN WINNING P BIJ SPRANG A NABIJ POMPSTATION SCHEVENINGEN. DE RODE CIRKEL GEEFT DE TWEEDE MOGELIJKE LOCATIE AAN VOOR DE PILOT BIJ POMPSTATION SCHEVENINGEN. HET GROEN TER ZUIDWESTEN VAN HET POMPGEBOUW VAN SPRANG A WORDT BEOOGD VOOR DE REALISATIE VAN ZONNEWEIDES.

3.2 BODEMOPBOUW

3.2.1 REGIONALE BODEMOPBOUW

De opbouw van de ondergrond is langs drie profielen in kaart gebracht op basis van REGIS II v2.2 en GeoTOP v1.3 (Figuur 3-2, Bijlage II). Uit deze doorsneden blijkt dat de gemiddelde regionale bodemopbouw rondom pompstation Scheveningen grofweg te beschrijven is zoals in Tabel 3-1 is weergegeven op basis van een appelboor die bij pompstation Scheveningen is genomen met REGIS II. In Tabel 3-1 zijn tevens de geohydrologische parameters samengevat weergegeven die gelden voor deze appelboor. De weergegeven dieptes in Tabel 3-1 zijn slechts indicatief, aangezien de bodemopbouw lokaal kan variëren van de gemiddelde opbouw bij pompstation Scheveningen (Bijlage II).



FIGUUR 3-2: TRAJECTEN VAN DRIE PROFIELEN VAN DE BODEMOPBOUW: LINKS: W-O LANGS POMPSTATION SCHEVENINGEN (1), MIDDEN: N-Z VAN POMPSTATION SCHEVENINGEN T/M KLEIN ZWITSERLAND (2), RECHTS: W-O LANGS WINNING HARSTENHOEK (3).

De ondiepe winningen die Dunea momenteel gebruikt voor zoet waterwinning hebben filters in het freatische pakket. De (verziltingsgevoelige) diepere winningen die Dunea tijdens de overbrugging in gebruik neemt hebben filters in het eerste watervoerend pakket (Formaties van Kreftenheye en Urk; Tabel 3-1). Een brakwaterwinning zal in het onderliggende watervoerend pakket worden gerealiseerd (Peize-Waalre Formatie; Tabel 3-1). De diepere Maassluis Formatie (Tabel 3-1) zal niet worden benut in het kader van de pilot. Dit pakket is mogelijk wel interessant voor eventuele toekomstige lozing van RO-concentraat.

TABEL 3-1: SCHEMATISATIE VAN DE REGIONALE OPBOUW VAN DE ONDERGROND TOT CA. -300 M NAP BIJ POMPSTATION SCHEVENINGEN, BEPAALD AAN DE HAND VAN REGIS II V2.2, MET DAARIN DE HORIZONTALE EN VERTICALE HYDRAULISCHE DOORLATENDHEDEN (KH EN KV), HET DOORLAATVERMOGEN VAN GOED DOORLATENDE LAGEN (KD), EN DE WEERSTAND VAN SLECHT DOORLATENDE LAGEN (C) (REGIS II V2.2).

	Formatie	Sub	Top m NAP	Basis m NAP	Dikte m	k_h m/d	kD m^2/d	k_v m/d	c d	Pakket
0	Holoceen	-	5,62	-24,39	30.01					Freatisch pakket
-50	Kreftenheye	zand 2	-24,39	-26,27	1.88	38,68	72,71			Watervoerende pakket voor diepe zoete winning
		zand 3	-26,27	-37,21	10.94	37,90	414,58			
		zand 1	-37,21	-38,24	1.03	26,27	27,06			
	Urk	zand 2	-38,24	-40,69	2.45	26,53	65,00			
		zand 3	-40,69	-46,11	5.42	26,17	141,85			
-100	(Peize-) Waalre	zand 4	-46,11	-47,59	1.48	24,54	36,32			Kleilaag
		zand 5	-47,59	-58,15	10.56	31,65	334,17			
		zand 1	-58,15	-61,43	3.28	11,74	38,52	0,0296	188,24	
		klei 1	-61,43	-67,01	5.58					
		zand 2	-67,01	-80,20	13.19	15,67	206,66			
-150	(Peize-) Waalre	klei 2	-80,20	-89,37	9.17			0,0252	363,27	Watervoerende pakket voor brakwaterwinning, met intermitterende kleilagen
		zand 3	-89,37	-102,19	12.82	12,24	156,88			
		klei 3	-102,19	-106,99	4.8			0,0045	1069,8	
		zand 4	-106,99	-113,92	6.93	11,43	79,21			
		zand 1	-113,92	-114,05	0.13	6,96	0,91			
-200	Maassluis	klei 1	-114,05	-125,30	11.25			0,0035	3177,6	Kleilaag
		zand 2	-125,30	-140,32	15.02	5,23	78,62			
		klei 2	-140,32	-146,73	6.41			0,0032	2020,8	
		zand 3	-146,73	-185,11	38.38	9,14	350,80			
		comple x	-185,11	-222,88	37.77	3,36	127,03	0,0122	3102,73	
-250	Maassluis	zand 4	-222,88	-257,90	35.02	5,25	183,95			-
		Oosterhout	klei 1	-257,90	-302,80	44.9				
-300	Oosterhout	klei 1	-257,90	-302,80	44.9					-

3.2.2 LOKALE BODEMOPBOUW TER PLAATSE VAN POMPSTATION SCHEVENINGEN

Op basis van verschillende gegevens is de bodemopbouw beter in te schatten nabij de pilotlocatie. In de directe omgeving van pompstation Scheveningen zijn vier boormonsterprofielen aanwezig (Figuur 3-3). Een appelboor is genomen binnen de rode cirkel voor de ondergrondmodellen REGIS II v2.2 (Tabel 3-1) en GeoTOP v1.3 (Figuur 3-4). Tenslotte zijn de boorstaten van Flip 1 en Flip 4 op pompstation Scheveningen beschikbaar en weergegeven in Figuur 3-5 en Figuur 3-6.

BODEMOPBOUW TOT CA. -42 MNAP

Van maaiveld tot ca. -42 mNAP zijn zowel de boormonsterprofielen als de boorstaten van de Flip/Flops gebruikt voor een gedetailleerde kartering van de bodemopbouw bij de pilotlocatie. Het bovenste deel van boormonsterprofielen B30G0610, B30G0780, B30G0744, en B30G0611 bestaat tot ca. -42 mNAP met name uit matig grof tot grof zand (Figuur 3-3). In B30G0610 en in B30G0744 is een intermitterende kleilaag van ca. 1-2 meter dik aanwezig op een diepte van ca. -8 mNAP, en in B30G0780 op ca. -17 mNAP. In de profielen van B30G0744 en B30G0611 is daarnaast tussen ca. -18 mNAP en -30 mNAP een dikke kleilaag aangetroffen. Het actieve freatisch pakket wordt zodoende gevormd door de zandige lagen van de Holocene Naaldwijk formatie tot ca. -8 mNAP. De boorstaten van Flip 1 en Flip 4 (Figuur 3-5 en Figuur 3-6) laten een vergelijkbaar patroon zien, met (matig) fijnzandige afzettingen afgewisseld door een ca. 3 meter dikke kleilaag op -7 mNAP en een ca. 3 á 5 meter dikke kleilaag op -17 mNAP.

Van -30 mNAP tot ca. -42 mNAP is bij elk boormonsterprofiel met name matig grof tot grof zand aangetroffen, behorende bij de goed doorlatende Kreftenheye formatie. Het (matig) grove zand is ook aangetroffen in de boorstaten van Flip 1 en Flip 4 tussen ca. -26 mNAP en -43 mNAP, met een fijnzandige laag daarboven tussen -20 mNAP en -26 mNAP. De winfilters van Flip 1 en Flip 4 staan in dit zandige pakket van ca. -24 mNAP tot -41 mNAP.

BODEMOPBOUW TUSSEN -42 MNAP EN -140 MNAP

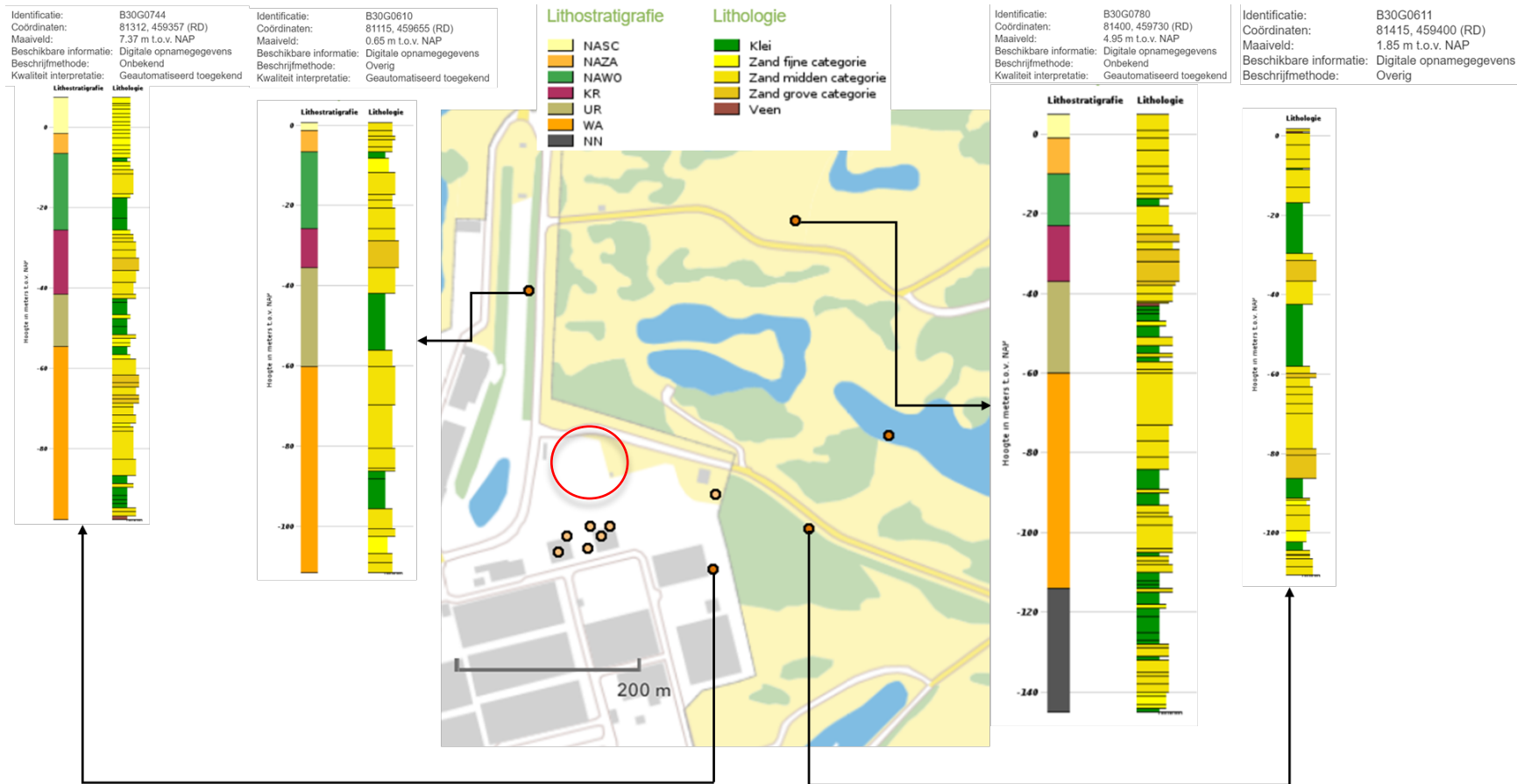
Tussen -42 mNAP en -140 mNAP zijn met name de boormonsterprofielen gebruikt voor een gedetailleerde kartering van de bodemopbouw bij de pilotlocatie. De Urk Formatie, die in Tabel 3-1 tevens wordt beschreven als een goed doorlatende zandige formatie, blijkt volgens de boormonsterprofielen in Figuur 3-3 tussen ca. -45 mNAP en -55 mNAP uit (een afwisseling van zand en) klei te bestaan. Dit is in overeenstemming met de scheidende laag die ook in het regionale model herkenbaar is (Tabel 3-1), en betreft mogelijk Waalre klei 1.

Tussen ca. -55 mNAP en -85 mNAP is matig grof tot grof zand aangetroffen in de verschillende boormonsterprofielen, met daaronder een ca. 5-10 meter dikke kleilaag. Deze lagen behoren respectievelijk bij Peize-Waalre zand 2 en Waalre klei 2. Peize-Waalre zand 3 en 4, en Waalre klei 3 zijn in B30G0780 en B30G0611 herkenbaar als een afwisseling van klei en matig grove zandlagen tussen ca. -95 en -110 mNAP. Peize Waalre zand 2 is het watervoerend pakket dat wordt beoogd voor de winning van brakwater (ca. -55 mNAP tot -85 mNAP). Eventueel kan ook Peize-Waalre zand 3 hiervoor worden benut, indien blijkt dat de daadwerkelijke grens tussen zoet en brak grondwater dieper blijkt te liggen dan verwacht.

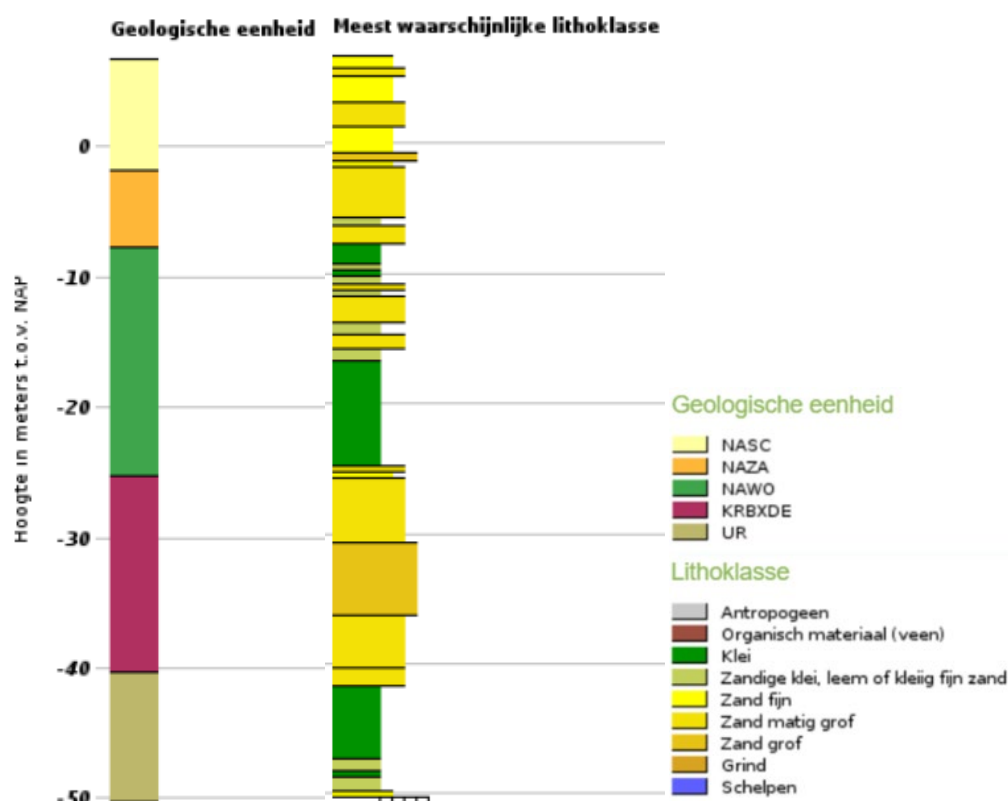
Daaronder is in B30G0780 een ca. 15 meter dikke kleilaag herkenbaar, welke overeenkomt met Maassluis klei 1. De laatste 15 meter van het diepste boormonsterprofiel B30G0780 bestaat uit matig grof zand, toebehorend aan Maassluis zand 1.

BODEMOPBOUW BENEDEN -140 MNAP

Er zijn bij de pilotlocatie geen boormonsterprofielen of boorstaten beschikbaar om de bodemopbouw beneden -140 mNAP gedetailleerder te karteren dan is weergegeven in Tabel 3-1. Zodoende bestaat de ondergrond vanaf -140 mNAP naar verwachting uit de 6,5 meter dikke Maassluis klei 2 met daaronder het 38,5 meter dikke Maassluis zand 2 en het Maassluis complex.



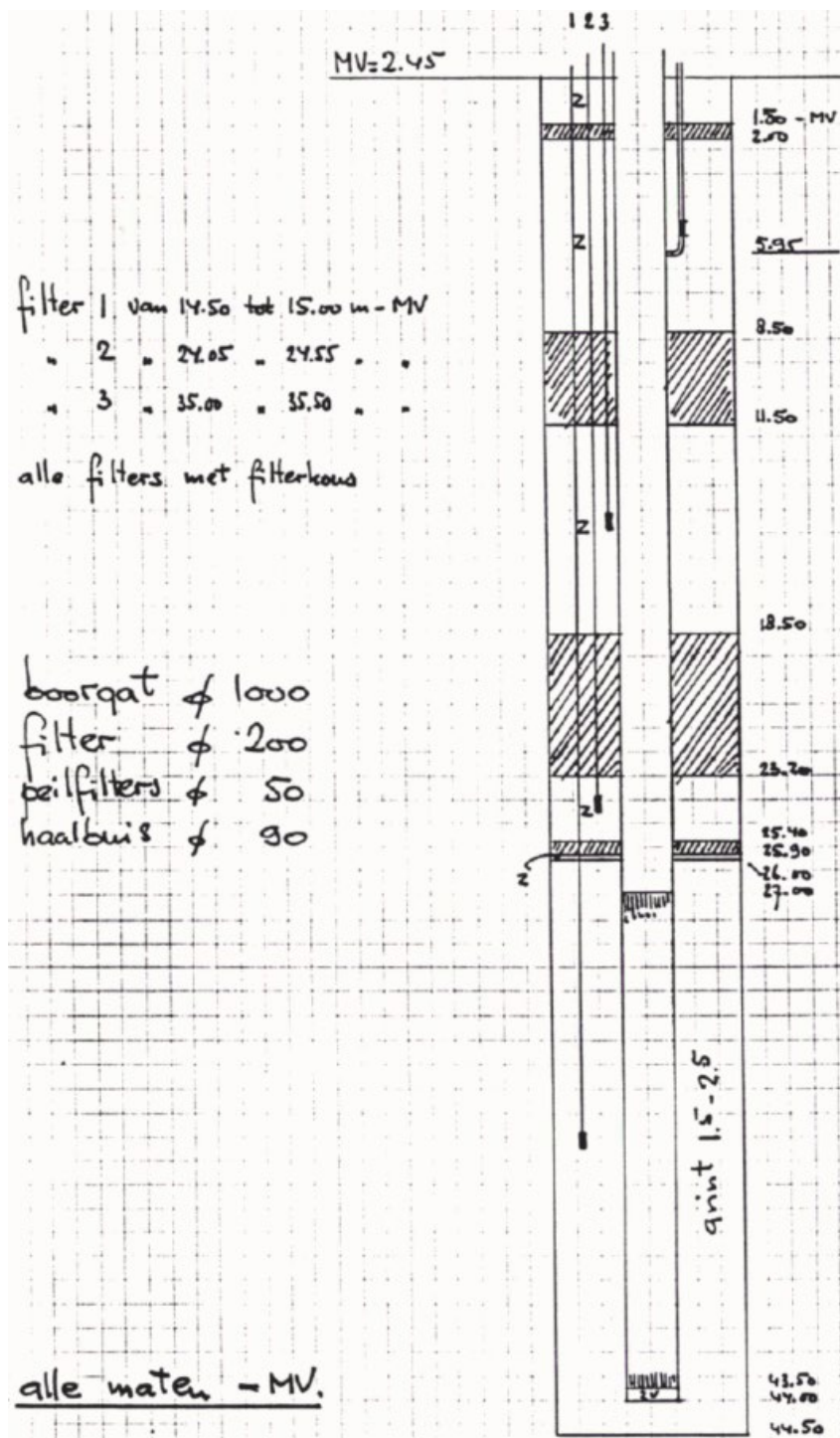
FIGUUR 3-3: LITHOSTRATIGRAFIE EN LITHOLOGIE IN DE DIRECTE OMGEVING VAN DE WAARSCHIJNLIJKE PILOTLOCATIE (POMPSTATION SCHEVENINGEN: RODE CIRKEL), OP BASIS VAN BOORMONSTERPOFIELEN. PROFIELEN DIE NIET ZIJN WEERGEGEVEN ZIJN SLECHTS CA. 4 METER DIEP EN BESTAAT VOLLEDIG UIT FIJN ZAND. DE MAAIVELDHOOGTE OP DEZE LOCATIE IS +7,3 MNAP. DE RODE CIRKEL GEEFT DE WAARSCHIJNLIJKE PILOTLOCATIE WEER.



FIGUUR 3-4: APPELBOOR TER PLAATSE VAN HET POMPGEBOUW VAN SPRANG A VAN WINNING P BIJ POMPSTATION SCHEVENINGEN, MET DAARIN DE GEOLOGISCHE EENHEID EN DE MEEST WAARSCHIJNLIJKE LITHOKLASSE.

Laag no.	Diepte onderkant t.o.v. N.A.P.	Laagdikte	Hoofdbestanddelen en bijmengsels	U- getal	Bijzonderheden
			FLIP 1		
			geboord 9-5-'83 d.m.v. Rotary luchtlift	Ø 600 mm.	
			maaiveld: 2.57+ N.A.P.		
			Filter FLIP 1 van 23.43- tot 40.93- hart T stuk 3.50-		
A	"	" - 3	2.71- " 3.21-		
B	"	" -13	12.71- " 13.21-		
C	"	" -21	20.43- " 20.93-		
D	"	" -36	35.22- " 35.72-		
1	0.43-	3.00	Fz.		
2	0.93-	0.50	Veen		
	1.93-	1.00	Fz.		
4	6.93-	5.00	ma.Fz. sch.h. schgr.h.		
5	9.43-	2.50	Klei		
6	11.93-	2.50	Fz. zw.schgr.h.		
7	16.93-	5.00	mi.Fz. zw.schgr.h.		
8	19.93-	3.00	Klei		
9	27.43-	7.50	mi.Fz.		
10	29.43-	2.00	mi.Grz. schgr.h. grinth.		
11	30.43-	1.00	Grz.		
12	33.43-	3.00	mi.Grz. schgr.h.		
13	34.43-	1.00	Grz. st.grinth.		
14	39.43-	5.00	ma.Grz. zw.schgr.h.		
15	40.43-	1.00	mi.Fz.		
16	41.93-	1.50	ma.Grz.		
17	42.43-	0.50	mi.Grz. Veenh.		
18	42.93-	0.50	Veen		
19	43.43-	0.50	Klei		

FIGUUR 3-5: BOORSTAAT VAN FLIP 1, MET RD-COÖRDINATEN X = 81285,1 EN Y = 459461,6.

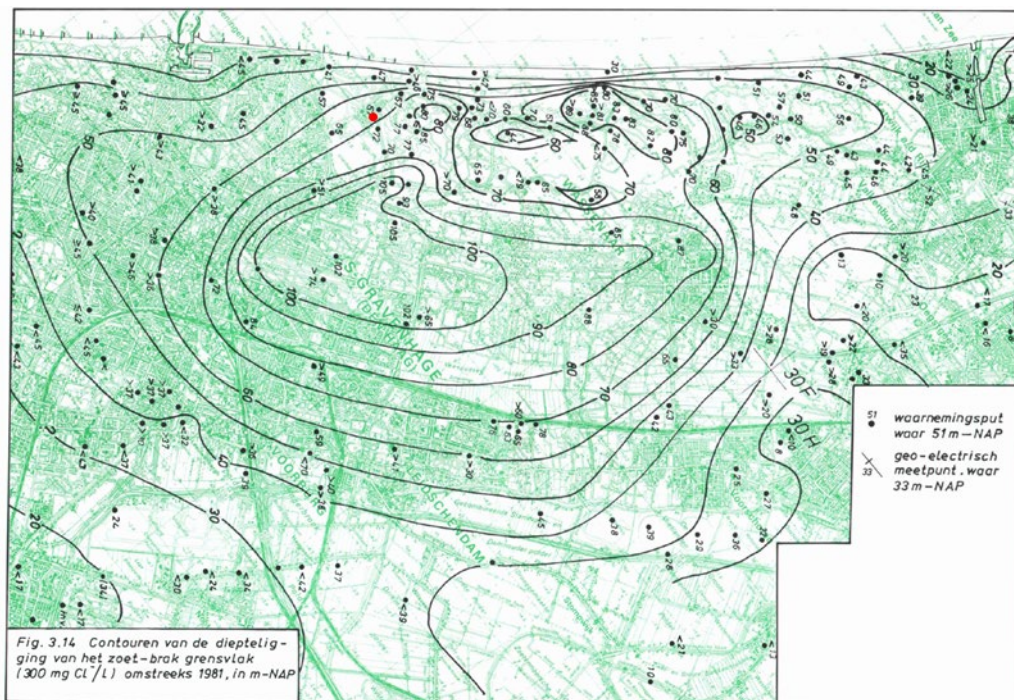


FIGUUR 3-6: BOORSTAAT VAN FLIP 4, MET RD-COÖRDINATEN X = 81284,7 EN Y = 459469,4.

3.3 GRONDWATERKWALITEIT

3.3.1 VERDELING VAN ZOET- EN ZOUT GRONDWATER

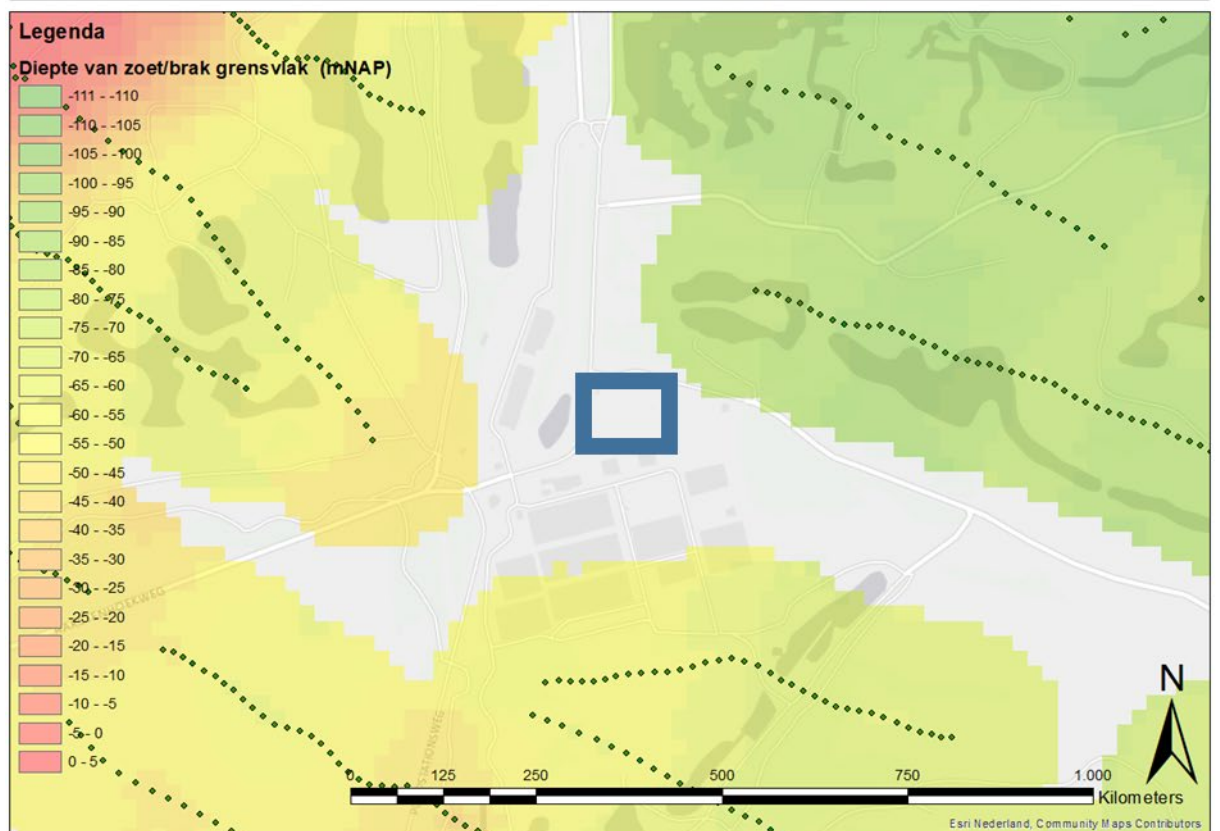
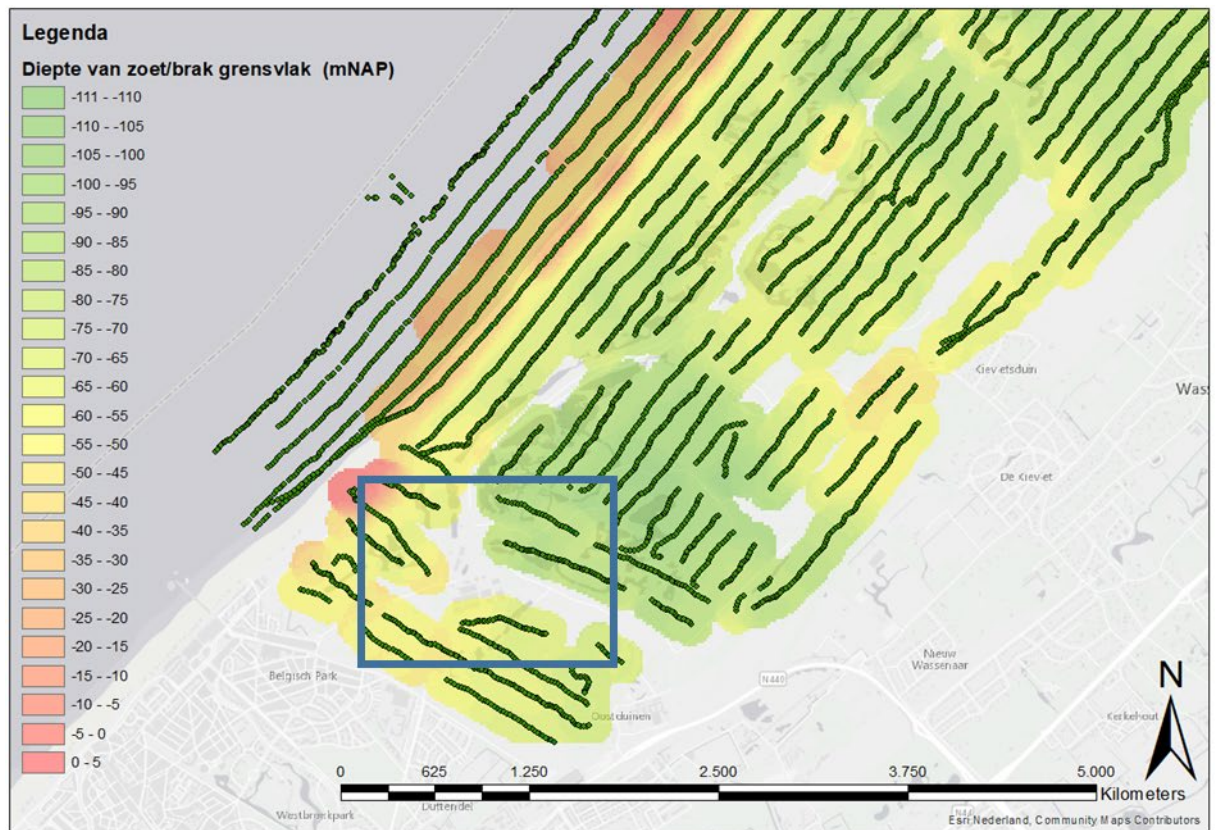
In het SWE-rapport van Stuyfzand et al. (1993) zijn de grondwatertypes in kaart gebracht die in het duin voorkomen op verschillende dieptes, en is tevens bepaald op welke diepte het grensvlak tussen zoet en brak grondwater voorkomt (Figuur 3-7). Nabij pompstation Scheveningen (rode stip in Figuur 3-7) bedraagt deze diepte -67 mNAP á -72 mNAP. Deze diepte kan in de bredere omgeving van pompstation Scheveningen lokaal sterk variëren van -50 mNAP in het zuidwesten bij Den Haag tot -100 mNAP in het oosten.



FIGUUR 3-7: CONTOUREN VAN DE DIEPTELIGGING VAN HET ZOET-BRAK GRENSVLAK (300 MG CL/L), OMSTREEKS 1981, IN MNAP (UIT STUYFZAND ET AL., 1993). DE RODE STIP GEEFT DE LOCATIE VAN DE PILOT WEER. LET OP, HET WESTEN IS IN DEZE FIGUUR NAAR BOVEN GERICHT.

De resultaten van deze studie uit 1981 zijn door activiteiten gerelateerd aan de winning in het duin mogelijk niet meer volledig representatief voor de huidige situatie. Daarom is de diepte van de zoet-brak grens ook benaderd met behulp van SkyTEM-metingen die in november 2011 zijn uitgevoerd (HydroGeophysics Group, 2011) Figuur 3-8. Volgens deze metingen bedraagt de diepte van het zoet/brak grensvlak ca. -60 tot -80 mNAP.

Gezien de gedateerde metingen die gebruikt zijn in Figuur 3-7, en gezien het grijze gebied ter plaatse van de pilotlocatie in Figuur 3-8, zullen een proefboring, boorgatmetingen, en metingen van de grondwaterkwaliteit meer informatie kunnen verschaffen over de diepteligging van dit grensvlak nabij de beoogde pilotlocatie.



FIGUUR 3-8: DIEPTTE VAN HET ZOET/BRAK GRENSVLAK TER PLAATSE VAN DE PILOTLOCATIE, OP BASIS VAN SKYTEM METINGEN (HYDROGEOPHYSICS GROUP, 2011). DE PILOTLOCATIE IS IN DE ONDERSTE FIGUUR BLAUW OMKADERD.

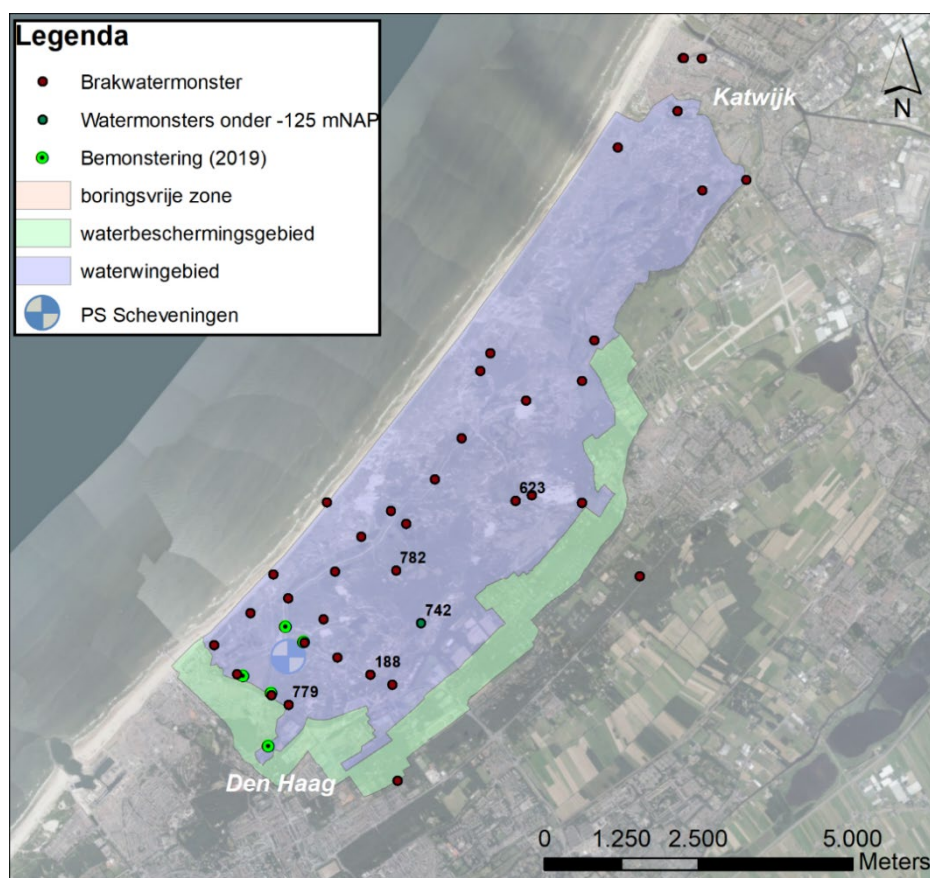
3.3.2 ALGEMENE BRAKWATERKWALITEIT MEIJENDEL-BERKHEIDE

De samenstelling van het brakke grondwater is in het verleden in het gebied bemeten, maar de resultaten zijn beperkt gearhiveerd. Zo zijn ze niet aanwezig in het DINOLoket. Wel is er een rapportage over de hydrochemie en hydrologie van duinen en aangrenzende polders tussen Katwijk en Kijkduin beschikbaar (SWE 93.001 van KIWA, thans KWR). Hierin zijn beschikbare historische metingen vastgelegd en geïnterpreteerd.

Voor de brakwaterwinning wordt beoogd een chlorideconcentratie van maximaal zo'n 7.500 mg/l te onttrekken uit de brakke zone onder de zoetwaterlens. Zo ontstaat na RO met 50% recovery een concentraat met een chlorideconcentratie van 15.000 mg/l. Dit is vergelijkbaar met zeewater voor de kust van dit dungebied. Daarom is uit de database een selectie gemaakt van:

1. Metingen binnen het gebied van Meijendel-Berkheide, waar brakwaterwinning wordt beoogd;
2. Metingen met een chlorideconcentratie van 1000 – 10.000 mg/l.

Dit resulteerde in de selectie van 62 metingen, waarbij niet bij iedere meting de volledige samenstelling is gemeten. Hiermee is de kwaliteit van het brakke grondwater ingeschat voor het hele gebied. In Tabel 3-2 is de gemiddelde, minimale, en maximale concentratie en de mediaan op basis van alle metingen weergegeven. Dit is een gemiddelde van alle waarnemingen van brakwatermonsters, onafhankelijk van hun locatie. Het geeft daarmee een grof beeld, maar wel beïnvloed door historisch gekozen locaties en filterdiepte. Gezien de spreiding van de monsterpunten (Figuur 3-9) is dit acceptabel. Gezien de grote spreiding van het beoogde puttenveld voor grootschalige brakwaterwinning over de gebieden Meijendel/Berkheide zal dit tevens de beste inschatting bieden van het voedingswater van de RO.



FIGUUR 3-9: LOCATIES MONSTERPUNTEN TEN BEHOEVE ANALYSES BRAKWATER.

3.3.3 SPECIFIEKE KWALITEIT BRAKWATER OP PILOTLOCATIE

In de omgeving van de mogelijke pilotlocaties (Klein Zwitserland, Harstenbroek, Pompstation Scheveningen) zijn extra monsters genomen en geanalyseerd. De kwaliteit ter plaatse van het pompstation (peilbuizen WME-WPHO-F7 en WME-WPHO-F8: filters op -85 en -97 mNAP) wordt hier belicht omdat dit de voorkeurslocatie is voor de pilot.

Het bemonsterde brakwater bij Pompstation Scheveningen (Tabel 3-2) laat een kwaliteit zien die in lijn is met de gemiddelde brakwaterkwaliteit in het gebied. In die zin is pompstation Scheveningen geschikt als pilotlocatie. Wel zijn Ca en Mg in een relatief lage concentratie aanwezig, hetgeen met name komt door verzoeting ter plaatse van het filter op -85 mNAP. Dit is ook herkenbaar aan de hogere verhouding Na:Cl in het water bij pompstation Scheveningen ten opzichte de gemiddelde verhouding in het gebied.

TABEL 3-2: GEMIDDELDE VAN GEMETEN WAARDEN IN HET BRAKKE WATER MEIJEDEL-BERKHEIDE

Parameter	Eenheid	Aantal metingen	Gemiddeld	Min	Max	Mediaan	PS_Scheveningen
							(n=2)
EGlab	µS/cm	60	12787	3070	23400	12320	12045
pH	lab	56	7.3	6.6	8.4	7.3	7.6
Na	mg/l	62	2427	240	6100	2177	2416
K	mg/l	57	61	12	240	54	31
Ca	mg/l	62	525	34	1768	496	218
Mg	mg/l	62	274	19	737	263	73
Fe	mg/l	57	8	0	40	6.5	4.7
Mn	mg/l	55	0.9	0.0	3.3	0.7	0.5
NH4	mg/l	55	4.3	0	27	3.1	3.2
SiO2	mg/l	45	25	12	66	24	21
Cl	mg/l	62	4897	1030	9808	4625	4175
SO4	mg/l	58	619	14	1322	622	596
HCO3	mg/l	62	332	60	1829	284	301
NO3	mg/l	50	0.7	0.0	9.7	0.4	<4.9
PO4-o	mg/l	23	1.5	0.4	3.8	1.5	0.1
Al	µg/l	11	2.0	0.0	5.0	2.0	1.5
As	µg/l	11	3.5	0.0	7.6	4.3	4.7
Cu	µg/l	11	0	0	0.8	0	<3
F	µg/l	22	26	0	260	50	<1
Ni	µg/l	11	4.8	2.0	7.0	5.0	<2
Zn	µg/l	11	11	4.0	22	9.0	<5

3.4 GRONDWATERSTROMING

De isohypsen voor de verschillende watervoerende pakketten (WVP) in het onderzoeksgebied zijn verkregen uit het Nederlands Hydrologisch Instrumentarium (NHI) en zijn weergegeven in Figuur 3-10. Deze isohypsen zijn niet nauwkeurig op de schaal waar de pilot zich op richt, maar geeft een eerste beeld van de te verwachten grondwaterstroming.

WVP2 en WVP 3 komen overeen met de Kreftenheye en Urk zanden tot aan de diepte van Waalre klei 1 (ca. -50 mNAP), WVP4 en WVP5 komen overeen met respectievelijk Peize-Waalre Zand 2 en 3, en WVP6 komt overeen met Peize Waalre zand 4 en dieper. De isohypsen in Figuur 3-10 geven allereerst de richting van de grondwaterstroming in de verschillende pakketten weer. Pompstation Scheveningen bevindt zich op een zadelpunt waarbij de netto grondwaterstroming naar het zuidwesten is gericht. Deze grondwaterstroming is aanwezig door de infiltratiepanden die aanwezig zijn ten noordoosten van pompstation Scheveningen, en waar de zoetwaterlens reikt tot de grootste diepte (Figuur 3-8). Met behulp van de in REGIS II v2.2 geschatte hydraulische doorlatendheden (K-waardes) van deze pakketten, kan de magnitude van de grondwaterstroming worden geschat.

De gradiënt tussen de isohypsen is rondom pompstation Scheveningen het grootst in WVP 2 en WVP3 (winpakket zoet grondwater). De gradiënt bedraagt hier maximaal 1,25 m/km, wat met een hydraulische doorlatendheid van ca. 40 m/dag en een porositeit van 0.3 resulteert in een effectieve maximale grondwaterstroming van ca. 60 m/jaar. Omdat de focus van de pilot niet op de winning van zoet grondwater uit WVP2 en WVP3 ligt, is de (significante) grondwaterstroming in deze pakketten niet van groot belang.

De gradiënt in WVP4 en WVP5 (winpakketten brak grondwater) bedraagt maximaal 0,4 m/km rondom pompstation Scheveningen, wat met een hydraulische doorlatendheid van ca. 20 m/dag en een porositeit van 0.3 resulteert in een effectieve grondwaterstroming van ca. 10 m/jaar. De winning van grondwater tijdens de pilot zal een debiet hebben van ca. 50 m³/u. In tegenstelling tot de relatief geringe grondwaterstroming, zal dit debiet in de nabijheid van de pilot de meeste invloed hebben op de verdeling van zoet, brak en zout grondwater (Ogilvie et al., 2020). Wel is het wijs om de puttenlijn van de pilot parallel aan de regionale grondwaterstroming te plaatsen om eventuele effecten door regionale grondwaterstroming uit de resultaten te kunnen filteren.

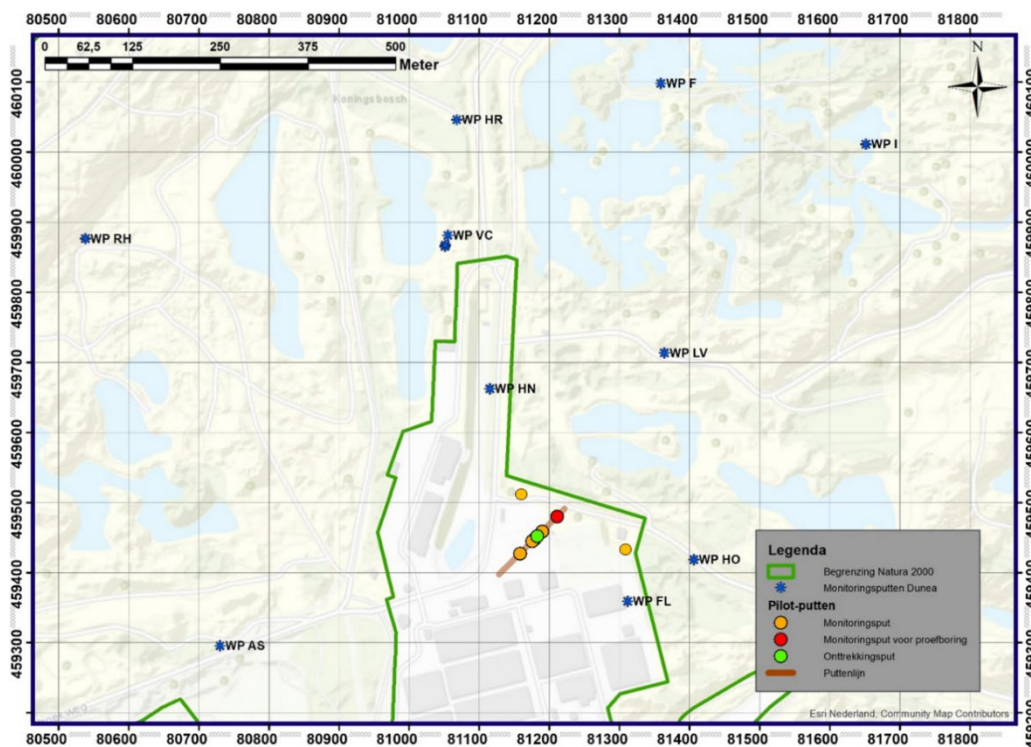
De gradiënt is het geringst in WVP 6 en bedraagt ca. 0,3 m/km, wat met een hydraulische doorlatendheid van 10 m/dag en een porositeit van 0.3 resulteert in een effectieve grondwaterstroming van maximaal 4 m/jaar. Deze grondwaterstroming is te verwaarlozen.



FIGUUR 3-10: ISOHYPSSEN RONDOM POMPSTATION SCHEVENINGEN IN METERS T.O.V. NAP.

3.5 BESTAANDE DIEPE WAARNEMINGSPUTTEN

In de omgeving van pompstation Scheveningen (< ca. 600 meter) zijn diverse diepe waarnemingsputten beschikbaar die kunnen worden benut voor de pilot brakwaterwinning. Hieronder is een overzicht gegeven van de locaties (Figuur 3-11) en specificaties (Tabel 3-3) van de bestaande diepe waarnemingsputten. De specificaties van deze putten worden in de volgende paragrafen nader toegelicht. In de reguliere monitoring van Dunea worden een aantal peilbuisfilters al bemeten.



FIGUUR 3-11: OVERZICHT VAN DIEPE WAARNEMINGSPUTTEN IN DE OMGEVING VAN POMPSTATION SCHEVENINGEN. DE ONTTREKKINGS- EN WAARNEMINGSPUTTEN DIE ZIJN BEOOGD IN DE PILOT ZIJN REEDS AANGEGEVEN IN DEZE FIGUUR EN WORDEN NADER TOEGELICHT IN HOOFDSTUK 6.

TABEL 3-3: SPECIFICATIES VAN DIEPE WAARNEMINGSPUTTEN IN DE OMGEVING VAN POMPSTATION SCHEVENINGEN DIE KUNNEN WORDEN BENUT VOOR DE PILOT. DE GEKLEURDE CELLEN GEVEN DE MATE VAN BRUIKBAARHEID AAN (GROEN = BRUIKBAAR, ROOD = NIET BRUIKBAAR).

	WP LV	WP AS	WP HR	WP HN	WP HO	WP FL (flip flop)	WP VA	WP VB	WP VC	Eenheid	
Aantal filters	8	7	5	9	9	8	3	3	3		
Diameter buizen	52	32	75	18	17	25	28	28	28	mm	
Einddiepte	-138	-78	-102	113	110	-79	75	75	75	mNAP	
Boorbeschrijving	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja		
X	81364	80730	81068	81115	81406	81311	81051	81051	81055		
Y	459713	459295	460046	459662	459418	459358	459865	459867	459881		
Zoutwachter1 (paar 13)	32	-34.5				30				m-mv	
Zoutwachter1 (paar 1)	92	-82.5				90				m-mv	
Zoutwachter2 (paar 13)	89									m-mv	
Zoutwachter2 (paar 1)	149									m-mv	
Afstand OP	323	474	608	223	229	160	436	438	450	m	
Richting	NO	WZW	N	NNW	O	ZO	NNW	NNW	NNW		
Filter 1	-5.05	-3.5		-4	-3.44	-2.5	-5.18	-32.05	-32.14	-32.05	mNAP
Filter 2	-14.05	-14		-16	-13.47	-11.79	-13.68	-53.65	-53.75	-53.65	mNAP
Filter 3	-26.05	-28.5		-62	-19.44	-35.49	-28.18	-75.25	-75.35	-75.25	mNAP
Filter 4	-39.05	-38.5		-80	-30.43	-41.5	-33.18				mNAP
Filter 5	-64.05	-58		-94	-40.44	-68.29	-41.68				mNAP
Filter 6	-81.05	-63			-63.45	-77.28	-53.68				mNAP
Filter 7	-100.05	-78			-84.45	-85.24	-65.68				mNAP
Filter 8	-138.05				-101.47	-97.3	-78.68				mNAP
Filter 9					-113.43	-110.26					mNAP

3.5.1 WP LV

WP LV staat op ca. **323 m** ten noordoosten van OP2 en heeft een einddiepte van ca. -138 mNAP. Deze waarnemingsput heeft 8 peilbuizen waar bemonsteringen in uitgevoerd kunnen worden. De put heeft twee zoutwachterkabels met elektrodeparen tussen -22 en -139 mNAP die 5 meter uit elkaar verwijderd zijn. Verwacht werd dat periodieke boorgatmetingen mogelijk waren de diepste peilbuis, welke een diameter heeft van 52 mm. Bij een recente meetronde bleek dit helaas niet het geval te zijn.

3.5.2 WP AS

WP AS staat op ca. **475 m** ten zuidwesten van OP2 en heeft een einddiepte van ca. -80 mNAP. Deze waarnemingsput heeft 7 peilbuizen waar bemonsteringen in uitgevoerd kunnen worden. De put heeft één zoutwachterkabel met elektrodeparen tussen -27 en -75 mNAP die 4 meter uit elkaar verwijderd zijn. Boorgatmetingen zijn niet mogelijk in de peilbuizen vanwege de te geringe peilbuisdiameter (28 mm).

3.5.3 WP HR

WP HR staat op ca. **600 m** ten noorden van OP2 en heeft een einddiepte van ca. -102 mNAP. Deze waarnemingsput heeft 5 peilbuizen waar bemonsteringen in uitgevoerd kunnen worden. De put heeft geen zoutwachterkabel. Periodieke boorgatmetingen zijn daarentegen wel mogelijk in de diepste peilbuis, welke een diameter heeft van 75 mm.

3.5.4 WP HN & WP HO

WP HN en **WP HO** staan op ca. **225 m**, respectievelijk ten noordnoordwesten en ten oosten, van OP2 en hebben een einddiepte van ca. -110 mNAP. Deze waarnemingsput heeft 9 peilbuizen waar bemonsteringen in uitgevoerd kunnen worden. De put heeft geen zoutwachterkabel en periodieke boorgatmetingen zijn niet mogelijk vanwege de te geringe peilbuisdiameters (17 / 18 mm).

3.5.5 WP FL

WP FL (flip flop) staat op ca. **160 m** ten zuidoosten van OP2 en heeft een einddiepte van ca. -80 mNAP. De put beschikte over 8 peilbuizen maar deze zijn te komen vervallen. De put heeft één zoutwachterkabel met elektrodeparen tussen -15 en -75 mNAP die 5 meter uit elkaar verwijderd zijn. Boorgatmetingen zijn niet mogelijk omdat de peilbuizen zijn vervallen.

3.5.6 WP VA, WP VB & WP VC

WP VA, **WP VB**, en **WP VC** staan op ca. **400 m** ten noordnoordwesten van OP en hebben elk een einddiepte van ca. -75 mNAP. In elke waarnemingsput zijn 3 peilbuizen aanwezig waar bemonsteringen in uitgevoerd kunnen worden. De putten hebben geen zoutwachterkabel en periodieke boorgatmetingen zijn niet mogelijk vanwege de te geringe peilbuisdiameters (28 mm).

4 Proefboring

Een goed inzicht in de reactiviteit van de diepe ondergrond op de pilotlocatie is van groot belang voor het verklaren en begrijpen van hydrogeochemische reacties die kunnen optreden tijdens het onttrekken van brakwater en het vergroten van de zoetwaterlens, en tijdens diep-infiltratie van brakwater-concentraat. Alleen dan is extrapolatie naar andere locaties, aquifers, input kwaliteiten e.d. mogelijk (Raat en Stuyfzand, 2009). Vóór de realisatie van de pilot is het noodzakelijk om de lokale geohydrologie ter plaatse van de gekozen pilotlocatie nader te karakteriseren.

Om op de exacte pilotlocatie meer informatie over de diepe ondergrond te verschaffen, is van maandag 24 februari 2020 tot en met donderdag 12 maart 2020 een proefboring uitgevoerd tot 213 m-mv. Deze proefboring is direct ingericht als waarnemingsput PB4 voor de pilot (WP FP; Figuur 4-5 en Figuur 6-1).

Een totaaloverzicht van het vooraf gehanteerde werkplan is gegeven in Bijlage III. Een overzicht van waarnemingsput WP FP, waaronder een door Haitjema opgestelde eindrapportage van de proefboring, is opgenomen in Bijlage IV. In de volgende secties worden verschillende activiteiten van de proefboring nader toegelicht:

- Locatiekeuze
- Booractiviteiten
- Monsternamen bodemmateriaal;
- Boorgatmeting in open boorgat;
- Inrichting waarnemingsput;

4.1 LOCATIEKEUZE

De proefboring heeft plaatsgevonden op pompstation Scheveningen, ten oosten van het kantoorgebouw en de verzamelkom en direct ten noordwesten van de reinwaterkelders, op het terrein dat is bestemd voor de pilot (PB4; Figuur 6-1). De geohydrologie op de locatie van de proefboring is daardoor ook direct representatief voor de pilot. De exacte coördinaten van de proefboring zijn X = 81211.205 en Y = 459479.625 en zijn nu tevens de coördinaten van waarnemingsput WP FP. De maaiveldhoogte op deze locatie bedraagt ca. +6,25 mNAP.

4.2 BOORACTIVITEITEN

Voor de uitvoering van de proefboring is gekozen voor de boorfirma Haitjema. De reden voor deze keuze is meervoudig:

1. Haitjema heeft naar volle tevredenheid in de afgelopen jaren vele winputten bij Dunea aangelegd. Haitjema heeft direct vóór de proefboring een andere waarnemingsput geplaatst in het duin bij Scheveningen. Haitjema is dus goed bekend met de lokale en regionale geohydrologie in het duin, waardoor de risico's van het mislukken van een boring verkleind worden.
2. Haitjema is bekend met de infrastructuur en kent de risico's van het boren in waterwingebied. In het gebied ligt veel vitale infrastructuur, zorgvuldig werken is daarbij een eis. De kwaliteit van het werk van Haitjema is hoog en dat is een belangrijke vereiste voor het boren in waterwingebied.
3. KWR heeft Haitjema bij vergelijkbare projecten ook ingeschakeld voor de plaatsing van waarnemingsputten. Zo heeft Haitjema bijvoorbeeld ook verschillende waarnemingsputten geboord bij een eerdere brakwaterstudie in Zevenbergen (Noord-Brabant; Brabant Water).

Op het moment van boren was nog niet bekend of, en zo ja, in welk pakket het RO-concentraat zou worden geïnjecteerd. De gewenste einddiepte van de proefboring bedroeg daarom ca. 210 m-mv, wat diep genoeg is om meer inzicht te krijgen in alle watervoerende pakketten en de afsluitende kleilagen die mogelijk benut worden tijdens de pilot. Naast het behalen van deze einddiepte, moet de boormethode bij voorkeur resulteren in een beperkte verstoring van de ondergrond. Een puls boring is een verbuisd boorsysteem en resulteert in een beperkte verstoring van de ondergrond. Een puls boring kan echter doorgaans slechts uitgevoerd worden tot maximaal 150 meter diepte, waardoor het geen geschikte boormethode is voor deze proefboring. Een zuig-/luchtlift boring is daarentegen wel een geschikte boormethode om een einddiepte van 210 m-mv te bereiken. Deze methode is bovendien een voordeligere optie om een eerste beeld te krijgen van de geohydrologische opbouw op deze locatie.

Een zuig-/luchtlift boring is een onverbuisd boorsysteem, waarbij met een boormotor in de mast van de boorstelling (Figuur 4-1a) boorstangen in rotatie worden gebracht in het boorgat (Figuur 4-1b) met aan de onderkant een boorkop (Figuur 4-1c). Om ervoor te zorgen dat het boorgat niet instort tijdens boren, wordt de boorgatwand continu op druk gehouden met boorspoeling. Door de roterende beweging van de boorkop worden aardlagen losgewoeld in het boorgat en komen deze terecht in de boorspoeling buiten de boorbuis. Als werkwater heeft Haitjema gebruik gemaakt van drinkwater afkomstig van pompstation Scheveningen, waardoor het boren geen negatieve invloed heeft op de zoetwatervoorraad van Dunea in het duin. Tijdens zuigboren is de boorspoeling, met daarin werkwater, grondwater en bodemdeeltjes, door de holle boorstangen door een zelf-aanzuigende pomp op de boorwagen aangezogen en doorgepompt naar meerdere aan elkaar geschakelde bezinkbakken waar de grotere vaste bodemdeeltjes bezinken (Figuur 4-1d). Na bezinken loopt de boorvloeistof over in een suppletiebak die is aangesloten op het boorgat. Daardoor is sprake van een circulerende boorvloeistof. Vanwege beperking van de aanzuighoogte van de zelf-aanzuigende pomp bij een zuig boring, is Haitjema op ca. 40 m-mv overgeschakeld van zuigboren naar luchtliften, waardoor het dieptebereik aanzienlijk wordt vergroot en de einddiepte van ca. 210 m-mv kon worden bereikt. De circulatie van de boorspoeling is vergelijkbaar, maar de aandrijvende kracht verschilt. Bij luchtliften wordt op bepaalde diepte boven de boorkop lucht geïnjecteerd in de holle boorstangen, waardoor het gewicht van de boorvloeistof in de boorbuis kleiner wordt dan daarbuiten, en een stroming naar boven ontstaat.

Onverbuisde boormethodes, zoals een zuig-/luchtlift boring, hebben als nadeel dat zoet water van ondiepe niveaus tijdens het boren naar diepere (zoutere) lagen kan infiltreren. Daarnaast kunnen fijne deeltjes in het circulerende werkwater de boorgatwand versmeren, waardoor het boorgat na de boring en na de aanvulling mogelijk niet meer volledig verbonden is met het watervoerend pakket, en de variatie van de grondwaterkwaliteit en -stand in het boorgat mogelijk niet volledig representatief is voor de daadwerkelijke variatie van de grondwaterkwaliteit en -stand in het watervoerend pakket.

Haitjema heeft tijdens het boren gewerkt met drie boorgatdiameters:

- 700 mm van 0 tot 35 m-mv
- 500 mm van 35 tot 110 m-mv
- 400 mm van 110 tot 213 m-mv

Deze boorgatdiameters zijn enerzijds benodigd voor de inrichting van de waarnemingsput, en anderzijds om het boren ook fysiek mogelijk en technisch haalbaar te maken.

Op ca. 100 m-mv heeft Haitjema een hoog werkwaterverbruik geconstateerd, waardoor ca. 15 kg aan Antisol is toegepast (Figuur 4-1e). Antisol is een boorspoeladditief dat aan het werkwater wordt toegevoegd om het water viskeus te houden, en daarmee genoeg tegendruk te creëren om ervoor te zorgen dat de boorgatwand niet instort tijdens het boren bij een hoog werkwaterverbruik. Antisol bestaat uit polymeren van cellulosederivaten, die biologisch goed afbreekbaar zijn en dus zuurstofbindend. Deze boorspoeladditieven zijn ontwikkeld in de drinkwatersector, zonder schadelijke of toxische stoffen. Dezelfde stoffen worden bijvoorbeeld ook toegepast in tandpasta om het dik te houden (Rijkswaterstaat, 2013).



FIGUUR 4-1: A. BOORSTELLING, B. PLAATSING VAN DE BOOR(STANGEN) IN HET BOORGAT, WELKE VANUIT DE SUPPLETIEBAK ONDER DRUK WORDT GEHOUDEN MET DE BOORSPOELING C. BOORKOPPEN MET VERSCHILLENDE DIAMETERS, D. TWEE AANGEENGESCHAKELDE BEZINKBAKKEN EN OP DE VOORGROND DE DAARAAN GESCHAKELDE SUPPLETIEBAK DIE IS VERBONDEN MET HET BOORGAT, E. ANTISOL.

4.3 MONSTERNAME BODEMMATERIAAL

4.3.1 GEROERDE MONSTERS

Haitjema heeft tijdens de proefboring uit de circulerende boorspoeling grondmonsters genomen van het opgeboorde materiaal, voordat het bodemmateriaal bezonk in de bezinkbakken. Vanwege de relatief hoge snelheid van de boorvloeistof in de boorstangen komt het opgeboorde materiaal met slechts geringe vertraging aan maaiveld, waardoor redelijk goede grondmonsters kunnen worden verkregen en de bodemopbouw nauwkeurig kan worden bepaald. Haitjema heeft op deze manier bij iedere meter een geroerd monster van het sediment genomen. Haitjema heeft het sediment in deze monsters visueel gekarakteriseerd in boorkisten in het veld (Figuur 4-2) om tot een boorstaat te komen, welke is opgenomen in Bijlage IV. Het sediment is tevens bewaard voor een latere nadere karakterisering.



FIGUUR 4-2: GEROERDE STEEKMONSTERS AFKOMSTIG VAN 0 TOT 20 METER DIEPTE, GENOMEN DOOR HAITJEMA TIJDENS HET BOREN.

4.3.2 ONGEROERDE STEKKERNEN

Haitjema heeft naast de geroerde monsters in totaal 14 ongeroerde boorkernen gestoken op verschillende dieptes. Het nemen van de ongeroerde monsters is als volgt uitgevoerd (Figuur 4-3):

- Bij het bereiken van de gewenste dieptes wordt het boren steeds even stilgelegd, en wordt een steekapparaat met daarin een PVC-steek kern en aan de onderkant een terugslagklep ingebracht in de holle boorstangen tot de diepte van de boorkop (Figuur 4-3a en b).
- Na het op diepte brengen van het steekapparaat, heeft Haitjema herhaaldelijk een puls (Figuur 4-3c) laten vallen op het steekapparaat, zodat deze steeds dieper de grond in wordt geslagen. Op deze manier wordt de steek kern in het steekapparaat langzaam gevuld met sediment en grondwater van die diepte.
- Zodra het steekapparaat gevuld is, wordt deze weer omhoog getrokken (Figuur 4-3a). De terugslagklep (Figuur 4-3b) zorgt ervoor dat het verzamelde sediment grotendeels in de steek kern blijft zitten.
- Het steekapparaat wordt opengemaakt en de steek kern wordt eruit gehaald (Figuur 4-3d).
- De PVC steek kerns worden afgedopt met paraffine (Figuur 4-3e) en afgesloten met een dop om te voorkomen dat er zuurstof bij kan komen, wat verschillende geochemische reacties op gang kan brengen en ervoor kan zorgen dat de chemische samenstelling van het sediment niet meer representatief is voor de daadwerkelijke samenstelling. Op deze manier kan men ervan uitgaan dat de kernen anoxisch blijven.

De afgedopte kernen (Figuur 4-3f) zijn bewaard in de koeling op het laboratorium van KWR voor een eventuele latere geochemische analyse of voor mogelijke reactiviteitsexperimenten. Een vergelijkbare procedure is toegepast in Noardburgum en Zevenbergen.



FIGUUR 4-3: A. STEEKAPPARAAT DAT WORDT INGEBRACHT IN DE HOLLE BOORSTANGEN, MET DAARIN DE PVC STEEKKERN, B. TERUGSLAGKLEP ONDERAAN HET STEEKAPPARAAT, C. PULS, D. OPENEN VAN HET STEEKAPPARAAT, E. AFDOPPEN VAN DE PVC STEEKKERN MET PARAFFINE, F. AFGEDOPTE STEEKKERNEN.

Op verschillende dieptes was het zeer lastig of niet mogelijk om een steekern te nemen. Als het sediment bijvoorbeeld bestaat uit fijn zand zonder kleifractione, kan het voorkomen dat de terugslagklep het sediment niet kan tegenhouden en het sediment samen met het grondwater uit de steekern loopt. Hierdoor is niet op alle vooraf gewenste dieptes een steekern genomen, en is enkele meters dieper in het boortraject gepoogd om alsnog een steekern te nemen. De uiteindelijke dieptes van de veertien genomen steekmonsters zijn gegeven in Bijlage IV.

4.4 BOORGATMETING IN OPEN BOORGAT

Direct na de proefboring heeft Deltares een open boorgatmeting uitgevoerd om de geohydrologische en geofysische nulsituatie over het gehele diepteprofiel te meten (Figuur 4-4; Bijlage V). Daarbij zijn de volgende parameters geregistreerd:

- Elektromagnetische weerstand (EM)
- Natuurlijke gammastraling

Op basis van deze informatie kunnen de dieptes van zand- en kleilagen die zijn waargenomen tijdens het boren worden gevalideerd, en kan de overgang van zoet naar brak en van brak naar zout grondwater worden bepaald. Met deze informatie is in het veld de exacte inrichting van de waarnemingsput en de aanvulling van het boorgat vastgesteld. Bovendien geeft deze informatie een goed referentiekader voor de monitoringsrondes die plaats gaan vinden in deze put.



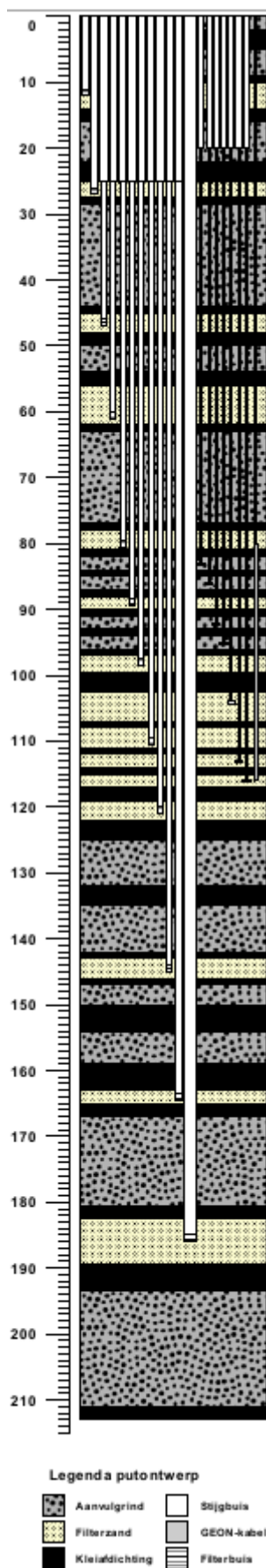
FIGUUR 4-4: UITVOERING VAN DE BOORGATMETING DOOR DELTARES.

4.5 INRICHTING WAARNEMINGSPUT

De proefboring is direct ingericht als waarnemingsput PB4 (WP FP; Figuur 4-5) om meer informatie te verschaffen over de oorspronkelijke grondwaterkwaliteit, maar ook om als een van de waarnemingsputten te fungeren tijdens de pilot en periodiek metingen te kunnen blijven uitvoeren (Figuur 6-1). Aan de hand van de boorbeschrijving (Bijlage IV) en de open boorgatmeting (Bijlage V) is de exacte inrichting van de waarnemingsput en het aanvulschema in het veld bepaald, welke beiden te vinden zijn in Figuur 4-6 en Bijlage IV, en welke in de volgende paragrafen nader worden toegelicht.



FIGUUR 4-5: WAARNEMINGSPUT NA AFRONDING VAN DE INRICHTING.



FIGUUR 4-6: INRICHTING EN AANVULLING VAN HET BOORGAT VAN WP FP.

4.5.1 PEILBUIZEN EN MINIFILTERS

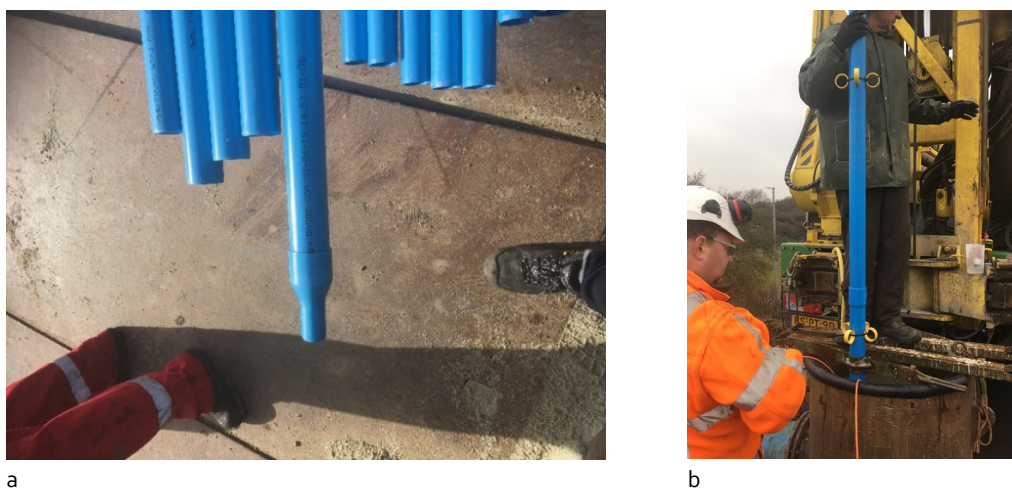
De waarnemingsput beschikt over twaalf peilbuizen en zeven minifilters in verschillende watervoerende pakketten, welke met name zijn geclusterd in de overgangszone van zoet naar brak grondwater. De filterstelling en specificaties van deze filters zijn opgenomen in Bijlage IV, en zijn samengevat weergegeven in Tabel 4-1. De dieptes van filters WP FP 5 t/m 15 komen overeen met de elektrodeparen van de zoutwachterkabel, waardoor deze benut kunnen worden als kalibratiemiddel (zie sectie 4.5.2).

TABEL 4-1: OVERZICHTSTABEL VAN DE GEÏNSTALLEERDE PEILBUIZEN EN MINIFILTERS IN WAARNEMINGSPUT WP FP.

Filter	Type	Diepte bovenkant [m-mv]	Diepte onderkant [m-mv]	Diameter (uitwendig/inwendig) [mm]
WP FP1	Peilbuis	11	12	63/57
WP FP2	Peilbuis	26	27	63/57
WP FP3	Peilbuis	46	47	40/36 (filter en standbuis) en 63/57 (0-25 m-mv)
WP FP4	Peilbuis	60	61	40/36 (filter en standbuis) en 63/57 (0-25 m-mv)
WP FP5	Peilbuis	79.5	80.5	40/36 (filter en standbuis) en 63/57 (0-25 m-mv)
WP FP6	Minifilter	82.85	83.15	32/28 (filter), 6/4 (slang), 16/13 (0-20 m-mv)
WP FP7	Minifilter	85.85	86.15	32/28 (filter), 6/4 (slang), 16/13 (0-20 m-mv)
WP FP8	Peilbuis	88.5	89.5	40/36 (filter en standbuis) en 63/57 (0-25 m-mv)
WP FP9	Minifilter	91.85	92.15	32/28 (filter), 6/4 (slang), 16/13 (0-20 m-mv)
WP FP10	Minifilter	94.85	95.15	32/28 (filter), 6/4 (slang), 16/13 (0-20 m-mv)
WP FP11	Peilbuis	97.5	98.5	40/36 (filter en standbuis) en 63/57 (0-25 m-mv)
WP FP12	Minifilter	103.85	104.15	32/28 (filter), 6/4 (slang), 16/13 (0-20 m-mv)
WP FP13	Peilbuis	109.5	110.5	40/36 (filter en standbuis) en 63/57 (0-25 m-mv)
WP FP14	Minifilter	112.85	113.15	32/28 (filter), 6/4 (slang), 16/13 (0-20 m-mv)
WP FP15	Minifilter	115.85	116.15	32/28 (filter), 6/4 (slang), 16/13 (0-20 m-mv)
WP FP16	Peilbuis	120	121	40/36 (filter en standbuis) en 63/57 (0-25 m-mv)
WP FP17	Peilbuis	144	145	40/36 (filter en standbuis) en 63/57 (0-25 m-mv)
WP FP18	Peilbuis	163.5	164.5	40/36 (filter en standbuis) en 63/57 (0-25 m-mv)
WP FP19	Peilbuis	185	186	75/67

Vóór de installatie van de waarnemingsput werd verwacht dat de freatische grondwaterstand op de beoogde pilotlocatie ca. 5 meter beneden maaiveld zou staan, op basis van gegevens uit omliggende peilbuizen. De stijghoogte in diepere (zoutere) pakketten zouden dan mogelijk nog dieper zijn, wat schoonspoelen en bemonsteren middels een vacuümpomp zou kunnen bemoeilijken. Afpompen van peilbuizen met een vacuümpomp kan in de praktijk enkel bij grondwaterstanden tot 7 à 8 meter beneden maaiveld. Daarom is besloten om de bovenste 25 meter van alle peilbuizen af te werken met minstens een diameter van 63/57 (Figuur 4-7a), zodat bij bemonsteringen een onderwaterpomp in de peilbuis kan worden geplaatst. De diepste peilbuis (einddiepte tot ca. 210 m met filter op 185-186 m-mv) is 2,5 inch (75 mm), wat periodieke boorgatmetingen mogelijk maakt om veranderingen in de verdeling van zoet en brak grondwater te kunnen monitoren tijdens de bedrijfsvoering van de pilot. De afstandhouders die zijn toegepast bij alle peilbuisfilters zijn van kunststof (Figuur 4-7b), zodat deze de metingen van de zoutwachterkabel en boorgatmetingen niet kunnen verstoren.

De minifilters zijn geconstrueerd op advies van en in samenwerking met Waternet, en zijn vormgegeven conform Figuur 4-8a en b. De filters zijn op diepte verbonden aan PE-slang (Figuur 4-8b) en over het gehele dieptetraject bevestigd aan een peilbuis (Figuur 4-8c). Bij minifilters die zijn geplaatst in een pakket met een relatief ondiepe stijghoogte is het mogelijk om de PE-slang door te laten lopen tot aan maaiveld zodat deze direct met een vacuümpomp kan worden bemonsterd. Omdat werd verwacht dat de stijghoogte op de dieptes van de minifilters te diep zou zijn voor afpomping met een vacuümpomp, is de PE-slang op ca. 20 meter beneden maaiveld verbonden aan een PVC-buis met een inwendige diameter van 13 mm (Figuur 4-8d). Dit maakt het mogelijk om de relatief kleine volumes van de minifilters bij bemonsteringen met een kogelkleppomp af te pompen.



FIGUUR 4-7: A. OVERGANG PEILBUIS NAAR GROTERE DIAMETER, B. PEILFILTER MET KUNSTSTOF AFSTANDHOUDERS.

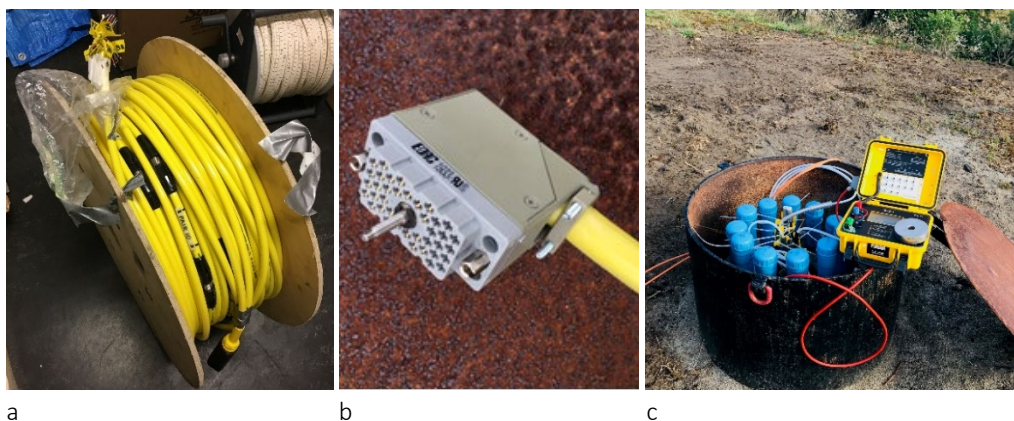


FIGUUR 4-8: A. MATERIAAL GEBRUIKT VOOR DE CONSTRUCTIE VAN MINIFILTERS, B. MINIFILTERS VERBONDEN AAN PE-SLANGEN, C. BEVESTIGING VAN MINIFILTER AAN PEILBUIS, D. PE-SLANGEN VERBONDEN AAN PVC-BUIZEN.

4.5.2 ZOUTWACHTERKABEL

Een zoutwachterkabel (geohm-kabel) kan (in combinatie met minifilters) veel nuttige informatie verschaffen over de ontwikkeling van de grensvlakken tussen zoet en brak grondwater en tussen brak en zout grondwater (Nienhuis et al., 2010; Kamps et al., 2016). Een zoutwachterkabel (Figuur 4-9a) bestaat uit verschillende elektrodeparen (gebruikelijk 13 in totaal) op verschillende onderlinge afstanden van elkaar (gebruikelijk 3 meter). De afstand tussen twee elektrodes van een elektrodepaar is doorgaans 20 cm. Deze elektrodeparen zijn aan maaiveld verbonden met een 'multi-pin' connector (Figuur 4-9b). Door een uitleesunit (Figuur 4-9c) aan te sluiten op de connector kan de kabel periodiek worden uitgelezen. Daarbij zendt de uitleesunit een elektrisch signaal uit, en meet de weerstand tussen elektrodeparen. Door dit periodiek te doen, kan men de verandering van de weerstand met de tijd bepalen. Deze relatieve veranderingen zijn een maat voor de veranderingen in de elektrische weerstand van het grondwater en de bodem. Aangezien de elektrische weerstand van de bodem als constant kan worden beschouwd, zijn de veranderingen dus representatief voor de relatieve veranderingen van de elektrische weerstand van het grondwater, en dus van de elektrische geleidbaarheid of van het zoutgehalte.

Metten met een zoutwachterkabel is een eenvoudige en relatief goedkope meetmethode, maar voor een betere interpretatie van de gemeten weerstanden, moet de formatiefactor, m.a.w. de invloed van het vaste bodemmateriaal, van elk elektrodepaar worden bepaald. Dit kan worden gedaan door het grondwater ter hoogte van het betreffende elektrodepaar te bemonsteren met bijvoorbeeld een peilbuis of minifilter (sectie 4.5.1). Bij de plaatsing van peilbuizen en minifilters is dus rekening gehouden met de dieptes van de elektrodeparen van de zoutwachterkabel.



FIGUUR 4-9: A. ZOUTWACHTERKABEL OP DE ROL ZOALS DEZE GELEVERD WERD, WAARBIJ EEN ELEKTRODEPAAR TE HERKENNEN IS AAN TWEE ZWARTE TRAJECTEN OP 20 CM AFSTAND VAN ELKAAR EN DAARIN EEN GESPOELDE GELEIDINGSDRAAD. B. CONNECTOR AAN HET UITEINDE VAN DE ZOUTWACHTERKABEL. C. UITLEESUNIT DIE PERIODIEK KAN WORDEN AANGESLOTEN OP DE CONNECTOR VAN DE ZOUTWACHTERKABEL.

Voor een zoutwachter is verbuisd boren de meest geschikte boormethode omdat bij onverbuisd boren pleistering/versmering van de boorgatwand op kan treden op diepte, kortsluitstroming kan ontstaan tussen zoete ondiepe watervoerende pakketten en zoute diepere watervoerende pakketten, en het een aantal jaar kan duren voordat een evenwicht is bereikt met het grondwater buiten de boorgatwand (Kamps et al., 2016). Omdat de proefboring wordt uitgevoerd als zuig-/luchtliftboring, werd vooraf getwijfeld over het plaatsen van een zoutwachterkabel. Uiteindelijk is besloten om wel een zoutwachterkabel te plaatsen in deze waarnemingsput, mede omdat er een aantal peilbuizen en minifilters zijn geplaatst met het filter rond de diepte van de elektrodeparen van de zoutwachter (sectie 4.5.1), waarmee het boorgat grotendeels kan worden schoongespoeld. Men moet er echter rekening mee houden dat het grondwater in het boorgat dat ter hoogte van de elektrodeparen niet kan worden teruggespoeld met peilbuizen of minifilters pas na jaren een evenwicht zal bereiken met, en dus representatief zal zijn voor, het grondwater direct buiten het boorgat.

De zoutwachterkabel is tijdens installatie bevestigd aan de diepste peilbuis (samen met de glasvezelkabel) (Figuur 4-10). De elektrodeparen van de zoutwachterkabel zijn geplaatst tussen 80 en 116 meter beneden maaiveld, in het dieptetraject waar de overgang van zoet naar brak en van brak naar zout grondwater zich bevindt. De elektrodeparen hebben een onderlinge afstand van ca. 3 meter en de elektrodes van elk paar zijn ca. 20 cm uit elkaar verwijderd. De exacte specificaties van de kabel die is geplaatst in de waarnemingsput zijn gegeven in Tabel 4-2.



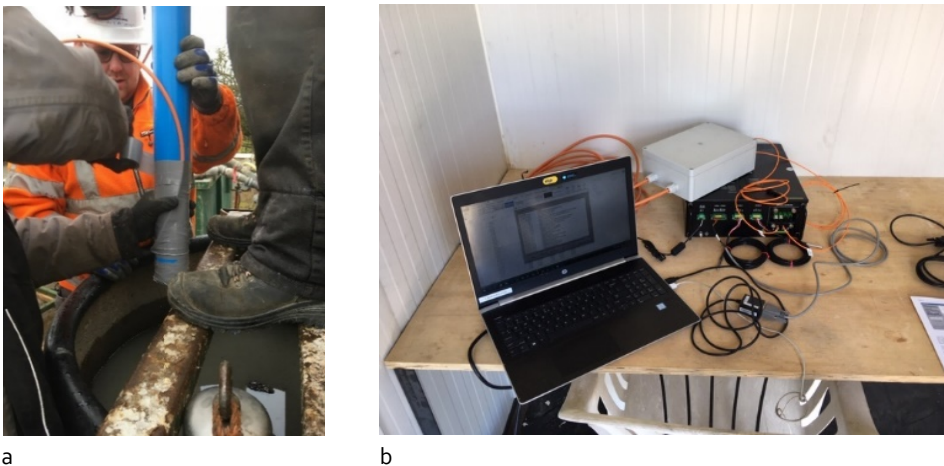
FIGUUR 4-10: INSTALLATIE (A) EN BEVESTIGING (B) VAN DE ZOUTWACHTERKABEL (GEEL) EN DE GLASVEZELKABEL (ORANJE) AAN DE DIEPSTE PEILBUIS.

TABEL 4-2: SPECIFICATIES VAN DE ELEKTRODEPAAREN VAN DE ZOUTWACHTERKABEL.

Nummer elektrodepaar	Afstand tussen cm	Afstand midden m	Afstand tussen m	Elektrode	Kleur
Voet kabel		0,920			
1 (= diepste!)	20,2			1A	zwart
		3,930	3,010	1B	bruin
2	20,0			2A	lila
		6,945	3,015	2B	rood
3	19,5			3A	grijs
		9,940	2,995	3B	oranje
4	19,7			4A	lichtblauw
		12,945	3,005	4B	lichtgroen
5	19,7			5A	geel
		15,950	3,005	5B	wit
6	20,3			6A	lila
		18,950	3,000	6B	bruin
7	20,5			7A	zwart
		21,970	3,020	7B	wit
8	20,0			8A	geel
		24,980	3,010	8B	grijs
9	20,1			9A	donkerblauw
		27,990	3,010	9B	rood
10	20,0			10A	oranje
		31,000	3,010	10B	lila
11	20,1			11A	bruin
		34,005	3,005	11B	zwart
12	20,2			12A	geel
		37,010	3,005	12B	groen
13 (= ondiepste)	20,1			13A	blauw
				13B	rood

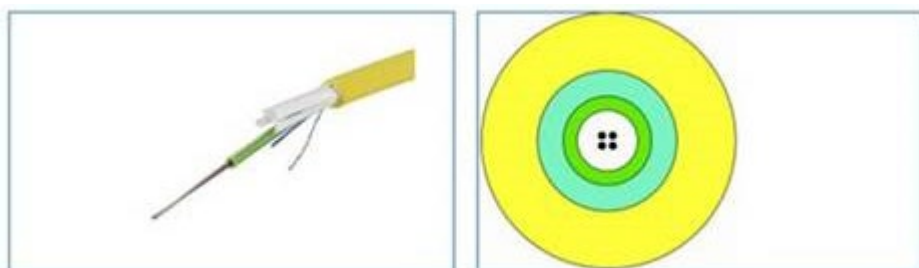
4.5.3 GLASVEZELKABEL

Met een glasvezelkabel kan het gedistribueerde meting van de temperatuur (DTS: 'distributed temperature sensing') in het boorgat worden uitgevoerd. De glasvezelkabel is als lus ('double ended') in het boorgat geïnstalleerd door deze met tape aan de diepste peilbuis van WP FP te bevestigen over de gehele diepte van het boorgat (Figuur 4-11a). De kabel is aan beide uiteinden afgemonteerd met connectoren die kunnen worden aangesloten op een uitleesunit ('DTS ORYX 12 km'; Figuur 4-11b) om periodiek of continu een gedistribueerde temperatuurmeting uit te voeren. De uitleesunit stuurt tijdens een meting continu een lichtpuls van een specifieke golflengte door de glasvezelkabel. Op elk punt van de kabel wordt een klein deel van de lichtpuls terugverstrooid. Dit terugverstrooide licht bestaat uit de originele golflengte en twee aanvullende frequenties waarvan de intensiteiten gevoelig zijn voor temperatuur. De uitleesunit ontvangt en analyseert het terugverstrooide lichtspectrum, en vertaalt deze naar de temperatuur. De plaatsbepaling in de kabel volgt uit het door de uitleesunit geconstateerde tijdsverschil tussen het uitzenden van een lichtpuls en het ontvangen van het terugverstrooide lichtspectrum. Door de gehele kabel met intervallen van één meter uit te lezen, ontstaat een gedistribueerde temperatuurprofiel over de gehele lengte van de kabel. De temperatuur wordt met een resolutie van 0,01 °C gemeten. Door periodiek of continu gedurende een bepaalde periode metingen uit te voeren, kunnen temperatuursveranderingen worden geconstateerd.



FIGUUR 4-11: A. INSTALLATIE VAN DE GLASVEZELKABEL MET EEN LUS OP DE EINDDIEPTE VAN DE DIEPSTE PEILBUIS. B. UITLEESUNIT VAN DE GLASVEZELKABEL EN AANSLUITING ERVAN OP EEN LAPTOP.

De glasvezelkabel in waarnemingsput WP FP is metaalvrij, bestaat uit 4 glasvezels en heeft een diameter van ca. 7 mm. De opbouw van deze glasvezelkabel is gegeven in Figuur 4-12. De vezels zitten in een plastic buisje welke rondom voorzien is van trekontlasting (soortgelijk kevlar). De buitenmantel is gemaakt van LSHF. De vezels zijn bend-insensitive dus zullen er verder geen last van hebben noch zal enige rek op de vezels van invloed zijn op de metingen. De kabel is geschikt tot een belasting in langsricting van maximaal 1500N en een compressie (loodrecht) van 2000N/dm. Normaliter komen we niet aan dergelijke waarden bij installatie.



FIGUUR 4-12: OPBOUW VAN DE GLASVEZELKABEL.

Omdat de uitleesunit netstroom behoeft, is een tijdelijke voorziening gerealiseerd waar de uitleesunit in kan worden geplaatst, en wat direct als on-site werkplek kan fungeren totdat het zuiveringsgebouw is gerealiseerd (Figuur 4-13).



FIGUUR 4-13: CONTAINER DIE ALS ON-SITE WERKPLEK FUNGEERT, MET OP DE VOORGROND DE WAARNEMINGSPUT.

4.5.4 AANVULLING BOORGAT

Na het bereiken van de einddiepte en het uitvoeren van de open boorgatmeting is tevens met Haitjema bepaald hoe het boorgat van de waarnemingsput moet worden aangevuld (Figuur 4-14). Het aanvulschema dat daarbij is gehanteerd is weergegeven in Figuur 4-6, Figuur 4-14a en Bijlage IV. Bij de aanvulling zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Oorspronkelijk afsluitende kleilagen zijn zo goed als mogelijk aangevuld met bentoniet zwelklei met een gemiddeld zwelvermogen (MIKOLIT 300), tot 0,5 meter boven én onder de kleilaag. MIKOLIT 300 is niet-magnetisch, waardoor dit de metingen van de zoutwachterkabel en boorgatmetingen niet kan verstoren.
- De 1 meter lange peilbuisfilters zijn omstort met minimaal 2 meter filtergrind met een korrelgrootte van 0,8 – 1,25 mm.
- De ca. 30 cm lange minifilters zijn omstort met minstens 2 meter filtergrind met een korrelgrootte van 0,8 – 1,25 mm of 0,6-1,0.
- Boven en onder de omstortingen van de peilbuisfilters en minifilters is het boorgat aangevuld met minimaal 1 meter bentoniet zwelklei (MIKOLIT 300).
- De overige (blinde) stukken van het boorgat zijn aangevuld met filtergrind met een korrelgrootte van 0,6-1,0 mm. Doorgaans wordt bij de aanvulling van blinde stukken van een waarnemingsput een grotere korrelgrootte toegepast voor aanvulgrind, bijvoorbeeld 5 of 8 mm. Bij deze waarnemingsput is gekozen voor een kleinere diameter om verticale kortsluitstromingen in het boorgat zoveel mogelijk te voorkomen.



FIGUUR 4-14: A. AANVULSCHEMA VAN HET BOORGAT GEBRUIKT DOOR HAITJEMA (ZIE OOK BIJLAGE IV). B. OPSTELLING VAN DE BENODIGDE MATERIALEN VOOR AANVULLING VAN HET BOORGAT, C. AANVULLING VAN HET BOORGAT.

In juli en september 2020 zijn boorgatmetingen verricht in de diepste peilbuis van WP FP (sectie 5.1.4 en Bijlage V), mede om de aanvulling van het boorgat te valideren. In de resultaten zijn de kleiafdichtingen over het algemeen goed te herkennen aan toenames van de geleidbaarheid, welke erg goed overeen komen met de door Haitjema gerapporteerde klei-afdichtingen. Ook zijn de elektrodeparen van de zoutwachterkabel goed te herkennen aan een lichte toename van de geleidbaarheid. De elektrodeparen van de zoutwachterkabel lijken ca. 50 cm dieper voor te komen dan is opgenomen in de boorstaat, maar dit maakt voor de interpretatie van de resultaten geen groot verschil.

5 Hydrogeologische referentiesituatie

5.1 MEETACTIVITEITEN

In Tabel 5-1 is het totaaloverzicht gegeven van de meetactiviteiten die na de proefboring zijn uitgevoerd ten behoeve van het karakteriseren van de hydrogeologische referentiesituatie. Deze meetactiviteiten en de bevindingen worden in de volgende paragrafen nader toegelicht. De analysepakketten die zijn gegeven in Tabel 5-1, zijn beschreven in Tabel 5-2.

TABEL 5-1: OVERZICHT VAN UITGEVOERDE MEETACTIVITEITEN T/M SEPTEMBER 2020.

Datum (2020)	Activiteit		
	Monsternamen en chemische analyse		Fysische meettechnieken
	Peilbuizen / minifilters	Analysepakket (Tabel 5-2)	
4 maart			- Open boorgatmeting in WP FP
23 t/m 27 maart	WP FP1 t/m 4, 16 en 17 WP FP13, 18 en 19 WP FP5, 8 en 11	F + Z F + Z + B + ZM F + Z + B + ZM + A	
8 april	WP FP6, 7, 9, 15	F	
15 april	WP FP6, 7, 9, 15	F	
29 april en 1 mei	WP FP6, 7, 9, 15	F	- Uitlezen zoutwachter WP FP - Uitlezen glasvezelkabel WP FP
11 t/m 15 mei	WP FP1 t/m 5, 8, 11, 13, 16 t/m 19 WP FP6, 7, 9, 15	F + Z F	- Uitlezen zoutwachter WP FP - Uitlezen glasvezelkabel WP FP
15 t/m 19 juni	WP FP1 t/m 4, 16 en 17 WP FO6, 7, 9, 15 WP FP18 en 19 WP FP5, 8, 11 en 13	F + Z F F + Z + B + ZM F + Z + B + ZM + A	- Uitlezen zoutwachter WP FP - Uitlezen glasvezelkabel WP FP - Boorgatmeting in WP FP
13 t/m 17 juli	WP FP1 t/m 4, 6, 7, 9, 15 t/m 17 WP FP18 en 19 WP FP5, 8, 11 en 13	F + Z F + Z + B + ZM F + Z + B + ZM + A	- Uitlezen zoutwachter WP FP
10 t/m 14 augustus	WP FP1 t/m 9, 11, 13, 15 t/m 19	F + Z	- Uitlezen zoutwachter WP FP
14 t/m 25 september	WP FP1 t/m 4, 6, 7, 9, en 15 t/m 17 WP FP18 en 19 WP FP5, 8, 11 en 13 WP LV, AS, HR, HN, HO, FL & VA	F + Z F + Z + B + ZM F + Z + B + ZM + A Alle filters: F + Z	- Uitlezen zoutwachters WP FP, LV, AS & FL - Uitlezen glasvezelkabel WP FP - Boorgatmeting in WP FP, LV & HR
12 t/m 16 oktober	WP FP1 t/m 9, 11, 13, 15 t/m 19	F + Z	- Uitlezen zoutwachter WP FP
16 t/m 20 november	WP FP1 t/m 9, 11, 13, 15 t/m 19	F + Z	- Uitlezen zoutwachter WP FP
14 t/m 18 december	WP FP1 t/m 9, 11, 13, 15 t/m 19	F + Z	- Uitlezen zoutwachter WP FP - Uitlezen glasvezelkabel WP FP

TABEL 5-2: ANALYSEPAKKETEN DIE DOOR HWL ZIJN TOEGEPAST NA BEMONSTERING VAN HET GRONDWATER.

Codering	Analysepakket	Parameters
F	Veldparameters	EGV, temperatuur, troebelingsgraad, O ₂ , grondwaterstand
Z	Zout	Chloride en EGV (lab)
B	Basischemie	pH, onopgeloste stoffen, temperatuur, troebelingsgraad, EGV, Cl, O ₂ , SO ₄ , HCO ₃ , NO ₃ , NO ₂ , PO ₄ -t, PO ₄ -o, F, Br, Na, K, Ca, Mg, NH ₄ , Fe, Mn, As, Ni, Ba, B, Sr, TOC, DOC, kleur, CH ₄ , SiO ₂ , totale hardheid
ZM	Zware metalen	Al (gefiltreerd), Cu, Cd, Co, Hg, Mo, Pb, Se, Zn, Cr, destructie-metalen
A	Antropogene stoffen	Bestrijdingsmiddelen (pakketten Multi-1, Multi-3, Multi-6, en GLYF)

5.1.1 BEMONSTEREN PEILBUIZEN

Na realisatie van WP FP (PB4) heeft Haitjema alle peilbuizen grondig schoongespoeld. De resultaten van het schoonspoelen zijn opgenomen in Bijlage IV. Na het schoonspoelen heeft HWL op verschillende momenten het grondwater uit de peilbuizen bemonsterd en geanalyseerd (Tabel 5-1). Bij iedere monitoringsronde van de peilbuizen zijn veldparameters gemeten en is het zoutgehalte bepaald. Deze gegevens zijn zeer informatief voor het bepalen van de (variatie in de) geohydrologische situatie op de exacte locatie van de pilot en zijn met name belangrijk voor de effectenstudie die moet worden uitgevoerd voor de vergunningaanvraag van de pilot. Met de veldparameters kan tevens worden gecontroleerd of de peilbuizen afdoende zijn schoongespoeld na realisatie, en of er sprake is van herstel van de oorspronkelijke grondwaterkwaliteit na de boring.

Het grondwater is bij peilbuizen WP FP 5, 8, 11 en 13 tevens een aantal maal geanalyseerd op de basischemie en op zware metalen (Tabel 5-1). De filters van deze peilbuizen staan in het brakke grondwater, waardoor een goed beeld is verkregen van de kwaliteit van brak grondwater dat tijdens de pilot zal worden onttrokken en dat zal worden gezuiverd middels omgekeerde osmose. Bij enkele analyserondes zijn wijzigingen aangebracht ten opzichte van Tabel 5-1:

- Bij de eerste analyses was nog niet bekend of RO-contraat op het riool kan en/of mag worden geloosd. Het alternatief is een lozing van RO-contraat naar de diepere zoute pakketten waar de filters van WP FP 18 en 19 in staan. Het grondwater uit deze filters is daarom bij de eerste analyseronde uit voorzorg ook geanalyseerd op de basischemie en de zware metalen.
- In 2016 is de grondwaterkwaliteit van het duingebied van Dunea uitgebreid geïnventariseerd (Speets et al., 2017). Daarbij zijn verschillende bestrijdingsmiddelen aangetroffen. Zo zijn in ondiep grondwater op verschillende locaties atrazine, diuron, glyfosaat en bentazon aangetroffen in zeer geringe concentraties, en zijn in diep grondwater sporadisch enkele bestrijdingsmiddelen aangetroffen net boven de analysegrens, waaronder bentazon, AMPA, glyfosaat en diuron. Daarnaast concludeerden Sjerps et al. (2017) dat de volgende stoffen zeer vaak worden aangetroffen in grondwater: mecoprop, desphenylchloridazon, methyldesphenylchloridazon, bentazon, N,N-dimethylsulfamide (DMS) en 2,6-dichloorbenzamide (BAM). Om er zeker van te zijn dat het te onttrekken brakke grondwater geen schrikbarende concentraties bestrijdingsmiddelen zal bevatten, is het grondwater uit WP FP 5, 8, 11 en 13 tijdens de eerste meetrondes geanalyseerd op bestrijdingsmiddelen (antropogene stoffen). De analysepakketten die zijn uitgevoerd (MULTI-1, MULTI-3, MULTI-6, en GLYF) omvatten in elk geval de stoffen atrazine, diuron, glyfosaat, bentazon, AMPA, en mecoprop. Uit kostenoverwegingen zijn geen analyses uitgevoerd voor DMS, BAM, en de metaboliëten van chloridazon. De resultaten van alle analyses waren beneden de detectielimiet, behalve voor bentazon en mecoprop, die structureel worden aangetroffen in het brakke grondwater, in de range 0,05-0,2 µg/l.
- Tot en met juli waren **Br**, **F**, **TOC** en **o-PO4** inbegrepen in het analysepakket. **Br** liet zich goed voorspellen door de concentratie **Cl** en komt goed overeen met de Cl/Br-ratio van zeewater. De concentratie van **F** was vaak onder de detectielimiet. Vanwege deze analyseresultaten en vanwege de hoge prijs van de analyses van **Br** en **F**, is besloten om deze parameters niet meer mee te nemen in het analysepakket van de volgende meetrondes. **TOC** is geschrapt uit het pakket omdat de monsters gefiltreerd worden en de analyseresultaten gelijk waren aan die van **DOC**, m.a.w. al het organisch materiaal komt voor in de opgeloste toestand. De metingen van **o-PO4** lijken soms op die van **PO4 (totaal)**, maar zijn vaak veel lager. Dat kan alleen verklaard worden door neerslag van ijzer in het watermonster; de flesjes voor nutriëntenbepaling (o.a. **o-PO4**) worden niet volledig afgevuld zodat er zuurstof kan intreden. Omdat die monsters ook niet worden aangezuurd kan ijzer neerslaan met funeste gevolgen voor de bepaling van **o-PO4**. Bij **PO4 (totaal)** speelt dit niet omdat dat watermonster wordt aangezuurd. Omdat er naar verwachting zeer weinig verschil is tussen **o-PO4** en **PO4 (totaal)**, is **o-PO4** geschrapt uit het analysepakket van de volgende meetrondes.

In september 2020 zijn alle peilbuisfilters van de bestaande waarnemingsputten WP LV, WP AS, WP HR, WP HN, WP HO en WP VA tevens bemonsterd en geanalyseerd op veldparameters en **Cl**, zodat ook de waterkwaliteit van zoet, brak en zout grondwater in de omgeving van de pilot in kaart is gebracht.

5.1.2 BEMONSTEREN MINIFILTERS

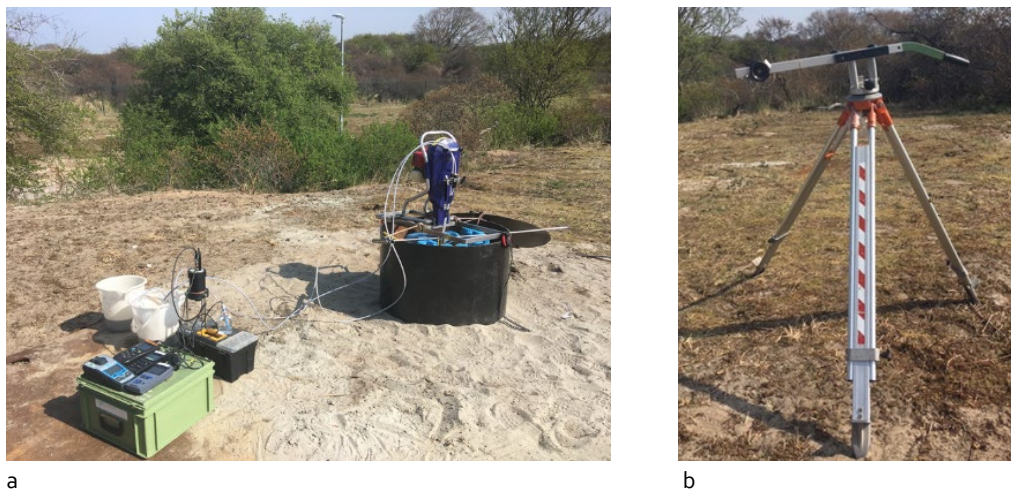
Bij de eerste meetronde van de minifilters in WP FP (8 april 2020) werd duidelijk dat deze nog niet (afdoende) zijn schoongespoeld na de boring en dat een analyse nog niet representatief zou zijn voor de werkelijke grondwaterkwaliteit. De troebelingsgraad van het opgepompte water liet concentraties zien boven de maximale detectielimiet, en de EGV die werd gemeten in de minifilters paste totaal niet in het beeld van de grondwaterkwaliteit die is aangetroffen bij de peilbuisfilters (Figuur 5-2). Daarom is vóór de daarop volgende rondes steeds ca. 40 liter grondwater opgepompt uit elke minifilter om deze zodoende goed schoon te spoelen, en is de waterkwaliteit steeds geanalyseerd op veldparameters.

Schoonsoelen van de minifilters met een vacuümpomp bleek in de praktijk onmogelijk. Tijdens het afpompen zakte het waterniveau in de PVC-buizen snel tot 7 à 8 meter beneden maaiveld, en werd het water vanuit de minifilters niet snel genoeg aangevuld door de hoge weerstand van de dunne slang en mogelijke verstopping van de minifilters, waardoor de pomp het water niet meer omhoog kan krijgen. In de praktijk is daarom een kogelkleppomp gewenst voor het schoonsoelen, en bij voorkeur een gemotoriseerde variant aangezien het afpompen met een handmatige kogelkleppomp zeer arbeidsintensief is (Figuur 5-1). Met een kogelkleppomp kan het water tot de einddiepte van de PVC-buizen (20 m-mv) worden opgepompt, waardoor een groter drukverschil ontstaat ten opzichte van de einddiepte van het minifilter, en grondwater gemakkelijker toe kan stromen.

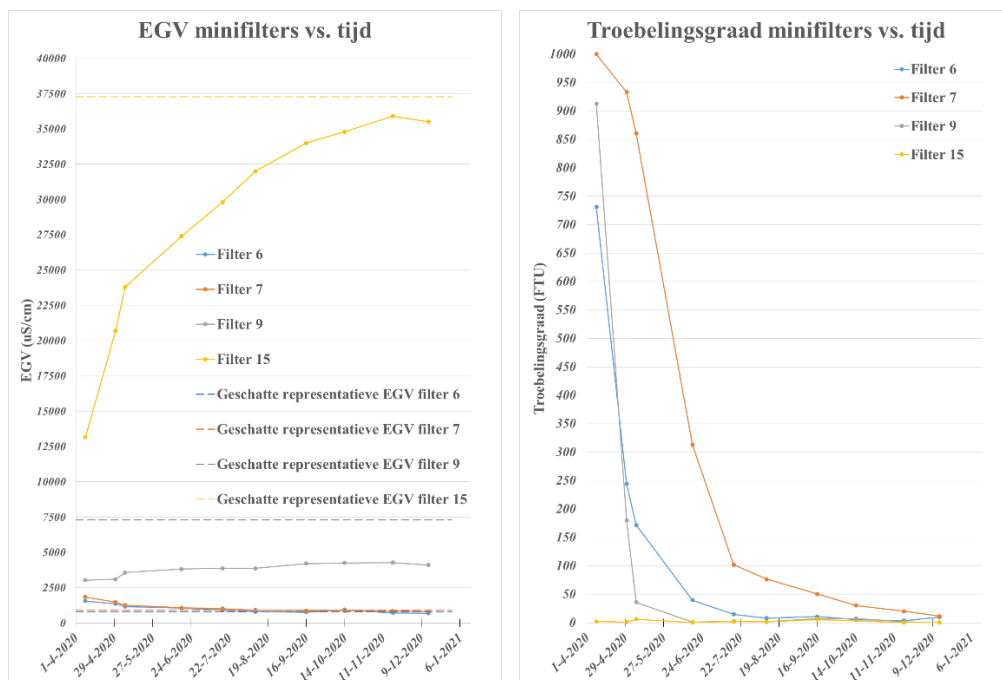
Het waterniveau in de PVC-buizen van minifilters WP FP6, 7, 9 en 15 herstelt tijdens het afpompen snel genoeg, wat duidt op minimale verstopping van deze minifilters. Dit maakt het mogelijk om deze minifilters schoon te spoelen en te bemonsteren. Tot en met de meetronde in november is ca. 350 L grondwater teruggespoeld uit elk van deze minifilters. De resultaten van de EGV en de troebelingsgraad die zijn gemeten in deze minifilters zijn gegeven in Figuur 5-2. De ontwikkeling van de troebelingsgraad laat zien dat de minifilters steeds schoner zijn gespoeld. Na verloop van tijd is er dus ook steeds minder invloed zichtbaar van het werkwater dat is gebruikt tijdens de proefboring. De EGV die is gemeten in de peilbuizen is lineair geïnterpoleerd om te schatten wat de EGV zou moeten zijn van het lokale grondwater ter hoogte van de minifilters. Deze waarden zijn met stippellijnen weergegeven in Figuur 5-2. De ontwikkeling van de EGV laat zien dat de minifilters na verloop van tijd een steeds representatievere waterkwaliteit bevatten, en dat de invloed van het gehanteerde werkwater dus langzaam afneemt. Minifilters 6 en 7 zijn door het schoonsoelen iets zoeter geworden, en minifilters 9 en 15 juist iets zouter. Dit laat zien dat het gehanteerde werkwater brak was, wat door recirculatie en menging van het lokale grondwater en zoet drinkwater ook te verwachten was.

Ook is een aantal maal gepoogd om minifilters WP FP 10, 12 en 14 schoon te spoelen. De PVC-buizen van deze minifilters stonden na afpompen van enkele deciliters echter volledig droog, wat duidt op een trage toestroming en dus erge verstopping van deze minifilters. Rondom WP FP14 komt veel klei voor, wat mogelijk de verklaring is voor de verstopping. WP FP10 en 12 zijn niet dicht op kleilagen geplaatst, maar komen wel voor rond de diepte waar Antisol is toegepast tijdens het boren. Het is daarom mogelijk dat de boorgatwand of de omstorting van deze minifilters te erg verstopt is met Antisol. De minifilters waren daarnaast droog geïnstalleerd, wat voor een zeer snelle toestroming van het werkwater heeft gezorgd tijdens installatie. Dit kan voor een vergrote invloed van de verstopping hebben gezorgd. In het vervolg moeten minifilters vooraf dus worden verzadigd met helder water.

Omdat een zuig-/luchtliftboring is toegepast voor deze proefboring, werd, op basis van eerdere ervaringen van Waternet bij een andere waarnemingsput, op voorhand al verwacht dat enkele minifilters mogelijk verstopt zouden zijn na realisatie van de waarnemingsput. Omdat met de peilbuizen en de overige minifilters een goed beeld kan worden verkregen van de grondwaterkwaliteit over de gehele diepte van de waarnemingsput, wordt dit niet als ernstig probleem beschouwd. Bovendien zijn er nog vijf peilbuizen en vier minifilters beschikbaar in het brakke traject die wel representatief zijn voor de daadwerkelijke grondwaterkwaliteit. Het grootste nadeel van de verstopping van deze minifilters is dat ze niet geschikt zijn om de aanvulling van het boorgat direct schoon te spoelen voor betrouwbaardere metingen van de zoutwachterkabel. Het zal daarom enige tijd duren voordat het water op deze dieptes in het boorgat in evenwicht is geraakt met het grondwater in het watervoerend pakket daaromheen.



FIGUUR 5-1: A. MONSTERNAME MET EEN GEMOTORISEERDE KOGELKLEPPOMP. B. HANDMATIGE KOGELKLEPPOMP.



FIGUUR 5-2: ONTWIKKELING VAN EGV (LINKS) EN TROEBELINGSGRAAD (RECHTS) IN HET GRONDWATER UIT MINIFILTERS 6 (BLAUW), 7 (ORANJE), 9 (GRIJS) EN 15 (GEEL).

5.1.3 UITLEZEN ZOUTWACHTERKABEL

Bij het afmonteren van de zoutwachterkabel op 29 april 2020 is de kabel direct uitgelezen. Deze meting is uitgevoerd direct vóór de bemonsteringsronde van het grondwater. De zoutwachterkabel is tevens direct na de daaropvolgende bemonsteringsrondes uitgelezen (Tabel 5-1). Op deze manier zijn de metingen van de zoutwachterkabel goed te vergelijken met de bemonsterde waterkwaliteit, en kan de zoutwachterkabel worden gekalibreerd. Alle metingen die zijn uitgevoerd zijn weergegeven in Tabel 5-3. Na het afmonteren van de zoutwachterkabel functioneerde elektrodepaar 9 op ca. 92 m-mv niet. Deze is op 21 september gerepareerd door de veldploeg van Waternet. De zoutwachterkabels in WP LV, WP AS en WP FL zijn tevens uitgelezen op 18 september. Deze meetgegevens zijn gegeven in Tabel 5-4.

TABEL 5-3: WEERSTANDSMETINGEN (OHM) VAN DE ZOUTWACHTERKABEL IN PB4 (WP FP).

Elektrode- paar	Datum (2020)		29-4	15-5	19-6	17-7	14-8	18-9	21-9	16-10	20-11	18-12										
	Diepte												Meting (Ohm)									
	m-mv	mNAP																				
13	80	73.75	26700	26400	26400	26700	27400	27300	27200	27400	27200	27300										
12	83	76.75	19030	20100	21100	21600	22400	22900	22800	23600	23900	24300										
11	86	79.75	14380	14920	15440	15880	16200	16540	16440	16890	17160	17440										
10	89	82.75	12390	13250	13540	13890	14310	14320	14220	14230	14150	14050										
9	92	85.75							2670	2680	2630	2600										
8	95	88.75	4440	3430	1830	1590	1470	1390	1370	1370	1330	1310										
7	98	97.75	930	930	920	920	930	920	910	940	930	920										
6	101	94.75	960	930	890	860	860	830	820	840	810	800										
5	104	97.75	650	630	600	590	600	590	580	610	590	590										
4	107	100.75	780	750	700	680	670	630	630	650	630	620										
3	110	103.75	610	600	590	590	600	590	580	600	590	590										
2	113	106.75	810	740	650	620	620	590	580	600	580	580										
1	116	109.75	790	670	580	560	560	530	520	540	520	520										

TABEL 5-4: WEERSTANDSMETINGEN (OHM) VAN DE ZOUTWACHTERKABELS IN WP LV, WP AS EN WP FL

Elektrode- paar	WP LV-1		WP LV-2		WP AS		WP FL	
	Diepte	Meetwaarde	Diepte	Meetwaarde	Diepte	Meetwaarde	Diepte	Meetwaarde
	mNAP	Ohm	mNAP	Ohm	mNAP	Ohm	mNAP	Ohm
13	-27.05	47800	-84.05	11940	-29.5	33600	-22.68	23200
12	-32.05	43100	-89.05	3490	-34.5	41900	-27.68	36600
11	-37.05	48100	-94.05	2320	-39.5	34300	-32.68	43500
10	-42.05	23200	-99.05	700	-44.5	30300	-37.68	40300
9	-47.05	19900	-104.05	1000	-49.5	5820	-42.68	9860
8	-52.05	23900	-109.05	480	-54.5	9600	-47.68	7780
7	-57.05	29700	-114.05	650	-59.5	17270	-52.68	28700
6	-62.05	41100	-119.05	530	-64.5	8810	-57.68	23500
5	-67.05	33900	-124.05	480	-69.5	14380	-62.68	33600
4	-72.05	29900	-129.05	460	-74.5	18600	-67.68	25500
3	-77.05	35900	-134.05	450	-79.5	23300	-72.68	27300
2	-82.05	19000	-139.05	500	-84.5	6470	-77.68	29800
1	-87.05	12390	-144.05	510	-89.5	2560	-82.68	9850

5.1.4 BOORGATMETINGEN

Naast een open boorgatmeting zijn ná de realisatie van WP FP ook boorgatmetingen verricht in de diepste peilbuis. Op 19 juni 2020 is een meting verricht waarmee de aanvulling en inrichting van het boorgat kan worden gevalideerd (sectie 4.5.4). Kleiafdichtingen en elektrodeparen van zoutwachters zijn namelijk over het algemeen te herkennen aan een toename van de geleidbaarheid. Tevens kan worden bepaald of het schoonspoelen van de peilbuizen heeft gezorgd voor een verandering van de verdeling van zoet en zout grondwater ten opzichte van de open boorgatmeting. Op 18 september is nogmaals een meting verricht om te bezien of er verder herstel en/of enige seizoensgebonden variatie heeft plaatsgevonden in de zoet-zout verdeling. Ook in waarnemingsputten WP LV en WP HR zijn toen boorgatmetingen verricht. De resultaten van al deze boorgatmetingen zijn gegeven in Bijlage V.

5.1.5 UITLEZEN GLASVEZELKABEL

De glasvezelkabel is bij het afmonteren op 29 april 2020 direct uitgelezen. Op 19 juni, 21 september en 15 december zijn nogmaals verkennende metingen uitgevoerd. Het bovengrondse deel van de kabel tussen de put en de uitleesunit is t.b.v. kalibratie van de glasvezelkabel tijdens de eerste twee metingen in een emmer heet water verwarmd tot ca. 50 – 60 °C en tijdens de laatste meting gekoeld tot ca. 2°C.

5.2 BODEMOPBOUW

De lithologische interpretatie van de boorgatmeting en de boorbeschrijving van het boorbedrijf komen goed overeen (Figuur 5-3, Bijlage IV en Bijlage V). De bovenste 20 tot 25 meter van de ondergrond bestaan uit Holocene zanden met kleilagen op 14 en 22 m-mv. Vanaf 25 m-mv beginnen matig grof en grof zandige pakketten. Dit kan duiden op de overgang van de Holocene deklaag naar de Formatie van Kreftenheye. De kleilagen vormen de scheiding tussen het freatische grondwater en het eerste watervoerend pakket.

Op ca. 39 m-mv bevindt zicht de overgang van de Formatie van Kreftenheye naar de Formatie van Urk, welke wordt gekenmerkt door een sterk grindige geulbodemaafzetting.

Van ca. 49 tot 55 m-mv komt een pakket voor met twee kleilagen en een fijn zandige laag die de scheiding vormen tussen het eerste en het tweede watervoerend pakket.

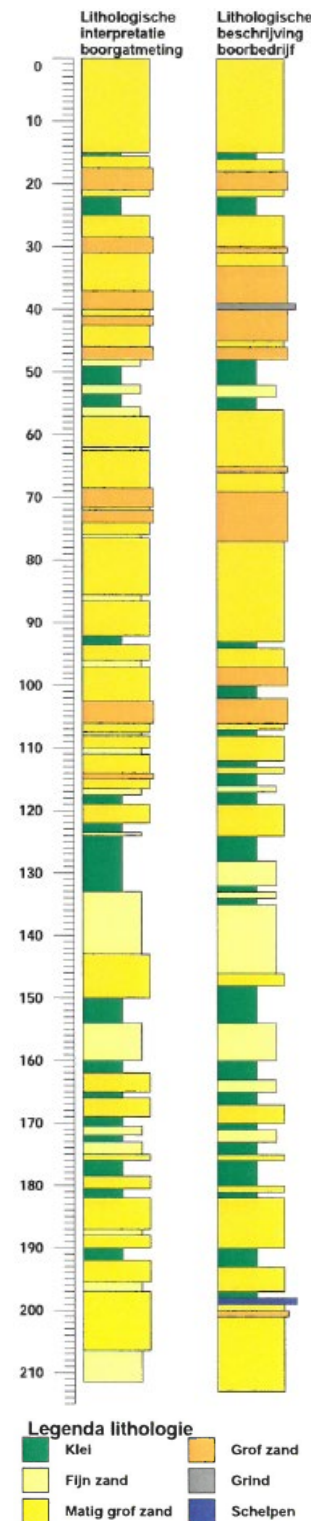
De Formatie van Sterksel komt rond de 65-70 m-mv voor, welke kan worden gekenmerkt door de grove zandlagen en enkele kleibrokken in het matig grove pakket. Deze overgang is echter zeer moeilijk te herkennen.

De overgang van de Formatie van Sterksel naar de Formatie van Peize Waalre is ook moeilijk te onderscheiden. De kleilagen vanaf 92 m-mv zijn herkenbaar als de tweede kleiige eenheid van de Formatie van Waalre, welke de derde water scheidende laag vormt.

Vanaf 117.5 m-mv begint een pakket met overwegend klei en matig zandige lagen dat doorloopt tot 133 m-mv, waarschijnlijk behorend tot het begin van de eerste kleiige eenheid van de Formatie van Maassluis, en tevens de vierde water scheidende laag.

Vanaf 150 m-mv tot het einde van de boring bestaat de ondergrond uit afwisselende klei, fijn zand en matig grove zandlagen. Deze afzettingen behoren tot de Formatie van Maassluis, herkenbaar aan de schelpenresten in de boorstaten.

Deze bodemopbouw volgt dezelfde grove patronen die zijn geschetst in sectie 3.2. De weerstandsmetingen van de zoutwachterkabels lijken naast het signaal van zoet/zout grondwater ook een signaal van de lithologie af te geven (sectie 5.1.3 en Figuur 5-5). Slecht doorlatende kleilagen zijn beter geleidend dan goed doorlatende watervoerende zandpakketten, en vertonen daardoor dus een lagere weerstand. Uit de weerstandsmetingen van zoutwachterkabels in WP AS, WP LV en WP FL volgt ook dat de bodemopbouw bij de overige waarnemingsputten grotendeels vergelijkbaar is met de bodemopbouw bij WP FP.



FIGUUR 5-3: BODEMOPBOUW GEÏNTERPRETEERD UIT DE BOORGATMETING (LINKS) EN UIT DE GEROERDE STEEKMONSTERS (RECHTS).

5.3 VERDELING VAN ZOET, BRAK, EN ZOUT GRONDWATER

De ontwikkeling van de verdeling van zoet, brak en zout grondwater in WP FP is gegeven in Figuur 5-4.

5.3.1 VERSTORING DOOR DE BORING

De oorspronkelijke verdeling van zoet, brak en zout grondwater bij pompstation Scheveningen is door de proefboring verstoord geraakt. Zoet leidingwater is gebruikt als werkwater tijdens de boring. Door recirculatie en door menging met water in het doorboorde zand is het werkwater uiteindelijk zeer troebel en zeer licht brak geworden. Doordat het werkwater vanaf het boorgat ook het pakket in is gestroomd, is de grondwaterkwaliteit over het gehele dieptetraject van de boring niet direct representatief voor het oorspronkelijke grondwater. Op dieptes waar oorspronkelijk zoet grondwater voorkomt is het water rondom WP FP wat brakker, en op dieptes waar oorspronkelijk zout grondwater voorkomt is het water rondom WP FP juist wat zoeter. Door de natuurlijke invloed van grondwaterstroming, dispersie, en diffusie, en door de peilbuisfilters en minifilters regelmatig schoon te spoelen, hersteld de verdeling geleidelijk en raakt het grondwater steeds representatiever voor de oorspronkelijke kwaliteit. In december 2020 lijkt de verdeling een redelijk evenwicht te hebben bereikt (Figuur 5-4): het grondwater in het ondiepe traject is steeds zoeter geworden en in het diepere traject juist steeds zouter, m.a.w. het grensvlak is naar verloop van tijd steeds scherper geworden. Dit beeld wordt door de **EGV**, de concentratie **Cl**, de weerstandsmeting van de glasvezelkabel, en de boorgatmeting bevestigd. Zoals in sectie 5.1.2 is beschreven, kostte het met name voor de minifilters veel moeite om tot een representatieve waterkwaliteit te komen.

De resultaten van de boorgatmetingen op 19 juni en 18 september 2020 zijn zeer vergelijkbaar, maar over het algemeen is de geleidbaarheid toegenomen. Op de dieptes van de peilbuizen zijn vrijwel geen veranderingen in geleidbaarheid meer te zien. Hier heeft het afpompen van de peilbuizen voor bemonsteringen waarschijnlijk geleid tot slechts een lokaal herstel van het evenwicht (de verdeling van zoet, brak en zout grondwater vóór de boring). Verder van de filters af is nog steeds een trend van verzilting zichtbaar tussen juni en september. Dit laat zien dat het grondwater een vrij lange periode nodig heeft om te herstellen van de verstoring door de intrede van werkwater tijdens de boring.

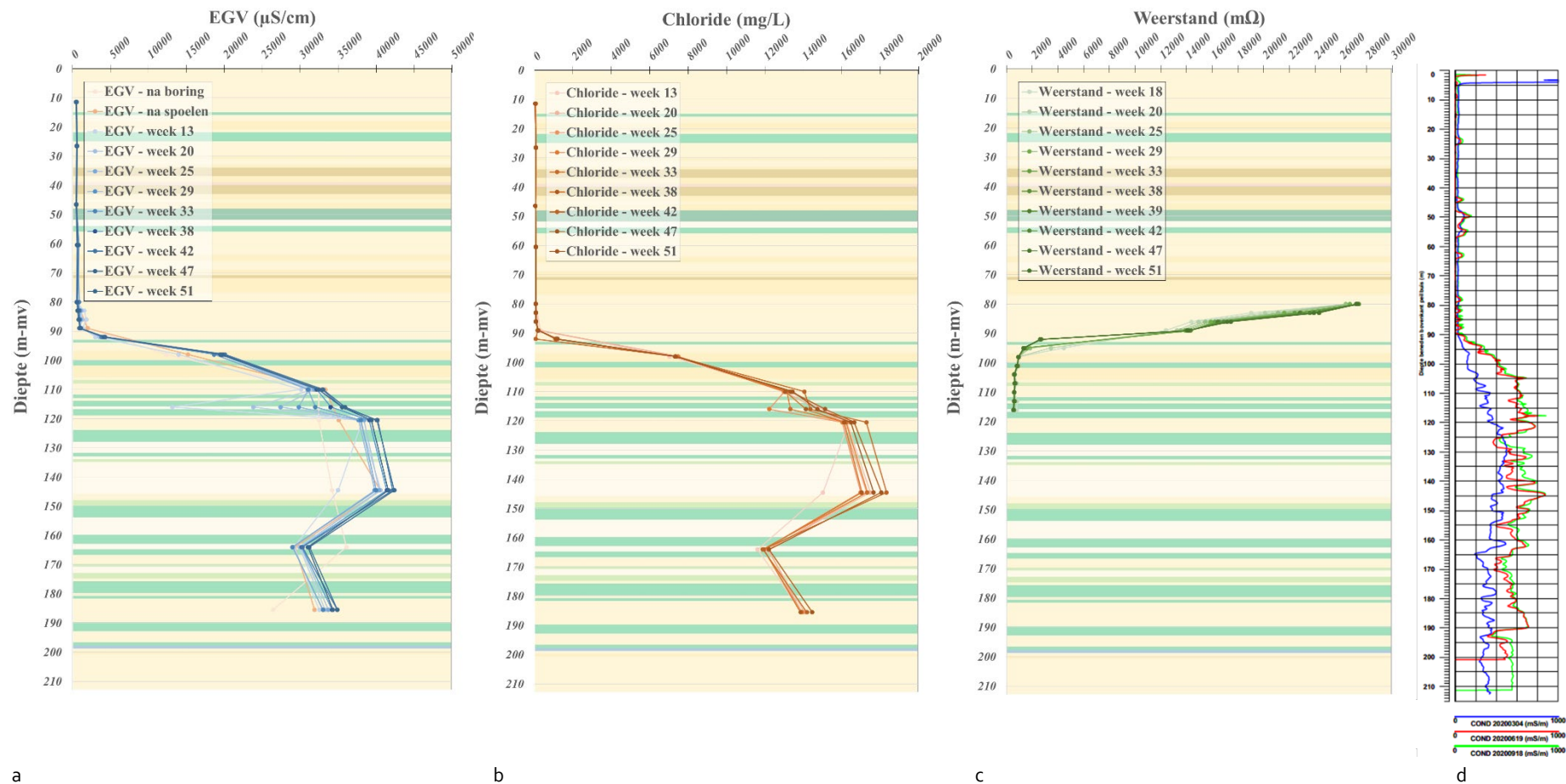
5.3.2 OORSPRONKELIJKE VERDELING

Op basis van de meest recente metingen in Figuur 5-4 (november 2020) kan worden geconcludeerd dat zoet grondwater (**Cl** < 150 mg/L) voorkomt tot een diepte van ca. 86 m-mv (-80 mNAP). Tot 92 m-mv loopt de concentratie **Cl** op tot ca. 1000 mg/L. Op ca. 93 m-mv komt een kleilaag voor, welke als scheidende laag lijkt te fungeren tussen het zoete/licht-brakke en het brakker/zoutere grondwater. Onder deze kleilaag neemt de concentratie **Cl** vrijwel lineair toe tot ca. 16 g/L op ca. 120 m-mv, wat vergelijkbaar is met het zeewater in de Noordzee. Op een diepte van 145 m-mv bedraagt de concentratie **Cl** zelfs 17 g/L. Op 164 m-mv en 185 m-mv is het grondwater juist minder zout, met een concentratie **Cl** van respectievelijk 12 g/L en 14 g/L. De **EGV** van het grondwater laat dezelfde patronen zien als de concentratie **Cl**, wat logisch is in een door zeewater gecontroleerd milieu.

De boorgatmetingen die zijn uitgevoerd in WP FP laten een vergelijkbaar beeld zien (Figuur 5-4 en Bijlage V), hoewel de overgang van zoet naar brak grondwater pas vanaf 90 m – mv duidelijk te herkennen is. Het relatieve signaal kan in dit geval goed gebruikt worden om de overgang van zoet naar duidelijk zout(er) grondwater te bepalen. Tussen 130 en 170 m-mv neemt de geleidbaarheid af, m.a.w. het water is op 170 m-mv minder zout dan op 130 m-mv, wat overeenkomt met de gemeten concentraties **Cl**. Vanaf 170 m-mv tot het einde van de boring blijft de geleidbaarheid vrij stabiel.

De metingen van de zoutwachter laten een erg scherpe overgang zien in het zoete tot licht-brakke bereik (80 tot 92 m-mv), wat ondieper is dan de scherpste overgang van de gemeten concentratie **Cl** en **EGV** in het grondwater (92 tot 120 m-mv). De zoutwachter lijkt daarmee een zeer goede indicator voor een tijdige herkenning van verschuivingen van het grensvlak tussen zoet en licht-brak grondwater.

De overgang van zoet naar brak grondwater bevindt zich dus dieper dan op voorhand werd verwacht (sectie 3.3.1). Het grondwater gaat pas vanaf 90 m-mv over in brak tot zout grondwater.



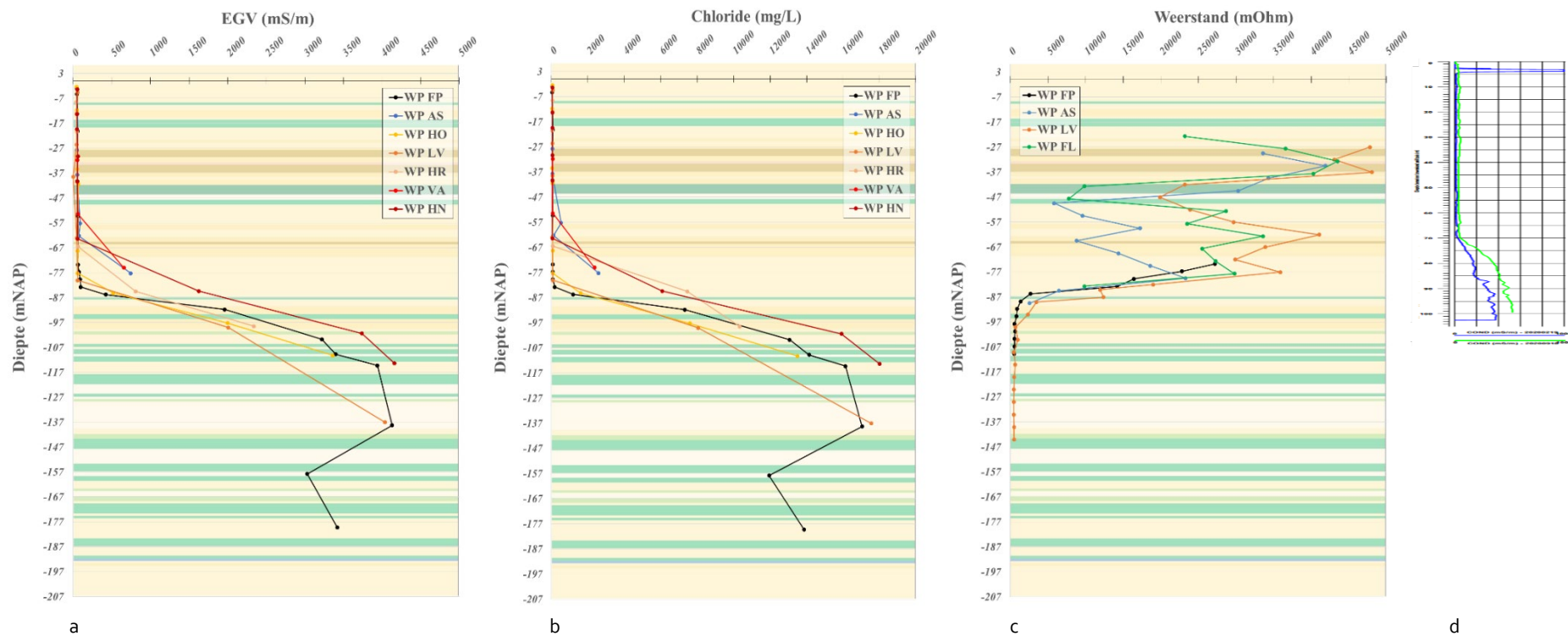
FIGUUR 5-4: ONTWIKKELING VAN DE VEDELING VAN ZOET EN ZOUT GRONDWATER BIJ WP FP VANAF DE PROEFBORING, IN TERMEN VAN EGV (A), CHLORIDE (B), WEERSTANDSMETINGEN VAN DE ZOUTWACHERKABEL (C), EN GELEIDBAARHEIDSMETINGEN VAN DE BOORGATMETINGEN (D).

5.3.3 METINGEN BIJ WAARNEMINGSPUTTEN IN DE OMGEVING

De metingen die zijn verricht in september in de bestaande diepe waarnemingsputten in de omgeving van pompstation Scheveningen (sectie 3.5) zijn gegeven in Figuur 5-5. Hierin is te zien dat de overgang van zoet naar brak grondwater in het noorden (WP HN, WP VA en WP HR) en in het westen (WP AS) ondieper (-55 tot -70 mNAP) aangetroffen kan worden dan bij WP FP (85 mNAP). Dit beeld komt overeen met de SkyTEM metingen die eerder zijn verricht (sectie 3.3.1). In het (noord)oosten (WP HO en WP LV) lijkt de overgang van zoet naar brak grondwater op een vergelijkbare diepte voor te komen als in WP FP.

De overgang van zoet naar brak grondwater lijkt op basis van de **Cl**- en **EGV**-metingen bij WP FP scherper dan bij de overige waarnemingsputten in de omgeving, maar dit is vermoedelijk een artefact van het feit dat bij WP FP een hogere verticale meetresolutie is benut. De weerstandsmetingen en boorgatmetingen (met een vergelijkbare verticale meetresolutie) laten dit namelijk niet zien.

De boorgatmetingen in WP HR laten zien dat het grondwater daar vanaf ca. 70 m-mv overgaat van zoet naar brak tot zout grondwater. De meting in de peilbuis laat over het algemeen een hogere geleidbaarheid zien dan de meting in het open boorgat. Dit hangt vermoedelijk ook weer samen met het zoete werkwater dat aanwezig is in het open boorgat en deels de formatie is binnengedrongen. Het effect van het niet centraliseren van de sonde is hier minder groot dan bij WP FP vanwege de kleinere diameter van het boorgat.



FIGUUR 5-5: VERDELING VAN ZOET EN ZOUT GRONDWATER BIJ VERSCHILLENDE WAARNEMINGSPUTTEN RONDOM POMPSTATION SCHEVENINGEN, IN TERMEN VAN EGV (A), CHLORIDE (B) EN WEERSTANDSMETINGEN VAN ZOUTWACHTERKABELS (C), ALLEN VERKREGEN IN SEPTEMBER 2020. DE ACHTERGROND VAN DEZE FIGUREN IS CONFORM DE BODEMOPBOUW DIE IS WAARGENOMEN BIJ WP FP EN KAN BIJ DE ANDERE PUTTEN AFWIJKEN VAN DE WERKELIJKE SITUATIE. DE RESULTATEN VAN DE BOORGATMETINGEN IN HET OPEN BOORGAT (FEBRUARI 2020; BLAUW) EN IN DE DIEPSTE PEILBUIS (SEPTEMBER 2020; GROEN) IN WP HR ZIJN OPGENOMEN IN D.

5.4 GRONDWATERKWALITEIT

De belangrijkste waterkwaliteitsaspecten worden in deze sectie nader toegelicht. Een totaaloverzicht van de geanalyseerde waterkwaliteit is gegeven in Bijlage VI. De eerste bemonsteringsronde van de peilbuizen vond plaats tussen 23 en 27 maart 2020. De daaruit volgende grondwaterkwaliteit is daardoor representatief voor de grondwaterkwaliteit direct na de proefboring en na het schoonspelen van de peilbuizen. De laatste uitgebreide meetronde (september) geeft een representatievere grondwaterkwaliteit al heeft de boring nog invloed gehad op de omliggende grondwatersamenstelling. Als bij volgende grondwatermetingen de kwaliteit stabiliseert kan de natuurlijke toestand weer als hersteld beschouwd worden.

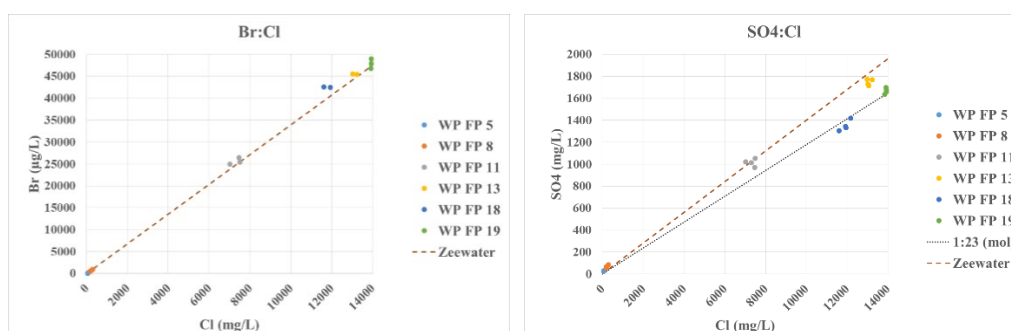
5.4.1 WATERTYPEN

De belangrijkste resultaten van de laatste uitgebreide meetronde (september) zijn gegeven in Tabel 5-5. De in deze tabel genoemde watertypen zijn conform de Stuyfzand-classificatie. Het zoete grondwater (F) heeft op zo'n 80 meter diepte een **F3CaHCO₃+** type. Op 89 meter diepte is het water iets minder zoet en wordt het steeds meer gekarakteriseerd door **Na** en **Cl**, waardoor het een **f3NaMix+** type water is. Het brakke grondwater heeft op 98 m-mv een **b2NaCl-** type. Vanaf hier zijn Na en Cl dus de ionen die het grondwater met name karakteriseren. Het diepe zoute grondwater heeft een **S3NaCl** type, wat overeenkomt met de invloed van het zeewater die in dit kustgebied wordt verwacht. De resultaten van veldmetingen van pH lijken minder betrouwbaar dan de metingen van het lab omdat enkele uitschieters en over de tijd variërende pH-waarden gemeten zijn (Bijlage VI). Het liefst wordt pH echter gelijk in het veld gemeten vanwege mogelijke beïnvloeding door bijvoorbeeld ontgassing.

5.4.2 TRACERS

De concentraties van de gewoonlijk conservatieve parameters bromide (Br) en chloride (Cl) verhouden zich zoals in zeewater (standard mean ocean water: 'SMOW'). Dit geeft aan dat de waargenomen concentraties het resultaat zijn van menging van zoet met op zeewater gelijkend grondwater (Figuur 5-6).

De verhouding tussen sulfaat (SO₄) en chloride (Cl) volgt ook vrij goed de menglijn van SMOW, met uitzondering van de monsters die genomen zijn in WP FP 18 en 19 (Figuur 5-6), die een lagere sulfaat concentratie hebben. Omdat de sulfaat/chloride verhouding voor deze 2 locaties onderling wel constant is, lijkt dit te gaan om conservatieve menging van zoet water met grondwater dat een lagere sulfaatconcentratie dan SMOW heeft. Aangezien de filters WP FP 18 en 19 in de Maassluis Formatie staan, terwijl WP FP 5, 8, 11 en 13 zijn geplaatst in de formatie van Peize-Waalre, is dat de waarschijnlijke verklaring voor het verschil in de grondwaterkwaliteit.



FIGUUR 5-6: VERHOUDING TUSSEN BROMIDE EN CHLORIDE (LINKS), EN TUSSEN SULFAAT EN CHLORIDE (RECHTS) IN DE GEANALYSEERDE GRONDWATERMONSTERS.

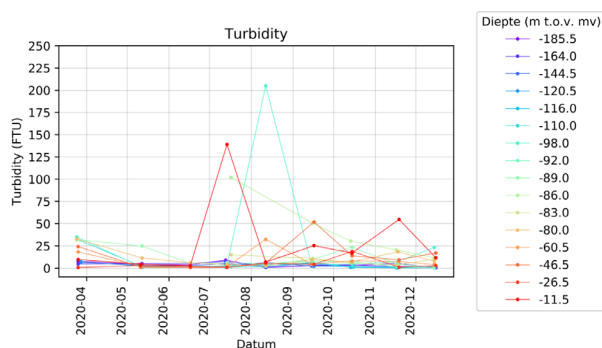
TABEL 5-5: OVERZICHT VAN WATERKWALITEIT GEMETEN IN WP FP TIJDENS DE MEETRONDE VAN SEPTEMBER 2020. ALLE PARAMETERS (BEHALVE EGV) ZIJN VERKREGEN NA LABANALYSE. DE LAATSTE RIJ VAN DE TABEL BEVAT DE CONCENTRATIES VAN DE PARAMETERS IN ZEEWATER ('STANDARD MEAN OCEAN WATER: SMOW').

Filter WP FP	Diepte	EGV (veld)	Cl	pH	HCO ₃	Ca	Mg	K	Na	Fe	Mn	SO ₄	NH ₄	PO ₄	CH ₄	SiO ₂	Ba	Sr	As	B	BEX	SAR	Watertype (Stuyfzand)	
	m-mv	µS/cm	mg/L	-	mg/L											µg/L				meq/L	mmol/L			
1	-11.5	499	41.8																					F
2	-26.5	571	73.6																					F
3	-46.5	512	45.8																					F
4	-60.5	629	72.1																					F
5	-80	622	69.2	7.80	260	68.9	10.6	2.98	45.9	0.36	0.11	24.8	1.31	0.29	0.15	21.5	29.2	268	4.64	40.7	0.85	1.36	F3CaHCO ₃ +	
6	-83	756	72.9																					F
7	-86	877	77.2																					F
8	-89	929	183	7.90	253	33.3	14.1	8.90	167.5	0.33	0.08	53.8	1.55	0.98	0.07	21.5	25.4	176	2.69	92.7	3.15	6.13	f3NaMix+	
9	-92	4200	1190																					B
11	-98	19570	7312	7.36	229	551	468	74.9	3854	4.68	0.65	1016	4.06	1.66	0.02	19.7	117	4113	3.54	218	-12.90	29.2	b2NaCl-	
13	-110	32200	13059	7.38	252	493	992	236	7016	6.74	0.72	1716	6.66	2.30	0.01	15.1	159	6338	1.75	477	-1.85	41.9	S3NaCl	
15	-116	34000	14139																					S
16	-120.5	39100	16132																					S
17	-144.5	41400	17041																					S
18	-164	30200	11941	7.35	285	382	868	215	6570	5.79	0.24	1333	12.5	1.04	0.01	15.8	90.4	11233	3.23	1510	1.83	42.5	S3NaCl	
19	-185.5	34200	13853	7.31	298	438	997	231	7655	6.85	0.26	1637	12.0	0.97	0.01	14.5	75.6	11153	4.63	1661	2.25	46.2	S3NaCl	
Zeewater (SMOW)		42000	19805	8.22	145	422	1322	408	11020	0.002	0.0002	2775	0.03			4.4	30	8100	2.5	4600	0			

5.4.3 INVLOED VAN WERKWATER

Naast dat het gebruikte werkwater zoeter was dan het aanwezige anoxische grondwater, bevatte het werkwater ook zuurstof en nitraat dat de grondwaterkwaliteit rondom de put mogelijk heeft beïnvloed. De metingen van parameters die de redoxchemie karakteriseren (NO_3 , Mn, Fe, SO_4) lijken inderdaad verstoord. Nitraat is bijvoorbeeld aanvankelijk in relatief hoge concentraties aanwezig, wat niet logisch is op grote diepte. Deze wordt namelijk in de ondergrond al snel als oxidator geconsumeerd in de afbraak van bijvoorbeeld organisch materiaal en pyriet. Nitraat is dus een goede indicatie voor beïnvloeding door werkwater.

In sectie 5.1.2 is beschreven dat het terugspoelen van werkwater uit de minifilters erg lang duurde, evenals het herstel van de grondwaterkwaliteit. In Figuur 5-7 is de ontwikkeling van de troebelheid te zien ter hoogte van de verschillende filters van WP FP. Hieruit blijkt dat het grondwater in de peilbuisfilters al na drie maanden grotendeels vrij is van deeltjes, m.u.v. enkele uitschieters. Het herstel van de minifilters vergde meer tijd, zoals bijvoorbeeld ook te zien is aan de lijn van het filter op ca. 83 m-mv, overeenkomstig met de diepte van minifilter WP FP 6.



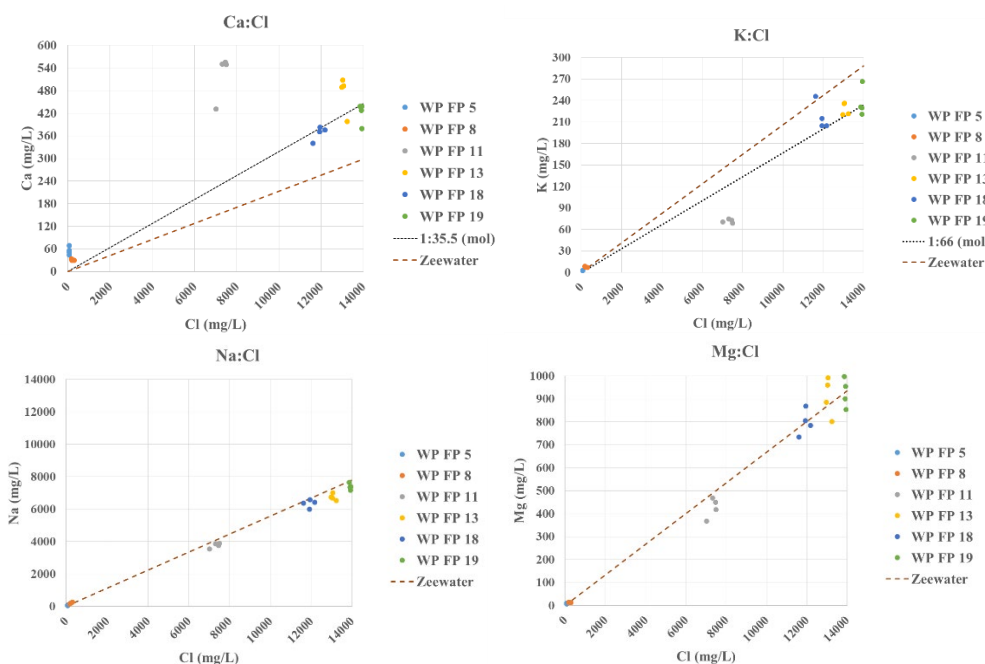
FIGUUR 5-7: ONTWIKKELING VAN DE TROEBELINGSGRAAD IN DE VERSCHILLENDE FILTERS VAN WP FP.

5.4.4 KATIONENUITWISSELING

De verhouding tussen calcium (Ca) en chloride (Cl) laat zien dat er bij WP FP 11 t/m 19 méér calcium in oplossing aanwezig is dan verwacht op basis van de menglijn voor zeewatersamenstelling (SMOW; Figuur 5-8). Deze verhoogde concentraties Ca zijn een aandachtspunt voor de RO vanwege carbonaatneerslagen. De verhouding tussen kalium (K) en chloride (Cl) laat juist zien dat er bij WP FP 11 t/m 19 minder kalium in oplossing aanwezig is dan verwacht op basis van de menglijn voor zeewatersamenstelling (SMOW; Figuur 5-8). De zwarte stippellijnen in Figuur 5-8 geven de menglijn weer die gebaseerd is op de meest recent gemeten concentraties in WP FP 19. Deze verhoogde calcium en verlaagde kalium concentraties suggereren dat het natuurlijke grondwater aan verzilting onderhevig is. Omdat met name de concentraties Ca en K afwijken in WP FP 11, het filter dat is geplaatst in brak grondwater, lijkt hier dat verziltingseffect het sterkst.

Natrium (Na) volgt de menglijn van zeewater (SMOW) vrij goed (Figuur 5-8), maar heeft over het algemeen net wat lagere concentraties dan de menglijn van zeewater. De absolute concentraties van Na zijn overigens ook hoger, waardoor kleine afwijkingen minder duidelijk zichtbaar zijn. Magnesium (Mg) volgt de menglijn van zeewater (SMOW) vrij goed (Figuur 5-8), maar heeft ook bij WP FP 11 lagere concentraties dan verwacht op basis van de menglijn.

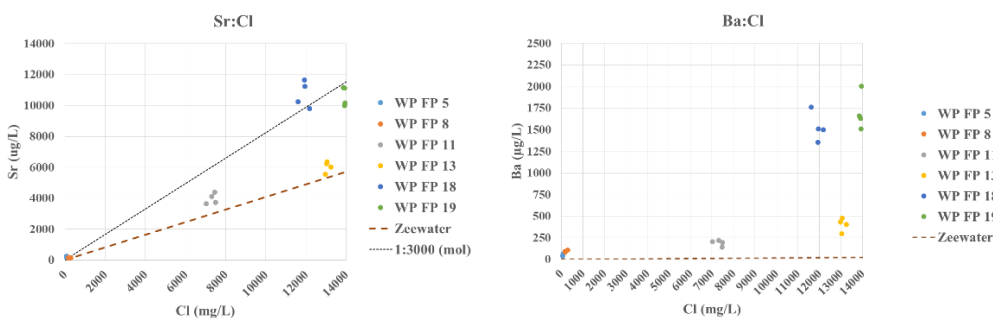
Alkaliniteit is gemeten in het lab en laat een beperkte range aan concentraties zien voor alle genomen monsters (227 – 312 mg/L). Hoewel analyses van alkaliniteit bij voorkeur (ook) uitgevoerd worden in het veld, lijken de concentraties het optreden van verzilting in aanwezigheid van kalkevenwicht te bevestigen.



FIGUUR 5-8: VERHOUDING TUSSEN CALCIUM EN CHLORIDE (LINKSBOVEN), KALIUM EN CHLORIDE (RECHTSBOVEN), NATRIUM EN CHLORIDE (LINKSONDER), EN MAGNESIUM EN CHLORIDE (RECHTSONDER), IN DE GEANALYSEERDE GRONDWATERMONSTERS.

5.4.5 ZWARE METALEN

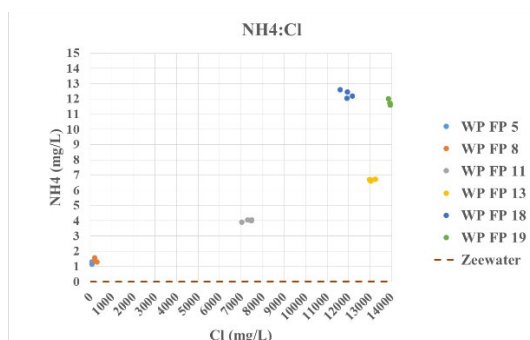
De zware metalen Pb, Hg en Cd zijn relatief slecht detecteerbaar. De concentraties As zijn relatief hoog t.o.v. de VEWIN aanbeveling voor As in drinkwater (max. 1 µg/l) en vereisen dus aandacht bij de RO. Voor As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Pb en Zn zijn geen duidelijke patronen herkenbaar in de analysesresultaten. Strontium (Sr) en Barium (Ba) in Figuur 5-9 weergegeven ten opzichte van chloride. Hieruit blijkt dat in het diepe zoute grondwater (WP FP 18 en 19), en in mindere mate in het brakke grondwater (WP FP 11 en 13), verhoogde concentraties Sr en Ba ten opzichte van de menglijn op basis van zeewatersamenstelling (SMOW) zijn waargenomen. Dit wijst, net als de lagere sulfaatconcentraties in WP FP 18 en 19, op een andere grondwatersamenstelling in de diepere formatie van Maassluis.



FIGUUR 5-9: VERHOUDING TUSSEN STRONTIUM EN CHLORIDE IN DE GEANALYSEERDE GRONDWATERMONSTERS.

5.4.6 NUTRIËNTEN

NH₄ neemt toe met de diepte, terwijl PO₄ een wat grilliger patroon over de diepte vertoont (Bijlage VI). De verhouding tussen ammonium en chloride is hoger voor WP FP 18 en 19 t.o.v. de overige filters en lijkt een licht negatieve correlatie te hebben (Figuur 5-10). Dit illustreert wederom dat de grondwaterkwaliteit in de diepere Formatie van Maassluis verschilt van die van de Formatie van Peize-Waalre.



FIGUUR 5-10: VERHOUDING TUSSEN NH4 EN CL IN DE GEANALYSEERDE GRONDWATERMONSTERS.

5.4.7 ANTROPOGENE STOFFEN

Bentazon en mecoprop worden structureel aangetroffen in het brakke grondwater, in de range 0,05-0,2 $\mu\text{g/l}$ (Bijlage VI). Voor deze parameters geldt een grens van 0,1 $\mu\text{g/l}$, waardoor dit aandachtparameters zijn bij de RO.

5.4.8 CONCLUSIES T.A.V. BEDRIJFSVOERING

Zoet-zout veranderingen kunnen invloed hebben op de bedrijfsvoering van de winputten, aangezien te zoute en/of te zoete winfilters bij voorkeur niet worden benut voor het winnen van brak grondwater. Chemische parameters die zoet-zout veranderingen beschrijven (Cl en EGV), vereisen in die zin dus in elk geval aandacht.

Daarnaast kan door zoet-zout veranderingen en door kationenuitwisseling, processen die door verstoring van de boring en/of bedrijfsvoering van de pilot worden geïnduceerd, deeltjesmobilisatie plaatsvinden, wat kan leiden tot verstopping van de winfilters. De parameters die in het kader van deeltjesmobilisatie aandacht vereisen zijn gesuspendeerde stof, troebelingsgraad, en parameters die duiden op zoet-zout veranderingen en kationenuitwisseling (Cl, EGV, Ca, K, Mg, Na, pH, HCO_3). Vanwege mogelijke deeltjesmobilisatie is een extra zuivering (vuilvang) vóór ontzilting (RO) gewenst.

Naast deeltjes zijn ook andere parameters bepalend voor de RO-zuivering en het type membraan, welke zijn samengevat in Tabel 5-6. In Bijlage VI is te zien dat van deze parameters de EGV en de concentraties Cl, B, NH_4 , Sr en SO_4 allen over het algemeen toenemen met de diepte, en dus hoger zijn in zout grondwater dan in zoet grondwater. De concentraties Ca, Fe, Mg en Na nemen toe in de brakke zone en blijven vervolgens relatief stabiel in de diepte. De concentraties Ba en Mn vertonen een vergelijkbaar patroon maar nemen weer af op grotere diepte in zout grondwater. As, Ni en PO_4 vertonen een vrij grillig beeld over de diepte. De verwachte concentraties van de genoemde parameters in het onttrokken grondwater en de eisen die aan deze parameters worden gesteld ná de zuivering zijn gegeven in Tabel 5-6.

Daarnaast vereisen de antropogene stoffen bentazon en mecoprop in de nazuivering ook aandacht.

TABEL 5-6: GESCHATTE CONCENTRATIES VAN CHEMISCHE AANDACHTSPARAMETERS VOOR RO, GEBASEERD OP DE WATERKWALITEITSANALYSES IN WP FP 5, 8, 11 EN 13 VAN MAART, JUNI, JULI EN SEPTEMBER.

Parameter	Eenheid	Geschatte concentratie in brak grondwater			Eis na zuivering
		Minimaal	Gemiddeld	Maximaal	
		(minimum WP FP 5, 8, 11 en 13)	(gemiddelde WP FP 8, 11 en 13)	(maximum WP FP 5, 8, 11 en 13)	
Gesuspendeerde stof	mg/L	0.8	33	158	<0.2
Troebelingsgraad	FTU	0.8	21	205	<1
NH ₄	mg/L	1.2	4.0	6.7	<1
As	µg/L	1.1	2.9	4.8	<0.02
B	µg/L	41	229	477	125
Ba	µg/L	18	99	168	20
Cl	mg/L	69	6894	13308	80-100
Ca	mg/L	30	267	555	<10
EGV	mS/m	513	16903	32200	80
Fe	µg/L	0.01	3.1	6.7	<350
Mg	mg/L	6.3	450	992	<10
Mn	µg/L	0.06	0.48	0.89	<100
Na	mg/L	46	3566	7016	80-90
Ni	µg/L	1.6	3.9	11	5
PO ₄ -tot	mg/L	0.29	1.4	2.3	0.46
SO ₄	mg/L	25	942	1773	75
Sr	µg/L	155	3393	6338	Geen eis, maar belangrijk voor scaling

5.5 STIJGHOOGTE

De gemeten stijghoogtes zijn omgerekend naar zoete stijghoogtes, omdat de stijghoogtes in zoete en zoute pakketten anders niet direct met elkaar te vergelijken zijn:

$$h_f = \frac{\rho}{\rho_f} h - \frac{\rho - \rho_f}{\rho_f} z$$

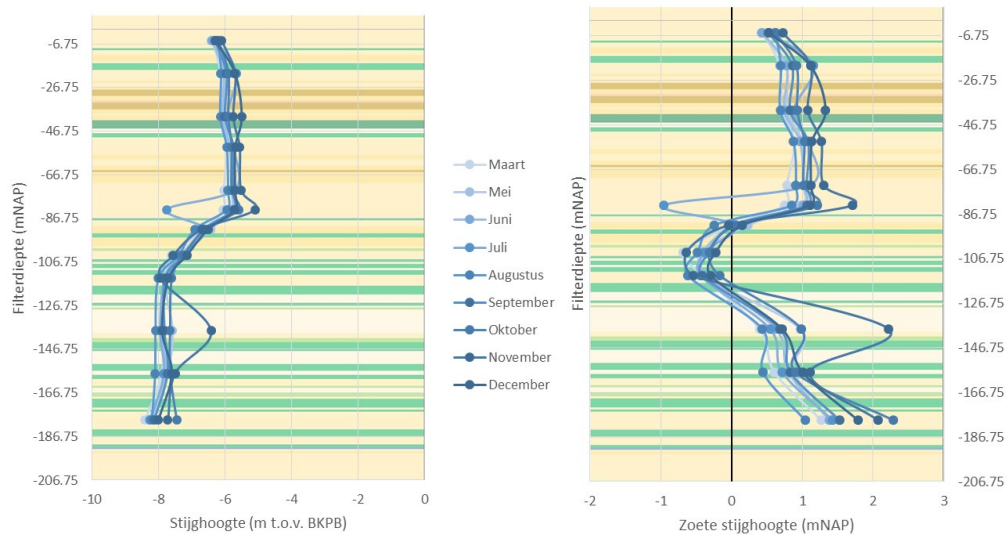
In deze vergelijking is h_f de zoete stijghoogte (m), h de gemeten stijghoogte (m), ρ_f de dichtheid van zoet water (1000 kg/m^3), z de hoogte van het peilbuisfilter ten opzichte van een bepaald referentieniveau (bijvoorbeeld mNAP), en ρ (kg/m^3) de dichtheid van het water in de peilbuis (kg/m^3), die berekend kan worden met behulp van de concentratie chloride (mg/L) en onderstaande formule (Oude Essink et al., 2010):

$$\rho = \rho_f + 0.00134 * [Cl]$$

Met zoete stijghoogtes kan de mate van verticale stroming tussen de watervoerende pakketten bepaald worden. Op basis van de stijghoogtes (Figuur 5-11a) en concentraties chloride die zijn gemeten in de peilbuizen van WP FP (Bijlage VI), zijn de zoete stijghoogtes berekend en gegeven in Figuur 5-11b.

Op basis van deze figuur is duidelijk dat de zoete stijghoogte in het zoete bereik (van ca. 0 tot 90 m-mv) lichtelijk toeneemt met de diepte, en dat er dus sprake is van zeer lichte kwel, vermoedelijk door de infiltratie vanuit de panden ten noorden van het pilotgebied. Ook wordt bevestigd dat de kleilagen op ca. 15 en 22 m-mv en op 50 m-mv duidelijk als scheidende weerstandslagen fungeren. In het watervoerend pakket tussen deze twee kleilagen blijft de zoete stijghoogte namelijk vrijwel constant, terwijl tussen verschillende watervoerende pakketten de stijghoogte juist toeneemt met de diepte.

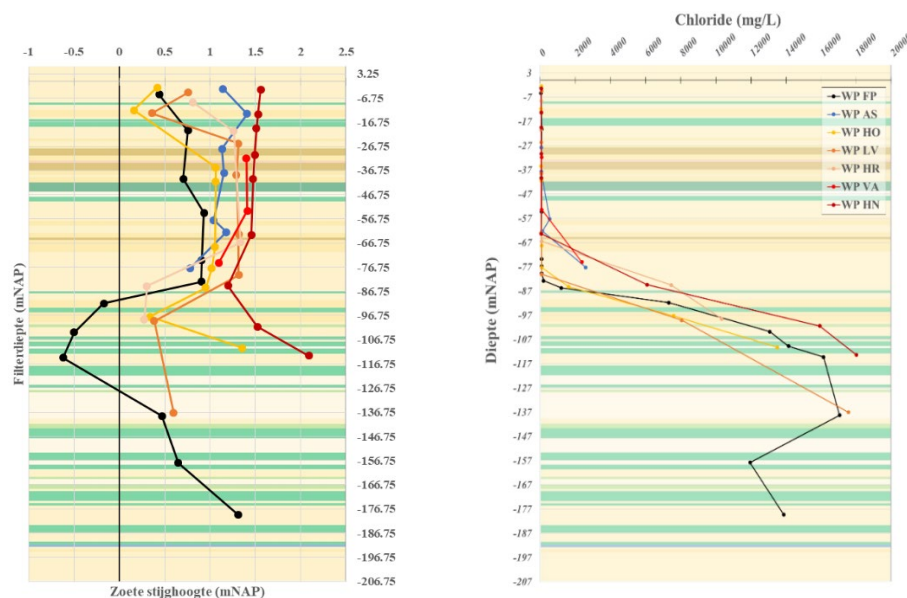
In het brakke bereik (van ca. 90 tot 120 m-mv) neemt de zoete stijghoogte sterk af, waardoor er in dat bereik sprake is van inzijging. Dit wordt vermoedelijk ook veroorzaakt door de infiltratie vanuit de panden ten noorden van de pilotlocatie. De kleilagen op ca. 93, 100 en op 115 m-mv fungeren tevens als scheidende weerstandslagen. In het zoute bereik (van ca. 120 tot 185 m-mv) neemt de zoete stijghoogte weer toe, waardoor daar juist sprake is van kwel naar het brakke pakket. De tussenliggende kleilagen fungeren ook daar weer als duidelijke scheidende weerstandslagen. Drie metingen (één in juli en twee in november) betreffen hoogstwaarschijnlijk meetfouten.



FIGUUR 5-11: STIJGHOOGTE GEMETEN IN DE PEILBUIFSILTERS VAN WP FP (LINKS), EN DIE MET BEHULP VAN DE CONCENTRATIE CHLORIDE ZIJN OMGEREKEND NAAR ZOETE STIJGHOOGTES (RECHTS).

In september 2020 zijn ook stijghoogtes gemeten in de diepe waarnemingsputten in de omgeving van pompstation Scheveningen. De zoete stijghoogtes van deze putten zijn gegeven in Figuur 5-12, waarin ter referentie ook de bijbehorende concentraties chloride zijn weergegeven.

Ook hieruit blijkt dat de kleilagen tussen 10 en 20 mNAP als scheidende lagen fungeren. De scheidende werking van de kleilaag op ca. 50 mNAP is enkel duidelijk herkenbaar bij WP FP. Bij iedere waarnemingsput is ter hoogte van de overgang van zoet naar brak grondwater een afname in de zoete stijghoogte waarneembaar. Er is dus sprake van een regionale inzijing in dit traject, wat ook te verwachten is gezien de grootschalige infiltratie die plaatsvindt in dit gebied. Deze afnemende zoete stijghoogte in dit traject komt tevens overeen met de veldwaarnemingen van het verbruikte werkwater: bij WP FP én bij WP HR vroeg het watervoerend pakket op respectievelijk 90-95 mNAP en 65-70 mNAP plots erg veel werkwater. In het zoute grondwater is bij iedere waarnemingsput die tot diep reikt (WP FP, WP HO, WP LV, WP HN) een toename in de zoete stijghoogte waargenomen, wat duidt op kwel naar het brakke grondwater.



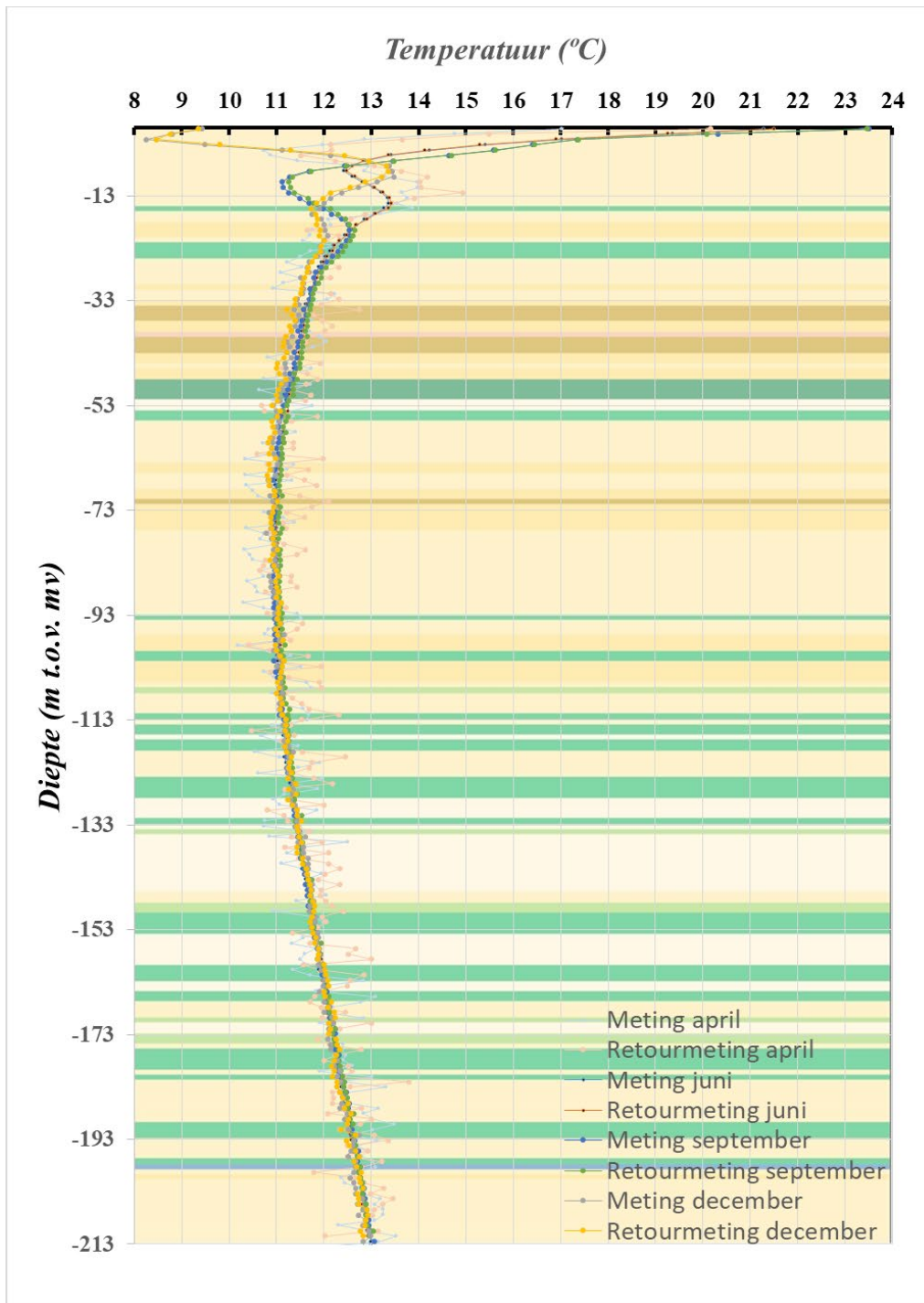
FIGUUR 5-12: ZOETE STIJGHOOGTES IN DE DIEPE WAARNEMINGSPUTTEN RONDOM WP FP (LINKS) EN HET BIJBEHOORENDE CHLORIDEPROFIEL (RECHTS), BEIDEN GEMETEN IN SEPTEMBER 2020.

5.6 TEMPERATUURPROFIEL

Het temperatuurprofiel dat met de glasvezelkabel in PB4 (WP FP) is gemeten in april, juni, september en december is gegeven in Figuur 5-13. De meting van april had een grote onzekerheid door foutieve instellingen. De periode waarover de meting wordt gemiddeld bedroeg bij deze meting namelijk slechts twee minuten. De metingen van juni en september zijn daarentegen een stuk nauwkeuriger, omdat hier een middelperiode van 40 minuten is gehanteerd. Een deel van het bovengrondse stuk van de glasvezelkabel is in april, juni en september verwarmd naar ca. 50-60°C en in december verkoeld tot 2°C ten behoeve van een betere kalibratie. Het verkoelen tot 2°C is gevalideerd met een temperatuursensor. Op basis van deze bovengrondse meting zijn de metingen van december over het volledige meettraject gekalibreerd. De metingen van april, juni en september zijn vervolgens gefit op basis van de meting in december. Deze kalibratiemethode dient in het vervolg nog nader uitgezocht te worden.

Uit de metingen zijn de volgende conclusies te trekken:

- Het verwarmen van de kabel t.b.v. de kalibratie in juni en september is herkenbaar aan de toename van de temperatuur > 5 m+mv, en het verkoelen van de kabel in december is herkenbaar aan de afname van de temperatuur >5 m+mv
- Tussen 1 en 4 m+mv is de kabel ondergronds weggewerkt, waardoor de temperatuur daar wordt gematigd.
- Vanaf maaiveld tot 1 m+mv is de temperatuur representatief voor de temperatuur van de buitenlucht. Deze varieerde tijdens de meetmomenten van ca. 9 °C (december) tot ca. 24 °C (september).
- De temperatuur is bij alle metingen op ca. 6 á 7 m-mv gelijk aan ca. 13°C.
- Vanaf ca. 75 m-mv is de geothermische gradiënt ('steady zone'; Kurylyk et al., 2018) herkenbaar en neemt de temperatuur geleidelijk toe met de diepte.
- Het gehele concave temperatuurprofiel is karakteristiek voor een grondwatersysteem dat door natuurlijke infiltratie wordt aangevuld van bovenaf (Kurylyk et al., 2018), wat ook wordt verwacht in dit duinsysteem. Op ca. 75 m-mv is het inflectiepunt van het concave profiel herkenbaar. Het traject tussen dit inflectiepunt en ca. 25 m-mv wordt beïnvloedt door langjarige klimaatschommelingen ('climate impacted zone': Kurylyk et al., 2018), en in dit geval door een geleidelijke verwarming die mogelijk ook beïnvloedt is door infiltratie van gemiddeld relatief warmer water.
- Tot de kleilaag op ca. 25 m-mv is veel variatie herkenbaar tussen de verschillende meetmomenten. Deze variaties zijn seizoensgebonden en worden beïnvloedt door de temperatuurschommelingen van de lucht en het infiltratiewater ('seasonal zone': Kurylyk et al., 2018). In het profiel van april is op ca. 4 á 5 m-mv een buigpunt herkenbaar bij een relatief lage temperatuur (ca. 11 °C). Dit buigpunt kan over de tijd de diepte in gevolgd worden: in juni op ca. 8,5 m-mv, in september op ca. 10,5 m-mv en in december op ca. 15,5 m-mv. In april is op ca. 10 á 11 m-mv tevens een buigpunt herkenbaar bij een relatief hoge temperatuur (ca. 14-15 °C). Dit buigpunt kan tevens over de tijd de diepte in gevolgd worden: in juni op ca. 14,5 m-mv, in september op ca. 19,5 m-mv en in december op ca. 21 m-mv. Het feit dat deze buigpunten van temperaturen steeds dieper voorkomen over de tijd, kan betekenen dat hier sprake is van water dat langzaam de bodem infiltreert (vanuit de infiltratiepanden net ten noorden van dit gebied). Het feit dat de buigpunten in december zich direct boven kleilagen bevinden, kan betekenen dat het geïnfiltreerde water stagneert boven deze slecht doorlatende kleilagen.



FIGUUR 5-13: TEMPERATUURPROFIEL GEMETEN MET DE GLASVEZELKABEL IN WP FP IN APRIL, JULI, SEPTEMBER & DECEMBER.

6 Voorlopig ontwerp (schematisch)

Tijdens de pilots in Noardburgum (Vitens) en Zevenbergen (Brabant Water) (Bijlage VII) zijn uitgebreide monitoringsprogramma's uitgevoerd, gericht op prestaties van de RO en injectieput en de waterkwaliteit(sveranderingen) in de doelaquifer, tijdens RO, en in de winaquifer. Deze pilots vormden, samen met de onderzoeksvragen die zijn gegeven in de inleiding, de basis voor het ontwerp van de pilot bij pompstation Scheveningen.

In de volgende sectie is een overzicht gegeven van de win- en meetlocaties, en in de daarop volgende secties is de dimensionering van de individuele putten zo nauwkeurig mogelijk beschreven. De win- en monitoringsvoorzieningen moeten in elk geval worden geplaatst in de beoogde putten. De boorfirma is vrij om met eigen advies en inbreng te komen aangaande bijvoorbeeld de boormethoden en boorgatdiameters indien dit zo aangegeven is in het ontwerp. Op basis van dit voorlopige ontwerp en werkoverleggen met de boorfirma zal een definitief ontwerp tot stand komen.

Voor dit voorlopige ontwerp zijn verschillende uitgangspunten genomen waar men op terug kan vallen:

- BRL Protocol 21001(SIKB 2018):
<https://www.sikb.nl/bodembeheer/richtlijnen/brl-2100>
- KWR PCD 13-2 Praktijkcode winning, ontwerp (Van der Schans & Meerkerk 2019):
<https://library.kwrwater.nl/publication/60518580/>
- KWR PCD 13-3 Praktijkcode winning, aanleg (Van der Schans et al, in prep.).
- Effectenstudie Brakwaterwinning Pilot – D10008928:
Beschikbaar op aanvraag

6.1 OVERZICHT WIN- EN MEETLOCATIES

De pilot Brakwaterwinning vindt plaats bij pompstation Scheveningen. Een bovenaanzicht van de pilotlocatie is gegeven in Figuur 6-1.

Een dwarsdoorsnede door de puttenlijn PB3 - PB1 - OP2 - OP1 - PB2 - PB4 is gegeven in Figuur 6-3 en een doorsnede door putten PB5 – ERT3 – OP2 – ERT4 – PB6 is gegeven in Figuur 6-4. De laagopbouw en de verdeling van zoet en zout grondwater die zijn weergegeven in deze figuren, zijn gebaseerd op de bodemopbouw en waterkwaliteitsmetingen die zijn uitgevoerd bij de proefboring van PB4. De gewenste inrichting van de putten (zoals filterstelling) is gebaseerd op de informatie die is verkregen met deze proefboring, en is daarmee een benadering. De exacte inrichting moet in het veld nader worden bepaald zodra de boringen van de verschillende putten de einddiepte hebben bereikt. Met name in het traject waar winfilters worden geplaatst is er nog enige onzekerheid over de aanwezigheid, diepte, dikte, en weerstand van kleilagen. In de volgende hoofdstukken wordt nader ingegaan op de specificaties van de putten zoals deze op het moment van schrijven worden beoogd. Deze specificaties kunnen nog onderhevig zijn aan veranderingen op basis van voorbereidende overleggen met de boorfirma of op basis van waarnemingen in het veld tijdens de boring.

Omdat er voor de doeleinden van de pilot meerdere individuele winfilters moeten worden geïnstalleerd in de winputten, is het niet mogelijk om OP1 en OP2 te combineren in één boorgat. Voor de pilot worden daarom twee winputten beoogd (OP1 en OP2). De eerste winput (OP1) bestaat uit twee winfilters die benodigd zijn voor de simulatie van een overbrugging. De tweede winput (OP2) moet uit drie verschillende winfilters bestaan die benodigd zijn voor de brakwaterwinning. Deze filters moeten allen individueel aan te sturen zijn om zoveel mogelijk flexibiliteit te hebben met de te onttrekken waterkwaliteit. Daarnaast moeten er diverse monitoringsvoorzieningen in het boorgat van de winputten worden geplaatst. De beoogde dimensionering van deze winputten is beschreven in secties 0 en 6.3.

Op verschillende afstanden rondom deze winputten worden waarnemingsputten geplaatst met verschillende typen meetapparatuur die het mogelijk maken om de dynamiek van het zoete, brakke, en zoute grondwater te monitoren. De beoogde dimensionering van deze waarnemingsputten is beschreven in sectie 6.4.

Daarnaast zijn er voor de monitoringsdoeleinden van de pilot enkele aanvullende generieke eisen en wensen aangaande de afwerking van de put, welke zijn beschreven in sectie 6.5

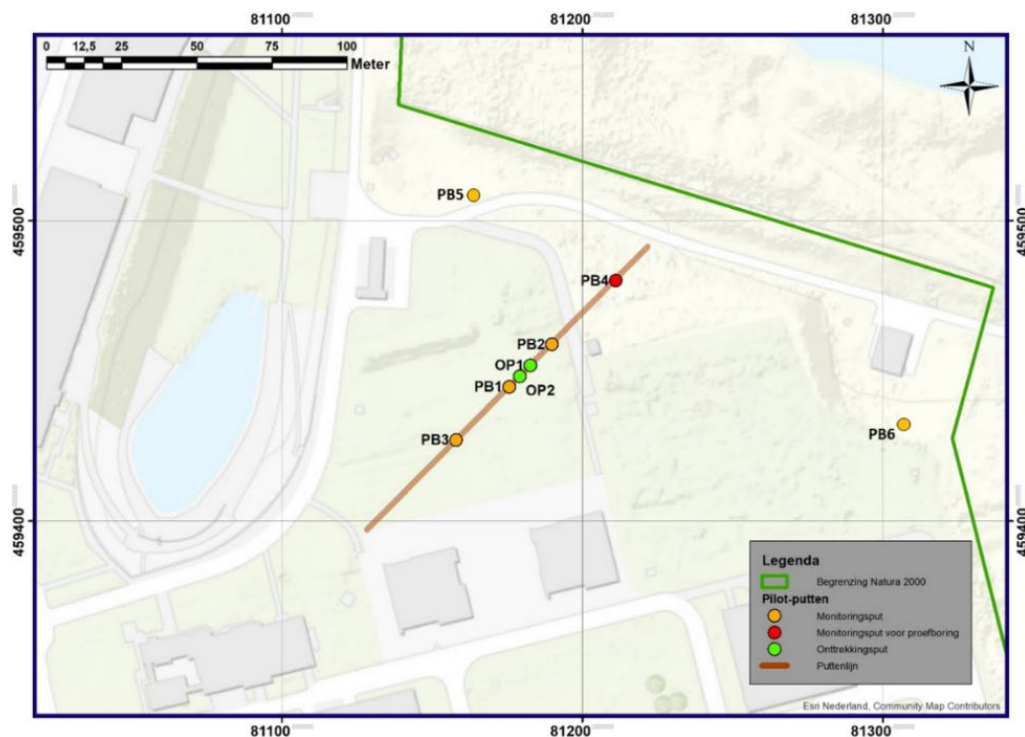
Waarnemingsputten PB1 t/m 4 hebben relatief veel waarnemingsfilters omdat hier tijdens de pilot de meeste en snelste veranderingen op zullen treden qua grondwaterkwaliteit. Om dit goed te kunnen monitoren zijn veel filters op verschillende dieptes rond het zoet/zou grensvlak benodigd. De lijn van de waarnemingsputten die direct rondom de beoogde winputten staan (PB1 t/m 4), staat parallel aan de kust en aan de verwachte globale grondwaterstroming. De grondwaterstroming in het winpakket voor brakwater is volgens de beschikbare informatie (NHI en effectenstudie Arcadis) beperkt, dus de oriëntatie van de puttenlijn zal wat dat betreft niet kritiek zijn. Wel is duidelijk dat de locatie in de overgang zit van een relatief diepe zoetwaterlens in het noordoosten naar een relatief ondiepe zoetwaterlens in het zuidwesten (volgens Sky-TEM metingen en langjarige monsternames in het duin). Vanuit dat oogpunt is het een goede keuze om parallel aan deze richting de waarnemingsputten te realiseren dichtbij de winning. Dit biedt tevens de meeste ruimte op de pilotlocatie, omdat putten eenvoudiger over een grotere afstand verdeeld kunnen worden.

Waarnemingsputten PB1 t/m 4 komen tot 45 meter afstand van OP1 en 2 te staan. Daarnaast zijn er reeds een aantal nuttige diepe monitoringsputten aanwezig in de omgeving van de pilot op een afstand van 150-600 meter. Om ook tussen 45 en 150 meter afstand tot OP1 en 2 de effecten van de beoogde brakwaterwinning te beoordelen, zijn aanvullende putten gewenst. In Figuur 6-1 zijn de locaties voor aanvullende waarnemingsputten PB5 en PB6 gegeven, rekening houdend met de reeds aanwezige infrastructuur:

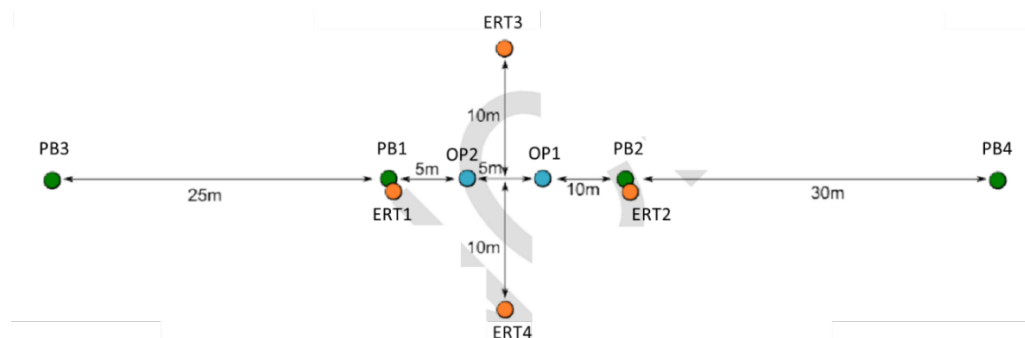
PB5 = ca. 70 meter ten noordnoordwesten van OP, op de lijn naar de al aanwezige WP HN;
 PB6 = ca. 120 meter ten oosten van OP, op de lijn naar de al aanwezige WP HO.

Met deze oriëntatie kan ook dwars op de puttenlijn worden gemonitord. Deze waarnemingsputten hebben minder waarnemingsfilters omdat de veranderingen die zullen optreden tijdens de pilot minder significant zullen zijn.

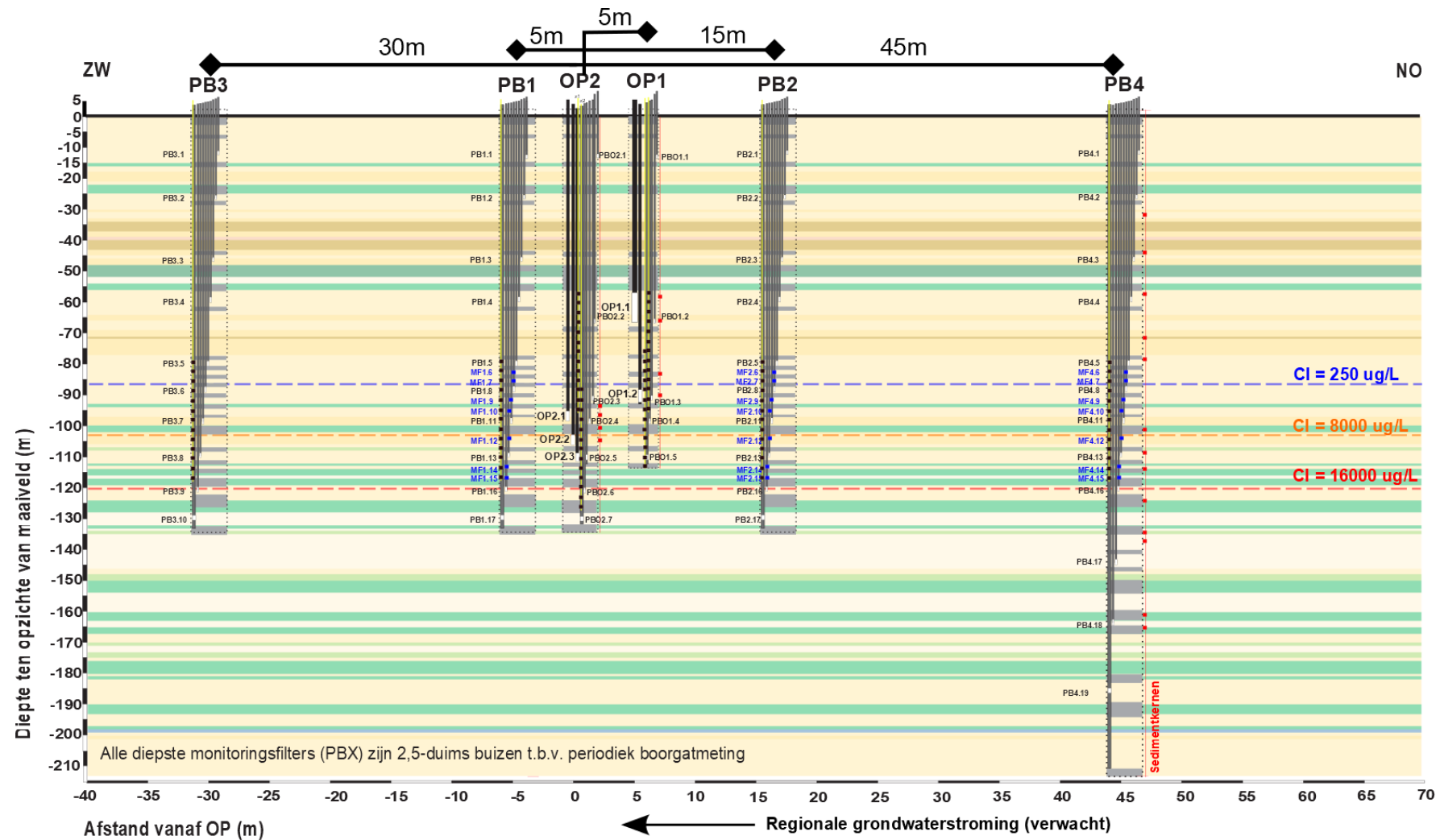
Naast deze waarnemingsputten zal zeer waarschijnlijk een aanvullend monitoringsnetwerk met de Crosshole-ERT techniek worden gerealiseerd in overleg met Deltares, waarmee direct rondom de winputten de verdeling van zoet, brak en zout grondwater nauwkeurig kan worden gemonitord. Hiervoor zijn vier meetkabels nodig (ERT1 t/m 4; Figuur 6-2). ERT1 en 2 zullen in dat geval worden geïnstalleerd in PB1 en PB2. Voor ERT3 en ERT4 zijn twee aanvullende boringen vereist.



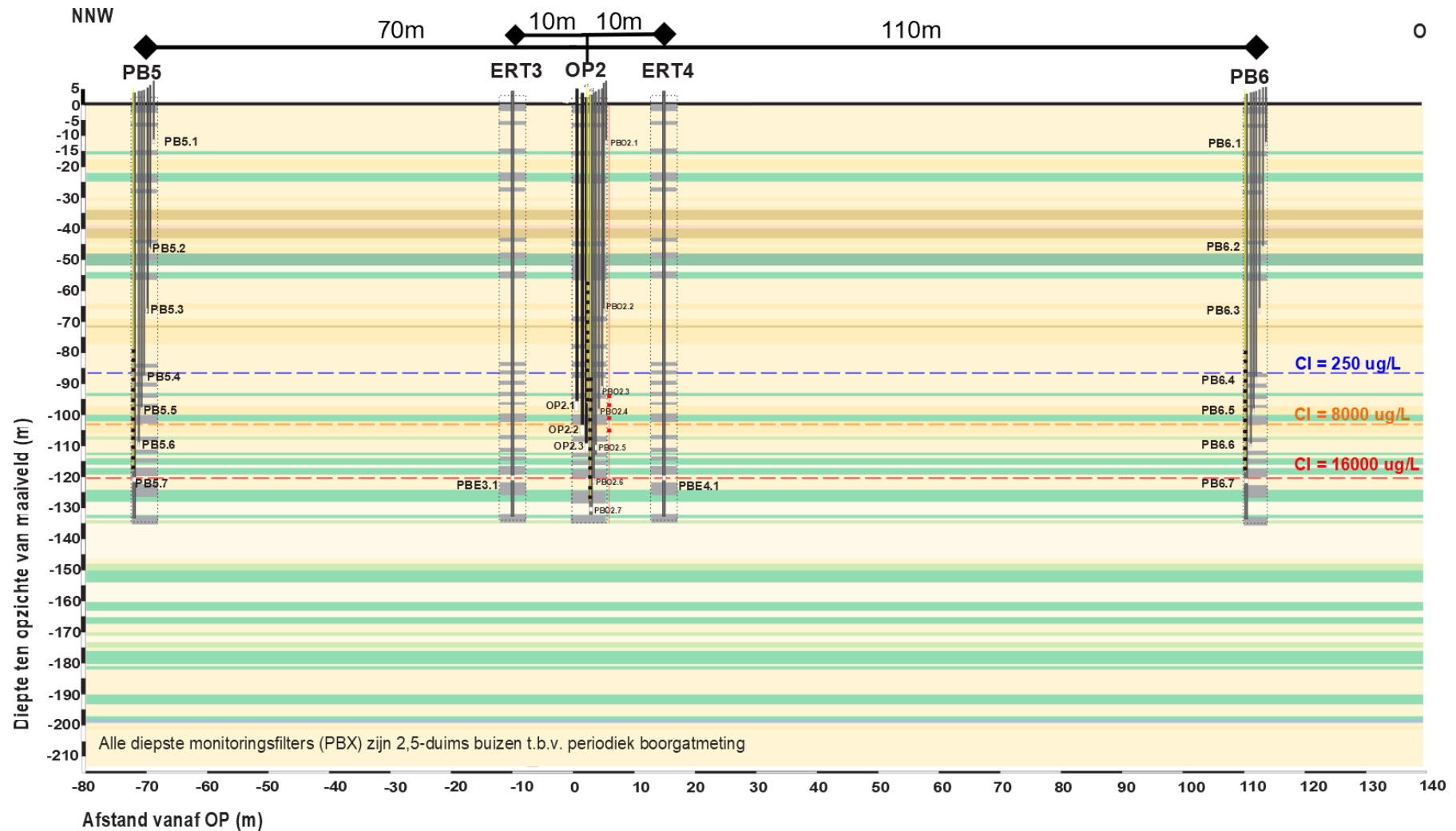
FIGUUR 6-1: BOVENAANZICHT VAN DE PILOTLOCATIE, MET DAARIN DE WINPUTTEN 'OP', EN OMLIGGENDE WAARNEMINGSPUTTEN (PB1 T/M PB6).



FIGUUR 6-2: CONCEPTUEEL OVERZICHT VAN HET CROSSHOLE-ERT NETWERK DAT ZEER WAARSCHIJNLIJK ZAL WORDEN GEÏNSTALLEERD (ORANJE PUNTEN), T.O.V. DE OVERIGE GEPLANDE WIN- EN WAARNEMINGSPUTTEN (OP1, OP2 EN PB1 T/M 4).



FIGUUR 6-3: DWARSDOORSNEDE (ZW – NO) LANGS DE BEOOGDE PUTTENLIJN VAN DE PILOT BRAKWATERWINNING. PB4 IS REEDS GEREALISEERD. PEILBUIZEN ZIJN WEERGEGEVEN ALS GRIJZE BUIZEN MET WITTE FILTERS OP DE EINDDIEPTE, MINIFILTERS ALS BLAUWE BLOKJES EN LETTERS, ZOUTWACHTERKABELS ALS GELE LIJNEN (MET ELEKTRODEPAREN ALS ZWARTE BLOKJES), DIEPTE-INTERVALLEN ZIJN SLECHTS INDICATIEF), EN DIEPTES VAN WAAR SEDIMENTKERNEN ZIJN/MOETEN WORDEN GENOMEN ALS RODE STIPPEN. DE ACHTERGROND LAAT ZIEN HOE DE BODEMOPBOUW TER PLAATSE VAN DE REEDS GEREALISEERDE WAARNEMINGSPUT PB4 IS. DIEPTES VAN FILTERS ZIJN INDICATIEF EN WORDEN NADER GESPECIFICEERD TIJDENS DE BORINGEN. DE GLASVEZELKABELS IN OP1 EN OP2 EN DE CROSSHOLE-ERT KABELS IN PB1 EN PB2 ZIJN NOG NIET WEERGEGEVEN IN DIT OVERZICHT, MAAR WORDEN IN DE VOLGENDE SECTIES NADER TOEGELICHT.



FIGUUR 6-4: DWARSDOORSNEDEN (NNW – O, MET KNIPPUNT IN OP). PEILBUIZEN ZIJN WEERGEGEVEN ALS GRIJZE BUIZEN MET WITTE FILTERS OP DE EINDDIEPTE, ZOUTWACHERKABELS ALS GELE LIJNEN (MET ELEKTRODEPAREN ALS ZWARTE BLOKJES; DIEPTE-INTERVALLEN ZIJN SLECHTS INDICATIEF), EN DIEPTES VAN WAAR SEDIMENTKERNEN ZIJN OF MOETEN WORDEN GENOMEN ALS RODE STIPPEN. DE ACHTERGROND LAAT ZIEN HOE DE BODEMOPBOUW TER PLAATSE VAN DE REEDS GEREALISEERDE WAARNEMINGSPUT PB4 IS. DIEPTES VAN FILTERS ZIJN INDICATIEF EN WORDEN NADER GESPECIFICEERD TIJDENS DE BORINGEN. DE GLASVEZELKABEL IN OP2 EN DE CROSSHOLE-ERT KABELS IN ERT3 EN ERT4 ZIJN NOG NIET WEERGEGEVEN IN DIT OVERZICHT, MAAR WORDEN IN DE VOLGENDE SECTIES NADER TOEGELICHT.

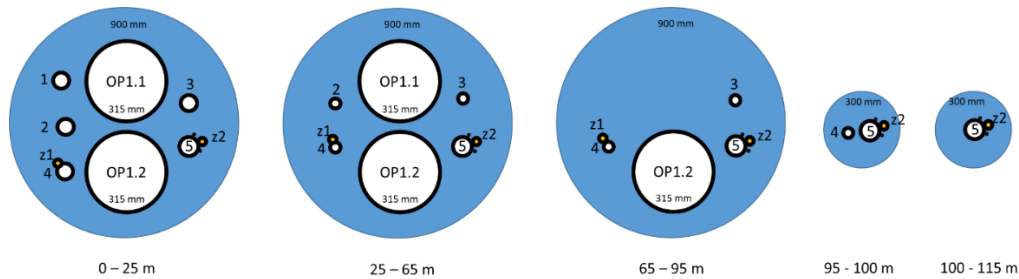
De combinatie van metingen met CTD-divers, zoutwachterkabels, boorgatmetingen, en Crosshole ERT geeft een goed beeld van de dynamiek van zoet, brak en zout grondwater nabij de put. Een zoutwachterkabel resulteert in puntmetingen van de elektrische weerstand op 13 verschillende dieptes, welke relatief eenvoudig periodiek zijn uit te lezen. (C)TD-divers resulteren in vrijwel continue metingen van de temperatuur en stijghoogte (en elektrische geleidbaarheid) op een bepaald filterniveau, die eventueel telemetrisch kunnen worden verzonden. Boorgatmetingen zijn continue metingen in de verticaal, maar zijn niet eenvoudig en niet goedkoop uit te voeren met een hoge frequentie zodat ook in de tijd een continue profiel van de meting ontstaat. Crosshole ERT-metingen geven een goed, continue en vrijwel driedimensionaal beeld van de ontwikkeling van zoet en zout grondwater in een straal van ca. 10 meter rondom de winputten.

De peilbuisfilters en minifilters maken het mogelijk om op verschillende dieptes ook de waterkwaliteit te kunnen analyseren op andere parameters dan de parameters die het zoutgehalte beschrijven (Cl, EGV). Dit maakt het mogelijk om geochemische processen en veranderingen daarin te plaatsen.

Glasvezelkabel maken het mogelijk om een temperatuurprofiel te construeren en kunnen informatie verschaffen over (verticale en/of horizontale) grondwaterstroming.

6.2 DIMENSIONERING WINPUT OP1

Boormethode:	In principe zuig- en luchtliftboring, i.v.m. grote boorgatdiameter.
Boorgatdiameter:	Zie voorbeeld in Figuur 6-5: - 900 of 1000 mm vanaf maaiveld tot ca. 93 m-mv - 300 of 400 mm tussen 93 en 115 m-mv
Einddiepte:	ca. 115 m-mv



FIGUUR 6-5: INDICATIEVE HORIZONTALE DOORSNEDE DOOR OP1 OP VERSCHILLENDE DIEPTE-INTERVALLEN (ZIE ONDERSCHRIFTEN, INDICATIEF). DE CIJFERS 1 T/M 5 HEBBEN BETREKKING OP DE PEILBUIZEN IN DE OMSTORTING VAN OP1. DE ZOUTWACHTERS ZIJN WEERGEGEVEN IN ORANJE MET Z1 EN Z2. DE TWEE UITEINDES VAN DE GLASVEZELKABEL ZIJN WEERGEGEVEN ALS TWEE RODE STIPPEN TEGEN PBO1.5. PBO1.1 KAN EVENTUEEL SEPARAAT BUITEN HET BOORGAT WORDEN GEPLAATST.

Diameters van boorgaten en winfilters zijn in overleg met Pieter Dammers (Dunea) zo gekozen dat:

- De capaciteit van de winput, welke conform de PCD 13-2 is gebaseerd op de formule van Huisman en is geschat in Tabel 6-4, uitgaande van de bodemopbouw t.p.v. PB4, door het relatief korte gewenste filtertraject van winfilter OP1.2 kan worden geoptimaliseerd met een relatief grote boorgatdiameter.
- De diameter van de filterbuis zodanig is dat er een pomp met de benodigde capaciteit in past.
- Er een omstorting is van minimaal $((900 - 630)/2 =) 135$ mm tot maximaal $((900-315)/2 =) 292$ mm rondom de winfilters. Volgens PCD 13-2 heeft de omstorting normaal gesproken een dikte van 150 – 300 mm. Doordat de 2 filterbuizen minder ruimte innemen dan een reguliere enkele stijgbuis kan in dit geval volstaan worden met een iets kleinere minimale omstorting dan normaal gesproken.

6.2.1 WINFILTERS OP1.1 EN OP1.2

Winfilter OP1.1 is benodigd om zoet grondwater te kunnen onttrekken. Dit zal tijdens de pilot tweemaal voor een periode van ongeveer 3 maanden worden gedaan. Winfilter OP1.2 is benodigd om het grensvlak tussen zoet en brak grondwater na de simulatie van een overbrugging weer te herstellen door middel van een diepere winning van brak grondwater, en kan tijdens de bedrijfsvoering van de brakwaterwinning worden aangewend om relatief zoeter water te onttrekken. Zodoende zal putfilter OP1.2 onderhevig zijn aan waterkwaliteitsveranderingen (zoet/brak). De specificaties van beide winfilters zijn opgenomen in Tabel 6-1.

TABEL 6-1: SPECIFICATIES VAN WINFILTERS IN OP1. FILTERDIEPTES EN -LENGTES ZIJN INDICATIEF EN WORDEN NADER GESPECIFICEERD TIJDENS DE BORING.

	OP1.1	OP1.2
Diameter filter & stijgbuis	315 mm	315 mm
Filtertraject	ca. 55 tot 65 m-mv	ca. 88 tot 92 m-mv
Lengte filter	10 meter	4 meter
Schatting van capaciteit (zie Tabel 6-4)	ca. 59 m ³ /u	ca. 23 m ³ /u

6.2.2 MONITORINGSAPPARATUUR OP1

6.2.2.1 WAARNEMINGSFILTERS

In OP1 moeten vijf waarnemingsfilters worden geplaatst waarmee de grondwaterkwaliteit kan worden bemonsterd en waarin eventueel CTD-loggers kunnen worden geplaatst. De specificaties van de gewenste filters zijn opgenomen in Tabel 6-2. PBO1.1 kan eventueel ook separaat direct buiten het boorgat worden geplaatst, daar dit een freatisch filter betreft.

TABEL 6-2: SPECIFICATIES VAN WAARNEMINGSFILTERS IN OP1. DIEPTES VAN FILTERS ZIJN INDICATIEF EN WORDEN NADER GESPECIFICEERD TIJDENS DE BORING.

Filter	Bovenkant filter <i>m-mv</i>	Onderkant filter <i>m-mv</i>	Lengte filter <i>m</i>	Einddiepte buis <i>m-mv</i>	Diameter peilbuis <i>mm (buiten/binnen)</i>	Opmerking
PBO1.1	11	12	1	12	63/75 (volledige diepte)	t.b.v. dompelpomp en CTD-loggers
PBO1.2	64,5	65,5	1	65,5	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
PBO1.3	91,5	92,5	1	92,5	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
PBO1.4	97,5	98,5	1	98,5	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
PBO1.5	109,5	110,5	1	115	75/67 (volledige diepte)	t.b.v. boorgatmeting

6.2.2.2 ZOUTWACHTERKABEL

In OP1 moeten twee reguliere zoutwachterkabels geplaatst worden waarmee de ontwikkeling van het zoete, brakke en zoute grondwater kan worden gemonitord tijdens winning. De uiteindes van de zoutwachters komen boven maaiveld uit, en worden met een connector afgemonteerd. De mogelijke specificaties van deze kabels zijn opgenomen in Tabel 6-3. De kabels bevatten 13 elektrodeparen, waarvan de bovenste drie van de diepe zoutwachterkabel overlap hebben met de onderste drie elektrodeparen van de ondiepe zoutwachterkabel. Een standaard kabel met 13 elektrodeparen is naar verwachting binnen een termijn van 6 weken te leveren. De zoutwachterkabels worden door de boorfirma geïnstalleerd onder toezicht van KWR/Dunea.

TABEL 6-3: SPECIFICATIES VAN ZOUTWACHTERKABELS IN OP1. DIEPTES ZIJN INDICATIEF EN WORDEN NADER GESPECIFICEERD TIJDENS DE BORING.

	Zoutwachterkabel 1	Zoutwachterkabel 2
Bevestiging	Aan OP1.2 of PBO1.4	Aan PBO1.5
Aantal elektrodeparen	13	13
Afstand tussen elektrodeparen	3 meter	3 meter
Diepte eerste elektrodepaar	ca. 59 m-mv	ca. 79 m-mv
Diepte laatste elektrodepaar	ca. 95 m-mv	ca. 115 m-mv
Totale lengte	100 m (ondergronds) + 15 m overlengte	130 m (ondergronds) + 15 m overlengte

6.2.2.3 GLASVEZELKABEL

Om eventuele verticale kortsluitstroming in het boorgat van OP1 te monitoren, zal een glasvezelkabel worden geïnstalleerd. De specificaties van een dergelijke kabel worden overlegd met Dunea. De glasvezelkabel dient te worden bevestigd als 'lus' aan de diepste peilbuis PBO1.5. De lus bevindt zich op de einddiepte, en de twee uiteindes van de kabel komen boven maaiveld uit en worden afgemonteerd met een connector. De boorfirma installeert deze kabel samen met de leverancier en onder toezicht van KWR/Dunea.

6.2.3 SEDIMENTKERNEN

Tijdens de proefboring bij PB4 zijn een aantal ongeroerde steekkernen van 1 meter genomen ten behoeve van geochemische analyses en mogelijke experimenten. Van een aantal diepte-intervallen zijn bij de proefboring geen steekkernen genomen. Zodra de bodemopbouw bij PB1 en PB2 duidelijk is, zullen de diepte-intervallen worden bepaald voor aanvullende ongeroerde steekkernen van 1 meter die kunnen worden genomen tijdens het boren van OP1 en OP2. Voor OP1 zal dit circa 4 kernen op ca. 50-100 m-mv betreffen. Of, en zo ja waar, steekkernen in de winputten worden genomen zal in de komende periode worden besproken.

De kernen moeten worden afgedopt met paraffine en zuurstofloos en gekoeld bewaard blijven om intrede van zuurstof te voorkomen. Het materiaal van de kern moet tevens impermeabel zijn.

6.2.4 SCHATTING VAN PUTCAPACITEITEN

De capaciteiten van de winfilters zijn conform de PCD 13-2 gebaseerd op de formule van Huisman en zijn geschat in Tabel 6-4, uitgaande van de bodemopbouw t.p.v. PB4. Voor de winfilters van OP1 is een boorgatdiameter van 900 mm aangenomen en voor de winfilters van OP2 een boorgatdiameter van 1000 mm.

TABEL 6-4: SCHATTING VAN DE CAPACITEITEN VAN DE VERSCHILLENDE WINFILTERS.

		OP1		OP2			
		OP1.1	OP1.2	OP2.1	OP2.2	OP2.3	
Filterstelling	Eenheid						
Bovenkant	m-mv	-55	-88	-95	-103	-109	Best fit (iets anders dan in effectenstudie)
Onderkant	m-mv	-65	-92	-99	-106	-111	Best fit (iets anders dan in effectenstudie)
Lengte	m	10	4	4	3	2	
Boorgat	Eenheid						
Diameter	mm	900	900	1000	1000	1000	
Oppervlakte boorgatwand	m ²	28.3	11.3	12.6	9.4	6.3	
Capaciteit	Eenheid						
K-waarde	m/d	26.5	24.3	24.3	24.3	24.3	Best guess (cf. effectenstudie)
Vmax (Huisman, 0.5*Sichardt)	m/u	2.1	2.0	2.0	2.0	2.0	
Qmax	m ³ /u	59	23	25	19	13	
Qmax	m ³ /d	1426	546	607	455	303	
		OP1.1	OP1.2	OP2			
Qmax	m³/u	59	23	57			
		Totaal zoet	Totaal brak				
Qmax	m³/u	59	80				

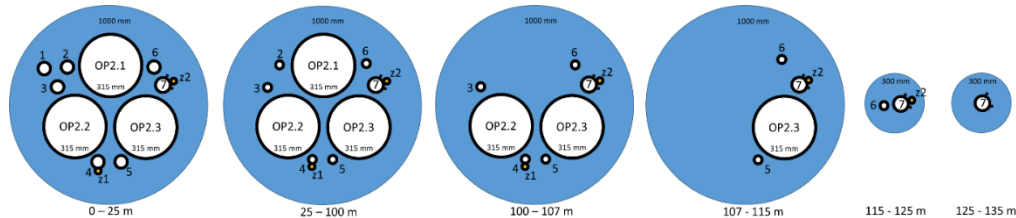
6.3 DIMENSIONERING WINPUT OP2

Boormethode: In principe zuig- en luchtliftboring, i.v.m. grote boorgatdiameter.

Boorgatdiameter: Zie voorbeeld in Figuur 6-6;

- 1000 mm vanaf maaiveld tot ca. 115 m-mv
- 300 of 400 mm tussen 115 en 135 m-mv

Einddiepte: ca. 135 m-mv



FIGUUR 6-6: HORIZONTALE DOORSNEDE DOOR OP2 OP VERSCHILLENDE DIEPTE-INTERVALLEN (ZIE ONDERSCHRIFTEN, INDICATIEF). DE CIJFERS 1 T/M 7 HEBBEN BETREKKING OP DE PEILBUIZEN IN DE OMSTORTING VAN OP2. DE ZOUTWACHTERS ZIJN WEERGEGEVEN IN ORANJE MET Z1 EN Z2. DE TWEE UITEINDES VAN DE GLASVEZELKABEL ZIJN WEERGEGEVEN ALS TWEE RODE STIPPEN TEGEN PBO2.7. PBO1.1 KAN EVENTUEEL SEPARAAT BUITEN HET BOORGAT WORDEN GEPLAATST.

De boorgatdiameter en diameters van winfilters zijn in overleg met Pieter Dammers (Dunea) zodanig gekozen dat:

- De capaciteit van de winput, welke conform de PCD 13-2 is gebaseerd op de formule van Huisman en is geschat in Tabel 6-4, uitgaande van de bodemopbouw t.p.v. PB4, door het relatief korte gewenste filtertraject van de winfilters kan worden geoptimaliseerd met een relatief grote boorgatdiameter.
- De diameter van de filterbuis zodanig is dat er een pomp met de benodigde capaciteit in past.
- Er een omstorting is van minimaal $((1000 - 630)/2 =)$ 185 mm tot maximaal $((1000-315)/2 =)$ 342 mm rondom de winfilters. Volgens PCD 13-2 heeft de omstorting normaal gesproken een dikte van 150 – 300 mm. Doordat de 3 filterbuizen minder ruimte innemen dan een reguliere enkele stijgbuis kan in dit geval volstaan worden met een iets kleinere minimale omstorting dan normaal gesproken.

6.3.1 WINFILTERS OP2.1, OP2.2 EN OP2.3

De drie winfilters zijn benodigd om brak grondwater te onttrekken en de zoetwaterlens te verdiepen. Deze filters moeten individueel aangestuurd kunnen worden zodat er optimale flexibiliteit is in de zoutconcentratie van het onttrokken brakke grondwater, en in het sturen van de zoetwaterlens. De specificaties van deze winfilters zijn opgenomen in Tabel 6-5.

TABEL 6-5: SPECIFICATIES VAN WINFILTERS IN OP2. FILTERDIEPTES EN -LENGTES ZIJN INDICATIEF EN WORDEN NADER GESPECIFICEERD TIJDENS DE BORING.

	OP2.1	OP2.2	OP2.3
Diameter filter & stijgbuis	315 mm	315 mm	315 mm
Filtertraject	ca. 95 tot 99 m-mv	ca. 103 tot 106 m-mv	ca. 109 tot 111 m-mv
Lengte filter	4 meter	3 meter	2 meter
Schatting van capaciteit (zie Tabel 6-4)	ca. 25 m ³ /u	ca. 19 m ³ /u	ca. 13 m ³ /u

6.3.2 MONITORINGSAPPARATUUR OP2

6.3.2.1 WAARNEMINGSFILTERS

In OP2 moeten zeven waarnemingsfilters worden geplaatst waarmee de grondwaterkwaliteit kan worden bemonsterd en waarin eventueel CTD-loggers kunnen worden geplaatst. De specificaties van de gewenste filters zijn opgenomen in Tabel 6-6. PBO1.1 kan eventueel ook separaat direct buiten het boorgat worden geplaatst, daar dit een freatisch peilbuisfilter betreft.

TABEL 6-6: SPECIFICATIES VAN WAARNEMINGSFILTERS IN OP2. DIEPTES VAN FILTERS ZIJN INDICATIEF EN WORDEN NADER GESPECIFICEERD TIJDENS DE BORING.

Filter	Bovenkant filter <i>m-mv</i>	Onderkant filter <i>m-mv</i>	Lengte filter <i>m</i>	Einddiepte buis <i>m-mv</i>	Diameter peilbuis <i>mm (buiten/binnen)</i>	Opmerking
PBO2.1	11	12	1	12	63/57 (volledige diepte)	t.b.v. dompelpomp en CTD-loggers
PBO2.2	64,5	65,5	1	65,5	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
PBO2.3	91,5	92,5	1	92,5	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
PBO2.4	97,5	98,5	1	98,5	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
PBO2.5	109,5	110,5	1	110,5	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
PBO2.6	120	121	1	121	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
PBO2.7	129,5	130,5	1	135	75/67 (volledige diepte)	t.b.v. boorgatmeting

6.3.2.2 ZOUTWACHTERKABELS

In OP2 moeten twee reguliere zoutwachterkabels geplaatst worden waarmee de ontwikkeling van het zoete, brakke en zoute grondwater kan worden gemonitord tijdens winning. De uiteindes van deze zoutwachters komen boven maaiveld uit, en worden met connectoren afgemonteerd. De mogelijke specificaties van deze kabels zijn opgenomen in Tabel 6-7. De kabels bevatten 13 elektrodeparen, waarvan de bovenste drie elektrodeparen van de diepe zoutwachterkabel overlap hebben met de onderste drie elektrodeparen van de ondiepe zoutwachterkabel. Een standaard kabel met 13 elektrodeparen is naar verwachting binnen een termijn van 6 weken te leveren. De zoutwachterkabels worden door de boorfirma geïnstalleerd onder toezicht van KWR/Dunea.

TABEL 6-7: SPECIFICATIES VAN ZOUTWACHTERKABELS IN OP2. DIEPTES ZIJN INDICATIEF EN WORDEN NADER GESPECIFICEERD TIJDENS DE BORING.

	Zoutwachterkabel 1	Zoutwachterkabel 2
Bevestiging	aan OP2.3 of PBO2.4	aan PBO.7
Aantal elektrodeparen	13	13
Afstand tussen elektrodeparen	3 meter	3 meter
Diepte eerste elektrodepaar	ca. 59 m-mv	ca. 89 m-mv
Diepte laatste elektrodepaar	ca. 95 m-mv	ca. 125 m-mv
Totale lengte	100 m (ondergronds) + 15 m overlengte	130 m (ondergronds) + 15 m overlengte

6.3.2.3 GLASVEZELKABEL

Om eventuele verticale kortsluitstroming in het boorgat van OP2 te monitoren, zal een glasvezelkabel worden geïnstalleerd. De specificaties van een dergelijke kabel worden overlegd met Dunea. De glasvezelkabel dient te worden bevestigd als 'lus' aan de diepste peilbuis PBO2.7. De lus bevindt zich op de einddiepte, en de twee uiteindes van de kabel komen boven maaiveld uit en worden afgemonteerd met een connector. De boorfirma installeert deze kabel samen met de leverancier en onder toezicht van KWR/Dunea.

6.3.3 SEDIMENTKERNEN

Zie 6.2.3. Tijdens het boren van OP2 moeten circa 4 sedimentkernen worden genomen op ca. 90-110 m-mv, te bepalen aan de hand van de boringen van PB1 en PB2.

6.3.4 SCHATTING VAN PUTCAPACITEITEN

De capaciteiten van de winfilters zijn conform de PCD 13-2 gebaseerd op de formule van Huisman en zijn geschat in Tabel 6-4 in paragraaf 6.2.4, uitgaande van de bodemopbouw ter plaatse van PB4. Voor de winfilters van OP2 is een boorgatdiameter van 1000 mm aangenomen.

6.4 DIMENSIONERING WAARNEMINGSPUTTEN

6.4.1 WAARNEMINGSPUTTENPB₁ EN PB₂

Boormethode:

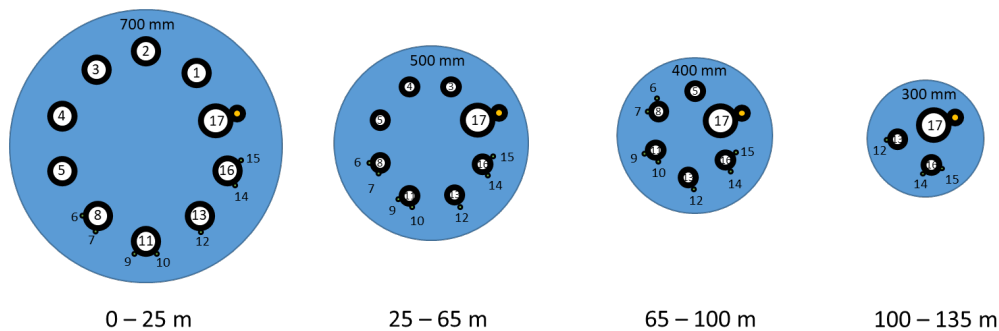
In principe zuig- en luchtliftboring, omdat er met de gewenste monitoringsapparatuur vermoedelijk een grote boorgatdiameter benodigd is. Bovendien is het gewenst om een geofysische boorgatmeting uit te voeren in het open boorgat bij het bereiken van de einddiepte (wat niet mogelijk is bij verbuisd boren). Daarnaast hebben de ERT metingen die mogelijk nog worden voorzien in deze putten weinig 'last' van het werkwater dat achterblijft bij een zuig- en luchtliftboring.

Boorgatdiameter:

700 mm vanaf maaiveld tot ca. 25 m-mv;
500 / 400 / 300 mm op grotere diepte (zie voorbeeld in Figuur 6-7).
Deze boorgatdiameters zijn slechts indicatief en zijn aan te passen o.b.v. de gewenste putinrichting en te handhaven putnormen.

Einddiepte:

ca. 135 m-mv



FIGUUR 6-7: HORIZONTALE DOORSNEDE DOOR PB1 EN PB2 OP VERSCHILLENDE DIEPTE-INTERVALLEN (ZIE ONDERSCHRIFTEN, INDICATIEF). DE CIJFERS 1 T/M 17 HEBBEN BETREKKING OP DE PEILBUIZEN EN MINIFILTERS. DE ZOUTWACHTER IS WEERGEGEVEN IN ORANJE TEGEN PBX.17. DE MINIFILTERS ZIJN WEERGEGEVEN ALS GROENE STIPPEN TEGEN PEILBUIZEN PBX.8, 11, 13 EN 16. DE CROSSHOLE-ERT TECHNIEK IS NOG NIET WEERGEGEVEN IN DEZE FIGUUR.

6.4.1.1 WAARNEMINGSFILTERS

Zowel in PB₁ als in PB₂ zullen 10 reguliere peilbuisfilters worden geplaatst waarmee de grondwaterkwaliteit bemonsterd kan worden en waarin CTD-loggers geplaatst kunnen worden. Daarnaast zijn 7 minifilters gewenst om op specifiek dieptes te kunnen meten (zie separate memo over minifilters). Omdat PB₁ en PB₂ dichtbij de winning staan, zullen hier relatief gezien de snelste veranderingen optreden. Met minifilters kan op een specifiekere diepte de waterkwaliteit bemonsterd worden dan met peilbuizen, en minifilters beslaan minder ruimte (in diameter) in de put. De minifilters worden door de boorfirma en onder toezicht van KWR/Dunea geïnstalleerd aan diverse peilbuizen (zie voorbeeld in Figuur 4.1), en de dieptes van deze minifilters moeten corresponderen met de elektrodeparen van de te installeren zoutwachterkabel zodat deze geijkt kunnen worden aan de zoutconcentraties in het ambiënte grondwater. De dimensies van de waarnemingsfilters zijn opgenomen in Tabel 6-8.

TABEL 6-8: SPECIFICATIES VAN PEILBUISEFILTERS (PB) EN MINIFILTERS (MF) IN PB1 EN PB2. FILTERDIEPTES ZIJN INDICATIEF EN WORDEN NADER GESPECIFICEERD TIJDENS DE BORING.

Filter	Bovenkant filter <i>m-mv</i>	Onderkant filter <i>m-mv</i>	Lengte filter <i>m</i>	Einddiepte buis <i>m-mv</i>	Diameter peilbuis <i>mm (buiten/binnen)</i>	Opmerking
PBX.1	11	12	1	12	63/57 (volledige diepte)	t.b.v. dompelpomp en CTD-loggers
PBX.2	26	27	1	27	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
PBX.3	46	47	1	47	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
PBX.4	64,5	65,5	1	65,5	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
PBX.5	79,5	80,5	1	80,5	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
MF.6	82,85	83,15	0.3	83,15	16/13 (maaiveld tot 25 m-mv) 6/4 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. kogelkleppomp t.b.v. klein afpompvolume
MF.7	85,85	86,15	0.3	86,15	16/13 (maaiveld tot 25 m-mv) 6/4 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. kogelkleppomp t.b.v. klein afpompvolume
PBX.8	88,5	89,5	1	89,5	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
MF.9	91,85	92,15	0.3	92,15	16/13 (maaiveld tot 25 m-mv) 6/4 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. kogelkleppomp t.b.v. klein afpompvolume
MF.10	94,85	95,15	0.3	95,15	16/13 (maaiveld tot 25 m-mv) 6/4 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. kogelkleppomp t.b.v. klein afpompvolume
PBX.11	97,5	98,5	1	98,5	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
MF.12	103,85	104,15	0.3	104,15	16/13 (maaiveld tot 25 m-mv) 6/4 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. kogelkleppomp t.b.v. klein afpompvolume
PBX.13	109,5	110,5	1	110,5	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
MF.14	112,85	113,15	0.3	113,15	16/13 (maaiveld tot 25 m-mv) 6/4 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. kogelkleppomp t.b.v. klein afpompvolume
MF.15	115,85	116,15	0.3	116,15	16/13 (maaiveld tot 25 m-mv) 6/4 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. kogelkleppomp t.b.v. klein afpompvolume
PBX.16	120	121	1	121	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
PBX.17	129,5	130,5	1	135	75/67 (volledige diepte)	t.b.v. boorgatmeting

6.4.1.2 ZOUTWACHTERKABELS

In zowel PB1 als PB2 moet één zoutwachterkabel geplaatst worden waarmee de ontwikkeling van het zoete, brakke en zoute grondwater kan worden gemonitord tijdens winning. Het uiteinde van de zoutwachter komt boven maaiveld uit, en wordt met een connector afgemonteerd. De mogelijke specificaties van deze kabel zijn opgenomen in Tabel 6-9. De kabel bevat 13 elektrodeparen en is naar verwachting binnen een termijn van 6 weken te leveren. PB1 en PB2 worden als eerste gerealiseerd, dus de levertijd van de zoutwachterkabels is met name voor deze putten cruciaal. De zoutwachterkabels worden door de boorfirma geïnstalleerd onder toezicht van KWR/Dunea.

TABEL 6-9: SPECIFICATIES VAN ZOUTWACHTERKABELS IN PB1 EN PB2. DIEPTES ZIJN INDICATIEF EN WORDEN NADER GESPECIFICEERD TIJDENS DE BORING.

	Zoutwachterkabel
Bevestiging	aan PBX1.17
Aantal elektrodeparen	13
Afstand tussen elektrodeparen	3 meter
Diepte eerste elektrodepaar	ca. 80 m-mv
Diepte laatste elektrodepaar	ca. 116 m-mv
Totale lengte	120 m (ondergronds) + 15 m overlengte

6.4.1.3 CROSSHOLE-ERT

Zeer waarschijnlijk wordt ook een Crosshole-ERT netwerk geïnstalleerd, waarbij twee ERT-kabels in putten PB1 en PB2 worden geplaatst ten behoeve van de monitoring van de dynamiek van zoet en zout grondwater. De implementatie van deze technieken wordt nog nader uitgewerkt door Deltares. Wel is bekend dat de Crosshole-ERT kabels die hiervoor benodigd zijn zeer waarschijnlijk gemaakt zijn van hoogwaardig roestvrij staal, en vergelijkbaar zijn met (maar wat fragieler zijn dan) standaard zoutwachterkabels. Een zorgvuldige installatie is dus zeer gewenst. De boorfirma wordt geacht om deze kabels, in overleg met en onder toezicht van Deltares en Dunea/KWR te installeren.

De Crosshole-ERT kabels zullen een einddiepte bereiken van ca. 130 m-mv en moeten tevens aan de diepste peilbuis PBX.17 worden geïnstalleerd. Omdat de zoutwachterkabel ook aan deze peilbuis wordt geïnstalleerd, is zorgvuldig werk zeer gewenst. De Crosshole-ERT kabel heeft een elektrodesectie van 80 meter (van 50 tot 130 m-mv) met een elektrodeafstand van ca. 1,67 m.

6.4.1.4 GLASVEZELKABEL

Om eventuele verticale kortsluitstroming in het boorgat PB1 en PB2 te monitoren, kan ook een glasvezelkabel worden geïnstalleerd. De specificaties van een dergelijke kabel worden overlegd met Dunea. Indien deze glasvezelkabel ook in PB1 en PB2 wordt geïnstalleerd, dient deze te worden bevestigd als 'lus' aan de diepste peilbuis PBX.17. De lus bevindt zich op de einddiepte, en de twee uiteindes van de kabel komen boven maaiveld uit en worden afgemonteerd met een connector.

6.4.2 WAARNEMINGSSPUT PB₃

Boormethode:

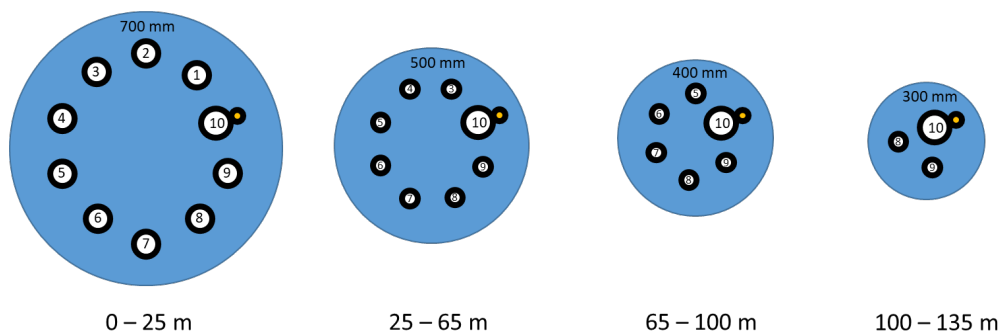
In principe zuig- en luchtliftboring, omdat er met de gewenste monitoringsapparatuur vermoedelijk een grote boorgatdiameter benodigd is. Bovendien is het gewenst om een geofysische boorgatmeting uit te voeren in het open boorgat bij het bereiken van de einddiepte (wat niet mogelijk is bij verbuisd boren).

Boorgatdiameter:

700 mm vanaf maaiveld tot ca. 25 m-mv;
500 / 400 / 300 mm op grotere diepte (zie voorbeeld in Figuur 6-8).
Deze boorgatdiameters zijn slechts indicatief en zijn aan te passen o.b.v. de gewenste putinrichting en te handhaven putnormen.

Einddiepte:

ca. 135 m-mv



FIGUUR 6-8: HORIZONTALE DOORSNEDE DOOR PB₃ OP VERSCHILLENDE DIEPTE-INTERVALLEN (ZIE ONDERSCHRIFTEN, INDICATIEF). DE CIJFERS 1 T/M 10 HEBBEN BETREKKING OP DE PEILBUIZEN. DE ZOUTWACHTER IS WEERGEGEVEN IN ORANJE TEGEN PB₃.10.

6.4.2.1 WAARNEMINGSFILTERS

Bij PB₃ zijn geen minifilters benodigd omdat de waterkwaliteitsveranderingen daar minder significant zullen zijn dan bij PB₁ en PB₂. Wel moeten er reguliere peilbuisfilters worden geplaatst in PB₃ om de waterkwaliteit te kunnen bemonsteren en om eventuele CTD-loggers te plaatsen. De specificaties hiervan zijn opgenomen in Tabel 6-10.

TABEL 6-10: SPECIFICATIES VAN WAARNEMINGSFILTERS IN PB3. FILTERDIEPTES ZIJN INDICATIEF EN WORDEN NADER GESPECIFICEERD TIJDENS DE BORING.

Filter	Bovenkant filter <i>m-mv</i>	Onderkant filter <i>m-mv</i>	Lengte filter <i>m</i>	Einddiepte buis <i>m-mv</i>	Diameter peilbuis <i>mm (buiten/binnen)</i>	Opmerking
PBX.1	11	12	1	12	63/57 (volledige diepte)	t.b.v. dompelpomp en CTD-loggers
PBX.2	26	27	1	27	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
PBX.3	46	47	1	47	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
PBX.4	64,5	65,5	1	65,5	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
PBX.5	79,5	80,5	1	80,5	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
PBX.6	88,5	89,5	1	89,5	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
PBX.7	97,5	98,5	1	98,5	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
PBX.8	109,5	110,5	1	110,5	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
PBX.9	120	121	1	121	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
PBX.10	129,5	130,5	1	135	75/67 (volledige diepte)	t.b.v. boorgatmeting

6.4.2.2 ZOUTWACHTERKABEL

Ook in PB3 moet één zoutwachterkabel geplaatst worden waarmee de ontwikkeling van het zoete, brakke en zoute grondwater kan worden gemonitord tijdens winning. Het uiteinde van de zoutwachter komt boven maaiveld uit, en wordt met een connector afgemonteerd. De mogelijke specificaties van deze kabel zijn opgenomen in Tabel 6-11. De kabel bevat 13 elektrodeparen, en is naar verwachting binnen een termijn van 6 weken te leveren. De zoutwachterkabel wordt door de boorfirma geïnstalleerd onder toezicht van KWR/Dunea.

TABEL 6-11: SPECIFICATIES VAN ZOUTWACHTERKABEL IN PB3. DIEPTES ZIJN INDICATIEF EN WORDEN NADER GESPECIFICEERD TIJDENS DE BORING.

	Zoutwachterkabel
Bevestiging	aan PB3.10
Aantal elektrodeparen	13
Afstand tussen elektrodeparen	3 meter
Diepte eerste elektrodepaar	ca. 80 m-mv
Diepte laatste elektrodepaar	ca. 116 m-mv
Totale lengte	120 m (ondergronds) + 15 m overlengte

6.4.3 WAARNEMINGSPUTTEN PB5 EN PB6

Boormethode:

In principe zuig- en luchtliftboring, omdat er met de gewenste monitoringsapparatuur vermoedelijk een grote boorgatdiameter benodigd is. Bovendien is het gewenst om een geofysische boorgatmeting uit te voeren in het open boorgat bij het bereiken van de einddiepte (wat niet mogelijk is bij verbuisd boren). Deze boringen kunnen in overleg met de boorfirma eventueel nog worden aangepast naar pulsboringsen.

Boorgatdiameter:

500 mm vanaf maaiveld tot ca. 65 m-mv.

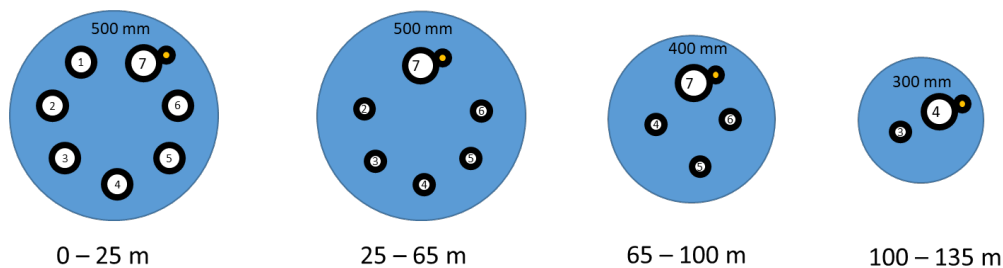
400 mm vanaf 65 m-mv tot ca. 100 m-mv.

300 mm op grotere diepte (zie voorbeeld in Figuur 6-9).

Deze boorgatdiameters zijn slechts indicatief en zijn aan te passen o.b.v. de gewenste inrichting en te handhaven putnormen.

Einddiepte:

ca. 135 m-mv



FIGUUR 6-9: HORIZONTALE DOORSNEDE DOOR PB5 EN 6 OP VERSCHILLENDE DIEPTE-INTERVALLEN (ZIE ONDERSCHRIFTEN, INDICATIEF). DE CIJFERS 1 T/M 7 HEBBEN BETREKKING OP DE PEILBUIZEN. DE ZOUTWACHTER IS WEERGEGEVEN IN ORANJE.

6.4.3.1 WAARNEMINGSFILTERS

In PB5 en PB6 is één peilbuisfilter benodigd voor boorgatmetingen en voor bevestiging van een eventuele zoutwachter, en drie voor waterkwaliteitsbemonsteringen van het brakke grondwater. De specificaties hiervan zijn opgenomen in Tabel 6-12.

TABEL 6-12: SPECIFICATIES VAN WAARNEMINGSFILTERS IN PB5 EN PB6. FILTERDIEPTES ZIJN INDICATIEF EN WORDEN NADER GESPECIFICEERD TIJDENS DE BORING.

Filter	Bovenkant filter <i>m-mv</i>	Onderkant filter <i>m-mv</i>	Lengte filter <i>m</i>	Einddiepte buis <i>m-mv</i>	Diameter peilbuis <i>mm (buiten/binnen)</i>	Opmerking
PBX.1	11	12	1	12	63/57 (volledige diepte)	t.b.v. dompelpomp en CTD-loggers
PBX.2	46	47	1	47	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
PBX.3	64,5	65,5	1	65,5	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
PBX.4	88,5	89,5	1	89,5	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
PBX.5	97,5	98,5	1	98,5	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
PBX.6	109,5	110,5	1	110,5	63/57 (maaiveld tot 25 m-mv) 40/36 (25 m-mv tot einddiepte)	t.b.v. dompelpomp t.b.v. CTD-loggers
PBX.7	120	121	1	135	75/67	t.b.v. boorgatmeting

6.4.4 ZOUTWACHTERKABELS

Ook in PB5 en PB6 worden zoutwachterkabels (1 per put) geïnstalleerd waarmee de ontwikkeling van het zoete, brakke en zoute grondwater kan worden gemonitord tijdens winning. Het uiteinde van de zoutwachter komt boven maaiveld uit, en wordt met een connector afgemonteerd. De mogelijke specificaties van deze eventuele kabels zijn opgenomen in Tabel 6-13. De kabel zal 13 (standaard) elektrodeparen bevatten. Een standaard kabel met 13 elektrodeparen is naar verwachting binnen een termijn van 6 weken te leveren. De zoutwachterkabels worden door de boorfirma geïnstalleerd onder toezicht van KWR/Dunea.

TABEL 6-13: SPECIFICATIES VAN ZOUTWACHTERKABELS IN PB5 EN PB6.

	Zoutwachterkabel
Bevestiging	aan PBX.7
Aantal elektrodeparen	13
Afstand tussen elektrodeparen	3 meter
Diepte eerste elektrodepaar	ca. 80 m-mv
Diepte laatste elektrodepaar	ca. 116 m-mv
Totale lengte	120 m (ondergronds) + 15 m overlengte

6.4.5 WAARNEMINGSPUTTEN ERT₃ EN ERT₄

Zoals beschreven zullen twee aanvullende boringen verricht moeten worden om de Crosshole-ERT kabels ERT₃ en ERT₄ te kunnen plaatsen. De twee boringen die hiervoor gewenst zijn moeten tot ca. 135 m-mv reiken. In het boorgat hoeft slechts één enkele peilbuis geplaatst te worden die tot ca. 130 m-mv reikt en waaraan de ERT-kabel kan worden bevestigd. Deze peilbuis heeft bij voorkeur een diameter van 75/67 (buiten/binnen) zodat daarin boorgatmetingen kunnen worden verricht. Het exacte filterniveau van deze peilbuis moet nog nader gespecificeerd worden. Gezien de diameter van deze peilbuis en van de daaraan te bevestigen ERT-kabel, lijkt een boring van minimaal 300 mm gewenst. Wellicht is er zelfs meer ruimte nodig om er met een storkoker nog naast te kunnen. De boorfirma mag daarom ook zelf met advies komen over de boorgatdiameter. Qua boormethode wordt een zuigboring (+ luchtlift) voorgesteld omdat zodoende een goede boorgatmeting kan worden verricht in het open boorgat wanneer de boring de einddiepte heeft bereikt. Dat is niet mogelijk bij een verbuisde boormethode. Daarnaast hebben deze ERT metingen weinig 'last' van het werkwater dat achterblijft bij een zuig- en luchtliftboring.

- Waarnemingsputten ERT3 en ERT4: in principe zuigboring (+luchtlift).
Voor deze boringen zal de boorgatdiameter niet de beperkende factor zijn, die kan namelijk relatief beperkt blijven (ca. 300 mm). Het is echter gewenst om bij het bereiken van de einddiepte van deze boringen een boorgatmeting uit te voeren in het open boorgat, om zodoende de ERT-kabel goed in te kunnen hangen. Boorgatmetingen zullen bij verbuisde boormethodes (pulsboring) niet in een representatieve meting resulteren door de invloed van de stalen casing. De ERT-kabels hebben daarnaast weinig 'last' van het werkwater dat achterblijft in de formatie na realisatie van de putten met een zuigboring.
- Waarnemingsputten PB5 en PB6: in principe zuigboring (+luchtlift).
Omdat deze putten verder zijn verwijderd van de proefboring (waar de zoet/zout verdeling bekend is) is een boorgatmeting juist hier ook gewenst voor het juist afstellen van de waarnemingsfilters en de elektrodes van de zoutwachterkabel. Wellicht is het nog interessant om de invloed van de boormethode op de verstoring van de grondwaterkwaliteit juist te onderzoeken. In dat geval kan in overleg met de boorfirma later nog worden overwogen om bij PB5 of 6 toch een verbuisde boormethode (pulsboring) uit te voeren.
- Waarnemingsputten PB1 en PB2: in principe zuigboring (+luchtlift).
Relatief grote boorgatdiameters zijn gewenst vanwege de gewenste monitoringsapparatuur (ca. 700 mm, mogelijk wat kleiner maar dat zal nooit 350 mm worden). Ook is het gewenst om bij het bereiken van de einddiepte van de boring een boorgatmeting uit te voeren in het open boorgat, om zodoende de exacte filterstelling goed te kunnen vaststellen. Daarnaast worden hier ERT-kabels in geplaatst, die minder 'last' hebben van het werkwater. De zoutwachterkabelmetingen kunnen hier mogelijk mee vergeleken worden. Daarnaast zijn twee losse kleinere pulsborings vrij dicht naast elkaar ook niet gewenst.
- Waarnemingsput PB3: in principe zuigboring (+luchtlift).
Een relatief grote boorgatdiameter is gewenst (ca. 700 mm, mogelijk wat kleiner maar dat zal nooit 350 mm worden), en tevens een boorgatmeting.
- Een zuig- en luchtliftboring heeft als nadeel dat de ondergrond sterker verstoord wordt door de intrede van werkwater dan bij een pulsborings het geval is, waardoor het herstel van de grondwaterkwaliteit rondom de put relatief lang kan duren. Ons nadrukkelijke advies aan de boorfirma is om de boortijd in het brakke en zoute grondwater, en dus de tijd dat het boorgat open staat, zoveel mogelijk te beperken. Daarnaast moeten alle filters (win-, waarnemings- en minifilters) na realisatie extra lang worden teruggespoeld om de invloed van het werkwater zoveel mogelijk te beperken. Daarnaast is er de nadrukkelijke eis om géén boorspoeladditieven toe te passen bij de nieuwe boringen i.v.m. verstopping van de boorgatwand en van waarnemingsfilters. Het is belangrijk dat de boorfirma aangeeft hoe zij hiermee om zullen gaan. Om extra tijd te winnen tijdens de boringen, moeten alle in te bouwen materialen tijdig klaar liggen, en moet iedereen die nodig is voor het afstellen van de filters en elektrodes tijdig beschikbaar/aanwezig zijn.
- Afwijken in overleg indien boorfirma goede argumenten aandraagt.
- Indien de genoemde boormethodes niet haalbaar zijn, ontvangen we van de boorfirma graag alternatieve suggesties.
- De boorgatdiameters van winputten zijn ingeschat op basis van PCD 13-2 en zijn noodzakelijk voor de gewenste capaciteiten. Indien de boorfirma reden ziet om van de voorgestelde diameters of van de putinrichting af te wijken, dient zij hierover te adviseren.

- De boorgatdiameters van de waarnemingsputten zijn indicatief en zijn een eerste inschatting en zijn aan te passen mits de gewenste monitoringsapparatuur in het boorgat past en tegelijkertijd wordt voldaan aan putnormen.

6.5.5 STABILITEIT BOORGAT (BOORSPOELING EN WERKWATER)

Werk conform voorschriften van PCD 13-3, hoofdstuk 23. Hierbij gelden de volgende aandachtspunten

- Uit ervaring bij aanleg van omliggende putten is bekend dat de watervraag van het boorgat op een bepaalde diepte sterk toeneemt. Dit was ook het geval bij de boringen van PB4 (op ca. 45 meter afstand van de beoogde winning) en bij waarnemingsput WP HR (op ca. 600 meter afstand van de beoogde winning). Bij PB4 gebeurde dit op een diepte van ca. -93 mNAP, rond grove zandlagen (formatie van Peize-Waalre?) en brak grondwater met een concentratie Cl van ca. 7,5 g/L. Bij WP HR gebeurde dit op een diepte van ca. -65 mNAP, rond grove zandlagen (formatie van Sterksel?) en net boven de overgang van zoet naar brak grondwater. Bij beide boringen is Antisol (boorspoelingsadditief) toegepast. Dit had als ongewenst resultaat dat de boorgatwand op bepaalde diepte verstopt is geraakt, waardoor de zoutwachtermetingen en minifilters niet goed functioneren. Bij voorkeur wordt er géén boorspoelingsadditief gebruikt (dus ook geen natuurlijke) bij de nog te realiseren boringen. Gebruik van boorspoeling kan de kwaliteit van het grondwater rondom de put sterk beïnvloeden en kan de boorgatwand doen verstopen. Liever verhoogd opstellen. Bij voorkeur komt de boorfirma ook met een eigen voorstel over hoe om te gaan met hoog werkwaterverbruik.
- Drinkwater is beschikbaar op circa 100 m van de boringen en kan gebruikt worden als werkwater. De levering hiervan kan door Dunea gegarandeerd worden. Daarnaast kan eventueel met een onderwaterpomp grondwater worden opgepompt uit de reeds gerealiseerde waarnemingsput PB4.
- Zoals in de vorige paragraaf al werd gesteld, zal het uitvoeren van zuig- en luchtliftboringen de ondergrond verstoren door de intrede van werkwater. De boorfirma wordt er nadrukkelijk op gewezen om deze verstoring tot het minimum te beperken. Bij het boren minimaliseert men de wachttijd in het brakke en zoute grondwater, zodat zo weinig mogelijk zoet werkwater de formatie intreedt.

6.5.6 UITVOEREN VAN DE BORING EEN AANLEG PUT

Werk conform voorschriften van PCD 13-3, hoofdstuk 24. Hierbij gelden de volgende aandachtspunten:

- Dunea zal op locatie de exacte locaties van de putten markeren zodat de putten niet conflicteren met de reeds aanwezige infrastructuur.
- Van elke boring moet een boorbeschrijving worden gemaakt op basis van het opgeboorde materiaal conform NEN-EN-ISO 14688. Tevens moet een afwerkingsstaat en aanvulstaat worden geconstrueerd.
- Van de proefboring zijn per meter diepte geroerde monsters genomen en bij TNO aangeleverd. Het is raadzaam om bij TNO na te vragen of ze ook geïnteresseerd zijn in de geroerde monsters van de nog uit te voeren boringen. Overleg daarnaast met TNO of ze geïnteresseerd zijn om ook sedimentmonsters van de steekkernen te ontvangen.
- Na het op diepte komen en het trekken van de boorbuizen worden bij iedere boring door Deltares twee boorgatmetingen uitgevoerd in het open boorgat; 1 EM-inductie meting en 1 inclinatie meting. Zodoende wordt extra informatie verkregen over de bodemopbouw en de verdeling van zoet en zout grondwater. Aan de hand van deze informatie wordt het ontwerp

van de filterstelling van de peilbuis, de zoutwachter- en/of ERT-kabels, en de aanvulstaat van de boring exact bepaald. Dunea kan zorgdragen dat Deltares tijdig wordt ingelicht over de planning van de werkzaamheden.

- De diepste waarnemingsfilters moeten worden gerealiseerd door ze 'af te laten hangen' en niet op de bodem van het boorgat te laten rusten. Als dit namelijk wel gebeurt, kan de peilbuis (vanwege de lengte en het gewicht) mogelijk buigen, waardoor een eventuele latere boorgatmeting in de diepste peilbuis niet meer (goed) uitgevoerd kan worden.
- Bij inbouwen van de put, minimaal 1 m afstand aanhouden tussen winfilters en kleilagen. Minimale afstand tussen aanvulklei en winfilter is 0.5 m.
- De aanvulling van het boorgat vindt plaats via een stortkoker, zodat het risico op aanvulklei rondom de elektrodes van zoutwachter- en ERT-kabels wordt geminimaliseerd. Er worden maatregelen getroffen zodat de stortkoker niet de ERT kabels beschadigen.
- Schoonspoelen van waarnemingsfilters totdat zand- en slibvrij water wordt onttrokken, en totdat de EC- en pH-waarden constant zijn. Dit kan m.b.v. een pomp of d.m.v. luchtliften.
- Voor de eisen die worden gesteld aan het ontwikkelen van de winfilters kan de boorfirma hoofdstukken 23.9 en 23.10 van PCD 13-3 nalezen. Ontwikkelen van winfilters moet in ieder geval filter voor filter plaatsvinden.
- Exacte dieptes van peilbuisfilters, minifilters en elektrodeparen van zoutwachterkabels zijn nog onder voorbehoud en worden nader gespecificeerd tijdens de boringen (na het uitvoeren van de boorgatmetingen in open boorgat, en na het beschrijven van de waargenomen lithologie).

6.5.7 INBOUW MEETAPPARATUUR

- Zoutwachterkabels en glasvezelkabels worden door Dunea geleverd.
- Minifilters kunnen ook door Dunea/KWR geleverd/geconstrueerd worden indien noodzakelijk. Indien de boorfirma bedreven is met minifilters, ontvangen we graag een voorstel voor het type en voor de installatiemethode.
- De minifilters moeten, net als peilbuisfilters, verzadigd (dus vol met water, en niet droog) worden geïnstalleerd om te voorkomen dat het grondwater en de daarin aanwezige troebelheid bij plaatsing in het boorgat snel toestromen en voor verstopping van de filters zorgen.
- Het is belangrijk om voldoende aandacht te besteden bij het secuur aanvullen en inrichten van het boorgat zodat er bijvoorbeeld geen ongewenste kortsluitstroming ontstaat of schade wordt aangebracht aan de zoutwachterkabels, glasvezelkabels en minifilters.

6.5.8 DOCUMENTATIE

- De op te leveren documentatie staat vermeld in PCD 13-3 hoofdstuk 29.
- Voor het ontwikkelen van de win- en waarnemingsfilters dient een overzicht van de gehanteerde debieten tijdens schoonpompen, duur van het schoonpompen, en de gemeten EC-waarden moet worden opgeleverd door de aannemer.
- Definitieve coderingen van peilbuisfilters en putten worden later vastgesteld door Dunea.

6.5.9 CONNECTIE PUTTENVELD EN ZUIVERING

Het puttenveld zal door middel van leidingen en kabels worden verbonden aan een loods waar meet- en zuiveringsactiviteiten zullen plaatsvinden tijdens de bedrijfsvoering van de pilot. Een overzicht van de te realiseren putten en infrastructuur is gegeven in Figuur 6-10, waarin tevens de reeds bestaande infrastructuur is weergegeven. Mogelijk vinden er bij het definitieve ontwerp nog enkele aanpassingen plaats t.o.v. de bestaande infrastructuur.



FIGUUR 6-10: OVERZICHT VAN BESTAANDE INFRASTRUCTUUR DIE DE CONNECTIE VORMT TUSSEN HET PUTTENVELD EN DE LOODS (PILOT LOCATIE) WAARIN MEET- EN ZUIVERINGSACTIVITEITEN PLAATS GAAN VINDEN TIJDENS DE PILOT (BOVEN), EN OVERZICHT VAN DE TE REALISEREN INFRASTRUCTUUR T.O.V. DE REEDS BESTAANDE INFRASTRUCTUUR..

7 Conclusies

In dit rapport zijn de aanpak, de doelen, en het tijdsplan van de pilot brakwaterwinning beschreven, die binnen het EU LIFE project FRESHMAN zal worden uitgevoerd bij pompstation Scheveningen van Dunea. Daarnaast is ook de hydrogeologische referentiesituatie in de omgeving van de pilot beschreven met resultaten die bij de proefboring zijn verkregen.

Het doel van de pilot is om te laten zien hoe een brakwaterwinning de bestaande strategische zoetwaterreserve kan vergroten, en hoe brak grondwater een duurzame bron van drinkwater kan zijn voor Dunea. De pilot zal bestaan uit een puttenveld (winning van brak grondwater en monitoring van effecten) en een zuivering (ontzilting). In maart 2020 is een proefboring verricht, waarbij een eerste waarnemingsput is gerealiseerd (WP FP). Op basis hiervan is het voorlopige ontwerp van het puttenveld tot stand gekomen, wat tevens in dit rapport is beschreven. Het ontwerp van de zuivering viel buiten de scope van dit rapport.

Pompstation Scheveningen is een geschikte locatie voor de pilot. Het terrein is vlak, beveiligd en goed toegankelijk. Het ligt relatief dichtbij bestaande gebouwen, en aansluitingen van het puttenveld en de zuivering op bestaande infrastructuur (elektriciteit, data, waterleidingen en riool) zijn eenvoudig te realiseren.

In de duinen bij de projectlocatie is tot ca. 85 m-mv een zoetwaterlens aanwezig (watertype F₃CaHCO₃+), met daaronder een brakke overgangszone tot ca. 120 m-mv (watertype b₂NaCl-). Beneden 120 m-mv is het grondwater zout (watertype S₃NaCl). Voor de pilot zal een winput met drie winfilters worden gerealiseerd in de brakke overgangszone. Een tweede winput zal op ca. 60 m-mv worden gerealiseerd voor de winning van zoet grondwater (overbrugging). Dit watervoerend pakket is hydrologisch gescheiden van de reguliere diepe winpakketten van Dunea door de slecht doorlatende Waalre kleilaag.

Aanvullende waarnemingsputten zullen worden gerealiseerd op verschillende afstanden van de winputten. Monitoringsvoorzieningen omvatten peilbuizen, minifilters, CTD-loggers, zoutwachterkabels, Crosshole-ERT en DTS-glasvezelkabels. Daarnaast bestaat de mogelijkheid om periodieke boorgatmetingen te verrichten. Met deze voorzieningen kunnen de effecten op de omgeving, en de verdeling van zoet, brak en zout grondwater, uitvoerig gemonitord worden tijdens de bedrijfsvoering van de pilot. Met de proefboring is al enige ervaring opgedaan met de verschillende meettechnieken, waardoor een goede afweging kon worden gemaakt van de monitoringsvoorzieningen in de nog te realiseren putten.

De waterkwaliteitsanalyses die bij de proefboring zijn uitgevoerd laten zien dat Cl, EGV, gesuspendeerd stof, troebelingsgraad, Na, Ca, K, Mg, pH, en HCO₃ in elk geval aandacht vereisen m.b.t. de bedrijfsvoering van de winning. Daarnaast zijn As, B, Ba, Ca, Fe, Mg, Mn, Na, NH₄, Ni, PO₄, SO₄ en Sr in ieder geval belangrijke aandachtparameters voor de bedrijfsvoering van de zuivering (RO) van het te onttrekken brakke grondwater. Een aanvullende zuivering vóór de RO is daarnaast gewenst om vaste deeltjes af te vangen, die door veranderingen in zoutgehalte en door kationenuitwisseling kunnen mobiliseren.

Met de proefboring is ook duidelijk geworden dat er veel aandacht besteed moet worden aan de kwaliteit van de boringen van de overige putten, welke door middel van zuig- en luchtliftboringen zullen worden gerealiseerd. Bij voorkeur wordt schoon geboord (zonder boorspoeladditieven), blijven de boorgaten zo kort mogelijk open staan, en worden alle filters in de putten uitvoerig schoongespoeld. Hierdoor zal de invloed van het werkwater op de latere monitoring zo veel mogelijk worden beperkt. Tijdens werkoverleggen met de boorfirma zal het voorlopige ontwerp uitvoerig besproken worden en zal een duidelijk en werkbaar plan worden gevormd om tot een definitief ontwerp te komen.

8 Referenties

HydroGeophysics Group (2011). SkyTEM survey Meijndel/Berkheide & Solleveld 2011. Dunea & HydroGeophysics Group Aarhus University. Rapportnummer 2011-11-09, januari 2012. (Confidentieel rapport).

Kamps, P., Nienhuis, P., Van den Heuvel, D., De Joode, H. (2016). Monitoring well optimization for surveying the fresh/saline groundwater interface in the Amsterdam Water Supply Dunes. http://www.swim-site.nl/pdf/swim24/swim24_p-96-99.pdf

Knol, A.H., Buijijck, P.L. (1986). Het flip-flop-project: diepinfiltratie van voorgezuiverd Maaswater bij de Duinwaterleiding. 's-Gravenhage, Nederland.

Kurylyk, B. L., Irvine, D. J., & Bense, V. F. (2019). Theory, tools, and multidisciplinary applications for tracing groundwater fluxes from temperature profiles. Wiley Interdisciplinary Reviews: Water, 6(1), e1329. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/wat2.1329>

Nienhuis, P., Kamps, P., Spillekom, S., Olsthoorn, T. (2010). Comparing methods for exploring the fresh/salt groundwater interface position in the Amsterdam water supply dunes. SWIM21 – 21st salt water intrusion meeting, Azores, Portugal, June 21-26, 2010. http://www.swim-site.nl/pdf/swim21/pages_191_194.pdf

Ogilvie, R., Huizer, S., Boonekamp, T. (2020). Effectenstudie brakwaterwinning pilot: Onderzoek naar de effecten van brakwaterwinning op het omliggende gebied. Arcadis, Dunea. Referentienummer D10008928:109, projectnummer C09051.000033.0100.

Oude Essink, G.H.P., van Baaren, E.S., de Louw, P.G.B., 2010. Effects of climate change on coastal groundwater systems: A modeling study in the Netherlands. Water Resources Research, 46:W00F04. <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2009WR008719>

Raat, K.J. en Stuyfzand, P.J. (2009). Monitoringsplan Pilot Noardburgum. KWR memo.

Raat, K.J., Stuyfzand, P.J., Boukes, H., Oosterhof, A. (2011). Water quality changes following deep well injection of BWRO concentrate; Results from the BWRO pilots Noardburgum and Zevenbergen. Rapport BTO 2011.105(s).

Raat, K.J., Kooiman, J.W. (2012). Brak grondwater: niet mijden, maar gebruiken! Eindrapport BTO onderzoek pilots Noardburgum (Vitens) en Zevenbergen (Brabant Water). BTO-rapport 2011.048

Rijkswaterstaat (2013). Lozingen bij aanleg en onderhoud van bodemenergiesystemen. Beleidsondersteunend document, Ministerie van Infrastructuur en Milieu.

Stuyfzand, P.J., F. Lúers & H.G. DE JONGE 1993. Hydrochemie en hydrologie van duinen en aangrenzende polders tussen Katwijk en Kijkduin. KIWA-rapport SWE-93.001, 165p.

Sjerps, R.M.A., Maessen, M., Raterman, B.W., Ter Laak, T.L., Stuyfzand, P.J. (2017). Grondwaterkwaliteit Nederland 2015-2016: chemie grondwatermeetnetten en nulmeting nieuwe stoffen. <https://library.kwrwater.nl/publication/54910776/>

Speets, R., Van der Mark, E., Van der Hagen, H., Zwolsman, G. (2017). Verbetering van de infiltratiewaterkwaliteit en herstel van natuurwaarden in het duin. H2O-online. <https://www.h2owaternetwerk.nl/vakartikelen/verbetering-van-de-infiltratiewaterkwaliteit-en-herstel-van-natuurwaarden-in-het-duin>

Bijlage I Alternatieve pilotlocaties

Naast pompstation Scheveningen waren ook Klein Zwitserland (Winning Z) en Harstenhoek (Winning H) kansrijk voor de realisatie van de pilot. Deze alternatieve pilotlocaties worden hieronder toegelicht en de liggingen van deze locaties ten opzichte van pompstation Scheveningen zijn weergegeven in de overzichtskaart in Figuur 6-11.

I.1 KLEIN-ZWITSERLAND (WINNING Z)

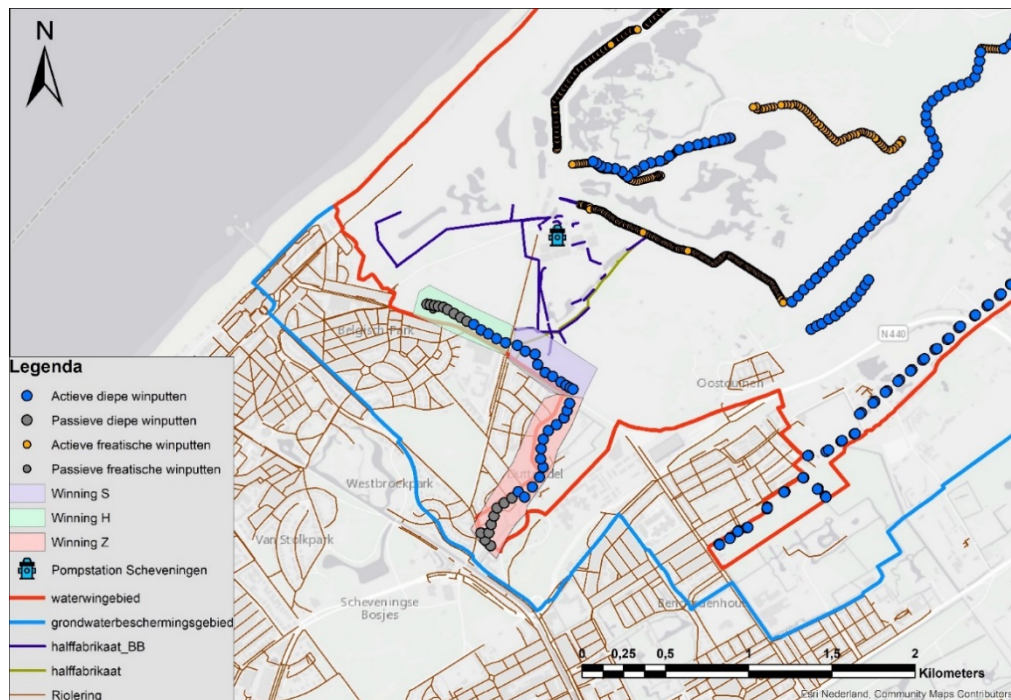
De diepe winning Klein Zwitserland (bouwjaar 1950; debiet 250 m³/u) is momenteel erg verziltingsgevoelig en wordt enkel bij de laatste fase van de overbrugging in gebruik genomen. Enkele putten van winning Klein Zwitserland zijn reeds opgegeven (in het zuidelijke deel). Omdat het een verziltende diepe winning betreft, kunnen bestaande pompputten gebruikt worden en kan mogelijk veel van de al aanwezige infrastructuur benut worden voor de pilot, zonder te interfereren met de productie van Dunea. Klein Zwitserland heeft bovendien een goede toegankelijkheid. Nutsvoorzieningen als elektra en riolering zijn niet (bij Dunea) aanwezig in het gebied.

Vanwege de afstand tot pompstation Scheveningen kan het permeaat waarschijnlijk niet worden benut in de drinkwaterproductie. Er loopt een betonnen leiding van de winning naar het pompstation, maar deze is ongeschikt voor transport van (onderverzadigd) permeaat. Het permeaat (ca. 25 m³/uur) zal kunnen worden geloosd op de bestaande watergang op het terrein van Klein Zwitserland. Dit kan zorgen voor een verbeterde kwaliteit van oppervlaktewater. Hiervoor is wellicht een vergunning nodig (van HH Delfland).

Het concentraat kan via een transportleiding worden afgevoerd naar zee of worden geïnjecteerd in een diepere (zoutere) bodemlaag. Loze leidingen zijn aanwezig vanaf Westbroekpark en monden uit in de haven van Scheveningen. Uit navraag bleek echter dat deze aanwezige loze leidingen in te slechte staat zijn om te benutten voor lozing van concentraat. Daarom zal nieuw leidingwerk gerealiseerd moeten worden voor een lozing naar zee. Door de schaal van de pilot lijkt een lokale lozing op het riool of naar een diepere (zoutere) bodemlaag een gunstigere optie.

I.2 HARSTENHOEK (WINNING H)

Ook de diepe winning Harstenhoek wordt pas later in de overbrugging in gebruik genomen i.v.m. verzilting. Ook hier zijn enkele putten reeds opgegeven en kunnen bestaande pompputten gebruikt worden, evenals veel van de al aanwezige infrastructuur. De bereikbaarheid van deze winning is minder goed dan die van winning Z, omdat het puttenveld van Harstenhoek niet direct aan een weg is gelegen, maar in natuurgebied (grasland). Wel kan de elektra van pompstation Scheveningen aangevoerd worden zonder grote wegen te kruisen. Het is onbekend hoe permeaat vanaf de winning kan worden vervoerd naar pompstation Scheveningen.



FIGUUR 6-11: OVERZICHTSKAART VAN HET GEBIED RONDOM POMPSTATION SCHEVENINGEN, WINNING H, EN WINNING Z. WINNING S IS GELEGEN TUSSEN WINNING H EN WINNING Z.

I.3 INFRASTRUCTUUR BIJ DE DIEPE WINNINGEN H, S, Z, EN P

Diepe serie H (14 stuks) Transportleiding (div. diameters)	
Ouderdom	Bouwjaar 1937 gereviseerd in 1985 .
Snelheden Verversing	Debiet is 200 m ³ /uur. Snelheid is 0.07 m/sec. Verversing is 7.3* P/dag.
Materiaal	Bronnen 200 mm PVC Zuigl. 315 mm PVC lengte 140 meter Zuigl. 400 mm PVC lengte 180 meter Zuigl. 500 mm PVC lengte 220 meter Persl. 315 mm PVC lengte 10 meter Persl. 500 mm Gij. lengte 275 meter Persl. 500 mm PVC lengte 90 meter, overgaand op 1000 mm beton richting Sprang A lengte 800 meter.
Constructie afdichting en sluitwerk	Afsluiting door Stalen kap op betonnen 1000 mm ring, afsluiting bron zelf door PVC blindflens met boutverbinding en rubber ring. Alle bronnen zijn voorzien van vacuümdichte peilbuizen in bron en een peilbuis in de omstorting.
Kortsluitstromen	Uitleg Z.O.Z.
Bedrijfsvoering	Is te regelen op afstand.
Ringleiding	Niet aanwezig
Isolatie mogelijkheid.	Ja, door 500 mm vlinderafsluiter (93523) te draaien.
Schoonmaakmogelijkheid	Ja door hoge druk voor bronnen , transportleiding is niet schoon te maken.
Debietbijdrage	Variërend tot max. ca. 200 m ³ /uur (theorie)
Bereik en Toegankelijkheid.	Bereikbaar langs onverhard pad. Toegang door stalen afsluitbare deksels.
Spui en bemonstering	Monsterpunt niet aanwezig. Spuien is mogelijk door plaatsen pomp in bron en te lozen in sprang.

De serie ligt op het nettenveld langs een smal zandpad, bij schoonmaakwerk zou er eigenlijk een hek aan de pompstationsweg moeten komen nu wordt er onnodig gekeerd wat natuurschade oplevert. De serie werkt meestal samen met serie S en levert dan max. 600 m³/uur. De serie wordt gepompt bedreven, er is echter een zout/zoet grens probleem daardoor staat de serie al geruime tijd buiten bedrijf. De filter onderkant ligt op

32-37 -NAP en is met de zuigmethode geboord.

Huidige schoonmaakinterval is 6 jaar.

Diepe serie S (10 stuks) Transportleiding (rond 400-500 mm)	
Ouderdom	Bouwjaar 1930 gereviseerd in 1985
Snelheden Verversing	Debiet is 250 m ³ /uur. Snelheid is 0.1 m/sec. Verversing is 9.5* P/dag.
Materiaal	Bronnen 200 mm PVC Zuigl. 400 mm PVC lengte 340 meter. Zuigl. 500 mm PVC lengte 200 meter. Persl. 315 mm PVC lengte 10 meter. Persl. 500 mm Gij. Lengte 275 meter. Persl. 500 mm PVC Lengte 90 meter, overgaand op 1000 mm Beton richting Sprang A lengte 800 meter.
Constructie afdichting en sluitwerk	Afsluiting door Stalen kap op betonnen 1000 mm ring, afsluiting bron zelf door PVC blindflens met boutverbinding en rubber ring. Sommige zijn voorzien van vacuümdichte peilbuizen in bron.
Kortsluitstromen	Uitleg Z.O.Z
Bedrijfsvoering	Is te regelen op afstand.
Ringleiding	Niet aanwezig
Isolatie mogelijkheid.	Ja, Door 200 mm Schuif (93636) en 500mm vlinderafsluiter (96637) te draaien.
Schoonmaakmogelijkheid	Ja door hoge druk voor bronnen , transportleiding is niet schoon te maken.
Debietbijdrage	Variërend tot max. ca. 250 m ³ /uur
Bereik en Toegankelijkheid.	Bereikbaar langs onverhard pad. Toegang door stalen afsluitbare deksels.
Spui en bemonstering	Regulier bemonsterpunt nog niet aanwezig, nu bemonsteren op sperwaterpomp. Spuien is mogelijk door plaatsen pomp in bron en te lozen in sprang.

De serie ligt langs een smal onverhard pad. De serie werkt meestal samen met serie H en levert dan max. 600 m³/uur. De serie wordt bemonstert bedreven, er is echter een zout/zoet grens probleem daarvoor staat de serie al geruime tijd buiten bedrijf.

De filter onderkant ligt op 35-45 -NAP en is met de zuigmethode geboord. Bij de volgende bronnen hebben peilbuizen in de bron 1-2-4-7-10-13-16-19-22.

Huidige schoonmaakinterval is 6 jaar.

Schoonmaakhistorie is onbekend.

Eerstvolgende geplande actie is in 2001.

Kruisverbindingen:

- De 500 mm PVC Zuigtransportleiding van serie S met de 500 mm Gij. perstransportleiding van de serie Z, tussen bron 15-16 van serie S, hartafstand van leidingen is onbekend.
- De 500 mm PVC Zuigtransportleiding en de 500 mm Gij. perstransportleiding van serie H+S met de volgende leidingen:
 - 18 " Gij. , 22 " Gij. en een 750 mm Gij. drinkwaterdistributieleiding.
 - 860 mm beton Rivierwatertransportleiding naar WDM.
 - 50/75 beton rioolafvoerleiding.

Allen gelegen aan de pompstationsweg met een H.O.H. maat afstand van ca. 1 meter.

Diepe serie P (2 stuks) Transportleiding (rond 125 mm)	
Ouderdom	Bouwjaar 1983 en 1988
Snelheden Verversing	Debiet is 8 m ³ /uur. Snelheid is 0.23 m/sec. Verversing is 600* P/dag.
Materiaal	Alle bronnen 200 mm PVC Zuigtransportleiding 125 mm PVC .
Constructie afdichting en sluitwerk	Afsluiting door 500 mm deksel, bron door 200 mm PVC kap.
Kortsluitstromen	Nee
Bedrijfsvoering	Te regelen op locatie (96392) 125 mm vlinderklep.
Ringleiding	Niet aanwezig.
Isolatie mogelijkheid.	Door afsluiter (96392)
Schoonmaakmogelijkheid	Ja, door hoge druk voor bronnen, transportleiding is niet schoon te maken.
Debietbijdrage	Gemiddeld 8 m ³ /uur.
Bereik en Toegankelijkheid.	Bereikbaar langs verhard pad, toegankelijk door afsluitbare stalen deksels.
Spui en bemonstering	Monsterpunt niet aanwezig. Spuien door plaatsen pomp in bron en lozen op locatie.

De serie ligt in Sprang A en was voorheen de proef (Flip/Flop) Flotatie Infiltratie Put/ Flotatie Onttrekking Put. Dit was een proefopstelling vooruitlopend op het DIW project. De proef bestond uit 5 flip putten en een flop put, na de testperiode zijn deze putten afgekoppeld. Twee bronnen te weten flip 1 en 2 zijn omgenummerd en tot put 7a en 7b en worden bedreven als diepe serie P. Deze twee bronnen zijn aangesloten op de 315 mm PVC leiding van de serie WV en worden bemeten vanaf 1993.

Huidige schoonmaakinterval is 6 jaar.

Schoonmaakhistorie is onbekend.

Eerstvolgende schoonmaakactie is nog niet gepland.

Diepe serie Z (19 stuks) Transportleiding (rond 250-500 mm)	
Ouderdom	Bouwjaar 1950
Snelheden Verversing	Debiet is 250 m ³ /uur. Snelheid is 0.55 m/sec. Verversing 100* P/dag.
Materiaal	Bronnen 250/340 mm poreuze betonfilters Zuighaalleiding 150mm geasfalteerd Gij lengte totaal 28 meter. Zuigtrspl. van bron 1-4 250 mm Gij. lengte 28 meter. van bron 4-7 300 mm Gij. lengte 31 meter, bron 7-14 400 mm B.Beton lengte 90 meter, bron 14-22 500 mm B.Beton lengte 90 meter. Van pompgebouw Z naar kruising Trspl. serie H+S 400 mm Bonna lengte 450 m., gaat over in 600 mm AC. lengte 15 m., gaat over in 500 mm Gij. lengte 85 meter.
Constructie afdichting en sluitwerk	Afsluiting door stalen 300 mm kappen. Afsluiting bron zelf door Gij stop. Alle bronnen zijn voorzien van koperen peilbuizen in bron en een Gij peilbuis in de omstorting.
Kortsluitstromen	Onbekend
Bedrijfsvoering	Is te regelen op locatie.
Ringleiding	Niet aanwezig
Isolatie mogelijkheid.	Ja, door afsluiter 94203
Schoonmaakmogelijkheid	Geen ervaring mee.
Debietbijdrage	Variërend tot max. ca. 250 m ³ /uur
Bereik en Toegankelijkheid.	Bereikbaarheid is onbekend daar de putkoppen onder het maaiveld liggen.
Spui en bemonstering	onbekend

De serie ligt aan de Raamweg en de Kwekerijweg en de van Alkemadeweg . De serie wordt gepompt bedreven maar staat bijna nooit aan, maar zou 250 m³/uur moeten geven gemeten met een venturi. De filter onderkant ligt op 50 -NAP en is met de pulsmethode geboord. Er is geen enkele ervaring op schoonmaakgebied en toegankelijkheid. De bronnen 1 t/m 3 liggen onder een perkeerterein en zijn afgeblind.

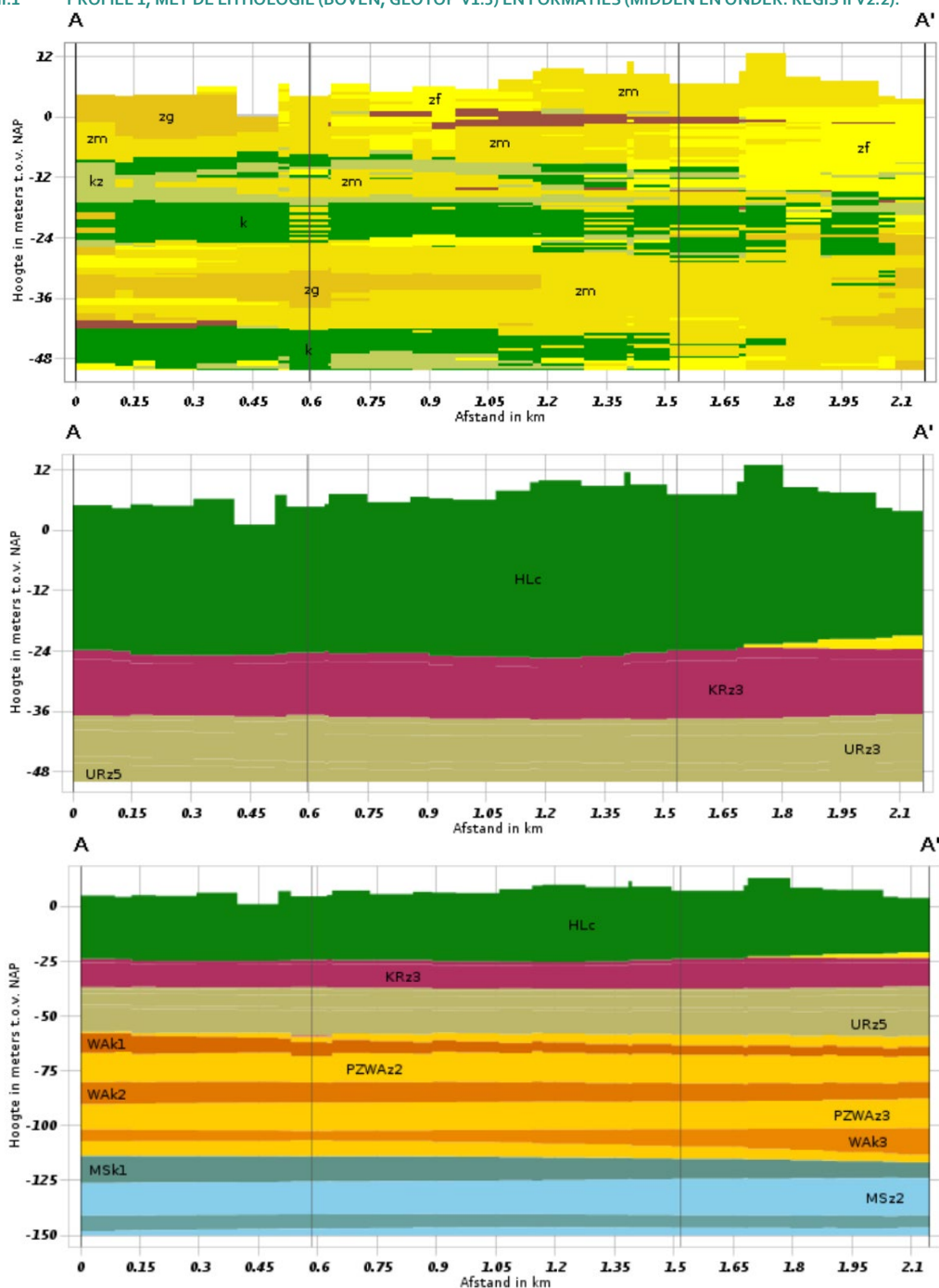
Huidige schoonmaakinterval is 6 jaar, maar is nooit schoongemaakt.

Schoonmaakhistorie is er niet.

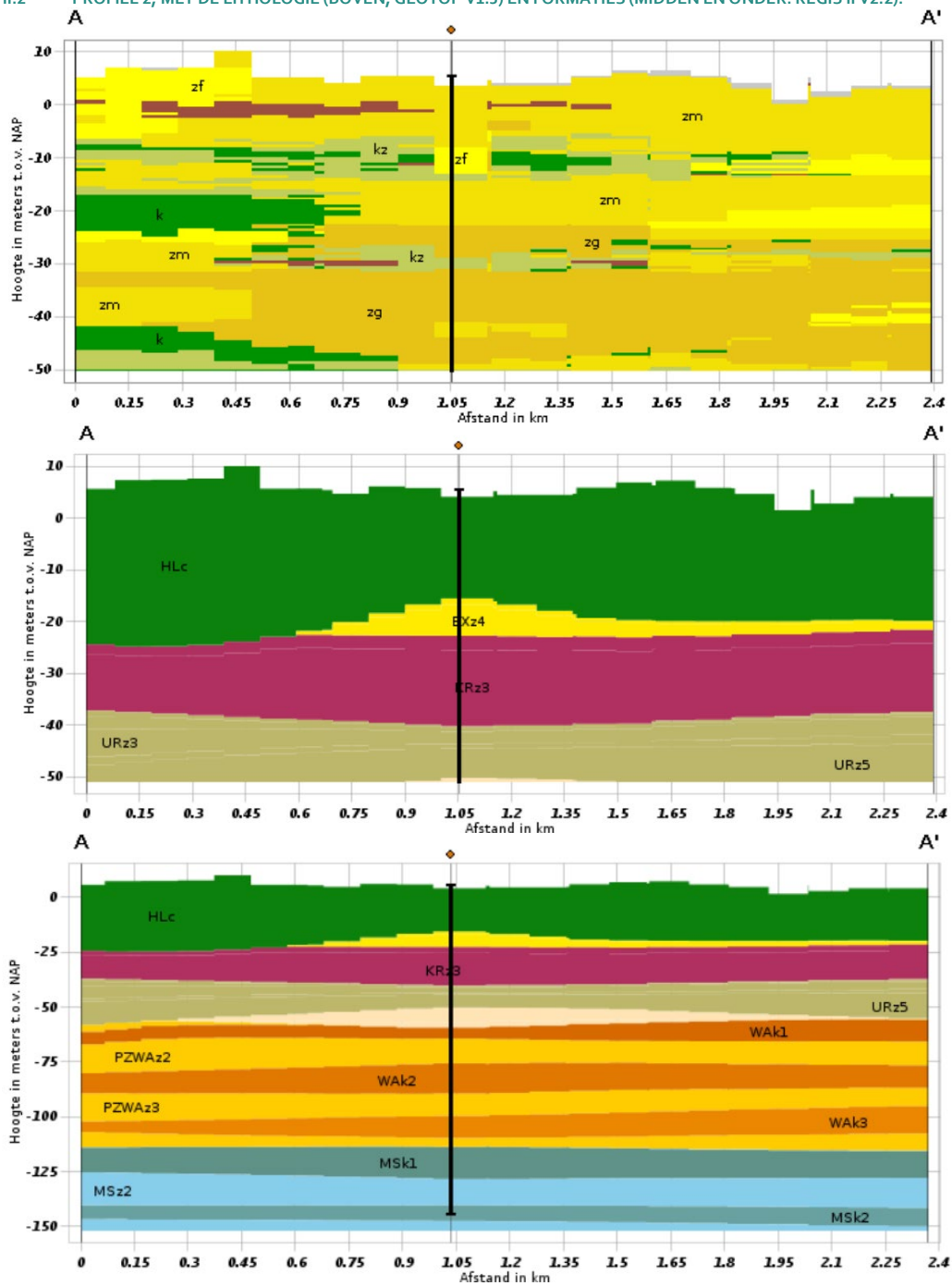
Eerstvolgende schoonmaakactie moet nog gepland worden, serie wordt in kaart gebracht in 2000.

Bijlage II Profielen uit Figuur 4 1

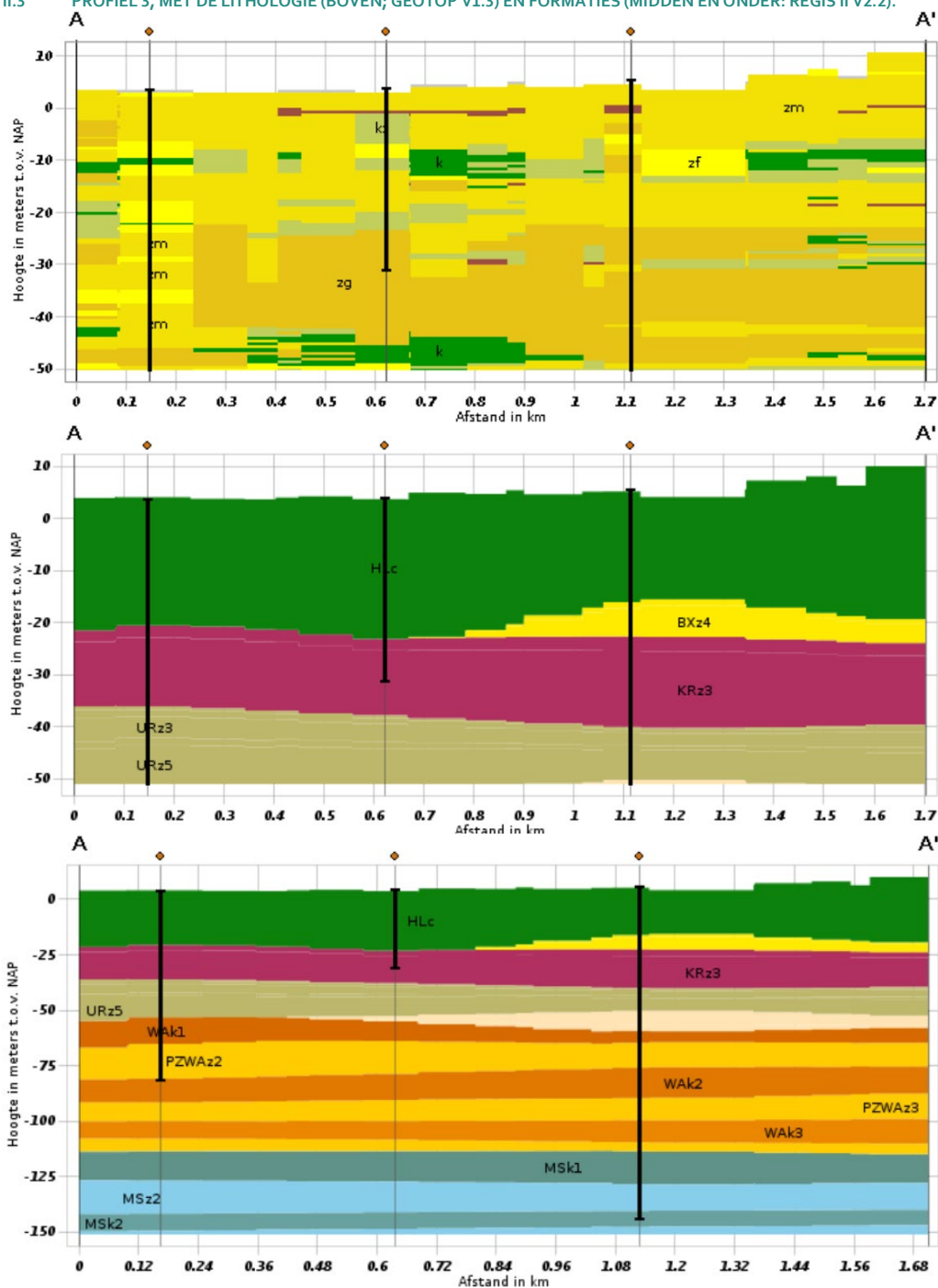
II.1 PROFIEL 1, MET DE LITHOLOGIE (BOVEN; GEOTOP V1.3) EN FORMATIES (MIDDEN EN ONDER: REGIS II V2.2).



II.2 PROFIEL 2, MET DE LITHOLOGIE (BOVEN; GEOTOP V1.3) EN FORMATIES (MIDDEN EN ONDER: REGIS II V2.2).



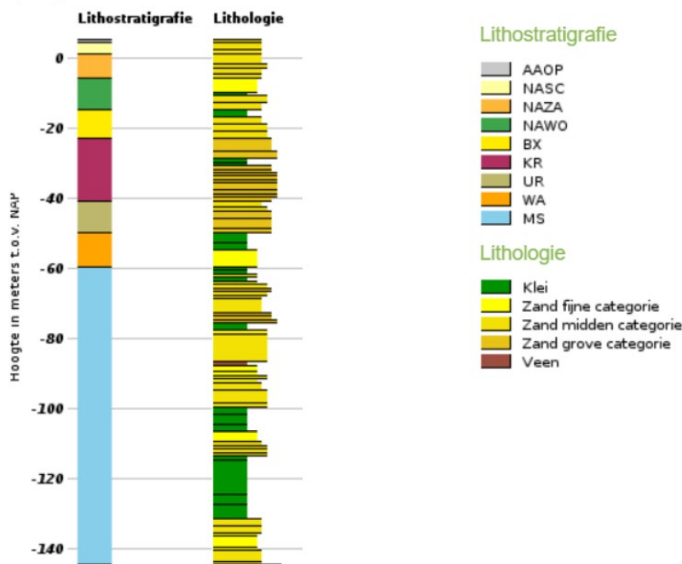
II.3 PROFIEL 3, MET DE LITHOLOGIE (BOVEN; GEOTOP V1.3) EN FORMATIES (MIDDEN EN ONDER: REGIS II V2.2).



II.4 BOORMONSTERPROFIELEN OPGENOMEN ALS KNIKPUNTEN IN PROFIELEN 1, 2, EN 3

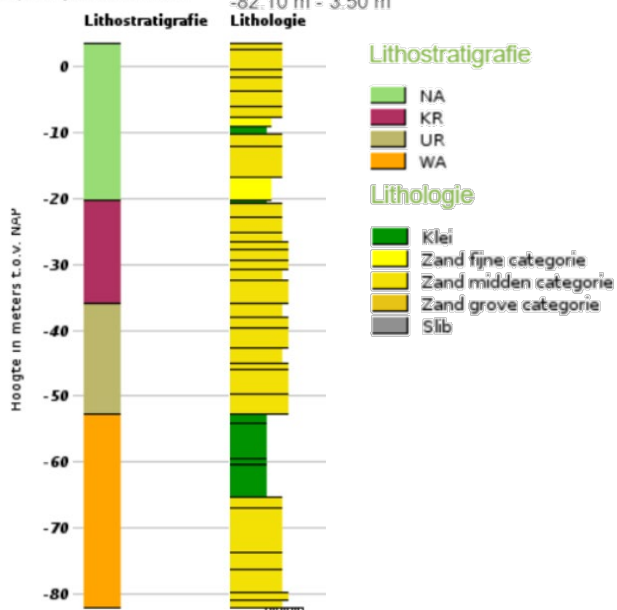
Boormonsterprofiel B30G0779: knikpunt in profiel 2 en 3.

Identificatie: B30G0779
 Coördinaten: 81120, 458450 (RD)
 Maaiveld: 5.35 m t.o.v. NAP
 Dieptetraject t.o.v. NAP: -144.65 m - 5.35 m



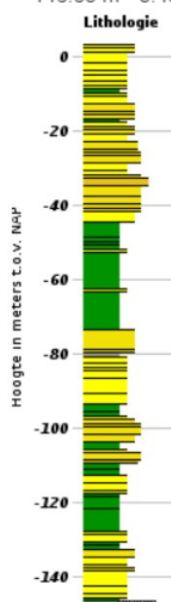
Boormonsterprofiel B30G0604:
 eerste knikpunt in profiel 3

Identificatie: B30G0604
 Coördinaten: 80260, 458880 (RD)
 Maaiveld: 3.50 m t.o.v. NAP
 Dieptetraject t.o.v. NAP: -82.10 m - 3.50 m



Boormonsterprofiel B30G0778:
 100 meter ten oosten van B300604

B30G0778
 80350, 458860 (RD)
 3.45 m t.o.v. NAP
 -146.55 m - 3.45 m



Bijlage III Werkplan proefboring

Opdracht	:	PROJECT: 20190225	Kenmerk	:	PROJECT: 20190225-0000164888
Aan	:	Boorm, sb,ek en dossier			

Opdrachtgever			
Firmanaam	:	N.V. Dunea	
Adres	:	Postbus 756 2700 AT ZOETERMEER	
Telefoon	:	088-3475000	
E-mail	:	p.dammers@dunea.nl	
Contactpersoon Dunea	:	Pieter Dammers	06-51840307
Contactpersoon KWR	:	Teun van Dooren	06-53247963
Boormeester Haitjema	:	Harold Pouls	06-10925802
Projectleider Haitjema	:	Bert Timmerman	06- 20405928
Opgesteld door	:	Bert Timmerman	
Datum	:	30 januari 2020	
Belangrijk telefoonnummer	:	Algemeen alarmnummer 112.	
EHBO-er in deze ploeg is	:	Harold Pouls	
Omschrijving werk	:	Meetput tot 210 meter-maaiveld te Scheveningen	
Locatieadres	:	P.S.Dunea Pompstationsweg 351 2597 JV Den Haag	

Aantal boringen	:	1 stuks (boring WP-FP)
Diepte	:	210 m-mv
Diameter	:	Ø 700 mm van mv tot 35 m-mv Ø 500 mm van 35 tot 110 m-mv Ø 400 mm van 110 tot 210 m-mm
Boorsysteem	:	Zuigboren/Luchtliften
Boorinstallatie	:	HLC 200
Startdatum	:	24 februari ,aansluitend op project 20200006
Planning	:	2 weken
Ingangscontrole	:	<u>Van aangeleverde materialen op het werk:</u> Onderscheid maken tussen partijcontrole (bij ontvangst van de materialen) en verwerkingscontrole (bij installeren van de materialen). <ul style="list-style-type: none"> • <u>Partijcontrole</u>: aan de hand van werkplan en bijlagen hoeveelheden en vereiste specificaties controleren. • <u>Verwerkingscontrole</u>: ieder onderdeel voor en tijdens verwerking visueel controleren op kwaliteit. • <u>Ingehuurde kraan</u>: keuringstermijn geldig tot juni 2020.

BORING

Constructie	: <ul style="list-style-type: none"> • 1 m filter pvc \varnothing 75/67 mm, perf. 0,5 mm voorzien van kunststoffen stop • 215 m stijgbuis pvc \varnothing 75/67 mm • 9 x 1 m waarnemingsfilter pvc \varnothing 40/36 mm, perf. 0,5 mm, vzw kunststoffen stop • 1100 m stijgbuis pvc \varnothing 40/36 mm • 9 verloopstukken pvc \varnothing 40-63 mm • 2 x 1 m filter \varnothing 63/57 mm, perf. 0,5 mm vzw kunststoffen stop • 300 m opzetbuis pvc \varnothing 63/57 mm • 6 minifilters (levering Dunea) • Zoutwachterkabel (levering Dunea) • Glasvezelkabel (levering Dunea) • Perforatie = ondergrens filterzand +/- 0,1 mm
Verbindingen	: Lijm/tromp
Lage	: Pvc-buismateriaal heeft eigenschappen die risico's opleveren bij verwerking bij lage temperaturen. Eisen t.b.v. veilige verwerking:
temperatures	: <ul style="list-style-type: none"> • Bij transport en handeling: temperatuur hoger dan -2°C • Bij verlijmen; temperatuur hoger dan 5°C. <p>Richtlijnen:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Transport: Geen transport op open wagens bij temperatuur lager dan -2°C, d.w.z.: <ul style="list-style-type: none"> • Tijdig aanvoeren • Overleg met Boode (transport midden op de dag) • Aanvoeren in gesloten, vorstvrije wagen 2. Handelen: <ul style="list-style-type: none"> • Zeer voorzichtig met de hand transporteren 3. Opslag op het werk <ul style="list-style-type: none"> • Bij nachtvorst afdekken met dekzeilen • Bij vorstperiode pvc opslaan in container die verwarmd wordt 4. Verlijmen: Harde eis dat pvc-oppervlak een temperatuur hoger dan 5°C heeft. Bij temperatuur lager dan 5°C is verwarming van de lijm noodzakelijk. D.w.z. : <ul style="list-style-type: none"> • Warme lijm gebruiken • Beide delen van de verbinding verwarmen m.b.v. een "verwarmingsstuk" en een speciale luchtheater. Tijdsduur verwarmen, circa 5 minuten.
Boorgatmeting	: Na het op diepte komen van de boring zal door Deltares een boorgatmeting worden uitgevoerd. I.v.m. de planning contact houden met Pieter Doornenbal (06-12152212)
Centrerig	: Pvc-ringen \varnothing 50 mm, 4 stuks in de omtrek aan de onder- en bovenkant van peilfilter.
Te loodstelling	: De filters dienen binnen de grenzen van de mogelijkheden zuiver te lood gesteld te worden. Om dit te bereiken, dient het draad waaraan de filters worden ingebouwd in het verlengde van de hartlijn van het boorgat te hangen. Tevens nadat de put is aangevuld tot 10 m-mv, te loodstelling controleren met waterpas en indien nodig corrigeren.
Controle	: Tijdens het stellen en vóór het aanvullen van de filters, de geplaatste lengten binnendoor peilen en controleren of die overeenkomen met de aangegeven lengten op het inbouwschema. Deze meetgegevens

Filterzand per bron	<p>vermelden op het inbouwschema. Max. tolerantie + en/of - 0,20 meter. N.B. Dit geldt ook voor peilbuizen.</p> <p>1,0-1,6 mm (Kiwa gecertificeerd)</p> <p>Van 1 meter onder tot 1 meter boven bovenkant filtergedeelte (volgens stelstaat)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Er is gerekend op 46 meter • Totaal 15 ton • Verpakking in big-bags • Op het werk geleverd
Kleiafdichting per bron	<p>Ondergrens filterzand max. 4 x M50-getal Mikolit-300 (Kiwa gecertificeerd)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ter plaatse van doorboorde scheidende lagen, conform protocol 3.0.18-4-2013 2. Boven en onder omstorting filtergrind een Mikolit-300 laag aanbrengen van 1 meter (volgens stelstaat) <ul style="list-style-type: none"> • Er is gerekend op 50 meter Mikolit-300 • Totaal 6 ton
Aanvulgrind per bron	<p>0,6-1,0 mm(Kiwa gecertificeerd)</p> <p>Overige ruimte (volgens stelstaat):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Er is gerekend op 115 meter • Totaal 30 ton • Verpakking in big bags • Op het werk geleverd
Afwerking	<p>Opzetbuizen op ca. 0,7 m + mv afwerken d.m.v. puntstuk 75x2¹/₂ (1x) of 63 x2"(11 x), met doorboorde kap (niet lijmen). Peilbuizen voorzien van dieptemerk met codering bestaand filternummer +diepte.</p> <p>Tevens t.b.v. positionering peilfilters op ca 1,5 m-mv een pvc schijf toepassen</p>
Monstername	<p>Geroerde monsters per meter en bij laagwisseling opslaan in kisten. Na beschrijving volgens NEN5104 overleg met opdrachtgever ook monsters in pvc zakjes doen</p>
Ongeroerde monstername	<p>Bijzonderheden vermelden op de dagrapporten (diepte, bijzonderheden)</p> <p>Door Dunea wordt aangegeven op welke diepte er een ongeroerd monster (12x) gestoken moet worden. De monsters ,lengte 1 mtr, worden gestoken met een pvc liner , welke aan de onder-bovenkant afgewerkt worden met paraffine en vervolgens afgedicht met pvc doppen</p> <p>De steekmonsters verticaal en koel opslaan en tzt afleveren bij :</p> <p>KWR Nieuwegein Groningenhaven 7 ,3433 PE NIEUWEGEIN Aflevering melden bij :</p>
Schoonpompen	<p>Schoonpompen tot het opgepompte water zand- en slibvrij is en de EC-waarde constant, maximaal 1 dag Peilbuizen minimaal 4 uur met een capaciteit van 4 m3/uur . De onttrokken hoeveelheid water en de EC-waarde meten vanaf begin schoonpompen tot einde schoonpompen met een interval van 1 uur</p> <p>Benodigheden:</p>

Lozen van het water	<ul style="list-style-type: none"> • BBA pomp • 50 mtr 380 V kabel(32 Amp) • 2x melkstel 6 x1" Geka aansluitingen • 12x 1" slangen met Geka koppeling • 1x puntstuk \varnothing 75 mm met knietje en Geka koppeling • 11x puntstuk \varnothing 63 mm met knietje en Geka koppeling • 50 mtr brandslang • EC meter
	: Het lozen van het grondwater kan plaats vinden op/in riool
<u>BOORMATERIEEL</u>	
Mantelbuis	: Diameter \varnothing 800 mm, lang ca. 5 meter
Suppletiebakken	: Werken met 2 suppletiebakken en 1 zandbak
Boorstring	<ul style="list-style-type: none"> • 1 kruisboor \varnothing 700 mm • 1 kruisboor \varnothing 500 mm met gat t.b.v. steken • 1 kruisboor \varnothing 400 mm met gat t.b.v. steken • 10 meter zwaarstang \varnothing 5" • 210 meter boorstang \varnothing 5"
Aanvulmaterieel	<ul style="list-style-type: none"> • 210 m pp-stortkoker \varnothing 110 mm voorzien van een kleine storttrechter en verzwaarstukken • 1 transportband • 1 doseerinrichting
Spoeling	: Geen spoeling gebruiken. PH werkwater dient 8 à 9 te zijn. Op peil brengen/houden d.m.v. soda (gecalcineerde soda licht).
<u>ALGEMEEN</u>	
Locatie	: Locatie is op pompstation Dunea Er zal een rijplatenbaan aangelegd worden , op de locatie zelf de rijplaten op de juiste plek leggen, ook onder de suppletiebakken Er wordt gewerkt volgens protocol "werken aan winningsmiddelen" Alle materialen(boorbuisen, suppletiebakken e.d.) van tevoren behandelen met Phanox
Kabels en leidingen	: Opdrachtgever dient aan te geven waar kabels en leidingen zich bevinden Door Dunea zijn proefsleuven gegraven
Werkwater	: Uit brandkraan op ca.100 meter afstand <ul style="list-style-type: none"> • Bij standpijp met hoge druk direct achter de afsluiter een drukreducerend ventiel plaatsen • Waterverbruik meten m.b.v. een watermeter • Bij bronnen die één of meerdere nachten overstaan altijd een telefonische niveau-alarmering aanbrengen. Na het installeren en het aanbrengen van de alarmnummers het apparaat testen op de goede werking.
Stroom	: Bouwaansluiting door opdrachtgever verzorgd op ca 50 m. van de boorlocatie
Grondwaterstand	: Freatisch ca.6 m-mv wvp. ca. 3 m-mv
Verwachte bodemopbouw	: Zie bijgevoegde boorstaat.
Opslag materiaal	: Pvc-materiaal verpakt in witte folie en opslaan op schragen . Grind en Mikolit op pallets zetten .
Hekwerk	: N.v.t.
Schaftgelegenheid	: Keetwagen
Toilet	: Er is bij Dixi Sanitary Services een verplaatsbare toiletcabine gehuurd.

Grondafvoer	: Telefoon (078) 642 40 00 Gebruik maken van voorzieningen opdrachtgever : De uitgeboorde grond kan op de locatie achterblijven en later afvoeren naar zanddepot op P.S.
Werktijden	: Normale werktijden
Diefstalpreventie	: Normale Haitjema voorzorgsmaatregelen
Rapportage	: Elke vrijdagmiddag digitaal aanleveren bij uren@haitjema.nl Boorstaat: <ul style="list-style-type: none"> • Aardlagen beschrijven volgens NEN 5104, met vermelding van M-50 cijfers (= gemiddelde korrelgrootte) (door PL) Afwerkingstekening: <ul style="list-style-type: none"> • Hierop dient de definitieve filterstelling vermeld te worden, inclusief de aanvulling. Dagrapport: (Eén bladzijde per dag gebruiken) Op het dagrapport nauwkeurig vermelden: <ul style="list-style-type: none"> • Korte omschrijving verrichte werkzaamheden • Werkuren • Verleturen + omschrijving • Wachturen + omschrijving • Hoeveelheid verbruikte materialen (zoals filtergrind, Mikolit, aanvulgrind enz.) • Uren derden • Geconstateerde tekortkomingen en gebreken bij ingangscntrole aangeleverde materialen op het werk (o.a. Boode, Kremer enz.) • Watermeterstanden en bijzonderheden.
Storing/bestelling	: Bij storingen en/of bestellingen als volgt te werk gaan: Storingen en/of bestellingen doorgeven aan de op het werkplan vermelde projectleider. Storingen en/of bestellingen doorgeven aan de op het werkplan vermelde projectleider. Is deze niet aanwezig, dan vragen naar een collega-projectleider.

Milieumaatregelen	: Er mag niet gewerkt worden in vervuilde grond of grondwater. De grond heeft is niet vervuild, zie brief / email dd .. Wel aanvullende maatregelen: ...
Veiligheid	: Normale Haitjema-veiligheidsvoorschriften in acht nemen d.w.z.: <ul style="list-style-type: none"> • Gehoorbescherming (bij meer dan 85 DB(A) verplicht) • Veiligheidshelm (altijd) • Veiligheidsschoeisel (altijd) • Voor het werk geschikte werkkleding (altijd) • Verkeersveiligheidshesje (bij werken langs de openbare weg) • Lange rubberen handschoenen (bij gebruik van bijtende stoffen) • Oogbescherming (bij slijpen en opspattende bijtende stof e.d.) • Op de werkplek dient gedurende de duur van het werk een EHBO-verbandtrommel A aanwezig te zijn (controle 1x per jaar)

<p>VNG plan/andere veiligheidsplannen</p> <p>Overdracht</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Op de werkplek zijn gedurende de duur van het werk goedgekeurde en goed bereikbare brandblussers aanwezig (keuring 1x per jaar) • Er wordt alleen gewerkt met goedgekeurde hijsmiddelen (visuele controle voor gebruik en keuring 1x per jaar) • Het te gebruiken handgereedschap, kabels en het andere elektrisch aangedreven materiaal/materieel is gekeurd volgens NEN3140 (keuring 1x per jaar). • De boormachine en de in te zetten kranen zijn gekeurd door Aboma (keuring 1x per jaar). • de onderaannemers zijn VCA gecertificeerd. <p>Werken in vervuilde grond kan gevaarlijk zijn, is de grond vervuild direct stoppen met werken en projectleider bellen. Vervuilde grond herken je aan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • puin, golfplaten, cementen leidingen, afval in de grond • vreemde geur van bv. olie, benzine, teer • vreemde smaak in de mond • vreemde vloeistof drijft op water • vreemde kleur <p>Onderstaande maatregelen in acht nemen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • draag altijd een overall, laarzen en handschoenen • ben je klaar met het werk (of onderbreek je de werkzaamheden) was dan je handen en je gezicht goed • ga niet eten en drinken op de werkplek, doe dat alleen in de schaftwagen • was altijd eerst je handen voordat je gaat eten en drinken <p>De boormeester dient er op toe te zien dat milieumaatregelen, veiligheidsvoorschriften en veiligheidsplannen worden opgevolgd. Ook de onderaannemers dienen hieraan te voldoen.</p> <p>Datum besproken :</p> <p>Naam + paraaf projectleider :</p> <p>: Naam + paraaf boormeester :</p> <p>Naam + paraaf onderaannemer:</p> <p>Na afloop werk het getekende werkplan retour aan de projectleider.</p>
---	---

Bijlage IV Overzicht WP FP

IV.1 EINDRAPPORTAGE PROEFBORING WP FP, OPGESTELD DOOR HAITJEMA

N.V. Dunea
T.a.v. dhr. P. Dammers
Postbus 756
2700 AT ZOETERMEER

uw kenmerk:

ons kenmerk: VR-BRT/LD-20190225-0000170433

onderwerp: Meetput tot 210 meter-maaiveld te
Scheveningen

dedemsvaart, 2 april 2020

REVISIEGEGEVENS

Meetput tot 210 meter-maaiveld te Scheveningen

INHOUD

- 1 Meetput boring WP-FP
 - Boorprofiel
 - Afwerkingstaat
 - Aanvulstaat
 - Waterstanden schoonpompen
 - EC meting
- 2 Foto's grondmonsters
- 3 Rapportage boorgatmeting Deltares

Boorprofiel

Conform BRL 2100

Boring	: Boring WP-FP	Projectnummer	: 20190225
Locatie	: SCHEVENINGEN	Document	: C20130040-BP
Projectnaam	: Meetput	Boringnummer	: O20201103
Uitvoeringsperiode	: 24-02 t/m 12-03-2020	X / Y Coördinaten	: 81211.205 / 459479.625
Boorsysteem	: Zuigboren/Luchtliften	Maaiveld t.o.v. NAP	: 6,25 m + NAP
Diameter	: 700/500/400 mm	Boormeester	: H. Pouls
Opdrachtgever	: N.V. Dunea	Einddiepte	: 213 m-m.v.
			ø 700 mm: 0,00 -35,00 m-m.v.
			ø 500 mm: 35,00-110,00 m-m.v.
			ø 400 mm: 110,00-213,00 m-m.v.

diepte in meters - maaiveld		omschrijving grondlagen volgens NEN 5104	M-waarde (µm)
0,00	1,00	ZAND, matig grof, geel	230
1,00	2,00	ZAND, matig grof, geel	230
2,00	3,00	ZAND, matig grof, geel	230
3,00	4,00	ZAND, matig grof, geel	250
4,00	5,00	ZAND, matig grof, geel	250
5,00	6,00	ZAND, matig grof, geel/grijs	250
6,00	7,00	ZAND, matig grof, geel/grijs	250
7,00	8,00	ZAND, matig grof, geel/grijs	250
8,00	9,00	ZAND, matig grof, geel/grijs	250
9,00	10,00	ZAND, matig grof, geel/grijs, spoor schelpengruis	250
10,00	11,00	ZAND, matig grof, grijs	280
11,00	12,00	ZAND, matig grof, grijs	280
12,00	13,00	ZAND, matig grof, grijs	280
13,00	14,00	ZAND, matig grof, grijs	280
14,00	15,00	ZAND, matig grof, grijs, kleibrokjes	280
15,00	16,00	KLEI, vast, donkergrijs	
16,00	17,00	ZAND, matig grof, donkergrijs, kleibrokjes	250
17,00	18,00	ZAND, matig grof, donkergrijs	230
18,00	19,00	ZAND, zeer grof, donkergrijs	320
19,00	20,00	ZAND, zeer grof, donkergrijs	320
20,00	21,00	ZAND, zeer grof, donkergrijs	350
21,00	22,00	ZAND, matig grof, donkergrijs	250
22,00	23,00	KLEI, vast, donkergrijs	
23,00	24,00	KLEI, vast, donkergrijs	
24,00	25,00	KLEI, vast, donkergrijs, spoor schelpengruis	
25,00	26,00	ZAND, matig grof, grijs	250
26,00	27,00	ZAND, matig grof, grijs	250
27,00	28,00	ZAND, matig grof, grijs	250
28,00	29,00	ZAND, matig grof, grijs	250
29,00	30,00	ZAND, matig grof, grijs	250

Boring : **Boring WP-FP** **Projectnummer** : **20190225**
Locatie : **SCHEVENINGEN** **Document** : **C20130040-BP**
Projectnaam : **Meetput** **Boringnummer** : **O20201103**

diepte in meters - maaiveld		omschrijving grondlagen volgens NEN 5104	M-waarde (µm)
30,00	31,00	ZAND, zeer grof, grijs	300
31,00	32,00	ZAND, matig grof, grijs, enkel kleibrokje	250
32,00	33,00	ZAND, matig grof, grijs	230
33,00	34,00	ZAND, zeer grof, geel/grijs, spoor grind, schelpengruis	350
34,00	35,00	ZAND, uiterst grof, geel/grijs, zwak grindig, schelpengruis	450
35,00	36,00	ZAND, uiterst grof, geel/grijs, zwak grindig, schelpengruis	450
36,00	37,00	ZAND, uiterst grof, grijs, spoor grind	450
37,00	38,00	ZAND, zeer grof, grijs	400
38,00	39,00	ZAND, zeer grof, grijs	350
39,00	40,00	GRIND, fijn tot matig grof, matig zandig	
40,00	41,00	ZAND, uiterst grof, grijs, spoor grind	500
41,00	42,00	ZAND, uiterst grof, grijs, spoor grind	500
42,00	43,00	ZAND, uiterst grof, grijs, spoor grind	500
43,00	44,00	ZAND, zeer grof, grijs	320
44,00	45,00	ZAND, zeer grof, grijs	320
45,00	46,00	ZAND, matig grof, grijs	280
46,00	47,00	ZAND, zeer grof, grijs	350
47,00	48,00	ZAND, zeer grof, grijs	350
48,00	49,00	KLEI, zeer vast, bruin/zwart, humeus	
49,00	50,00	KLEI, zeer vast, lichtgrijs	
50,00	51,00	KLEI, zeer vast, lichtgrijs	
51,00	52,00	KLEI, zeer vast, donkergrijs	
52,00	53,00	ZAND, matig fijn, donkergrijs	200
53,00	54,00	ZAND, matig fijn, donkergrijs	200
54,00	55,00	KLEI, vast, lichtgrijs	
55,00	56,00	KLEI, vast, donkergrijs	
56,00	57,00	ZAND, matig grof, donkergrijs	230
57,00	58,00	ZAND, matig grof, donkergrijs	230
58,00	59,00	ZAND, matig grof, donkergrijs, houtsporen	230
59,00	60,00	ZAND, matig grof, donkergrijs	230
60,00	61,00	ZAND, matig grof, donkergrijs	250
61,00	62,00	ZAND, matig grof, donkergrijs	250
62,00	63,00	ZAND, matig grof, grijs, enkele kleibrokjes	250
63,00	64,00	ZAND, matig grof, grijs	230
64,00	65,00	ZAND, zeer grof, grijs	320
65,00	66,00	ZAND, zeer grof, grijs	320
66,00	67,00	ZAND, matig grof, grijs	230
67,00	68,00	ZAND, matig grof, grijs	280
68,00	69,00	ZAND, matig grof, grijs, kleibrokken	230

Boring : **Boring WP-FP** **Projectnummer** : **20190225**
Locatie : **SCHEVENINGEN** **Document** : **C20130040-BP**
Projectnaam : **Meetput** **Boringnummer** : **O20201103**

diepte in meters - maaiveld		omschrijving grondlagen volgens NEN 5104	M-waarde (µm)
69,00	70,00	ZAND, zeer grof, grijs	400
70,00	71,00	ZAND, zeer grof, grijs	350
71,00	72,00	ZAND, uiterst grof, grijs, spoor grind, enkele kleibrokken	450
72,00	73,00	ZAND, zeer grof, grijs	350
73,00	74,00	ZAND, zeer grof, grijs	350
74,00	75,00	ZAND, zeer grof, grijs, enkele kleibrokken	350
75,00	76,00	ZAND, zeer grof, grijs	350
76,00	77,00	ZAND, zeer grof, grijs, enkele kleibrokken	350
77,00	78,00	ZAND, matig grof, grijs	250
78,00	79,00	ZAND, matig grof, grijs, houtresten	250
79,00	80,00	ZAND, matig grof, grijs	250
80,00	81,00	ZAND, matig grof, grijs	280
81,00	82,00	ZAND, matig grof, grijs	280
82,00	83,00	ZAND, matig grof, grijs	280
83,00	84,00	ZAND, matig grof, grijs	280
84,00	85,00	ZAND, matig grof, grijs	280
85,00	86,00	ZAND, matig grof, grijs	250
86,00	87,00	ZAND, matig grof, grijs	250
87,00	88,00	ZAND, matig grof, grijs, houtresten	250
88,00	89,00	ZAND, matig grof, grijs	250
89,00	90,00	ZAND, matig grof, grijs, kleibrokken	250
90,00	91,00	ZAND, matig grof, grijs	280
91,00	92,00	ZAND, matig grof, grijs	280
92,00	93,00	ZAND, matig grof, grijs	250
93,00	94,00	KLEI, vast, grijs, enkel zandlaagje	
94,00	95,00	ZAND, matig grof, grijs	280
95,00	96,00	ZAND, matig grof, grijs	280
96,00	97,00	ZAND, matig grof, grijs	280
97,00	98,00	ZAND, zeer grof, grijs	320
98,00	99,00	ZAND, zeer grof, grijs	320
99,00	100,00	ZAND, zeer grof, grijs	320
100,00	101,00	KLEI, vast, donkergrijs	
101,00	102,00	KLEI, vast, donkergrijs	
102,00	103,00	ZAND, zeer grof, grijs	350
103,00	104,00	ZAND, zeer grof, grijs	350
104,00	105,00	ZAND, zeer grof, grijs	350
105,00	106,00	ZAND, zeer grof, grijs	380
106,00	107,00	ZAND, matig grof, grijs	280
107,00	108,00	KLEI, matig vast, donkergrijs, enkel zandlaagje	

Boring : **Boring WP-FP** **Projectnummer** : **20190225**
Locatie : **SCHEVENINGEN** **Document** : **C20130040-BP**
Projectnaam : **Meetput** **Boringnummer** : **O20201103**

diepte in meters - maaiveld		omschrijving grondlagen volgens NEN 5104	M-waarde (µm)
108,00	109,00	ZAND, matig grof, grijs	230
109,00	110,00	ZAND, matig grof, grijs	230
110,00	111,00	ZAND, matig grof, grijs	230
111,00	112,00	ZAND, matig grof, grijs	230
112,00	113,00	KLEI, vast, grijs, enkel zandlaagje	
113,00	114,00	ZAND, matig grof, grijs	230
114,00	115,00	KLEI, vast, donkergrijs	
115,00	116,00	KLEI, vast, donkergrijs	
116,00	117,00	ZAND, matig fijn, donkergrijs, enkele kleibrokjes	200
117,00	118,00	KLEI, vast, donkergrijs	
118,00	119,00	KLEI, vast, donkergrijs	
119,00	120,00	ZAND, matig grof, donkergrijs, enkele kleibrokjes	230
120,00	121,00	ZAND, matig grof, donkergrijs, enkele kleibrokjes	230
121,00	122,00	ZAND, matig grof, donkergrijs	230
122,00	123,00	ZAND, matig grof, donkergrijs, enkele kleibrokjes	230
123,00	124,00	ZAND, matig grof, donkergrijs, veensporen	230
124,00	125,00	KLEI, vast, donkergrijs	
125,00	126,00	KLEI, vast, donkergrijs	
126,00	127,00	KLEI, vast, donkergrijs	
127,00	128,00	KLEI, vast, donkergrijs	
128,00	129,00	ZAND, matig fijn, donkergrijs, zwak siltig, kleibrokjes	200
129,00	130,00	ZAND, matig fijn, donkergrijs, zwak siltig	200
130,00	131,00	ZAND, matig fijn, donkergrijs, zwak siltig	200
131,00	132,00	ZAND, matig fijn, donkergrijs, zwak siltig	200
132,00	133,00	KLEI, vast, donkergrijs, enkel zandlaagje	
133,00	134,00	ZAND, matig fijn, donkergrijs, zwak siltig	180
134,00	135,00	KLEI, matig vast, donkergrijs	
135,00	136,00	ZAND, matig fijn, donkergrijs, zwak siltig	200
136,00	137,00	ZAND, matig fijn, donkergrijs, zwak siltig	200
137,00	138,00	ZAND, matig fijn, donkergrijs, zwak siltig, kleibrokjes	200
138,00	139,00	ZAND, matig fijn, donkergrijs, zwak siltig, veensporen	180
139,00	140,00	ZAND, matig fijn, donkergrijs, zwak siltig	180
140,00	141,00	ZAND, matig fijn, donkergrijs, zwak siltig	200
141,00	142,00	ZAND, matig fijn, donkergrijs, zwak siltig, kleibrokjes	200
142,00	143,00	ZAND, matig fijn, donkergrijs, zwak siltig, veensporen	200
143,00	144,00	ZAND, matig fijn, donkergrijs, zwak siltig	200
144,00	145,00	ZAND, matig fijn, donkergrijs, zwak siltig	200
145,00	146,00	ZAND, matig fijn, donkergrijs, zwak siltig	200
146,00	147,00	ZAND, matig grof, grijs	250

Boring : **Boring WP-FP** **Projectnummer** : **20190225**
Locatie : **SCHEVENINGEN** **Document** : **C20130040-BP**
Projectnaam : **Meetput** **Boringnummer** : **O20201103**

diepte in meters - maaiveld		omschrijving grondlagen volgens NEN 5104	M-waarde (µm)
147,00	148,00	ZAND, matig grof, grijs	250
148,00	149,00	KLEI, matig vast, grijs, schelpengruis, enkel zandlaagje	
149,00	150,00	KLEI, matig vast, grijs, schelpengruis, enkel zandlaagje	
150,00	151,00	KLEI, vast, donkergrijs	
151,00	152,00	KLEI, vast, donkergrijs	
152,00	153,00	KLEI, vast, donkergrijs, enkel zandlaagje	
153,00	154,00	KLEI, vast, donkergrijs	
154,00	155,00	ZAND, matig fijn, donkergrijs, zwak siltig	200
155,00	156,00	ZAND, matig fijn, donkergrijs, zwak siltig, kleibrokken	200
156,00	157,00	ZAND, matig fijn, donkergrijs, zwak siltig	200
157,00	158,00	ZAND, matig fijn, donkergrijs, zwak siltig	200
158,00	159,00	ZAND, matig fijn, donkergrijs, zwak siltig	200
159,00	160,00	ZAND, matig fijn, donkergrijs, zwak siltig	200
160,00	161,00	KLEI, vast, donkergrijs	
161,00	162,00	KLEI, vast, donkergrijs	
162,00	163,00	KLEI, vast, donkergrijs	
163,00	164,00	ZAND, matig fijn, donkergrijs, zwak siltig, kleibrokken	200
164,00	165,00	ZAND, matig fijn, donkergrijs, zwak siltig, kleibrokken	200
165,00	166,00	KLEI, vast, donkergrijs, enkel zandlaagje, spoor schelpengruis	
166,00	167,00	KLEI, vast, donkergrijs, schelpengruis	
167,00	168,00	ZAND, matig grof, donkergrijs	220
168,00	169,00	ZAND, matig grof, donkergrijs	220
169,00	170,00	ZAND, matig grof, donkergrijs	220
170,00	171,00	KLEI, matig vast, donkergrijs, matig zandig	
171,00	172,00	ZAND, matig fijn, donkergrijs, zwak siltig	180
172,00	173,00	ZAND, matig fijn, donkergrijs, zwak siltig, kleibrokken	180
173,00	174,00	KLEI, matig vast, donkergrijs	
174,00	175,00	KLEI, matig vast, donkergrijs	
175,00	176,00	ZAND, matig grof, grijs, schelpengruis	250
176,00	177,00	KLEI, vast, grijs	
177,00	178,00	KLEI, vast, grijs	
178,00	179,00	KLEI, vast, donkergrijs	
179,00	180,00	KLEI, vast, donkergrijs, enkel zandlaagje	
180,00	181,00	ZAND, matig grof, grijs	280
181,00	182,00	KLEI, vast, grijs, enkel zandlaagje	
182,00	183,00	ZAND, matig grof, grijs	250
183,00	184,00	ZAND, matig grof, grijs, enkele kleibrokken	250
184,00	185,00	ZAND, matig grof, grijs	250
185,00	186,00	ZAND, matig grof, grijs	250
186,00	187,00	ZAND, matig grof, grijs	250
187,00	188,00	ZAND, matig grof, grijs, enkel kleibrokje	250

Afwerkingstaat

Boring	: Boring WP-FP	Projectnummer	: 20190225
Locatie	: SCHEVENINGEN	Document	: C20130040-AWS
Projectnaam	: Meetput	Boringnummer	: O20201103
Uitvoeringsperiode	: 24-02 t/m 12-03-2020	X / Y Coördinaten	: 81211.205 / 459479.625
Boorsysteem	: Zuigboren/Luchtlichten	Maaiveld t.o.v. NAP	: 6,25 m + NAP
Diameter	: 700/500/400 mm	Boormeester	: H. Pouls
Opdrachtgever	: N.V. Dunea	Einddiepte	: 213 m-m.v.

PEILBUISCONSTRUCTIE

stijgbuis m-m.v.		diam mm	materiaal	nummer	filter t.o.v. NAP		materiaal	perf mm	diam mm
+6,25	-4,75	63/57	pvc	1	-4,75	-5,75	pvc	0,5	63/57
+6,25	-19,75	63/57	pvc	2	-19,75	-20,75	pvc	0,5	63/57
+6,25	-18,75	63/57	pvc	3					
-18,75	-39,75	40/36	pvc		-39,75	-40,75	pvc	0,5	40/36
+6,25	-18,75	63/57	pvc	4					
-18,75	-53,75	40/36	pvc		-53,75	-54,75	pvc	0,5	40/36
+6,25	-18,75	63/57	pvc	5					
-18,75	-73,25	40/36	pvc		-73,25	-74,25	pvc	0,5	40/36
+6,25	-13,75	16/13	pvc	6					
-13,75	-76,75	6/4	pvc		-76,75	-77,00	pvc	0,5	26/19
+6,25	-13,75	16/13	pvc	7					
-13,75	-79,75	6/4	pvc		-79,75	-80,00	pvc	0,5	26/19
+6,25	-18,75	63/57	pvc	8					
-18,75	-82,25	40/36	pvc		-82,25	-83,25	pvc	0,5	40/36
+6,25	-13,75	16/13	pvc	9					
-13,75	-85,75	6/4	pvc		-85,75	-86,00	pvc	0,5	26/19
+6,25	-13,75	16/13	pvc	10					
-13,75	-88,75	6/4	pvc		-88,75	-89,00	pvc	0,5	26/19
+6,25	-18,75	63/57	pvc	11					
-18,75	-91,25	40/36	pvc		-91,25	-92,25	pvc	0,5	40/36
+6,25	-13,75	16/13	pvc	12					
-13,75	-97,75	6/4	pvc		-97,75	-98,00	pvc	0,5	26/19
+6,25	-18,75	63/57	pvc	13					
-18,75	-103,25	40/36	pvc		-103,25	-104,25	pvc	0,5	40/36
+6,25	-13,75	16/13	pvc	14					
-13,75	-106,75	6/4	pvc		-106,75	-107,00	pvc	0,5	26/19
+6,25	-13,75	16/13	pvc	15					
-13,75	-109,75	6/4	pvc		-109,75	-110,00	pvc	0,5	26/19

Boring : **Boring WP-FP** **Projectnummer** : **20190225**
Locatie : **SCHEVENINGEN** **Document** : **C20130040-AWS**
Projectnaam : **Meetput** **Boringnummer** : **O20201103**

stijgbuis m-m.v.		diam mm	materiaal	nummer	filter t.o.v. NAP		materiaal	perf mm	diam mm
+6,25	-18,75	63/57	pvc	16					
-18,75	-113,75	40/36	pvc		-113,75	-114,75	pvc	0,5	40/36
+6,25	-18,75	63/57	pvc	17					
-18,75	-137,75	40/36	pvc		-137,75	-138,75	pvc	0,5	40/36
+6,25	-18,75	63/57	pvc	18					
-18,75	-157,25	40/36	pvc		-157,25	-158,25	pvc	0,5	40/36
+6,25	-178,75	75/67	pvc	19	-178,75	-179,75	pvc	0,5	75/67

Minifilters 6, 7 en 9 zijn gemonteerd aan peilfilter 11 (l = 25 cm)

Minifilters 10, 12, 14 en 15 zijn gemonteerd aan peilfilter 16 (l = 25 cm)

Zoutwachterkabel is geplaatst aan peilfilter 19, elektrodenparen op 109,75 - 106,75 - 103,75 - 100,75 - 97,75 - 94,75 - 91,75, - 88,75 - 85,75 - 82,75 - 78,75 - 75,75 - 73,75 (maten - NAP)

Glasvezelkabel is geplaatst aan peilfilter 19

Verbindingen : Lijm/tromp
Afwerking : Puntstuk \varnothing 63x2" en 75x2½" met doorboorde kap
Opmerkingen : Boorgatmeting Deltares 4-3-2020

Aanvulstaat

Conform BRL 2100

Boring	: Boring WP-FP	Projectnummer	: 20190225
Locatie	: SCHEVENINGEN	Document	: C20130040-AVS
Projectnaam	: Meetput	Boringnummer	: O20201103
Uitvoeringsperiode	: 24-02 t/m 12-03-2020	X / Y Coördinaten	: 81211.205 / 459479.625
Boorsysteem	: Zuigboren/Luchtliften	Maaiveld t.o.v. NAP	: 6,25 m + NAP
Diameter	: 700/500/400 mm	Boormeester	: H. Pouls
Opdrachtgever	: N.V. Dunea	Einddiepte	: 213 m-m.v.

diepte in meters - maaiveld		aanvulmateriaal	diepte in meters - maaiveld		aanvulmateriaal
0,00	2,00	Zand	96,00	97,00	Mikolit 300
2,00	5,00	Mikolit 300	97,00	99,50	Filterzand 0,8-1,25
5,00	9,00	Filterzand 0,6-1,0	99,50	102,50	Mikolit 300
9,00	10,00	Mikolit 300	102,50	107,00	Filterzand 0,8-1,25
10,00	14,00	Filterzand 0,8-1,25	107,00	108,00	Mikolit 300
14,00	16,00	Mikolit 300	108,00	111,00	Filterzand 0,8-1,25
16,00	22,00	Filterzand 0,6-1,0	111,00	112,00	Mikolit 300
22,00	25,00	Mikolit 300	112,00	114,00	Filterzand 0,8-1,25
25,00	27,50	Filterzand 0,8-1,25	114,00	115,00	Mikolit 300
27,50	28,50	Mikolit 300	115,00	117,00	Filterzand 0,8-1,25
28,50	44,00	Filterzand 0,6-1,0	117,00	119,00	Mikolit 300
44,00	45,00	Mikolit 300	119,00	122,00	Filterzand 0,8-1,25
45,00	48,00	Filterzand 0,8-1,25	122,00	125,00	Mikolit 300
48,00	50,00	Mikolit 300	125,00	132,00	Filterzand 0,6-1,0
50,00	54,00	Filterzand 0,6-1,0	132,00	135,00	Mikolit 300
54,00	56,00	Mikolit 300	135,00	142,00	Filterzand 0,6-1,0
56,00	62,00	Filterzand 0,8-1,25	142,00	143,00	Mikolit 300
62,00	63,00	Mikolit 300	143,00	146,00	Filterzand 0,8-1,25
63,00	77,00	Filterzand 0,6-1,0	146,00	147,00	Mikolit 300
77,00	78,00	Mikolit 300	147,00	150,00	Filterzand 0,6-1,0
78,00	81,00	Filterzand 0,8-1,25	150,00	154,00	Mikolit 300
81,00	82,00	Mikolit 300	154,00	159,00	Filterzand 0,6-1,0
82,00	84,00	Filterzand 0,6-1,0	159,00	163,00	Mikolit 300
84,00	85,00	Mikolit 300	163,00	165,00	Filterzand 0,8-1,25
85,00	87,00	Filterzand 0,6-1,0	165,00	167,00	Mikolit 300
87,00	88,00	Mikolit 300	167,00	180,50	Filterzand 0,6-1,0
88,00	90,00	Filterzand 0,8-1,25	180,50	182,50	Mikolit 300
90,00	91,00	Mikolit 300	182,50	189,50	Filterzand 0,8-1,25
91,00	93,00	Filterzand 0,6-1,0	189,50	193,50	Mikolit 300
93,00	94,00	Mikolit 300	193,50	211,00	Filterzand 0,6-1,0
94,00	96,00	Filterzand 0,6-1,0	211,00	213,00	Mikolit 300

Waterstanden schoonpompen

Conform BRL 2100

Boring	: Boring WP-FP	Projectnummer	: 20190225
Locatie	: SCHEVENINGEN	Document	: C20130040-AVS
Projectnaam	: Meetput	Boringnummer	: O20201103
Uitvoeringsperiode	: 24-02 t/m 12-03-2020	X / Y Coördinaten	: 81211.205 / 459479.625
Boorsysteem	: Zuigboren/Luchtlichten	Maaiveld t.o.v. NAP	: 6,25 m + NAP
Diameter	: 700/500/400 mm	Boormeester	: H. Pouls
Opdrachtgever	: N.V. Dunea	Einddiepte	: 213 m-m.v.

datum	peilfilter	begin	eind	totaal m ³
12-3-2020	pf 1-6	21245	21306	61
13-3-2020	pf 7-12	21306		
14-3-2020	pf 7-12			
15-3-2020	pf 7-12		21464	158
16-3-2020	pf 1-6	21464	21562	98
17-3-2020	pf 1-6	21562	21668	106
18-3-2020	pf 1-11	21668	21774	106
19-3-2020	pf 1-11	21774	21876	102
23-3-2020	pf 12	21876	21888	12
24-3-2020	pf 1-12	21888	21911	23

EC meting

Conform BRL 2100

Boring	: Boring WP-FP	Projectnummer	: 20190225
Locatie	: SCHEVENINGEN	Document	: C20130040-AVS
Projectnaam	: Meetput	Boringnummer	: O20201103
Uitvoeringsperiode	: 24-02 t/m 12-03-2020	X / Y Coördinaten	: 81211.205 / 459479.625
Boorsysteem	: Zuigboren/Luchtlichten	Maaiveld t.o.v. NAP	: 6,25 m + NAP
Diameter	: 700/500/400 mm	Boormeester	: H. Pouls
Opdrachtgever	: N.V. Dunea	Einddiepte	: 213 m-m.v.

tijd	pf 1	pf 2	pf 3	pf 4	pf 5	pf 8
18-3-2020	EC (µS/cm)					
6:45	520	570	540	650	610	2100
9:15	540	560	530	635	610	2020
10:30	550	570	520	630	600	1980
11:45	540	575	510	620	600	1970
tijd	pf 11	pf 13	pf 16	pf 17	pf 18	pf 19
18-3-2020	EC (mS/cm)					
12:15	12,35	32,45				
13:15	14,78	33,20	34,20			
14:30	14,90	33,25	37,90	36,10	26,40	
16:00	15,20	33,30	39,40	37,30	27,30	
17:30			36,25	38,40	28,40	
18:00			35,20	40,30	29,60	
19-3-2020						
7:00			35,10	40,50	29,40	
9:00				40,55	29,30	
23-3-2020						
11:00						31,22
12:00						30,86
13:00						31,46
14:00						31,90

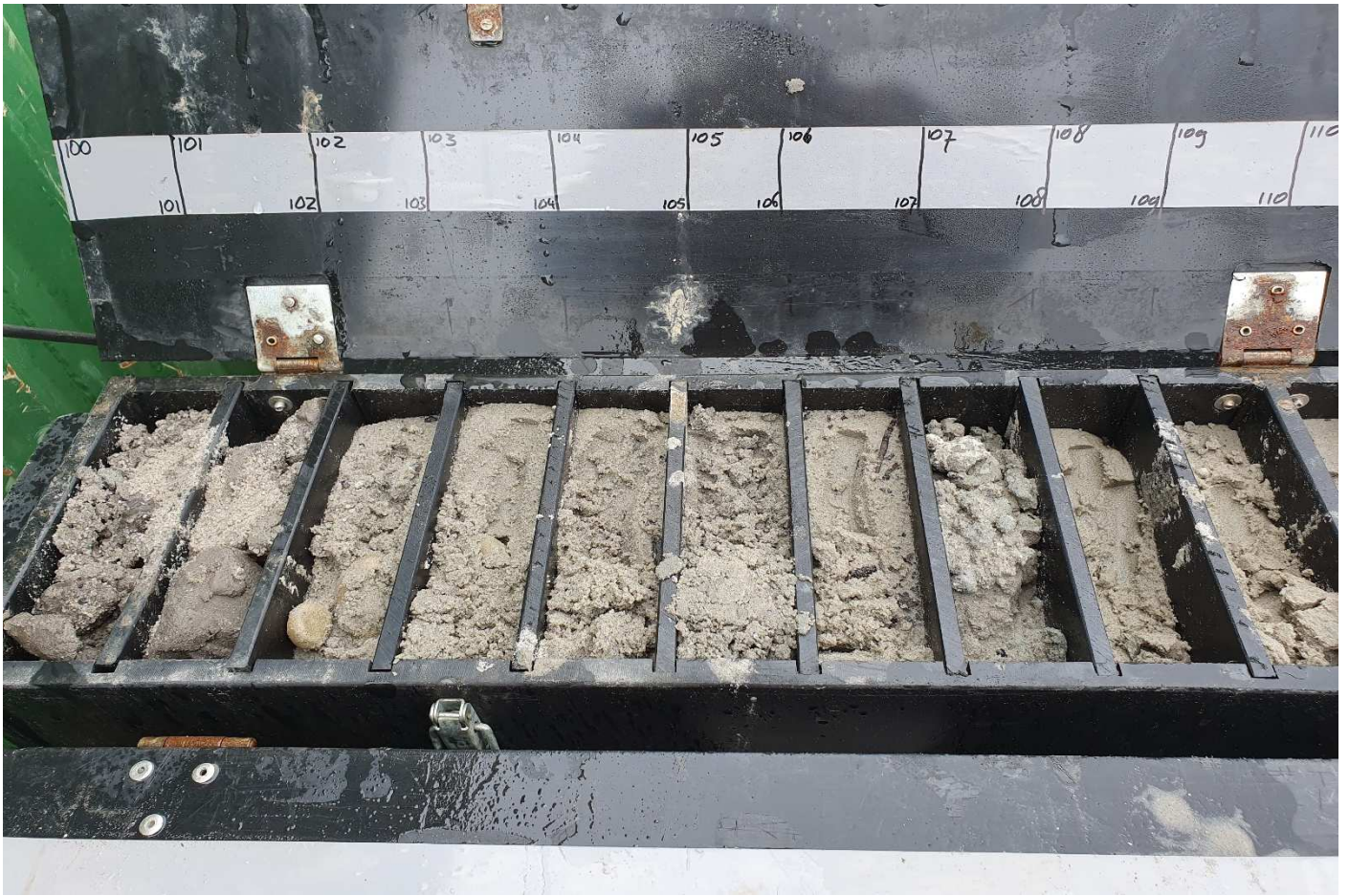




















IV.2 OVERZICHT VAN WAARNEMINGSPUT WP FP

Deze bijlage is bijgevoegd als apart Microsoft Excel-bestand.

Bijlage V Boorgatmetingen Deltares

V.1 OPEN BOORGATMETING IN WP FP, 4 MAART 2020

Grondboorbedrijf Haitjema B.V.
T.a.v. de heer B.R. Timmerman
Wisseling 10
7701 GS DEDEMSVAART

Datum	Ons kenmerk	Aantal pagina's
19 mei 2020	11205334-008-BGS-0001	1 van 4
Contactpersoon	Doorkiesnummer	E-mail
Edvard Ahlrichs	+31(0)88 335 7629	Edvard.Ahlrichs@deltares.nl
Onderwerp		
Advisering grondwateronttrekking Dunea, WP-FP		

Geachte heer Timmerman,

Op uw verzoek heeft Deltares op 4 maart 2020 een boorgatmeting verricht aan de Pompstationsweg in Scheveningen, conform onze offerte per e-mail op 21 januari 2020, en uw akkoord op 10 februari 2020. De boorgatmeting vond direct na afloop van de boorwerkzaamheden plaats in het open boorgat. Het boorgat had een diepte van 213 m – maaiveld (mv), de coördinaten, dieptes, hoogtes t.o.v. maaiveld en diameters staan in tabel 1.

Tabel 1: Put namen, X en Y coördinaten (Rijksdriehoek), diepte van de boring, hoogte t.o.v. maaiveld (AHN III) en diameters

Boorgat	X (m)	Y (m)	Diepte – maaiveld (m)	Hoogte t.o.v. maaiveld (m)	Diameter (mm)
WP-FP	081212	459481	213	6.5	700 (0.00 – 35.00 m-mv) 500 (35.00 – 110.00 m-mv.) 400 (110.00 – 213.00 m-mv)

De resultaten van de boorgatmeting en de boorbeschrijving van het boorbedrijf zijn gebruikt om inzicht te krijgen in de bodemopbouw en de kwaliteit van het grondwater. Met deze informatie is advies gegeven over de filterstelling van de peilfilters, minifilters en installatie van een glasvezel en een zoutwachter kabel. Het boorgat wordt alleen gebruikt voor monitoringsdoeleinden. Tevens is er advies gegeven over het aanvullen van het boorgat en het afdichten van de kleilagen.

Methode

Voor de boorgatmetingen zijn twee sondes gebruikt; eerst een sonde van het Duitse bedrijf Antares en vervolgens een inductie sonde. Met de sonde van Antares zijn de volgende metingen verricht:

- Gamma (*GR*; *Gamma Ray*) meting. Met deze meting wordt de natuurlijke gammastraling van de ondergrond gemeten. Klei zendt over het algemeen meer gammastraling uit dan zand. Voor de *GR* resultaten is de gestandaardiseerde eenheid *gAPI* (gamma-ray American Petroleum Industry) gehanteerd. Een hoge *gAPI* waarde duidt op de aanwezigheid van klei, een lage *gAPI* waarde duidt op zand. Aanvulklei en het mineraal glauconiet hebben doorgaans ook invloed op de *GR* waarden.
- Short Normal (*SONO*) meting. Met een *SONO* meting wordt de elektrische weerstand (eenheid Ωm) van een beperkte zone (~ 0.5 m) rondom de sonde gemeten. De gemeten elektrische weerstand hangt af van de boorvloeistof, de diameter van het boorgat, het grondwater en de geologische formatie. Bij een open boorgat met zoet grondwater, duidt een relatief lage elektrische weerstand op de aanwezigheid van klei. Bij een open boorgat met zoet grondwater, duidt een relatief hoge elektrische weerstand op de aanwezigheid van zand. In zout grondwater is dit onderscheid vaak minder goed te maken.
- Long Normal (*LONO*) meting. De *LONO* meting is analoog aan de *SONO* meting, behalve dat bij een *LONO* meting een groter bereik rondom de sonde wordt meegenomen, waardoor er dieper (~ 1.5 m) in de geologische formatie wordt gemeten.
- Single Point Resistance (*SPR*) meting. Bij een *SPR* meting wordt de elektrische weerstand tussen de bovenkant en de onderkant van de sonde gemeten. De gemeten elektrische weerstand kan alleen kwalitatief worden gebruikt. Bij lithologie-overgangen is vaak een anomalie in de *SPR* waarden te zien.

Voor de tweede meting is gebruikt gemaakt van de elektromagnetische (*EM*)-Inductie sonde (9511A) van het Amerikaanse bedrijf Century. Met deze sonde zijn de volgende metingen verricht:

- Gamma (*GR*; *Gamma Ray*) meting (zie omschrijving bij de Antares sonde).
- *EM*-inductie meting. In een spoel in de sonde wordt een primair *EM* veld opgewekt. Door geleiding in de ondergrond induceert het primaire *EM* veld een secundair *EM* veld, dat in amplitude en fase verschilt van het primaire veld. Beiden velden worden gemeten in een ontvangerspoel. Aan de hand van de verschillen in het primaire en secundaire veld in de ontvangerspoel kan de elektrische geleidbaarheid van de ondergrond (EC_{bulk}) worden afgeleid. In de uitwerking is EC_{bulk} weergegeven als *COND*.

De EC_{bulk} is afhankelijk van de lithologie en van de elektrische geleidbaarheid van het grondwater (EC_w). Wanneer het grondwater zoet is zal de EC_{bulk} hoger zijn in klei dan in zand, doordat klei beter elektriciteit geleidt dan zand. In zout grondwater is de EC_{bulk} hoger dan in zoet grondwater en is de relatieve bijdrage van klei op EC_{bulk} minder groot dan in zoet grondwater. Voor een kwantitatieve vertaling van EC_{bulk} naar EC_w (elektrische geleidbaarheid van water) kan, in het geval van klei- en veenvrije sedimenten, de wet van Archie worden gebruikt, maar dit vereist kennis over de elektrische eigenschappen van de grond (zoals porositeit en pakking van de korrels) die op het moment van de boorgatmeting en de uitwerkingen niet voorhanden waren. Daarom zijn de EC_{bulk} resultaten alleen kwalitatief gebruikt om de overgang van zoet naar zout grondwater te bepalen.

Vanwege de lengte van de sonde zijn in de bovenste 5 m geen *GR* metingen verricht, en in de bovenste 7 m geen *SONO*, *LONO* en *SPR* metingen. De *COND*, *SONO*, *LONO* en *SPR* metingen worden tot 7 m -mv beïnvloed door het maaiveld en door de stalen casing, en zijn daarom niet gebruikt voor de lithologische interpretatie.

Resultaten

In de bijlage van dit brieffrapport vindt u de resultaten van de boorgatmeting, de lithologische beschrijving van het boorbedrijf, het peilbuisontwerp en de aanvulstaat van het boorgat. Op de eerste pagina vindt u een overzicht van de gegevens over het gehele dieptetraject, de daarop volgende pagina's geven de gegevens gedetailleerder per 100m weer.

Voor de lithologische interpretatie van de boorgatmetingen zijn de lithoklassen 'fijn zand', 'matig grof zand', 'grof zand', 'grind' en 'klei' gebruikt. Om een goede vergelijking mogelijk te maken is deze indeling ook gebruikt voor het weergeven van de boorbeschrijving van het boorbedrijf. Hierbij dient het volgende te worden opgemerkt:

- De lithoklasse 'Zand, matig fijn' in de boorbeschrijving van het boorbedrijf is weergegeven als 'fijn zand'.
- De lithoklasse 'Zand, matig grof' in de boorbeschrijving van het boorbedrijf is weergegeven als 'matig grof zand'.
- De lithoklassen 'Zand, zeer grof' en 'Zand, uiterst grof' in de boorbeschrijving van het boorbedrijf zijn weergegeven als 'grof zand'.
- De lithoklassen 'Grind, fijn tot matig grof' in de boorbeschrijving van het boorbedrijf is weergegeven als 'grind'.
- De lithoklassen 'Schelpen' in de boorbeschrijving van het boorbedrijf is weergegeven als 'schelpen'.
- De lithoklasse 'Klei, vast' en 'Klei, matig vast' in de boorbeschrijving van het boorbedrijf zijn weergegeven als 'klei'.
- De kleur, de textuur en de bijmenging (bijvoorbeeld van klei of zand) in de boorbeschrijving van het boorbedrijf zijn niet weergegeven in de bijlage.

In de uitwerkingen van de aanvulstaten is een afdichting met Mikolit 300 weergegeven als 'kleiafdichting', Filterzand 0,6 - 1,0 als 'aanvulgrind' en het Filterzand 0,8 - 1,25mm van het filter als 'filterzand'.

Interpretatie van de resultaten

De lithologische interpretatie van de boorgatmeting en de boorbeschrijving van het boorbedrijf komen goed overeen.

De bovenste 20 tot 25 meter van de ondergrond bestaan uit holocene zanden met kleilagen op 14 en 22 m – mv. Vanaf 25 m – mv dalen de GR waarden en beginnen matig grof en grof zandige pakketten. De afname in GR waarden kan duiden op de overgang van de holocene deklaag naar de Formatie van Kreftenheye. De kleilagen in boring WP-FP vormen de scheiding van het freatische grondwater met het eerste watervoerende pakket.

Rond de 40 m – mv bevindt zich de overgang van de Formatie van Kreftenheye naar de Formatie van Urk, deze overgang wordt gekenmerkt door de goed herkenbare sterk grindige geulbodemaafzetting. In de boring is deze overgang te herkennen aan de grindlaag op 39 m – mv.

In de boring komt op 49 m – mv een pakket met twee kleilagen en een fijn zandige laag voor die de scheiding vormen tussen het eerste en het tweede watervoerende pakket.

De Formatie van Sterksel komt rond de 65 tot 70 m – mv voor. De grove zandlagen in het matig grove pakket van 68.5 m – mv en enkele kleibrokken in de boorstaten kunnen duiden op de Formatie van Sterksel van enkele meters dik, deze overgang is echter moeilijk te herkennen.

De overgang van de Formatie van Sterksel naar de Formatie van Peize en Waalre is moeilijk te onderscheiden. De kleilagen vanaf 92 m – mv zijn herkenbaar als de tweede kleiige eenheid van de Formatie van Waalre. In de boring vormt deze kleilaag de derde water scheidende laag.

Vanaf 117.5 m – mv begint een pakket met overwegend klei en matig zandige lagen dat doorloopt tot 133 m – mv. Dit behoort zeer waarschijnlijk tot het begin van de eerste kleiige eenheid van de Formatie van Maassluis, en tevens de vierde water scheidende laag.

Vanaf 150 m – mv bestaat de ondergrond uit afwisselende klei, fijn zand en matig grof zand lagen tot het eind van de boring. Deze lagen behoren tot de Formatie van Maasluis, herkenbaar aan de schelpen resten in de boorstaten.

De EC_{bulk} meting in boring WP-FP laat zien dat het grondwater vanaf 90 m – mv overgaat in brak tot zout grondwater. Onder de vierde water scheidende kleilaag (117.5 tot 133 m – mv) neemt de EC_{bulk} iets af tot 170 m – mv en blijft daarna stabiel tot het einde van de boring.

Filterstelling en aanvulstaat

Voor een overzicht van het dieptebereik van de filters van de putten wordt verwezen naar Tabel 2. Om hydraulische kortsluiting te voorkomen zijn afdichtingen m.b.v. zwelklei geplaatst. Om het zoutgehalte in het grondwater te monitoren is in de put een zoutwachter kabel naast de filters aangebracht met 13 elektroden paren, om de drie meter, van 80 tot 116 m – mv.

Tabel 2: Dieptebereik van de filters van de peilbuizen.

Boorgat WP-FP	Dieptebereik beneden maaiveld (m)
Peilbuis 1	11.00 – 12.00
Peilbuis 2	26.00 – 27.00
Peilbuis 3	46.00 – 47.00
Peilbuis 4	60.00 – 61.00
Peilbuis 5	79.50 – 80.50
Peilbuis 6	88.50 – 89.50
Peilbuis 7	97.50 – 98.50
Peilbuis 8	109.50 – 110.50
Peilbuis 9	120.00 – 121.00
Peilbuis 10	144.00 – 145.00
Peilbuis 11	163.50 – 164.50
Peilbuis 12	185.00 – 186.00
Minifilter 1	83.00 – 83.25
Minifilter 2	86.00 – 86.25
Minifilter 3	92.00 – 92.25
Minifilter 4	95.00 – 95.25
Minifilter 5	104.00 – 119.25
Minifilter 6	113.00 – 113.25
Minifilter 7	116.00 – 116.25
Glasvezel kabel	0.00 – 213.00
Zoutwachter kabel	0.00 – 116.00 13 elektroden van 80.00 – 116.00

Nadere informatie

Dit briefrapport is opgesteld door Edvard Ahlrichs. Voor nadere vragen en/of opmerkingen kunt u telefonisch contact opnemen via +31 6 3054 9191. De review van dit briefrapport is uitgevoerd door de heer Pieter Doornenbal.

Hoogachtend,

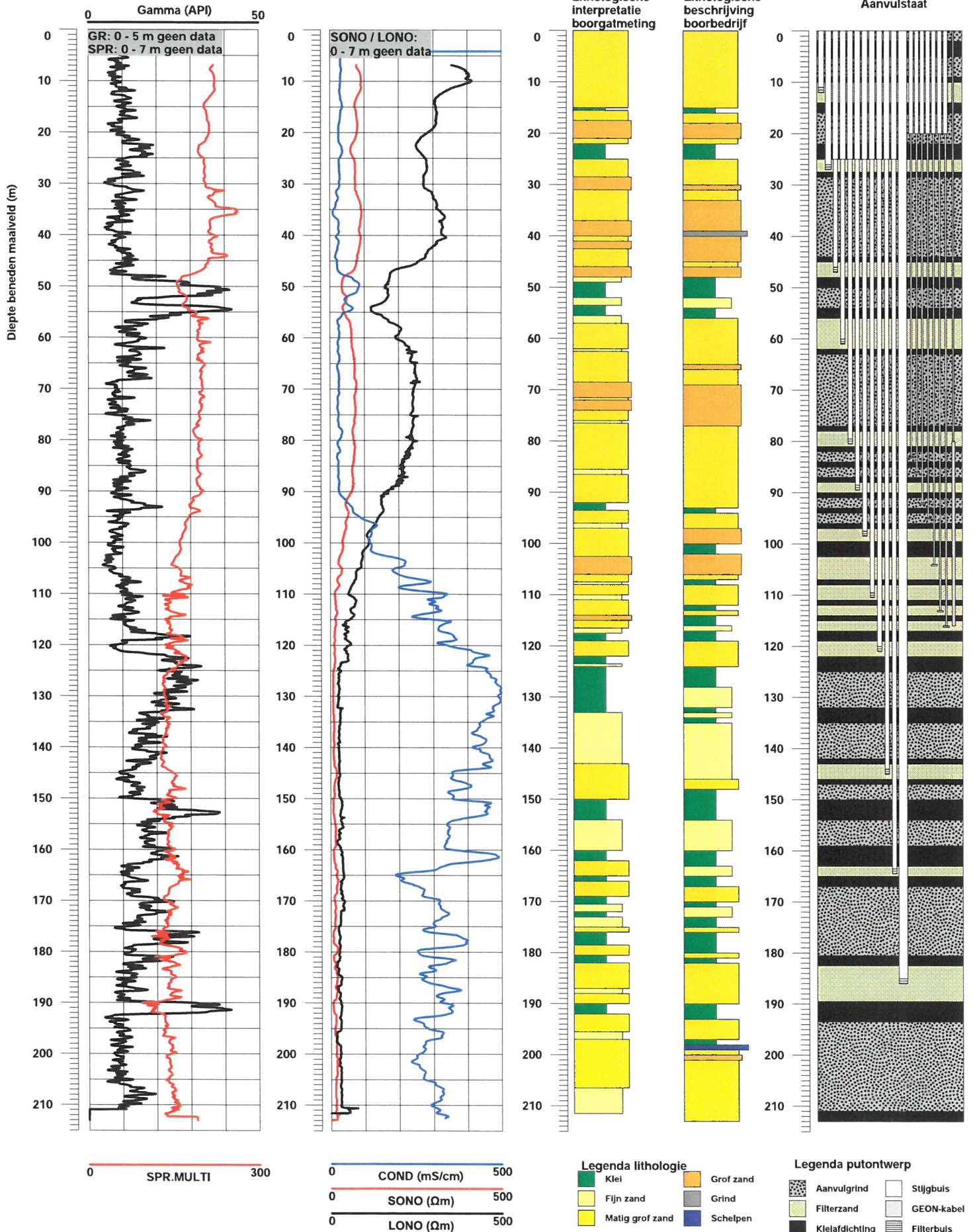
drs. M. Blauw
Afdelingshoofd Toegepaste geologie en geofysica
Unit Bodem- en Grondwatersystemen



Bijlage 1: overzicht

Plaatsnaam: Scheveningen
Straatnaam: Pompstationsweg
RD - coördinaten: X: 081212 Y: 459481
Maaiveldhoogte: 6.5 m NAP (AHN III)
Datum: 04-03-2020

Naam put: WP-FP
Opdrachtgever: Grondboorbedrijf Hailjema B.V.
Boorbedrijf: Grondboorbedrijf Hailjema B.V.
Boormethode: Zuigboren/luchtliften
Diameter boorgat: 700mm (0.00 - 35.00 m-mv.)
500mm (35.00 - 110.00 m-mv.)
400mm (110.00 - 213.00 m-mv.)

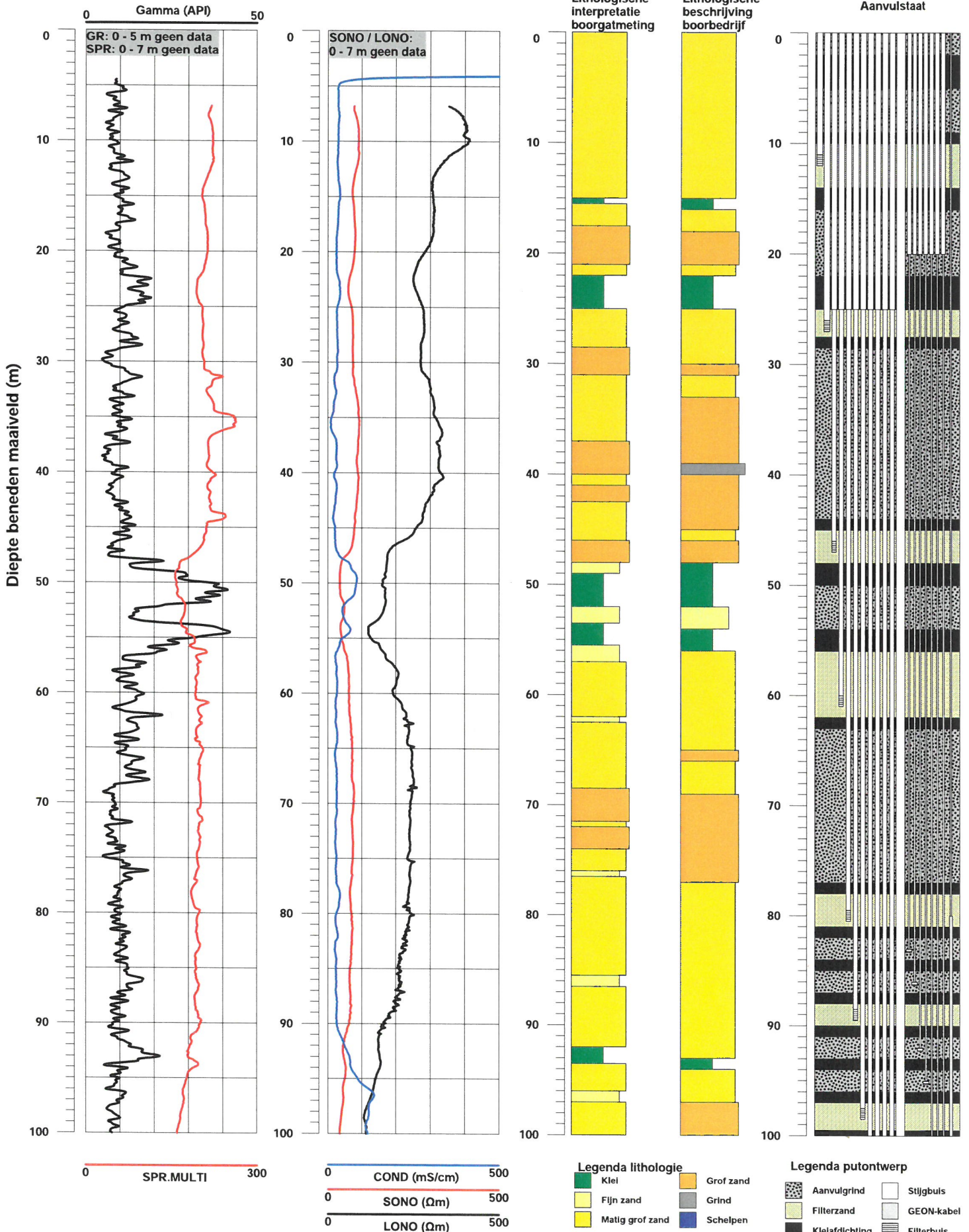




Bijlage 2: 0,00 - 100,00 m-mv.

Plaatsnaam: Scheveningen
Straatnaam: Pompstationsweg
RD - coördinaten: X: 081212 Y: 459481
Maaiveldhoogte: 6,5 m NAP (AHN III)
Datum: 04-03-2020

Naam put: WP-FP
Opdrachtgever: Grondboorbedrijf Hailjema B V
Boorbedrijf: Grondboorbedrijf Hailjema B V
Boormethode: Zuigboren/luchtlijft
Diameter boorgat: 700mm (0,00 - 35,00 m-mv)
400mm (110,00 - 213,00 m-mv)



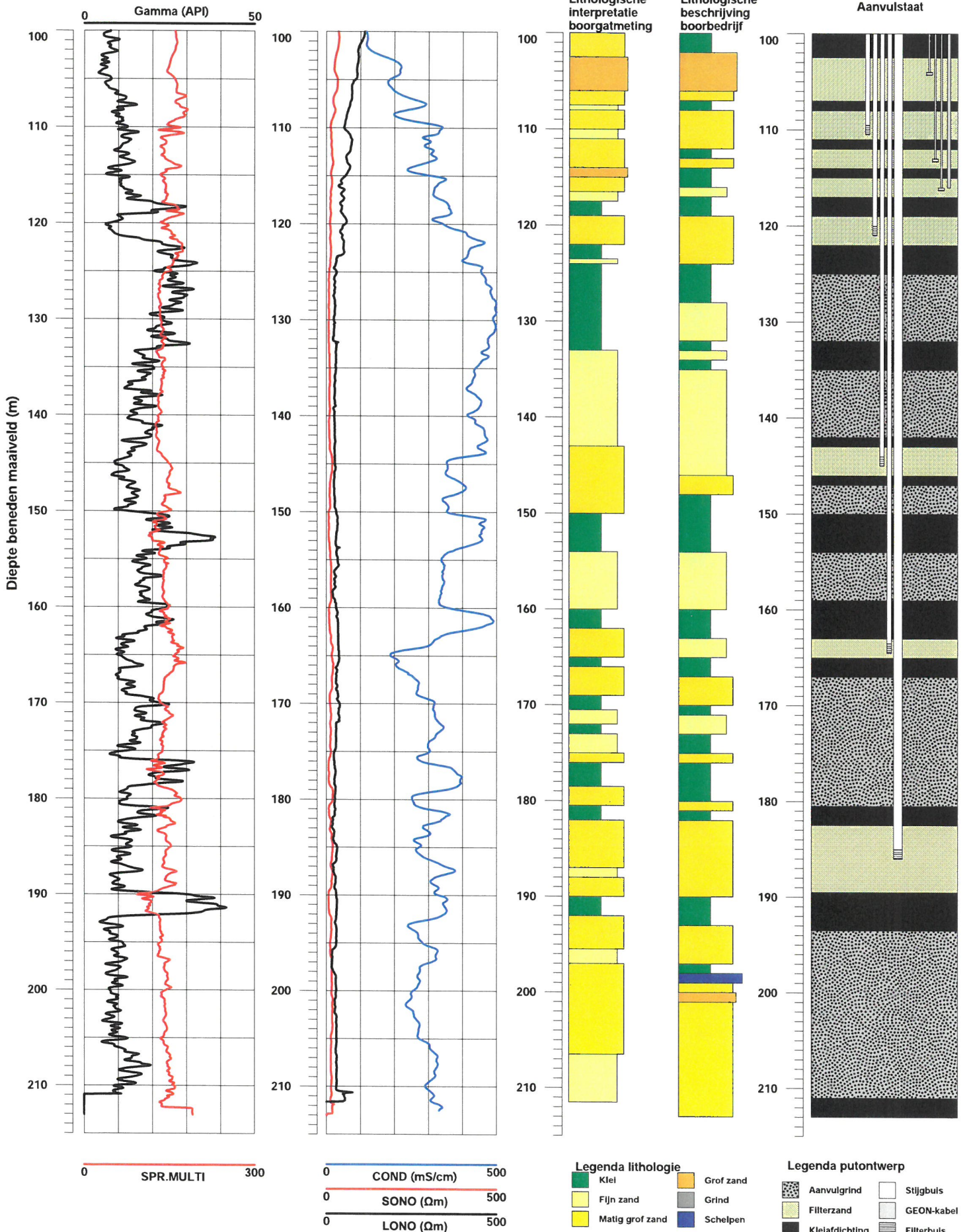


Bijlage 3: 100,00 - 213,00 m-mv.

Plaatsnaam: Scheveningen
Straatnaam: Pompstationsweg
RD - coördinaten: X: 081212 Y: 459481
Maaiveldhoogte: 6.5 m NAP (AHN III)
Datum: 04-03-2020

Naam put: WP-FP
Opdrachtgever: Grondboorbedrijf Hailjema B V
Boorbedrijf: Grondboorbedrijf Hailjema B V
Boormethode: Zuigboren/luchtfliten
Diameter boorgat: 700mm (0,00 - 35,00 m-mv.)
400mm (110,00 - 213,00 m-mv.)

WP-FP
Grondboorbedrijf Hailjema B V
Grondboorbedrijf Hailjema B V
Zuigboren/luchtfliten
700mm (0,00 - 35,00 m-mv.)
400mm (110,00 - 213,00 m-mv.)



V.2 BOORGATMETING IN DIEPSTE PEILBUIJS VAN WP FP, 19 JUNI 2020

KWR Watercycle Research Institute
T.a.v. de heer T.C.G.W. van Dooren MSc
Postbus 1072
3430 BB NIEUWEGEIN

Datum	Ons kenmerk	Aantal pagina's
15 juli 2020	11205334-005-BGS-0003	1 van 2
Contactpersoon	Doorkiesnummer	E-mail
Pieter Doornenbal	+31(0)88 335 7799	Pieter.Doornenbal@deltares.nl

Onderwerp
vergelijking Em-inductiemeting

Geachte heer Van Dooren,

Op uw verzoek heeft Deltares op 19 juni 2020 een boorgatmeting verricht aan de Pompstationsweg in Scheveningen, conform onze offerte per e-mail op 15 juni 2020. De boorgatmeting vond plaats in een peilbuis met een einddiepte van ca. 210 beneden maaiveld (mv) in monitoringsput WP-FP. De coördinaten van de monitoringsput zijn X: 81212 m, Y: 459481 m (Rijksdriehoek).

De resultaten van deze boorgatmeting zijn vergeleken met de eerder uitgevoerde elektromagnetische (EM)-inductiemeting van 4 maart 2020, welke plaatsvond in het open boorgat, alsmede de boorbeschrijving en het putontwerp van het boorbedrijf. Aan de hand van deze vergelijking kan inzicht worden verkregen in het verschil tussen een EM-inductie meting uitgevoerd in het open boorgat, en in een peilbuis. Het primaire doel van de EM-inductie meting van 19 juni 2020 is om de nul-situatie ten aanzien van de verdeling van zoet en zout grondwater te bepalen, voorafgaand aan een pilot met brakwaterwinning die in het gebied zal gaan plaatsvinden.

Methode

Voor de boorgatmeting is gemeten met de elektromagnetische inductie sonde (9511A) van het Amerikaanse bedrijf Century. Met deze sonde zijn de volgende metingen verricht:

- Gamma (*GR*; *Gamma Ray*) meting, waarmee de natuurlijke gammastraling van de ondergrond wordt gemeten. Hiermee kan een lithologische interpretatie worden verricht; klei zendt over het algemeen meer gammastraling uit dan zand.
- EM-inductie meting. In een spoel in de sonde wordt een primair EM veld opgewekt. Door geleiding in de ondergrond induceert het primaire EM veld een secundair EM veld, dat in amplitude en fase verschilt van het primaire veld. Beiden velden worden gemeten in een ontvangerspoel. Aan de hand van de verschillen in het primaire en secundaire veld in de ontvangerspoel kan de elektrische geleidbaarheid van de ondergrond (EC_{bulk}) worden afgeleid. In de bijlage, waar de resultaten in grafieken gepresenteerd zijn, is EC_{bulk} weergegeven als COND.

De EC_{bulk} is afhankelijk van de lithologie en van de elektrische geleidbaarheid van het grondwater (EC_w). Wanneer het grondwater zoet is zal de EC_{bulk} hoger zijn in klei dan in zand, doordat klei beter elektriciteit geleidt dan zand. In zout grondwater is de EC_{bulk} hoger dan in zoet grondwater en is de relatieve bijdrage van klei op EC_{bulk} minder groot dan in zoet grondwater. Voor een kwantitatieve vertaling van EC_{bulk} naar EC_w (elektrische geleidbaarheid van water) kan, in het geval van klei- en veenvrije sedimenten, de wet van Archie worden gebruikt, maar dit vereist kennis over de elektrische eigenschappen van de grond (zoals porositeit en pakking van de korrels) die op het moment van het uitwerken van de boorgatmeting niet voorhanden waren.

Na de uitvoering van de eerste meting zijn diverse peilbuizen en meetinstrumenten zoals een zoutwachter geïnstalleerd, en is het boorgat aangevuld. De aanvulling, de peilbuizen (inclusief het water hierin) en de meetinstrumenten kunnen invloed hebben op de EC_{bulk} en GR waarden. Daarom zijn de EC_{bulk} resultaten van beide metingen alleen kwalitatief gebruikt om de overgang van zoet naar zout grondwater te bepalen

Resultaten

In de bijlage van dit briefrapport vindt u de resultaten van de beide EM-inductie metingen, de lithologische interpretatie van de boorgatmeting, lithologische beschrijving van het boorbedrijf, het peilbuisontwerp en de aanvulstaat van het boorgat. Op de eerste pagina vindt u een overzicht van de gegevens over het gehele dieptetraject, de daarop volgende pagina's geven de gegevens gedetailleerder per 100m weer.

De EC_{bulk} van de beide metingen in WP-FP laat zien dat het grondwater vanaf 90 m – mv overgaat in brak tot zout grondwater. Het relatieve signaal kan in dit geval dus goed gebruikt worden om de overgang van zoet naar duidelijk zout(er) grondwater te bepalen. Er is tevens te zien dat de meting in de peilbuis in vergelijking met de meting in het open boorgat beneden 90 m -mv over het algemeen hogere EC_{bulk} waarden laat zien. In het zoete grondwater is dit juist omgekeerd. Dit hangt vermoedelijk samen met het zoete werkwater in het open boorgat, en het feit dat de meting in het open boorgat niet gecentreerd is uitgevoerd. In de meting in de peilbuis zijn in het zoete grondwater de kleiafdichtingen over het algemeen te herkennen aan de toename van de EC_{bulk} . Ook wordt de EC_{bulk} op sommige plekken licht beïnvloed door de elektrodeparen van de zoutwachter.

Nadere informatie

Dit briefrapport is opgesteld door Pieter Doornenbal. Voor nadere vragen en/of opmerkingen kunt u telefonisch contact opnemen via +31 6 1215 2212. De review van dit briefrapport is uitgevoerd door de heer Pieter Pauw.

Hoogachtend,



drs. M. Blauw
Afdelingshoofd Toegepaste geologie en geofysica Unit Bodem- en
Grondwatersystemen

Bijlage(n)

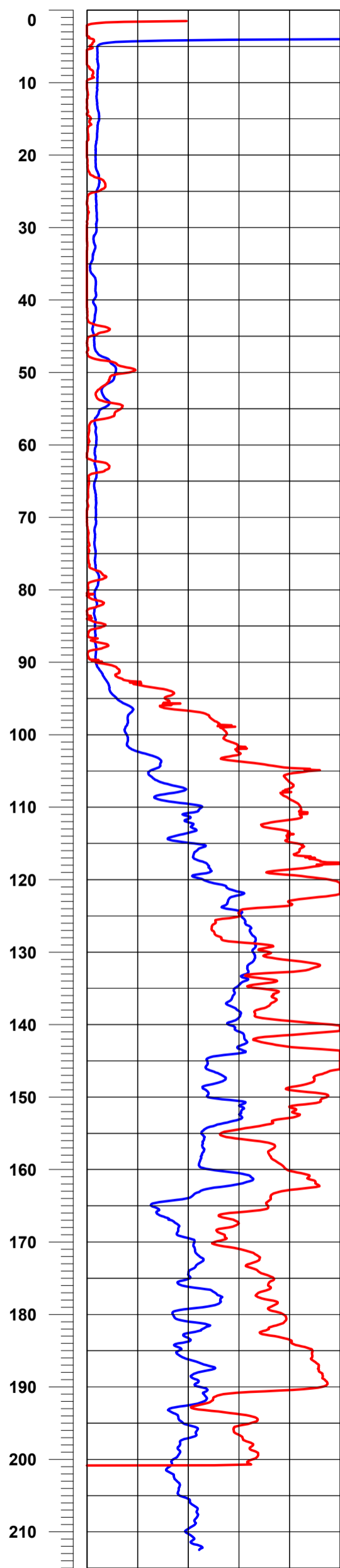
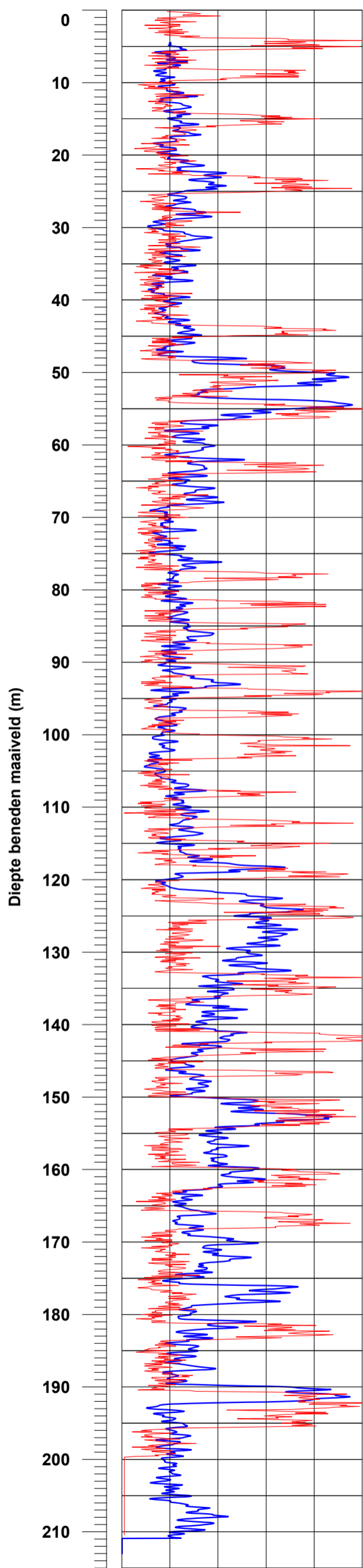
1



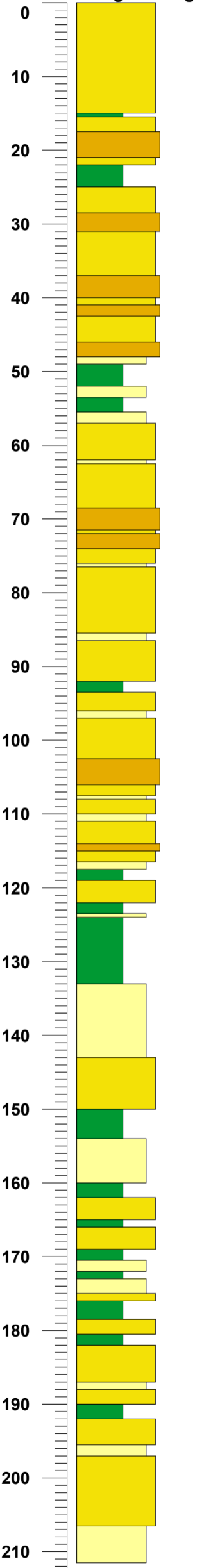
Bijlage 1: vergelijking inductie metingen

Plaatsnaam: Scheveningen
Straatnaam: Pompstationsweg
RD - coördinaten: X: 081212 Y: 459481
Maaiveldhoogte: 6.5 m NAP (AHN III)
Datum: 03-04-2020 meting 1
06-19-2020 meting 2

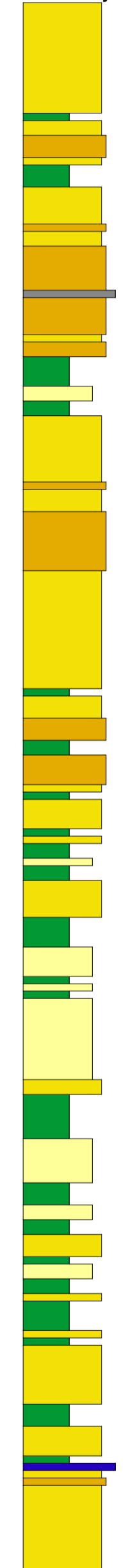
Naam put: WP-FP
Opdrachtgever: KWR
Boorbedrijf: Grondboorbedrijf Haitjema B.V.
Boormethode: Zuigboren/luchtliften
Diameter boorgat: 700mm (0,00 - 35,00 m-mv.)
500mm (35,00 - 110,00 m-mv.)
400mm (110,00 - 213,00 m-mv.)



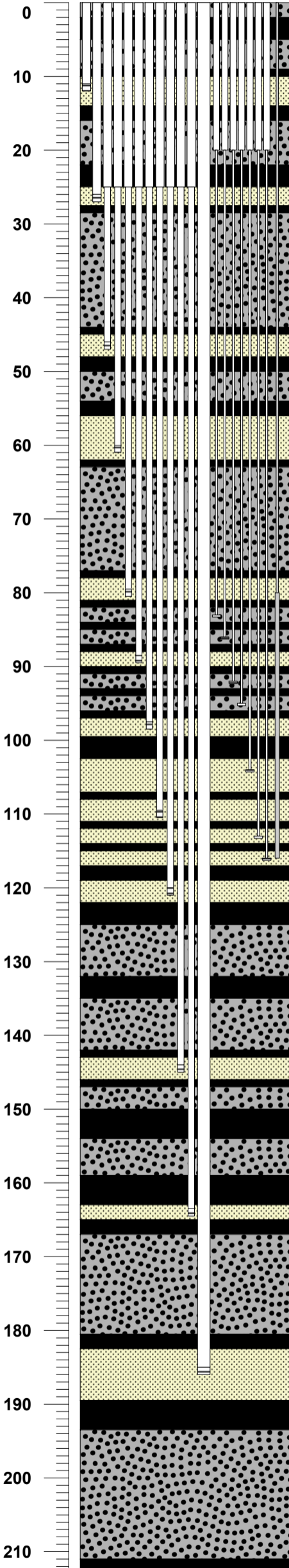
Lithologische interpretatie boorgatmeting



Lithologische beschrijving boorbedrijf



Aanvulstaat



- Legenda lithologie**
- Klei
 - Fijn zand
 - Matig grof zand
 - Grof zand
 - Grind
 - Schelpen

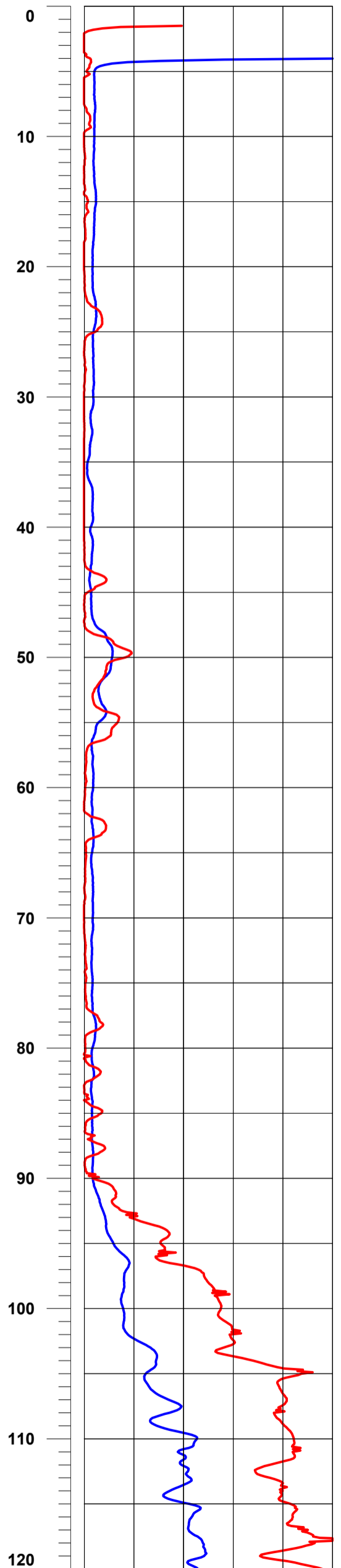
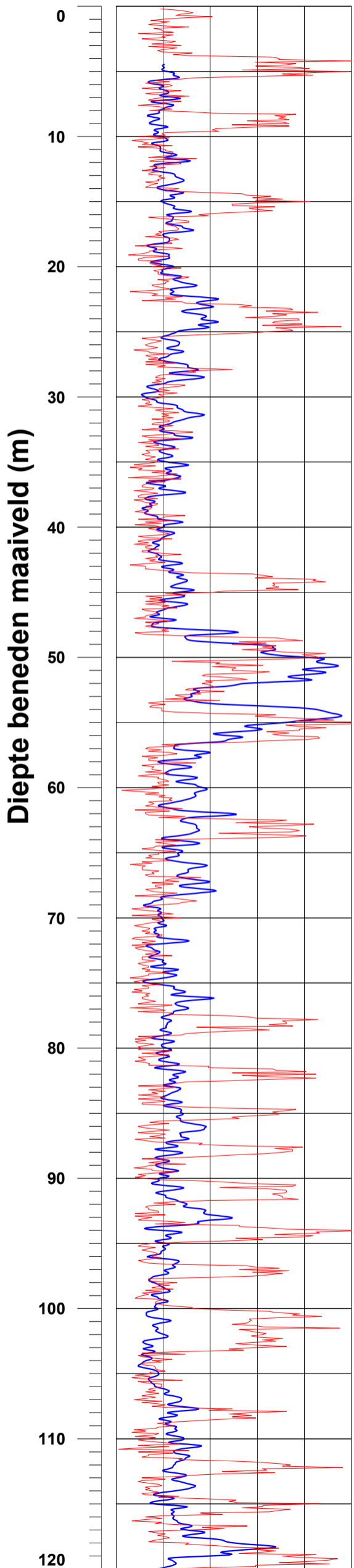
- Legenda putontwerp**
- Aanvulgrind
 - Filterzand
 - Kleiafdichting
 - Stijgbuis
 - GEON-kabel
 - Filterbuis



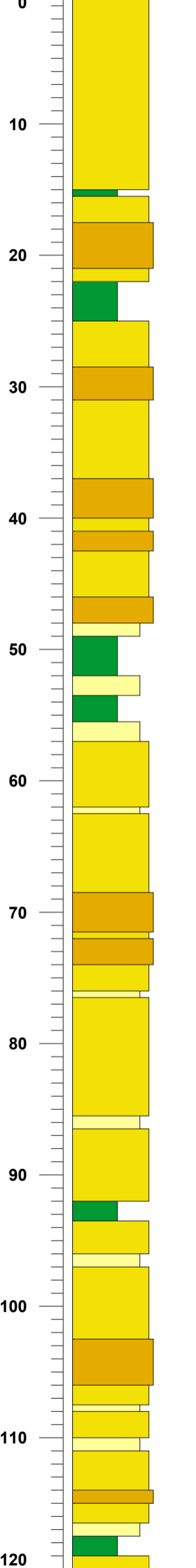
Bijlage 1: vergelijking inductie metingen

Plaatsnaam: Scheveningen
 Straatnaam: Pompstationsweg
 RD - coördinaten: X: 081212 Y: 459481
 Maaiveldhoogte: 6.5 m NAP (AHN III)
 Datum: 03-04-2020 meting 1
 06-19-2020 meting 2

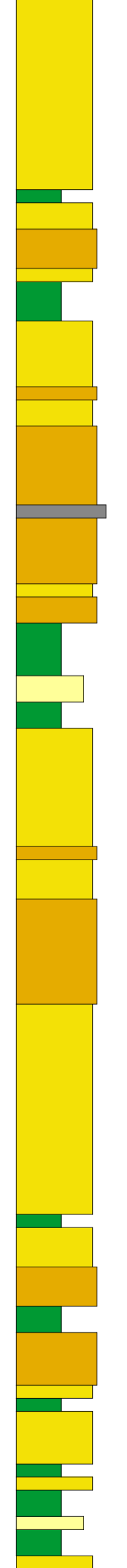
Naam put: WP-FP
 Opdrachtgever: KWR
 Boorbedrijf: Grondboorbedrijf Haitjema B.V.
 Boormethode: Zuigboren/luchtfliten
 Diameter boorgat: 700mm (0,00 - 35,00 m-mv.)
 500mm (35,00 - 110,00 m-mv.)
 400mm (110,00 - 213,00 m-mv.)



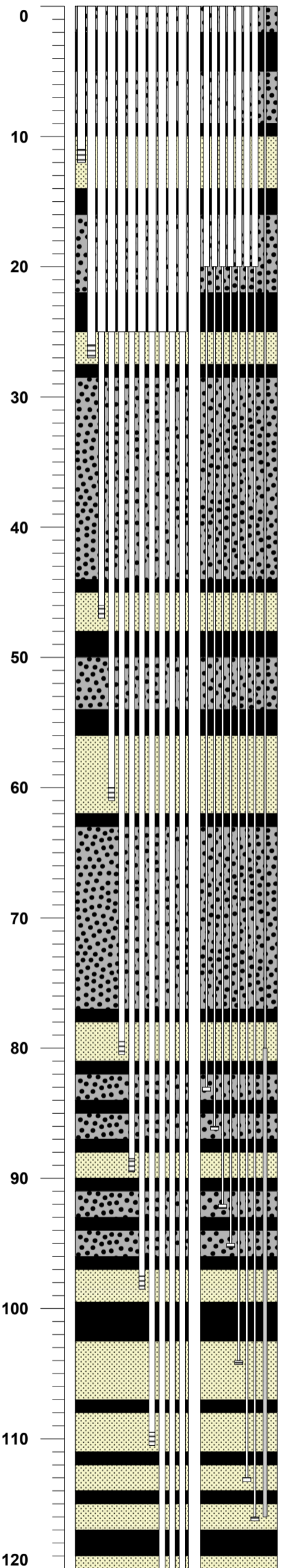
Lithologische interpretatie boorgatmeting



Lithologische beschrijving boorbedrijf



Aanvulstaat



Legenda lithologie

- Klei
- Fijn zand
- Matig grof zand
- Grof zand
- Grind
- Schelpen

Legenda putontwerp

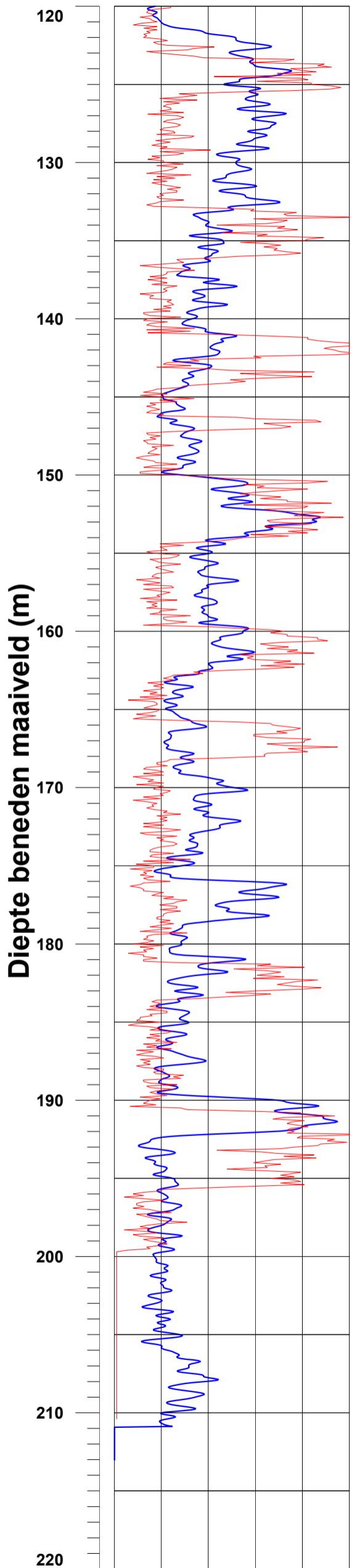
- Aanvulgrind
- Filterzand
- Kleiafdichting
- Stijgbuis
- GEON-kabel
- Filterbuis



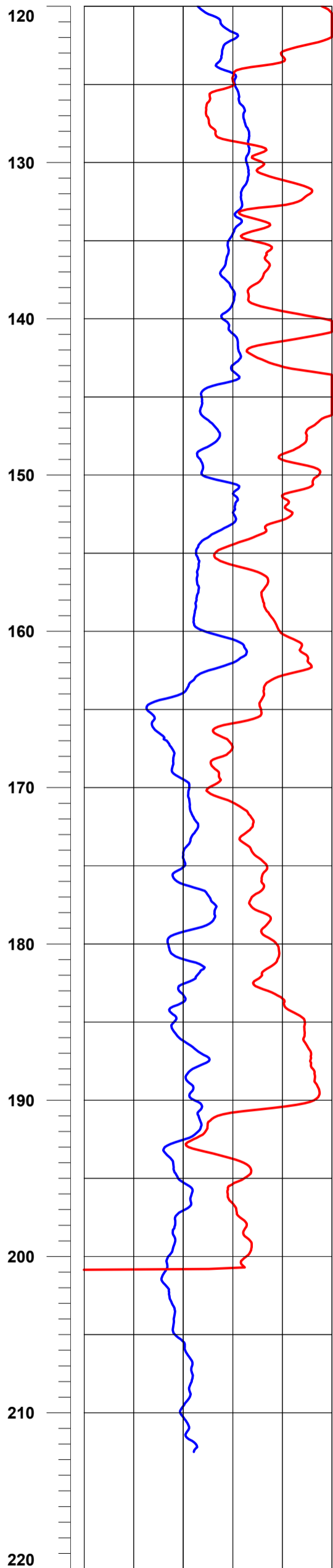
Bijlage 1: vergelijking inductie metingen

Plaatsnaam: Scheveningen
 Straatnaam: Pompstationsweg
 RD - coördinaten: X: 081212 Y: 459481
 Maaiveldhoogte: 6.5 m NAP (AHN III)
 Datum: 03-04-2020 meting 1
 06-19-2020 meting 2

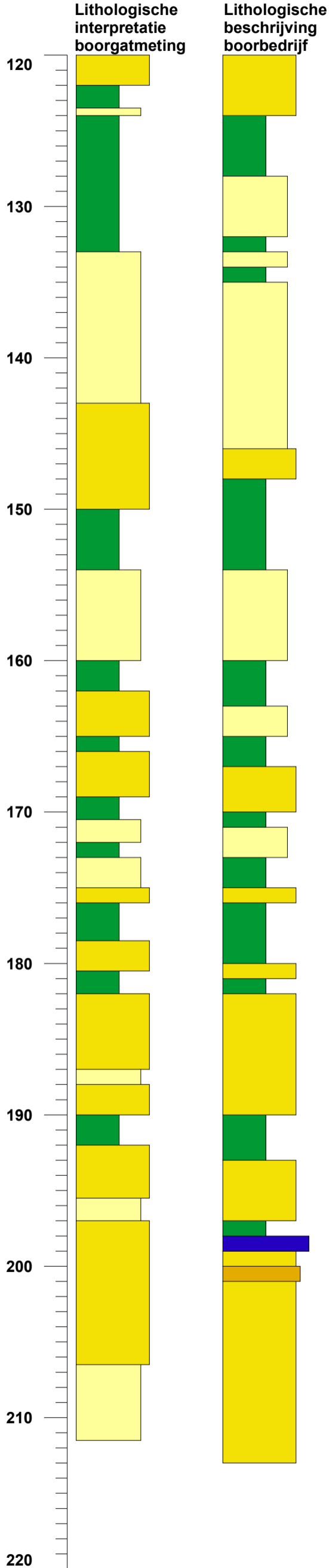
Naam put: WP-FP
 Opdrachtgever: KWR
 Boorbedrijf: Grondboorbedrijf Haitjema B.V.
 Boormethode: Zuigboren/luchtfliten
 Diameter boorgat: 700mm (0,00 - 35,00 m-mv.)
 500mm (35,00 - 110,00 m-mv.)
 400mm (110,00 - 213,00 m-mv.)



0 Gamma 20200304 (API) 50
 0 Gamma 20200619 (API) 100

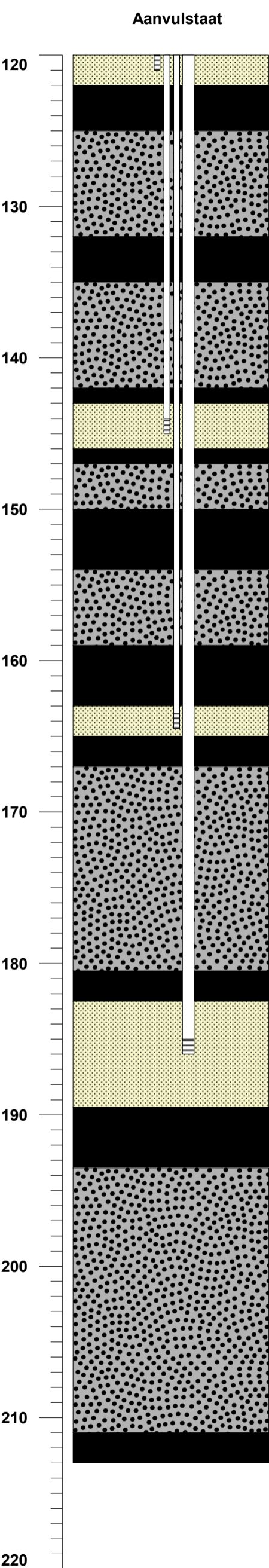


0 COND 20200304 (mS/cm) 750
 0 COND 20200619 (mS/cm) 750



Legenda lithologie

■ Klei	■ Grof zand
■ Fijn zand	■ Grind
■ Matig grof zand	■ Schelpen



Legenda putontwerp

 Aanvulgrind	 Stijgbuis
 Filterzand	 GEON-kabel
 Kleiafdichting	 Filterbuis

V.3 BOORGATMETING IN DIEPSTE PEILBUIZEN VAN WP FP, WP LV EN WP HR 18 SEPTEMBER 2020

Dunea
T.a.v. Gertjan Zwolsman

Datum	Ons kenmerk	Aantal pagina's
10 november 2020	11205334-018-BGS-0001	1 van 3
Contactpersoon	Doorkiesnummer	E-mail
Pieter Doornenbal	+31(0)88 335 7799	Pieter.Doornenbal@deltares.nl

Onderwerp
Uitwerkingen EM-inductiemetingen WP-HR en WP-FP

Geachte heer Zwolsman,

Op uw verzoek heeft Deltares op 18 september 2020 boorgatmetingen verricht aan de Pompstationsweg in Scheveningen, conform onze offerte per e-mail op 28 augustus 2020. De boorgatmetingen vonden plaats in de diepste peilbuizen van meetlocaties WP-FP, WP-HR en WP-LV. In de peilbuis van WP-LV kwam de sonde niet dieper dan circa 14 beneden maaiveld en daarom is deze meting niet verder uitgewerkt.

De metingen die op 18 september zijn uitgevoerd, alsmede eerdere metingen op deze locaties in zowel het open als het reeds aangevulde boorgat, worden door Dunea gebruikt om een nulsituatie te bepalen voorafgaand aan een pilot waarin de winning van brak grondwater als bron voor de drinkwatervoorziening centraal staat. Binnen deze pilot zullen o.a. periodiek boorgatmetingen worden uitgevoerd om de dynamiek van zoet, brak en zout grondwater vast te stellen. De datum van de uitgevoerde boorgatmetingen in de monitoringsputten WP-FP en WP-HR zijn weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1: Put namen, en data van boorgatmetingen (EM inductiemetingen)

Boorgat	Datum EM-Inductiemeting open boorgat	Datum EM-Inductiemeting meetronde 1	Datum EM-Inductiemeting meetronde 2
WP-FP	20200304	20200619	20200918
WP-HR	20200219	X	20200918

Methode

Voor de boorgatmeting is gemeten met de elektromagnetische inductie sonde (9512) van het Amerikaanse bedrijf Century. Met deze sonde zijn de volgende metingen verricht:

- Gamma (*GR*; *Gamma Ray*) meting, waarmee de natuurlijke gammastraling van de ondergrond wordt gemeten. Hiermee kan een lithologische interpretatie worden verricht; klei zendt over het algemeen meer gammastraling uit dan zand.
- EM-inductie meting. In een spoel in de sonde wordt een primair EM veld opgewekt. Door geleiding in de ondergrond induceert het primaire EM veld een secundair EM veld, dat in amplitude en fase verschilt van het primaire veld. Beiden velden worden gemeten in een ontvangerspoel. Aan de hand van de verschillen in het primaire en secundaire veld in de ontvangerspoel kan de elektrische geleidbaarheid van de ondergrond (EC_{bulk}) worden afgeleid. In de bijlage, waar de resultaten in grafieken gepresenteerd zijn, is EC_{bulk} weergegeven als COND.

De EC_{bulk} is afhankelijk van de lithologie en van de elektrische geleidbaarheid van het grondwater (EC_w). Wanneer het grondwater zoet is zal de EC_{bulk} hoger zijn in klei dan in zand, doordat klei beter elektriciteit geleidt dan zand. In zout grondwater is de EC_{bulk} hoger dan in zoet grondwater en is de relatieve bijdrage van klei op EC_{bulk} minder groot dan in zoet grondwater. Voor een kwantitatieve vertaling van EC_{bulk} naar EC_w (elektrische geleidbaarheid van water) kan, in het geval van klei- en veenvrije sedimenten, de wet van Archie worden gebruikt, maar dit vereist kennis over de elektrische eigenschappen van de grond (zoals porositeit en pakking van de korrels) die op het moment van het uitwerken van de boorgatmeting niet voorhanden waren.

Na de uitvoering van de eerste meting zijn diverse peilbuizen en meetinstrumenten zoals een zoutwachter geïnstalleerd, en is het boorgat aangevuld. De aanvulling, de peilbuizen (inclusief het water hierin) en de meetinstrumenten kunnen invloed hebben op de EC_{bulk} en *GR* waarden. Daarom zijn de EC_{bulk} resultaten van beide metingen alleen kwalitatief gebruikt om de overgang van zoet naar zout grondwater te bepalen

Resultaten

In de bijlage van dit briefrapport vindt u de resultaten van de EM-inductie metingen, de lithologische interpretatie van de boorgatmeting, lithologische beschrijving van het boorbedrijf, het peilbuisontwerp en de aanvulstaat van het boorgat. Op de eerste pagina vindt u een overzicht van de gegevens over het gehele dieptetraject.

WP-FP

Voor de diepte referentie is voor de metingen in meetronde 1 en meetronde 2 (uitgevoerd in de peilbuis) de bovenkant van de peilbuis gebruikt. Voor de meting in het open gat is als diepte referentie het maaiveld gebruikt. Dit is gedaan omdat na de boring de maaiveld hoogte is veranderd.

De EC_{bulk} van de drie metingen in WP-FP laat zien dat het grondwater vanaf 90 m – mv overgaat in brak tot zout grondwater. Het relatieve signaal kan in dit geval dus goed gebruikt worden om de overgang van zoet naar duidelijk zout(er) grondwater te bepalen. Er is tevens te zien dat de metingen in de peilbuis in vergelijking met de meting in het open boorgat beneden 90 m -mv over het algemeen hogere EC_{bulk} waarden laat zien. In het zoete grondwater is dit juist omgekeerd. Dit hangt vermoedelijk samen met het zoete werkwater in het open boorgat, en het feit dat de meting in het open boorgat niet gecentreerd is uitgevoerd. In de meting in de peilbuis zijn in het zoete grondwater de kleiafdichtingen over het algemeen te herkennen aan de toename van de EC_{bulk} . Ook wordt de EC_{bulk} op sommige plekken licht beïnvloed door de elektrodeparen van de zoutwachter.

De resultaten van 19 juni en 18 september 2020 zijn zeer vergelijkbaar. Over het algemeen is de EC_{bulk} toegenomen. Echter, op de dieptes van de filters van de peilbuizen zijn vrijwel geen veranderingen in EC_{bulk} zichtbaar. Hier heeft het afpompen van de peilbuizen waarschijnlijk

geleid tot slechts een lokaal herstel van het evenwicht (het zoutgehalte van het grondwater vóór de boring). Verder van de filters af is nog steeds een verziltingstrend zichtbaar.

WP-HR

Voor de diepte referentie is voor de metingen het maaiveld gebruikt. De EC_{bulk} van de beide metingen in WP-HR laat zien dat het grondwater vanaf 70 m – mv overgaat in brak tot zout grondwater. Ook is te zien dat de meting in de peilbuis in vergelijking met de meting in het open boorgat beneden 70 m -mv over het algemeen hogere EC_{bulk} waarden laat zien. Dit hangt vermoedelijk samen met het zoete werkwater in het open boorgat, wat vermoedelijk ook deels de formatie is binnengedrongen. Het effect van het niet-centraliseren van de sonde is minder groot dan bij WP-FP, vanwege de diameter van het boorgat.

Nadere informatie

Dit briefrapport is opgesteld door Pieter Doornenbal. Voor nadere vragen en/of opmerkingen kunt u telefonisch contact opnemen via +31 6 1215 2212. De review van dit briefrapport is uitgevoerd door de heer Pieter Pauw.

Hoogachtend,



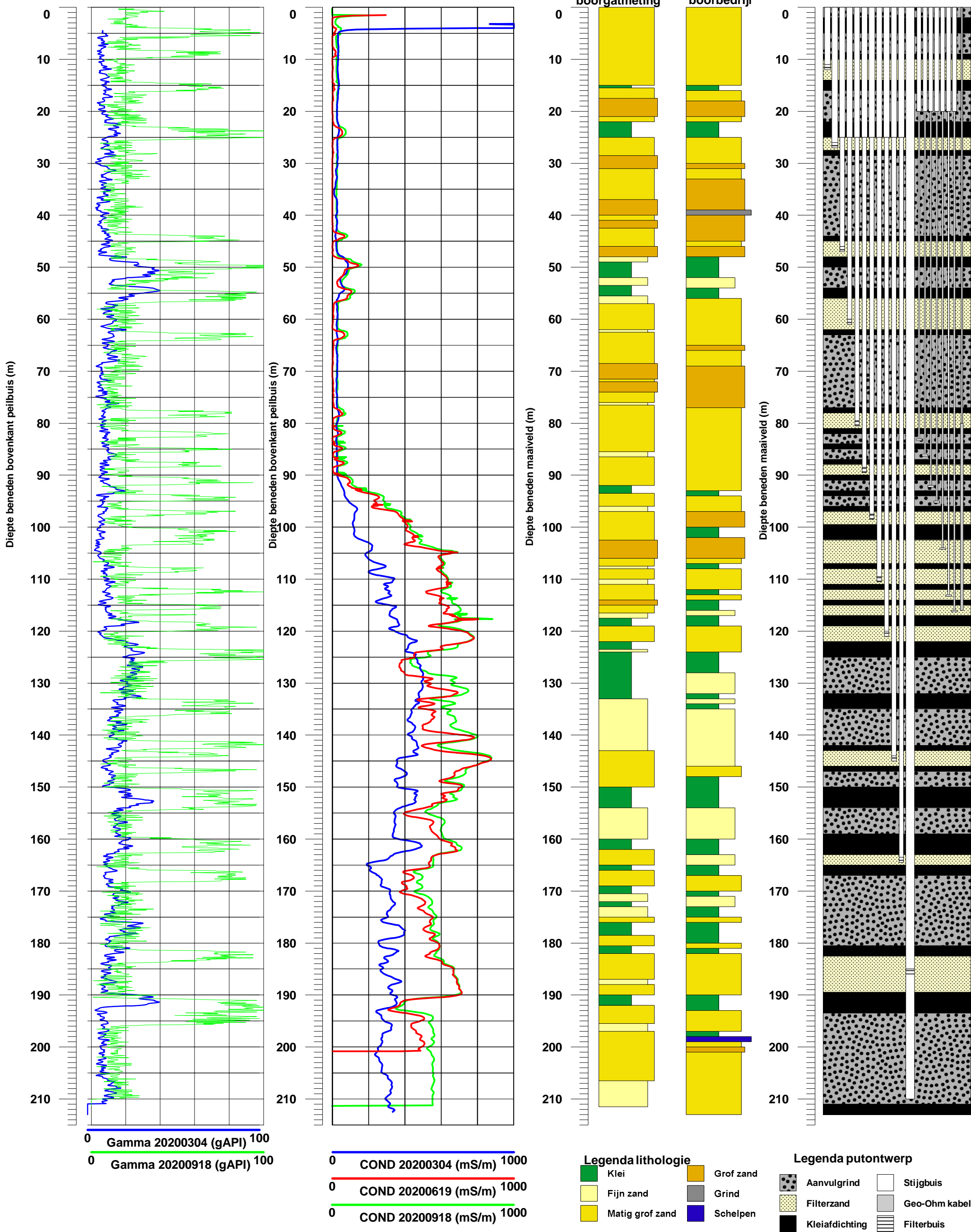
drs. M. Blauw
Afdelingshoofd Toegepaste geologie en geofysica
Unit Bodem- en Grondwatersystemen



Bijlage 1: vergelijking inductie metingen

Plaatsnaam: Scheveningen
 Straatnaam: Pompstationsweg
 RD - coördinaten: X: 081212 Y: 459481
 Maaiveldhoogte: 6.5 m NAP (AHN III)
 Datum: zie legenda

Naam put: WP-FP
 Opdrachtgever: Dunea
 Boorbedrijf: Grondboorbedrijf Haitjema B.V.
 Boormethode: Zuigboren/luchtlichten
 Diameter boorgat: 700mm (0,00 - 35,00 m-mv.)
 500mm (35,00 - 110,00 m-mv.)
 400mm (110,00 - 213,00 m-mv.)

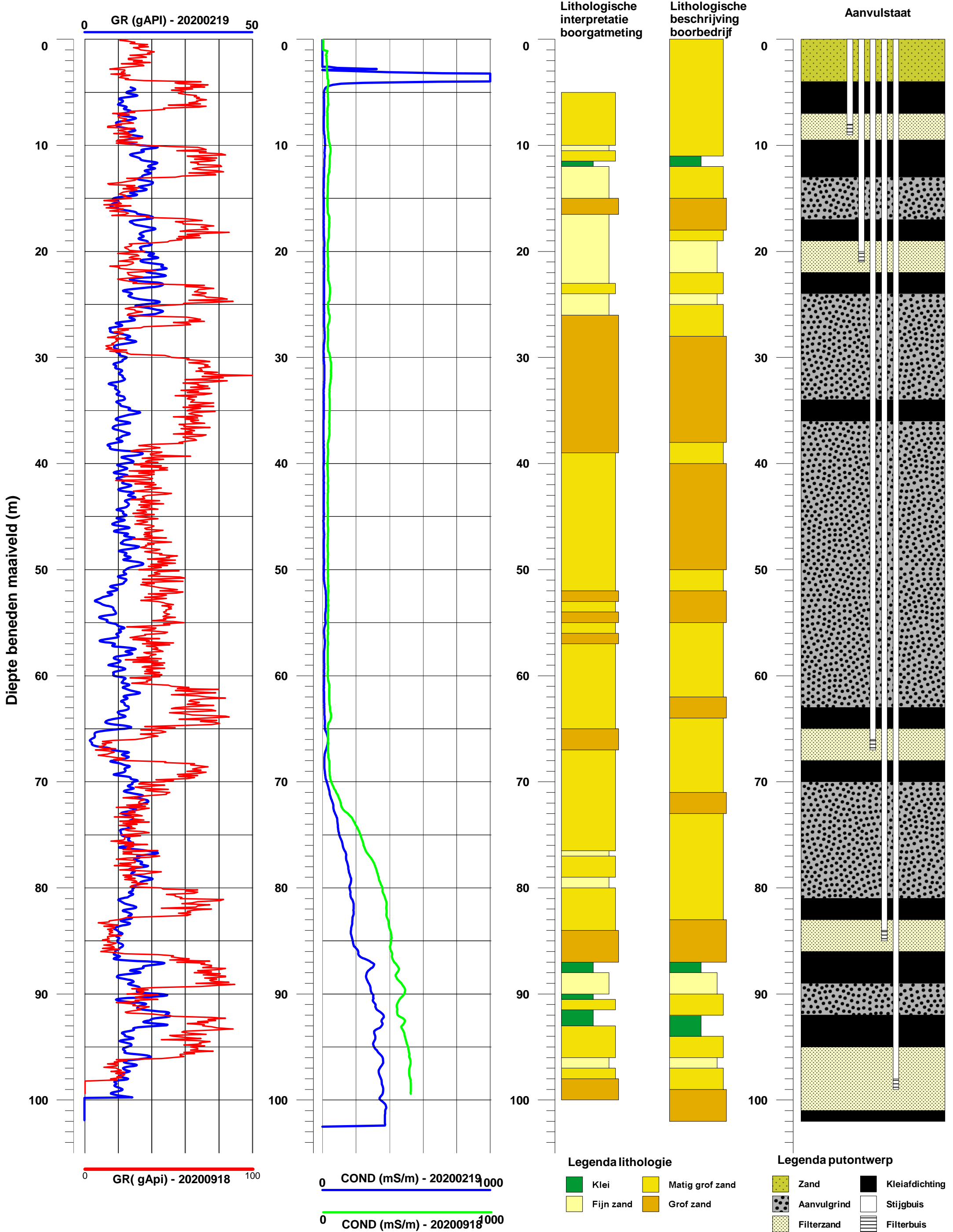




Bijlage 2: vergelijking inductiemetingen

Plaatsnaam: Scheveningen
Straatnaam: Pompstationsweg
RD - coördinaten: X: 081068 Y: 460046
Maaiveldhoogte: 5.0 m NAP (AHN III)
Datum: 19-02-2020 en 18-09-2020

Naam put: Proefboring WP-HR
Opdrachtgever: N.V. Dunea
Boorbedrijf: Grondboorbedrijf Haitjema B.V.
Boormethode: Zuigboren/luchtlichten
Diameter boorgat: 300mm (0,00 - 102,00 m-mv.)



Bijlage VI Waterkwaliteitsmetingen

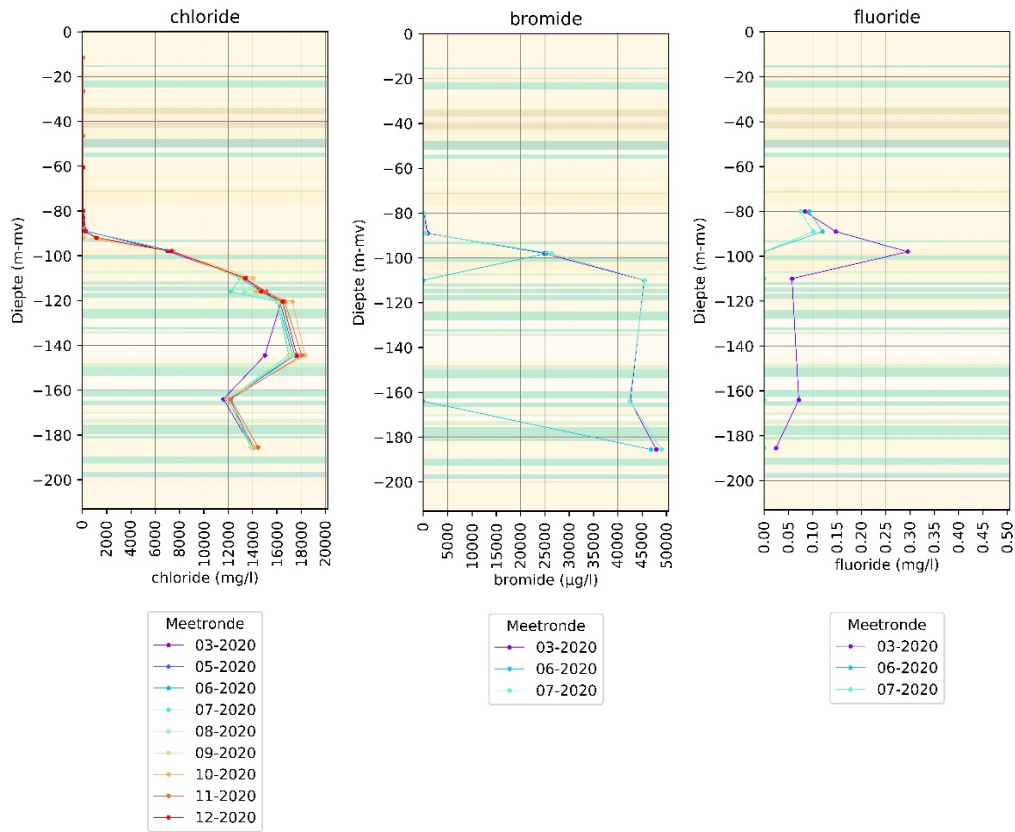
VI.1 WATERKWALITEITSMETINGEN PEILBUIZEN WP FP

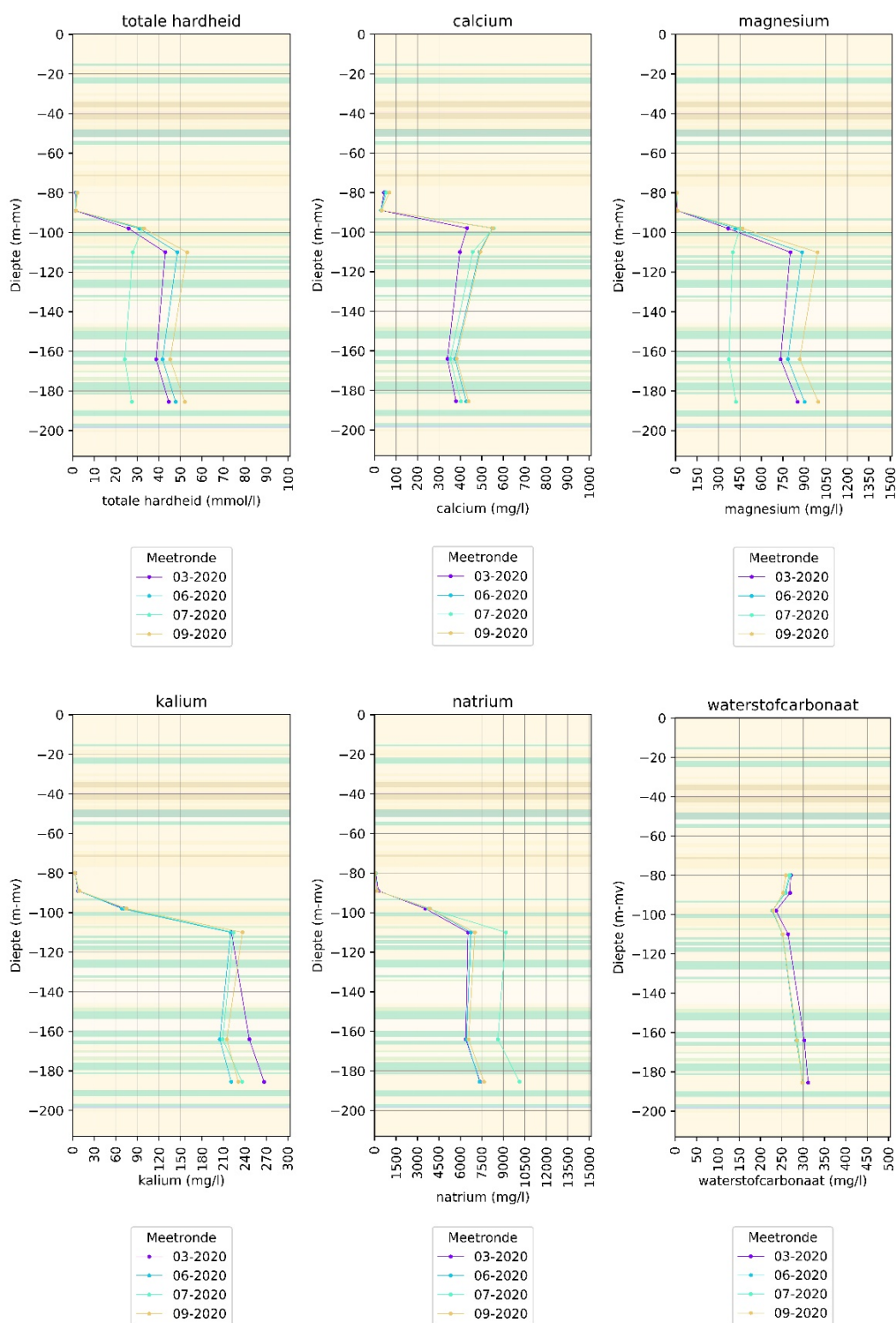
Deze bijlage is bijgevoegd als apart Microsoft Excel-bestand.

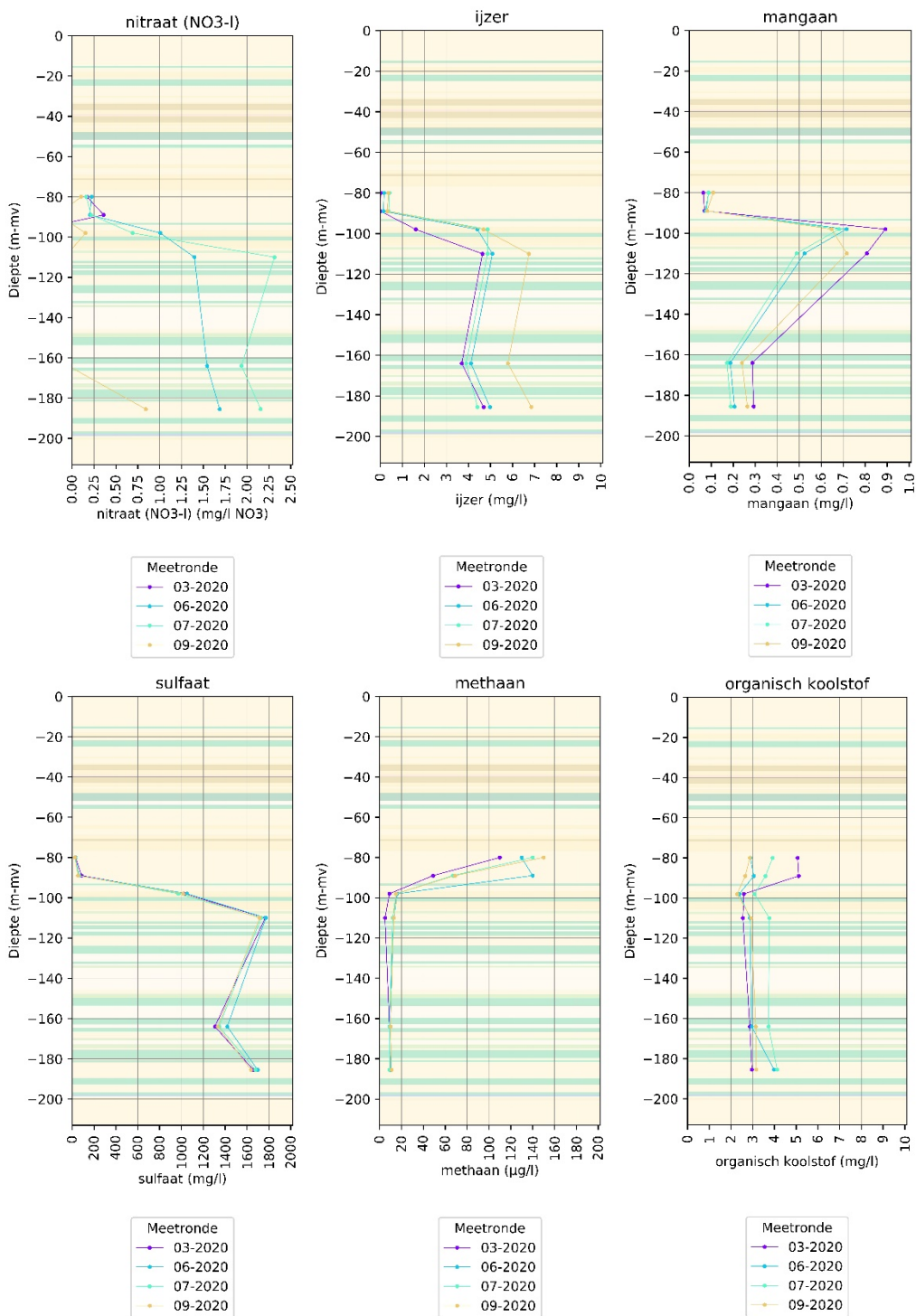
VI.2 VELDMETINGEN MINIFILTERS WP FP

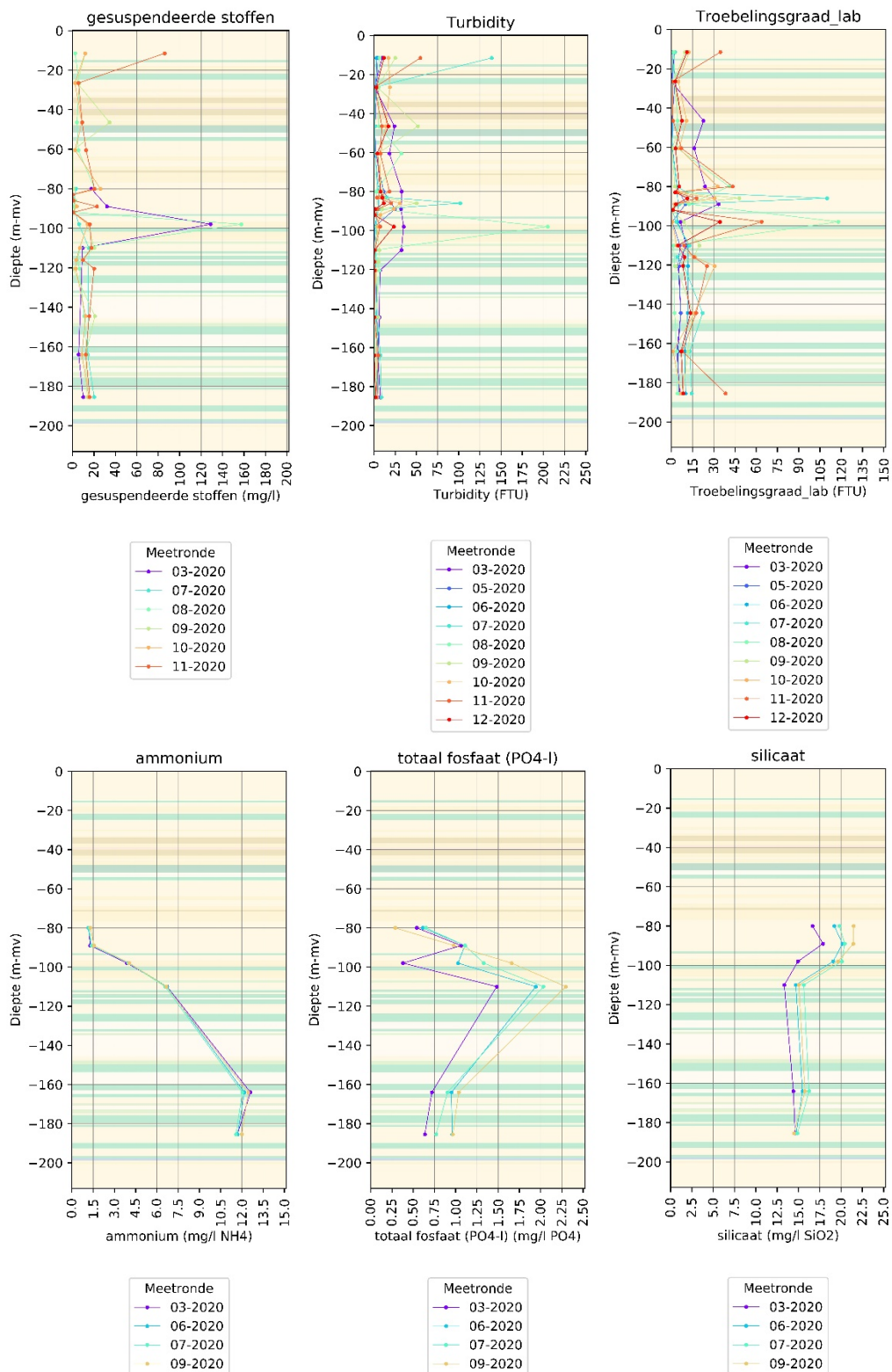
Deze bijlage is bijgevoegd als apart Microsoft Excel-bestand.

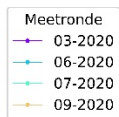
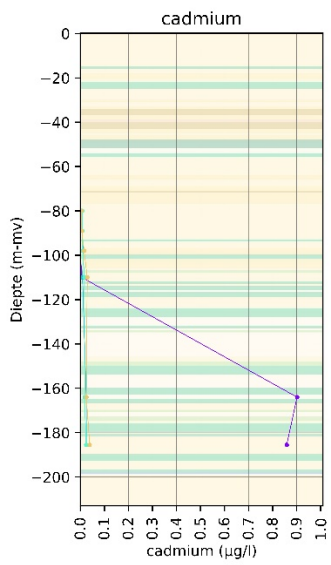
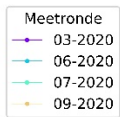
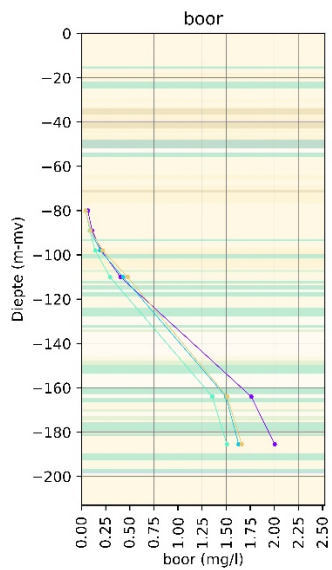
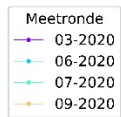
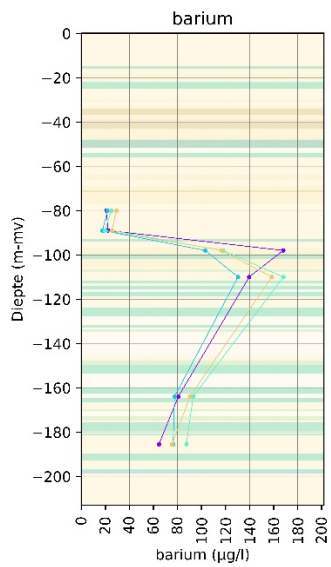
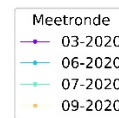
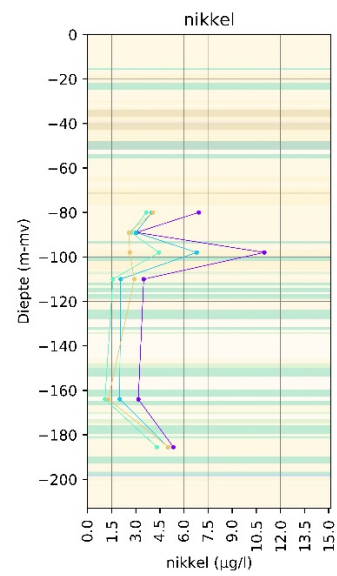
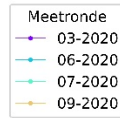
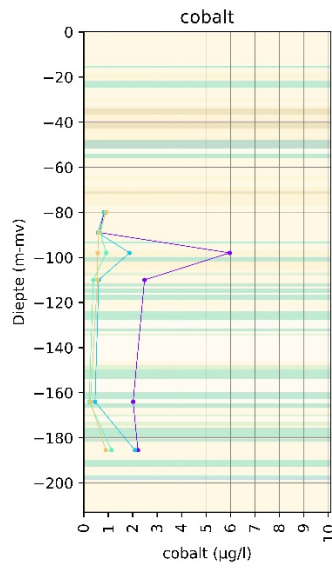
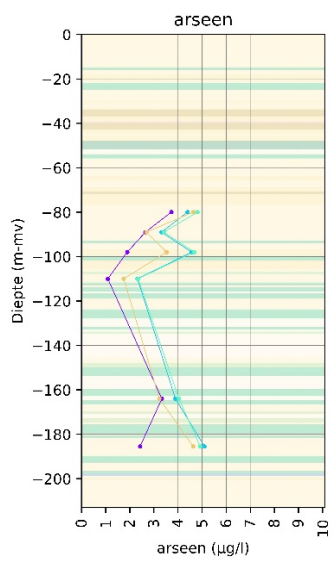
VI.3 FIGUREN VAN WATERKWALITEIT OVER DE DIEPTE VAN WP FP

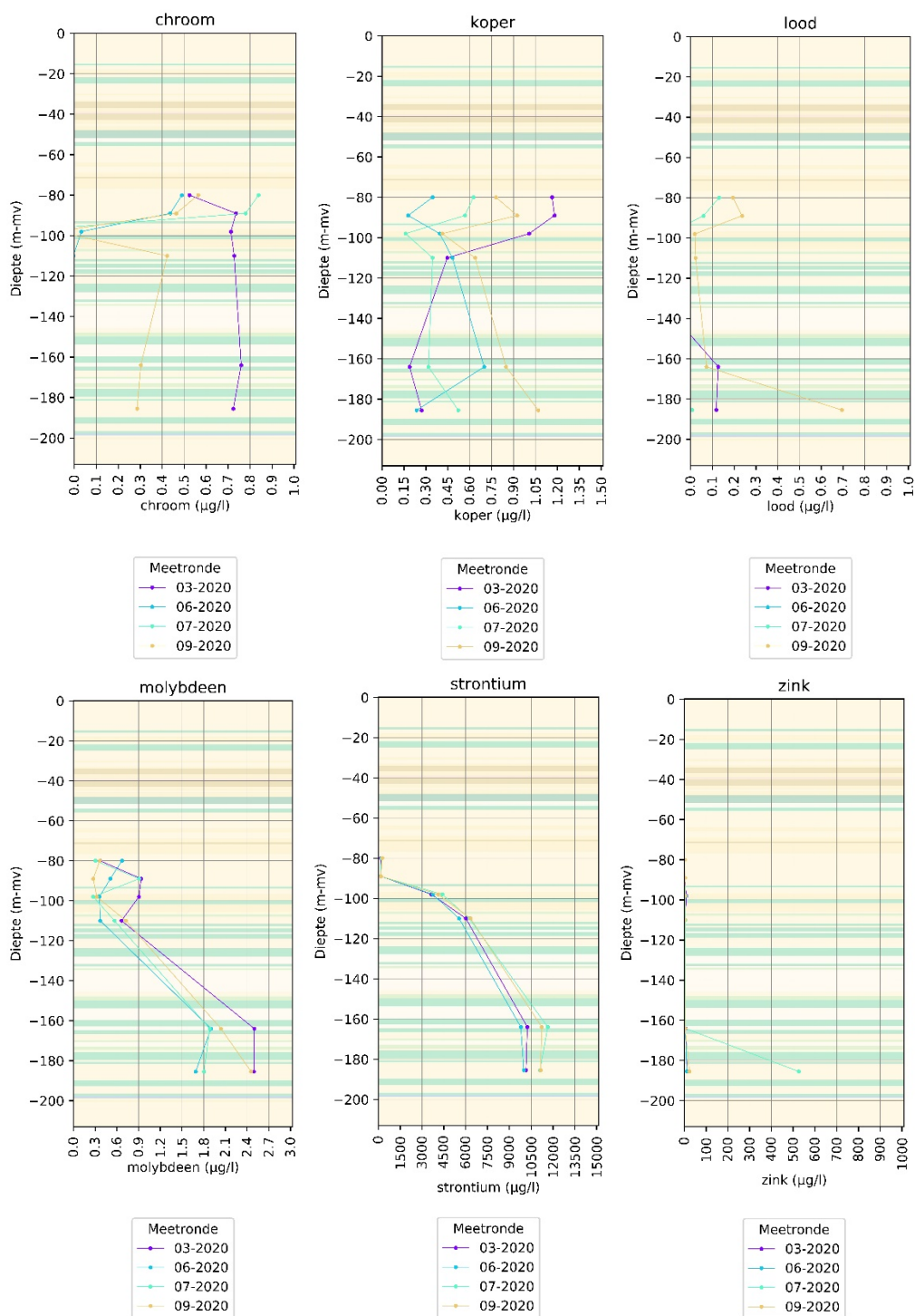


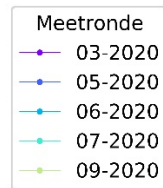
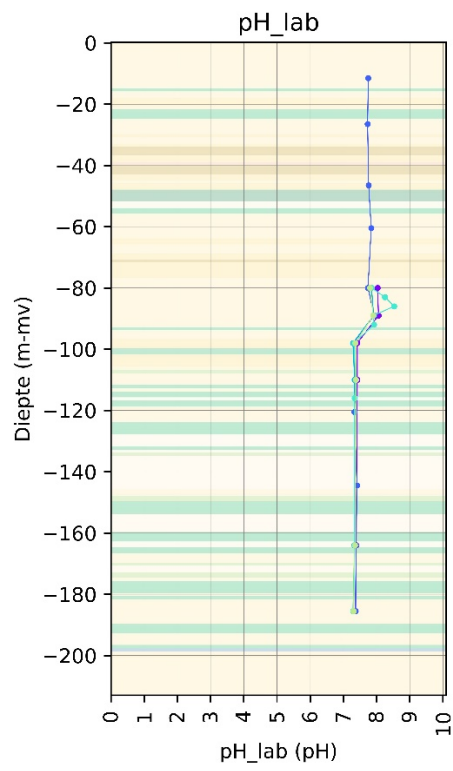
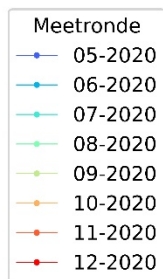
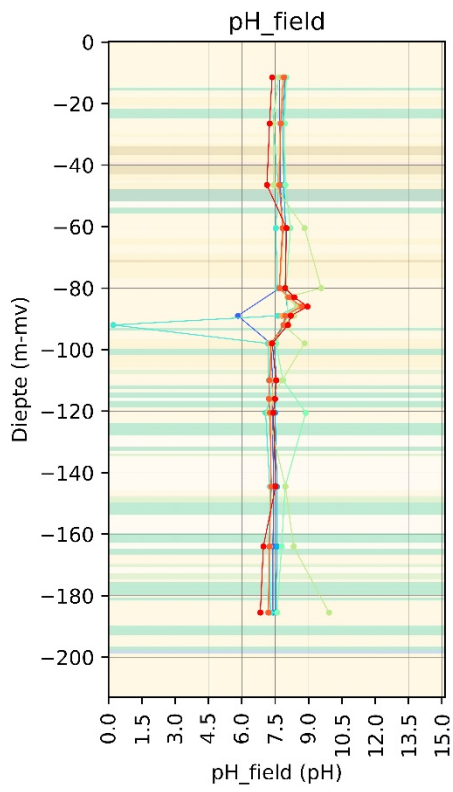


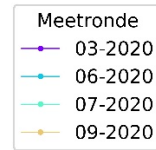
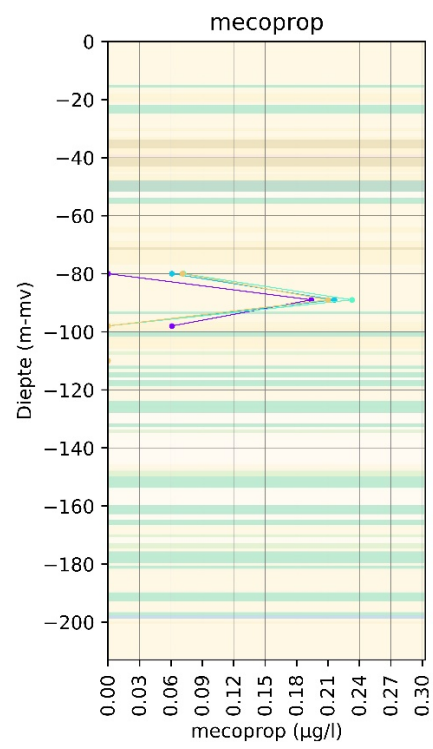
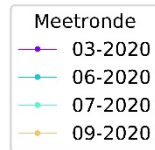
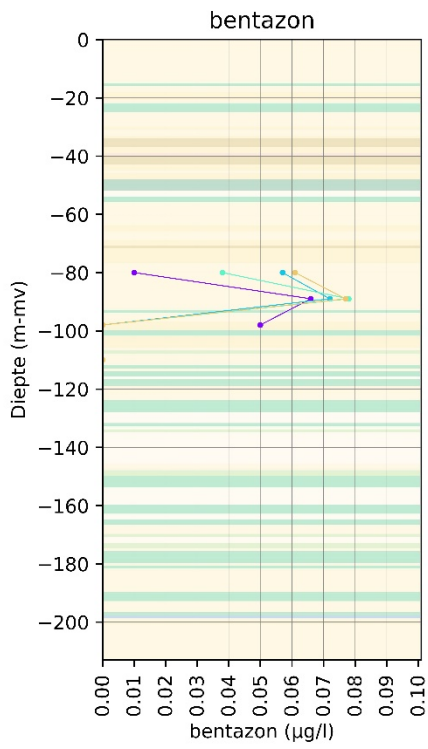












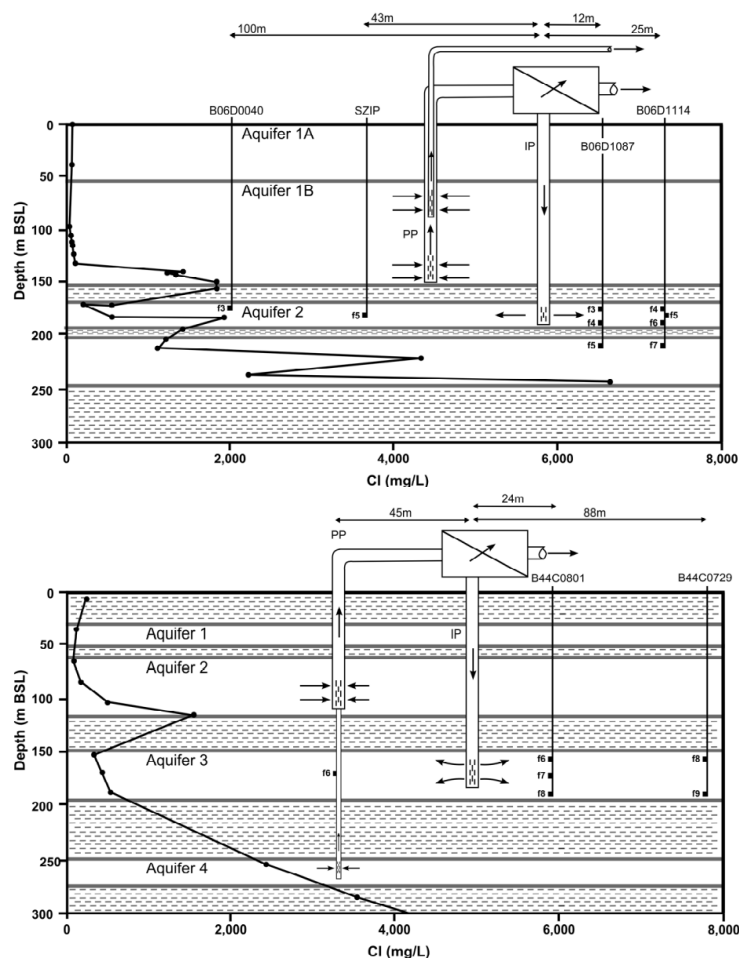
VI.4 WATERKWALITEITSMETINGEN PEILBUIZEN VAN OMLIGGENDE WAARNEMINGSPUTTEN

Deze bijlage is bijgevoegd als apart Microsoft Excel-bestand.

Bijlage VII Pilots brakwaterwinning in Noardburgum en Zevenbergen

Raat en Koiman (2012) hebben de opzet van de twee eerdere pilots in Noardburgum en Zevenbergen beschreven:

- De pilot Noardburgum (Vitens) is gelegen in een voormalig puttenveld, dat als gevolg van verzilting in 1993 verlaten is. Het zoethouderconcept wordt toegepast door gelijktijdige onttrekking van zoet grondwater bovenin de winaquifer en van brak grondwater onderin met twee verschillende putfilters in een enkel boorgat. In de pilot is ontzilting van brakwater toegepast middels omgekeerde osmose (50% recovery), en lozing van het concentraat in een diepere aquifer, die gescheiden is van de winaquifer door een afsluitende kleilaag. Tegenwoordig wordt het brakke water direct geïnjecteerd in deze onderliggende aquifer zonder tussenkomst van RO.
- In de pilot Zevenbergen (Brabant Water) wordt enkel brak grondwater onttrokken. Dit water dient als voeding voor een RO (50% recovery) en het concentraat wordt geïnjecteerd in de onderliggende aquifer, die door een afsluitende kleilaag gescheiden is van de winaquifer.



FIGUUR 6-12: OPZET VAN DE BRAKWATERPILOTS IN NOARDBURGUM (VITENS; BOVEN) EN ZEVENBERGEN (BRABANT WATER; ONDER): PP = WINPUT, IP = INJECTIEPUT, 'B.....' = WAARNEMINGSPUT. HET C CHLORIDEVERLOOP VÓÓR DE START VAN DE PILOT IS WEERGEGEVEN MET DE ZWARTE DATAPUNTEN.