

Opdrachtgever:

**Bureau Verkuylen
Veemarktkade 8
5222 AE 's-Hertogenbosch**

Rapportnummer:

91946-XG

Datum rapport:

12 juli 2011

Status rapport:

definitief

Versie rapport:

Revisie 0

Status onderzoek:

compleet

Rapport
Funderings- en infiltratiegeschiktheidsadvies
**Nieuwbouw woonhuis aan de
Helvoirtsestraat 16 te Helvoirt**

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
2	Onderzoeksprogramma	2
2.1	Veldonderzoek.....	2
2.1.1	Sonderingen	2
2.1.2	Boringen	2
2.1.3	Terreinmeting	2
2.1.4	Waterdoorlatendheidsmetingen	2
2.2	Archiefonderzoek	2
2.2.1	NITG-TNO	2
2.2.2	Bodem-informatiekaarten / -bronnen	2
3	Bodemopbouw en (geo)hydrologie.....	3
3.1	Hoogte maaiveld.....	3
3.2	Bodemopbouw	3
3.2.1	Geologie van de bouwplaats en omgeving	3
3.3	Waterhuishouding.....	3
3.3.1	Oppervlaktewater / waterkeringen	3
3.3.2	Grondwater.....	4
3.3.3	Grondwateronttrekkingen	5
3.3.4	Natuur.....	5
3.4	Waterdoorlatendheid	5
3.4.1	Doorlatendheidsmetingen onverzadigde zone	5
3.4.2	Doorlatendheidsmetingen verzadigde zone	5
3.4.3	Archiefgegevens.....	5
3.5	Geschiktheid voor infiltratie.....	6
3.5.1	Interpretatie bodemeigenschappen	6
3.5.2	Geschiktheid voor infiltratie	6
4	Funderingsadvies.....	7
4.1	Funderingsontwerp	7
4.1.1	Funderingskeuze	7
4.1.2	Kelder	7
4.1.3	Stroken en poeren.....	7
4.2	Uitgangspunten berekening.....	7
4.2.1	Rekenmethode	7
4.2.2	Berekeningsaannames.....	7
4.2.3	Ontgravingsdiepte en grondverbetering.....	8
4.2.4	Schematische bodemopbouw	8
4.3	Rekenresultaten.....	8
4.3.1	Algemeen	8
4.3.2	Toetsing draagkracht.....	8
4.3.3	Toetsing vervorming.....	9
4.4	Algemene richtlijnen uitvoering	9
4.4.1	Algemeen	9
4.4.2	Aspecten ontwerp / uitvoering kelder	9

Bijlagen

Bijlage 1: Resultaten grondonderzoek

Bijlage 2: TNO-grondwaterstandgegevens

Bijlage 4: Algemene richtlijnen uitvoering

Verzendlijst

Aantal	Geadresseerde	Contactpersoon
2	Opdrachtgever:	M. van Spaandonk

Nieuwbouw woonhuis aan de Helvoirtsestraat 16 te Helvoirt

1 PROJECTBESCHRIJVING

1.1 Inleiding

Door Lankelma Geotechniek zuid B.V. is een grondonderzoek uitgevoerd voor het project "Nieuwbouw woonhuis aan de Helvoirtsestraat 16 te Helvoirt". Navolgend worden in dit rapport de resultaten van het grondonderzoek en een funderings- en infiltratiegeschiktheidsadvies weergegeven. In het kader van dit project is door ons bureau tevens een milieukundig bodemonderzoek uitgevoerd. De resultaten hiervan zijn/worden separaat gerapporteerd onder projectnummer: 65047.

1.2 Projectgegevens

1.2.1 Situatie

De locatie is gelegen aan de Helvoirtsestraat 16 te Helvoirt (gemeente Haaren). Het perceel is kadastraal aangeduid als Sectie D perceelnr. 5007, gemeente Haaren. De coördinaten volgens het RD-stelsel zijn globaal: $x = 143,94$ en $y = 405,69$ [km].

1.2.2 Bouwplan

Het plan omvat de bouw van een woonhuis bestaande uit twee bouwlagen onder de kap. Tevens wordt een aanpandige dubbele garage onder een kap gerealiseerd. Het grondvlak van de nieuwbouw voor het woonhuis is ca. $12 \times 10 \text{ m}^2$ en aanpandige garage ca. $7,2 \times 12,9 \text{ m}^2$. Het gehele woonhuis wordt onderkelderd. De garage niet.

Ten behoeve van het project zijn door of namens de opdrachtgever onder meer de navolgende tekeningen ter beschikking gesteld:

- 2805 - 1. "nieuwe toestand" Drijvers Architect, d.d. 07-06-2010.

Op basis van deze tekening en aanvullende informatie van de constructeur zijn de navolgende peilen aangenomen:

- | | |
|-----------------------------------|-------------|
| • Bouwpeil | 6,5 m + NAP |
| • Toekomstig maaiveld | 6,4 m + NAP |
| • Aanlegniveau fundering woonhuis | 3,4 m + NAP |
| • Aanlegniveau fundering garage | 5,8 m + NAP |

Geadviseerd wordt deze uitgangspunten te verifiëren voordat met de resultaten van dit onderzoek wordt verder gewerkt.

2 ONDERZOEKSPROGRAMMA

2.1 Veldonderzoek

Het grondonderzoek heeft plaatsgevonden in de periode 2 tot 16 mei 2011. Het onderzoek is uitgevoerd conform de door of namens de opdrachtgever aangegeven opzet en omvang.

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 milieukundig en geohydrologisch/geotechnisch bodemonderzoek zijn door ons bureau diverse handboringen uitgevoerd, waarvan 3 relevant voor onderhavig onderzoek. Het betreft boring B1 t/m B3. Eén van deze boringen (B1) is afgewerkt tot peilbuis. De boorstaten zijn toegevoegd in Bijlage 1, de situering van de boringen is weergegeven op de situatieschets eveneens in Bijlage 1.

2.1.3 Terreininmeting

De onderzoekspunten zijn door ons bureau in het terrein uitgezet, waarna middels dGPS-meting de positie in het RD-stelsel en de hoogte ten opzichte van NAP is ingemeten. De resultaten van de meting zijn weergegeven in de waterpasstaat in Bijlage 1.

2.1.4 Waterdoorlatendheidsmetingen

2.1.4.1 *Onverzadigde zone*

Nabij de boorgaten B1 en B2 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 Archiefonderzoek

2.2.1 NITG-TNO

Teneinde meer inzicht te geven in de geologie van de bouwplaats en omgeving zijn, de (hydro)geologische gegevens geraadpleegd van het Regionaal geohydrologisch informatiesysteem (Regis / Dinoloket). 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 B45C 0420, 0495 en 1026. Voor de weergave van de relevante grondwaterstandsgegevens wordt verwezen naar Bijlage 2.

2.2.2 Bodem-informatiekaarten / -bronnen

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.

3 BODEMOPBOUW EN (GEO)HYDROLOGIE

3.1 Hoogte maaiveld

De hoogte van het maaiveld ter plaatse van de onderzoekspunten varieert van 6,28 m + tot 6,53 m + NAP. De omgeving is relatief vlak.

3.2 Bodemopbouw

Vanaf het maaiveld wordt tot 4,5 à 5,0 m + NAP een bovenlaag aangetroffen bestaande uit matig fijn zand en leem. Hieronder wordt tot de maximaal verkende diepte een vast tot zeer vast zandpakket geregistreerd. Plaatselijk en op verschillende niveaus komen in dit pakket teruggangen in de conusweerstand voor, die vermoedelijk worden veroorzaakt door leemhoudende zandafzettingen.

3.2.1 Geologie van de bouwplaats en omgeving

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**
4	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
2,8	Boxtel (Liempde)	interglaciale afzettingen, verspoeld door beken of smeltwater	leem
-17,5	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
-64	Sterksel	riverafzetting uit het Midden Pleistoceen en het laatste deel van het Vroeg Pleistoceen	grof zand en grind, en ze bevat ook soms ook keien
-76	Stramproy	eolisch, periglaciaal en fluvioglaciaal zand uit de ijstijden van het Vroeg- tot vroeg Midden Pleistoceen	fijn tot grof zand met uiteenlopende korrelgroottes, met plaatselijk lagen leem, klei, grind
-164	Peize / Waalre	fluviatiele zanden en kleien uit het Vroeg-Pleistoceenzanden, gevormd door de vroegere rivier de Eridanos (from. van Peize, in het noorden van het land) en de oervorm van Rijn (form. van Waalre, in het zuiden van het land). Omdat deze lagen vertand voorkomen -met name in het midden van het land- wordt geen nader onderscheid gemaakt.	Peize: fluviatiel en deltaïsch wit of grijs grof zand en grind, met dunne leem- en kleilagen Waalre: zanden (bij vroegere stroomruggen), uiterst grof tot matig fijn en kleien (bij vroegere komgronden of meren). Plaatselijk komen veenlaagjes voor.

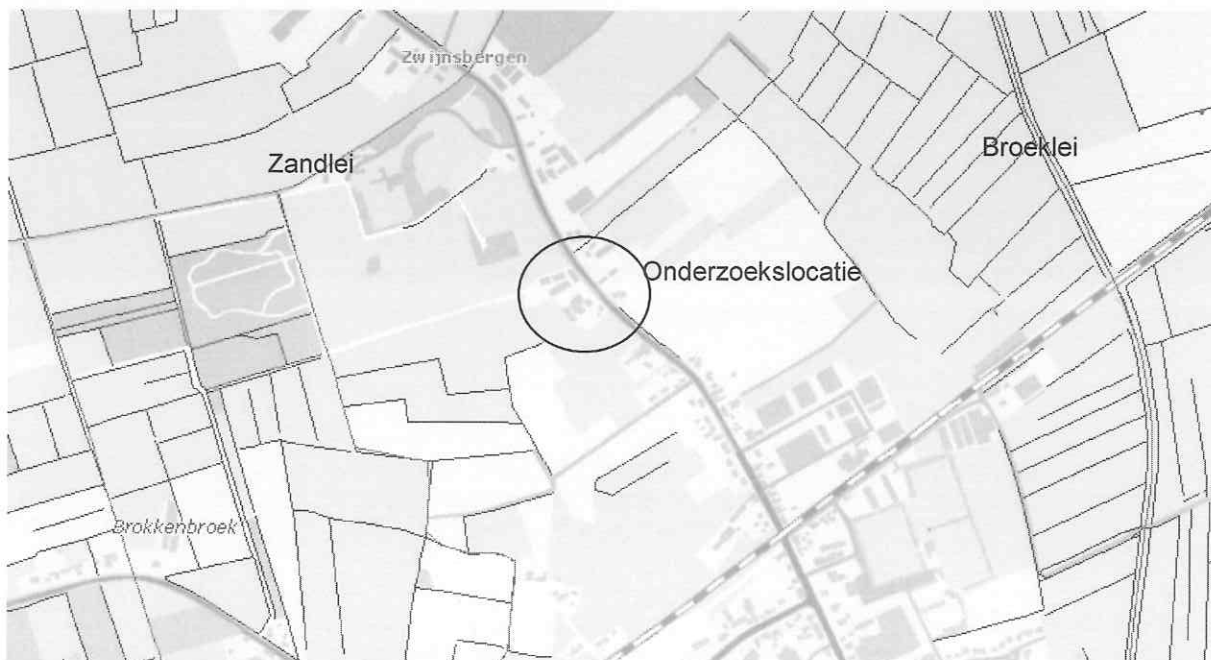
* Bron: Landelijk DGM model V1.3 - 2009, NITG-TNO, de werkelijke diepte en formatienaam kan afwijken. De diepte van het laagpakket van Liempde blijkt bijvoorbeeld ondieper dan door NITG-TNO aangegeven

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

3.3 Waterhuishouding

3.3.1 Oppervlaktewater / waterkeringen

De locatie is gesitueerd in het werkgebied van waterschap De Dommel. Er zijn geen andere omvangrijke oppervlaktewateren aanwezig in de directe omgeving van de locatie. De rivier de Zandlei is op circa 400 m ten noorden van de locatie gesitueerd, de Broeklei op circa 900 m ten noorden. Verder zijn er een beperkt aantal sloten en greppels aanwezig in de omgeving van de locatie. Een overzicht van de oppervlaktewateren is weergegeven in Figuur 3.1. De invloed van de oppervlaktewateren op de lokale waterhuishouding is naar verwachting beperkt.



Figuur 3.1 Overzicht oppervlaktewateren in de omgeving van de locatie

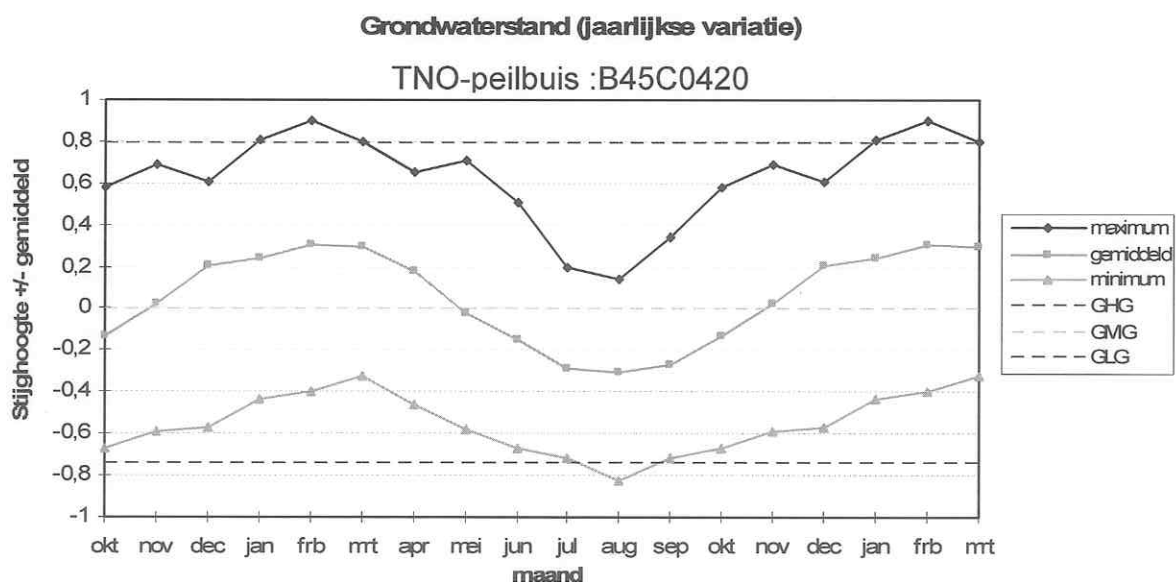
3.3.2 Grondwater

De grondwaterstand is tijdens het onderzoek d.d. 23 mei 2011 in peilbuis B1 aangetroffen op 2,3 m - mv (4,3 m + NAP).

Hierbij wordt opgemerkt dat deze gemeten grondwaterstand slechts een momentopname is van de actuele grondwaterstand. Onder invloed van seizoensafhankelijke factoren zal de grondwaterstand in de loop van de tijd fluctueren.

Onder invloed van seizoensafhankelijke factoren zal de grondwaterstand in de loop van de tijd fluctueren. Uit de bodemonsters was tijdens het boren aan de hand van de Gleykenmerken de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) en de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) niet eenduidig vast te stellen.

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 1,5 m geregistreerd. De hoogste grondwaterstanden treden hierbij doorgaans op in januari - maart, de laagste in juni - september (zie ook Figuur 3.2)



Figuur 3.2 Indicatie jaarlijkse grondwaterstandsfluctuatie in een peilbuis in de omgeving van de onderzoekslocatie

Op basis van de voorhanden zijnde gegevens geldt momenteel de volgende optimale schatting van het grondwaterregime:

- Gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG): 5,4 m + NAP
- Gemiddelde grondwaterstand (GMG): 4,6 m + NAP
- Gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG): 3,9 m + NAP

De schatting dient mogelijk te worden herzien c.q. geoptimaliseerd bij beschikbaar komen van meer grondwatergegevens.

3.3.3 Grondwateronttrekkingen

De locatie bevindt zich niet binnen de beschermingszone van een waterwingebied. In de omgeving vinden geen geregistreerde industriële grondwateronttrekkingen plaats. Verder vinden er geen geregistreerde grootschalige grondwateronttrekkingen plaats in de directe omgeving. Er vinden geen overige geregistreerde grondwateronttrekkingen plaats in de omgeving van de onderzoekslocatie, anders dan voor beregeningsdoeleinden.

3.3.4 Natuur

De onderzoekslocatie is niet gesitueerd binnen een waterparel, Natuurparel, Waterpotentiegebied, Natuurgebied of overige gebied met specifieke ecologische functie (vogel- en habitatrictlijngebieden of natuurbeschermingswetgebieden). De locatie is niet gesitueerd binnen de "beschermde gebieden waterhuishouding" uit de Verordening Water Noord-Brabant.

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]
B1	1,1	38	1,0 - 1,4	3,4
B2	1,0	64	0,4 - 1,0	1,3

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 zijn weergegeven in de navolgende tabel.

Boring no.	Grondwaterstand [m - mv]	Debiet [l/min]	Verlaging [cm]	Meettraject [m - mv]	K-waarde [m/dag]
B1	2,32	1,3	37	3,5 - 4,5	2,7

3.4.3 Archiefgegevens

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 tot [m tov NAP]	Hydrogeologie	k_h [m/dag]	k_v [m/dag]
4	Boxtel Z1 + 2 + 3	25 à 35 ($\pm 100\%$)	-
2,8	Boxtel (Liempde) K1	-	0,001 à 0,002
-17,5	Boxtel Z1 + 2 + 3	25 à 35 ($\pm 100\%$)	-
-64	Sterksel Z1 + 2	45 à 60	-
-76	Stramproy Z2 + 3 + 4	15 à 30	-
-164	Peize / Waalre Z2 t/m 7 + K1 t/m 3	30 à 45	0,05 à 0,1

3.5 Geschiktheid voor infiltratie

3.5.1 Interpretatie bodemeigenschappen

- De maaiveldhoogte op de locatie bedraagt circa 6,5 m + NAP, het terrein en omgeving zijn relatief vlak.
- De grondwaterstand is tijdens het onderzoek aangetroffen op 2,3 m - mv. De gemiddeld hoogste grondwaterstand wordt ingeschat op circa 1 m - mv.
- De bodem op de locatie bestaat tot minimaal 1 à 1,5 m - mv uit een zand. Daaronder komt een leemlaag of sterk leemhoudende zandlaag voor (laagpakket van Liempde). doorgaand, matig fijn zandpakket.
- Uit de proefresultaten kan worden afgeleid dat de doorlatendheid van de zandige bovengrond doorlatend is, met gemeten K-waarden van 1,3 à 3,4 m/dag. De ondergrond, dieper dan 2 m - mv, is ook goed doorlatend met een gemeten K-waarde van 2,7 m/dag. De doorlatendheid van de aanwezige leemlaag is niet beproefd, maar is naar verwachting slecht.

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 hoogste grondwaterstand dieper is dan 0,7 m - mv.

Uitgaande van deze richtlijnen kan worden geconcludeerd dat de locatie, mogelijkheden biedt voor de infiltratie van regenwater. Wel dient ter dege rekening te worden gehouden met de aanwezigheid van een slecht doorlatende leemlaag op geringe diepte. Deze leemlaag kan voor problemen zorgen met bijvoorbeeld schijngrondwater en/of stagneren van percorelend grondwater.

4 FUNDERINGSADVIES

4.1 Funderingsontwerp

4.1.1 Funderingskeuze

De aangetroffen bodem geeft voor het bouwplan aanleiding om uit te gaan van een fundering op staal. Navolgend is een fundering op staal nader uitgewerkt voor het onderkelderde woonhuis. Voor de garage is een fundering op stroken op grondverbetering nader uitgewerkt.

4.1.2 Kelder

De keldervloer dient uitgevoerd te worden in gewapend beton met waar nodig verzwaarde of verdiepte stroken en/of poeren.

In navolgende berekeningen worden de met wapening verzwaarde en/of verdiepte vloergedeelte, waarover de lijn- en/of puntlasten voldoende worden gespreid, beschouwd als funderingselement. Deze meewerkende oppervlakken worden verder in dit rapport beschouwd en aangeduid als stroken en poeren. De afmetingen en vereiste wapening dienen door de constructeur te worden bepaald aan de hand van de gegevens uit dit rapport.

4.1.3 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 te zijn. Voor het overige kan 0,60 meter worden aangehouden.

4.2 Uitgangspunten berekening

4.2.1 Rekenmethode

- De maximale draagkracht en de zakking van funderingselementen is berekend conform NEN 6744:2006 "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.
- 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 6744:2006 § 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.
- Voor de gehanteerde peilen en niveaus wordt verwezen naar § 1.2.2.
- De hoek van het maaiveld met de horizontaal is verwaarloosbaar gesteld.
- De grondontspanning die optreedt ten gevolge van de bouwputontgraving, is wel verdisconteerd in de zakkingsberekening. 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. Bij kelders wordt door ons bureau gerekend met een gronddekking van maximaal 0,7 m.
- Momenteel zijn er bij ons bureau geen belastingen bekend.

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

4.2.3 Ontgravingsdiepte en grondverbetering

Na ontgraven tot aanlegniveau en het aftrillen van het ontgravingsvlak kan de kelder direct op de natuurlijke grondslag worden aangelegd. Geadviseerd wordt alvorens de fundering te storten het aanlegniveau af te trillen met een lichte trilplaat. Hiertoe dient de grondslag handvochtig te zijn om een goede verdichting te krijgen. Belangrijk is dat de grondwaterstand zich tijdens het trillen minimaal ca. 0,5 m onder het niveau van de bouwput bevindt.

Voor de garage wordt geadviseerd de aanwezige leemlagen of weinig vast leemhoudende zandlagen tot circa 2 m - mv te verwijderen. Omdat geen sonderingen zijn uitgevoerd ter plaatse van de garage is een exact ontgravingsniveau niet te geven.

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. Indien de vrijgekomen grond (los gepakt zand) voldoende verdichtbaar en weinig humushoudend blijkt kan deze worden hergebruikt en dient deze laagsgewijs verdicht te worden teruggebracht.

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 3; STB 1 t/m 8. Het betreft:

STB 1 t/m 5: Kelder

- 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, in tabelvorm en grafisch weergegeven. De weergegeven beddingscoëfficiënten zijn berekend uit berekende zettingen voor bruikbaarheidtoestand 2;

STB 6 t/m 8: Niet onderkelderde

- STB 6: gehanteerde grondparameters
- STB 7: rekenwaarden van de maximale funderingsdruk en draagkracht voor de diverse toestanden en de maatgevende toestand
- STB 8: zakking onder invloed van de belasting voor de verschillende funderingselementen, en beddingscoëfficiënten berekend uit berekende zettingen voor bruikbaarheidtoestand 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: zakkings $w_d < 0,15 \text{ m}$ (NEN 6740:1991, art. 5.2.2.1)
- Rotatiecriterium: rotatie $\Delta w_d/L \leq 1:300$ (NEN 6740:2006, art. 5.3)

Als gevolg van een mogelijke heterogeniteit van de ondergrond en uitvoeringsonvolkomenheden moet hierbij zijn gerekend met een zakkingsverschil (Δw_d) tussen twee afzonderlijk op staal gefundeerde elementen (op afstand L) van ten minste 50 % van de gemiddelde waarde van de zakkings van de funderingselementen.

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.

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 **Algemene richtlijnen uitvoering**

4.4.1 Algemeen

- 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 4.
- Milieukundige aspecten van, met name de consequenties van eventueel te verplaatsen of af te voeren grond en het eventueel onttrekken/lozen van grondwater valt buiten het kader van dit rapport.
- Archeologische aspecten in verband met het verkrijgen van toestemming voor de ontgraving zijn in dit rapport buiten beschouwing gebleven.

4.4.2 Aspecten ontwerp / uitvoering kelder

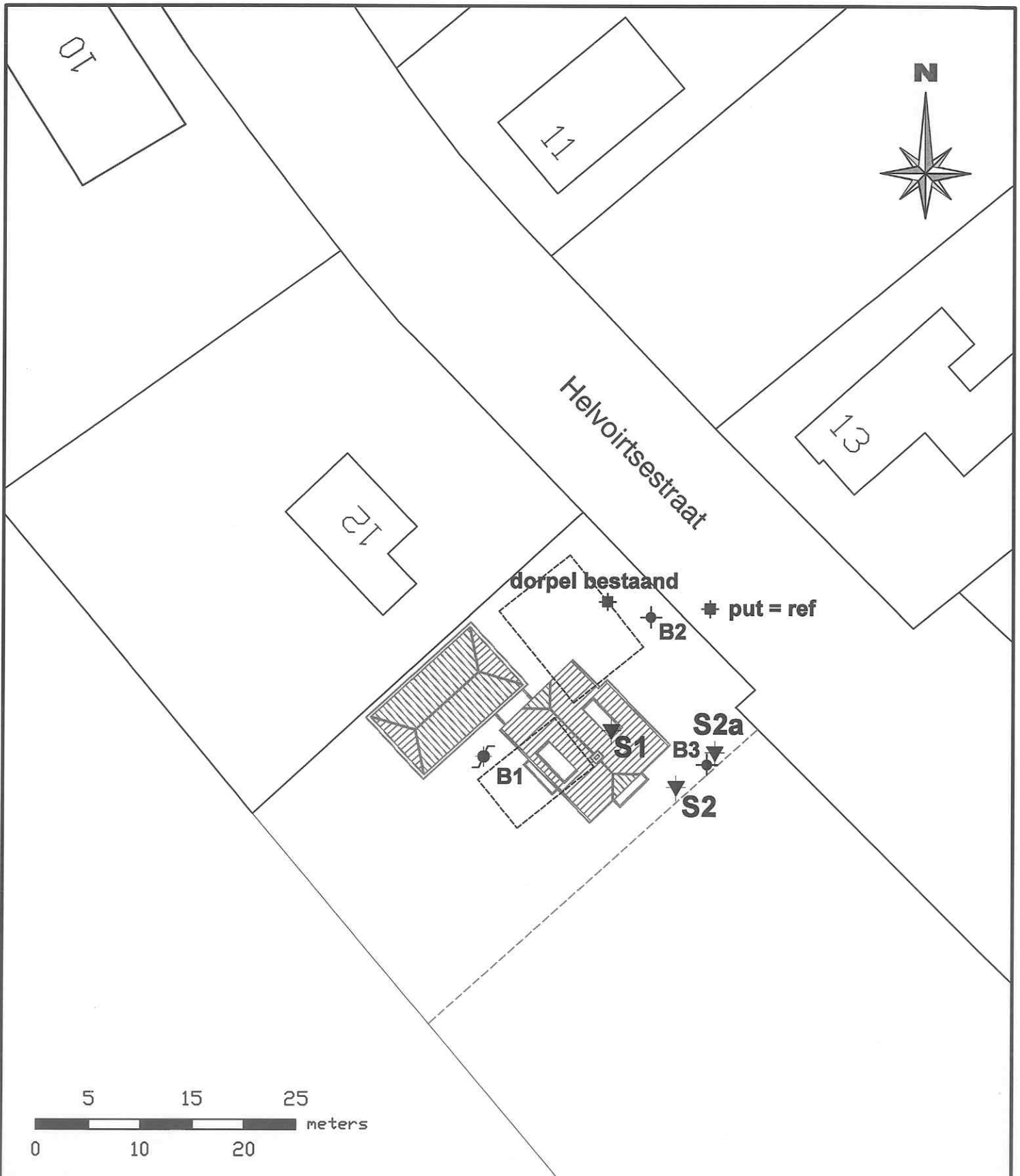
- Om lekkage te voorkomen wordt geadviseerd de kelderwanden tot boven de hoogste grondwaterstand eveneens uit te voeren in gewapend beton.
- Geadviseerd wordt na te gaan of in de meest ongunstige situatie (ook tijdens de bouwphase) het eigen gewicht van de constructie (exclusief de veranderlijke belasting) voldoende is om de opwaartse waterdruk, t.g.v. de hoogste grondwaterstand, tegen de onderkant van de kelder te compenseren.
- Bouwputaspecten zoals b.v. bemaling, taludstabiliteit, grondkering e.d. vallen buiten het kader van de opdracht en worden dus niet behandeld. Opgemerkt wordt dat deze wel van invloed kunnen zijn op b.v. de planning (aanvraag vergunningen bij overschrijding vergunningsgrens) en de financiën (kosten onttrekking, lozing, aanpassing uitvoeringswijze). Ons bureau heeft zowel de geo- als de milieutechnische vereiste expertise en is gaarne bereid hieromtrent te adviseren.

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 uitgevoerd	✦ Meetpunt	● Handsondering	✦ Wegdrukpeilbuis
✦ Boring	✦ Sondering niet uitgevoerd	✦ Sondering eerder uitgevoerd	✦ Boring met peilbuis

**Situatietekening
onderzoekslocatie**

Project: **Nieuwbouw woonhuis aan de
Helvoirtsestraat te Helvoirt**

Project:nr. :
91946

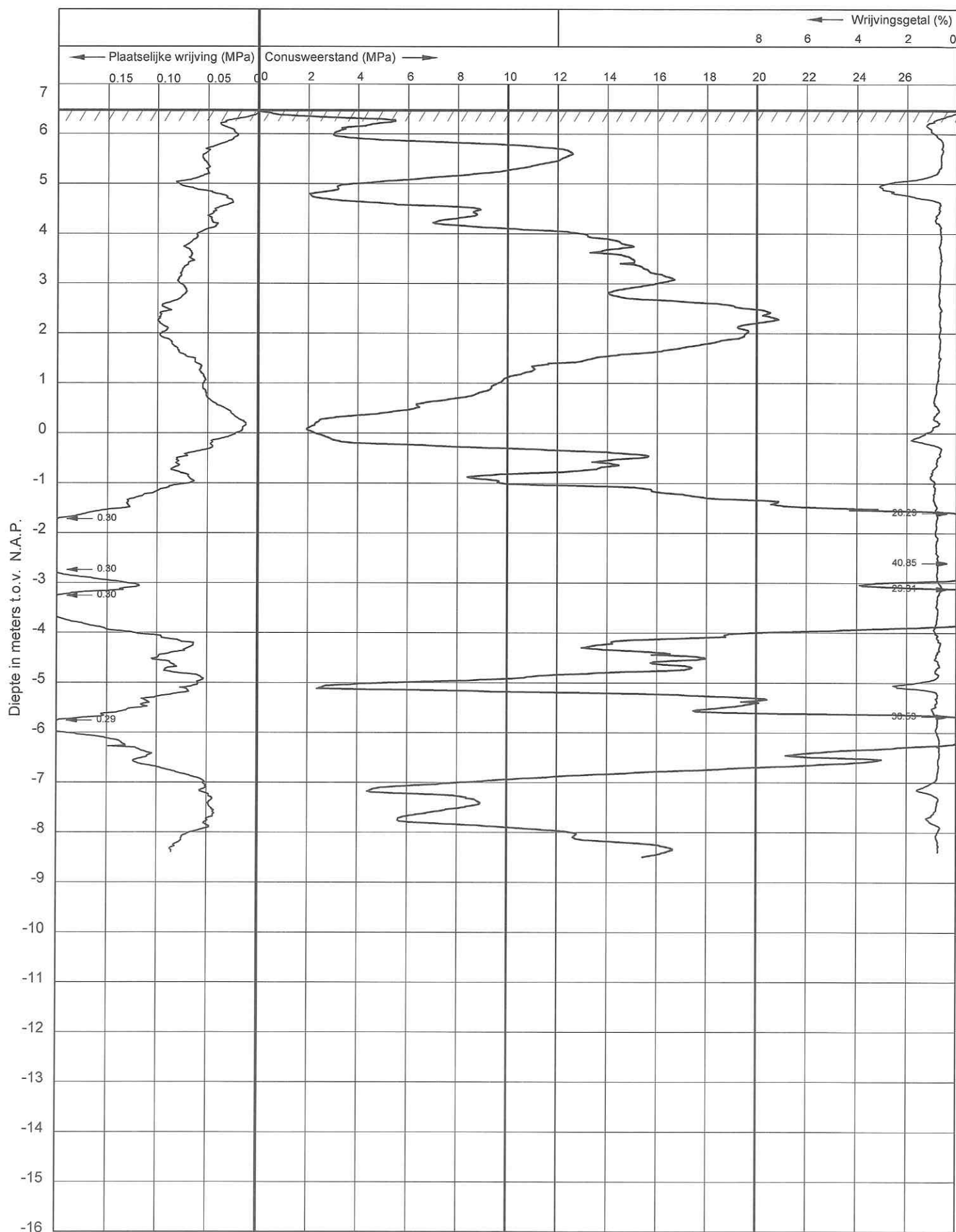
Bijlage :
1

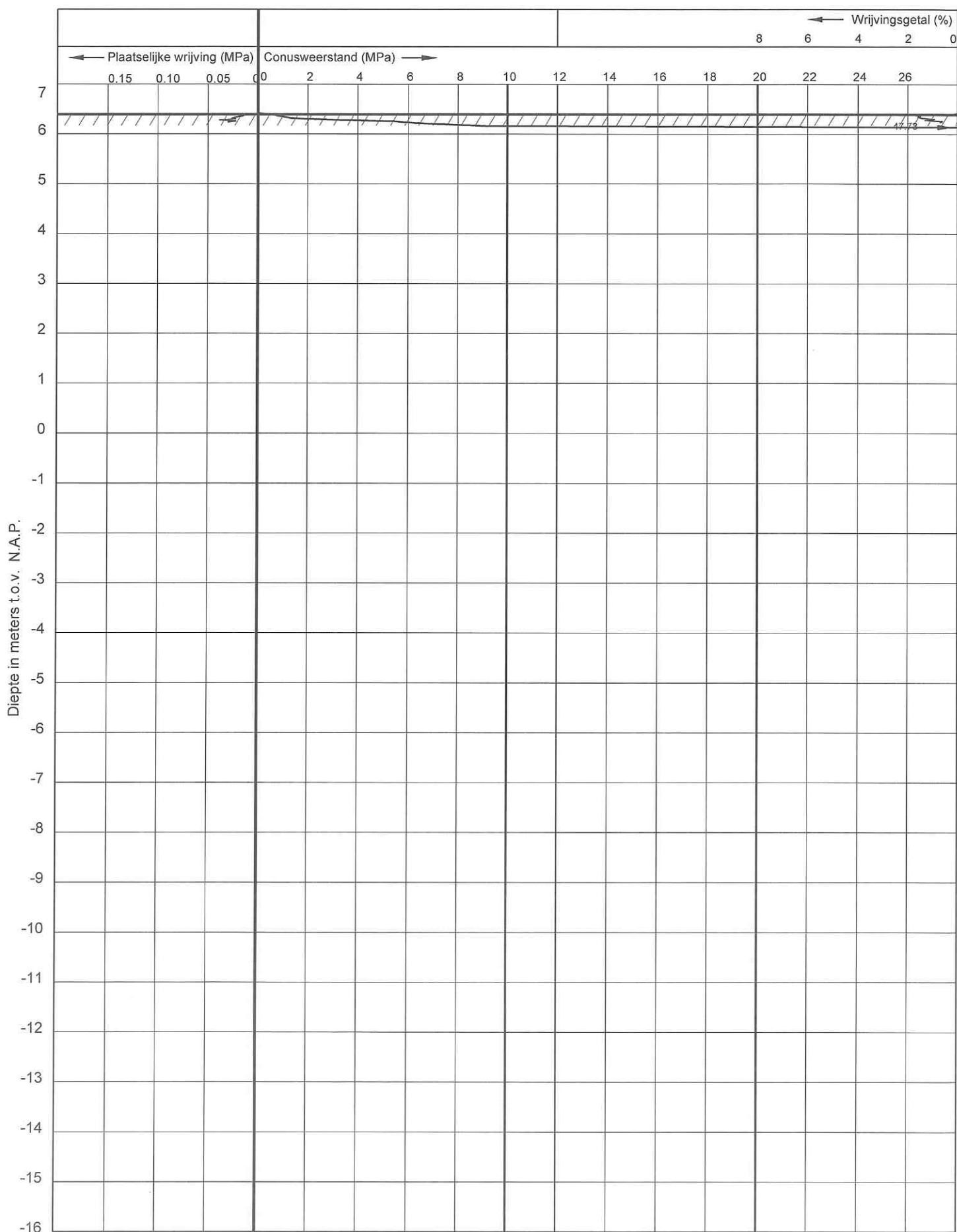
get. **SHA**
d.d. **31 mei 2011**
proj.leid. **PSW**
formaat **A4**
schaal **1 : 500**

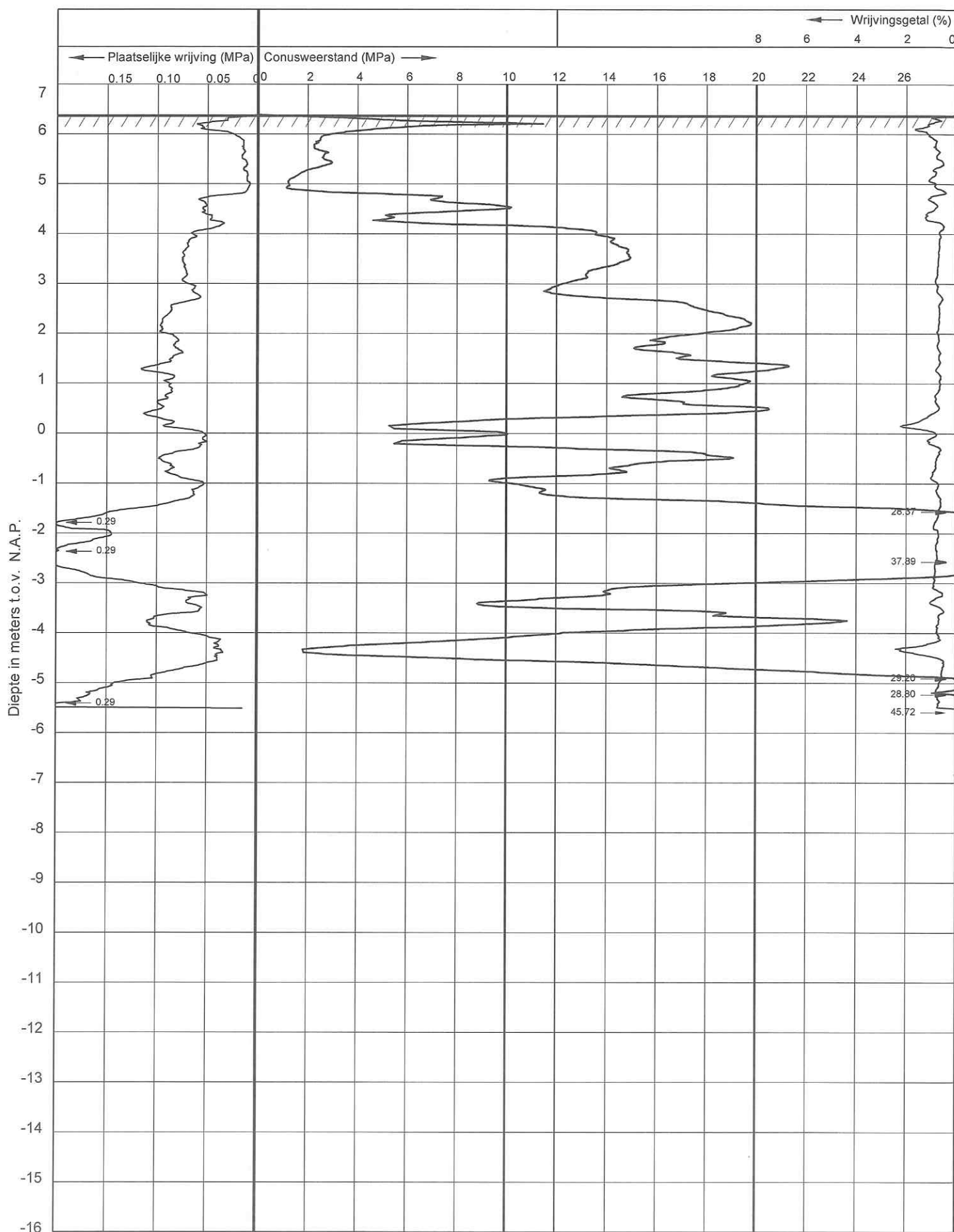
LANKELMA
INGENIEURSBUREAU
VOOR GEO MILIEU EN FUNDERINGSTECHNIEK



Lankelma Geotechniek Zuid BV
Postbus 38
5688 ZG Oirschot
Tel. 0499-578520
Fax. 0499-578573
info@lankelma-zuid.nl
www.lankelma-zuid.nl

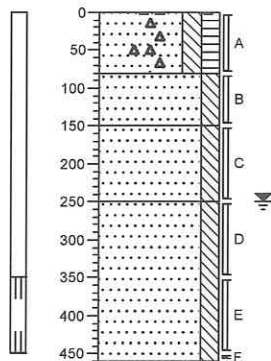






B1

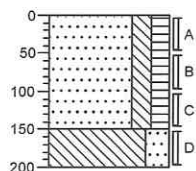
Datum: 16-05-2011
Opmerking:
GWS:



0
Zand, zeer fijn, matig siltig, matig humeus, zwak puinhoudend, donkerbruin
80
Zand, matig fijn, matig siltig, lichtbruin
150
Zand, matig fijn, matig siltig, lichtgrijs
250
Zand, matig fijn, matig siltig, lichtgrijs
450

B2

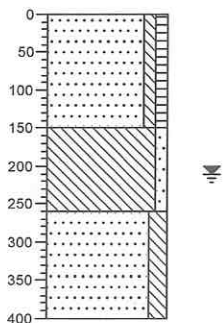
Datum: 16-05-2011
Opmerking:
GWS:



0
Zand, matig fijn, matig siltig, matig humeus, donkerbruin
150
Leem, sterk zandig, lichtgrijs
200

B3

Datum: 09-05-2011
Opmerking:
GWS:



0
Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak humeus, zwartbruin
150
Leem, zwak zandig, grijs
250
Zand, matig fijn, matig siltig, grijs
400

Waterpasstaat

Omschrijving referentiepunt : dGPS
Datum uitvoering : 9 en 20 mei 2011

Meetpunt	Hoogte [m t.o.v. NAP]
sondering 1	6,49
sondering 2	6,42
sondering 2a	6,39
Boring B1 (maaiveld)	6,53
Boring B1 (kop peilbuis)	6,83
Boring B2	6,28
Boring B3	6,39
dorpel bestaand	6,67
Put 1	6,46

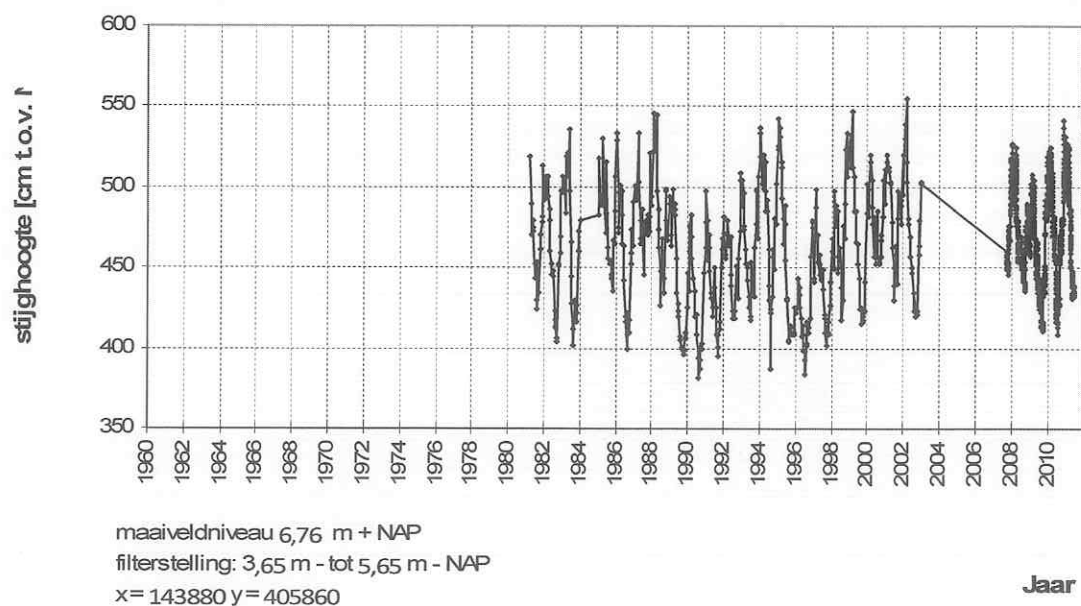
Opmerking

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.

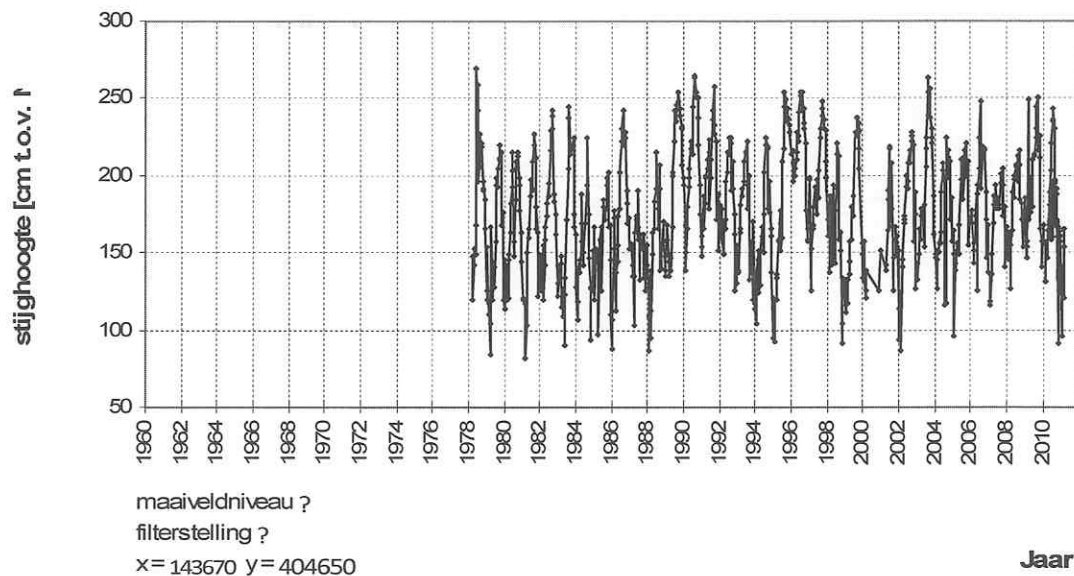
Bijlage 2 : TNO-grondwaterstandgegevens



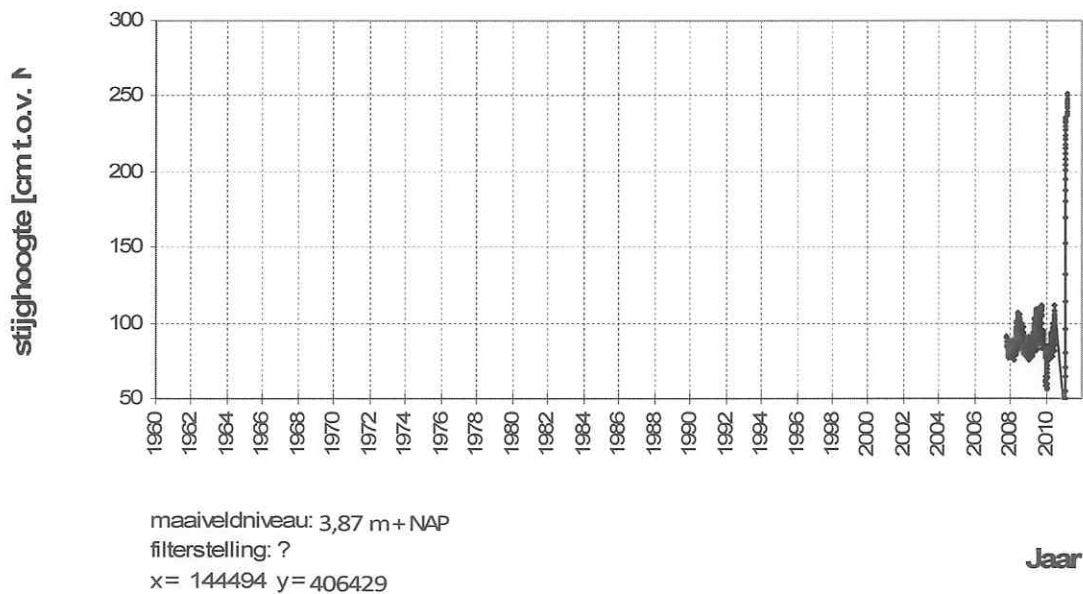
Peilbuis B45 C 0420



Peilbuis B45 C 0495



Peilbuis B45 C 1026



Bijlage 3 : Berekeningsresultaten fundering op staal

Draagkracht- en zakkingsberekening voor funderingen op staal volgens NEN 6744:2006

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

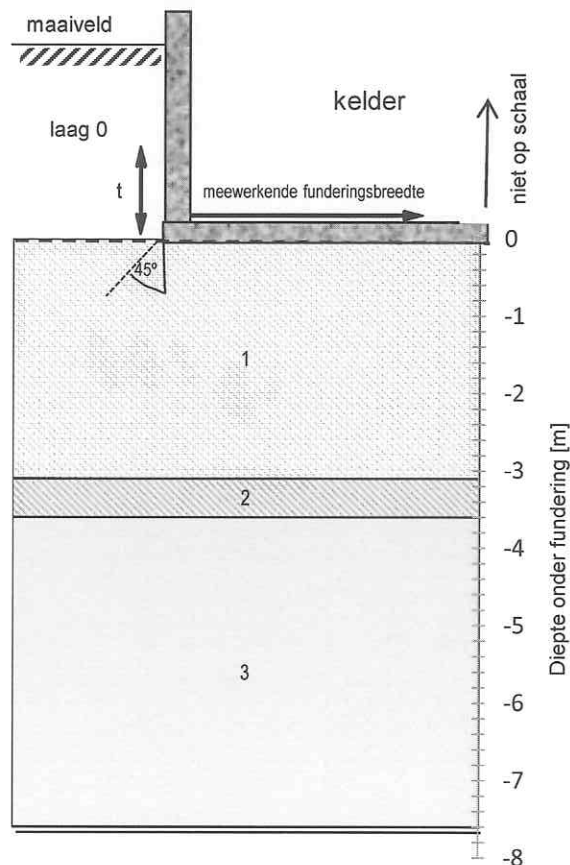
De representatieve waarden van de grondparameters van de verschillende bodemlagen zijn op basis van het grondonderzoek ingeschat aan de hand van tabel 1 uit de NEN 6740:2006, eventueel i.c.m. algemene/locale kennis en ervaring. Voor de draagkrachtberekening zijn de volgende materiaalfactoren aangehouden:

Volumiek gewicht	1,1
Tangent hoek inwendige wrijving	1,15
Ongedraineerde schuifsterkte	1,35

Voor de zakkingsberekening geldt dat alle partiële materiaalfactoren gelijk zijn aan 1. 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°.

Uitgangspunten project (berkeningsaannamen)

Oorspronkelijke maaiveldhoogte	6,40 [m tov NAP]
Toekomstige maaiveldhoogte	6,40 [m tov NAP]
Hoek maaiveld met horizontaal	0,0 [°]
Maatgevende gronddekking (t)	0,7 [m]
Aanlegniveau fundering	3,40 [m tov NAP]
Hoge grondwaterstand	5,4 [m tov NAP]
Lage grondwaterstand	3,9 [m tov NAP]
Pre-overburden pressure (POP)	2,0 [kN/m²]
Diepte ontgraving*	3,4 [m tov NAP]



figuur 1.1 - Schematisatie van de constructie en bodem

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	0,3	18,0	20,0	32,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,58
2	-0,2	18,0	20,0	27,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,65
3	-4,2	18,0	20,0	32,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,58

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

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_α	secundaire samendrukkingsindex	-	$k_{v,d}$	rekenwaarde statische beddingscoëfficiënt	kN/m³

* De grondontspanning die optreedt ten gevolge van de bouwputontgraving, is WEL verdisconteerd in de zakkingsberekening

Draagkrachtberekening voor strokenfundering volgens NEN 6744:2006

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.	141	n.v.t.	n.v.t.	141	56
0,50	n.v.t.	148	n.v.t.	n.v.t.	148	74
0,60	n.v.t.	155	n.v.t.	n.v.t.	155	93
0,70	n.v.t.	162	n.v.t.	n.v.t.	162	113
0,80	n.v.t.	168	n.v.t.	n.v.t.	168	135
0,90	n.v.t.	175	n.v.t.	n.v.t.	175	158
1,00	n.v.t.	182	n.v.t.	n.v.t.	182	182
1,10	n.v.t.	189	n.v.t.	n.v.t.	189	208
1,20	n.v.t.	196	n.v.t.	n.v.t.	196	235
1,30	n.v.t.	203	n.v.t.	n.v.t.	203	263
1,40	n.v.t.	209	n.v.t.	n.v.t.	209	293
1,50	n.v.t.	216	n.v.t.	n.v.t.	216	324
1,60	n.v.t.	223	n.v.t.	n.v.t.	223	357
1,70	n.v.t.	230	n.v.t.	n.v.t.	230	391
1,80	n.v.t.	237	n.v.t.	n.v.t.	237	426
1,90	n.v.t.	243	n.v.t.	n.v.t.	243	463
2,00	n.v.t.	250	n.v.t.	n.v.t.	250	501
2,10	n.v.t.	257	n.v.t.	n.v.t.	257	540

* Bij permanente gronddekking: 0,7 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 $\sigma'_{\max;d}$ [kN/m ²]	Rekenwaarde maximale draagkracht $F_{r,v;d}$ [kN/m']
Gronddekking [m] →	0,7	0,7
0,40	141	56
0,50	148	74
0,60	155	93
0,70	162	113
0,80	168	135
0,90	175	158
1,00	182	182
1,10	189	208
1,20	196	235
1,30	203	263
1,40	209	293
1,50	216	324
1,60	223	357
1,70	230	391
1,80	237	426
1,90	243	463
2,00	250	501
2,10	257	540

Zakkingsberekening voor strokenfundering volgens NEN 6740 & 6744:2006

Berekening van de zakking van de bovenkant van het funderingselement, waarbij cf. NEN6702:1991 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 0,7 m)

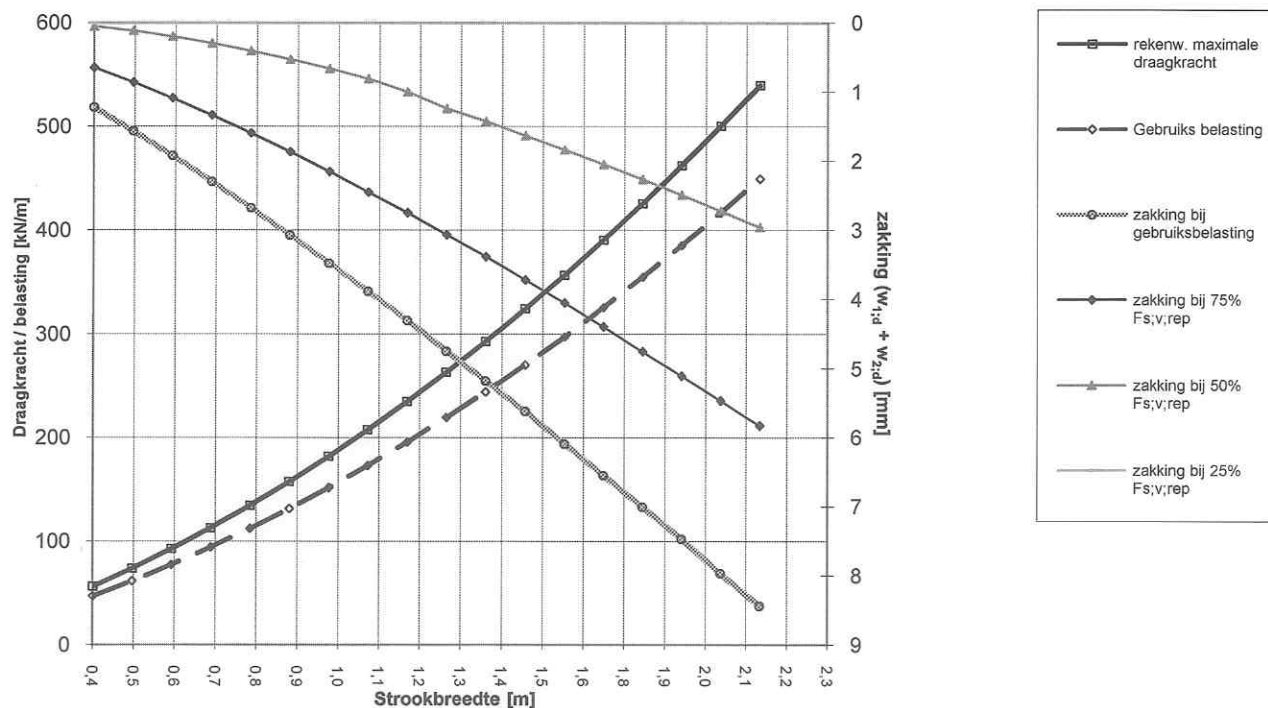
Strookbreedte	Gebruiks belasting	Berekende primaire zakking	Berekende secundaire zakking*	Extra zakking tgv ophoging maaiveld	Berekende totale zakking**	Statische beddingscoëfficiënt
[m]	$F_{s,v;rep}$ [kN/m']	$W_{1;d}$ [mm]	$W_{2;d}$ [mm]	W_{extra} [mm]	W_d [mm]	$k_{v;d}$ [kN/m³]
0,40	47	1,2	0,0	0,0	1,2	71000
0,50	62	1,6	0,0	0,0	1,6	57000
0,60	77	1,9	0,0	0,0	1,9	51000
0,70	94	2,3	0,0	0,0	2,3	44000
0,80	112	2,7	0,0	0,0	2,7	39000
0,90	131	3,1	0,0	0,0	3,1	35000
1,00	152	3,5	0,0	0,0	3,5	33000
1,10	173	3,9	0,0	0,0	3,9	30000
1,20	196	4,3	0,0	0,0	4,3	29000
1,30	219	4,7	0,0	0,0	4,7	27000
1,40	244	5,2	0,0	0,0	5,2	25000
1,50	270	5,6	0,0	0,0	5,6	24000
1,60	297	6,1	0,0	0,0	6,1	23000
1,70	326	6,5	0,0	0,0	6,5	22000
1,80	355	7,0	0,0	0,0	7,0	21000
1,90	386	7,5	0,0	0,0	7,5	20000
2,00	417	8,0	0,0	0,0	8,0	20000
2,10	450	8,4	0,0	0,0	8,4	19000

* Berekend cf. NEN 6744, waarbij in afwijking Cα 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 6744:2006

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.	188	n.v.t.	n.v.t.	188	30
0,50	0,50	n.v.t.	193	n.v.t.	n.v.t.	193	48
0,60	0,60	n.v.t.	197	n.v.t.	n.v.t.	197	71
0,70	0,70	n.v.t.	202	n.v.t.	n.v.t.	202	99
0,80	0,80	n.v.t.	207	n.v.t.	n.v.t.	207	133
0,90	0,90	n.v.t.	212	n.v.t.	n.v.t.	212	172
1,00	1,00	n.v.t.	217	n.v.t.	n.v.t.	217	217
1,10	1,10	n.v.t.	221	n.v.t.	n.v.t.	221	268
1,20	1,20	n.v.t.	226	n.v.t.	n.v.t.	226	326
1,30	1,30	n.v.t.	231	n.v.t.	n.v.t.	231	390
1,40	1,40	n.v.t.	236	n.v.t.	n.v.t.	236	462
1,50	1,50	n.v.t.	240	n.v.t.	n.v.t.	240	541
1,60	1,60	n.v.t.	245	n.v.t.	n.v.t.	245	628
1,70	1,70	n.v.t.	250	n.v.t.	n.v.t.	250	723
1,80	1,80	n.v.t.	255	n.v.t.	n.v.t.	255	826
1,90	1,90	n.v.t.	260	n.v.t.	n.v.t.	260	937
2,00	2,00	n.v.t.	264	n.v.t.	n.v.t.	264	1057
2,10	2,10	n.v.t.	269	n.v.t.	n.v.t.	269	1186

* Bij permanente gronddekking: 0,7 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] →					0,7				0,7
0,40	0,40				188				30
0,50	0,50				193				48
0,60	0,60				197				71
0,70	0,70				202				99
0,80	0,80				207				133
0,90	0,90				212				172
1,00	1,00				217				217
1,10	1,10				221				268
1,20	1,20				226				326
1,30	1,30				231				390
1,40	1,40				236				462
1,50	1,50				240				541
1,60	1,60				245				628
1,70	1,70				250				723
1,80	1,80				255				826
1,90	1,90				260				937
2,00	2,00				264				1057
2,10	2,10				269				1186

Zakkingsberekening voor poerenfundering volgens NEN 6740 & 6744:2006

Berekening van de zakking van de bovenkant van het funderingselement, waarbij cf. NEN6702:1991 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 0,7 m)

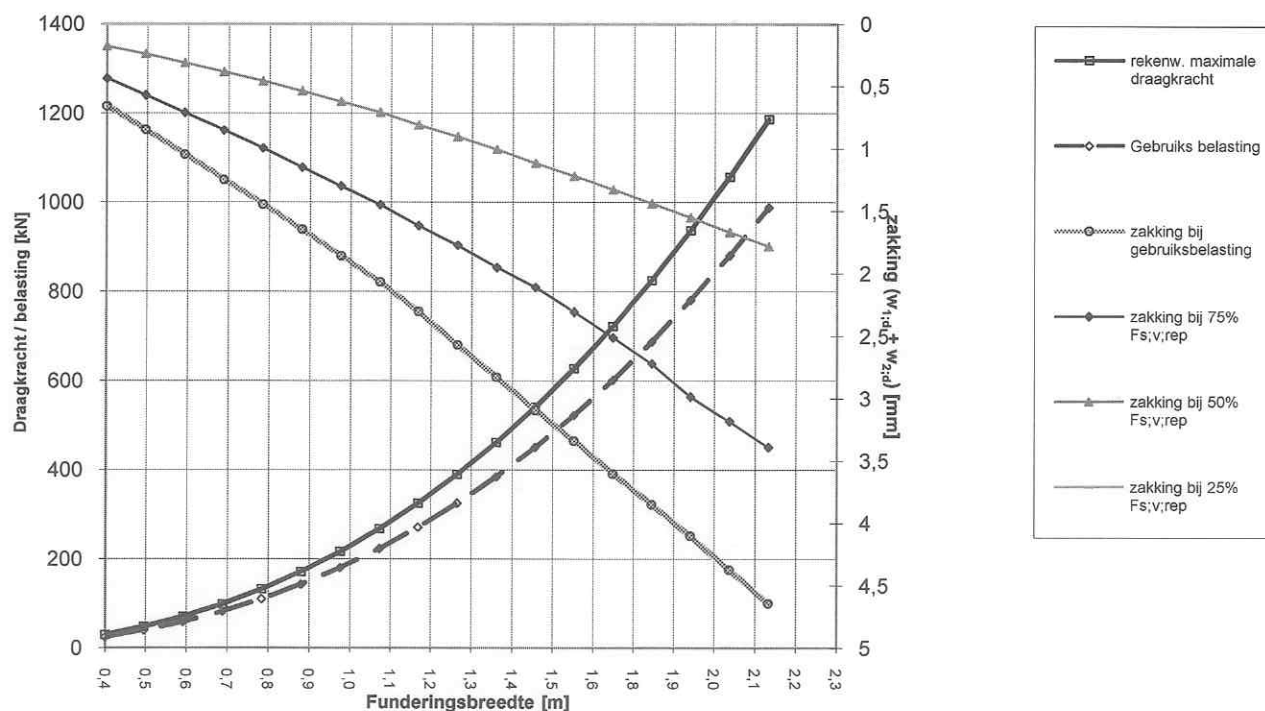
Poerafmeting		Gebruiks belasting	Berekende primaire zakking	Berekende secondaire zakking*	Extra zakking tgv ophoging maaiveld	Berekende totale zakking**	Statische beddingscoëfficiënt
B	L	$F_{s,v;rep}$ [kN]	$W_{1;d}$ [mm]	$W_{2;d}$ [mm]	W_{extra} [mm]	W_d [mm]	$k_{v;d}$ [kN/m²]
[m]	[m]						
0,40	0,40	25	0,7	0,0	0,0	0,7	184000
0,50	0,50	40	0,8	0,0	0,0	0,8	155000
0,60	0,60	59	1,0	0,0	0,0	1,0	127000
0,70	0,70	83	1,2	0,0	0,0	1,2	109000
0,80	0,80	110	1,4	0,0	0,0	1,4	95000
0,90	0,90	143	1,6	0,0	0,0	1,6	85000
1,00	1,00	181	1,9	0,0	0,0	1,9	74000
1,10	1,10	223	2,1	0,0	0,0	2,1	68000
1,20	1,20	271	2,3	0,0	0,0	2,3	64000
1,30	1,30	325	2,6	0,0	0,0	2,6	57000
1,40	1,40	385	2,8	0,0	0,0	2,8	54000
1,50	1,50	451	3,1	0,0	0,0	3,1	50000
1,60	1,60	523	3,3	0,0	0,0	3,3	48000
1,70	1,70	602	3,6	0,0	0,0	3,6	45000
1,80	1,80	688	3,8	0,0	0,0	3,8	43000
1,90	1,90	781	4,1	0,0	0,0	4,1	41000
2,00	2,00	881	4,4	0,0	0,0	4,4	39000
2,10	2,10	989	4,6	0,0	0,0	4,6	38000

* Berekend cf. NEN 6744, waarbij in afwijking Cα 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



Draagkracht- en zakkingsberekening voor funderingen op staal volgens NEN 6744:2006

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

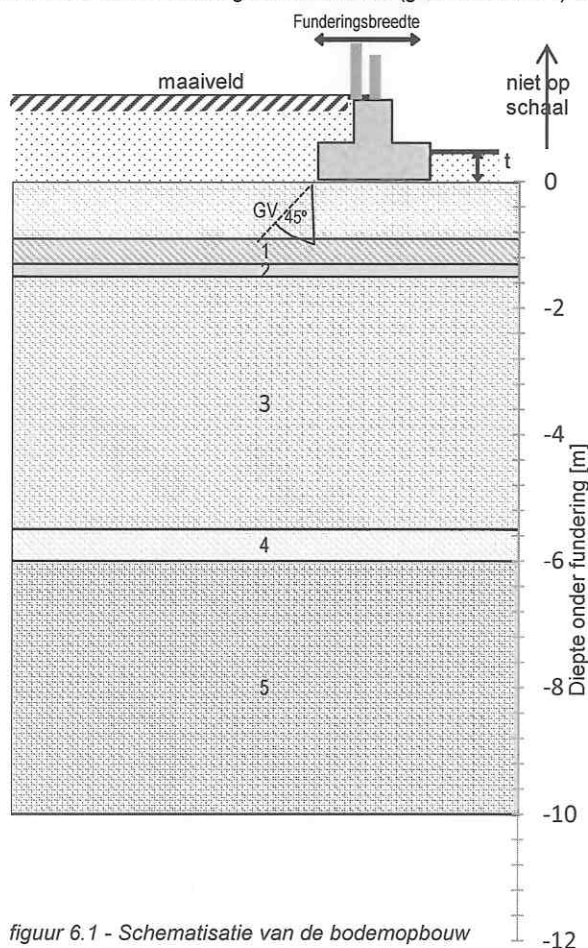
De representatieve waarden van de grondparameters van de verschillende bodemlagen zijn op basis van het grondonderzoek ingeschat aan de hand van tabel 1 uit de NEN 6740:2006, eventueel i.c.m. algemene/locale kennis en ervaring. Voor de draagkrachtberekening zijn de volgende materiaalfactoren aangehouden:

- Volumiek gewicht	1,1
- Tangent hoek inwendige wrijving	1,15
- Ongedraineerde schuifsterkte	1,35

Voor de zakkingsberekening geldt dat alle partiële materiaalfactoren gelijk zijn aan 1. 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°.

Uitgangspunten project (berkeningsaannamen)

Oorspronkelijke maaiveldhoogte	6,40 [m tov NAP]
Toekomstige maaiveldhoogte	6,40 [m tov NAP]
Hoek maaiveld met horizontaal	0,0 [°]
Maatgevende gronddekking (t)	0,4 [m]
Aanlegniveau fundering	5,80 [m tov NAP]
Hoge grondwaterstand	5,4 [m tov NAP]
Lage grondwaterstand	3,9 [m tov NAP]
Pre-overburden pressure (POP)	2,0 [kN/m²]



figuur 6.1 - Schematisatie van de bodemopbouw

tabel 6.2 - 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	4,5	18,0	20,0	32,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,58
2	4,3	18,0	20,0	27,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,65
3	0,3	18,0	20,0	32,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,58
4	-0,2	18,0	20,0	27,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,65
5	-4,2	18,0	20,0	32,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,58

tabel 6.3 - representatieve waarden van de gehanteerde grondparameters voor grondverbetering en/of ophoging

grondverb.	4,9	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/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_{α}	secundaire samendrukkingsindex	-	$K_{v,d}$	rekenwaarde statische beddingscoëfficiënt	kN/m³

Draagkrachtberekening voor strokenfundering volgens NEN 6744:2006

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 7.1 zijn de berekeningsresultaten weergegeven.

tabel 7.1 - 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.	169	n.v.t.	n.v.t.	169	68
0,50	n.v.t.	178	n.v.t.	n.v.t.	178	89
0,60	n.v.t.	186	n.v.t.	n.v.t.	186	112
0,70	n.v.t.	194	n.v.t.	n.v.t.	194	136
0,80	n.v.t.	202	n.v.t.	n.v.t.	202	162
0,90	n.v.t.	209	n.v.t.	n.v.t.	209	188
1,00	n.v.t.	214	n.v.t.	n.v.t.	214	214
1,10	n.v.t.	219	n.v.t.	n.v.t.	219	241
1,20	n.v.t.	225	n.v.t.	n.v.t.	225	270
1,30	n.v.t.	230	n.v.t.	n.v.t.	230	299
1,40	n.v.t.	236	n.v.t.	n.v.t.	236	331
1,50	n.v.t.	243	n.v.t.	n.v.t.	243	364
1,60	n.v.t.	249	n.v.t.	n.v.t.	249	398
1,70	n.v.t.	255	n.v.t.	n.v.t.	255	434
1,80	n.v.t.	262	n.v.t.	n.v.t.	262	471
1,90	n.v.t.	268	n.v.t.	n.v.t.	268	510
2,00	n.v.t.	275	n.v.t.	n.v.t.	275	550
2,10	n.v.t.	282	n.v.t.	n.v.t.	282	592

* Bij permanente gronddekking: 0,4 m

** De maatgevende toestand is dik gedrukt

Voor de maatgevende toestand worden in tabel 7.2 de rekenwaarden maximale funderingsdruk en draagkracht weergegeven bij verschillende dikten van gronddekking (indien van toepassing).

tabel 7.2 - 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	81	110	140	169	32	44	56	68
0,50	90	119	149	178	45	60	74	89
0,60	99	128	157	186	59	77	94	112
0,70	107	136	165	194	75	95	116	136
0,80	114	144	173	202	91	115	138	162
0,90	122	151	180	209	109	136	162	188
1,00	128	157	185	214	128	157	185	214
1,10	133	162	191	219	146	178	210	241
1,20	139	168	196	225	167	201	235	270
1,30	145	173	202	230	189	226	262	299
1,40	151	180	208	236	212	252	291	331
1,50	158	186	214	243	237	279	321	364
1,60	164	192	221	249	263	308	353	398
1,70	171	199	227	255	290	338	386	434
1,80	177	205	234	262	319	370	421	471
1,90	184	212	240	268	349	403	456	510
2,00	190	219	247	275	381	437	494	550
2,10	197	225	254	282	414	473	532	592

Zakkingsberekening voor strokenfundering volgens NEN 6740 & 6744:2006

Berekening van de zakking van de bovenkant van het funderingselement, waarbij cf. NEN6702:1991 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 8.1 zijn de berekeningsresultaten weergegeven.

tabel 8.1 - Rekenwaarden zakking en statische beddingscoëfficiënt (gronddekking 0,4 m)

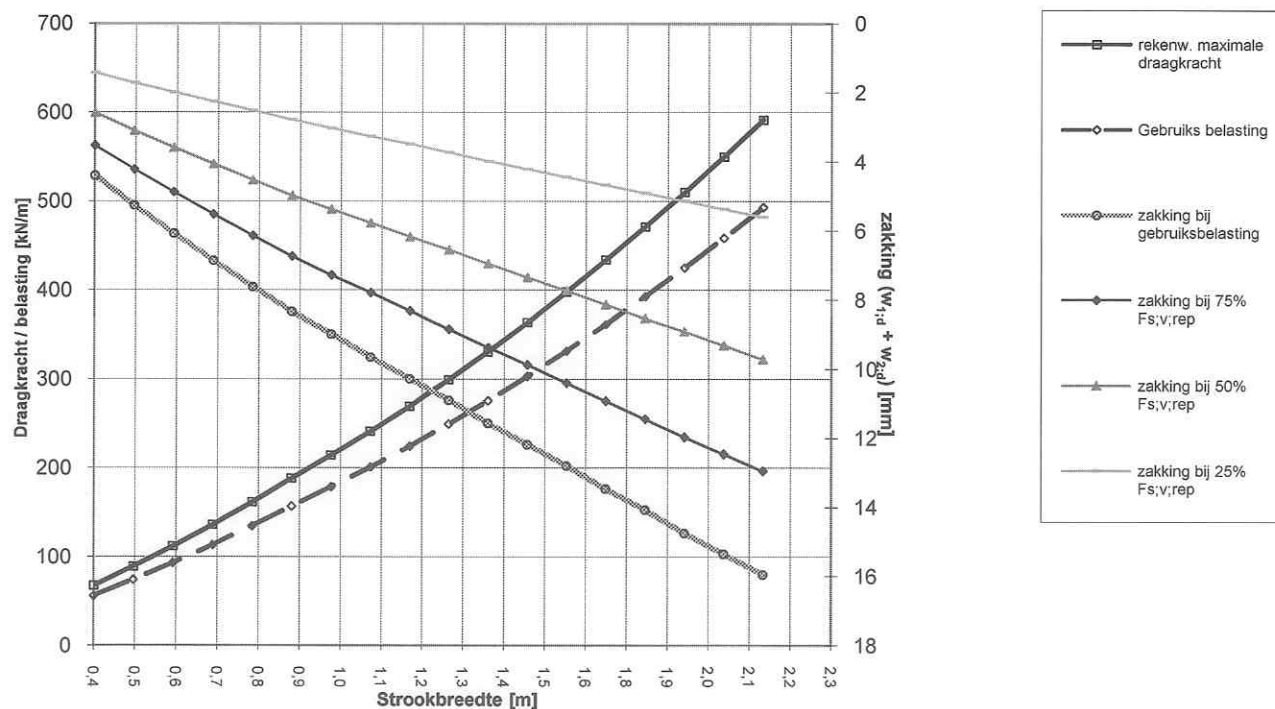
Strookbreedte	Gebruiks belasting	Berekende primaire zakking	Berekende secundaire zakking*	Extra zakking tgv ophoging maaiveld	Berekende totale zakking**	Statische beddingscoëfficiënt
[m]	$F_{s,v;rep}$ [kN/m']	$w_{1;d}$ [mm]	$w_{2;d}$ [mm]	w_{extra} [mm]	w_d [mm]	$k_{v;d}$ [kN/m³]
0,40	56	4,4	0,0	0,0	4,4	24000
0,50	74	5,3	0,0	0,0	5,3	21000
0,60	93	6,1	0,0	0,0	6,1	19000
0,70	113	6,9	0,0	0,0	6,9	18000
0,80	135	7,6	0,0	0,0	7,6	17000
0,90	157	8,3	0,0	0,0	8,3	16000
1,00	179	9,0	0,0	0,0	9,0	15000
1,10	201	9,6	0,0	0,0	9,6	15000
1,20	225	10,3	0,0	0,0	10,3	14000
1,30	250	10,9	0,0	0,0	10,9	14000
1,40	276	11,6	0,0	0,0	11,6	13000
1,50	303	12,2	0,0	0,0	12,2	13000
1,60	332	12,8	0,0	0,0	12,8	12000
1,70	362	13,5	0,0	0,0	13,5	12000
1,80	393	14,1	0,0	0,0	14,1	12000
1,90	425	14,7	0,0	0,0	14,7	12000
2,00	458	15,3	0,0	0,0	15,3	12000
2,10	493	15,9	0,0	0,0	15,9	11000

* 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.



Bijlage 4 : Algemene richtlijnen uitvoering

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.
- Het funderingsplan met de afmetingen en aanlegniveaus van de funderingselementen.

Grondwater/bemaling

Tijdens de uitvoering van de graafwerkzaamheden moet het grondwaterniveau zonodig 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 beganegrond vloeren. 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.

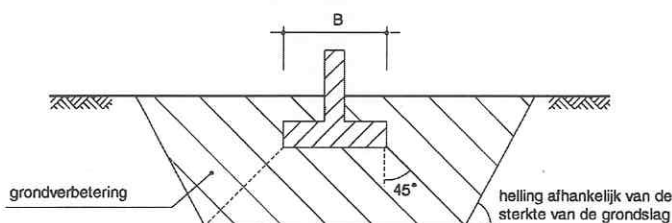
Ontgraving

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.

Voor elk bouwdeel moet het graafwerk worden begonnen bij de sondering, waar het diepste ontgravingsniveau is geadviseerd. Op deze wijze kunnen in het werk aan de hand van de aangetroffen grondlagen de overgangen naar minder diepe ontgravingsniveaus worden vastgesteld. Deze overgangen moeten geleidelijk of trapsgewijs worden uitgevoerd in samenhang met de laagdikten van de grondverbetering.

Nadat de geadviseerde ontgravingsniveaus zijn bereikt, moet bij een staalfundering 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.

De bodem van de ontgraving moet en zodanige breedte hebben, dat deze buiten het spanningsverspreidingsgebied van de fundering ligt. Tenzij in het rapport anders is vermeld moet de grondverbetering tenminste worden aangebracht binnen een gebied waarin de belasting onder 45° spreidt, zie navolgende figuur.



Figuur : Principe 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 grondslag (bodem van de put of sleuf) 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. Hierna kan de werkvloer voor de fundering worden gestort of – bij een ontgravingsniveau beneden het aanlegniveau – de eerste laag van de grondverbetering worden aangebracht.

Indien de staalfundering 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 nageutraliseerd 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.