

**Geotechnisch bodemonderzoek t.b.v.  
nieuwbouw woning met garage**

■■■■■■■■■■ te Nederweert-Eind

## Geotechnisch bodemonderzoek t.b.v. nieuwbouw woning met garage

██████████ te Nederweert-Eind

Rapportnummer: E219736.003/LOM

Datum: 2 december 2021

Naam opdrachtgever: De heer ██████████

Adres opdrachtgever: ██████████ 6034 RD te NEDERWEERT-EIND

Contactpersoon  
Aelmans Eco B.V.: ing. ██████████

Collegiale toets: ing. ██████████

KvK 14048216  
BTW NL8022.45.262.B.01  
Bankrekening 15.48.06.137  
BIC RABONL2U  
IBAN NL27 RABO 0154 8061 37



**Aelmans Eco B.V.**

Kerkstraat 4  
6367 JE Voerendaal  
T (045) 575 32 55

Kerkstraat 2  
6095 BE Baexem  
T (0475) 459 260

info@aelmans.com [www.aelmans.com](http://www.aelmans.com)



Op onze dienstverlening zijn de algemene  
voorwaarden van Aelmans Eco B.V. van  
toepassing die u vindt op [www.aelmans.com](http://www.aelmans.com)

# Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Projectbeschrijving.....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Geotechnische gegevens .....</b>	<b>3</b>
3.1	Uitgevoerd grondonderzoek, sonderingen .....	3
3.2	Boring .....	3
3.3	Geotechnisch profiel .....	4
3.4	Grondwater .....	4
<b>4</b>	<b>Funderingsadvies .....</b>	<b>5</b>
4.1	Keuze funderingstype.....	5
4.2	Minimaal vereiste ontgravingsniveaus.....	5
4.3	Berekening maximale weerstand .....	6
4.4	Meewerkende breedte bij constructieve betonnen plaat .....	6
4.5	Zakkingen in de gebruikssituatie .....	6
4.6	Beddingconstante.....	7
4.7	Vloeren .....	7
<b>5</b>	<b>Uitvoering.....</b>	<b>8</b>

Figuur 1 Ligging onderzoekslocatie met situering sondeerpunten

Bijlage 1 Relevante delen grondonderzoek

Bijlage 2 Berekening maximale verticale weerstand

Bijlage 3 Algemene uitvoeringsrichtlijnen voor funderingen op staal

# 1 Inleiding

Aelmans Eco B.V. heeft van de heer [REDACTED] het verzoek gekregen om een geotechnisch onderzoek uit te voeren en het funderingsadvies op te stellen voor de nieuwbouw van een woning plus garage aan [REDACTED] te Nederweert-Eind.

Dit rapport bevat de resultaten van het voornoemde grondonderzoek en het funderingsadvies voor het bovengenoemde project, uitgaande van een fundering op staal. De relevante resultaten van het uitgevoerde grondonderzoek zijn in figuur 1 alsmede bijlage 1 opgenomen.

## 2 Projectbeschrijving

Het project betreft de nieuwbouw van een woning met garage aan [REDACTED] te Nederweert-Eind.

Ten behoeve van dit project zijn door ons, mede op basis van door de architect verstrekte informatie, de onderstaande uitgangspunten gehanteerd.

- Het aanlegniveau van de stroken fundering is door ons op NAP +29,8 m ingeschat.
- Het aanlegniveau van een hooggelegen constructieve betonnen plaat schatten wij in op NAP +30,5 m.
- In dit rapport is aangenomen dat de nieuwbouw niet zal worden voorzien van een kelder/souterrain en/of kruipruimte.
- Vooralsnog worden geen significante ophogingen en/of ontgravingen van het perceel verwacht. Met uitzondering van hetgeen benodigd voor de bouw.
- De maximale rekenwaarde voor de belastingen op de funderingen zijn door ons ingeschat op: lijnlasten  $q_d = 150 \text{ kN/m}^1$  en puntlasten  $F_d = 350 \text{ kN}$ . (rekenwaarde, verticaal, centrisch belast).
- Milieukundige aspecten, 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.

De fundering is op basis van bovenstaande projectgegevens ingedeeld in geotechnische categorie 2.

<sup>i</sup> In de norm NEN-EN 1997-1 is een categorie-indeling gemaakt, waarbij een onderverdeling gemaakt is in drie geotechnische categorieën (GC). Deze indeling wordt gebruikt om de complexiteit van een constructie en mate van risico in het ontwerp te kwantificeren en welke mate en kwaliteit van onderzoek en gegevens voor het ontwerp daarbij vereist zijn. De categorieën zijn:

1. Geotechnische categorie 1 (GC1): eenvoudige constructies, lichte bouwwerken (berekeningen en onderzoek zijn vaak gebaseerd op lokale kennis en ervaring);
2. Geotechnische categorie 2 (GC2): normale funderingsconstructies zonder buitengewone risico's of complexe grond- of belasting gesteldheid (circa 80% van alle constructies);
3. Geotechnische categorie 3 (GC3): bijzondere constructies, vallende buiten categorie 1 of 2 (zeer complexe funderingen, dynamisch belaste constructies).

De keuze voor de toewijzing hangt daarbij af van drie factoren:

1. Type en afmeting van de constructie;
2. Grondgesteldheid en grondwaterstand;
3. Invloeden vanuit of op de omgeving.



## 3 Geotechnische gegevens

### 3.1 Uitgevoerd grondonderzoek, sonderingen

Op 26 november 2021 zijn 3 sonderingen tot op maximaal een diepte van maaiveld -10 meter uitgevoerd. De sonderingen zijn met een 200 kN sondeertruck verricht en conform de NEN-EN-ISO-22476-1 uitgevoerd.

De sondeerlocaties zijn in het terrein in RD-coördinaten uitgezet en ten opzichte van NAP gewaterpast. De relevante delen van het grondonderzoek zijn in figuur 1 en bijlage 1 opgenomen.

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

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

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

Tussen de verschillende grondsoorten komen overgangsvormen voor, waardoor de aangegeven grenzen niet als hard zijn te beschouwen. De indicatie is sowieso sec van toepassing op de verschillende grondsoorten beneden het grondwaterniveau.

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

### 3.2 Boring

Ter verificatie van het profiel in de bovengrond is ter hoogte van sondering S02 nog één handboring tot maximaal een diepte van maaiveld -3 m verricht. Deze boring is conform de NEN-EN-ISO 22475-1 uitgevoerd en beschreven volgens de NEN-EN-ISO 14688-1:2019; Geotechnisch onderzoek en beproeving - Identificatie en classificatie van grond - Deel 1: Identificatie en beschrijving (incl. Nederlandse bijlage:2019).

### 3.3 Geotechnisch profiel

De maaiveldhoogte ter plaatse van de sonderingen varieert van NAP +30,7 m à NAP +30,5 m. Het maaiveld kent daarmee een hoogteverschil van ca. 0,2 m.

Aan de hand van het uitgevoerde grondonderzoek (sonderingen en boring) is het volgende geotechnische profiel opgesteld:

Vanaf maaiveld tot op de maximaal verkende diepte van ca. NAP +20,5 m wordt een heterogeen pakket aangetroffen, zowel qua samenstelling als draagkracht. Het pakket is opgebouwd uit een mixture van matig vast tot vast gepakt, sterk zandige leem en matig vast, sterk siltig, zand/zandgrind. De conusweerstand in dit pakket variëren van ca. 1,9 à 2,5 MPa in de leem lagen en lopen op tot meer dan 25 MPa in het zand/zandgrind lagen.

### 3.4 Grondwater

Tijdens de uitvoering van het grondonderzoek is in de sondeergaten naar het grondwater gepeild. Dit is op 1,8 m min maaiveld oftewel op circa NAP +28,7 m aangetroffen. Hierbij wordt opgemerkt, dat de metingen direct ná het sonderen hebben plaatsgevonden en slechts een momentopname zijn en dat onder invloed van spanningswater, lagenopbouw, lokale omstandigheden en seizoen afhankelijke factoren, de waarde hiervan sterk kan afwijken.

## 4 Funderingsadvies

### 4.1 Keuze funderingstype

Gelet op de projectgegevens, de opbouw en samenstelling van de ondergrond, is een fundering op staal met lokaal een grondverbetering voor de geplande nieuwbouw mogelijk. Dit funderingssysteem is in onderstaande paragraaf verder uitgewerkt.

Bij de berekening van de maximale verticale weerstandskracht is een hoogste grondwaterstand aangenomen op een niveau gelijk aan het aanlegniveau van de funderingselementen. Eén en ander vanwege conservatieve beweegredenen.

### 4.2 Minimaal vereiste ontgravingsniveaus

De toe te passen funderingselementen betreffen betonnen stroken en poeren en/of een hooggelegen constructieve betonnen plaat. Voor een vorstvrij aanlegniveau van de funderingselementen wordt een diepte van ten minste toekomstig maaiveld - 0,80 m geadviseerd. Bij een hooggelegen constructieve betonnen plaat kan een vorstrand worden toegepast die reikt tot op een diepte van minimaal 0,8 m beneden het toekomstige maaiveld. Eventueel vereiste wapening dient door de constructeur te worden bepaald.

In tabel 4-1 is per sondeerlocatie het minimaal vereiste ontgravingsniveau aangegeven. Indien dit ontgravingsniveau beneden het aanlegniveau ligt, dient een grondverbetering te worden toegepast. De volgende opbouw is hiervoor opportuun; vanaf vereist ontgravingsniveau tot beneden aanlegniveau betonnen sloof zand voor zandbed en verdichten.

Tabel 4-1: Niveaus te gebruiken voor de funderingen

Tabel 4-1: Niveaus te gebruiken voor de funderingen				
Sondering nummer	Maaiveldhoogte [NAP + m]	Aanlegniveau betonnen sloof	Minimaal vereist ontgravingsniveau	
		[NAP + m]	[NAP + m]	[maaiveld - m]
Stroken en poeren				
S01	30,7	29,80	29,8	0,9
S02	30,5		29,8	0,7
S03	30,7		29,7	1,0
Constructieve betonnen plaat				
S01	30,7	30,50	29,8	0,9
S02	30,5		29,8	0,7
S03	30,7		29,7	1,0



Op het aanlegniveau van een/de grondverbetering c.q. de ophoging moet, met name tussen de sondeerpunten in, bijvoorbeeld met een handsondeerapparaat, worden gecontroleerd of zich direct beneden het ontgravingsniveau nog cohesieve en/of humeuze lagen bevinden. Indien dit het geval is dan moeten deze worden verwijderd en door goed verdicht zand worden vervangen.

Bij bovenstaande wijze van funderen (i.c. stroken en poeren), zijn de rekenwaarden voor de draagkracht loodrecht op het funderingsoppervlak gegeven in bijlage 2. Hierbij is gerekend met een gedraineerde, homogene ondergrond.

#### **4.3 Berekening maximale weerstand**

De berekening van de maximale weerstand (weerstandskracht) van de fundering is gebaseerd op de geotechnische norm NEN 9997-1. De berekening van de rekenwaarden van de maximale verticale weerstand van staalfunderingen met een horizontaal funderingsoppervlak is gebaseerd op artikel 6.5.2.2 van NEN 9997-1.

De maximale verticale weerstandskrachten ( $R_{v;d}$ ) zijn berekend voor verschillende strookbreedten en/of poerafmetingen en voor een dekking van 0,0 m, 0,25 m en 0,5 m. Onder gronddekking wordt verstaan het minimale hoogteverschil tussen het aanlegniveau van funderingselementen en het (toekomstige) naastliggende maaiveld of de bodem van een kruipruimte. De berekeningsresultaten zijn in bijlage 2 opgenomen.

#### **4.4 Meewerkende breedte bij constructieve betonnen plaat**

De meewerkende strookbreedte bij een constructieve betonnen plaat van 300 mm dik bedraagt 1,5 meter. De funderingsdruk onder de constructieve betonnen plaat mag niet hoger zijn dan 100 kN/m<sup>2</sup>.

#### **4.5 Zakkingen in de gebruikssituatie**

Gezien de grondopbouw en uitgaande van een goed uitgevoerde grondverbetering kunnen, door zettingen van de onderliggende samendrukbare lagen, in de bruikbaarheidsgrenstoestand eindzakkingen van de funderingselementen van circa 10 à 15 mm optreden. Verder moeten zettingsverschillen van maximaal 5 à 10 mm worden verwacht. Eén en ander is mede afhankelijk van de werkelijk optredende belastingen en belasting verschillen en de verschillen in opbouw van de ondergrond.

De in de zettingsberekeningen gebruikte grondparameters zijn afgeleid uit de beschikbare sondeergrafieken en tabel 2b van NEN 9997-1. De opgegeven zettingen en zettingsverschillen betreffen derhalve een prognose.

#### 4.6 Beddingconstante

Voor de berekening van (een) op een zandbed aangelegde betonnen stroken en/of poeren kan, bij een zorgvuldige uitvoering, normaliter een statische bedding constante van  $10.000 \text{ kN/m}^3$  worden aangehouden. Voor de berekening van (een) op een zandbed aangelegde constructieve betonnen plaat kan bij een zorgvuldige uitvoering, een statische bedding constante van  $6.500 \text{ kN/m}^3$  worden aangehouden.

#### 4.7 Vloeren

De vloeren kunnen, nadat de teelaarde, losse geroerde grond en andere ongerechtigheden zijn verwijderd, op een grondverbetering worden aangelegd. Voor de ontgravingsniveaus wordt verwezen naar tabel 4-1. Wij adviseren in dit geval de vloeren los te houden van de overige constructies, zodat de eventuele zettingen ongestoord kunnen optreden.

Eventueel vereiste wapening dient door de constructeur te worden bepaald.

## 5 Uitvoering

Bij het uitvoering van de funderingswerkzaamheden is het noodzakelijk dat de grondwaterstand minimaal 0,5 meter onder het ontgravingvlak staat. Aangezien er geen grondwater op de relevante niveaus is aangetroffen, is het toepassen van een bemaling niet noodzakelijk.

De ontgravingniveaus dienen nauwgezet te worden geïnspecteerd op geroerde en/of verweekte zones. Ook na het ontgraven dient ervoor zorg gedragen te worden, dat het materiaal niet verweekt wordt.

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

Voor algemene richtlijnen voor de uitvoering van ontgravingen en grondverbeteringen voor staalfunderingen wordt naar bijlage 3 verwezen.

Indien het bouwplan en/of de uitgangspunten alsnog worden gewijzigd, heeft dit consequenties voor dit funderingsadvies. Indien u dat aangeeft, dan kan worden nagegaan of de wijzigingen gevolgen hebben voor het voorliggende funderingsadvies en kan dit funderingsadvies zo nodig hierop worden aangepast.

Ubachsberg, gemeente Voerendaal, 2 december 2021

**Aelmans Eco B.V.**



**Projectleider/geotechnisch adviseur**

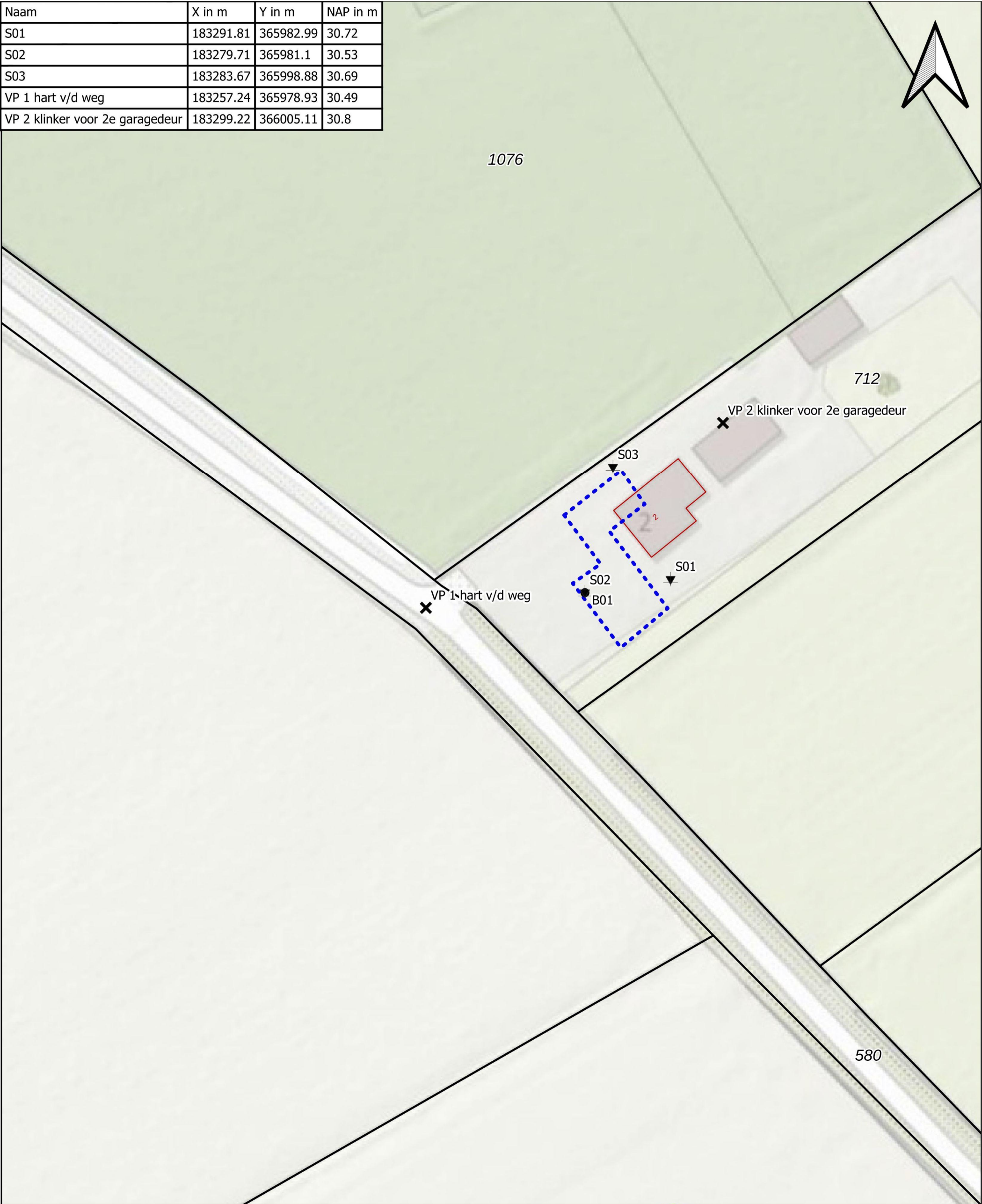
Rapport opgesteld door:



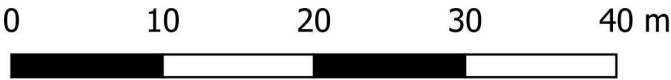
**Projectleider/geotechnisch adviseur**



Naam	X in m	Y in m	NAP in m
S01	183291.81	365982.99	30.72
S02	183279.71	365981.1	30.53
S03	183283.67	365998.88	30.69
VP 1 hart v/d weg	183257.24	365978.93	30.49
VP 2 klinker voor 2e garagedeur	183299.22	366005.11	30.8



Legenda



- handboring
- ✕ vast punt
- ▼ Sondering uitgevoerd



Kerkstraat 4  
6367 JE Voerendaal  
T: 045-5753255  
E: info@aelmanns.com

Kerkstraat 2  
6095 BE Baexem  
T: 0475-459260  
<https://www.aelmanns.com>

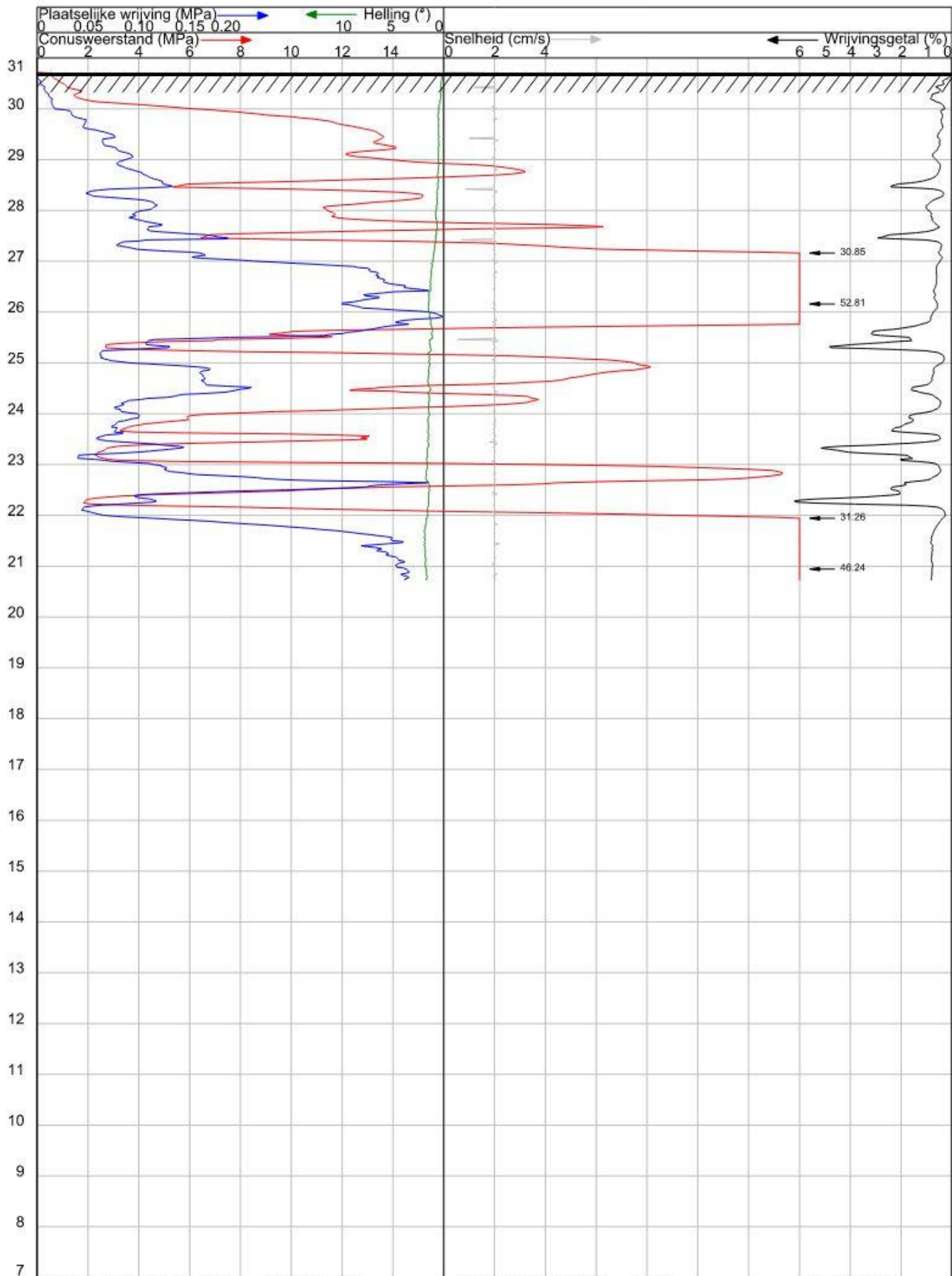
Opdrachtgever	De heer ██████████		
Onderwerp	<b>Onderzoekslocatie</b>		
Locatie	██████████ te Nederweert-Eind		
Projectnummer	E219736		
Datum	01-12-2021	Tekeningnr:	Figuur01
Getekend	██████████	Schaal	1:500
		Formaat	A3

## **Bijlage 1**

Relevante delen grondonderzoek



DIEPTE IN METERS T.O.V. NAP



OPDRACHT NR : E219736

SONDERING : 1

DATUM : 26-11-2021 TIJD : 12:09

OPDRACHTGEVER : Dhr. [REDACTED]

OMSCHRIJVING : [REDACTED] te Nederweert-Eind

SONDEERMEESTER : Erik

REFERENTIE NIVO : 30.72 m t.o.v. NAP

CONUS TYPE : I-CFXY-15

HELLINGOPNEMER :

EINDWAARDE HELLING : 1.679124

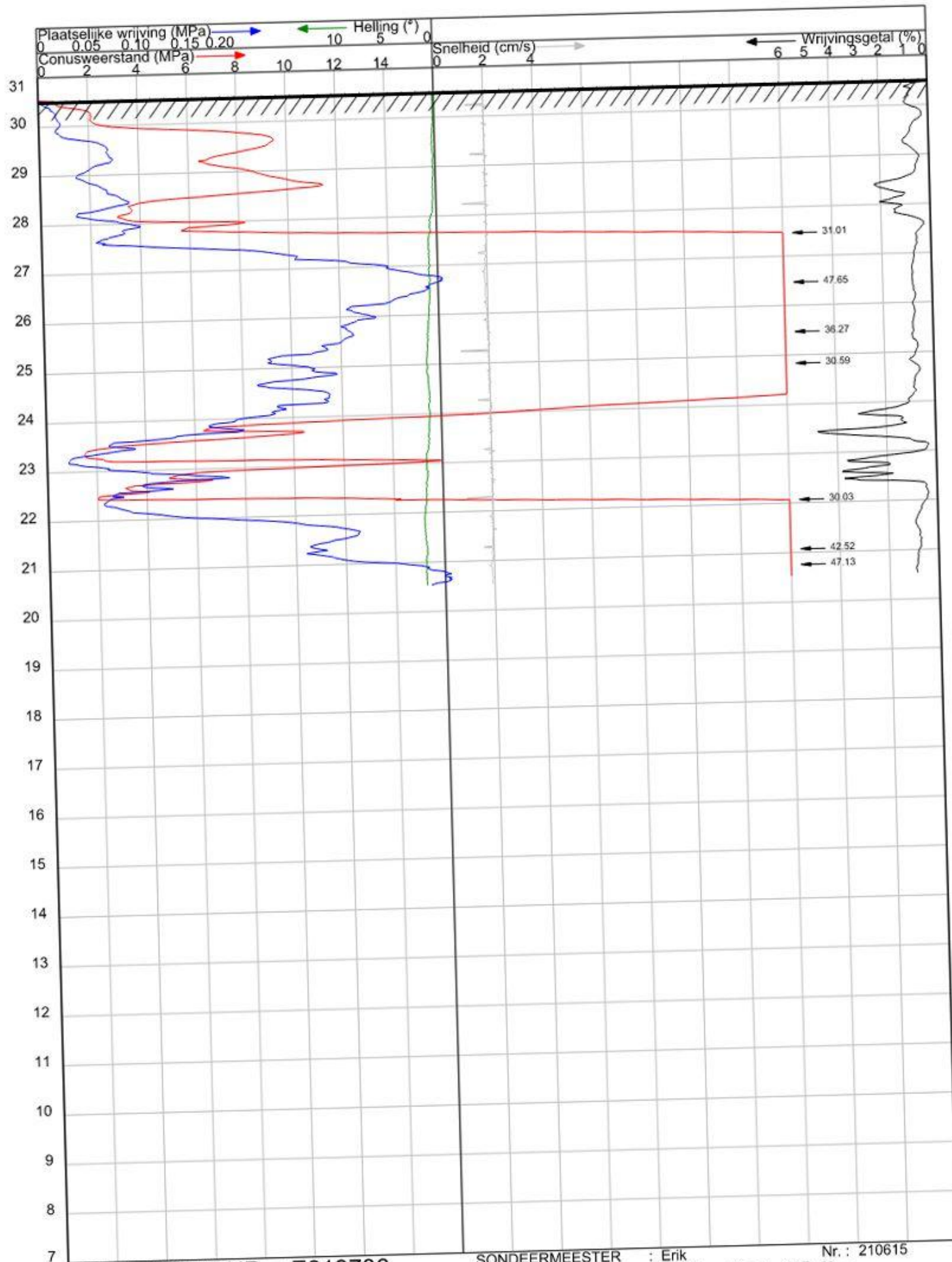
OPMERKING :

Nr. : 210615

Nr. :



DIEPTE IN METERS T.O.V. NAP



OPDRACHT NR : E219736

SONDERING : 2

DATUM : 26-11-2021 TIJD : 13:07

OPDRACHTGEVER : Dhr. [REDACTED]

OMSCHRIJVING : [REDACTED] te Nederweert-Ein

SONDEERMEESTER : Erik

REFERENTIE NIVO : 30.53 m t.o.v. NAP

CONUS TYPE : I-CFXY-15

HELLINGOPNEMER :

EINDWAARDE HELLING : 1.820166

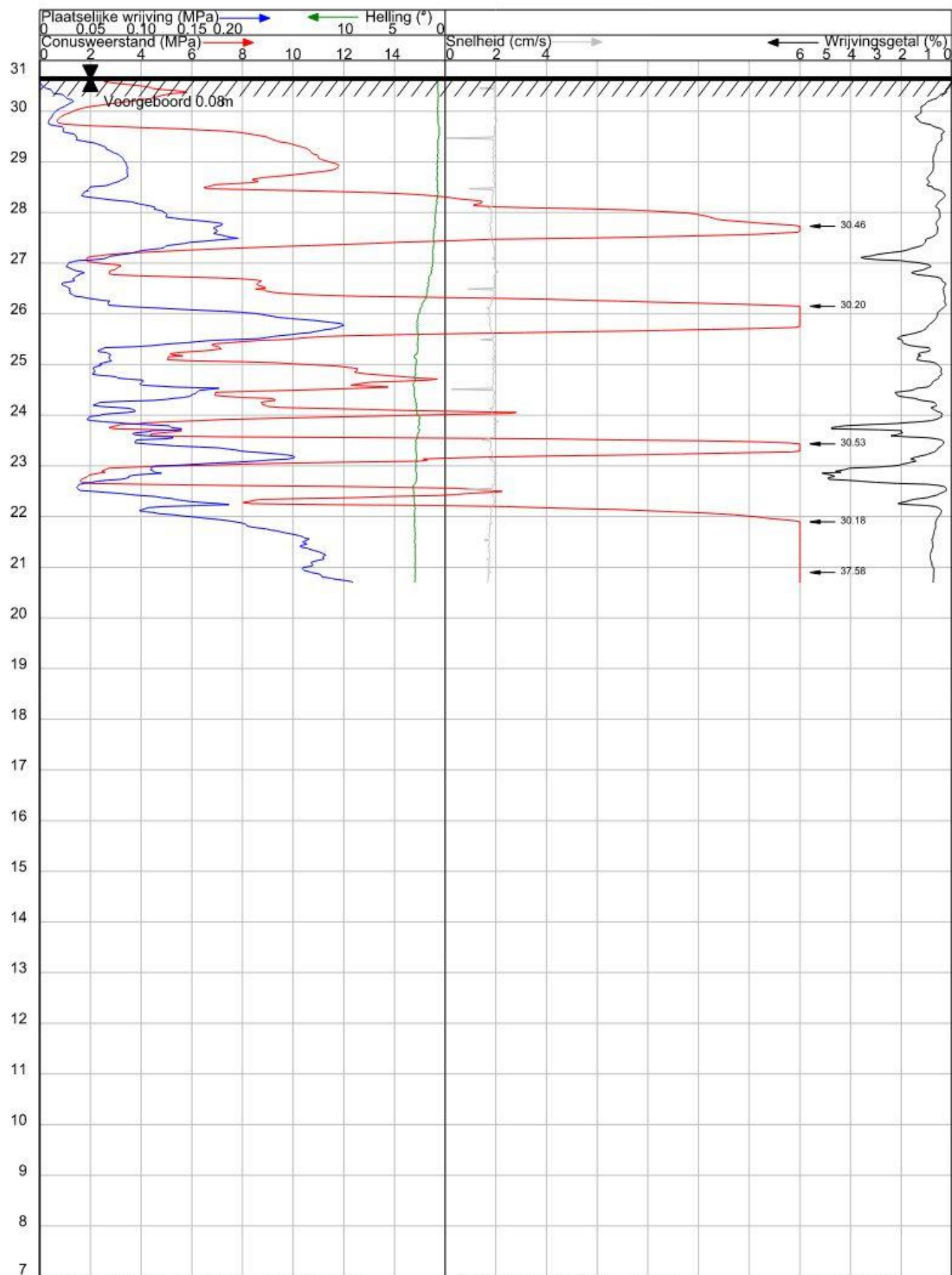
OPMERKING :

Nr. : 210615

Nr. :

**aelmans**

DIEPTE IN METERS T.O.V. NAP



OPDRACHT NR : E219736  
SONDERING : 3  
DATUM : 26-11-2021 TIJD : 13:48  
OPDRACHTGEVER : Dhr. [redacted]  
OMSCHRIJVING : [redacted] te Nederweert-Ein

SONDEERMEESTER : Erik  
REFERENTIE NIVO : 30.69 m t.o.v. NAP  
CONUS TYPE : I-CFXY-15  
HELLINGOPNEMER :  
EINDWAARDE HELLING : 3.011132  
OPMERKING :

Nr. : 210615  
Nr. :  


## **Bijlage 2**

Berekening maximale verticale  
weerstand

# Aelmans Advies Groep

Opdrachtnummer E219736 Datum 1-12-2021

## MAXIMALE WEERSTAND VAN FUNDERINGEN OP STAAL

Referentievlak	NAP	Partiële materiaalfactoren	Project: Nieuwbouw woning met garage
Maaiv. hoogte	[NAP + m] 30,70	$\gamma_{m,\gamma} = 1,10$	te Nederweert-Eind
Aanlegniveau	[NAP + m] 29,80	$\gamma_{m,\phi'} = 1,15$	
Gw.stand	[NAP + m] 29,80	$\gamma_{m,c'} = 1,60$	

### REPRESENTATIEVE WAARDEN VAN DE GRONDEIGENSCHAPPEN

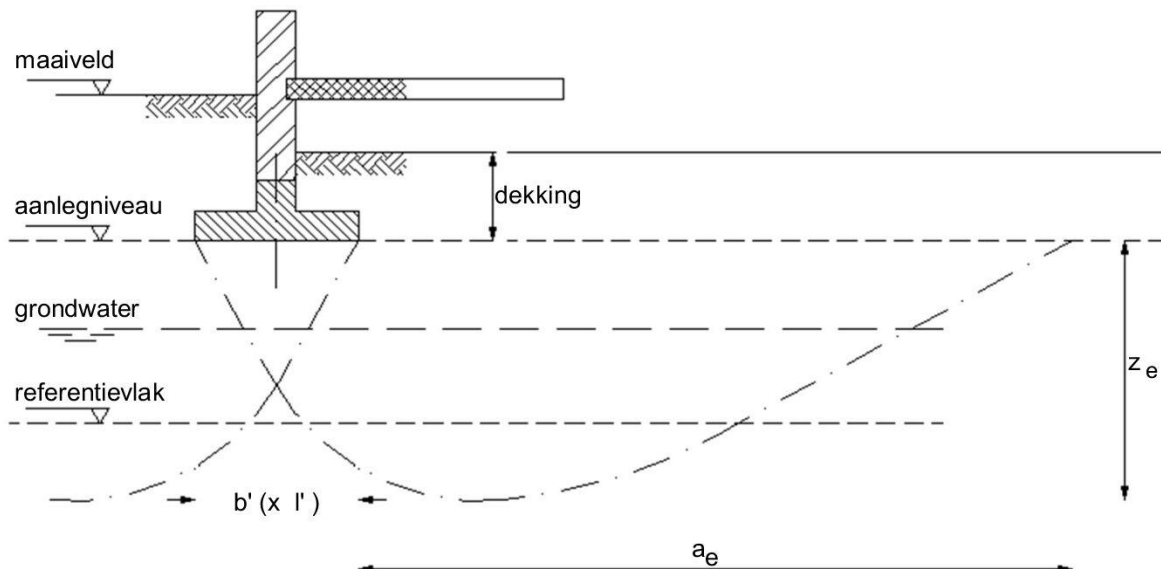
Laagnr.	bovenk. laag [NAP + m]	onderk. laag [NAP + m]	$\gamma_k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{sat,k}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'_k$ [°]	$c'_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]
MV / dek.	30,70	29,80	17,0	19,0		
1	29,80	29,70	17,0	19,0	30,0	0,0
2	29,70	27,30	18,0	20,0	32,5	0,0
3						
4						
5						
6						
7						
8						

### REKENWAARDEN GRONDEIGENSCH.

$\gamma_d$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{sat,d}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'_d$ [°]	$c'_d$ [kN/m <sup>2</sup> ]
15,45	17,27		
	17,27	26,66	0,00
	18,18	28,99	0,00

### REKENWAARDEN VAN DE VERTICALE WEERSTAND OP EEN HORIZONTAAL FUNDERINGSOPPERVLAK ( $R_{v;d}$ )

Effectief funderingsopp.		dekking : 0,00 m		dekking : 0,25 m		dekking : 0,50 m		Invloedsgebied	
b' [m]	l' [m]	$\sigma'_{\max;d}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	R <sub>v,d</sub>	$\sigma'_{\max;d}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	R <sub>v,d</sub>	$\sigma'_{\max;d}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	R <sub>v,d</sub>	z <sub>e</sub> [m]	a <sub>e</sub> [m]
0,40	strook	23	9 [kN/m']	85	34 [kN/m']	146	58 [kN/m']	0,60	1,56
0,50	strook	30	15 [kN/m']	92	46 [kN/m']	155	77 [kN/m']	0,75	1,97
0,60	strook	37	22 [kN/m']	100	60 [kN/m']	163	98 [kN/m']	0,90	2,37
0,70	strook	43	30 [kN/m']	107	75 [kN/m']	170	119 [kN/m']	1,06	2,78
0,80	strook	50	40 [kN/m']	114	91 [kN/m']	178	142 [kN/m']	1,21	3,18
0,90	strook	57	51 [kN/m']	121	109 [kN/m']	185	167 [kN/m']	1,36	3,59
1,00	strook	64	64 [kN/m']	128	128 [kN/m']	192	192 [kN/m']	1,52	3,99
1,10	strook	70	78 [kN/m']	135	148 [kN/m']	199	219 [kN/m']	1,67	4,40
1,20	strook	77	93 [kN/m']	142	170 [kN/m']	207	248 [kN/m']	1,82	4,81
Poeren									
0,75	0,75	34	19 [kN]	124	70 [kN]	213	120 [kN]	1,13	2,98
1,00	1,00	46	46 [kN]	137	137 [kN]	228	228 [kN]	1,52	3,99
1,25	1,25	58	91 [kN]	150	234 [kN]	241	377 [kN]	1,90	5,01
1,50	1,50	70	158 [kN]	162	365 [kN]	254	572 [kN]	2,28	6,02





## **Bijlage 3**

Algemene uitvoeringsrichtlijnen voor  
funderingen op staal

## **ALGEMENE RICHTLIJNEN VOOR DE UITVOERING VAN ONTGRAVINGEN EN GRONDVERBETERINGEN VOOR STAALFUNDERINGEN**

Voor de aanvang van de uitvoering van ontgravingen/grondverbeteringen voor staalfunderingen moeten de volgende zaken bekend zijn:

- Het funderingsplan met de afmetingen en aanlegniveaus van de funderingselementen, hierop dienen de locaties waar de sonderingen (en boringen) zijn gemaakt te zijn aangegeven.
- De maaiveldhoogten ter plaatse van de te maken funderingen.
- De maaiveldhoogten ter plaatse van de sondeer(- en boor)locaties.
- Het grondonderzoek en het bijbehorende funderingsadvies.

Indien het geadviseerde ontgravingsniveau lager ligt dan het aanlegniveau moet een grondverbetering worden toegepast. Voor elk bouwdeel moet het graafwerk worden begonnen bij de sondering, waarvoor het diepste ontgravingsniveau is geadviseerd. Op deze wijze kunnen in het werk de overgangen naar minder diepe ontgravingsniveaus worden vastgesteld. Deze overgangen moeten geleidelijk of (bij abrupte overgangen in ontgravingsniveaus) terrasgewijs worden uitgevoerd in samenhang met de laagdikten van de grondverbetering.

De ontgravingen kunnen in het algemeen worden uitgevoerd onder een talud van circa 1:1. Bij een grondprofiel waarbij water uit het talud kan treden zijn extra maatregelen nodig. Verder is verondersteld dat langs de insteek van het talud geen zwaar materieel wordt geplaatst of zware materialen worden opgeslagen en dat de grondwaterstand permanent ten minste 0,5 m beneden het actuele ontgravingsniveau blijft of wordt gehouden.

Nadat de geadviseerde ontgravingsniveaus zijn bereikt, moet bij een staalfundering op zand met een handsondeerapparaat worden gecontroleerd of zich direct onder dit niveau nog samendrukbare laagjes bevinden. Deze controle moet vooral tussen de sonderingen (en boringen) intensief worden uitgevoerd. Worden dergelijke laagjes aangetroffen, dan moeten ze worden verwijderd en vervangen door zand of een ander hiervoor goedgekeurd materiaal. Vervolgens moet de bodem van de put of sleuf worden verdicht met een trilapparaat. Het te verdichten materiaal dient een vochtgehalte te hebben dat rond het optimum ligt van de Proctorproef. De mate van verdichting moet worden gecontroleerd, bijvoorbeeld met een handsondeerapparaat. Daarbij geldt als criterium dat de conusweerstand met de diepte moet toenemen tot minimaal 2,5 MPa op 0,10 m en 5 MPa op 0,30 m diepte. De mate van verdichting kan ook worden gerelateerd aan de uit (vooraf gemaakte!) Proctorproeven verkregen maximale Proctor-dichtheid. Hierbij moet de dichtheid, die in situ wordt gecontroleerd, ten minste 98% bedragen met een gemiddelde dichtheid van ten minste 100%.

Hierna kan de werkvloer voor de fundering worden gestort of - bij een ontgravingsniveau beneden het aanlegniveau - de eerste laag van de grondverbetering worden aangebracht.

Soms blijkt (ook na verdichten) dat de hiervoor gestelde verdichtingseis niet (of niet meteen) wordt bereikt. Dit kan door diverse redenen of door een combinatie van dergelijke redenen worden veroorzaakt. Hierbij valt onder meer te denken aan een onvoldoende drooglegging, een te hoog vochtgehalte, een minder gunstige gradatie en of het gebruik van te zware verdichtingsapparatuur die minder goed in staat is om de zeer oppervlakkige lagen goed te verdichten.

In geval van twijfel dient in overleg met de geotechnisch adviseur te worden bepaald hoe hier verder mee omgegaan moet worden. De geotechnisch adviseur zal dan veelal op basis van eenvoudige metingen eerst willen weten of het aanwezige materiaal in principe geschikt is (controle via handboringen, in geval van twijfel korrelverdelingen laten bepalen en of een in situ geschiktheidsproef uitvoeren) en dat de drooglegging voldoende is (peilbuismetingen).

Het zand voor de grondverbetering moet mineraal, matig grof materiaal zijn en mag ten hoogste 5 gewichtsprocenten (van de korrels) aan korrels kleiner dan  $16\ \mu\text{m}$  en ten hoogste 10 gewichtsprocenten aan korrels kleiner dan  $63\ \mu\text{m}$  bevatten. Het gehalte aan organische stof (gloeiverlies) moet kleiner zijn dan of gelijk zijn aan 3 gewichtsprocenten. De grondverbetering moet in lagen met een dikte van maximaal 0,3 m worden aangebracht. Iedere laag moet in minimaal 4 gangen, die elkaar kruisen en overlappen, mechanisch worden verdicht, waarbij voor iedere laag de reeds geformuleerde verdichtingseis geldt. Indien de bovenlaag door het gebruik van relatief zware trilapparatuur is losgeschud, moet het funderingsniveau met een lichte trilplaat worden afgetrild, voordat de werkvloer van de fundering wordt gestort. Voor de controle van de mate van verdichting gelden de bovenvermelde criteria.

De breedte van de grondverbetering moet op de bodem van de put of sleuf ten minste  $B + 2d$  respectievelijk  $L + 2d$  bedragen. Hierbij zijn B en L respectievelijk de breedte en de lengte van de fundering en d de dikte van de grondverbetering.

Soms wordt een staalfundering op klei (bijvoorbeeld op potklei), leem of löss aangelegd. In dit geval moet de laatste 0,1 m zo voorzichtig worden afgeschaafd, dat 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 ontgraving op de bodem van de ontgraving een beschermlaag (van bijvoorbeeld folie of 0,1 m stampbeton) worden aangebracht.

Extra aandacht moet worden besteed aan ontgravingen naast, dan wel nabij een bestaande, op staal gefundeerde belending. Dit geldt in het bijzonder voor ontgravingen dieper dan het aanlegniveau van de bestaande fundering. Dergelijke ontgravingen verminderen de draagkracht van de bestaande fundering en dienen daarom zo veel mogelijk te worden vermeden. Indien dergelijke ontgravingen noodzakelijk zijn dan moet worden nagegaan of speciale maatregelen moeten worden genomen. Tijdens het verdichten van grondlagen moet de grondwaterstand zich minimaal 0,5 m beneden het ontgravingsniveau bevinden. Is dit niet het geval dan moet een bemaling worden geïnstalleerd, die in staat moet zijn de grondwaterstand tot ten minste dit niveau te verlagen. Deze verlaging moet zijn gerealiseerd voordat met ontgraven het vereiste niveau is bereikt.

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

In twijfelgevallen ten aanzien van de uitvoering of andere omstandigheden is het raadzaam de geotechnische adviseur te raadplegen.

Tot slot maken wij u erop attent dat Aelmans Eco B.V. beschikt over:

- Deskundig opzichters voor de begeleiding van alle grond- en funderingswerken.
- Goede apparatuur en medewerkers voor het controleren van de gerealiseerde verdichting(en).
- Laboratoriumfaciliteiten (derden) voor het keuren van de geschiktheid van het materiaal voor de grondverbetering.