



Geotechnisch bodemonderzoek, nieuwbouw

Heerlenseweg 22 te Landgraaf

Geotechnisch bodemonderzoek, nieuwbouw

Heerlenseweg 22 te Landgraaf

Rapportnummer: E202961.009/RKR

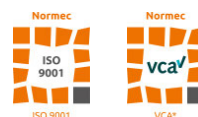
Datum: 2 november 2020

Naam opdrachtgever: V.B.C. (Vastgoed Beleggingscentrum), [REDACTED]

Adres opdrachtgever: Welterkerkstraat 2, 6419 CR te HEERLEN

Contactpersoon
Aelmans Eco B.V.: [REDACTED]

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
[REDACTED]

info@aelmans.com

Kerkstraat 2
6095 BE Baexem
[REDACTED]

www.aelmans.com



Op onze dienstverlening zijn de algemene voorwaarden van Aelmans Eco B.V. van toepassing die u vindt op www.aelmans.com

Inhoud

1	Inleiding.....	1
2	Projectbeschrijving.....	2
3	Geotechnische gegevens	3
3.1	Uitgevoerd grondonderzoek	3
3.2	Geotechnisch profiel	4
4	Funderingsadvies	5
4.1	Keuze funderingstype.....	5
4.2	Minimaal vereiste ontgravingsniveaus.....	5
4.3	Berekening maximale weerstand	6
4.4	Zakkingen in de gebruikssituatie	6
4.5	Beddingconstante.....	7
4.6	Uitvoering.....	7

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 [REDACTED], namens V.B.C. (Vastgoed Beleggingscentrum), het verzoek gekregen te adviseren omtrent de fundering nieuwbouw op het adres Heerlenseweg 22 te Landgraaf.

Het ten grondslag liggende grondonderzoek is door onze eigen dienst uitgevoerd. De relevante resultaten van het uitgevoerde grondonderzoek zijn opgenomen in figuur 1 alsmede bijlage 1.

Dit rapport bevat het op de resultaten van het voornoemde grondonderzoek gebaseerde funderingsadvies voor de bovengenoemde nieuwbouw, uitgaande van vooralsnog een fundering op staal.

2 Projectbeschrijving

Het project betreft de nieuwbouw van een appartementencomplex aan de Heerlenseweg 22 te Landgraaf.

Ten behoeve van dit project is het volgende document beschikbaar gesteld:

- A.H. SMINK ARCHITECTEN, werknr. 19-579, d.d. 10-08-2020 schetsplan, 11 wooneenheden aan de Heerlenseweg te Landgraaf, situatie, plattegronden, gevels en doorsneden.

Uit dit document en uit aanvullende informatie van de opdrachtgever zijn de volgende projectgegevens afgeleid:

- Er vindt nieuwbouw plaats van 11 wooneenheden in één complex.
- Er wordt voorzien in een begane grond niveau, een eerste verdiep en een 2^e/3^e verdiep.
- De geviseerde fundering bestaat, vooralsnog, uit stroken en/of poeren.
- **Het bouwpeil bedraagt, ons inziens, NAP +153 meter.**
- Vanwege het geaccentueerde terrein worden, ons inziens, afgravingen van het perceel verwacht.
- Momenteel bestaat **géén** inzicht in de te verwachten lijn- en puntlasten.

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

ⁱ 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

Op 12 oktober 2020 zijn vooralsnog 5 van de geplande 7 sonderingen uitgevoerd tot op maximaal een diepte van maaiveld -10 m. De sonderingen zijn uitgevoerd met een 200 kN sondeertruck en conform de NEN-EN-ISO-22476-1 verricht. Vanwege begroeiing kon vooralsnog niet gesondeerd worden ter hoogte van de sondeerpunten 4 en 6.

Bij alle 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 kleeftmantel 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 mogelijk op een eventueel afwijken van de verticaal. Bijzondere afwijkingen zijn niet vastgesteld.

Ter verificatie van het profiel in de bovengrond is ter hoogte van sondering 3 nog een boring verricht tot op maximaal een diepte van maaiveld -3 m. 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).

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

3.2 Geotechnisch profiel

De maaiveldhoogte ter plaatse van de sondeerlocaties varieert van NAP +152,99 m tot NAP +151,46 m.

Aan de hand van het uitgevoerde grondonderzoek is het volgende geotechnische profiel opgesteld:

- Vanaf maaiveld tot NAP +152,50 m à NAP +149,70 m wordt zandige leem aangetroffen waarin conusweerstand (qc) zijn gemeten van 0,5 tot 2,5MPa. Plaatselijk worden conuswaarden van >10 MPa geregistreerd welke duiden op zand- en / of grindlagen in het profiel. **Het betreft hier de Formatie van Boxtel, een Kleiige eenheid, hoofdzakelijk bestaande uit leem en een spoor klei, fijn en midden zand (bron; BRO REGIS II v2.2 en DGM v2.2).**
- Hieronder is tot aan de maximaal verkende diepte van NAP +141,46 m een zandpakket aangetroffen waarin conusweerstand zijn gemeten van 5 tot meer dan 30 MPa. Terugvallen in de conusweerstand (tot <2 MPa) worden veroorzaakt door silthoudend en/of losgepakt zand. **Hier betreft het de Formatie van Breda, een Zandige eenheid, hoofdzakelijk bestaande uit midden en fijn zand en kleiig zand, met weinig grof zand en glauconietzand en een spoor klei, bruinkool, grind en schelpen (bron; BRO REGIS II v2.2 en DGM v2.2).**

Tijdens de uitvoering van het grondonderzoek kon tot op de maximaal verkende diepte van maaiveld -10 m (NAP +141,46 m) **géén grondwater** waargenomen worden. 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 en de opbouw en samenstelling van de ondergrond is een fundering op staal beneden de nieuwbouw mogelijk, zij het in combinatie met plaatselijk een grondverbetering.

4.2 Minimaal vereiste ontgravingsniveaus

Voor een vorstvrij aanlegniveau van de funderingselementen wordt een diepte van ten minste toekomstig maaiveld – 0,80 m geadviseerd. In dit rapport is uitgegaan van een aanlegniveau van de funderingselementen van NAP +152 m.

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

Tabel 4-1 Minimaal vereiste ontgravingsniveaus, nieuwbouw Heerlenseweg 22 te Landgraaf

Sondering nummer	Maaiveldhoogte [NAP + m]	Aanlegniveau betonnen sloof	Minimaal vereist ontgravingsniveau	
		[NAP + m]	[NAP + m]	[maaiveld - m]
1	152,99	152	152	0,99
2	152,89	152	152	0,89
3	152,87	152	152	0,87
4	152,23	152	Nnb	Nnb
5	152,74	152	152	0,74
6	152,06	152	Nnb	Nnb
7	151,46	152	149,7	1,76

Op het aanlegniveau van de grondverbetering 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 worden vervangen door goed verdicht zand.

De vloeren kunnen, nadat de humeuze top laag, losse geroerde grond en andere onrechtmatigheden zijn verwijderd, op een zorgvuldig verdicht zandbed worden aangelegd. Bij genoemde bouwpeilvoering zal de minimale dikte van het aan te brengen c.q. te stabiliseren zandpakket circa 0,30 m moeten zijn. Edoch is e.e.a. sterk afhankelijk van de dikte van de zettingsgevoelige en/of geroerde top laag en de hoogteligging van het huidige maaiveld ten opzichte van het bouwpeil. De exacte ontgravingsniveaus zullen tijdens de ontgravingswerkzaamheden moeten worden vastgesteld. In hoeverre de vloeren nog van wapening dienen te worden voorzien is ter competentie van de constructeur. Wij adviseren de vloeren los te houden van de overige constructies, zodat zettingen ongestoord kunnen optreden.

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.

Bij de berekening van de maximale verticale weerstandskracht is een hoogste grondwaterstand aangenomen op een niveau gelijk aan het aanlegniveau van de funderingselementen.

De maximale verticale weerstandskrachten ($R_{v,d}$) zijn berekend voor verschillende strookbreedten en of poerafmetingen en voor een dekking van 0,00 m (in verband met een mogelijke kruipruimte), 0,30 m en 0,60 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 opgenomen in bijlage 2.

4.4 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 optreden van circa 10 à 15 mm. Verder moeten zettingsverschillen van maximaal 5 à 10 mm worden verwacht. Een 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.

4.5 Beddingconstante

Voor de berekening van (een) op een zandbed aangelegde betonnen vloer(en) of funderingsplaten kan, bij een zorgvuldige uitvoering, een statische beddingconstante van 10.000 kN/m³ worden aangehouden.

4.6 Uitvoering

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

Ubachsberg, gemeente Voerendaal, 2 november 2020



Rapport opgesteld door:

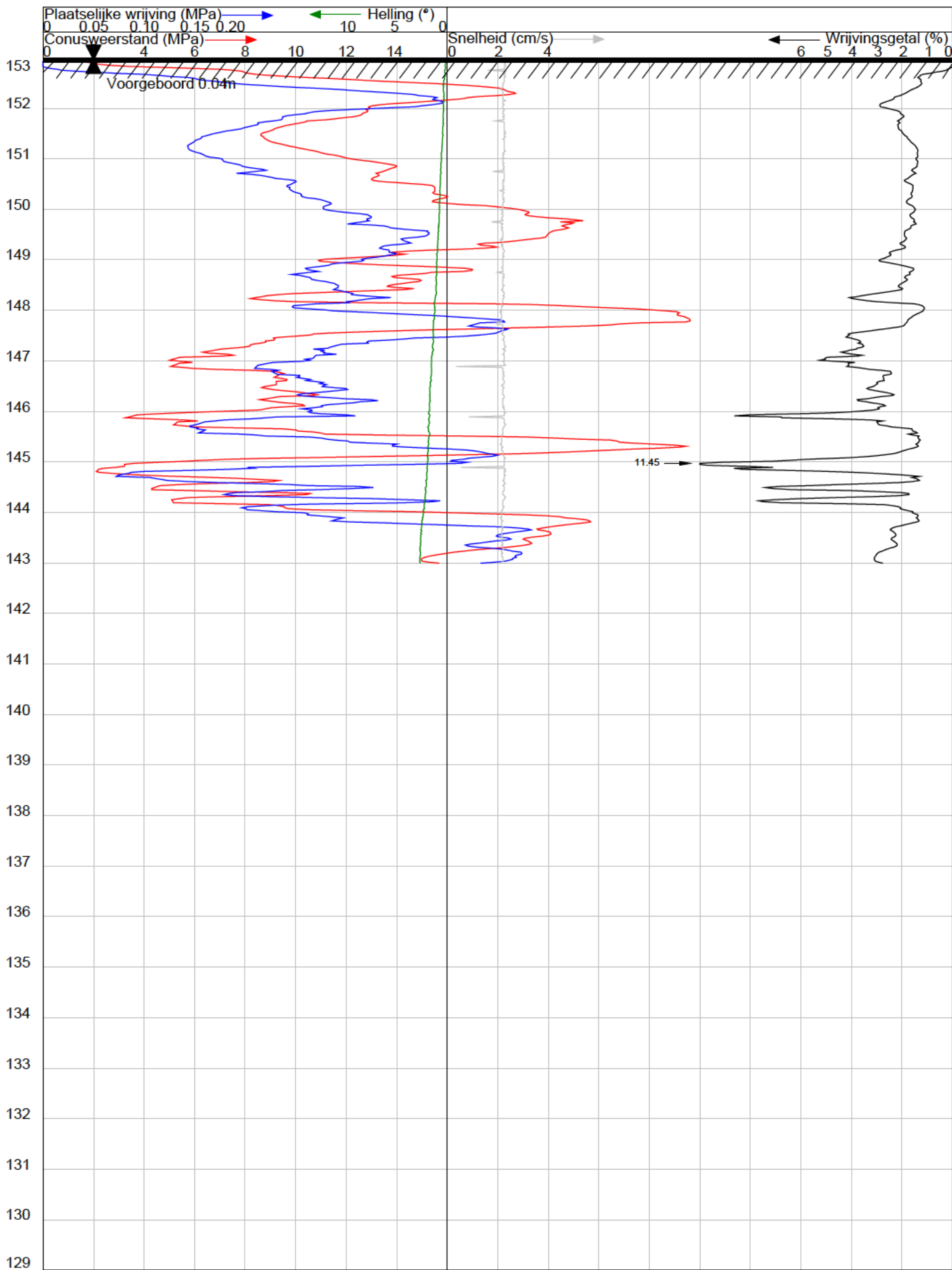
Two lines of black rectangular redaction boxes covering the name of the person who prepared the report.



Bijlage 1

Relevante delen grondonderzoek

DIEPTE IN METERS T.O.V. NAP



OPDRACHT NR : E202961

SONDERING : 1

DATUM : 12-10-2020 TIJD : 10:44

OPDRACHTGEVER : VBC

OMSCHRIJVING : Heerlenseweg 22 Landgraaf

SONDEERMEESTER :

REFERENTIE NIVO : 152.99 m t.o.v. NAP

CONUS TYPE : I-CFX-15

HELLINGOPNEMER :

EINDWAARDE HELLING : 2.706355

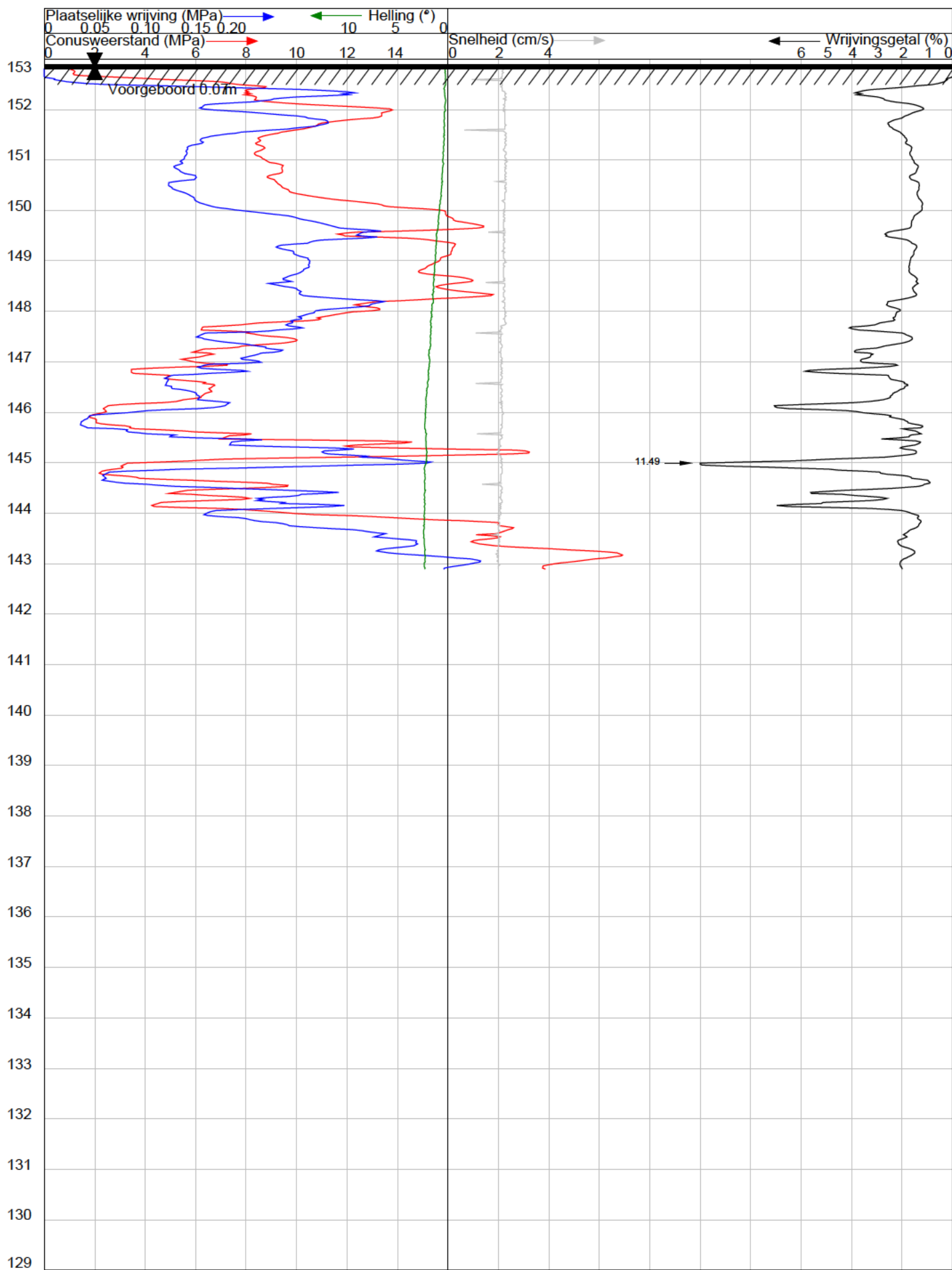
OPMERKING :

Nr. : 171020

Nr. :



DIEPTE IN METERS T.O.V. NAP



OPDRACHT NR : E202961

SONDERING : 2

DATUM : 12-10-2020 TIJD : 11:18

OPDRACHTGEVER : VBC

OMSCHRIJVING : Heerlenseweg 22 Landgraaf

SONDEERMEESTER :

REFERENTIE NIVO : 152.89 m t.o.v. NAP

CONUS TYPE : I-CFXY-15

HELLINGOPNEMER :

EINDWAARDE HELLING : 2.312729

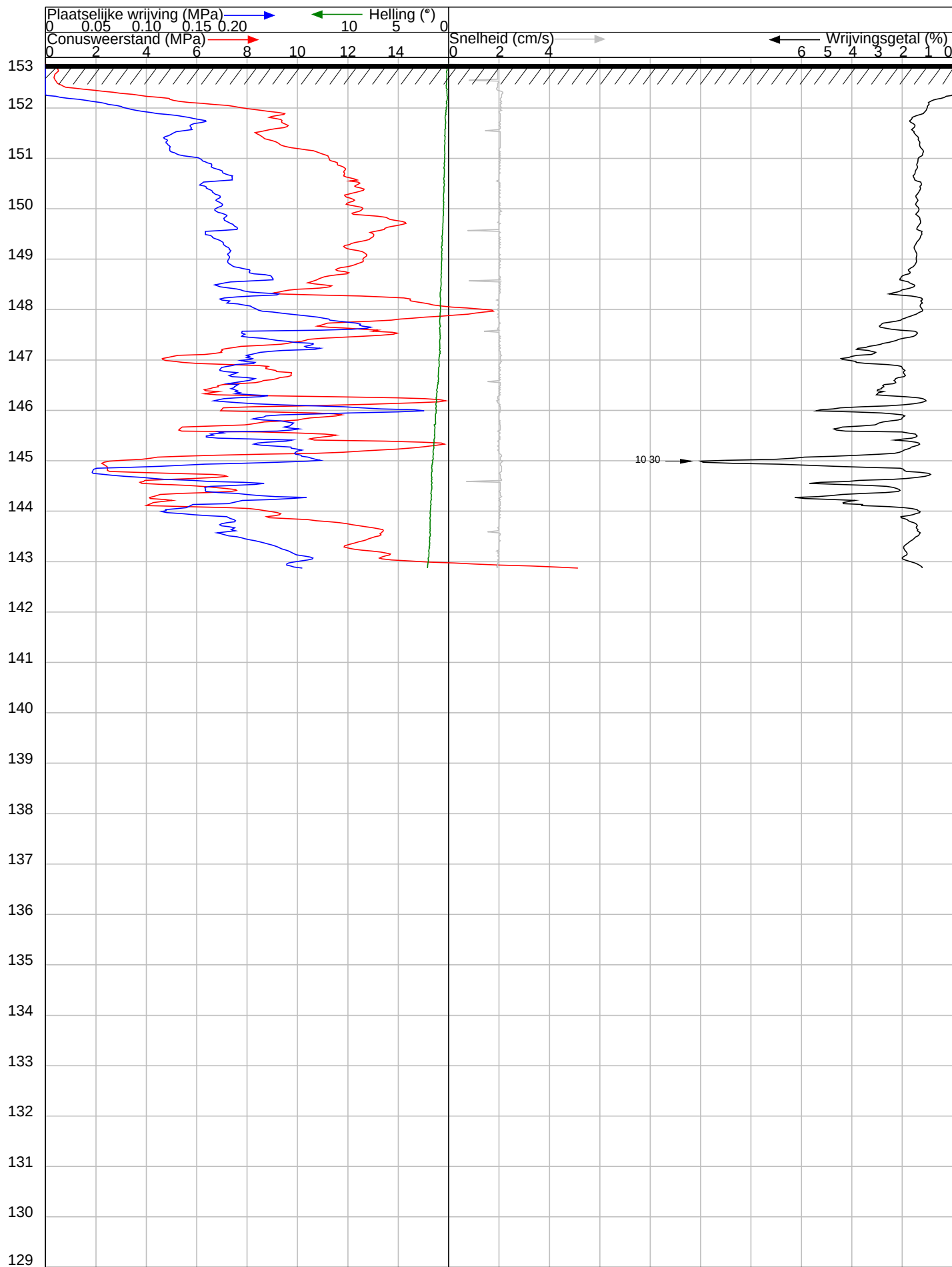
OPMERKING :

Nr. : 171020

Nr. :



DIEPTE IN METERS T.O.V. NAP



OPDRACHT NR : E202961

SONDERING : 3

DATUM : 12-10-2020 TIJD : 12:42

OPDRACHTGEVER : VBC

OMSCHRIJVING : Heerlenseweg 22 Landgraaf

SONDEERMEESTER :

REFERENTIE NIVO : 152.87 m t.o.v. NAP

CONUS TYPE : I-CFXY-15

HELLINGOPNEMER :

EINDWAARDE HELLING : 2.096473

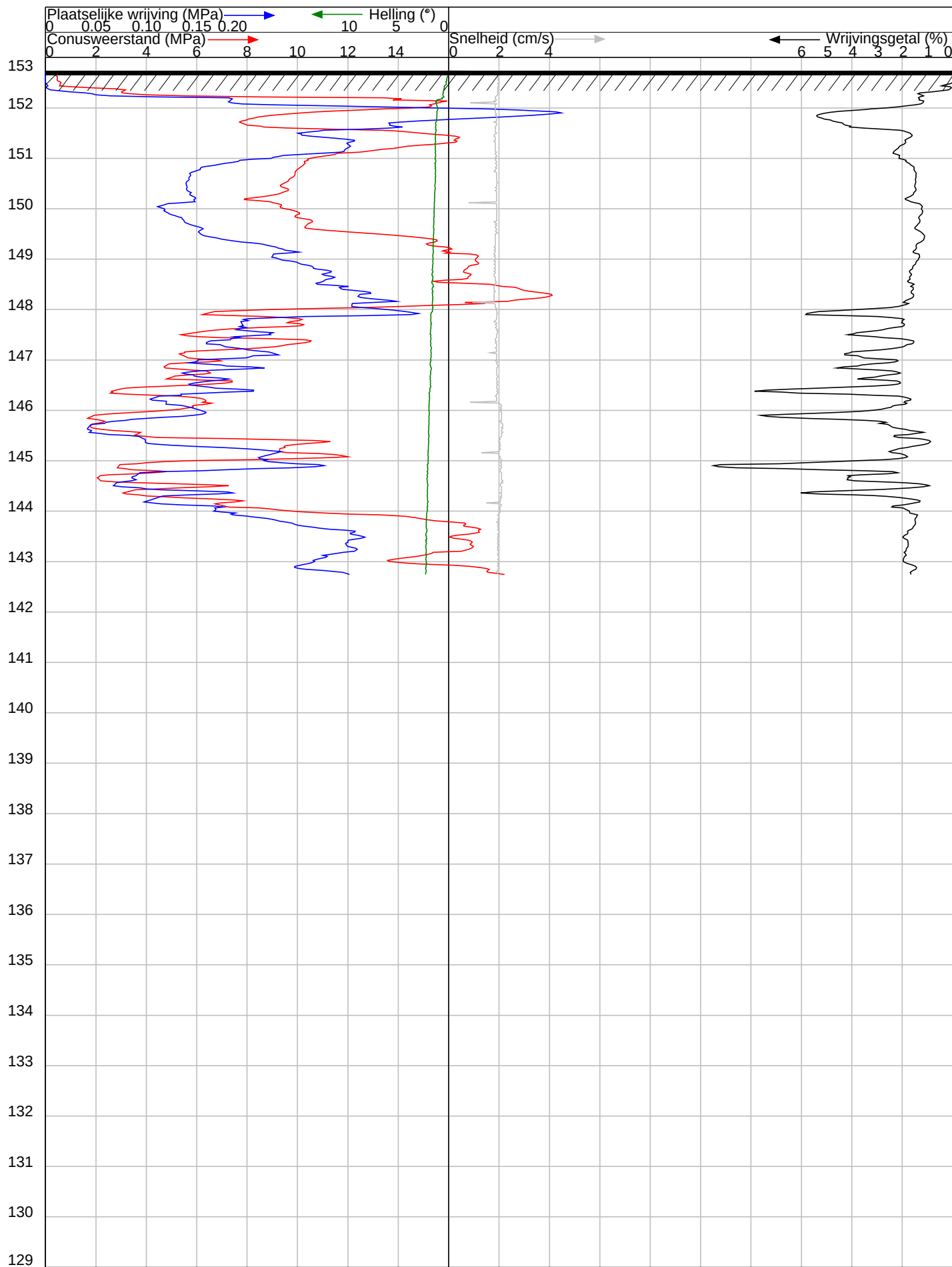
OPMERKING :

Nr. : 171020

Nr. :



DIEPTE IN METERS T.O.V. NAP



OPDRACHT NR : E202961

SONDERING : 5

DATUM : 12-10-2020 TIJD : 11:50

OPDRACHTGEVER : VBC

OMSCHRIJVING : Heerlenseweg 22 Landgraaf

SONDEERMEESTER :

REFERENTIE NIVO : 152.74 m t.o.v. NAP

CONUS TYPE : I-CFXY-15

HELLINGOPNEMER :

EINDWAARDE HELLING : 2.282717

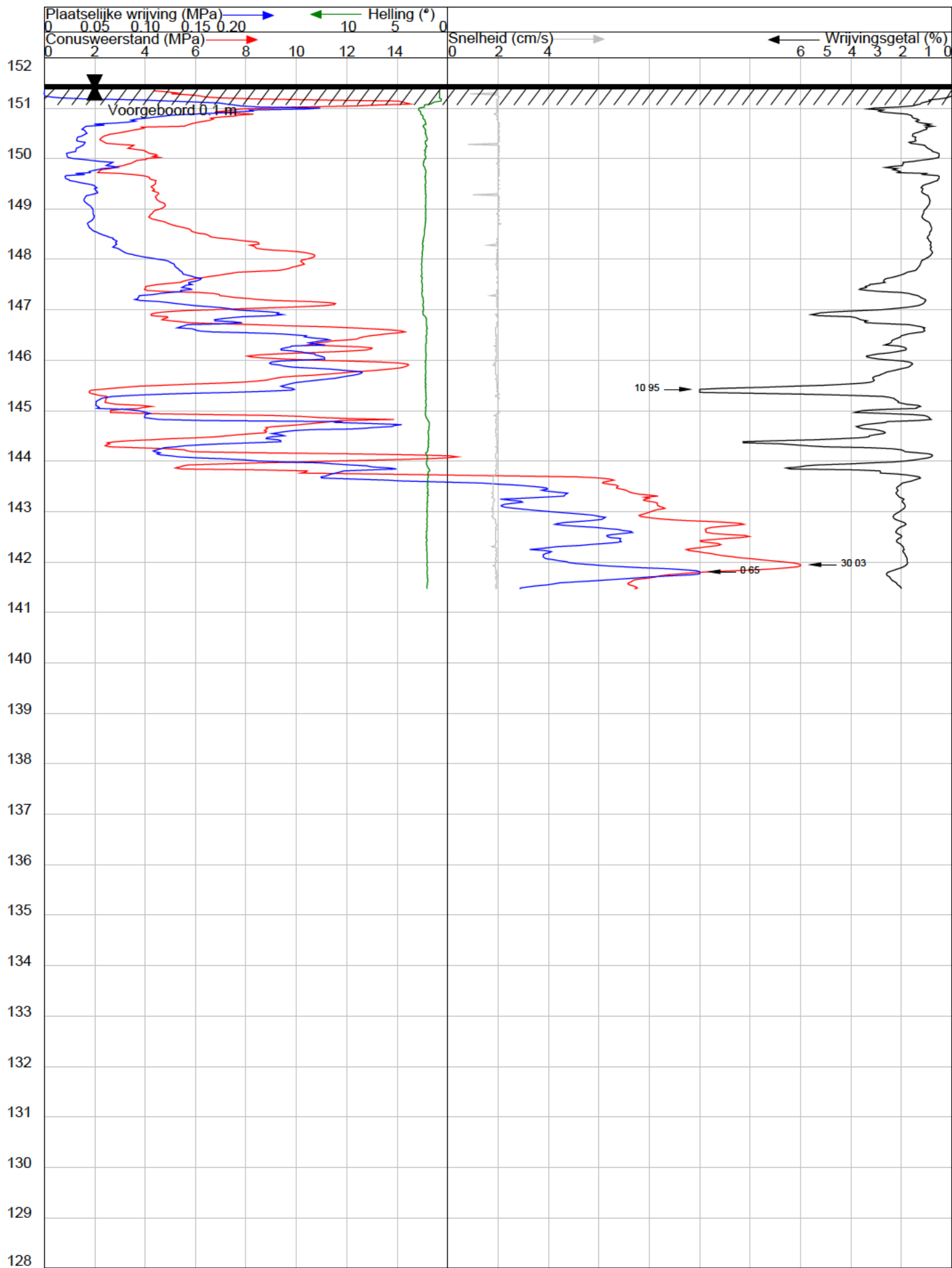
OPMERKING :

Nr. : 171020

Nr. :



DIEPTE IN METERS T.O.V. NAP



OPDRACHT NR : E202961

SONDERING : 7

DATUM : 12-10-2020 TIJD : 13:39

OPDRACHTGEVER : VBC

OMSCHRIJVING : Heerlenseweg 22 Landgraaf

SONDEERMEESTER :

REFERENTIE NIVO : 151.46 m t.o.v. NAP

CONUS TYPE : I-CFXY-15

HELLINGOPNEMER :

EINDWAARDE HELLING : 2.030565

OPMERKING :

Nr. : 171020

Nr. :


aelmans

Naam	Feature_kl	Nummer	Easting	Northing	Elevation	Length	Diepte	Antenneho	nauwkeurij	Recording_	Height_off	Gemaakt_	Gemaakt_	Editor	Laatst_gew	Tijdzone	Project	Adres	Bron	Actief
	1 Sondering	1	199178,3	323467,9	152,987		0	0	2	0,022804	GPS	-2	Aelmans	Er 12-10-2020	Aelmans	Er 12-10-2020	E202961			1 true
	2 Sondering	2	199180,9	323460,1	152,891		0	0	2	0,016401	GPS	-2	Aelmans	Er 12-10-2020	Aelmans	Er 12-10-2020	E202961			1 true
	3 Sondering	3	199159,1	323468,6	152,873		0	0	2	0,014213	GPS	-2	Aelmans	Er 12-10-2020	Aelmans	Er 12-10-2020	E202961			1 true
	4 Sondering	4	199166,9	323451,9	152,234		0	0	2	0,014213	GPS	-2	Aelmans	Er 12-10-2020	Aelmans	Er 12-10-2020	E202961			1 true
	5 Sondering	5	199176,3	323456,4	152,743		0	0	2	0,048754	GPS	-2	Aelmans	Er 12-10-2020	Aelmans	Er 12-10-2020	E202961			1 true
	5 Sondering	5	199176,4	323456,4	152,802		0	0	2	0,054918	GPS	-2	Aelmans	Er 12-10-2020	Aelmans	Er 12-10-2020	E202961			1 true
	6 Sondering	6	199176,9	323440,9	152,061		0	0	2	0,035805	GPS	-2	Aelmans	Er 12-10-2020	Aelmans	Er 12-10-2020	E202961			1 true
	7 Sondering	7	199180,6	323440,1	151,456		0	0	2	0,057428	GPS	-2	Aelmans	Er 12-10-2020	Aelmans	Er 12-10-2020	E202961			1 true
rechtse vo	Vastpunt	rechtse voetplaat poort	199162,4	323491	153,556		0	0	2	0,01	GPS	-2	Aelmans	Er 12-10-2020	Aelmans	Er 12-10-2020	E202961			1 true
put	Vastpunt	put	199184,3	323434,4	151,978		0	0	2	0,015811	GPS	-2	Aelmans	Er 12-10-2020	Aelmans	Er 12-10-2020	E202961			1 true

Bijlage 2

Berekening maximale verticale
weerstand

Aelmans Advies Groep

Opdrachtnummer E202961 Datum 2-11-2020

MAXIMALE WEERSTAND VAN FUNDERINGEN OP STAAL

Referentievlak	NAP	Partiële materiaalfactoren	Project: nieuwbouw heerlenseweg 22 landgraaf
Maaiv. hoogte	[NAP + m] 152,74	$\gamma_{m,\gamma} = 1,10$	
Aanlegniveau	[NAP + m] 152,00	$\gamma_{m,\phi} = 1,15$	
Gw. stand	[NAP + m] 152,00	$\gamma_{m,c} = 1,60$	

REPRESENTATIEVE WAARDEN VAN DE GRONDEIGENSCHAPPEN

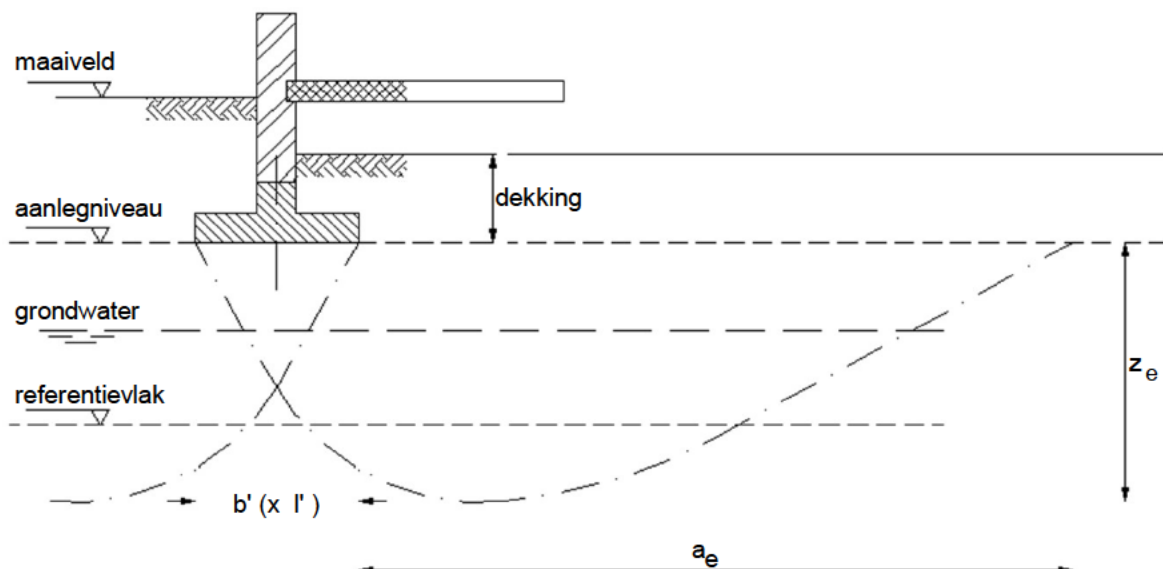
Laagnr.	bovenk. laag [NAP + m]	onderk. laag [NAP + m]	γ_k [kN/m ³]	$\gamma_{sat,k}$ [kN/m ³]	ϕ'_k [°]	c'_k [kN/m ²]
MV / dek.	152,74	152,00	17,0	19,0		
1	152,00		17,0	19,0	30,0	0,0
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						

REKENWAARDEN GRONDEIGENSCH.

γ_d [kN/m ³]	$\gamma_{sat,d}$ [kN/m ³]	ϕ'_d [°]	c'_d [kN/m ²]
15,45	17,27		
	17,27	26,66	0,00

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

Effectief funderingsopp.		dekking : 0,00 m		dekking : 0,30 m		dekking : 0,60 m		Invloedsgebied	
b'	l'	$\sigma'_{max;d}$ [kN/m ²]	$R_{v;d}$	$\sigma'_{max;d}$ [kN/m ²]	$R_{v;d}$	$\sigma'_{max;d}$ [kN/m ²]	$R_{v;d}$	z_e [m]	a_e [m]
0,40	strook	17	7 [kN/m']	78	31 [kN/m']	140	56 [kN/m']	0,57	1,43
0,50	strook	21	10 [kN/m']	82	41 [kN/m']	144	72 [kN/m']	0,71	1,79
0,60	strook	25	15 [kN/m']	87	52 [kN/m']	148	89 [kN/m']	0,85	2,15
0,70	strook	29	20 [kN/m']	91	63 [kN/m']	152	107 [kN/m']	0,99	2,50
0,80	strook	33	27 [kN/m']	95	76 [kN/m']	156	125 [kN/m']	1,14	2,86
0,90	strook	37	34 [kN/m']	99	89 [kN/m']	161	145 [kN/m']	1,28	3,22
1,00	strook	42	42 [kN/m']	103	103 [kN/m']	165	165 [kN/m']	1,42	3,58
1,25	strook	52	65 [kN/m']	114	142 [kN/m']	175	219 [kN/m']	1,77	4,47
1,50	strook	62	93 [kN/m']	124	186 [kN/m']	186	278 [kN/m']	2,13	5,37
0,75	0,75	22	13 [kN]	108	61 [kN]	193	109 [kN]	1,06	2,68
1,00	1,00	30	30 [kN]	115	115 [kN]	201	201 [kN]	1,42	3,58
1,25	1,25	37	59 [kN]	123	192 [kN]	208	326 [kN]	1,77	4,47
1,50	1,50	45	101 [kN]	130	293 [kN]	216	486 [kN]	2,13	5,37



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 aanlegniveau's 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.