

**Funderingsadvies en infiltratie advies
t.b.v nieuwbouw woningen
Aan de Heugterbroekdijk 8
Te Weert
In de gemeente Weert**

Opdrachtnummer: GA150616
Rapportage: R01
Versie: V01

Datum rapport: 13 januari 2016

Opdrachtgever: VOS Projectontwikkeling BV
Ringselvenweg 1
6002 SW Weert

Architect: Ir. Rob van Leuven
Gestelsestraat 132
5615LJ Eindhoven

Constructeur: Bolwerk Weekers
Postbus 213
5750 AE Deurne

Functie:	Naam:	Gezien en akkoord:
geotechnisch adviseur	Ing. R.J.A. Huijts	
Controle	Ing. K. Lange	



**Funderingsadvies en infiltratie advies
t.b.v nieuwbouw woningen
Aan de Heugterbroekdijk 8
Te Weert
In de gemeente Weert**

Opdrachtnummer: GA150616
Rapportage: R01
Versie: V01

Datum rapport: 13 januari 2016

Opdrachtgever: VOS Projectontwikkeling BV
Ringselvenweg 1
6002 SW Weert

Architect: Ir. Rob van Leuven
Gestelsestraat 132
5615LJ Eindhoven

Constructeur: Bolwerk Weekers
Postbus 213
5750 AE Deurne

Functie:	Naam:	Gezien en akkoord:
geotechnisch adviseur	Ing. R.J.A. Huijts	
Controle	Ing. K. Lange	



INHOUDSOPGAVE

1.0	INLEIDING	1
2.0	PROJECTBESCHRIJVING.....	2
3.0	GEOTECHNISCHE UITGANGSPUNTEN	3
4.0	GRONDONDERZOEK.....	4
4.1	Algemeen	4
4.2	Diepsonderingen	4
4.3	Boringen	4
4.4	Inmeting	4
5.0	TERREINGESTELDHEID EN BODEMOPBOUW	5
5.1	Terreingesteldheid	5
5.2	Bodemopbouw	5
6.0	GRONDWATER / GEOHYDROLOGIE	6
6.1	Grondwater	6
6.2	Doorlatendheid.....	6
7.0	Beoordeling mogelijkheden voor infiltratie	7
7.1	Algemeen	7
7.2	Toetsing	7
7.3	Conclusie	8
8.0	INFILTRATIEADVIES	9
8.1	Algemeen	9
8.2	Berekening infiltratievoorziening	9
8.3	Ontwerpadvies	10
8.4	Overige ontwerpaspecten.....	11
9.0	FUNDERINGSADVIES.....	12
9.1	Algemeen	12
9.2	Fundering op staal	12
9.3	Begane grondvloeren	13
10.0	UITVOERING	14

Bijlagen:

Bijlage 1	Situatietekening
Bijlage 2	Sondeergrafieken
Bijlage 3	Boorstaten
Bijlage 4	Doorlatendheidsmetingen
Bijlage 5	Funderingsdrukdiagram
Bijlage 6	Infiltratie berekeningen
Bijlage 7	Richtlijnen uitvoering

1.0 INLEIDING

Door VOS Projectontwikkeling BV werd aan Geonius Geotechniek BV opdracht gegeven om een geotechnisch grondonderzoek uit te voeren en een funderingsadvies op te stellen. Dit onderzoek was nodig voor de nieuwbouw van 2 woningen aan de Heugterbroekdijk 8 te Weert.

Voorliggend rapport bevat de resultaten van het grondonderzoek en het ontwerpadvies voor de fundering. Het ontwerpadvies is uitgewerkt conform NEN 9997 (Geotechnisch ontwerp Deel 1: Algemene regels) en NEN 9997 (Geotechnisch ontwerp Deel 2: Grondonderzoek en beproeving). Beide delen vormen de basis van Eurocode 7.

De resultaten van het infiltratieonderzoek zijn getoetst aan de eisen van Waterschap Peel en Maasvallei.



2.0 PROJECTBESCHRIJVING

Aan de Heugterbroekdijk 8 te Weert is de nieuwbouw van 2 woningen gepland.

Voor de geplande nieuwbouw zijn op basis van de aangeleverde gegevens onderstaande uitgangspunten gehanteerd:

- De nieuwbouw bestaat uit maximaal 2 bovengrondse bouwlagen met kap. De nieuwbouw wordt niet van een kelder of kruipruimte voorzien;
- Het bouwpeil is door ons aangenomen op ca. NAP +31,80
- Het aanlegniveau is door ons geschat op ca. 0,8 m- bouwpeil. Dit komt overeen met ca. NAP +31,00
- De maximale rekenwaarde voor de belastingen op de funderingen zijn door de constructeur gegeven en bedragen lijnlasten q_d van ca. 140 kN/m¹;
- Voor de dimensionering van de infiltratievoorziening zijn onderstaande afwaterende oppervlakten aangehouden:
 - o Dak oppervlak per woning ca. 106 m²;
 - o Oprit oppervlak per woning ca. 37 m²;
 - o Totaal verhard oppervlak ca. 286 m²;
- Eventuele beperkingen of randvoorwaarden als gevolg van milieukundige aspecten zijn buiten beschouwing gelaten.

Indien wordt afgeweken van voornoemde uitgangspunten dan dient ons bureau te worden gecontacteerd daar dan het advies mogelijk moet worden aangepast.

Voor het overige verwijzen wij naar de bestektekeningen van de architect.



3.0 GEOTECHNISCHE UITGANGSPUNTEN

Gezien de belastingen als gevolg van de nieuwbouw en de te verwachten bodemopbouw is het project door ons bureau conform NEN 9997 ingedeeld in de geotechnische categorie 2 (GC2). Dit betekent dat het terrein- en bodemonderzoek moet worden uitgevoerd volgens hoofdstuk 3.2 van NEN 9997 en een onderzoeksrapport dient te worden overlegd conform hoofdstuk 3.4 van NEN 9997.

Het ontwerp van een funderingsconstructie op staal dient getoetst te worden aan de eisen, betreffende constructieve veiligheid en bruikbaarheid conform hoofdstuk 6 van NEN 9997-1.



4.0 GRONDONDERZOEK

4.1 Algemeen

Ten behoeve van het grondonderzoek zijn in december 2015 in totaal 3 diepsonderingen en 3 handboringen uitgevoerd. Het uitgevoerde onderzoek is hieronder verder beschreven.

4.2 Diepsonderingen

De sonderingen zijn genummerd GA150616 SW01 t/m SW03. De diepsonderingen zijn gemaakt met een elektrische conus waarbij de conusweerstand continu wordt gemeten, elektrisch geregistreerd en digitaal vastgelegd. De sonderingen zijn uitgevoerd conform NEN-EN-ISO 22476-1.

Bij de sonderingen is tevens de lokale wrijving gemeten. De continue registratie van de ondervonden bodemweerstand verzekert een gedetailleerd beeld van de bodemopbouw. Dit niet alleen voor wat betreft de sterkte van de bodem maar tevens met betrekking tot de aard van de aanwezige ongeroerde grondlagen.

De verhouding tussen de wrijvingsweerstand van de kleefmantel en de weerstand aan de conuspunt, het zogenaamde wrijvingsgetal, heeft voor iedere grondsoort een andere waarde. Voor een gladde elektrische conus gelden bij veel voorkomende gronden in Limburg ongeveer de navolgende relaties:

<u>Wrijvingsgetal in %</u>	<u>Grondsoort</u>
0.3 - 1.5	Zand, grof tot fijn
1.5 - 2.5	Silt (leem/löss)
2.5 - 5.0	Klei
> 5.0	Veen en bruinkool

Tussen de verschillende grondsoorten komen overgangsvormen voor waardoor de aangegeven grenzen niet als hard zijn te beschouwen.

In de elektrische conus bevindt zich een hellingmeter. Hierdoor is controle mogelijk op een eventueel afwijken van de verticaal. Bijzondere afwijkingen zijn niet vastgesteld.

4.3 Boringen

Om de toplagen nader te verkennen zijn op de locatie tevens een 3-tal handboringen (genummerd GA150616 B01 t/m B03) tot ca. 3,5 m- maaiveld uitgevoerd. Tijdens de boorwerkzaamheden is het bodemmateriaal lithologisch onderzocht. Bij het lithologisch onderzoek worden de grondsoorten geclassificeerd volgens NEN-EN-ISO 14688. De boorstaat is uitgetekend ten opzichte van maaiveld en NAP en opgenomen in de bijlagen.

4.4 Inmeting

De ligging van de onderzoekspunten is op situatietekening GA150616.T01 weergegeven. De resultaten van het grondonderzoek zijn in de bijlagen toegevoegd. De sondeergrafieken zijn getekend ten opzichte van NAP. De sonderingen zijn ingemeten met behulp van 06-gps.



5.0 TERREINGESTELDHEID EN BODEMOPBOUW

5.1 Terreingesteldheid

Het terrein is momenteel nog bebouwd en in gebruik. Een deel van de huidige bebouwing wordt gesloopt om ruimte te maken voor de geplande nieuwbouw. Ten tijde van het grondonderzoek lag maaiveld ter plaatse van de sondeerpunten op een niveau van ca. NAP +31,6 tot +31,8 m. Het terrein kent hiermee een gering hoogteverschil van ca. 0,2 m.

5.2 Bodemopbouw

De bodemopbouw kan op basis van de sonderingen en boringen door middel van het volgende lagensysteem worden beschreven:

Toplaag

Vanaf het maaiveld tot ca. 20,0 m+ à 19,0m+ NAP wordt een pakket aangetroffen bestaande uit matig vast tot zeer vast gepakte zandlagen afgewisseld door weke leemlagen. De toplaag met een dikte van ca. 0,6 m bestaat voornamelijk uit los gepakt en geroerd materiaal. De conusweerstand variëren van ca. 0,5 MPa voor de weke leemdelen tot meer dan 10 MPa voor de vaste en zandige delen.

Onderlaag

Onder de voornoemde niveaus wordt tot de maximaal verkende diepte van ca. 16,0 m+ NAP een vast tot zeer vast gepakte zandlaag aangetroffen. De conusweerstand in dit pakket variëren van ca. 10 MPa tot meer dan 40 MPa.



6.0 GRONDWATER / GEOHYDROLOGIE

6.1 Grondwater

Tijdens het grondonderzoek is in de sondeergaten naar de actuele grondwaterstand gepeild. Deze werd aangetroffen op een diepte van ca. 2,0 m- maaiveld. Dit komt overeen met ca. NAP +29,6 m. Op basis van peilbuizen van TNO is een GHG te verwachten van ca. NAP +30,2 m

Wij wijzen erop dat de grondwaterstand van seizoen tot seizoen kan verschillen en in nattere jaargetijden mogelijk hoger wordt aangetroffen dan thans het geval is. Exacte grondwaterstanden kunnen alleen middels peilbuismetingen worden verkregen.

6.2 Doorlatendheid

Omdat de proeven boven het grondwaterniveau zijn uitgevoerd, is volgens de omgekeerde open-boorgatmethode (Porchet) gemeten. Om de meting te kunnen uitvoeren, wordt allereerst een gat geboord tot de onderkant van de te beproeven laag. In het boorgat is de apparatuur geplaatst voor de bepaling van de waterdoorlatendheid.

Bij de omgekeerde open-boorgatmethode wordt onder gestandaardiseerde omstandigheden de daling van de waterspiegel gemeten per tijdsinterval. Daarna kan met de verkregen veldgegevens de doorlatendheid van de laag worden berekend.

Bij de doorlatendheidsmetingen worden drie metingen uitgevoerd, de eerste meting geeft meestal een hogere doorlatendheid omdat de aanwezige grond dan nog niet verzadigd is. Bij de volgende twee metingen raakt de grond langzaam verzadigd. De derde meting is meestal maatgevend voor de doorlatendheid. De range van gemeten doorlatendheden is opgenomen in tabel 6.2.1.

Tabel 6.2.1, de doorlatendheid van de bodem

Meting	Traject (m- maaiveld)	Traject (m NAP)	Grondsoort	Doorlatendheid (m/d)
DM01	0,9 – 1,9	29,7 – 30,7	Zand, matig fijn	0,45 – 1,34
DM02	0,9 – 1,9	29,7 – 30,7	Zand, matig fijn	0,62 – 0,73
DM03	0,9 – 1,9	29,9 – 30,9	Zand, matig fijn	0,86 – 0,93

7.0 Beoordeling mogelijkheden voor infiltratie

7.1 Algemeen

Door het waterschap wordt gesteld dat infiltratie van neerslagwater interessant is indien:

- de doorlatendheid groter is dan ca. 0,3 m/d*;
- de grondwaterstand dieper dan 0,5 à 0,7 m minus maaiveld aanwezig is;
- het in te leiden neerslagwater niet is verontreinigd.

* Infiltratie van neerslagwater behoort bij lagere doorlatendheden ook tot de mogelijkheden mits hiervoor voldoende ruimte gereserveerd wordt om de geringe doorlatendheid te compenseren. Bij lagere doorlatendheden zal een voorziening voornamelijk als buffer functioneren.

7.2 Toetsing

In tabel 7.2.1 zijn de maatgevende doorlatendheden weergegeven ter plaats van de boringen. De bodem is geclassificeerd en tevens is weergegeven of de doorlatendheid aan de eerste eis voldoet.

Tabel 7.2.1: toetsing doorlatendheid

Meting	Traject (m NAP)	Maatgevende Doorlatendheid [m/d]	Classificatie doorlatendheid bodem	Gunstige mogelijkheden voor infiltratie
DM01	29,7 – 30,7	0,45	matig/ vrij goed	JA
DM02	29,7 – 30,7	0,62	vrij goed	JA
DM03	29,9 – 30,9	0,86	vrij goed	JA

Aan de tweede eis wordt voldaan aangezien het grondwater is aangetroffen op een diepte van ca. 2,0 m- maaiveld ofwel \NAP + 29,6 m.

Aan de derde eis kan worden voldaan door alleen het schone regenwater te infiltreren. Voor infiltratie van het water zal een zand- en slibvangsysteem moeten worden aangebracht.

De mogelijkheden voor infiltratie zijn als volgt:

1. Oppervlakkige infiltratie via doorlatende verharde oppervlakten. Dit behoort tot de mogelijkheden. Wel zal rekening gehouden moeten worden met de geroerde toplaag tot ca. 1,0 m- maaiveld. Deze zal moeten worden verwijderd en vervangen door goed doorlatend materiaal.
2. Infiltratie in de ondiepe ondergrond. Hierbij valt te denken aan infiltratie via een greppel, infiltratiekoffers, putten en of infiltratieriool. Dit behoort eveneens tot de mogelijkheden de doorlatendheid van de ondiepe ondergrond is voldoende.
3. Infiltratie naar de diepere ondergrond. Dit kan middels grindpalen, etc. naar de diepere zand/grindlagen. Dit behoort qua doorlatendheid waarschijnlijk eveneens tot de mogelijkheden echter, gezien de hoge grondwaterstand, zal dit systeem niet effectief zijn.



7.3 Conclusie

Uit de gemeten doorlatendheden en grondwaterstand blijkt dat infiltratie van neerslagwater tot de mogelijkheden behoort. De doorlatendheid van de ondiepe ondergrond is voldoende. Wij adviseren een infiltratievoorziening in de ondiepe ondergrond bijvoorbeeld middels kratten en/of grindkoffers. Ongeacht het type infiltratievoorziening zal rekening gehouden moeten worden met de hoge grondwaterstand.

Vanwege de fijne en plaatselijk leemhoudende grondslag is de werking van het systeem op lange termijn sterk afhankelijk van het onderhoud. Er wordt dan ook geadviseerd het systeem van voldoende onderhoudspunten te voorzien en regelmatig onderhoud uit te voeren om dichtslibben van het systeem te voorkomen danwel te beperken. In het volgende hoofdstuk is de dimensionering van het infiltratie element verder uitgewerkt.



8.0 INFILTRATIEADVIES

8.1 Algemeen

Bij de berekeningen van de infiltratievoorziening is ervan uitgegaan dat de hoeveelheid neerslag in de buffer geborgen moet kunnen worden en het overige neerslagwater in de ondergrond infiltreert. Vóór de infiltratiekratten zal een zand- en vuilvang moeten worden geïnstalleerd, zodat de werking van de infiltratiekratten gegarandeerd blijft.

Voor het ontwerp van de infiltratievoorzieningen zal conform opgave van het waterschap Peel en Maasvallei rekening moeten worden gehouden met een bui T=10 (50 mm in 27,3 uur). Tevens moet bui T=100 doorerekend worden om de overstortcapaciteit te bepalen (84 mm in 48 uur). Bui T=10 komt conform de statistieken gemiddeld 1 maal per 10 jaar voor, bui T=100 eens per 100 jaar. De capaciteit van het systeem moet toereikend zijn voor de totale verwachte hoeveelheid neerslag van bui T=25.

Het streven is de voorziening binnen 24 uur weer beschikbaar te hebben voor een volgende bui.

8.2 Berekening infiltratievoorziening

Conform ISSO-publicatie 70.1 is de afvloeiingscoëfficiënt aangehouden op 1; dat wil zeggen dat alle neerslag op het beschouwde oppervlak, in het infiltratiesysteem terecht komt.

Voor de dimensionering van de infiltratievoorziening is voor de zandlagen het gewogen gemiddelde van de doorlatendheid aangehouden, ca. 0,6 m/d. Daarnaast is gerekend met een veiligheidsfactor van 2 (conform richtlijnen Waterschap peel en Maasvallei).

Bij de berekening voor de elementen zijn de volgende aspecten van belang:

- 1) de hoeveelheid toestromend water;
 - 2) de hoeveelheid water die in de infiltratievoorziening en overige gedeelten van het systeem kan worden geborgen;
 - 3) de hoeveelheid water die gedurende de bui in de ondergrond infiltreert en de bergingscoëfficiënt bepalen de capaciteit van het infiltratiesysteem.
- ad. 1) De hoeveelheid toestromend water is berekend op grond van het oppervlak (286 m²) en de maatgevende buien van 50 mm en 84 mm. De uitkomst van deze berekening bedraagt respectievelijk ca. 14,3 m³ en 24,0 m³.
- ad. 2) De hoeveelheid water die per infiltratievoorziening kan worden gebufferd is afhankelijk van het type en de dimensies van de infiltratievoorziening.
- ad. 3) Op basis van de hoeveelheid afstromend neerslagwater zijn het aantal elementen en/of afmetingen een functie van de breedte (b), de hoogte (h), de bergingscoëfficiënt (s) en de doorlatendheid (k) van de bodem ter plaatse van het element. Met de bekende parameters kunnen het aantal en de afmetingen van de infiltratievoorzieningen worden berekend. Conform de richtlijnen van Waterschap Peel en Maasvallei is geen rekening gehouden met infiltratie gedurende de bui, de infiltratie draagt dus niet bij aan de capaciteit van de voorziening.



8.3 Ontwerpadvies

In overleg met de opdrachtgever is door ons bureau een berekening gemaakt voor infiltratiekratten. Aan deze ondiepe buffer is alleen berging toegekend. Er is dus geen rekening gehouden met infiltratie tijdens de bui bij het berekenen van de capaciteit van de buffer. De capaciteit van de infiltratiekratten wordt bepaald door de hoeveelheid regenwater welke gebufferd kan worden.

De gedetailleerde berekeningen zijn in de bijlagen weergegeven. Bij de berekeningen is uitgegaan van een stationaire situatie met half gevulde infiltratiekratten.

Bij de berekening zijn we uitgegaan van het realiseren van een infiltratiekrat om het regenwater te infiltreren. Conform de eisen van het waterschap dient de buffer de volledige bui ($T=10$) te kunnen verwerken. Er dient derhalve een buffer gerealiseerd te worden met een bergend vermogen van minimaal $14,3 \text{ m}^3$.

Teneinde de voorziening binnen 24 uur weer beschikbaar te hebben voor een nieuwe bui dient de infiltratiecapaciteit voldoende te zijn om een leeglooptijd korter dan 24 uur te bereiken. Als dat niet het geval is kan voor een grotere voorziening worden gekozen waarbij kan de capaciteit 24 uur na de bui wordt bepaald uit de som van de buffercapaciteit en de infiltratie gedurende 24 uur. In dat geval dient deze capaciteit ten minste $2 \cdot 14,3 \text{ m}^3$ te bedragen.

In onderstaande tabel zijn verschillende mogelijke afmetingen voor de infiltratievoorziening gepresenteerd.

Tabel 8.3.1 Afmetingen infiltratievoorziening

Aanleg- diepte* [m + NAP]	Lengte [m]	Breedte [m]	Hoogte [m]	Buffer- capaciteit [m ³]	Leegloop- tijd [uur]	Infiltratie gedurende 24 uur [m ³]	Controle (inhoud + infiltratie > $2 \cdot 14,3 \text{ m}^3$)	Overstort- volume ($T=100$) [m ³]
30,4	14,0	2,0	1,0	26,6	226	2,8	Voldoet	-
30,4	11,5	2,5	1,0	27,3	259	2,5	Voldoet	-
30,4	9,5	3,0	1,0	27,1	282	2,3	Voldoet	-

* Uitgaande van een maaiveldniveau van NAP +31,8 m en een minimum gronddekking van 0,8 m

In tabel 8.3.1 is uitgegaan van een maaiveldniveau van NAP +31,8 m en een minimum gronddekking van 0,4 m. Het aanlegniveau dient ten minste 20 cm boven de GHG van NAP +30,2 m te worden gekozen.

Indien voor een kleinere voorziening wordt gekozen zal een vertraagde afvoer op het hemelwaterriool of op het oppervlaktewater gerealiseerd moeten worden, om zodoende de voorziening na 24 uur weer beschikbaar te hebben voor een volgende bui.

De in tabel 8.3.1 genoemde voorzieningen hebben allemaal voldoende capaciteit voor een bui $T=100$.



8.4 Overige ontwerpaspecten

We adviseren een bodemfilter aan te leggen rondom de infiltratievoorziening. Een bodemfilter bestaat uit een organische stof- en lutumhoudende toplaag waarin verontreinigingen zich binden. De samenstelling moet een compromis zijn tussen het bindend vermogen van verontreinigingen en de waterdoorlaatbaarheid van de toplaag. Aanbevolen wordt om een bodemfilter aan te leggen met een lutumgehalte van 3 - 5 % en een organische stofgehalte van 2 - 4 %. Indien organische stof wordt toegevoegd, dient dit te gebeuren in de vorm van stabiele humus, omdat 'verse' organische stof (amorfe humusdelen) gemakkelijk uitspoelt en dus ook de hieraan gebonden verontreinigingen. In principe kan deze samenstelling ook worden gehanteerd voor een bodemfilter rond ondergrondse voorzieningen. Om te voorkomen dat de waterdoorlaatbaarheid van deze systemen te veel negatief beïnvloedt wordt, wordt aanbevolen om rond een ondergrondse infiltratievoorziening een grindpakket (of een pakket van het vrijkomende materiaal) aan te leggen en hierom het bodemfilter aan te brengen.

Een andere mogelijkheid is om rondom de ondergrondse voorziening een speciale vlijlaag met geotextiel aan te brengen, zoals ook onder de bestrating van doorlatende verhardingen met zuiverende werking wordt toegepast. Hierin worden zware metalen gebonden en door microben olie en PAK's afgebroken terwijl de waterdoorlaatbaarheid goed is. Bij het toepassen van een bodemfilter hoeft slechts de eerste 8 mm neerslag door het filter geleid te worden. Bij deze 8 mm worden de meeste verontreinigingen door het water meegevoerd.

In verband met ontluchting bij het vullen van de infiltratieriolen dient het systeem van ontluchtingsbuizen naar het maaiveld te worden voorzien. Daarnaast dienen er inspectie- en onderhoudspunten gerealiseerd te worden zodat de infiltratievoorziening gereinigd kan worden bij onverhoopte verstoppingen.

De infiltratievoorziening dient op voldoende afstand (minimaal ca. 5 m) van belendende funderingen te worden aangelegd zodat het draagvermogen niet nadelig wordt beïnvloed. Indien de ruimte beperkt is kan als aanvullende maatregel tussen de fundering en de infiltratiekratten een verticaal, waterdicht folie worden geplaatst, zodat een verweking van de grond rondom de fundering wordt voorkomen.

Wij adviseren alvorens de ondergrondse infiltratiebuffer aan te brengen een filterdoek aan te brengen. In dit doek moet het infiltratie element worden aangelegd. Zodoende wordt een goede scheiding verkregen tussen de bestaande grondslag en het element.

Door bezinking van slibdeeltjes kan vervuiling van het systeem optreden, waardoor de goede werking wordt beïnvloed. Het is daarom gewenst om bij de inlaat van het systeem een slibvang in te bouwen, zodat vuil, bladeren, etc. kunnen worden afgevangen. Daarnaast kan het noodzakelijk zijn om het aanvoersysteem op te schonen. Aangezien de werking van het systeem sterk afhankelijk is van het onderhoud wordt geadviseerd hiervoor voorzieningen aan te brengen.

Tevens moet het systeem van een overloop naar de riolering of een waterloop worden voorzien. Bij zeer intensieve buien (bijvoorbeeld $T \geq 100$), zal het systeem het toestromende regenwater niet kunnen verwerken en kan het regenwater gecontroleerd naar elders afstromen.

9.0 FUNDERINGSADVIES

9.1 Algemeen

Gezien de aard van het project en de aangetroffen bodemopbouw kan voor de geplande nieuwbouw een fundering op staal worden uitgewerkt. Beide funderingssystemen zijn in het oriënterend funderingsadvies uitgewerkt.

9.2 Fundering op staal

In aanmerking komt een fundering op stroken. De funderingen zijn aan te leggen op een minimale vorstvrije diepte van ca. 0,8 m- toekomstig maaiveld. De minimale funderingsbreedte bedraagt 0,3 m.

Bij de berekening van de funderingsconstructie als een elastisch ondersteunde ligger, kan gebruik gemaakt worden van een beddingsconstante van ca. $3,5 \text{ MN/m}^3$. Of en in hoeverre de fundering van wapening moet worden voorzien is ter competentie van de constructeur.

In tabel 9.2.1 zijn de te hanteren niveaus sec ter plaatse van de sonderingen ten opzichte van NAP. gegeven. Indien de door ons gehanteerde uitgangspunten sterk mochten afwijken van de werkelijke, dan gelieve ons te contacteren.

Tabel 9.2.1: te hanteren niveaus voor de fundering

Sondering nr.	Maaiveldhoogte [m t.o.v. NAP]	Bouwpeilhoogte [m t.o.v. NAP]	Aanlegniveau [m t.o.v. NAP]	Minimaal ontgravingsniveau [m t.o.v. NAP]
SW01	31,63	31,80	31,00	30,70*
SW02	31,66	31,80	31,00	30,70*
SW03	31,81	31,80	31,00	30,50*

* Als gevolg van de nog te slopen bebouwing, kan de ondergrond tot een grotere diepte geroerd worden. Deze geroerde lagen dienen ontgraven te worden en vervangen te worden door grondverbeteringen conform de bijlage.

In ieder geval zal, indien plaatselijk op de in de tabel aangegeven ontgravingsniveaus nog zeer sterk samendrukbare, humushoudende lagen en/of losse geroerde gedeelten worden aangetroffen, dieper moeten worden ontgraven tot het schone en vaste zand wordt gevonden. Bij twijfels of afwijkingen gelieve ons kantoor te waarschuwen.

Waar hoger wordt aangelegd dan het minimale ontgravingsvlak zal een grondverbetering moeten worden aangebracht. Richtlijnen betreffende het aanbrengen van grondverbeteringen worden gegeven in de bijlagen. Het toepassen van een verdiepte aanzet middels schrale beton is eveneens toegestaan.

Bij bovenstaande wijze van funderen zijn de rekenwaarden voor de draagkracht loodrecht op het funderingsoppervlak gegeven in bijlage 5. Hierbij is gerekend met een gedraineerde, homogene ondergrond en rekening gehouden met de hoge grondwaterstand.

Teneinde een idee te verkrijgen van de orde van grootte van de zettingen, zijn berekeningen uitgevoerd met behulp van geschatte parameters. De optredende maximale zettingen schatten wij omtrent 20 tot 25 mm. De zettingsverschillen bedragen ca. 50%.



De rekenwaarde van de totale funderingsbelasting dient, na omrekening voor de funderingsbreedte, lager te zijn dan de door ons opgegeven rekenwaarden. Hiermede is aan de uiterste grenstoestand 1A (bezwijken van de funderingsgrondslag) voldaan.

Door de constructeur zal het uiteindelijke funderingsontwerp, op basis van de door ons opgegeven parameters, nog getoetst moeten worden aan de uiterste grenstoestand 1B (maximaal toelaatbare vervormingen in de funderingsconstructie).

9.3 Begane grondvloeren

De vloeren kunnen, nadat de teelaarde, losse geroerde grond en andere ongerechtigheden zijn verwijderd, op de aanwezige grondslag worden aangelegd. Het is mogelijk dat afhankelijk van de aangetroffen grondslag en de uiteindelijke bouwpeilvoering er nog een dunne grondverbetering moet worden aangebracht. Zie ook de richtlijnen uitvoering grondverbeteringen welke zijn opgenomen in de bijlagen.

In hoeverre de vloeren nog van wapening dienen te worden voorzien is ter competentie van de constructeur. Wij adviseren de vloeren los te houden van de overige constructies, zodat de eventuele zettingen ongestoord kunnen optreden.



10.0 UITVOERING

Voor een juiste uitvoering van de funderingswerkzaamheden is het noodzakelijk dat de grondwaterstand tenminste 0,5 meter-het ontgravingsvlak staat. Aangezien de huidige grondwaterstand op ca. NAP +29,6 m is aangetroffen en de GHG op ca. NAP +30,2 m, verwachten wij dat er - afhankelijk van het seizoen waarin de fundering wordt gerealiseerd - een bemaling moet worden toegepast om de grondwaterstand tot op ca. NAP +30,0 m te verlagen. Indien gewenst kunnen wij een bemalingsadvies verder voor u uitwerken.

Alvorens met de bouwwerkzaamheden wordt begonnen dient de grondwaterstand te worden geverifieerd. Dit kan middels het graven van één of meerdere proefgaten of het plaatsen van peilbuizen.

Bij het loodrecht uitgraven van de sleuven en/of de bouwput moet rekening worden gehouden met het inkalven van de wanden als gevolg van de weke en plaatselijk geroerde en weinig cohesieve bovengrond.

Vanwege de plaatselijk weke en verzadigde bodem zal zowel bij de ontgravingswerkzaamheden alsmede bij het aanbrengen van de grondverbetering zorgvuldig te werk moeten worden gegaan om een "dolle" ondergrond te voorkomen. De werkingsdiepte van de verdichtingsapparatuur moet zijn afgestemd op de dikte van de aan te brengen lagen van het grondverbeteringspakket.

De ontgravingswerkzaamheden dienen achteruit werkend te geschieden. Het berijden of betreden van de put moet na het ontgraven worden vermeden. Zie ook de richtlijnen grondverbeteringen in de bijlagen.

Het verdient aanbeveling om het ontgravingsvlak, indien dit althans niet te veel leem- en/of klei bevat, zorgvuldig en in droge toestand af te trillen. Zodoende worden ontgravingsverstoringen teniet gedaan en wordt een zo optimaal mogelijke funderingsgrondslag verkregen.

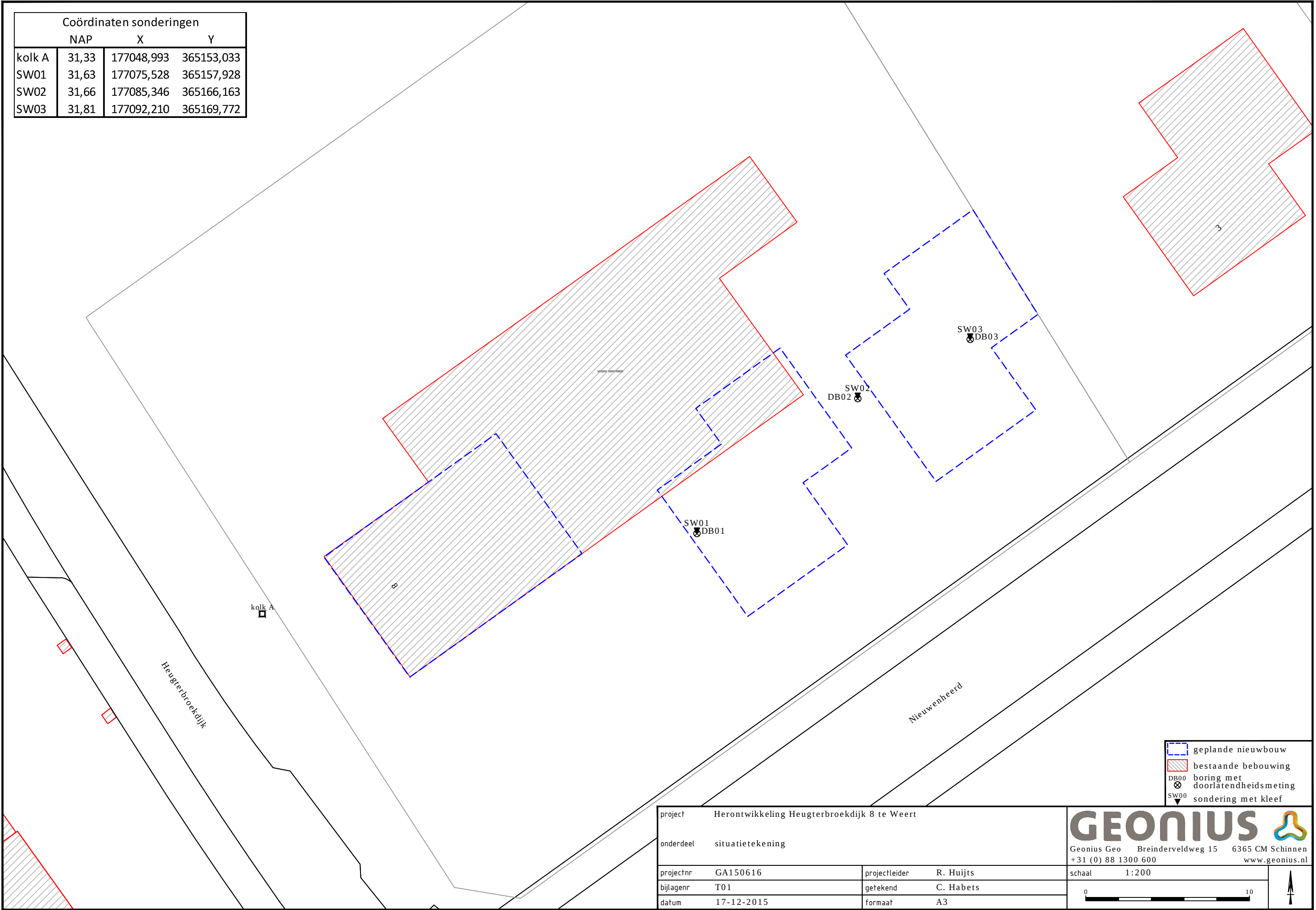
Bij de ontgravingswerkzaamheden ten behoeve van de funderingen zal het vrijkomend materiaal uit puin, leem, zand, etc. bestaan. Bij eventuele afvoer van de grond van de bouwlocatie zal er rekening moeten worden gehouden dat de benodigde milieukundige verklaringen (b.v. AP04) aanwezig zijn. Indien gewenst kunnen wij dit voor u verzorgen.

Bijlage 1:

Situatietekening

GA150616.T01

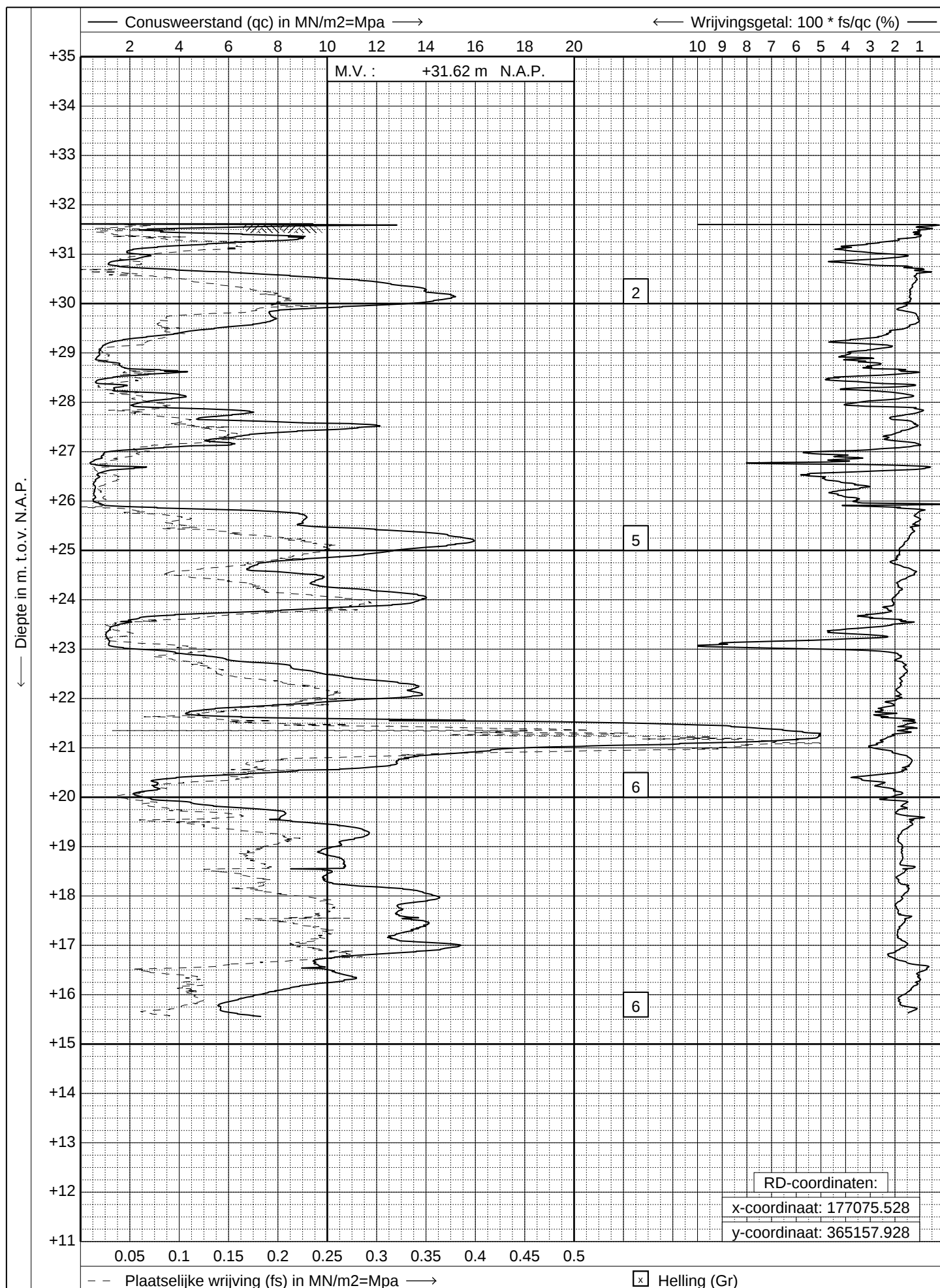
Coördinaten sonderingen			
	NAP	X	Y
kolk A	31,33	177048,993	365153,033
SW01	31,63	177075,528	365157,928
SW02	31,66	177085,346	365166,163
SW03	31,81	177092,210	365169,772



Bijlage 2

Sondeergrafieken

GA150616 SW01 t/m SW03



GEONIUS

www.geonius.eu
E-mail: info@geonius.eu
Tel.: 046-4572666
Fax.: 046-4572679

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1

Project : **Herontwikkeling Heugterbroekdijk 8**

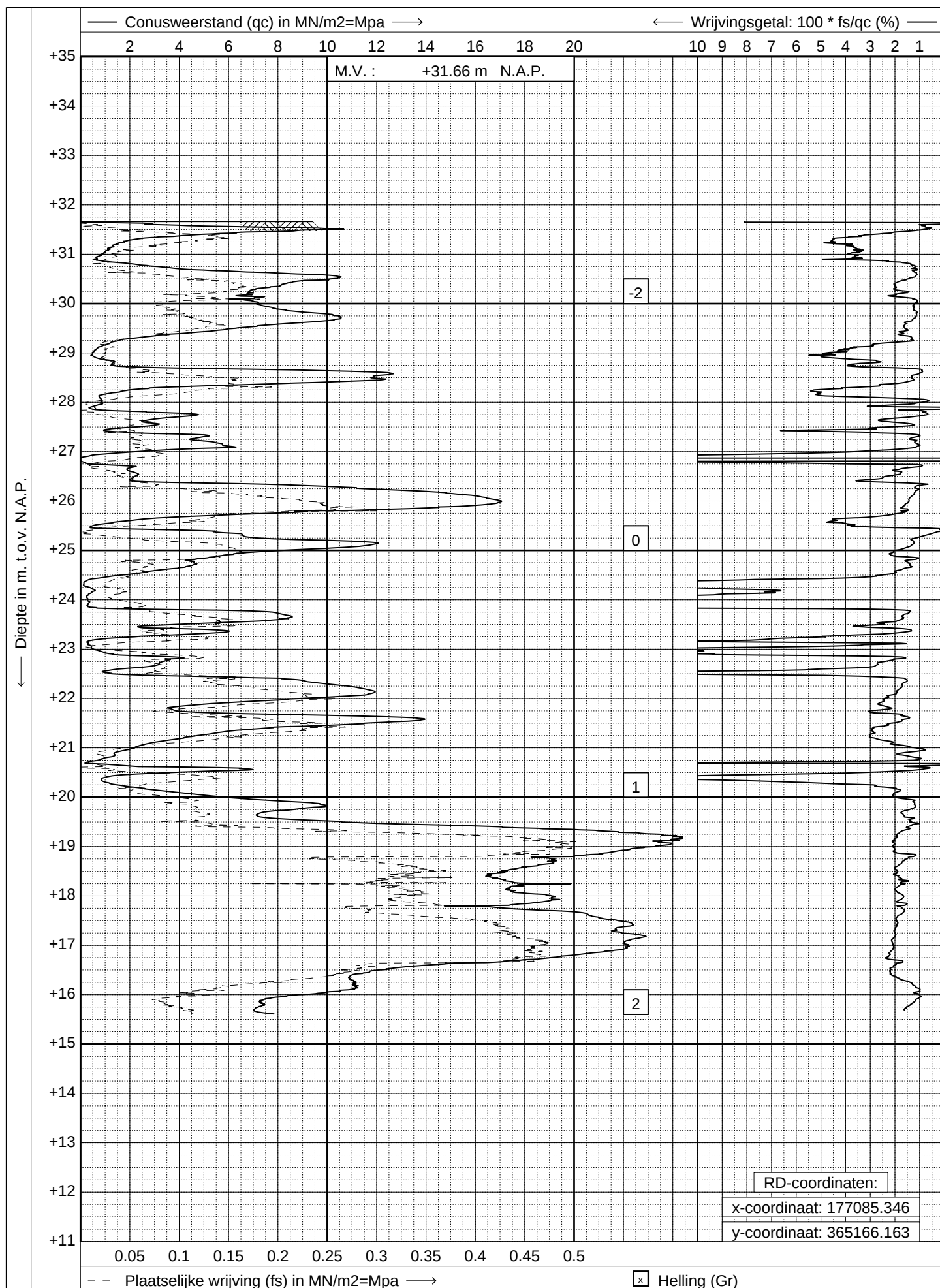
Locatie : **Weert**

Datum : **22-12-2015**

Conus : **S15-CFI.485**

Opdracht : **GA150616**

Sondering : **01**



GEONIUS

www.geonius.eu
 E-mail: info@geonius.eu
 Tel.: 046-4572666
 Fax.: 046-4572679

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1

Project : **Herontwikkeling Heugterbroekdijk 8**

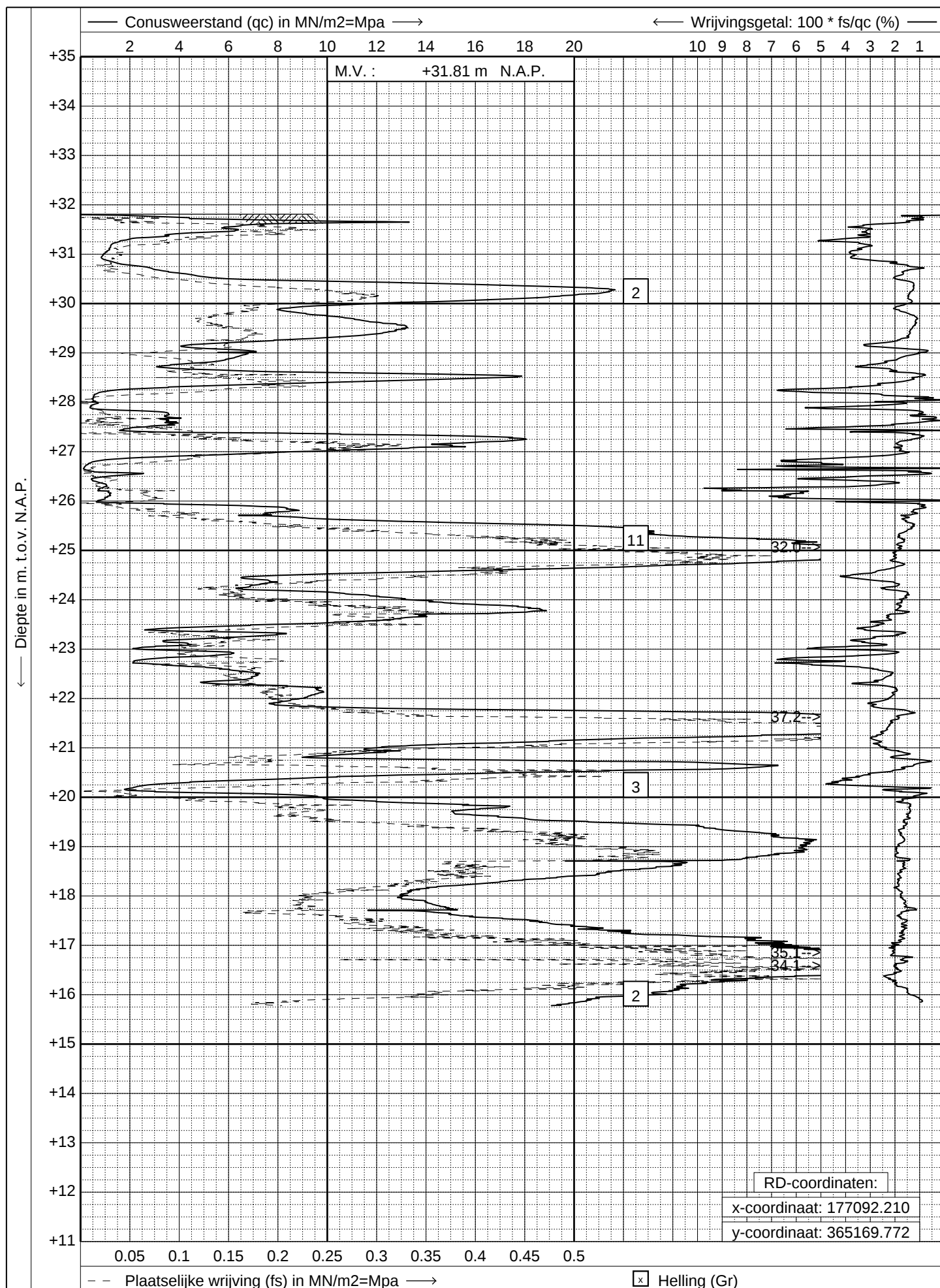
Locatie : **Weert**

Datum : **22-12-2015**

Conus : **S15-CFI.485**

Opdracht : **GA150616**

Sondering : **02**



GEONIUS

www.geonius.eu
E-mail: info@geonius.eu
Tel.: 046-4572666
Fax.: 046-4572679

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1

Project : Herontwikkeling Heugterbroekdijk 8

Locatie : Weert

Datum : 22-12-2015

Conus : S15-CFI.485

Opdracht : GA150616

Sondering : 03

Bijlage 3

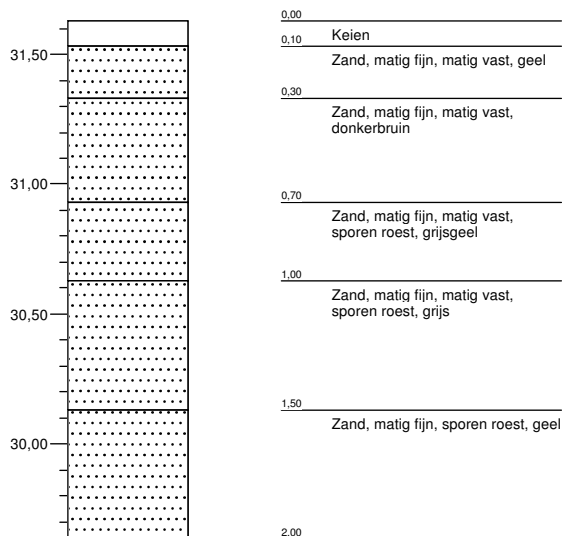
Boringen

GA150616 B01 t/m B03

opdrachtnummer : GA150616
projectomschrijving : Herontwikkeling heugterbroekdijk 8 te Weert

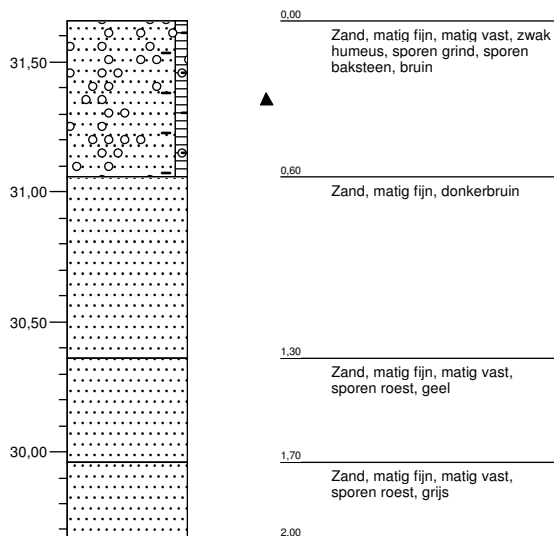
boring: DB01

Maaiveldhoogte : 31,63 m. t.o.v. N.A.P. X:coördinaat : 117075,53
 cm. - mv. Y:coördinaat : 365157,93
 Datum : 22-12-2015
 Opmerking: Bij SW01



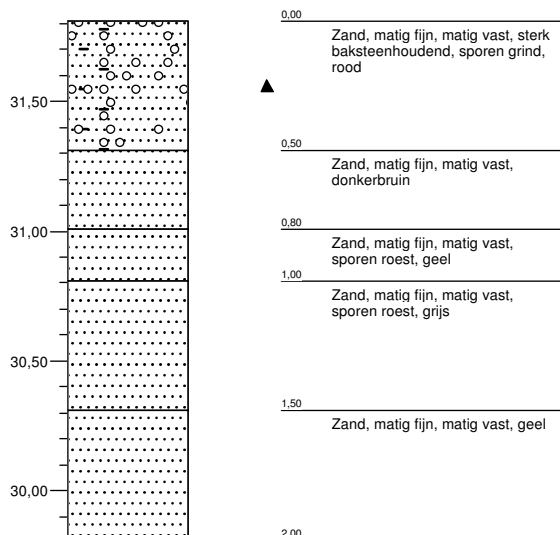
boring: DB02

Maaiveldhoogte : 31,66 m. t.o.v. N.A.P. X:coördinaat : 177085,35
 cm. - mv. Y:coördinaat : 365166,16
 Datum : 22-12-2015
 Opmerking: Bij SW02



boring: DB03

Maaiveldhoogte : 31,81 m. t.o.v. N.A.P. X:coördinaat : 177092,21
 cm. - mv. Y:coördinaat : 365169,77
 Datum : 22-12-2015
 Opmerking: Bij SW03



Bijlage 4

Doorlatendheidsmetingen

GA150616 DM01 t/m DM03

Formule om de doorlatendheid volgens Porchet te bepalen :

$$k_f = 1,15 \cdot r \cdot (\log(h_0 + r/2) - \log(h_1 + r/2)) / dt \text{ [cm/s]}$$

Hierbij is :

h_0 = waterhoogte in boorgat op tijdstip $t = t_0$

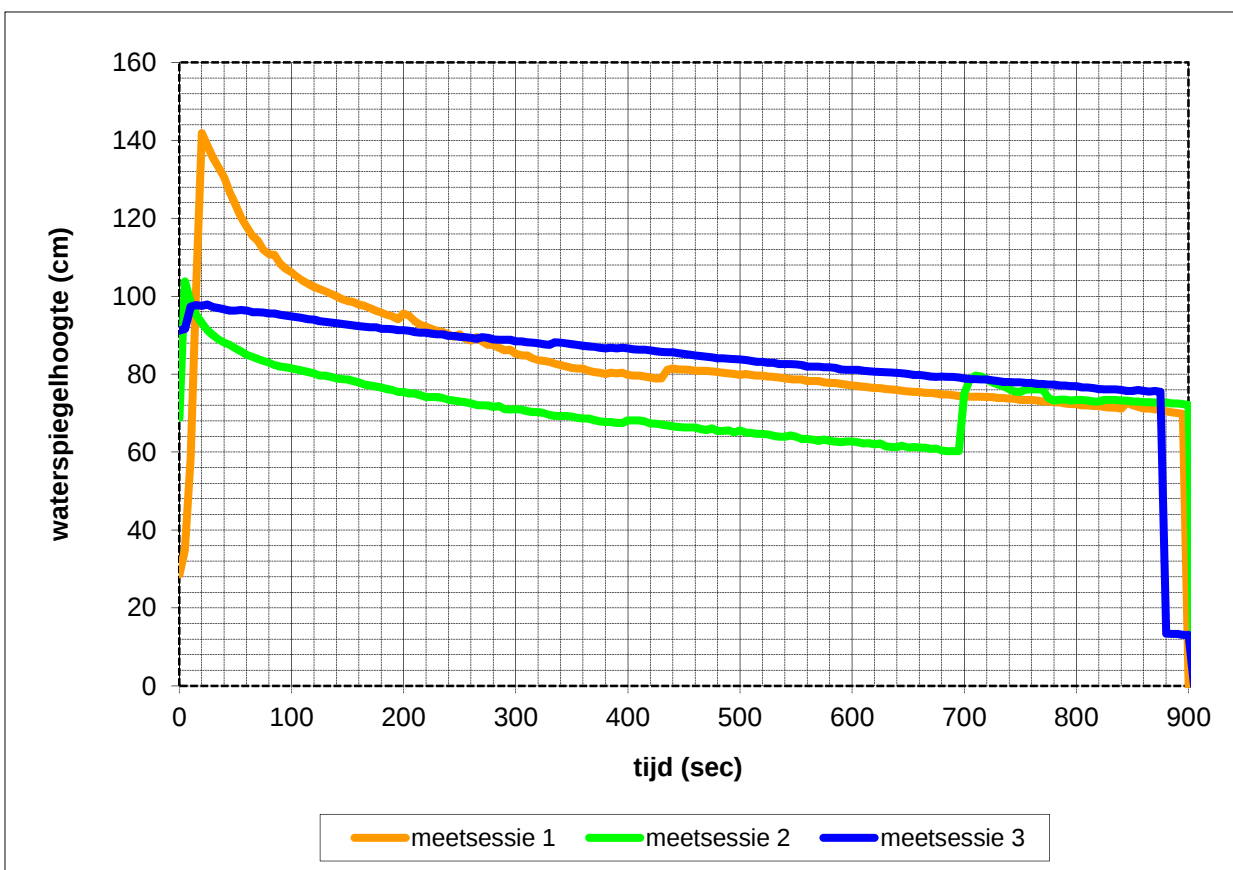
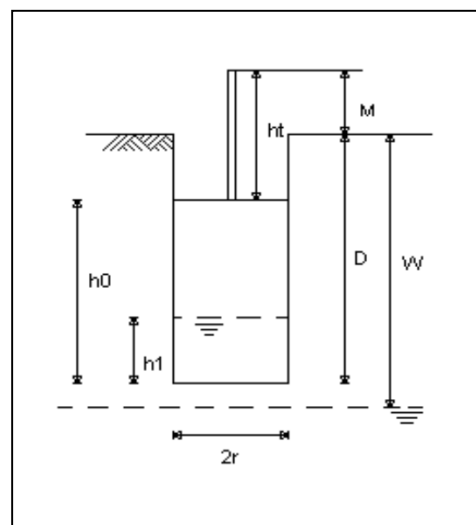
h_1 = waterhoogte in boorgat op tijdstip $t = t_1$

r = boorgatradius

dt = verlopen tijd van $t = t_0$ tot $t = t_1$

Onderzoekswaarden

Diepte boorgat	D :	200	cm
Standaardhoogte	M :	0	cm
Radiusboorgat	R :	3,5	cm
Grondwater	W :	0	cm



Meetsessie 1

t_0 =	200	sec
h_0 =	95,6	cm
t_1 =	400	sec
h_1 =	79,8	cm
k_f =	1,55E-05	m/s
k_f =	1,33734569	m/dag
rc =	-0,00079	m/s

Meetsessie 2

t_0 =	100	sec
h_0 =	81,4	cm
t_1 =	400	sec
h_1 =	68,1	cm
k_f =	1,02E-05	m/s
k_f =	0,877466213	m/dag
rc =	-0,00044333	m/s

Meetsessie 3

t_0 =	100	sec
h_0 =	94,8	cm
t_1 =	400	sec
h_1 =	86,6	cm
k_f =	5,17E-06	m/s
k_f =	0,446822036	m/dag
rc =	-0,000273333	m/s

Formule om de doorlatendheid volgens Porchet te bepalen :

$$k_f = 1,15 \cdot r \cdot (\log(h_0 + r/2) - \log(h_1 + r/2)) / dt \text{ [cm/s]}$$

Hierbij is :

h_0 = waterhoogte in boorgat op tijdstip $t = t_0$

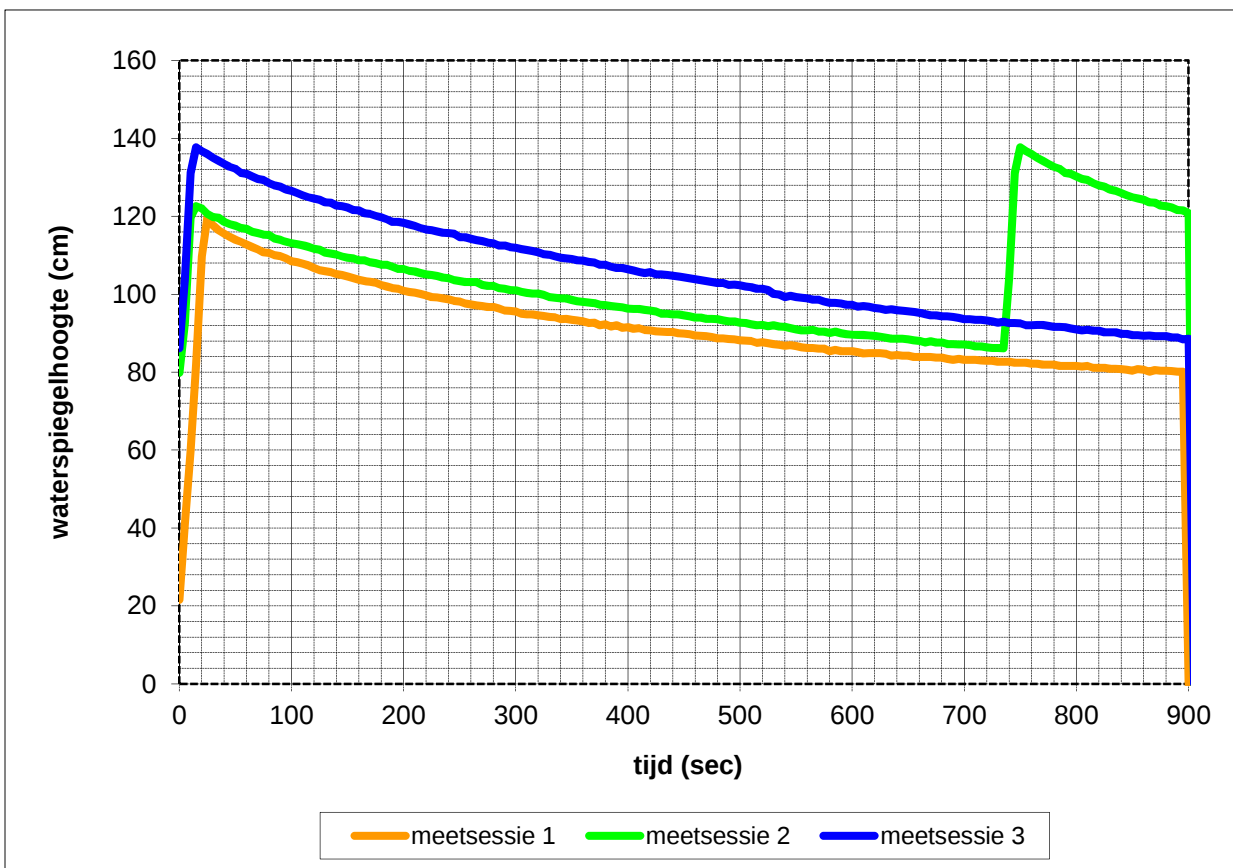
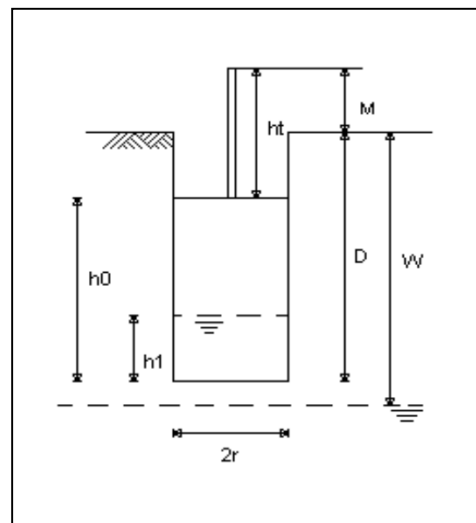
h_1 = waterhoogte in boorgat op tijdstip $t = t_1$

r = boogtradius

dt = verlopen tijd van $t = t_0$ tot $t = t_1$

Onderzoekswaarden

Diepte boorgat	D :	200	cm
Standaardhoogte	M :	0	cm
Radiusboorgat	R :	3,5	cm
Grondwater	W :	0	cm



Meetsessie 1

t_0 =	200	sec
h_0 =	100,9	cm
t_1 =	600	sec
h_1 =	85,4	cm
k_f =	7,15E-06	m/s
k_f =	0,618070042	m/dag
rc =	-0,0003875	m/s

Meetsessie 2

t_0 =	200	sec
h_0 =	106,5	cm
t_1 =	600	sec
h_1 =	89,6	cm
k_f =	7,42E-06	m/s
k_f =	0,640916058	m/dag
rc =	-0,0004225	m/s

Meetsessie 3

t_0 =	200	sec
h_0 =	118,3	cm
t_1 =	600	sec
h_1 =	97,3	cm
k_f =	8,40E-06	m/s
k_f =	0,726015809	m/dag
rc =	-0,000525	m/s

Formule om de doorlatendheid volgens Porchet te bepalen :

$$k_f = 1,15 \cdot r \cdot (\log(h_0 + r/2) - \log(h_1 + r/2)) / dt \text{ [cm/s]}$$

Hierbij is :

h_0 = waterhoogte in boorgat op tijdstip $t = t_0$

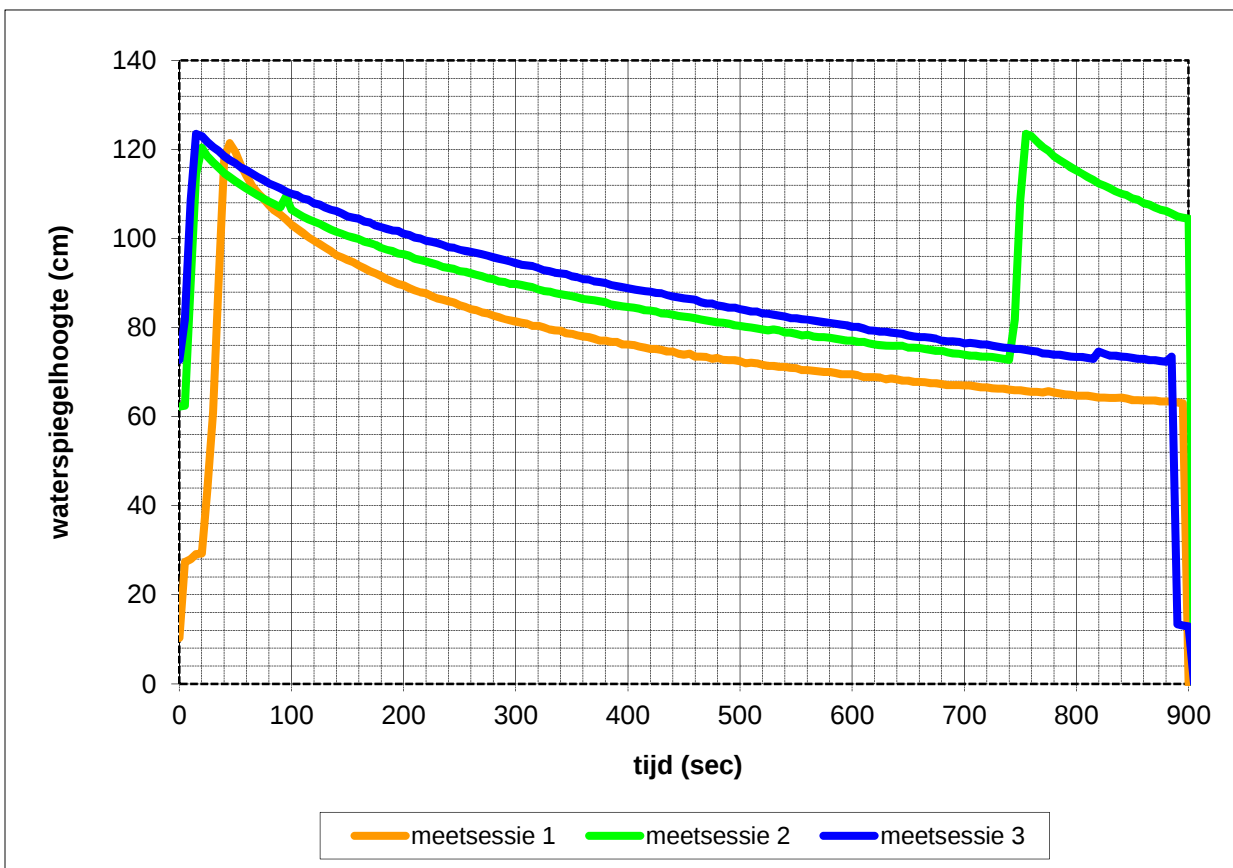
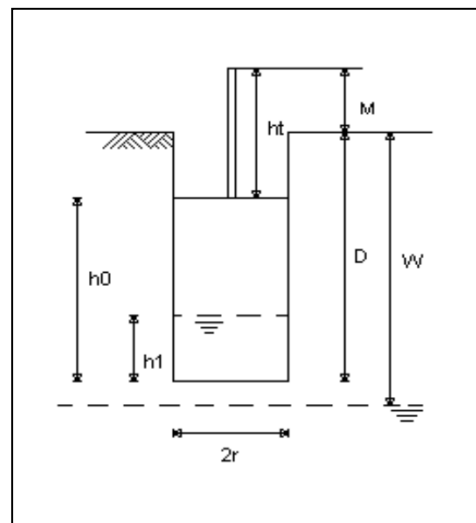
h_1 = waterhoogte in boorgat op tijdstip $t = t_1$

r = boorgatradius

dt = verlopen tijd van $t = t_0$ tot $t = t_1$

Onderzoekswaarden

Diepte boorgat	D :	200	cm
Standaardhoogte	M :	0	cm
Radiusboorgat	R :	3,5	cm
Grondwater	W :	0	cm



Meetsessie 1

t_0 =	200	sec
h_0 =	89,5	cm
t_1 =	600	sec
h_1 =	69,5	cm
k_f =	1,08E-05	m/s
k_f =	0,934152951	m/dag
rc =	-0,0005	m/s

Meetsessie 2

t_0 =	200	sec
h_0 =	96,5	cm
t_1 =	600	sec
h_1 =	77,1	cm
k_f =	9,61E-06	m/s
k_f =	0,830545309	m/dag
rc =	-0,000485	m/s

Meetsessie 3

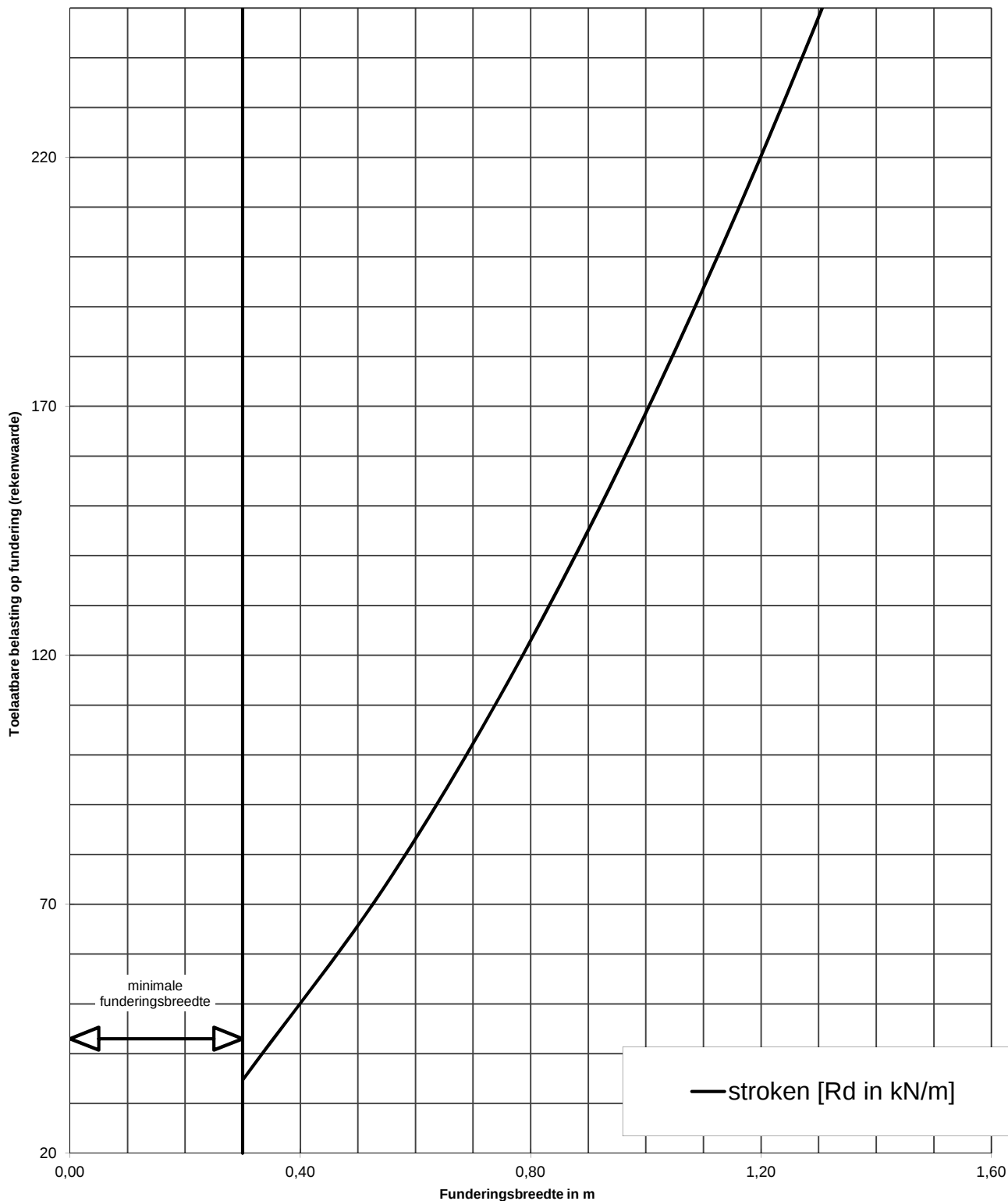
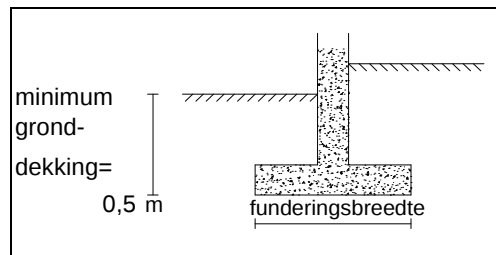
t_0 =	200	sec
h_0 =	101,1	cm
t_1 =	600	sec
h_1 =	80,2	cm
k_f =	9,93E-06	m/s
k_f =	0,85770951	m/dag
rc =	-0,0005225	m/s

Bijlage 5

Funderingsdrukdiagram

Rekenwaarde voor de maximaal toelaatbare belasting volgens NEN 9997-1C1:2012 **bij verticaal centrisch belaste funderingen**

Bijlagenr. : GA150616
 Project : Nieuwbouw Heugterbroekdijk 8
 Locatie : Gemeente Weert
 Grondsoort : Zand/leem
 Volumiek gewicht : 14,0 kN/m³
 Hoek inw. wrijving : 30,0 graden
 Cohesie : 0,0 kN/m²



Bijlage 6

Dimensionering infiltratie element

Projectnummer GA150616
Omschrijving Heugterbroekdijk 8
 Gemeente Weert

datum 12-1-2016

Infiltratie met kratten uitgaande stationaire toestand met verhang van 0,5 meter

Uitgangspunten

Neerslag (mm)		Eigenschappen bodem	
hoeveelheid	r (mm)	50	doorlatendheid
Oppervlak	A (m ²)	286	gemeten k (m/d)
reductie	r (%)	1	veiligheid (-)
totaal	R (m ³)	14,3	wand kw (m/d)
porositeit krat (p)		0,95	vloer kv (m/d)
			Verhang l (-)
			0,5

Afmetingen van de infiltratiesleuf

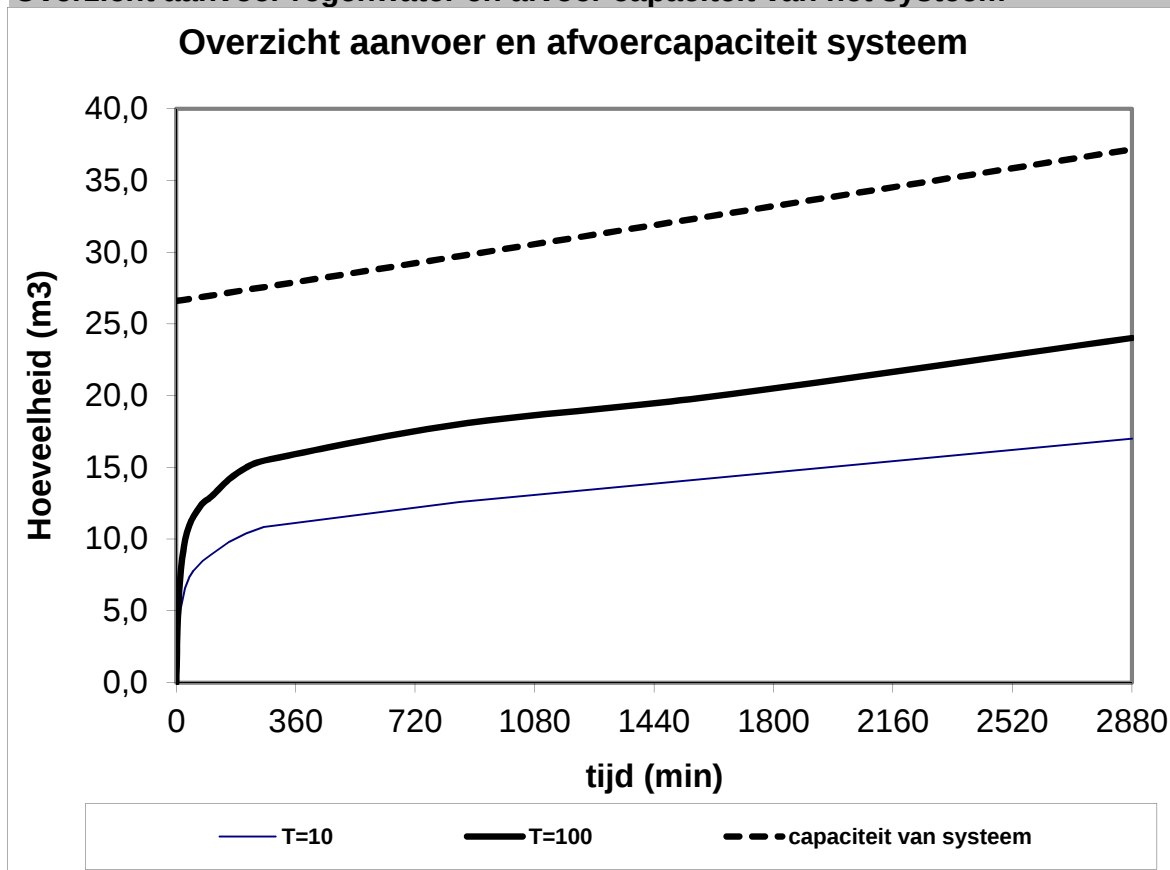
Lengte	hoogte	breedte	Berging Systeem	
m	m	m	m ³	
14	1	2	26,6	

0

Herhalingskans bui 1x per 100 jaar

duur bui	neerslag	afstromend regenwater	afvoer capaciteit	Systeem	neerslag	afstromend regenwater	systeem	naar elders
min	mm	m ³	m ³		mm	m ³		m ³
0	0,0	0,0	26,6	voldoet	0	0,0	voldoet	0,0
4	9,9	2,8	26,6	voldoet	14,6	4,2	voldoet	0,0
13	17,8	5,1	26,6	voldoet	26,9	7,7	voldoet	0,0
26	23,0	6,6	26,7	voldoet	34,6	9,9	voldoet	0,0
40	25,6	7,3	26,7	voldoet	38,3	11,0	voldoet	0,0
53	27,3	7,8	26,8	voldoet	40,5	11,6	voldoet	0,0
79	29,7	8,5	26,9	voldoet	43,7	12,5	voldoet	0,0
105	31,2	8,9	27,0	voldoet	45,3	13,0	voldoet	0,0
158	34,3	9,8	27,2	voldoet	49,5	14,2	voldoet	0,0
211	36,4	10,4	27,4	voldoet	52,4	15,0	voldoet	0,0
263	37,9	10,8	27,6	voldoet	54,1	15,5	voldoet	0,0
853	44,0	12,6	29,7	voldoet	63,0	18,0	voldoet	0,0
1640	50,0	14,3	32,6	voldoet	70,0	20,0	voldoet	0,0
2880	59,5	17,0	37,2	voldoet	84,0	24,0	voldoet	0,0

Overzicht aanvoer regenwater en afvoer capaciteit van het systeem



Projectnummer GA150616
Omschrijving Heugterbroekdijk 8
 Gemeente Weert

datum 12-1-2016

Infiltratie met kratten uitgaande stationaire toestand met verhang van 0,5 meter

Uitgangspunten

Neerslag (mm)		Eigenschappen bodem		
hoeveelheid	r (mm)	50	doorlatendheid	
Oppervlak	A (m ²)	286	gemeten	k (m/d)
reductie	r (%)	1	veiligheid	(-)
totaal	R (m ³)	14,3	wand	kw (m/d)
porositeit krat (p)		0,95	vloer	kv (m/d)
			Verhang	l (-)

Afmetingen van de infiltratiesleuf

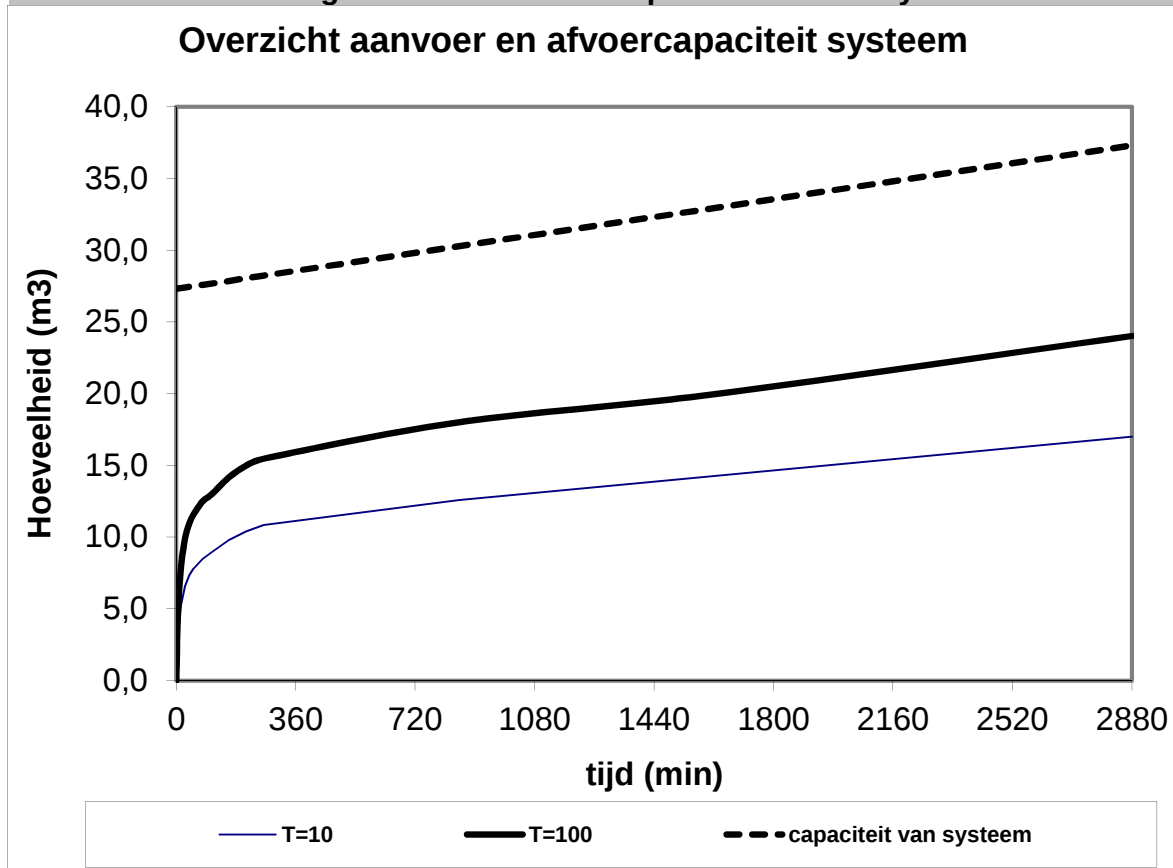
Lengte	hoogte	breedte	Berging Systeem	
m	m	m	m ³	
11,5	1	2,5	27,3	

0

Herhalingskans bui 1x per 100 jaar

duur bui	neerslag	afstromend regenwater	afvoer capaciteit	Systeem	neerslag	afstromend regenwater	systeem	naar elders
min	mm	m ³	m ³		mm	m ³		m ³
0	0,0	0,0	27,3	voldoet	0	0,0	voldoet	0,0
4	9,9	2,8	27,3	voldoet	14,6	4,2	voldoet	0,0
13	17,8	5,1	27,4	voldoet	26,9	7,7	voldoet	0,0
26	23,0	6,6	27,4	voldoet	34,6	9,9	voldoet	0,0
40	25,6	7,3	27,4	voldoet	38,3	11,0	voldoet	0,0
53	27,3	7,8	27,5	voldoet	40,5	11,6	voldoet	0,0
79	29,7	8,5	27,6	voldoet	43,7	12,5	voldoet	0,0
105	31,2	8,9	27,7	voldoet	45,3	13,0	voldoet	0,0
158	34,3	9,8	27,9	voldoet	49,5	14,2	voldoet	0,0
211	36,4	10,4	28,0	voldoet	52,4	15,0	voldoet	0,0
263	37,9	10,8	28,2	voldoet	54,1	15,5	voldoet	0,0
853	44,0	12,6	30,3	voldoet	63,0	18,0	voldoet	0,0
1640	50,0	14,3	33,0	voldoet	70,0	20,0	voldoet	0,0
2880	59,5	17,0	37,3	voldoet	84,0	24,0	voldoet	0,0

Overzicht aanvoer regenwater en afvoer capaciteit van het systeem



Projectnummer GA150616
Omschrijving Heugterbroekdijk 8
 Gemeente Weert

datum 12-1-2016

Infiltratie met kratten uitgaande stationaire toestand met verhang van 0,5 meter

Uitgangspunten

Neerslag (mm)		Eigenschappen bodem	
hoeveelheid	r (mm)	50	doorlatendheid
Oppervlak	A (m ²)	286	gemeten k (m/d)
reductie	r (%)	1	veiligheid (-)
totaal	R (m ³)	14,3	wand kw (m/d)
porositeit krat (p)		0,95	vloer kv (m/d)
			Verhang l (-)
			0,5

Afmetingen van de infiltratiesleuf

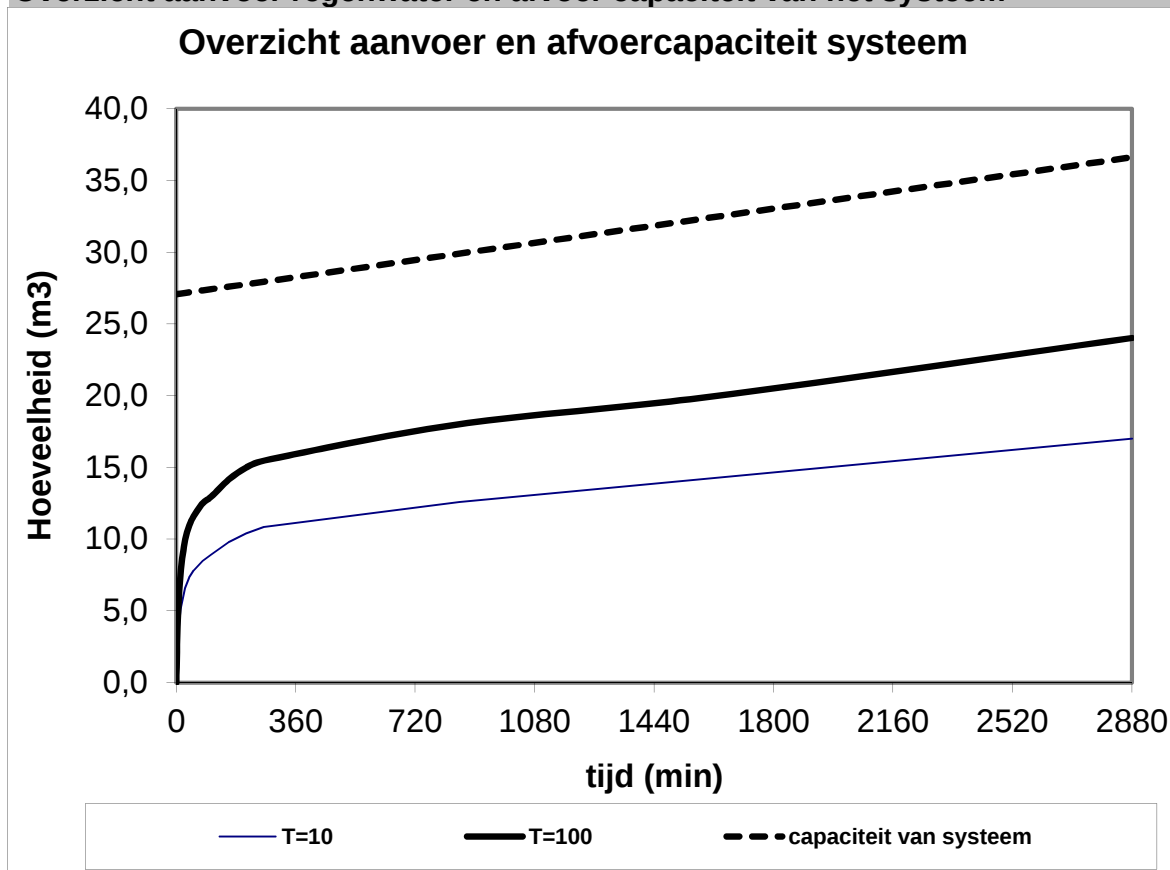
Lengte	hoogte	breedte	Berging Systeem	
m	m	m	m ³	
9,5	1	3	27,1	

0

Herhalingskans bui 1x per 100 jaar

duur bui	neerslag	afstromend regenwater	afvoer capaciteit	Systeem	neerslag	afstromend regenwater	systeem	naar elders
min	mm	m ³	m ³		mm	m ³		m ³
0	0,0	0,0	27,1	voldoet	0	0,0	voldoet	0,0
4	9,9	2,8	27,1	voldoet	14,6	4,2	voldoet	0,0
13	17,8	5,1	27,1	voldoet	26,9	7,7	voldoet	0,0
26	23,0	6,6	27,2	voldoet	34,6	9,9	voldoet	0,0
40	25,6	7,3	27,2	voldoet	38,3	11,0	voldoet	0,0
53	27,3	7,8	27,2	voldoet	40,5	11,6	voldoet	0,0
79	29,7	8,5	27,3	voldoet	43,7	12,5	voldoet	0,0
105	31,2	8,9	27,4	voldoet	45,3	13,0	voldoet	0,0
158	34,3	9,8	27,6	voldoet	49,5	14,2	voldoet	0,0
211	36,4	10,4	27,8	voldoet	52,4	15,0	voldoet	0,0
263	37,9	10,8	27,9	voldoet	54,1	15,5	voldoet	0,0
853	44,0	12,6	29,9	voldoet	63,0	18,0	voldoet	0,0
1640	50,0	14,3	32,5	voldoet	70,0	20,0	voldoet	0,0
2880	59,5	17,0	36,6	voldoet	84,0	24,0	voldoet	0,0

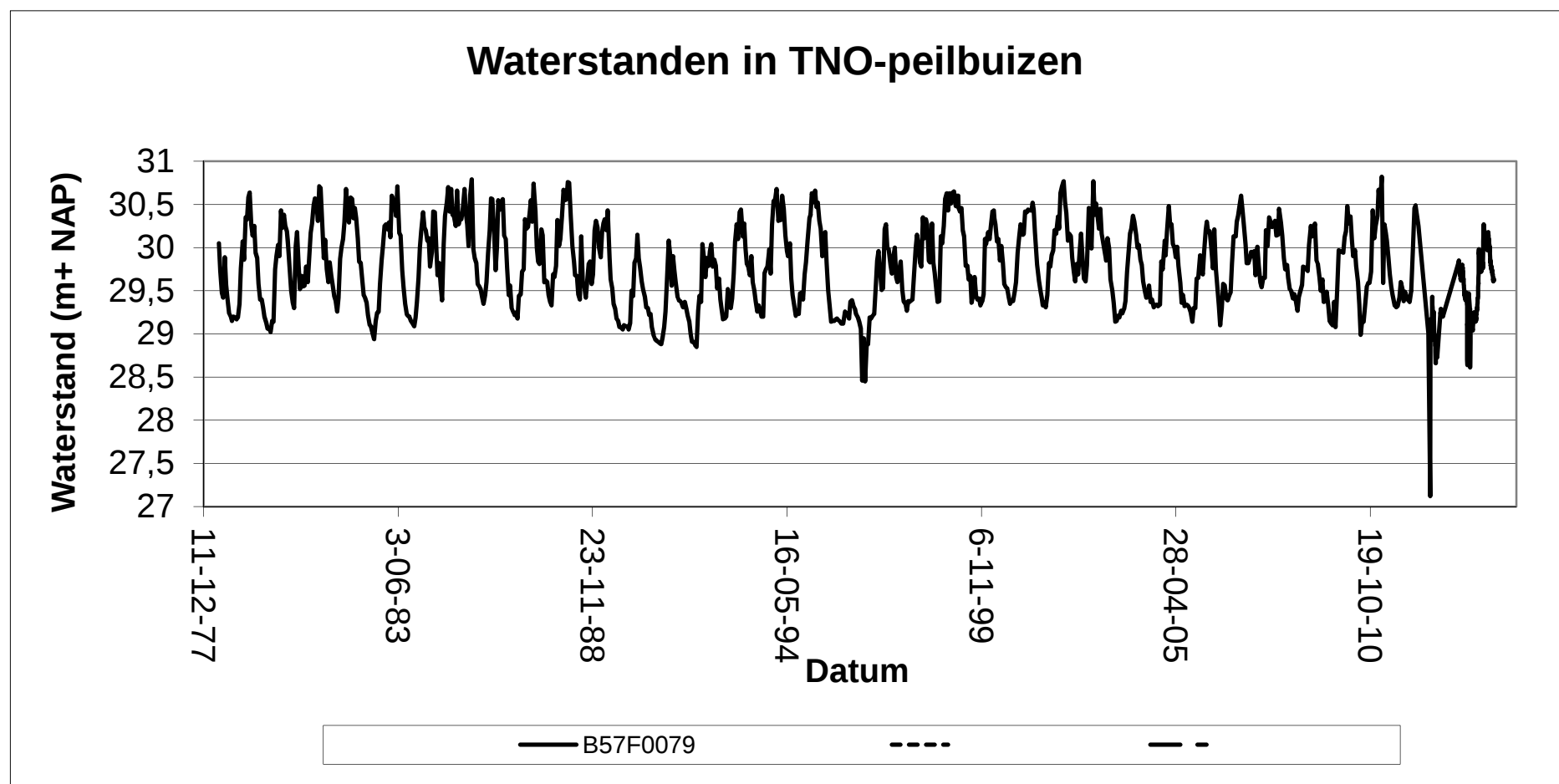
Overzicht aanvoer regenwater en afvoer capaciteit van het systeem



Opdracht nummer: GA150616
 Project: Hydrologisch onderzoek Heugterbroekdijk 8, gemeente Weert

Bijlagen TNO-waterstanden

Peilbuis	X-coördinaat	Y-coördinaat	maaiveld m+ NAP	onderkant filter m+ NAP	Waterstand				meetperiode		Onderscheidingkans	
					gemiddeld m+ NAP	maximaal m+ NAP	minimaal m+ NAP	maximaal verschil	start	eind	84,10% GHG	15,90% GLG
B57F0079	175830	365089	31,34	23,57	29,69	30,82	27,12	3,70	1978	2014	30,20	29,20



Bijlage 7:

Richtlijnen uitvoering

Bijlage Grondverbeteringen



RICHTLIJNEN VOOR HET UITVOEREN VAN GRONDVERBETERINGEN

Het te gebruiken materiaal

Onderstaand zijn de eisen omschreven waaraan het materiaal moet voldoen dat voor een grondverbetering wordt gebruikt. De genoemde percentages zijn gewichtspercentages.

- Het materiaal moet bestaan uit schoon en goed gegradeerd zand en/of grind. Verschillende korrelgroottes (fracties) moeten ieder in voldoende hoeveelheid aanwezig zijn.
- De uniformiteitscoëfficiënt $U = D_{60} / D_{10}$ dient minimaal 2,0 te bedragen. Hierin is D_{10} de korreldiameter met een zeefdoorval van 10 % en D_{60} de korreldiameter met een zeefdoorval van 60 %.
- De korrelfractie kleiner dan 63 μm (silt en klei) mag in het algemeen niet meer bedragen dan 5 %. Indien minder strenge eisen aan de grondverbetering worden gesteld is een percentage van 10 % < 63 μm toelaatbaar.
- Het humusgehalte (gehalte organische stof) mag ten hoogste 2 % bedragen.
- De korrelvorm is bij voorkeur hoekig.
- De curve van de (verzwaarde) proctorproef van het watergehalte versus de maximaal te bereiken (droge) dichtheid dient bij voorkeur een flauw verloop te hebben rond het optimale watergehalte. Hierdoor kan een goede verdichting worden verkregen bij verschillende watergehalten.

Controle op het te gebruiken materiaal

Voordat met de uitvoering wordt begonnen zal, afhankelijk van de te stellen eisen aan de grondverbetering, het te gebruiken materiaal moeten worden onderzocht op korrelgrootteverdeling, korrelvorm en verdichtbaarheid.

Dit geldt zowel voor het van nature aanwezige zand als voor eventueel aan te voeren zand. Na een eventuele visuele inspectie waarmee een eerste algehele indruk wordt verkregen, kan het onderzoek geschieden door middel van respectievelijk een zeefanalyse, microscopisch onderzoek en de (verzwaarde) proctorproef.

Het aanbrengen en verdichten

- Voor het aanbrengen van de grondverbetering dient de grondwaterstand minimaal ca. **50 cm** onder het ontgravingsvlak te staan. Zonodig zal de grondwaterstand verlaagd moeten worden. Bij een hogere grondwaterstand kunnen, afhankelijk van de doorlatendheid van de ondergrond en het te gebruiken materiaal, alsmede van de tril-apparatuur, drijfzand-condities optreden (liquefaction).
- De aanlegbreedte van de grondverbetering zal zodanig moeten zijn dat een spreiding van de funderingsdrukken mogelijk is onder een hoek van 45^0 met de horizontaal vanaf de onderste randen van de fundering.
- Indien de grondslag uit niet-cohesief materiaal zoals zand of grind (met een laag leemgehalte) bestaat, dient het ontgravingsvlak met een lichte trilplaat te worden afgetrild, voordat de grondverbetering wordt aangebracht. Cohesief materiaal zoals leem/löss kan niet of nauwelijks worden verdicht.
- Middels een (verzwaarde) proctorproef kan het optimale watergehalte van het materiaal worden bepaald in relatie tot de hoogst verkregen dichtheid bij een constante hoeveelheid toegevoerde energie. Het watergehalte zal in de regel tijdens het verdichten tussen de ca. 8 en 15 % moeten bedragen. **Indien het materiaal óf te nat óf te droog is wordt zelden de vereiste verdichting verkregen !**



- De grondverbetering dient laagsgewijs te worden opgebouwd. De laagdikte moet in overeenstemming zijn met de verdichtingsapparatuur. In het volgend schema geeft een globale indicatie bij de toepassing van trilplaten :

Centrifugaal- kracht (kN)	Gewicht (kg)	Laagdikte (cm)
-----	-----	-----
10 - 20	< 100	20
25 - 40	150 - 300	30
50 - 80	400 - 600	40
> 100	> 650	50 - 60

Opgemerkt wordt dat de volgens fabrieksspecificatie opgegeven dieptewerking geen maatstaf is voor de toe te passen laagdikte.

- Elke laag moet zorgvuldig worden verdicht. Hiervoor zijn minimaal 4 gangen nodig, elkaar kruisend en overlappend. Aangezien de effectiviteit van de apparatuur zeer snel met de diepte afneemt, moet bij grotere laagdikte rekening worden gehouden met een forse toename van het aantal benodigde gangen. De effectiviteit en daarmee van het aantal benodigde gangen is ook afhankelijk van het onderhoud en de slijtage van de apparatuur.
- Wanneer zware trilapparatuur wordt gebruikt, dient het funderingsniveau nagetrild te worden met een lichte trilplaat, omdat een zware trilplaat of -wals de bovenste laag (ca. 15 cm) niet verdicht of losschudt.

Controle op het aanbrengen en verdichten

Controle op de kwaliteit van de aangebrachte grondverbetering kan geschieden op onderstaande wijze :

- Verkenning met het visiteerijzer. Hiermee kan een indruk worden verkregen van de bovenste laag van het grondverbeteringspakket.
- Mechanische (lichte) slagsonderingen. Hierbij kan het volledige grondverbeteringspakket worden gecontroleerd.
- Hydraulische sonderingen. Indien de aangebrachte grondverbetering berijdbaar is voor een sondeertruck kan op deze wijze het volledige pakket worden doorgelicht.
- Handsonderingen. Vanwege de beperkte mogelijkheden met betrekking tot de te meten conusweerstand en de te bereiken diepte kan hiermee een pakket van maximaal ca. 50 cm dikte worden gecontroleerd.
- In-situ-dichtheidsbepalingen. Met behulp van volume-steekringen worden monsters genomen waarvan de dichtheid wordt bepaald. Ook nucleaire dichtheidsmetingen kunnen worden gebruikt.
- Plaatdrukproeven. Hiermee wordt een indruk verkregen van het zettingsgedrag van een grondverbeteringspakket en daarmee van de kwaliteit.

Te stellen eisen aan de aangebrachte grondverbetering

Bij de controle van de kwaliteit van de aangebrachte grondverbetering worden de volgende kwalitatieve maatstaven gehanteerd:

- De indringing van een visiteerijzer met een doorsnede van 8 mm mag niet meer bedragen dan 10 à 15 cm.
- De conusweerstand moeten tot een diepte van 60 cm gelijkmatig oplopen tot ca. 6 MN/m² bij hydraulische of hand-sonderingen of 25 à 30 slagen per 20 cm bij lichte slagsonderingen (10 kg). Hieronder moeten de conusweerstand een waarde bereiken van minimaal ca. 10 MN/m² of 45 à 50 slagen per 20 cm bij lichte slagsonderingen.
- De dichtheid moet ca. 95 à 98 % bedragen van de maximale dichtheid, zoals bepaald met de proctorproef.