

Opdrachtgever:

**Gemeente Deurne
Postbus 3
5750 AA Deurne**

Rapportnummer:

92365-XA

Datum rapport:

24 november 2011

Status rapport:

Gecontroleerd

Versie rapport:

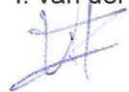
Revisie 0

Rapport
Geotechnisch en geohydrologisch onderzoek
**Locatie aan de Rector Nuytsstraat 6 te
Helenaveen**

Lankelma Geotechniek Zuid B.V.

Moorland 4a
Postbus 38
5688 ZG Oirschot
Tel: 0499 - 578520
Fax: 0499 - 578573
E-mail: info@lankelma-zuid.nl
Internet: www.lankelma-zuid.nl

1^e auteur:
I. van der Hulst



2^e auteur / controle:
Drs. I.W. van Geloven



Inhoudsopgave

1	Projectbeschrijving	1
1.1	Inleiding	1
1.2	Projectgegevens	1
1.2.1	Situatie	1
1.2.2	Bouwplan	1
1.3	Gerelateerd, door ons bureau uitgevoerd onderzoek	1
2	Onderzoeksprogramma	2
2.1	Veldonderzoek	2
2.1.1	Sonderingen	2
2.1.2	Boringen	2
2.1.3	Waterpassing	2
2.1.4	Waterdoorlatendheidsmetingen	2
2.2	Laboratoriumonderzoek	2
2.3	Archiefonderzoek	2
2.3.1	NITG-TNO	2
2.3.2	Overig archiefonderzoek	2
3	Bodemopbouw en (geo)hydrologie	4
3.1	Hoogte maaiveld	4
3.2	Bodemopbouw	4
3.2.1	Geomorfologie	4
3.2.2	Laagopbouw van de grond en de variaties daarvan op de bouwplaats	4
3.2.3	Geologie van de bouwplaats en omgeving	4
3.3	Hydrologisch systeem	5
3.3.1	Oppervlaktewater	5
3.3.2	Grondwater	5
3.3.3	Natuur	6
3.4	Waterdoorlatendheid	6
3.4.1	Doorlatendheidsmetingen onverzadigde zone	6
3.4.2	Doorlatendheidsmetingen verzadigde zone	7
3.4.3	Laboratoriumonderzoek	7
3.4.4	Regionale waterdoorlatendheidsgegevens	7
3.5	Geschiktheid voor infiltratie	7
3.5.1	Samenvatting bodemopbouw	7
3.5.2	Geschiktheid voor infiltratie	7
3.6	Civieltechnisch hergebruik grond	8
3.6.1	Referentiekader	8
3.6.2	Toetsing en interpretatie	8
4	Funderingsadvies	9
4.1	Funderingsontwerp	9
4.1.1	Funderingskeuze	9
4.1.2	Funderingstype: Stroken en poeren	9
4.2	Uitgangspunten berekening	9
4.2.1	Rekenmethode	9
4.2.2	Berekeningsaannames	9
4.2.3	Ontgravingsdiepte en grondverbetering	9
4.2.4	Schematische bodemopbouw	10
4.3	Rekenresultaten	10
4.3.1	Algemeen	10
4.3.2	Toetsing draagkracht	10
4.3.3	Toetsing vervorming	10
4.4	Vloer woningen	11
4.5	Algemene richtlijnen uitvoering	11
4.6	Aanvullend onderzoek	11

Bijlagen

- Bijlage 1: Resultaten grondonderzoek
- Bijlage 2: TNO-grondwaterstandgegevens
- Bijlage 3: Analyseresultaten
- Bijlage 4: Berekeningsresultaten fundering op staal
- Bijlage 5: Algemene richtlijnen uitvoering grondverbetering

Verzendlijst

Aantal	Geadresseerde	Contactpersoon
3	Opdrachtgever:	Merv. E. Smeets

1 PROJECTBESCHRIJVING

1.1 Inleiding

Door Lankelma Geotechniek zuid B.V. is een geotechnisch en geohydrologisch grondonderzoek uitgevoerd voor het project "Locatie aan de Rector Nuytsstraat 6 te Helenaveen". Navolgend worden in dit rapport de resultaten van het grondonderzoek en een algemeen geotechnisch en geohydrologisch weergegeven. Onderhavig onderzoek heeft tot doel:

- inzicht te geven in de opbouw en draagkracht van de bodem en een indicatief funderingsadvies op te stellen voor geplande bebouwing.
- in het kader van de watertoets, inzicht te krijgen in de opbouw en de waterdoorlatendheid van de bodem

1.2 Projectgegevens

1.2.1 Situatie

De locatie is gelegen aan de Rector Nuytsstraat 6 te Helenaveen (gemeente Deurne). De coördinaten volgens het RD-stelsel zijn globaal: $x = 191,86$ en $y = 378,41$ [km]. Het perceel is momenteel niet bebouwd. De situering van de locatie is weergegeven in Bijlage 2.

1.2.2 Bouwplan

Het plan omvat de bouw van villa's in kader van een-ruimte voor ruimte-project. Het plan is nog in de ontwikkelingsfase. Voor een situatieschets van het plan wordt verwezen naar de tekening in Bijlage 1.

1.3 Gerelateerd, door ons bureau uitgevoerd onderzoek

In het kader van dit project is door ons bureau tevens een milieukundig bodemonderzoek uitgevoerd. De resultaten hiervan zijn separaat gerapporteerd onder projectnummer: 63821-E.

2 ONDERZOEKSPROGRAMMA

2.1 Veldonderzoek

Het grondonderzoek heeft plaatsgevonden op 17, 21 en 23 augustus 2011. Het grondonderzoek is gecombineerd uitgevoerd met het milieukundig onderzoek.

2.1.1 Sonderingen

Voor dit project zijn door ons bureau 2 sonderingen gemaakt. Het betreft de sondeernummers: S1 en S2. De sonderingen zijn uitgevoerd met een elektrische kleefmantelconus, conform NEN 5140 Klasse 2. In Bijlage 1 zijn de sondeergegevens in grafiekvorm weergegeven. Voor de juiste locaties van de sondeerpunten wordt verwezen naar de situatieschets eveneens in Bijlage 1.

2.1.2 Boringen

In het kader van het geohydrologisch en milieukundig bodemonderzoek zijn door ons bureau 6 handboringen uitgevoerd. Het betreft boornummers B1 t/m B6. Boringen B1 en B2 zijn afgewerkt tot peilbuis. De boorstaten zijn toegevoegd in Bijlage 1, de situering van de boringen is weergegeven op de situatietekening 2.

2.1.3 Waterpassing

De onderzoekspunten zijn door ons bureau in het terrein uitgezet en gewaterpast ten opzichte van NAP. De resultaten van de waterpassing zijn weergegeven in Bijlage 1.

2.1.4 Waterdoorlatendheidsmetingen

2.1.4.1 *Onverzadigde zone*

In de boorgaten B2 en B3 is de onverzadigde zone waterdoorlatendheidsmeting verricht middels de methode van Glover. Bij het uitvoeren van deze meting wordt water met een constant debiet in het boorgat gepompt totdat de bodem rondom verzadigd is en een constante waterspiegel ontstaat. De verhouding van het pompdebiet en de stijghoogte in het boorgat is een maat voor de verzadigde waterdoorlatendheid van het bodemtraject waarin de proef heeft plaatsgevonden.

2.1.4.2 *Verzadigde zone*

In peilbuis B1 is een waterdoorlatendheidsmeting uitgevoerd middels de constant-flow-rate-methode cf. ISO/FDIS 22282-2:2008(E). Bij het uitvoeren van deze meting wordt de peilbuis met een constant debiet doorgepompt totdat een constante waterstandsverlaging ontstaat in de peilbuis. De verhouding tussen het pompdebiet en de waterstandsverlaging is een maat voor de doorlatendheid van het bodemtraject waarin het filter is geplaatst.

2.2 Laboratoriumonderzoek

Teneinde meer inzicht te krijgen in de waterdoorlatendheid van de bodem zijn in het laboratorium 3 grondmonsters geanalyseerd op korrelverdeling conform de SCG-zeefkromme. De analysecertificaten zijn weergegeven in Bijlage 3.

2.3 Archiefonderzoek

2.3.1 NITG-TNO

Teneinde meer inzicht te geven in de geologie van de bouwplaats en omgeving zijn, beknopt, de (hydro)geologische gegevens geraadpleegd van het Regionaal geohydrologisch informatiesysteem (Regis / Dinoloket NITG-TNO). Het betreft onder meer de gegevens van het Landelijk "Digital Geological Model" V1.3 uit 2009.

Teneinde meer inzicht te krijgen in het grondwaterregime op de locatie zijn bij NITG-TNO te Utrecht langjarige grondwaterstandsgegevens opgevraagd. Het betreft de gegevens van de peilbuizen B52D 0495, 0507 en 0564. Voor de weergave van de relevante grondwaterstandsgegevens wordt verwezen naar Bijlage 2.

2.3.2 Overig archiefonderzoek

Teneinde meer inzicht te krijgen in de lokale en regionale bodemopbouw, geologie en geohydrologie zijn diverse bodem-informatiekaarten geraadpleegd. Het betreft onder meer:

Locatie aan de Rector Nuytsstraat 6 te Helenaveen

- Bodemkaart van Nederland 1:50.000, CGI-Alterra.
- Topografische kaart van Nederland 1:25.000, Topografische dienst.
- Grondwaterkaart van Nederland, TNO-NITG.
- Kwelkaart van Nederland, kaartblad Noord-Brabant, Rijkswaterstaat.
- Wateratlas, Provincie Noord - Brabant;
- Provinciale Milieuverordening (PMV);
- Waterplan Deurne.

Tevens zijn onze eigen archiefgegevens geraadpleegd.

A 3D block diagram illustrating a block fault. It shows a series of alternating blocks. The central block is labeled 'Slenk' (syncline) and is colored green. The blocks on either side are labeled 'Horst' (horst) and are colored orange. Arrows indicate the movement of the blocks, showing that the central block has moved down relative to the flanking blocks.

De op basis van de geraadpleegde bronnen verwachte ondiepe geologie op de locatie is weergegeven in navolgende tabel. Hierbij dient te worden opgemerkt dat het de geologische bodemopbouw betreft die door NITG-TNO is geïnterpoleerd op basis van onderzoek in de omgeving. De werkelijke laagopbouw en -samenstelling kunnen hiervan afwijken.

Diepte tot* [m tov NAP]	Formatienaam*	Kenmerk	Lithologie**
26 +	Boxtel	zeer uiteenlopende afzettingen uit het Midden/Laat-Pleistoceen en het Vroeg-Holoceen	zand met fijne korrelgrootte, met plaatselijk leem-, klei-, veen- of humusrijke lagen
12 +	Beegden	alle afzettingen van de rivier de Maas, in het zuidoosten van Nederland, vanaf het Pliocene (5 mln jaar geleden) tot het heden	(grof) zand en grind
167 -	Breda	glauconiethoudende mariene zanden en kleien uit het Mioceen	zand en klei

* Bron: Landelijk DGM model V1.3 - 2009, NITG-TNO, de werkelijke diepte en formatienaam kan afwijken (met name nabij geologische breukzones)

** Beschreven is de dominante lithologie. Ondergeschikte en sporadisch voorkomende lithologie zijn niet beschreven.

3.3 Hydrologisch systeem

3.3.1 Oppervlaktewater

De locatie ligt binnen het werkgebied van waterschap Aa en Maas, stroomgebiedsdistrict Boven Aa. Circa 160 meter ten zuidoosten is de Helenavaart gesitueerd. In de directe omgeving van de locatie zijn diverse sloten en greppels aanwezig (zie ook Figuur 3.2).

De Helenavaart vervult een belangrijke functie als wateraanvoersysteem, waarmee water vanuit de Maas naar het stroomgebied van de Aa wordt aangevoerd. Dit contact bestaat uit in- en uitlaatpunten van water. Daarnaast zorgt het voor kwel naar omliggende gronden (bron: waterplan Deurne). Het waterpeil in de Helenavaart is door ons bureau ingemeten op circa 31,4 m + NAP.



Figuur 3.2 Ligging sloten en greppels in de omgeving van de locatie (bron: wateratlas Brabant)

3.3.2 Grondwater

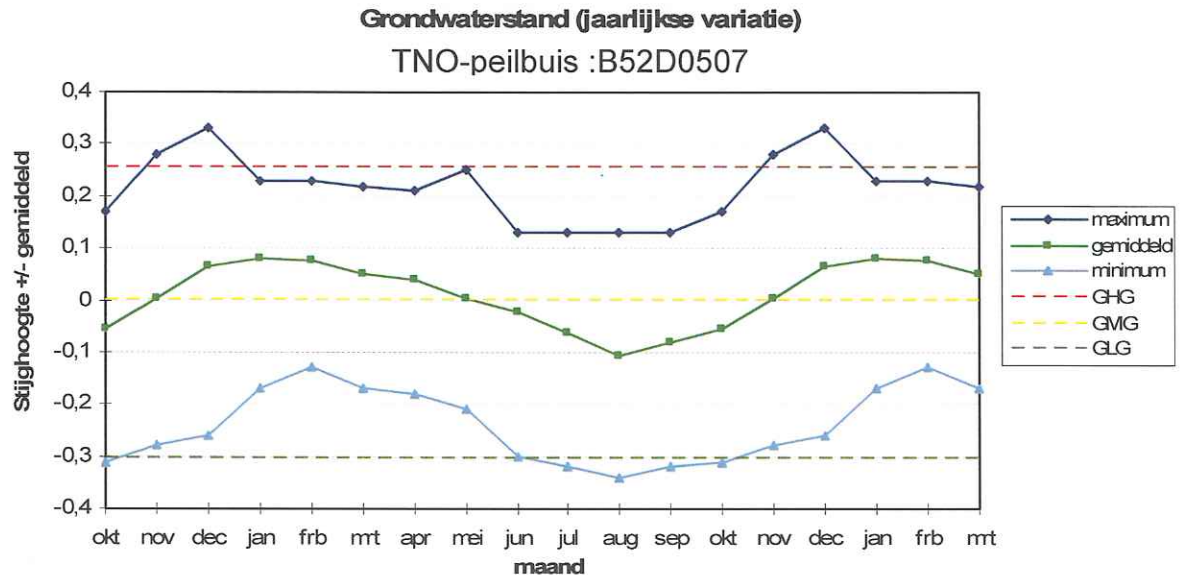
3.3.2.1 Grondwaterstroming

De horizontale stroming van het freatisch grondwater als ook het water van het eerste watervoerende pakket is westelijk gericht. De verticale stroming van het ondiepe grondwater is niet eenduidig. Mogelijk is periodiek sprake van kwel vanuit de Helenavaart en de Pelen.

3.3.2.2 Grondwaterstand en -fluctuaties

De grondwaterstand is tijdens het onderzoek d.d. 23 augustus 2011 in peilbuis B1 aangetroffen op 1,10 m - mv (31,02 m + NAP).

Onder invloed van seizoensafhankelijke factoren zal de grondwaterstand in de loop van de tijd fluctueren. In de langdurig gemonitorde peilbuizen uit het Regionaal Geohydrologisch Informatiesysteem van TNO-NITG zijn in de omgeving van de onderzoekslocatie fluctuaties in het grondwater van circa 0,8 meter geregistreerd. De hoogste grondwaterstanden treden hierbij doorgaans op in de periode november - januari, de laagste in de periode juli - september.



Figuur 3.3 Indicatie jaarlijkse grondwaterstandsfluctuaties in een peilbuis in de omgeving van de onderzoekslocatie

Op basis van de voorhanden zijnde gegevens geldt de volgende optimale schatting voor het grondwaterregime op de locatie:

- de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) bedraagt circa 31,5 m + NAP;
- de gemiddelde grondwaterstand (GMG) bedraagt circa 31,2 m + NAP;
- de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) bedraagt circa 30,7 m + NAP.

De schatting dient mogelijk te worden bijgesteld bij beschikbaar komen van meer gegevens.

3.3.2.3 Grondwateronttrekkingen

Op basis van de Provinciale Milieuverordening (PMV provincie Noord-Brabant) kan worden gesteld dat de locatie niet ligt binnen de invloed van een waterwingebied (geen grootschalige drinkwateronttrekking).

3.3.3 Natuur

De onderzoekslocatie is niet gesitueerd binnen een natuurparel, of natura-2000 gebied. De locatie is niet aangeduid als "beschermde gebied waterhuishouding" uit de Verordening Water. In de ruimere omgeving, op ca. 500 m ten westen, noorden en oosten, van de onderzoekslocatie zijn enkele natura-2000 gebieden aanwezig.

3.4 Waterdoorlatendheid

3.4.1 Doorlatendheidsmetingen onverzadigde zone

Uit de doorlatendheidsmetingen in de onverzadigde zone is de waterdoorlatendheid (K-waarde) bepaald op basis van de formules van Amoozegar & Wilson (1999). De resultaten zijn weergegeven in de navolgende tabel.

Boring no.	Debiet [l/min]	Verhoging [cm]	Meettraject [m-mv]	K-waarde [m/dag]
B2	1,0	27	0,4 - 0,7	5,1
B3	0,37	43	0,3 - 0,7	0,9

3.4.2 Doorlatendheidsmetingen verzadigde zone

Uit de meetresultaten van de doorlatendheidsmetingen in de verzadigde zone is de waterdoorlatendheid bepaald met de vergelijkingen uit de Europese norm ISO/FDIS 22282-2:2008(E) § 6.2.2. De resultaten (duplo) zijn weergegeven in de navolgende tabel.

Peilbuis	Grondwaterstand [m - mv]	Debiet [l/min]	Verlaging [cm]	Meettraject [m - mv]	K-waarde [m/dag]
B1	1,10	1,2	53	2,1 - 3,1	1,8

3.4.3 Laboratoriumonderzoek

Uit de korrelverdelingsdiagrammen is met behulp van diverse empirische formules de waterdoorlatendheid (k-waarde) van de grond bepaald. Bij de berekening van de doorlatendheid is voor zover van toepassing gebruik gemaakt van de formules van Hazen (1893), Seelheim en Beyer (op cit. Tysma et al, 1994), Kozeny-Carman (1937), Harleman (1963) en Krumbein and Monk (1942) en de SBR 190. De resultaten zijn weergegeven in de navolgende tabel.

Monster	Samenstelling	Diepte [m - mv]	k-waarde [m/dag]
k1	B1 a + B2 a + B3 a	0,0 - 0,5	0,6
k2	B1 b + B2 b + B3 b	0,5 - 1,5	1,0
k3	B1 c + B2 c + B3 c	1,5 - 2,5	3,7

3.4.4 Regionale waterdoorlatendheidsgegevens

Op basis van de gegevens van het Regionaal Geohydrologisch Informatie Systeem van Nederland is de doorlatendheid van de verschillende bodemlagen ingeschat. De waarden zijn weergegeven in navolgende tabel.

Diepte [m tov NAP]	Hydrogeologie	Samenstelling	k _h [m/dag]	k _v [m/dag]
tot + 26	Boxtel	deklaag	15 à 25	-
tot + 12	Beegden	watervoerende laag	15 à 25	-
tot - 166	Breda	watervoerende laag	5	-

3.5 Geschiktheid voor infiltratie

3.5.1 Samenvatting bodemopbouw

- De hoogte van het maaiveld ter plaatse van de onderzoekpunten varieert van 31,8 m tot 32,1 m + NAP;
- De grondwaterstand is gemeten op 31,0 m + NAP, de GHG wordt ingeschat op 31,5 m + NAP (0,3 à 0,6 m - mv);
- Onder een toplaag met humus- en leemhoudend fijn zand wordt tot de maximaal verkende diepte een vast zandpakket aangetoond;
- De doorlatendheid van de humushoudende bovengrond is matig tot redelijk goed, met gemeten k-waarden van 0,6 tot 0,9 m/dag. De daaronder aanwezige zandgrond is goed doorlatend met gemeten k-waarden van 1 tot 5 m/dag.

3.5.2 Geschiktheid voor infiltratie

Teneinde de geschiktheid van de bodem voor infiltratie van hemelwater vast te stellen zijn de onderzoeksgegevens getoetst aan de richtlijnen uit ISSO-publicatie nr. 70-1, Hemelwater binnen de perceelsgrens. Deze richtlijn stelt dat de bodem mogelijkheden biedt voor infiltratie indien de k-waarde van de zandige bodem groter is dan 0,4 m/dag en de gemiddeld hoogte grondwaterstand dieper is dan 0,7 m - mv.

Uitgaande van deze richtlijnen kan worden geconcludeerd dat de bodem op basis van de doorlatendheid mogelijkheden biedt voor infiltratie van hemelwater, maar dat de grondwaterstand te hoog is. Enkel indien het terrein wordt opgehoogd tot een niveau van 32,2 m + NAP ontstaan er wel mogelijkheden voor infiltratie van hemelwater, doch nog steeds in beperkte. Hierbij dient tevens rekening te worden gehouden met de mogelijke periodieke kwel.

3.6 Civieltechnisch hergebruik grond

3.6.1 Referentiekader

Tijdens de werken zal een hoeveelheid grond vrijkomen. In welke mate de uitkomende grond, op basis van korrelverdeling, geschikt is voor hergebruik hangt af van de samenstelling van die grond en het doel waarvoor het gebruikt wordt. De volgende toetsingscriteria zijn vastgesteld in de NEN 6740 en standaard RAW bepalingen:

- **Zand in aanvulling of ophoging** (standaard **RAW** bepalingen artikel 22.06.01) - Zand dat wordt verwerkt in een aanvulling of ophoging op een diepte van meer dan 1 meter beneden het wegooppervlak moet zijn: mineraal materiaal waarvan de fractie fijner dan 2 μm ten hoogste 8% bedraagt en het gehalte aan minerale deeltjes door zeef 63 μm ten hoogste 50%.
- **Draineerzand** (standaard **RAW** bepalingen artikel 22.06.02) - Zand met een tijdelijke of permanente draineerfunctie moet zijn: mineraal materiaal waarvan het gehalte aan minerale deeltjes door zeef 63 μm van de fractie door zeef 2 mm ten hoogste 5% bedraagt. Van het materiaal door zeef 2 mm mag het gloeiverlies ten hoogste 3% bedragen. Van zand met een permanente draineerfunctie moet voorts de fractie op zeef 250 μm tenminste 50% bedragen.
- **Zand in zandbed** (standaard **RAW** bepalingen artikel 22.06.03) - Zand dat wordt verwerkt in een zandbed op een diepte van minder dan 1,0 m beneden het oppervlak van het wegdek moet zijn: mineraal materiaal waarvan het gehalte aan minerale deeltjes door zeef 63 μm van de fractie door zeef 2 mm ten hoogste 15% bedraagt. Indien dit 10 tot 15% is, mag bovendien het gehalte aan minerale deeltjes door zeef 20 μm van de fractie door zeef 2 mm ten hoogste 3% bedragen. Van het materiaal door zeef 2 mm mag het gloeiverlies ten hoogste 3% bedragen.
- **Aanvulzand in grondverbetering** (NEN 6740: 1991 / 2006) - Aanvulzand mag ten hoogste 5 gewichtsprocenten (van de korrels) aan korrels bevatten die kleiner zijn dan 16 μm en ten hoogste 10 gewichtsprocenten aan korrels die kleiner zijn dan 63 μm . De gelijkmatigheidscoëfficiënt D_{60}/D_{10} moet tenminste 2 zijn. Het humusgehalte (gloeiverlies) mag ten hoogste 3 gewichtsprocenten bedragen en de korrelvorm dient bij voorkeur enigszins hoekig te zijn.

3.6.2 Toetsing en interpretatie

De onderzoeksresultaten en de indicatieve classificatie zijn weergegeven in navolgende tabel.

Monster	Omschrijving	Diepte [m - mv]	Classificatie RAW			NEN 6740 grondverb.
			aanvulling	zandbed	drainzand	
k1	B1 a + B2 a + B3 a	0 - 0,5	ja	nee	nee	nee
k2	B1 b + B2 b + B3 b	0,5 - 1,5	ja	nee	nee	nee
k3	B1 c + B2 c + B3 c	1,5 - 2,5	ja	ja	nee	ja

Op basis van de resultaten kan worden gesteld dat alle (onderzochte) grond in aanmerking komt voor hergebruik als zand in aanvulling en ophoging. Enkel de grond dieper dan 1,5 m - mv voldoet aan de eisen voor hergebruik als zand in zandbed en zand in grondverbetering.

Opmerking

Opgemerkt wordt dat de classificatie gebaseerd zijn op een beperkte steekproef. De samenstelling van de grond kan in de praktijk (plaatselijk) afwijken.

4 FUNDERINGSADVIES

4.1 Funderingsontwerp

4.1.1 Funderingskeuze

Vooruitlopend op het definitieve bouwplan geeft de aangetroffen bodemopbouw mogelijkheden voor toepassing van een fundering op staal. Navolgend is een indicatief funderingsadvies op staal verder uitgewerkt. Een volledig advies kan worden opgesteld nadat het bouwplan bekend is en een compleet geotechnisch grondonderzoek is uitgevoerd.

4.1.2 Funderingstype: Stroken en poeren

Toegepast kunnen worden funderingselementen bestaande uit betonnen stroken en poeren; afmetingen en eventueel vereiste wapening dienen door de constructeur te worden bepaald aan de hand van de gegevens uit dit rapport.

In verband met de indringing van vorst in de grond en mogelijke werkzaamheden aan kabels en leidingen dient conform NEN 6740:2006, art. 10.3 de aanlegdiepte van de fundering voor muren van bouwwerken langs de perceelsgrens, behoudens die tussen woningen en gebouwen onderling, tenminste 0,80 m - mv te zijn. Voor het overige kan 0,60 m -mv worden aangehouden.

4.2 Uitgangspunten berekening

4.2.1 Rekenmethode

- De maximale draagkracht en de zakking van funderingselementen is berekend conform NEN 6744:2007 "Berekeningsmethode voor funderingen op staal". Deze norm is opgesteld voor toepassing bij funderingen op staal van bouwconstructies waarop statische of quasi-statische krachten werken, waarbij het funderingsoppervlak een hoek met de horizontaal heeft van ten hoogste 2,5°.
- Het ontwerp dient te voldoen aan eisen van veiligheid en bruikbaarheid uit de NEN 6740:2006.
- In het rapport worden de draagkracht en vervormingen bepaald van verticaal centrisch en op druk belaste funderingselementen in de gedraineerde en eventueel de ongedraineerde toestand.
- Voor zover van toepassing is gecontroleerd op doorponsen en squeezing conform NEN 6744:2007 § 5.2.6 respectievelijk 5.2.7.
- Het project wordt ingedeeld in de geotechnische categorie 2 (GC2).

4.2.2 Berekeningsaannames

- Er wordt aangenomen dat de oorspronkelijke, op natuurlijke wijze gesedimenteerde bodemopbouw aanwezig is.
- Het vloerpeil is aangenomen op 32,6 m + NAP, het toekomstige maaiveld 32,5 m + NAP.
- Het aanlegniveau van de fundering is aangenomen op 31,7 m + NAP.
- De hoek van het maaiveld met de horizontaal is verwaarloosbaar gesteld
- Onder een gronddekking (t) wordt verstaan de permanent aanwezige zandaanvulling die rondom de funderingselementen boven het aanlegniveau aanwezig is. Voor een kruipruimte wordt geadviseerd 0,1 m aan te houden. Bij het ontbreken van een kruipruimte wordt door ons bureau gerekend met een gronddekking van maximaal 0,4 m.
- Volgens de ons beschikbare informatie verkeert het bouwplan in een fase dat er nog geen belastingen bekend zijn.

Geadviseerd wordt de uitgangspunten te verifiëren, voordat met de resultaten van het onderzoek wordt verder gewerkt.

4.2.3 Ontgravingsdiepte en grondverbetering

Alle grond dient tot de in navolgende tabel aangegeven diepte te worden vervangen door een goed verdicht zandpakket (grondverbetering). Wanneer het aanlegniveau onder het niveau van het geadviseerde ontgravingsniveau bevindt hoeft daar geen grondverbetering te worden uitgevoerd.

Sondering [nr.]	Hoogte maaiveld [m + NAP]	Ontgravingsniveau [m + NAP]
S1	31,88	31,1
S2	32,04	31,5

Tussen de sonderingen moet tot dezelfde grondslag worden ontgraven zoals is aangetroffen ter plaatse van de aangrenzende sonderingen met het diepste ontgravingsniveau. Wanneer visueel het verloop van de laag is vast te stellen kan als ontgravingsniveau tussen de sonderingen het laagverloop worden aangehouden. Wanneer op het ontgravingsniveau ten behoeve van de fundering insluitingen van slechte grond of andere ongewenste zaken zijn vastgesteld, moeten de ongewenste insluitingen tot de vaste natuurlijke grondslag worden vervangen door zand of door een materiaal dat ten minste de eigenschappen qua draagkracht en vervorming heeft die als uitgangspunten voor het ontwerp zijn gebruikt. Ongewenste zaken onder een funderingselement kunnen zijn:

- cohesieve afzettingen (klei, veen);
- vegetatieresten (wortels, boomstronken);
- oude waterlopen;
- oude funderingen, putten, buizen e.d.

De grondverbetering moet ten minste het gebied bestrijken, waarin de belasting zich onder een hoek van 45° spreidt. Vóór en tijdens de ontgraving ten behoeve van de grondverbetering dient de grondwaterstand steeds lager dan 0,5 m beneden het ontgravingsniveau te zijn of te worden gebracht. Vervolgens dient de ontgraven bouwputbodem te worden aangetrild. De uitvoering van de grondverbetering dient te voldoen aan de eisen zoals gesteld in NEN 6740:2006 § 10.10.2 tot 10.10.5.

4.2.4 Schematische bodemopbouw

Ten behoeve van de berekening van het draagvermogen van de ondergrond en de zettingen van de funderingselementen van de nieuwbouw is een representatief bodemprofiel opgesteld op basis van het grondonderzoek. Vervolgens is gebruik gemaakt van tabel 1 in NEN 6740 om de representatieve waarden van deze grondeigenschappen te bepalen. De gunstige invloed van grondverbetering is, uitgaande van uitvoering zoals hiervoor beschreven, meegenomen in de berekening van de draagkracht en vervormingen.

4.3 Rekenresultaten

4.3.1 Algemeen

De rekenresultaten zijn weergegeven in Bijlage 2; STB 1 t/m 5. Het betreft:

- STB 1: gehanteerde grondparameters
- STB 2 en 4: rekenwaarden van de maximale funderingsdruk en draagkracht voor de diverse toestanden en de maatgevende toestand
- STB 3 en 5: zakking onder invloed van de belasting voor de verschillende funderingselementen, en beddingscoëfficiënten berekend uit berekende zettingen voor bruikbaarheidstoestand 2.

4.3.2 Toetsing draagkracht

Ten behoeve van de toetsing van de uiterste grenstoestand 1A moet de rekenwaarde van de verticale belasting uit de constructie ($F_{s,v,d}$) kleiner zijn dan de rekenwaarde van de verticale draagkracht ($F_{r,v,d}$):
 $F_{s,v,d} \leq F_{r,v,d}$.

4.3.3 Toetsing vervorming

4.3.3.1 Toetsingscriteria vervorming

Toetsing van bruikbaarheidsgrenstoestand 2 wordt uitgevoerd met de momentane belastingcombinatie. Hierbij worden de volgende eisen gesteld:

- Vervormingscriterium: zakking $w_d < 0,15$ m (NEN 6740:1991, art. 5.2.2.1)
- Rotatiecriterium: rotatie $\Delta w_d/L \leq 1:300$ (NEN 6740:2006, art. 5.3)

Voor de toetsing van grenstoestand 1B (constructieve veiligheid, conform NEN 6740:2006, art. 5.2) is het rotatiecriterium gesteld van $w_d/L \leq 1:100$. Gezien het voorgaande is grenstoestand 1B niet maatgevend.

Als gevolg van een mogelijke heterogeniteit van de ondergrond en uitvoeringsonvolkomenheden moet hierbij, conform NEN 6740 artikel 10.8, zijn gerekend met een zakkingsverschil (Δw_d) tussen twee

afzonderlijk op staal gefundeerde elementen (op afstand L) van in beginsel tenminste 50 % van de gemiddelde waarde van de zakking van de funderingselementen.

4.3.3.2 Resultaat toetsing

Uit de rekenresultaten komt naar voren dat wordt voldaan aan het vervormingscriterium. Door de constructeur moet worden beoordeeld of aan het rotatiecriterium wordt voldaan.

4.4 Vloer woningen

Indien de beganegrondvloer op een zandbed wordt aangelegd, wordt geadviseerd dezelfde ontgravingsdiepte aan te houden als hiervoor is vermeld.

Het aanbrengen van een goed verdicht zandpakket voor de vloer vindt in twee fasen plaats. Allereerst wordt tot onderkant fundering goed verdicht zand aangebracht. Nadat de fundering is gestort en de muren zijn opgemetseld tot vloerniveau vindt in de tweede fase het aanbrengen van een verdicht zandpakket plaats tot onderkant vloer. Er wordt op gewezen dat deze tweede fase eveneens zorgvuldig moet worden uitgevoerd; ook hier dient in lagen te worden aangevuld en verdicht.

4.5 Algemene richtlijnen uitvoering

- De vereiste terreinophogingen moeten voor of uiterlijk tijdens de funderingswerkzaamheden worden aangebracht.
- Voor algemene bouwputaspecten ten behoeve van de ontgraving voor het uitvoeren van de grondverbetering zoals bv. bemaling, taludstabiliteit, grondkering en dergelijke wordt verwezen naar Bijlage 5.
- Archeologische aspecten in verband met het verkrijgen van toestemming voor de ontgraving zijn in dit rapport buiten beschouwing gebleven.

4.6 Aanvullend onderzoek

Volgens Artikel 8.4.1.1 van de NEN 6740 moeten de onderzoekspunten zo over de plattegrond van het te bouwen project zijn verdeeld dat daaruit de grondgesteldheid ter plaatse van de geotechnische constructies betrouwbaar kan worden afgeleid. Artikel 8.4.1.4. van de NEN 6740 stelt bovendien dat:

- de sondeerafstand maximaal 25 meter mag zijn.
- de oppervlakte van de bouwplaats waarbinnen de funderingselementen zijn geprojecteerd, volledig moet zijn afgedekt door gebieden met de plaatsen van de terreinproeven als middelpunt (bij een onderlinge afstand van de onderzoekspunten van 25 m en wordt volgens de NEN 6740 per terreinproef een oppervlakte bestreken van ten hoogste 25 m × 25 m).
- terreinproeven moeten zijn uitgevoerd op de omtrek van de bouwplaats waarbinnen funderingselementen zijn geprojecteerd. Dit is momenteel niet het geval. Het is derhalve noodzakelijk aanvullend te sonderen teneinde voldoende informatie te verkrijgen voor een verantwoord funderingsontwerp.

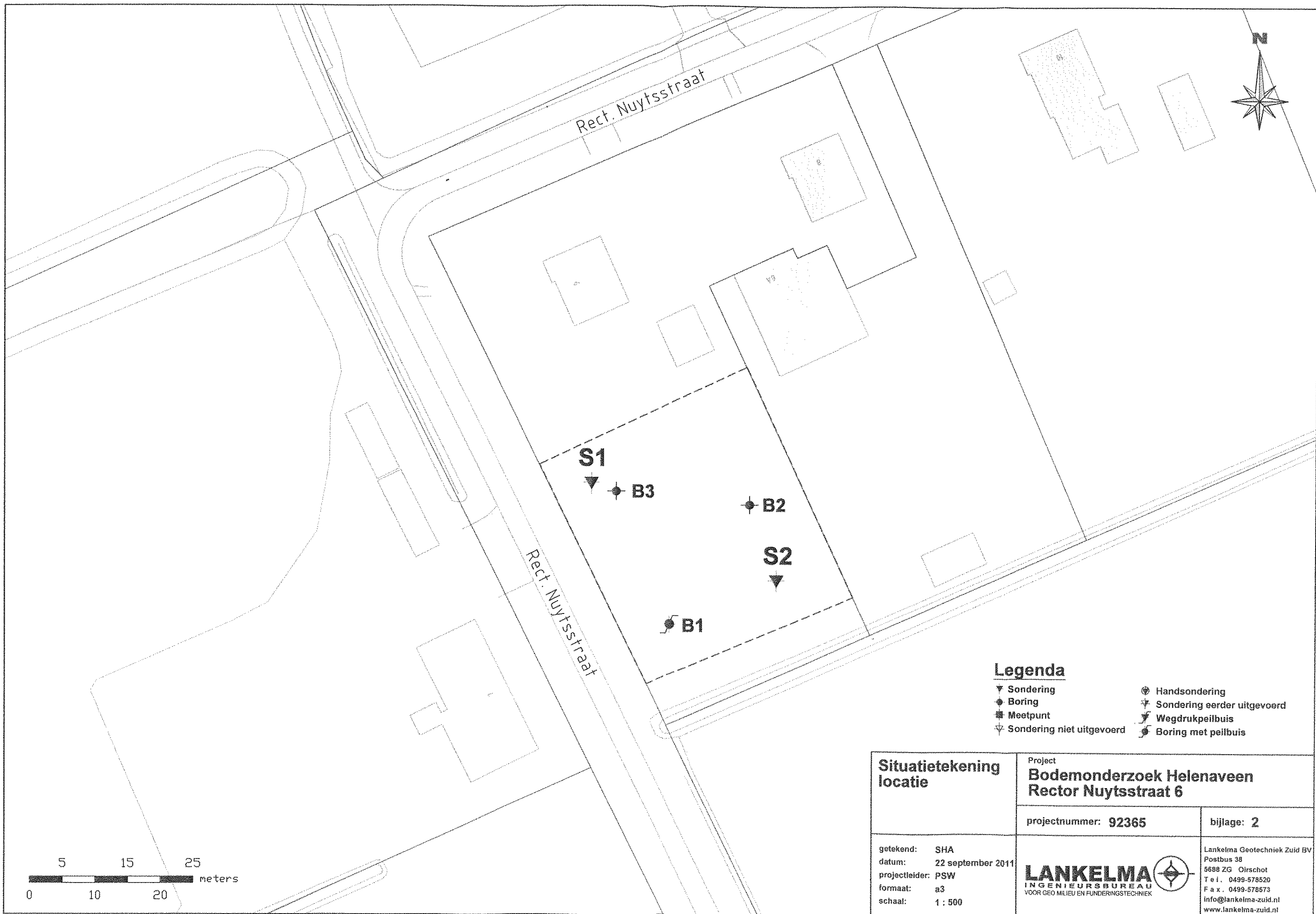
Opgemerkt wordt dat het aanvullend grondonderzoek aanleiding kan geven tot wijzigingen in ontgravingsniveaus c.q. draagkracht. De keuze voor een ander funderingstype is niet uitgesloten, maar lijkt onwaarschijnlijk.

Bijlage 1 : Resultaten grondonderzoek

Toelichting sonderingen

De sondeergegevens worden in een grafiek weergegeven waarbij, indien van toepassing, het wrijvingsgetal (verhouding plaatselijke wrijving / conusweerstand) is berekend en gepresenteerd. Het wrijvingsgetal geeft samen met de conusweerstand over het algemeen een indicatie van de bodemopbouw onder de grondwaterstand. In navolgende tabel zijn enige indicatieve waarden hiervoor aangegeven. Opgemerkt wordt dat boven het grondwater de waarden hiervan kunnen afwijken.

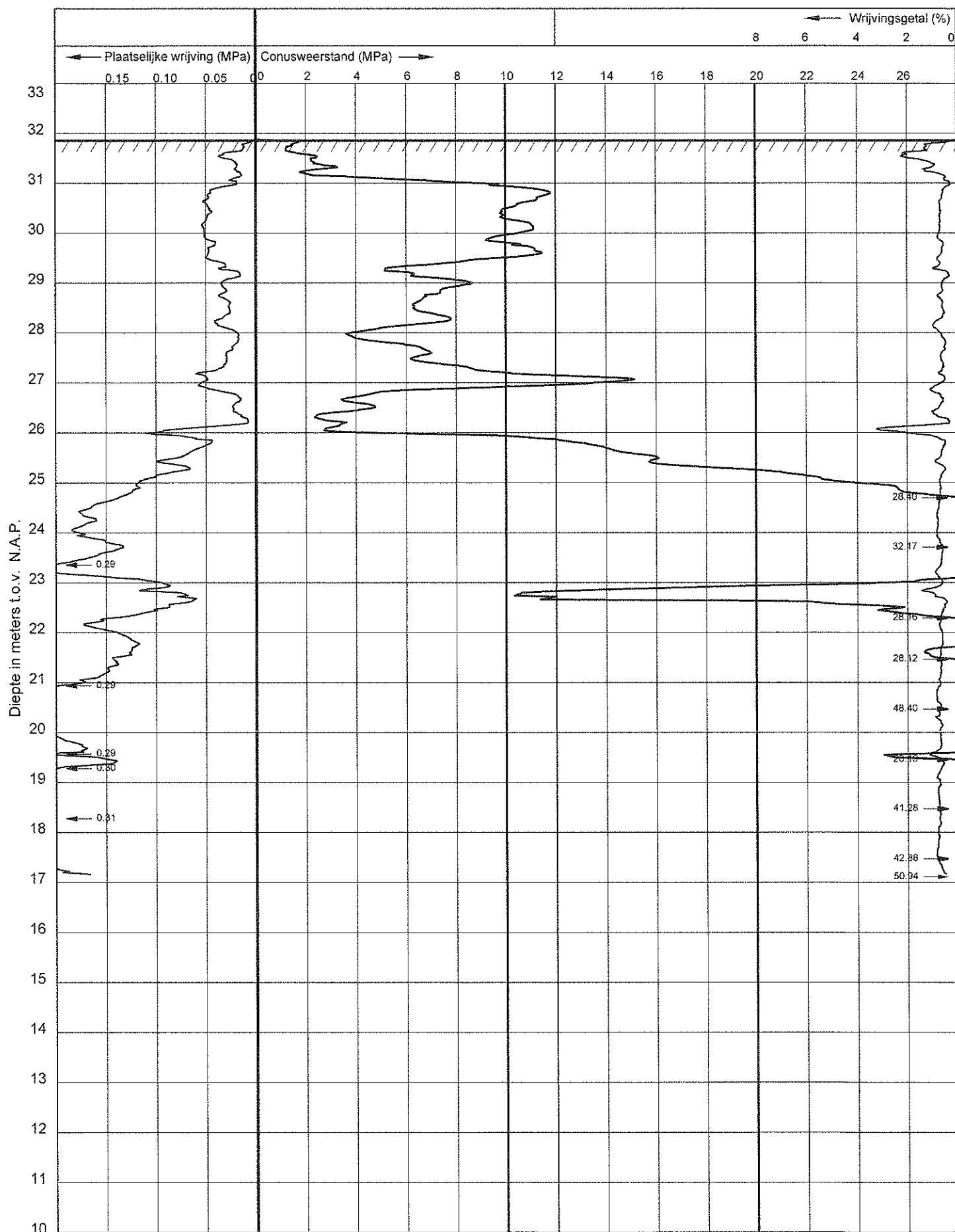
Grondsoort	Conusweerstand (q_c) [MPa]	Wrijvingsgetal (f_s/q_c) [%]
zand, grind	> 5	0,2 - 1,0
siltig zand,	> 4	0,8 - 1,4
kleiig zand	> 2	1,0 - 2,0
leem	1 - 3	2,0 - 4,0
klei	0 - 5	2,0 - 6,0
venige klei	0 - 6	5,0 - 8,0

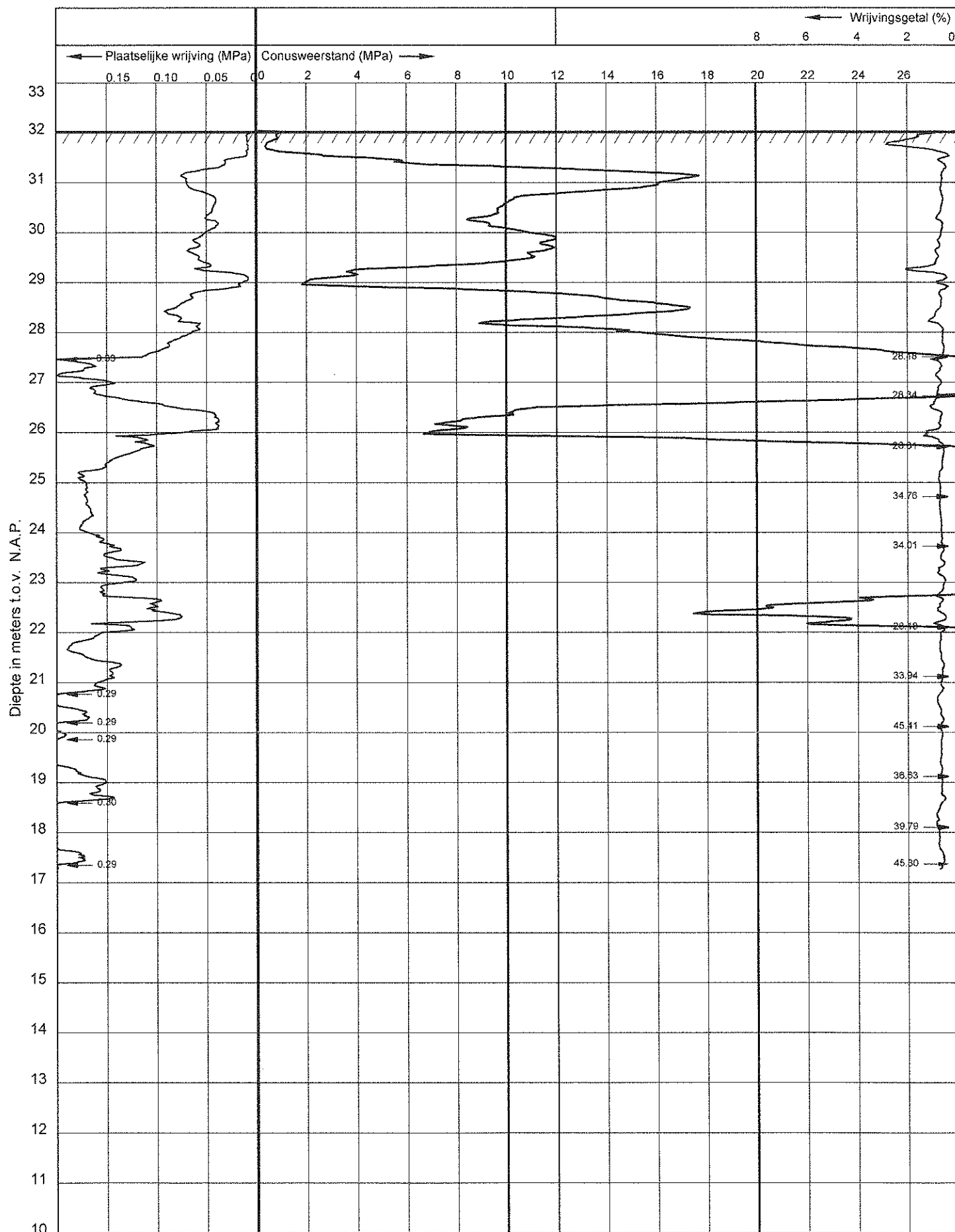


Legenda

- ▼ Sondering
- ◆ Boring
- Meetpunt
- ▽ Sondering niet uitgevoerd
- ⊕ Handsondering
- ⚡ Sondering eerder uitgevoerd
- ⚡ Wegdrukpeilbuis
- ⚡ Boring met peilbuis

Situatietekening locatie	Project Bodemonderzoek Helenaveen Rector Nuytsstraat 6	
	projectnummer: 92365	bijlage: 2
getekend: SHA datum: 22 september 2011 projectleider: PSW formaat: a3 schaal: 1 : 500	LANKELMA INGENIEURSBUREAU VOOR GEO MILIEU EN FUNDERINGSTECHNIEK  Lankelma Geotechniek Zuid BV Postbus 38 5688 ZG Oirschot Tel. 0499-578520 Fax. 0499-578573 info@lankelma-zuid.nl www.lankelma-zuid.nl	





Waterpasstaat

Deze waterpassing is uitgevoerd met behulp van dGPS.

Datum uitvoering : 23 augustus 2011 en 21 september 2011

Meetpunt	Hoogte [m t.o.v. NAP]
sondering 1	31,88 +
sondering 2	32,04 +
boring 1 maaiveld	32,12 +
boring 1 kopfilter	32,55 +
boring 2	31,99 +
boring 3	31,79 +

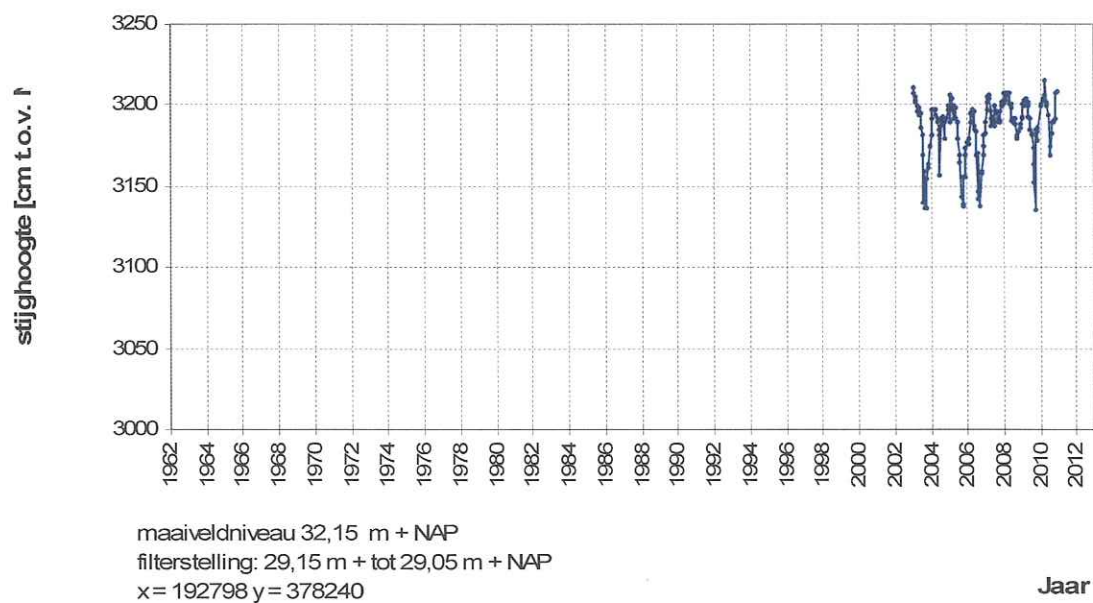
Opmerking

Hoogten in deze waterpasstaat zijn uitsluitend bedoeld om inzicht te verkrijgen in de maaiveldhoogten van de meetpunten. Zonder verificatie door de gebruiker mogen deze hoogten niet voor andere doeleinden worden gebruikt.

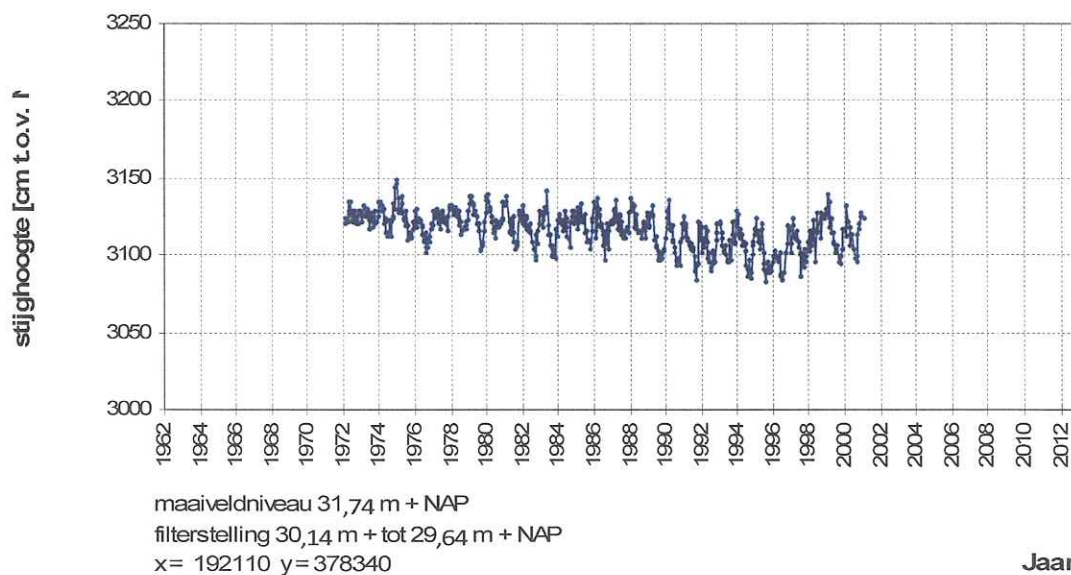
Bijlage 2 : TNO-grondwaterstandgegevens



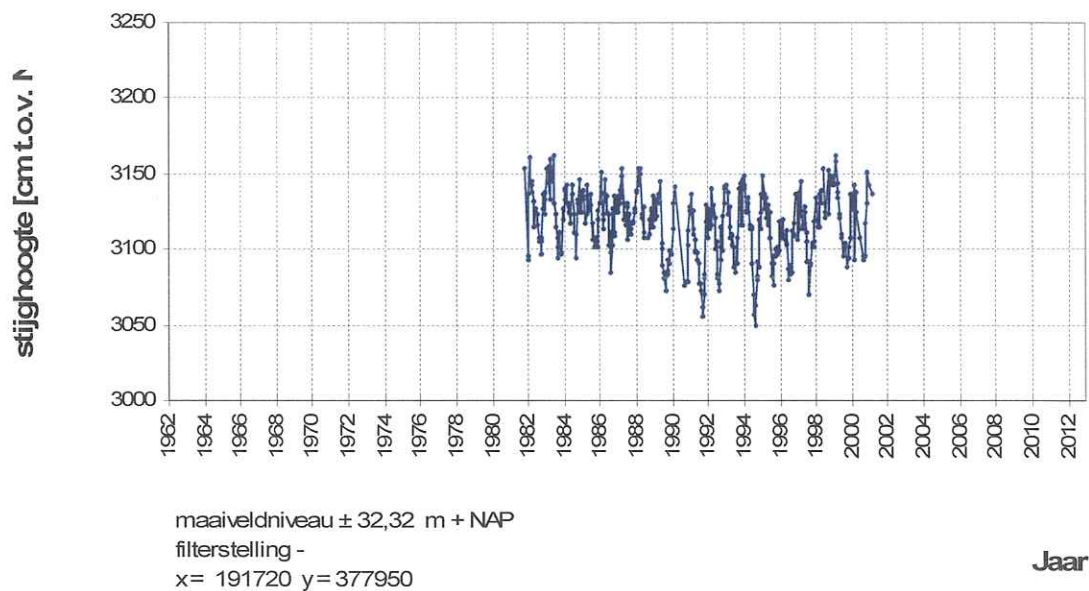
Peilbuis B52D 0495



Peilbuis B52D 0507



Peilbuis B52D 0564



Bijlage 3 : Analyseresultaten



Analysrapport

Lankelma Geo. Zuid BV
I. van der Hulst
Postbus 38
5688 ZG OIRSCHOT

Blad 1 van 3

Uw projectnaam : Helenaveen, Rector Nuytstraat 6
Uw projectnummer : 92365
ALcontrol rapportnummer : 11704905, versie nummer: 1
Rapport verificatie nummer : AH582CPK

Rotterdam, 02-09-2011

Geachte heer/mevrouw,

Hierbij ontvangt u de analyse resultaten van het laboratoriumonderzoek ten behoeve van uw project 92365. Het onderzoek werd uitgevoerd conform uw opdracht. De gerapporteerde resultaten hebben uitsluitend betrekking op de geteste monsters. De door u aangegeven omschrijvingen voor de monsters en het project zijn overgenomen in dit analysrapport.

Het onderzoek is, met uitzondering van eventueel door derden uitgevoerd onderzoek, uitgevoerd door ALcontrol Laboratories, gevestigd aan de Steenhouwerstraat 15 in Rotterdam (NL).

Dit analysrapport bestaat inclusief bijlagen uit 3 pagina's. In geval van een versienummer van '2' of hoger vervallen de voorgaande versies. Alle bijlagen maken onlosmakelijk onderdeel uit van het rapport. Alleen vermenigvuldiging van het hele rapport is toegestaan.

Mocht u vragen en/of opmerkingen hebben naar aanleiding van dit rapport, bijvoorbeeld als u nadere informatie nodig heeft over de meetonzekerheid van de analyseresultaten in dit rapport, dan verzoeken wij u vriendelijk contact op te nemen met de afdeling Customer Support.

Wij vertrouwen er op u met deze informatie van dienst te zijn.

Hoogachtend,



R. van Duin
Laboratory Manager



Lankelma Geo. Zuid BV
I. van der Hulst

Analyserapport

Blad 2 van 3

Projectnaam Helsenaveen, Rector Nuytstraat 6
Projectnummer 92365
Rapportnummer 11704905 - 1

Orderdatum 26-08-2011
Startdatum 26-08-2011
Rapportagedatum 02-09-2011

Analyse	Eenheid	Q	001	002	003
droge stof	gew.-%	Q	70.4	81.7	83.2
calciet	% vd DS	Q	<0.2	<0.2	<0.2
organische stof (gloeiverlies)	% vd DS	Q	15.3	1.2	<0.5
KORRELGROOTTEVERDELING					
min. delen <2um	% vd DS	Q	4.2	4.9	<1
min. delen <2um	% min st	Q	5.2	4.9	<1
min. delen <16um	% min st	Q	8.4	5.3	<1
min. delen <32um	% min st	Q	11	7.3	3.5
min. delen <50um	% min st	Q	20	18	6.3
min. delen <63um	% min st	Q	24	21	9.1
min. delen <125um	% min st	Q	47	45	28
min. delen <250um	% min st	Q	84	91	86
min. delen <500um	% min st	Q	92	99	99
min. delen <1mm	% min st	Q	97	100	99
min. delen <2mm	% min st	Q	98	100	100
min. delen >2mm	% vd DS	Q	1.9	<1	<1
pH-KCl	-	Q	4.1	4.1	4.2
temperatuur t.b.v. pH	°C		20.8	20.8	20.8

De met S gemerkte analyses zijn geaccrediteerd en vallen onder de AS3000 erkenning. Overige accreditaties zijn gemerkt met een Q.

Nummer	Monstersoort	Monsterspecificatie
001	Grond	k1 B1 (0-50) B3 (0-50) B2 (0-50)
002	Grond	k2 B1 (50-150) B3 (50-150) B2 (50-150)
003	Grond	k3 B1 (150-250) B3 (150-200) B2 (150-200)

Paraaf:





Lankelma Geo. Zuid BV
I. van der Hulst

Analysrapport

Blad 3 van 3

Projectnaam Helenaveen, Rector Nuytstraat 6
Projectnummer 92365
Rapportnummer 11704905 - 1

Orderdatum 26-08-2011
Startdatum 26-08-2011
Rapportagedatum 02-09-2011

Analyse	Monstersoort	Relatie tot norm
droge stof	Grond	Grond; gelijkwaardig aan NEN-ISO 11465, conform OVAM-methode CMA 2/II/A.1 Grond (AS3000); conform AS3010-2
calciet	Grond	Eigen methode
organische stof (gloeiverlies)	Grond	Gelijkwaardig aan NEN 5754 (Org. stof gecorrigeerd voor 10% lutum)
min. delen <2um	Grond	Conform AS3010-4
min. delen <2um	Grond	Eigen methode, pipetmethode
min. delen <16um	Grond	Idem
min. delen <32um	Grond	Idem
min. delen <50um	Grond	Eigen methode, zeef methode
min. delen <63um	Grond	Idem
min. delen <125um	Grond	Idem
min. delen <250um	Grond	Idem
min. delen <500um	Grond	Idem
min. delen <1mm	Grond	Idem
min. delen <2mm	Grond	Idem
min. delen >2mm	Grond	Eigen methode, zeefmethode
pH-KCl	Grond	Conform NEN-ISO 10390 / Conform CMA 2/II/A.20

Monster	Barcode	Aanlevering	Monstername	Verpakking
001	Y0352172	23-08-2011	23-08-2011	ALC201
001	Y0352175	23-08-2011	23-08-2011	ALC201
001	Y0352181	23-08-2011	23-08-2011	ALC201
002	Y0352168	23-08-2011	23-08-2011	ALC201
002	Y0352174	23-08-2011	23-08-2011	ALC201
002	Y0352178	23-08-2011	23-08-2011	ALC201
003	Y0352177	23-08-2011	23-08-2011	ALC201
003	Y0352179	23-08-2011	23-08-2011	ALC201
003	Y0352180	23-08-2011	23-08-2011	ALC201

Bijlage 4 : Berekeningsresultaten fundering op staal

Draagkracht- en zakkingsberekening voor funderingen op staal volgens NEN 6744:2007

Bepaling van de draagkracht en zakking van funderingen op staal ten behoeve van de toetsing aan de uiterste (grenstoestand 1) en de bruikbaarheidsgrenstoestand (grenstoestand 2).

Grondparameters

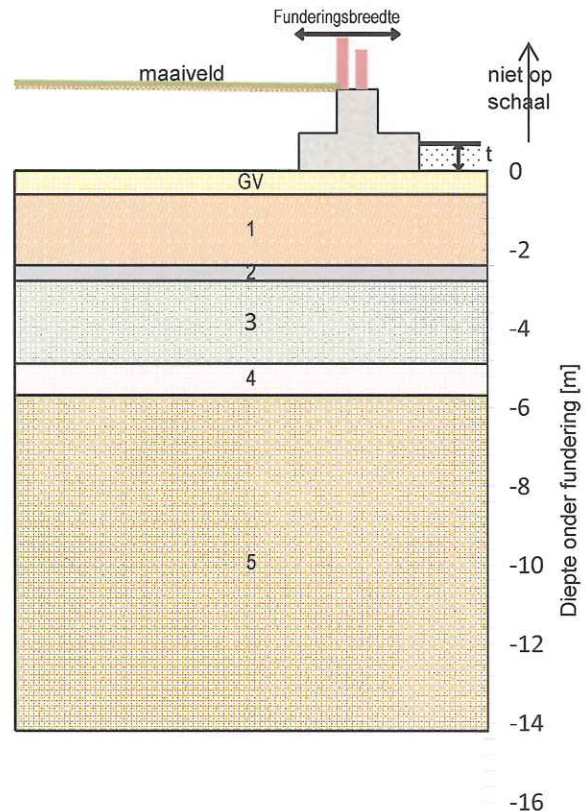
De representatieve waarden van de grondparameters van de verschillende bodemlagen zijn op basis van het grondonderzoek ingeschat aan de hand van tabel 1 uit de NEN 6740:2006, eventueel i.c.m. algemene/locale kennis en ervaring.

Materiaalfactoren (γ_m)

	draagkracht	zakking
- Volumiek gewicht	1,1	1
- Tangent hoek inwendige wrijving	1,15	1
- Ongedraineerde schuifsterkte	1,35	1
- Cohesie	1,6	1

Uitgangspunten project (berkeningsaannamen)

Oorspronkelijke maaiveldhoogte	31,95 [m tov NAP]
Toekomstige maaiveldhoogte	32,50 [m tov NAP]
Hoek maaiveld met horizontaal	0,0 [°]
Maatgevende gronddekking (t)	0,4 [m]
Aanlegniveau fundering	31,70 [m tov NAP]
Hoge grondwaterstand	31,5 [m tov NAP]
Lage grondwaterstand	30,7 [m tov NAP]
Pre-overburden pressure (POP)	2,0 [kN/m ²]
Volumiek gewicht gronddekking droog / nat	18/ 20 [kN/m ³]
maatgevend gestelde dikte gronddekking	0,4 [m]



figuur 1.1 - Schematisatie van de bodemopbouw

Opmerking t.a.v. grondverbetering

De gunstige invloed van grondverbetering is, in afwijking op NEN 6744, verdisconteerd in de draagkracht. De bodem van de ontgraving moet hierbij wel een zodanige breedte hebben dat deze buiten het spanningsspreidingsgebied van de fundering ligt, uitgaande van een belastingspreiding onder 45°.

tabel 1.2 - representatieve waarden van de gehanteerde grondparameters voor de oorspronkelijke bodemopbouw

laag	onderzijde [m tov NAP]	γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kN/m ²]	f_{undr} [kN/m ²]	C_c [-]	C_α [-]	e_0 [-]
1	29,3	18,5	21,0	34,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,50
2	28,9	18,0	20,0	29,0	2,0	140,0	0,1	0,0	0,85
3	26,8	18,0	20,0	32,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,65
4	26,0	17,5	19,5	31,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,74
5	17,5	20,0	22,0	37,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,30

tabel 1.3 - representatieve waarden van de gehanteerde grondparameters voor grondverbetering en/of ophoging

grondverb.	31,1	18,0	20,0	32,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,58
------------	------	------	------	------	-----	-----	-----	-----	------

Symbolen en eenheden

γ	volumieke gewicht van grond	kN/m ³	e_0	poriëngetal van de grond	-
γ_{sat}	volumieke gewicht van verzadigde grond	kN/m ³	t	gronddekking	m
ϕ'	effectieve hoek van inwendige wrijving	- °	σ'_{maxd}	rekenwaarde funderingsdruk	kPa
c'	effectieve cohesie	kN/m ²	$F_{r,v,d}$	rekenwaarde verticale draagkracht	kN
f_{undr}	ongedraineerde schuifsterkte	kN/m ²	$w_{1,d}$	rekenwaarde primaire zakking	mm
σ'_{maxd}	maximale draagkracht	kN/m ²	$w_{2,d}$	rekenwaarde secundaire zakking	mm
C_c	primaire samendrukkingsindex	-	w_d	rekenwaarde van de totale zakking	mm
C_α	secundaire samendrukkingsindex	-	$k_{v,d}$	rekenwaarde statische beddingscoëfficiënt	kN/m ³

Draagkrachtberekening voor strokenfundering volgens NEN 6744:2007

Berekening van de maximale draagkracht loodrecht op het oppervlak van de fundering volgens NEN 6744 § 5.2.

Voor zand en grind wordt enkel de gedraineerde toestand beschouwd, voor klei, silt en andere grondsoorten worden zowel de gedraineerde als de ongedraineerde toestand onderzocht. In tabel 2.1 zijn de berekeningsresultaten weergegeven.

tabel 2.1 - Rekenwaarden maximale funderingsdruk en draagkracht

Strookbreedte [m]	Rekenwaarde maximale funderingsdruk in verschillende toestanden**				toelaatbare funderingsdruk*	toelaatbare rekenwaarde maximale draagkracht*
	$\sigma'_{\max;d}$ [kN/m ²]				$\sigma'_{\max;d}$ [kN/m ²]	$F_{r,v;d}$ [kN/m']
	Ongedrain.	Gedraineerd	Doorponsen	Squeezing		
0,40	n.v.t.	160	n.v.t.	n.v.t.	160	64
0,50	n.v.t.	168	n.v.t.	n.v.t.	168	84
0,60	n.v.t.	178	n.v.t.	n.v.t.	178	107
0,70	n.v.t.	189	n.v.t.	n.v.t.	189	132
0,80	n.v.t.	199	n.v.t.	n.v.t.	199	159
0,90	894	209	n.v.t.	n.v.t.	209	188
1,00	951	220	n.v.t.	n.v.t.	220	220
1,10	1008	230	n.v.t.	n.v.t.	230	253
1,20	1064	240	n.v.t.	n.v.t.	240	288
1,30	1121	250	n.v.t.	n.v.t.	250	325
1,40	1178	260	n.v.t.	n.v.t.	260	364
1,50	1235	270	n.v.t.	n.v.t.	270	405
1,60	1291	280	n.v.t.	n.v.t.	280	447
1,70	1348	288	n.v.t.	n.v.t.	288	490
1,80	1405	296	n.v.t.	2992	296	532
1,90	1462	303	n.v.t.	3180	303	576
2,00	1519	310	n.v.t.	3373	310	620

* Bij permanente gronddekking: 0,4 m

** De maatgevende toestand is dik gedrukt

Voor de maatgevende toestand worden in tabel 2.2 de rekenwaarden maximale funderingsdruk en draagkracht weergegeven bij verschillende dikten van gronddekking (indien van toepassing).

tabel 2.2 - Rekenwaarde maximale funderingsdruk en draagkracht bij aangegeven dikte gronddekking

Strookbreedte [m]	Rekenwaarde maximale funderingsdruk				Rekenwaarde maximale draagkracht			
	$\sigma'_{\max;d}$ [kN/m ²]				$F_{r,v;d}$ [kN/m']			
Gronddekking [m] →	0,1	0,2	0,3	0,4	0,1	0,2	0,3	0,4
0,40	72	101	130	160	29	40	52	64
0,50	80	110	139	168	40	55	69	84
0,60	89	119	149	178	53	71	89	107
0,70	98	128	159	189	69	90	111	132
0,80	108	138	169	199	86	110	135	159
0,90	117	148	179	209	105	133	161	188
1,00	127	158	189	220	127	158	189	220
1,10	136	167	199	230	150	184	218	253
1,20	146	177	208	240	175	212	250	288
1,30	155	187	218	250	202	243	284	325
1,40	165	196	228	260	230	275	319	364
1,50	174	206	238	270	261	309	357	405
1,60	183	215	247	280	294	345	396	447
1,70	192	224	256	288	327	381	435	490
1,80	200	232	264	296	360	418	475	532
1,90	208	240	271	303	395	455	515	576
2,00	215	247	278	310	430	494	557	620

Zakkingsberekening voor strokenfundering volgens NEN 6740:2006 & 6744:2007

Berekening van de zakking van de bovenkant van het funderingselement, waarbij cf. NEN6702 enkel de gebruiksbelasting ($F_{s,v,d}$) in rekening is gebracht (partiële belastingfactor $\gamma_{r,g}=1,0$). De beddingscoëfficiënten zijn afgeleid van vermelde primaire zakkings berekend voor bruikbaarheidstoestand 2.

In tabel 3.1 zijn de berekeningsresultaten weergegeven.

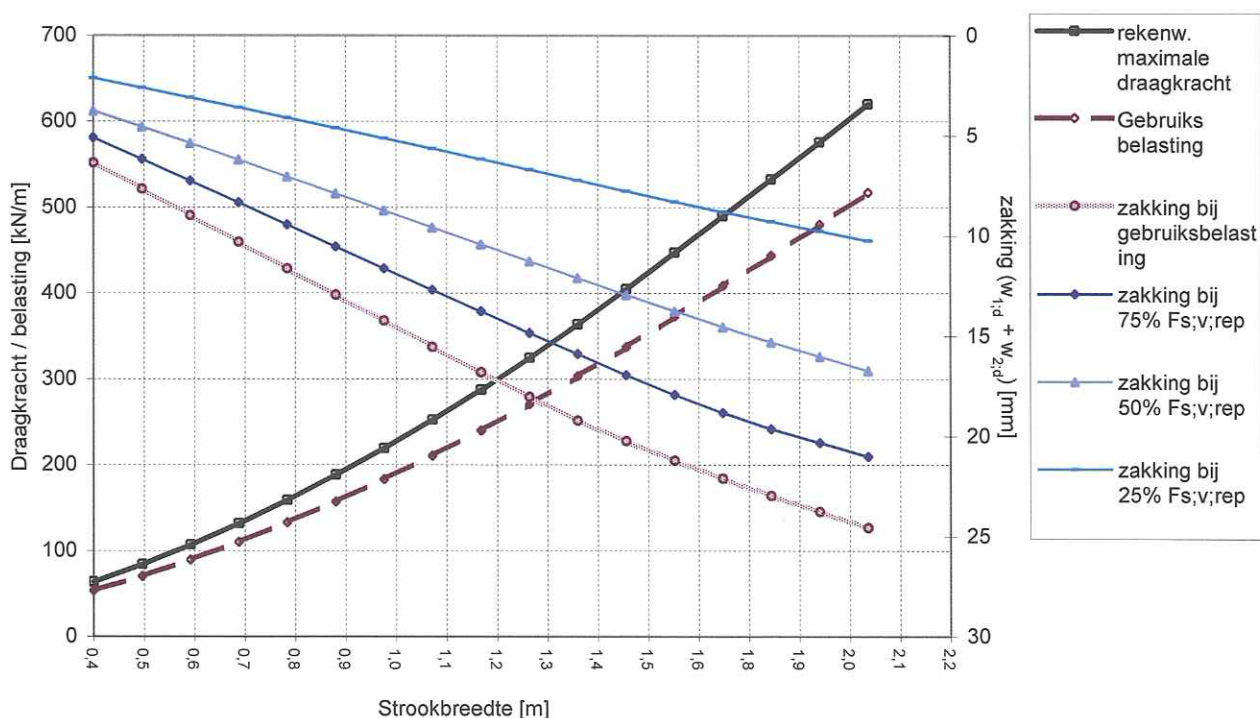
tabel 3.1 - Rekenwaarden zakking en statische beddingscoëfficiënt (gronddekking 0,4 m)

Strookbreedte	Gebruiks belasting	Berekende primaire zakking	Berekende secundaire zakking*	Extra zakking tgv ophoging maaiveld	Berekende totale zakking**	Statische beddingscoëfficiënt
[m]	$F_{s,v,rep}$ [kN/m']	$w_{1,d}$ [mm]	$w_{2,d}$ [mm]	w_{extra} [mm]	w_d [mm]	$k_{v,d}$ [kN/m³]
0,40	53	5,5	0,8	0,0	6,4	18000
0,50	70	6,6	1,0	0,0	7,7	16000
0,60	89	7,7	1,3	0,0	9,0	15000
0,70	110	8,8	1,5	0,0	10,3	14000
0,80	133	9,9	1,8	0,0	11,7	13000
0,90	157	11,0	2,0	0,0	13,0	12000
1,00	183	12,0	2,3	0,0	14,3	12000
1,10	211	13,0	2,5	0,0	15,5	11000
1,20	240	14,1	2,7	0,0	16,8	11000
1,30	271	15,1	3,0	0,0	18,0	11000
1,40	303	16,1	3,1	0,0	19,2	10000
1,50	337	17,0	3,2	0,0	20,2	10000
1,60	373	18,0	3,2	0,0	21,2	10000
1,70	408	18,9	3,2	0,0	22,1	10000
1,80	444	19,8	3,2	0,0	23,0	10000
1,90	480	20,6	3,2	0,0	23,8	10000
2,00	517	21,4	3,2	0,0	24,6	9000

** Bij de toetsing met betrekking tot bruikbaarheids-grenstoestand 2 moet voldaan worden aan: $w_d \leq 150$

Draagkracht- en zakkingsgrafiek

In de onderstaande draagkracht - zakkingsgrafiek zijn de zakkings weergegeven bij verschillende momentane belastingen en strookbreedten.



Draagkrachtberekening voor poerenfundering volgens NEN 6744:2007

Berekening van de maximale draagkracht loodrecht op het oppervlak van de fundering volgens NEN 6744 § 5.2.

Voor zand en grind wordt enkel de gedraineerde toestand beschouwd, voor klei, silt en andere grondsoorten worden zowel de gedraineerde als de ongedraineerde toestand onderzocht. In tabel 4.1 zijn de berekeningsresultaten weergegeven.

tabel 4.1 - Rekenwaarden maximale funderingsdruk en draagkracht

Poerafmeting		Rekenwaarde maximale funderingsdruk in verschillende toestanden**				toelaatbare funderingsdruk*	toelaatbare rekenwaarde maximale draagkracht*
B	L	$\sigma'_{\max;d}$ [kN/m ²]				$\sigma'_{\max;d}$ [kN/m ²]	$F_{r,v,d}$ [kN]
[m]	[m]	Ongedrain.	Gedraineerd	Doorponsen	Squeezing		
0,40	0,40	n.v.t.	203	n.v.t.	n.v.t.	203	33
0,50	0,50	n.v.t.	210	n.v.t.	n.v.t.	210	53
0,60	0,60	n.v.t.	219	n.v.t.	n.v.t.	219	79
0,70	0,70	n.v.t.	227	n.v.t.	n.v.t.	227	111
0,80	0,80	n.v.t.	236	n.v.t.	n.v.t.	236	151
0,90	0,90	1672	244	n.v.t.	n.v.t.	244	198
1,00	1,00	1891	252	n.v.t.	n.v.t.	252	252
1,10	1,10	2124	260	n.v.t.	n.v.t.	260	314
1,20	1,20	2370	268	n.v.t.	n.v.t.	268	386
1,30	1,30	2630	275	n.v.t.	n.v.t.	275	465
1,40	1,40	2903	283	n.v.t.	n.v.t.	283	555
1,50	1,50	3189	290	n.v.t.	n.v.t.	290	653
1,60	1,60	3489	298	n.v.t.	n.v.t.	298	762
1,70	1,70	3803	304	n.v.t.	n.v.t.	304	878
1,80	1,80	4130	309	n.v.t.	n.v.t.	309	1002
1,90	1,90	4470	314	n.v.t.	n.v.t.	314	1134
2,00	2,00	4824	319	n.v.t.	n.v.t.	319	1275

* Bij permanente gronddekking: 0,4 m

** De maatgevende toestand is dik gedrukt

Voor de maatgevende toestand worden in tabel 4.2 de rekenwaarden maximale funderingsdruk en draagkracht weergegeven bij verschillende dikten van gronddekking (indien van toepassing).

tabel 4.2 - Rekenwaarde maximale funderingsdruk en draagkracht bij aangegeven dikte gronddekking

Poerafmeting		Rekenwaarde maximale funderingsdruk				Rekenwaarde maximale draagkracht			
B	L	$\sigma'_{\max;d}$ [kN/m ²]				$F_{r,v,d}$ [kN]			
[m]	[m]								
Gronddekking [m] →		0,1	0,2	0,3	0,4	0,1	0,2	0,3	0,4
0,40	0,40	73	117	160	203	12	19	26	33
0,50	0,50	79	123	167	210	20	31	42	53
0,60	0,60	86	130	174	219	31	47	63	79
0,70	0,70	93	137	182	227	45	67	89	111
0,80	0,80	99	145	190	236	64	93	122	151
0,90	0,90	106	152	198	244	86	123	160	198
1,00	1,00	113	159	206	252	113	159	206	252
1,10	1,10	120	167	213	260	145	202	258	314
1,20	1,20	127	174	221	268	183	250	318	386
1,30	1,30	134	181	228	275	226	306	386	465
1,40	1,40	140	188	235	283	275	368	461	555
1,50	1,50	147	195	243	290	331	439	546	653
1,60	1,60	154	202	250	298	394	517	639	762
1,70	1,70	160	208	256	304	463	601	740	878
1,80	1,80	166	214	261	309	538	693	847	1002
1,90	1,90	172	219	267	314	620	791	962	1134
2,00	2,00	177	224	272	319	708	897	1086	1275

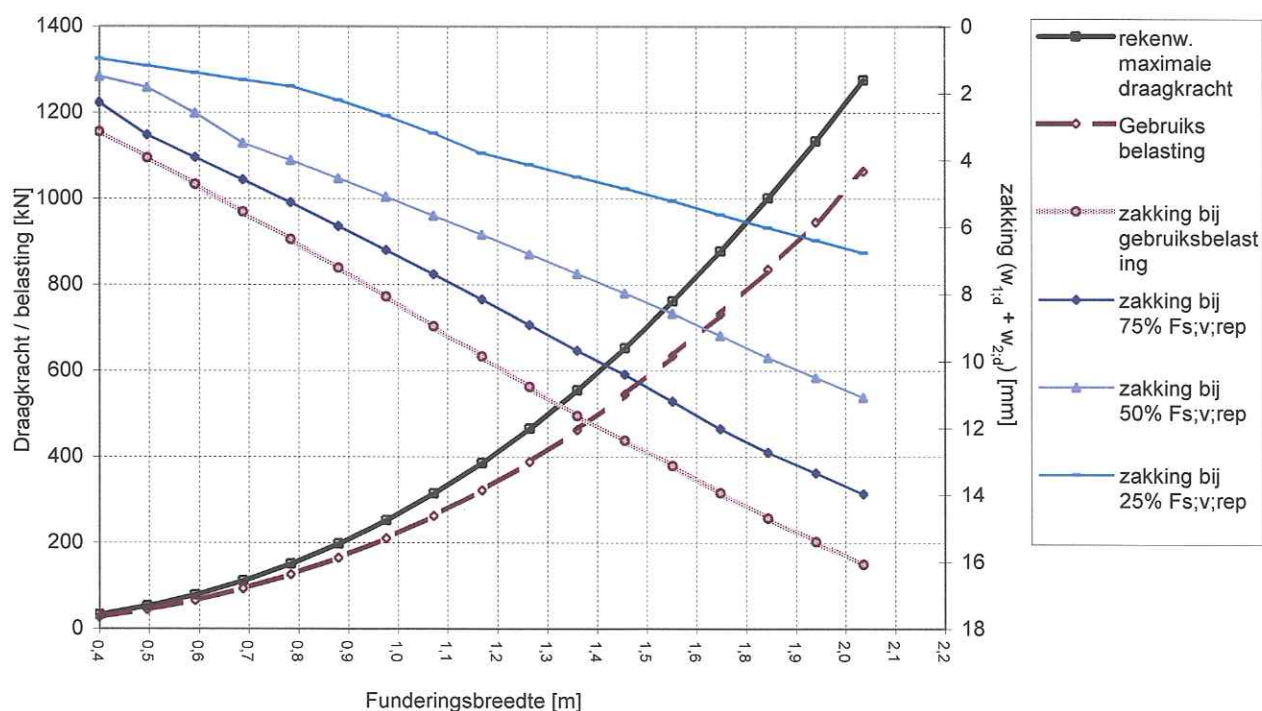
Zakkingsberekening voor poerenfundering volgens NEN 6740:2006 & 6744:2007

Berekening van de zakking van de bovenkant van het funderingselement, waarbij cf. NEN6702 enkel de gebruiksbelasting ($F_{s,v;d}$) in rekening is gebracht (partiële belastingfactor $\gamma_{f,g}=1,0$). De beddingscoëfficiënten zijn afgeleid van vermelde primaire zakkings berekend voor bruikbaarheidstoestand 2.

In tabel 5.1 zijn de berekeningsresultaten weergegeven.

tabel 5.1 - Rekenwaarden zakking en statische beddingscoëfficiënt (gronddekking 0,4 m)

Poerafmeting		Gebruiks belasting	Berekende primaire zakking	Berekende secundaire zakking*	Extra zakking tgv ophoging maaiveld	Berekende totale zakking**	Statische beddingscoëfficiënt
B	L	$F_{s,v;rep}$ [kN]	$W_{1;d}$ [mm]	$W_{2;d}$ [mm]	W_{extra} [mm]	W_d [mm]	$k_{v;d}$ [kN/m ³]
[m]	[m]						
0,40	0,40	27	2,3	0,8	0,0	3,2	56000
0,50	0,50	44	2,9	1,0	0,0	3,9	47000
0,60	0,60	66	3,4	1,3	0,0	4,7	42000
0,70	0,70	93	4,0	1,5	0,0	5,5	37000
0,80	0,80	126	4,6	1,8	0,0	6,4	33000
0,90	0,90	165	5,2	2,0	0,0	7,2	31000
1,00	1,00	210	5,8	2,3	0,0	8,1	28000
1,10	1,10	262	6,5	2,5	0,0	9,0	26000
1,20	1,20	321	7,1	2,7	0,0	9,8	25000
1,30	1,30	388	7,8	3,0	0,0	10,8	23000
1,40	1,40	462	8,5	3,1	0,0	11,6	22000
1,50	1,50	545	9,2	3,2	0,0	12,4	21000
1,60	1,60	635	9,9	3,2	0,0	13,1	20000
1,70	1,70	732	10,7	3,2	0,0	13,9	19000
1,80	1,80	835	11,5	3,2	0,0	14,7	18000
1,90	1,90	945	12,2	3,2	0,0	15,4	17000
2,00	2,00	1063	12,9	3,2	0,0	16,1	16000



Bijlage 5 : Algemene richtlijnen uitvoering grondverbetering

ALGEMENE RICHTLIJNEN VOOR DE UITVOERING VAN GRONDVERBETERINGEN (gebaseerd op NEN 6740).

Algemeen

Voor aanvang van de uitvoering van ontgravingen en grondverbeteringen moeten de navolgende zaken bekend of gecontroleerd te zijn:

- Voldoet de uitvoering aan de gestelde uitgangspunten van het rapport zoals bodemopbouw en grondwaterniveau, ontgravingsdiepte, aanlegniveau en afmetingen fundering.
- De locaties waar sonderingen(en boringen) zijn gemaakt in relatie tot het funderingsplan.
- De maaiveldhoogten ter plaatse van de te maken fundering.
- De maaiveldhoogten ter plaatse van de sondeer(- en boor)locaties.

Grondwater/bemaling

Tijdens de uitvoering van de graafwerkzaamheden moet het grondwaterniveau zo nodig worden verlaagd, zodanig dat de bodem van de put droog is en de grondwaterstand zich beneden de invloedssfeer van de verdichtingsapparatuur bevindt. Wanneer de grondwaterstand te hoog is, kan mede afhankelijk van de waterdoorlatendheid van het toegepaste zand, de ondergrond en de gebruikte verdichtingsapparatuur, een "drijfzand"-situatie ontstaan. Eén en ander heeft tot gevolg dat verdichting onmogelijk wordt. Over het algemeen zal een verlaging van het grondwaterniveau met hulp van een bemaling tot 0,5 m onder de putbodem het gewenste resultaat opleveren.

De grondwaterspiegel mag niet méér worden verlaagd dan voor een goede uitvoering van de graafwerkzaamheden noodzakelijk is, dit vanwege ongunstige invloeden op de omgeving. Ook de bemalingsduur moet om dezelfde redenen zoveel mogelijk worden beperkt. In voorkomende gevallen is het mogelijk een kwalitatief goede grondverbetering te realiseren door optimale afstemming van ontgravingsdiepte, laagdikte, grondwaterniveau en verdichtingsapparatuur.

Ter controle van de stijghoogte van het grondwater kan worden overwogen vooraf één of meer peilbuizen te plaatsen.

Belendingen

Nagegaan moet worden of de noodzakelijke ontgravingen zonder risico voor de belendingen kunnen worden uitgevoerd. Hiertoe is informatie noodzakelijk omtrent de constructieve opbouw van deze belendingen, incl. de funderingswijze van de draagconstructie en de begane-grondvloeren. Dit geldt in het bijzonder voor ontgravingen dieper dan het aanlegniveau van de fundering van op staal gefundeerde belendingen. Dergelijke ontgravingen verminderen de draagkracht van de bestaande fundering en dienen daarom zoveel mogelijk te worden voorkomen. Daarnaast is de bouwkundige staat, waarin de panden zich bevinden, van belang.

Ontgraving

Bij afwezigheid van invloed van belendingen, ondergrondse kabels en leidingen kunnen de ontgravingen met een beperkte diepte worden uitgevoerd onder een talud van ca. 1 : 1. Hierbij is verondersteld dat langs de insteek van het talud geen zwaar materieel wordt geplaatst of zware materialen worden opgeslagen. Voor meer informatie wordt verwezen naar publicatieblad P no 25 "Putten en Sleuven" van de Arbeidsinspectie.

Nadat de geadviseerde ontgravingsniveaus zijn bereikt, moet met een handsondeerapparaat worden gecontroleerd of zich direct onder dit niveau nog samendrukbare laagjes bevinden die niet bij de sondering zijn aangetroffen. Deze controle moet vooral tussen de sonderingen (en boringen) intensief worden uitgevoerd. Worden dergelijke laagjes aangetroffen dan dienen deze laagjes, tenzij anders in het rapport is aangegeven, verder te worden verwijderd en vervangen door een grondverbetering.

Het ontgravingsvlak moet worden verdicht wanneer dat tijdens de graafwerkzaamheden is verstoord. Dit is alleen mogelijk wanneer zich onder het ontgravingsniveau niet cohesieve grond bevindt.

Indien de bodem van de put uit niet-cohesief materiaal bestaat zoals zand of grind (met een laag leemgehalte) dient de bodem te worden verdicht met een trilplaat. De mate van de verdichting dient te worden gecontroleerd, bijvoorbeeld met een handsondeerapparaat. Daarbij geldt als criterium dat de conusweerstand minimaal evenredig met de diepte moet toenemen tot minimaal 2,5 MPa op 0,1 m en 5 MPa op 0,3 m diepte.

Indien direct op vaste klei- (bijvoorbeeld op potklei); leem- of löss- afzettingen wordt aangelegd en geen grondverbetering is geadviseerd dient de laatste 0,1 m voorzichtig te worden afgeschaafd, zodat de klei; leem of löss beneden het ontgravingsniveau niet wordt geroerd. Om vervolgens verweking van de grondslag door neerslag te voorkomen moet zo snel mogelijk na ontgraven op de bodem van de

ontgraving een bescherm laag (bijvoorbeeld zand) van ten minste 0,1 m worden aangebracht. Cohesief materiaal zoals klei, leem en löss kan namelijk niet of nauwelijks worden verdicht.

Zandaanvulling grondverbetering

Indien het geadviseerde ontgravingsniveau lager ligt dan het aanlegniveau van de fundering moet een grondverbetering worden toegepast tot de onderkant van de fundering, en in het geval dat de vloeren op staal worden gefundeerd tot onderkant vloer.

Voor de uitvoering dienen de volgende richtlijnen te worden gevolgd:

- Het aanvulmateriaal moet laagsgewijs worden aangebracht en mechanisch worden verdicht door middel van trilapparatuur. De laagdikte moet zijn afgestemd op de verdichtingsapparatuur. Het is niet toegestaan een grondverbetering uit te voeren, waarbij aanplempen of inwateren van zand wordt toegepast.
- De laagdikte dient tijdens het verdichten bij voorkeur hooguit 0,3 m te bedragen.
- Bij voorkeur zal een grondverbetering tot een iets hoger peil (ca. 0,1 m) moeten worden uitgevoerd dan het aanlegniveau van de fundering, waarna de overhoogte voorzichtig weer wordt verwijderd.
- De aanvullingen van de bouwput rondom kelders en/of verdiepte funderingen moeten als grondverbetering worden uitgevoerd indien deze aanvulling binnen de invloedssfeer van een hoger gelegen bestaande of aan te brengen fundering ligt.

Kwaliteitseisen zand grondverbetering

Indien als aanvulmateriaal zand wordt gebruikt, dan moet dit aan de volgende eigenschappen voldoen:

- de korrelfractie kleiner dan 0,016 mm dient lager te zijn dan 5 gewichtsprocenten.
- de korrelfractie kleiner dan 0,063 mm dient lager te zijn dan 10 gewichtsprocenten.
- de gelijkmatigheidscoëfficiënt D_{60}/D_{10} moet tenminste 2 zijn. D_{60} = zeefopening met een doorval van 60 gewichtsprocenten. D_{10} - zeefopening met een doorval van 10 gewichtsprocenten;
- het humusgehalte (gloeiverlies) mag ten hoogste 3 gewichtsprocenten bedragen;
- de korrelvorm dient bij voorkeur enigszins hoekig te zijn;
- over het algemeen wordt een goede verdichting verkregen bij een vochtpercentage van ongeveer 6 à 12%. Indien het materiaal óf te nat óf te droog is wordt zelden de vereiste verdichting verkregen.
- middels proctor-proeven kan het optimale watergehalte van het materiaal worden bepaald in relatie tot de hoogst verkregen dichtheid bij een constante hoeveelheid toegevoegde energie.

Indien zand wordt toegepast dat niet geheel aan voorgenoemde eisen voldoet dan kan, ten koste van meer verdichtingsenergie en/of mogelijke vertraging bij ongunstige weersomstandigheden, soms toch nog het gewenste resultaat worden bereikt.

- in plaats van zand kunnen ook andere korrelige materialen worden toegepast zoals stolgrind, puingranulaat en dergelijke. Hierbij geldt echter een gelijkmatigheidscoëfficiënt D_{60}/D_{10} van tenminste 3.

Verdichting

Het verdichten van de zandaanvulling moet laagsgewijs, zoveel mogelijk in kruislings gerichte gangen, worden uitgevoerd (minimaal 4 gangen). Ter indicatie zijn in onderstaande tabel gegevens verstrekt ten behoeve van de aan te wenden verdichtingsapparatuur. Eén en ander dient te worden afgestemd op de kwaliteit van het zand en het te verdichten oppervlak.

Gewicht trilplaat in kN	Centrifugekracht [kN]	Capaciteit [m ² /uur]	Laagdikte [m]
1,5 á 2	15	200	0,15
2 á 3,5	30	300	0,20
3,5 á 5	40	400	0,30

Opgemerkt wordt dat de in de fabriekspecificatie opgegeven dieptewerking geen maatstaf is voor de toe te passen laagdikte, noch garantie biedt voor het verkrijgen van voldoende verdichting op het diepste niveau.

Aangezien het effect van de trilapparatuur zeer snel met de diepte afneemt, moet bij een grotere laagdikte rekening worden gehouden met forse toename van het aantal benodigde gangen. De effectiviteit en daarmee het aantal benodigde gangen is ook afhankelijk van het onderhoud en de slijtage van de apparatuur. Wanneer zware trilapparatuur wordt gebruikt, moet op het funderingsniveau nagetrild worden met een lichte trilplaat omdat een zware trilplaat of trilwals de bovenste ca. 15 cm niet verdicht maar juist losschudt.

Controle verdichting

Controle op de kwaliteit van de aangebrachte grondverbeteringen kan geschieden op de volgende wijze:

- verkenning met het visiteerijzer. Hiermee kan meteen na het aanbrengen van een laag een indruk worden verkregen van de bovenste verdichting van deze laag.
- mechanische (lichte)slagsonderingen. Hierbij kan het volledige aangebrachte pakket achteraf worden gecontroleerd.
- sonderingen (CPT NEN 5140). Indien de aangebrachte grondverbetering berijdbaar is voor een sondeertruck kan op deze wijze het volledige aangebrachte pakket achteraf worden gecontroleerd.
- handsonderingen. Vanwege de beperkte penetratie mogelijkheden kan hiermee een pakket van maximaal 50 cm diepte worden gecontroleerd. In combinatie met voorboren is deze diepe enigszins te vergroten.
- in-situ-dichtheidsbepalingen. Met volumesteekringen worden monsters genomen waarvan de dichtheid wordt bepaald. Ook nucleaire dichtheidsmetingen kunnen worden gebruikt.

Stijfheidseigenschappen op aanlegniveau van de fundering kunnen worden gecontroleerd door middel van plaatdruk- en CBR-proeven.

Eisen aangebrachte grondverbetering

Voor kwaliteitsbeoordeling van de aangebrachte grondverbeteringen worden in het algemeen de volgende kwalitatieve maatstaven gehanteerd:

- De indringing van een visiteerijzer met een doorsnede van 8 mm mag niet meer dan 10 à 15 cm bedragen.
- De conusweerstand moeten tot een diepte van ca 0,5 m gelijkmatig toenemen tot ca. 5 MPa. Hieronder moeten de conusweerstand een waarde bereiken van ca 10 MPa op 1 m diepte. Bij hoge funderingsdrukken en vervormingsgevoeligheid van het bouwwerk dienen hogere waarden te worden aangehouden.
- De beoordeling van de gemeten dichtheid moet worden gerelateerd aan de uit de proctor-proeven verkregen maximale dichtheid. De gemeten dichtheid dient minimaal 95 à 98 % van de standaard (maximale) proctor-dichtheid te bedragen.

Opdrachtgever:

**Gemeente Deurne
Postbus 3
5750 AA Deurne**

Rapportnummer:

92369-XA

Datum rapport:

28 november 2011

Status rapport:

Gecontroleerd

Versie rapport:

Revisie 0

Rapport
Geotechnisch en geohydrologisch onderzoek
**Locatie aan de Rector Nuytsstraat te
Helenaveen**

Lankelma Geotechniek Zuid B.V.

Moorland 4a
Postbus 38
5688 ZG Oirschot
Tel: 0499 - 578520
Fax: 0499 - 578573
E-mail: info@lankelma-zuid.nl
Internet: www.lankelma-zuid.nl

1° auteur:

I. van der Hulst



2° auteur / controle:

Drs. I.W. van Geloven



Inhoudsopgave

1	Projectbeschrijving	1
1.1	Inleiding	1
1.2	Projectgegevens	1
1.2.1	Situatie	1
1.2.2	Bouwplan	1
1.3	Gerelateerd, door ons bureau uitgevoerd onderzoek	1
2	Onderzoeksprogramma	2
2.1	Veldonderzoek	2
2.1.1	Sonderingen	2
2.1.2	Boringen	2
2.1.3	Waterpassing	2
2.1.4	Waterdoorlatendheidsmetingen	2
2.2	Laboratoriumonderzoek	2
2.3	Archiefonderzoek	2
2.3.1	NITG-TNO	2
2.3.2	Overig archiefonderzoek	2
3	Bodemopbouw en (geo)hydrologie	4
3.1	Hoogte maaiveld	4
3.2	Bodemopbouw	4
3.2.1	Geomorfologie	4
3.2.2	Laagopbouw van de grond en de variaties daarvan op de bouwplaats	4
3.2.3	Geologie van de bouwplaats en omgeving	4
3.3	Hydrologisch systeem	5
3.3.1	Oppervlaktewater	5
3.3.2	Grondwater	5
3.3.3	Natuur	6
3.4	Waterdoorlatendheid	6
3.4.1	Doorlatendheidsmetingen onverzadigde zone	6
3.4.2	Doorlatendheidsmetingen verzadigde zone	7
3.4.3	Laboratoriumonderzoek	7
3.4.4	Regionale waterdoorlatendheidsgegevens	7
3.5	Geschiktheid voor infiltratie	7
3.5.1	Samenvatting bodemopbouw	7
3.5.2	Geschiktheid voor infiltratie	7
3.6	Civiltechnisch hergebruik grond	8
3.6.1	Referentiekader	8
3.6.2	Toetsing en interpretatie	8
4	Funderingsadvies	9
4.1	Funderingsontwerp	9
4.1.1	Funderingskeuze	9
4.1.2	Funderingstype: Stroken en poeren	9
4.2	Uitgangspunten berekening	9
4.2.1	Rekenmethode	9
4.2.2	Berekeningsaannames	9
4.2.3	Ontgravingsdiepte en grondverbetering	9
4.2.4	Schematische bodemopbouw	10
4.3	Rekenresultaten	10
4.3.1	Algemeen	10
4.3.2	Toetsing draagkracht	10
4.3.3	Toetsing vervorming	10
4.4	Vloer woningen	11
4.5	Algemene richtlijnen uitvoering	11
4.6	Aanvullend onderzoek	11

Bijlagen

Bijlage 1: Resultaten grondonderzoek

Bijlage 2: TNO-grondwaterstandgegevens

Bijlage 3: Analyseresultaten

Bijlage 4: Berekeningsresultaten fundering op staal

Bijlage 5: Algemene richtlijnen uitvoering grondverbetering

Verzendlijst

Aantal	Geadresseerde	Contactpersoon
3	Opdrachtgever:	Merv. E. Smeets

1 PROJECTBESCHRIJVING

1.1 Inleiding

Door Lankelma Geotechniek zuid B.V. is een geotechnisch en geohydrologisch grondonderzoek uitgevoerd voor het project "Locatie aan de Rector Nuytsstraat te Helenaveen". Navolgend worden in dit rapport de resultaten van het grondonderzoek en een algemeen geotechnisch en geohydrologisch weergegeven. Onderhavig onderzoek heeft tot doel:

- inzicht te geven in de opbouw en draagkracht van de bodem en een indicatief funderingsadvies op te stellen voor geplande bebouwing.
- in het kader van de watertoets, inzicht te krijgen in de opbouw en de waterdoorlatendheid van de bodem

1.2 Projectgegevens

1.2.1 Situatie

De locatie is gelegen aan de Rector Nuytsstraat te Helenaveen (gemeente Deurne). De coördinaten volgens het RD-stelsel zijn globaal: $x = 191,88$ en $y = 378,33$ [km]. Het perceel is momenteel bebouwd. De bebouwing zal worden gesloopt. De situering van de locatie is weergegeven in Bijlage 2.

1.2.2 Bouwplan

Het plan omvat de bouw van villa's in kader van een-ruimte voor ruimte-project. Het plan is nog in de ontwikkelingsfase. Voor een situatieschets van het plan wordt verwezen naar de tekening in Bijlage 1.

1.3 Gerelateerd, door ons bureau uitgevoerd onderzoek

In het kader van dit project is door ons bureau tevens een milieukundig bodemonderzoek uitgevoerd. De resultaten hiervan zijn separaat gerapporteerd onder projectnummer: 63821-D.

2 ONDERZOEKSPROGRAMMA

2.1 Veldonderzoek

Het grondonderzoek heeft plaatsgevonden op 17 en 23 augustus 2011. Het grondonderzoek is gecombineerd uitgevoerd met het milieukundig onderzoek.

2.1.1 Sonderingen

Voor dit project is door ons bureau 1 sondering gemaakt. Het betreft de sondeernummer: S1. De sondering is uitgevoerd met een elektrische kleefmantelconus, conform NEN 5140 Klasse 2. In Bijlage 1 zijn de sondeergegevens in grafiekvorm weergegeven. Voor de juiste locaties van de sondeerpunten wordt verwezen naar de situatieschets eveneens in Bijlage 1.

2.1.2 Boringen

In het kader van het geohydrologisch en milieukundig bodemonderzoek zijn door ons bureau 4 handboringen uitgevoerd. Het betreft boornummers B1 t/m B4. Boringen B1 is afgewerkt tot peilbuis. De boorstaten zijn toegevoegd in Bijlage 1, de situering van de boringen is weergegeven op de situatietekening 2.

2.1.3 Waterpassing

De onderzoekspunten zijn door ons bureau in het terrein uitgezet en gewaterpast ten opzichte van NAP. De resultaten van de waterpassing zijn weergegeven in Bijlage 1.

2.1.4 Waterdoorlatendheidsmetingen

2.1.4.1 *Onverzadigde zone*

In de boorgaten B2 t/m B4 is de onverzadigde zone waterdoorlatendheidsmeting verricht middels de methode van Glover. Bij het uitvoeren van deze meting wordt water met een constant debiet in het boorgat gepompt totdat de bodem rondom verzadigd is en een constante waterspiegel ontstaat. De verhouding van het pompdebiet en de stijghoogte in het boorgat is een maat voor de verzadigde waterdoorlatendheid van het bodemtraject waarin de proef heeft plaatsgevonden.

2.1.4.2 *Verzadigde zone*

In de peilbuis B1 is een waterdoorlatendheidsmeting uitgevoerd middels de constant-flow-rate-methode cf. ISO/FDIS 22282-2:2008(E). Bij het uitvoeren van deze meting wordt de peilbuis met een constant debiet doorgepompt totdat een constante waterstandsverlaging ontstaat in de peilbuis. De verhouding tussen het pompdebiet en de waterstandsverlaging is een maat voor de doorlatendheid van het bodemtraject waarin het filter is geplaatst.

2.2 Laboratoriumonderzoek

Teneinde meer inzicht te krijgen in de waterdoorlatendheid van de bodem zijn in het laboratorium 3 grondmonsters geanalyseerd op korrelverdeling conform de SCG-zeefkromme. De analysecertificaten zijn weergegeven in Bijlage 3.

2.3 Archiefonderzoek

2.3.1 NITG-TNO

Teneinde meer inzicht te geven in de geologie van de bouwplaats en omgeving zijn, beknopt, de (hydro)geologische gegevens geraadpleegd van het Regionaal geohydrologisch informatiesysteem (Regis / Dinoloket NITG-TNO). Het betreft onder meer de gegevens van het Landelijk "Digital Geological Model" V1.3 uit 2009.

Teneinde meer inzicht te krijgen in het grondwaterregime op de locatie zijn bij NITG-TNO te Utrecht langjarige grondwaterstandsgegevens opgevraagd. Het betreft de gegevens van de peilbuizen B52D 0495, 0507 en 0564. Voor de weergave van de relevante grondwaterstandsgegevens wordt verwezen naar Bijlage 2.

2.3.2 Overig archiefonderzoek

Teneinde meer inzicht te krijgen in de lokale en regionale bodemopbouw, geologie en geohydrologie zijn diverse bodem-informatiekaarten geraadpleegd. Het betreft onder meer:

- Bodemkaart van Nederland 1:50.000, CGI-Alterra.
- Topografische kaart van Nederland 1:25.000, Topografische dienst.
- Grondwaterkaart van Nederland, TNO-NITG.
- Kwelkaart van Nederland, kaartblad Noord-Brabant, Rijkswaterstaat.
- Wateratlas, Provincie Noord - Brabant;
- Provinciale Milieuverordening (PMV);

Tevens zijn onze eigen archiefgegevens geraadpleegd.

3 BODEMOPBOUW EN (GEO)HYDROLOGIE

3.1 Hoogte maaiveld

De hoogte van het maaiveld ter plaatse van de onderzoekspunten varieert van 31,88 m + tot 32,27 m + NAP. Het terrein en de directe omgeving zijn relatief vlak. Een indruk van de maaiveldhoogte in de omgeving is weergegeven in Figuur 3.1.



Figuur 3.1 Overzicht maaiveld­hoogten in de omgeving (rood is hoger, blauw is lager)

3.2 Bodemopbouw

3.2.1 Geomorfologie

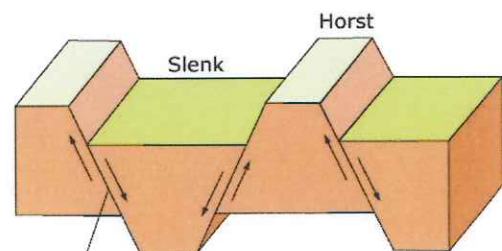
Volgens de geomorfologische kaart betreft de onderzoekslocatie een veenkoloniale ontginningsvlakte, relatief hoog gelegen. In de omgeving zijn enkele dekzandruggen aanwezig. Op minder dan 500 m ten oosten van de locatie bevindt zich de Groote Peel, Zinkske, Deurnese Peel, een gebied met veenvorming, verlanding, meer­af­zet­ting, verstuiving en dek­zand­vor­ming (windwerking);

3.2.2 Laagopbouw van de grond en de variaties daarvan op de bouwplaats

Onder een toplaag met humus- en leemhoudend fijn zand wordt tot de maximaal verkende diepte een vast zandpakket aangetoond (vanaf 26 à 28 m + NAP zeer vast). In dit zandpakket komen hier en daar minder vaste lagen voor, vermoedelijk bestaande uit zand met een hogere siltfractie of lossere pakking.

3.2.3 Geologie van de bouwplaats en omgeving

De geologische bodemopbouw in de omgeving wordt gekenmerkt door de nabijheid van de Peelrandbreuk. De Peelrandbreuk, die min of meer de lijn Roermond-Deurne-Uden-Heesch volgt, vormt de begrenzing tussen de Peelhorst aan de noordoostkant en de Centrale Slenk aan de zuidwestkant. Oostelijk (Peelhorst) en westelijk (Centrale Slenk) van de breuklijn verschilt de geologie aanzienlijk. De locatie ligt circa 3,5 km ten oosten van de Peelrandbreuk.



De op basis van de geraadpleegde bronnen verwachte ondiepe geologie op de locatie is weergegeven in navolgende tabel. Hierbij dient te worden opgemerkt dat het de geologische bodemopbouw betreft die door NITG-TNO is geïnterpoleerd op basis van onderzoek in de omgeving. De werkelijke laagopbouw en -samenstelling kunnen hiervan afwijken.

Diepte tot* [m tov NAP]	Formatienaam*	Kenmerk	Lithologie**
26 +	Boxtel	zeer uiteenlopende afzettingen uit het Midden/Laat-Pleistoceen en het Vroeg-Holoceen	zand met fijne korrelgrootte, met plaatselijk leem-, klei-, veen- of humusrijke lagen
12 +	Beegden	alle afzettingen van de rivier de Maas, in het zuidoosten van Nederland, vanaf het Pliocene (5 mln jaar geleden) tot het heden	(grof) zand en grind
167 -	Breda	glauconiethoudende mariene zanden en kleien uit het Mioceen	zand en klei

* Bron: Landelijk DGM model V1.3 - 2009, NITG-TNO, de werkelijke diepte en formatienaam kan afwijken (met name nabij geologische breukzones)

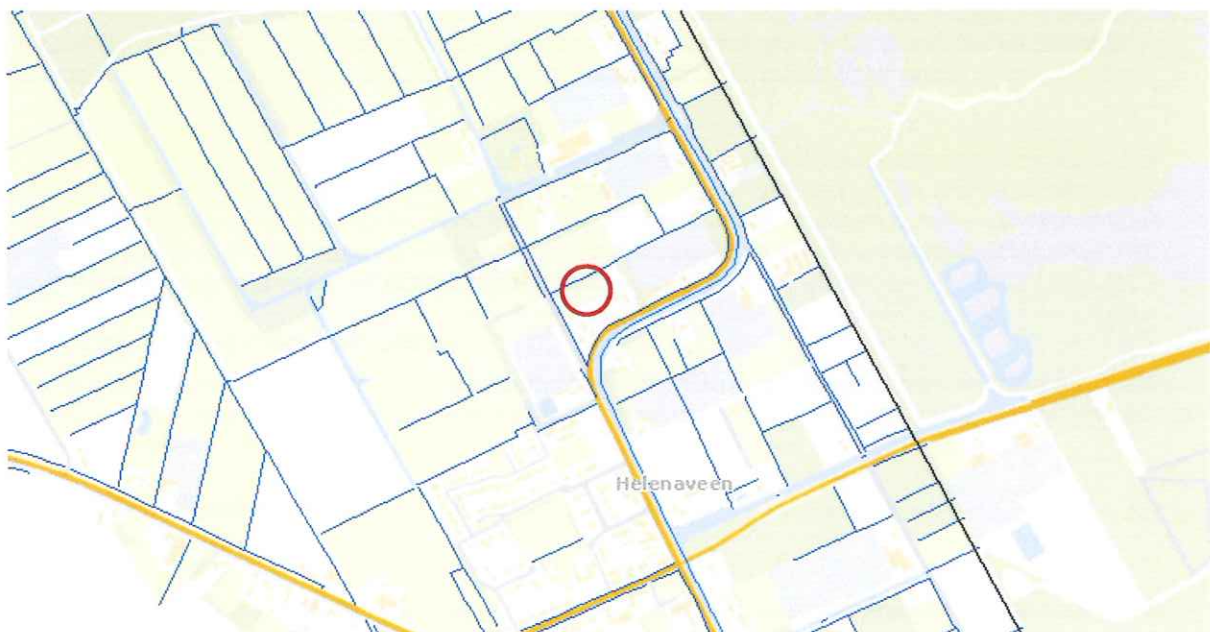
** Beschreven is de dominante lithologie. Ondergeschikte en sporadisch voorkomende lithologie zijn niet beschreven.

3.3 Hydrologisch systeem

3.3.1 Oppervlaktewater

De locatie ligt binnen het werkgebied van waterschap Aa en Maas, stroomgebiedsdistrict Boven Aa. Circa 50 meter ten zuidoosten is de Helenavaart gesitueerd. In de directe omgeving van de locatie zijn diverse sloten en greppels aanwezig (zie ook Figuur 3.2).

De Helenavaart vervult een belangrijke functie als wateraanvoersysteem, waarmee water vanuit de Maas naar het stroomgebied van de Aa wordt aangevoerd. Dit contact bestaat uit in- en uitlaatpunten van water. Daarnaast zorgt het voor kwel naar omliggende gronden (bron: waterplan Deurne). Het waterpeil in de Helenavaart is door ons bureau ingemeten op circa 31,4 m + NAP.



Figuur 3.2 Ligging sloten en greppels in de omgeving van de locatie (bron: wateratlas Brabant)

3.3.2 Grondwater

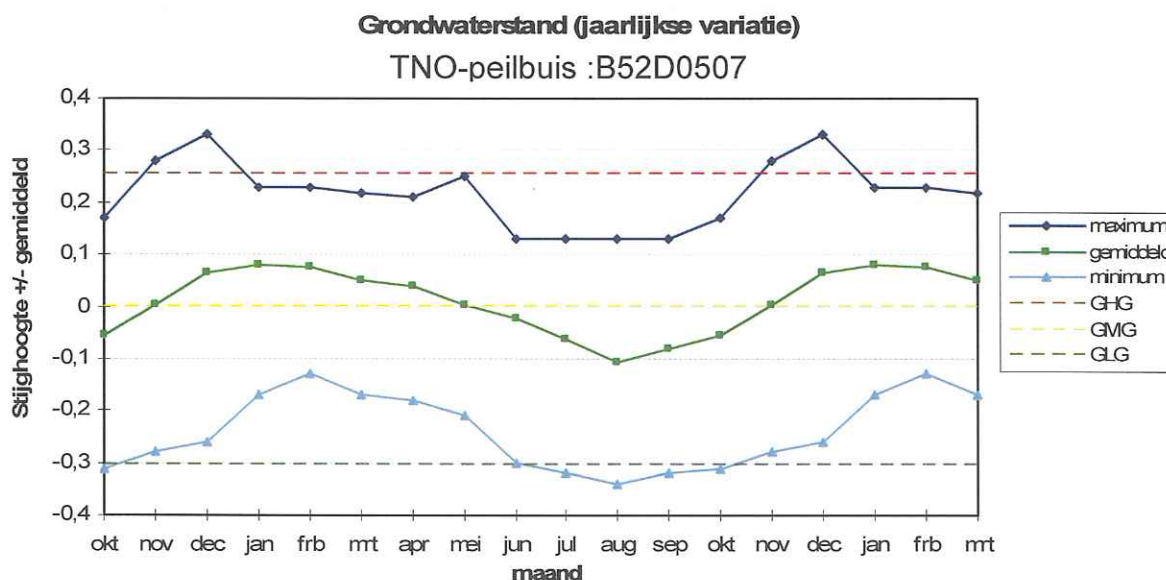
3.3.2.1 Grondwaterstroming

De horizontale stroming van het freatisch grondwater als ook het water van het eerste watervoerende pakket is westelijk gericht. De verticale stroming van het ondiepe grondwater is niet eenduidig. Mogelijk is periodiek sprake van kwel vanuit de Helenavaart en de Pelen.

3.3.2.2 Grondwaterstand en -fluctuaties

De grondwaterstand is tijdens het onderzoek d.d. 17 augustus 2011 in peilbuis B1 aangetroffen op 1,34 m - mv (30,93 m + NAP).

Onder invloed van seizoensafhankelijke factoren zal de grondwaterstand in de loop van de tijd fluctueren. In de langdurig gemonitorde peilbuizen uit het Regionaal Geohydrologisch Informatiesysteem van TNO-NITG zijn in de omgeving van de onderzoekslocatie fluctuaties in het grondwater van circa 0,8 meter geregistreerd. De hoogste grondwaterstanden treden hierbij doorgaans op in de periode november - januari, de laagste in de periode juli - september.



Figuur 3.3 Indicatie jaarlijkse grondwaterstandsfluctuatie in een peilbuis in de omgeving van de onderzoekslocatie

Op basis van de voorhanden zijnde gegevens geldt de volgende optimale schatting voor het grondwaterregime op de locatie:

- de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) bedraagt circa 31,5 m + NAP;
- de gemiddelde grondwaterstand (GMG) bedraagt circa 31,2 m + NAP;
- de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) bedraagt circa 30,7 m + NAP.

De schatting dient mogelijk te worden bijgesteld bij beschikbaar komen van meer gegevens.

3.3.2.3 Grondwateronttrekkingen

Op basis van de Provinciale Milieuvordering (PMV provincie Noord-Brabant) kan worden gesteld dat de locatie niet ligt binnen de invloed van een waterwingebied (geen grootschalige drinkwateronttrekking).

3.3.3 Natuur

De onderzoekslocatie is niet gesitueerd binnen een natuurparel, of natura-2000 gebied. De locatie is niet aangeduid als "beschermde gebied waterhuishouding" uit de Verordening Water. In de ruimere omgeving, op ca. 500 m ten westen, noorden en oosten, van de onderzoekslocatie zijn enkele natura-2000 gebieden aanwezig.

3.4 Waterdoorlatendheid

3.4.1 Doorlatendheidsmetingen onverzadigde zone

Uit de doorlatendheidsmetingen in de onverzadigde zone is de waterdoorlatendheid (K-waarde) bepaald op basis van de formule van Amoozegar & Wilson (1999). De resultaten zijn weergegeven in de navolgende tabel.

Boring no.	Debiet [l/min]	Verhoging [cm]	Meettraject [m-mv]	K-waarde [m/dag]
B2	0,67	38	0,3 - 0,7	2,0
B3	0,23	54	0,1 - 0,6	0,4
B4	0,23	41	0,3 - 0,7	0,6

3.4.2 Doorlatendheidsmetingen verzadigde zone

Uit de meetresultaten van de doorlatendheidsmetingen in de verzadigde zone is de waterdoorlatendheid bepaald met de vergelijkingen uit de Europese norm ISO/FDIS 22282-2:2008(E) § 6.2.2. De resultaten (duplo) zijn weergegeven in de navolgende tabel.

Peilbuis	Grondwaterstand [m - mv]	Debiet [l/min]	Verlaging [cm]	Meettraject [m - mv]	K-waarde [m/dag]
B1	1,34	0,8	128	2,1 - 3,1	0,5

3.4.3 Laboratoriumonderzoek

Uit de korrelverdelingsdiagrammen is met behulp van diverse empirische formules de waterdoorlatendheid (k-waarde) van de grond bepaald. Bij de berekening van de doorlatendheid is voor zover van toepassing gebruik gemaakt van de formules van Hazen (1893), Seelheim en Beyer (op cit. Tysma et al, 1994), Kozeny-Carman (1937), Harleman (1963) en Krumbein and Monk (1942) en de SBR 190. De resultaten zijn weergegeven in de navolgende tabel.

Monster	Samenstelling	Diepte [m - mv]	k-waarde [m/dag]
k1	B1 a + B2 a + B3 a + B4 a	0,0 - 0,5	0,4
k2	B1 c + B2 b + B4 c	0,5 - 1,5	2,9
k3	B1 d + B2 c + B3 d + B4 d	1,0 - 2,5	1,8

3.4.4 Regionale waterdoorlatendheidsgegevens

Op basis van de gegevens van het Regionaal Geohydrologisch Informatie Systeem van Nederland is de doorlatendheid van de verschillende bodemlagen ingeschat. De waarden zijn weergegeven in navolgende tabel.

Diepte [m tov NAP]	Hydrogeologie	Samenstelling	k _h [m/dag]	k _v [m/dag]
tot + 26	Boxtel	deklaag	15 à 25	-
tot + 12	Beegden	watervoerende laag	15 à 25	-
tot - 166	Breda	watervoerende laag	5	-

3.5 Geschiktheid voor infiltratie

3.5.1 Samenvatting bodemopbouw

- De hoogte van het maaiveld ter plaatse van de onderzoekpunten varieert van 31,9 m + tot 32,3 m + NAP;
- De grondwaterstand is gemeten op 30,9 m + NAP, de GHG wordt ingeschat op 31,5 m + NAP (0,4 à 0,8 m - mv);
- Onder een toplaag met humus- en leemhoudend fijn zand wordt tot de maximaal verkende diepte een vast zandpakket aangetoond;
- De doorlatendheid van de humushoudende toplaag is matig, met een gemeten k-waarde van 0,4 à 0,6 m/dag. De daaronder aanwezige zandafzettingen zijn redelijk tot goed doorlatend met gemeten k-waarden van 0,5 tot 2,9 m/dag.

3.5.2 Geschiktheid voor infiltratie

Teneinde de geschiktheid van de bodem voor infiltratie van hemelwater vast te stellen zijn de onderzoeksgegevens getoetst aan de richtlijnen uit ISSO-publicatie nr. 70-1, Hemelwater binnen de perceelsgrens. Deze richtlijn stelt dat de bodem mogelijkheden biedt voor infiltratie indien de k-waarde van de zandige bodem groter is dan 0,4 m/dag en de gemiddeld hoogte grondwaterstand dieper is dan 0,7 m - mv.

Uitgaande van deze richtlijnen kan worden geconcludeerd dat de bodem op basis van de doorlatendheid mogelijkheden biedt voor infiltratie van hemelwater, maar dat de grondwaterstand te hoog is. Enkel indien het terrein wordt opgehoogd tot een niveau van 32,2 m + NAP ontstaan er wel mogelijkheden voor infiltratie van hemelwater, doch nog steeds in beperkte. Hierbij dient tevens rekening te worden gehouden met de mogelijke periodieke kwel.

3.6 Civieltechnisch hergebruik grond

3.6.1 Referentiekader

Tijdens de werken zal een hoeveelheid grond vrijkomen. In welke mate de uitkomende grond, op basis van korrelverdeling, geschikt is voor hergebruik hangt af van de samenstelling van die grond en het doel waarvoor het gebruikt wordt. De volgende toetsingscriteria zijn vastgesteld in de NEN 6740 en standaard RAW bepalingen:

- **Zand in aanvulling of ophoging** (standaard **RAW** bepalingen artikel 22.06.01) - Zand dat wordt verwerkt in een aanvulling of ophoging op een diepte van meer dan 1 meter beneden het wegooppervlak moet zijn: mineraal materiaal waarvan de fractie fijner dan 2 μm ten hoogste 8% bedraagt en het gehalte aan minerale deeltjes door zeef 63 μm ten hoogste 50%.
- **Draineerzand** (standaard **RAW** bepalingen artikel 22.06.02) - Zand met een tijdelijke of permanente draineerfunctie moet zijn: mineraal materiaal waarvan het gehalte aan minerale deeltjes door zeef 63 μm van de fractie door zeef 2 mm ten hoogste 5% bedraagt. Van het materiaal door zeef 2 mm mag het gloeiverlies ten hoogste 3% bedragen. Van zand met een permanente draineerfunctie moet voorts de fractie op zeef 250 μm tenminste 50% bedragen.
- **Zand in zandbed** (standaard **RAW** bepalingen artikel 22.06.03) - Zand dat wordt verwerkt in een zandbed op een diepte van minder dan 1,0 m beneden het oppervlak van het wegdek moet zijn: mineraal materiaal waarvan het gehalte aan minerale deeltjes door zeef 63 μm van de fractie door zeef 2 mm ten hoogste 15% bedraagt. Indien dit 10 tot 15% is, mag bovendien het gehalte aan minerale deeltjes door zeef 20 μm van de fractie door zeef 2 mm ten hoogste 3% bedragen. Van het materiaal door zeef 2 mm mag het gloeiverlies ten hoogste 3% bedragen.
- **Aanvulzand in grondverbetering** (NEN 6740: 1991 / 2006) - Aanvulzand mag ten hoogste 5 gewichtsprocenten (van de korrels) aan korrels bevatten die kleiner zijn dan 16 μm en ten hoogste 10 gewichtsprocenten aan korrels die kleiner zijn dan 63 μm . De gelijkmatigheidscoëfficiënt D_{60}/D_{10} moet tenminste 2 zijn. Het humusgehalte (gloeiverlies) mag ten hoogste 3 gewichtsprocenten bedragen en de korrelvorm dient bij voorkeur enigszins hoekig te zijn.

3.6.2 Toetsing en interpretatie

De onderzoeksresultaten en de indicatieve classificatie zijn weergegeven in navolgende tabel.

Monster	Omschrijving	Diepte [m - mv]	Classificatie RAW			NEN 6740 grondverb.
			aanvulling	zandbed	drainzand	
k1	B1 a + B2 a + B3 a + B4 a	0 - 0,5	ja	nee	nee	nee
k2	B1 c + B2 b + B4 c	0,5 - 1,5	ja	ja	nee	ja
k3	B1 d + B2 c + B3 d + B4 d	1,0 - 2,5	ja	nee	nee	nee

Gesteld kan worden dat al het onderzochte zand voldoet aan de eisen voor hergebruik als zand in aanvulling. Tevens is het zand dieper dan 0,5 en 1,5 m - mv geschikt voor zand in zandbed en grondverbetering.

Opmerking

Opgemerkt wordt dat de classificatie gebaseerd zijn op een beperkte steekproef. De samenstelling van de grond kan in de praktijk (plaatselijk) afwijken.

4 FUNDERINGSADVIES

4.1 Funderingsontwerp

4.1.1 Funderingskeuze

Vooruitlopend op het definitieve bouwplan geeft de aangetroffen bodemopbouw mogelijkheden voor toepassing van een fundering op staal. Navolgend is een indicatief funderingsadvies op staal verder uitgewerkt. Een volledig advies kan worden opgesteld nadat het bouwplan bekend is en een compleet geotechnisch grondonderzoek is uitgevoerd.

4.1.2 Funderingstype: Stroken en poeren

Toegepast kunnen worden funderingselementen bestaande uit betonnen stroken en poeren; afmetingen en eventueel vereiste wapening dienen door de constructeur te worden bepaald aan de hand van de gegevens uit dit rapport.

In verband met de indringing van vorst in de grond en mogelijke werkzaamheden aan kabels en leidingen dient conform NEN 6740:2006, art. 10.3 de aanlegdiepte van de fundering voor muren van bouwwerken langs de perceelsgrens, behoudens die tussen woningen en gebouwen onderling, tenminste 0,80 m - mv te zijn. Voor het overige kan 0,60 m - mv worden aangehouden.

4.2 Uitgangspunten berekening

4.2.1 Rekenmethode

- De maximale draagkracht en de zakking van funderingselementen is berekend conform NEN 6744:2007 "Berekeningsmethode voor funderingen op staal". Deze norm is opgesteld voor toepassing bij funderingen op staal van bouwconstructies waarop statische of quasi-statische krachten werken, waarbij het funderingsoppervlak een hoek met de horizontaal heeft van ten hoogste 2,5°.
- Het ontwerp dient te voldoen aan eisen van veiligheid en bruikbaarheid uit de NEN 6740:2006.
- In het rapport worden de draagkracht en vervormingen bepaald van verticaal centrisch en op druk belaste funderingselementen in de gedraineerde en eventueel de ongedraineerde toestand.
- Voor zover van toepassing is gecontroleerd op doorponsen en squeezing conform NEN 6744:2007 § 5.2.6 respectievelijk 5.2.7.
- Het project wordt ingedeeld in de geotechnische categorie 2 (GC2).

4.2.2 Berekeningsaannames

- Er wordt aangenomen dat de oorspronkelijke, op natuurlijke wijze gesedimenteerde bodemopbouw aanwezig is.
- Het vloerpeil is aangenomen op 32,8 m + NAP, het toekomstige maaiveld 32,7 m + NAP.
- Het aanlegniveau van de fundering is aangenomen op 32,0 m + NAP.
- De hoek van het maaiveld met de horizontaal is verwaarloosbaar gesteld
- Onder een gronddekking (t) wordt verstaan de permanent aanwezige zandaanvulling die rondom de funderingselementen boven het aanlegniveau aanwezig is. Voor een kruipruimte wordt geadviseerd 0,1 m aan te houden. Bij het ontbreken van een kruipruimte wordt door ons bureau gerekend met een gronddekking van maximaal 0,4 m.
- Volgens de ons beschikbare informatie verkeert het bouwplan in een fase dat er nog geen belastingen bekend zijn.

Geadviseerd wordt de uitgangspunten te verifiëren, voordat met de resultaten van het onderzoek wordt verder gewerkt.

4.2.3 Ontgravingsdiepte en grondverbetering

Alle grond dient tot de in navolgende tabel aangegeven diepte te worden vervangen door een goed verdicht zandpakket (grondverbetering). Wanneer het aanlegniveau onder het niveau van het geadviseerde ontgravingsniveau bevindt hoeft daar geen grondverbetering te worden uitgevoerd.

Sondering [nr.]	Hoogte maaiveld [m + NAP]	Ontgravingsniveau [m + NAP]
S1	32,11	31,3

Tussen de sonderingen moet tot dezelfde grondslag worden ontgraven zoals is aangetroffen ter plaatse van de aangrenzende sonderingen met het diepste ontgravingsniveau. Wanneer visueel het verloop van de laag is vast te stellen kan als ontgravingsniveau tussen de sonderingen het laagverloop worden aangehouden. Wanneer op het ontgravingsniveau ten behoeve van de fundering insluitingen van slechte grond of andere ongewenste zaken zijn vastgesteld, moeten de ongewenste insluitingen tot de vaste natuurlijke grondslag worden vervangen door zand of door een materiaal dat ten minste de eigenschappen qua draagkracht en vervorming heeft die als uitgangspunten voor het ontwerp zijn gebruikt. Ongewenste zaken onder een funderingselement kunnen zijn:

- cohesieve afzettingen (klei, veen);
- vegetatieresten (wortels, boomstronken);
- oude waterlopen;
- oude funderingen, putten, buizen e.d.

De grondverbetering moet ten minste het gebied bestrijken, waarin de belasting zich onder een hoek van 45° spreidt. Vóór en tijdens de ontgraving ten behoeve van de grondverbetering dient de grondwaterstand steeds lager dan 0,5 m beneden het ontgravingsniveau te zijn of te worden gebracht. Vervolgens dient de ontgraven bouwputbodem te worden aangetrild. De uitvoering van de grondverbetering dient te voldoen aan de eisen zoals gesteld in NEN 6740:2006 § 10.10.2 tot 10.10.5.

4.2.4 Schematische bodemopbouw

Ten behoeve van de berekening van het draagvermogen van de ondergrond en de zettingen van de funderingselementen van de nieuwbouw is een representatief bodemprofiel opgesteld op basis van het grondonderzoek. Vervolgens is gebruik gemaakt van tabel 1 in NEN 6740 om de representatieve waarden van deze grondeigenschappen te bepalen. De gunstige invloed van grondverbetering is, uitgaande van uitvoering zoals hiervoor beschreven, meegenomen in de berekening van de draagkracht en vervormingen.

4.3 Rekenresultaten

4.3.1 Algemeen

De rekenresultaten zijn weergegeven in Bijlage 2; STB 1 t/m 5. Het betreft:

- STB 1: gehanteerde grondparameters
- STB 2 en 4: rekenwaarden van de maximale funderingsdruk en draagkracht voor de diverse toestanden en de maatgevende toestand
- STB 3 en 5: zakking onder invloed van de belasting voor de verschillende funderingselementen, en beddingscoëfficiënten berekend uit berekende zettingen voor bruikbaarheidstoestand 2.

4.3.2 Toetsing draagkracht

Ten behoeve van de toetsing van de uiterste grenstoestand 1A moet de rekenwaarde van de verticale belasting uit de constructie ($F_{s,v;d}$) kleiner zijn dan de rekenwaarde van de verticale draagkracht ($F_{r,v;d}$): $F_{s,v;d} \leq F_{r,v;d}$.

4.3.3 Toetsing vervorming

4.3.3.1 Toetsingscriteria vervorming

Toetsing van bruikbaarheidsgrenstoestand 2 wordt uitgevoerd met de momentane belastingcombinatie. Hierbij worden de volgende eisen gesteld:

- Vervormingscriterium: zakking $w_d < 0,15$ m (NEN 6740:1991, art. 5.2.2.1)
- Rotatiecriterium: rotatie $\Delta w_d/L \leq 1:300$ (NEN 6740:2006, art. 5.3)

Voor de toetsing van grenstoestand 1B (constructieve veiligheid, conform NEN6740:2006, art. 5.2) is het rotatiecriterium gesteld van $w_d/l \leq 1:100$. Gezien het voorgaande is grenstoestand 1B niet maatgevend.

Als gevolg van een mogelijke heterogeniteit van de ondergrond en uitvoeringsonvolkomenheden moet hierbij, conform NEN 6740 artikel 10.8, zijn gerekend met een zakkingsverschil (Δw_d) tussen twee

afzonderlijk op staal gefundeerde elementen (op afstand L) van in beginsel tenminste 50 % van de gemiddelde waarde van de zakking van de funderingselementen.

4.3.3.2 Resultaat toetsing

Uit de rekenresultaten komt naar voren dat wordt voldaan aan het vervormingscriterium. Door de constructeur moet worden beoordeeld of aan het rotatiecriterium wordt voldaan.

4.4 Vloer woningen

Indien de beganegrondvloer op een zandbed wordt aangelegd, wordt geadviseerd dezelfde ontgravingsdiepte aan te houden als hiervoor is vermeld.

Het aanbrengen van een goed verdicht zandpakket voor de vloer vindt in twee fasen plaats. Allereerst wordt tot onderkant fundering goed verdicht zand aangebracht. Nadat de fundering is gestort en de muren zijn opgemetseld tot vloerniveau vindt in de tweede fase het aanbrengen van een verdicht zandpakket plaats tot onderkant vloer. Er wordt op gewezen dat deze tweede fase eveneens zorgvuldig moet worden uitgevoerd; ook hier dient in lagen te worden aangevuld en verdicht.

4.5 Algemene richtlijnen uitvoering

- De vereiste terreinophogingen moeten voor of uiterlijk tijdens de funderingswerkzaamheden worden aangebracht.
- Voor algemene bouwputaspecten ten behoeve van de ontgraving voor het uitvoeren van de grondverbetering zoals bv. bemaling, taludstabiliteit, grondkering en dergelijke wordt verwezen naar Bijlage 5.
- Archeologische aspecten in verband met het verkrijgen van toestemming voor de ontgraving zijn in dit rapport buiten beschouwing gebleven.

4.6 Aanvullend onderzoek

Volgens Artikel 8.4.1.1 van de NEN 6740 moeten de onderzoekspunten zo over de plattegrond van het te bouwen project zijn verdeeld dat daaruit de grondgesteldheid ter plaatse van de geotechnische constructies betrouwbaar kan worden afgeleid. Artikel 8.4.1.4. van de NEN 6740 stelt bovendien dat:

- de sondeerafstand maximaal 25 meter mag zijn.
- de oppervlakte van de bouwplaats waarbinnen de funderingselementen zijn geprojecteerd, volledig moet zijn afgedekt door gebieden met de plaatsen van de terreinproeven als middelpunt (bij een onderlinge afstand van de onderzoekspunten van 25 m en wordt volgens de NEN 6740 per terreinproef een oppervlakte bestreken van ten hoogste 25 m × 25 m).
- terreinproeven moeten zijn uitgevoerd op de omtrek van de bouwplaats waarbinnen funderingselementen zijn geprojecteerd. Dit is momenteel niet het geval. Het is derhalve noodzakelijk aanvullend te sonderen teneinde voldoende informatie te verkrijgen voor een verantwoord funderingsontwerp.

Opgemerkt wordt dat het aanvullend grondonderzoek aanleiding kan geven tot wijzigingen in ontgravingsniveaus c.q. draagkracht. De keuze voor een ander funderingstype is niet uitgesloten, maar lijkt onwaarschijnlijk.

Bijlage 1 : Resultaten grondonderzoek

Toelichting sonderingen

De sondeergegevens worden in een grafiek weergegeven waarbij, indien van toepassing, het wrijvingsgetal (verhouding plaatselijke wrijving / conusweerstand) is berekend en gepresenteerd. Het wrijvingsgetal geeft samen met de conusweerstand over het algemeen een indicatie van de bodemopbouw onder de grondwaterstand. In navolgende tabel zijn enige indicatieve waarden hiervoor aangegeven. Opgemerkt wordt dat boven het grondwater de waarden hiervan kunnen afwijken.

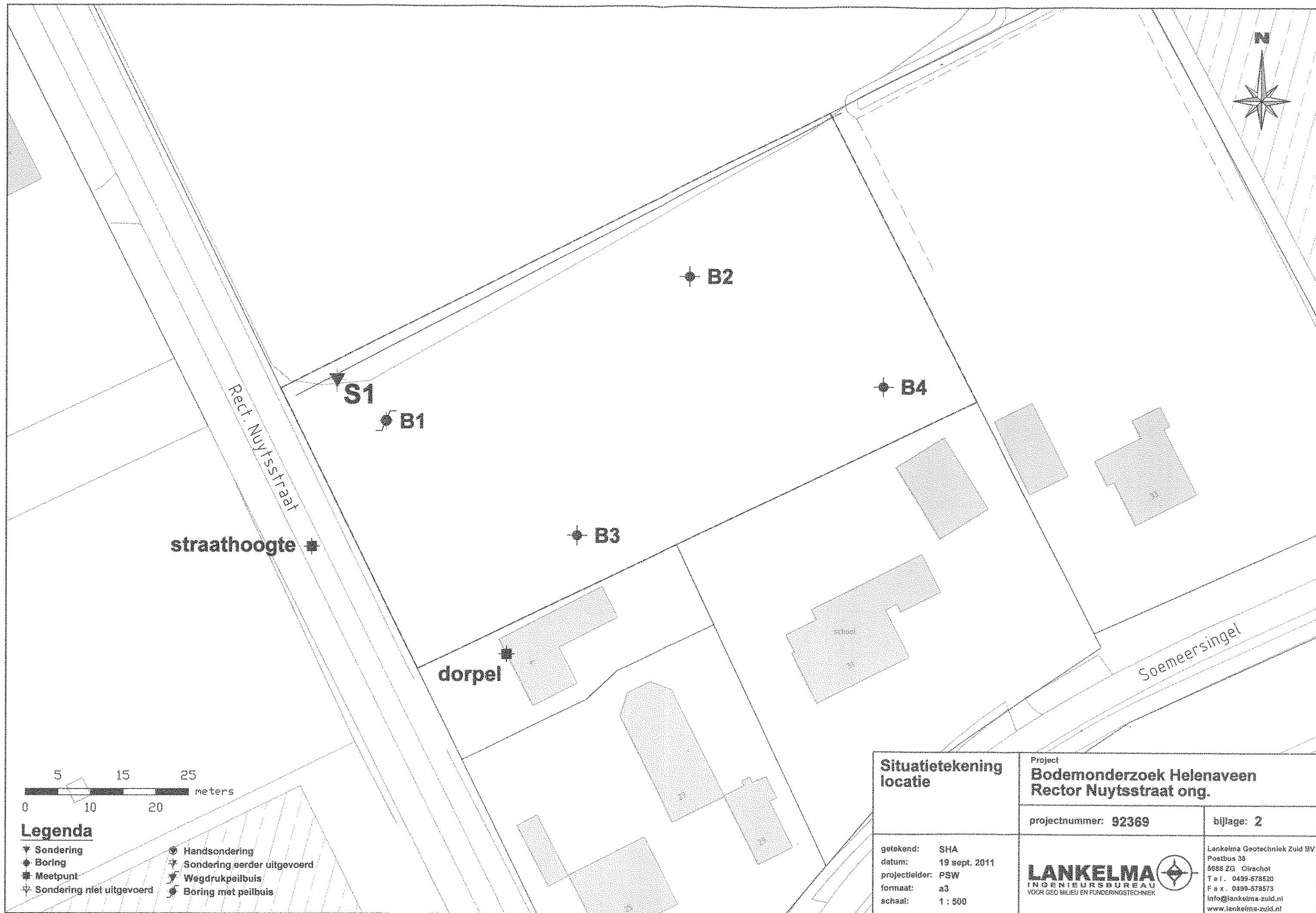
Grondsoort	Conusweerstand (q_c) [MPa]	Wrijvingsgetal (f_s/q_c) [%]
zand, grind	> 5	0,2 - 1,0
siltig zand,	> 4	0,8 - 1,4
kleilig zand	> 2	1,0 - 2,0
leem	1 - 3	2,0 - 4,0
klei	0 - 5	2,0 - 6,0
venige klei	0 - 6	5,0 - 8,0

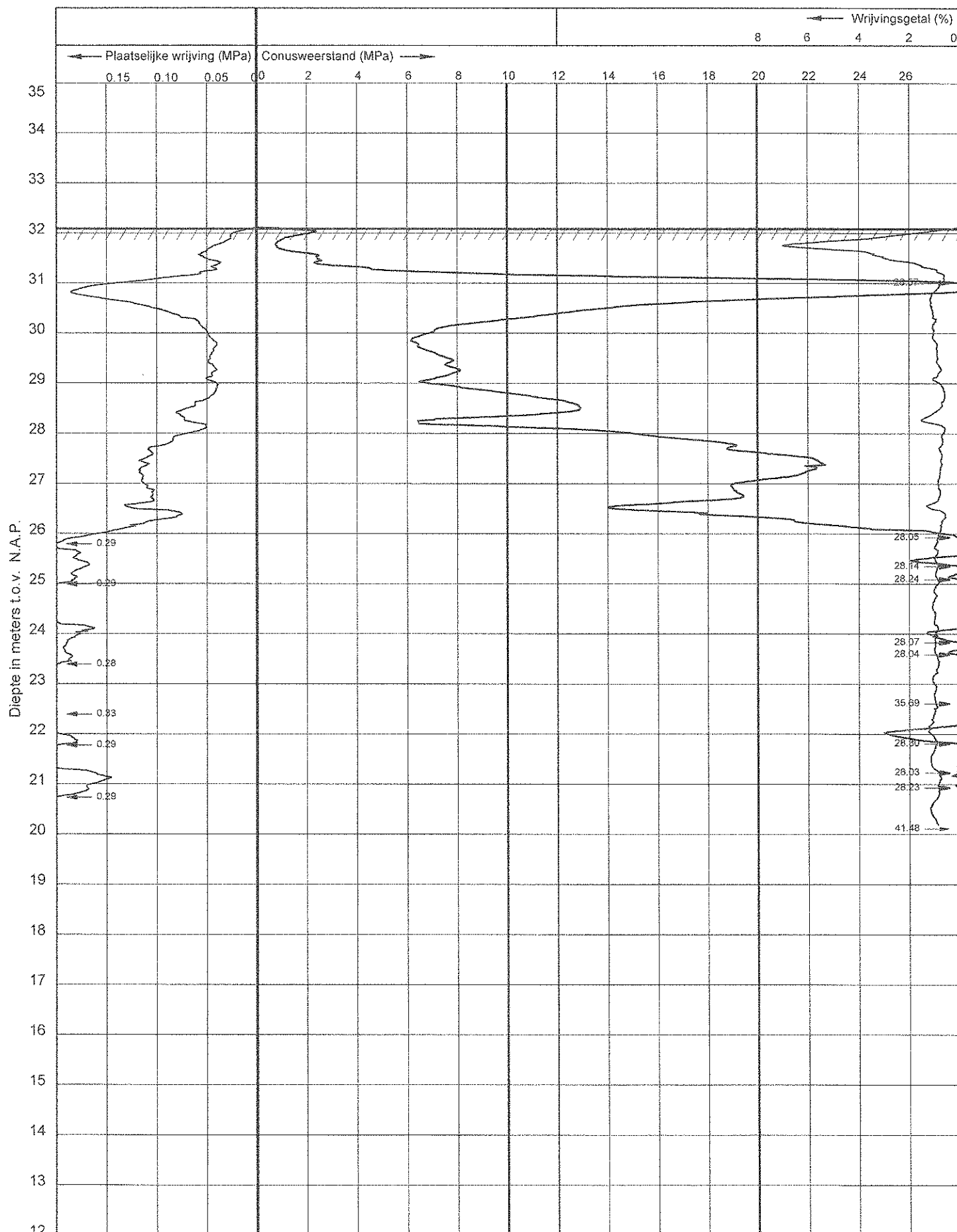
Bijlage 1 : Resultaten grondonderzoek

Toelichting sonderingen

De sondeergegevens worden in een grafiek weergegeven waarbij, indien van toepassing, het wrijvingsgetal (verhouding plaatselijke wrijving / conusweerstand) is berekend en gepresenteerd. Het wrijvingsgetal geeft samen met de conusweerstand over het algemeen een indicatie van de bodemopbouw onder de grondwaterstand. In navolgende tabel zijn enige indicatieve waarden hiervoor aangegeven. Opgemerkt wordt dat boven het grondwater de waarden hiervan kunnen afwijken.

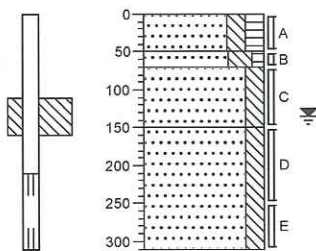
Grondsoort	Conusweerstand (q_c) [MPa]	Wrijvingsgetal (f_s/q_c) [%]
zand, grind	> 5	0,2 - 1,0
siltig zand,	> 4	0,8 - 1,4
kleilig zand	> 2	1,0 - 2,0
leem	1 - 3	2,0 - 4,0
klei	0 - 5	2,0 - 6,0
venige klei	0 - 6	5,0 - 8,0





B1

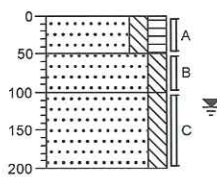
Datum: 23/08/2011
Opmerking:
GWS: 135



0	Zand, matig fijn, matig siltig, matig humeus, donkerbruin
50	
70	Zand, matig fijn, sterk siltig, zwak humeus, donkerbruin
	Zand, matig fijn, matig siltig, grijsgeel
150	
	Zand, matig fijn, matig siltig, bruingrijs
310	

B2

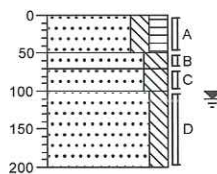
Datum: 23/08/2011
Opmerking:
GWS: 120



0	Zand, matig fijn, matig siltig, matig humeus, donkerbruin
50	
100	Zand, matig fijn, matig siltig, lichtbruin
	Zand, matig fijn, matig siltig, lichtgrijs
200	

B3

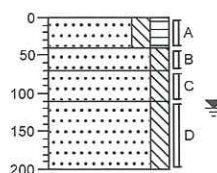
Datum: 23/08/2011
Opmerking:
GWS: 110



0	Zand, matig fijn, matig siltig, matig humeus, donkerbruin
50	
70	Zand, matig fijn, sterk siltig, bruingrijs
100	Zand, matig fijn, sterk siltig, bruingrijs, leembrokken
	Zand, matig fijn, matig siltig, lichtbruin
200	

B4

Datum: 23/08/2011
Opmerking:
GWS: 120



0	Zand, matig fijn, matig siltig, matig humeus, donkerbruin
40	
70	Zand, matig fijn, matig siltig, lichtbruin
110	Zand, matig fijn, matig siltig, bruingrijs
	Zand, matig fijn, matig siltig, lichtgrijs
200	

Waterpasstaat

Deze waterpassing is uitgevoerd met behulp van dGPS.

Datum uitvoering : 17 en 23 augustus 2011

Meetpunt	Hoogte [m t.o.v. NAP]
sondering 1	32,11 +
boring 1 maaiveld	32,27 +
boring 1 kop peilbuis	32,74 +
boring 2	31,88 +
boring 3	32,24 +
boring 4	31,90 +
straathoogte	32,68 +
dorpel	33,22 +

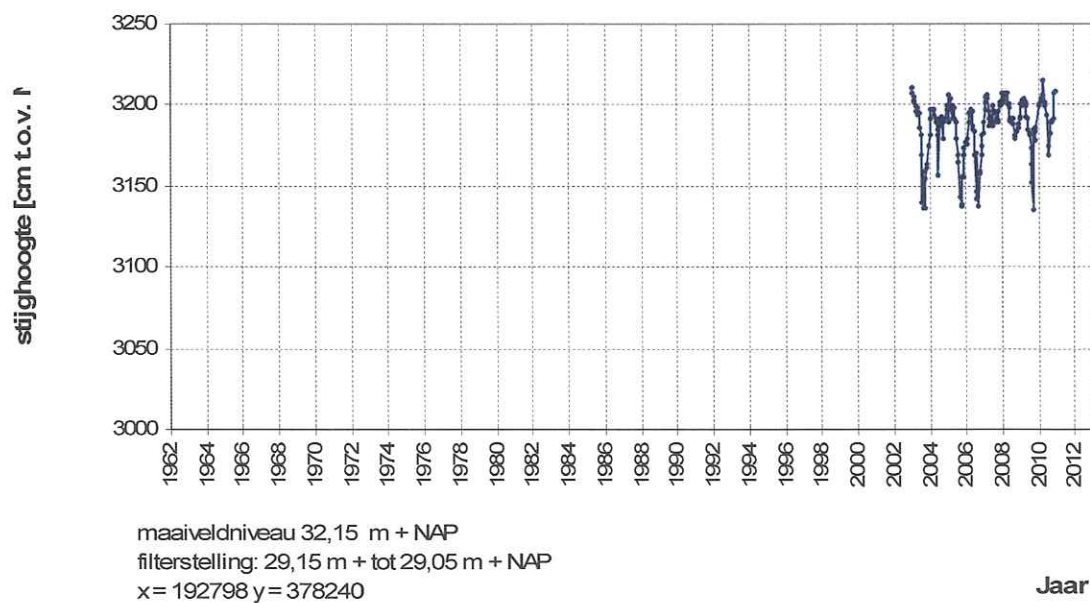
Opmerking

Hoogten in deze waterpasstaat zijn uitsluitend bedoeld om inzicht te verkrijgen in de maaiveldhoogten van de meetpunten. Zonder verificatie door de gebruiker mogen deze hoogten niet voor andere doeleinden worden gebruikt.

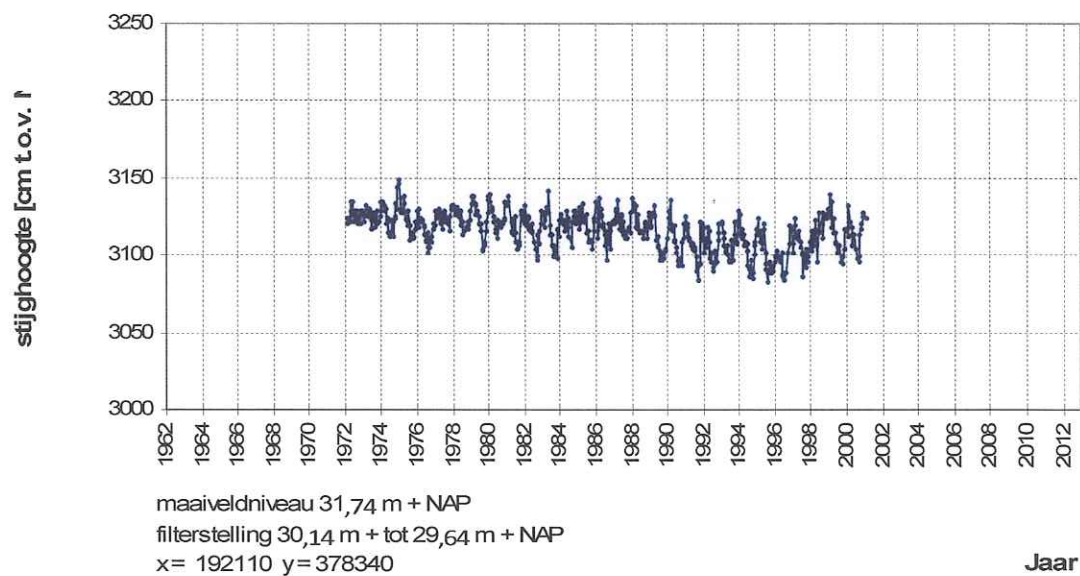
Bijlage 2 : TNO-grondwaterstandgegevens



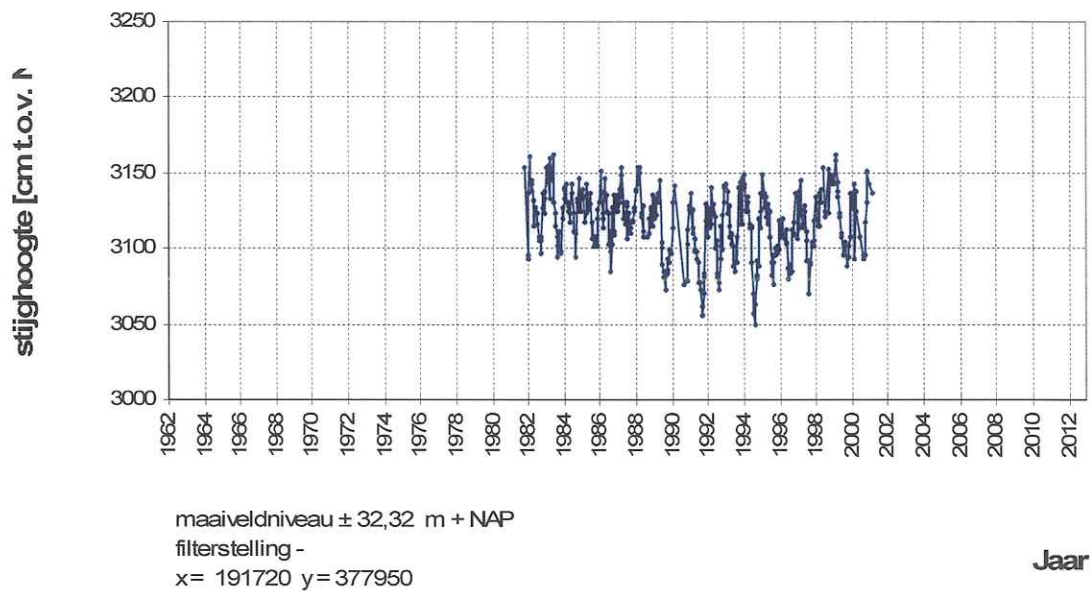
Peilbuis B52D 0495



Peilbuis B52D 0507



Peilbuis B52D 0564



Bijlage 3 : Analyseresultaten



Analysrapport

Lankelma Geo. Zuid BV
I. van der Hulst
Postbus 38
5688 ZG OIRSCHOT

Blad 1 van 3

Uw projectnaam : Helenaveen, Rector Nuytstraat
Uw projectnummer : 92369
ALcontrol rapportnummer : 11704909, versie nummer: 1
Rapport verificatie nummer : TF8QK834

Rotterdam, 01-09-2011

Geachte heer/mevrouw,

Hierbij ontvangt u de analyse resultaten van het laboratoriumonderzoek ten behoeve van uw project 92369. Het onderzoek werd uitgevoerd conform uw opdracht. De gerapporteerde resultaten hebben uitsluitend betrekking op de geteste monsters. De door u aangegeven omschrijvingen voor de monsters en het project zijn overgenomen in dit analysrapport.

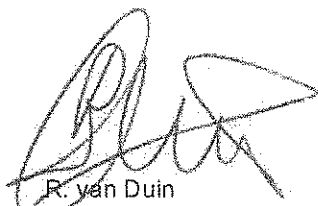
Het onderzoek is, met uitzondering van eventueel door derden uitgevoerd onderzoek, uitgevoerd door ALcontrol Laboratories, gevestigd aan de Steenhouwerstraat 15 in Rotterdam (NL).

Dit analysrapport bestaat inclusief bijlagen uit 3 pagina's. In geval van een versienummer van '2' of hoger vervallen de voorgaande versies. Alle bijlagen maken onlosmakelijk onderdeel uit van het rapport. Alleen vermenigvuldiging van het hele rapport is toegestaan.

Mocht u vragen en/of opmerkingen hebben naar aanleiding van dit rapport, bijvoorbeeld als u nadere informatie nodig heeft over de meetonzekerheid van de analyseresultaten in dit rapport, dan verzoeken wij u vriendelijk contact op te nemen met de afdeling Customer Support.

Wij vertrouwen er op u met deze informatie van dienst te zijn.

Hoogachtend,



R. van Duin
Laboratory Manager



Lankelma Geo. Zuid BV
I. van der Hulst

Analyserapport

Blad 2 van 3

Projectnaam Helsenaveen, Rector Nuytstraat
Projectnummer 92369
Rapportnummer 11704909 - 1

Orderdatum 26-08-2011
Startdatum 26-08-2011
Rapportagedatum 01-09-2011

Analyse	Eenheid	Q	001	002	003
droge stof	gew.-%	Q	71.3	88.6	83.2
calciet	% vd DS	Q	<0.2	<0.2	<0.2
organische stof (gloeiverlies)	% vd DS	Q	15.5	0.6	<0.5
KORRELGROOTTEVERDELING					
min. delen <2um	% vd DS	Q	5.1	3.2	4.4
min. delen <2um	% min st	Q	5.7	3.2	4.6
min. delen <16um	% min st	Q	9.2	3.9	4.6
min. delen <32um	% min st	Q	12	4.0	5.2
min. delen <50um	% min st	Q	23	7.5	10
min. delen <63um	% min st	Q	27	9.5	14
min. delen <125um	% min st	Q	45	33	38
min. delen <250um	% min st	Q	82	91	87
min. delen <500um	% min st	Q	93	99	98
min. delen <1mm	% min st	Q	96	100	100
min. delen <2mm	% min st	Q	96	100	100
min. delen >2mm	% vd DS	Q	3.2	<1	<1
pH-KCl	-	Q	4.5	4.3	4.3
temperatuur t.b.v. pH	°C		20.8	21.0	21.2

De met S gemerkte analyses zijn geaccrediteerd en vallen onder de AS3000 erkenning. Overige accreditaties zijn gemerkt met een Q.

Nummer	Monstersoort	Monsterspecificatie
001	Grond	k1 B1 (0-50) B3 (0-50) B2 (0-50) B4 (0-40)
002	Grond	k2 B1 (70-150) B2 (50-100) B4 (70-110)
003	Grond	k3 B1 (150-250) B3 (100-200) B2 (100-200) B4 (110-200)

Paraaf:





Lankelma Geo. Zuid BV
I. van der Hulst

Analyserapport

Blad 3 van 3

Projectnaam Helenaveen, Rector Nuytstraat
Projectnummer 92369
Rapportnummer 11704909 - 1

Orderdatum 26-08-2011
Startdatum 26-08-2011
Rapportagedatum 01-09-2011

Analyse	Monstersoort	Relatie tot norm
droge stof	Grond	Grond: gelijkwaardig aan NEN-ISO 11465, conform OVAM-methode CMA 2/II/A.1 Grond (AS3000): conform AS3010-2
calciet	Grond	Eigen methode
organische stof (gloeiverlies)	Grond	Gelijkwaardig aan NEN 5754 (Org. stof gecorrigeerd voor 10% lutum)
min. delen <2um	Grond	Conform AS3010-4
min. delen <2um	Grond	Eigen methode, pipetmethode
min. delen <16um	Grond	Idem
min. delen <32um	Grond	Idem
min. delen <50um	Grond	Eigen methode, zeef methode
min. delen <63um	Grond	Idem
min. delen <125um	Grond	Idem
min. delen <250um	Grond	Idem
min. delen <500um	Grond	Idem
min. delen <1mm	Grond	Idem
min. delen <2mm	Grond	Idem
min. delen >2mm	Grond	Eigen methode, zeefmethode
pH-KCl	Grond	Conform NEN-ISO 10390 / Conform CMA 2/II/A.20

Monster	Barcode	Aanlevering	Monsternummer	Verpakking
001	Y0352187	23-08-2011	23-08-2011	ALC201
001	Y0352191	23-08-2011	23-08-2011	ALC201
001	Y0352214	23-08-2011	23-08-2011	ALC201
001	Y0352215	23-08-2011	23-08-2011	ALC201
002	Y0352189	23-08-2011	23-08-2011	ALC201
002	Y0352197	23-08-2011	23-08-2011	ALC201
002	Y0352210	23-08-2011	23-08-2011	ALC201
003	Y0352193	23-08-2011	23-08-2011	ALC201
003	Y0352203	23-08-2011	23-08-2011	ALC201
003	Y0352205	23-08-2011	23-08-2011	ALC201
003	Y0352217	23-08-2011	23-08-2011	ALC201



Paraaf:

Bijlage 4 : Berekeningsresultaten fundering op staal

Draagkracht- en zakkingsberekening voor funderingen op staal volgens NEN 6744:2007

Bepaling van de draagkracht en zakking van funderingen op staal ten behoeve van de toetsing aan de uiterste (grenstoestand 1) en de bruikbaarheidsgrenstoestand (grenstoestand 2).

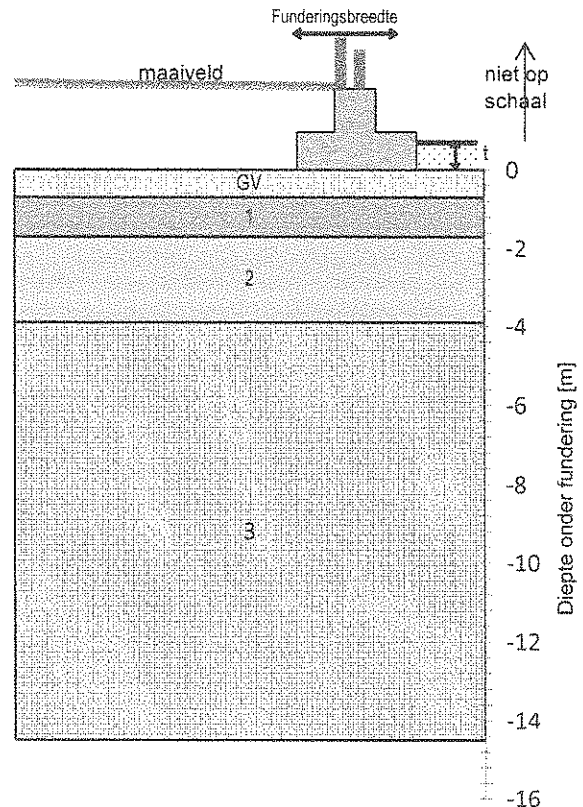
Grondparameters

De representatieve waarden van de grondparameters van de verschillende bodemlagen zijn op basis van het grondonderzoek ingeschat aan de hand van tabel 1 uit de NEN 6740:2006, eventueel i.c.m. algemene/locale kennis en ervaring.

Materiaalfactoren (γ_m)	draagkracht	zakking
- Volumiek gewicht	1,1	1
- Tangent hoek inwendige wrijving	1,15	1
- Ongedraineerde schuifsterkte	1,35	1
- Cohesie	1,6	1

Uitgangspunten project (berkeningsaannamen)

Oorspronkelijke maaiveldhoogte	32,00 [m tov NAP]
Toekomstige maaiveldhoogte	32,70 [m tov NAP]
Hoek maaiveld met horizontaal	0,0 [°]
Maatgevende gronddekking (t)	0,4 [m]
Aanlegniveau fundering	32,00 [m tov NAP]
Hoge grondwaterstand	-1,0 [m tov NAP]
Lage grondwaterstand	-3,0 [m tov NAP]
Pre-overburden pressure (POP)	2,0 [kN/m²]
Volumiek gewicht gronddekking droog / nat	17/ 19 [kN/m³]
maatgevend gestelde dikte gronddekking	0,4 [m]



figuur 1.1 - Schematisatie van de bodemopbouw

Opmerking t.a.v. grondverbetering

De gunstige invloed van grondverbetering is, in afwijking op NEN 6744, verdisconteerd in de draagkracht. De bodem van de ontgraving moet hierbij wel een zodanige breedte hebben dat deze buiten het spanningsverspreidingsgebied van de fundering ligt, uitgaande van een belastingsverspreiding onder 45°.

tabel 1.2 - representatieve waarden van de gehanteerde grondparameters voor de oorspronkelijke bodemopbouw

laag	onderzijde [m tov NAP]	γ [kN/m³]	γ_{sat} [kN/m³]	ϕ' [°]	c' [kN/m²]	f_{undr} [kN/m²]	C_c [-]	C_α [-]	e_0 [-]
1	30,3	19,0	21,0	35,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,30
2	28,1	18,0	20,0	32,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,65
3	17,5	20,0	22,0	37,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,30

tabel 1.3 - representatieve waarden van de gehanteerde grondparameters voor grondverbetering en/of ophoging

grondverb.									
	31,3	18,0	20,0	32,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,58

Symbolen en eenheden

γ	volumieke gewicht van grond	kN/m³	e_0	poriëngetal van de grond	-
γ_{sat}	volumieke gewicht van verzadigde grond	kN/m³	t	gronddekking	m
ϕ'	effectieve hoek van inwendige wrijving	°	σ'_{maxd}	rekenwaarde funderingsdruk	kPa
c'	effectieve cohesie	kN/m²	$F_{r,vd}$	rekenwaarde verticale draagkracht	kN
f_{undr}	ongedraineerde schuifsterkte	kN/m²	$w_{1,d}$	rekenwaarde primaire zakking	mm
σ'_{maxd}	maximale draagkracht	kN/m²	$w_{2,d}$	rekenwaarde secundaire zakking	mm
C_c	primaire samendrukkingsindex	-	w_d	rekenwaarde van de totale zakking	mm
C_α	secundaire samendrukkingsindex	-	k_{vd}	rekenwaarde statische beddingscoëfficiënt	kN/m³

Draagkrachtberekening voor strokenfundering volgens NEN 6744:2007

Berekening van de maximale draagkracht loodrecht op het oppervlak van de fundering volgens NEN 6744 § 5.2.

Voor zand en grind wordt enkel de gedraineerde toestand beschouwd, voor klei, silt en andere grondsoorten worden zowel de gedraineerde als de ongedraineerde toestand onderzocht. In tabel 2.1 zijn de berekeningsresultaten weergegeven.

tabel 2.1 - Rekenwaarden maximale funderingsdruk en draagkracht

Strookbreedte [m]	Rekenwaarde maximale funderingsdruk in verschillende toestanden**				toelaatbare funderingsdruk*	toelaatbare rekenwaarde maximale draagkracht*
	$\sigma'_{\max,d}$ [kN/m²]				$\sigma'_{\max,d}$ [kN/m²]	$F_{r,v,d}$ [kN/m]
	Ongedrain.	Gedraineerd	Doorponsen	Squeezing		
0,40	n.v.t.	166	n.v.t.	n.v.t.	166	66
0,50	n.v.t.	180	n.v.t.	n.v.t.	180	90
0,60	n.v.t.	197	n.v.t.	n.v.t.	197	118
0,70	n.v.t.	216	n.v.t.	n.v.t.	216	151
0,80	n.v.t.	235	n.v.t.	n.v.t.	235	188
0,90	n.v.t.	256	n.v.t.	n.v.t.	256	230
1,00	n.v.t.	277	n.v.t.	n.v.t.	277	277
1,10	n.v.t.	298	n.v.t.	n.v.t.	298	328
1,20	n.v.t.	318	n.v.t.	n.v.t.	318	381
1,30	n.v.t.	336	n.v.t.	n.v.t.	336	437
1,40	n.v.t.	353	n.v.t.	n.v.t.	353	494
1,50	n.v.t.	369	n.v.t.	n.v.t.	369	554
1,60	n.v.t.	385	n.v.t.	n.v.t.	385	616
1,70	n.v.t.	400	n.v.t.	n.v.t.	400	680
1,80	n.v.t.	415	n.v.t.	n.v.t.	415	747
1,90	n.v.t.	430	n.v.t.	n.v.t.	430	816
2,00	n.v.t.	444	n.v.t.	n.v.t.	444	888
2,10	n.v.t.	458	n.v.t.	n.v.t.	458	962

* Bij permanente gronddekking: 0,4 m

** De maatgevende toestand is dik gedrukt

Voor de maatgevende toestand worden in tabel 2.2 de rekenwaarden maximale funderingsdruk en draagkracht weergegeven bij verschillende dikten van gronddekking (indien van toepassing).

tabel 2.2 - Rekenwaarde maximale funderingsdruk en draagkracht bij aangegeven dikte gronddekking

Strookbreedte [m]	Rekenwaarde maximale funderingsdruk				Rekenwaarde maximale draagkracht			
	$\sigma'_{\max,d}$ [kN/m²]				$F_{r,v,d}$ [kN/m]			
Gronddekking [m] →	0,1	0,2	0,3	0,4	0,1	0,2	0,3	0,4
0,40	83	110	138	166	33	44	55	66
0,50	97	124	152	180	48	62	76	90
0,60	112	141	169	197	67	84	101	118
0,70	130	158	187	216	91	111	131	151
0,80	148	177	206	235	119	142	165	188
0,90	167	197	226	256	151	177	204	230
1,00	187	217	247	277	187	217	247	277
1,10	207	237	267	298	227	261	294	328
1,20	226	256	287	318	271	308	344	381
1,30	244	274	305	336	317	357	397	437
1,40	261	291	322	353	365	408	451	494
1,50	277	308	339	369	415	462	508	554
1,60	293	323	354	385	468	518	567	616
1,70	308	339	370	400	524	576	628	680
1,80	323	354	384	415	582	637	692	747
1,90	338	369	399	430	642	700	758	816
2,00	353	383	413	444	705	766	827	888
2,10	367	397	428	458	771	834	898	962

Zakkingsberekening voor strokenfundering volgens NEN 6740:2006 & 6744:2007

Berekening van de zakking van de bovenkant van het funderingselement, waarbij cf. NEN6702 enkel de gebruiksbelasting ($F_{s,v,rep}$) in rekening is gebracht (partiële belastingfactor $\gamma_{FG}=1,0$). De beddingscoëfficiënten zijn afgeleid van vermelde primaire zakkings berekend voor bruikbaarheidstoestand 2.

In tabel 3.1 zijn de berekeningsresultaten weergegeven.

tabel 3.1 - Rekenwaarden zakking en statische beddingscoëfficiënt (gronddekking 0,4 m)

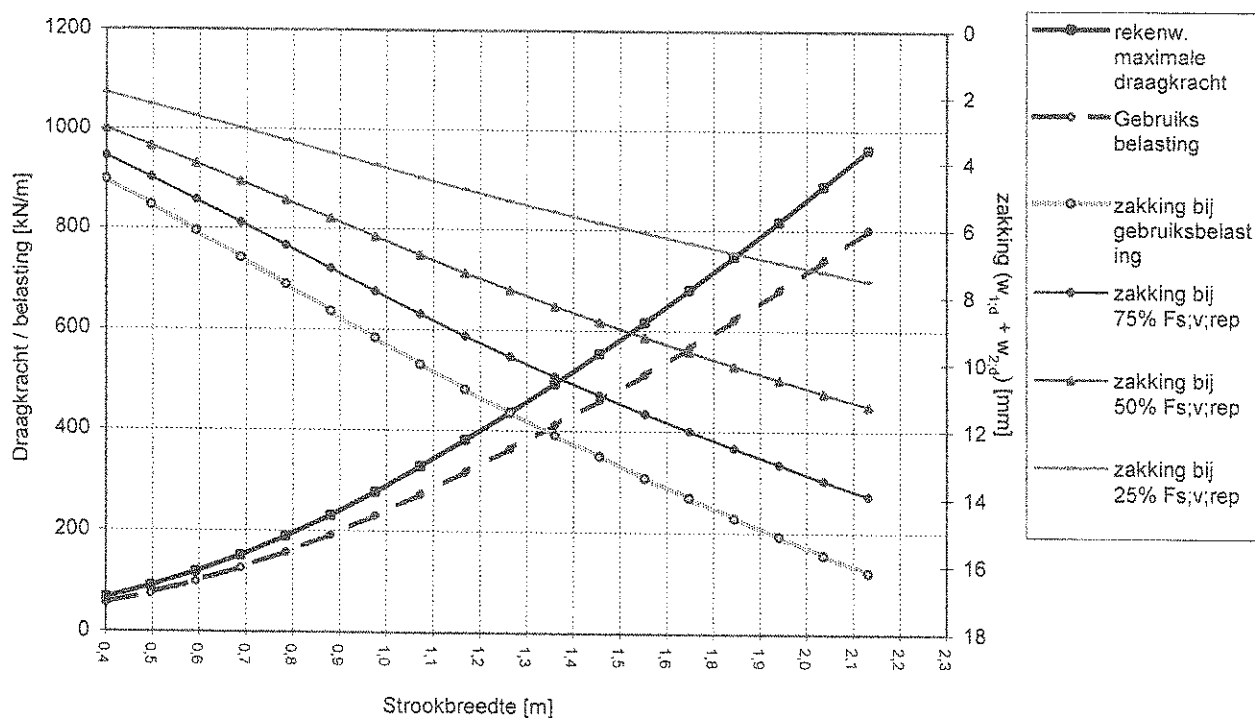
Strookbreedte	Gebruiks belasting	Berekende primaire zakking	Berekende secundaire zakking*	Extra zakking tgv ophoging maaiveld	Berekende totale zakking**	Statische beddingscoëfficiënt
[m]	$F_{s,v,rep}$ [kN/m]	$W_{1,d}$ [mm]	$W_{2,d}$ [mm]	W_{extra} [mm]	W_d [mm]	$k_{v,d}$ [kN/m³]
0,40	55	4,5	0,0	0,0	4,5	23000
0,50	75	5,3	0,0	0,0	5,3	21000
0,60	98	6,1	0,0	0,0	6,1	20000
0,70	126	6,9	0,0	0,0	6,9	20000
0,80	157	7,7	0,0	0,0	7,7	19000
0,90	192	8,5	0,0	0,0	8,5	19000
1,00	231	9,2	0,0	0,0	9,2	19000
1,10	273	10,0	0,0	0,0	10,0	19000
1,20	318	10,8	0,0	0,0	10,8	19000
1,30	364	11,5	0,0	0,0	11,5	18000
1,40	412	12,1	0,0	0,0	12,1	18000
1,50	462	12,8	0,0	0,0	12,8	18000
1,60	513	13,4	0,0	0,0	13,4	18000
1,70	567	14,0	0,0	0,0	14,0	18000
1,80	623	14,6	0,0	0,0	14,6	18000
1,90	680	15,1	0,0	0,0	15,1	18000
2,00	740	15,7	0,0	0,0	15,7	18000
2,10	802	16,2	0,0	0,0	16,2	18000

* Berekend cf. NEN 6744, waarbij in afwijking C4 is afgeleid van methode Koppejan (spanningsafhankelijk)

** Bij de toetsing met betrekking tot bruikbaarheids-grenstoestand 2 moet voldaan worden aan: $w_d \leq 150$

Draagkracht- en zakkingsgrafiek

In de onderstaande draagkracht - zakkingsgrafiek zijn de zakkings weergegeven bij verschillende momentane belastingen en strookbreedten.



Draagkrachtberekening voor poerenfundering volgens NEN 6744:2007

Berekening van de maximale draagkracht loodrecht op het oppervlak van de fundering volgens NEN 6744 § 5.2.

Voor zand en grind wordt enkel de gedraineerde toestand beschouwd, voor klei, silt en andere grondsoorten worden zowel de gedraineerde als de ongedraineerde toestand onderzocht. In tabel 4.1 zijn de berekeningsresultaten weergegeven.

tabel 4.1 - Rekenwaarden maximale funderingsdruk en draagkracht

Poerafmeting		Rekenwaarde maximale funderingsdruk in verschillende toestanden**				toelaatbare funderingsdruk*	toelaatbare rekenwaarde maximale draagkracht*
B	L	$\sigma'_{max,d}$ [kN/m ²]				$\sigma'_{max,d}$ [kN/m ²]	$F_{r,v,d}$ [kN]
[m]	[m]	Ongedrain.	Gedraineerd	Doorponsen	Squeezing		
0,40	0,40	n.v.t.	202	n.v.t.	n.v.t.	202	32
0,50	0,50	n.v.t.	212	n.v.t.	n.v.t.	212	53
0,60	0,60	n.v.t.	226	n.v.t.	n.v.t.	226	81
0,70	0,70	n.v.t.	241	n.v.t.	n.v.t.	241	118
0,80	0,80	n.v.t.	257	n.v.t.	n.v.t.	257	164
0,90	0,90	n.v.t.	273	n.v.t.	n.v.t.	273	221
1,00	1,00	n.v.t.	289	n.v.t.	n.v.t.	289	289
1,10	1,10	n.v.t.	305	n.v.t.	n.v.t.	305	369
1,20	1,20	n.v.t.	320	n.v.t.	n.v.t.	320	461
1,30	1,30	n.v.t.	333	n.v.t.	n.v.t.	333	563
1,40	1,40	n.v.t.	346	n.v.t.	n.v.t.	346	677
1,50	1,50	n.v.t.	357	n.v.t.	n.v.t.	357	803
1,60	1,60	n.v.t.	368	n.v.t.	n.v.t.	368	941
1,70	1,70	n.v.t.	378	n.v.t.	n.v.t.	378	1093
1,80	1,80	n.v.t.	388	n.v.t.	n.v.t.	388	1258
1,90	1,90	n.v.t.	398	n.v.t.	n.v.t.	398	1437
2,00	2,00	n.v.t.	408	n.v.t.	n.v.t.	408	1631
2,10	2,10	n.v.t.	417	n.v.t.	n.v.t.	417	1840

* Bij permanente gronddekking: 0,4 m

** De maatgevende toestand is dik gedrukt

Voor de maatgevende toestand worden in tabel 4.2 de rekenwaarden maximale funderingsdruk en draagkracht weergegeven bij verschillende dikten van gronddekking (indien van toepassing).

tabel 4.2 - Rekenwaarde maximale funderingsdruk en draagkracht bij aangegeven dikte gronddekking

Poerafmeting		Rekenwaarde maximale funderingsdruk				Rekenwaarde maximale draagkracht			
B	L	$\sigma'_{max,d}$ [kN/m ²]				$F_{r,v,d}$ [kN]			
[m]	[m]								
Gronddekking [m] →		0,1	0,2	0,3	0,4	0,1	0,2	0,3	0,4
0,40	0,40	79	120	161	202	13	19	26	32
0,50	0,50	89	130	171	212	22	33	43	53
0,60	0,60	101	142	184	226	36	51	66	81
0,70	0,70	113	156	198	241	56	76	97	118
0,80	0,80	127	170	213	257	81	109	137	164
0,90	0,90	141	185	229	273	114	150	185	221
1,00	1,00	155	199	244	289	155	199	244	289
1,10	1,10	169	214	260	305	204	259	314	369
1,20	1,20	182	228	274	320	263	329	395	461
1,30	1,30	195	241	287	333	330	408	485	563
1,40	1,40	207	253	299	346	406	496	587	677
1,50	1,50	218	265	311	357	491	595	699	803
1,60	1,60	229	276	322	368	587	705	823	941
1,70	1,70	240	286	332	378	694	827	960	1093
1,80	1,80	251	297	342	388	812	961	1109	1258
1,90	1,90	261	307	352	398	942	1107	1272	1437
2,00	2,00	271	317	362	408	1084	1267	1449	1631
2,10	2,10	281	326	372	417	1239	1440	1640	1840

Zakkingsberekening voor poerenfundering volgens NEN 6740:2006 & 6744:2007

Berekening van de zakking van de bovenkant van het funderingselement, waarbij cf. NEN6702 enkel de gebruiksbelasting ($F_{s,v,d}$) in rekening is gebracht (partiële belastingfactor $\gamma_{f,g}=1,0$). De beddingscoëfficiënten zijn afgeleid van vermelde primaire zakkings berekend voor bruikbaarheidstoestand 2.

In tabel 5.1 zijn de berekeningsresultaten weergegeven.

tabel 5.1 - Rekenwaarden zakking en statische beddingscoëfficiënt (grondekking 0,4 m)

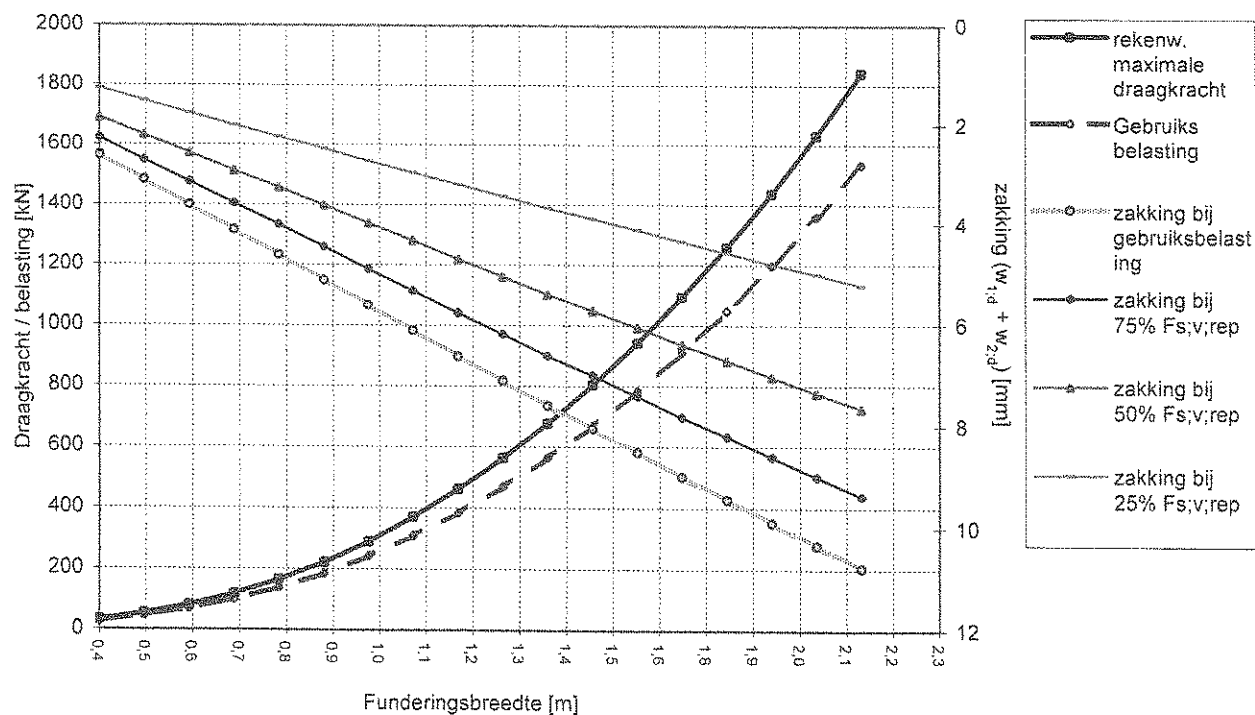
Poerafmeting		Gebruiks belasting	Berekende primaire zakking	Berekende secundaire zakking*	Extra zakking tgv ophoging maaiveld	Berekende totale zakking**	Statische beddingscoëfficiënt
B	L	$F_{s,v,rep}$	$W_{1,d}$	$W_{2,d}$	W_{extra}	W_d	$k_{v,d}$
[m]	[m]	[kN]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[kN/m³]
0,40	0,40	27	2,6	0,0	0,0	2,6	50000
0,50	0,50	44	3,1	0,0	0,0	3,1	44000
0,60	0,60	68	3,6	0,0	0,0	3,6	41000
0,70	0,70	98	4,1	0,0	0,0	4,1	38000
0,80	0,80	137	4,6	0,0	0,0	4,6	36000
0,90	0,90	184	5,1	0,0	0,0	5,1	35000
1,00	1,00	241	5,6	0,0	0,0	5,6	34000
1,10	1,10	308	6,1	0,0	0,0	6,1	33000
1,20	1,20	384	6,6	0,0	0,0	6,6	32000
1,30	1,30	469	7,1	0,0	0,0	7,1	31000
1,40	1,40	564	7,6	0,0	0,0	7,6	30000
1,50	1,50	669	8,0	0,0	0,0	8,0	29000
1,60	1,60	785	8,5	0,0	0,0	8,5	28000
1,70	1,70	911	9,0	0,0	0,0	9,0	27000
1,80	1,80	1048	9,4	0,0	0,0	9,4	27000
1,90	1,90	1198	9,9	0,0	0,0	9,9	26000
2,00	2,00	1359	10,3	0,0	0,0	10,3	26000
2,10	2,10	1534	10,8	0,0	0,0	10,8	25000

* Berekend cf. NEN 6744, waarbij in afwijking Ca is afgeleid van methode Koppejan (spanningsafhankelijk)

** Bij de toetsing met betrekking tot bruikbaarheids-grenstoestand 2 moet voldaan worden aan: $w_d \leq 150$

Draagkracht- en zakkingsgrafiek

In de onderstaande draagkracht - zakkingsgrafiek zijn de zakkings weergegeven bij verschillende momentane belastingen en funderingsbreedten. Voor de eventueel bijbehorende funderingslengte wordt verwezen naar tabel 5.1



Bijlage 5 : Algemene richtlijnen uitvoering grondverbetering

ALGEMENE RICHTLIJNEN VOOR DE UITVOERING VAN GRONDVERBETERINGEN (gebaseerd op NEN 6740).

Algemeen

Voor aanvang van de uitvoering van ontgravingen en grondverbeteringen moeten de navolgende zaken bekend of gecontroleerd te zijn:

- Voldoet de uitvoering aan de gestelde uitgangspunten van het rapport zoals bodemopbouw en grondwaterniveau, ontgravingsdiepte, aanlegniveau en afmetingen fundering.
- De locaties waar sonderingen(en boringen) zijn gemaakt in relatie tot het funderingsplan.
- De maaiveldhoogten ter plaatse van de te maken fundering.
- De maaiveldhoogten ter plaatse van de sondeer(- en boor)locaties.

Grondwater/bemaling

Tijdens de uitvoering van de graafwerkzaamheden moet het grondwaterniveau zo nodig worden verlaagd, zodanig dat de bodem van de put droog is en de grondwaterstand zich beneden de invloedssfeer van de verdichtingsapparatuur bevindt. Wanneer de grondwaterstand te hoog is, kan mede afhankelijk van de waterdoorlatendheid van het toegepaste zand, de ondergrond en de gebruikte verdichtingsapparatuur, een "drijfzand"-situatie ontstaan. Eén en ander heeft tot gevolg dat verdichting onmogelijk wordt. Over het algemeen zal een verlaging van het grondwaterniveau met hulp van een bemaling tot 0,5 m onder de putbodem het gewenste resultaat opleveren.

De grondwaterspiegel mag niet méér worden verlaagd dan voor een goede uitvoering van de graafwerkzaamheden noodzakelijk is, dit vanwege ongunstige invloeden op de omgeving. Ook de bemalingsduur moet om dezelfde redenen zoveel mogelijk worden beperkt. In voorkomende gevallen is het mogelijk een kwalitatief goede grondverbetering te realiseren door optimale afstemming van ontgravingsdiepte, laagdikte, grondwaterniveau en verdichtingsapparatuur.

Ter controle van de stijghoogte van het grondwater kan worden overwogen vooraf één of meer peilbuizen te plaatsen.

Belendingen

Nagegaan moet worden of de noodzakelijke ontgravingen zonder risico voor de belendingen kunnen worden uitgevoerd. Hiertoe is informatie noodzakelijk omtrent de constructieve opbouw van deze belendingen, incl. de funderingswijze van de draagconstructie en de begane-grondvloeren. Dit geldt in het bijzonder voor ontgravingen dieper dan het aanlegniveau van de fundering van op staal gefundeerde belendingen. Dergelijke ontgravingen verminderen de draagkracht van de bestaande fundering en dienen daarom zoveel mogelijk te worden voorkomen. Daarnaast is de bouwkundige staat, waarin de panden zich bevinden, van belang.

Ontgraving

Bij afwezigheid van invloed van belendingen, ondergrondse kabels en leidingen kunnen de ontgravingen met een beperkte diepte worden uitgevoerd onder een talud van ca. 1 : 1. Hierbij is verondersteld dat langs de insteek van het talud geen zwaar materieel wordt geplaatst of zware materialen worden opgeslagen. Voor meer informatie wordt verwezen naar publicatieblad P no 25 "Putten en Sleuven" van de Arbeidsinspectie.

Nadat de geadviseerde ontgravingsniveaus zijn bereikt, moet met een handsondeerapparaat worden gecontroleerd of zich direct onder dit niveau nog samendrukbare laagjes bevinden die niet bij de sondering zijn aangetroffen. Deze controle moet vooral tussen de sonderingen (en boringen) intensief worden uitgevoerd. Worden dergelijke laagjes aangetroffen dan dienen deze laagjes, tenzij anders in het rapport is aangegeven, verder te worden verwijderd en vervangen door een grondverbetering.

Het ontgravingsvlak moet worden verdicht wanneer dat tijdens de graafwerkzaamheden is verstoord. Dit is alleen mogelijk wanneer zich onder het ontgravingsniveau niet cohesieve grond bevindt. Indien de bodem van de put uit niet-cohesief materiaal bestaat zoals zand of grind (met een laag leemgehalte) dient de bodem te worden verdicht met een trilplaat. De mate van de verdichting dient te worden gecontroleerd, bijvoorbeeld met een handsondeerapparaat. Daarbij geldt als criterium dat de conusweerstand minimaal evenredig met de diepte moet toenemen tot minimaal 2,5 MPa op 0,1 m en 5 MPa op 0,3 m diepte.

Indien direct op vaste klei- (bijvoorbeeld op potklei); leem- of löss- afzettingen wordt aangelegd en geen grondverbetering is geadviseerd dient de laatste 0,1 m voorzichtig te worden afgeschaafd, zodat de klei; leem of löss beneden het ontgravingsniveau niet wordt geroerd. Om vervolgens verweking van de grondslag door neerslag te voorkomen moet zo snel mogelijk na ontgraven op de bodem van de

ontgraving een bescherm laag (bijvoorbeeld zand) van ten minste 0,1 m worden aangebracht. Cohesief materiaal zoals klei; leem en löss kan namelijk niet of nauwelijks worden verdicht.

Zandaanvulling grondverbetering

Indien het geadviseerde ontgravingsniveau lager ligt dan het aanlegniveau van de fundering moet een grondverbetering worden toegepast tot de onderkant van de fundering, en in het geval dat de vloeren op staal worden gefundeerd tot onderkant vloer.

Voor de uitvoering dienen de volgende richtlijnen te worden gevolgd:

- Het aanvulmateriaal moet laagsgewijs worden aangebracht en mechanisch worden verdicht door middel van trilapparatuur. De laagdikte moet zijn afgestemd op de verdichtingsapparatuur. Het is niet toegestaan een grondverbetering uit te voeren, waarbij aanplempen of inwateren van zand wordt toegepast.
- De laagdikte dient tijdens het verdichten bij voorkeur hooguit 0,3 m te bedragen.
- Bij voorkeur zal een grondverbetering tot een iets hoger peil (ca. 0,1 m) moeten worden uitgevoerd dan het aanlegniveau van de fundering, waarna de overhoogte voorzichtig weer wordt verwijderd.
- De aanvullingen van de bouwput rondom kelders en/of verdiepte funderingen moeten als grondverbetering worden uitgevoerd indien deze aanvulling binnen de invloedssfeer van een hoger gelegen bestaande of aan te brengen fundering ligt.

Kwaliteitseisen zand grondverbetering

Indien als aanvulmateriaal zand wordt gebruikt, dan moet dit aan de volgende eigenschappen voldoen:

- de korrelfractie kleiner dan 0,016 mm dient lager te zijn dan 5 gewichtsprocenten.
- de korrelfractie kleiner dan 0,063 mm dient lager te zijn dan 10 gewichtsprocenten.
- de gelijkmatigheidscoëfficiënt D_{60}/D_{10} moet tenminste 2 zijn. D_{60} = zeefopening met een doorval van 60 gewichtsprocenten. D_{10} - zeefopening met een doorval van 10 gewichtsprocenten;
- het humusgehalte (gloeiverlies) mag ten hoogste 3 gewichtsprocenten bedragen;
- de korrelvorm dient bij voorkeur enigszins hoekig te zijn;
- over het algemeen wordt een goede verdichting verkregen bij een vochtpercentage van ongeveer 6 á 12%. Indien het materiaal óf te nat óf te droog is wordt zelden de vereiste verdichting verkregen.
- middels proctor-proeven kan het optimale watergehalte van het materiaal worden bepaald in relatie tot de hoogst verkregen dichtheid bij een constante hoeveelheid toegevoegde energie.

Indien zand wordt toegepast dat niet geheel aan voorgenoemde eisen voldoet dan kan, ten koste van meer verdichtingsenergie en/of mogelijke vertraging bij ongunstige weersomstandigheden, soms toch nog het gewenste resultaat worden bereikt.

- in plaats van zand kunnen ook andere korrelige materialen worden toegepast zoals stolgrind, puingranulaat en dergelijke. Hierbij geldt echter een gelijkmatigheidscoëfficiënt D_{60}/D_{10} van tenminste 3.

Verdichting

Het verdichten van de zandaanvulling moet laagsgewijs, zoveel mogelijk in kruislings gerichte gangen, worden uitgevoerd (minimaal 4 gangen). Ter indicatie zijn in onderstaande tabel gegevens verstrekt ten behoeve van de aan te wenden verdichtingsapparatuur. Eén en ander dient te worden afgestemd op de kwaliteit van het zand en het te verdichten oppervlak.

Gewicht trilplaat in kN	Centrifugekracht [kN]	Capaciteit [m ² /uur]	Laagdikte [m]
1,5 á 2	15	200	0,15
2 á 3,5	30	300	0,20
3,5 á 5	40	400	0,30

Opgemerkt wordt dat de in de fabriekspecificatie opgegeven dieptewerking geen maatstaf is voor de toe te passen laagdikte, noch garantie biedt voor het verkrijgen van voldoende verdichting op het diepste niveau.

Aangezien het effect van de trilapparatuur zeer snel met de diepte afneemt, moet bij een grotere laagdikte rekening worden gehouden met forse toename van het aantal benodigde gangen. De effectiviteit en daarmee het aantal benodigde gangen is ook afhankelijk van het onderhoud en de slijtage van de apparatuur. Wanneer zware trilapparatuur wordt gebruikt, moet op het funderingsniveau nage-trild worden met een lichte trilplaat omdat een zware trilplaat of trilwals de bovenste ca. 15 cm niet verdicht maar juist losschudt.

Controle verdichting

Controle op de kwaliteit van de aangebrachte grondverbeteringen kan geschieden op de volgende wijze:

- verkenning met het visiteerijzer. Hiermee kan meteen na het aanbrengen van een laag een indruk worden verkregen van de bovenste verdichting van deze laag.
- mechanische (lichte)slagsonderingen. Hierbij kan het volledige aangebrachte pakket achteraf worden gecontroleerd.
- sonderingen (CPT NEN 5140). Indien de aangebrachte grondverbetering berijdbaar is voor een sondeertruck kan op deze wijze het volledige aangebrachte pakket achteraf worden gecontroleerd.
- handsonderingen. Vanwege de beperkte penetratie mogelijkheden kan hiermee een pakket van maximaal 50 cm diepte worden gecontroleerd. In combinatie met voorboren is deze diepte enigszins te vergroten.
- in-situ-dichtheidsbepalingen. Met volumesteeekringen worden monsters genomen waarvan de dichtheid wordt bepaald. Ook nucleaire dichtheidsmetingen kunnen worden gebruikt.

Stijfheidseigenschappen op aanlegniveau van de fundering kunnen worden gecontroleerd door middel van plaatdruk- en CBR-proeven.

Eisen aangebrachte grondverbetering

Voor kwaliteitsbeoordeling van de aangebrachte grondverbeteringen worden in het algemeen de volgende kwalitatieve maatstaven gehanteerd:

- De indringing van een visiteerijzer met een doorsnede van 8 mm mag niet meer dan 10 à 15 cm bedragen.
- De conusweerstand moeten tot een diepte van ca 0,5 m gelijkmatig toenemen tot ca. 5 MPa. Hieronder moeten de conusweerstand een waarde bereiken van ca 10 MPa op 1 m diepte. Bij hoge funderingsdrukken en vervormingsgevoeligheid van het bouwwerk dienen hogere waarden te worden aangehouden.
- De beoordeling van de gemeten dichtheid moet worden gerelateerd aan de uit de proctor-proeven verkregen maximale dichtheid. De gemeten dichtheid dient minimaal 95 à 98 % van de standaard (maximale) proctor-dichtheid te bedragen.

Opdrachtgever:

**Gemeente Deurne
Postbus 3
5750 AA Deurne**

Rapportnummer:

92368-XA

Datum rapport:

24 november 2011

Status rapport:

Gecontroleerd

Versie rapport:

Revisie 0

Rapport
Geotechnisch en geohydrologisch onderzoek
**Locatie aan de Rector Nuytsstraat 12 te
Helenaveen**

Lankelma Geotechniek Zuid B.V.

Moorland 4a
Postbus 38
5688 ZG Oirschot
Tel: 0499 - 578520
Fax: 0499 - 578573
E-mail: info@lankelma-zuid.nl
Internet: www.lankelma-zuid.nl

1^e auteur:

I. van der Hulst



2^e auteur / controle:

Drs. I.W. van Geloven



Inhoudsopgave

1	Projectbeschrijving	1
1.1	Inleiding	1
1.2	Projectgegevens	1
1.2.1	Situatie	1
1.2.2	Bouwplan	1
1.3	Gerelateerd, door ons bureau uitgevoerd onderzoek	1
2	Onderzoeksprogramma	2
2.1	Veldonderzoek	2
2.1.1	Sonderingen	2
2.1.2	Boringen	2
2.1.3	Waterpassing	2
	Waterdoorlatendheidsmetingen	2
2.1.4		2
2.2	Laboratoriumonderzoek	2
2.3	Archiefonderzoek	2
2.3.1	NITG-TNO	2
2.3.2	Overig archiefonderzoek	2
3	Bodemopbouw en (geo)hydrologie	3
3.1	Hoogte maaiveld	3
3.2	Bodemopbouw	3
3.2.1	Geomorfologie	3
3.2.2	Laagopbouw van de grond en de variaties daarvan op de bouwplaats	3
3.2.3	Geologie van de bouwplaats en omgeving	3
3.3	Hydrologisch systeem	4
3.3.1	Oppervlaktewater	4
3.3.2	Grondwater	4
3.3.3	Natuur	5
3.4	Waterdoorlatendheid	5
3.4.1	Doorlatendheidsmetingen verzadigde zone	5
3.4.2	Laboratoriumonderzoek	6
3.4.3	Regionale waterdoorlatendheidsgegevens	6
3.5	Geschiktheid voor infiltratie	6
3.5.1	Samenvatting bodemopbouw	6
3.5.2	Geschiktheid voor infiltratie	6
3.6	Civiltechnisch hergebruik grond	7
3.6.1	Referentiekader	7
3.6.2	Toetsing en interpretatie	7
4	Funderingsadvies	8
4.1	Funderingsontwerp	8
4.1.1	Funderingskeuze	8
4.1.2	Funderingstype: Stroken en poeren	8
4.2	Uitgangspunten berekening	8
4.2.1	Rekenmethode	8
4.2.2	Berekeningsaannames	8
4.2.3	Ontgravingsdiepte en grondverbetering	8
4.2.4	Schematische bodemopbouw	9
4.3	Rekenresultaten	9
4.3.1	Algemeen	9
4.3.2	Toetsing draagkracht	9
4.3.3	Toetsing vervorming	9
4.4	Vloer woningen	10
4.5	Algemene richtlijnen uitvoering	10
4.6	Aanvullend onderzoek	10
4.7		10

Locatie aan de Rector Nuytsstraat 12 te Helenaveen

Bijlagen

- Bijlage 1: Resultaten grondonderzoek
- Bijlage 2: TNO-grondwaterstandgegevens
- Bijlage 3: Analyseresultaten
- Bijlage 4: Berekeningsresultaten fundering op staal
- Bijlage 5: Algemene richtlijnen uitvoering grondverbetering

Verzendlijst

Aantal	Geadresseerde	Contactpersoon
3	Opdrachtgever:	Merv. E. Smeets

1 PROJECTBESCHRIJVING

1.1 Inleiding

Door Lankelma Geotechniek zuid B.V. is een geotechnisch en geohydrologisch grondonderzoek uitgevoerd voor het project "Locatie aan de Rector Nuytsstraat 12 te Helenaveen". Navolgend worden in dit rapport de resultaten van het grondonderzoek en een algemeen geotechnisch en geohydrologisch advies weergegeven. Onderhavig onderzoek heeft tot doel:

- inzicht te geven in de opbouw en draagkracht van de bodem en een indicatief funderingsadvies op te stellen voor geplande bebouwing.
- in het kader van de watertoets, inzicht te geven in de opbouw en de waterdoorlatendheid van de bodem en de geschiktheid van de bodem voor infiltratie van hemelwater vast te stellen.

1.2 Projectgegevens

1.2.1 Situatie

De locatie is gelegen aan de Rector Nuytsstraat 12 te Helenaveen (gemeente Deurne). De coördinaten volgens het RD-stelsel zijn globaal: $x = 192,00$ en $y = 378,58$ [km]. Het perceel is momenteel bebouwd met een bedrijfspand. De bebouwing zal worden gesloopt. De situering van de locatie is weergegeven in Bijlage 2.

1.2.2 Bouwplan

Het plan omvat de bouw van villa's in kader van een ruimte-voor-ruimte-project. Het plan is nog in de ontwikkelingsfase. Voor een situatieschets van het plan wordt verwezen naar de tekening in Bijlage 1.

1.3 Gerelateerd, door ons bureau uitgevoerd onderzoek

In het kader van dit project is door ons bureau tevens een milieukundig bodemonderzoek uitgevoerd. De resultaten hiervan zijn separaat gerapporteerd onder projectnummer: 63821-C.

2 ONDERZOEKSPROGRAMMA

2.1 Veldonderzoek

Het grondonderzoek heeft plaatsgevonden op 17 en 19 augustus en 21 september 2011. Het grondonderzoek is gecombineerd uitgevoerd met het milieukundig onderzoek.

2.1.1 Sonderingen

Voor dit project zijn door ons bureau 3 sonderingen gemaakt. Het betreft de sondeernummers: S1 en S3. De sonderingen zijn uitgevoerd met een elektrische kleefmantelconus, conform NEN 5140 Klasse 2. In Bijlage 1 zijn de sondeergegevens in grafiekvorm weergegeven. Voor de juiste locaties van de sondeerpunten wordt verwezen naar de situatieschets eveneens in Bijlage 1.

2.1.2 Boringen

In het kader van het geohydrologisch en milieukundig bodemonderzoek zijn door ons bureau 9 handboringen uitgevoerd. Het betreft boornummers B1 t/m B9. Boringen B1, B2 en B3 zijn afgewerkt tot peilbuis. De boorstaten zijn toegevoegd in Bijlage 1, de situering van de boringen is weergegeven op de situatietekening 2.

2.1.3 Waterpassing

De onderzoekspunten zijn door ons bureau in het terrein uitgezet en gewaterpast ten opzichte van NAP. De resultaten van de waterpassing zijn weergegeven in Bijlage 1.

2.1.4 Waterdoorlatendheidsmetingen

In de peilbuizen B1 t/m B3 is een waterdoorlatendheidsmeting uitgevoerd middels de constant-flow-rate-methode cf. ISO/FDIS 22282-2:2008(E). Omdat de grondwaterstand zeer hoog was is in de overige boorgaten eveneens een waterdoorlatendheidsmeting uitgevoerd middels de constant-flow-rate-methode in een tijdelijk filter (in plaats van een proef in de onverzadigde zone. Bij het uitvoeren van deze meting wordt de peilbuis met een constant debiet doorgepompt totdat een constante waterstandsverlaging ontstaat in de peilbuis. De verhouding tussen het pompdebiet en de waterstandsverlaging is een maat voor de doorlatendheid van het bodemtraject waarin het filter is geplaatst.

2.2 Laboratoriumonderzoek

Teneinde meer inzicht te krijgen in de waterdoorlatendheid van de bodem zijn in het laboratorium 7 grondmonsters geanalyseerd op korrelverdeling conform de SCG-zeefkromme. De analysecertificaten zijn weergegeven in Bijlage 3.

2.3 Archiefonderzoek

2.3.1 NITG-TNO

Teneinde meer inzicht te geven in de geologie van de bouwplaats en omgeving zijn, beknopt, de (hydro)geologische gegevens geraadpleegd van het Regionaal geohydrologisch informatiesysteem (Regis / Dinoloket NITG-TNO). Het betreft onder meer de gegevens van het Landelijk "Digital Geological Model" V1.3 uit 2009.

Teneinde meer inzicht te krijgen in het grondwaterregime op de locatie zijn bij NITG-TNO te Utrecht langjarige grondwaterstandsgegevens opgevraagd. Het betreft de gegevens van de peilbuizen B52D 0495, 0507 en 0564. Voor de weergave van de relevante grondwaterstandsgegevens wordt verwezen naar Bijlage 2.

2.3.2 Overig archiefonderzoek

Teneinde meer inzicht te krijgen in de lokale en regionale bodemopbouw, geologie en geohydrologie zijn diverse bodem-informatiekaarten geraadpleegd. Het betreft onder meer:

- Bodemkaart van Nederland 1:50.000, CGI-Alterra.
- Topografische kaart van Nederland 1:25.000, Topografische dienst.
- Kwaliteitskaart van Nederland, kaartblad Noord-Brabant, Rijkswaterstaat.
- Wateratlas, Provincie Noord - Brabant;
- Provinciale Milieuverordening (PMV);
- Waterplan gemeente Deurne.

Tevens zijn onze eigen archiefgegevens geraadpleegd.

3 BODEMOPBOUW EN (GEO)HYDROLOGIE

3.1 Hoogte maaiveld

De hoogte van het maaiveld ter plaatse van de onderzoekspunten varieert van 31,60 m + tot 32,01 m + NAP. Het terrein en de directe omgeving zijn relatief vlak. Een indruk van de maaiveldhoogte in de omgeving is weergegeven in Figuur 3.1.



Figuur 3.1 Overzicht maaiveldhoogten in de omgeving (rood is hoger, blauw is lager)

3.2 Bodemopbouw

3.2.1 Geomorfologie

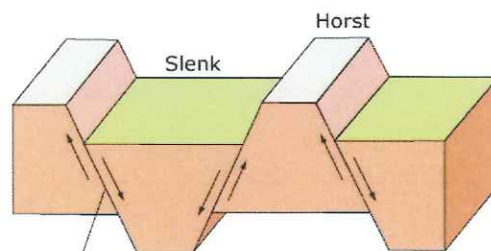
Volgens de geomorfologische kaart betreft de onderzoekslocatie een veenkoloniale ontginningsvlakte, relatief hoog gelegen. In de omgeving zijn enkele dekzandruggen aanwezig. Op minder dan 500 m ten oosten van de locatie bevindt zich de Groote Peel, Zinkske, Deurnese Peel, een gebied met veenvorming, verlanding, meerafzetting, verstuuving en dekzandvorming (windwerking).

3.2.2 Laagopbouw van de grond en de variaties daarvan op de bouwplaats

Onder een circa 1m dikke bovenlaag van zand, leem en veen wordt tot de maximaal verkende diepte een vast zandpakket aangetoond. In dit zandpakket komen hier en daar minder vaste lagen voor, vermoedelijk bestaande uit zand met een hogere siltfractie of lossere pakking.

3.2.3 Geologie van de bouwplaats en omgeving

De geologische bodemopbouw in de omgeving wordt gekenmerkt door de nabijheid van de Peelrandbreuk. De Peelrandbreuk, die min of meer de lijn Roermond-Deurne-Uden-Heesch volgt, vormt de begrenzing tussen de Peelhorst aan de noordoostkant en de Centrale Slenk aan de zuidwestkant. Oostelijk (Peelhorst) en westelijk (Centrale Slenk) van de breuklijn verschilt de geologie aanzienlijk. De locatie ligt circa 3,5 km ten oosten van de Peelrandbreuk.



De op basis van de geraadpleegde bronnen verwachte ondiepe geologie op de locatie is weergegeven in navolgende tabel. Hierbij dient te worden opgemerkt dat het de geologische bodemopbouw betreft die door NITG-TNO is geïnterpoleerd op basis van onderzoek in de omgeving. De werkelijke laagopbouw en -samenstelling kunnen hiervan afwijken.

Diepte tot* [m tov NAP]	Formatienaam*	Kenmerk	Lithologie**
26 +	Boxtel	zeer uiteenlopende afzettingen uit het Midden/Laat-Pleistoceen en het Vroeg-Holoceen	zand met fijne korrelgrootte, met plaatselijk leem-, klei-, veen- of humusrijke lagen
12 +	Beegden	alle afzettingen van de rivier de Maas, in het zuidoosten van Nederland, vanaf het Pliocene (5 mln jaar geleden) tot het heden	(grof) zand en grind
167 -	Breda	glauconiethoudende mariene zanden en kleien uit het Mioceen	zand en klei

* Bron: Landelijk DGM model V1.3 - 2009, NITG-TNO, de werkelijke diepte en formatienaam kan afwijken (met name nabij geologische breukzones)

** Beschreven is de dominante lithologie. Ondersgeschikte en sporadisch voorkomende lithologie zijn niet beschreven.

3.3 Hydrologisch systeem

3.3.1 Oppervlaktewater

De locatie ligt binnen het werkgebied van waterschap Aa en Maas, stroomgebiedsdistrict Boven Aa. Circa 20 meter ten zuidoosten is de Helenavaart gesitueerd. In de directe omgeving van de locatie zijn diverse sloten en greppels aanwezig (zie ook Figuur 3.2).

De Helenavaart vervult een belangrijke functie als wateraanvoersysteem, waarmee water vanuit de Maas naar het stroomgebied van de Aa wordt aangevoerd. Dit contact bestaat uit in- en uitlaatpunten van water. Daarnaast zorgt het voor kwel naar omliggende gronden (bron: waterplan Deurne). Het waterpeil in de Helenavaart is door ons bureau ingemeten op circa 31,4 m + NAP.



Figuur 3.2 Ligging sloten en greppels in de omgeving van de locatie (bron: wateratlas Brabant)

3.3.2 Grondwater

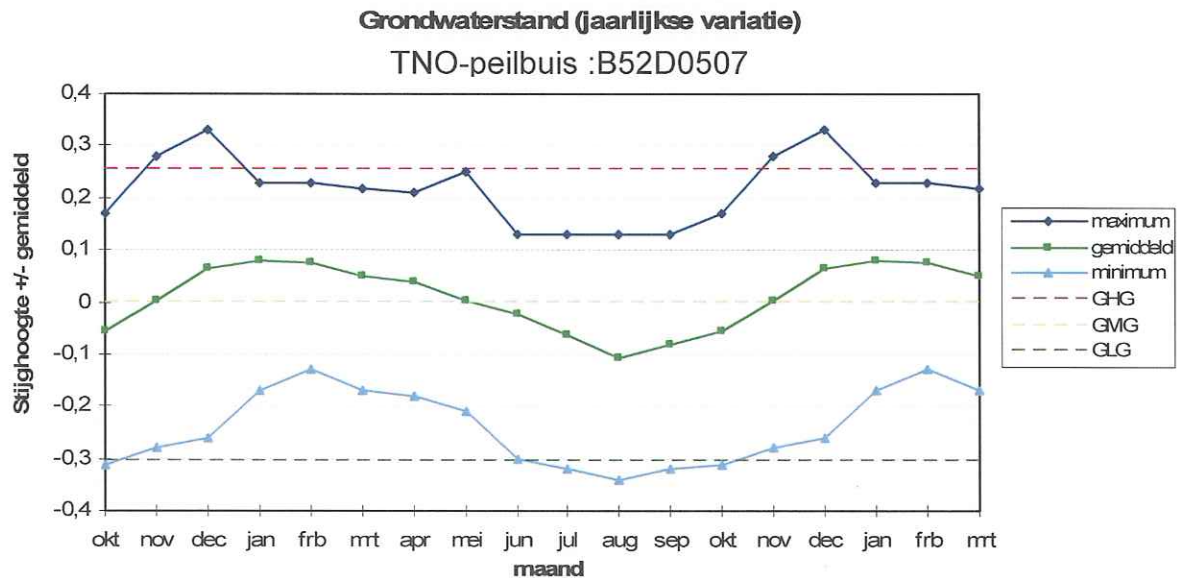
3.3.2.1 Grondwaterstroming

De horizontale stroming van het freatisch grondwater als ook het water van het eerste watervoerende pakket is westelijk gericht. De verticale stroming van het ondiepe grondwater is niet eenduidig. Mogelijk is periodiek sprake van kwel vanuit de Helenavaart en de Pelen.

3.3.2.2 Grondwaterstand en -fluctuaties

De grondwaterstand is tijdens het onderzoek d.d. 17 augustus 2011 in de peilbuizen B1 t/m B6 aangetroffen op 0,80 à 0,26 m - mv (30,80 à 31,47 m + NAP). De hoge grondwaterstand die gemeten is, is een schijngrondwaterstand. Het water stagneert door de veenlaag.

Onder invloed van seizoensafhankelijke factoren zal de grondwaterstand in de loop van de tijd fluctueren. In de langdurig gemonitoorde peilbuizen uit het Regionaal Geohydrologisch Informatiesysteem van TNO-NITG zijn in de omgeving van de onderzoekslocatie fluctuaties in het grondwater van circa 0,8 meter geregistreerd. De hoogste grondwaterstanden treden hierbij doorgaans op in de periode november - januari, de laagste in de periode juli - september.



Figuur 3.3 Indicatie jaarlijkse grondwaterstandsfluctuatie in een peilbuis in de omgeving van de onderzoekslocatie

Op basis van de voorhanden zijnde gegevens geldt de volgende optimale schatting voor het grondwaterregime op de locatie:

- de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) bedraagt circa 31,5 m + NAP;
- de gemiddelde grondwaterstand (GMG) bedraagt circa 31,2 m + NAP;
- de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) bedraagt circa 30,7 m + NAP.

De schatting dient mogelijk te worden bijgesteld bij beschikbaar komen van meer gegevens.

3.3.2.3 Grondwateronttrekkingen

Op basis van de Provinciale Milieuverordening (PMV provincie Noord-Brabant) kan worden gesteld dat de locatie niet ligt binnen de invloed van een waterwingebied (geen grootschalige drinkwateronttrekking).

3.3.3 Natuur

De onderzoekslocatie is niet gesitueerd binnen een natuurgebied, of natura-2000 gebied. De locatie is niet aangeduid als "beschermde gebied waterhuishouding" uit de Verordening Water. In de ruimere omgeving, op ca. 500 m ten westen, noorden en oosten, van de onderzoekslocatie zijn enkele natura-2000 gebieden aanwezig.

3.4 Waterdoorlatendheid

3.4.1 Doorlatendheidsmetingen verzadigde zone

Uit de meetresultaten van de doorlatendheidsmetingen in de verzadigde zone is de waterdoorlatendheid bepaald met de vergelijkingen uit de Europese norm ISO/FDIS 22282-2:2008(E) § 6.2.2. De resultaten zijn weergegeven in de navolgende tabel.

Peilbuis	Grondwaterstand [m - mv]	Debiet [l/min]	Verlaging [cm]	Meettraject [m - mv]	K-waarde [m/dag]
B1	0,72	1,0	86	1,80 - 2,80	1,0
B2	0,64	1,0	21	1,70 - 2,70	4,0
B3	0,80	0,6	24	0,85 - 1,85	2,2
B4	0,64	0,2	92	0,60 - 1,60	0,2
B5	0,67	0,2	93	0,65 - 1,65	0,2
B6	0,26	0,6	142	0,75 - 1,75	0,3

3.4.2 Laboratoriumonderzoek

Uit de korrelverdelingsdiagrammen is met behulp van diverse empirische formules de waterdoorlatendheid (k-waarde) van de grond bepaald. Bij de berekening van de doorlatendheid is voor zover van toepassing gebruik gemaakt van de formules van Hazen (1893), Seelheim en Beyer (op cit. Tysma et al, 1994), Kozeny-Carman (1937), Harleman (1963) en Krumbein and Monk (1942) en de SBR 190. De resultaten zijn weergegeven in de navolgende tabel.

Monster	Samenstelling	Diepte [m - mv]	k-waarde [m/dag]
k1	B1 a + B2 a + B4 a + B5 a + B6 b	0,0 - 0,5	2,5
k2	B1 d + B2 c + B5 c	1,0 - 2,2	2,9
k3	B1 e + B2 d	2,0 - 2,8	4,3
k4	B3 b + B4 c + B6 d	0,5 - 1,5	0,5
k5	B3 c + B4 d + B6 e	1,0 - 2,0	1,5

3.4.3 Regionale waterdoorlatendheidsgegevens

Op basis van de gegevens van het Regionaal Geohydrologisch Informatie Systeem van Nederland is de doorlatendheid van de verschillende bodemlagen ingeschat. De waarden zijn weergegeven in navolgende tabel.

Diepte [m tov NAP]	Hydrogeologie	Samenstelling	k _h [m/dag]	k _v [m/dag]
tot + 26	Boxtel	deklaag	15 à 25	-
tot + 12	Beegden	watervoerende laag	15 à 25	-
tot - 166	Breda	watervoerende laag	5	-

3.5 Geschiktheid voor infiltratie

3.5.1 Samenvatting bodemopbouw

- De hoogte van het maaiveld ter plaatse van de onderzoekpunten varieert van 31,6 m + tot 32,0 m + NAP;
- De grondwaterstand is gemeten op 31,0 m + NAP, de GHG wordt ingeschat op 31,5 m + NAP (0,1 à 0,5 m - mv);
- Onder een toplaag met humus-, veen- en leemhoudend fijn zand wordt tot de maximaal verkende diepte een vast zandpakket aangetoond;
- De doorlatendheid van de humushoudende toplaag is redelijk goed, met een berekende k-waarde van 2,5 m/dag. De daaronder aanwezige sterk siltige zandlaag en veenlagen zijn slecht doorlatend met gemeten k-waarden van minder dan 0,3 m/dag. De zandlaag vanaf 1 à 1,5 m - mv is redelijk goed tot goed doorlatend met gemeten k-waarden van 1 tot 4 m/dag.

3.5.2 Geschiktheid voor infiltratie

Teneinde de geschiktheid van de bodem voor infiltratie van hemelwater vast te stellen zijn de onderzoeksgegevens getoetst aan de richtlijnen uit ISSO-publicatie nr. 70-1, Hemelwater binnen de perceelsgrens. Deze richtlijn stelt dat de bodem mogelijkheden biedt voor infiltratie indien de k-waarde van de zandige bodem groter is dan 0,4 m/dag en de gemiddeld hoogte grondwaterstand dieper is dan 0,7 m - mv.

Uitgaande van deze richtlijnen kan worden geconcludeerd dat de bodem zowel op basis van de doorlatendheid van de bovenste meter bodem als de hoge grondwaterstanden niet geschikt is voor infiltratie van hemelwater. Zelfs indien het terrein zou worden opgehoogd zijn de mogelijkheden voor infiltratie beperkt en is de kans groot dat water zal stagneren op de ondiep aanwezige, sterk siltige zandlagen en veenlagen.

3.6 Civieltechnisch hergebruik grond

3.6.1 Referentiekader

Tijdens de werken zal een hoeveelheid grond vrijkomen. In welke mate de uitkomende grond, op basis van korrelverdeling, geschikt is voor hergebruik hangt af van de samenstelling van die grond en het doel waarvoor het gebruikt wordt. De volgende toetsingscriteria zijn vastgesteld in de NEN 6740 en standaard RAW bepalingen:

- **Zand in aanvulling of ophoging** (standaard RAW bepalingen artikel 22.06.01) - Zand dat wordt verwerkt in een aanvulling of ophoging op een diepte van meer dan 1 meter beneden het wegooppervlak moet zijn: mineraal materiaal waarvan de fractie fijner dan 2 μm ten hoogste 8% bedraagt en het gehalte aan minerale deeltjes door zeef 63 μm ten hoogste 50%.
- **Draineerzand** (standaard RAW bepalingen artikel 22.06.02) - Zand met een tijdelijke of permanente draineerfunctie moet zijn: mineraal materiaal waarvan het gehalte aan minerale deeltjes door zeef 63 μm van de fractie door zeef 2 mm ten hoogste 5% bedraagt. Van het materiaal door zeef 2 mm mag het gloeiverlies ten hoogste 3% bedragen. Van zand met een permanente draineerfunctie moet voorts de fractie op zeef 250 μm tenminste 50% bedragen.
- **Zand in zandbed** (standaard RAW bepalingen artikel 22.06.03) - Zand dat wordt verwerkt in een zandbed op een diepte van minder dan 1,0 m beneden het oppervlak van het wegdek moet zijn: mineraal materiaal waarvan het gehalte aan minerale deeltjes door zeef 63 μm van de fractie door zeef 2 mm ten hoogste 15% bedraagt. Indien dit 10 tot 15% is, mag bovendien het gehalte aan minerale deeltjes door zeef 20 μm van de fractie door zeef 2 mm ten hoogste 3% bedragen. Van het materiaal door zeef 2 mm mag het gloeiverlies ten hoogste 3% bedragen.
- **Aanvulzand in grondverbetering** (NEN 6740: 1991 / 2006) - Aanvulzand mag ten hoogste 5 gewichtsprocenten (van de korrels) aan korrels bevatten die kleiner zijn dan 16 μm en ten hoogste 10 gewichtsprocenten aan korrels die kleiner zijn dan 63 μm . De gelijkmatigheidscoëfficiënt D_{60}/D_{10} moet tenminste 2 zijn. Het humusgehalte (gloeiverlies) mag ten hoogste 3 gewichtsprocenten bedragen en de korrelvorm dient bij voorkeur enigszins hoekig te zijn.

3.6.2 Toetsing en interpretatie

De onderzoeksresultaten en de indicatieve classificatie zijn weergegeven in navolgende tabel.

Monster	Omschrijving	Diepte [m - mv]	Classificatie RAW			NEN 6740 grondverb.
			aanvulling	zandbed	drainzand	
k1	B1 a + B2 a + B4 a + B5 a + B6 b	0 - 0,5	ja	nee	nee	nee
k2	B1 d + B2 c + B5 c	1,0 - 2,2	ja	nee	nee	nee
k3	B1 e + B2 d	2,0 - 2,8	ja	nee	nee	nee
k4	B3 b + B4 c + B6 d	0,5 - 1,5	ja	nee	nee	nee
k5	B3 c + B4 d + B6 e	1,0 - 2,0	ja	nee	nee	nee

Gesteld kan worden dat het onderzochte zand enkel voldoet aan de eisen voor hergebruik als zand in aanvulling.

Opmerking

Opgemerkt wordt dat de classificatie gebaseerd zijn op een beperkte steekproef. De samenstelling van de grond kan in de praktijk (plaatselijk) afwijken.

4 FUNDERINGSADVIES

4.1 Funderingsontwerp

4.1.1 Funderingskeuze

Vooruitlopend op het definitieve bouwplan geeft de aangetroffen bodemopbouw mogelijkheden voor toepassing van een fundering op staal. Navolgend is een indicatief funderingsadvies op staal verder uitgewerkt. Een volledig advies kan worden opgesteld nadat het bouwplan bekend is en een compleet geotechnisch grondonderzoek is uitgevoerd.

4.1.2 Funderingstype: Stroken en poeren

Toegepast kunnen worden funderingselementen bestaande uit betonnen stroken en poeren; afmetingen en eventueel vereiste wapening dienen door de constructeur te worden bepaald aan de hand van de gegevens uit dit rapport.

In verband met de indringing van vorst in de grond en mogelijke werkzaamheden aan kabels en leidingen dient conform NEN 6740:2006, art. 10.3 de aanlegdiepte van de fundering voor muren van bouwwerken langs de perceelsgrens, behoudens die tussen woningen en gebouwen onderling, tenminste 0,80 m - mv te zijn. Voor het overige kan 0,60 m -mv worden aangehouden.

4.2 Uitgangspunten berekening

4.2.1 Rekenmethode

- De maximale draagkracht en de zakking van funderingselementen is berekend conform NEN 6744:2007 "Berekeningsmethode voor funderingen op staal". Deze norm is opgesteld voor toepassing bij funderingen op staal van bouwconstructies waarop statische of quasi-statische krachten werken, waarbij het funderingsoppervlak een hoek met de horizontaal heeft van ten hoogste 2,5°.
- Het ontwerp dient te voldoen aan eisen van veiligheid en bruikbaarheid uit de NEN 6740:2006.
- In het rapport worden de draagkracht en vervormingen bepaald van verticaal centrisch en op druk belaste funderingselementen in de gedraineerde en eventueel de ongedraineerde toestand.
- Voor zover van toepassing is gecontroleerd op doorponsen en squeezing conform NEN 6744:2007 § 5.2.6 respectievelijk 5.2.7.
- Het project wordt ingedeeld in de geotechnische categorie 2 (GC2).

4.2.2 Berekeningsaannames

- Er wordt aangenomen dat de oorspronkelijke, op natuurlijke wijze gesedimenteerde bodemopbouw aanwezig is.
- Het vloerpeil is aangenomen op 32,7 m + NAP, het toekomstige maaiveld 32,6 m + NAP.
- Het aanlegniveau van de fundering is aangenomen op 31,9 m + NAP.
- De hoek van het maaiveld met de horizontaal is verwaarloosbaar gesteld
- Onder een gronddekking (t) wordt verstaan de permanent aanwezige zandaanvulling die rondom de funderingselementen boven het aanlegniveau aanwezig is. Voor een kruipruimte wordt geadviseerd 0,1 m aan te houden. Bij het ontbreken van een kruipruimte wordt door ons bureau gerekend met een gronddekking van maximaal 0,4 m.
- Volgens de ons beschikbare informatie verkeert het bouwplan in een fase dat er nog geen belastingen bekend zijn.

Geadviseerd wordt de uitgangspunten te verifiëren, voordat met de resultaten van het onderzoek wordt verder gewerkt.

4.2.3 Ontgravingsdiepte en grondverbetering

Alle grond dient tot de in navolgende tabel aangegeven diepte te worden vervangen door een goed verdicht zandpakket (grondverbetering). Wanneer het aanlegniveau onder het niveau van het geadviseerde ontgravingsniveau bevindt hoeft daar geen grondverbetering te worden uitgevoerd.

Sondering [nr.]	Hoogte maaiveld [m + NAP]	Ontgravingsniveau [m + NAP]
S1	32,37	30,8
S2	32,01	31,2
S3	31,64	30,8

Tussen de sonderingen moet tot dezelfde grondslag worden ontgraven zoals is aangetroffen ter plaatse van de aangrenzende sonderingen met het diepste ontgravingsniveau. Wanneer visueel het verloop van de laag is vast te stellen kan als ontgravingsniveau tussen de sonderingen het laagverloop worden aangehouden. Wanneer op het ontgravingsniveau ten behoeve van de fundering insluitingen van slechte grond of andere ongewenste zaken zijn vastgesteld, moeten de ongewenste insluitingen tot de vaste natuurlijke grondslag worden vervangen door zand of door een materiaal dat ten minste de eigenschappen qua draagkracht en vervorming heeft die als uitgangspunten voor het ontwerp zijn gebruikt. Ongewenste zaken onder een funderingselement kunnen zijn:

- cohesieve afzettingen (klei, veen);
- vegetatieresten (wortels, boomstronken);
- oude waterlopen;
- oude funderingen, putten, buizen e.d.

De grondverbetering moet ten minste het gebied bestrijken, waarin de belasting zich onder een hoek van 45° spreidt. Vóór en tijdens de ontgraving ten behoeve van de grondverbetering dient de grondwaterstand steeds lager dan 0,5 m beneden het ontgravingsniveau te zijn of te worden gebracht. Vervolgens dient de ontgraven bouwputbodem te worden aangetrild. De uitvoering van de grondverbetering dient te voldoen aan de eisen zoals gesteld in NEN 6740:2006 § 10.10.2 tot 10.10.5.

4.2.4 Schematische bodemopbouw

Ten behoeve van de berekening van het draagvermogen van de ondergrond en de zettingen van de funderingselementen van de nieuwbouw is een representatief bodemprofiel opgesteld op basis van het grondonderzoek. Vervolgens is gebruik gemaakt van tabel 1 in NEN 6740 om de representatieve waarden van deze grondeigenschappen te bepalen. De gunstige invloed van grondverbetering is, uitgaande van uitvoering zoals hiervoor beschreven, meegenomen in de berekening van de draagkracht en vervormingen.

4.3 Rekenresultaten

4.3.1 Algemeen

De rekenresultaten zijn weergegeven in Bijlage 2; STB 1 t/m 5. Het betreft:

- STB 1: gehanteerde grondparameters
- STB 2 en 4: rekenwaarden van de maximale funderingsdruk en draagkracht voor de diverse toestanden en de maatgevende toestand
- STB 3 en 5: zakking onder invloed van de belasting voor de verschillende funderingselementen, en beddingscoëfficiënten berekend uit berekende zettingen voor bruikbaarheidstoestand 2.

4.3.2 Toetsing draagkracht

Ten behoeve van de toetsing van de uiterste grenstoestand 1A moet de rekenwaarde van de verticale belasting uit de constructie ($F_{s,v,d}$) kleiner zijn dan de rekenwaarde van de verticale draagkracht ($F_{r,v,d}$):
 $F_{s,v,d} \leq F_{r,v,d}$

4.3.3 Toetsing vervorming

4.3.3.1 Toetsingscriteria vervorming

Toetsing van bruikbaarheidsgrenstoestand 2 wordt uitgevoerd met de momentane belastingcombinatie. Hierbij worden de volgende eisen gesteld:

- Vervormingscriterium: $w_d < 0,15 \text{ m}$ (NEN 6740:1991, art. 5.2.2.1)
- Rotatiecriterium: $\Delta w_d/L \leq 1:300$ (NEN 6740:2006, art. 5.3)

Voor de toetsing van grenstoestand 1B (constructieve veiligheid, conform NEN 6740:2006, art. 5.2) is het rotatiecriterium gesteld van $w_d/l \leq 1:100$. Gezien het voorgaande is grenstoestand 1B niet maatgevend.

Als gevolg van een mogelijke heterogeniteit van de ondergrond en uitvoeringsonvolkomenheden moet hierbij, conform NEN 6740 artikel 10.8, zijn gerekend met een zakkingsverschil (Δw_d) tussen twee

afzonderlijk op staal gefundeerde elementen (op afstand L) van in beginsel tenminste 50 % van de gemiddelde waarde van de zakking van de funderingselementen.

4.3.3.2 Resultaat toetsing

Uit de rekenresultaten komt naar voren dat wordt voldaan aan het vervormingscriterium. Door de constructeur moet worden beoordeeld of aan het rotatiecriterium wordt voldaan.

4.4 Vloer woningen

Indien de beganegrondvloer op een zandbed wordt aangelegd, wordt geadviseerd dezelfde ontgravingsdiepte aan te houden als hiervoor is vermeld.

Het aanbrengen van een goed verdicht zandpakket voor de vloer vindt in twee fasen plaats. Allereerst wordt tot onderkant fundering goed verdicht zand aangebracht. Nadat de fundering is gestort en de muren zijn opgemetseld tot vloerniveau vindt in de tweede fase het aanbrengen van een verdicht zandpakket plaats tot onderkant vloer. Er wordt op gewezen dat deze tweede fase eveneens zorgvuldig moet worden uitgevoerd; ook hier dient in lagen te worden aangevuld en verdicht.

4.5 Algemene richtlijnen uitvoering

- De vereiste terreinophogingen moeten voor of uiterlijk tijdens de funderingswerkzaamheden worden aangebracht.
- Voor algemene bouwputaspecten ten behoeve van de ontgraving voor het uitvoeren van de grondverbetering zoals bv. bemaling, taludstabiliteit, grondkering en dergelijke wordt verwezen naar Bijlage 5.
- Archeologische aspecten in verband met het verkrijgen van toestemming voor de ontgraving zijn in dit rapport buiten beschouwing gebleven.

4.6 Aanvullend onderzoek

Volgens Artikel 8.4.1.1 van de NEN 6740 moeten de onderzoekspunten zo over de plattegrond van het te bouwen project zijn verdeeld dat daaruit de grondgesteldheid ter plaatse van de geotechnische constructies betrouwbaar kan worden afgeleid. Artikel 8.4.1.4. van de NEN 6740 stelt bovendien dat:

- de sondeerafstand maximaal 25 meter mag zijn.
- de oppervlakte van de bouwplaats waarbinnen de funderingselementen zijn geprojecteerd, volledig moet zijn afgedekt door gebieden met de plaatsen van de terreinproeven als middelpunt (bij een onderlinge afstand van de onderzoekspunten van 25 m en wordt volgens de NEN 6740 per terreinproef een oppervlakte bestreken van ten hoogste 25 m × 25 m).
- terreinproeven moeten zijn uitgevoerd op de omtrek van de bouwplaats waarbinnen funderingselementen zijn geprojecteerd. Dit is momenteel niet het geval. Het is derhalve noodzakelijk aanvullend te sonderen teneinde voldoende informatie te verkrijgen voor een verantwoord funderingsontwerp.

Opgemerkt wordt dat het aanvullend grondonderzoek aanleiding kan geven tot wijzigingen in ontgravingsniveaus c.q. draagkracht. De keuze voor een ander funderingstype is niet uitgesloten, maar lijkt onwaarschijnlijk.

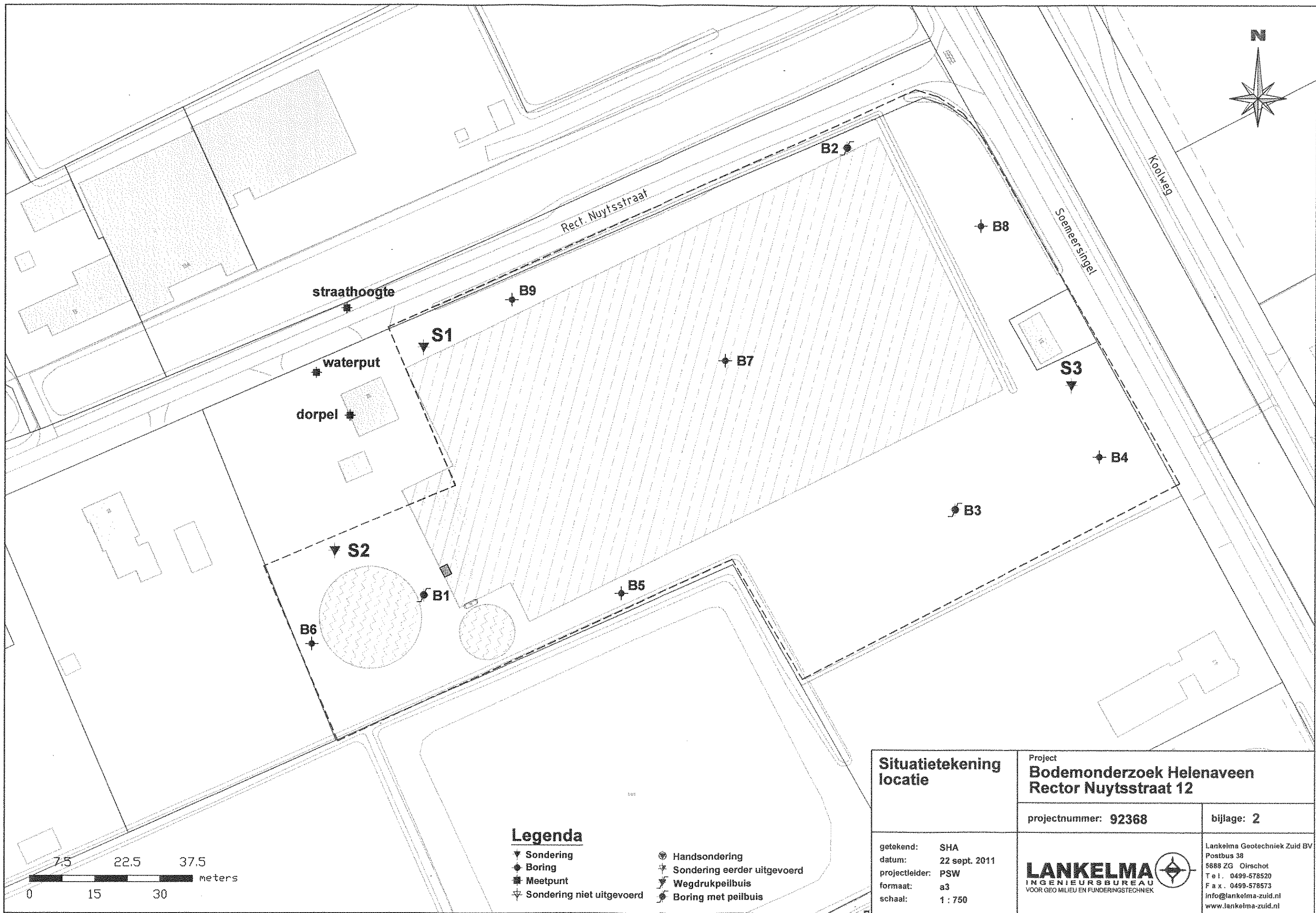
4.7

Bijlage 1 : Resultaten grondonderzoek

Toelichting sonderingen

De sondeergegevens worden in een grafiek weergegeven waarbij, indien van toepassing, het wrijvingsgetal (verhouding plaatselijke wrijving / conusweerstand) is berekend en gepresenteerd. Het wrijvingsgetal geeft samen met de conusweerstand over het algemeen een indicatie van de bodemopbouw onder de grondwaterstand. In navolgende tabel zijn enige indicatieve waarden hiervoor aangegeven. Opgemerkt wordt dat boven het grondwater de waarden hiervan kunnen afwijken.

Grondsoort	Conusweerstand (q_c) [MPa]	Wrijvingsgetal (f_s/q_c) [%]
zand, grind	> 5	0,2 - 1,0
siltig zand,	> 4	0,8 - 1,4
kleiig zand	> 2	1,0 - 2,0
leem	1 - 3	2,0 - 4,0
klei	0 - 5	2,0 - 6,0
venige klei	0 - 6	5,0 - 8,0
veen	0 - 4	5,0 - 10,0



Legenda

- ▼ Sondering
- ◆ Boring
- Meetpunt
- ✱ Sondering niet uitgevoerd
- ⊙ Handsondering
- ✱ Sondering eerder uitgevoerd
- ✱ Wegdrukpeilbuis
- ✱ Boring met peilbuis

**Situatietekening
locatie**

getekend: SHA
datum: 22 sept. 2011
projectleider: PSW
formaat: a3
schaal: 1 : 750

Project
**Bodemonderzoek Helenaveen
Rector Nuytsstraat 12**

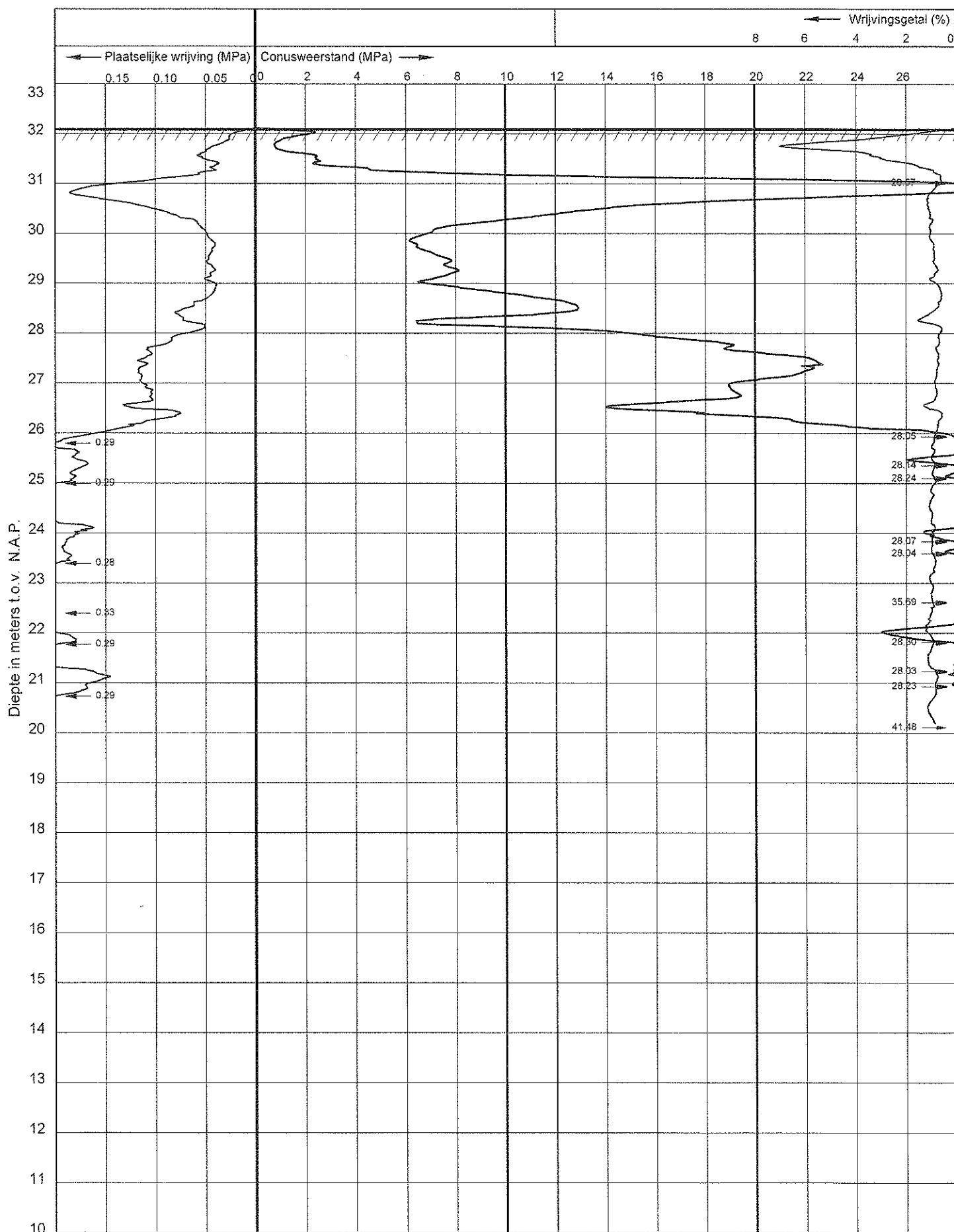
projectnummer: 92368

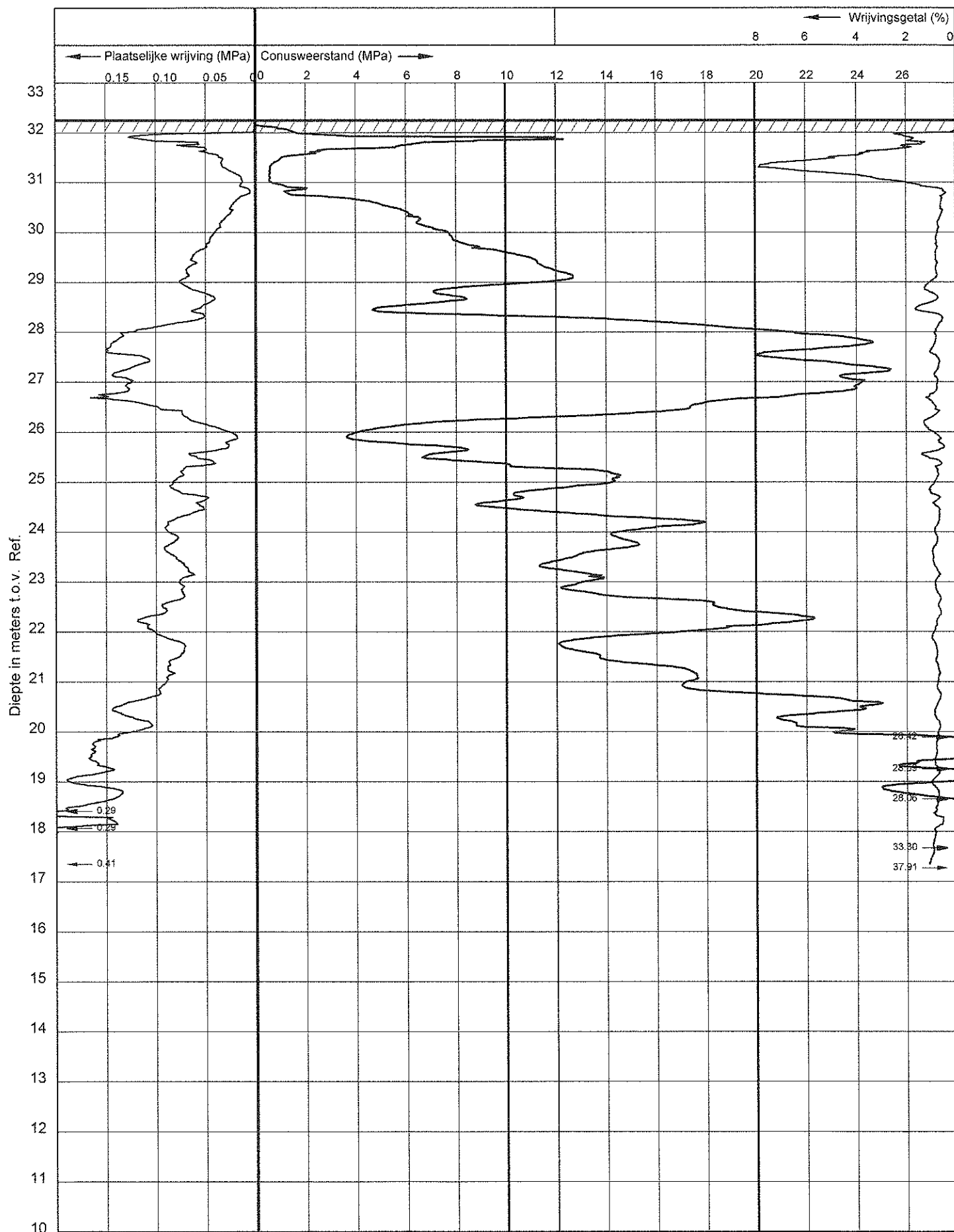
bijlage: 2

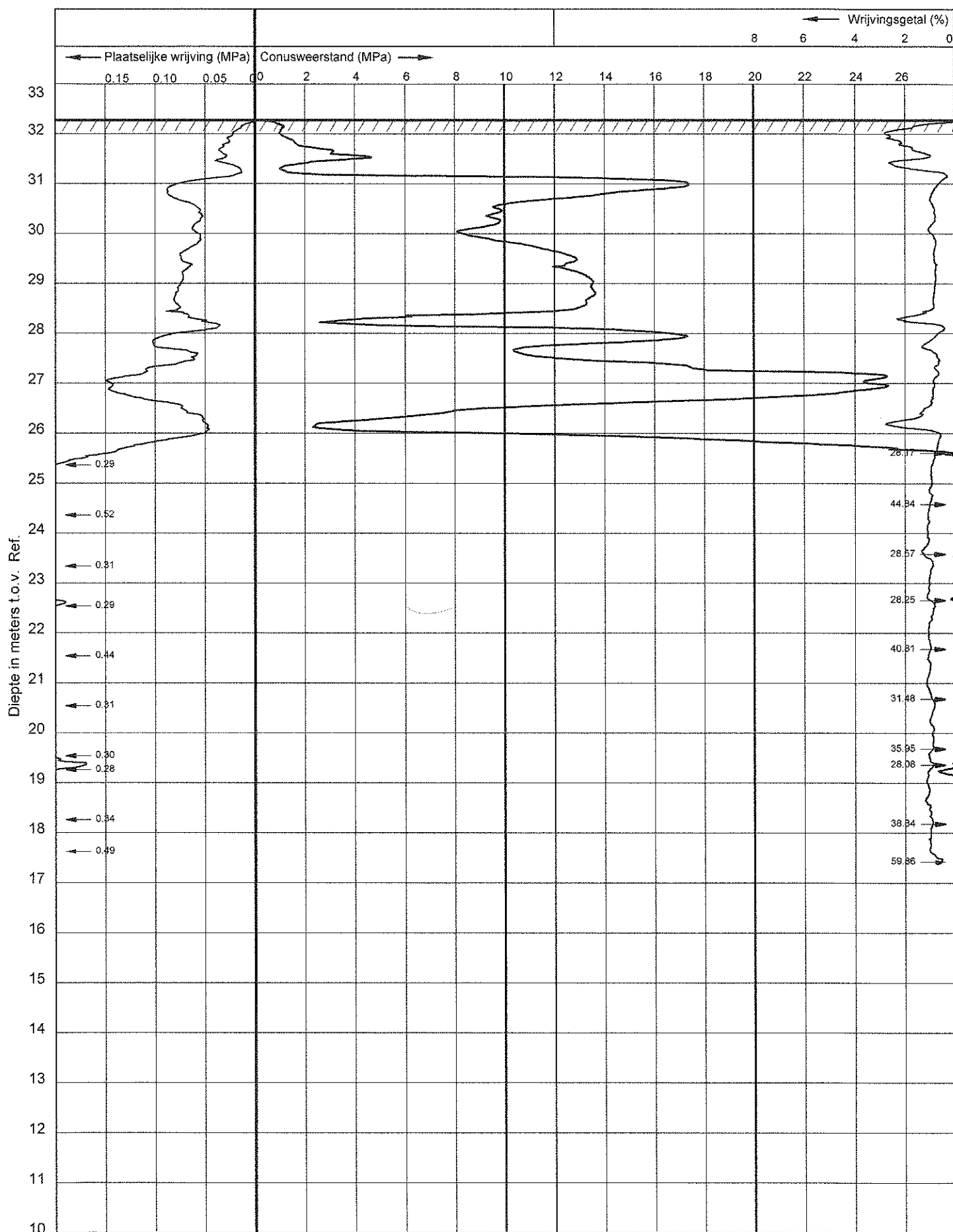
LANKELMA
INGENIEURSBUREAU
VOOR GEO MILIEU EN FUNDERINGSTECHNIEK

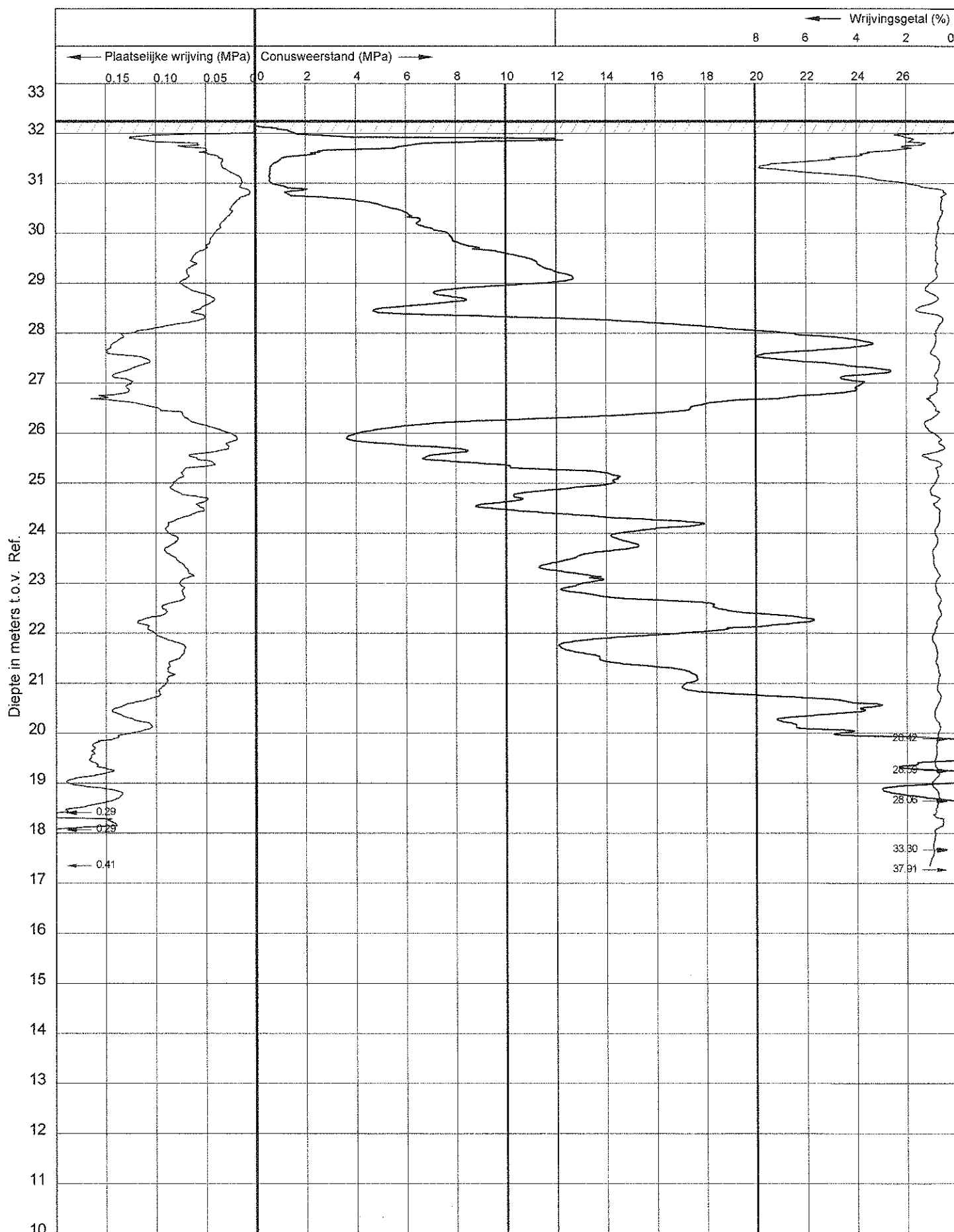


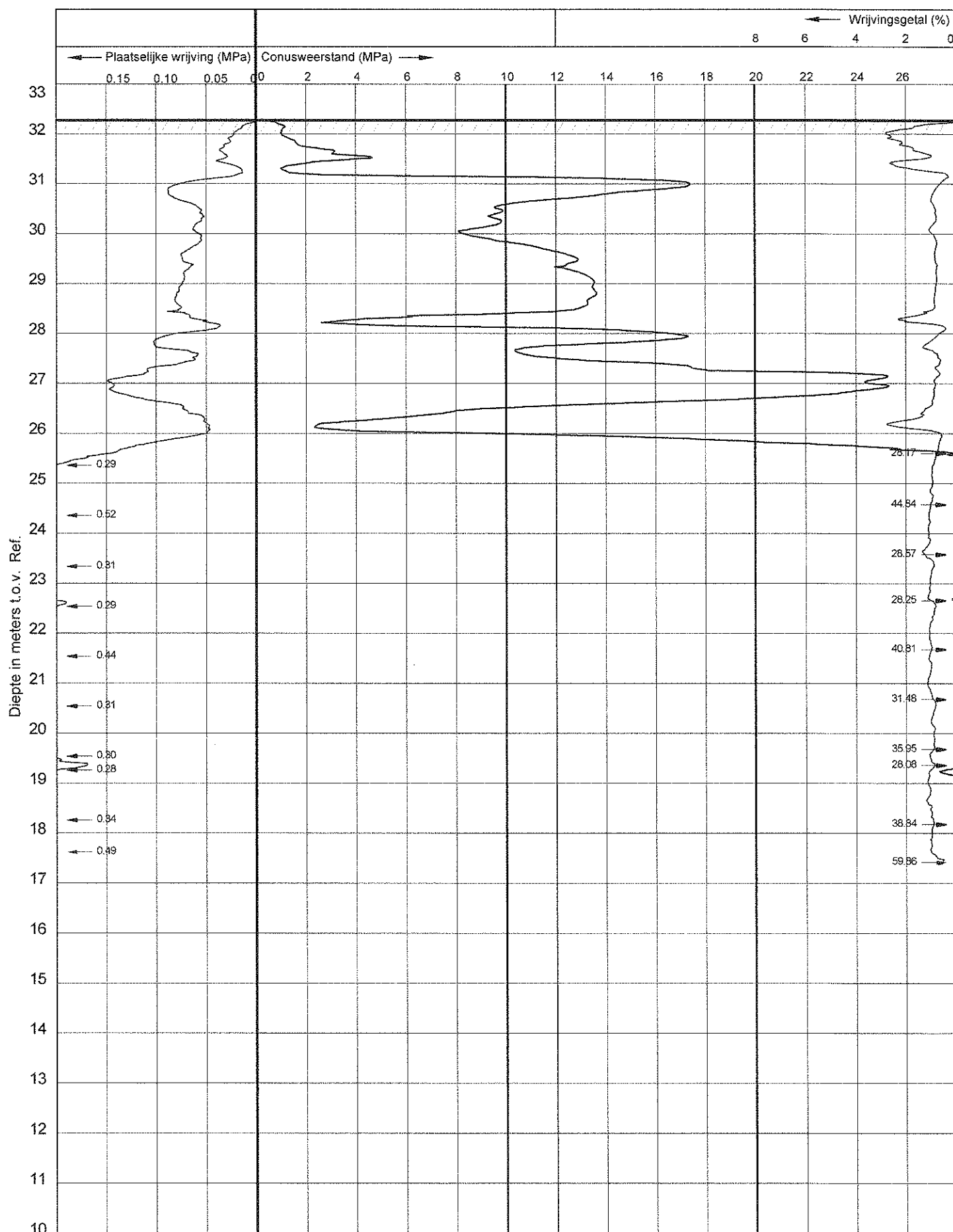
Lankelma Geotechniek Zuid BV
Postbus 38
5668 ZG Oirschot
T e l . 0499-578520
F a x . 0499-578573
info@lankelma-zuid.nl
www.lankelma-zuid.nl

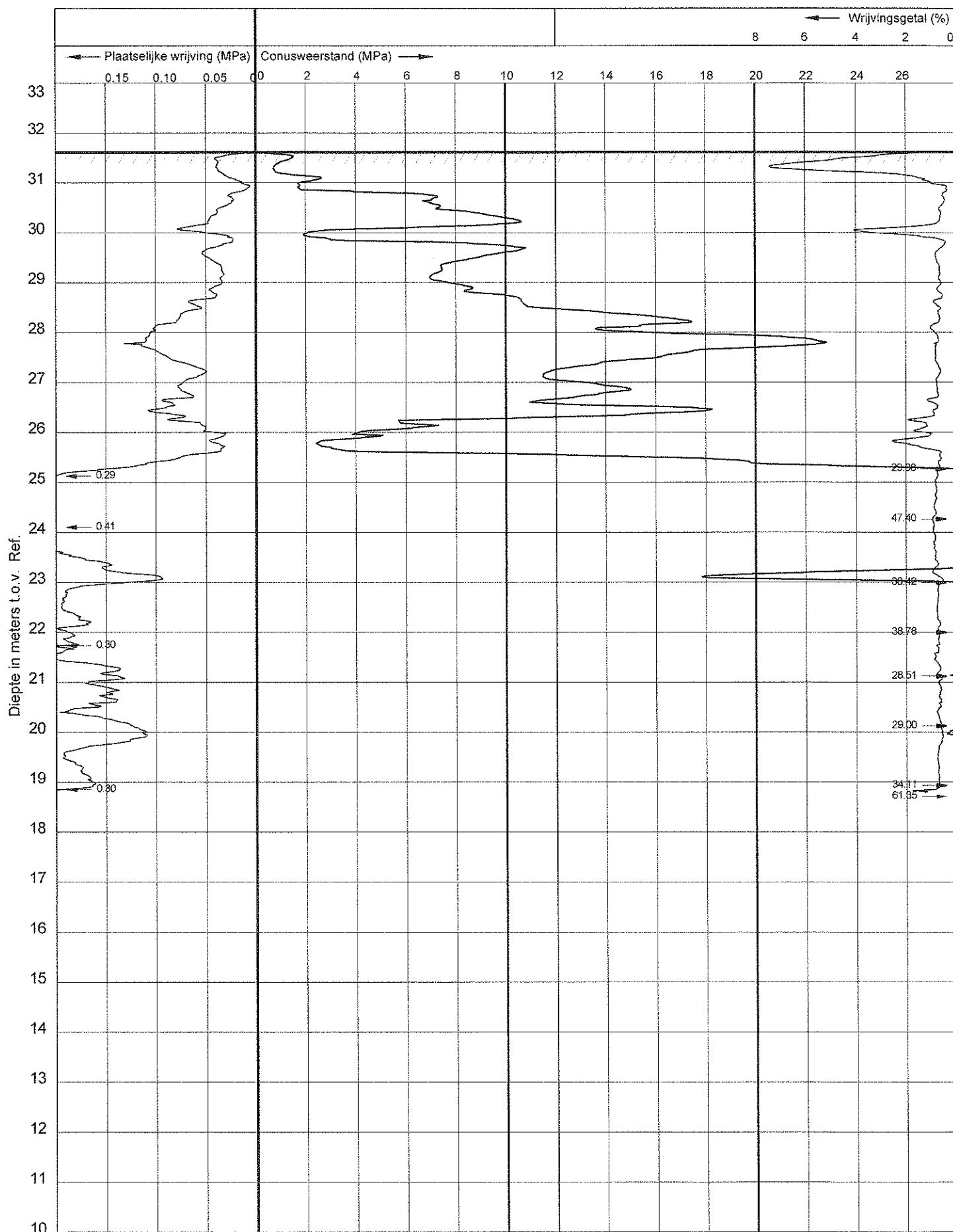


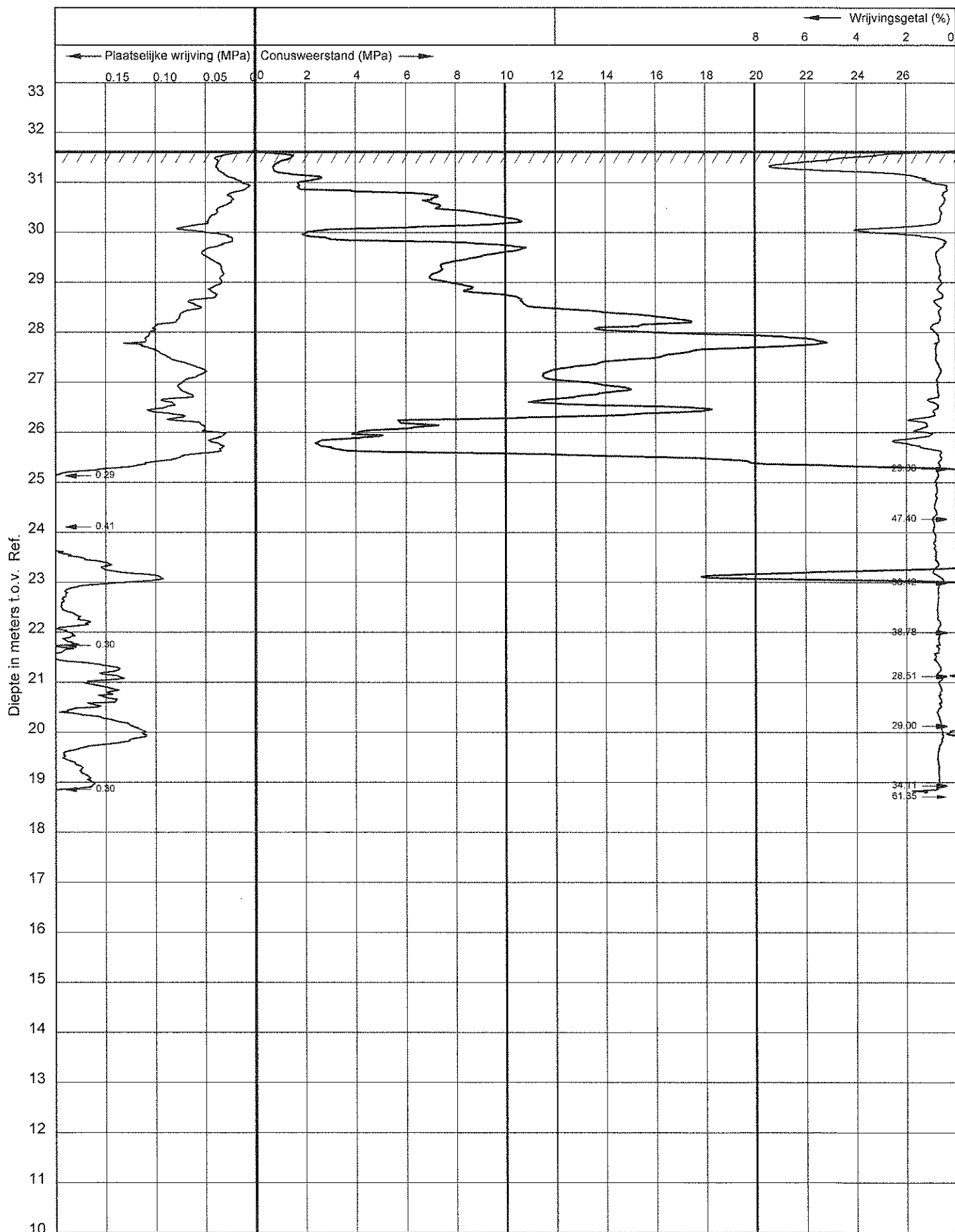






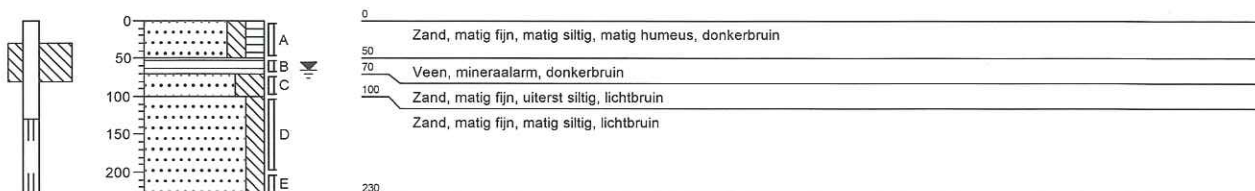






B1

Datum: 19/08/2011
Opmerking:
GWS: 65



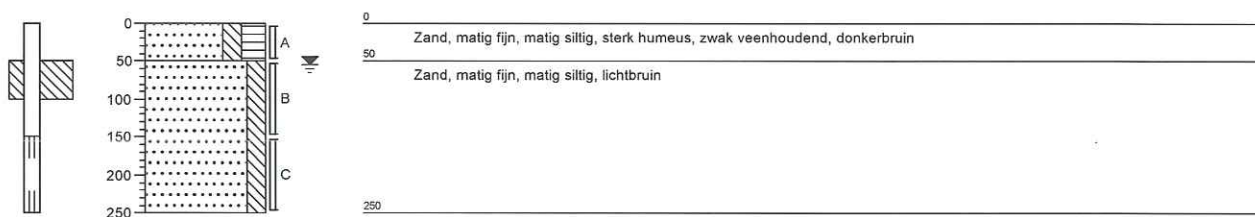
B2

Datum: 19/08/2011
Opmerking:
GWS: 50



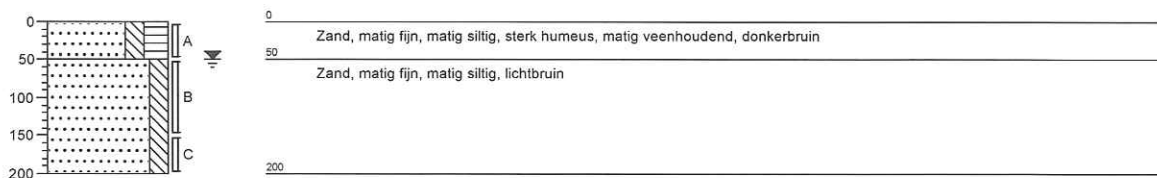
B3

Datum: 19/08/2011
Opmerking:
GWS: 55



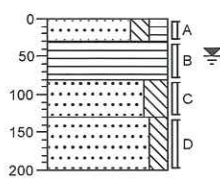
B4

Datum: 19/08/2011
Opmerking:
GWS: 50



B5

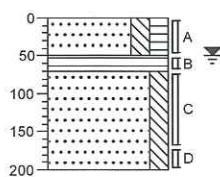
Datum: 19/08/2011
Opmerking:
GWS: 50



0	
30	Zand, matig fijn, matig siltig, matig humeus, donkerbruin
80	Veen, mineraalarm, donkerbruin
130	Zand, matig fijn, sterk siltig, lichtbruin
200	Zand, matig fijn, matig siltig, grijsbruin

B6

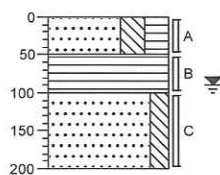
Datum: 19/08/2011
Opmerking:
GWS: 50



0	Zand, matig fijn, matig siltig, matig humeus, donkerbruin
50	
70	Veen, mineraalarm, zwartbruin
	Zand, matig fijn, matig siltig, lichtbruin
200	

B7

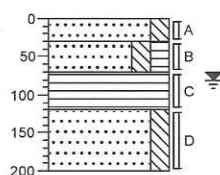
Datum: 19/08/2011
Opmerking:
GWS: 90



0	Zand, matig fijn, sterk siltig, sterk humeus, zwartbruin
50	Veen, mineraalarm, zwartbruin
100	Zand, matig fijn, matig siltig, lichtbruin
200	

B8

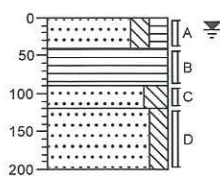
Datum: 19/08/2011
Opmerking:
GWS: 80



0	
30	Zand, matig fijn, matig siltig, lichtbruin
70	Zand, matig fijn, matig siltig, matig humeus, donkerbruin
	Veen, mineraalarm, zwartbruin
120	Zand, matig fijn, matig siltig, lichtbruin
200	

B9

Datum: 19/08/2011
Opmerking:
GWS: 15



0	
40	Zand, matig fijn, matig siltig, matig humeus, donkerbruin
90	Veen, mineraalarm, donkerbruin
120	Zand, matig fijn, sterk siltig, lichtbruin
	Zand, matig fijn, matig siltig, lichtbruin
200	

Waterpasstaat

Deze waterpassing is uitgevoerd met behulp van dGPS.

Datum uitvoering : 17 en 18 augustus 2011 en 21 september 2011

Meetpunt	Hoogte [m t.o.v. NAP]
sondering 1	32,27 +
sondering 2	32,30 +
sondering 3	31,64 +
boring 1 maaiveld	32,08 +
boring 1 kop peilbuis	32,47 +
boring 2 maaiveld	31,80 +
boring 2 kop peilbuis	32,18 +
boring 3 maaiveld	31,72 +
boring 3 kop peilbuis	32,19 +
boring 4	31,85 +
boring 5	31,62 +
boring 6	32,17 +
boring 7	31,81 +
boring 8	31,88 +
boring 9	31,76 +
straathoogte	32,62 +
dorpel	33,18 +
waterput	32,46 +

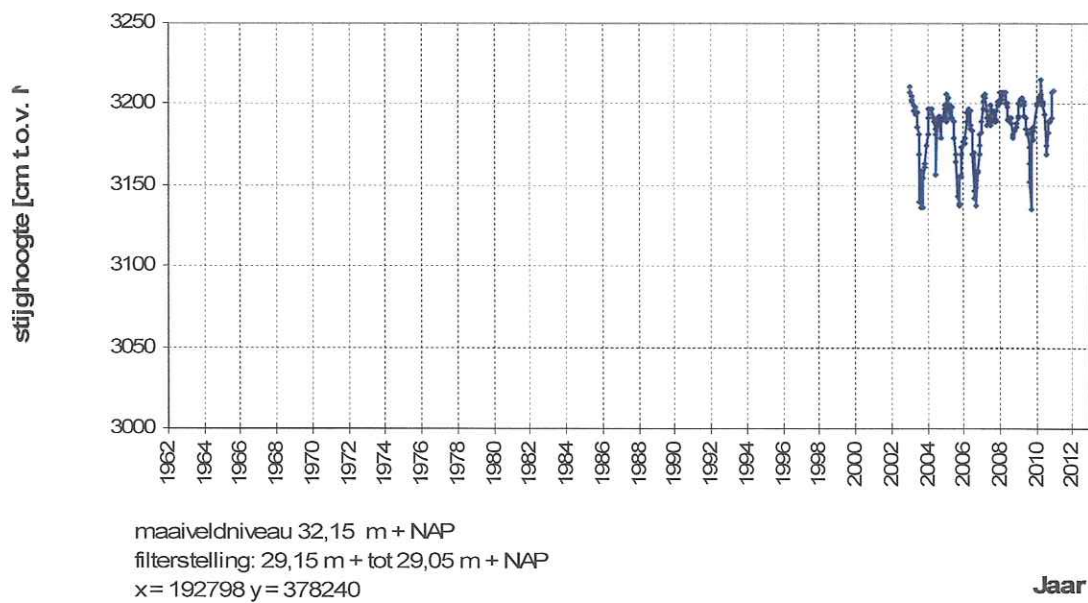
Opmerking

Hoogten in deze waterpasstaat zijn uitsluitend bedoeld om inzicht te verkrijgen in de maaiveldhoogten van de meetpunten. Zonder verificatie door de gebruiker mogen deze hoogten niet voor andere doeleinden worden gebruikt.

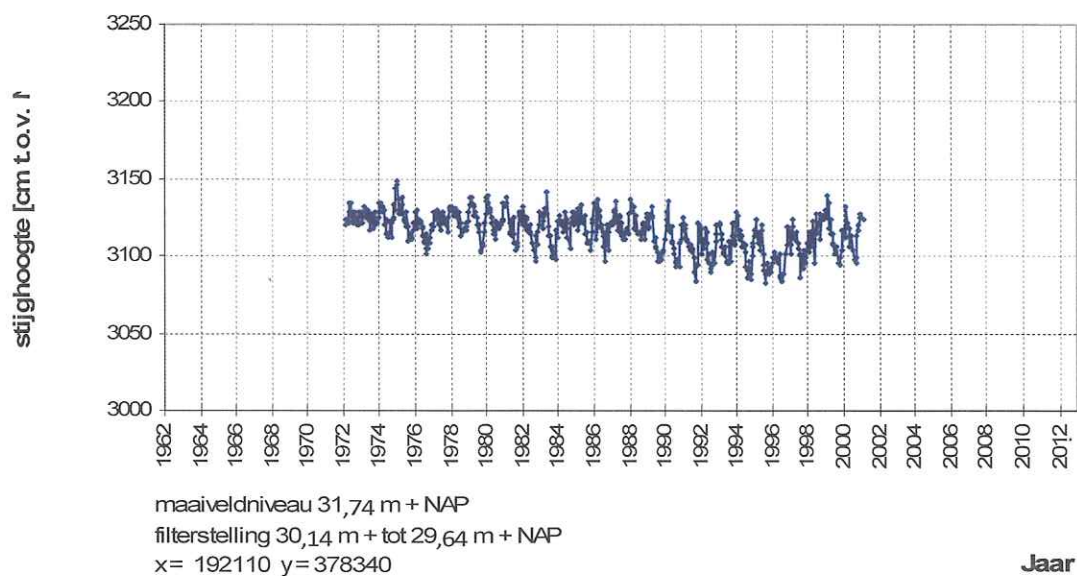
Bijlage 2 : TNO-grondwaterstandgegevens



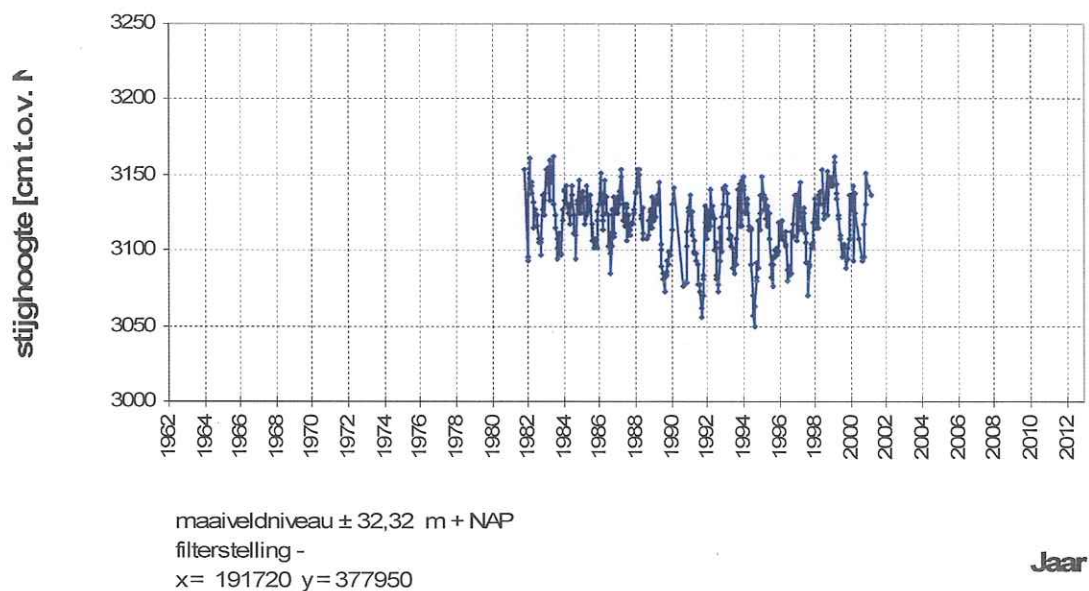
Peilbuis B52D 0495



Peilbuis B52D 0507



Peilbuis B52D 0564



Bijlage 3 : Analyseresultaten



Analyserapport

Lankelma Geo. Zuid BV
I. van der Hulst
Postbus 38
5688 ZG OIRSCHOT

Blad 1 van 6

Uw projectnaam : Helenaveen, Rector Nuytstraat 12
Uw projectnummer : 92368
ALcontrol rapportnummer : 11704908, versie nummer: 1
Rapport verificatie nummer : B2CZJJY8

Rotterdam, 02-09-2011

Geachte heer/mevrouw,

Hierbij ontvangt u de analyse resultaten van het laboratoriumonderzoek ten behoeve van uw project 92368. Het onderzoek werd uitgevoerd conform uw opdracht. De gerapporteerde resultaten hebben uitsluitend betrekking op de geteste monsters. De door u aangegeven omschrijvingen voor de monsters en het project zijn overgenomen in dit analyserapport.

Het onderzoek is, met uitzondering van eventueel door derden uitgevoerd onderzoek, uitgevoerd door ALcontrol Laboratories, gevestigd aan de Steenhouwerstraat 15 in Rotterdam (NL).

Dit analyserapport bestaat inclusief bijlagen uit 6 pagina's. In geval van een versienummer van '2' of hoger vervallen de voorgaande versies. Alle bijlagen maken onlosmakelijk onderdeel uit van het rapport. Alleen vermenigvuldiging van het hele rapport is toegestaan.

Mocht u vragen en/of opmerkingen hebben naar aanleiding van dit rapport, bijvoorbeeld als u nadere informatie nodig heeft over de meetonzekerheid van de analyseresultaten in dit rapport, dan verzoeken wij u vriendelijk contact op te nemen met de afdeling Customer Support.

Wij vertrouwen er op u met deze informatie van dienst te zijn.

Hoogachtend,



R. van Duin
Laboratory Manager



Lankelma Geo. Zuid BV
I. van der Huist

Analyserapport

Blad 2 van 6

Projectnaam Helenaveen, Rector Nuytstraat 12
Projectnummer 92368
Rapportnummer 11704908 - 1

Orderdatum 26-08-2011
Startdatum 26-08-2011
Rapportagedatum 02-09-2011

Analyse	Eenheid	Q	001	002	003	004	005
droge stof	gew.-%	Q	66.2	81.7	82.7	76.2	76.3
calciet	% vd DS	Q	0.9	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
organische stof (gloeiverlies)	% vd DS	Q	14.8	<0.5	<0.5	1.0	3.2
KORRELGROOTTEVERDELING							
min. delen <2um	% vd DS	Q	4.6	<1	3.1	2.3	2.6
min. delen <2um	% min st	Q	5.5	<1	3.2	2.3	2.6
min. delen <16um	% min st	Q	8.0	1.4	3.4	3.4	3.2
min. delen <32um	% min st	Q	10	6.3	5.6	4.8	4.3
min. delen <50um	% min st	Q	18	9.2	8.5	12	9.7
min. delen <63um	% min st	Q	21	14	12	16	14
min. delen <125um	% min st	Q	42	42	30	44	40
min. delen <250um	% min st	Q	81	92	74	91	88
min. delen <500um	% min st	Q	93	99	99	100	98
min. delen <1mm	% min st	Q	95	100	100	100	99
min. delen <2mm	% min st	Q	97	100	100	100	100
min. delen >2mm	% vd DS	Q	2.5	<1	<1	<1	<1
pH-KCl	-	Q	6.0 ¹⁾	5.4 ¹⁾	4.4 ¹⁾	4.2 ¹⁾	6.1 ¹⁾
temperatuur t.b.v. pH	°C		20.8	21.2	20.8	21.6	20.8

De met S gemerkte analyses zijn geaccrediteerd en vallen onder de AS3000 erkenning. Overige accreditaties zijn gemerkt met een Q.

Nummer	Monstersoort	Monsterspecificatie
001	Grond	k1 B9 (0-40) B2 (0-50)
002	Grond	k2 B2 (100-200) B8 (120-200)
003	Grond	k3 B4 (50-150) B3 (50-150)
004	Grond	k4 B5 (130-200)
005	Grond	k5 B8 (0-30)

Paraaf:





Lankelma Geo. Zuid BV
I. van der Hulst

Analyserapport

Blad 3 van 6

Projectnaam Helenaveen, Rector Nuytstraat 12
Projectnummer 92368
Rapportnummer 11704908 - 1

Orderdatum 26-08-2011
Startdatum 26-08-2011
Rapportagedatum 02-09-2011

Voetnoten

- 1 De periode tussen monsterneming en in behandeling nemen op het lab was groter dan de toegestane conserveertermijn volgens SIKB protocol 3001.



Lankeima Geo. Zuid BV
I. van der Hulst

Analyserapport

Blad 4 van 6

Projectnaam Helsenaveen, Rector Nuytstraat 12
Projectnummer 92368
Rapportnummer 11704908 - 1

Orderdatum 26-08-2011
Startdatum 26-08-2011
Rapportagedatum 02-09-2011

Analyse	Eenheid	Q	006	007
droge stof	gew.-%	Q	59.1	80.8
calciet	% vd DS	Q	<0.2	<0.2
organische stof (gloeiverlies)	% vd DS	Q	19.5	0.5
KORRELGROOTTEVERDELING				
min. delen <2um	% vd DS	Q	4.1	3.2
min. delen <2um	% min st	Q	5.2	3.2
min. delen <16um	% min st	Q	8.2	3.6
min. delen <32um	% min st	Q	9.1	4.0
min. delen <50um	% min st	Q	18	8.4
min. delen <63um	% min st	Q	20	13
min. delen <125um	% min st	Q	36	46
min. delen <250um	% min st	Q	78	94
min. delen <500um	% min st	Q	93	99
min. delen <1mm	% min st	Q	95	100
min. delen <2mm	% min st	Q	97	100
min. delen >2mm	% vd DS	Q	2.6	<1
pH-KCl	-	Q	5.2 ¹⁾	4.0 ¹⁾
temperatuur t.b.v. pH	°C		21.3	21.3

De met S gemerkte analyses zijn geaccrediteerd en vallen onder de AS3000 erkenning. Overige accreditaties zijn gemerkt met een Q.

Nummer	Monstersoort	Monsterspecificatie
006	Grond	k6 B5 (0-30)
007	Grond	k7 B9 (120-200)



Paraaf :



Lankelma Geo. Zuid BV
I. van der Hulst

Analyserapport

Blad 5 van 6

Projectnaam Hefenaveen, Rector Nuytstraat 12
Projectnummer 92368
Rapportnummer 11704908 - 1

Orderdatum 26-08-2011
Startdatum 26-08-2011
Rapportagedatum 02-09-2011

Voetnoten

- 1 De periode tussen monsterneming en in behandeling nemen op het lab was groter dan de toegestane conserveertermijn volgens SIKB protocol 3001.



Lankelma Geo. Zuid BV
I. van der Huist

Analyserapport

Blad 6 van 6

Projectnaam Helenaveen, Rector Nuytstraat 12
Projectnummer 92368
Rapportnummer 11704908 - 1

Orderdatum 26-08-2011
Startdatum 26-08-2011
Rapportagedatum 02-09-2011

Analyse	Monstersoort	Relatie tot norm
droge stof	Grond	Grond: gelijkwaardig aan NEN-ISO 11465, conform OVAM-methode CMA 2/II/A.1 Grond (AS3000): conform AS3010-2
calciet	Grond	Eigen methode
organische stof (gloeiverlies)	Grond	Gelijkwaardig aan NEN 5754 (Org. stof gecorrigeerd voor 10% lutum)
min. delen <2um	Grond	Conform AS3010-4
min. delen <2um	Grond	Eigen methode, pipetmethode
min. delen <16um	Grond	Idem
min. delen <32um	Grond	Idem
min. delen <50um	Grond	Eigen methode, zeef methode
min. delen <63um	Grond	Idem
min. delen <125um	Grond	Idem
min. delen <250um	Grond	Idem
min. delen <500um	Grond	Idem
min. delen <1mm	Grond	Idem
min. delen <2mm	Grond	Idem
min. delen >2mm	Grond	Eigen methode, zeefmethode
pH-KCl	Grond	Conform NEN-ISO 10390 / Conform CMA 2/II/A.20

Monster	Barcode	Aanlevering	Monstername	Verpakking
001	Y3334635	19-08-2011	19-08-2011	ALC201
001	Y3334636	19-08-2011	19-08-2011	ALC201
002	Y3038084	19-08-2011	19-08-2011	ALC201
002	Y3334626	19-08-2011	19-08-2011	ALC201
003	Y3038077	19-08-2011	19-08-2011	ALC201
003	Y3335565	19-08-2011	19-08-2011	ALC201
004	Y2874977	19-08-2011	19-08-2011	ALC201
005	Y3038088	19-08-2011	19-08-2011	ALC201
006	Y2692427	19-08-2011	19-08-2011	ALC201
007	Y3334627	19-08-2011	19-08-2011	ALC201

Bijlage 4 : Berekeningsresultaten fundering op staal

Draagkracht- en zakkingsberekening voor funderingen op staal volgens NEN 6744:2007

Bepaling van de draagkracht en zakking van funderingen op staal ten behoeve van de toetsing aan de uiterste (grenstoestand 1) en de bruikbaarheidsgrenstoestand (grenstoestand 2).

Grondparameters

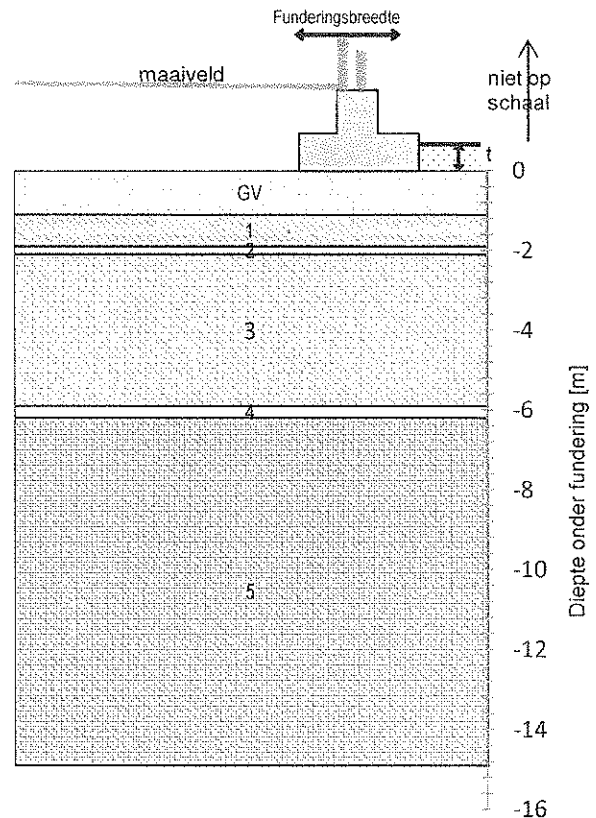
De representatieve waarden van de grondparameters van de verschillende bodemlagen zijn op basis van het grondonderzoek ingeschat aan de hand van tabel 1 uit de NEN 6740:2006, eventueel i.c.m. algemene/locale kennis en ervaring.

Materiaalfactoren (γ_m)

	draagkracht	zakking
- Volumiek gewicht	1,1	1
- Tangent hoek inwendige wrijving	1,15	1
- Ongedraineerde schuifsterkte	1,35	1
- Cohesie	1,6	1

Uitgangspunten project (berkeningsaannamen)

Oorspronkelijke maaiveldhoogte	32,60 [m tov NAP]
Toekomstige maaiveldhoogte	32,30 [m tov NAP]
Hoek maaiveld met horizontaal	0,0 [°]
Aanlegniveau fundering	31,90 [m tov NAP]
Hoge grondwaterstand	31,6 [m tov NAP]
Lage grondwaterstand	30,6 [m tov NAP]
Pre-overburden pressure (POP)	5,0 [kN/m²]
Volumiek gewicht gronddekking droog / nat	17/ 19 [kN/m³]
maatgevend gestelde dikte gronddekking	0,40 [m]



figuur 1.1 - Schematisatie van de bodemopbouw

Opmerking t.a.v. grondverbetering

De gunstige invloed van grondverbetering is, in afwijking op NEN 6744, verdisconteerd in de draagkracht. De bodem van de ontgraving moet hierbij wel een zodanige breedte hebben dat deze buiten het spanningsverspreidingsgebied van de fundering ligt, uitgaande van een belastingspreiding onder 45°.

tabel 1.2 - representatieve waarden van de gehanteerde grondparameters voor de oorspronkelijke bodemopbouw

laag	onderzijde [m tov NAP]	γ [kN/m³]	γ_{sat} [kN/m³]	ϕ' [°]	c' [kN/m²]	f_{undr} [kN/m²]	C_c [-]	C_u [-]	e_0 [-]
te ontgrvn	30,9	8,0	14,0	25,0	5,0	22,0	1,200	0,016	3,13
1	30,0	18,0	20,0	32,5	0,0	0,0	0,006	0,000	0,58
2	29,8	19,0	21,0	30,0	3,0	170,0	0,043	0,001	0,87
3	26,0	18,0	20,0	32,5	0,0	0,0	0,006	0,000	0,58
4	25,7	17,0	19,0	30,0	0,0	0,0	0,021	0,000	0,83
5	17,0	18,5	21,0	34,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,50

tabel 1.3 - representatieve waarden van de gehanteerde grondparameters voor grondverbetering en/of ophoging

grondverb.	30,8	18,0	20,0	32,5	0,0	0,0	0,006	0,000	0,58
------------	------	------	------	------	-----	-----	-------	-------	------

Symbolen en eenheden

γ	volumieke gewicht van grond	kN/m³	e_0	poriëngetal van de grond	-
γ_{sat}	volumieke gewicht van verzadigde grond	kN/m³	t	gronddekking	m
ϕ'	effectieve hoek van inwendige wrijving	°	$\sigma'_{max,d}$	rekenwaarde funderingsdruk	kPa
c'	effectieve cohesie	kN/m²	$F_{r,v,d}$	rekenwaarde verticale draagkracht	kN
f_{undr}	ongedraineerde schuifsterkte	kN/m²	$w_{1,d}$	rekenwaarde primaire zakking	mm
$\sigma'_{max,d}$	maximale draagkracht	kN/m²	$w_{2,d}$	rekenwaarde secundaire zakking	mm
C_c	primaire samendrukkingsindex	-	w_d	rekenwaarde van de totale zakking	mm
C_u	secundaire samendrukkingsindex	-	$k_{v,d}$	rekenwaarde statische beddingscoëfficiënt	kN/m³

Draagkrachtberekening voor strokenfundering volgens NEN 6744:2007

Berekening van de maximale draagkracht loodrecht op het oppervlak van de fundering volgens NEN 6744 § 5.2.

Voor zand en grind wordt enkel de gedraineerde toestand beschouwd, voor klei, silt en andere grondsoorten worden zowel de gedraineerde als de ongedraineerde toestand onderzocht. In tabel 2.1 zijn de berekeningsresultaten weergegeven.

tabel 2.1 - Rekenwaarden maximale funderingsdruk en draagkracht

Strookbreedte [m]	Rekenwaarde maximale funderingsdruk in verschillende toestanden**				toelaatbare funderingsdruk*	toelaatbare rekenwaarde maximale draagkracht*
	$\sigma'_{\max;d}$ [kN/m ²]				$\sigma'_{\max;d}$ [kN/m ²]	$F_{r,v;d}$ [kN/m]
	Ongedrain.	Gedraineerd	Doorponsen	Squeezing		
0,40	n.v.t.	158	n.v.t.	n.v.t.	158	63
0,50	n.v.t.	167	n.v.t.	n.v.t.	167	83
0,60	n.v.t.	174	n.v.t.	n.v.t.	174	105
0,70	n.v.t.	182	n.v.t.	n.v.t.	182	127
0,80	901	189	n.v.t.	n.v.t.	189	151
0,90	969	196	n.v.t.	n.v.t.	196	177
1,00	1036	203	n.v.t.	n.v.t.	203	203
1,10	1104	211	n.v.t.	n.v.t.	211	232
1,20	1171	218	n.v.t.	n.v.t.	218	261
1,30	1239	225	n.v.t.	n.v.t.	225	292
1,40	1307	231	n.v.t.	3661	231	324
1,50	1374	238	n.v.t.	3978	238	357
1,60	1442	245	n.v.t.	4308	245	392
1,70	1509	252	n.v.t.	4651	252	428
1,80	1577	259	n.v.t.	5006	259	465
1,90	1644	265	n.v.t.	5373	265	504
2,00	1712	272	n.v.t.	5754	272	544
2,10	1779	279	n.v.t.	6146	279	586

* Bij permanente gronddekking: 0,4 m

** De maatgevende toestand is dik gedrukt

Voor de maatgevende toestand worden in tabel 2.2 de rekenwaarden maximale funderingsdruk en draagkracht weergegeven bij verschillende dikten van gronddekking (indien van toepassing).

tabel 2.2 - Rekenwaarde maximale funderingsdruk en draagkracht bij aangegeven dikte gronddekking

Strookbreedte [m]	Rekenwaarde maximale funderingsdruk				Rekenwaarde maximale draagkracht			
	$\sigma'_{\max;d}$ [kN/m ²]				$F_{r,v;d}$ [kN/m]			
Gronddekking [m] →	0,1	0,2	0,3	0,4	0,1	0,2	0,3	0,4
0,40	76	103	131	158	30	41	52	63
0,50	84	111	139	167	42	56	69	83
0,60	91	119	147	174	55	71	88	105
0,70	99	127	154	182	69	89	108	127
0,80	106	134	161	189	85	107	129	151
0,90	113	141	169	196	102	127	152	177
1,00	121	148	176	203	121	148	176	203
1,10	128	155	183	211	140	171	201	232
1,20	135	162	190	218	162	195	228	261
1,30	142	169	197	225	184	220	256	292
1,40	149	176	204	231	208	247	285	324
1,50	156	183	211	238	234	275	316	357
1,60	163	190	218	245	260	304	348	392
1,70	170	197	224	252	288	335	381	428
1,80	176	204	231	259	318	367	416	465
1,90	183	211	238	265	348	400	452	504
2,00	190	217	245	272	380	435	490	544
2,10	197	224	252	279	414	471	528	586

Zakkingsberekening voor strokenfundering volgens NEN 6740:2006 & 6744:2007

Berekening van de zakking van de bovenkant van het funderingselement, waarbij cf. NEN6702 enkel de gebruiksbelasting ($F_{s,v,d}$) in rekening is gebracht (partiële belastingfactor $\gamma_{f,g}=1,0$). De beddingscoëfficiënten zijn afgeleid van vermelde primaire zakkings berekend voor bruikbaarheidstoestand 2.

In tabel 3.1 zijn de berekeningsresultaten weergegeven.

tabel 3.1 - Rekenwaarden zakking en statische beddingscoëfficiënt (gronddekking 0,4 m)

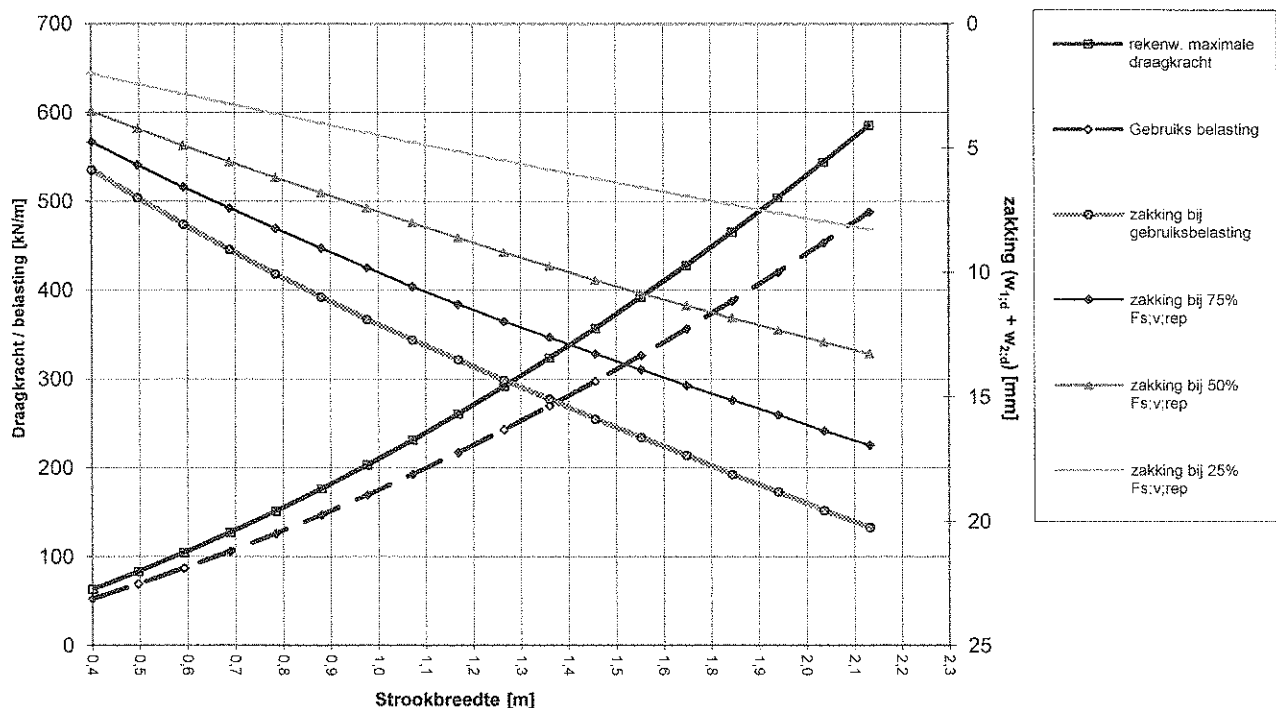
Strookbreedte	Gebruiks belasting	Berekende primaire zakking	Berekende secundaire zakking*	Extra zakking tgv ophoging maaiveld	Berekende totale zakking**	Statische beddingscoëfficiënt
[m]	$F_{s,v,rep}$ [kN/m']	$w_{1,d}$ [mm]	$w_{2,d}$ [mm]	w_{extra} [mm]	w_d [mm]	$k_{v,d}$ [kN/m³]
0,40	53	5,5	0,4	0,0	5,9	18000
0,50	69	6,5	0,5	0,0	7,0	16000
0,60	87	7,5	0,5	0,0	8,1	15000
0,70	106	8,5	0,6	0,0	9,1	14000
0,80	126	9,4	0,7	0,0	10,1	13000
0,90	147	10,2	0,8	0,0	11,0	12000
1,00	170	11,1	0,8	0,0	11,9	12000
1,10	193	11,9	0,8	0,0	12,7	11000
1,20	218	12,7	0,8	0,0	13,5	11000
1,30	243	13,5	0,8	0,0	14,3	11000
1,40	270	14,3	0,8	0,0	15,1	10000
1,50	298	15,1	0,8	0,0	15,9	10000
1,60	327	15,8	0,8	0,0	16,6	10000
1,70	357	16,5	0,8	0,0	17,3	10000
1,80	388	17,3	0,8	0,0	18,1	10000
1,90	420	18,0	0,8	0,0	18,8	10000
2,00	453	18,8	0,8	0,0	19,6	9000
2,10	488	19,4	0,8	0,0	20,2	9000

* Berekend cf. NEN 6744, waarbij in afwijking Ca is afgeleid van methode Koppejan (spanningsafhankelijk)

** Bij de toetsing met betrekking tot bruikbaarheids-grenstoestand 2 moet voldaan worden aan: $w_d \leq 150$

Draagkracht- en zakkingsgrafiek

In de onderstaande draagkracht - zakkingsgrafiek zijn de zakkings weergegeven bij verschillende momentane belastingen en strookbreedten.



Draagkrachtberekening voor poerenfundering volgens NEN 6744:2007

Berekening van de maximale draagkracht loodrecht op het oppervlak van de fundering volgens NEN 6744 § 5.2.

Voor zand en grind wordt enkel de gedraineerde toestand beschouwd, voor klei, silt en andere grondsoorten worden zowel de gedraineerde als de ongedraineerde toestand onderzocht. In tabel 4.1 zijn de berekeningsresultaten weergegeven.

tabel 4.1 - Rekenwaarden maximale funderingsdruk en draagkracht

Poerafmeting		Rekenwaarde maximale funderingsdruk in verschillende toestanden**				toelaatbare funderingsdruk*	toelaatbare rekenwaarde maximale draagkracht*
B	L	$\sigma'_{\max;d}$ [kN/m ²]				$\sigma'_{\max;d}$ [kN/m ²]	$F_{r,v;d}$ [kN]
[m]	[m]	Ongedrain.	Gedraineerd	Doorponsen	Squeezing		
0,40	0,40	n.v.t.	198	n.v.t.	n.v.t.	198	32
0,50	0,50	n.v.t.	203	n.v.t.	n.v.t.	203	51
0,60	0,60	n.v.t.	209	n.v.t.	n.v.t.	209	75
0,70	0,70	n.v.t.	214	n.v.t.	n.v.t.	214	105
0,80	0,80	1433	219	n.v.t.	n.v.t.	219	140
0,90	0,90	1655	224	n.v.t.	n.v.t.	224	181
1,00	1,00	1894	229	n.v.t.	n.v.t.	229	229
1,10	1,10	2149	234	n.v.t.	n.v.t.	234	283
1,20	1,20	2421	239	n.v.t.	n.v.t.	239	344
1,30	1,30	2708	244	n.v.t.	n.v.t.	244	412
1,40	1,40	3011	249	n.v.t.	n.v.t.	249	488
1,50	1,50	3331	254	n.v.t.	n.v.t.	254	571
1,60	1,60	3666	259	n.v.t.	n.v.t.	259	662
1,70	1,70	4018	263	n.v.t.	n.v.t.	263	761
1,80	1,80	4385	268	n.v.t.	n.v.t.	268	869
1,90	1,90	4769	273	n.v.t.	n.v.t.	273	985
2,00	2,00	5169	278	n.v.t.	n.v.t.	278	1111
2,10	2,10	5585	282	n.v.t.	n.v.t.	282	1246

* Bij permanente gronddekking: 0,4 m

** De maatgevende toestand is dik gedrukt

Voor de maatgevende toestand worden in tabel 4.2 de rekenwaarden maximale funderingsdruk en draagkracht weergegeven bij verschillende dikten van gronddekking (indien van toepassing).

tabel 4.2 - Rekenwaarde maximale funderingsdruk en draagkracht bij aangegeven dikte gronddekking

Poerafmeting		Rekenwaarde maximale funderingsdruk				Rekenwaarde maximale draagkracht			
B	L	$\sigma'_{\max;d}$ [kN/m ²]				$F_{r,v;d}$ [kN]			
[m]	[m]								
Gronddekking [m] →		0,1	0,2	0,3	0,4	0,1	0,2	0,3	0,4
0,40	0,40	75	116	157	198	12	18	25	32
0,50	0,50	80	121	162	203	20	30	41	51
0,60	0,60	86	127	168	209	31	46	60	75
0,70	0,70	91	132	173	214	45	65	85	105
0,80	0,80	96	137	178	219	61	88	114	140
0,90	0,90	101	142	183	224	82	115	148	181
1,00	1,00	106	147	188	229	106	147	188	229
1,10	1,10	111	152	193	234	134	184	233	283
1,20	1,20	116	157	198	239	167	226	285	344
1,30	1,30	121	162	203	244	204	273	343	412
1,40	1,40	126	167	208	249	247	327	407	488
1,50	1,50	131	172	213	254	296	387	479	571
1,60	1,60	136	177	218	259	349	454	558	662
1,70	1,70	142	182	223	263	409	526	644	761
1,80	1,80	146	187	228	268	475	606	737	869
1,90	1,90	151	192	232	273	546	693	839	985
2,00	2,00	156	197	237	278	625	787	949	1111
2,10	2,10	161	202	242	282	710	889	1067	1246

Zakkingsberekening voor poerenfundering volgens NEN 6740:2006 & 6744:2007

Berekening van de zakking van de bovenkant van het funderingselement, waarbij cf. NEN6702 enkel de gebruiksbelasting ($F_{s,v,d}$) in rekening is gebracht (partiële belastingfactor $\gamma_{r,g}=1,0$). De beddingscoëfficiënten zijn afgeleid van vermelde primaire zakkings berekend voor bruikbaarheidstoestand 2.

In tabel 5.1 zijn de berekeningsresultaten weergegeven.

tabel 5.1 - Rekenwaarden zakking en statische beddingscoëfficiënt (grondekking 0,4 m)

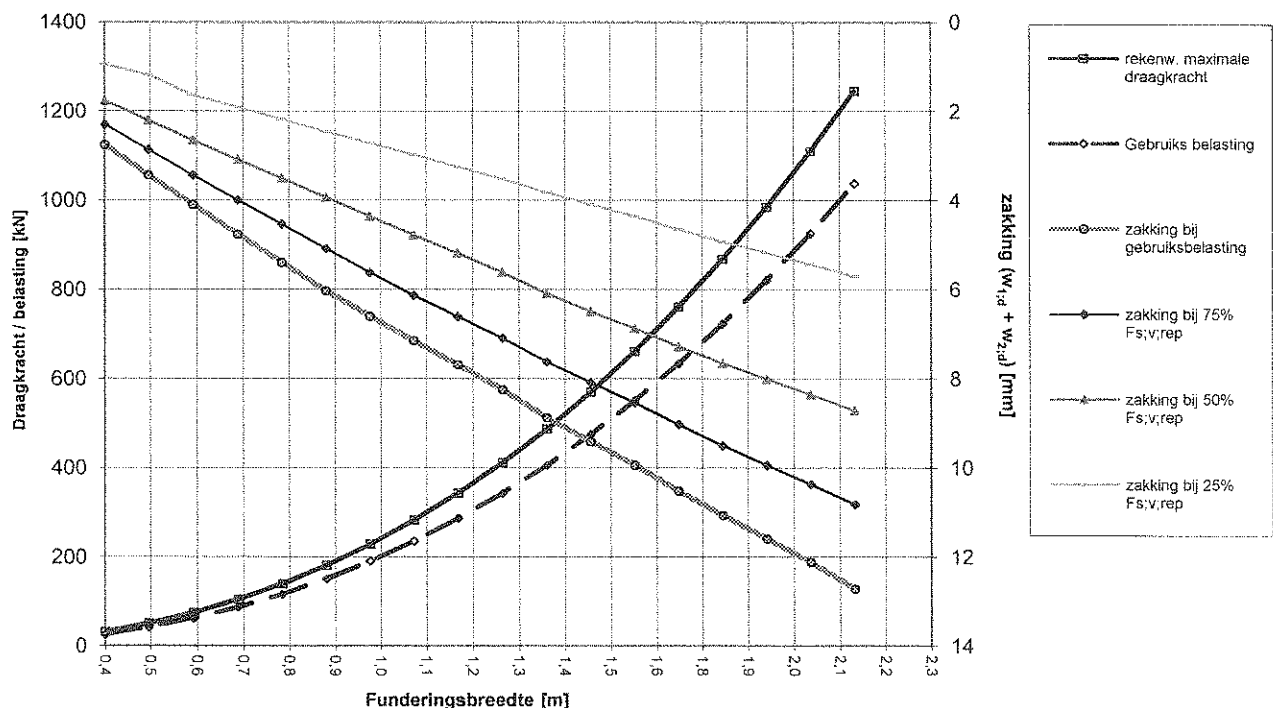
Poerafmeting		Gebruiks belasting	Berekende primaire zakking	Berekende secundaire zakking*	Extra zakking tgv ophoging maaiveld	Berekende totale zakking**	Statische beddingscoëfficiënt
B	L	$F_{s,v,rep}$	$W_{1,d}$	$W_{2,d}$	W_{extra}	W_d	$k_{v,d}$
[m]	[m]	[kN]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[kN/m ²]
0,40	0,40	26	2,4	0,4	0,0	2,8	53000
0,50	0,50	42	3,0	0,5	0,0	3,5	44000
0,60	0,60	63	3,6	0,5	0,0	4,1	38000
0,70	0,70	87	4,1	0,6	0,0	4,7	34000
0,80	0,80	117	4,7	0,7	0,0	5,4	30000
0,90	0,90	151	5,2	0,8	0,0	6,0	28000
1,00	1,00	191	5,8	0,8	0,0	6,6	26000
1,10	1,10	236	6,3	0,8	0,0	7,1	24000
1,20	1,20	287	6,9	0,8	0,0	7,7	23000
1,30	1,30	343	7,4	0,8	0,0	8,2	22000
1,40	1,40	406	8,1	0,8	0,0	8,9	20000
1,50	1,50	476	8,6	0,8	0,0	9,4	19000
1,60	1,60	552	9,1	0,8	0,0	9,9	19000
1,70	1,70	634	9,7	0,8	0,0	10,5	18000
1,80	1,80	724	10,3	0,8	0,0	11,1	17000
1,90	1,90	821	10,8	0,8	0,0	11,6	17000
2,00	2,00	926	11,3	0,8	0,0	12,1	16000
2,10	2,10	1038	11,9	0,8	0,0	12,7	16000

* Berekend cf. NEN 6744, waarbij in afwijking C α is afgeleid van methode Koppejan (spanningsafhankelijk)

** Bij de toetsing met betrekking tot bruikbaarheids-grenstoestand 2 moet voldaan worden aan: $w_d \leq 150$

Draagkracht- en zakkingsgrafiek

In de onderstaande draagkracht - zakkingsgrafiek zijn de zakkings weergegeven bij verschillende momentane belastingen en funderingsbreedten. Voor de eventueel bijbehorende funderingslengte wordt verwezen naar tabel 5.1



Bijlage 5 : Algemene richtlijnen uitvoering grondverbetering

ALGEMENE RICHTLIJNEN VOOR DE UITVOERING VAN GRONDVERBETERINGEN

(gebaseerd op NEN 6740).

Algemeen

Voor aanvang van de uitvoering van ontgravingen en grondverbeteringen moeten de navolgende zaken bekend of gecontroleerd te zijn:

- Voldoet de uitvoering aan de gestelde uitgangspunten van het rapport zoals bodemopbouw en grondwaterniveau, ontgravingsdiepte, aanlegniveau en afmetingen fundering.
- De locaties waar sonderingen(en boringen) zijn gemaakt in relatie tot het funderingsplan.
- De maaiveldhoogten ter plaatse van de te maken fundering.
- De maaiveldhoogten ter plaatse van de sondeer(- en boor)locaties.

Grondwater/bemaling

Tijdens de uitvoering van de graafwerkzaamheden moet het grondwaterniveau zo nodig worden verlaagd, zodanig dat de bodem van de put droog is en de grondwaterstand zich beneden de invloedssfeer van de verdichtingsapparatuur bevindt. Wanneer de grondwaterstand te hoog is, kan mede afhankelijk van de waterdoorlatendheid van het toegepaste zand, de ondergrond en de gebruikte verdichtingsapparatuur, een "drijfzand"-situatie ontstaan. Eén en ander heeft tot gevolg dat verdichting onmogelijk wordt. Over het algemeen zal een verlaging van het grondwaterniveau met hulp van een bemaling tot 0,5 m onder de putbodem het gewenste resultaat opleveren.

De grondwaterspiegel mag niet méér worden verlaagd dan voor een goede uitvoering van de graafwerkzaamheden noodzakelijk is, dit vanwege ongunstige invloeden op de omgeving. Ook de bemalingsduur moet om dezelfde redenen zoveel mogelijk worden beperkt. In voorkomende gevallen is het mogelijk een kwalitatief goede grondverbetering te realiseren door optimale afstemming van ontgravingsdiepte, laagdikte, grondwaterniveau en verdichtingsapparatuur.

Ter controle van de stijghoogte van het grondwater kan worden overwogen vooraf één of meer peilbuizen te plaatsen.

Belendingen

Nagegaan moet worden of de noodzakelijke ontgravingen zonder risico voor de belendingen kunnen worden uitgevoerd. Hiertoe is informatie noodzakelijk omtrent de constructieve opbouw van deze belendingen, incl. de funderingswijze van de draagconstructie en de begane-grondvloeren. Dit geldt in het bijzonder voor ontgravingen dieper dan het aanlegniveau van de fundering van op staal gefundeerde belendingen. Dergelijke ontgravingen verminderen de draagkracht van de bestaande fundering en dienen daarom zoveel mogelijk te worden voorkomen. Daarnaast is de bouwkundige staat, waarin de panden zich bevinden, van belang.

Ontgraving

Bij afwezigheid van invloed van belendingen, ondergrondse kabels en leidingen kunnen de ontgravingen met een beperkte diepte worden uitgevoerd onder een talud van ca. 1 : 1. Hierbij is verondersteld dat langs de insteek van het talud geen zwaar materieel wordt geplaatst of zware materialen worden opgeslagen. Voor meer informatie wordt verwezen naar publicatieblad P no 25 "Putten en Sleuven" van de Arbeidsinspectie.

Nadat de geadviseerde ontgravingsniveaus zijn bereikt, moet met een handsondeerapparaat worden gecontroleerd of zich direct onder dit niveau nog samendrukbare laagjes bevinden die niet bij de sondering zijn aangetroffen. Deze controle moet vooral tussen de sonderingen (en boringen) intensief worden uitgevoerd. Worden dergelijke laagjes aangetroffen dan dienen deze laagjes, tenzij anders in het rapport is aangegeven, verder te worden verwijderd en vervangen door een grondverbetering.

Het ontgravingsvlak moet worden verdicht wanneer dat tijdens de graafwerkzaamheden is verstoord. Dit is alleen mogelijk wanneer zich onder het ontgravingsniveau niet cohesieve grond bevindt.

Indien de bodem van de put uit niet-cohesief materiaal bestaat zoals zand of grind (met een laag leemgehalte) dient de bodem te worden verdicht met een trilplaat. De mate van de verdichting dient te worden gecontroleerd, bijvoorbeeld met een handsondeerapparaat. Daarbij geldt als criterium dat de conusweerstand minimaal evenredig met de diepte moet toenemen tot minimaal 2,5 MPa op 0,1 m en 5 MPa op 0,3 m diepte.

Indien direct op vaste klei- (bijvoorbeeld op potklei); leem- of löss- afzettingen wordt aangelegd en geen grondverbetering is geadviseerd dient de laatste 0,1 m voorzichtig te worden afgeschaafd, zodat de klei; leem of löss beneden het ontgravingsniveau niet wordt geroerd. Om vervolgens verweking van de grondslag door neerslag te voorkomen moet zo snel mogelijk na ontgraven op de bodem van de

ontgraving een bescherm laag (bijvoorbeeld zand) van ten minste 0,1 m worden aangebracht. Cohesief materiaal zoals klei, leem en löss kan namelijk niet of nauwelijks worden verdicht.

Zandaanvulling grondverbetering

Indien het geadviseerde ontgravingsniveau lager ligt dan het aanlegniveau van de fundering moet een grondverbetering worden toegepast tot de onderkant van de fundering, en in het geval dat de vloeren op staal worden gefundeerd tot onderkant vloer.

Voor de uitvoering dienen de volgende richtlijnen te worden gevolgd:

- Het aanvulmateriaal moet laagsgewijs worden aangebracht en mechanisch worden verdicht door middel van trilapparatuur. De laagdikte moet zijn afgestemd op de verdichtingsapparatuur. Het is niet toegestaan een grondverbetering uit te voeren, waarbij aanplempen of inwateren van zand wordt toegepast.
- De laagdikte dient tijdens het verdichten bij voorkeur hooguit 0,3 m te bedragen.
- Bij voorkeur zal een grondverbetering tot een iets hoger peil (ca. 0,1 m) moeten worden uitgevoerd dan het aanlegniveau van de fundering, waarna de overhoogte voorzichtig weer wordt verwijderd.
- De aanvullingen van de bouwput rondom kelders en/of verdiepte funderingen moeten als grondverbetering worden uitgevoerd indien deze aanvulling binnen de invloedssfeer van een hoger gelegen bestaande of aan te brengen fundering ligt.

Kwaliteitseisen zand grondverbetering

Indien als aanvulmateriaal zand wordt gebruikt, dan moet dit aan de volgende eigenschappen voldoen:

- de korrelfractie kleiner dan 0,016 mm dient lager te zijn dan 5 gewichtsprocenten.
- de korrelfractie kleiner dan 0,063 mm dient lager te zijn dan 10 gewichtsprocenten.
- de gelijkmatigheidscoëfficiënt D_{60}/D_{10} moet tenminste 2 zijn. D_{60} = zeefopening met een doorval van 60 gewichtsprocenten. D_{10} - zeefopening met een doorval van 10 gewichtsprocenten;
- het humusgehalte (gloeiverlies) mag ten hoogste 3 gewichtsprocenten bedragen;
- de korrelvorm dient bij voorkeur enigszins hoekig te zijn;
- over het algemeen wordt een goede verdichting verkregen bij een vochtpercentage van ongeveer 6 á 12%. Indien het materiaal óf te nat óf te droog is wordt zelden de vereiste verdichting verkregen.
- middels proctor-proeven kan het optimale watergehalte van het materiaal worden bepaald in relatie tot de hoogst verkregen dichtheid bij een constante hoeveelheid toegevoegde energie.

Indien zand wordt toegepast dat niet geheel aan voorgenoemde eisen voldoet dan kan, ten koste van meer verdichtingsenergie en/of mogelijke vertraging bij ongunstige weersomstandigheden, soms toch nog het gewenste resultaat worden bereikt.

- in plaats van zand kunnen ook andere korrelige materialen worden toegepast zoals stolgrind, puingranulaat en dergelijke. Hierbij geldt echter een gelijkmatigheidscoëfficiënt D_{60}/D_{10} van tenminste 3.

Verdichting

Het verdichten van de zandaanvulling moet laagsgewijs, zoveel mogelijk in kruislings gerichte gangen, worden uitgevoerd (minimaal 4 gangen). Ter indicatie zijn in onderstaande tabel gegevens verstrekt ten behoeve van de aan te wenden verdichtingsapparatuur. Eén en ander dient te worden afgestemd op de kwaliteit van het zand en het te verdichten oppervlak.

Gewicht trilplaat in kN	Centrifugekracht [kN]	Capaciteit [m ² /uur]	Laagdikte [m]
1,5 á 2	15	200	0,15
2 á 3,5	30	300	0,20
3,5 á 5	40	400	0,30

Opgemerkt wordt dat de in de fabriekspecificatie opgegeven dieptewerking geen maatstaf is voor de toe te passen laagdikte, noch garantie biedt voor het verkrijgen van voldoende verdichting op het diepste niveau.

Aangezien het effect van de trilapparatuur zeer snel met de diepte afneemt, moet bij een grotere laagdikte rekening worden gehouden met forse toename van het aantal benodigde gangen. De effectiviteit en daarmee het aantal benodigde gangen is ook afhankelijk van het onderhoud en de slijtage van de apparatuur. Wanneer zware trilapparatuur wordt gebruikt, moet op het funderingsniveau nagetrild worden met een lichte trilplaat omdat een zware trilplaat of trilwals de bovenste ca. 15 cm niet verdicht maar juist losschudt.

Controle verdichting

Controle op de kwaliteit van de aangebrachte grondverbeteringen kan geschieden op de volgende wijze:

- verkenning met het visiteerijzer. Hiermee kan meteen na het aanbrengen van een laag een indruk worden verkregen van de bovenste verdichting van deze laag.
- mechanische (lichte)slagsonderingen. Hierbij kan het volledige aangebrachte pakket achteraf worden gecontroleerd.
- sonderingen (CPT NEN 5140). Indien de aangebrachte grondverbetering berijdbaar is voor een sondeertruck kan op deze wijze het volledige aangebrachte pakket achteraf worden gecontroleerd.
- handsonderingen. Vanwege de beperkte penetratie mogelijkheden kan hiermee een pakket van maximaal 50 cm diepte worden gecontroleerd. In combinatie met voorboren is deze diepe enigszins te vergroten.
- in-situ-dichtheidsbepalingen. Met volumesteeekringen worden monsters genomen waarvan de dichtheid wordt bepaald. Ook nucleaire dichtheidsmetingen kunnen worden gebruikt.

Stijfheidseigenschappen op aanlegniveau van de fundering kunnen worden gecontroleerd door middel van plaatdruk- en CBR-proeven.

Eisen aangebrachte grondverbetering

Voor kwaliteitsbeoordeling van de aangebrachte grondverbeteringen worden in het algemeen de volgende kwalitatieve maatstaven gehanteerd:

- De indringing van een visiteerijzer met een doorsnede van 8 mm mag niet meer dan 10 à 15 cm bedragen.
- De conusweerstand moeten tot een diepte van ca 0,5 m gelijkmatig toenemen tot ca. 5 MPa. Hieronder moeten de conusweerstand een waarde bereiken van ca 10 MPa op 1 m diepte. Bij hoge funderingsdrukken en vervormingsgevoeligheid van het bouwwerk dienen hogere waarden te worden aangehouden.
- De beoordeling van de gemeten dichtheid moet worden gerelateerd aan de uit de proctor-proeven verkregen maximale dichtheid. De gemeten dichtheid dient minimaal 95 à 98 % van de standaard (maximale) proctor-dichtheid te bedragen.

Opdrachtgever:

**Gemeente Deurne
Postbus 3
5750 AA Deurne**

Rapportnummer:

92366-XA

Datum rapport:

29 november 2011

Status rapport:

Gecontroleerd

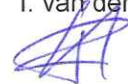
Versie rapport:

Revisie 0

Rapport
Geotechnisch en geohydrologisch onderzoek
Locatie aan de Soemeersingel 21 te
Helenaveen

Lankelma Geotechniek Zuid B.V.
Moorland 4a
Postbus 38
5688 ZG Oirschot
Tel: 0499 - 578520
Fax: 0499 - 578573
E-mail: info@lankelma-zuid.nl
Internet: www.lankelma-zuid.nl

1° auteur:
I. van der Hulst



2° auteur / controle:
Drs. I.W. van Geloven



Inhoudsopgave

1	Projectbeschrijving	1
1.1	Inleiding	1
1.2	Projectgegevens	1
1.2.1	Situatie	1
1.2.2	Bouwplan	1
1.3	Gerelateerd, door ons bureau uitgevoerd onderzoek	1
2	Onderzoeksprogramma	2
2.1	Veldonderzoek	2
2.1.1	Sonderingen	2
2.1.2	Boringen	2
2.1.3	Waterpassing	2
2.1.4	Waterdoorlatendheidsmetingen	2
2.2	Laboratoriumonderzoek	2
2.3	Archiefonderzoek	2
2.3.1	NITG-TNO	2
2.3.2	Overig archiefonderzoek	2
3	Bodemopbouw en (geo)hydrologie	4
3.1	Hoogte maaiveld	4
3.2	Bodemopbouw	4
3.2.1	Geomorfologie	4
3.2.2	Laagopbouw van de grond en de variaties daarvan op de bouwplaats	4
3.2.3	Geologie van de bouwplaats en omgeving	4
3.3	Hydrologisch systeem	5
3.3.1	Oppervlaktewater	5
3.3.2	Grondwater	5
3.3.3	Natuur	6
3.4	Waterdoorlatendheid	6
3.4.1	Doorlatendheidsmetingen onverzadigde zone	6
3.4.2	Doorlatendheidsmetingen verzadigde zone	7
3.4.3	Laboratoriumonderzoek	7
3.4.4	Regionale waterdoorlatendheidsgegevens	7
3.5	Geschiktheid voor infiltratie	7
3.5.1	Samenvatting bodemopbouw	7
3.5.2	Geschiktheid voor infiltratie	7
3.6	Civieltechnisch hergebruik grond	8
3.6.1	Referentiekader	8
3.6.2	Toetsing en interpretatie	8
4	Funderingsadvies	9
4.1	Funderingsontwerp	9
4.1.1	Funderingskeuze	9
4.1.2	Funderingstype: Stroken en poeren	9
4.2	Uitgangspunten berekening	9
4.2.1	Rekenmethode	9
4.2.2	Berekeningsaanname	9
4.2.3	Ontgravingsdiepte en grondverbetering	9
4.2.4	Schematische bodemopbouw	10
4.3	Rekenresultaten	10
4.3.1	Algemeen	10
4.3.2	Toetsing draagkracht	10
4.3.3	Toetsing vervorming	10
4.4	Vloer woningen	11
4.5	Algemene richtlijnen uitvoering	11
4.6	Aanvullend onderzoek	11

Bijlagen

- Bijlage 1: Resultaten grondonderzoek
- Bijlage 2: TNO-grondwaterstandgegevens
- Bijlage 3: Analyseresultaten
- Bijlage 4: Berekeningsresultaten fundering op staal
- Bijlage 5: Algemene richtlijnen uitvoering grondverbetering

Verzendlijst

Aantal	Geadresseerde	Contactpersoon
3	Opdrachtgever:	Merv. E. Smeets

1 PROJECTBESCHRIJVING

1.1 Inleiding

Door Lankelma Geotechniek zuid B.V. is een geotechnisch en geohydrologisch grondonderzoek uitgevoerd voor het project "Locatie aan de Soemeersingel 21 te Helenaveen". Navolgend worden in dit rapport de resultaten van het grondonderzoek en een algemeen geotechnisch en geohydrologisch weergegeven. Onderhavig onderzoek heeft tot doel:

- inzicht te geven in de opbouw en draagkracht van de bodem en een indicatief funderingsadvies op te stellen voor geplande bebouwing.
- in het kader van de watertoets, inzicht te krijgen in de opbouw en de waterdoorlatendheid van de bodem

1.2 Projectgegevens

1.2.1 Situatie

De locatie is gelegen aan de Soemeersingel 21 te Helenaveen (gemeente Deurne). De coördinaten volgens het RD-stelsel zijn globaal: $x = 191,82$ en $y = 378,28$ [km]. Het perceel is momenteel niet bebouwd. De situering van de locatie is weergegeven in Bijlage 2.

1.2.2 Bouwplan

Het plan omvat de bouw van villa's in kader van een-ruimte voor ruimte-project. Het plan is nog in de ontwikkelingsfase. Voor een situatieschets van het plan wordt verwezen naar de tekening in Bijlage 1.

1.3 Gerelateerd, door ons bureau uitgevoerd onderzoek

In het kader van dit project is door ons bureau tevens een milieukundig bodemonderzoek uitgevoerd. De resultaten hiervan zijn separaat gerapporteerd onder projectnummer: 63821-A.

2 ONDERZOEKSPROGRAMMA

2.1 Veldonderzoek

Het grondonderzoek heeft plaatsgevonden op 17 en 18 augustus 2011. Het grondonderzoek is gecombineerd uitgevoerd met het milieukundig onderzoek.

2.1.1 Sonderingen

Voor dit project zijn door ons bureau 2 sonderingen gemaakt. Het betreft de sondeernummers: S1 en S2. De sonderingen zijn uitgevoerd met een elektrische kleefmantelconus, conform NEN 5140 Klasse 2. In Bijlage 1 zijn de sondeergegevens in grafiekvorm weergegeven. Voor de juiste locaties van de sondeerpunten wordt verwezen naar de situatieschets eveneens in Bijlage 1.

2.1.2 Boringen

In het kader van het geohydrologisch en milieukundig bodemonderzoek zijn door ons bureau 6 handboringen uitgevoerd. Het betreft boornummers B1 t/m B6. Boringen B1 en B2 zijn afgewerkt tot peilbuis. De boorstaten zijn toegevoegd in Bijlage 1, de situering van de boringen is weergegeven op de situatietekening 2.

2.1.3 Waterpassing

De onderzoekspunten zijn door ons bureau in het terrein uitgezet en gewaterpast ten opzichte van NAP. De resultaten van de waterpassing zijn weergegeven in Bijlage 1.

2.1.4 Waterdoorlatendheidsmetingen

2.1.4.1 *Onverzadigde zone*

In boorgat B4 is de onverzadigde zone waterdoorlatendheidsmeting verricht middels de methode van Glover. Bij het uitvoeren van deze meting wordt water met een constant debiet in het boorgat gepompt totdat de bodem rondom verzadigd is en een constante waterspiegel ontstaat. De verhouding van het pompdebiet en de stijghoogte in het boorgat is een maat voor de verzadigde waterdoorlatendheid van het bodemtraject waarin de proef heeft plaatsgevonden.

2.1.4.2 *Verzadigde zone*

In de peilbuizen B1 en B2 is een waterdoorlatendheidsmeting uitgevoerd middels de constant-flow-rate-methode cf. ISO/FDIS 22282-2:2008(E). Bij het uitvoeren van deze meting wordt de peilbuis met een constant debiet doorgepompt totdat een constante waterstandsverlaging ontstaat in de peilbuis. De verhouding tussen het pompdebiet en de waterstandsverlaging is een maat voor de doorlatendheid van het bodemtraject waarin het filter is geplaatst.

2.2 Laboratoriumonderzoek

Teneinde meer inzicht te krijgen in de waterdoorlatendheid van de bodem zijn in het laboratorium 4 grondmonsters geanalyseerd op korrelverdeling conform de SCG-zeefkromme. De analysecertificaten zijn weergegeven in Bijlage 3.

2.3 Archiefonderzoek

2.3.1 NITG-TNO

Teneinde meer inzicht te geven in de geologie van de bouwplaats en omgeving zijn, beknopt, de (hydro)geologische gegevens geraadpleegd van het Regionaal geohydrologisch informatiesysteem (Regis / Dinoloket NITG-TNO). Het betreft onder meer de gegevens van het Landelijk "Digital Geological Model" V1.3 uit 2009.

Teneinde meer inzicht te krijgen in het grondwaterregime op de locatie zijn bij NITG-TNO te Utrecht langjarige grondwaterstandsgegevens opgevraagd. Het betreft de gegevens van de peilbuizen B52D 0495, 0507 en 0564. Voor de weergave van de relevante grondwaterstandsgegevens wordt verwezen naar Bijlage 2.

2.3.2 Overig archiefonderzoek

Teneinde meer inzicht te krijgen in de lokale en regionale bodemopbouw, geologie en geohydrologie zijn diverse bodem-informatiekaarten geraadpleegd. Het betreft onder meer:

- Bodemkaart van Nederland 1:50.000, CGI-Alterra.

- Topografische kaart van Nederland 1:25.000, Topografische dienst.
 - Grondwaterkaart van Nederland, TNO-NITG.
 - Kweelkaart van Nederland, kaartblad Noord-Brabant, Rijkswaterstaat.
 - Wateratlas, Provincie Noord - Brabant;
 - Provinciale Milieuverordening (PMV);
- Tevens zijn onze eigen archiefgegevens geraadpleegd.

3 BODEMOPBOUW EN (GEO)HYDROLOGIE

3.1 Hoogte maaiveld

De hoogte van het maaiveld ter plaatse van de onderzoekspunten varieert van 31,80 m + tot 32,05 m + NAP. Het terrein en de directe omgeving zijn relatief vlak. Een indruk van de maaiveldhoogte in de omgeving is weergegeven in Figuur 3.1.



Figuur 3.1 Overzicht maaiveldhoogten in de omgeving (rood is hoger, blauw is lager)

3.2 Bodemopbouw

3.2.1 Geomorfologie

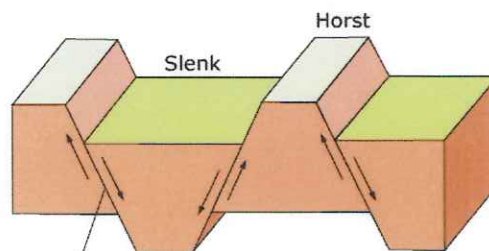
Volgens de geomorfologische kaart betreft de onderzoekslocatie een veenkoloniale ontginningsvlakte, relatief hoog gelegen. In de omgeving zijn enkele dekzandruggen aanwezig. Op minder dan 500 m ten oosten van de oosten van de locatie bevindt zich de Groote Peel, Zinkske, Deurnese Peel, een gebied met veenvorming, verlanding, meerafzetting, verstui­ving en dekzandvorming (windwerking);

3.2.2 Laagopbouw van de grond en de variaties daarvan op de bouwplaats

Vanaf het maaiveld wordt tot 0,5 m - mv een bovenlaag met humus- en leemhoudend fijn zand en plaatselijk veen aangetroffen. Hieronder wordt tot de maximaal verkende diepte een vast zandpakket aangetoond. In dit zandpakket komen hier en daar minder vaste lagen voor, vermoedelijk bestaande uit zand met een hogere siltfractie of lossere pakking.

3.2.3 Geologie van de bouwplaats en omgeving

De geologische bodemopbouw in de omgeving wordt gekenmerkt door de nabijheid van de Peelrandbreuk. De Peelrandbreuk, die min of meer de lijn Roermond-Deurne-Uden-Heesch volgt, vormt de begrenzing tussen de Peelhorst aan de noordoostkant en de Centrale Slenk aan de zuidwestkant. Oostelijk (Peelhorst) en westelijk (Centrale Slenk) van de breuklijn verschilt de geologie aanzienlijk. De locatie ligt circa 3,5 km ten



oosten van de Peelrandbreuk.

De op basis van de geraadpleegde bronnen verwachte ondiepe geologie op de locatie is weergegeven in navolgende tabel. Hierbij dient te worden opgemerkt dat het de geologische bodemopbouw betreft die door NITG-TNO is geïnterpoleerd op basis van onderzoek in de omgeving. De werkelijke laagopbouw en -samenstelling kunnen hiervan afwijken.

Diepte tot* [m tov NAP]	Formatienaam*	Kenmerk	Lithologie**
26 +	Boxtel	zeer uiteenlopende afzettingen uit het Midden/Laat-Pleistoceen en het Vroeg-Holoceen	zand met fijne korrelgrootte, met plaatselijk leem-, klei-, veen- of humusrijke lagen
12 +	Beegden	alle afzettingen van de rivier de Maas, in het zuidoosten van Nederland, vanaf het Pliocene (5 mln jaar geleden) tot het heden	(grof) zand en grind
167 -	Breda	glaconiethoudende mariene zanden en kleien uit het Mioceen	zand en klei

* Bron: Landelijk DGM model V1.3 - 2009, NITG-TNO, de werkelijke diepte en formatienaam kan afwijken (met name nabij geologische breukzones)

** Beschreven is de dominante lithologie. Ondergeschikte en sporadisch voorkomende lithologie zijn niet beschreven.

3.3 Hydrologisch systeem

3.3.1 Oppervlaktewater

De locatie ligt binnen het werkgebied van waterschap Aa en Maas, stroomgebiedsdistrict Boven Aa. Circa 100 meter ten zuidoosten is de Helenavaart gesitueerd. In de directe omgeving van de locatie zijn diverse sloten en greppels aanwezig (zie ook Figuur 3.2).

De Helenavaart vervult een belangrijke functie als wateraanvoersysteem, waarmee water vanuit de Maas naar het stroomgebied van de Aa wordt aangevoerd. Dit contact bestaat uit in- en uitlaatpunten van water. Daarnaast zorgt het voor kwel naar omliggende gronden (bron: waterplan Deurne). Het waterpeil in de Helenavaart is door ons bureau ingemeten op circa 31,4 m + NAP.



Figuur 3.2 Ligging sloten en greppels in de omgeving van de locatie (bron: wateratlas Brabant)

3.3.2 Grondwater

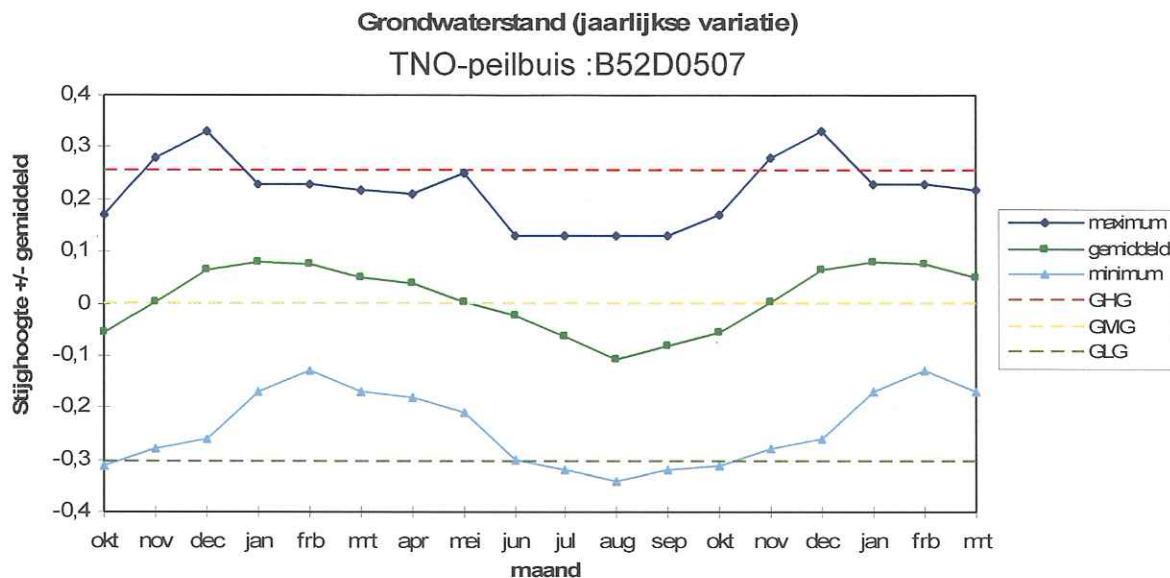
3.3.2.1 Grondwaterstroming

De horizontale stroming van het freatisch grondwater als ook het water van het eerste watervoerende pakket is westelijk gericht. De verticale stroming van het ondiepe grondwater is niet eenduidig. Mogelijk is periodiek sprake van kwel vanuit de Helenavaart en de Pelen.

3.3.2.2 Grondwaterstand en -fluctuaties

De grondwaterstand is tijdens het onderzoek d.d. 18 augustus 2011 in peilbuis B1 en B2 aangetroffen op 0,91 à 0,98 m - mv (30,97 m + resp. 30,89 m + NAP).

Onder invloed van seizoensafhankelijke factoren zal de grondwaterstand in de loop van de tijd fluctueren. In de langdurig gemonitoorde peilbuizen uit het Regionaal Geohydrologisch Informatiesysteem van TNO-NITG zijn in de omgeving van de onderzoekslocatie fluctuaties in het grondwater van circa 0,8 meter geregistreerd. De hoogste grondwaterstanden treden hierbij doorgaans op in de periode november - januari, de laagste in de periode juli - september.



Figuur 3.3 Indicatie jaarlijkse grondwaterstandsfluctuatie in een peilbuis in de omgeving van de onderzoekslocatie

Op basis van de voorhanden zijnde gegevens geldt de volgende optimale schatting voor het grondwaterregime op de locatie:

- de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) bedraagt circa 31,5 m + NAP;
- de gemiddelde grondwaterstand (GMG) bedraagt circa 31,2 m + NAP;
- de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) bedraagt circa 30,7 m + NAP.

De schatting dient mogelijk te worden bijgesteld bij beschikbaar komen van meer gegevens.

3.3.2.3 Grondwateronttrekkingen

Op basis van de Provinciale Milieuvordering (PMV provincie Noord-Brabant) kan worden gesteld dat de locatie niet ligt binnen de invloed van een waterwingebied (geen grootschalige drinkwateronttrekking).

3.3.3 Natuur

De onderzoekslocatie is niet gesitueerd binnen een natuurgebied, of natura-2000 gebied. De locatie is niet aangeduid als "beschermde gebied waterhuishouding" uit de Verordening Water. In de ruimere omgeving, op ca. 500 m ten westen, noorden en oosten, van de onderzoekslocatie zijn enkele natura-2000 gebieden aanwezig.

3.4 Waterdoorlatendheid

3.4.1 Doorlatendheidsmetingen onverzadigde zone

Uit de doorlatendheidsmetingen in de onverzadigde zone is de waterdoorlatendheid (K-waarde) bepaald op basis van de formule van Amoozegar & Wilson (1999). De resultaten zijn weergegeven in de navolgende tabel.

Boring no.	Debiet [l/min]	Verhoging [cm]	Meettraject [m-mv]	K-waarde [m/dag]
B3	1,11	47	0,2 - 0,7	2,4
B4	0,34	55	0,2 - 0,7	0,6
B5	0,32	61	0 - 0,7	0,5
B6	0,33	49	0,4 - 0,9	0,7

3.4.2 Doorlatendheidsmetingen verzadigde zone

Uit de meetresultaten van de doorlatendheidsmetingen in de verzadigde zone is de waterdoorlatendheid bepaald met de vergelijkingen uit de Europese norm ISO/FDIS 22282-2:2008(E) § 6.2.2. De resultaten (duplo) zijn weergegeven in de navolgende tabel.

Peilbuis	Grondwaterstand [m - mv]	Debiet [l/min]	Verlaging [cm]	Meettraject [m - mv]	K-waarde [m/dag]
B1	0,91	1,5	46	1,95 - 2,95	2,6
B2	0,98	0,9	36	1,7 - 2,7	2,0

3.4.3 Laboratoriumonderzoek

Uit de korrelverdelingsdiagrammen is met behulp van diverse empirische formules de waterdoorlatendheid (k-waarde) van de grond bepaald. Bij de berekening van de doorlatendheid is voor zover van toepassing gebruik gemaakt van de formules van Hazen (1893), Seelheim en Beyer (op cit. Tysma et al, 1994), Kozeny-Carman (1937), Harleman (1963) en Krumbein and Monk (1942) en de SBR 190. De resultaten zijn weergegeven in de navolgende tabel.

Monster	Samenstelling	Diepte [m - mv]	k-waarde [m/dag]
k1	B1 a + B2 a + B3 a + B4 a + B5 a + B6 a	0 - 0,5	0,6
k2	B1 b + B4 b + B6 b	0,5 - 1,5	0,1
k3	B2 b + B3 b + B5 c	0,3 - 1,7	1,7
k4	B1 c + B2 c + B3 c + B4 c + B5 d + B6 c	1,0 - 2,5	2,3

3.4.4 Regionale waterdoorlatendheidsgegevens

Op basis van de gegevens van het Regionaal Geohydrologisch Informatie Systeem van Nederland is de doorlatendheid van de verschillende bodemlagen ingeschat. De waarden zijn weergegeven in navolgende tabel.

Diepte [m tov NAP]	Hydrogeologie	Samenstelling	k _h [m/dag]	k _v [m/dag]
tot + 26	Boxtel	deklaag	15 à 25	-
tot + 12	Beegden	watervoerende laag	15 à 25	-
tot - 166	Breda	watervoerende laag	5	-

3.5 Geschiktheid voor infiltratie

3.5.1 Samenvatting bodemopbouw

- De hoogte van het maaiveld ter plaatse van de onderzoekpunten varieert van 31,8 m tot 32,05 m + NAP;
- De grondwaterstand is gemeten op 30,9 à 31,0 m + NAP, de GHG wordt ingeschat op 31,5 m + NAP (0,3 à 0,6 m - mv);
- Onder een toplaag met fijn zand en veen wordt tot de maximaal verkende diepte een vast zandpakket aangetoond;
- De doorlatendheid van de bodem tot 1,5 m - mv is heterogeen, met gemeten k-waarden variërend van 0,1 tot 2,4 m/dag. De daaronder aanwezige zandgrond is goed doorlatend met gemeten k-waarden van 2,3 tot 2,6 m/dag.

3.5.2 Geschiktheid voor infiltratie

Teneinde de geschiktheid van de bodem voor infiltratie van hemelwater vast te stellen zijn de onderzoeksgegevens getoetst aan de richtlijnen uit ISSO-publicatie nr. 70-1, Hemelwater binnen de perceelsgrens. Deze richtlijn stelt dat de bodem mogelijkheden biedt voor infiltratie indien de k-waarde

van de zandige bodem groter is dan 0,4 m/dag en de gemiddeld hoogte grondwaterstand dieper is dan 0,7 m - mv.

Uitgaande van deze richtlijnen kan worden geconcludeerd dat de bodem op basis van de doorlatendheid mogelijkheden biedt voor infiltratie van hemelwater, maar dat de grondwaterstand te hoog is. Enkel indien het terrein wordt opgehoogd tot een niveau van 32,2 m + NAP zijn er wel mogelijkheden voor infiltratie van hemelwater, doch nog steeds in beperkte mate. Hierbij dient tevens rekening te worden gehouden met de mogelijke periodieke kwel en het feit dat de doorlatendheid van de ondergrond zeer variabel is.

3.6 Civieltechnisch hergebruik grond

3.6.1 Referentiekader

Tijdens de werken zal een hoeveelheid grond vrijkomen. In welke mate de uitkomende grond, op basis van korrelverdeling, geschikt is voor hergebruik hangt af van de samenstelling van die grond en het doel waarvoor het gebruikt wordt. De volgende toetsingscriteria zijn vastgesteld in de NEN 6740 en standaard RAW bepalingen:

- **Zand in aanvulling of ophoging** (standaard RAW bepalingen artikel 22.06.01) - Zand dat wordt verwerkt in een aanvulling of ophoging op een diepte van meer dan 1 meter beneden het wegooppervlak moet zijn: mineraal materiaal waarvan de fractie fijner dan 2 μm ten hoogste 8% bedraagt en het gehalte aan minerale deeltjes door zeef 63 μm ten hoogste 50%.
- **Draineerzand** (standaard RAW bepalingen artikel 22.06.02) - Zand met een tijdelijke of permanente draineerfunctie moet zijn: mineraal materiaal waarvan het gehalte aan minerale deeltjes door zeef 63 μm van de fractie door zeef 2 mm ten hoogste 5% bedraagt. Van het materiaal door zeef 2 mm mag het gloeiverlies ten hoogste 3% bedragen. Van zand met een permanente draineerfunctie moet voorts de fractie op zeef 250 μm tenminste 50% bedragen.
- **Zand in zandbed** (standaard RAW bepalingen artikel 22.06.03) - Zand dat wordt verwerkt in een zandbed op een diepte van minder dan 1,0 m beneden het oppervlak van het wegdek moet zijn: mineraal materiaal waarvan het gehalte aan minerale deeltjes door zeef 63 μm van de fractie door zeef 2 mm ten hoogste 15% bedraagt. Indien dit 10 tot 15% is, mag bovendien het gehalte aan minerale deeltjes door zeef 20 μm van de fractie door zeef 2 mm ten hoogste 3% bedragen. Van het materiaal door zeef 2 mm mag het gloeiverlies ten hoogste 3% bedragen.
- **Aanvulzand in grondverbetering** (NEN 6740: 1991 / 2006) - Aanvulzand mag ten hoogste 5 gewichtsprocenten (van de korrels) aan korrels bevatten die kleiner zijn dan 16 μm en ten hoogste 10 gewichtsprocenten aan korrels die kleiner zijn dan 63 μm . De gelijkmatigheidscoëfficiënt D_{60}/D_{10} moet tenminste 2 zijn. Het humusgehalte (gloeiverlies) mag ten hoogste 3 gewichtsprocenten bedragen en de korrelvorm dient bij voorkeur enigszins hoekig te zijn.

3.6.2 Toetsing en interpretatie

De onderzoeksresultaten en de indicatieve classificatie zijn weergegeven in navolgende tabel.

Monster	Omschrijving	Diepte [m - mv]	Classificatie RAW			NEN 6740 grondverb.
			aanvulling	zandbed	drainzand	
k1	B1 a + B2 a + B3 a + B4 a + B5 a + B6 a	0 - 0,5	ja	nee	nee	nee
k2	B1 b + B4 b + B6 b	0,5 - 1,5	ja	nee	nee	nee
k3	B2 b + B3 b + B5 c	0,3 - 1,7	ja	nee	nee	nee
k4	B1 c + B2 c + B3 c + B4 c + B5 d + B6 c	1,0 - 2,5	ja	nee	nee	nee

Op basis van de resultaten kan worden gesteld dat alle (onderzochte) grond in aanmerking komt voor hergebruik als zand in aanvulling en ophoging. De onderzochte grond voldoet niet aan de eisen voor zand in zandbed, drainzand of grondverbetering.

Opmerking

Opgemerkt wordt dat de classificatie gebaseerd zijn op een beperkte steekproef. De samenstelling van de grond kan in de praktijk (plaatselijk) afwijken.

4 FUNDERINGSADVIES

4.1 Funderingsontwerp

4.1.1 Funderingskeuze

Vooruitlopend op het definitieve bouwplan geeft de aangetroffen bodemopbouw mogelijkheden voor toepassing van een fundering op staal. Navolgend is een indicatief funderingsadvies op staal verder uitgewerkt. Een volledig advies kan worden opgesteld nadat het bouwplan bekend is en een compleet geotechnisch grondonderzoek is uitgevoerd.

4.1.2 Funderingstype: Stroken en poeren

Toegepast kunnen worden funderingselementen bestaande uit betonnen stroken en poeren; afmetingen en eventueel vereiste wapening dienen door de constructeur te worden bepaald aan de hand van de gegevens uit dit rapport.

In verband met de indringing van vorst in de grond en mogelijke werkzaamheden aan kabels en leidingen dient conform NEN 6740:2006, art. 10.3 de aanlegdiepte van de fundering voor muren van bouwwerken langs de perceelsgrens, behoudens die tussen woningen en gebouwen onderling, tenminste 0,80 m - mv te zijn. Voor het overige kan 0,60 m -mv worden aangehouden.

4.2 Uitgangspunten berekening

4.2.1 Rekenmethode

- De maximale draagkracht en de zakking van funderingselementen is berekend conform NEN 6744:2007 "Berekeningsmethode voor funderingen op staal". Deze norm is opgesteld voor toepassing bij funderingen op staal van bouwconstructies waarop statische of quasi-statische krachten werken, waarbij het funderingsoppervlak een hoek met de horizontaal heeft van ten hoogste 2,5°.
- Het ontwerp dient te voldoen aan eisen van veiligheid en bruikbaarheid uit de NEN 6740:2006.
- In het rapport worden de draagkracht en vervormingen bepaald van verticaal centrisch en op druk belaste funderingselementen in de gedraineerde en eventueel de ongedraineerde toestand.
- Voor zover van toepassing is gecontroleerd op doorponsen en squeezing conform NEN 6744:2007 § 5.2.6 respectievelijk 5.2.7.
- Het project wordt ingedeeld in de geotechnische categorie 2 (GC2).

4.2.2 Berekeningsaannames

- Er wordt aangenomen dat de oorspronkelijke, op natuurlijke wijze gesedimenteerde bodemopbouw aanwezig is.
- Het vloerpeil is aangenomen op 32,8 m + NAP, het toekomstige maaiveld 32,7 m + NAP.
- Het aanlegniveau van de fundering is aangenomen op 31,9 m + NAP.
- De hoek van het maaiveld met de horizontaal is verwaarloosbaar gesteld
- Onder een gronddekking (t) wordt verstaan de permanent aanwezige zandaanvulling die rondom de funderingselementen boven het aanlegniveau aanwezig is. Voor een kruipruimte wordt geadviseerd 0,1 m aan te houden. Bij het ontbreken van een kruipruimte wordt door ons bureau gerekend met een gronddekking van maximaal 0,4 m.
- Volgens de ons beschikbare informatie verkeert het bouwplan in een fase dat er nog geen belastingen bekend zijn.

Geadviseerd wordt de uitgangspunten te verifiëren, voordat met de resultaten van het onderzoek wordt verder gewerkt.

4.2.3 Ontgravingsdiepte en grondverbetering

Alle grond dient tot de in navolgende tabel aangegeven diepte te worden vervangen door een goed verdicht zandpakket (grondverbetering). Wanneer het aanlegniveau onder het niveau van het geadviseerde ontgravingsniveau bevindt hoeft daar geen grondverbetering te worden uitgevoerd.

Sondering [nr.]	Hoogte maaiveld [m + NAP]	Ontgravingsniveau [m + NAP]
S1	31,80	31,1
S2	32,04	31,2

Tussen de sonderingen moet tot dezelfde grondslag worden ontgraven zoals is aangetroffen ter plaatse van de aangrenzende sonderingen met het diepste ontgravingsniveau. Wanneer visueel het verloop van de laag is vast te stellen kan als ontgravingsniveau tussen de sonderingen het laagverloop worden aangehouden. Wanneer op het ontgravingsniveau ten behoeve van de fundering insluitingen van slechte grond of andere ongewenste zaken zijn vastgesteld, moeten de ongewenste insluitingen tot de vaste natuurlijke grondslag worden vervangen door zand of door een materiaal dat ten minste de eigenschappen qua draagkracht en vervorming heeft die als uitgangspunten voor het ontwerp zijn gebruikt. Ongewenste zaken onder een funderingselement kunnen zijn:

- cohesieve afzettingen (klei, veen);
- vegetatieresten (wortels, boomstronken);
- oude waterlopen;
- oude funderingen, putten, buizen e.d.

De grondverbetering moet ten minste het gebied bestrijken, waarin de belasting zich onder een hoek van 45° spreidt. Vóór en tijdens de ontgraving ten behoeve van de grondverbetering dient de grondwaterstand steeds lager dan 0,5 m beneden het ontgravingsniveau te zijn of te worden gebracht. Vervolgens dient de ontgraven bouwputbodem te worden aangetrild. De uitvoering van de grondverbetering dient te voldoen aan de eisen zoals gesteld in NEN 6740:2006 § 10.10.2 tot 10.10.5.

4.2.4 Schematische bodemopbouw

Ten behoeve van de berekening van het draagvermogen van de ondergrond en de zettingen van de funderingselementen van de nieuwbouw is een representatief bodemprofiel opgesteld op basis van het grondonderzoek. Vervolgens is gebruik gemaakt van tabel 1 in NEN 6740 om de representatieve waarden van deze grondeigenschappen te bepalen. De gunstige invloed van grondverbetering is, uitgaande van uitvoering zoals hiervoor beschreven, meegenomen in de berekening van de draagkracht en vervormingen.

4.3 Rekenresultaten

4.3.1 Algemeen

De rekenresultaten zijn weergegeven in Bijlage 2; STB 1 t/m 5. Het betreft:

- STB 1: gehanteerde grondparameters
- STB 2 en 4: rekenwaarden van de maximale funderingsdruk en draagkracht voor de diverse toestanden en de maatgevende toestand
- STB 3 en 5: zakking onder invloed van de belasting voor de verschillende funderingselementen, en beddingscoëfficiënten berekend uit berekende zettingen voor bruikbaarheidstoestand 2.

4.3.2 Toetsing draagkracht

Ten behoeve van de toetsing van de uiterste grenstoestand 1A moet de rekenwaarde van de verticale belasting uit de constructie ($F_{s,v;d}$) kleiner zijn dan de rekenwaarde van de verticale draagkracht ($F_{r,v;d}$): $F_{s,v;d} \leq F_{r,v;d}$.

4.3.3 Toetsing vervorming

4.3.3.1 Toetsingscriteria vervorming

Toetsing van bruikbaarheidsgrenstoestand 2 wordt uitgevoerd met de momentane belastingcombinatie. Hierbij worden de volgende eisen gesteld:

- Vervormingscriterium: zakking $w_d < 0,15$ m (NEN 6740:1991, art. 5.2.2.1)
- Rotatiecriterium: rotatie $\Delta w_d/L \leq 1:300$ (NEN 6740:2006, art. 5.3)

Voor de toetsing van grenstoestand 1B (constructieve veiligheid, conform NEN 6740:2006, art. 5.2) is het rotatiecriterium gesteld van $w_d/L \leq 1:100$. Gezien het voorgaande is grenstoestand 1B niet maatgevend.

Als gevolg van een mogelijke heterogeniteit van de ondergrond en uitvoeringsonvolkomenheden moet hierbij, conform NEN 6740 artikel 10.8, zijn gerekend met een zakkingsverschil (Δw_d) tussen twee

afzonderlijk op staal gefundeerde elementen (op afstand L) van in beginsel tenminste 50 % van de gemiddelde waarde van de zakking van de funderingselementen.

4.3.3.2 Resultaat toetsing

Uit de rekenresultaten komt naar voren dat wordt voldaan aan het vervormingscriterium. Door de constructeur moet worden beoordeeld of aan het rotatiecriterium wordt voldaan.

4.4 Vloer woningen

Indien de beganegrondvloer op een zandbed wordt aangelegd, wordt geadviseerd dezelfde ontgravingsdiepte aan te houden als hiervoor is vermeld.

Het aanbrengen van een goed verdicht zandpakket voor de vloer vindt in twee fasen plaats. Allereerst wordt tot onderkant fundering goed verdicht zand aangebracht. Nadat de fundering is gestort en de muren zijn opgemetseld tot vloerniveau vindt in de tweede fase het aanbrengen van een verdicht zandpakket plaats tot onderkant vloer. Er wordt op gewezen dat deze tweede fase eveneens zorgvuldig moet worden uitgevoerd; ook hier dient in lagen te worden aangevuld en verdicht.

4.5 Algemene richtlijnen uitvoering

- De vereiste terreinophogingen moeten voor of uiterlijk tijdens de funderingswerkzaamheden worden aangebracht.
- Voor algemene bouwputaspecten ten behoeve van de ontgraving voor het uitvoeren van de grondverbetering zoals bv. bemaling, taludstabiliteit, grondkering en dergelijke wordt verwezen naar Bijlage 5.
- Archeologische aspecten in verband met het verkrijgen van toestemming voor de ontgraving zijn in dit rapport buiten beschouwing gebleven.

4.6 Aanvullend onderzoek

Volgens Artikel 8.4.1.1 van de NEN 6740 moeten de onderzoekspunten zo over de plattegrond van het te bouwen project zijn verdeeld dat daaruit de grondgesteldheid ter plaatse van de geotechnische constructies betrouwbaar kan worden afgeleid. Artikel 8.4.1.4. van de NEN 6740 stelt bovendien dat:

- de sondeerafstand maximaal 25 meter mag zijn.
- de oppervlakte van de bouwplaats waarbinnen de funderingselementen zijn geprojecteerd, volledig moet zijn afgedekt door gebieden met de plaatsen van de terreinproeven als middelpunt (bij een onderlinge afstand van de onderzoekspunten van 25 m en wordt volgens de NEN 6740 per terreinproef een oppervlakte bestreken van ten hoogste 25 m × 25 m).
- terreinproeven moeten zijn uitgevoerd op de omtrek van de bouwplaats waarbinnen funderingselementen zijn geprojecteerd.

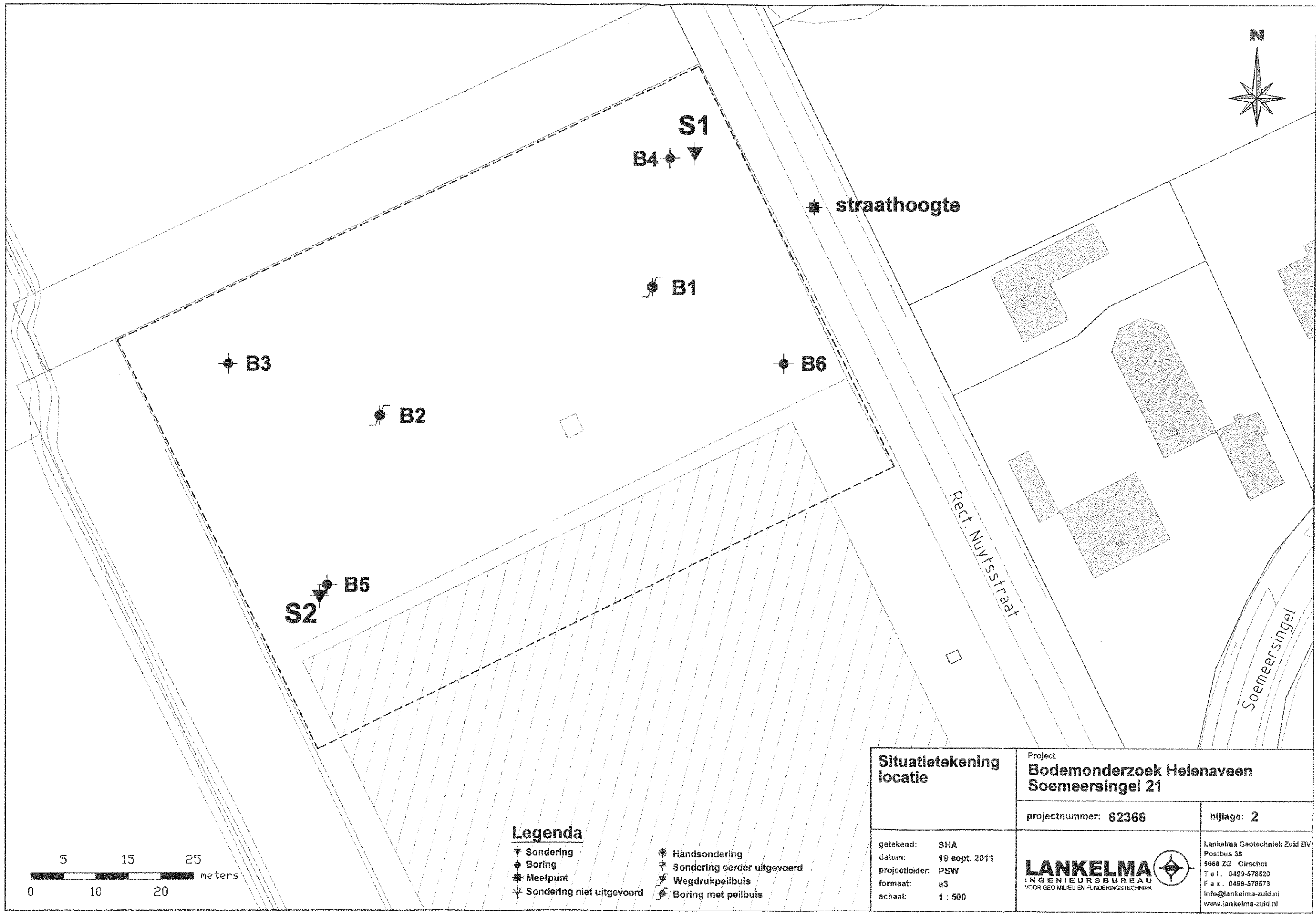
Dit is momenteel niet het geval. Het is derhalve noodzakelijk aanvullend te sonderen teneinde voldoende informatie te verkrijgen voor een verantwoord funderingsontwerp.

Opgemerkt wordt dat het aanvullend grondonderzoek aanleiding kan geven tot wijzigingen in ontgravingsniveaus c.q. draagkracht. De keuze voor een ander funderingstype is niet uitgesloten, maar lijkt onwaarschijnlijk.

Bijlage 1 : Resultaten grondonderzoekToelichting sonderingen

De sondeergegevens worden in een grafiek weergegeven waarbij, indien van toepassing, het wrijvingsgetal (verhouding plaatselijke wrijving / conusweerstand) is berekend en gepresenteerd. Het wrijvingsgetal geeft samen met de conusweerstand over het algemeen een indicatie van de bodemopbouw onder de grondwaterstand. In navolgende tabel zijn enige indicatieve waarden hiervoor aangegeven. Opgemerkt wordt dat boven het grondwater de waarden hiervan kunnen afwijken.

Grondsoort	Conusweerstand (q_c) [MPa]	Wrijvingsgetal (f_s/q_c) [%]
zand, grind	> 5	0,2 - 1,0
siltig zand,	> 4	0,8 - 1,4
kleiig zand	> 2	1,0 - 2,0
leem	1 - 3	2,0 - 4,0
klei	0 - 5	2,0 - 6,0
venige klei	0 - 6	5,0 - 8,0



Legenda

- ▼ Sondering
- ◆ Boring
- Meetpunt
- ▽ Sondering niet uitgevoerd
- ⊙ Handsondering
- ✦ Sondering eerder uitgevoerd
- ⚡ Wegdrukpeilbuis
- ⊙ Boring met peilbuis

**Situatietekening
locatie**

Project
**Bodemonderzoek Helenaveen
Soemeersingel 21**

projectnummer: **62366**

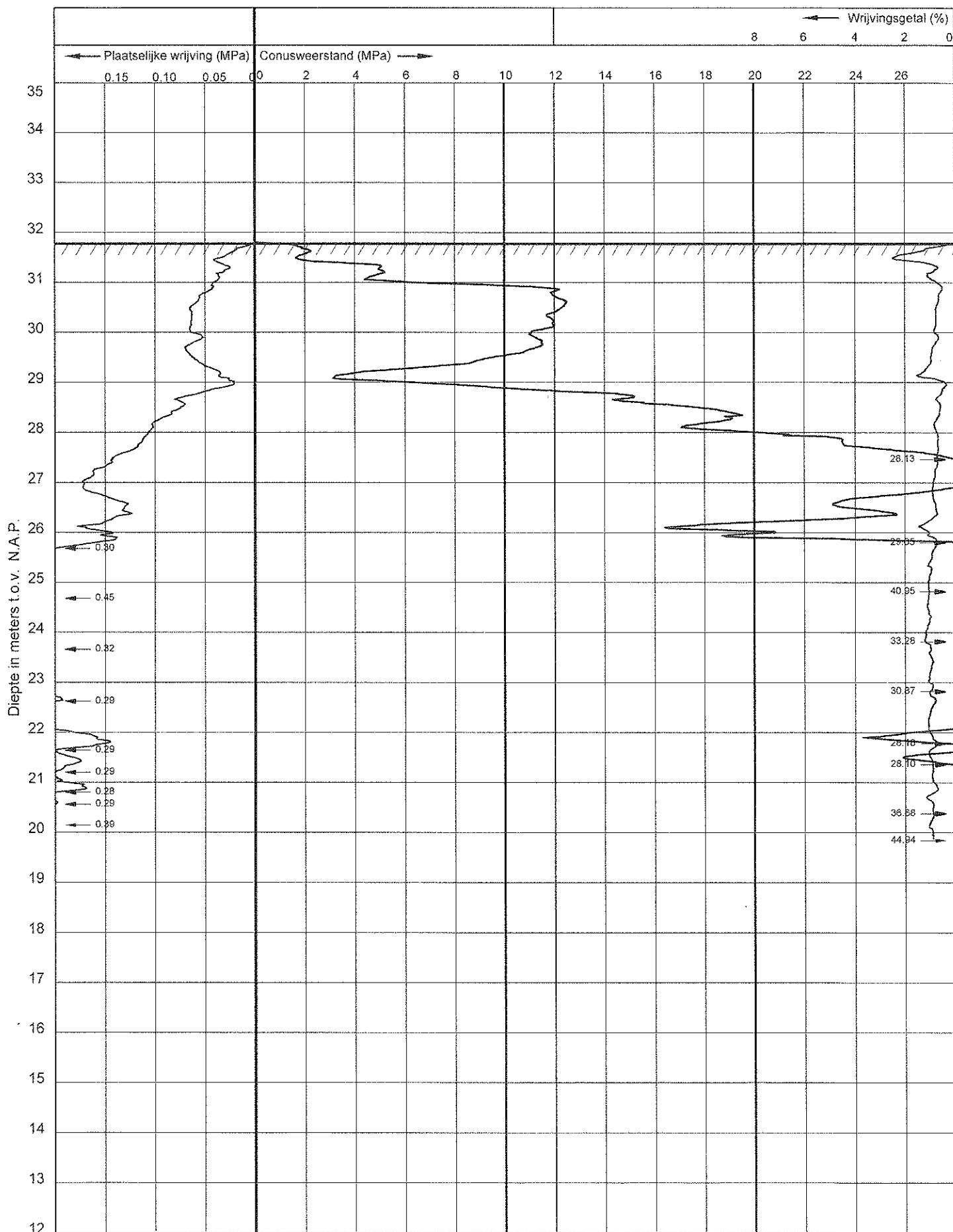
bijlage: **2**

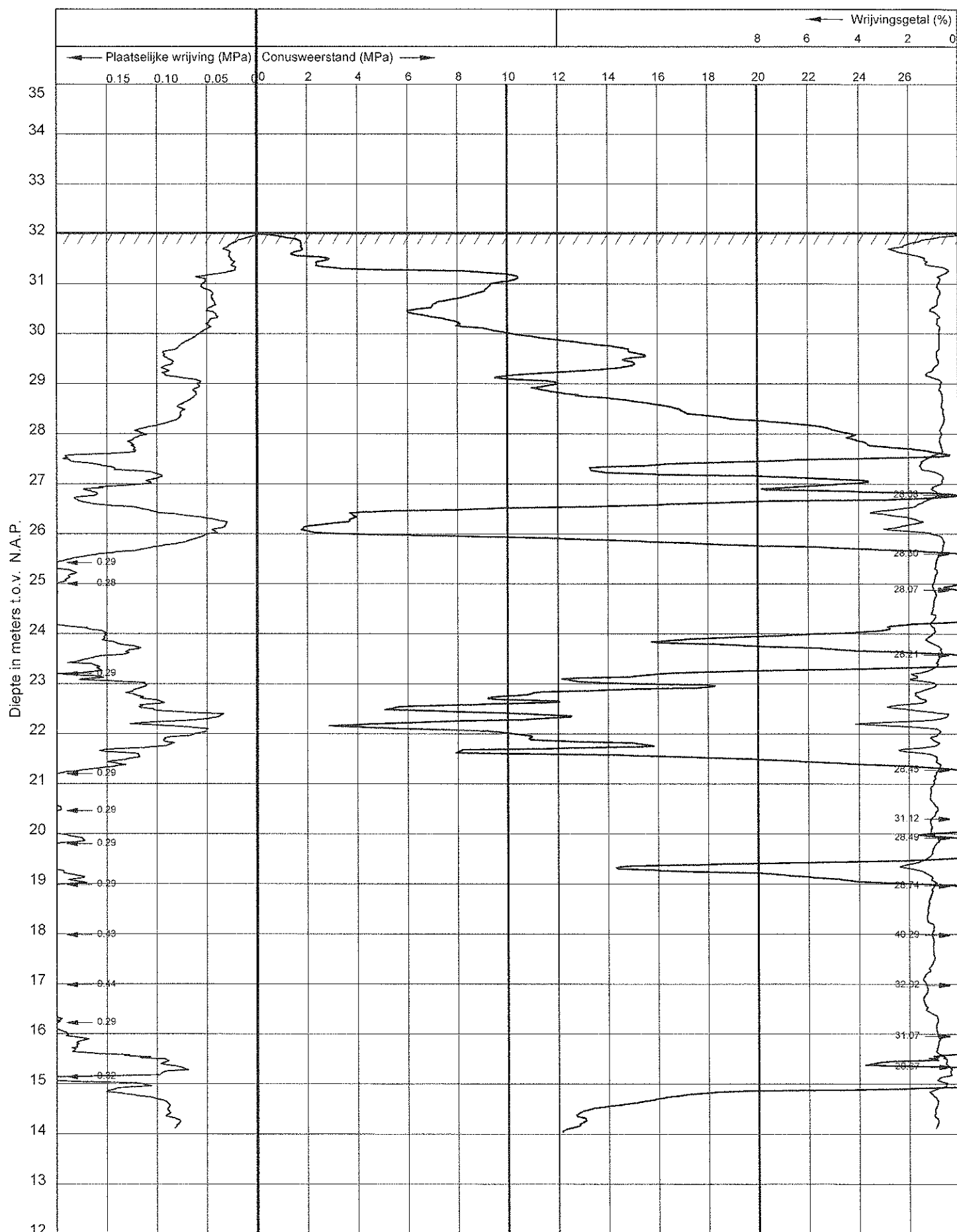
getekend: SHA
datum: 19 sept. 2011
projectleider: PSW
formaat: a3
schaal: 1 : 500

LANKELMA
INGENIEURSBUREAU
VOOR GEO MILIEU EN FUNDERINGSTECHNIEK



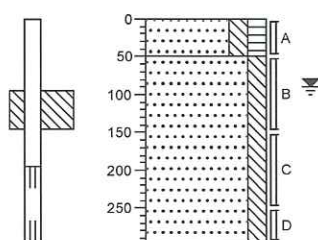
Lankelma Geotechniek Zuid BV
Postbus 38
5688 ZG Oirschot
T e l . 0499-578520
F a x . 0499-578573
info@lankelma-zuid.nl
www.lankelma-zuid.nl





B1

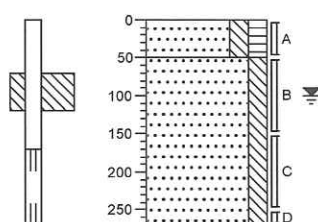
Datum: 18/08/2011
Opmerking:
GWS:



0	
50	Zand, matig fijn, matig siltig, matig humeus, donkerbruin
100	Zand, matig fijn, matig siltig, lichtbruin
150	
200	
250	
295	

B2

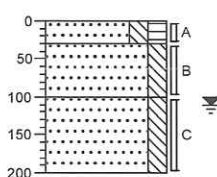
Datum: 18/08/2011
Opmerking:
GWS:



0	
50	Zand, matig fijn, matig siltig, matig humeus, donkerbruin
100	Zand, matig fijn, matig siltig, bruin grijs
150	
200	
250	
270	

B3

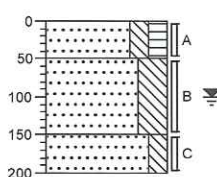
Datum: 18/08/2011
Opmerking:
GWS:



0	
30	Zand, matig fijn, matig siltig, matig humeus, donkerbruin
50	Zand, matig fijn, matig siltig, lichtbruin
100	Zand, matig fijn, matig siltig, lichtgrijs
150	
200	

B4

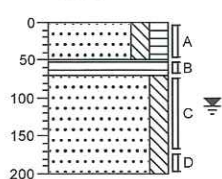
Datum: 18/08/2011
Opmerking:
GWS:



0	
50	Zand, matig fijn, matig siltig, matig humeus, donkerbruin
100	Zand, matig fijn, uiterst siltig, grijsbruin
150	Zand, matig fijn, matig siltig, lichtbruin
200	

B5

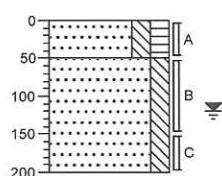
Datum: 18/08/2011
Opmerking:
GWS: 110



0	
50	Zand, matig fijn, matig siltig, matig humeus, donkerbruin
70	Veen, mineraalarm, zwartbruin
	Zand, matig fijn, matig siltig, bruingrijs
200	

B6

Datum: 18/08/2011
Opmerking:
GWS: 120



0	
50	Zand, matig fijn, matig siltig, matig humeus, donkerbruin
	Zand, matig fijn, matig siltig, lichtbruin
200	

Waterpasstaat

Deze waterpassing is uitgevoerd met behulp van dGPS.
Datum uitvoering : 17 en 18 augustus 2011

Meetpunt	Hoogte [m t.o.v. NAP]
sondering 1	31,80 +
sondering 2	32,04 +
boring 1 maaiveld	31,88 +
boring 1 kop peilbuis	32,39 +
boring 2 maaiveld	31,87 +
boring 2 kop peilbuis	32,30 +
boring 3	31,95 +
boring 4	31,88 +
boring 5	31,90 +
boring 6	32,05 +
straathoogte	32,68 +

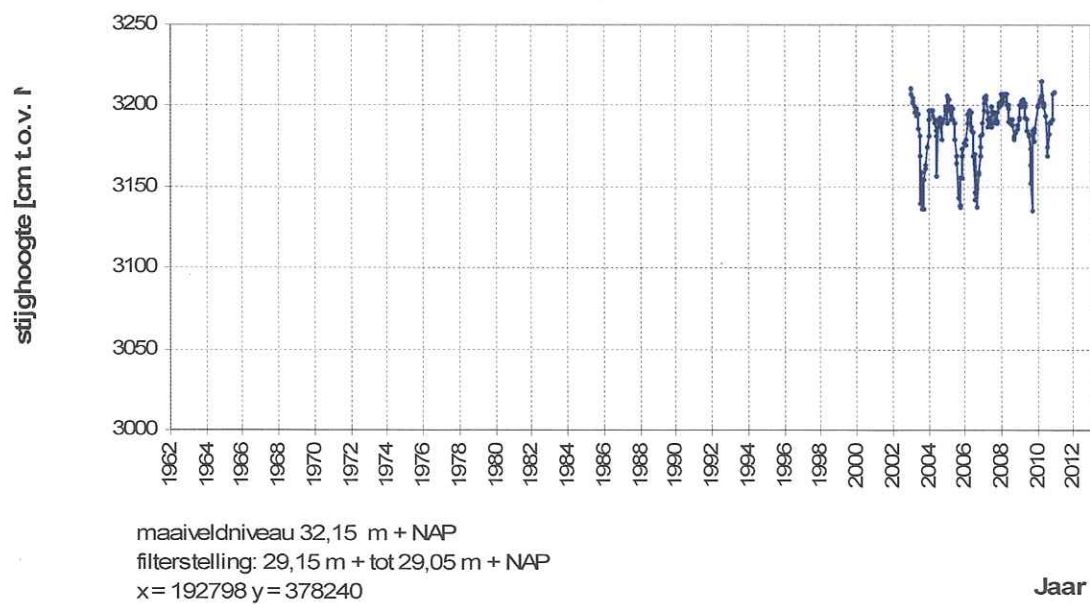
Opmerking

Hoogten in deze waterpasstaat zijn uitsluitend bedoeld om inzicht te verkrijgen in de maaiveldhoogten van de meetpunten. Zonder verificatie door de gebruiker mogen deze hoogten niet voor andere doeleinden worden gebruikt.

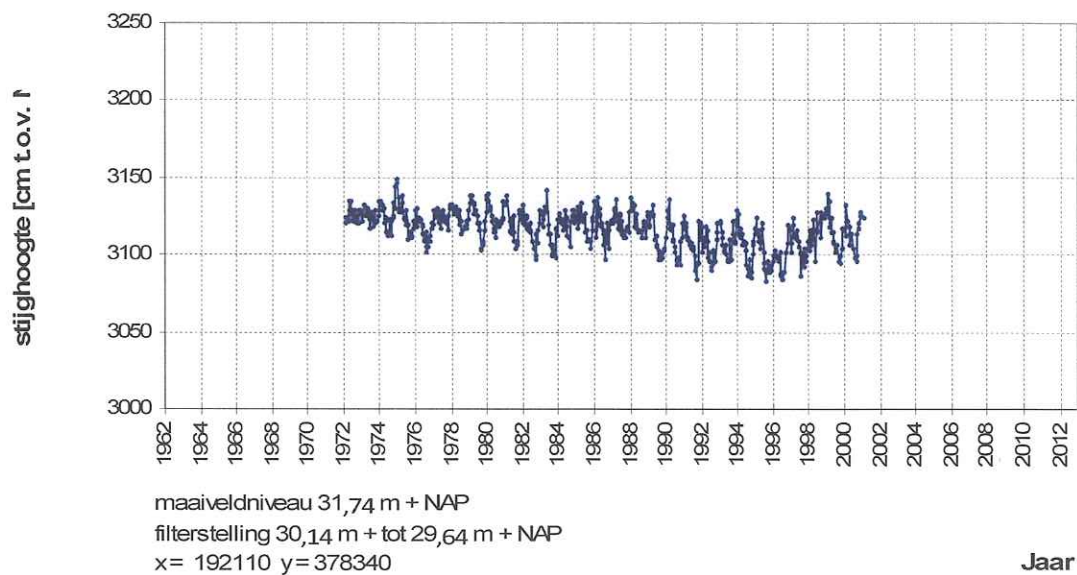
Bijlage 2 : TNO-grondwaterstandgegevens



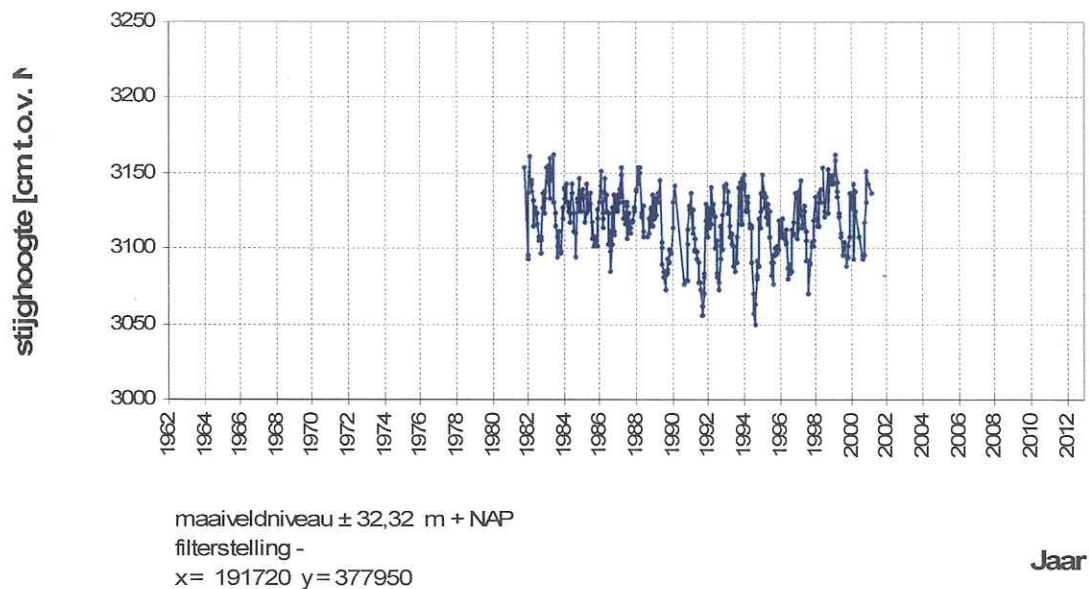
Peilbuis B52D 0495



Peilbuis B52D 0507



Peilbuis B52D 0564



Bijlage 3 : Analyseresultaten



Analyserapport

LankeIma Geo. Zuid BV
I. van der Hulst
Postbus 38
5688 ZG OIRSCHOT

Blad 1 van 4

Uw projectnaam : Helenaveen, Soemeersingel 21
Uw projectnummer : 92366
ALcontrol rapportnummer : 11704906, versie nummer: 1
Rapport verificatie nummer : 5TW5JVWU

Rotterdam, 02-09-2011

Geachte heer/mevrouw,

Hierbij ontvangt u de analyse resultaten van het laboratoriumonderzoek ten behoeve van uw project 92366. Het onderzoek werd uitgevoerd conform uw opdracht. De gerapporteerde resultaten hebben uitsluitend betrekking op de geteste monsters. De door u aangegeven omschrijvingen voor de monsters en het project zijn overgenomen in dit analyserapport.

Het onderzoek is, met uitzondering van eventueel door derden uitgevoerd onderzoek, uitgevoerd door ALcontrol Laboratories, gevestigd aan de Steenhouwerstraat 15 in Rotterdam (NL).

Dit analyserapport bestaat inclusief bijlagen uit 4 pagina's. In geval van een versienummer van '2' of hoger vervallen de voorgaande versies. Alle bijlagen maken onlosmakelijk onderdeel uit van het rapport. Alleen vernieuwing van het hele rapport is toegestaan.

Mocht u vragen en/of opmerkingen hebben naar aanleiding van dit rapport, bijvoorbeeld als u nadere informatie nodig heeft over de meetonzekerheid van de analyseresultaten in dit rapport, dan verzoeken wij u vriendelijk contact op te nemen met de afdeling Customer Support.

Wij vertrouwen er op u met deze informatie van dienst te zijn.

Hoogachtend,



R. van Duin
Laboratory Manager



Lankelma Geo. Zuid BV
I. van der Hulst

Analyserapport

Blad 2 van 4

Projectnaam Helenaveen, Soemeersingel 21
Projectnummer 92366
Rapportnummer 11704906 - 1

Orderdatum 26-08-2011
Startdatum 26-08-2011
Rapportagedatum 02-09-2011

Analyse	Eenheid	Q	001	002	003	004
droge stof	gew.-%	Q	74.5	85.5	86.7	85.5
calciet	% vd DS	Q	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
organische stof (gloeiverlies)	% vd DS	Q	12.2	<0.5	<0.5	<0.5
KORRELGROOTTEVERDELING						
min. delen <2um	% vd DS	Q	4.0	5.2	4.1	3.4
min. delen <2um	% min st	Q	4.4	5.5	4.1	3.4
min. delen <16um	% min st	Q	8.3	14	4.6	3.7
min. delen <32um	% min st	Q	11	19	5.2	4.1
min. delen <50um	% min st	Q	22	28	11	8.5
min. delen <63um	% min st	Q	25	32	13	12
min. delen <125um	% min st	Q	46	53	37	36
min. delen <250um	% min st	Q	84	92	86	85
min. delen <500um	% min st	Q	95	99	99	97
min. delen <1mm	% min st	Q	97	100	99	99
min. delen <2mm	% min st	Q	98	100	100	100
min. delen >2mm	% vd DS	Q	2.1	<1	<1	<1
pH-KCl	-	Q	5.2 ¹⁾	4.7 ¹⁾	4.6 ¹⁾	5.1 ¹⁾
temperatuur t.b.v. pH	°C		20.8	21.2	20.6	20.7

De met S gemerkte analyses zijn geaccrediteerd en vallen onder de AS3000 erkenning. Overige accreditaties zijn gemerkt met een Q.

Nummer	Monstersoort	Monsterspecificatie
001	Grond	k1 B1 (0-50) B2 (0-50) B5 (0-50) B3 (0-30) B4 (0-50) B6 (0-50)
002	Grond	k2 B1 (50-150) B4 (50-150) B6 (50-150)
003	Grond	k3 B2 (50-150) B5 (70-170) B3 (30-100)
004	Grond	k4 B1 (150-250) B2 (150-250) B5 (170-200) B3 (100-200) B4 (150-200) B6 (150-200)



Lankelma Geo. Zuid BV
I. van der Huist

Analyserapport

Blad 3 van 4

Projectnaam Helenaveen, Soemeersingel 21
Projectnummer 92366
Rapportnummer 11704906 - 1

Orderdatum 26-08-2011
Startdatum 26-08-2011
Rapportagedatum 02-09-2011

Voetnoten

- 1 De periode tussen monsterneming en in behandeling nemen op het lab was groter dan de toegestane conserveertermijn volgens SIKB protocol 3001.



Lankelma Geo. Zuid BV
I. van der Hulst

Analyserapport

Blad 4 van 4

Projectnaam Helsenaveen, Soemeersingel 21
Projectnummer 92366
Rapportnummer 11704906 - 1

Orderdatum 26-08-2011
Startdatum 26-08-2011
Rapportagedatum 02-09-2011

Analyse	Monstersoort	Relatie tot norm
droge stof	Grond	Grond: gelijkwaardig aan NEN-ISO 11465, conform OVAM-methode CMA 2/II/A.1 Grond (AS3000): conform AS3010-2
calciet	Grond	Eigen methode
organische stof (gloeiverlies)	Grond	Gelijkwaardig aan NEN 5754 (Org. stof gecorrigeerd voor 10% lutum)
min. delen <2um	Grond	Conform AS3010-4
min. delen <2um	Grond	Eigen methode, pipetmethode
min. delen <16um	Grond	Idem
min. delen <32um	Grond	Idem
min. delen <50um	Grond	Eigen methode, zeef methode
min. delen <63um	Grond	Idem
min. delen <125um	Grond	Idem
min. delen <250um	Grond	Idem
min. delen <500um	Grond	Idem
min. delen <1mm	Grond	Idem
min. delen <2mm	Grond	Idem
min. delen >2mm	Grond	Eigen methode, zeefmethode
pH-KCl	Grond	Conform NEN-ISO 10390 / Conform CMA 2/II/A.20

Monster	Barcode	Aanlevering	Monstername	Verpakking
001	Y3334377	18-08-2011	18-08-2011	ALC201
001	Y3334381	18-08-2011	18-08-2011	ALC201
001	Y3335184	18-08-2011	18-08-2011	ALC201
001	Y3335193	18-08-2011	18-08-2011	ALC201
001	Y3335353	18-08-2011	18-08-2011	ALC201
001	Y3335415	18-08-2011	18-08-2011	ALC201
002	Y3334379	18-08-2011	18-08-2011	ALC201
002	Y3334382	18-08-2011	18-08-2011	ALC201
002	Y3335189	18-08-2011	18-08-2011	ALC201
003	Y3335196	18-08-2011	18-08-2011	ALC201
003	Y3335279	18-08-2011	18-08-2011	ALC201
003	Y3335401	18-08-2011	18-08-2011	ALC201
004	Y3334380	18-08-2011	18-08-2011	ALC201
004	Y3334383	18-08-2011	18-08-2011	ALC201
004	Y3335005	18-08-2011	18-08-2011	ALC201
004	Y3335194	18-08-2011	18-08-2011	ALC201
004	Y3335198	18-08-2011	18-08-2011	ALC201
004	Y3335312	18-08-2011	18-08-2011	ALC201

Paraaf : 



Bijlage 4 : Berekeningsresultaten fundering op staal

Draagkracht- en zakkingsberekening voor funderingen op staal volgens NEN 6744:2007

Bepaling van de draagkracht en zakking van funderingen op staal ten behoeve van de toetsing aan de uiterste (grenstoestand 1) en de bruikbaarheidsgrenstoestand (grenstoestand 2).

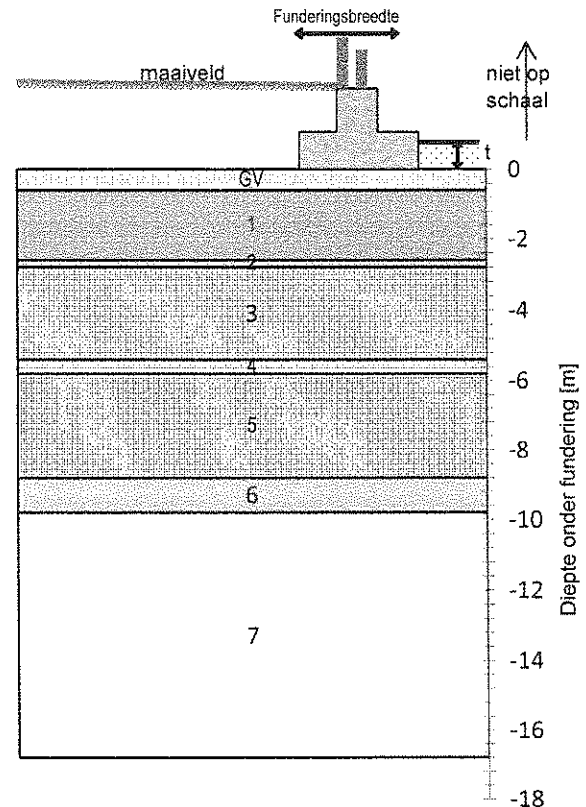
Grondparameters

De representatieve waarden van de grondparameters van de verschillende bodemlagen zijn op basis van het grondonderzoek ingeschat aan de hand van tabel 1 uit de NEN 6740:2006, eventueel i.c.m. algemene/locale kennis en ervaring.

Materiaalfactoren (γ_m)	draagkracht	zakking
- Volumiek gewicht	1,1	1
- Tangent hoek inwendige wrijving	1,15	1
- Ongedraineerde schuifsterkte	1,35	1
- Cohesie	1,6	1

Uitgangspunten project (berkeningsaannamen)

Oorspronkelijke maaiveldhoogte	31,90 [m tov NAP]
Toekomstige maaiveldhoogte	32,70 [m tov NAP]
Hoek maaiveld met horizontaal	0,0 [°]
Maatgevende gronddekking (t)	0,4 [m]
Aanlegniveau fundering	31,80 [m tov NAP]
Hoge grondwaterstand	31,5 [m tov NAP]
Lage grondwaterstand	30,7 [m tov NAP]
Pre-overburden pressure (POP)	2,0 [kN/m ²]
Volumiek gewicht gronddekking droog / nat	17/ 19 [kN/m ³]
maatgevend gestelde dikte gronddekking	0,4 [m]



figuur 1.1 - Schematisatie van de bodemopbouw

Opmerking t.a.v. grondverbetering

De gunstige invloed van grondverbetering is, in afwijking op NEN 6744, verdisconteerd in de draagkracht. De bodem van de ontgraving moet hierbij wel een zodanige breedte hebben dat deze buiten het spanningsverspreidingsgebied van de fundering ligt, uitgaande van een belastingsverspreiding onder 45°.

tabel 1.2 - representatieve waarden van de gehanteerde grondparameters voor de oorspronkelijke bodemopbouw

laag	onderzijde [m tov NAP]	γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kN/m ²]	f_{undr} [kN/m ²]	C_c [-]	C_α [-]	e_0 [-]
1	29,2	18,0	20,0	32,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,58
2	29,0	17,0	19,0	30,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,83
3	26,4	19,0	21,0	35,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,30
4	26,0	16,0	18,0	27,0	0,5	80,0	0,1	0,0	0,83
5	23,0	20,0	22,0	37,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,30
6	22,0	18,0	20,0	29,0	2,0	140,0	0,1	0,0	0,85
7	15,0	20,0	22,0	37,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,30

tabel 1.3 - representatieve waarden van de gehanteerde grondparameters voor grondverbetering en/of ophoging

grondverb.									
	31,2	18,0	20,0	32,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,58

Symbolen en eenheden

γ	volumieke gewicht van grond	kN/m ³	e_0	poriëngetal van de grond	-
γ_{sat}	volumieke gewicht van verzadigde grond	kN/m ³	t	gronddekking	m
ϕ'	effectieve hoek van inwendige wrijving	°	σ'_{maxd}	rekenwaarde funderingsdruk	kPa
c'	effectieve cohesie	kN/m ²	$F_{r,vd}$	rekenwaarde verticale draagkracht	kN
f_{undr}	ongedraineerde schuifsterkte	kN/m ²	$w_{1;d}$	rekenwaarde primaire zakking	mm
σ'_{maxd}	maximale draagkracht	kN/m ²	$w_{2;d}$	rekenwaarde secundaire zakking	mm
C_c	primaire samendrukkingsindex	-	w_d	rekenwaarde van de totale zakking	mm
C_α	secundaire samendrukkingsindex	-	$k_{v,d}$	rekenwaarde statische beddingscoëfficiënt	kN/m ³

Draagkrachtberekening voor strokenfundering volgens NEN 6744:2007

Berekening van de maximale draagkracht loodrecht op het oppervlak van de fundering volgens NEN 6744 § 5.2.

Voor zand en grind wordt enkel de gedraineerde toestand beschouwd, voor klei, silt en andere grondsoorten worden zowel de gedraineerde als de ongedraineerde toestand onderzocht. In tabel 2.1 zijn de berekeningsresultaten weergegeven.

tabel 2.1 - Rekenwaarden maximale funderingsdruk en draagkracht

Strookbreedte [m]	Rekenwaarde maximale funderingsdruk in verschillende toestanden**				toelaatbare funderingsdruk*	toelaatbare rekenwaarde maximale draagkracht*
	$\sigma'_{\max;d}$ [kN/m ²]				$\sigma'_{\max;d}$ [kN/m ²]	$F_{r,v;d}$ [kN/m]
	Ongedrain.	Gedraineerd	Doorponsen	Squeezing		
0,40	n.v.t.	158	n.v.t.	n.v.t.	158	63
0,50	n.v.t.	167	n.v.t.	n.v.t.	167	83
0,60	n.v.t.	174	n.v.t.	n.v.t.	174	105
0,70	n.v.t.	182	n.v.t.	n.v.t.	182	127
0,80	n.v.t.	189	n.v.t.	n.v.t.	189	151
0,90	n.v.t.	196	n.v.t.	n.v.t.	196	177
1,00	n.v.t.	203	n.v.t.	n.v.t.	203	203
1,10	n.v.t.	211	n.v.t.	n.v.t.	211	232
1,20	n.v.t.	218	n.v.t.	n.v.t.	218	261
1,30	n.v.t.	225	n.v.t.	n.v.t.	225	292
1,40	n.v.t.	232	n.v.t.	n.v.t.	232	324
1,50	n.v.t.	238	n.v.t.	n.v.t.	238	358
1,60	n.v.t.	245	n.v.t.	n.v.t.	245	393
1,70	n.v.t.	252	n.v.t.	n.v.t.	252	429
1,80	n.v.t.	259	n.v.t.	n.v.t.	259	466
1,90	n.v.t.	265	n.v.t.	n.v.t.	265	504
2,00	1302	272	n.v.t.	n.v.t.	272	544
2,10	1339	280	n.v.t.	n.v.t.	280	587

* Bij permanente gronddekking: 0,4 m

** De maatgevende toestand is dik gedrukt

Voor de maatgevende toestand worden in tabel 2.2 de rekenwaarden maximale funderingsdruk en draagkracht weergegeven bij verschillende dikten van gronddekking (indien van toepassing).

tabel 2.2 - Rekenwaarde maximale funderingsdruk en draagkracht bij aangegeven dikte gronddekking

Strookbreedte [m]	Rekenwaarde maximale funderingsdruk				Rekenwaarde maximale draagkracht			
	$\sigma'_{\max;d}$ [kN/m ²]				$F_{r,v;d}$ [kN/m]			
Gronddekking [m] →	0,1	0,2	0,3	0,4	0,1	0,2	0,3	0,4
0,40	76	103	131	158	30	41	52	63
0,50	84	111	139	167	42	56	69	83
0,60	91	119	147	174	55	71	88	105
0,70	99	127	154	182	69	89	108	127
0,80	106	134	161	189	85	107	129	151
0,90	113	141	169	196	102	127	152	177
1,00	121	148	176	203	121	148	176	203
1,10	128	155	183	211	140	171	201	232
1,20	135	162	190	218	162	195	228	261
1,30	142	169	197	225	184	220	256	292
1,40	149	176	204	232	208	247	285	324
1,50	156	183	211	238	233	275	316	358
1,60	162	190	218	245	260	304	348	393
1,70	169	197	225	252	288	335	382	429
1,80	176	204	231	259	317	367	417	466
1,90	183	210	238	265	347	399	452	504
2,00	189	217	245	272	379	434	489	544
2,10	197	224	252	280	413	471	529	587

Zakkingsberekening voor strokenfundering volgens NEN 6740:2006 & 6744:2007

Berekening van de zakking van de bovenkant van het funderingselement, waarbij cf. NEN6702 enkel de gebruiksbelasting ($F_{s,v;d}$) in rekening is gebracht (partiële belastingfactor $\gamma_{f,g}=1,0$). De beddingscoëfficiënten zijn afgeleid van vermelde primaire zakkings berekend voor bruikbaarheidstoestand 2.

In tabel 3.1 zijn de berekeningsresultaten weergegeven.

tabel 3.1 - Rekenwaarden zakking en statische beddingscoëfficiënt (gronddekking 0,4 m)

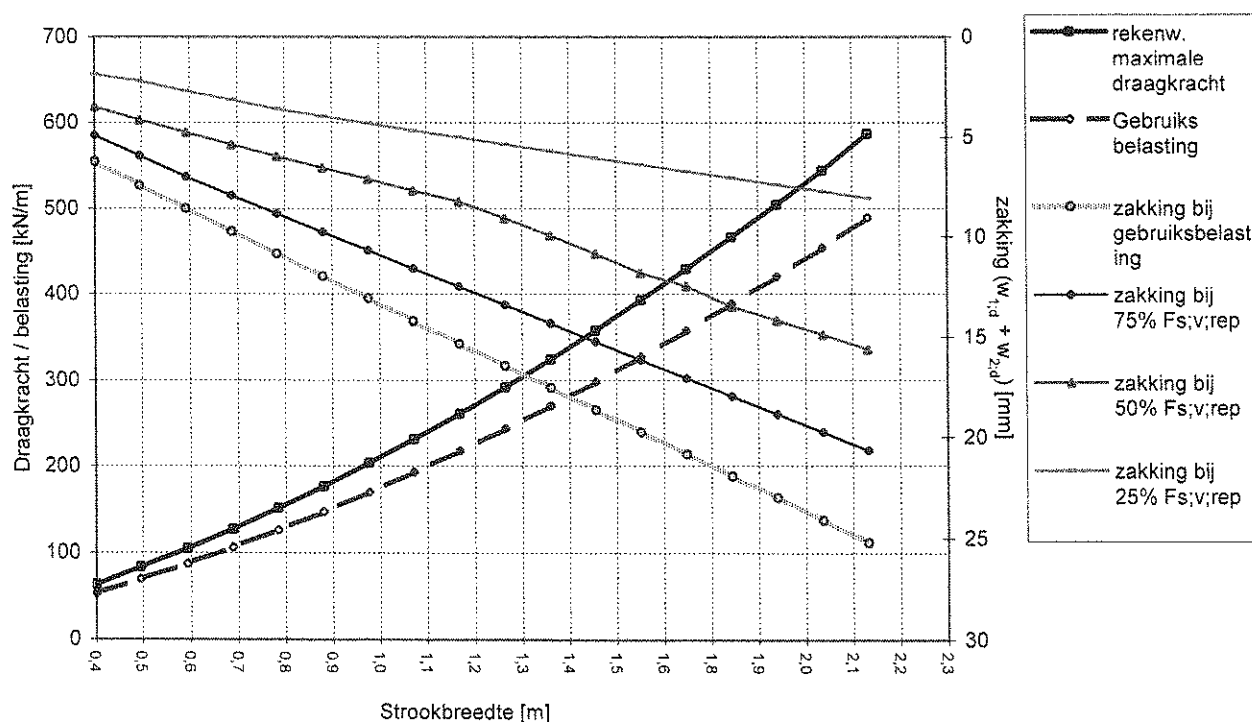
Strookbreedte	Gebruiks belasting	Berekende primaire zakking	Berekende secundaire zakking*	Extra zakking tgv ophoging maaiveld	Berekende totale zakking**	Statische beddingscoëfficiënt
[m]	$F_{s,v;rep}$ [kN/m']	$W_{1;d}$ [mm]	$W_{2;d}$ [mm]	W_{extra} [mm]	W_d [mm]	$k_{v;d}$ [kN/m³]
0,40	53	5,7	0,5	0,0	6,2	18000
0,50	69	6,7	0,7	0,0	7,4	16000
0,60	87	7,7	0,9	0,0	8,6	14000
0,70	106	8,7	1,1	0,0	9,7	13000
0,80	126	9,6	1,2	0,0	10,9	13000
0,90	147	10,5	1,4	0,0	12,0	12000
1,00	170	11,5	1,6	0,0	13,1	11000
1,10	193	12,4	1,8	0,0	14,2	11000
1,20	218	13,3	2,1	0,0	15,3	11000
1,30	243	14,1	2,3	0,0	16,4	10000
1,40	270	15,0	2,5	0,0	17,5	10000
1,50	298	15,9	2,7	0,0	18,6	10000
1,60	327	16,8	3,0	0,0	19,7	9000
1,70	357	17,7	3,2	0,0	20,8	9000
1,80	389	18,5	3,4	0,0	21,9	9000
1,90	420	19,3	3,7	0,0	23,0	9000
2,00	454	20,2	3,9	0,0	24,1	9000
2,10	489	21,0	4,2	0,0	25,2	9000

* Berekend cf. NEN 6744, waarbij in afwijking Ca is afgeleid van methode Koppejan (spanningsafhankelijk)

** Bij de toetsing met betrekking tot bruikbaarheids-grenstoestand 2 moet voldaan worden aan: $w_d \leq 150$

Draagkracht- en zakkingsgrafiek

In de onderstaande draagkracht - zakkingsgrafiek zijn de zakkings weergegeven bij verschillende momentane belastingen en strookbreedten.



Draagkrachtberekening voor poerenfundering volgens NEN 6744:2007

Berekening van de maximale draagkracht loodrecht op het oppervlak van de fundering volgens NEN 6744 § 5.2.

Voor zand en grind wordt enkel de gedraineerde toestand beschouwd, voor klei, silt en andere grondsoorten worden zowel de gedraineerde als de ongedraineerde toestand onderzocht. In tabel 4.1 zijn de berekeningsresultaten weergegeven.

tabel 4.1 - Rekenwaarden maximale funderingsdruk en draagkracht

Poerafmeting		Rekenwaarde maximale funderingsdruk in verschillende toestanden**				toelaatbare funderingsdruk*	toelaatbare rekenwaarde maximale draagkracht*
B	L	$\sigma'_{max;d}$ [kN/m ²]				$\sigma'_{max;d}$ [kN/m ²]	$F_{r,v;d}$ [kN]
[m]	[m]	Ongedrain.	Gedraineerd	Doorponsen	Squeezing		
0,40	0,40	n.v.t.	198	n.v.t.	n.v.t.	198	32
0,50	0,50	n.v.t.	203	n.v.t.	n.v.t.	203	51
0,60	0,60	n.v.t.	209	n.v.t.	n.v.t.	209	75
0,70	0,70	n.v.t.	214	n.v.t.	n.v.t.	214	105
0,80	0,80	n.v.t.	219	n.v.t.	n.v.t.	219	140
0,90	0,90	n.v.t.	224	n.v.t.	n.v.t.	224	181
1,00	1,00	n.v.t.	229	n.v.t.	n.v.t.	229	229
1,10	1,10	n.v.t.	234	n.v.t.	n.v.t.	234	283
1,20	1,20	n.v.t.	239	n.v.t.	n.v.t.	239	344
1,30	1,30	n.v.t.	244	n.v.t.	n.v.t.	244	412
1,40	1,40	n.v.t.	249	n.v.t.	n.v.t.	249	487
1,50	1,50	n.v.t.	254	n.v.t.	n.v.t.	254	570
1,60	1,60	n.v.t.	258	n.v.t.	n.v.t.	258	661
1,70	1,70	n.v.t.	263	n.v.t.	n.v.t.	263	761
1,80	1,80	n.v.t.	268	n.v.t.	n.v.t.	268	868
1,90	1,90	n.v.t.	272	n.v.t.	n.v.t.	272	983
2,00	2,00	5332	277	n.v.t.	n.v.t.	277	1108
2,10	2,10	5639	282	n.v.t.	n.v.t.	282	1244

* Bij permanente gronddekking: 0,4 m

** De maatgevende toestand is dik gedrukt

Voor de maatgevende toestand worden in tabel 4.2 de rekenwaarden maximale funderingsdruk en draagkracht weergegeven bij verschillende dikten van gronddekking (indien van toepassing).

tabel 4.2 - Rekenwaarde maximale funderingsdruk en draagkracht bij aangegeven dikte gronddekking

Poerafmeting		Rekenwaarde maximale funderingsdruk				Rekenwaarde maximale draagkracht			
B	L	$\sigma'_{max;d}$ [kN/m ²]				$F_{r,v;d}$ [kN]			
[m]	[m]								
Gronddekking [m] →		0,1	0,2	0,3	0,4	0,1	0,2	0,3	0,4
0,40	0,40	75	116	157	198	12	18	25	32
0,50	0,50	80	121	162	203	20	30	41	51
0,60	0,60	86	127	168	209	31	46	60	75
0,70	0,70	91	132	173	214	45	65	85	105
0,80	0,80	96	137	178	219	61	88	114	140
0,90	0,90	101	142	183	224	82	115	148	181
1,00	1,00	106	147	188	229	106	147	188	229
1,10	1,10	111	152	193	234	134	184	233	283
1,20	1,20	116	157	198	239	167	226	285	344
1,30	1,30	121	162	203	244	204	273	343	412
1,40	1,40	126	167	208	249	246	327	407	487
1,50	1,50	131	172	213	254	294	386	478	570
1,60	1,60	135	176	217	258	347	452	557	661
1,70	1,70	140	181	222	263	405	524	642	761
1,80	1,80	145	186	227	268	470	602	735	868
1,90	1,90	149	190	231	272	539	687	835	983
2,00	2,00	154	195	236	277	617	780	944	1108
2,10	2,10	159	200	241	282	702	883	1064	1244

Zakkingsberekening voor poerenfundering volgens NEN 6740:2006 & 6744:2007

Berekening van de zakking van de bovenkant van het funderingselement, waarbij cf. NEN6702 enkel de gebruiksbelasting ($F_{s,v;d}$) in rekening is gebracht (partiële belastingfactor $\gamma_{r,g}=1,0$). De beddingscoëfficiënten zijn afgeleid van vermelde primaire zakkings berekend voor bruikbaarheidstoestand 2.

In tabel 5.1 zijn de berekeningsresultaten weergegeven.

tabel 5.1 - Rekenwaarden zakking en statische beddingscoëfficiënt (gronddekking 0,4 m)

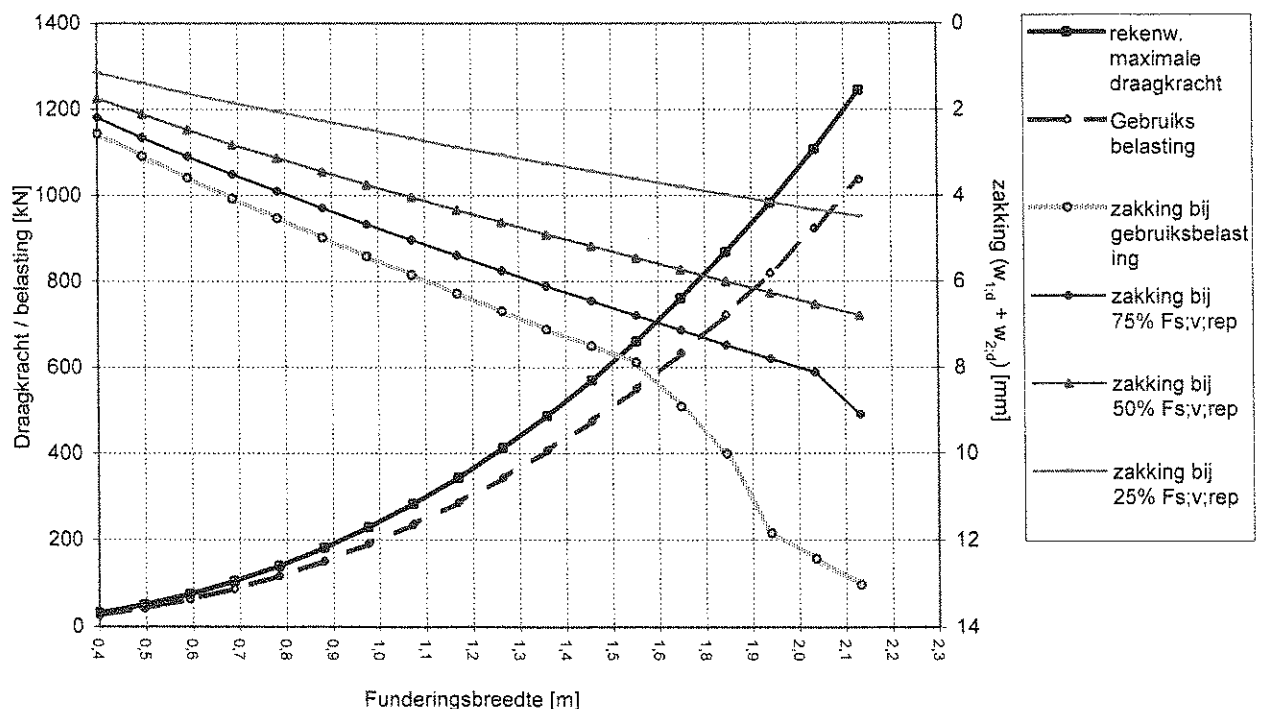
Poerafmeting		Gebruiks belasting	Berekende primaire zakking	Berekende secundaire zakking*	Extra zakking tgv ophoging maaiveld	Berekende totale zakking**	Statische beddingscoëfficiënt
B	L	$F_{s,v;rep}$	$W_{1,d}$	$W_{2,d}$	W_{extra}	W_d	$k_{v,d}$
[m]	[m]	[kN]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[kN/m³]
0,40	0,40	26	2,6	0,0	0,0	2,6	50000
0,50	0,50	42	3,1	0,0	0,0	3,1	43000
0,60	0,60	63	3,6	0,0	0,0	3,6	38000
0,70	0,70	87	4,1	0,0	0,0	4,1	34000
0,80	0,80	117	4,5	0,0	0,0	4,5	32000
0,90	0,90	151	5,0	0,0	0,0	5,0	29000
1,00	1,00	191	5,4	0,0	0,0	5,4	28000
1,10	1,10	236	5,9	0,0	0,0	5,9	26000
1,20	1,20	287	6,3	0,0	0,0	6,3	25000
1,30	1,30	343	6,7	0,0	0,0	6,7	24000
1,40	1,40	406	7,1	0,0	0,0	7,1	23000
1,50	1,50	475	7,5	0,0	0,0	7,5	22000
1,60	1,60	551	7,9	0,0	0,0	7,9	21000
1,70	1,70	634	8,5	0,4	0,0	8,9	20000
1,80	1,80	723	9,1	0,9	0,0	10,0	19000
1,90	1,90	819	9,9	1,9	0,0	11,8	18000
2,00	2,00	923	10,4	2,0	0,0	12,4	18000
2,10	2,10	1037	10,9	2,2	0,0	13,1	17000

* Berekend cf. NEN 6744, waarbij in afwijking Co is afgeleid van methode Koppejan (spanningsafhankelijk)

** Bij de toetsing met betrekking tot bruikbaarheids-grenstoestand 2 moet voldaan worden aan: $w_d \leq 150$

Draagkracht- en zakkingsgrafiek

In de onderstaande draagkracht - zakkingsgrafiek zijn de zakkings weergegeven bij verschillende momentane belastingen en funderingsbreedten. Voor de eventueel bijbehorende funderingslengte wordt verwezen naar tabel 5.1



Bijlage 5 : Algemene richtlijnen uitvoering grondverbetering

ALGEMENE RICHTLIJNEN VOOR DE UITVOERING VAN GRONDVERBETERINGEN (gebaseerd op NEN 6740).

Algemeen

Voor aanvang van de uitvoering van ontgravingen en grondverbeteringen moeten de navolgende zaken bekend of gecontroleerd te zijn:

- Voldoet de uitvoering aan de gestelde uitgangspunten van het rapport zoals bodemopbouw en grondwaterniveau, ontgravingsdiepte, aanlegniveau en afmetingen fundering.
- De locaties waar sonderingen(en boringen) zijn gemaakt in relatie tot het funderingsplan.
- De maaiveldhoogten ter plaatse van de te maken fundering.
- De maaiveldhoogten ter plaatse van de sondeer(- en boor)locaties.

Grondwater/bemaling

Tijdens de uitvoering van de graafwerkzaamheden moet het grondwaterniveau zo nodig worden verlaagd, zodanig dat de bodem van de put droog is en de grondwaterstand zich beneden de invloedssfeer van de verdichtingsapparatuur bevindt. Wanneer de grondwaterstand te hoog is, kan mede afhankelijk van de waterdoorlatendheid van het toegepaste zand, de ondergrond en de gebruikte verdichtingsapparatuur, een "drijfzand"-situatie ontstaan. Eén en ander heeft tot gevolg dat verdichting onmogelijk wordt. Over het algemeen zal een verlaging van het grondwaterniveau met hulp van een bemaling tot 0,5 m onder de putbodem het gewenste resultaat opleveren.

De grondwaterspiegel mag niet méér worden verlaagd dan voor een goede uitvoering van de graafwerkzaamheden noodzakelijk is, dit vanwege ongunstige invloeden op de omgeving. Ook de bemalingsduur moet om dezelfde redenen zoveel mogelijk worden beperkt. In voorkomende gevallen is het mogelijk een kwalitatief goede grondverbetering te realiseren door optimale afstemming van ontgravingsdiepte, laagdikte, grondwaterniveau en verdichtingsapparatuur.

Ter controle van de stijghoogte van het grondwater kan worden overwogen vooraf één of meer peilbuizen te plaatsen.

Belendingen

Nagegaan moet worden of de noodzakelijke ontgravingen zonder risico voor de belendingen kunnen worden uitgevoerd. Hiertoe is informatie noodzakelijk omtrent de constructieve opbouw van deze belendingen, incl. de funderingswijze van de draagconstructie en de begane-grondvloeren. Dit geldt in het bijzonder voor ontgravingen dieper dan het aanlegniveau van de fundering van op staal gefundeerde belendingen. Dergelijke ontgravingen verminderen de draagkracht van de bestaande fundering en dienen daarom zoveel mogelijk te worden voorkomen. Daarnaast is de bouwkundige staat, waarin de panden zich bevinden, van belang.

Ontgraving

Bij afwezigheid van invloed van belendingen, ondergrondse kabels en leidingen kunnen de ontgravingen met een beperkte diepte worden uitgevoerd onder een talud van ca. 1 : 1. Hierbij is verondersteld dat langs de insteek van het talud geen zwaar materieel wordt geplaatst of zware materialen worden opgeslagen. Voor meer informatie wordt verwezen naar publicatieblad P no 25 "Putten en Sleuven" van de Arbeidsinspectie.

Nadat de geadviseerde ontgravingsniveaus zijn bereikt, moet met een handsondeerapparaat worden gecontroleerd of zich direct onder dit niveau nog samendrukbare laagjes bevinden die niet bij de sondering zijn aangetroffen. Deze controle moet vooral tussen de sonderingen (en boringen) intensief worden uitgevoerd. Worden dergelijke laagjes aangetroffen dan dienen deze laagjes, tenzij anders in het rapport is aangegeven, verder te worden verwijderd en vervangen door een grondverbetering.

Het ontgravingsvlak moet worden verdicht wanneer dat tijdens de graafwerkzaamheden is verstoord. Dit is alleen mogelijk wanneer zich onder het ontgravingsniveau niet cohesieve grond bevindt.

Indien de bodem van de put uit niet-cohesief materiaal bestaat zoals zand of grind (met een laag leemgehalte) dient de bodem te worden verdicht met een trilplaat. De mate van de verdichting dient te worden gecontroleerd, bijvoorbeeld met een handsondeerapparaat. Daarbij geldt als criterium dat de conusweerstand minimaal evenredig met de diepte moet toenemen tot minimaal 2,5 MPa op 0,1 m en 5 MPa op 0,3 m diepte.

Indien direct op vaste klei- (bijvoorbeeld op potklei); leem- of löss- afzettingen wordt aangelegd en geen grondverbetering is geadviseerd dient de laatste 0,1 m voorzichtig te worden afgeschaafd, zodat de klei; leem of löss beneden het ontgravingsniveau niet wordt geroerd. Om vervolgens verweking van de grondslag door neerslag te voorkomen moet zo snel mogelijk na ontgraven op de bodem van de

ontgraving een bescherm laag (bijvoorbeeld zand) van ten minste 0,1 m worden aangebracht. Cohesief materiaal zoals klei; leem en löss kan namelijk niet of nauwelijks worden verdicht.

Zandaanvulling grondverbetering

Indien het geadviseerde ontgravingsniveau lager ligt dan het aanlegniveau van de fundering moet een grondverbetering worden toegepast tot de onderkant van de fundering, en in het geval dat de vloeren op staal worden gefundeerd tot onderkant vloer.

Voor de uitvoering dienen de volgende richtlijnen te worden gevolgd:

- Het aanvulmateriaal moet laagsgewijs worden aangebracht en mechanisch worden verdicht door middel van trilapparatuur. De laagdikte moet zijn afgestemd op de verdichtingsapparatuur. Het is niet toegestaan een grondverbetering uit te voeren, waarbij aanplempen of inwateren van zand wordt toegepast.
- De laagdikte dient tijdens het verdichten bij voorkeur hooguit 0,3 m te bedragen.
- Bij voorkeur zal een grondverbetering tot een iets hoger peil (ca. 0,1 m) moeten worden uitgevoerd dan het aanlegniveau van de fundering, waarna de overhoogte voorzichtig weer wordt verwijderd.
- De aanvullingen van de bouwput rondom kelders en/of verdiepte funderingen moeten als grondverbetering worden uitgevoerd indien deze aanvulling binnen de invloedssfeer van een hoger gelegen bestaande of aan te brengen fundering ligt.

Kwaliteitseisen zand grondverbetering

Indien als aanvulmateriaal zand wordt gebruikt, dan moet dit aan de volgende eigenschappen voldoen:

- de korrelfractie kleiner dan 0,075 mm dient lager te zijn dan 5 gewichtsprocenten.
- de korrelfractie kleiner dan 0,063 mm dient lager te zijn dan 10 gewichtsprocenten.
- de gelijkmatigheidscoëfficiënt D_{60}/D_{10} moet tenminste 2 zijn. D_{60} = zeefopening met een doorval van 60 gewichtsprocenten. D_{10} - zeefopening met een doorval van 10 gewichtsprocenten;
- het humusgehalte (gloeiverlies) mag ten hoogste 3 gewichtsprocenten bedragen;
- de korrelvorm dient bij voorkeur enigszins hoekig te zijn;
- over het algemeen wordt een goede verdichting verkregen bij een vochtpercentage van ongeveer 6 à 12%. Indien het materiaal óf te nat óf te droog is wordt zelden de vereiste verdichting verkregen.
- middels proctor-proeven kan het optimale watergehalte van het materiaal worden bepaald in relatie tot de hoogst verkregen dichtheid bij een constante hoeveelheid toegevoegde energie.

Indien zand wordt toegepast dat niet geheel aan voorgenoemde eisen voldoet dan kan, ten koste van meer verdichtingsenergie en/of mogelijke vertraging bij ongunstige weersomstandigheden, soms toch nog het gewenste resultaat worden bereikt.

- in plaats van zand kunnen ook andere korrelige materialen worden toegepast zoals stolgrind, puingranulaat en dergelijke. Hierbij geldt echter een gelijkmatigheidscoëfficiënt D_{60}/D_{10} van tenminste 3.

Verdichting

Het verdichten van de zandaanvulling moet laagsgewijs, zoveel mogelijk in kruislings gerichte gangen, worden uitgevoerd (minimaal 4 gangen). Ter indicatie zijn in onderstaande tabel gegevens verstrekt ten behoeve van de aan te wenden verdichtingsapparatuur. Eén en ander dient te worden afgestemd op de kwaliteit van het zand en het te verdichten oppervlak.

Gewicht trilplaat in kN	Centrifugekracht [kN]	Capaciteit [m ² /uur]	Laagdikte [m]
1,5 á 2	15	200	0,15
2 á 3,5	30	300	0,20
3,5 á 5	40	400	0,30

Opgemerkt wordt dat de in de fabriekspecificatie opgegeven dieptewerking geen maatstaf is voor de toe te passen laagdikte, noch garantie biedt voor het verkrijgen van voldoende verdichting op het diepste niveau.

Aangezien het effect van de trilapparatuur zeer snel met de diepte afneemt, moet bij een grotere laagdikte rekening worden gehouden met forse toename van het aantal benodigde gangen. De effectiviteit en daarmee het aantal benodigde gangen is ook afhankelijk van het onderhoud en de slijtage van de apparatuur. Wanneer zware trilapparatuur wordt gebruikt, moet op het funderingsniveau nagetrild worden met een lichte trilplaat omdat een zware trilplaat of trilwals de bovenste ca. 15 cm niet verdicht maar juist losschudt.

Controle verdichting

Controle op de kwaliteit van de aangebrachte grondverbeteringen kan geschieden op de volgende wijze:

- verkenning met het visiteerijzer. Hiermee kan meteen na het aanbrengen van een laag een indruk worden verkregen van de bovenste verdichting van deze laag.
- mechanische (lichte)slagsonderingen. Hierbij kan het volledige aangebrachte pakket achteraf worden gecontroleerd.
- sonderingen (CPT NEN 5140). Indien de aangebrachte grondverbetering berijdbaar is voor een sondeertruck kan op deze wijze het volledige aangebrachte pakket achteraf worden gecontroleerd.
- handsonderingen. Vanwege de beperkte penetratie mogelijkheden kan hiermee een pakket van maximaal 50 cm diepte worden gecontroleerd. In combinatie met voorboren is deze diepe enigszins te vergroten.
- in-situ-dichtheidsbepalingen. Met volumesteekringen worden monsters genomen waarvan de dichtheid wordt bepaald. Ook nucleaire dichtheidsmetingen kunnen worden gebruikt.

Stijfheidseigenschappen op aanlegniveau van de fundering kunnen worden gecontroleerd door middel van plaatdruk- en CBR-proeven.

Eisen aangebrachte grondverbetering

Voor kwaliteitsbeoordeling van de aangebrachte grondverbeteringen worden in het algemeen de volgende kwalitatieve maatstaven gehanteerd:

- De indringing van een visiteerijzer met een doorsnede van 8 mm mag niet meer dan 10 à 15 cm bedragen.
- De conusweerstand moeten tot een diepte van ca 0,5 m gelijkmatig toenemen tot ca. 5 MPa. Hieronder moeten de conusweerstand een waarde bereiken van ca 10 MPa op 1 m diepte. Bij hoge funderingsdrukken en vervormingsgevoeligheid van het bouwwerk dienen hogere waarden te worden aangehouden.
- De beoordeling van de gemeten dichtheid moet worden gerelateerd aan de uit de proctor-proeven verkregen maximale dichtheid. De gemeten dichtheid dient minimaal 95 à 98 % van de standaard (maximale) proctor-dichtheid te bedragen.

Opdrachtgever:

**Gemeente Deurne
Postbus 3
5750 AA Deurne**

Rapportnummer:

92367-XA

Datum rapport:

28 november 2011

Status rapport:

Gecontroleerd

Versie rapport:

Revisie 0

Rapport
Geotechnisch en geohydrologisch onderzoek
**Locatie aan de Soemeersingel 39a te
Helenaveen**

Lankelma Geotechniek Zuid B.V.

Moorland 4a
Postbus 38
5688 ZG Oirschot
Tel: 0499 - 578520
Fax: 0499 - 578573
E-mail: info@lankelma-zuid.nl
Internet: www.lankelma-zuid.nl

1° auteur:

I. van der Hulst



2° auteur / controle:

Drs. I.W. van Geloven



Inhoudsopgave

1	Projectbeschrijving	1
1.1	Inleiding	1
1.2	Projectgegevens	1
1.2.1	Situatie	1
1.2.2	Bouwplan	1
1.3	Gerelateerd, door ons bureau uitgevoerd onderzoek	1
2	Onderzoeksprogramma	2
2.1	Veldonderzoek	2
2.1.1	Sonderingen	2
2.1.2	Boringen	2
2.1.3	Waterpassing	2
2.1.4	Waterdoorlatendheidsmetingen	2
2.2	Laboratoriumonderzoek	2
2.3	Archiefonderzoek	2
2.3.1	NITG-TNO	2
2.3.2	Overig archiefonderzoek	2
3	Bodemopbouw en (geo)hydrologie	3
3.1	Hoogte maaiveld	3
3.2	Bodemopbouw	3
3.2.1	Geomorfologie	3
3.2.2	Laagopbouw van de grond en de variaties daarvan op de bouwplaats	3
3.2.3	Geologie van de bouwplaats en omgeving	3
3.3	Hydrologisch systeem	4
3.3.1	Oppervlaktewater	4
3.3.2	Grondwater	4
3.3.3	Natuur	5
3.4	Waterdoorlatendheid	5
3.4.1	Doorlatendheidsmetingen verzadigde zone	5
3.4.2	Laboratoriumonderzoek	6
3.4.3	Regionale waterdoorlatendheidsgegevens	6
3.5	Geschiktheid voor infiltratie	6
3.5.1	Samenvatting bodemopbouw	6
3.5.2	Geschiktheid voor infiltratie	6
3.6	Civieltechnisch hergebruik grond	7
3.6.1	Referentiekader	7
3.6.2	Toetsing en interpretatie	7
4	Funderingsadvies	8
4.1	Funderingsontwerp	8
4.1.1	Funderingskeuze	8
4.1.2	Funderingstype: Stroken en poeren	8
4.2	Uitgangspunten berekening	8
4.2.1	Rekenmethode	8
4.2.2	Berekeningsaannames	8
4.2.3	Ontgravingsdiepte en grondverbetering	8
4.2.4	Schematische bodemopbouw	9
4.3	Rekenresultaten	9
4.3.1	Algemeen	9
4.3.2	Toetsing draagkracht	9
4.3.3	Toetsing vervorming	9
4.4	Vloer woningen	10
4.5	Algemene richtlijnen uitvoering	10
4.6	Aanvullend onderzoek	10

Locatie aan de Soemeersingel 39a te Helenaveen

Bijlagen

- Bijlage 1: Resultaten grondonderzoek
- Bijlage 2: TNO-grondwaterstandgegevens
- Bijlage 3: Analyseresultaten
- Bijlage 4: Berekeningsresultaten fundering op staal
- Bijlage 5: Algemene richtlijnen uitvoering grondverbetering

Verzendlijst

Aantal	Geadresseerde	Contactpersoon
3	Opdrachtgever:	Merv. E. Smeets

1 PROJECTBESCHRIJVING

1.1 Inleiding

Door Lankelma Geotechniek zuid B.V. is een geotechnisch en geohydrologisch grondonderzoek uitgevoerd voor het project "Locatie aan de Soemeersingel 39a te Helenaveen". Navolgend worden in dit rapport de resultaten van het grondonderzoek en een algemeen geotechnisch en geohydrologisch weergegeven. Onderhavig onderzoek heeft tot doel:

- inzicht te geven in de opbouw en draagkracht van de bodem en een indicatief funderingsadvies op te stellen voor geplande bebouwing.
- in het kader van de watertoets, inzicht te krijgen in de opbouw en de waterdoorlatendheid van de bodem

1.2 Projectgegevens

1.2.1 Situatie

De locatie is gelegen aan de Soemeersingel 39a te Helenaveen (gemeente Deurne). De coördinaten volgens het RD-stelsel zijn globaal: $x = 192,01$ en $y = 378,40$ [km]. Het perceel is momenteel bebouwd. De bebouwing zal worden gesloopt. De situering van de locatie is weergegeven in Bijlage 2.

1.2.2 Bouwplan

Het plan omvat de bouw van villa's in kader van een-ruimte voor ruimte-project. Het plan is nog in de ontwikkelingsfase. Voor een situatieschets van het plan wordt verwezen naar de tekening in Bijlage 1.

1.3 Gerelateerd, door ons bureau uitgevoerd onderzoek

In het kader van dit project is door ons bureau tevens een milieukundig bodemonderzoek uitgevoerd. De resultaten hiervan zijn separaat gerapporteerd onder projectnummer: 63821-B.

2 ONDERZOEKSPROGRAMMA

2.1 Veldonderzoek

Het grondonderzoek heeft plaatsgevonden op 17 en 18 augustus 2011. Het grondonderzoek is gecombineerd uitgevoerd met het milieukundig onderzoek.

2.1.1 Sonderingen

Voor dit project zijn door ons bureau 2 sonderingen gemaakt. Het betreft de sondeernummers: S1 en S2. De sonderingen zijn uitgevoerd met een elektrische kleefmantelconus, conform NEN 5140 Klasse 2. In Bijlage 1 zijn de sondeergegevens in grafiekvorm weergegeven. Voor de juiste locaties van de sondeerpunten wordt verwezen naar de situatieschets eveneens in Bijlage 1.

2.1.2 Boringen

In het kader van het geohydrologisch en milieukundig bodemonderzoek zijn door ons bureau 6 handboringen uitgevoerd. Het betreft boornummers B1 t/m B6. Boringen B1 en B2 zijn afgewerkt tot peilbuis. De boorstaten zijn toegevoegd in Bijlage 1, de situering van de boringen is weergegeven op de situatietekening 2.

2.1.3 Waterpassing

De onderzoekspunten zijn door ons bureau in het terrein uitgezet en gewaterpast ten opzichte van NAP. De resultaten van de waterpassing zijn weergegeven in Bijlage 1.

2.1.4 Waterdoorlatendheidsmetingen

In de peilbuizen B1 t/m B6 is een waterdoorlatendheidsmeting uitgevoerd middels de constant-flow-rate-methode cf. ISO/FDIS 22282-2:2008(E). Bij het uitvoeren van deze meting wordt de peilbuis met een constant debiet doorgepompt totdat een constante waterstandsverlaging ontstaat in de peilbuis. De verhouding tussen het pompdebiet en de waterstandsverlaging is een maat voor de doorlatendheid van het bodemtraject waarin het filter is geplaatst.

2.2 Laboratoriumonderzoek

Teneinde meer inzicht te krijgen in de waterdoorlatendheid van de bodem zijn in het laboratorium 5 grondmonsters geanalyseerd op korrelverdeling conform de SCG-zeefkromme. De analysecertificaten zijn weergegeven in Bijlage 3.

2.3 Archiefonderzoek

2.3.1 NITG-TNO

Teneinde meer inzicht te geven in de geologie van de bouwplaats en omgeving zijn, beknopt, de (hydro)geologische gegevens geraadpleegd van het Regionaal geohydrologisch informatiesysteem (Regis / Dinoloket NITG-TNO). Het betreft onder meer de gegevens van het Landelijk "Digital Geological Model" V1.3 uit 2009.

Teneinde meer inzicht te krijgen in het grondwaterregime op de locatie zijn bij NITG-TNO te Utrecht langjarige grondwaterstandsgegevens opgevraagd. Het betreft de gegevens van de peilbuizen B52D 0495, 0507 en 0564. Voor de weergave van de relevante grondwaterstandsgegevens wordt verwezen naar Bijlage 2.

2.3.2 Overig archiefonderzoek

Teneinde meer inzicht te krijgen in de lokale en regionale bodemopbouw, geologie en geohydrologie zijn diverse bodem-informatiekaarten geraadpleegd. Het betreft onder meer:

- Bodemkaart van Nederland 1:50.000, CGI-Alterra.
- Topografische kaart van Nederland 1:25.000, Topografische dienst.
- Grondwaterkaart van Nederland, TNO-NITG.
- Kwelkaart van Nederland, kaartblad Noord-Brabant, Rijkswaterstaat.
- Wateratlas, Provincie Noord - Brabant;
- Provinciale Milieuverordening (PMV);
- Waterplan Deurne.

Tevens zijn onze eigen archiefgegevens geraadpleegd.

3 BODEMOPBOUW EN (GEO)HYDROLOGIE

3.1 Hoogte maaiveld

De hoogte van het maaiveld ter plaatse van de onderzoekspunten varieert van 31,60 m + tot 32,01 m + NAP. Het terrein en de directe omgeving zijn relatief vlak. Een indruk van de maaiveldhoogte in de omgeving is weergegeven in Figuur 3.1.



Figuur 3.1 Overzicht maaiveldhoogten in de omgeving (rood is hoger, blauw is lager)

3.2 Bodemopbouw

3.2.1 Geomorfologie

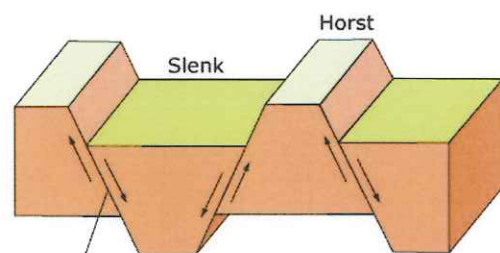
Volgens de geomorfologische kaart betreft de onderzoekslocatie een veenkoloniale ontginningsvlakte, relatief hoog gelegen. In de omgeving zijn enkele dekzandruggen aanwezig. Op minder dan 500 m ten oosten van de locatie bevindt zich de Groote Peel, Zinkske, Deurnese Peel, een gebied met veenvorming, verlanding, meerafzetting, verstuuving en dekzandvorming (windwerking);

3.2.2 Laagopbouw van de grond en de variaties daarvan op de bouwplaats

Vanaf maaiveld wordt tot circa 30,8 m + NAP een circa 1 m dikke bovenlaag aangetoond van humus- en leemhoudend fijn zand en veen. Hieronder wordt tot de maximaal verkende diepte een vast zandpakket aangetoond (vanaf 27 à 26 m + NAP zeer vast). In dit zandpakket komen hier en daar minder vaste lagen voor, vermoedelijk bestaande uit zand met een hogere siltfractie of lossere pakking.

3.2.3 Geologie van de bouwplaats en omgeving

De geologische bodemopbouw in de omgeving wordt gekenmerkt door de nabijheid van de Peelrandbreuk. De Peelrandbreuk, die min of meer de lijn Roermond-Deurne-Uden-Heesch volgt, vormt de begrenzing tussen de Peelhorst aan de noordoostkant en de Centrale Slenk aan de zuidwestkant. Oostelijk (Peelhorst) en westelijk (Centrale Slenk) van de breuklijn verschilt de geologie aanzienlijk. De locatie ligt circa 3,5 km ten oosten van de Peelrandbreuk.



De op basis van de geraadpleegde bronnen verwachte ondiepe geologie op de locatie is weergegeven in navolgende tabel. Hierbij dient te worden opgemerkt dat het de geologische bodemopbouw betreft die door NITG-TNO is geïnterpoleerd op basis van onderzoek in de omgeving. De werkelijke laagopbouw en -samenstelling kunnen hiervan afwijken.

Diepte tot* [m tov NAP]	Formatienaam*	Kenmerk	Lithologie**
26 +	Boxtel	zeer uiteenlopende afzettingen uit het Midden/Laat-Pleistoceen en het Vroeg-Holoceen	zand met fijne korrelgrootte, met plaatselijk leem-, klei-, veen- of humusrijke lagen
12 +	Beegden	alle afzettingen van de rivier de Maas, in het zuidoosten van Nederland, vanaf het Pliocene (5 mln jaar geleden) tot het heden	(grof) zand en grind
167 -	Breda	glauconiethoudende mariene zanden en kleien uit het Mioceen	zand en klei

* Bron: Landelijk DGM model V1.3 - 2009, NITG-TNO, de werkelijke diepte en formatienaam kan afwijken (met name nabij geologische breukzones)

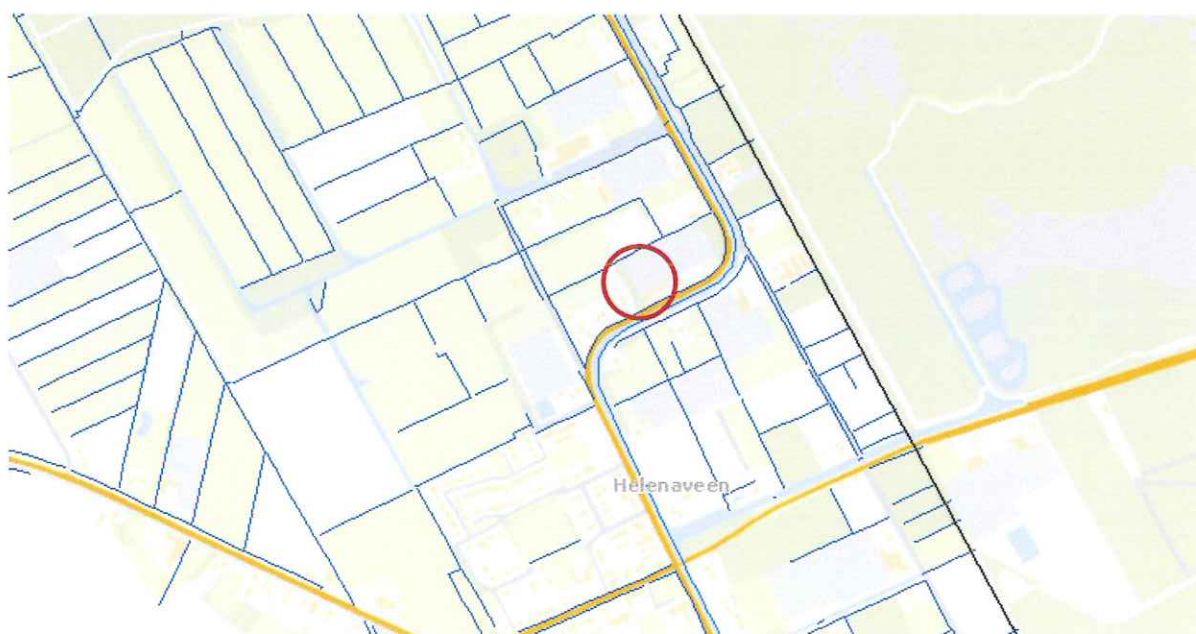
** Beschreven is de dominante lithologie. Ondergeschikte en sporadisch voorkomende lithologie zijn niet beschreven.

3.3 Hydrologisch systeem

3.3.1 Oppervlaktewater

De locatie ligt binnen het werkgebied van waterschap Aa en Maas, stroomgebiedsdistrict Boven Aa. Circa 15 meter ten zuidoosten is de Helenavaart gesitueerd. In de directe omgeving van de locatie zijn diverse sloten en greppels aanwezig (zie ook Figuur 3.2).

De Helenavaart vervult een belangrijke functie als wateraanvoersysteem, waarmee water vanuit de Maas naar het stroomgebied van de Aa wordt aangevoerd. Dit contact bestaat uit in- en uitlaatpunten van water. Daarnaast zorgt het voor kwel naar omliggende gronden (bron: waterplan Deurne). Het waterpeil in de Helenavaart is door ons bureau ingemeten op circa 31,4 m + NAP.



Figuur 3.2 Ligging sloten en greppels in de omgeving van de locatie (bron: wateratlas Brabant)

3.3.2 Grondwater

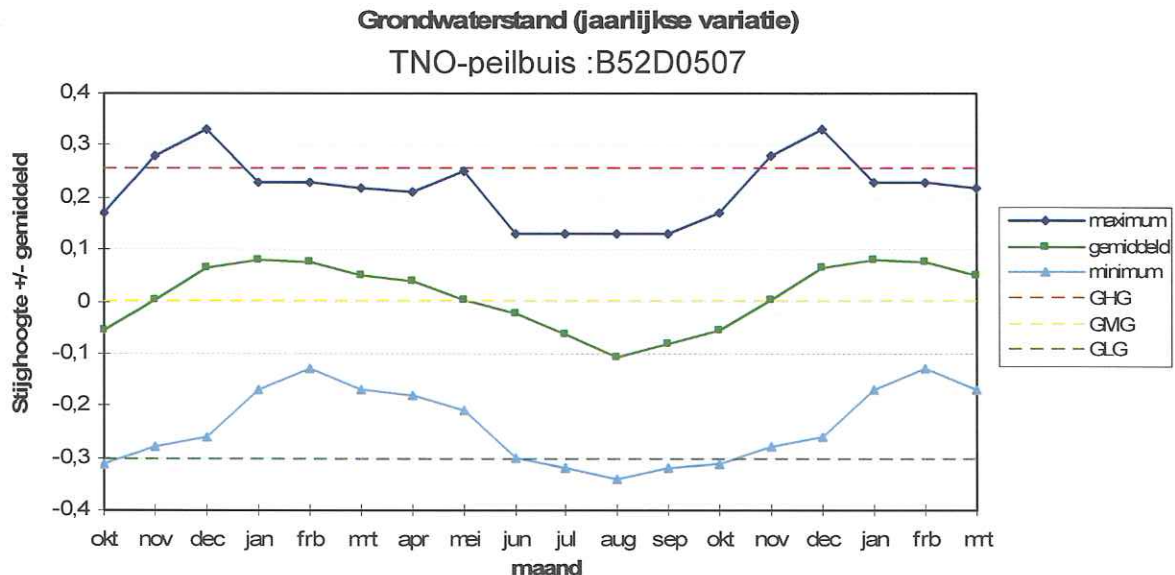
3.3.2.1 Grondwaterstroming

De horizontale stroming van het freatisch grondwater als ook het water van het eerste watervoerende pakket is westelijk gericht. De verticale stroming van het ondiepe grondwater is niet eenduidig. Mogelijk is periodiek sprake van kwel vanuit de Helenavaart en de Pelen.

3.3.2.2 Grondwaterstand en -fluctuaties

De grondwaterstand is tijdens het onderzoek d.d. 17 augustus 2011 in de peilbuizen B1 t/m B6 aangetroffen op 0,80 à 0,26 m - mv (30,80 à 31,47 m + NAP).

Onder invloed van seizoensafhankelijke factoren zal de grondwaterstand in de loop van de tijd fluctueren. In de langdurig gemonitoorde peilbuizen uit het Regionaal Geohydrologisch Informatiesysteem van TNO-NITG zijn in de omgeving van de onderzoekslocatie fluctuaties in het grondwater van circa 0,8 meter geregistreerd. De hoogste grondwaterstanden treden hierbij doorgaans op in de periode november - januari, de laagste in de periode juli - september.



Figuur 3.3 Indicatie jaarlijkse grondwaterstandsfluctuatie in een peilbuis in de omgeving van de onderzoekslocatie

Op basis van de voorhanden zijnde gegevens geldt de volgende optimale schatting voor het grondwaterregime op de locatie:

- de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) bedraagt circa 31,5 m + NAP;
- de gemiddelde grondwaterstand (GMG) bedraagt circa 31,2 m + NAP;
- de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) bedraagt circa 30,7 m + NAP.

De schatting dient mogelijk te worden bijgesteld bij beschikbaar komen van meer gegevens.

3.3.2.3 Grondwateronttrekkingen

Op basis van de Provinciale Milieuverordening (PMV provincie Noord-Brabant) kan worden gesteld dat de locatie niet ligt binnen de invloed van een waterwingebied (geen grootschalige drinkwateronttrekking).

3.3.3 Natuur

De onderzoekslocatie is niet gesitueerd binnen een natuurgebied, of natura-2000 gebied. De locatie is niet aangeduid als "beschermde gebied waterhuishouding" uit de Verordening Water. In de ruimere omgeving, op ca. 500 m ten westen, noorden en oosten, van de onderzoeklocatie zijn enkele natura-2000 gebieden aanwezig.

3.4 Waterdoorlatendheid

3.4.1 Doorlatendheidsmetingen verzadigde zone

Uit de meetresultaten van de doorlatendheidsmetingen in de verzadigde zone is de waterdoorlatendheid bepaald met de vergelijkingen uit de Europese norm ISO/FDIS 22282-2:2008(E) § 6.2.2. De resultaten zijn weergegeven in de navolgende tabel.

Peilbuis	Grondwaterstand [m - mv]	Debiet [l/min]	Verlaging [cm]	Meettraject [m - mv]	K-waarde [m/dag]
B1	0,72	1,0	86	1,8 - 2,8	1,0
B2	0,64	1,0	21	1,7 - 2,7	4,0
B3	0,80	0,6	24	0,85 - 1,85	2,2
B4	0,64	0,2	92	0,6 - 1,6	0,2
B5	0,67	0,2	93	0,65 - 1,65	0,2
B6	0,26	0,6	142	0,75 - 1,75	0,3

3.4.2 Laboratoriumonderzoek

Uit de korrelverdelingsdiagrammen is met behulp van diverse empirische formules de waterdoorlatendheid (k-waarde) van de grond bepaald. Bij de berekening van de doorlatendheid is voor zover van toepassing gebruik gemaakt van de formules van Hazen (1893), Seelheim en Beyer (op cit. Tysma et al, 1994), Kozeny-Carman (1937), Harleman (1963) en Krumbein and Monk (1942) en de SBR 190. De resultaten zijn weergegeven in de navolgende tabel.

Monster	Samenstelling	Diepte [m - mv]	k-waarde [m/dag]
k1	B1 a + B2 a + B4 a + B5 a + B6 b	0 - 0,5	2,5
k2	B1 d + B2 c + B5 c	1,0 - 2,2	2,9
k3	B1 e + B2 d	2,0 - 2,8	4,3
k4	B3 b + B4 c + B6 d	0,5 - 1,5	0,5
k5	B3 c + B4 d + B6 e	1,0 - 2,0	1,5

3.4.3 Regionale waterdoorlatendheidsgegevens

Op basis van de gegevens van het Regionaal Geohydrologisch Informatie Systeem van Nederland is de doorlatendheid van de verschillende bodemlagen ingeschat. De waarden zijn weergegeven in navolgende tabel.

Diepte [m tov NAP]	Hydrogeologie	Samenstelling	k _h [m/dag]	k _v [m/dag]
tot + 26	Boxtel	deklaag	15 à 25	-
tot + 12	Beegden	watervoerende laag	15 à 25	-
tot - 166	Breda	watervoerende laag	5	-

3.5 Geschiktheid voor infiltratie

3.5.1 Samenvatting bodemopbouw

- De hoogte van het maaiveld ter plaatse van de onderzoekpunten varieert van 31,6 m + tot 32,0 m + NAP;
- De grondwaterstand is gemeten op 30,8 à 31,4 m + NAP, de GHG wordt ingeschat op 31,5 m + NAP (0,1 à 0,5 m - mv);
- Onder een 1 m dikke bovenlaag van fijn zand en veen wordt tot de maximaal verkende diepte een vast zandpakket aangetoond;
- De doorlatendheid van de zandige toplaag is redelijk goed, met een berekende k-waarde van 2,5 m/dag. De doorlatendheid van het veen is niet gemeten, maar mag als slecht worden aangenomen.
De hier op volgende (sterk siltige) zandlagen tot circa 1,5 m - mv zijn matig doorlatend met gemeten k-waarden van 0,2 tot 0,5 m/dag. De daaronder aanwezige zandlaag vanaf 1 à 1,5 m - mv is redelijk goed tot goed doorlatend met gemeten k-waarden van 1 tot 4 m/dag.

3.5.2 Geschiktheid voor infiltratie

Teneinde de geschiktheid van de bodem voor infiltratie van hemelwater vast te stellen zijn de onderzoeksgegevens getoetst aan de richtlijnen uit ISSO-publicatie nr. 70-1, Hemelwater binnen de perceelsgrens. Deze richtlijn stelt dat de bodem mogelijkheden biedt voor infiltratie indien de k-waarde van de zandige bodem groter is dan 0,4 m/dag en de gemiddeld hoogte grondwaterstand dieper is dan 0,7 m - mv.

Uitgaande van deze richtlijnen kan worden geconcludeerd dat de bodem zowel op basis van de doorlatendheid van de bovenste meter bodem als de hoge grondwaterstanden niet geschikt is voor

infiltratie van hemelwater. Zelfs indien het terrein zou worden opgehoogd zijn de mogelijkheden voor infiltratie beperkt en is de kans groot dat water zal stagneren op de ondiep aanwezige, sterk siltige zandlagen en veenlagen. Indien er desondanks voor wordt gekozen om hemelwater op de locatie te infiltreren, wordt geadviseerd de veenlagen ter plaatse te verwijderen.

3.6 Civieltechnisch hergebruik grond

3.6.1 Referentiekader

Tijdens de werken zal een hoeveelheid grond vrijkomen. In welke mate de uitkomende grond, op basis van korrelverdeling, geschikt is voor hergebruik hangt af van de samenstelling van die grond en het doel waarvoor het gebruikt wordt. De volgende toetsingscriteria zijn vastgesteld in de NEN 6740 en standaard RAW bepalingen:

- **Zand in aanvulling of ophoging** (standaard RAW bepalingen artikel 22.06.01) - Zand dat wordt verwerkt in een aanvulling of ophoging op een diepte van meer dan 1 meter beneden het wegooppervlak moet zijn: mineraal materiaal waarvan de fractie fijner dan 2 μm ten hoogste 8% bedraagt en het gehalte aan minerale deeltjes door zeef 63 μm ten hoogste 50%.
- **Draineerzand** (standaard RAW bepalingen artikel 22.06.02) - Zand met een tijdelijke of permanente draineerfunctie moet zijn: mineraal materiaal waarvan het gehalte aan minerale deeltjes door zeef 63 μm van de fractie door zeef 2 mm ten hoogste 5% bedraagt. Van het materiaal door zeef 2 mm mag het gloeiverlies ten hoogste 3% bedragen. Van zand met een permanente draineerfunctie moet voorts de fractie op zeef 250 μm tenminste 50% bedragen.
- **Zand in zandbed** (standaard RAW bepalingen artikel 22.06.03) - Zand dat wordt verwerkt in een zandbed op een diepte van minder dan 1,0 m beneden het oppervlak van het wegdek moet zijn: mineraal materiaal waarvan het gehalte aan minerale deeltjes door zeef 63 μm van de fractie door zeef 2 mm ten hoogste 15% bedraagt. Indien dit 10 tot 15% is, mag bovendien het gehalte aan minerale deeltjes door zeef 20 μm van de fractie door zeef 2 mm ten hoogste 3% bedragen. Van het materiaal door zeef 2 mm mag het gloeiverlies ten hoogste 3% bedragen.
- **Aanvulzand in grondverbetering** (NEN 6740: 1991 / 2006) - Aanvulzand mag ten hoogste 5 gewichtsprocenten (van de korrels) aan korrels bevatten die kleiner zijn dan 16 μm en ten hoogste 10 gewichtsprocenten aan korrels die kleiner zijn dan 63 μm . De gelijkmatigheidscoëfficiënt D_{60}/D_{10} moet tenminste 2 zijn. Het humusgehalte (gloeiverlies) mag ten hoogste 3 gewichtsprocenten bedragen en de korrelvorm dient bij voorkeur enigszins hoekig te zijn.

3.6.2 Toetsing en interpretatie

De onderzoeksresultaten en de indicatieve classificatie zijn weergegeven in navolgende tabel.

Monster	Omschrijving	Diepte [m - mv]	Classificatie RAW			NEN 6740 grondverb.
			aanvulling	zandbed	drainzand	
k1	B1 a + B2 a + B4 a + B5 a + B6 b	0 - 0,5	ja	nee	nee	nee
k2	B1 d + B2 c + B5 c	1,0 - 2,2	ja	ja	nee	ja
k3	B1 e + B2 d	2,0 - 2,8	ja	ja	nee	ja
k4	B3 b + B4 c + B6 d	0,5 - 1,5	ja	nee	nee	nee
k5	B3 c + B4 d + B6 e	1,0 - 2,0	ja	nee	nee	nee

Gesteld kan worden dat al het onderzochte zand voldoet aan de eisen voor hergebruik als zand in aanvulling. Het zand dieper dan 2,0 m - mv is tevens geschikt voor hergebruik als zand in zandbed en grondverbetering. De samenstelling van het zand tussen 1 en 2 m - mv is heterogeen en voldoet deels aan de hergebruikseisen voor zand in zandbed en grondverbetering.

Opmerking

Opgemerkt wordt dat de classificatie gebaseerd zijn op een beperkte steekproef. De samenstelling van de grond kan in de praktijk (plaatselijk) afwijken.

4 FUNDERINGSADVIES

4.1 Funderingsontwerp

4.1.1 Funderingskeuze

Vooruitlopend op het definitieve bouwplan geeft de aangetroffen bodemopbouw mogelijkheden voor toepassing van een fundering op staal. Navolgend is een indicatief funderingsadvies op staal verder uitgewerkt. Een volledig advies kan worden opgesteld nadat het bouwplan bekend is en een compleet geotechnisch grondonderzoek is uitgevoerd.

4.1.2 Funderingstype: Stroken en poeren

Toegepast kunnen worden funderingselementen bestaande uit betonnen stroken en poeren; afmetingen en eventueel vereiste wapening dienen door de constructeur te worden bepaald aan de hand van de gegevens uit dit rapport.

In verband met de indringing van vorst in de grond en mogelijke werkzaamheden aan kabels en leidingen dient conform NEN 6740:2006, art. 10.3 de aanlegdiepte van de fundering voor muren van bouwwerken langs de perceelsgrens, behoudens die tussen woningen en gebouwen onderling, tenminste 0,80 m - mv te zijn. Voor het overige kan 0,60 m -mv worden aangehouden.

4.2 Uitgangspunten berekening

4.2.1 Rekenmethode

- De maximale draagkracht en de zakking van funderingselementen is berekend conform NEN 6744:2007 "Berekeningsmethode voor funderingen op staal". Deze norm is opgesteld voor toepassing bij funderingen op staal van bouwconstructies waarop statische of quasi-statische krachten werken, waarbij het funderingsoppervlak een hoek met de horizontaal heeft van ten hoogste 2,5°.
- Het ontwerp dient te voldoen aan eisen van veiligheid en bruikbaarheid uit de NEN 6740:2006.
- In het rapport worden de draagkracht en vervormingen bepaald van verticaal centrisch en op druk belaste funderingselementen in de gedraineerde en eventueel de ongedraineerde toestand.
- Voor zover van toepassing is gecontroleerd op doorponsen en squeezing conform NEN 6744:2007 § 5.2.6 respectievelijk 5.2.7.
- Het project wordt ingedeeld in de geotechnische categorie 2 (GC2).

4.2.2 Berekeningsaannames

- Er wordt aangenomen dat de oorspronkelijke, op natuurlijke wijze gesedimenteerde bodemopbouw aanwezig is.
- Het vloerpeil is aangenomen op 32,2 m + NAP, het toekomstige maaiveld 32,0 m + NAP.
- Het aanlegniveau van de fundering is aangenomen op 31,3 m + NAP.
- De hoek van het maaiveld met de horizontaal is verwaarloosbaar gesteld
- Onder een gronddekking (t) wordt verstaan de permanent aanwezige zandaanvulling die rondom de funderingselementen boven het aanlegniveau aanwezig is. Voor een kruipruimte wordt geadviseerd 0,1 m aan te houden. Bij het ontbreken van een kruipruimte wordt door ons bureau gerekend met een gronddekking van maximaal 0,4 m.
- Volgens de ons beschikbare informatie verkeert het bouwplan in een fase dat er nog geen belastingen bekend zijn.

Geadviseerd wordt de uitgangspunten te verifiëren, voordat met de resultaten van het onderzoek wordt verder gewerkt.

4.2.3 Ontgravingsdiepte en grondverbetering

Alle grond dient tot de in navolgende tabel aangegeven diepte te worden vervangen door een goed verdicht zandpakket (grondverbetering). Wanneer het aanlegniveau onder het niveau van het geadviseerde ontgravingsniveau bevindt hoeft daar geen grondverbetering te worden uitgevoerd.

Sondering [nr.]	Hoogte maaiveld [m + NAP]	Ontgravingsniveau [m + NAP]
S1	31,80	30,9
S2	32,01	30,9

Tussen de sonderingen moet tot dezelfde grondslag worden ontgraven zoals is aangetroffen ter plaatse van de aangrenzende sonderingen met het diepste ontgravingsniveau. Wanneer visueel het verloop van de laag is vast te stellen kan als ontgravingsniveau tussen de sonderingen het laagverloop worden aangehouden. Wanneer op het ontgravingsniveau ten behoeve van de fundering insluitingen van slechte grond of andere ongewenste zaken zijn vastgesteld, moeten de ongewenste insluitingen tot de vaste natuurlijke grondslag worden vervangen door zand of door een materiaal dat ten minste de eigenschappen qua draagkracht en vervorming heeft die als uitgangspunten voor het ontwerp zijn gebruikt. Ongewenste zaken onder een funderingselement kunnen zijn:

- cohesieve afzettingen (klei, veen);
- vegetatieresten (wortels, boomstronken);
- oude waterlopen;
- oude funderingen, putten, buizen e.d.

De grondverbetering moet ten minste het gebied bestrijken, waarin de belasting zich onder een hoek van 45° spreidt. Vóór en tijdens de ontgraving ten behoeve van de grondverbetering dient de grondwaterstand steeds lager dan 0,5 m beneden het ontgravingsniveau te zijn of te worden gebracht. Vervolgens dient de ontgraven bouwputbodem te worden aangetrild. De uitvoering van de grondverbetering dient te voldoen aan de eisen zoals gesteld in NEN 6740:2006 § 10.10.2 tot 10.10.5.

4.2.4 Schematische bodemopbouw

Ten behoeve van de berekening van het draagvermogen van de ondergrond en de zettingen van de funderingselementen van de nieuwbouw is een representatief bodemprofiel opgesteld op basis van het grondonderzoek. Vervolgens is gebruik gemaakt van tabel 1 in NEN 6740 om de representatieve waarden van deze grondeigenschappen te bepalen. De gunstige invloed van grondverbetering is, uitgaande van uitvoering zoals hiervoor beschreven, meegenomen in de berekening van de draagkracht en vervormingen.

4.3 Rekenresultaten

4.3.1 Algemeen

De rekenresultaten zijn weergegeven in Bijlage 2; STB 1 t/m 5. Het betreft:

- STB 1: gehanteerde grondparameters
- STB 2 en 4: rekenwaarden van de maximale funderingsdruk en draagkracht voor de diverse toestanden en de maatgevende toestand
- STB 3 en 5: zakking onder invloed van de belasting voor de verschillende funderingselementen, en beddingscoëfficiënten berekend uit berekende zettingen voor bruikbaarheidstoestand 2.

4.3.2 Toetsing draagkracht

Ten behoeve van de toetsing van de uiterste grenstoestand 1A moet de rekenwaarde van de verticale belasting uit de constructie ($F_{s,v,d}$) kleiner zijn dan de rekenwaarde van de verticale draagkracht ($F_{r,v,d}$): $F_{s,v,d} \leq F_{r,v,d}$.

4.3.3 Toetsing vervorming

4.3.3.1 Toetsingscriteria vervorming

Toetsing van bruikbaarheidsgrenstoestand 2 wordt uitgevoerd met de momentane belastingcombinatie. Hierbij worden de volgende eisen gesteld:

- Vervormingscriterium: zakking $w_d < 0,15$ m (NEN 6740:1991, art. 5.2.2.1)
- Rotatiecriterium: rotatie $\Delta w_d/L \leq 1:300$ (NEN 6740:2006, art. 5.3)

Voor de toetsing van grenstoestand 1B (constructieve veiligheid, conform NEN 6740:2006, art. 5.2) is het rotatiecriterium gesteld van $w_d/l \leq 1:100$. Gezien het voorgaande is grenstoestand 1B niet maatgevend.

Als gevolg van een mogelijke heterogeniteit van de ondergrond en uitvoeringsonvolkomenheden moet hierbij, conform NEN 6740 artikel 10.8, zijn gerekend met een zakkingsverschil (Δw_d) tussen twee

afzonderlijk op staal gefundeerde elementen (op afstand L) van in beginsel tenminste 50 % van de gemiddelde waarde van de zakking van de funderingselementen.

4.3.3.2 Resultaat toetsing

Uit de rekenresultaten komt naar voren dat wordt voldaan aan het vervormingscriterium. Door de constructeur moet worden beoordeeld of aan het rotatiecriterium wordt voldaan.

4.4 Vloer woningen

Indien de beganegrondvloer op een zandbed wordt aangelegd, wordt geadviseerd dezelfde ontgravingsdiepte aan te houden als hiervoor is vermeld.

Het aanbrengen van een goed verdicht zandpakket voor de vloer vindt in twee fasen plaats. Allereerst wordt tot onderkant fundering goed verdicht zand aangebracht. Nadat de fundering is gestort en de muren zijn opgemetseld tot vloerniveau vindt in de tweede fase het aanbrengen van een verdicht zandpakket plaats tot onderkant vloer. Er wordt op gewezen dat deze tweede fase eveneens zorgvuldig moet worden uitgevoerd; ook hier dient in lagen te worden aangevuld en verdicht.

4.5 Algemene richtlijnen uitvoering

- De vereiste terreinophogingen moeten voor of uiterlijk tijdens de funderingswerkzaamheden worden aangebracht.
- Voor algemene bouwputaspecten ten behoeve van de ontgraving voor het uitvoeren van de grondverbetering zoals bv. bemaling, taludstabiliteit, grondkering en dergelijke wordt verwezen naar Bijlage 5.
- Archeologische aspecten in verband met het verkrijgen van toestemming voor de ontgraving zijn in dit rapport buiten beschouwing gebleven.

4.6 Aanvullend onderzoek

Volgens Artikel 8.4.1.1 van de NEN 6740 moeten de onderzoekspunten zo over de plattegrond van het te bouwen project zijn verdeeld dat daaruit de grondgesteldheid ter plaatse van de geotechnische constructies betrouwbaar kan worden afgeleid. Artikel 8.4.1.4. van de NEN 6740 stelt bovendien dat:

- de sondeerafstand maximaal 25 meter mag zijn.
- de oppervlakte van de bouwplaats waarbinnen de funderingselementen zijn geprojecteerd, volledig moet zijn afgedekt door gebieden met de plaatsen van de terreinproeven als middelpunt (bij een onderlinge afstand van de onderzoekspunten van 25 m en wordt volgens de NEN 6740 per terreinproef een oppervlakte bestreken van ten hoogste 25 m × 25 m).
- terreinproeven moeten zijn uitgevoerd op de omtrek van de bouwplaats waarbinnen funderingselementen zijn geprojecteerd. Dit is momenteel niet het geval. Het is derhalve noodzakelijk aanvullend te sonderen teneinde voldoende informatie te verkrijgen voor een verantwoord funderingsontwerp.

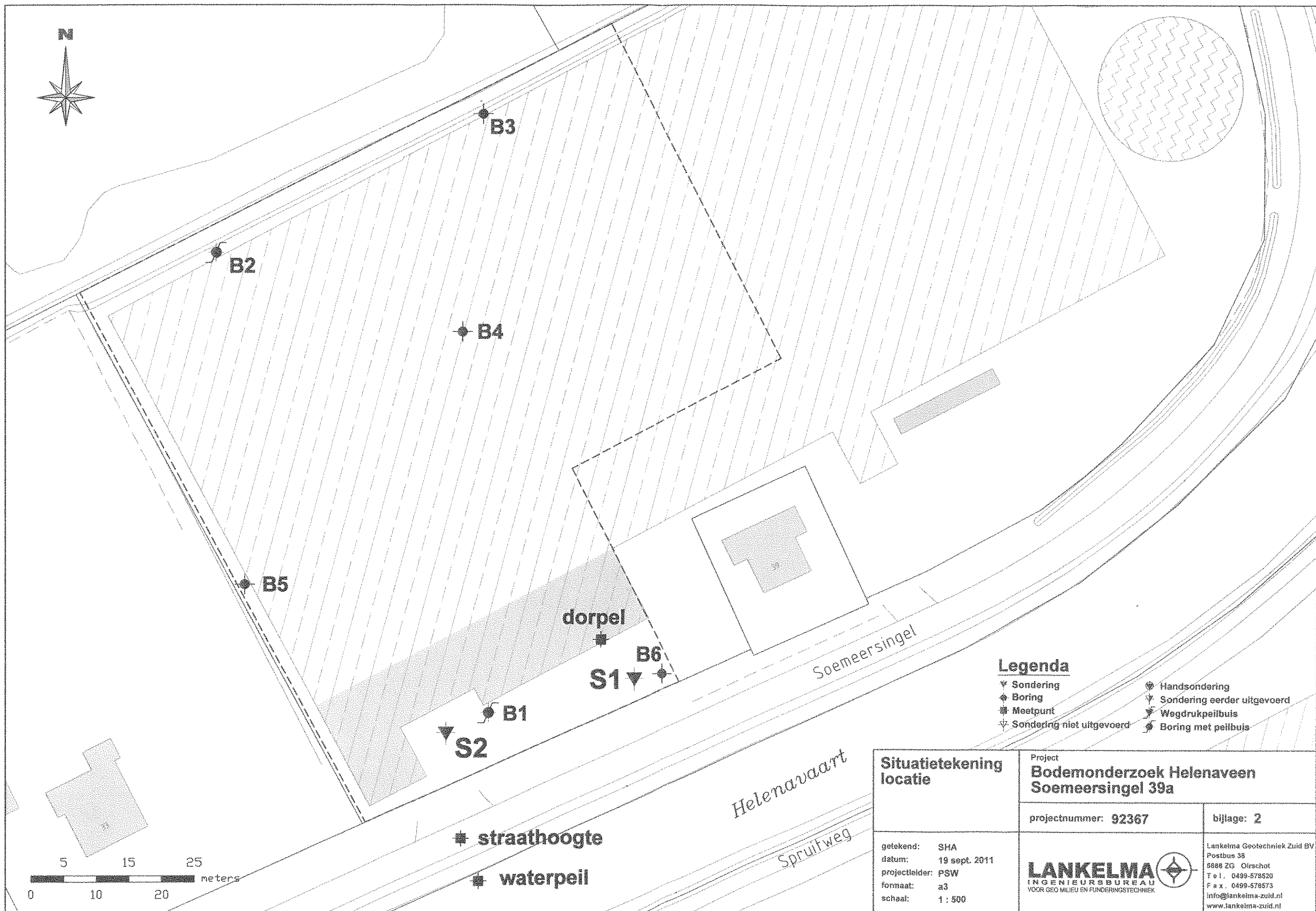
Opgemerkt wordt dat het aanvullend grondonderzoek aanleiding kan geven tot wijzigingen in ontgravingsniveaus c.q. draagkracht. De keuze voor een ander funderingstype is niet uitgesloten, maar lijkt onwaarschijnlijk.

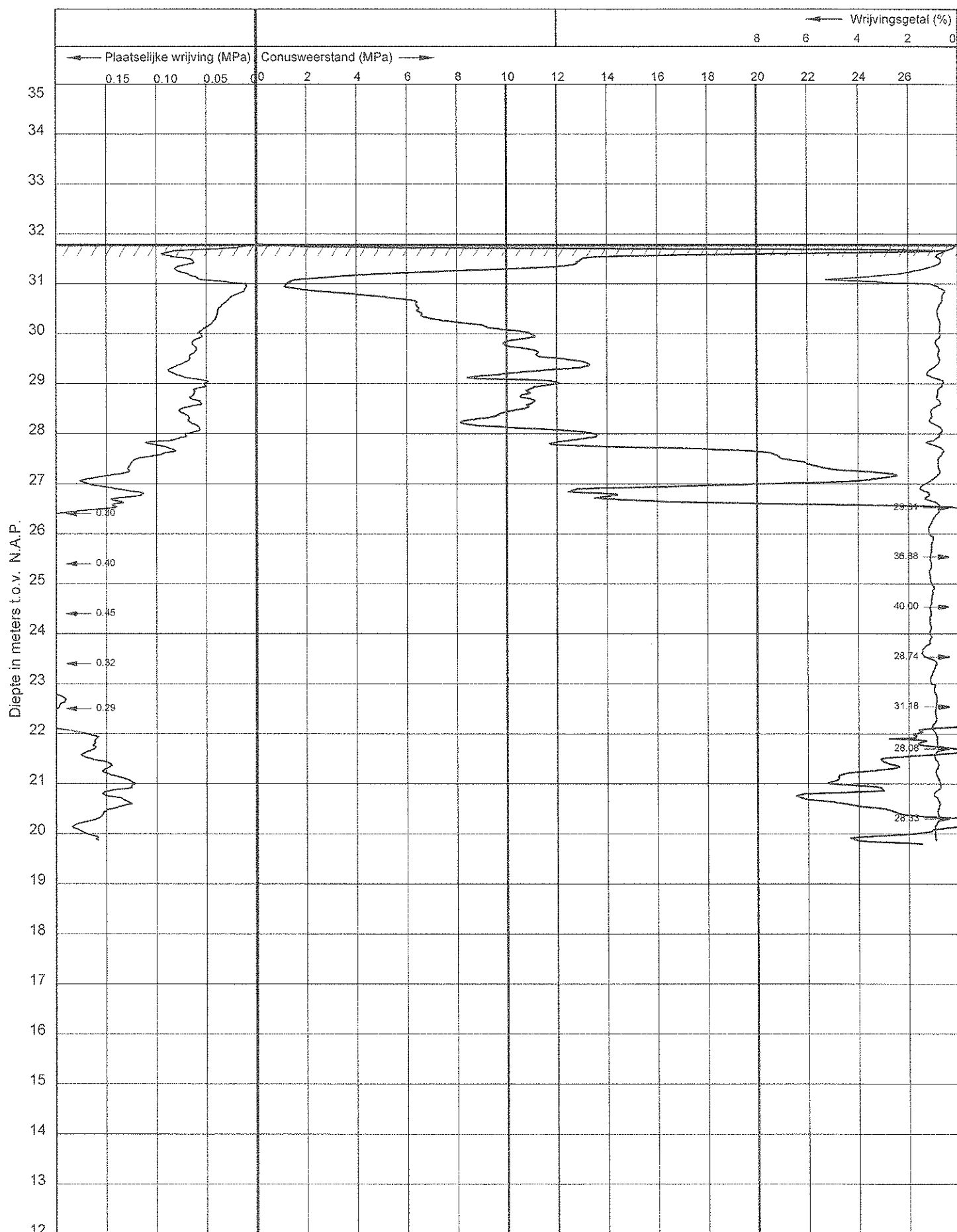
Bijlage 1 : Resultaten grondonderzoek

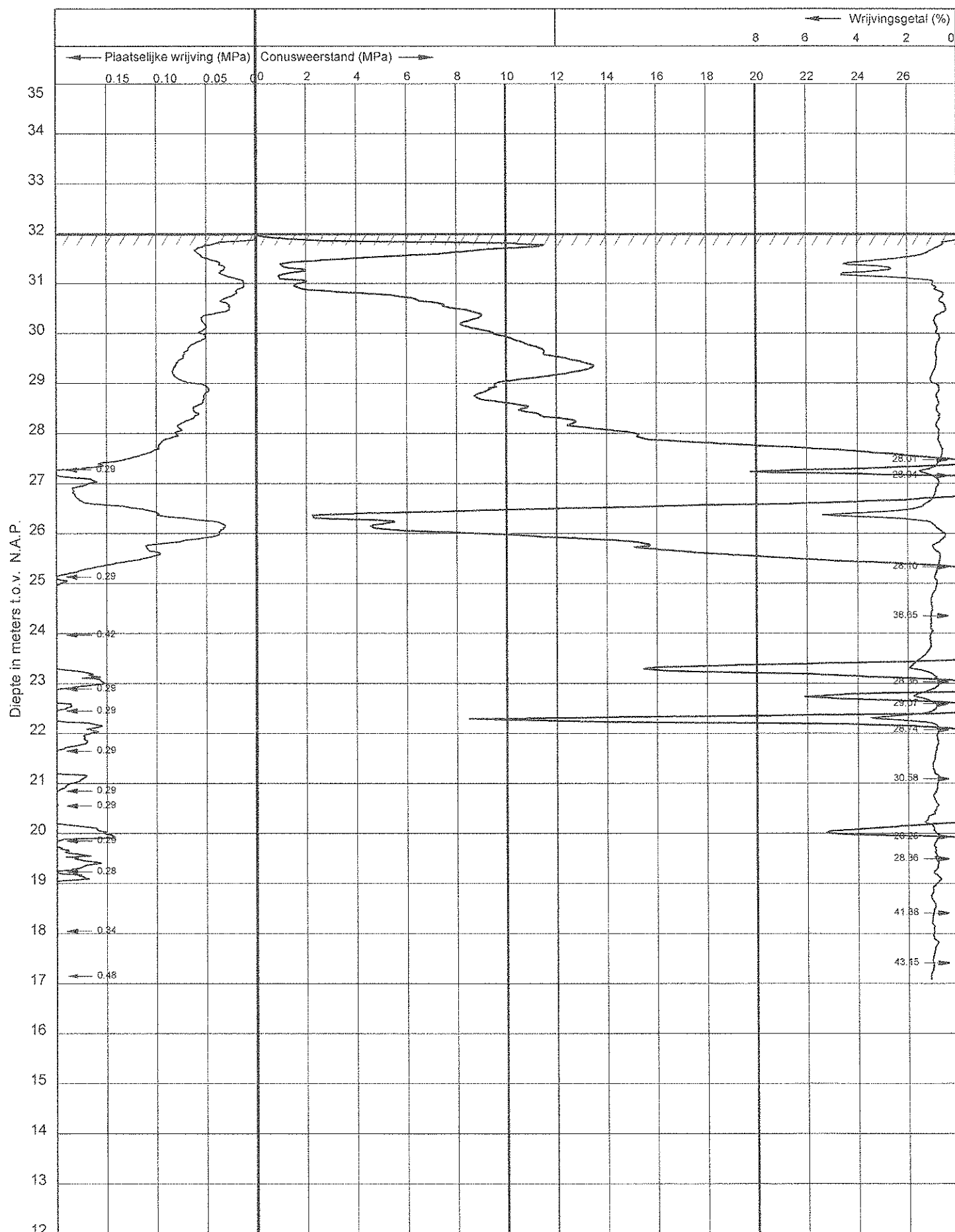
Toelichting sonderingen

De sondeergegevens worden in een grafiek weergegeven waarbij, indien van toepassing, het wrijvingsgetal (verhouding plaatselijke wrijving / conusweerstand) is berekend en gepresenteerd. Het wrijvingsgetal geeft samen met de conusweerstand over het algemeen een indicatie van de bodemopbouw onder de grondwaterstand. In navolgende tabel zijn enige indicatieve waarden hiervoor aangegeven. Opgemerkt wordt dat boven het grondwater de waarden hiervan kunnen afwijken.

Grondsoort	Conusweerstand (q_c) [MPa]	Wrijvingsgetal (f_s/q_c) [%]
zand, grind	> 5	0,2 - 1,0
siltig zand,	> 4	0,8 - 1,4
kleiig zand	> 2	1,0 - 2,0
leem	1 - 3	2,0 - 4,0
klei	0 - 5	2,0 - 6,0
venige klei	0 - 6	5,0 - 8,0

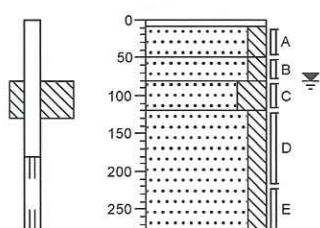






B1

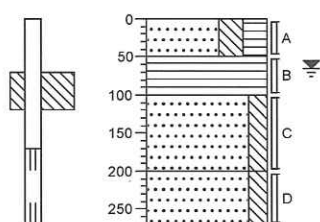
Datum: 17/08/2011
Opmerking:
GWS: 80



0	klinter
50	Zand, matig fijn, matig siltig, sterk puinhoudend, lichtbruin
80	Zand, matig fijn, matig siltig, lichtbruin
120	Zand, matig fijn, uiterst siltig, lichtbruin
280	Zand, matig fijn, matig siltig, grijsbruin

B2

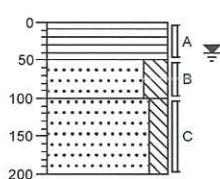
Datum: 17/08/2011
Opmerking:
GWS: 65



0	Zand, matig fijn, sterk siltig, sterk humeus, donkerbruin
50	Veen, mineraalarm, donkerbruin
100	Zand, matig fijn, matig siltig, bruingrijs
200	Zand, matig fijn, matig siltig, lichtgrijs
270	

B3

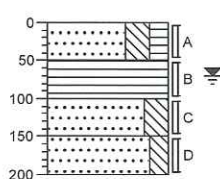
Datum: 17/08/2011
Opmerking:
GWS: 40



0	Veen, mineraalarm, donkerbruin
50	Zand, matig fijn, sterk siltig, lichtbruin
100	Zand, matig fijn, matig siltig, grijsbruin
200	

B4

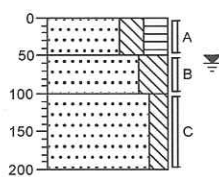
Datum: 17/08/2011
Opmerking:
GWS: 70



0	Zand, matig fijn, sterk siltig, matig humeus, donkerbruin
50	Veen, mineraalarm, zwartbruin
100	Zand, matig fijn, sterk siltig, lichtbruin
150	Zand, matig fijn, matig siltig, lichtbruin
200	

B5

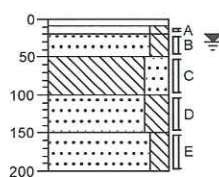
Datum: 17/08/2011
Opmerking:
GWS:



0	
50	Zand, matig fijn, sterk siltig, sterk humeus, donkerbruin
100	Zand, matig fijn, uiterst siltig, lichtbruin
200	Zand, matig fijn, matig siltig, lichtbruin

B6

Datum: 17/08/2011
Opmerking:
GWS:



0	
20	klinker
50	Zand, matig fijn, matig siltig, matig puinhoudend, lichtbruin
100	Zand, matig fijn, matig siltig, bruinrij
150	Leem, sterk zandig, lichtbruin
200	Zand, matig fijn, sterk siltig, lichtbruin

Waterpasstaat

Deze waterpassing is uitgevoerd met behulp van dGPS.

Datum uitvoering : 17 en 18 augustus 2011

Meetpunt	Hoogte [m t.o.v. NAP]
sondering 1	31,80 +
sondering 2	32,01 +
boring 1 maaiveld	31,90 +
boring 1 kop peilbuis	31,88 +
boring 2 maaiveld	31,38 +
boring 2 kop peilbuis	31,69 +
boring 3	31,60 +
boring 4	31,69 +
boring 5	31,75 +
boring 6	31,73 +
straathoogte	33,06 +
dorpel	31,86 +
waterpeil	31,36 +

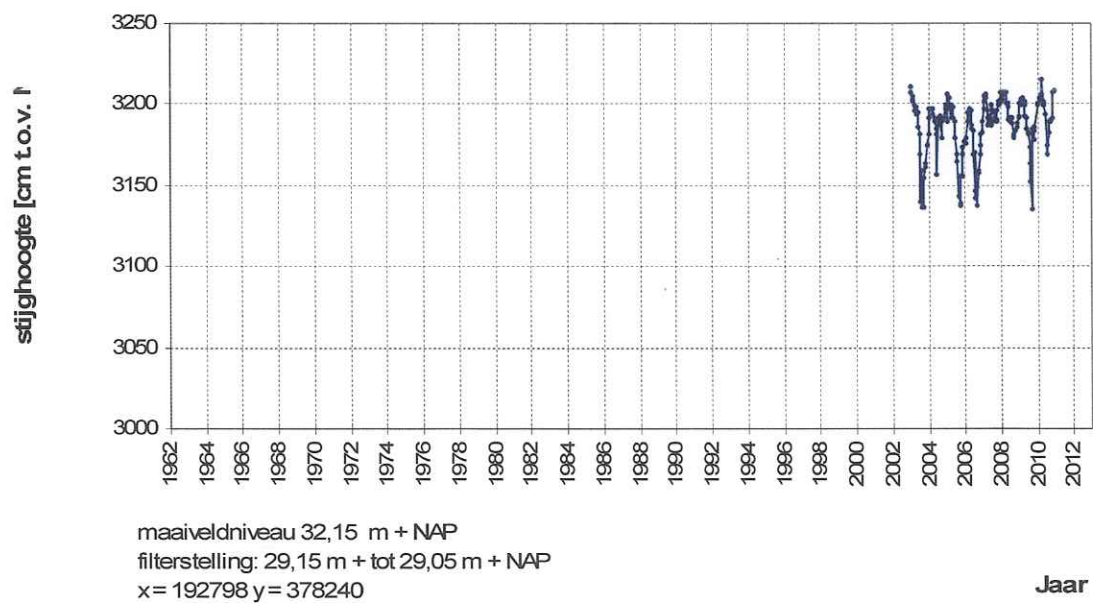
Opmerking

Hoogten in deze waterpasstaat zijn uitsluitend bedoeld om inzicht te verkrijgen in de maaiveldhoogten van de meetpunten. Zonder verificatie door de gebruiker mogen deze hoogten niet voor andere doeleinden worden gebruikt.

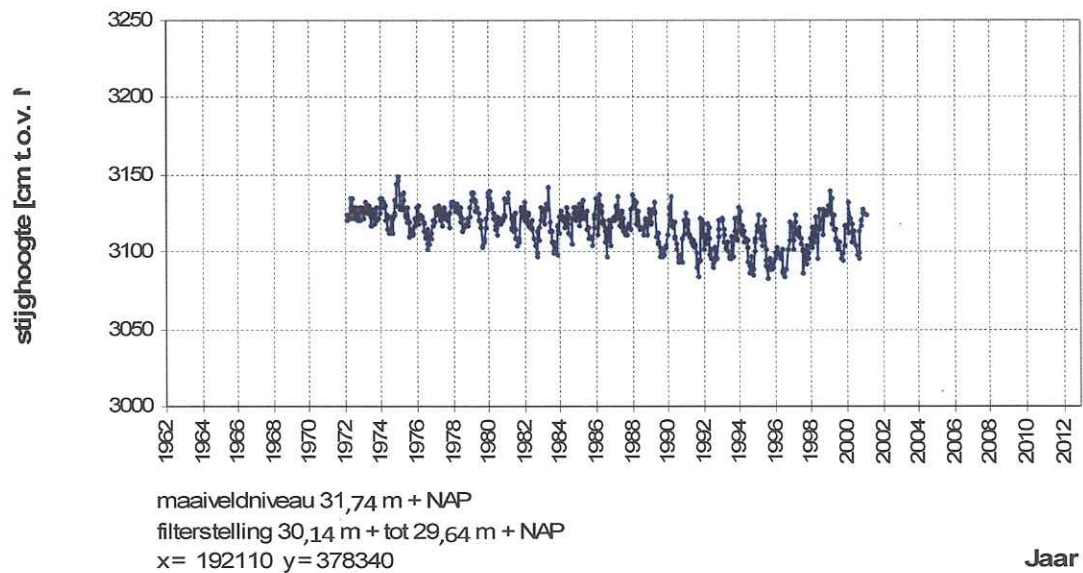
Bijlage 2 : TNO-grondwaterstandgegevens



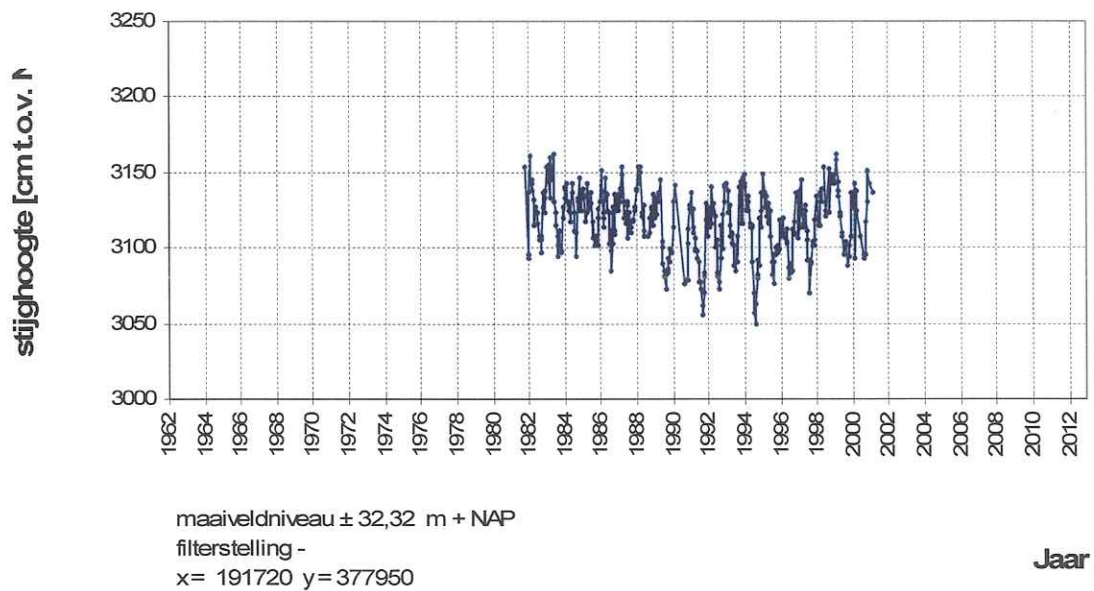
Peilbuis B52D 0495



Peilbuis B52D 0507



Peilbuis B52D 0564



Bijlage 3 : Analyseresultaten



Analyserapport

Lankelma Geo. Zuid BV
I. van der Huist
Postbus 38
5688 ZG OIRSCHOT

Blad 1 van 4

Uw projectnaam : Helenaveen, Soemeersingel 39a
Uw projectnummer : 92367
ALcontrol rapportnummer : 11704907, versie nummer: 1
Rapport verificatie nummer : UQ7FXH2X

Rotterdam, 01-09-2011

Geachte heer/mevrouw,

Hierbij ontvangt u de analyse resultaten van het laboratoriumonderzoek ten behoeve van uw project 92367. Het onderzoek werd uitgevoerd conform uw opdracht. De gerapporteerde resultaten hebben uitsluitend betrekking op de geteste monsters. De door u aangegeven omschrijvingen voor de monsters en het project zijn overgenomen in dit analyserapport.

Het onderzoek is, met uitzondering van eventueel door derden uitgevoerd onderzoek, uitgevoerd door ALcontrol Laboratories, gevestigd aan de Steenhouwerstraat 15 in Rotterdam (NL).

Dit analyserapport bestaat inclusief bijlagen uit 4 pagina's. In geval van een versienummer van '2' of hoger vervallen de voorgaande versies. Alle bijlagen maken onlosmakelijk onderdeel uit van het rapport. Alleen vermenigvuldiging van het hele rapport is toegestaan.

Mocht u vragen en/of opmerkingen hebben naar aanleiding van dit rapport, bijvoorbeeld als u nadere informatie nodig heeft over de meetonzekerheid van de analyseresultaten in dit rapport, dan verzoeken wij u vriendelijk contact op te nemen met de afdeling Customer Support.

Wij vertrouwen er op u met deze informatie van dienst te zijn.

Hoogachtend,



R. van Duin
Laboratory Manager



Lankelma Geo. Zuid BV
I. van der Hulst

Analyserapport

Blad 2 van 4

Projectnaam Helenaveen, Soemeersingel 39a
Projectnummer 92367
Rapportnummer 11704907 - 1

Orderdatum 26-08-2011
Startdatum 26-08-2011
Rapportagedatum 01-09-2011

Analyse	Eenheid	Q	001	002	003	004	005
droge stof	gew.-%	Q	83.2	80.2	84.3	77.7	80.8
calciet	% vd DS	Q	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
organische stof (gloeiverlies)	% vd DS	Q	2.4	0.8	<0.5	2.3	<0.5
KORRELGROOTTEVERDELING							
min. delen <2um	% vd DS	Q	2.5	3.0	1.4	5.2	4.2
min. delen <2um	% min st	Q	3.0	3.0	1.5	5.5	4.2
min. delen <16um	% min st	Q	4.1	3.3	1.6	7.8	5.1
min. delen <32um	% min st	Q	5.0	3.4	2.1	12	5.9
min. delen <50um	% min st	Q	9.5	6.7	5.1	22	12
min. delen <63um	% min st	Q	11	9.9	7.7	27	16
min. delen <125um	% min st	Q	25	33	23	51	39
min. delen <250um	% min st	Q	63	84	60	88	84
min. delen <500um	% min st	Q	88	99	99	98	96
min. delen <1mm	% min st	Q	96	100	100	100	99
min. delen <2mm	% min st	Q	99	100	100	100	100
min. delen >2mm	% vd DS	Q	<1	<1	<1	<1	<1
pH-KCl	-	Q	6.9 ¹⁾	4.7 ¹⁾	4.5 ¹⁾	4.4 ¹⁾	4.7 ¹⁾
temperatuur t.b.v. pH	°C		20.9	20.6	20.6	20.9	21.7

De met S gemerkte analyses zijn geaccrediteerd en vallen onder de AS3000 erkenning. Overige accreditaties zijn gemerkt met een Q.

Nummer	Monstersoort	Monsterspecificatie
001	Grond	k1 B1 (8-50) B6 (20-50) B4 (0-50) B2 (0-50) B5 (0-50)
002	Grond	k2 B1 (120-220) B2 (100-200) B5 (100-200)
003	Grond	k3 B1 (220-280) B2 (200-270)
004	Grond	k4 B6 (100-150) B4 (100-150) B3 (50-100)
005	Grond	k5 B6 (150-200) B4 (150-200) B3 (100-200)

Paraaf:





Lankelma Geo. Zuid BV
I. van der Hulst

Analyserapport

Blad 3 van 4

Projectnaam Helenaveen, Soemeersingel 39a
Projectnummer 92367
Rapportnummer 11704907 - 1

Orderdatum 26-08-2011
Startdatum 26-08-2011
Rapportagedatum 01-09-2011

Voetnoten

- 1 De periode tussen monsterneming en in behandeling nemen op het lab was groter dan de toegestane conserveertermijn volgens SIKB protocol 3001.



Lankelma Geo. Zuid BV
I. van der Hulst

Analyserapport

Blad 4 van 4

Projectnaam Helenaveen, Soemeersingel 39a
Projectnummer 92367
Rapportnummer 11704907 - 1

Orderdatum 26-08-2011
Startdatum 26-08-2011
Rapportagedatum 01-09-2011

Analyse	Monstersoort	Relatie tot norm
droge stof	Grond	Grond: gelijkwaardig aan NEN-ISO 11465, conform OVAM-methode CMA 2/II/A.1 Grond (AS3000); conform AS3010-2
calciet	Grond	Eigen methode
organische stof (gloeiverlies)	Grond	Gelijkwaardig aan NEN 5754 (Org. stof gecorrigeerd voor 10% lutum)
min. delen <2um	Grond	Conform AS3010-4
min. delen <2um	Grond	Eigen methode, pipetmethode
min. delen <16um	Grond	Idem
min. delen <32um	Grond	Idem
min. delen <50um	Grond	Eigen methode, zeef methode
min. delen <63um	Grond	Idem
min. delen <125um	Grond	Idem
min. delen <250um	Grond	Idem
min. delen <500um	Grond	Idem
min. delen <1mm	Grond	Idem
min. delen <2mm	Grond	Idem
min. delen >2mm	Grond	Eigen methode, zeefmethode
pH-KCl	Grond	Conform NEN-ISO 10390 / Conform CMA 2/II/A.20

Monster	Barcode	Aanlevering	Monstername	Verpakking
001	Y3334929	17-08-2011	17-08-2011	ALC201
001	Y3334931	17-08-2011	17-08-2011	ALC201
001	Y3334935	17-08-2011	17-08-2011	ALC201
001	Y3335422	17-08-2011	17-08-2011	ALC201
001	Y3335451	17-08-2011	17-08-2011	ALC201
002	Y3334928	17-08-2011	17-08-2011	ALC201
002	Y3335434	17-08-2011	17-08-2011	ALC201
002	Y3335448	17-08-2011	17-08-2011	ALC201
003	Y3334926	17-08-2011	17-08-2011	ALC201
003	Y3335449	17-08-2011	17-08-2011	ALC201
004	Y3334918	17-08-2011	17-08-2011	ALC201
004	Y3334921	17-08-2011	17-08-2011	ALC201
004	Y3335432	17-08-2011	17-08-2011	ALC201
005	Y3334924	17-08-2011	17-08-2011	ALC201
005	Y3334930	17-08-2011	17-08-2011	ALC201
005	Y3335433	17-08-2011	17-08-2011	ALC201



Paraaf:

Bijlage 4 : Berekeningsresultaten fundering op staal

Draagkracht- en zakkingsberekening voor funderingen op staal volgens NEN 6744:2007

Bepaling van de draagkracht en zakking van funderingen op staal ten behoeve van de toetsing aan de uiterste (grenstoestand 1) en de bruikbaarheidsgrenstoestand (grenstoestand 2).

Grondparameters

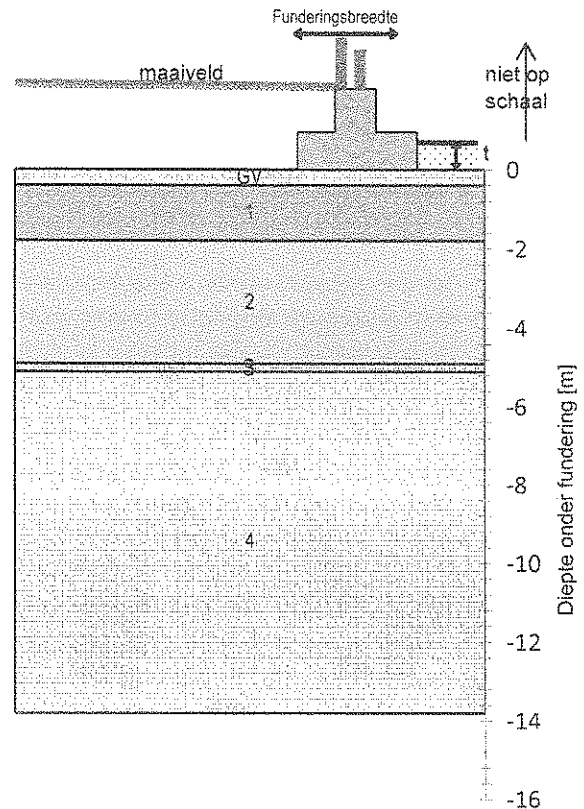
De representatieve waarden van de grondparameters van de verschillende bodemlagen zijn op basis van het grondonderzoek ingeschat aan de hand van tabel 1 uit de NEN 6740:2006, eventueel i.c.m. algemene/locale kennis en ervaring.

Materiaalfactoren (γ_m)

	draagkracht	zakking
- Volumiek gewicht	1,1	1
- Tangent hoek inwendige wrijving	1,15	1
- Ongedraineerde schuifsterkte	1,35	1
- Cohesie	1,6	1

Uitgangspunten project (berkeningsaannamen)

Oorspronkelijke maaiveldhoogte	31,90 [m tov NAP]
Toekomstige maaiveldhoogte	32,00 [m tov NAP]
Hoek maaiveld met horizontaal	0,0 [°]
Maatgevende gronddekking (t)	0,4 [m]
Aanlegniveau fundering	31,30 [m tov NAP]
Hoge grondwaterstand	31,5 [m tov NAP]
Lage grondwaterstand	30,7 [m tov NAP]
Pre-overburden pressure (POP)	2,0 [kN/m ²]
Volumiek gewicht gronddekking droog / nat	17/ 19 [kN/m ³]
maatgevend gestelde dikte gronddekking	0,4 [m]



figuur 1.1 - Schematisatie van de bodemopbouw

Opmerking t.a.v. grondverbetering

De gunstige invloed van grondverbetering is, in afwijking op NEN 6744, verdisconteerd in de draagkracht. De bodem van de ontgraving moet hierbij wel een zodanige breedte hebben dat deze buiten het spanningsverspreidingsgebied van de fundering ligt, uitgaande van een belastingsverspreiding onder 45°.

tabel 1.2 - representatieve waarden van de gehanteerde grondparameters voor de oorspronkelijke bodemopbouw

laag	onderzijde [m tov NAP]	γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kN/m ²]	f_{undr} [kN/m ²]	C_c [-]	C_{α} [-]	e_0 [-]
1	29,5	18,5	21,0	34,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,50
2	26,4	20,0	22,0	37,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,30
3	26,2	18,0	20,0	29,0	2,0	140,0	0,1	0,0	0,85
4	17,5	20,0	22,0	37,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,30

tabel 1.3 - representatieve waarden van de gehanteerde grondparameters voor grondverbetering en/of ophoging

grondverb.	30,9	18,0	20,0	32,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,58
------------	------	------	------	------	-----	-----	-----	-----	------

Symbolen en eenheden

γ	volumieke gewicht van grond	kN/m ³	e_0	poriëngetal van de grond	-
γ_{sat}	volumieke gewicht van verzadigde grond	kN/m ³	t	gronddekking	m
ϕ'	effectieve hoek van inwendige wrijving	°	σ'_{maxd}	rekenwaarde funderingsdruk	kPa
c'	effectieve cohesie	kN/m ²	$F_{r,v,d}$	rekenwaarde verticale draagkracht	kN
f_{undr}	ongedraineerde schuifsterkte	kN/m ²	$w_{1,d}$	rekenwaarde primaire zakking	mm
σ'_{maxd}	maximale draagkracht	kN/m ²	$w_{2,d}$	rekenwaarde secundaire zakking	mm
C_c	primaire samendrukkingsindex	-	w_d	rekenwaarde van de totale zakking	mm
C_{α}	secundaire samendrukkingsindex	-	$k_{r,d}$	rekenwaarde statische beddingscoëfficiënt	kN/m ³

Draagkrachtberekening voor strokenfundering volgens NEN 6744:2007

Berekening van de maximale draagkracht loodrecht op het oppervlak van de fundering volgens NEN 6744 § 5.2.

Voor zand en grind wordt enkel de gedraineerde toestand beschouwd, voor klei, silt en andere grondsoorten worden zowel de gedraineerde als de ongedraineerde toestand onderzocht. In tabel 2.1 zijn de berekeningsresultaten weergegeven.

tabel 2.1 - Rekenwaarden maximale funderingsdruk en draagkracht

Strookbreedte [m]	Rekenwaarde maximale funderingsdruk in verschillende toestanden**				toelaatbare funderingsdruk*	toelaatbare rekenwaarde maximale draagkracht*
	$\sigma'_{max;d}$ [kN/m ²]				$\sigma'_{max;d}$ [kN/m ²]	$F_{r,v,d}$ [kN/m']
	Ongedrain.	Gedraineerd	Doorponsen	Squeezing		
0,40	n.v.t.	115	n.v.t.	n.v.t.	115	46
0,50	n.v.t.	124	n.v.t.	n.v.t.	124	62
0,60	n.v.t.	135	n.v.t.	n.v.t.	135	81
0,70	n.v.t.	145	n.v.t.	n.v.t.	145	101
0,80	n.v.t.	154	n.v.t.	n.v.t.	154	124
0,90	n.v.t.	164	n.v.t.	n.v.t.	164	148
1,00	n.v.t.	174	n.v.t.	n.v.t.	174	174
1,10	n.v.t.	184	n.v.t.	n.v.t.	184	202
1,20	n.v.t.	194	n.v.t.	n.v.t.	194	233
1,30	n.v.t.	205	n.v.t.	n.v.t.	205	266
1,40	n.v.t.	217	n.v.t.	n.v.t.	217	303
1,50	n.v.t.	229	n.v.t.	n.v.t.	229	344
1,60	1771	242	n.v.t.	n.v.t.	242	388
1,70	1831	256	n.v.t.	n.v.t.	256	435
1,80	1890	270	n.v.t.	n.v.t.	270	486
1,90	1950	284	n.v.t.	n.v.t.	284	540
2,00	2009	299	n.v.t.	n.v.t.	299	597
2,10	2069	313	n.v.t.	n.v.t.	313	658

* Bij permanente gronddekking: 0,4 m

** De maatgevende toestand is dik gedrukt

Voor de maatgevende toestand worden in tabel 2.2 de rekenwaarden maximale funderingsdruk en draagkracht weergegeven bij verschillende dikten van gronddekking (indien van toepassing).

tabel 2.2 - Rekenwaarde maximale funderingsdruk en draagkracht bij aangegeven dikte gronddekking

Strookbreedte [m]	Rekenwaarde maximale funderingsdruk				Rekenwaarde maximale draagkracht			
	$\sigma'_{max;d}$ [kN/m ²]				$F_{r,v,d}$ [kN/m']			
Gronddekking [m] →	0,1	0,2	0,3	0,4	0,1	0,2	0,3	0,4
0,40	43	58	86	115	17	23	35	46
0,50	52	67	96	124	26	34	48	62
0,60	61	76	105	135	37	46	63	81
0,70	70	86	115	145	49	60	81	101
0,80	79	95	125	154	63	76	100	124
0,90	89	104	134	164	80	94	121	148
1,00	98	114	144	174	98	114	144	174
1,10	107	123	154	184	118	136	169	202
1,20	117	133	163	194	140	160	196	233
1,30	127	143	174	205	165	186	226	266
1,40	138	155	186	217	193	216	260	303
1,50	150	166	198	229	225	249	297	344
1,60	162	179	210	242	259	286	337	388
1,70	174	191	224	256	297	326	380	435
1,80	187	205	237	270	337	368	427	486
1,90	201	218	251	284	382	415	477	540
2,00	214	232	265	299	429	464	531	597
2,10	228	246	280	313	479	517	587	658

Zakkingsberekening voor strokenfundering volgens NEN 6740:2006 & 6744:2007

Berekening van de zakking van de bovenkant van het funderingselement, waarbij cf. NEN6702 enkel de gebruiksbelasting ($F_{s,v;d}$) in rekening is gebracht (partiele belastingfactor $\gamma_{f,g}=1,0$). De beddingscoëfficiënten zijn afgeleid van vermelde primaire zakkings berekend voor bruikbaarheidstoestand 2.

In tabel 3.1 zijn de berekeningsresultaten weergegeven.

tabel 3.1 - Rekenwaarden zakking en statische beddingscoëfficiënt (gronddekking 0,4 m)

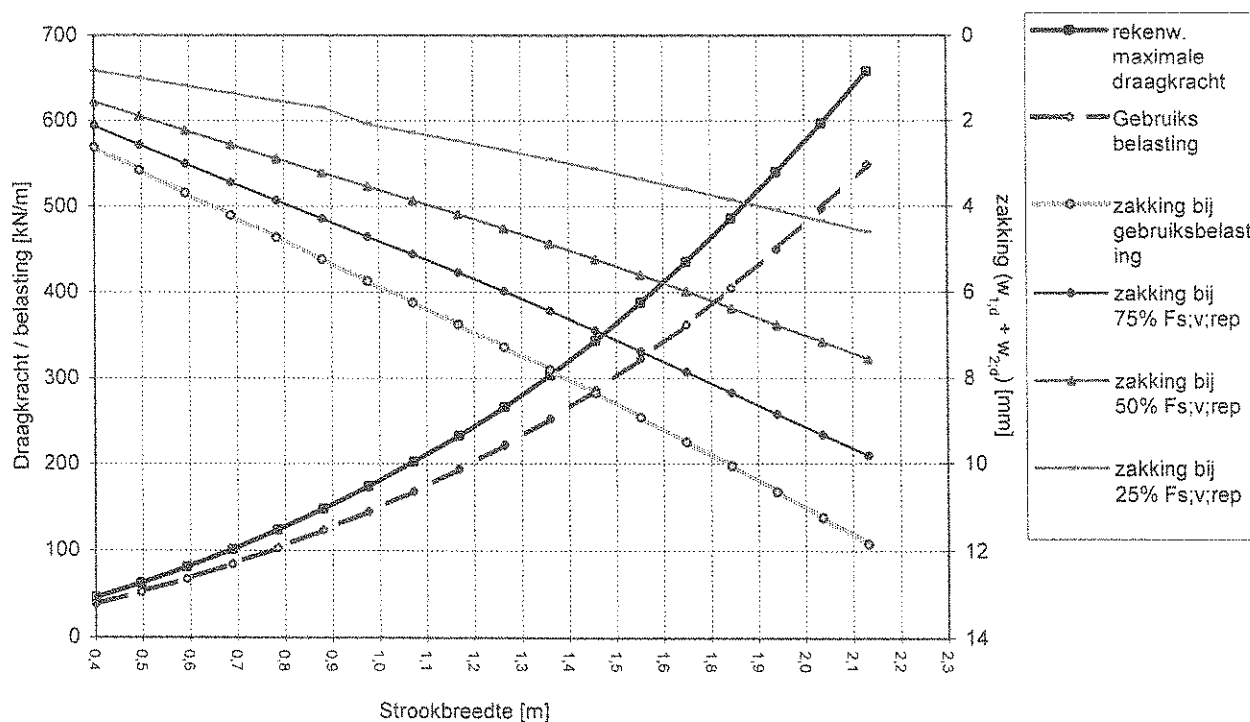
Strookbreedte	Gebruiks belasting	Berekende primaire zakking	Berekende secundaire zakking*	Extra zakking tgv ophoging maaiveld	Berekende totale zakking**	Statische beddingscoëfficiënt
[m]	$F_{s,v;rep}$ [kN/m ²]	$W_{1;d}$ [mm]	$W_{2;d}$ [mm]	W_{extra} [mm]	W_d [mm]	$k_{v,d}$ [kN/m ³]
0,40	38	2,5	0,1	0,0	2,6	28000
0,50	52	3,0	0,1	0,0	3,2	26000
0,60	67	3,5	0,2	0,0	3,7	24000
0,70	84	4,0	0,2	0,0	4,2	23000
0,80	103	4,5	0,2	0,0	4,7	22000
0,90	123	5,0	0,3	0,0	5,2	21000
1,00	145	5,4	0,3	0,0	5,7	20000
1,10	169	5,9	0,4	0,0	6,2	20000
1,20	194	6,3	0,4	0,0	6,8	19000
1,30	222	6,8	0,5	0,0	7,3	19000
1,40	253	7,3	0,5	0,0	7,8	19000
1,50	286	7,7	0,6	0,0	8,3	19000
1,60	323	8,2	0,7	0,0	8,9	19000
1,70	362	8,8	0,7	0,0	9,5	18000
1,80	405	9,2	0,8	0,0	10,1	19000
1,90	450	9,8	0,9	0,0	10,6	18000
2,00	498	10,3	0,9	0,0	11,2	18000
2,10	548	10,8	1,0	0,0	11,8	18000

* Berekend cf. NEN 6744, waarbij in afwijking Ca is afgeleid van methode Koppejan (spanningsafhankelijk)

** Bij de toetsing met betrekking tot bruikbaarheids-grenstoestand 2 moet voldaan worden aan: $w_d \leq 150$

Draagkracht- en zakkingsgrafiek

In de onderstaande draagkracht - zakkingsgrafiek zijn de zakkings weergegeven bij verschillende momentane belastingen en strookbreedten.



Draagkrachtberekening voor poerenfundering volgens NEN 6744:2007

Berekening van de maximale draagkracht loodrecht op het oppervlak van de fundering volgens NEN 6744 § 5.2.

Voor zand en grind wordt enkel de gedraineerde toestand beschouwd, voor klei, silt en andere grondsoorten worden zowel de gedraineerde als de ongedraineerde toestand onderzocht. In tabel 4.1 zijn de berekeningsresultaten weergegeven.

tabel 4.1 - Rekenwaarden maximale funderingsdruk en draagkracht

Poerafmeting		Rekenwaarde maximale funderingsdruk in verschillende toestanden**				toelaatbare funderingsdruk*	toelaatbare rekenwaarde maximale draagkracht*
B	L	$\sigma'_{max,d}$ [kN/m²]				$\sigma'_{max,d}$ [kN/m²]	$F_{r,v,d}$ [kN]
[m]	[m]	Ongedrain.	Gedraineerd	Doorponsen	Squeezing		
0,40	0,40	n.v.t.	148	n.v.t.	n.v.t.	148	24
0,50	0,50	n.v.t.	156	n.v.t.	n.v.t.	156	39
0,60	0,60	n.v.t.	164	n.v.t.	n.v.t.	164	59
0,70	0,70	n.v.t.	172	n.v.t.	n.v.t.	172	84
0,80	0,80	n.v.t.	180	n.v.t.	n.v.t.	180	115
0,90	0,90	n.v.t.	188	n.v.t.	n.v.t.	188	152
1,00	1,00	n.v.t.	195	n.v.t.	n.v.t.	195	195
1,10	1,10	n.v.t.	203	n.v.t.	n.v.t.	203	245
1,20	1,20	n.v.t.	210	n.v.t.	n.v.t.	210	302
1,30	1,30	n.v.t.	218	n.v.t.	n.v.t.	218	369
1,40	1,40	n.v.t.	228	n.v.t.	n.v.t.	228	446
1,50	1,50	n.v.t.	237	n.v.t.	n.v.t.	237	534
1,60	1,60	6219	248	n.v.t.	n.v.t.	248	634
1,70	1,70	6644	258	n.v.t.	n.v.t.	258	746
1,80	1,80	7083	269	n.v.t.	n.v.t.	269	871
1,90	1,90	7536	280	n.v.t.	n.v.t.	280	1011
2,00	2,00	8003	291	n.v.t.	n.v.t.	291	1165
2,10	2,10	8484	303	n.v.t.	n.v.t.	303	1334

* Bij permanente gronddekking: 0,4 m

** De maatgevende toestand is dik gedrukt

Voor de maatgevende toestand worden in tabel 4.2 de rekenwaarden maximale funderingsdruk en draagkracht weergegeven bij verschillende dikten van gronddekking (indien van toepassing).

tabel 4.2 - Rekenwaarde maximale funderingsdruk en draagkracht bij aangegeven dikte gronddekking

Poerafmeting		Rekenwaarde maximale funderingsdruk				Rekenwaarde maximale draagkracht			
B	L	$\sigma'_{max,d}$ [kN/m²]				$F_{r,v,d}$ [kN]			
[m]	[m]								
Gronddekking [m] →		0,1	0,2	0,3	0,4	0,1	0,2	0,3	0,4
0,40	0,40	42	64	106	148	7	10	17	24
0,50	0,50	48	71	114	156	12	18	28	39
0,60	0,60	55	78	121	164	20	28	44	59
0,70	0,70	61	85	129	172	30	41	63	84
0,80	0,80	68	91	136	180	44	59	87	115
0,90	0,90	75	98	143	188	60	80	116	152
1,00	1,00	81	105	150	195	81	105	150	195
1,10	1,10	88	112	157	203	106	135	190	245
1,20	1,20	95	119	164	210	136	171	237	302
1,30	1,30	102	126	172	218	172	213	291	369
1,40	1,40	110	134	181	228	215	263	355	446
1,50	1,50	118	143	190	237	266	322	428	534
1,60	1,60	127	152	200	248	325	389	511	634
1,70	1,70	136	161	210	258	392	466	606	746
1,80	1,80	145	171	220	269	470	554	713	871
1,90	1,90	155	181	230	280	558	653	832	1011
2,00	2,00	164	191	241	291	657	764	964	1165
2,10	2,10	174	201	252	303	768	887	1110	1334

Zakkingsberekening voor poerenfundering volgens NEN 6740:2006 & 6744:2007

Berekening van de zakking van de bovenkant van het funderingselement, waarbij cf. NEN6702 enkel de gebruiksbelasting ($F_{s,v,d}$) in rekening is gebracht (partiële belastingfactor $\gamma_{t,g}=1,0$). De beddingscoëfficiënten zijn afgeleid van vermelde primaire zakkingen berekend voor bruikbaarheidstoestand 2.

In tabel 5.1 zijn de berekeningsresultaten weergegeven.

tabel 5.1 - Rekenwaarden zakking en statische beddingscoëfficiënt (gronddekking 0,4 m)

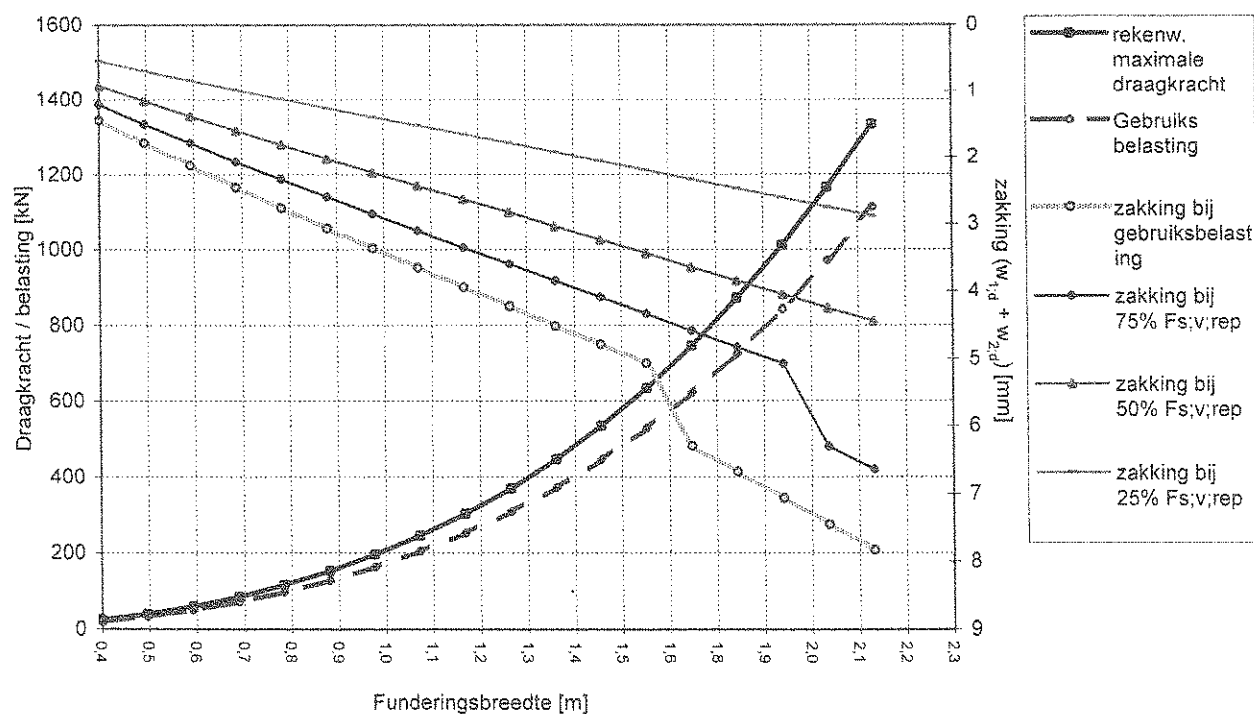
Poerafmeting		Gebruiks belasting	Berekende primaire zakking	Berekende secundaire zakking*	Extra zakking tgv ophoging maaiveld	Berekende totale zakking**	Statische beddingscoëfficiënt
B	L	$F_{s;v,rep}$	$W_{1;d}$	$W_{2;d}$	W_{extra}	W_d	$k_{v;d}$
[m]	[m]	[kN]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[kN/m ³]
0,40	0,40	20	1,4	0,0	0,0	1,4	67000
0,50	0,50	33	1,8	0,0	0,0	1,8	56000
0,60	0,60	49	2,1	0,0	0,0	2,1	51000
0,70	0,70	70	2,4	0,0	0,0	2,4	47000
0,80	0,80	96	2,8	0,0	0,0	2,8	42000
0,90	0,90	127	3,1	0,0	0,0	3,1	39000
1,00	1,00	163	3,4	0,0	0,0	3,4	37000
1,10	1,10	204	3,6	0,0	0,0	3,6	37000
1,20	1,20	252	3,9	0,0	0,0	3,9	35000
1,30	1,30	308	4,2	0,0	0,0	4,2	34000
1,40	1,40	372	4,5	0,0	0,0	4,5	33000
1,50	1,50	445	4,8	0,0	0,0	4,8	32000
1,60	1,60	528	5,1	0,0	0,0	5,1	32000
1,70	1,70	622	5,6	0,7	0,0	6,3	30000
1,80	1,80	726	5,9	0,8	0,0	6,7	30000
1,90	1,90	842	6,2	0,9	0,0	7,1	29000
2,00	2,00	971	6,5	0,9	0,0	7,4	29000
2,10	2,10	1112	6,8	1,0	0,0	7,8	29000

* Berekend cf. NEN 6744, waarbij in afwijking C α is afgeleid van methode Koppejan (spanningsafhankelijk)

** Bij de toetsing met betrekking tot bruikbaarheids-grenstoestand 2 moet voldaan worden aan: $wd \leq 150$

Draagkracht- en zakkinggrafieek

In de onderstaande draagkracht - zakkingsdiagram zijn de zakkingen weergegeven bij verschillende momentane belastingen en funderingsbreedten. Voor de eventueel bijbehorende funderingslengte wordt verwezen naar tabel 5.1



Bijlage 5 : Algemene richtlijnen uitvoering grondverbetering

ALGEMENE RICHTLIJNEN VOOR DE UITVOERING VAN GRONDVERBETERINGEN (gebaseerd op NEN 6740).

Algemeen

Voor aanvang van de uitvoering van ontgravingen en grondverbeteringen moeten de navolgende zaken bekend of gecontroleerd te zijn:

- Voldoet de uitvoering aan de gestelde uitgangspunten van het rapport zoals bodemopbouw en grondwaterniveau, ontgravingsdiepte, aanlegniveau en afmetingen fundering.
- De locaties waar sonderingen (en boringen) zijn gemaakt in relatie tot het funderingsplan.
- De maaiveldhoogten ter plaatse van de te maken fundering.
- De maaiveldhoogten ter plaatse van de sondeer(- en boor)locaties.

Grondwater/bemaling

Tijdens de uitvoering van de graafwerkzaamheden moet het grondwaterniveau zo nodig worden verlaagd, zodanig dat de bodem van de put droog is en de grondwaterstand zich beneden de invloedssfeer van de verdichtingsapparatuur bevindt. Wanneer de grondwaterstand te hoog is, kan mede afhankelijk van de waterdoorlatendheid van het toegepaste zand, de ondergrond en de gebruikte verdichtingsapparatuur, een "drijfzand"-situatie ontstaan. Eén en ander heeft tot gevolg dat verdichting onmogelijk wordt. Over het algemeen zal een verlaging van het grondwaterniveau met hulp van een bemaling tot 0,5 m onder de putbodem het gewenste resultaat opleveren.

De grondwaterspiegel mag niet méér worden verlaagd dan voor een goede uitvoering van de graafwerkzaamheden noodzakelijk is, dit vanwege ongunstige invloeden op de omgeving. Ook de bemalingsduur moet om dezelfde redenen zoveel mogelijk worden beperkt. In voorkomende gevallen is het mogelijk een kwalitatief goede grondverbetering te realiseren door optimale afstemming van ontgravingsdiepte, laagdikte, grondwaterniveau en verdichtingsapparatuur.

Ter controle van de stijghoogte van het grondwater kan worden overwogen vooraf één of meer peilbuizen te plaatsen.

Belendingen

Nagegaan moet worden of de noodzakelijke ontgravingen zonder risico voor de belendingen kunnen worden uitgevoerd. Hiertoe is informatie noodzakelijk omtrent de constructieve opbouw van deze belendingen, incl. de funderingswijze van de draagconstructie en de begane-grondvloeren. Dit geldt in het bijzonder voor ontgravingen dieper dan het aanlegniveau van de fundering van op staal gefundeerde belendingen. Dergelijke ontgravingen verminderen de draagkracht van de bestaande fundering en dienen daarom zoveel mogelijk te worden voorkomen. Daarnaast is de bouwkundige staat, waarin de panden zich bevinden, van belang.

Ontgraving

Bij afwezigheid van invloed van belendingen, ondergrondse kabels en leidingen kunnen de ontgravingen met een beperkte diepte worden uitgevoerd onder een talud van ca. 1 : 1. Hierbij is verondersteld dat langs de insteek van het talud geen zwaar materieel wordt geplaatst of zware materialen worden opgeslagen. Voor meer informatie wordt verwezen naar publicatieblad P no 25 "Putten en Sleuven" van de Arbeidsinspectie.

Nadat de geadviseerde ontgravingsniveaus zijn bereikt, moet met een handsondeerapparaat worden gecontroleerd of zich direct onder dit niveau nog samendrukbare laagjes bevinden die niet bij de sondering zijn aangetroffen. Deze controle moet vooral tussen de sonderingen (en boringen) intensief worden uitgevoerd. Worden dergelijke laagjes aangetroffen dan dienen deze laagjes, tenzij anders in het rapport is aangegeven, verder te worden verwijderd en vervangen door een grondverbetering.

Het ontgravingsvlak moet worden verdicht wanneer dat tijdens de graafwerkzaamheden is verstoord. Dit is alleen mogelijk wanneer zich onder het ontgravingsniveau niet cohesieve grond bevindt.

Indien de bodem van de put uit niet-cohesief materiaal bestaat zoals zand of grind (met een laag leemgehalte) dient de bodem te worden verdicht met een trilplaat. De mate van de verdichting dient te worden gecontroleerd, bijvoorbeeld met een handsondeerapparaat. Daarbij geldt als criterium dat de conusweerstand minimaal evenredig met de diepte moet toenemen tot minimaal 2,5 MPa op 0,1 m en 5 MPa op 0,3 m diepte.

Indien direct op vaste klei- (bijvoorbeeld op potklei); leem- of löss- afzettingen wordt aangelegd en geen grondverbetering is geadviseerd dient de laatste 0,1 m voorzichtig te worden afgeschaafd, zodat de klei; leem of löss beneden het ontgravingsniveau niet wordt geroerd. Om vervolgens verweking van de grondslag door neerslag te voorkomen moet zo snel mogelijk na ontgraven op de bodem van de

ontgraving een bescherm laag (bijvoorbeeld zand) van ten minste 0,1 m worden aangebracht. Cohesief materiaal zoals klei; leem en löss kan namelijk niet of nauwelijks worden verdicht.

Zandaanvulling grondverbetering

Indien het geadviseerde ontgravingsniveau lager ligt dan het aanlegniveau van de fundering moet een grondverbetering worden toegepast tot de onderkant van de fundering, en in het geval dat de vloeren op staal worden gefundeerd tot onderkant vloer.

Voor de uitvoering dienen de volgende richtlijnen te worden gevolgd:

- Het aanvulmateriaal moet laagsgewijs worden aangebracht en mechanisch worden verdicht door middel van trilapparatuur. De laagdikte moet zijn afgestemd op de verdichtingsapparatuur. Het is niet toegestaan een grondverbetering uit te voeren, waarbij aanplempen of inwateren van zand wordt toegepast.
- De laagdikte dient tijdens het verdichten bij voorkeur hooguit 0,3 m te bedragen.
- Bij voorkeur zal een grondverbetering tot een iets hoger peil (ca. 0,1 m) moeten worden uitgevoerd dan het aanlegniveau van de fundering, waarna de overhoogte voorzichtig weer wordt verwijderd.
- De aanvullingen van de bouwput rondom kelders en/of verdiepte funderingen moeten als grondverbetering worden uitgevoerd indien deze aanvulling binnen de invloedssfeer van een hoger gelegen bestaande of aan te brengen fundering ligt.

Kwaliteitseisen zand grondverbetering

Indien als aanvulmateriaal zand wordt gebruikt, dan moet dit aan de volgende eigenschappen voldoen:

- de korrel fractie kleiner dan 0,016 mm dient lager te zijn dan 5 gewichtsprocenten.
- de korrel fractie kleiner dan 0,063 mm dient lager te zijn dan 10 gewichtsprocenten.
- de gelijkmatigheidscoëfficiënt D_{60}/D_{10} moet tenminste 2 zijn. D_{60} = zeefopening met een doorval van 60 gewichtsprocenten. D_{10} - zeefopening met een doorval van 10 gewichtsprocenten;
- het humusgehalte (gloeiverlies) mag ten hoogste 3 gewichtsprocenten bedragen;
- de korrel vorm dient bij voorkeur enigszins hoekig te zijn;
- over het algemeen wordt een goede verdichting verkregen bij een vochtpercentage van ongeveer 6 á 12%. Indien het materiaal óf te nat óf te droog is wordt zelden de vereiste verdichting verkregen.
- middels proctor-proeven kan het optimale watergehalte van het materiaal worden bepaald in relatie tot de hoogst verkregen dichtheid bij een constante hoeveelheid toegevoegde energie.

Indien zand wordt toegepast dat niet geheel aan voorgenoemde eisen voldoet dan kan, ten koste van meer verdichtingsenergie en/of mogelijke vertraging bij ongunstige weersomstandigheden, soms toch nog het gewenste resultaat worden bereikt.

- in plaats van zand kunnen ook andere korrelige materialen worden toegepast zoals stolgrind, puingranulaat en dergelijke. Hierbij geldt echter een gelijkmatigheidscoëfficiënt D_{60}/D_{10} van tenminste 3.

Verdichting

Het verdichten van de zandaanvulling moet laagsgewijs, zoveel mogelijk in kruislings gerichte gangen, worden uitgevoerd (minimaal 4 gangen). Ter indicatie zijn in onderstaande tabel gegevens verstrekt ten behoeve van de aan te wenden verdichtingsapparatuur. Eén en ander dient te worden afgestemd op de kwaliteit van het zand en het te verdichten oppervlak.

Gewicht trilplaat in kN	Centrifugekracht [kN]	Capaciteit [m ² /uur]	Laagdikte [m]
1,5 á 2	15	200	0,15
2 á 3,5	30	300	0,20
3,5 á 5	40	400	0,30

Opgemerkt wordt dat de in de fabriekspecificatie opgegeven dieptewerking geen maatstaf is voor de toe te passen laagdikte, noch garantie biedt voor het verkrijgen van voldoende verdichting op het diepste niveau.

Aangezien het effect van de trilapparatuur zeer snel met de diepte afneemt, moet bij een grotere laagdikte rekening worden gehouden met forse toename van het aantal benodigde gangen. De effectiviteit en daarmee het aantal benodigde gangen is ook afhankelijk van het onderhoud en de slijtage van de apparatuur. Wanneer zware trilapparatuur wordt gebruikt, moet op het funderingsniveau nage-trild worden met een lichte trilplaat omdat een zware trilplaat of trilwals de bovenste ca. 15 cm niet verdicht maar juist losschudt.

Controle verdichting

Controle op de kwaliteit van de aangebrachte grondverbeteringen kan geschieden op de volgende wijze:

- verkenning met het visiteerijzer. Hiermee kan meteen na het aanbrengen van een laag een indruk worden verkregen van de bovenste verdichting van deze laag.
- mechanische (lichte)slagsonderingen. Hierbij kan het volledige aangebrachte pakket achteraf worden gecontroleerd.
- sonderingen (CPT NEN 5140). Indien de aangebrachte grondverbetering berijdbaar is voor een sondeertruck kan op deze wijze het volledige aangebrachte pakket achteraf worden gecontroleerd.
- handsonderingen. Vanwege de beperkte penetratie mogelijkheden kan hiermee een pakket van maximaal 50 cm diepte worden gecontroleerd. In combinatie met voorboren is deze diepe enigszins te vergroten.
- in-situ-dichtheidsbepalingen. Met volumesteekringen worden monsters genomen waarvan de dichtheid wordt bepaald. Ook nucleaire dichtheidsmetingen kunnen worden gebruikt.

Stijfheidseigenschappen op aanlegniveau van de fundering kunnen worden gecontroleerd door middel van plaatdruk- en CBR-proeven.

Eisen aangebrachte grondverbetering

Voor kwaliteitsbeoordeling van de aangebrachte grondverbeteringen worden in het algemeen de volgende kwalitatieve maatstaven gehanteerd:

- De indringing van een visiteerijzer met een doorsnede van 8 mm mag niet meer dan 10 à 15 cm bedragen.
- De conusweerstand moeten tot een diepte van ca 0,5 m gelijkmatig toenemen tot ca. 5 MPa. Hieronder moeten de conusweerstand een waarde bereiken van ca 10 MPa op 1 m diepte. Bij hoge funderingsdrukken en vervormingsgevoeligheid van het bouwwerk dienen hogere waarden te worden aangehouden.
- De beoordeling van de gemeten dichtheid moet worden gerelateerd aan de uit de proctor-proeven verkregen maximale dichtheid. De gemeten dichtheid dient minimaal 95 à 98 % van de standaard (maximale) proctor-dichtheid te bedragen.

