MOS GRONDMECHANICA

Betreft	:	Actualisatie QS geohydrologie A4 zone te HAARLEMMERMEER
Opdrachtgever	:	Qirion B.V. T.a.v. Dhr. D. Pasma Postbus 50 6920 AB DUIVEN NL
Behandeld door	:	ir. H.W. Thijssen (088-5130239)
Kenmerk	:	R2001793-01
Datum	:	22 juli 2020

MOS GRONDMECHANICA B.V.

Correspondentieadres:	Albert Plesmanweg 47, 3088 GB Rotterdam		Telefoonnummer: +31(0)88-5130200	
Hoofdkantoor Rotterdam	Albert Plesmanweg 47	3088 GB	Rotterdam	
Vestiging Helmond	Vossenbeemd 90B	5705 CL	Helmond	
Vestiging Almelo	Het Wendelgoor 13	7604 PJ	Almelo	
Vestiging Amsterdam	Pleimuiden 8B	1046 AG	Amsterdam	
Vestiging Suriname	Ds Martin Luther Kingweg 150	District Wanica	Suriname	Tel. +597-488188

Inhoudsopgave

Pagina

1. INLEIDING 3

2. GEGEVENS VAN HET PROJECT 5

3. BESCHIKBARE GEGEVENS 7
   3.1 Sonderingen 7
   3.2 Grondwaterstanden en stijghoogten 7
   3.3 Waterkwaliteit 7

4. OPBOUW VAN DE ONDERGROND 8
   4.1 Maaiveldhoogte 8
   4.2 Geohydrologische opbouw 9
   4.3 Geohydrologische parameters 13
   4.4 Grondwaterstanden 13
   4.5 Stijghoogten 16
   4.6 Waterkwaliteit 17

5. STABILITEIT VAN DE SLEUFBODEM 20

6. BEMALING 23
   6.1 Algemeen 23
   6.2 Bemalingswijze 23
   6.3 Benodigde debieten 23

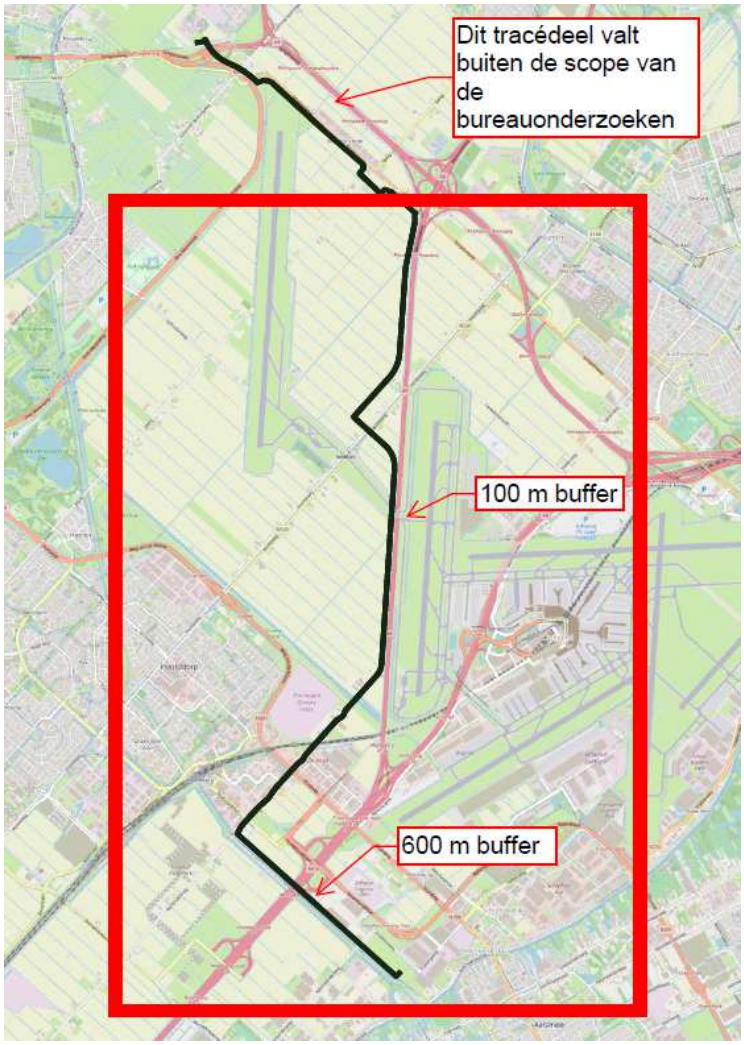
7. AANVULLEND ONDERZOEK TRACÉ 25

8. GEDEELTE DE LIEDE 26

1. INLEIDING

Reddyn is momenteel in opdracht van TenneT en Liander bezig met de voorbereiding van een nieuw 150 kV kabelverbinding en een nieuw transformatorstation in de Haarlemmermeer.

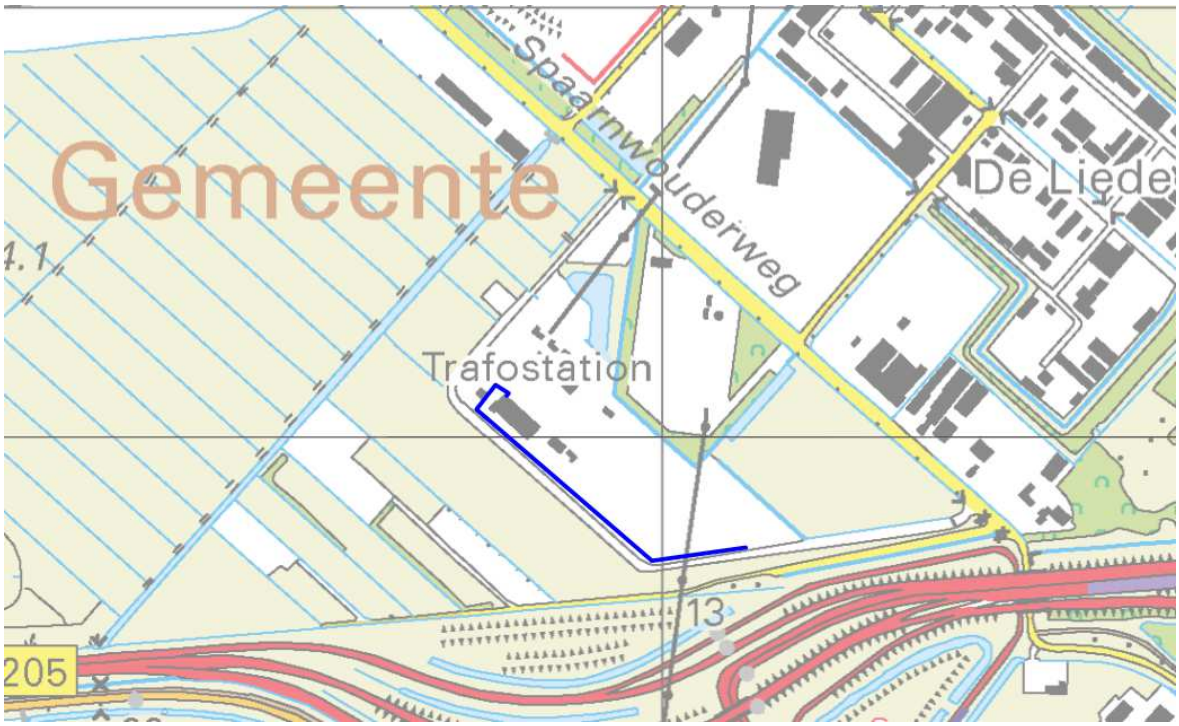
In november 2016 heeft Mos Grondmechanica onder opdrachtnummer 1601441 een geohydrologische quickscan uitgevoerd voor diverse mogelijke 150 kV-tracés en een nieuw transformatorstation in de Haarlemmermeer (R1601441-RH_1, d.d. 4 november 2016). Opgemerkt wordt dat onder opdrachtnummer 1700168 een (beperkte) aanvullende quickscan is uitgevoerd naar aanleiding van een wijziging in het tracé (R1700168-01. d.d. 20 februari 2017). Uit verstuurde informatie blijkt dat het beoogde tracé is gewijzigd en dat een update van de rapportage voor het nu beoogde tracé gewenst is. De gewenste analyse is voor het tracégedeelte van knooppunt Raasdorp tot het nieuwe station A4 zone. In figuur 1-1 is het tracé weergegeven.



Figuur 1-1 Ligging tracé

Het feitelijke onderzoeksgebied voor de quickscan betreft het 150kV tracé met een buffer van 100 m (50 m aan weerszijden). Ter plaatse van het meest zuidelijke deel van het tracé, tussen de Rijnlanderweg en station A4 zone, dient een buffer van 300 m aan weerszijden van het tracé te worden gehanteerd.

Aanvullend op het gedeelte in figuur 1-1 is ook gevraagd een analyse uit te voeren voor een kabeltracé langs het trafostation bij de Spaarnwouderweg nabij industrieterrein De Liede (zie de blauwe lijn in figuur 1-2). Dit aanvullende deel wordt in een apart hoofdstuk behandeld.



Figuur 1-2 Aanvullend kabeltracé

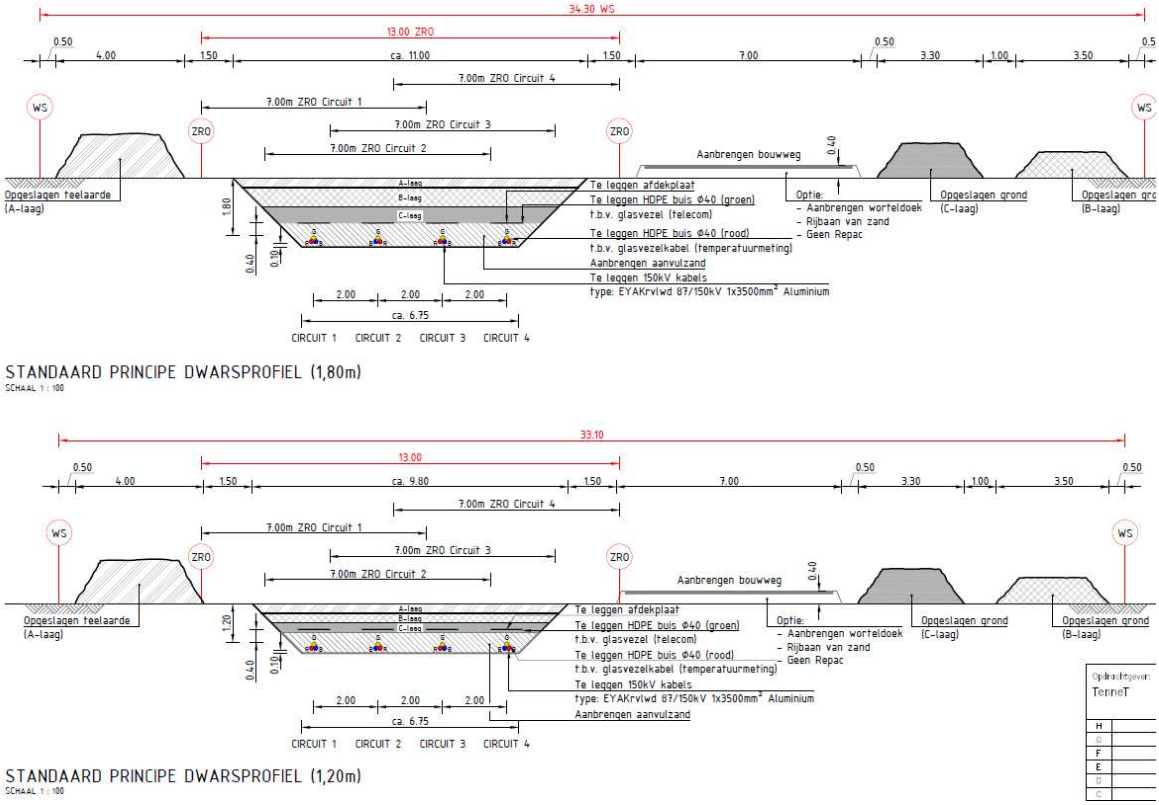
Sinds de laatste rapportage is ook meer grondonderzoek in de omgeving van het tracé bekend, de aanvullende informatie is verwerkt in de analyse.

Uit gesprekken met het Hoogheemraadschap Rijnland is gebleken dat met betrekking tot de lozingen van bronneringswater en onttrekkingen van grondwater complexe situaties te verwachten zijn, onder meer met betrekking tot de hoeveelheden te onttrekken grondwater, de chloridegehaltes en ijzergehaltes. Grote hoeveelheden te onttrekken grondwater kunnen consequenties hebben voor een eventuele m.e.r.-procedure. Hoge chloridegehaltes hebben tot gevolg dat lozingen van bronneringswater alleen op de Ringvaart mogelijk zijn. Gezien de grote hoeveelheid wegen in het gebied is dit een complexe opgave. Hoge concentraties chloride en ijzer leiden tot hogere kosten bij het lozen. Daarnaast kunnen hoge ijzerconcentraties leiden tot problemen bij retourbemaling.

2. GEGEVENS VAN HET PROJECT

In figuur 2-1 is het standaard profiel voor 4 circuits weergegeven. Hieruit blijkt voor het te ontgraven tracé een ontgravingsdiepte van circa 2,1 m onder maaiveld voor een dekking van 1,8 m en een ontgravingsdiepte van circa 1,5 m onder maaiveld voor een dekking van 1,2 m. De breedte van de sleuf op ontgravingsniveau bedraagt 6,75 m; de breedte op maaiveldniveau bedraagt 11,0 m respectievelijk 9,8 m.

De dekking van 1,2 m wordt voornamelijk toegepast in stedelijk gebied, de dekking van 1,8 m in agrarisch gebied.



Figuur 2-1 Standaard profiel 4 circuits

De werkvolgorde is:

- Plaatsen bemalingsinrichting,
  graven sleuf voor de betreffende kabellengte (circa 1000 meter), duur: 1 week.
- Intrekken kabel, duur: 2 weken.
- Tijdens het intrekken van de kabel wordt de volgende sleuf gegraven en de sleuf van de vorige lengte gedicht, duur: 1 week.
- Na het dichten van de sleuf wordt de bemalingsinrichting verwijderd.

Bovenstaande houdt in dat steeds twee sleuflengtes (2x circa 1000 meter) tegelijkertijd bemalen moeten worden gedurende minimaal 4 weken.

Delen van de kabelverbinding worden met horizontaal gestuurde boringen aangelegd. Bij kruisingen onder wegen, spoorwegen, watergangen of indien er graafschade optreedt, worden horizontaal gestuurde boringen toegepast. Om deze redenen worden ook waterkeringen, aardkundige

monumenten of andere obstakels met horizontaal gestuurde boringen gekruist. Horizontaal gestuurde boringen zullen op grotere diepte worden aangebracht. In dit gebied zal worden geëist dat de boring ruim boven of ruim onder de overgang naar het pleistocene pakket wordt gerealiseerd. Tevens dient de boring op veilige afstand onder de afsluitende basisveenlaag gerealiseerd te worden. Dit impliceert dat een boring al gauw op een minimale diepte van circa NAP -14 m moet worden gerealiseerd. Aangegeven is dat de boringen globaal tot 5 m in het Pleistocene zand (bij aanwezigheid basisveenlaag tot circa NAP -16 à -17 m) worden uitgevoerd.

Bij toepassen van horizontaal gestuurde boringen is bronbemaling, met uitzondering van de moflocaties en in- en uittredepunten van de boringen, niet nodig.

3. BESCHIKBARE GEGEVENS

3.1 Sonderingen

In of nabij het gebied zijn de nodige sonderingen uitgevoerd. Voor sondeergegevens is zowel DinoLoket geraadpleegd als het bedrijfseigen archief. In het bedrijfseigen archief zijn veel sonderingen aanwezig uitgevoerd in opdracht van derden.

De sonderingen zijn onder andere gebruikt voor het aangeven of de basisveenlaag wel of niet aanwezig is; deze basisveenlaag is in het algemeen zeer goed herkenbaar in sonderingen (veelal beter dan in boringen). De basisveenlaag is van belang in verband met enerzijds opbarsten bij ontgravingen en anderzijds kwel vanuit het diepere watervoerende pakket. Verder is vaak herkenbaar in de sonderingen tot welke diepte de geulafzettingen reiken; dit is echter niet in alle gevallen even goed aan te geven.

Ook is in de sonderingen herkenbaar of de deklaag (al dan niet boven basisveen) zandig is ontwikkeld.

3.2 Grondwaterstanden en stijghoogten

Voor de stijghoogte wordt voornamelijk gebruik gemaakt van peilbuismetingen afkomstig van DinoLoket. Tevens is gebruik gemaakt van peilbuizen van onder andere het Noordring project van TenneT. Per peilbuis is de GHS bepaald; door middel van interpoleren is vervolgens een isohypsenpatroon gemaakt. Gezien de wijze waarop deze bepaald is, is dit patroon indicatief.

3.3 Waterkwaliteit

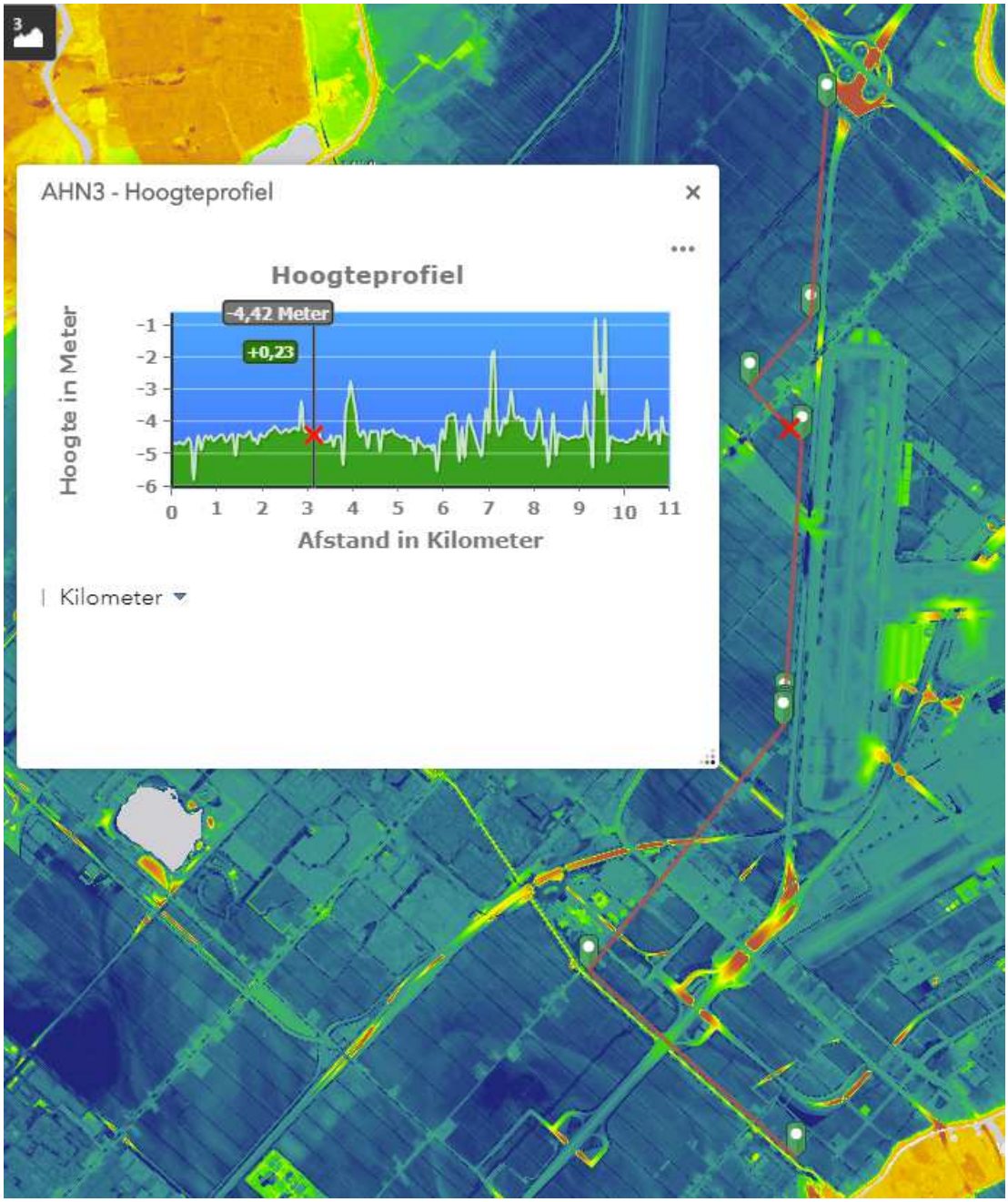
Ten aanzien van de waterkwaliteit is DinoLoket geraadpleegd. Daarnaast zijn voor enkele projecten van Mos Grondmechanica watermonsters genomen en geanalyseerd. Bij elkaar betreft dit echter een beperkte set gegevens.

Verder is in Regis een kaart beschikbaar met de diepte van het brak/zoutgrensvlak (1.000 mg/l chloride).

4. OPBOUW VAN DE ONDERGROND

4.1 Maaiveldhoogte

Op basis van het AHN3 blijkt dat in de Haarlemmermeerpolder ter plaatse van het beoogde tracé de hoogte van het maaiveld in het algemeen NAP -4,0 à -5,0 m bedraagt (zie ook figuur 4-1). Ter plaatse van diverse (weg-) kruisingen is het maaiveldniveau lokaal hoger.

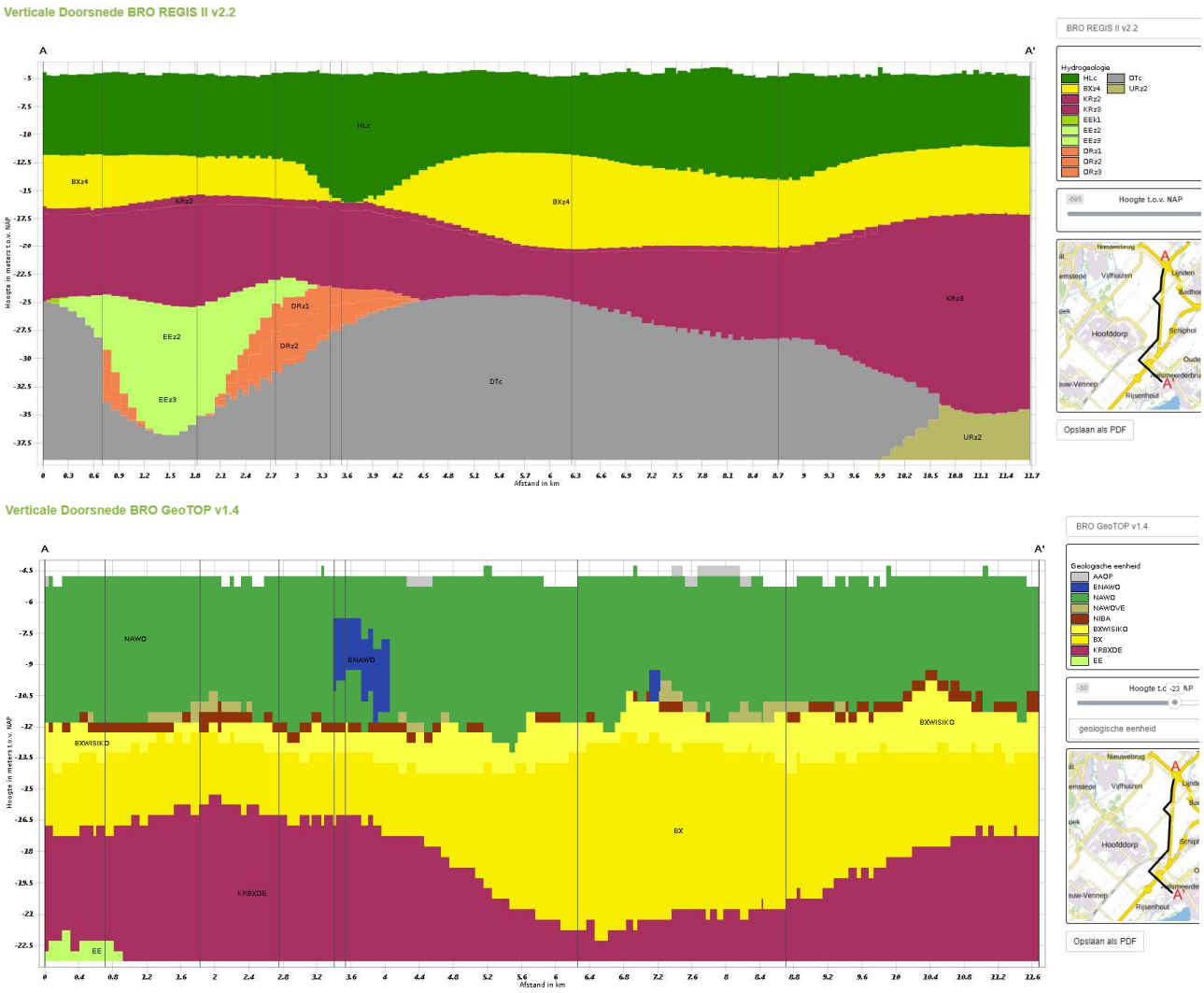


Figuur 4-1 Hoogte maaiveld volgens AHN3

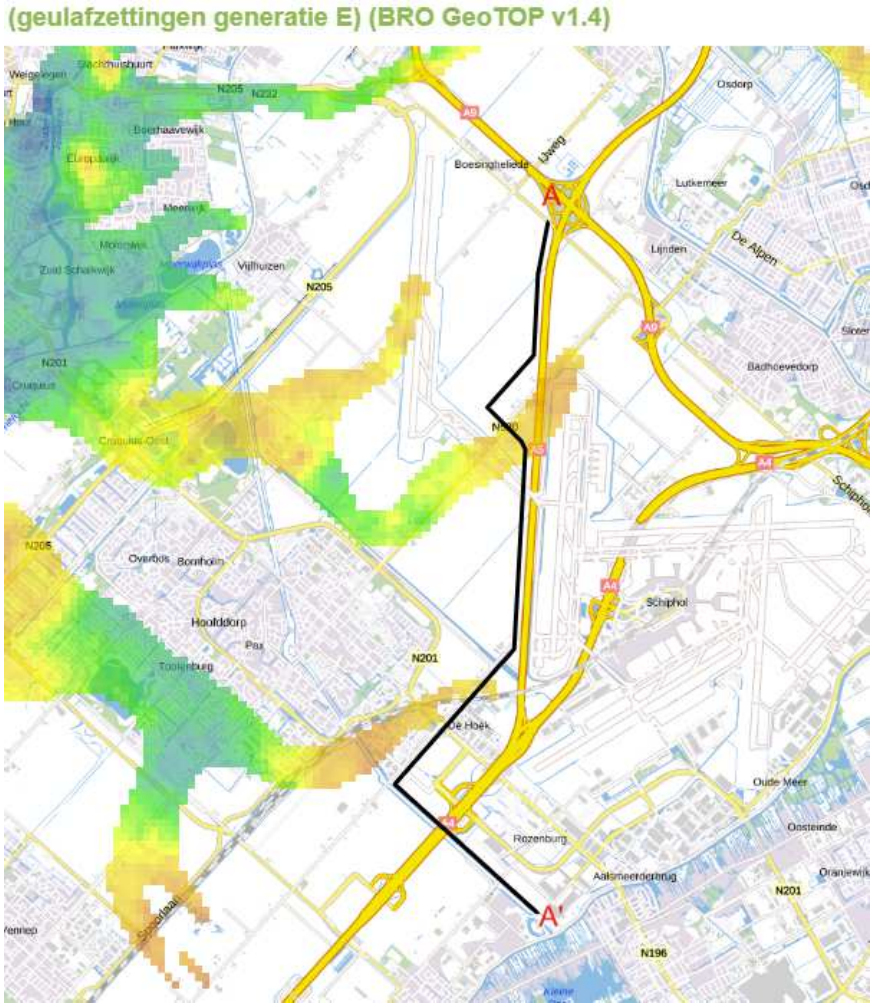
4.2 Geohydrologische opbouw

In grote lijnen kan geohydrologisch de grondopbouw in het betreffende gebied als volgt worden gekarakteriseerd. De 'normale' grondopbouw is dat vanaf maaiveld tot globaal NAP -11 à -12 m een holocene deklaag aanwezig is, voornamelijk bestaande uit zandige klei (lokaal overgaand in kleiig zand) gevolgd door een goed waterremmend basisveenpakket. Onder dit basisveenpakket is (meestal tot grote diepte) een goed watervoerend pakket aanwezig (Pleistoceen zand, deels gestuwd).

Bekend is bovendien dat het algemene profiel in Haarlemmermeer regelmatig wordt verstoord door Holocene geulen. De geulen kunnen zo diep reiken dat de basisveenlaag is geërodeerd. De geul, veelal tot ruim in het pleistocene zand, is met zand- en kleilagen weer opgevuld. Dit is ook zichtbaar in de modelschematisering van RegisII v2.2, zie figuur 4-2 (bovenste groene laag betreft het Holocene pakket en reikt lokaal dieper; dieper is ook een geul met Eemopvulling zichtbaar). In GeoTop wordt op deze locatie wel een geulafzetting weergegeven, maar deze reikt volgens GeoTop niet tot in het watervoerende pakket.



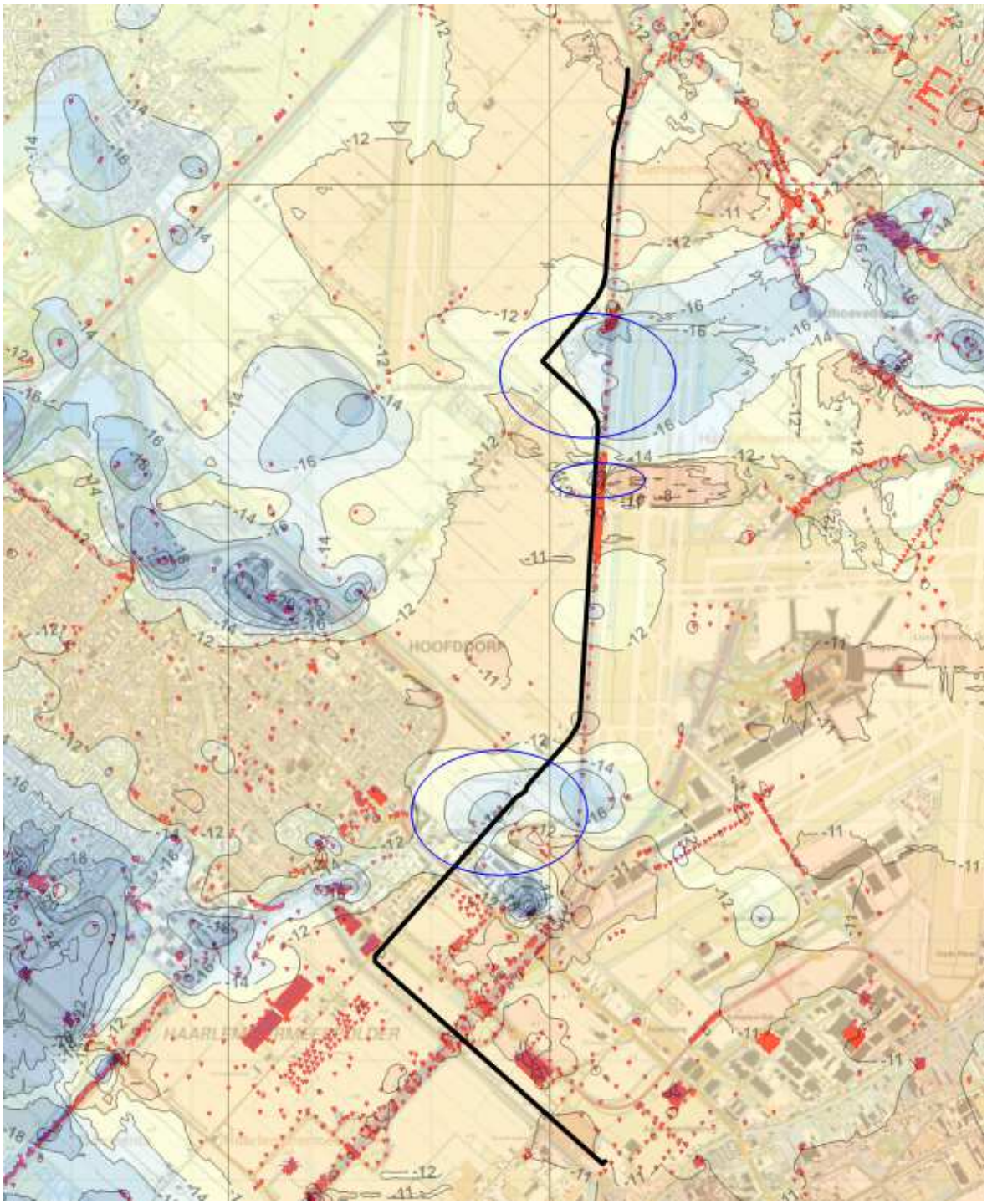
Figuur 4-2 Doorsnede volgens RegisII v2.2 (boven) en GeoTop v1.4 (onder)



Figuur 4-3 Ligging geulafzettingen volgens GeoTop

Op basis van een groot aantal sonderingen in het gebied (echter met ongelijke dichtheid, op relevante delen van het gebied zijn nu nog onvoldoende sonderingen beschikbaar) is een contourplot gemaakt van de bovenkant van het Pleistocene zand; daar waar basisveen aanwezig is, is dit gelijk aan onderkant basisveen, daar waar een geul aanwezig is, is dit gelijk aan de veronderstelde onderkant van de geul.

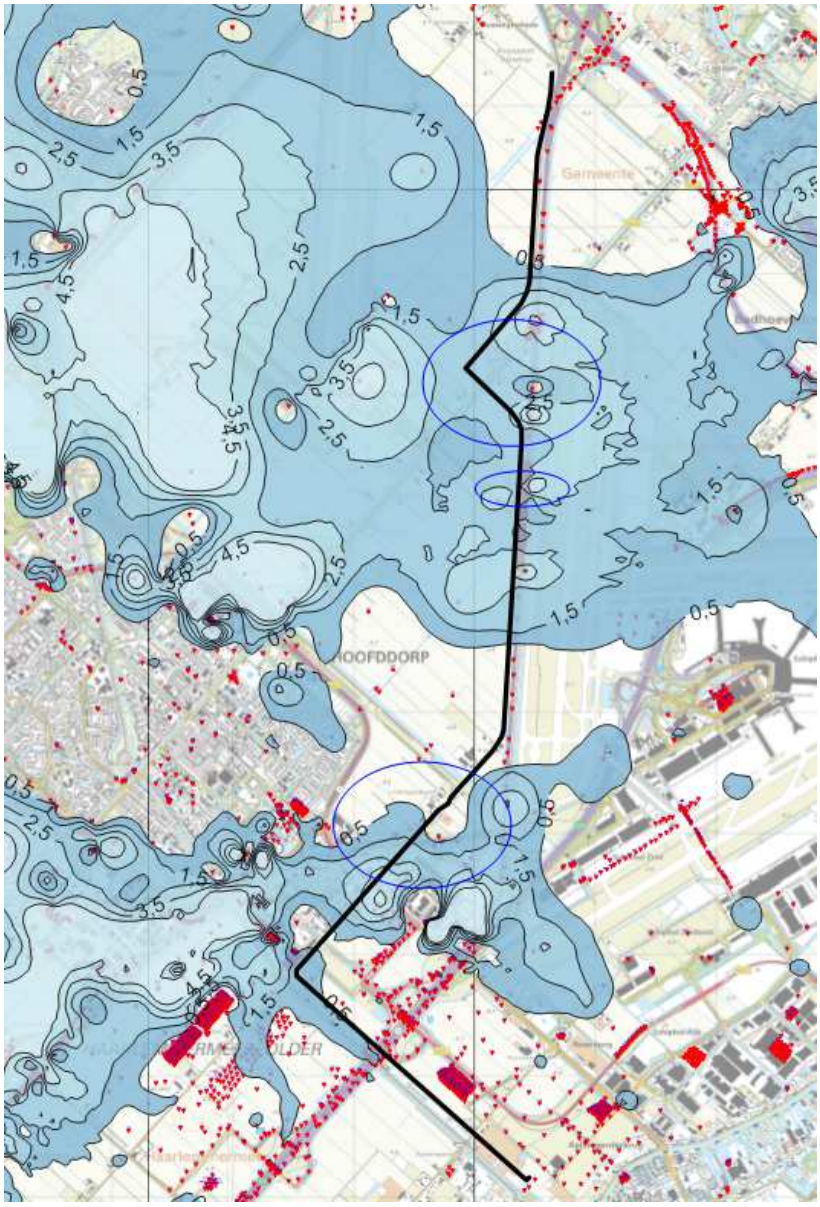
In figuur 4-4 is op basis van alle beschikbare sonderingen de geïnterpoleerde bovenkant van het Pleistocene zand aangegeven. Hieruit blijkt dat de ligging van de geulen in het algemeen redelijk overeenkomt met de ligging van de geulen volgens GeoTop. Uitzondering is de noordelijke geul (geulen), de kleinere ovaal komt overeen met de geul volgens GeoTop, uit de analyse van de sonderingen blijkt dat ten noorden hiervan een groter gebied aanwezig is waar de basisveenlaag ontbreekt. Ter plaatse van de noordelijke geul is weinig grondonderzoek beschikbaar, echter gezien de vermoedelijke onderkant van de geul zoals aangetroffen bij de A4 reikt de geul ter plaatse tot onder het niveau van de basisveenlaag, dit geldt ook voor de kleinere geul direct zuidelijk hiervan (dit dus in tegenstelling tot GeoTop).



Figuur 4-4 Geïnterpoleerde bovenkant Pleistoceen zand [m NAP]; binnen ovalen: geullocaties binnen het tracé

Tevens is gekeken naar de mate dat zand aanwezig is in de deklaag. Op een groot aantal plaatsen is een duidelijk zandige laag in de deklaag aanwezig, zowel ter plaatse van geulen als ter plaatse van het normale profiel; daarnaast is lokaal ook direct onder maaiveld zand aanwezig ten gevolge van diverse ophogingen, daarom is voor deze analyse gekeken naar het aandeel zand dieper dan NAP -6 m.

Uit een kartering van de globale dikte van dit zand blijkt dat de aanwezigheid van dit zand een duidelijke relatie heeft met de aanwezigheid van de geulen. Het zand is voornamelijk aanwezig in en naast de locaties waar basisveen ontbreekt. Vermoedelijk is dit zand ook in de geul afgezet, echter op veel plaatsen reikte de geul niet tot in of door het basisveen. Daar waar dit zand in de deklaag aanwezig is, heeft dit invloed op de bemaling (hoger debiet), de waterkwaliteit (water met slechtere kwaliteit die vanuit pleistoceen toe komt stromen) en het opbarstrisico (waar zowel zand als basisveen aanwezig is, is minder opbarstrisico). In figuur 4-5 is de geïnterpoleerde dikte opgenomen, benadrukt wordt dat dit indicatief is aangezien de overgang van kleiig zand naar zandige klei moeilijk vast te stellen is.



Figuur 4-5 Geïnterpoleerde dikte zand in deklaag [m]

4.3 Geohydrologische parameters

De sleufbemaling vindt plaats binnen de Holocene deklaag. Voor de Holocene deklaag zijn in Regis geen parameters beschikbaar. Verder blijkt uit de beschrijving van de grondopbouw dat de Holocene deklaag meer of minder zandig kan zijn en dat lokaal de basisveenlaag geheel kan ontbreken.

In gebieden zonder duidelijke zandlaag wordt voor de deklaag uitgegaan van een doorlaatvermogen van circa 5 m²/d; in deze gebieden is ook de basisveenlaag aanwezig, deze heeft in het berekeningsmodel een weerstand van 1.000 dagen. In gebieden met een duidelijke zandlaag wordt voor het zand in de deklaag een doorlaatfactor van 5 m/d gehanteerd. Buiten de diepe delen van de geulen is de dikte van het zand in de deklaag algauw 2 m, dus een doorlaatvermogen van 10 m²/d. Ter plaatse van de diepe geulen kan de dikte oplopen tot meer dan de oorspronkelijke dikte van de Holocene afzettingen. In deze gebieden wordt uitgegaan van een kD-waarde van 50 m²/d voor het bovenste deel van de geul plus een aanvoer van water vanuit het diepere deel c.q. watervoerend pakket door rekening te houden met een geringe verticale weerstand van 10 dagen.

4.4 Grondwaterstanden

De freatische grondwaterstanden in het gebied zijn onder andere sterk afhankelijk van het polderpeil. Mede gezien het feit dat de Haarlemmermeerpolder een laaggelegen gebied is met een hoge kweldruk, kan er vanuit worden gegaan dat de grondwaterstand zich kort onder maaiveld bevindt. In tabel 4-1 zijn de freatische peilbuizen van DinoLoket weergegeven met de statistische analyse (voor een groter gebied dan in figuur 4-7 weergegeven). In de laatste kolom is tevens de GHG ten opzichte van maaiveld weergegeven. Bij enkele peilbuizen komt de GHG ten gevolge van de kweldruk (en de filterstelling enkele meters onder maaiveld) tot boven maaiveld uit.

Opgemerkt wordt dat in de BRO al wel meer peilbuizen zijn aangemeld in dit gebied, echter deze hebben nog geen meetdata.

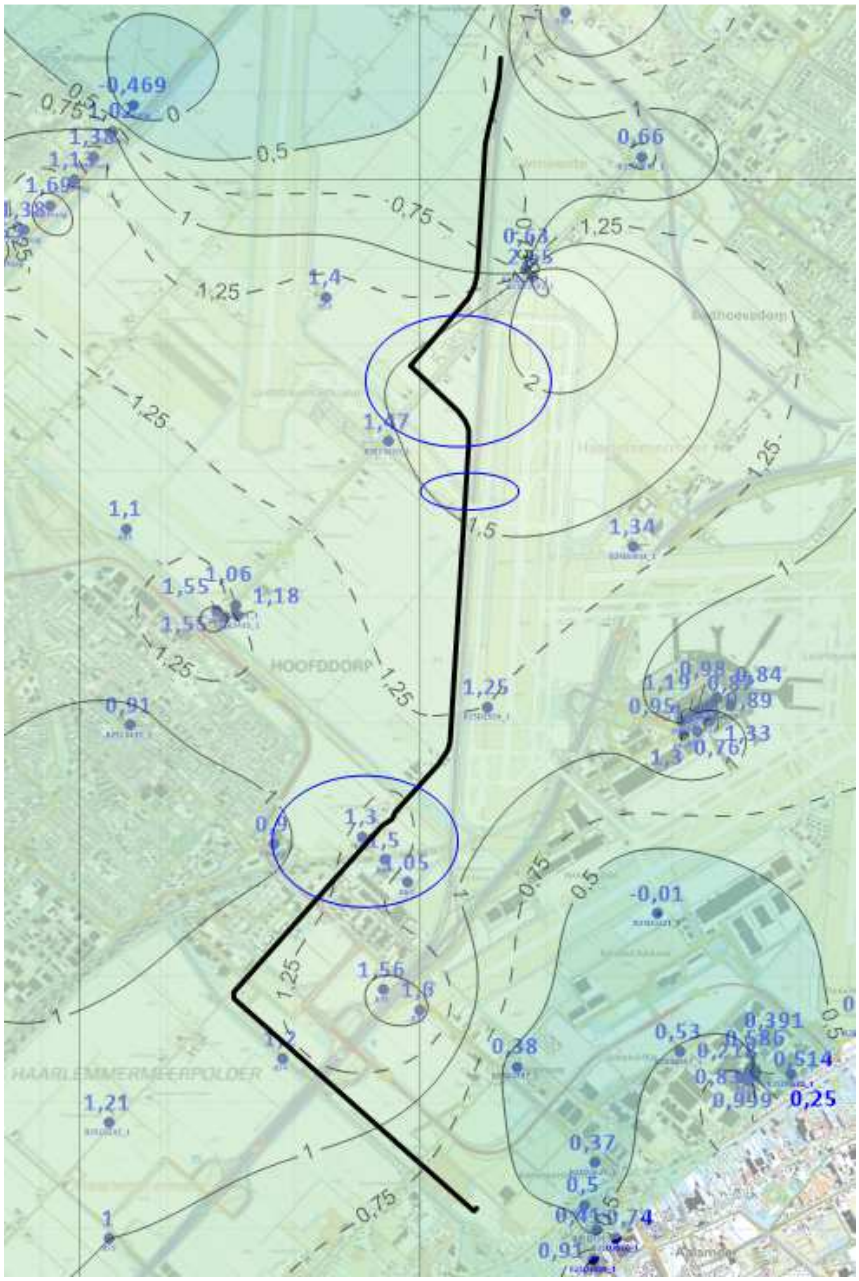
In figuur 4-7 zijn de posities van de peilbuizen uit DinoLoket en enkele projecten van Mos Grondmechanica weergegeven met de diepte van GHG in meters tot maaiveld (negatief getal is GHG boven maaiveld).

Tabel 4-1: Statistische uitwerking van een aantal freatische peilbuizen van DinoLoket

peilbuis	maaiveld	filter		statistische eigenschappen				
		van	tot	HG	GHG	Gemiddelde	GLG	GHG
	[m + NAP]	[m + NAP]	[m + NAP]	[m + NAP]	[m + NAP]	[m + NAP]	[m + NAP]	[m-mv]
B25A0857_1	-3,98	-5,43	-6,43	-3,91	-4,0	-4,2	-4,5	0,0
B25A1686_1	-0,54	-1,58	-2,08	-0,76	-0,8	-0,9	-1,0	0,3
B25A1686_2	-0,54	-2,84	-3,34	-1,12	-1,2	-1,3	-1,4	0,7
B25A1687_1	-0,50	-1,62	-2,12	-0,58	-0,6	-0,7	-0,7	0,1
B25A1687_2	-0,50	-2,87	-3,37	-0,58	-0,6	-0,7	-0,7	0,1
B25A1688_1	-0,52	-1,56	-2,06	-0,57	-0,7	-0,8	-0,9	0,2
B25A1689_2	-0,53	-2,80	-3,30	-0,53	-0,6	-0,6	-0,7	0,1
B25A1690_1	-0,60	-1,58	-2,08	-0,55	-0,6	-0,6	-0,7	0,0
B25C0012_1	-0,56	-7,50	-8,50	-3,60	-3,8	-3,9	-4,0	3,2
B25C0292_1	-4,29	-6,09	-7,09	-4,21	-5,5	-5,8	-6,2	1,2
B25C0293_1	-4,24	-5,96	-6,96	-4,67	-5,3	-5,7	-5,9	1,1
B25C0294_1	-4,20	-5,65	-6,65	-4,79	-5,0	-5,3	-5,3	0,8
B25C0361_1	-3,88	-5,96	-6,96	-4,41	-4,7	-5,0	-5,1	0,8
B25C0399_1	-3,95	-7,95	-8,95	-3,02	-3,1	-3,1	-3,2	-0,9
B25C0406_1	-0,58	-2,12	-2,62	-0,87	-1,08	-1,2	-1,26	0,5
B25C0408_1	+0,50	-3,38	-4,38	+0,47	-0,9	-1,1	-1,3	1,4
B25C0416_1	-2,15	-3,55	-4,05	-2,60	-3,0	-3,2	-3,5	0,9
B25C0420_1	-3,93	-6,46	-6,96	-3,96	-5,4	-5,6	-5,8	1,5
B25C0430_1	-4,32	-5,88	-6,38	-4,94	-5,5	-5,7	-5,8	1,2
B25C0437_1	-3,79	-5,50	-6,00	+1,47	-4,7	-5,0	-5,3	0,9
B25C0441_1	-4,14	-5,69	-6,19	-4,19	-4,9	-5,4	-5,7	0,8
B25C0449_1	-3,89	-6,39	-6,89	-5,28	-5,6	-5,8	-6,0	1,7
B25C0450_1	-3,89	-6,36	-6,86	+1,94	-5,2	-5,7	-5,8	1,3
B25D0221_1	-4,81	-6,28	-7,45	+1,15	-4,8	-5,5	-6,1	0,0
B25D0225_1	-4,37	-5,35	-6,35	-0,20	-5,0	-5,5	-5,8	0,6
B25D0282_1	-2,88	-5,92	-6,92	-3,68	-3,9	-4,1	-4,2	1,0
B25D0294_1	-0,62	-3,58	-4,58	-1,67	-1,9	-2,0	-2,1	1,3
B25D0557_1	-3,97	-8,47	-9,47	-4,50	-4,5	-4,6	-4,7	0,5
B25D0586_1	-4,11	-7,69	-8,69	-3,64	-4,0	-4,2	-4,4	-0,1
B25D0589_1	-3,15	-6,52	-7,52	-5,20	-5,8	-5,9	-6,0	2,7
B25D0591_1	-3,96	-6,68	-7,68	-4,58	-4,8	-5,1	-5,2	0,8
B25D0593_1	-3,86	-6,84	-7,84	-4,54	-5,2	-5,5	-5,7	1,3
B25D0594_1	-4,05	-7,57	-8,57	-4,43	-5,3	-5,6	-5,7	1,3
B25D0597_1	-4,42	-6,78	-7,78	-4,55	-4,8	-5,3	-5,9	0,4
B25D0612_1	-4,04	-6,60	-7,10	-4,22	-4,7	-5,2	-5,7	0,7
B25D0620_1	-4,25	-6,67	-7,17	-4,20	-4,5	-5,0	-5,5	0,3
B25D0621_1	-3,83	-5,23	-5,73	-4,01	-4,5	-4,9	-5,3	0,7
B25D0625_1	-3,83	-5,33	-5,83	+1,96	-4,2	-4,7	-5,1	0,4
B25D0638_1	-3,85	-7,85	-8,85	-3,47	-3,5	-3,7	-3,9	-0,4

n.b. = niet bekend
HG = hoogst gemeten grondwaterstand
GHG = gemiddeld hoogste grondwaterstand
GLG = gemiddeld laagste grondwaterstand

Definitie gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) en gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG):
Om de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) te bepalen is een meetreeks noodzakelijk van ten minste acht hydrologische jaren. waarbij op of omstreeks de 14de en 28ste van iedere maand de grondwaterstand of stijghoogte is bepaald. Vervolgens wordt per hydrologisch jaar (van 1 april tot en met 31 maart) het rekenkundig gemiddelde van de drie hoogste grondwaterstanden bepaald (HG3). De gemiddeld hoogste grondwaterstand is de gemiddelde waarde van tenminste de HG3's van acht jaren. De bepaling van de gemiddeld laagste grondwaterstand gaat identiek. alleen voor de laagste grondwaterstanden.
Uit de definitie van de gemiddeld hoogste en de gemiddeld laagste grondwaterstand valt af te leiden dat deze met een bepaalde frequentie worden over- en onderschreden. Dit betekent dat de GHG niet als absoluut maximum grondwaterstand kan worden gehanteerd. En de GLG kan niet worden gehanteerd als absoluut minimum grondwaterstand. Ook de hoogst gemeten grondwaterstand kan niet worden beschouwd als een absoluut maximum grondwaterstand. Het is namelijk niet waarschijnlijk dat juist een meting van de grondwaterstand plaatsvindt als de grondwaterstand op het hoogste niveau staat.

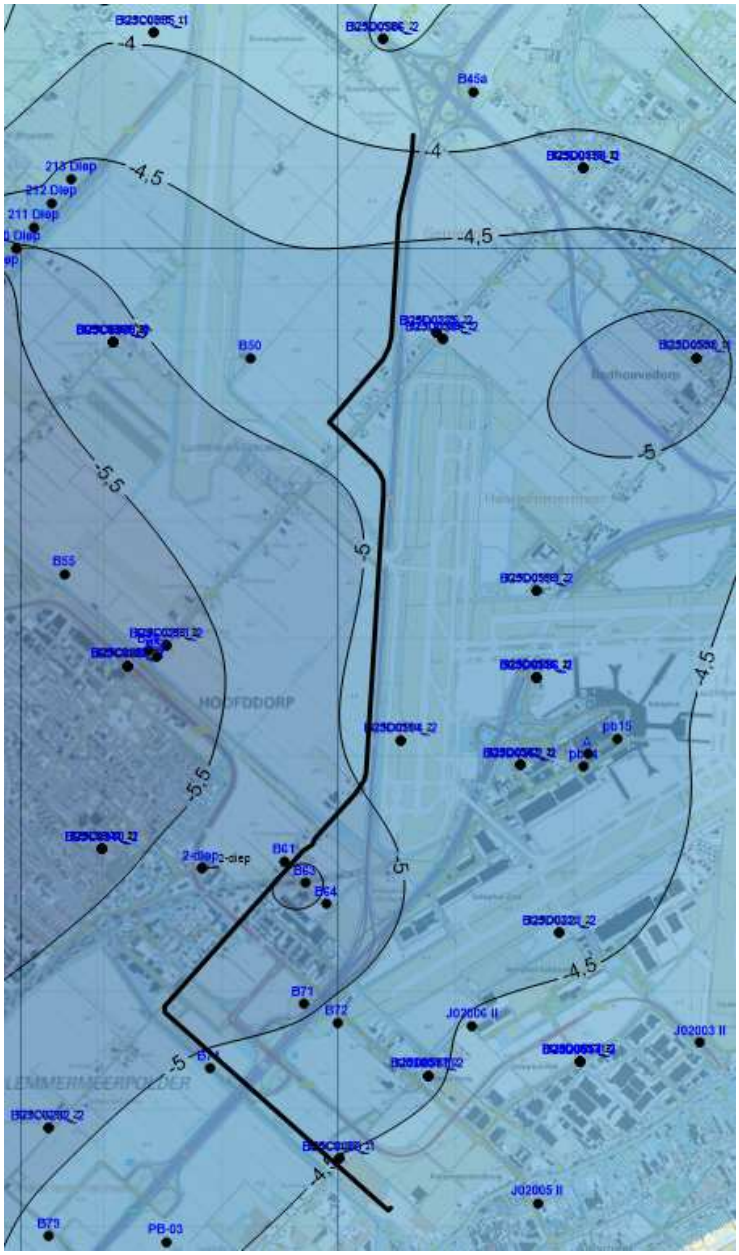


Figuur 4-7 Diepte GHG [m onder maaiveld]

4.5 Stijghoogten

Uit DinoLoket zijn gegevens opgevraagd van peilbuizen met het filter in het watervoerende pakket. In tabel 4-2 zijn de (statistische) gegevens weergegeven.

Ook de stijghoogten worden duidelijk beïnvloed door de opwaartse kwel in de Haarlemmermeerpolder; centraal onder de Haarlemmermeerpolder worden de laagste stijghoogten gemeten. Op basis van de beschikbare metingen is een contourplot (zie figuur 4-8) gemaakt van de verdeling van de stijghoogte; deze verdeling is gebaseerd op meetpunten en niet op een modelberekening. Hierdoor kunnen lokale afwijkingen optreden, de trend van de contourplot komt echter goed overeen met isohypsenpatronen uit andere bronnen. Ook komt de geïnterpoleerde hoogte goed overeen met peilbuizen met slechts enkele waarnemingen.



Figuur 4-8 Contourplot maatgevend hoge stijghoogte [m NAP]

Tabel 4-2: Statistische uitwerking van een aantal peilbuizen van TNO DinoLoket in de omgeving van het project met filter in het watervoerende pakket

peilbuis	maaiveld	filter		statistische eigenschappen			
		van	tot	HS	GHS	Gemiddelde	GLS
	[m + NAP]	[m + NAP]	[m + NAP]	[m + NAP]	[m + NAP]	[m + NAP]	[m + NAP]
B25C0183_1	-4,20	-33,60	-34,60	-4,26	-4,6	-4,6	-5,0
B25C0292_2	-4,29	-31,44	-32,44	-4,84	-5,1	-5,3	-5,5
B25C0340_1	-4,39	-19,39	-21,39	-4,32	-5,5	-5,7	-5,9
B25C0340_2	-4,39	-38,39	-40,39	-4,24	-5,5	-5,7	-5,9
B25C0369_1	-3,93	-12,93	-14,93	-4,99	o.g.	-5,2	o.g.
B25C0369_2	-3,93	-15,93	-17,93	-4,99	o.g.	-5,2	o.g.
B25C0369_3	-3,93	-24,93	-26,93	-5,04	o.g.	-5,3	o.g.
B25C0370_1	-4,02	-12,12	-13,12	-5,05	o.g.	-5,4	o.g.
B25C0370_2	-4,02	-27,14	-28,14	-5,01	o.g.	-5,2	o.g.
B25C0395_1	-3,90	-27,40	-28,40	-3,78	-4,0	-4,1	-4,3
B25D0138_1	-4,20	-19,70	-20,70	-3,85	-4,2	-4,3	-4,5
B25D0138_2	-4,20	-41,20	-42,20	-3,90	-4,3	-4,4	-4,5
B25D0221_2	-4,81	-33,64	-34,81	-4,38	-4,6	-4,7	-4,9
B25D0222_1	-4,02	-29,21	-30,21	-3,31	-3,6	-3,8	-3,9
B25D0282_2	-2,88	-22,44	-23,44	-2,99	-3,2	-3,4	-3,5
B25D0557_2	-3,97	-14,38	-15,38	-4,17	o.g.	-4,4	o.g.
B25D0557_3	-3,97	-23,67	-24,67	-3,99	-4,2	-4,4	-4,6
B25D0562_1	-3,89	-13,54	-14,54	-4,28	o.g.	-4,7	o.g.
B25D0562_2	-3,89	-33,57	-34,57	-3,65	o.g.	-4,7	o.g.
B25D0586_2	-4,11	-22,21	-23,21	-3,33	-3,5	-3,6	-3,7
B25D0589_2	-3,15	-21,31	-22,31	-2,97	-4,8	-4,9	-5,0
B25D0590_1	-4,24	-12,02	-13,02	-4,87	-5,3	-5,5	-5,6
B25D0593_2	-3,80	-21,40	-22,40	-4,32	-4,7	-4,9	-5,1
B25D0594_2	-4,05	-21,60	-22,60	-3,84	-4,9	-5,1	-5,3
B25D0597_2	-4,42	-21,64	-22,64	-4,44	-4,6	-4,8	-4,9

n.b. = niet bekend
HS = hoogst gemeten stijghoogte
GHS = gemiddeld hoogste stijghoogte
GLS = gemiddeld laagste stijghoogte
Definitie gemiddeld hoogste stijghoogte (GHS) en gemiddeld laagste stijghoogte (GLS):
Om de gemiddeld hoogste stijghoogte (GHS) te bepalen is een meetreeks noodzakelijk van ten minste acht hydrologische jaren. waarbij op of omstreeks de 14de en 28ste van iedere maand de stijghoogte is bepaald. Vervolgens wordt per hydrologisch jaar (van 1 april tot en met 31 maart) het rekenkundig gemiddelde van de drie hoogste stijghoogten bepaald (HS3). De gemiddeld hoogste stijghoogte is de gemiddelde waarde van tenminste de HS3's van acht jaren. De bepaling van de gemiddeld laagste stijghoogte gaat identiek. alleen voor de laagste stijghoogten.

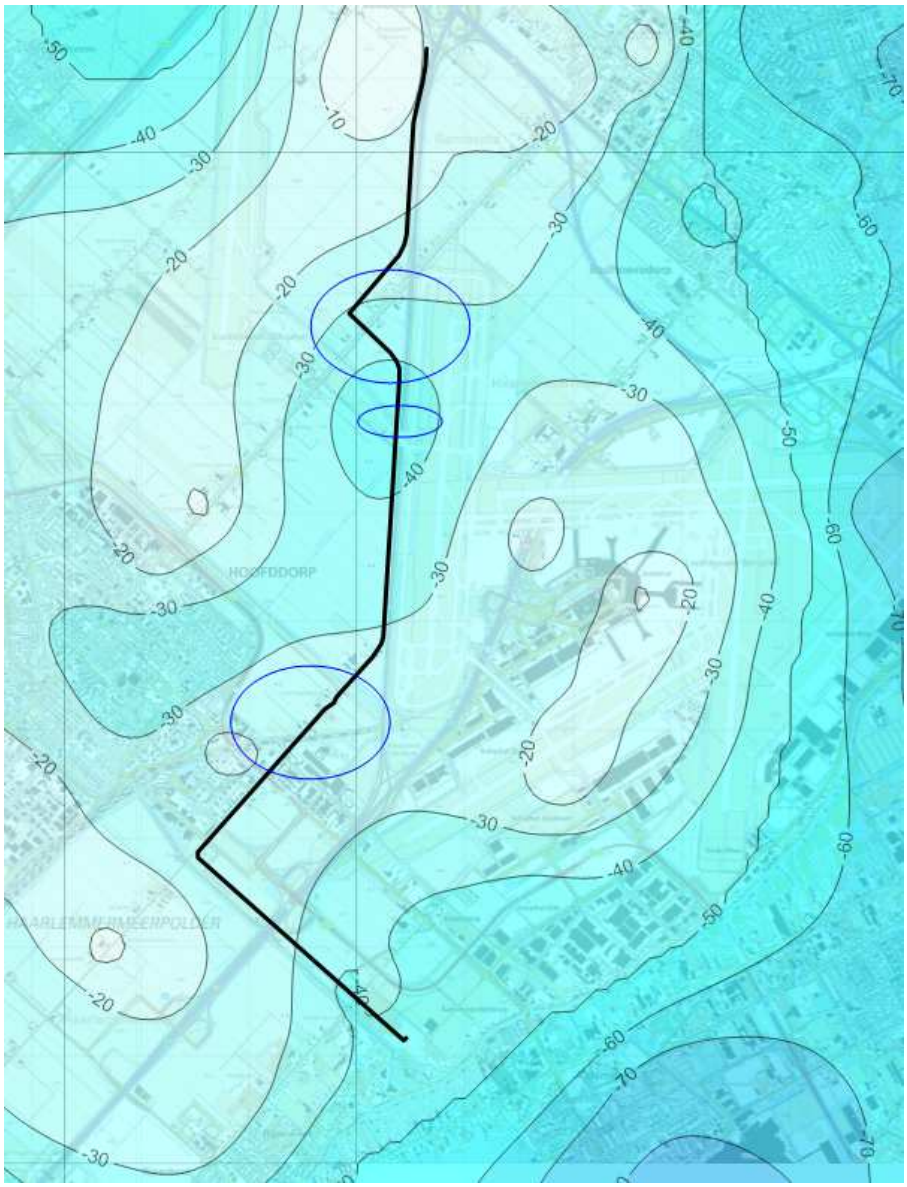
4.6 Waterkwaliteit

De waterkwaliteit in de deklaag hangt eveneens sterk af van de grondopbouw. Het water uit het Pleistocene pakket is brak tot zout en bevat regelmatig hogere concentraties ijzer. Buiten de geulen is het water in de Holocene deklaag veelal zoet tot lichtbrak. Ter plaatse van de geulen wordt de

waterkwaliteit in de deklaag echter ook duidelijk beïnvloed door de kwaliteit van het Pleistocene grondwater. Naast chloride geldt dit ook voor bijvoorbeeld ammonium, ijzer en Kjehldahl-stikstof (in Pleistoceen pakket hoger dan in de deklaag, in de geulen een mengvorm).

De waterkwaliteit is van belang in verband met de lozingseisen. In gebieden waar niet aan de lozingseisen voldaan kan worden, moet bijvoorbeeld gedacht worden aan retourbemaling. Retourbemaling zal, in verband met de waterkwaliteit, zeker nodig zijn daar waar spanningsbemaling wordt toegepast. Naar verwachting is dit minimaal ook nodig ter plaatse van de geulen.

In Regis is een kaart beschikbaar met de diepte van het brak/zoutgrensvlak (1.000 mg/l chloride), zie figuur 4-9; dit niveau ligt volgens deze kaart lokaal op NAP -10 m (nabij aansluiting A5 op A9), maar in het algemeen tussen de NAP -20 m en NAP -40 m. Het brak/zout grensvlak ligt dus voornamelijk in de top van het watervoerende pakket. Er lijkt een beperkte relatie met de geulenstructuur (in de buurt van geulen ligt grensvlak op een hoger niveau), maar dit komt niet helemaal overeen.



Figuur 4-9 Brak/zoutgrensvlak (1.000 mg/l chloride) volgens Regis [m NAP]

Op het ogenblik is onvoldoende informatie over de waterkwaliteit en de ruimtelijke verspreiding daarvan beschikbaar om het aspect waterkwaliteit beter inzichtelijk te maken. Op diverse plaatsen zijn watermonsters beschikbaar (voornamelijk uit de top van het watervoerende pakket) en deze bevestigen de plekken waar het brak/zout grensvlak hoog ligt; in die gevallen worden chloridegehalten tot boven de 3.000 à 4.000 mg/l aangetoond.

Het ijzergehalte in het watervoerende pakket is op basis van beschikbare analyses tussen de geulen circa 10 mg/l, dit kan nabij en ter plaatse van de geulen oplopen tot 30 mg/l. Water met deze ijzergehalten zal moeten worden ontijzerd voordat dit kan worden geloosd op open water. Het water in de deklaag heeft veelal ijzergehalten van 1 tot 5 mg/l, maar ook hier geldt dat dit ter plaatse van de geulen oploopt (tot 5 à 15 mg/l). Met mogelijk beperkte maatregelen (strobakken) kan dit water mogelijk geloosd worden.

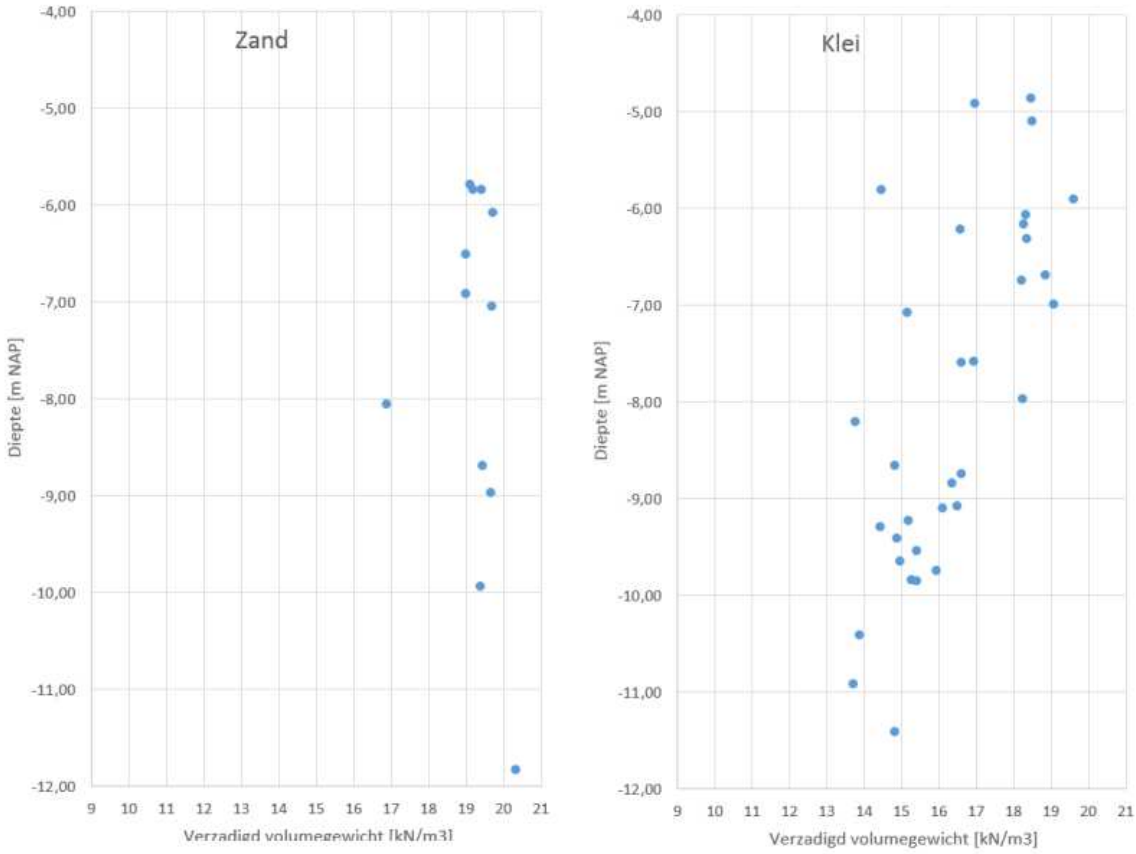
Zoals aangegeven wordt ter plaatse van de geulen een slechte waterkwaliteit verwacht en dat daar zeker maatregelen noodzakelijk zijn.

Voor zowel het chloridegehalte als het ijzergehalte lijkt het retourneren van water uit het watervoerende pakket de beste optie.

5. STABILITEIT VAN DE SLEUFBODEM

De Haarlemmermeer is een opbarstgevoelig gebied. Bij ontgravingen dient gecontroleerd te worden of er geen risico van opbarsten aanwezig is. Voor de beoordeling van het risico van opbarsten wordt uitgegaan van de maximale ontgravingsdiepte van circa 2,1 m onder maaiveld voor een dekking van 1,8 m. Gezien de breedte van de sleuf in relatie tot de algemene grondopbouw kan geen rekening worden gehouden met spanningsspreiding.

Voor diverse projecten heeft Mos Grondmechanica laboratoriumonderzoek uitgevoerd, onder andere voor de A4-zone en Schiphol. Voor de projecten het meest gelegen langs het tracé zijn de volumegewichten voor zand en voor klei uitgezet tegen de diepte in figuur 5-1.



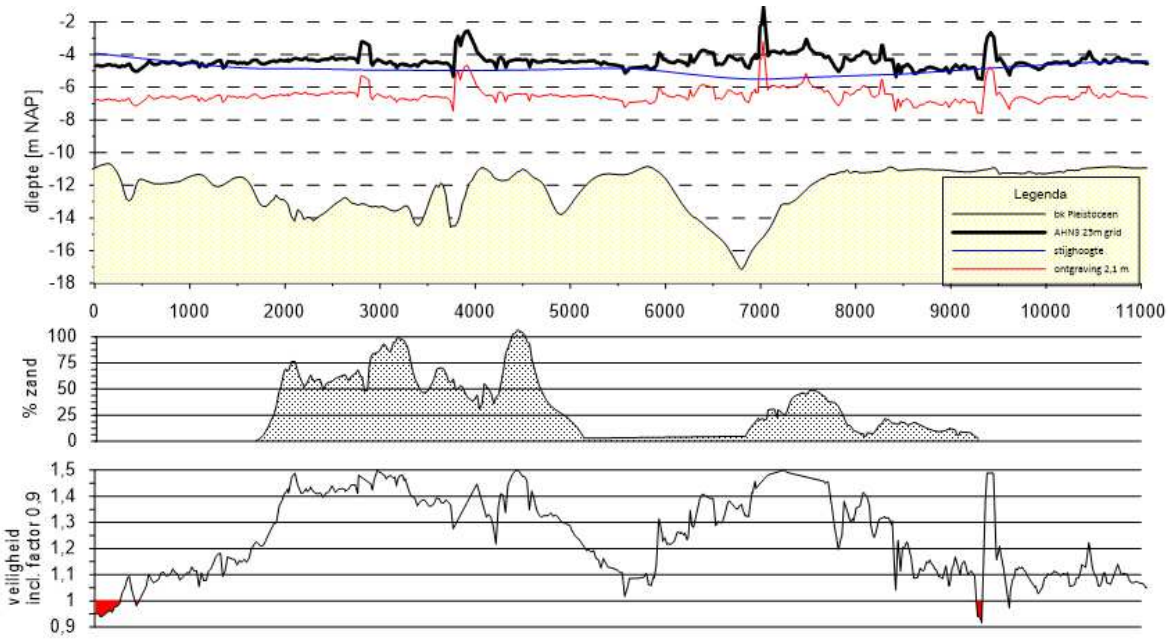
Figuur 5-1 Verzadigd volumegewicht versus de diepte op basis van archiefdata

Voor de berekeningen van het opbarstrisico zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- ontgravingsniveau: mv-2,1 m;
- maaiveld en grondopbouw per sondering;
- volumegewicht ingesloten zandlaag: 19 kN/m³;
- volumegewicht deklaag excl. zand: 15,5 kN/m³;
- stijghoogte conform contourplot;
- partiële materiaalfactor: 0,9.

Opgemerkt wordt dat in gebieden met weinig grondonderzoek de benadering indicatief is, hier zal aanvullend grondonderzoek noodzakelijk zijn. Met name de toetsing van de volumegewichten kan daarnaast belangrijk zijn. Voor de aanwezigheid van zand is nu een conservatieve benadering gekozen, alleen bij duidelijk hogere conusweerstanden is uitgegaan van zand. Bekend is dat wadzand veelal lagere conusweerstanden heeft, dit zand is nu, indien aanwezig met lage conusweerstanden, tot de zandige klei gerekend.

In figuur 5-2 is een lengteprofiel weergegeven (x-as in meters, startend bij noordelijke punt tracé). Tevens is hierin aangegeven het percentage zand in de deklaag en vervolgens de berekende veiligheid. Bij de berekening van de veiligheidsfactor is al een partiële factor van 0,9 toegepast en een waterdruk gebaseerd op zout water; bij een veiligheid van 1,0 is voldoende veiligheid volgens de normen.



Figuur 5-2 Analyse opbarsten langs het tracé

Bij bovenstaande uitgangspunten lijken de mogelijke opbarstrisico's zich te concentreren aan de noordkant van het tracé en lokaal langs de Geniedijk direct ten oosten van de A4 ten gevolge van een lokaal laag maaiveld; op deze plek wordt overwogen een dekking van 1,5 m toe te passen (in plaats van 1,8 m), in dat geval is hier geen risico meer. Aan de noordzijde is voor voldoende veiligheid een stijghoogteverlaging in het watervoerende pakket van circa 0,3 à 0,4 m nodig.

Voor het noordelijke gedeelte van het tracé is gevraagd om de analyse uit te voeren voor een zone van circa 100 m breedte. Gezien de beschikbare gegevens en de variatie in grondopbouw langs het tracé is hier geen reden te verwachten dat binnen dit gebied een ander resultaat wordt gevonden, tenzij de kabeltracé bij een hoger maaiveldniveau (bijvoorbeeld in de berm van de A5) wordt aangelegd.

Aan de zuidzijde bedraagt de gewenste zone 600 m. Hier is de grondopbouw relatief homogeen. De grootste verschillen zijn aanwezig in maaiveldhoogte. Bij een profiel tot 300 m zuidelijker is de situatie gelijk of beter dan beschouwd. Bij een profiel tot 300 m noordelijker dan beschouwd wordt de situatie

ongunstiger omdat hier gebieden zijn met een lager maaiveldniveau. In deze gebieden moet er rekening mee worden gehouden dat lokaal net wel een spanningsbemaling nodig is bij een ontgraving tot 2,1 m.

6. BEMALING

6.1 Algemeen

Gezien de relatief hoge grondwaterstanden in het gebied is voor de aanleg van de sleuf altijd een sleufbemaling noodzakelijk. Daarnaast kan plaatselijk, in verband met het risico van opbarsten, een spanningsbemaling noodzakelijk zijn. Op een aantal locaties zullen de kabels dieper worden aangelegd. Voor grotere kruisingen wordt hiervoor uitgegaan van een horizontaal gestuurde boring. Voor de huidige eerste afweging worden kleinere kruisingen nog buiten beschouwing gelaten.

Voor een indicatie van de benodigde debieten voor de sleufbemaling wordt vooralsnog uitgegaan van een hoge grondwaterstand van 0,7 m onder maaiveld en een ontwatering tot 0,2 m (conform opgave) onder de sleufbodem; opgemerkt wordt dat de begaanbaarheid bij een ontwatering van 0,2 m beperkt is, dit kan worden verbeterd door het leggen van rijplaten en –schotten. Bij een sleuf tot 2,1 m onder maaiveld wordt dus vooralsnog rekening gehouden met een grondwaterstandsverlaging van 1,6 m.

Aan de noordzijde van het tracé is een spanningsbemaling noodzakelijk bij een ontgraving tot 2,1 m onder maaiveld. Vooralsnog wordt uitgegaan van een maximaal benodigde stijghoogteverlaging van 0,5 m en 100% retourbemaling.

6.2 Bemalingswijze

De sleufbemaling kan het beste plaatsvinden met horizontale drains onder de sleuf. Dit zal niet overal mogelijk of praktisch zijn, in dat geval kunnen verticale filters ter weerszijden van de sleuf worden toegepast.

Voor de spanningsbemaling wordt uitgegaan van een bemaling op bronnen voorzien van onderwaterpompen (deepwells). Dit water wordt via een gesloten systeem geretourneerd in hetzelfde pakket door middel van retourbronnen.

6.3 Benodigde debieten

Vooralsnog zijn indicatieve berekeningen gemaakt ten behoeve van een eerste inschatting van de benodigde debieten. Hierbij is vooralsnog van 4 karakteristieke situaties uitgegaan, namelijk:

1 deklaag volledig bestaande uit (zandige) klei

2 deklaag met duidelijke zandlaag, dikte zandlaag 2 m

3 deklaag volledig doorsneden door een geul

4 deklaag volledig bestaande uit (zandige) klei met spanningsbemaling

Verder is uitgegaan van de aangegeven werkwijze, waarbij veelal steeds 2 strengen van 1.000 m in bemaling staan. Beoordeeld is de situatie waarin de eerste streng enige tijd draait en dan de tweede streng van 1.000 m wordt bijgeschakeld. Voor de spanningsbemaling wordt verwacht dat de maximale lengte waarover spanningsbemaling nodig is 500 m bedraagt, in de berekening is uitgegaan van 1.000 m. Verder wordt bij het debiet voor de spanningsbemaling ervan uitgegaan dat deze alleen nodig is in het gebied waar ook de Eemklei aanwezig is.

Voor een inschatting van het waterbezwaar per 1.000 meter wordt ervan uitgegaan dat deze 2 weken in bemaling staat tegelijk met het vorige segment en 2 weken tegelijk met het volgende segment. Voor situatie 4 is bij de spanningsbemaling uitgegaan van een spanningsbemaling over 1.000 m in een gebied met Eemklei.

Indien spanningsbemaling nodig is in ene gebied zonder Eemklei (nu niet voorzien) kan een zeer groot debiet optreden voor de spanningsbemaling; in dat geval dient eerder gedacht worden aan 150 m³/u voor 0,5 m verlaging in plaats van 50 m³/u.

Tabel 6-1: Prognose niet-stationair debiet voor streng 1.000 m

situatie	prognose debiet [m³/u] voor streng 1.000 m					waterbezwaar [m³]
	1e dag 2e streng actief	2e dag	3e dag	7e dag	14e – 28e dag	per sectie van 1.000 m
1	100	50	40	30	20	19.000
2	120	70	55	40	35	27.000
3	320	240	210	170	140	110.000
4	100+50	50+50	40+50	30+50	20+50	52.000

Uit de niet-stationaire berekeningen blijkt dat het opstartdebiet per sectie aanzienlijk kan zijn (ten behoeve van het bereiken van de verlaging). Hierbij is uitgegaan van een bergingscoëfficiënt van 0,1 voor het freatische pakket. Met name ter plaatse van geulen is het berekende waterbezwaar hoog.

Op basis van de indeling in gebieden kan voor het tracé een totaal waterbezwaar worden geschat. Door middel van het aantal geschatte kilometers per categorie is het totaal waterbezwaar bepaald. Hierbij bedraagt de optelling van de grondwateronttrekking voor alleen de strekking (dus zonder rekening te houden met horizontale boringen) circa 0,6 miljoen kuub. Doordat naar verwachting een aantal horizontale boringen in gebieden zitten waarvoor een hoog waterbezwaar is berekend voor de strekking, kan dit gunstig uitpakken (minder lengte strekking, lager waterbezwaar).

Door middel van aanvullend onderzoek en meer gedetailleerde berekeningen, inclusief het juist meenemen van de lengtes met horizontale boringen, kan te zijner tijd een nauwkeurige schatting van het waterbezwaar worden opgesteld.

7. AANVULLEND ONDERZOEK TRACÉ

Op basis van de beschikbare gegevens (met name sonderingen) is een analyse van de grondopbouw gemaakt. De sonderingen zijn redelijk verspreid over het gebied, echter veelal niet exact ter plaatse van het beoogde tracé. Op een aantal locaties zijn onvoldoende sonderingen beschikbaar om de trend en eventuele overgangen goed in beeld te brengen. Ter plaatse van de A5 is in het algemeen voldoende onderzoek aanwezig, echter alleen ter plaatse van de weg. Voor het tracé worden aanvullende sonderingen geadviseerd, gezien de variaties in grondopbouw kan hierbij in eerste instantie gedacht worden aan onderlinge afstanden van circa 200 m.

Tevens bestaat in het noordelijk deel risico van opbarsten; hier zal een spanningsbemaling noodzakelijk zijn. In (het grootste deel van) dit gebied is op NAP -20 à -30 m ook de bovenkant van een Eemkleilaag aanwezig. Bij een spanningsbemaling in een gebied waar de Eemklei ontbreekt, zal het waterbezwaar aanzienlijk hoger zijn. Op basis van de huidige set sonderingen kan de grens van het wel of niet aanwezig zijn van deze (dieper gelegen) laag niet eenduidig worden aangegeven, de locatie waar nu spanningsbemaling is voorzien ligt vermoedelijk binnen het gebied met Eemklei. Aanbevolen wordt om met name nabij de rand van het gebied waar volgens Regis de kleilaag aanwezig is een aantal sonderingen uit te voeren tot NAP -40 m.

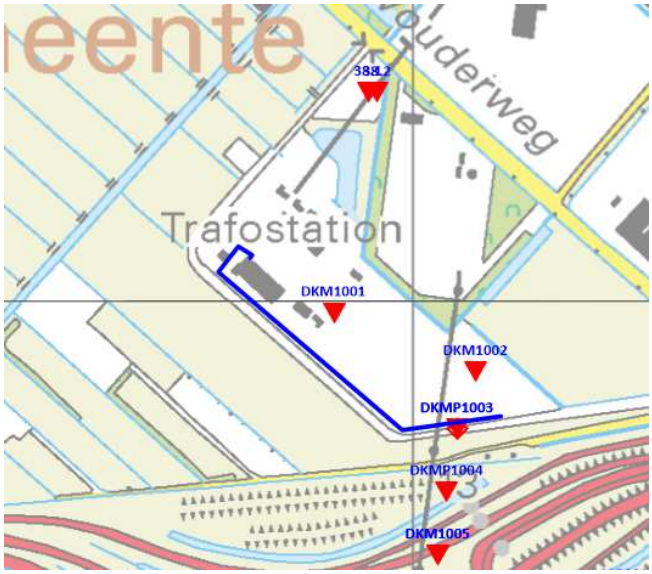
Tevens wordt geadviseerd langs het tracé een 5-tal machinale boringen uit te voeren tot 15 m diepte; tijdens het boren kunnen ongeroerde monsters worden gestoken ter bepaling van volumegewichten in het laboratorium. Op zandmonsters uit het Pleistocene pakket kunnen korrelverdelingen worden uitgevoerd (mede in verband met de horizontale boringen). De boringen kunnen bovendien worden afgewerkt met een freatische peilbuis en een peilbuis onder de basisveenlaag. Door de positie van de boringen en peilbuizen goed te kiezen, kunnen deze tijdens uitvoering ook dienst doen als monitoringsbuis. Minimaal één boring dient in het noordelijke deel te worden uitgevoerd.

De grondwaterstand en stijghoogte in de geplaatste peilbuizen moet gedurende enkele maanden met bijvoorbeeld Divers of een online meetsysteem worden gemeten.

Op dit moment is de waterkwaliteit beperkt in kaart gebracht. Voor de aanleg van een gasleiding in dit gebied is door de GasUnie wel veel onderzoek verricht. Uit de diverse beschikbare onderzoeken is gebleken dat de meest ongunstige waterkwaliteit (onder andere hoge chloridegehalten en hoge ijzergehalten) sterk zijn gerelateerd aan het voorkomen van geulen door de basisveenlaag. Op basis van het nu beschikbare onderzoek is wel redelijk inzicht in de gebieden waar de basisveenlaag ontbreekt. Afhankelijk van de alsnog te verkrijgen gegevens dient een aanvullend onderzoek te worden opgestart om waterkwaliteitsgegevens (lozingsparameters) te verzamelen. Hiervoor kunnen bovenstaand geadviseerde peilbuizen worden gebruikt.

8. GEDEELTE DE LIEDE

Naast het beschouwde tracé is tevens gevraagd een analyse uit te voeren voor een kabeltracé nabij het transformatorstation nabij industriegebied De Liede, zie figuur 8-1.



Figuur 8-1 Kabeltracé en beschikbaar grondonderzoek

In dit gebied is slechts beperkt grondonderzoek beschikbaar. Uit dit onderzoek blijkt dat op de locatie geen basisveenlaag aanwezig is, waarschijnlijk ten gevolge van een geul. In dit gebied zijn vanaf maaiveld (op circa NAP -4,0 m) tot circa NAP -8,3 m matig tot slecht doorlatende lagen aanwezig. Hieronder zijn zandlagen aanwezig die in contact staan met het watervoerende pakket.

De stijghoogte in dit watervoerende pakket wordt verwacht op NAP -3,8 m, de grondwaterstand in de orde van grootte van NAP -4,0 m.

Bij een ontgraving tot mv -2,1 m bestaat een risico van opbarsten. De stijghoogte zal met ongeveer 1,2 m moeten worden verlaagd. Aangezien de locatie in een geul ligt, kan de grondopbouw lokaal duidelijk variëren. Aanvullend grondonderzoek langs het tracé zal nodig zijn om dit beter in kaart te brengen. Aanbevolen wordt om 8 sonderingen en een mechanische boring (af te werken tot een dubbele peilbuis) uit te voeren.

Gezien de onzekerheid in grondopbouw is nog geen goede berekening van het waterbezwaar uit te voeren, vooralsnog wordt uitgegaan van een waterbezwaar in de orde van grootte van 100 m³/u.

ir. H.W. Thijssen (088-5130239)

Rotterdam, 22 juli 2020

Mos Grondmechanica B.V.

Contr. : m.j.