

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

Clausstraat te Nederweert (sectie L, perceel 3728)

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

Clausstraat te Nederweert (sectie L, perceel 3728)

Rapportnummer: E217384.004.R1/LOM

Datum: 27 juli 2021

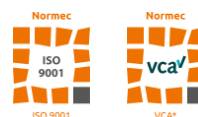
Naam opdrachtgever: [REDACTED]

Adres opdrachtgever: [REDACTED]

Contactpersoon
Aelmans Eco B.V.: [REDACTED]

Collegiale toets: [REDACTED]

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



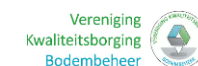
Aelmans Eco B.V.

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

info@aelmans.com

Kerkstraat 2
6095 BE Baexem
T (0475) 459 260

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
3.3	Grondwater	4
4	Funderingsadvies	5
4.1	Keuze funderingstype.....	5
4.2	Minimaal vereiste ontgravingsniveaus t.p.v. het niet onderkelderde deel.	5
4.3	Berekening maximale weerstand	6
4.4	Zakkingen in de gebruikssituatie	6
4.5	Beddingconstante.....	6
4.6	Vloeren	6
4.7	Minimaal vereiste ontgravingsniveaus t.p.v. het onderkelderde deel.....	7
4.8	Berekening maximale weerstand	7
4.9	Zakkingen in de gebruikssituatie	8
4.10	Beddingconstante.....	8
4.11	Uitvoering	8

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 [REDACTED] het verzoek gekregen om een geotechnisch onderzoek uit te voeren en het funderingsadvies op te stellen voor de nieuwbouw van een woning met garage aan de Clausstraat te Nederweert (sectie L, perceel 3728).

Dit rapport betreft versie E217384.004.R1. In het originele rapport is een fundering op stroken voor de hele woning geëvalueerd. Later bleek dat de nieuwbouw wordt voorzien van een kelder. Op verzoek van de opdrachtgever is dit rapport geactualiseerd in dezen. Deze versie vervangt alle eerdere versies van dit rapport.

Dit rapport bevat de resultaten van het voornoemde grondonderzoek en het funderingsadvies voor de 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 de Clausstraat te Nederweert.

Ten behoeve van dit project zijn door ons, mede op basis van door de opdrachtgever verstrekte gegevens, onderstaande uitgangspunten gehanteerd:

- De nieuwbouw woning wordt voorzien van een kelder. De garage wordt niet voorzien van een kelder.
- Het bouwpeil is aan de hand van maaiveldhoogten door ons op NAP +33,2 m aangenomen.
- Het aanlegniveau van de fundering t.p.v. het onderkelderde deel is opgegeven op ca. 3,3 m min peil. Hetgeen overeenkomt met NAP +29,9 m.
- Het aanlegniveau van de fundering t.p.v. het niet onderkelderde deels is door ons op ca. 0,8 m- bouwpeil ingeschat. Dit komt overeen met NAP +32,4 m.
- De maximale rekenwaarde voor de belastingen op de funderingen is door ons geschat op lijnlasten q_d van ca. 80 kN/m¹, 150 kN/m¹ en puntlasten F_d van 250 kN (verticaal, centrisch belast).

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

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 15 juni 2021 zijn door ons in totaal 2 sonderingen tot op een diepte van 10m min maaiveld geplaatst. De sonderingen zijn met een 200 kN sondeertruck uitgevoerd en conform de NEN-EN-ISO-22476-1 verricht.

Bij beide 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.

Ter verificatie van het profiel in de bovengrond is, ter hoogte van sondering S02, nog één handboring tot op 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).

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.

3.2 Geotechnisch profiel

De maaiveldhoogte ter plaatse van de sondeerpunten is nagenoeg vlak en ligt op NAP +33,0 m.

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

Vanaf maaiveld tot op een niveau van ca. NAP +28,8 m à 28,4 m wordt een pakket aangetroffen, bestaande uit los tot matig vast gepakt, matig siltig zand. De conusweerstand in dit pakket variëren van 1 à 3 MPa ter plaatse van de losgepakte delen en van 5 tot meer dan 15 MPa in de matig vast gepakte delen.

Hieronder wordt tot op de maximale verkende diepte van NAP +23,0 m een heterogeen pakket aangetroffen, zowel qua samenstelling als ook draagkracht. Het pakket is opgebouwd uit een mixture van slap tot matig vast gepakte leemlagen en matig tot zeer vast gepakt zand.

De conusweerstand in dit pakket variëren van ca. 1,0 à 2,5 MPa ter plaatse van de leemlagen en ca. 10 tot meer dan 25 MPa ter plaatse van het matig tot zeer vast gepakt zand.

3.3 Grondwater

Tijdens de uitvoering van het grondonderzoek is in de sondeergaten naar het grondwater gepeild. Dit is op circa 3,5 m min maaiveld oftewel op circa NAP +29,5 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 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.

Let op gezien de ligging van de nieuwbouw naast bestaande bebouwing is het toepassen van een (spreidende) grondverbetering niet overal mogelijk. Daarnaast dient de stabiliteit van de bestaande bouw gewaarborgd te blijven.

In verband met de grondwaterstand op ca. NAP +29,5 m, zal bij de uitvoering van de werkzaamheden een bemaling nodig zijn om de werkzaamheden in den droge te kunnen uitvoeren. Dit is verder ook afhankelijk van de uitvoeringswijze van de bouwput. Bij het verdere constructieve ontwerp dient rekening gehouden te worden met de hoge grondwaterstand.

4.2 Minimaal vereiste ontgravingsniveaus t.p.v. het niet onderkelderde deel

Voor een vorstvrij aanlegniveau van de funderingselementen, wordt een diepte van ten minste toekomstig maaiveld - 0,80 m geadviseerd. 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

Sondering nummer	Maaiveldhoogte [NAP + m]	Aanlegniveau betonnen sloof	Minimaal vereist ontgravingsniveau	
		[NAP + m]	[NAP + m]	[maaiveld - m]
1	32,98	32,40	32,00	0,98
2	32,98		31,80	1,18

Indien beneden het ontgravingsniveau nog zeer sterk samendrukbare, humushoudende lagen en/of losse geroerde gedeelten worden aangetroffen, dienen deze te worden verwijderd en te worden vervangen door goed verdicht zand.

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, 0,3 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. Hierbij is gerekend met een gedraineerde, homogene ondergrond.

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 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.

4.5 Beddingconstante

Voor de berekening van (een) op een zandbed aangelegde betonnen vloer(en) of funderingsplaten kan, bij een zorgvuldige uitvoering, een statische bedding constante van 6.500 kN/m³ worden aangehouden.

4.6 Vloeren

De vloeren kunnen, nadat de teelaarde, losse geroerde grond en andere ongerechtigheden zijn verwijderd, op een grondverbetering van 0,3 m worden aangelegd. Wij adviseren in dit geval de vloeren los te houden van de overige constructies, zodat de eventuele zettingen ongestoord kunnen optreden.

4.7 Minimaal vereiste ontgravingsniveaus t.p.v. het onder kelderde deel

Het toe te passen funderingselement betreft een constructieve betonnen plaat. Voor een vorstvrij aanlegniveau van de funderingselement, wordt een diepte van ten minste toekomstig maaiveld - 0,80 m geadviseerd. Eventueel vereiste wapening dient door de constructeur te worden bepaald.

In tabel 4-2 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 plaat zand voor zandbed en verdichten.

Tabel 4-2 Niveaus te gebruiken voor de funderingen

Sondering nummer	Maaiveldhoogte [NAP + m]	Aanlegniveau betonnen plaat	Minimaal vereist ontgravingsniveau	
		[NAP + m]	[NAP + m]	[maaiveld - m]
1	32,98	29,90	29,90	3,1
2	32,98		29,50	3,5

Indien beneden het ontgravingsniveau nog zeer sterk samendrukbare, humushoudende lagen en/of losse geroerde gedeelten worden aangetroffen, dienen deze te worden verwijderd en te worden vervangen door goed verdicht zand.

4.8 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 meewerkende strookbreedte bij een constructieve betonnen plaat van 300 mm dik bedraagt trouwens 1,5 meter. De funderingsdruk beneden de kelderplaat mag niet hoger zijn dan 180 kN/m² (rekenwaarde).

4.9 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 20 à 25 mm optreden. Verder moeten zettingsverschillen van maximaal 5 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.

4.10 Beddingconstante

Voor de berekening van (een) op een zandbed aangelegde betonnen vloer(en) of funderingsplaten kan, bij een zorgvuldige uitvoering, een statische bedding constante van 7.200 kN/m³ worden aangehouden.

4.11 Uitvoering

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

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.

Bij het ontgraven en het aanbrengen van de grondverbetering dient rekening te worden gehouden met de stabiliteit van de fundering van de bestaande bebouwing. Het is aanbevelenswaardig om vooraf de aard van de bestaande funderingen vast te stellen middels het graven van enkele (kleine) proefgaten, vlak naast deze funderingen. In geen geval mag de gehele fundering worden vrij gegraven.

Vermits de woning en de garage geschakeld worden, is het aanbrengen van dilatatievoegen opportuun vanwege de verschillen in funderingswijze en het te verwachten zakkingsgedrag.

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

Ubachsberg, gemeente Voerendaal, 27 juli 2021

Aelmans Eco B.V.



Projectleider/geotechnisch adviseur

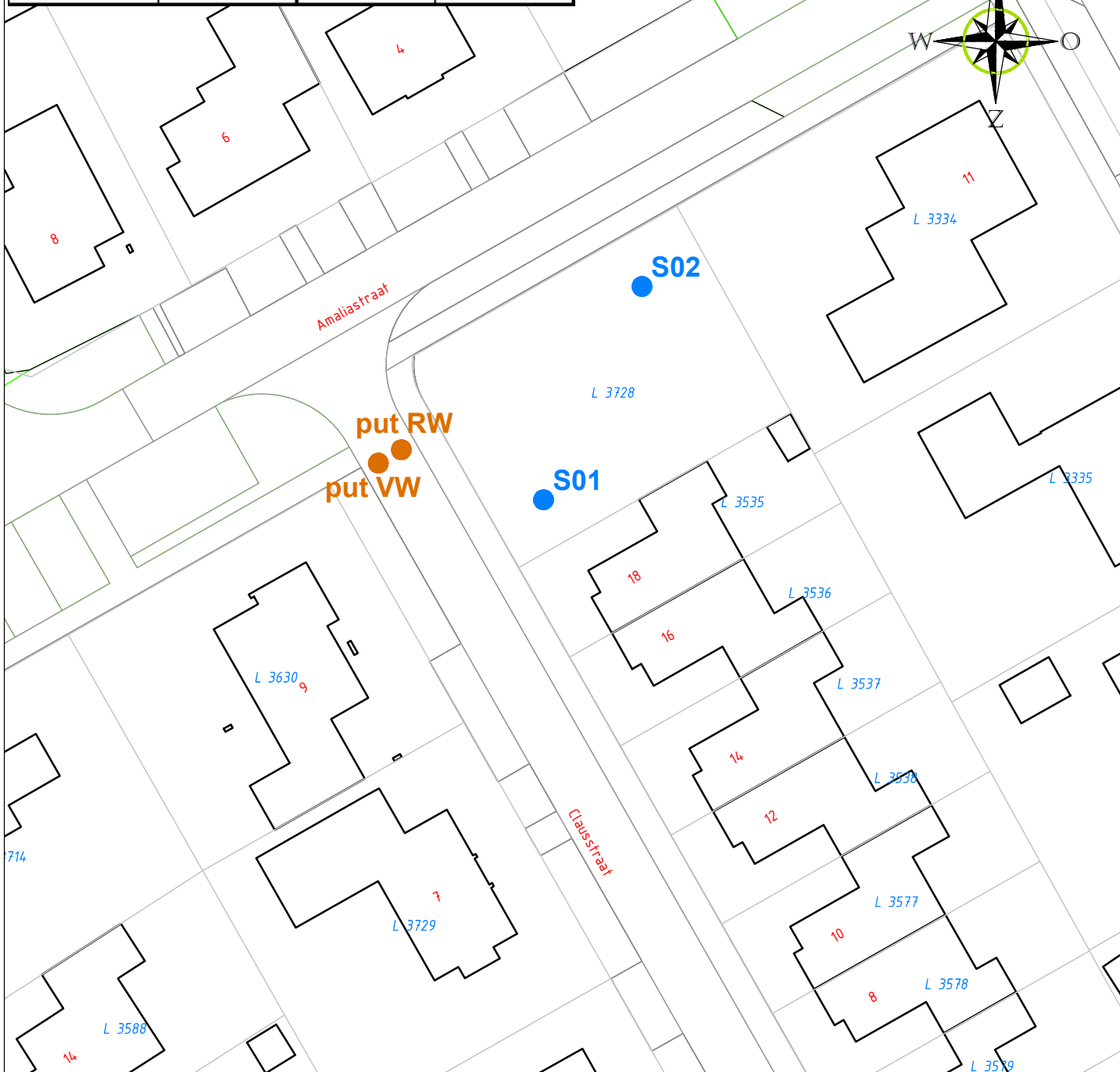
Rapport opgesteld door:



Projectleider/geotechnisch adviseur

Naam	X in m	Y in m	Z in m
S01	180764,9	366864,3	32,977
S02	180773,2	366882,5	32,982
VP put RW	180752,9	366868,5	32,876
VP put VW	180751	366867,4	32,887

Figuur 1



LEGENDA



sondeerpunt



vast punt



bestaande bebouwing



geplande nieuwbouw



Kerkstraat 4
6367 JE Voerendaal
T. 045-575 32 55
F. 045-575 15 09
E. info@aelmans.com

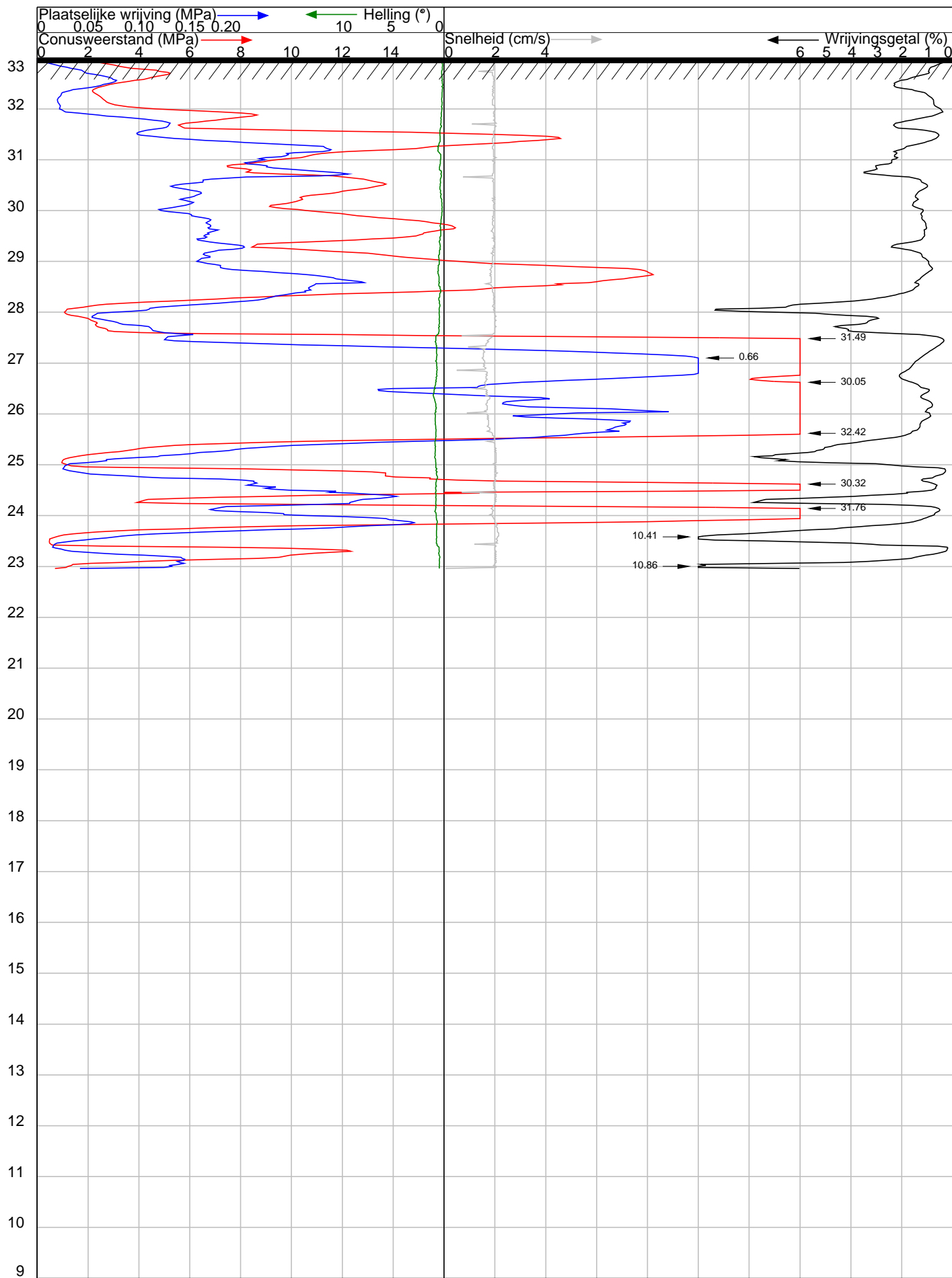
Kerkstraat 2
6095 BE Baexem
T. 0475-45 92 60
F. 0475-45 92 82
I. www.aelmans.com

Opdrachtgever					
Onderwerp	Onderzoekslocatie met ligging sondeerpunten				
Locatie	Clausstraat te Nederweert				
Projectnummer	E217384				
Datum	29-06-2021	A:	-	B:	-
Getekend	CHA	Schaal	1:1000	Formaat	A4

Bijlage 1

Relevante delen grondonderzoek

DIEPTE IN METERS T.O.V. NAP



OPDRACHT NR : E21738

SONDERING : 1

DATUM : 15-6-2021 TIJD : 17:42

OPDRACHTGEVER : [REDACTED]

OMSCHRIJVING : Clausstraat te Nederweert

SONDEERMEESTER : Erik

REFERENTIE NIVO : 32.98 m t.o.v. NAP

CONUS TYPE : I-CFXY-15

HELLINGOPNEMER :

EINDWAARDE HELLING : 0.4427832

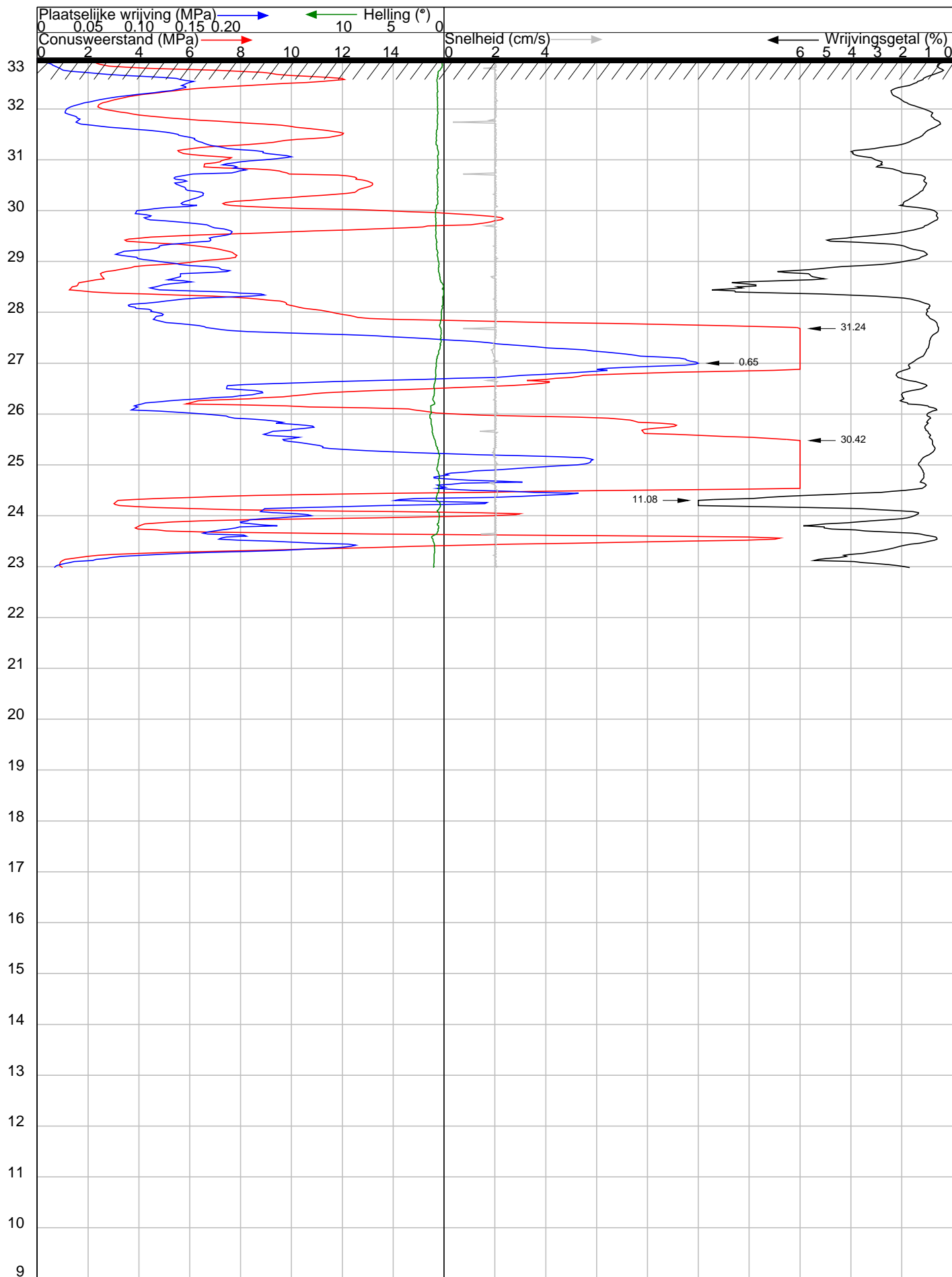
OPMERKING :

Nr. : 171020

Nr. :



DIEPTE IN METERS T.O.V. NAP



OPDRACHT NR : E217384

SONDERING : 2

DATUM : 15-6-2021 TIJD : 18:12

OPDRACHTGEVER : [REDACTED]

OMSCHRIJVING : Clausstraat te Nederweert

SONDEERMEESTER : Erik

REFERENTIE NIVO : 32.98 m t.o.v. NAP

CONUS TYPE : I-CFXY-15

HELLINGOPNEMER :

EINDWAARDE HELLING : 1.050972

OPMERKING :

Nr. : 171020

Nr. :



Bijlage 2

Berekening maximale verticale
weerstand

Aelmans Advies Groep

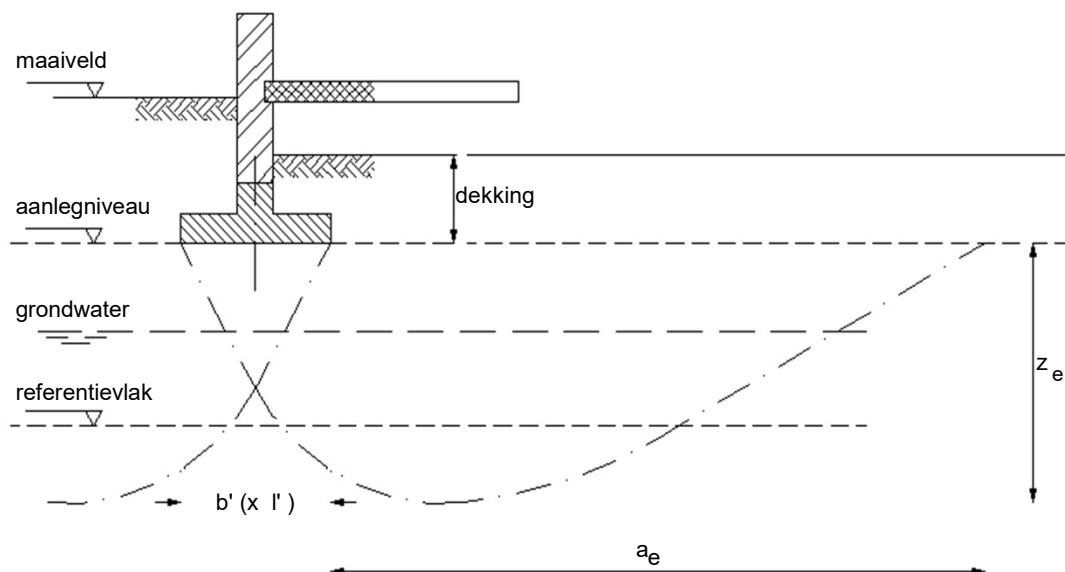
Opdrachtnummer E217384 Datum 27-7-2021

MAXIMALE WEERSTAND VAN FUNDERINGEN OP STAAL

Referentievlak	NAP		Partiële materiaalfactoren	Project: Nieuwbouw woning
Maaiv. hoogte	[NAP + m]	33,00	$\gamma_{m,\gamma} = 1,10$	Clausstraat te Nederweert
Aanlegniveau	[NAP + m]	32,40	$\gamma_{m,\varphi} = 1,15$	
Gw.stand	[NAP + m]	32,40	$\gamma_{m,c} = 1,60$	

REPRESENTATIEVE WAARDEN VAN DE GRONDEIGENSCHAPPEN							REKENWAARDEN GRONDEIGENSCH.			
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]	γ_d [kN/m ³]	$\gamma_{sat,d}$ [kN/m ³]	φ'_d [°]	c'_d [kN/m ²]
MV / dek.	33,00	32,40	17,0	19,0			15,45	17,27		
1	32,40	31,80	17,0	19,0	30,0	0,0		17,27	26,66	0,00
2	31,80	28,80	18,0	20,0	30,0	0,0		18,18	26,66	0,00
3										
4										
5										
6										
7										
8										

REKENWAARDEN VAN DE VERTICALE WEERSTAND OP EEN HORIZONTAAL FUNDERINGSOPPERVLAK ($R_{v,d}$)									
Effectief funderingsopp.		dekking : 0,00 m		dekking : 0,30 m		dekking : 0,50 m		Invloedsgebied	
b'	l'	$\sigma'_{max,d}$	$R_{v,d}$	$\sigma'_{max,d}$	$R_{v,d}$	$\sigma'_{max,d}$	$R_{v,d}$	z_e	a_e
[m]	[m]	[kN/m ²]		[kN/m ²]		[kN/m ²]		[m]	[m]
0,50	strook	21	10 [kN/m']	82	41 [kN/m']	124	62 [kN/m']	0,71	1,79
0,60	strook	25	15 [kN/m']	87	52 [kN/m']	128	77 [kN/m']	0,85	2,15
0,70	strook	30	21 [kN/m']	91	64 [kN/m']	132	93 [kN/m']	0,99	2,50
0,80	strook	34	27 [kN/m']	96	77 [kN/m']	137	109 [kN/m']	1,14	2,86
0,90	strook	39	35 [kN/m']	100	90 [kN/m']	141	127 [kN/m']	1,28	3,22
1,00	strook	43	43 [kN/m']	105	105 [kN/m']	146	146 [kN/m']	1,42	3,58
1,20	strook	52	63 [kN/m']	114	137 [kN/m']	155	186 [kN/m']	1,70	4,29
1,35	strook	59	80 [kN/m']	121	163 [kN/m']	162	219 [kN/m']	1,92	4,83
1,50	strook	66	99 [kN/m']	128	192 [kN/m']	169	253 [kN/m']	2,13	5,37
Poeren									
0,75	0,75	23	13 [kN]	108	61 [kN]	165	93 [kN]	1,06	2,68
1,00	1,00	31	31 [kN]	117	117 [kN]	174	174 [kN]	1,42	3,58
1,25	1,25	39	62 [kN]	125	195 [kN]	182	284 [kN]	1,77	4,47
1,50	1,50	48	108 [kN]	133	300 [kN]	190	428 [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 $16\text{ }\mu\text{m}$ en ten hoogste 10 gewichtsprocenten aan korrels kleiner dan $63\text{ }\mu\text{m}$ 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.