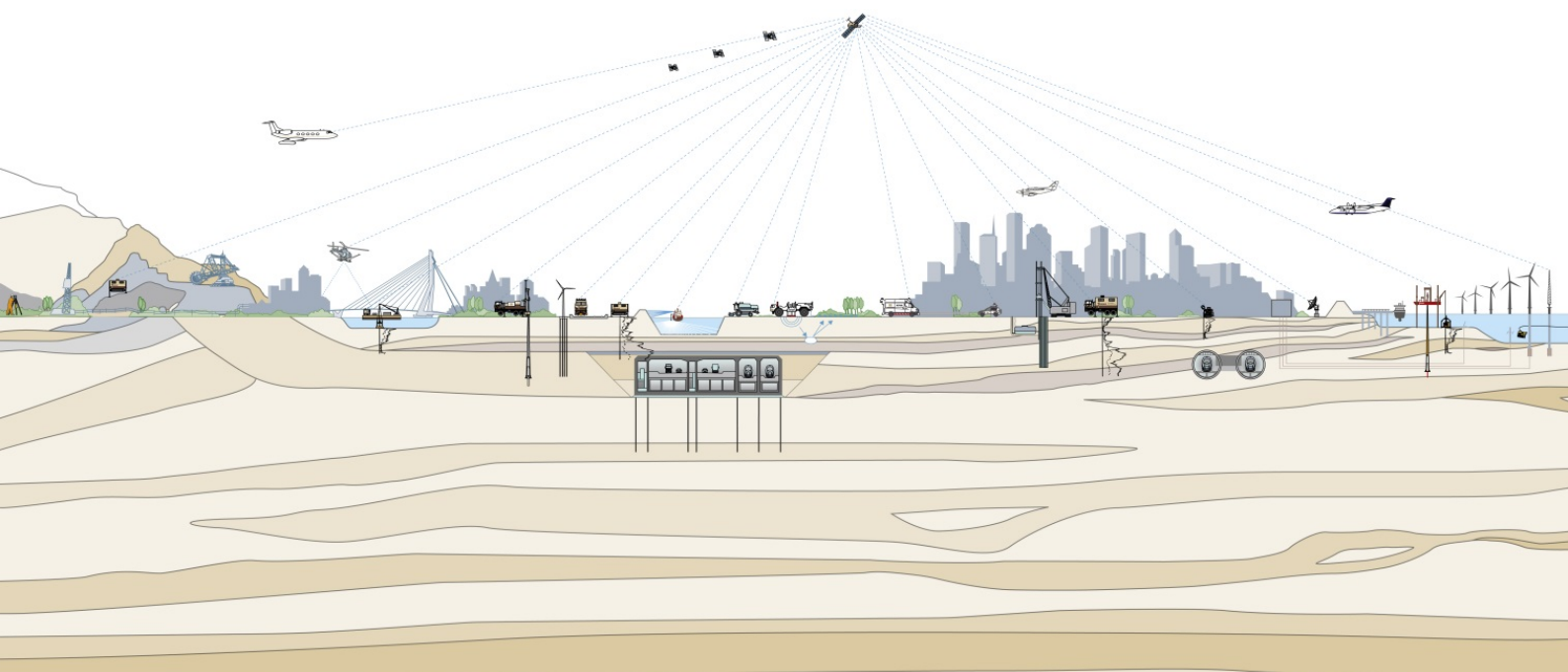


**Bouwputadvies en geohydrologisch onderzoek
Valeriusstraat 59 te Amsterdam**

Document Nr.: 9018-0787-000

Versie: 1.0

Datum: 5 oktober 2018



BOUWPUTADVIES
VALERIUSSTRAAT 59 TE AMSTERDAM

Opdrachtgever Dhr. M. Altena en mw. I. van der Sman
Schimmelstraat 55
1053 TD Amsterdam

Opdrachtnemer Fugro NL Land B.V.
Veurse Achterweg 10
Postbus 63
2260 AB Leidschendam
T 070 31 70700

Projectleider ing. Z. Rabbaj
Adviseur Geotechniek
T 020 65 10800

Versiebeheer

1.0	Initiële versie	RKB/MRD	ZKJ/RLM	ZKJ	05-10-2018
Rev	Omschrijving	Opgesteld	Gecontroleerd	Goedgekeurd	Datum

INHOUDSOPGAVE

1.	INLEIDING	1
2.	PROJECTOMSCHRIJVING	2
2.1	Algemeen	2
3.	GEOTECHNISCH ONDERZOEK EN BODEMGESTELDHEID	4
3.1	Algemeen	4
3.2	Globale bodemgesteldheid	4
3.3	Grondwaterstanden en stijghoogten	4
3.4	Uitgangspunten lokale grondwaterstroming	5
4.	BEMALING	6
4.1	Uitgangspunten	6
4.1.1	Keuze bouwputbegrenzing	6
4.1.2	Benodigde verlaging en te bemalen lagen	6
4.1.3	Waterbezwaar	7
4.2	Vergunningsplicht/meldingsplicht	8
4.3	Lozing	8
4.4	Effecten van de bemaling op de omgeving	9
4.5	Conceptueel bemalingsplan	9
4.6	Conceptueel monitoringsplan bemaling	9
5.	DAMWANDADVIES	10
5.1	Berekeningsmethode	10
5.2	Grondparameters	11
5.3	Uitgangspunten berekeningen	12
5.4	Berekeningsresultaten	15
5.5	Toetsing stempel	16
5.6	Toetsing vloeimoment en dwarskracht	16
5.7	Toetsing vervormingen	17
5.8	Uitvoeringsaspecten	17
6.	ANALYSE BARRIÈREWERKING	19
6.1	Analyse Barrièrewerking	19
6.1.1	Beschrijving huidige situatie	19
6.1.2	Beschrijving toekomstige situatie	19
6.1.3	Toetsing barrièrewerking	19
6.1.4	Conclusie	20
7.	AANBEVELINGEN EN AANDACHTSPUNTEN	21

BIJLAGEN

A.	GEOTECHNISCH ONDERZOEK	1
B.	PEILBUISGEGEVENS WATERNET	2
C.	INVOER EN RESULTATEN DSHEETPILING	3
D.	APPENDIX BARRIÈREWERKING	4

1. INLEIDING

Op 25 juli 2018 ontving Fugro te Amsterdam van W3 Architecten en Ingenieurs te Broek in Waterland, namens Dhr. Altena en mw. Van der Sman opdracht voor het uitbrengen van een bouwputadvies, inclusief geohydrologische analyse, voor de verdieping van een souterrain op de Valeriusstraat 59 te Amsterdam.

Voor dit project is reeds door Fugro onder opdrachtnummer 9018-0787-000_31.R01 een geotechnisch onderzoek en funderingsadvies uitgebracht.

Dit rapport bevat:

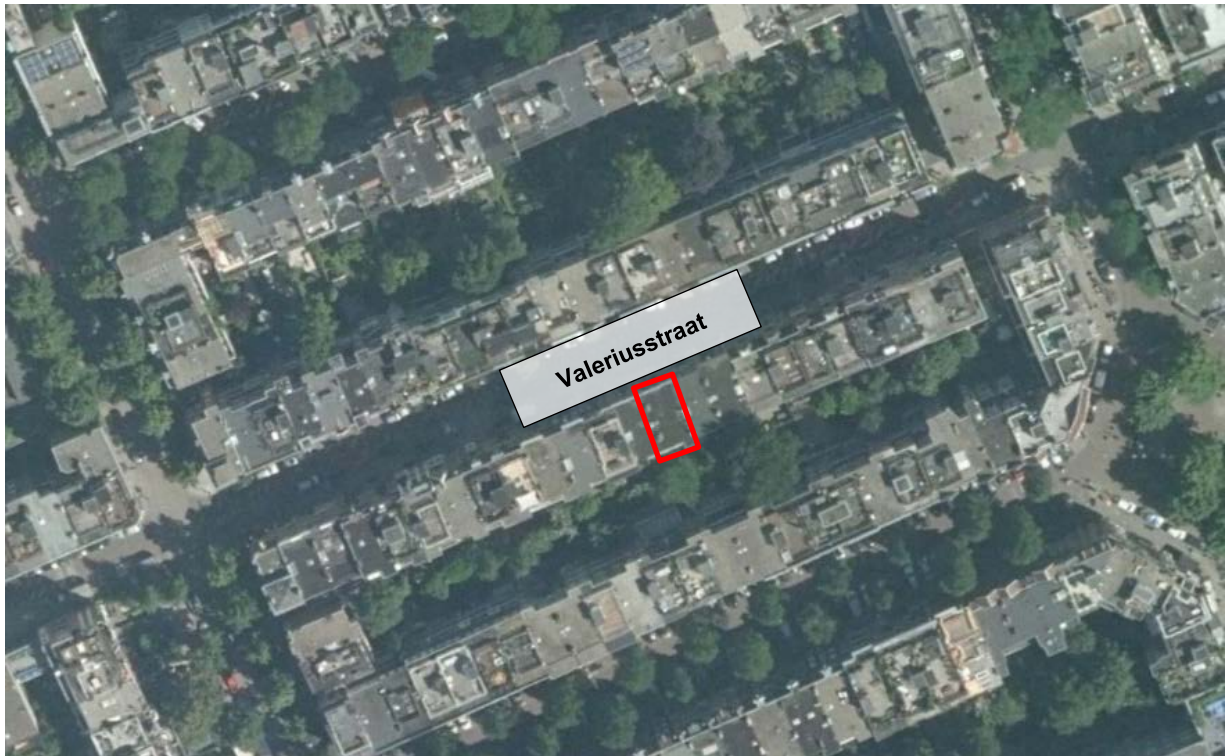
- een korte projectomschrijving (hoofdstuk 2);
- een beschrijving van het uitgevoerde geotechnisch onderzoek en de bodemgesteldheid (hoofdstuk 3);
- een bemalingsadvies (hoofdstuk 4);
- een advies met betrekking tot de bouwputbegrenzing (hoofdstuk 5);
- een geohydrologische analyse (hoofdstuk 6);
- aanbevelingen en aandachtspunten (hoofdstuk 7).

De doelstelling van deze rapportage is inzicht te verschaffen in de te onttrekken hoeveelheid grondwater en de toe te passen bouwputbegrenzing. Op deze wijze kan worden gekomen tot een optimaal ontwerp van de bouwput. Daarnaast zullen de mogelijke effecten van de bouwwerkzaamheden op de omgeving worden belicht en zullen, na het signaleren van knelpunten, mogelijk noodzakelijke vervolgstappen worden aangegeven.

2. PROJECTOMSCHRIJVING

2.1 Algemeen

Het project betreft het verdiepen van het bestaand souterrain en het uitvoeren van funderingsherstel bij de Valeriusstraat 59 te Amsterdam. Binnen het Rijksdriehoeksnet heeft de projectlocatie globaal de coördinaten $X = 119.800$ m en $Y = 485.300$ m. De projectlocatie is in figuur 2.1 op een luchtfoto weergegeven.



Figuur 2.1: Valeriusstraat 59 te Amsterdam (bron: Esri)

- Voor het opstellen van de adviezen zijn door de opdrachtgever de volgende tekeningen/rapporten ter beschikking gesteld:
- Statische berekening constructie, W3 Architecten en Ingenieurs B.V., 18059, 20-07-2018;
- Bestaande toestand (plattegrond, doorsneden en gevels), W3 Architecten en Ingenieurs B.V., 18059-AO01, 26-07-2018;
- Nieuwe toestand (plattegrond, doorsneden en gevels), W3 Architecten en Ingenieurs B.V., 18059-AO02, 26-07-2018;
- Constructie Palenplan, Kelder/Fundering, Wapening & Details, W3 Architecten en Ingenieurs B.V., 18059-wb01, 26-07-2018;
- Constructie Begane grond, 1^e en 2^e verdieping, Wapening & Details, W3 Architecten en Ingenieurs B.V., 18059-wb02, 26-07-2018.

Met deze gegevens zijn de afmetingen en niveaus afgeleid zoals is weergegeven in tabel 2.1. Hierbij is uitgegaan van een bouwpeil van NAP +1,12 m. Het souterrain wordt ca. 3 m langer doorgezet onder het achterterrein van het gebouw.

Aangenomen wordt dat onder het aanlegniveau een zandbed zal worden aangebracht. De dikte van dit zandbed bedraagt ca. 0,5 m onder de keldervloer. De doorlatendheid van het zandbed dient zodanig te zijn dat grond- of regenwater eenvoudig kan worden afgevoerd zonder wateroverlast te veroorzaken.

Tabel 2.1: Afmetingen en ontgravingsniveaus

Onderdeel	Afmetingen	Aanlegniveau		Ontgravingsniveau*
	[m x m]	[Peil m]	[NAP m]	[NAP m]
Huidig souterrain	13,6 x 6,1	-2,20	-1,08	N.v.t.
Nieuw souterrain	16,8 x 6,1	-3,40	-2,28	-2,8
* Inclusief grondverbetering, waarbij wordt uitgegaan van een zandbed van 0,5 m onder de onderzijde vloer.				

De ontgraving worden uitgevoerd binnen grond- en waterkerende damwanden. Omdat de ontgravingsniveaus zich beneden de grondwaterstand bevinden moet deze, om de werkzaamheden in den droge uit te kunnen voeren, door middel van een bemaling worden verlaagd. Bij Fugro zijn geen gegevens bekend omtrent de periode en duur van de uitvoering.

3. GEOTECHNISCH ONDERZOEK EN BODEMGESTELDHEID

3.1 Algemeen

Het geotechnisch onderzoek voor dit project heeft bestaan uit twee sonderingen tot NAP -18 en NAP -24 m. Dit rapport is voor de volledigheid bijgevoegd als bijlage A.

3.2 Globale bodemgesteldheid

Op basis van het geotechnisch onderzoek kan de bodemgesteldheid globaal worden geschematiseerd zoals in tabel 3.1 is weergegeven. De maaiveldniveaus ter plaatse van de sondeerlocaties varieerden ten tijde van het onderzoek van NAP +0,4 m aan de voorzijde tot NAP -0,1 m aan de achterzijde onder de vlonder.

Tabel 3.1: Globale bodemgesteldheid

Laag	Diepte in m t.o.v. NAP			Bodembeschrijving	
1	+0,3 à -0,1*	tot	-2,5 à -3,5	Zand	Lokaal puin, stoorlagen klei
2	-2,5 à -3,5	tot	-4,3 à -4,7	Veen	
	-4,3 à -4,7	tot	-7,3 à -7,8	Klei	
3	-7,3 à -7,8	tot	-8,9 à -9,0	Zand	Wadzandlaag
4	-8,9 à -9,0	tot	-12,0 à -12,1	Klei	
	-12,0 à -12,1	tot	-12,5 à -12,6	Veen	
5	-12,5 à -12,6	tot	-32*	Zand	1 ^e , 2 ^e , 3 ^e zandlaag
*Betreft de bodemopbouw aan de voor- en achterzijde van het gebouw. Het huidige souterrain reikt tot NAP -1,1 m.					
**Bepaald op basis van REGIS II v2.2. De maximaal verkende diepte bedraagt NAP -24 m					

3.3 Grondwaterstanden en stijghoogten

Om inzicht te krijgen in de aanwezige grondwaterstanden en stijghoogten zijn gegevens opgevraagd uit het Waternet-peilbuismeetnet. Een overzicht van de locaties van deze peilbuizen en de tijd-stijghoogtegrafieken zijn opgenomen in bijlage B.

Op 240 m ten zuiden van de projectlocatie ligt het Noorder Amstelkanaal. Het peil wordt hier beheerd op NAP -0,4 m. Op 250 m ten noorden tot noordwesten is het Vondelpark gelegen. Het peil van het Vondelpark wordt beheerd op NAP -2,45 m.

Tijdens de uitvoering van het onderzoek is de grondwaterstand niet gepeild. Een overzicht van de maatgevende grondwaterstanden is weergegeven in tabel 3.2. Over de stijghoogte in de wadzandlaag (laag 3) zijn geen gegevens bekend. Deze bevindt zich vermoedelijk tussen de freatische grondwaterstand en de stijghoogte in laag 5.

Tabel 3.2: Raming grondwaterstand en stijghoogte op de projectlocatie

Laag	Hoog [NAP m]	Gemiddeld [NAP m]	Laag [NAP m]
1	-0,7	-1,1	-1,4
5	-2,6	-2,8	-3,0

3.4 Uitgangspunten lokale grondwaterstroming

Op basis van de beschikbare gegevens zijn de volgende uitgangspunten afgeleid:

- In de Valeriusstraat zelf zijn geen freatische grondwaterstandsgegevens beschikbaar. In de straat ten noorden, de Van Breestraat, en de straat ten zuiden, de Johannes Verhulststraat, zijn ter hoogte van het blok in beide straten twee freatische Waternet-peilbuizen aanwezig. Op basis van deze gegevens blijkt er geen duidelijk verhang aanwezig ter plaatse van de projectlocatie;
- Over de gehele wijk bevindt zich een stroming van het Noorder Amstelkanaal (NAP -0,4 m) naar het Vondelpark (NAP -2,45 m);
- In de Valeriusstraat of de direct omliggende straten bevindt zich geen drainage of polderriolering.

4. BEMALING

In dit hoofdstuk worden alle noodzakelijke, binnen de opdracht vallende bemalingsberekeningen gepresenteerd. Tevens wordt op basis van de berekeningen (kort) stilgestaan bij de effecten van de bemaling op de omgeving. Indien noodzakelijk wordt advies gegeven over een mogelijk alternatieve uitvoeringswijze.

4.1 Uitgangspunten

4.1.1 Keuze bouwputbegrenzing

Gezien de beperkte ruimte en de kwetsbaarheid van de belendende bebouwing dient de bouwput binnen een grond- en waterkerende constructie te worden ontgraven. De van nature aanwezige waterremmende laag tussen NAP -9 en -12 m (laag 4) kan hierbij als onderafsluiting worden gebruikt, waardoor sprake is van een gesloten damwandkuip. Nadere details over de bouwputbegrenzing (profiel, wijze van aanbrengen etc.) zijn opgenomen in hoofdstuk 5.

4.1.2 Benodigde verlaging en te bemalen lagen

Noodzakelijke verlaging van de grondwaterstand en stijghoogte

Voor een droge en goed begaanbare bouwputbodem dient de grondwaterstand te worden verlaagd tot 0,5 m onder de onderzijde van het ontgravingsniveau. Dit komt neer op een grondwaterstandsverlaging van maximaal 2,1 m ten opzichte van de maatgevend hoge uitgangsgroundwaterstand van NAP -0,7 m.

Opgemerkt wordt dat het verlagen van de grondwaterstand in een waterremmende klei-/veenlaag moeilijk realiseerbaar is. Aangenomen wordt dat de grondwaterstand kan worden verlaagd in een toe te passen grondverbetering bestaande uit zand reikend tot minimaal 0,5 m onder aanlegniveau.

Conform de NEN 9997-1, hoofdstuk 10, dient ten opzichte van elk niveau sprake te zijn van verticale stabiliteit van de ontgraving. Door het ontgraven van de bouwput neemt de neerwaartse belasting af. Dit kan (bij onvoldoende veiligheid) leiden tot het opbarsten van de bodem of tot welvorming. Bij de stabiliteitsberekeningen dient de neerwaartse belasting van de grond te worden vermenigvuldigd met een (partiële materiaal) factor 0,9. De volumieke gewichten zijn gebaseerd op ervaring. De stabiliteitsberekening is weergegeven in tabel 4.1.

.

Na het leggen van het zandbed is de bouwputbodem stabiel bij een stijghoogte in de wadzandlaag van NAP -1,0 m of lager. Over de stijghoogte van deze laag zijn geen gegevens bekend. Gezien de hoogte van de grondwaterstand en de stijghoogte van laag 3 is de verwachting dat de bouwputbodem stabiel is na het leggen van het zandbed. Geadviseerd wordt om de stijghoogte in laag 3 te peilen in een te plaatsen peilbuis. Indien nodig dient het zandbed in smalle stroken te worden aangelegd om de stabiliteit te vergroten.

Tabel 4.1: Stabiliteitsberekening bouwputbodem

Bodemopbouw: Fugro sondering omgeving 9018-0787-000-DKM2				
Niveau [ca. NAP m]	Typering	Dikte laag [ca. m]	Volumiek gewicht γ [ca. kN/m ³]	Neerwaartse belasting [ca. kN/m ²]
-2,3	Ontgravingsniveau			
-2,3 tot -2,8	Zand (grondverbetering)	(0,5)	(18,0)	(9,0)
-2,8 tot -4,5	Veen	1,7	11,0	18,7
-4,5 tot -5,5	Klei (humeus)	1,0	14,0	14,0
-5,5 tot -7,3	Klei (siltig)	1,8	16,0	28,8
-7,3	Opbarstniveau			
			TOTAAL:	61,5 (70,5)
	Toepassing materiaalfactor 0,9:		55,4 (63,5)	
	Toelaatbare stijghoogte:		NAP -1,8 m (NAP -1,0 m)	

Rekening houdend met de stijghoogte in laag 5 bestaat er geen risico op opbarsten vanuit deze laag.

Een overzicht van de benodigde grondwaterstands- en stijghoogteverlagingen ten opzichte van de hoge uitgangsgroundwaterstand en -stijghoogte is opgenomen in tabel 4.2. De benodigde verlaging van de grondwaterstand kan worden gerealiseerd met een open bemaling. Een voorstel voor de dimensionering van de bemaling is opgenomen in paragraaf 4.5.

Tabel 4.2: Benodigde verlagingen van de grondwaterstand en stijghoogte ten opzichte van een hoge uitgangsgroundwaterstand (NAP -0,7 m) en stijghoogte in laag 3 (NAP -0,7 m)*

Ontgraving	Grondwaterstand (laag 1)		Stijghoogte (laag 3)	
	Verlagen tot [ca. NAP m]	Verlaging [ca. m]	Verlagen tot [ca. NAP m]	Verlaging [ca. m]
Souterrainvloer	-2,8	-2,1	-1,8 (-1,0*)	1,1 (0,3*)
* Voor de bemalingsberekeningen wordt de maximale verlaging gehanteerd.				
** Na aanbrengen zandbed.				

4.1.3 Waterbezwaar

Om inzicht te verkrijgen in het waterbezwaar en de grondwaterstandsverlagingen in de omgeving als gevolg van de bemaling zijn analytische berekeningen uitgevoerd. In de onderhavige situatie worden de volgende waterbezwaren onderscheiden:

- éénmalig leegmalen damwandkuip;
- lekkage door de damwandsloten;
- kwel door waterremmende lagen onder de bouwputbodem.

De berekende waterbezwaren zijn opgenomen in tabel 4.3. Bij deze berekeningen is uitgegaan van goed in het slot zittende damwandplanken.

Tabel 4.3: Berekende waterbezwaren

Onderdeel	Waterbezwaar	
	Per dag [m ³ /dag]	Éénmalig [m ³]
Éénmalig leegpompen bouwkuip	-	55
Lekkage door damwandsloten	1	-
Kwel door onderlaag bouwput	0,1	-

Als gevolg van neerslag kan het waterbezwaar bij maatgevende buien van 10 mm/uur of 30 mm/dag toenemen met respectievelijk 0,2 m³/uur of 0,5 m³/dag. Deze neerslag is het ge Bij de dimensionering van de bemalingsinstallatie dient met dit extra waterbezwaar rekening te worden gehouden.

4.2 Vergunningsplicht/meldingsplicht

De projectlocatie is gelegen in het beheersgebied van Waterschap Amstel, Gooi en Vecht (Waternet) gelegen. Hier geldt dat in het kader van de Waterwet een onttrekkingsvergunning voor een bronbemaling/sleufbemaling moet worden aangevraagd indien:

- er meer dan 50 m³ per uur of 15.000 m³ per maand wordt onttrokken;
- of de bemalingsduur meer dan 6 maanden bedraagt.

Op basis van het berekende waterbezwaar is de bemaling op de projectlocatie **niet vergunningplichtig** mits de bemalingswerkzaamheden langer dan 6 maanden duren. Er geldt een meldplicht op grond van het Waterbesluit.

De bemaling dient minimaal 4 weken voor aanvang bij Waternet te worden gemeld, en na afloop ook weer te worden afgemeld. De melding kan via het omgevingsloket online, OLO (<https://www.omgevingsloket.nl>), samen met de melding van de lozing worden gedaan. De daadwerkelijke aanvang van de bemaling dient 5 werkdagen van te voren bij de toezichthouder te worden gemeld (startmelding).

Voorts wijzen wij u erop dat Waternet voorschriften zal verbinden aan de bemaling. Door deze voorschriften nauwkeurig op te volgen kunnen problemen tijdens en na de bemaling worden voorkomen. Tevens dient rekening te worden gehouden met een heffing, die per onttrokken m³ grondwater moet worden betaald. Voor zowel het onttrekken als het lozen van het grondwater is het in het kader van eventuele heffingen en belastingen noodzakelijk dat de hoeveelheden onttrokken grondwater worden gemeten met behulp van geijkte debietmeters en worden geregistreerd in een logboek.

4.3 Lozing

Gezien het ontbreken van open water in de directe omgeving van de projectlocatie dient het bemalingswater op het riool te worden geloosd. Geadviseerd wordt om hierover in een zo vroeg mogelijk stadium in overleg te treden met het bevoegd gezag, bij de Omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied, betreffende de kwaliteit van het te lozen grondwater en de capaciteit van het riool.

4.4 Effecten van de bemaling op de omgeving

Aangezien er bij goed in het slot zittende damwandplanken geen noemenswaardige verlagingen van de grondwaterstand in de omgeving worden verwacht, zullen er geen nadelige gevolgen zijn voor de omgeving. Rekening dient te worden gehouden met verlagingen van maximaal ca. 0,1 m direct buiten de damwandkuip.

4.5 Conceptueel bemalingsplan

Tijdens het ontgraven zal een (groot) deel van het grondwater worden verwijderd. De grondwaterstand kan na het aanbrengen van de grondverbetering worden beheerst door middel van een open bemaling.

Een gerenommeerde bemaler kan naar eigen inzicht en ervaringen tot een andere bemalingsinstallatie besluiten. Het definitief ontwerp van de bemalingsinstallatie dient daarom in overleg met de bemaler te worden vastgesteld en bij voorkeur aan Fugro te worden voorgelegd ter controle. Het toepassen van een andere bemalingswijze dan in dit hoofdstuk is voorgesteld kan een ander waterbezwaar en een ander invloedsgebied van de bemaling tot gevolg hebben. De bemaling dient in elk geval zo te zijn ingeregeld dat niet meer wordt verlaagd dan strikt noodzakelijk is.

4.6 Conceptueel monitoringsplan bemaling

Op basis van de berekende verlagingen in de omgeving in relatie tot de omgevingsaspecten worden er geen risico's op de omgeving verwacht. Geadviseerd wordt direct buiten de damwand een peilbuis te om te controleren of de damwanden voldoende waterremmend zijn.

In alle gevallen dienen de hoeveelheden onttrokken grondwater te worden gemeten met geijkte debietmeters en te worden geregistreerd in een logboek. Dit dient, in verband met heffingen, voor Waternet, dagelijks te worden gedaan.

5. DAMWANDADVIES

5.1 Berekeningsmethode

De damwandberekeningen zijn uitgevoerd conform de norm geotechniek NEN 9997-1, waarbij onderscheid is gemaakt in de uiterste grenstoestanden (UGT en UGT type B) en de bruikbaarheidsgrenstoestand (BGT). Daarnaast is gebruik gemaakt van CUR-publicatie 166.

Bij het bereiken van de UGT is de stabiliteit van de gehele damwandconstructie nog juist gewaarborgd. In een eerder stadium kunnen echter al dusdanige vervormingen van de damwandconstructie en het aangrenzende terrein optreden dat de stabiliteit van de daar aanwezige bouwwerken in gevaar komt. In die situatie is de UGT type B bereikt, die vervolgens een toetsing vereist van de optredende vervormingen aan de voor deze grenstoestand gestelde eisen.

De controle van de bruikbaarheidsgrenstoestand houdt eveneens verband met vervormingen, maar daarbij gaat het om de toetsing van de bruikbaarheid. Bij overschrijding van deze grenstoestand worden de vervormingen van de damwandconstructie en het aangrenzende terrein zodanig groot dat de bruikbaarheid in ernstige mate wordt geschaad. Hierbij moet onder andere worden gedacht aan invloed op belendende bebouwing en hinder voor verkeer en kranen door (ongelijkmatige) zakking van het achter de damwand gelegen terrein.

In het ontwerpstadium staat de controle van de UGT van de stabiliteit van de hoofdwand centraal, namelijk:

- het overschrijden van de passieve weerstand van de damwand (grondbreuk);
- het ontstaan van een vloei-moment/breukmoment in de damwandplanken;
- het overschrijden van de draagkracht van de stempels/ankers;
- en, indien de damwand ook verticale belastingen moet opnemen:
- het overschrijden van de verticale draagkracht.

Daarnaast worden de vervormingen in de BGT globaal gecontroleerd.

De damwandberekeningen zijn uitgevoerd met het eendimensionaal eindig elementenprogramma D-Sheet Piling, waarmee momenten, dwarskrachten en verplaatsingen van een al dan niet (meervoudig) gestempelde of verankerde damwand kunnen worden berekend.

De gronddruk op de damwand wordt in de berekening afhankelijk gesteld van de uitbuiging van de wand. De spanningsrekrelatie van de grond wordt beschreven door een multi-lineaire veer karakteristiek bestaande uit drie tussentakken, aangeduid met $k_{h;1}$, $k_{h;2}$ en $k_{h;3}$.

De volgende berekeningen zijn gemaakt:

- **Berekeningen UGT**

Met rekenwaarden voor de geotechnische- en geometrische parameters, alsmede rekenwaarden voor de buigstijfheid van de damwand en lage rekenwaarden voor de beddingsconstante van de grondlagen wordt een ontwerpberekening uitgevoerd, waarmee de minimale inbeddingsdiepte wordt bepaald.

De minimale inbeddingsdiepte kan echter ook beïnvloed worden door andere factoren, zoals de verticale draagkracht, geohydrologische omstandigheden en/of het beschikbare damwandprofiel.

Vervolgens worden gevoeligheidsberekeningen uitgevoerd met *lage* en *hoge* rekenwaarden voor de beddingsconstanten en wordt de inbeddingsdiepte geoptimaliseerd. Met deze berekeningen worden tevens eventuele onzekerheden in de buigstijfheid van de wand verwerkt. Ook wordt de grondwaterstand aan de lage zijde gevarieerd. De hier genoemde berekeningen zijn de berekeningen 1 t/m 4 volgens tabel 9.d van NEN 9997-1.

■ Berekening BGT

Tenslotte worden de berekeningen uitgevoerd met karakteristieke waarden van de geotechnische- en geometrische parameters. Hiermee kan een goede indruk worden verkregen van de te verwachten uitbuiging. Behalve voor de gebruikstoestand, wordt deze berekening ook gebruikt voor de toetsing van de uiterste grenstoestand, door een belastingsfactor van 1,2 op het moment, de snedekrachten en de anker/stempelkrachten te zetten (berekening 5 volgens tabel 9.d van NEN 9997-1).

■ Maatgevende waarden

De maatgevende rekenwaarden van moment $M_{s;d}$ en dwarskracht $D_{s;d}$ van de bovengenoemde berekeningen 1 t/m 5 dienen getoetst te worden aan de rekenwaarde van de sterkte van de plank volgens materiaalgebonden normen. Voor de toetsing van de rekenwaarde van de stempel/ankerkracht P_d , indien van toepassing, worden additionele partiële factoren gebruikt, onder andere vanwege het feit dat bij vloeï of breuk het stempel of anker volledig uitvalt.

5.2 Grondparameters

Voor de damwandberekeningen zijn representatieve waarden voor de relevante grondparameters bepaald aan de hand van interpretatie van het beschikbare grondonderzoek, tabel 2.b van NEN 9997-1, CUR-publicatie 166 en de in onze archieven beschikbare informatie. In tabel 5.1 en 5.2 zijn de in de berekeningen gehanteerde geotechnische parameters gegeven.

Tabel 5-1: Karakteristieke waarden sterkteparameters

Bovenkant laag [m t.o.v. NAP]	Grondlaag	$\gamma / \gamma_{\text{sat}}$ [kN/m ³]	c' [kPa]	ϕ' [°]	δ [°]
+0,5	ZAND, los gepakt	17/19	0	30	20
-3,5 / -1,75*	KLEI, siltig	16/16	2	22,5	15
-2,5	VEEN	11/11	3	15	-
-4,5	KLEI, humeus	14/14	3	17,5	11,7
-5,5	Klei, siltig	16/16	2	22,5	15
-7,25	ZAND, (wadzandlaag)	17/19	0	30	20

Tabel 5-2: Karakteristieke waarden beddingsconstanten

Bovenkant laag [m t.o.v. NAP]	Grondlaag	Horizontale beddingconstante [kN/m ³]		
		Lage waarden		
		$k_{h,1}$	$k_{h,2}$	$k_{h,3}$
+0,5	ZAND, los gepakt	12.000	6.000	3.000
-3,5 / -1,75*	KLEI, siltig	1.700	850	425
-2,5	VEEN	1.000	500	250
-4,5	KLEI, humeus	1.500	750	375
-5,5	Klei, siltig	1.700	850	425
-7,25	ZAND, (wadzandlaag)	12.000	6.000	3.000
<p>Opmerkingen bij de tabellen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ γ en γ_{sat} = volumiek gewicht; sat = verzadigd ■ c' = effectieve cohesie ■ ϕ' = effectieve hoek van inwendige wrijving ■ d' = wandwrijvingshoek ■ * = in de straatzijde loopt de topzandlaag door tot een diepte van ca. NAP -3,5 <p>Voor een berekening conform CUR Publicatie 166 kan een multi-lineaire veer karakteristiek worden gehanteerd, bestaande uit 3 tussentakken aangeduid met $k_{h,1}$ t/m $k_{h,3}$, waarin:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ $k_{h,1}$ = lage- of hoge waarde voor de horizontale beddingconstante van tak 1 ■ $k_{h,2}$ = lage- of hoge waarde voor de horizontale beddingconstante van tak 2 ■ $k_{h,3}$ = lage- of hoge waarde voor de horizontale beddingconstante van tak 3 				

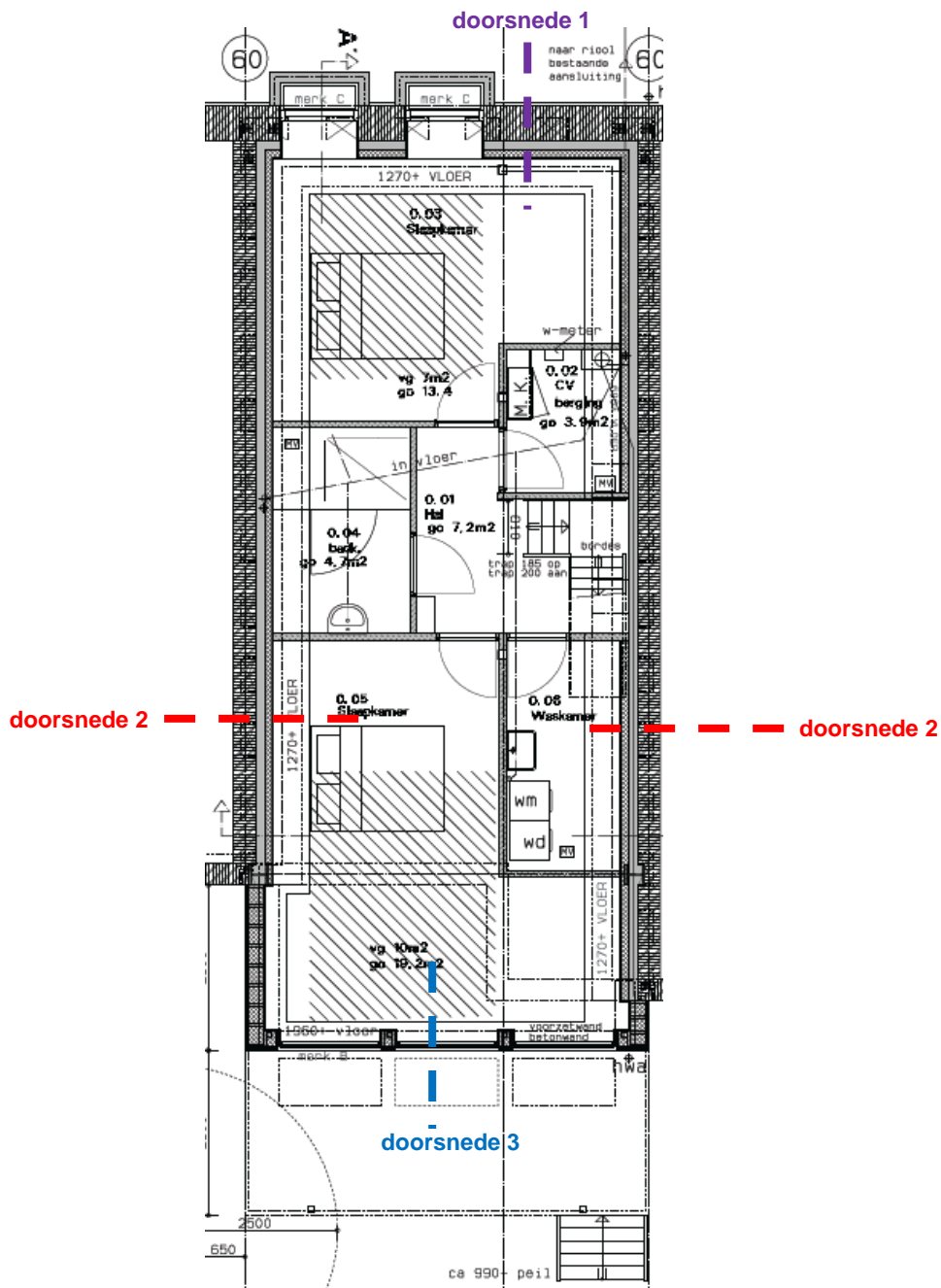
5.3 Uitgangspunten berekeningen

Gehanteerde doorsneden

Voor de berekeningen zijn drie doorsneden gemodelleerd, namelijk:

- doorsnede 1 - straatzijde;
- doorsnede 2 - langs de belendingen;
- doorsnede 3 - tuinzijde.

Een plattegrond van de projectlocatie met daarin de gemodelleerde doorsneden is weergegeven in figuur 5.1.



Figuur 5.1: Locaties gemodelleerde doorsneden

Veiligheidsklasse

Conform B3.1 en tabel B1 in NEN-EN 1990 is de constructie, gezien de geringe gevolgen ten aanzien van het verlies van mensenlevens of de kleine economische gevolgen, sociale gevolgen of gevolgen voor de omgeving, ingedeeld in veiligheidsklasse RC1.

Damwandprofiel

Op basis van oriënterende berekeningen is uitgegaan van koudvervormde stalen damwandprofielen, te weten:

- PAL3150 langs de straatzijde, waarbij het maaiveld op ca. NAP 0,5 m ligt;
- PAL3030 langs de maatgevende belending nr. 61 hier is ervan uitgegaan dat o.k. souterrainvloer op ca. NAP 0,0 m ligt;
- PAL3150 langs de achtertuin, waarbij het maaiveldniveau op ca. NAP +0,15 m ligt..

In de berekeningen zijn voor de eigenschappen van de damwanden de volgende waarden gebruikt:

PAL3150

- $EI = 4.332 \text{ kNm}^2/\text{m}$
- $W = 322 \text{ cm}^3/\text{m}$

PAL3030

- $EI = 1.050 \text{ kNm}^2/\text{m}$
- $W = 112 \text{ cm}^3/\text{m}$

Terrein- en verkeersbelasting

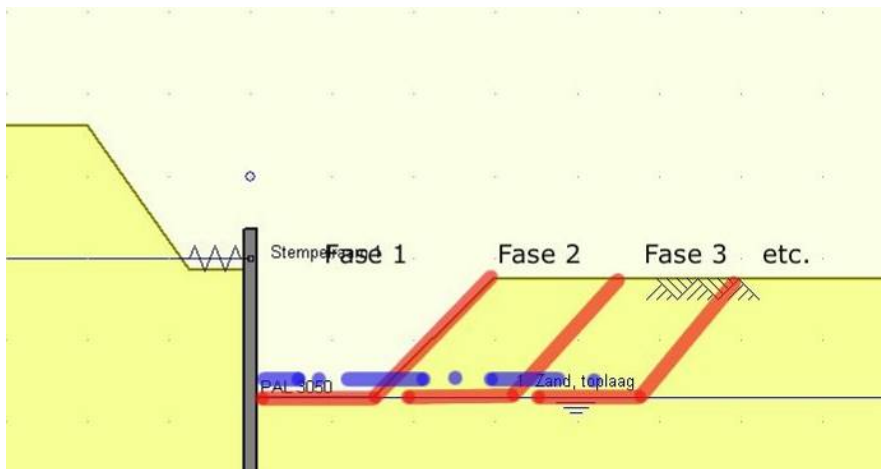
Door de opdrachtgever zijn geen specifieke eisen ten aanzien van de bovenbelasting aan de actieve zijde van de damwand gegeven. In de berekening van de damwand aan de straatzijde is daarom, conform tabel 3.6 CUR 166 - Deel1 / § 2.4.2(c) van NEN 9997-1, een bovenbelasting van 10 kN/m^2 (representatieve waarde) over een breedte van 4 m aangehouden. Voor de overige beschouwde doorsneden (zijde belendingen, tuinzijde) is géén bovenbelasting gemodelleerd.

Uitgangspunten

Uit de berekeningen blijkt dat onder de volgende voorwaarden en bij een aangepaste uitvoeringswijze rekentechnisch met een geringe planklengte kan worden volstaan:

- de bovenkant van de damwand ligt op NAP 0,0 m.
- na het aanbrengen van de damwanden kan binnen het pand tot ca. NAP -0,6 m worden ontgraven;
- vervolgens wordt een stempel op NAP -0,25 m aangebracht;
- daarna wordt in een smalle strook langs de korte zijde van de bouwput (sleufbreedte bodem is ca. 1,5 m onder talud 1:1) ontgraven tot NAP -2,6 m en de grondwaterstand tijdelijk worden verlaagd;
- vervolgens wordt onderin de sleuf direct aansluitend op de graafwerkzaamheden een stempel op NAP -2,5 m aangebracht, zodat een dubbel stempelraam ontstaat, waarmee de damwand langs de gevel en de bouwmuur op zijn plaats wordt gehouden (dit 2^e stempel is verloren en komt onder de toekomstige keldervloer te liggen);
- vervolgens wordt in fase 2 weer over een beperkte breedte van maximaal 1,5 m verder ontgraven en weer een gedeelte van het onderste stempelraam aangebracht;
- dit wordt voor de volgende fasen herhaald (zie voorbeeld principe figuur 5.2);
- door deze uitvoeringswijze is de damwand langs de belendingen slechts over een zeer beperkte breedte zonder dubbel stempelraam volledig grondkerend. In deze kortdurende situatie wordt gebruik gemaakt van de boogwerking in de grond aan de actieve zijde en wordt tevens gebruik gemaakt van de tijdelijke hogere sterkte (ongedraineerde cohesie) in de klei- en veenlagen;

- nadat de werkvloer is gestort en voldoende is uitgehard kan het stempelraam op NAP -0,25 m worden verwijderd en de kelder verder worden afgebouwd.



Figuur 5.2: principe gefaseerd ontgraven en aanbrengen 2e stempelraam

5.4 Berekeningsresultaten

In onderstaande tabel 5.3 zijn van de maatgevende doorsnede van de damwand de uitgangspunten en berekeningsresultaten gepresenteerd. De berekeningsresultaten zijn voor een damwand ter plaatse van de verschillende bouwfasen tevens grafisch gepresenteerd in bijlagen C.

Tabel 5.3: Resultaten damwandberekeningen, veiligheidsklasse RC1

Dsn. nr.	Profiel		Fase nr.	$M_{s;d}$ [kNm/m ¹]	P_{max} [kN/m ¹]			u_{max} [mm]
	type	Inbeddings diepte [m t.o.v. NAP]			Boven	Onder	kelder- vloer	
1 Straatzijde	PAL3150	-7,75	1	52	-26	-	-	28
			2	60	+1	-57	-	49
			3	57	-	-24	-55	47
2 belendingen	PAL3030	-7,0	1	2	2	-	-	2
			2	13	-	26	-	24
			3	13	-	-	26	24
3 tuinzijde	PAL3150	-7,0	1	54	35	-	-	25
			2	49	7	84	-	37
			3	49	-	2	84	32

Opmerkingen bij de tabel:

$M_{s;d}$ = maatgevende rekenwaarde van het moment in kNm/m¹;

P_{max} = maximale stempelkracht in kN/m¹;

u_{max} = maximaal berekende uitbuiging; de in grenstoestand 2 berekende uitbuiging geeft een indicatie omtrent de werkelijk te verwachten vervorming.

5.5 Toetsing stempel

De rekenwaarde van de stempelkracht dient getoetst te worden aan de rekenwaarde voor de sterkte. Bij deze toetsing kunnen conform 9.7.1(o) van NEN 9997-1 de volgende rekenwaarden worden gehanteerd:

$$\begin{array}{ll} \text{Stempel boven:} & P_d = 1,25 \cdot P_{max} \quad \text{in dit geval: } 1,25 \times 35 = 44 \text{ kN/m}^1 \\ \text{Stempel onder:} & P_d = 1,25 \cdot P_{max} \quad \text{in dit geval: } 1,25 \times 84 = 105 \text{ kN/m}^1 \end{array}$$

De nadere detaillering van het stempel en de bijbehorende gording valt buiten het kader van dit rapport.

5.6 Toetsing vloeimoment en dwarskracht

Conform 9.7.1(l, m en n) van NEN 9997-1 dienen momenten en krachten in de constructie te worden getoetst aan de materiaal gebonden normen NEN-EN 1993 (staalconstructies).

Momenten

Voor de momenten moet worden voldaan aan:

$$M_{s;d} < M_{r;d}$$

waarin:

$$\begin{array}{ll} M_{r;d} & = \text{rekenwaarde van het vloeï/breukmoment} \\ M_{r;rep} & = \text{representatieve waarde van het vloeï/breukmoment} \\ \gamma_m & = 1,0 \text{ (staal)} \end{array}$$

Voor de maatgevende situatie is de rekenwaarde van het maatgevende moment voor de verschillende doorsneden:

$$\begin{array}{ll} \text{Doorsnede 1 - straatzijde :} & M_{s;d} \text{ 60 kNm/m}^1. \\ \text{Doorsnede 2 - belendingen :} & M_{s;d} \text{ 13 kNm/m}^1. \\ \text{Doorsnede 3 - tuinzijde :} & M_{s;d} \text{ 54 kNm/m}^1. \end{array}$$

Voor de sterkte van de damwanden geldt:

$$M_{s;d} \leq M_{r;d}$$

$$\text{PAL3030 : (staalkwaliteit S235) } M_{r;d} = 1,0 \times 0,112 \times 235 = 26 \text{ kNm/m}$$

$$\text{PAL3150 : (staalkwaliteit S235) } M_{r;d} = 1,0 \times 0,322 \times 235 = 76 \text{ kNm/m}$$

Dwars- en normaalkracht

De berekende dwarskracht $D_{s;d}$ dient eveneens te worden getoetst aan de materiaalgebonden normen. Hierbij dient $D_{s;d}$ kleiner te zijn dan de rekenwaarde voor de sterkte $D_{r;d}$.

Bij de samenstelling van dit rapport was niets bekend over een axiale belasting van de damwand. Als in het definitieve ontwerp sprake is van een normaalkracht in de damwand dient deze te worden meegenomen in de toets op de sterkte van het damwandprofiel. Een normaalkracht in de damwand kan ontstaan door een verticale belasting op de kop van de damwand, (grout)ankers onder een hoek met de horizontaal en/of negatieve kleef.

De definitieve toetsing van dwars- en normaalkracht (en 2^e orde effecten) valt buiten het kader van dit rapport.

5.7 Toetsing vervormingen

Bij de controle op vervormingen conform 9.7.1(s) van NEN 9997-1 dient aan de eisen in 9.8 van NEN 9997-1 te worden voldaan. De vervormingseis is als volgt:

$$u_{max} \leq u_{req}$$

Vergelijking 5.1

waarin:

u_{req} = maximaal toelaatbare uitbuiging in de BGT

u_{max} = optredende uitbuiging in de BGT

De maximale uitbuiging (u_{max}) is voor de BGT en lage waarden voor de beddingconstanten berekend op 25 à 50 mm. Aangezien in dit stadium van het ontwerp nog geen eisen zijn geformuleerd met betrekking tot de maximaal toelaatbare uitbuiging (u_{req}) kan de definitieve toetsing nog niet plaatsvinden. Echter, gelet op de berekende waarden van u_{max} , lijkt de te verwachten uitbuiging acceptabel.

5.8 Uitvoeringsaspecten

Damwanden kunnen in het algemeen heidend, trillend of drukkend op diepte worden gebracht. De wijze waarop de damwandplanken inpandig kunnen worden aangebracht is sterk afhankelijk van de bodemopbouw, de kwaliteit van de belendende bebouwing en de wijze waarop deze is gefundeerd, de eventuele aanwezigheid van kabels en leidingen en de bereikbaarheid van de locatie voor bouwmaterieel.

Binnen onze opdrachtverlening is geen ruimte om op deze aspecten nader in te gaan. Desgewenst kunnen wij u hierin nader adviseren. Verder wordt verwezen naar NEN-EN 12063, de Europese norm voor de uitvoering van damwanden.

Monitoring

Het wordt geadviseerd tijdens de werkzaamheden een aantal aspecten van de werkzaamheden en hun invloed op de omgeving te monitoren:

- De grondwaterstand in de omgeving met behulp van peilbuizen monitoren;
- Verplaatsing van de damwand, ter controle van het faalmechanisme. Indien de teen van de damwand te veel verplaatst kan dit duiden op dreigende instabiliteit van de damwand;
- Doordat het een inpandige bouwput betreft is er een risico voor schade aan de constructie of directe omgeving. Eén van de manieren om te controleren of de werkzaamheden goed verlopen is het meten van de hoogte van het pand zelf en de belendende panden met hoogteboutjes.

Indien gewenst kan Fugro een monitorings- en actieplan uitwerken waarin de geotechnische en geohydrologische risico's van de bouwput nader worden geanalyseerd en waarin de wijze van en

hoeveelheid van de benodigde monitoring, alsmede de aanbevolen signalerings- en grenswaarden worden aangegeven

6. ANALYSE BARRIÈREWERKING

Onder de Valeriusstraat 59 is een verdieping van het souterrain voorzien. Dit souterrain en de verloren damwanden vormen een barrière tegen grondwaterstroming. In dit hoofdstuk zijn de resultaten gepresenteerd van een analyse naar de effecten van deze barrière op de grondwaterstand in de omgeving. De rapportage bestaat uit een inventarisatie van de bodemopbouw, het grondwater en de bestaande bebouwing en een kwalitatieve toetsing van het plaatsen van de nieuwe kelder aan de voorwaarden voor het optreden van barrièrewerking.

6.1 Analyse Barrièrewerking

6.1.1 Beschrijving huidige situatie

Onder de Valeriusstraat 59 is momenteel een souterrain aanwezig dat reikt tot ca. NAP -1,1 m. Het souterrain bevindt zich onder het gehele oppervlakte van het gebouw. De onderkant voor de vloer bevindt zich boven het gemiddeld grondwaterniveau.

Op basis van archiefwerk zijn tevens de situaties onder de naastgelegen bebouwing onderzocht. Bij het ontbreken van NAP-maten is uitgegaan van een maaiveldniveau van NAP +0,4 m. De volgende gegevens zijn afgeleid op basis van de archieftekeningen:

- Bij de Valeriusstraat 53 is een kelder aanwezig aan de westervoorzijde van het pand welke ca. een kwart van het oppervlakte van het gebouw beslaat. De diepte bedraagt ca. NAP -2,0 m. Hierbij is uitgegaan van een vloerdikte van 0.3 m;
- Bij de Valeriusstraat 55 is een souterrain aanwezig over het gehele oppervlakte van het gebouw. De diepte hiervan bedraagt ca. NAP -1,6 m. Hierbij is uitgegaan van een vloerdikte van 0.3 m;
- Bij de Valeriusstraat 59 is een souterrain aanwezig over het gehele oppervlakte van het gebouw. De diepte hiervan bedraagt ca. NAP -0,9 m;
- Bij de Valeriusstraat 61 is een souterrain aanwezig over het gehele oppervlakte van het gebouw. Er zijn geen maten beschikbaar. Op basis van de tekeningen betreft het een relatief ondiep souterrain;
- Bij de Valeriusstraat 63 heeft funderingsherstel plaats gevonden en is een souterrain aangelegd over het gehele oppervlakte van het pand. Het souterrain reikt tot ca. NAP -2,4 m;
- Over de Valeriusstraat 65 zijn geen gegevens bekend bij het bouwarchief.

6.1.2 Beschrijving toekomstige situatie

In de nieuwe situatie zal het souterrain reiken tot NAP -2.8 m. Het souterrain en damwanden zullen de freatische laag over het gehele oppervlakte van het gebouw afsluiten.

6.1.3 Toetsing barrièrewerking

Of de barrière die de kelder vormt kan leiden tot stijgingen en/of dalingen van de grondwaterstand in de omgeving is afhankelijk van de volgende factoren (toegelicht in de appendix barrièrewerking, bijlage D):

1. De omvang van de barrière (inclusief belendende barrières) die gerealiseerd wordt in relatie tot de stromingsrichting van het grondwater;
2. De diepte van de barrière die gerealiseerd wordt in relatie tot de bodemgesteldheid en de mate waarin de ondergrondse bouwdelen watervoerende lagen doorsnijden;
3. De bodemgesteldheid (de verticale doorlatendheid) van de lagen onder de barrière;
4. De mate van de horizontale grondwaterstroming.

Op basis van bovenstaande factoren wordt getoetst of de kelder kan leiden tot significante grondwaterstandseffecten. Alleen wanneer alle factoren ongunstig uitpakken bestaat een risico op significante stijgingen en/of dalingen van de grondwaterstand in de omgeving van de kelder.

Factor 1 & 2: De omvang en de diepte van de barrière

In die nieuwe situatie zal de omvang van de barrière toenemen. Onder de Valeriusstraat 57 bevindt zich een ondiep souterrain tot ca. NAP -0,9 m. Onder de Valeriusstraat 61 bevindt zich tevens een ondiep souterrain. De maten hiervan zijn onbekend. Barrièrewerking treedt op wanneer ca. 70% of meer van de freatische laag wordt afgesloten. Gezien de souterrains aan beide zijden van de projectlocatie ondiep zijn, zal de voorgenomen verdieping van het souterrain een barrière van 16,8 bij 6,1 m vormen. De omvang van de barrière is gunstig wat betreft barrièrewerking

Factor 3: De bodemgesteldheid van de lagen onder de barrière

Onder de kelder bevindt zich een dik pakket waterremmende lagen. Het is hierdoor niet waarschijnlijk dat grondwaterstijgingen als gevolg van de barrière worden gecompenseerd door een toename van wegzijging naar diepere watervoerende lagen. De bodemgesteldheid van de lagen onder de barrière is ongunstig ten aanzien van het optreden van grondwaterstandseffecten.

Factor 4: De mate van horizontale grondwaterstroming

Tussen de straat ten noorden, de Van Breestraat, en de straat ten zuiden, de Johannes Verhulststraat, is geen duidelijk verhang zichtbaar op basis van de aanwezige gegevens. De mate van horizontale grondwaterstroming ter plaatse is gunstig ten aanzien van het optreden van grondwaterstandseffecten.

6.1.4 Conclusie

De kelder zal een barrière vormen in de freatische laag met een grootte 16,8 bij 6,1 m. Het grondwater kan om de kelder heen stromen. Op basis van de geringe grootte van de barrière en de beperkte mate van grondwaterstroming worden geen significante stijgingen en dalingen van de grondwaterstand verwacht.

7. AANBEVELINGEN EN AANDACHTSPUNTEN

Op basis van de hiervoor beschreven hoofdstukken zijn hieronder enkele aanbevelingen en aandachtspunten opgenomen.

- Op basis van de bekende gegevens van de grondwaterstand en de stijghoogte in laag 5 is het de verwachting dat de stijghoogte in de wadzandlaag dermate laag is dat de bouwputbodem stabiel blijft na ontgraving. Dit dient echter te worden bevestigd door middel van een te plaatsen peilbuis in de wadzandlaag. Indien nodig dient het zandbed in stroken te worden aangelegd ter verbetering van de stabiliteit. Als blijkt dat de stijghoogte in de wadzandlaag dermate hoog is dat de bouwputbodem instabiel is na het plaatsen van het zandbed, dienen de damwanden te worden doorgezet naar ca. NAP -9,5 m;
- Gezien het ontbreken van open water in de directe omgeving van de projectlocatie dient het bemalingswater op het riool te worden geloosd. Geadviseerd wordt om hierover in een zo vroeg mogelijk stadium in overleg te treden met het bevoegd gezag, bij de Omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied, betreffende de kwaliteit van het te lozen grondwater en de capaciteit van het riool.

BIJLAGEN

- A. GEOTECHNISCH ONDERZOEK**
- B. PEILBUISGEGEVENS WATERNET**
- C. INVOER EN RESULTATEN DSHEETPILING**
- D. APPENDIX BARRIÈREWERKING**

BOUWPUTADVIES
VALERIUSSTRAAT 59 TE AMSTERDAM

A. GEOTECHNISCH ONDERZOEK

**Geotechnisch onderzoek
Valeriusstraat 59 te Amsterdam**

Document Nr.: 9018-0787-000

Versie: 1.0

Datum: 10 september 2018



Opdrachtgever Dhr. M. Altena en mw. I. van der Sman
Schimmelstraat 55
1053 TD Amsterdam

Opdrachtnemer Fugro NL Land B.V.
Zekeringstraat 41a
1014 BV Amsterdam
T 020 65 10800

Projectleider ing. Z. Rabbaj

Versiebeheer

1.0	Initiële versie	UGU	RUV	ZKJ	10-09-2018
Rev	Omschrijving	Opgesteld	Gecontroleerd	Goedgekeurd	Datum

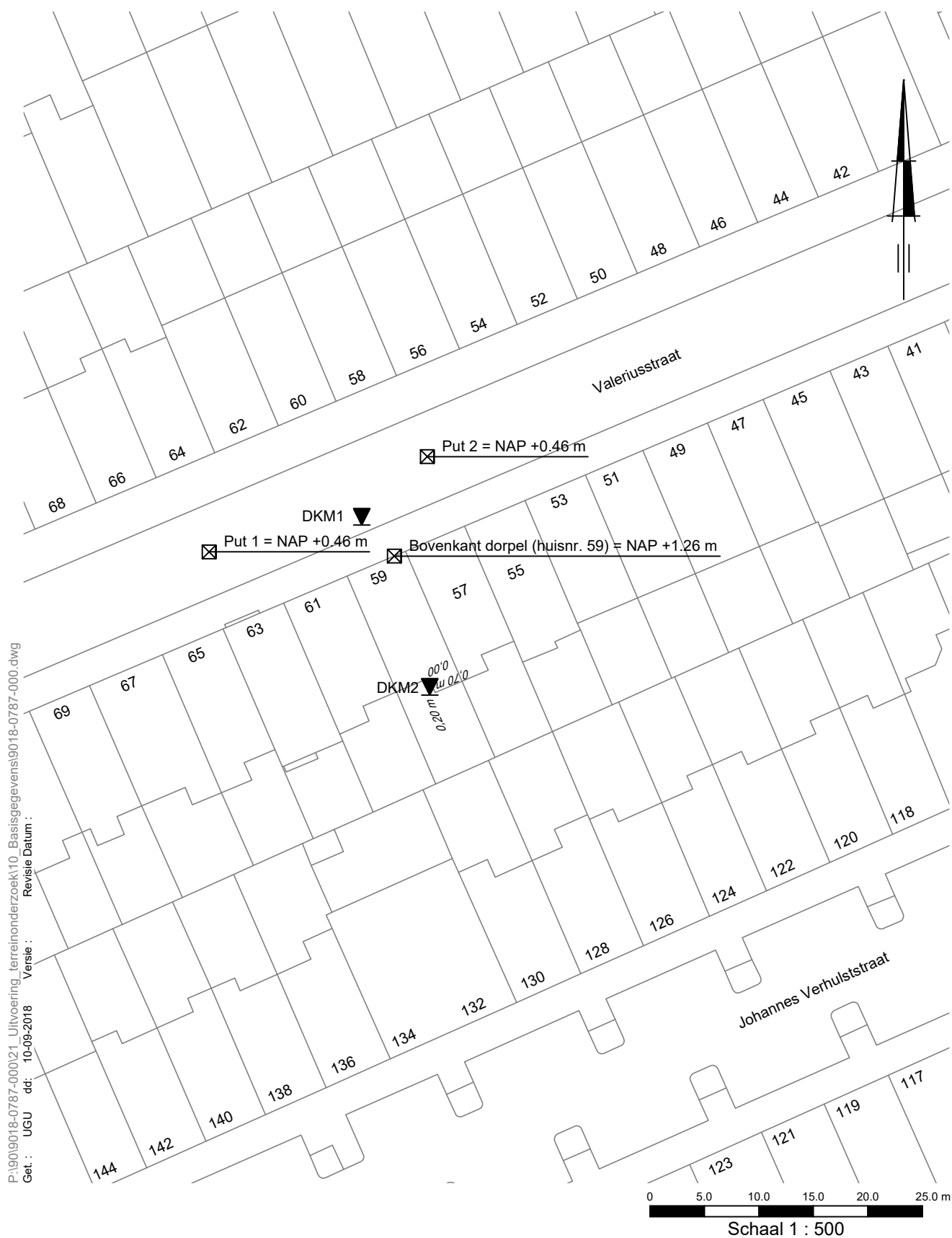
INHOUDSOPGAVE

- 1. RAPPORTAGE OVERZICHT**
- 2. SITUATIETEKENING**
- 3. ONDERZOEKSDATA**
- 4. TOELICHTING GEOTECHNISCH ONDERZOEK**
- 5. CONTINU ELEKTRISCH SONDEREN**
- 6. LEGENDA TERREINPROEVEN EN GRONDSOORTEN**

RAPPORTAGE OVERZICHT

Projectomschrijving: Valeriusstraat 59 te Amsterdam
Projectnummer: 9018-0787-000

Naam	RD Coördinaten (m)		Hoogte (m) t.o.v. NAP	Grondwater- stand (m) t.o.v. NAP	Opmerking
	X	Y			
DKM1	119783.2	485307.6	+0.39		
DKM2	119789.4	485292.0	+0.93		Gestaakt, max. totaaldruk
Put 1	119769.1	485304.3	+0.46		
Put 2	119789.2	485313.0	+0.46		
Bovenkant dorpel			+1.26		Huisnr. 59
					Geen grondwater tot ca. 1.6 m –mv



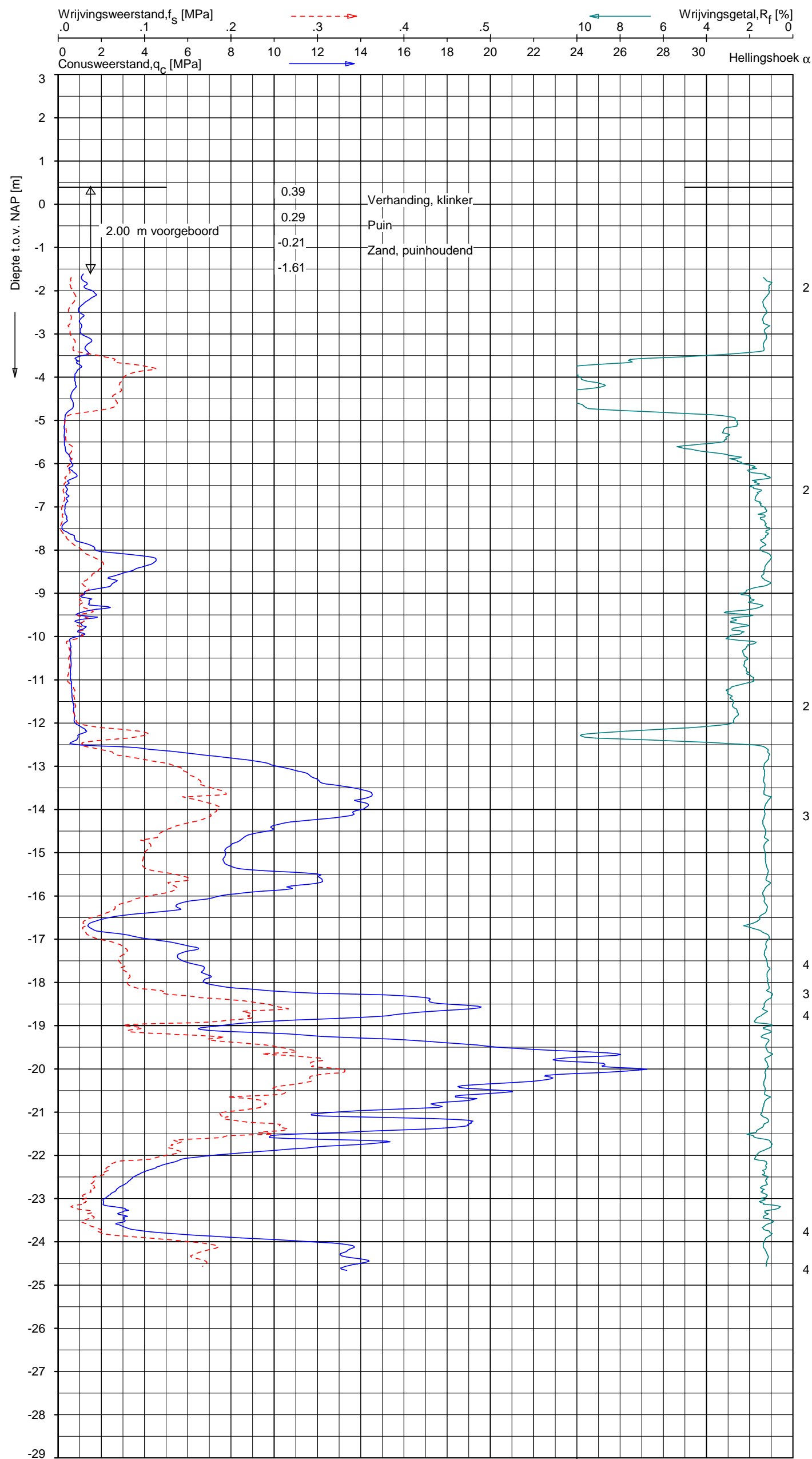
P:\9018-0787-000\21_Uitvoering_terreinonderzoek\10_Basisgegevens\9018-0787-000.dwg
 Get.: UGU dd: 10-09-2018 Versie: 1
 Revisie Datum:

SITUATIE

VALERIUSSTRAAT 59 TE AMSTERDAM

Opdr.: 9018-0787-000

Bijl.: 1



Indicatieve bodembeschrijving
Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)

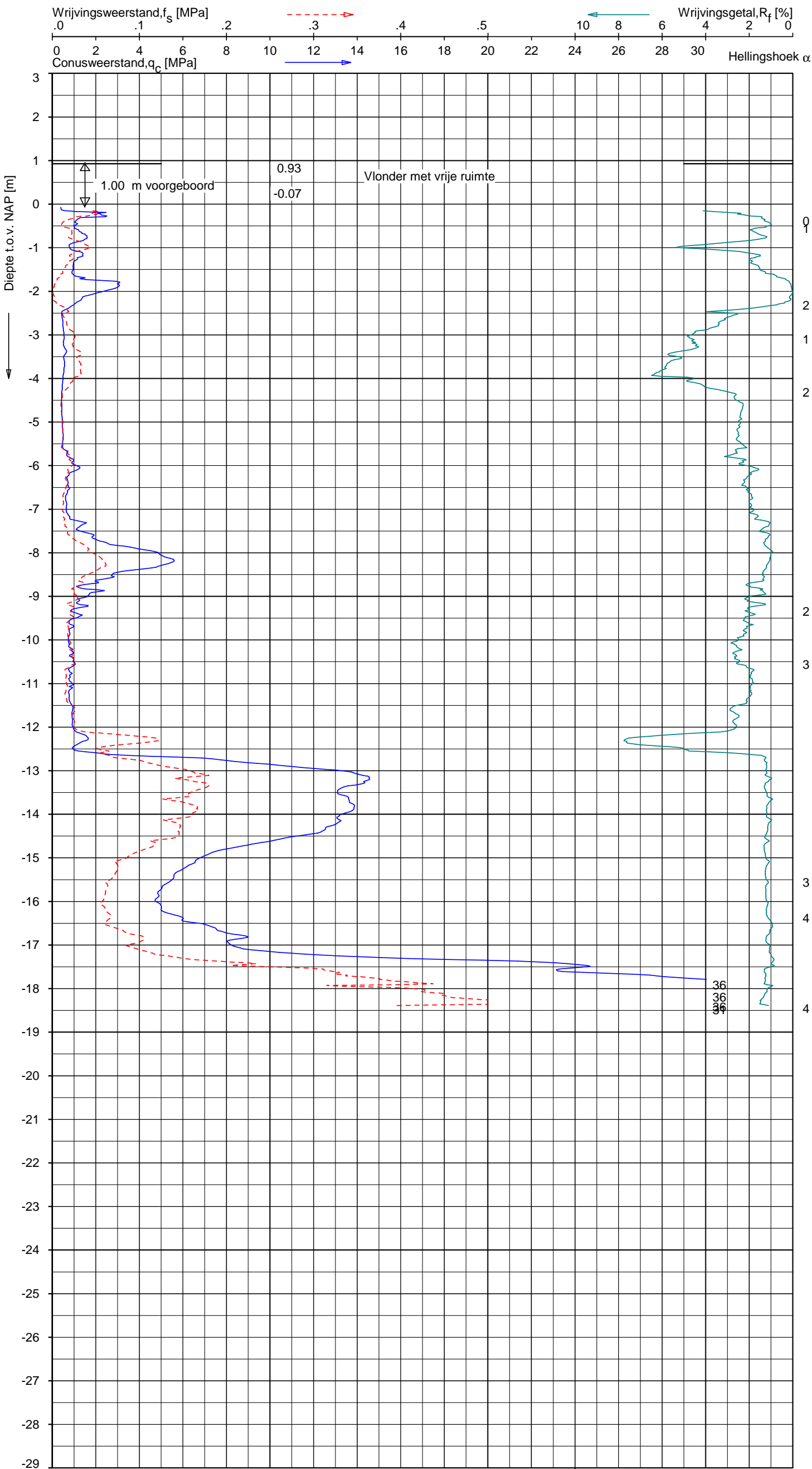


Opg.: AVL d.d. 21-Aug-2018 Coord.: X=119783.2m Y=485307.6m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get.: U.GUMULIAUSKAITE d.d. 10-Sep-2018 MV = NAP +0.39m Conus: CP15-CF75SN2 1701-3003 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

VALERIUSSTRAAT 59 TE AMSTERDAM

Opdr. 9018-0787-000
Sond. DKM1



Indicatieve bodembeschrijving
Automatisch gegenereerd uit data
van de sondering, geldig onder
grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg.: NDL/AVL d.d. 28-aug-2018 Coord.: X= 119789.4 m Y= 485292.0 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get.: P.GOMMER d.d. 12-sep-2018 MV = NAP +0.93 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-3000 Toepassingsklasse 2. Test type TE1
Conustype: A_c = 1510 mm²; A_s = 19895 mm²

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

VALERIUSSTRAAT 59 TE AMSTERDAM

Opdr. 9018-0787-000
Sond. DKM2

Coördinaten en hoogte van de onderzoekspunten

Indien de hoogte en coördinaten van de onderzoekslocaties zijn bepaald in NAP en RD bedragen de maximale afwijking van de meting van de coördinaten ca. 10 cm en de maximale afwijking van de meting van de hoogte ca. 5 cm. Bij projecten waarbij de sonderingen zijn gerefereerd aan een lokaal vast punt bedraagt de maximale afwijking in de hoogte ca 5 cm. De maximale afwijking in de maatvoering doormiddel van traditioneel uitzetten met een meetband bedraagt ca. 25 cm.

Indien de onderzoekslocaties niet zijn gerefereerd aan een vaste referentiehoogte wijkt het onderzoek af van de gestelde eisen in de NEN-EN-ISO 22476-1.

De hoogtebepaling van de onderzoekslocaties is uitgevoerd met als doel de bodemopbouw te refereren aan een vaste referentiehoogte. Deze gegevens zijn niet geschikt voor andere doeleinden dan dit onderzoek.

Sonderen

Een beschrijving van de gevolgde meet- en registratiemethode is gegeven in de bijlage "Continu Elektrisch Sonderen".

Boren

Mechanisch boorwerk wordt verbuisd uitgevoerd, waarbij de grond uit de buis wordt verwijderd met behulp van een puls (niet-cohesieve gronden) en/of een avegaarboor (cohesieve gronden).

Bij handboren wordt gebruik gemaakt van een edelmanboor (cohesieve gronden) en een handpuls (niet-cohesieve gronden).

De werkzaamheden worden uitgevoerd conform de NEN-EN-ISO 22475-1.

Peilbuizen worden gepresenteerd op de betreffende boorstaten. De boringen met peilbuis zijn met bijbehorend symbool aangegeven op de situatietekening.

Ongeroerde monsternamen bij het mechanisch boren kan plaatsvinden door:

- een Ackermann steekbus te slaan of te drukken
- een Pistonbus te drukken
- een Gelpush monster te drukken

Bij handboren worden ongeroerde monsters genomen met een Van der Horst steekapparaat.

De tijdens het boren genomen geroerde monsters worden in het veld globaal geclassificeerd. Als er laboratoriumonderzoek volgt na het veldwerk, worden in het laboratorium de monsters gedetailleerd geclassificeerd. Bij eventuele verschillen tussen de veld- en laboratorium-classificatie, is de laboratoriumclassificatie bepalend.

Op de classificatie van grond is de NEN 5104 van toepassing.

(Grond)waterstand

De gemeten (grond)waterstand(en) betreffen een eenmalige opname en zijn bedoeld als een oriënterend gegeven. De grondwaterstand kan in de tijd fluctueren onder invloed van de weersgesteldheid en de seizoenen.

Kwaliteitsborging

Alle werkzaamheden zijn verricht in overeenstemming met het managementsysteem van Fugro NL Land B.V. dat voldoet aan de NEN-ISO 9001:2008 en VCA ** 2008/05.

De kalibratiesheet(s) van de gebruikte conus(sen) kunnen op verzoek worden toegestuurd.

CONTINU ELEKTRISCH SONDEREN

MEETTECHNIEK

De standaard bij Fugro toegepaste conus is de “elektrische kleefmantelconus”, waarmee de conusweerstand, de plaatselijke wrijvingsweerstand en de helling gelijktijdig worden gemeten. Sinds februari 2013 is de norm *NEN-EN-ISO 22476-1:2012/C1:2013 Geotechnisch onderzoek en beproeving – Veldproeven – Deel 1: Elektrische sondering met en zonder waterspanningsmeting* van toepassing als vervanging van NEN 5140, die is terug getrokken. In NEN 9997-1 wordt echter nog wel verwezen naar NEN 5140.

Bij het uitvoeren van een sondering conform *NEN-EN-ISO 22476-1:2012/C1:2013* wordt de puntweerstand gemeten, die moet worden overwonnen om een conus met een tophoek van 60° en een basisoppervlak van 1000 mm^2 met een constante snelheid van ca 20 mm/s in de bodem te drukken. Voor de meting van de wrijvingsweerstand is een mantel met een oppervlak van 15000 mm^2 boven de punt aangebracht. De druk op de conuspunt (conusweerstand in MPa) en de wrijving langs de kleefmantel (plaatselijke wrijvingsweerstand in MPa) worden door rekstroken in de conus continu digitaal gemeten. Het basisoppervlak van de conus mag tussen 500 en 2000 mm^2 variëren zonder dat correctiefactoren op de meetresultaten moeten worden toegepast. Fugro sonderingen worden standaard uitgevoerd met een sondeerconus met een basisoppervlak van 1500 mm^2 en een manteloppervlak van 20000 mm^2 .

Veelal wordt gebruik gemaakt van een conus met een korter cilindrisch deel boven de conuspunt dan in NEN-EN-ISO 22476-1 vermelde 400 mm voor een standaard conus. Het cilindrische deel vanaf de conuspunt van de standaard door Fugro gebruikte conussen heeft een lengte van 230 mm in plaats van de genormeerde lengte. Onderzoek¹ heeft aangetoond, dat de invloed van de lengte van deze conus op het sondeerresultaat verwaarloosbaar is, terwijl met een kortere conus met minder risico een grotere sondeerdiepte kan worden bereikt.

De meetsignalen worden digitaal naar een elektrische meeteenheid gestuurd en samen met de diepte en de tijd opgeslagen. Definitieve verwerking vindt daarna op kantoor plaats, waarbij de gemeten parameters tegen de diepte in grafiekvorm worden uitgewerkt. Door continue registratie van de gemeten conus- en wrijvingsweerstand wordt een nauwkeurig beeld van de gelaagdheid en de vastheid van de bodem verkregen.

Afwijking van de conus met de verticaal worden continu geregistreerd, waarmee bij de uitwerking de diepte wordt gecorrigeerd en zo een onjuiste diepte aanduiding als gevolg van “scheef sonderen” wordt voorkomen.

INTERPRETATIE VAN DE SONDERINGEN MET PLAATSELIJKE WRIJVINGSWEERSTAND

Meting van zowel de conusweerstand q_c als de plaatselijke wrijvingsweerstand f_s maakt het mogelijk het wrijvingsgetal R_f te berekenen. Het wrijvingsgetal wordt gedefinieerd als het quotiënt van de plaatselijke wrijving en de op gelijke diepte gemeten conusweerstand in procenten. Hierbij wordt rekening gehouden met laagscheidingen ter hoogte van de mantel.

¹ Lunne and Powell, A comparison of different sized piezocones in UK clays.

Het wrijvingsgetal R_f geeft samen met de conusweerstand q_c een goed beeld van de bodemopbouw *beneden* de grondwaterspiegel. In de onderstaande tabel zijn enige kenmerkende waarden van het wrijvingsgetal aangegeven. *Met nadruk dient te worden gesteld dat deze waarden slechts indicatief zijn en getoetst dienen te worden aan boringen of lokale ervaring en uitsluitend gelden voor de cilindrische elektrische conus.*

Grondsoort	Wrijvingsgetal in %	Grondsoort	Wrijvingsgetal in %
Grind, grof zand	0,2 – 0,6	Klei	3,0 – 5,0
Zand	0,6 – 1,2	Potklei	5,0 – 7,0
Silt, leem, löss	1,2 – 4,0	Veen	5,0 – 10,0

In geroerde grond en in grond boven de grondwaterspiegel kunnen grote afwijkingen ten opzichte van de genoemde waarden voorkomen en gelden deze waarden niet.

PRESENTATIE SONDEERGEGEVENS

Sonderingen kunnen worden uitgewerkt met interpretatie van het wrijvingsgetal voor identificatie van de bodemlagen. De identificatie van de bodemlagen is dan uitgevoerd volgens Robertson [1990]², die door Fugro is aangepast aan de Nederlandse omstandigheden. Bij deze interpretatie wordt uitgegaan van de genormaliseerde waarden van de conusweerstand nQ_c en wrijvingsgetal nR_f als ingangsparameters.

De genormaliseerde waarden van de conusweerstand nQ_c en wrijvingsgetal nR_f worden berekend, uit de gemeten wrijvingsweerstand f_s en conusweerstand q_c , indien mogelijk gecorrigeerd voor de waterspanning en de verticale effectieve - en totale grondspanning volgens de onderstaande formules.

Genormaliseerde conusweerstand:

$$nQ_c = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}}$$

Vergelijking 1

Genormaliseerd wrijvingsgetal:

$$nR_f = \frac{100 \cdot f_s}{q_t - \sigma_{v0}}$$

Vergelijking 2

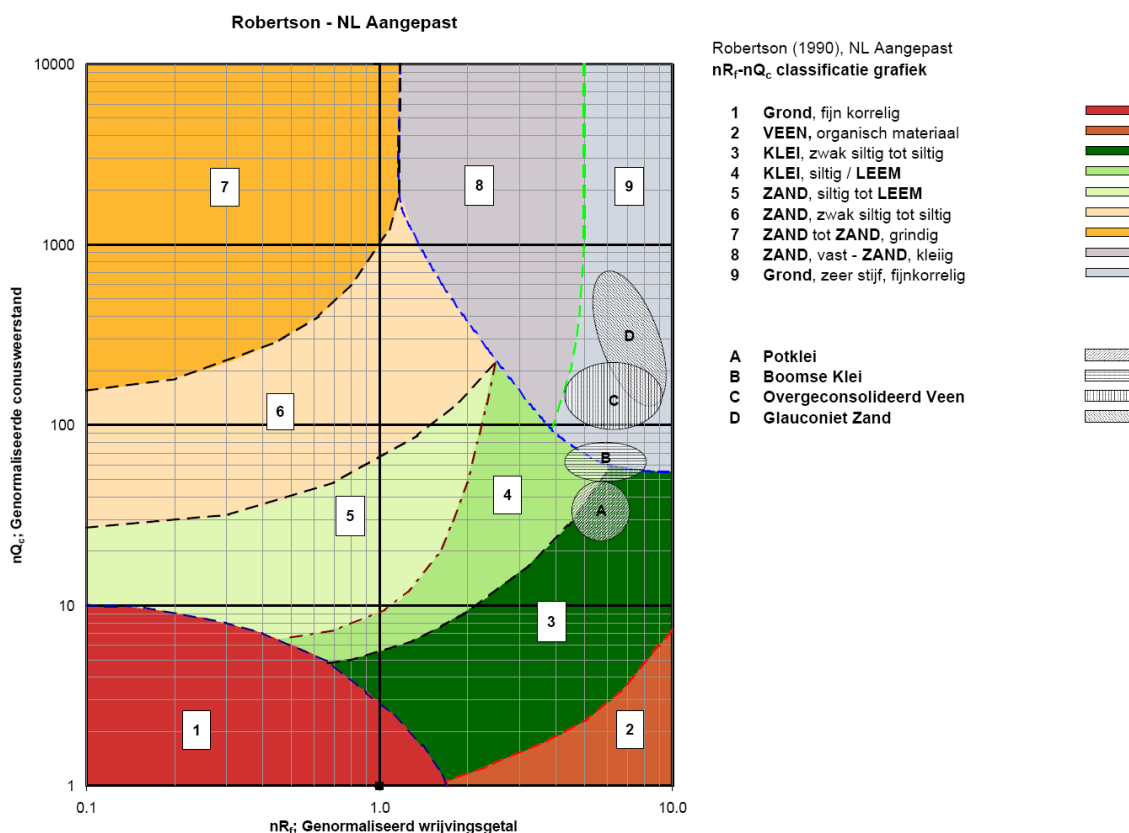
In geval er geen waterspanning is gemeten, wordt voor q_t de waarde van q_c gebruikt.

Voor de grondsoorten, die specifiek zijn voor de Nederlandse ondergrond condities, zijn in de Bodem Classificatiegrafiek van Robertson [1990] twee aanpassingen gedaan om de Nederlandse situatie beter te beschrijven:

- gebieden 4 en 5 zijn anders ingedeeld, zodat losgepakte zanden en ondiepe kleilagen beter worden geïnterpreteerd. Deze aanpassingen zijn in onderstaande figuur weergegeven;

² Robertson, P.K. [1990] "Soil Classification using the cone penetration test". Canadian Geotechnical Journal, 27(1), 151-8²

- er is een extra voorwaarde ingebracht om Holocene veenlagen goed te kunnen classificeren. Voor $q_c < 1,5 \text{ MPa}$ en $R_f > 5 \%$ wordt de grond als veen geïdentificeerd.



Figuur 1

Voor een aantal specifieke grondtypen, zoals bijvoorbeeld Potklei, Boomse klei, overgeconsolideerd veen en glauconiethoudend zand is tevens het classificatie gebied aangegeven. Deze stemmen niet direct overeen met de benamingen van gebieden 1 tot en met 9.

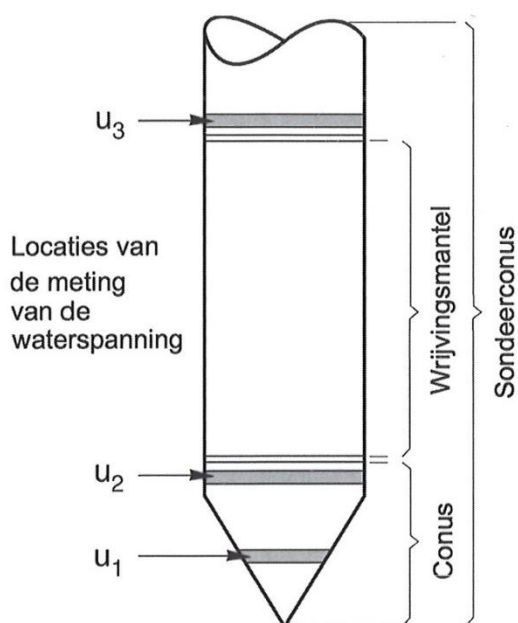
De identificatie is indicatief en alleen geldig voor lagen onder de grondwaterstand. De resultaten dienen te worden geverifieerd met boringen of geologische informatie. Uitgedroogde cohesieve toplagen geven een te hoge waarde worden voor het wrijvingsgetal, waardoor bijvoorbeeld uitgedroogde kleilagen mogelijk onterecht worden geïnterpreteerd als veenlagen. Ook is de correlatie voor de toplagen minder betrouwbaar vanwege het lage effectieve spanningsniveau in deze lagen.

ANDERE CONUSTYPEN

Naast de meting van conusweerstand en plaatselijke wrijving is het mogelijk extra (combinaties van) metingen uit te voeren. In onderstaand schema zijn enkele mogelijkheden aangegeven. Indien gewenst kan nadere informatie over metingen en toepassingsmogelijkheden worden verschaft.

Type meting	Meetresultaten	Toepassingsmogelijkheden
Waterspanning	Waterspanning ter plaatse van de punt	<ul style="list-style-type: none"> ■ registreren waterremmende lagen; ■ indicatie stijghoogte grondwater; ■ classificatie / gelaagdheid bodem.
Magnetometer	Magnetische veldsterkte in 3 orthogonale richtingen (X,Y,Z)	<ul style="list-style-type: none"> ■ blindganger onderzoek; ■ onderzoek ligging obstakels (stalen leidingen, grondankers); ■ onderzoek paalpunt niveau / schoorstand funderingspalen; ■ onderzoek ligging onderzijde stalen damwanden.
Geleidbaarheid	Elektrische geleiding grond en grondwater	<ul style="list-style-type: none"> ■ indicatie waterkwaliteit / zoet - zout water grens; ■ onderzoek verspreiding verontreiniging.
Temperatuur	Temperatuurmeting op verschillende diepten	<ul style="list-style-type: none"> ■ warmteoverdracht in de bodem; ■ bepaling temperatuurgradiënt.
Schuifgolfsnelheid (seismisch)	Dynamische bodemparameters op verschillende diepten	<ul style="list-style-type: none"> ■ machinefunderingen; ■ windturbinefunderingen.
Versnelling	Versnellingen op verschillende diepten	<ul style="list-style-type: none"> ■ heitrillingen; ■ verkeerstrillingen
MIP (Membrane Interface Probe)	Verticale verspreiding van vluchtige (gechloreerde) koolwaterstoffen	<ul style="list-style-type: none"> ■ bestudering zak/drijfslagen en/of verontreinigingen met (gechloreerde) koolwaterstoffen
ROST (Rapid Optical Screening Tool)	Verticale verspreiding van (aromatische) koolwaterstoffen	<ul style="list-style-type: none"> ■ bestudering zak/drijfslagen en/of verontreinigingen met (aromatische) koolwaterstoffen

WATERSPANNINGSSONDERINGEN



Naast registratie van conusweerstand en plaatselijke wrijvingsweerstand wordt bij een groot deel van de sonderingen waterspanning geregistreerd. Een waterspanningsconus (piëzo-conus) is voorzien van een ingebouwde druksensor, waarmee de waterdruk tijdens het sonderen wordt gemeten. Een filter voorkomt het contact van grond met de druksensor. De waterdruk kan op drie locaties in de conus worden gemeten waarbij de posities u_1 en u_2 veelvuldig voorkomen (zie figuur 2). Positie u_3 wordt zelden toegepast. Slechts een kleine hoeveelheid water ($0,2 \text{ mm}^3$) is nodig om een nauwkeurige waterdruk te meten. Het meetbereik kan worden gekozen afhankelijk van de te verwachten wateroverspanning. In stijve kleien kan deze oplopen tot meer dan 3 MPa.

Figuur 2

UITVOERINGSWIJZE

Om een juiste meting van de waterspanning te verkrijgen, dient het gehele meetsysteem volledig ontluicht en gevuld te zijn met een weinig samendrukbare vloeistof. Om te voorkomen dat de vloeistof tijdens het sonderen in de onverzadigde lagen boven de grondwaterstand wegvloeit zijn een juiste keuze van vloeistof, het gebruik van een rubber membraam, een goede uitvoering en de poriëngrootte van het filter belangrijk.

Indien het grondwater relatief ondiep aanwezig is, wordt bij voorkeur voorgeboord tot het niveau van de grondwaterspiegel teneinde luchttoetreding te voorkomen. Hiermee wordt ook de kans op beschadiging en in de grond achterblijven van het rubber membraam verkleind.

INTERPRETATIE

De resultaten van de piëzo-sonderingen bestaan uit de gemeten conusweerstand (q_c), de plaatselijke wrijvingsweerstand (f_s), het wrijvingsgetal (R_f), de gemeten waterspanning (u_1 of u_2 respectievelijk in de punt en achter de punt) en de wateroverspanningsindex B_q .

De resultaten van de waterspanningsmeting tijdens het sonderen vormen uit grondmechanisch en geohydrologisch oogpunt een belangrijke extra informatiebron voor de interpretatie van de bodemopbouw. Door combinatie van de meting van de conusweerstand en de waterspanning, bij voorkeur samen met de plaatselijke wrijvingsweerstand, wordt optimaal gebruik gemaakt van de sondeertechniek en kan het benodigde aanvullend grondonderzoek efficiënter worden gepland.

Bij de interpretatie speelt met name de wateroverspanning een rol, dat wil zeggen de verhoging van de waterspanning die door het indrukken van de conus ontstaan is. Dunne cohesieve laagjes in een zandpakket en dunne zandlaagjes in een kleipakket, die in de conusweerstand en de plaatselijke wrijvingsweerstand door uitmiddeling niet of slecht zichtbaar zijn, kunnen goed worden gedetecteerd aan de hand van de water(over)spanningen, die door het sonderen ontstaan. Deze laagjes kunnen van groot belang zijn voor het zettingsgedrag van funderingen en voor de verticale (on)doorlatendheid van de grond.

Verder kunnen met de piëzo-conus, met name via de u_1 -meting, sterk gelaagde structuren van zand en klei onderscheiden worden van homogene lagen hetgeen op basis van conusweerstand en plaatselijke wrijving in de meeste gevallen niet lukt. Aangetoond is dat het detectievermogen van de u_1 -meting veel hoger is dan van de u_2 -meting.

WATEROVERSPANNINGINDEX B_q

Met de wateroverspanningsindex B_q kan een meer nauwkeurige classificatie van de grondsoort worden verkregen. Deze index is de verhouding van de wateroverspanning en de netto conusweerstand q_{net} , zijnde de gemeten conusweerstand q_c gecorrigeerd voor de waterspanning op het netto oppervlak van de sondeerconus, rekeninghoudend met de heersende effectieve verticale spanning op het betreffende niveau. De wateroverspanningsindex B_q wordt als volgt berekend:

$$B_q = \frac{\beta \cdot (u_1 - u_o)}{q_{net}}$$

Vergelijking 3

$$Bq = \frac{(u_2 - u_o)}{q_{net}}$$

Vergelijking 4

waarin:

- β = factor voor de verschillende grondsoorten voor omrekening van u_1 naar u_2 . Standaard wordt hiervoor aangehouden 0,8, zijnde normaal geconsolideerde kleien (zie hierna volgende tabel);
- q_{net} = $q_t - \sigma_{v0}$ = netto conusweerstand;
- q_t = $q_c + (1-a) \{ \beta (u_1 - u_o) + u_o \}$ voor een filter in de conuspunt;
- = $q_c + (1-a) u_2$ voor een filter direct achter de conuspunt;
- σ_{v0} = de verticale grondspanning; standaard wordt hierbij uitgegaan van een gemiddeld volumiek gewicht van de bodemlagen van 14 kN/m³ en een grondwaterstand op 1 m beneden maaiveld;
- a = netto oppervlakteverhoudingscoëfficiënt van de conus i.v.m. de spleet achter de conuspunt;
- u_1 = de gemeten waterdruk bij een filterplaatsing in de punt;
- u_2 = de gemeten waterdruk bij een filterplaatsing achter de punt;
- u_o = de hydrostatische stijghoogte; standaard wordt hiervoor in de berekening een niveau uitgegaan van 1 m beneden maaiveld.

Voor andere grondsoorten zijn de β -factoren in onderstaande tabel gegeven.

Grond gedrag	β -factor
Normaal geconsolideerde klei	0,6 – 0,8
Licht over geconsolideerde klei	0,5 – 0,7
Sterk over geconsolideerde klei	0,0 ¹ – 0,3
Leem samendrukbaar	0,5 – 0,6
Leem, vast en dillatant gedrag	0,0 ¹ – 0,2
Zand, siltig, los gepakt	0,2 – 0,4
¹ Bij meting van de waterspanning achter de conuspunt worden in bepaalde gevallen negatieve waterspanningen gemeten. Deze waarden geven nauwelijks een indicatie van de doorlatendheid, doch alleen over het materiaalgedrag.	

DISSIPATIETEST

Het is ook mogelijk het sondeerproces op een bepaalde diepte tijdelijk te stoppen en de afname van de wateroverspanning (dissipatie) als functie van de tijd te registreren. Daarna kan het sondeerproces worden voortgezet.

In doorlatende gronden geeft de dissipatietest een goed beeld van de heersende hydrostatische waterspanning en daarmee van de stijghoogte. Het betreft slechts een indicatie aangezien de meetnauwkeurigheid beperkt is. Door het uitvoeren van meerdere metingen in een grondlaag en de gemiddelde waarde van de stijghoogte te bepalen kan een beduidend hogere nauwkeurigheid worden behaald. Ervaring leert dat de onnauwkeurigheid circa 0,5 m bedraagt. Voor een meer nauwkeurige bepaling en de optredende fluctuaties zijn peilbuismetingen over een langere waarnemingsperiode nodig, afhankelijk van het doel.

In slecht doorlatende, cohesieve lagen kan met behulp van de dissipatietest een indicatie van de consolidatiecoëfficiënt en daarmee van de verticale (on)doorlatendheid worden verkregen. Hierbij dient de dissipatietest te worden voortgezet totdat de wateroverspanning tenminste met 50 % is afgenomen. In de praktijk komt dat in klei overeen met circa 1/2 uur. Uit berekeningen en kwalitatieve vergelijking van de metingen wordt inzicht verkregen in het consolidatiegedrag van de grond. Voor het vaststellen van de heersende hydrostatische waterspanning in kleilagen is de dissipatietest in de meeste gevallen weinig geschikt, vanwege de benodigde lange aanpassingstijd en de onnauwkeurigheid.

KLASSENINDELING EN-ISO 22476-1

Voorafgaand aan de uitvoering diende een keuze te worden gemaakt binnen welke kwaliteitsklasse met bijbehorende toelaatbare meetonzekerheid het werk minimaal uitgevoerd moet worden. De klassenindeling heeft voornamelijk betrekking op de nauwkeurigheid van de gemeten parameters.

Door invoering van de Eurocode is op Europees niveau de internationale sondeernorm EN-ISO 22476-1 "Electrical cone and piezocone testing" ontwikkeld. In de norm EN-ISO 22476-1 is de nauwkeurigheid van de meetresultaten gekoppeld aan het toepassingsgebied met bijbehorend bodemkenmerken / geschiktheid voor interpretatie en afleiding van bodemparameters. Verder is de meting van de waterspanning genormeerd. In de Europese tabel van sondeerklassen worden de sondeerklassen ingedeeld naar de toepassing van de sondering, zie volgende tabel.

Toepassing Klasse	Test type	Gemeten parameter	Toegestane minimum nauwkeurigheid ^a	Maximum lengte tussen metingen	Gebruik	
					Grondsoort ^b	Interpretatie ^c
1	TE2	<ul style="list-style-type: none"> ■ Conus weerstand ■ Mantel wrijving ■ Waterspanning ■ Helling ■ Sondeerlengte 	35 kPa of 5 % 5 kPa of 10 % 10kPa of 2 % 2° 0,1 m of 1%	20 mm	A	G,H
2	TE1 TE2	<ul style="list-style-type: none"> ■ Conus weerstand ■ Mantel wrijving ■ Waterspanning ■ Helling ■ Sondeerlengte 	100 kPa of 5 % 15 kPa of 15 % 25 kPa of 3 % 2° 0,1 m of 1 %	20 mm	A B C D	G, H* G, H G, H G, H
3	TE1 TE2	<ul style="list-style-type: none"> ■ Conus weerstand ■ Mantel wrijving ■ Waterspanning ^d ■ Helling ■ Sondeerlengte 	200 kPa of 5 % 25 kPa of 15 % 50 kPa of 5 % 5° 0,2 m of 2 %	50 mm	A B C D	G G, H* G, H G, H
4	TE1	<ul style="list-style-type: none"> ■ Conus weerstand ■ Mantel wrijving ■ Sondeerlengte 	500 kPa of 5 % 50 kPa of 20 % 0,2 m of 1 %	50 mm	A B C D	G* G* G* G*

Noot 1:	
Richtlijnen voor gebruik van Tabel 2 zijn gegeven in bijlage F.	
Noot 2:	
Uiterst slappe gronden maken soms nog hogere nauwkeurigheden noodzakelijk.	
a	De toegestane minimum nauwkeurigheid van de gemeten parameters is de grootste van de twee genoemde. De relatieve nauwkeurigheid geldt voor de gemeten waarde en niet voor het meetbereik.
b	Volgens ISO 14688-2: A homogene gronden bestaande uit zeer slappe tot stijve kleien (en silt) (typische gronden met $q_c < 3$ MPa); B gemengde bodemprofielen met slappe tot stijve kleien ($q_c \leq 3$ MPa) en matig vaste tot vaste zanden (conusweerstand $5 \text{ MPa} \leq q_c < 10 \text{ MPa}$); C gemengde bodemprofielen met stijve kleien (conusweerstand $1,5 \text{ MPa} \leq q_c < 3 \text{ MPa}$) en zeer dichte zanden ($q_c > 20 \text{ MPa}$); D zeer stijve tot harde kleien ($q_c \geq 3 \text{ MPa}$) en zeer vaste grove gronden ($q_c \geq 20 \text{ MPa}$).
c	G Vaststelling bodemprofiel en bepaling van grondsoort met een laag niveau van onzekerheid. G* Indicatieve vaststelling bodemprofiel en bepaling van grondsoort met een hoog niveau van onzekerheid. H Interpretatie met betrekking tot ontwerp met een laag niveau van onzekerheid. H* Interpretatie met betrekking tot ontwerp met een hoog niveau van onzekerheid.
d	Waterspanning kan alleen worden gemeten als TE2 wordt toegepast.











Voor projecten, waarbij parameters op basis van Tabel 2.b NEN 9997-1 worden afgeleid, is een hoge nauwkeurigheidsklasse gewenst. Het is echter in een bodemgesteldheid met zowel zeer slappe grondlagen als zeer vaste zandlagen met hoge conusweerstand niet realistisch om aan de eisen van toepassing klasse 1 voldoen zoals ook blijkt uit de bovenstaande tabel. Het bij Fugro gehanteerde meetsysteem voor sonderen is bijzonder nauwkeurig door toepassing van digitale conussen, strikte kwaliteitscontroles en calibraties. In de praktijk is gebleken dat standaard Fugro sonderingen in de nieuwe norm voor het overgrote deel (>95%) in toepassingsklasse 2 vallen.

Voor sondering in toepassingklasse 1 worden speciale gevoelige conussen met een beperkt meetbereik toegepast. De enige praktische indicatie over de bereikte sondeerklasse is controle van recente kalibraties en 0-puntsverlopen tussen het begin en eind van de sondering.



In de praktijk komt het af en toe voor dat sonderingen worden uitgevoerd, waarbij door de opdrachtgever is aangegeven dat de maaiveldhoogte niet ten opzichte van een vast referentiepeil (NAP) behoeft te worden vastgelegd. Deze sonderingen voldoen derhalve op dit punt niet aan EN-ISO 22476-1.

LEGENDA TERREINPROEVEN EN GRONDSOORTEN

















Boringen / Peilbuizen

	Handboring nog niet uitgevoerd
	Handboring uitgevoerd
	Handboring uitgevoerd met 1 peilbuis
	Handboring uitgevoerd met 2 peilbuizen
	Mechanische boring nog niet uitgevoerd
	Mechanische boring uitgevoerd
	Mechanische boring uitgevoerd met 1 peilbuis
	Mechanische boring uitgevoerd met 2 peilbuizen
	Mechanische boring uitgevoerd met 3 peilbuizen
	Boring uitgevoerd door derden
	Boring uitgevoerd met peilbuis door derden
	Gedrukte peilbuis (PB) / minifilter (MF) nog niet uitgevoerd
	Gedrukte peilbuis (PB) / minifilter (MF) uitgevoerd

Overige symbolen

	Meetpunt
	Hoogtemaat

Sonderingen

	Sondering met plaatselijke kleefmeting nog niet uitgevoerd
	Sondering met plaatselijke kleefmeting uitgevoerd
	Sondering zonder plaatselijke kleefmeting nog niet uitgevoerd
	Sondering zonder plaatselijke kleefmeting uitgevoerd
	Slagsondering uitgevoerd
	Handsondering uitgevoerd
	Multigrondwatersondering nog niet uitgevoerd
	Multigrondwatersondering uitgevoerd
	Sondering met bolconus nog niet uitgevoerd
	Sondering met bolconus uitgevoerd
	Waterspanningsmeter nog niet uitgevoerd
	Waterspanningsmeter uitgevoerd
	Sondering uitgevoerd door derden
	Sondering met plaatselijke kleefmeting uitgevoerd door derden
	Hellingmeterbuis nog niet uitgevoerd
	Hellingmeterbuis uitgevoerd

Type sonderingen

D	Diepsondering
HS	Handsondering
S	Slagsondering

Toegevoegde metingen

KM	Meting van de plaatselijke kleef
P	Meting van de waterspanning
M	Meting van de magnetische veldsterkte
G	Meting van de geleidbaarheid
S	Meting van de schuifgolfsnelheid (seismische meting)
T	Meting van de temperatuur

Legenda / Terminologie

Grind

	Grind, siltig
	Grind, zwak zandig
	Grind, matig zandig
	Grind, sterk zandig
	Grind, uiterst zandig

Zand

	Zand, kleilig
	Zand, zwak siltig
	Zand, matig siltig
	Zand, sterk siltig
	Zand, uiterst siltig



Veen

	Veen, mineraalarm
	Veen, zwak kleilig
	Veen, sterk kleilig
	Veen, zwak zandig
	Veen, sterk zandig



Klei

	Klei, zwak siltig
	Klei, matig siltig
	Klei, sterk siltig
	Klei, uiterst siltig
	Klei, zwak zandig
	Klei, matig zandig
	Klei, sterk zandig

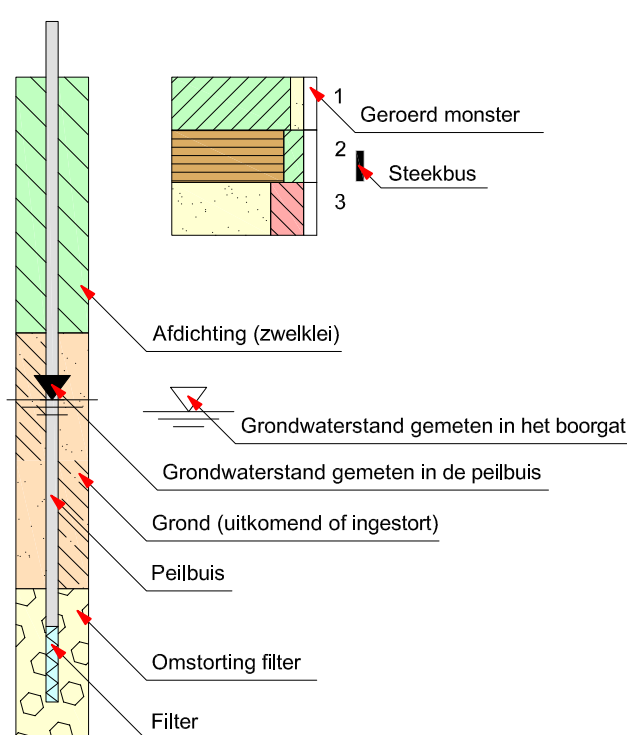
Leem

	Leem, zwak zandig
	Leem, sterk zandig

Overige toevoegingen

	Zwak humeus
	Matig humeus
	Sterk humeus
	Zwak grindig
	Matig grindig
	Sterk grindig
	Puin

Peilbuis

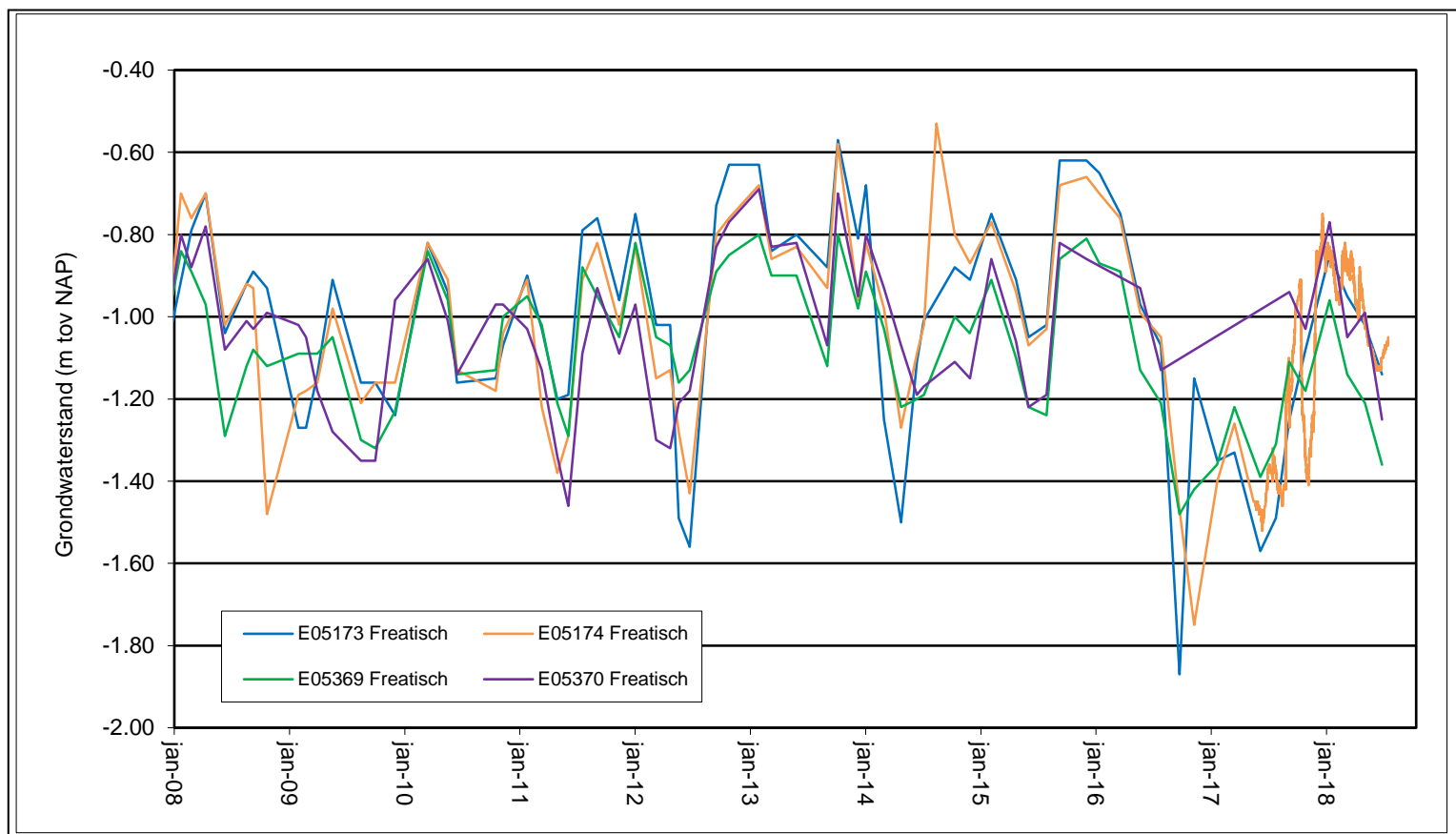


B. PEILBUISGEGEVENS WATERNET

Waternet
Grondwater

Tijd-stijghoogtelijnen

Periode van: 1-1-2009 tot: 1-10-2018 Referentie: NAP



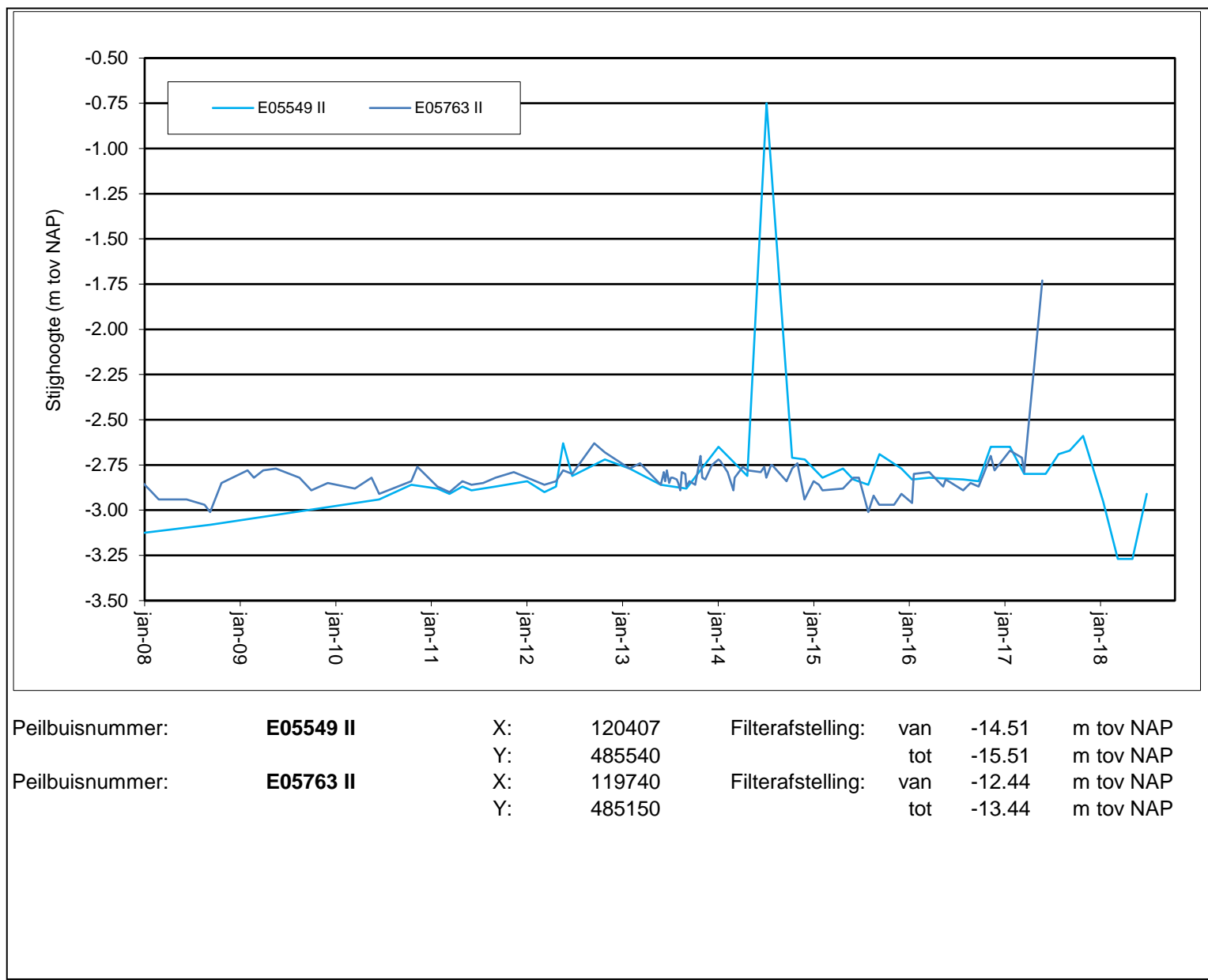
Peilbuisnummer: E05173 Freatisch	X: 119815	Filterafstelling: van -2.07 m tov NAP
	Y: 485268	tot -3.07 m tov NAP
Peilbuisnummer: E05174 Freatisch	X: 119728	Filterafstelling: van 0.54 m tov NAP
	Y: 485227	tot -1.91 m tov NAP
Peilbuisnummer: E05369 Freatisch	X: 119839	Filterafstelling: van -2.05 m tov NAP
	Y: 485394	tot -3.05 m tov NAP
Peilbuisnummer: E05370 Freatisch	X: 119673	Filterafstelling: van -2.13 m tov NAP
	Y: 485339	tot -3.13 m tov NAP



Waternet
Grondwater

Tijd-stijghoogtelijnen

Periode van: 1-1-2009 tot: 1-10-2018 Referentie: NAP





LOCATIEOVERZICHT WATERNET PEILBUIZEN

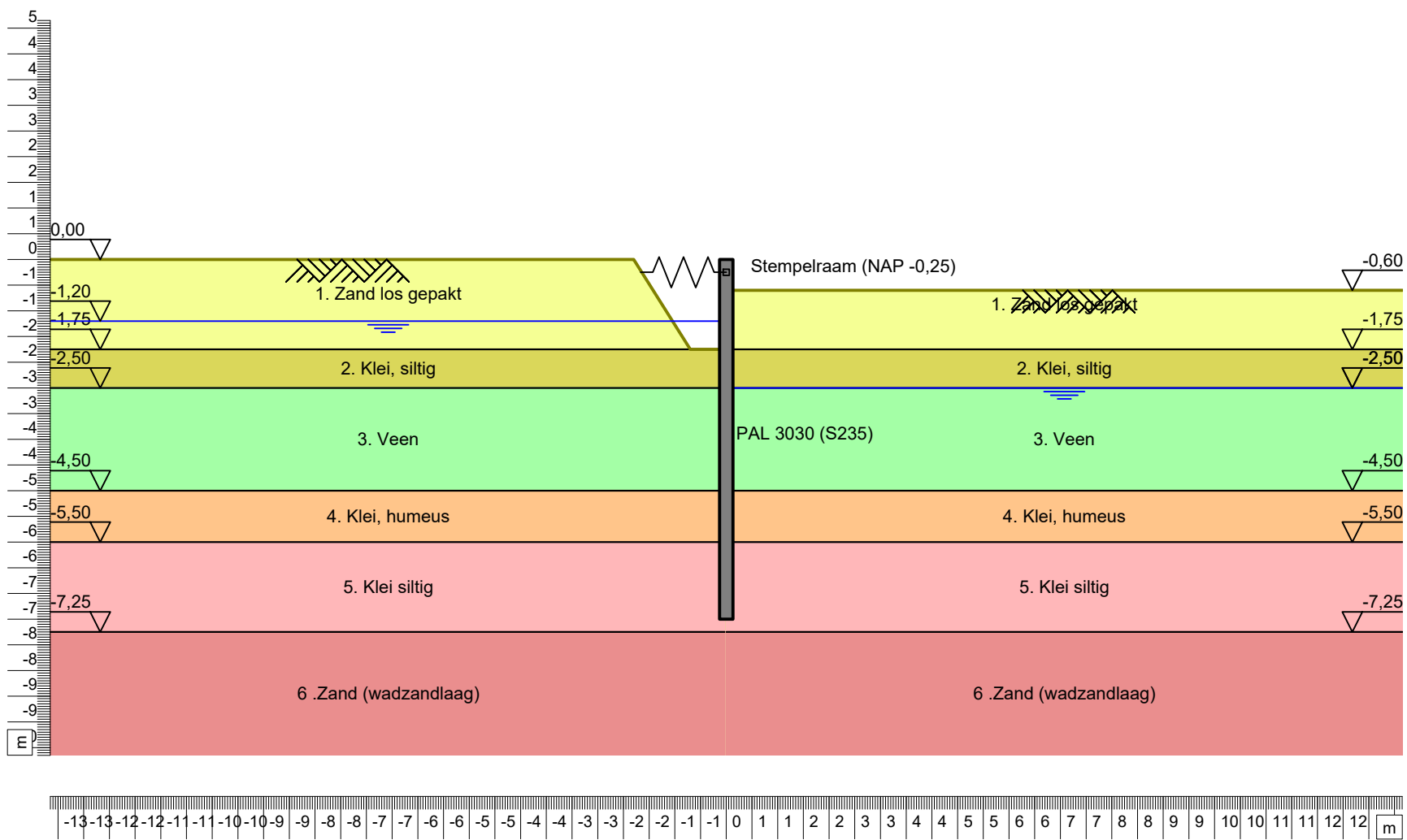
Valeriusstraat 59 te Amsterdam

Opdracht: 9018-0787-000

Bijlage: B

C. INVOER EN RESULTATEN DSHEETPILING

Overzicht - Fase 1: partieel ontgraven stempel



Zeevingstraat 41a
1014 BV Amsterdam

Teil (0)20 65 10 800
Fax

D-Sheet Piling 18.2 : Valeriusstraat 59 te Amsterdam, Belending s'ht

datum
10/4/2018

get.
RKB

Valeriusstraat 59 te Amsterdam

9018-0787-000

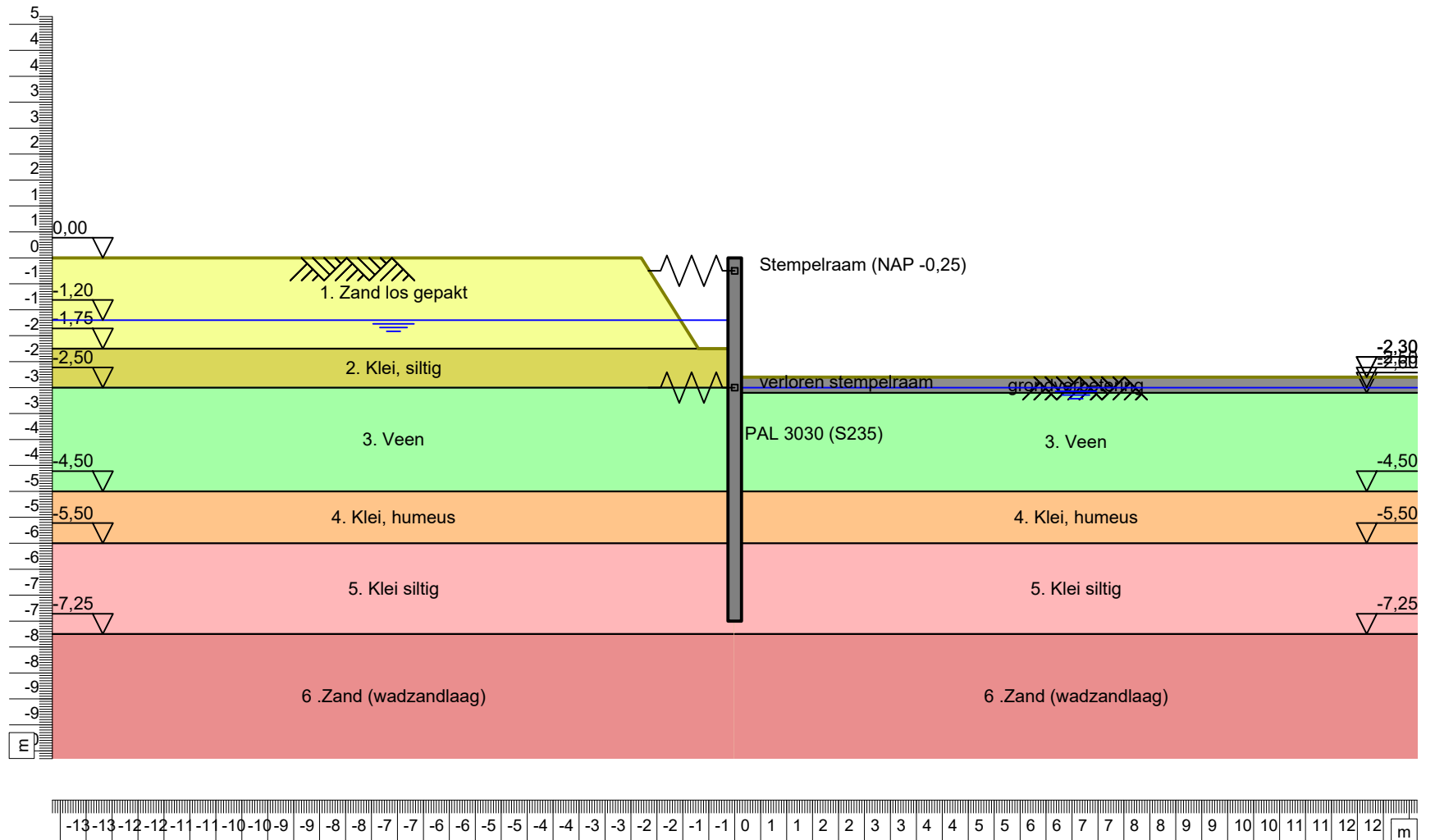
ctf.

doorsnede 2 - Belendingen

Bijl.

A4

Overzicht - Fase 2: aanbrengen verloren stempel



Zeevingstraat 41a
1014 BV Amsterdam

Tel (0)20 65 10 800
Fax

D-Sheet Piling 18.2 : Valeriusstraat 59 te Amsterdam, belending stl

datum
10/4/2018

get
RKB

Valeriusstraat 59 te Amsterdam

doorsnede 2 - Belendingen

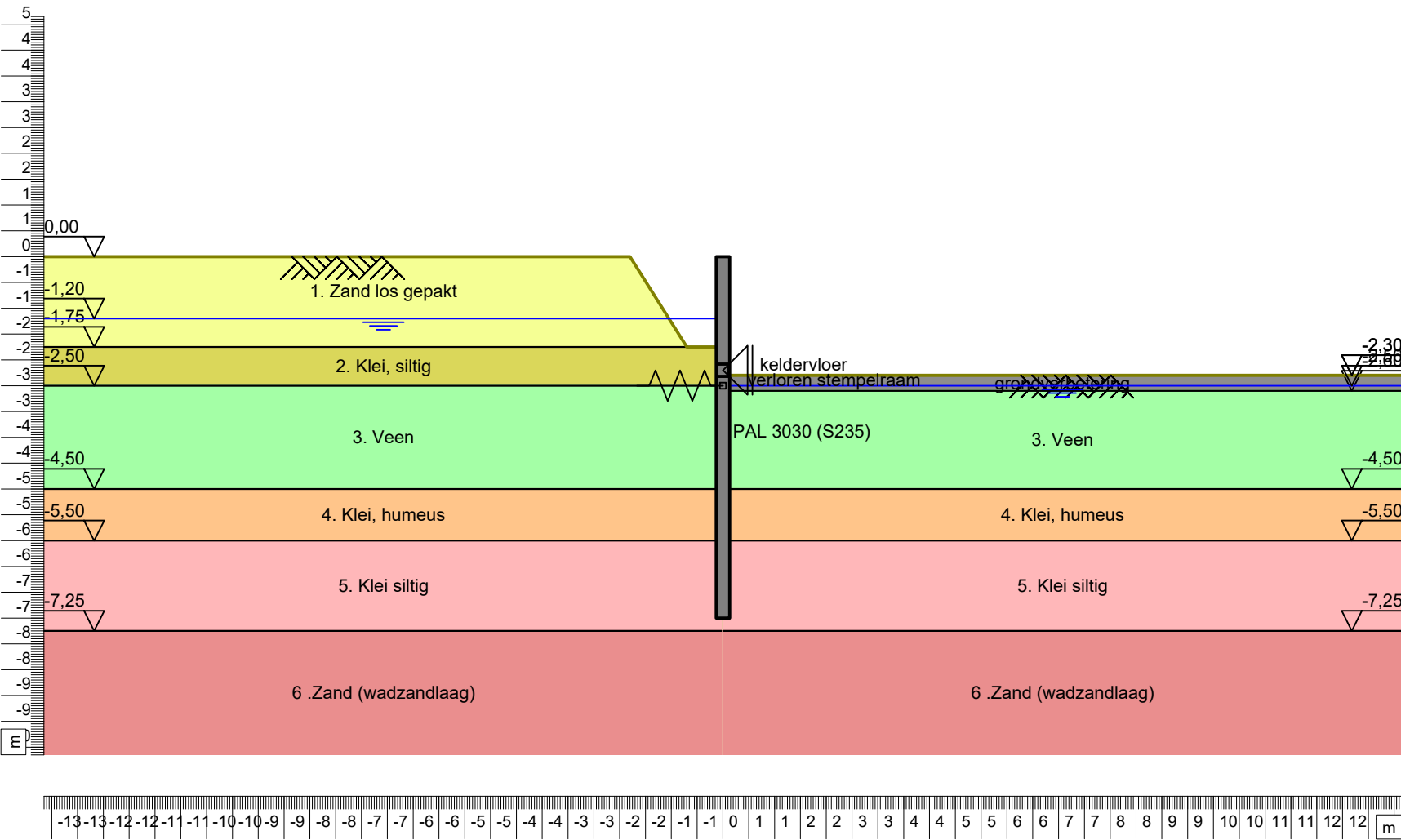
9018-0787-000

ctf.

Bijl.

form.
A4

Overzicht - Fase 3: verwijderen bovenste stempelraam



Zeevingstraat 41a
1014 BV Amsterdam

Teil (0)20 65 10 800
Fax

D-Sheet Piling 18.2 : Valeriusstraat 59 te Amsterdam, belending s'ht

datum
10/4/2018

get
RKB

Valeriusstraat 59 te Amsterdam

doorsnede 2 - Belendingen

9018-0787-000

cit.

Bijl.

form.
A4



Zeevingstraat 41a
1014 BV Amsterdam

TELEPHONE (0)20 65 10 800
TELEFAX

D-Sheet Piling 18.2 : Valeriusstraat 59 te Amsterdam ,belending s'hl

date
10/4/2018

drw.
RKB

9018-0787-000

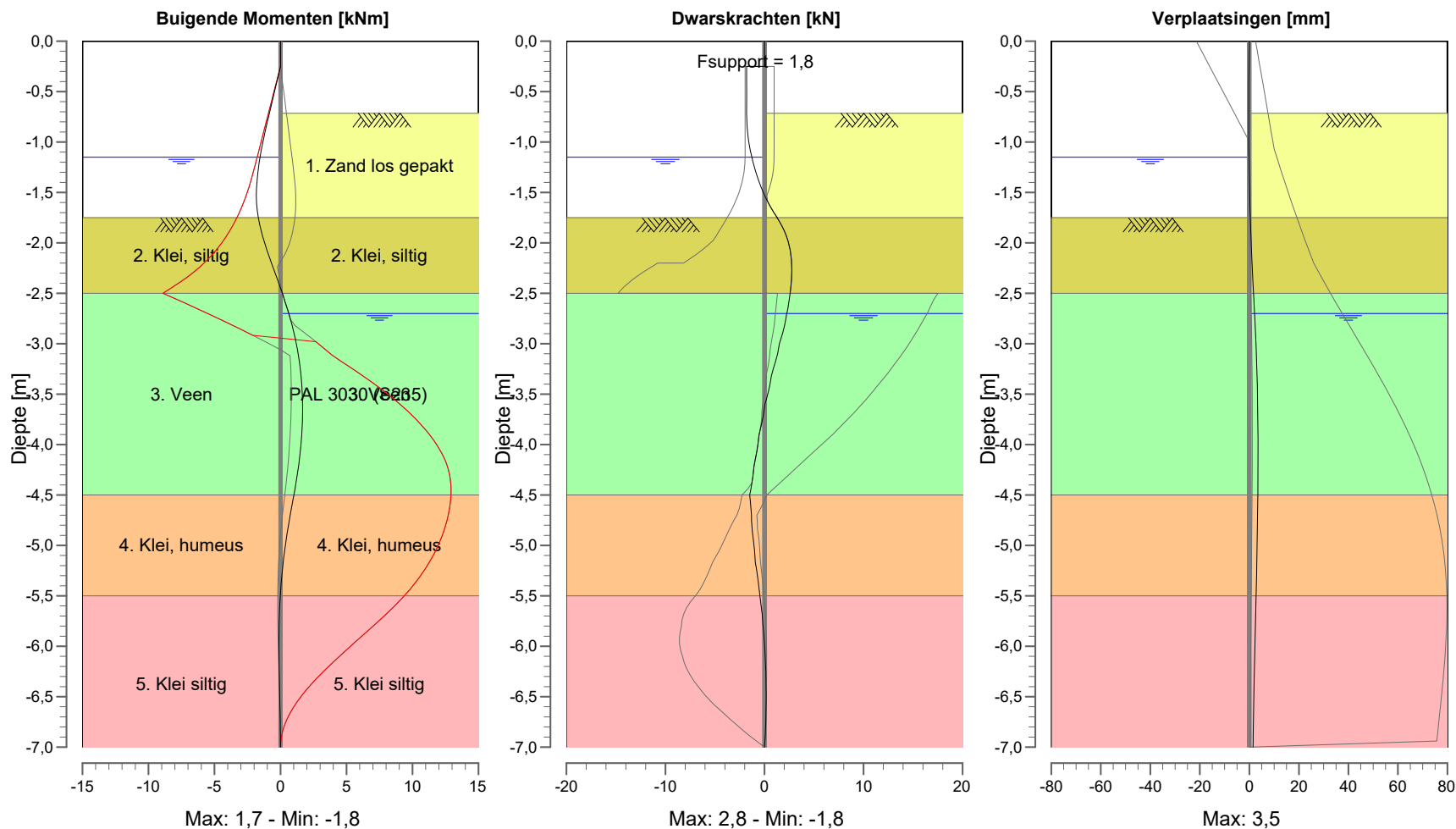
ctf.

A4
form.

Valeriusstraat 59 te Amsterdam
doorsnede 2 - Belendingen

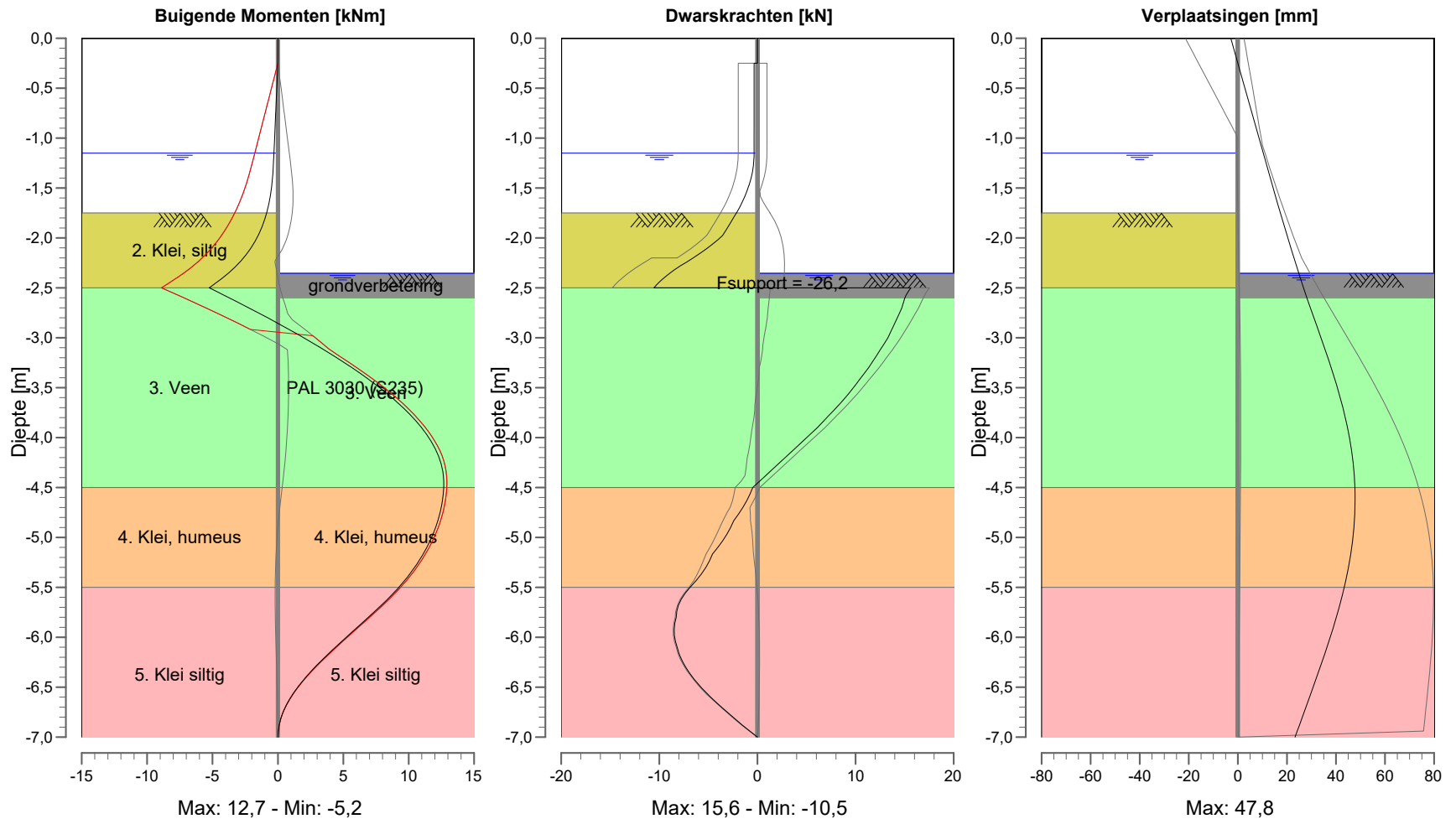
Momenten/Krachten/Verplaatsingen - Fase 1: partieel ontgraven stempel

Stap 6.3 - Partiële factor set: RC 1



Momenten/Krachten/Verplaatsingen - Fase 2: aanbrengen veroren stempel

Stap 6.2 - Partiële factor set: RC 1



Zeevingstraat 41a
1014 BV Amsterdam

TELEPHONE (0)20 65 10 800
TELEFAX

D-Sheet Piling 18.2 : Valeriusstraat 59 te Amsterdam ,belending s'hl

date
10/4/2018

drv.
RKB

9018-0787-000

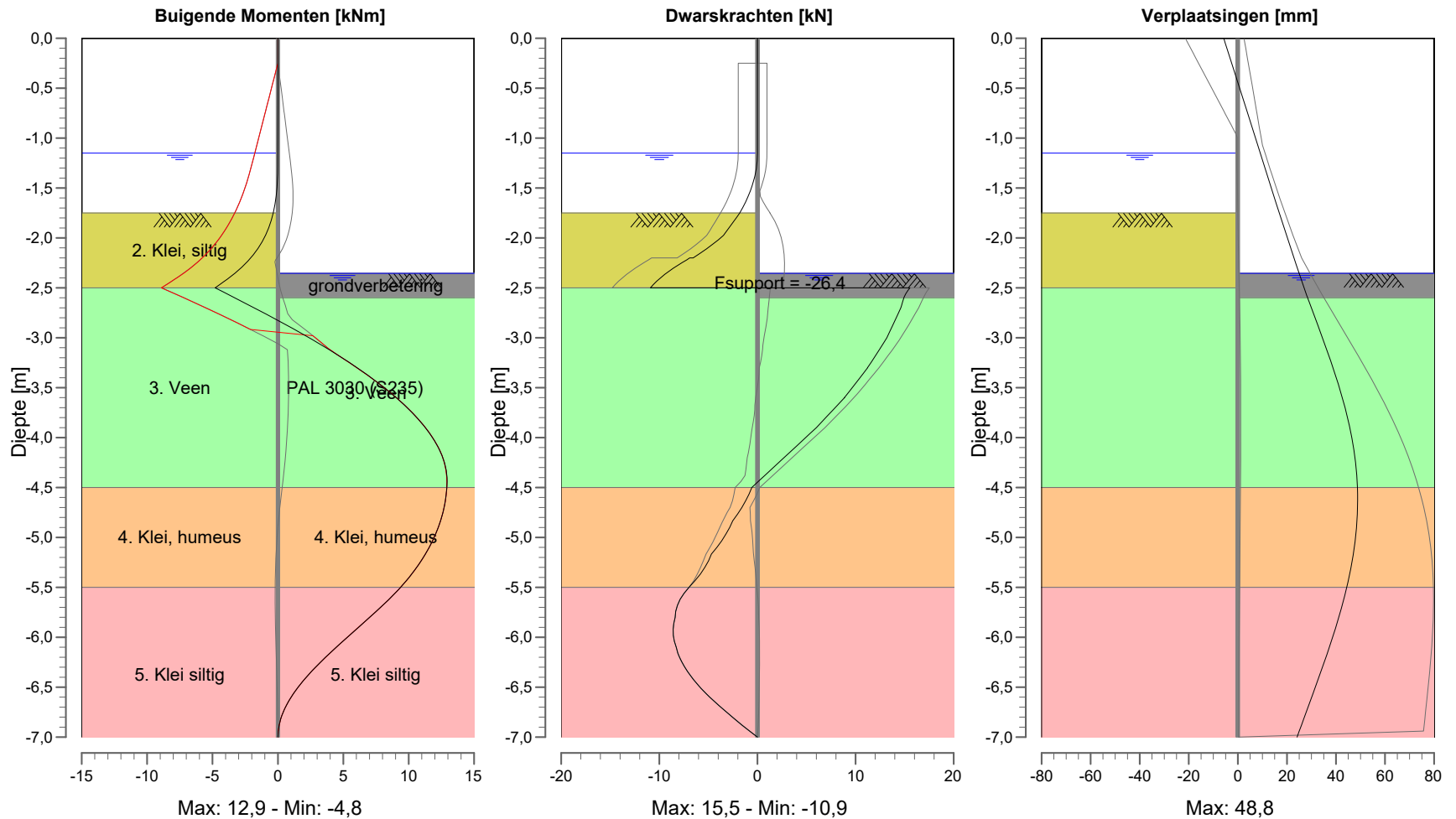
ctf.

Valeriusstraat 59 te Amsterdam
doorsnede 2 - Belendingen

A4
form.

Momenten/Krachten/Verplaatsingen - Fase 3: verwijderen bovenste stempelraam

Stap 6.2 - Partiële factor set: RC 1



Zeevingstraat 41a
1014 BV Amsterdam

TELEPHONE (0)20 65 10 800
TELEFAX

D-Sheet Piling 18.2 : Valeriusstraat 59 te Amsterdam, belending s'lt

date
10/4/2018

drw.
RKB

9018-0787-000

Valeriusstraat 59 te Amsterdam
doorsnede 2 - Belendingen

A4

form.

cit.



Zeevingstraat 41a
1014 BV Amsterdam

TELEPHONE (0)20 65 10 800
TELEFAX

D-Sheet Piling 18.2 : Valeriusstraat 59 te Amsterdam ,belending s'hl

date
10/4/2018

drw.
RKB

9018-0787-000

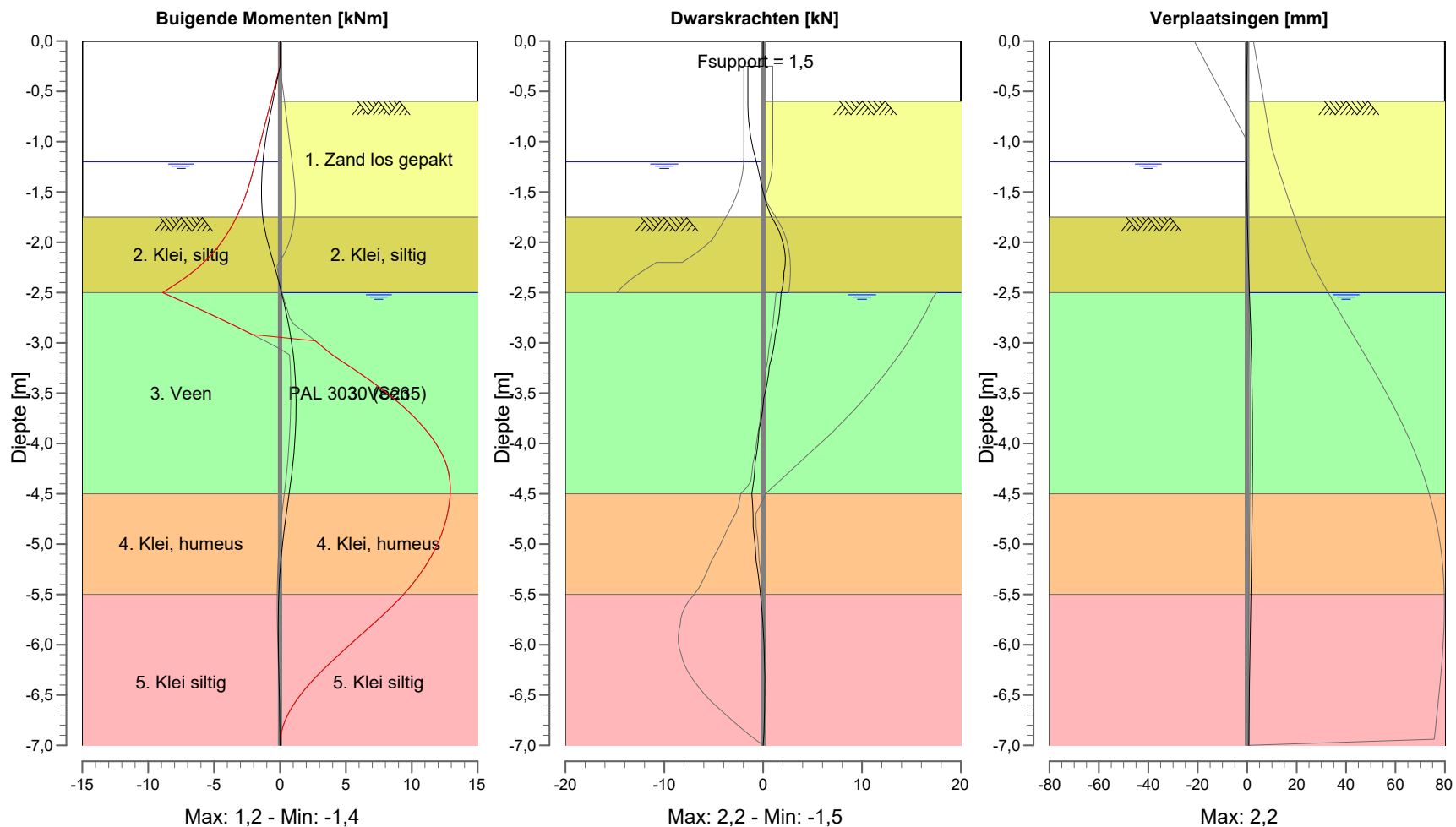
ctf.

A4
form.

Valeriusstraat 59 te Amsterdam
doorsnede 2 - Belendingen

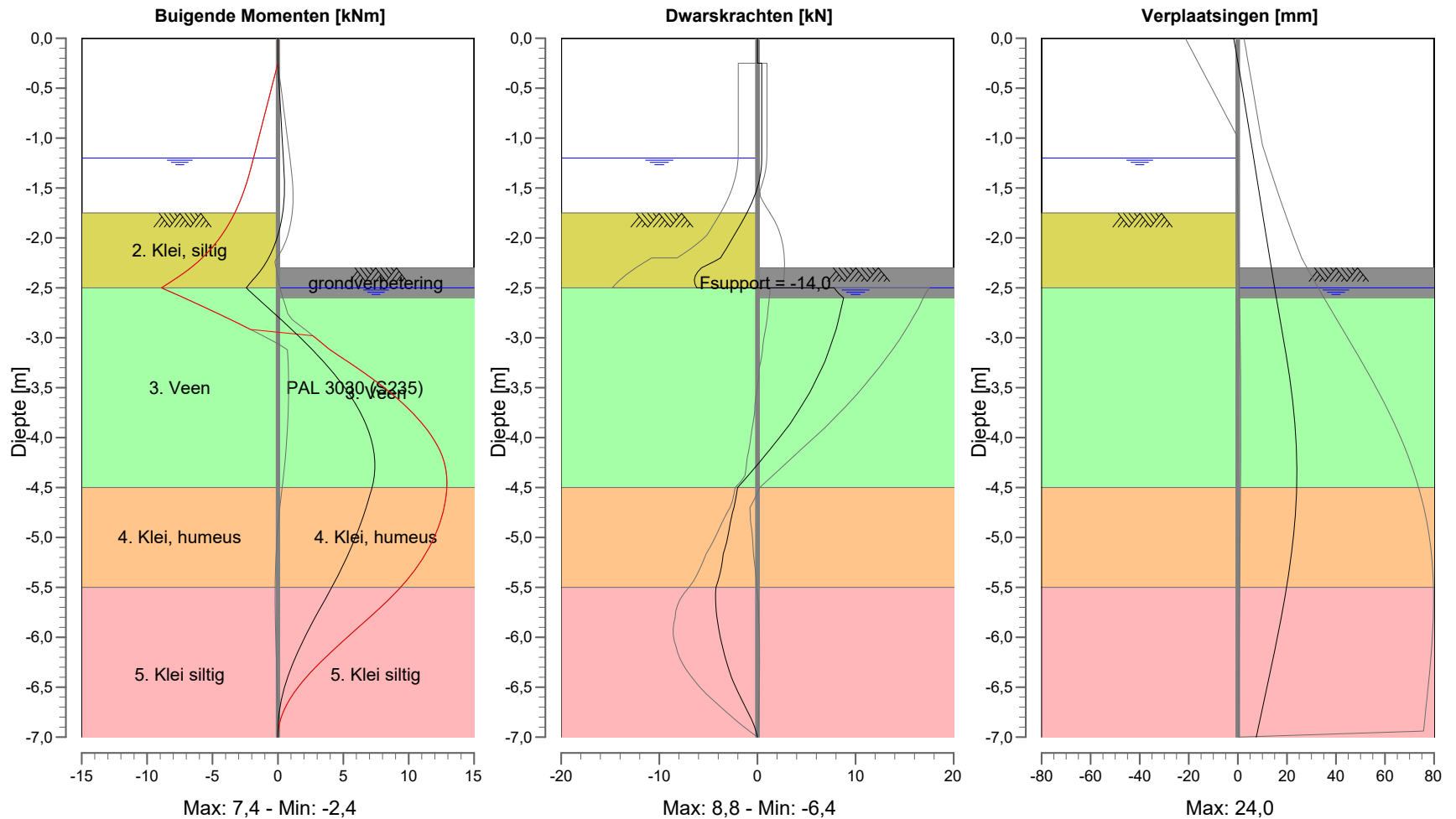
Momenten/Krachten/Verplaatsingen - Fase 1: partieel ontgraven stempel

Stap 6.5 - Partiële factor set: RC 1



Momenten/Krachten/Verplaatsingen - Fase 2: aanbrengen veroren stempel

Stap 6.5 - Partiële factor set: RC 1



Zeevingstraat 41a
1014 BV Amsterdam

TELEPHONE (0)20 65 10 800
TELEFAX

D-Sheet Piling 18.2 : Valeriusstraat 59 te Amsterdam , belending s'ht

date
10/4/2018

drw.
RKB

9018-0787-000

Valeriusstraat 59 te Amsterdam
doorsnede 2 - Belendingen

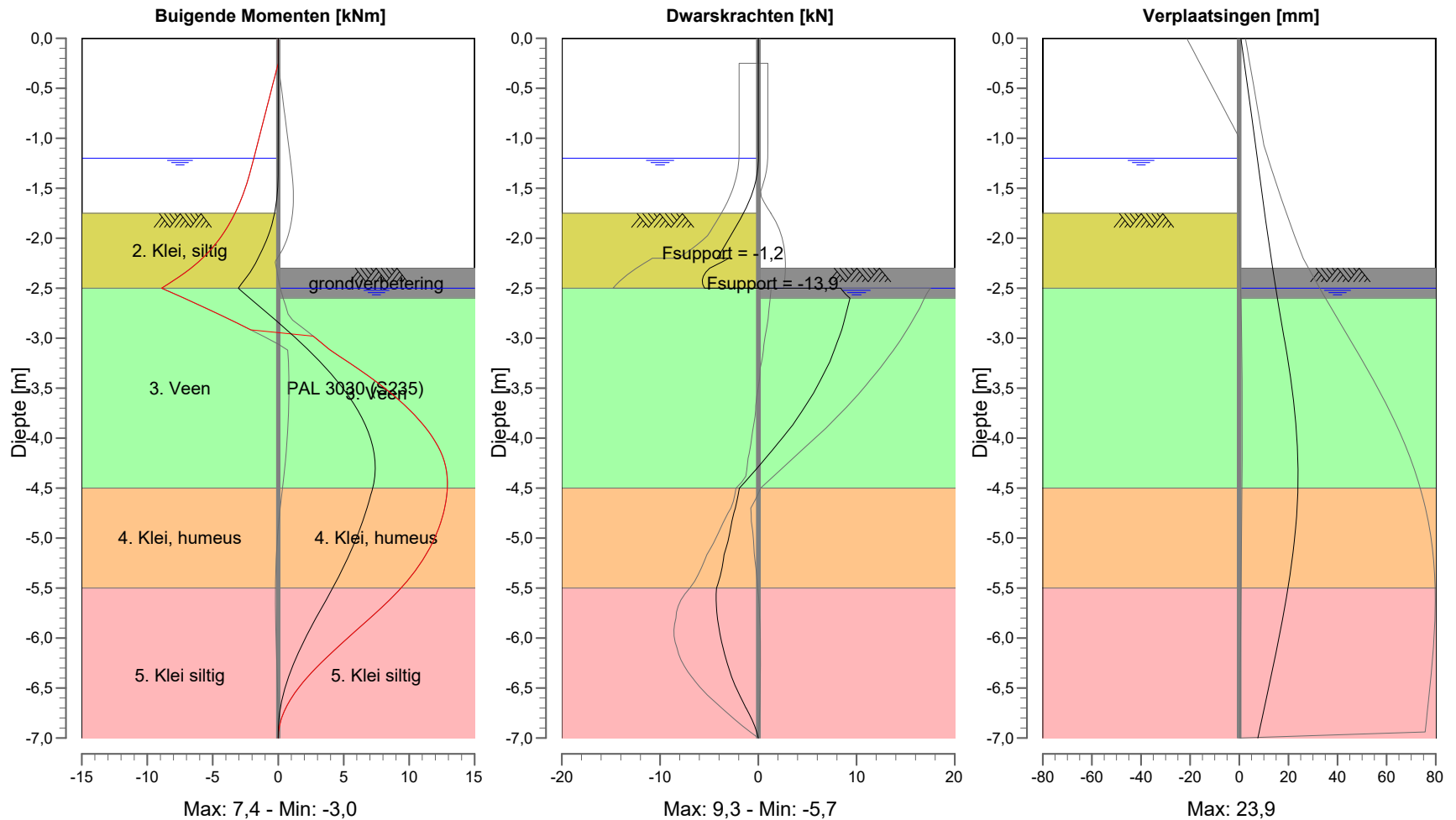
A4

form.

cit.

Momenten/Krachten/Verplaatsingen - Fase 3: verwijderen bovenste stempelraam

Stap 6.5 - Partiële factor set: RC 1



Zeevingstraat 41a
1014 BV Amsterdam

TELEPHONE (0)20 65 10 800
TELEFAX

D-Sheet Piling 18.2 : Valeriusstraat 59 te Amsterdam, belending s'fl

date
10/4/2018

drw.
RKB

9018-0787-000

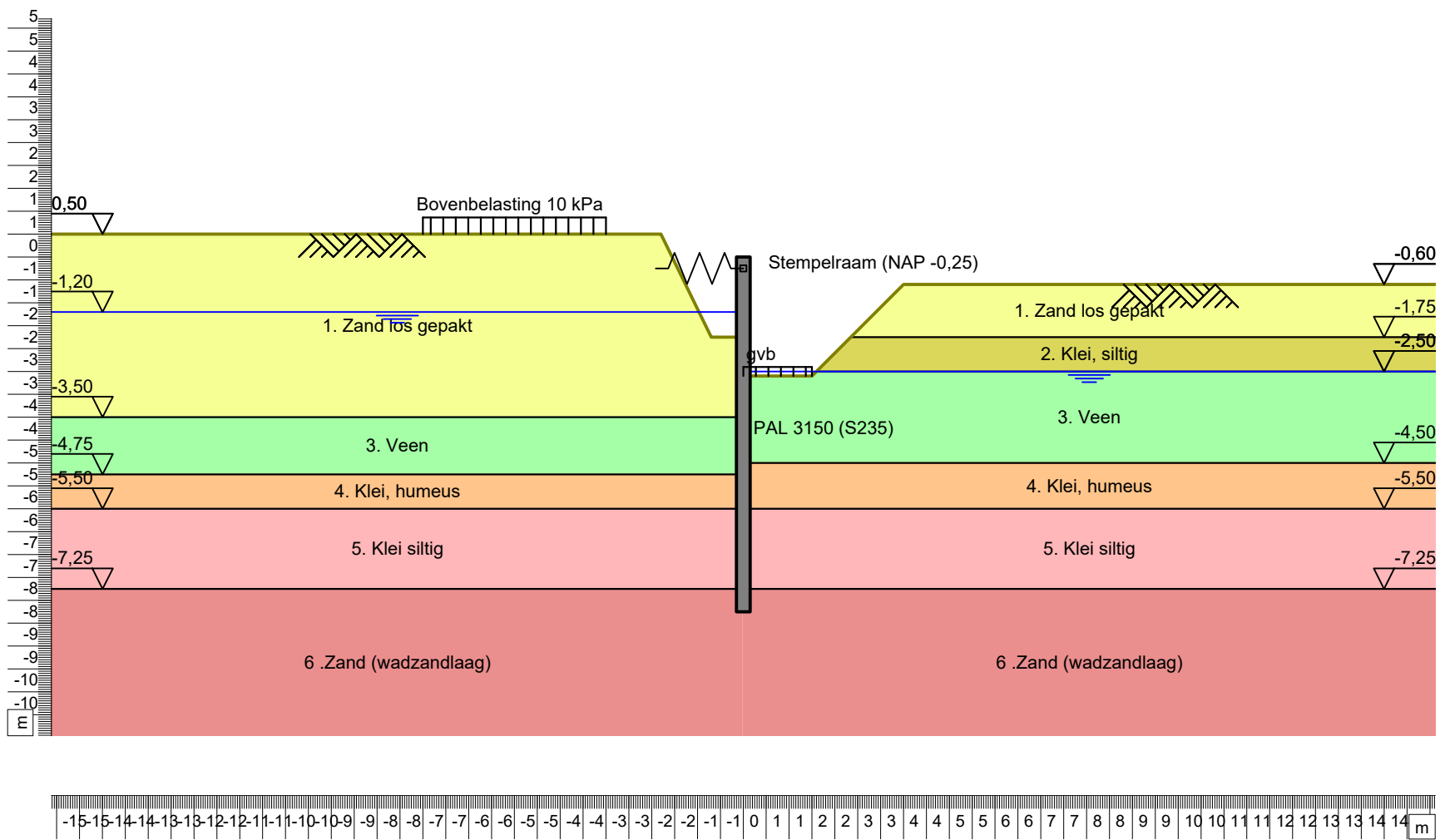
Valeriusstraat 59 te Amsterdam
doorsnede 2 - Belendingen

A4

form.

cit.

Overzicht - Fase 1: partieel ontgraven stempel



Zeevingstraat 41a
1014 BV Amsterdam

Teil (0)20 65 10 800
Fax

D-Sheet Piling 18.2 : Valeriusstraat 59 te Amsterdam _straatzijde.shl

datum
10/4/2018

get.
RKB

Valeriusstraat 59 te Amsterdam

doorsnede 1 - Straatzijde

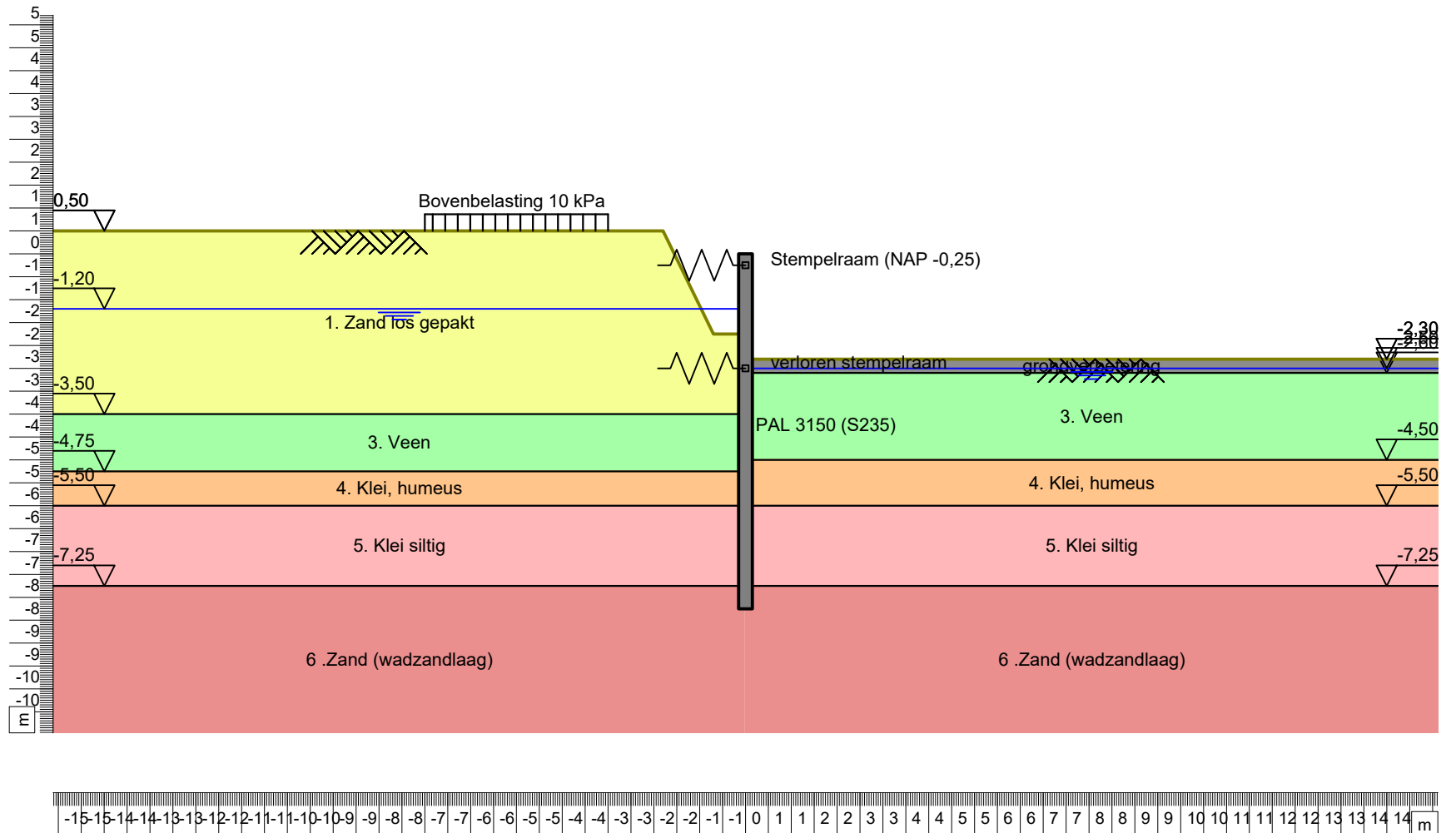
9018-0787-000

cit.

Bijl.

A4

Overzicht - Fase 2: aanbrengen verloren stempel



Zeevingstraat 41a
1014 BV Amsterdam

Tele (0)20 65 10 800
Fax

D-Sheet Piling 18.2 : Valeriusstraat 59 te Amsterdam _straatzijde.shl

datum
10/4/2018

get.
RKB

Valeriusstraat 59 te Amsterdam

9018-0787-000

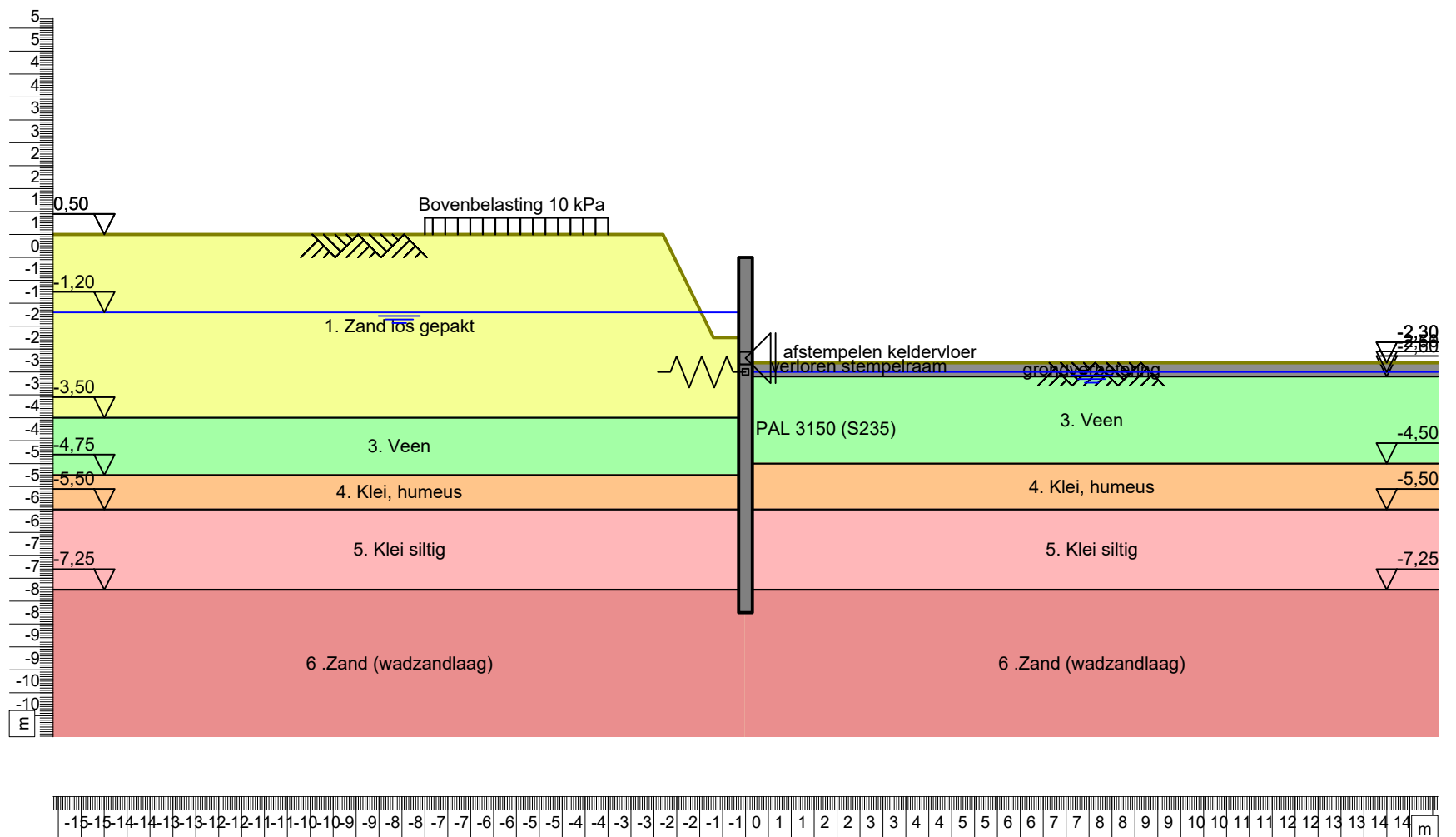
cit.

doorsnede 1 - Straatzijde

Bijl.

form.
A4

Overzicht - Fase 3: verwijderen bovenste stempelraam



Zeevingstraat 41a
1014 BV Amsterdam

Tele (0)20 65 10 800
Fax

D-Sheet Piling 18.2 : Valeriusstraat 59 te Amsterdam _straatzijde s'n

datum
10/4/2018

get.
RKB

Valeriusstraat 59 te Amsterdam

doorsnede 1 - Straatzijde

9018-0787-000

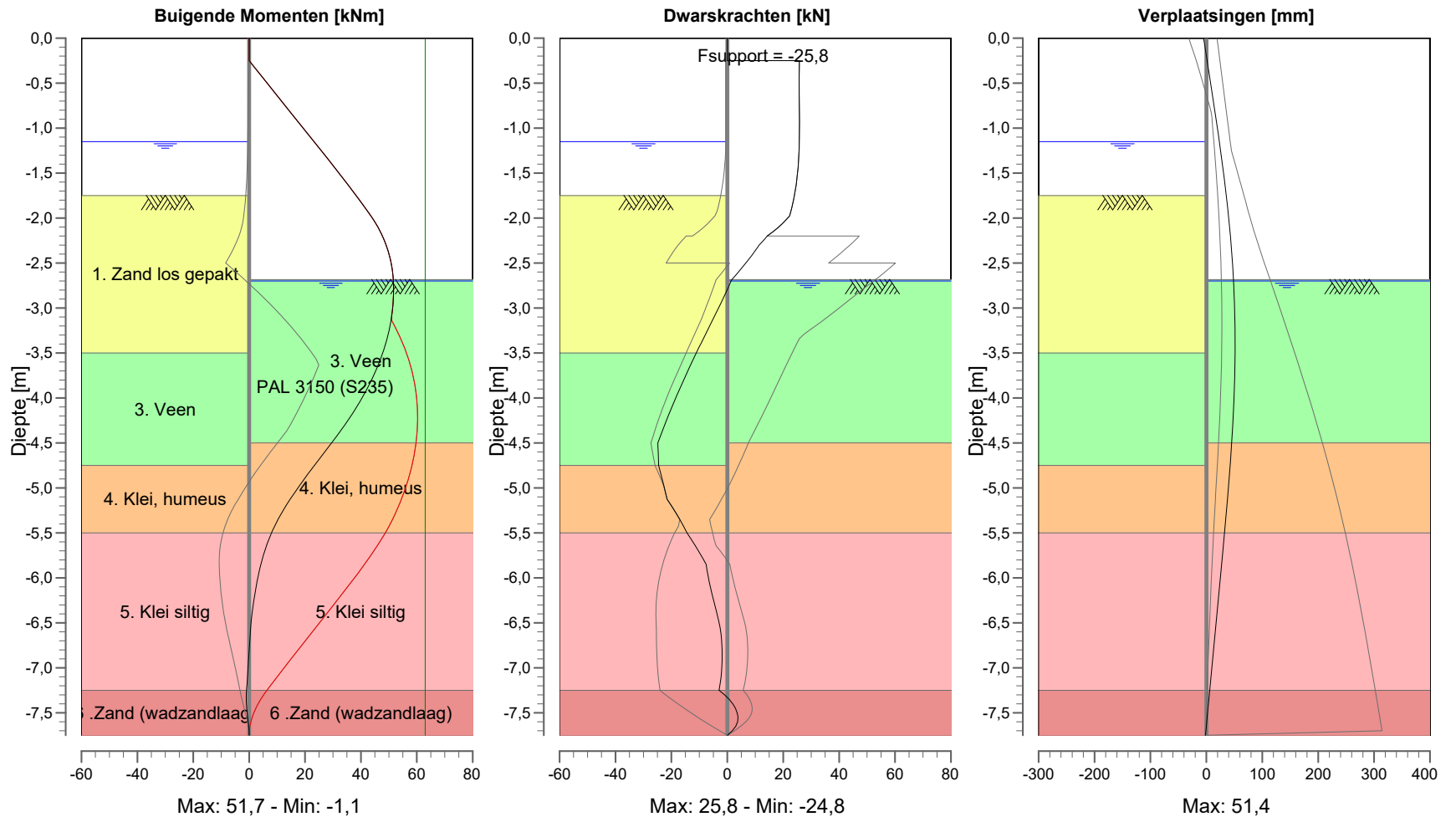
cit.

Bijl.

form.
A4

Momenten/Krachten/Verplaatsingen - Fase 1: partieel ontgraven stempel

Stap 6.3 - Partiële factor set: RC 1



Zeevingstraat 41a
1014 BV Amsterdam

TELEPHONE (0)20 65 10 800
TELEFAX

D-Sheet Piling 18.2 : Valeriusstraat 59 te Amsterdam _straatzijde.shl

date
10/4/2018

drw.
RKB

9018-0787-000

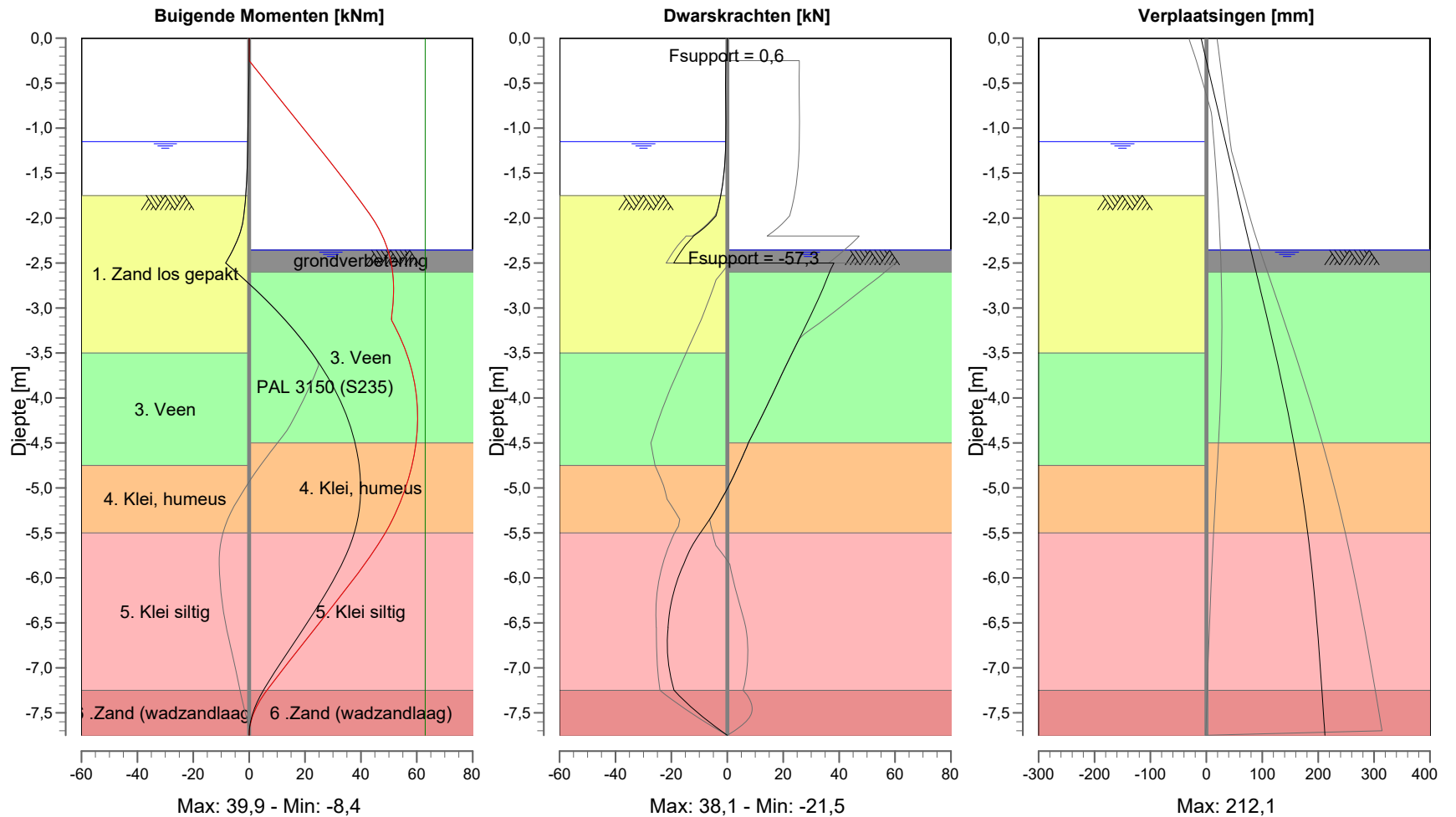
ctf.

Valeriusstraat 59 te Amsterdam
doorsnede 1 - Straatzijde

A4

Momenten/Krachten/Verplaatsingen - Fase 2: aanbrengen veroren stempel

Stap 6.2 - Partiële factor set: RC 1



Zekeringstraat 41a
1014 BV Amsterdam

TELEPHONE (0)20 65 10 800
TELEFAX

D-Sheet Piling 18.2 : Valeriusstraat 59 te Amsterdam _straatzijde s'n

date
10/4/2018

drw.
RKB

9018-0787-000

Valeriusstraat 59 te Amsterdam
doorsnede 1 - Straatzijde

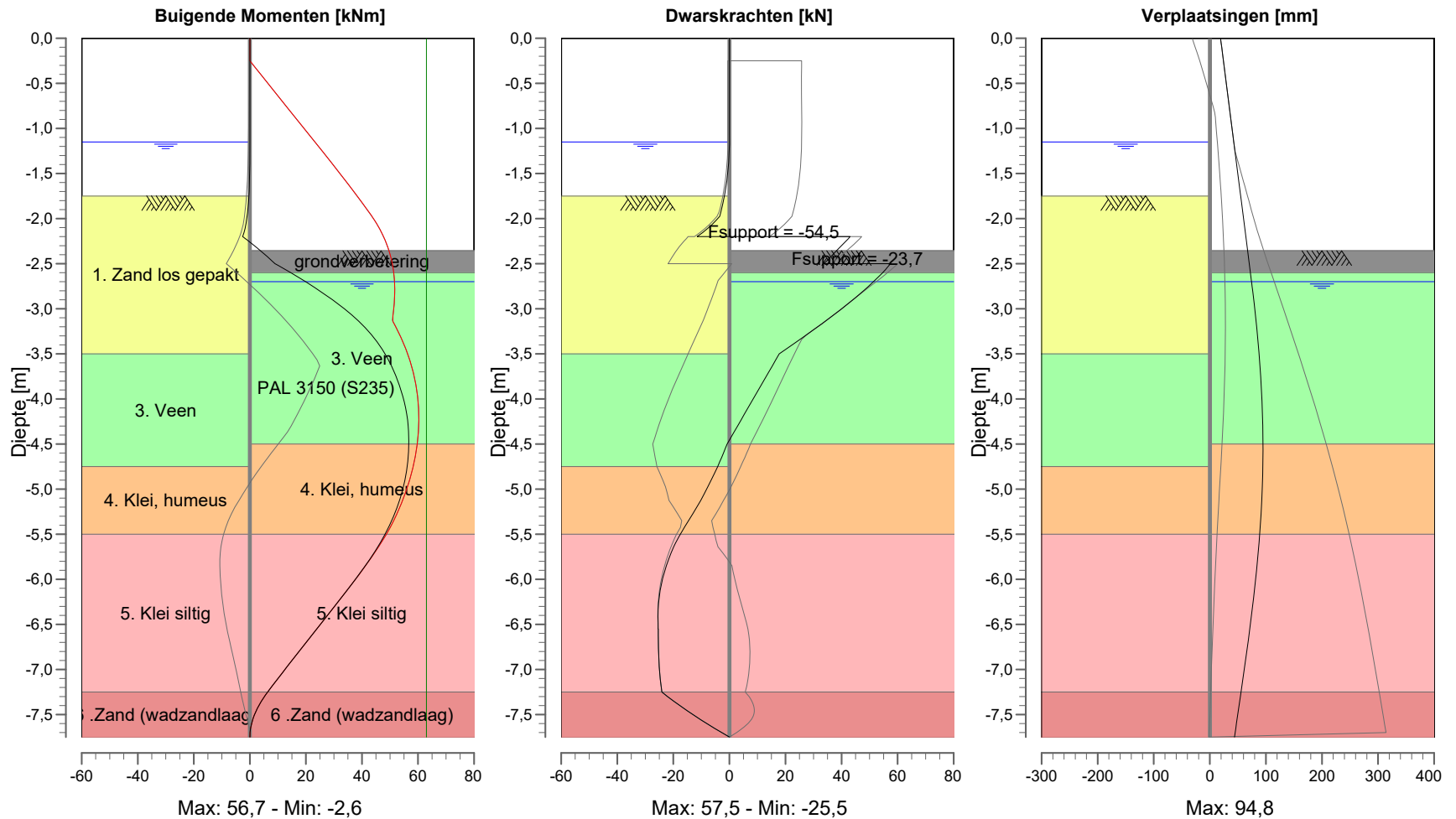
A4

form.

ctf.

Momenten/Krachten/Verplaatsingen - Fase 3: verwijderen bovenste stempelraam

Stap 6.3 - Partiële factor set: RC 1



Zeevingstraat 41a
1014 BV Amsterdam
TELEPHONE (0)20 65 10 800
TELEFAX

D-Sheet Piling 18.2 : Valeriusstraat 59 te Amsterdam _straatzijde.shl

date
10/4/2018

drw.
RKB

9018-0787-000

Valeriusstraat 59 te Amsterdam
doorsnede 1 - Straatzijde

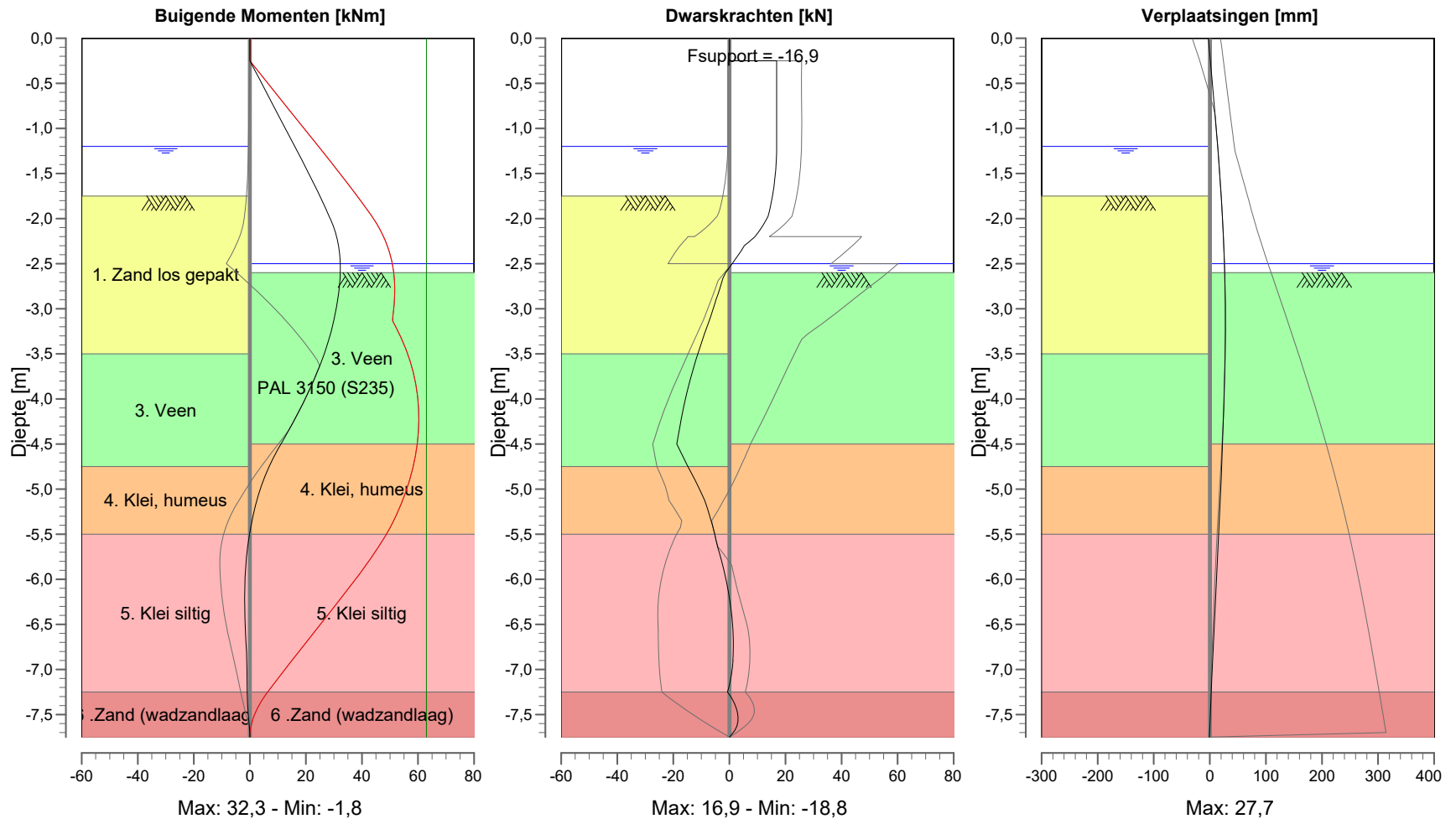
A4

form.

ctf.

Momenten/Krachten/Verplaatsingen - Fase 1: partieel ontgraven stempel

Stap 6.5 - Partiële factor set: RC 1



Zeevingstraat 41a
1014 BV Amsterdam

TELEPHONE (0)20 65 10 800
TELEFAX

D-Sheet Piling 18.2 : Valeriusstraat 59 te Amsterdam _straatzijde.sh

date
10/4/2018

drw.
RKB

9018-0787-000

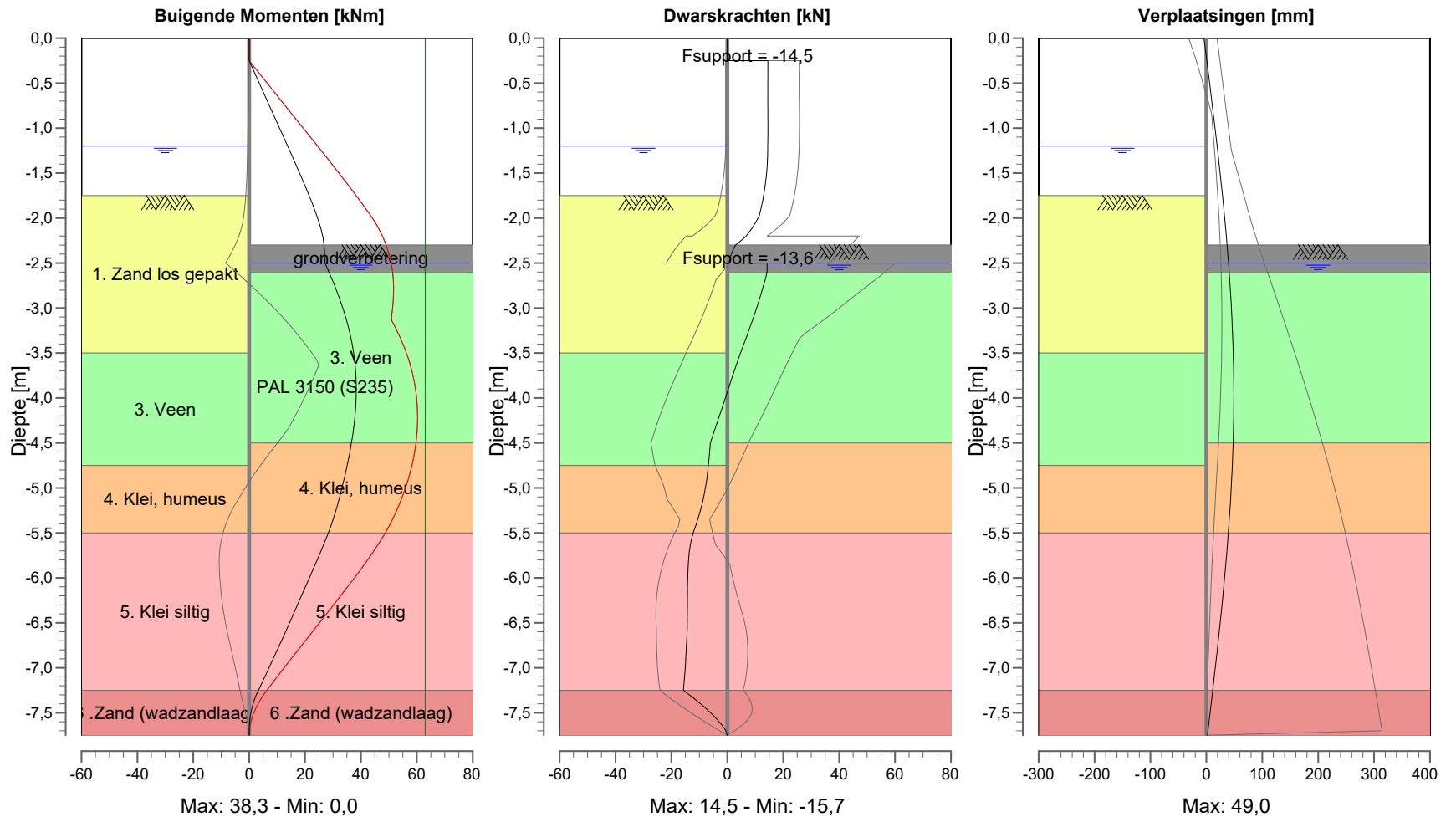
ctf.

Valeriusstraat 59 te Amsterdam
doorsnede 1 - Straatzijde

A4
form.

Momenten/Krachten/Verplaatsingen - Fase 2: aanbrengen veroren stempel

Stap 6.5 - Partiële factor set: RC 1



Zeevingstraat 41a
1014 BV Amsterdam

TELEPHONE (0)20 65 10 800
TELEFAX

D-Sheet Piling 18.2 : Valeriusstraat 59 te Amsterdam _straatzijde s'n

date
10/4/2018

drw.
RKB

9018-0787-000

Valeriusstraat 59 te Amsterdam
doorsnede 1 - Straatzijde

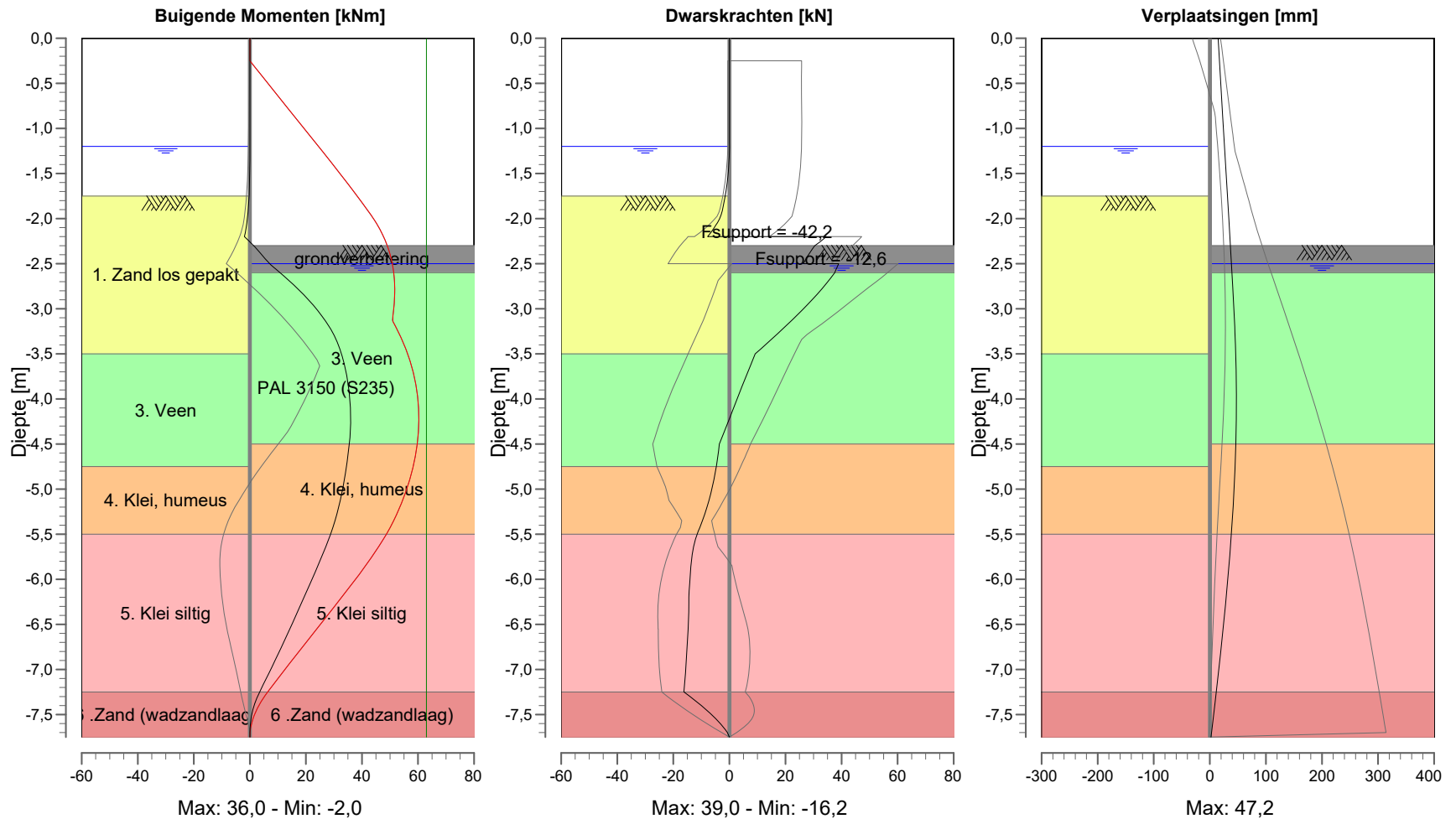
A4

form.

ctf.

Momenten/Krachten/Verplaatsingen - Fase 3: verwijderen bovenste stempelraam

Stap 6.5 - Partiële factor set: RC 1



Zeevingstraat 41a
1014 BV Amsterdam
TELEPHONE (0)20 65 10 800
TELEFAX

D-Sheet Piling 18.2 : Valeriusstraat 59 te Amsterdam _straatzijde.shl

date
10/4/2018

drw.
RKB

9018-0787-000

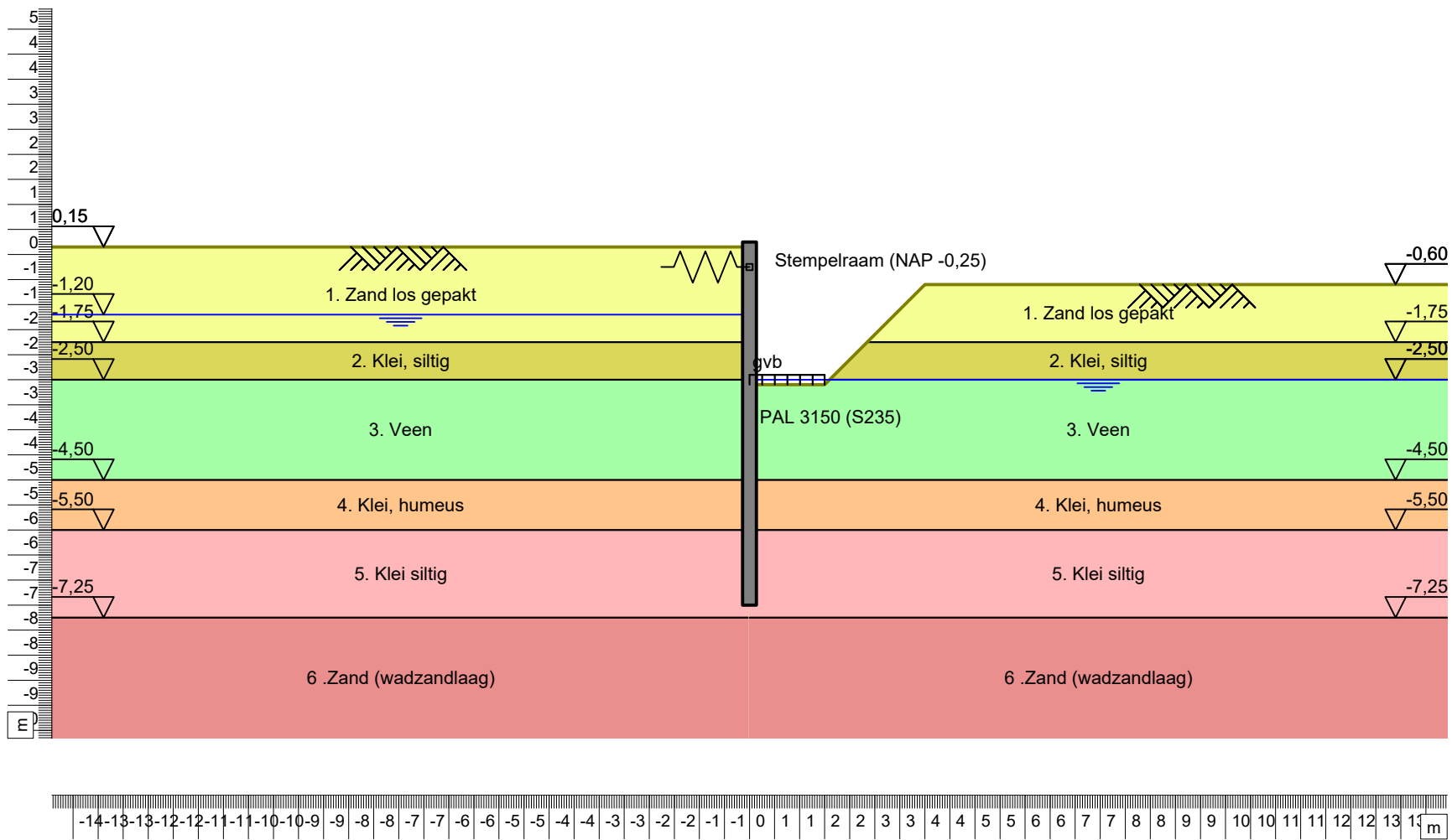
Valeriusstraat 59 te Amsterdam
doorsnede 1 - Straatzijde

A4

form.

ctf.

Overzicht - Fase 1: partieel ontgraven stempel



Zeevingstraat 41a
1014 BV Amsterdam

Teil (0)20 65 10 800
Fax

D-Sheet Piling 18.2 : Valeriusstraat 59 te Amsterdam, tuinzijde stn

datum
10/4/2018

get.
RKB

Valeriusstraat 59 te Amsterdam

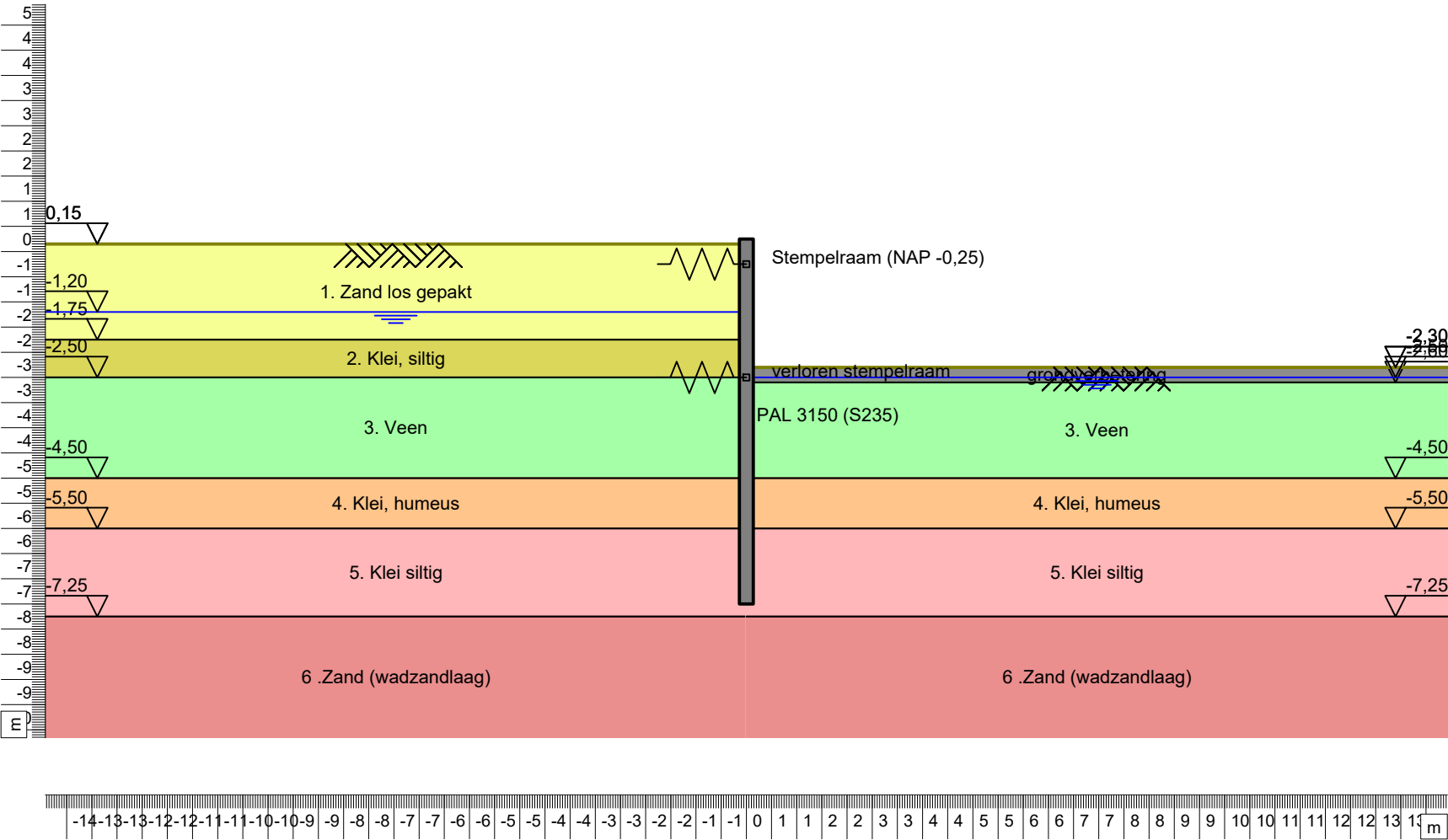
Doorsnede 3 - tuinzijde

9018-0787-000

Bijl.

form.
A4

Overzicht - Fase 2: aanbrengen verloren stempel



Zeevingstraat 41a
1014 BV Amsterdam

Tele (0)20 65 10 800
Fax

D-Sheet Piling 18.2 : Valeriusstraat 59 te Amsterdam, tuinzijde stn

datum
10/4/2018

get.
RKB

Valeriusstraat 59 te Amsterdam

Doorsnede 3 - tuinzijde

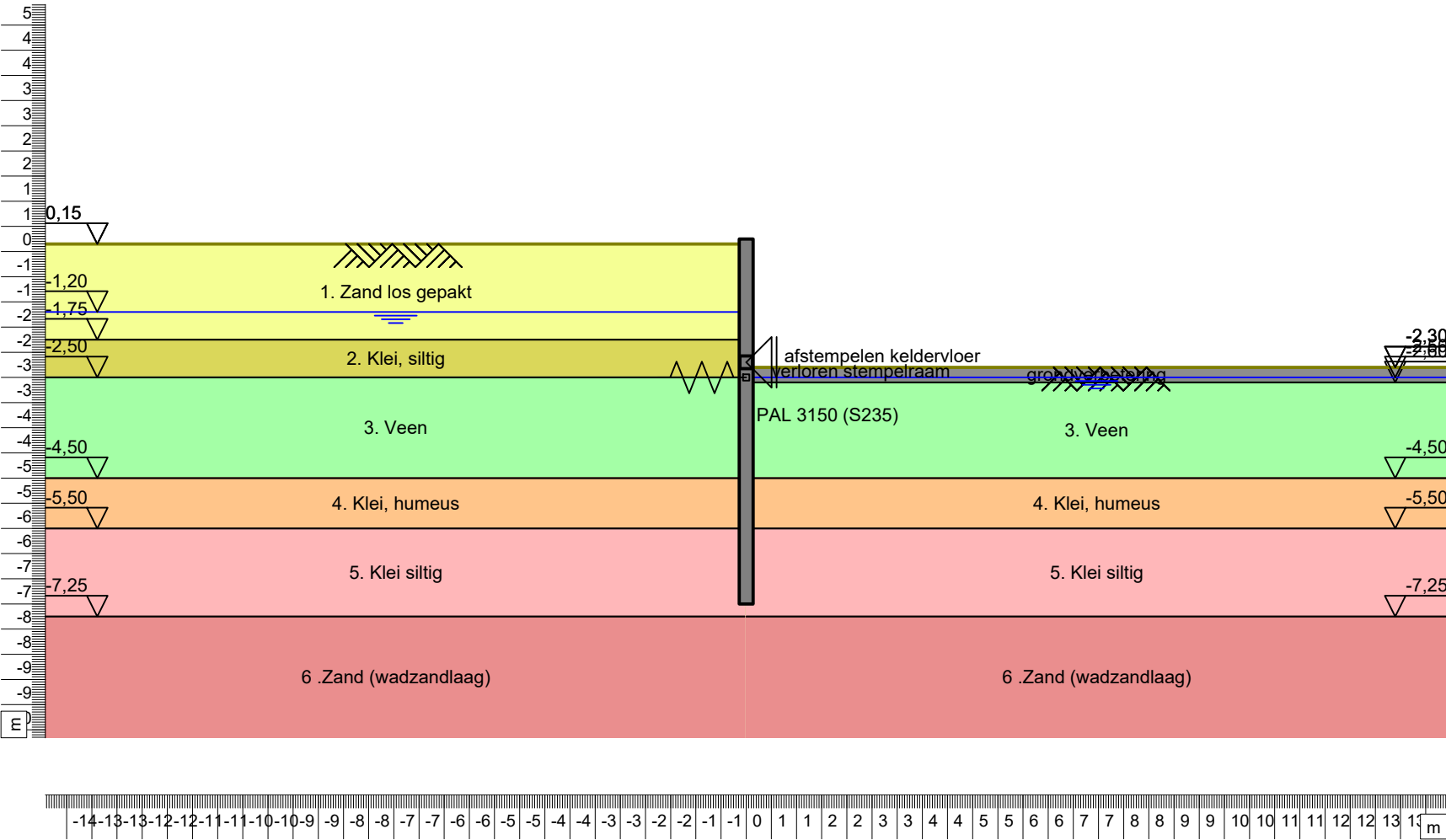
9018-0787-000

ctf.

Bijl.

form.
A4

Overzicht - Fase 3: verwijderen bovenste stempelraam



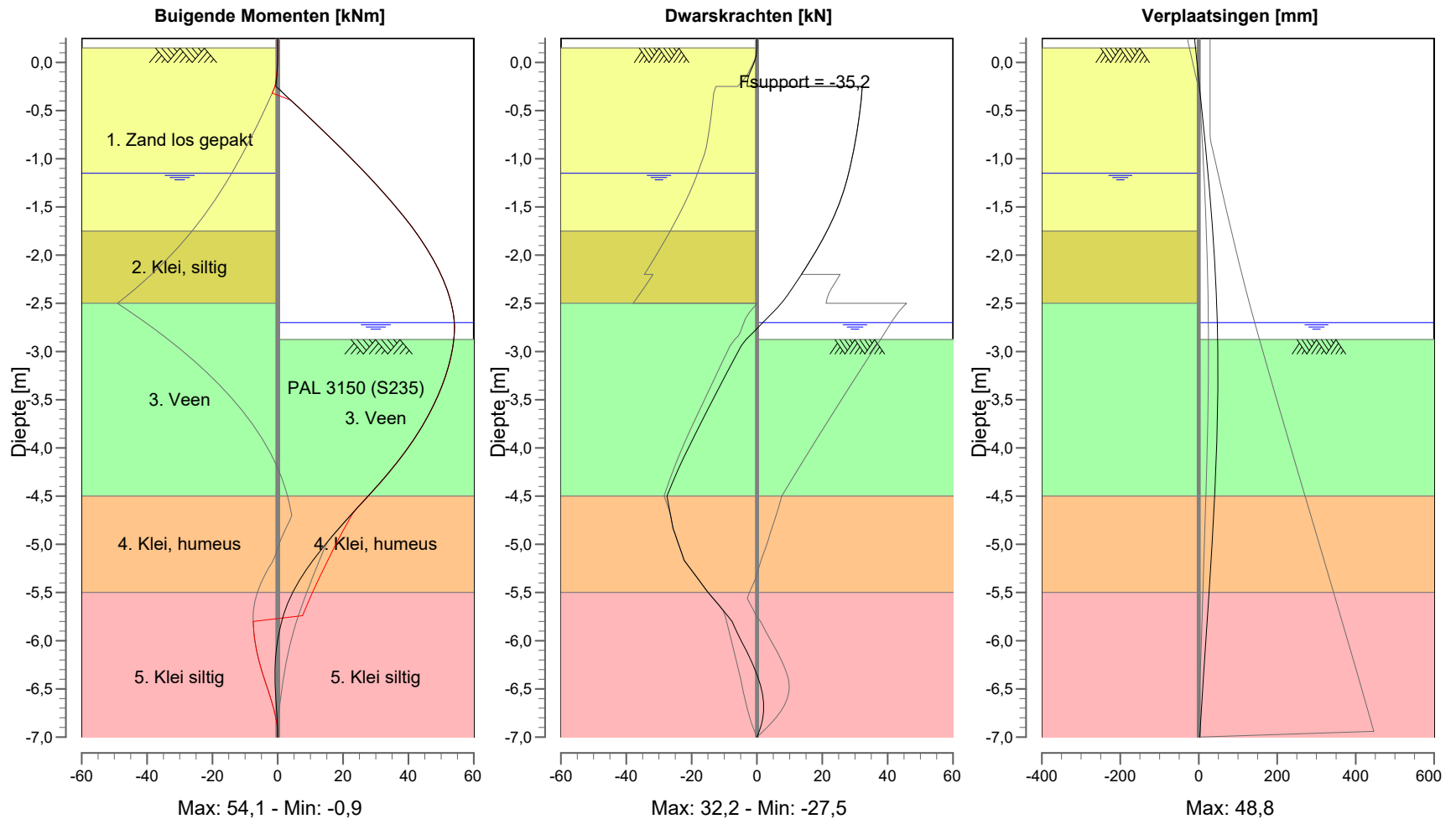
Tuero
Zeevingstraat 41a
1014 BV Amsterdam
Tel: (0)20 65 10 800
Fax:
D-Sheet Piling 18.2: Valeriusstraat 59 te Amsterdam, tuinzijde stn

Valeriusstraat 59 te Amsterdam
Doorsnede 3 - tuinzijde

Bijl.		9018-0787-000	cf.	A4
10/4/2018		get.	RKB	

Momenten/Krachten/Verplaatsingen - Fase 1: partieel ontgraven stempel

Stap 6.3 - Partiële factor set: RC 1



Zekeringsstraat 41a
1014 BV Amsterdam

TELEPHONE (0)20 65 10 800
TELEFAX

D-Sheet Piling 18.2 : Valeriusstraat 59 te Amsterdam - tuinzijde stl

date
10/4/2018

drv.
RKB

9018-0787-000

Valeriusstraat 59 te Amsterdam
Doorsnede 3 - tuinzijde

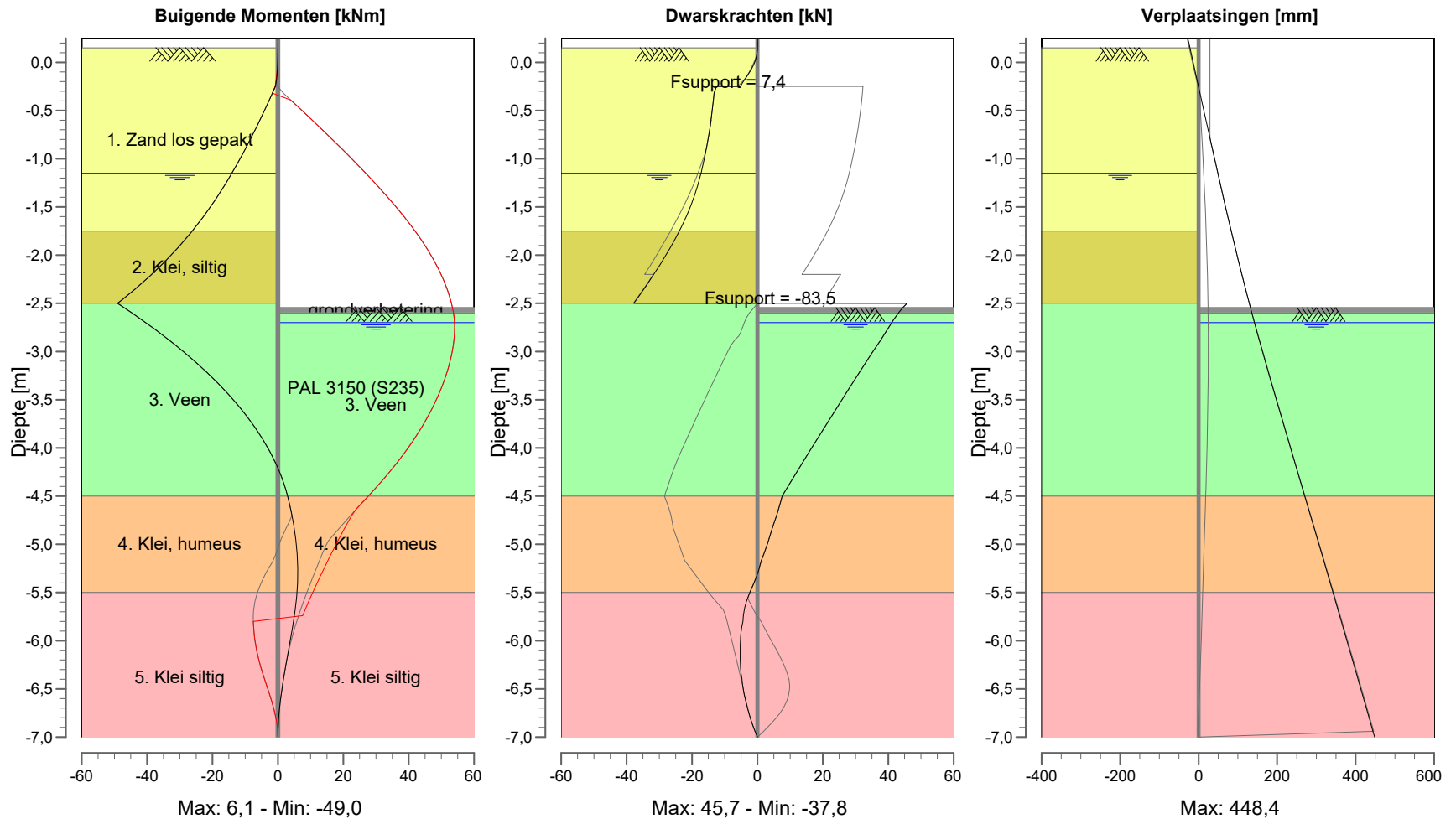
A4

form.

ctf.

Momenten/Krachten/Verplaatsingen - Fase 2: aanbrengen veroren stempel

Stap 6.3 - Partiële factor set: RC 1



Zeevingstraat 41a
1014 BV Amsterdam

TELEPHONE (0)20 65 10 800
TELEFAX

D-Sheet Piling 18.2 : Valeriusstraat 59 te Amsterdam - tuinzijde s'n

date
10/4/2018

drv.
RKB

9018-0787-000

Valeriusstraat 59 te Amsterdam
Doorsnede 3 - tuinzijde

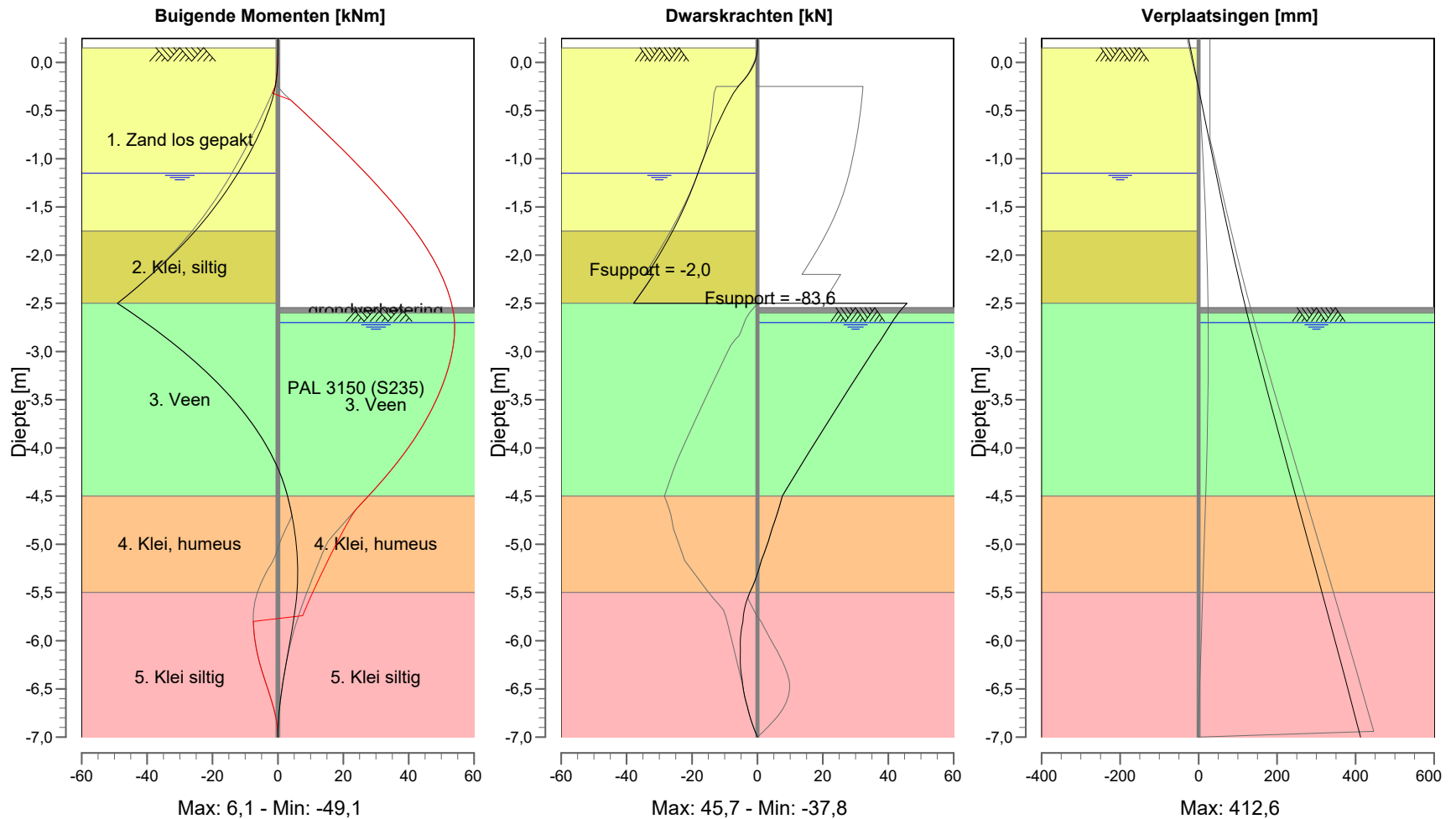
A4

form.

ctf.

Momenten/Krachten/Verplaatsingen - Fase 3: verwijderen bovenste stempelraam

Stap 6.4 - Partiële factor set: RC 1



Zeevingstraat 41a
1014 BV Amsterdam

TELEPHONE (0)20 65 10 800
TELEFAX

D-Sheet Piling 18.2 : Valeriusstraat 59 te Amsterdam - tuinzijde s'n

date
10/4/2018

drv.
RKB

9018-0787-000

Valeriusstraat 59 te Amsterdam
Doorsnede 3 - tuinzijde

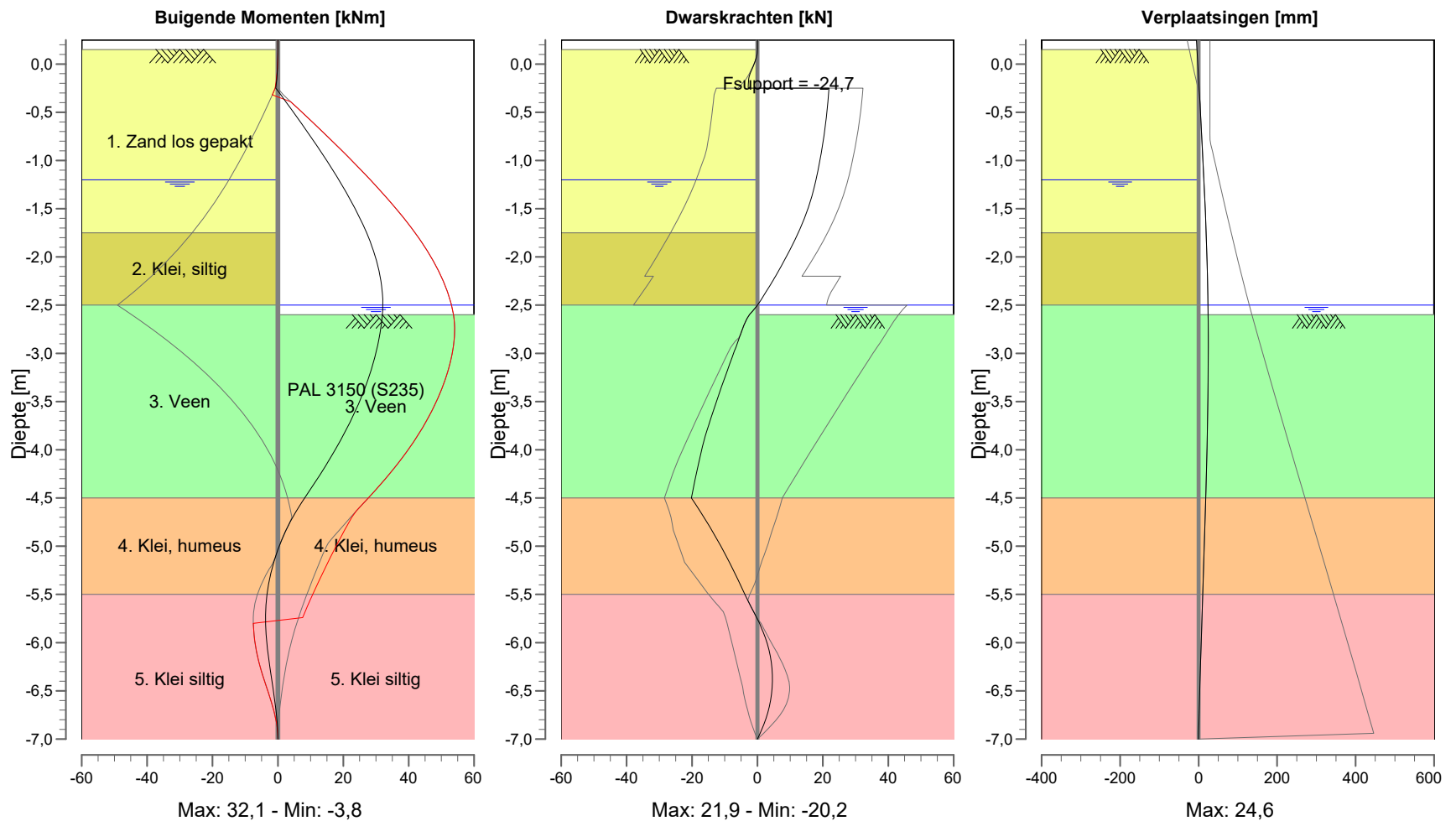
A4

form.

ctf.

Momenten/Krachten/Verplaatsingen - Fase 1: partieel ontgraven stempel

Stap 6.5 - Partiële factor set: RC 1



Zekeringsstraat 41a
1014 BV Amsterdam

TELEPHONE (0)20 65 10 800
TELEFAX

D-Sheet Piling 18.2 : Valeriusstraat 59 te Amsterdam - tuinzijde stl

date
10/4/2018

drv.
RKB

9018-0787-000

ctf.

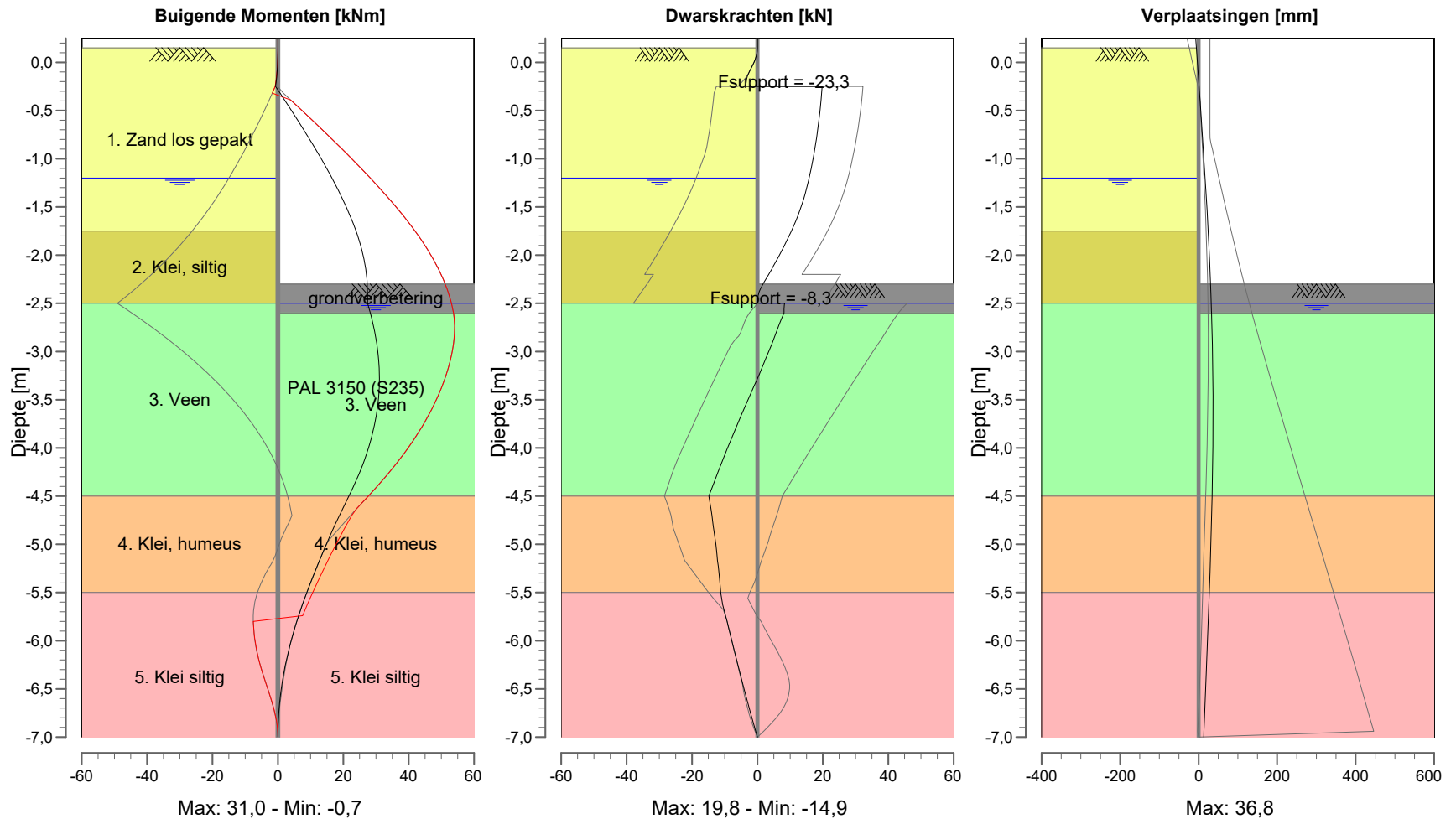
Valeriusstraat 59 te Amsterdam
Doorsnede 3 - tuinzijde

A4

form.

Momenten/Krachten/Verplaatsingen - Fase 2: aanbrengen veroren stempel

Stap 6.5 - Partiële factor set: RC 1



Zekeringsstraat 41a
1014 BV Amsterdam

TELEPHONE (0)20 65 10 800
TELEFAX

D-Sheet Piling 18.2 : Valeriusstraat 59 te Amsterdam - tuinzijde s'n

date
10/4/2018

drv.
RKB

9018-0787-000

Valeriusstraat 59 te Amsterdam
Doorsnede 3 - tuinzijde

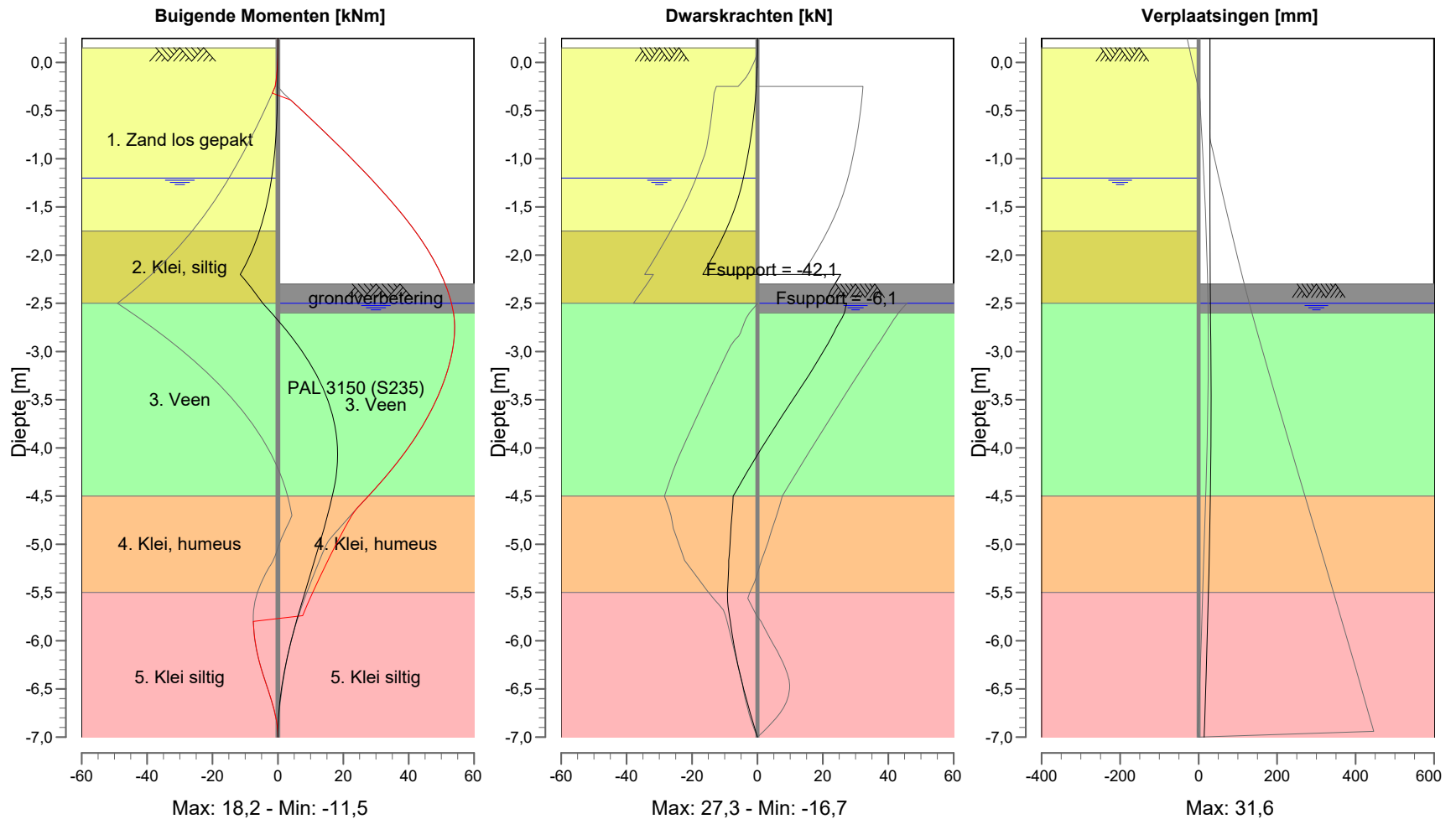
A4

form.

ctf.

Momenten/Krachten/Verplaatsingen - Fase 3: verwijderen bovenste stempelraam

Stap 6.5 - Partiële factor set: RC 1



Zeevingstraat 41a
1014 BV Amsterdam

TELEPHONE (0)20 65 10 800
TELEFAX

D-Sheet Piling 18.2 : Valeriusstraat 59 te Amsterdam - tuinzijde s'n

date
10/4/2018

drv.
RKB

9018-0787-000

Valeriusstraat 59 te Amsterdam
Doorsnede 3 - tuinzijde

A4

form.

ctf.

D. APPENDIX BARRIÈREWERKING

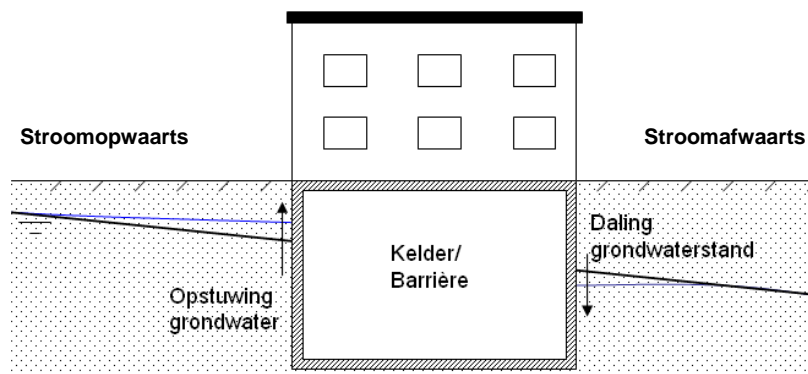
THEORETISCHE ONDERBOUWING BARRIÈREWERKING

Deze bijlage geeft een uitleg van het begrip barrièrewerking en van de omstandigheden die nodig zijn om barrièrewerking te laten optreden.

Definitie barrièrewerking

Barrièrewerking is het fenomeen waarbij de grondwaterstand (of stijghoogte) wordt beïnvloed door een ondergrondse waterdichte of slecht doorlatende constructie. Bij een ondergrondse constructie kan gedacht worden aan een kelder of een damwand.

Grondwater stroomt. Dit kan zijn op locale schaal, waarbij regenwater in de grond zakt en afstroomt richting de omliggende watergangen, of op grotere schaal, waarbij regenwater na infiltratie in diepere grondlagen tientallen kilometers stroomt richting de zee. Door het plaatsen van een waterdichte ondergrondse constructie kan die stroming in een bepaalde zone worden gehinderd. Het hinderen van de grondwaterstroming leidt tot hogere grondwaterstanden aan de bovenstroomse zijde (linkerzijde figuur 1) en lagere grondwaterstanden aan de benedenstroomse zijde (rechterzijde figuur 1).



Figuur 1: Principe barrièrewerking

De mate waarin barrièrewerking optreedt, is afhankelijk van een viertal factoren:

1. De omvang van de barrière die gerealiseerd wordt in relatie tot de stromingsrichting van het grondwater;
2. De diepte van de barrière die gerealiseerd wordt in relatie tot de bodemgesteldheid en de mate waarin de ondergrondse bouwdelen watervoerende lagen doorsnijden;
3. De bodemgesteldheid (de verticale doorlatendheid) van de lagen onder de barrière;
4. De mate van de horizontale grondwaterstroming.

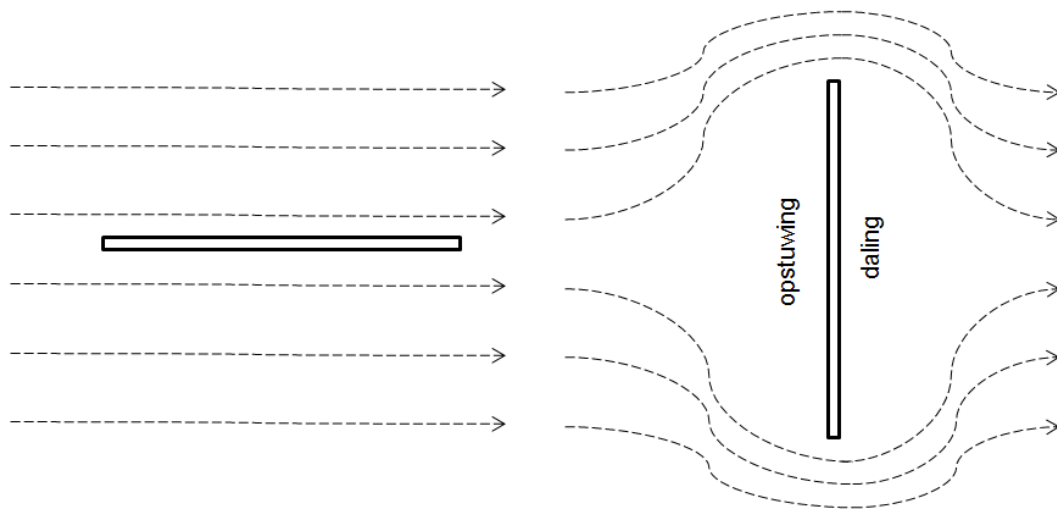
Pas wanneer alle vier de factoren ongunstig zijn, zal significante opstuwing en daling van de grondwaterstand optreden in de omgeving van de ondergrondse constructie. De vier factoren worden kort toegelicht.

1. Omvang en oriëntatie barrière

De grootte van de constructie (grondoppervlak) bepaalt de mate waarin het grondwater wordt gehinderd.

Kleine kelders (bijvoorbeeld onder een normale rijtjeswoning van ca. 5 x 10 m) hebben op zichzelf geen significante invloed op de grondwaterstroming. Het water kan namelijk makkelijk om de barrière heen stromen. Grote kelders, of dicht naast elkaar gelegen kleine kelders, kunnen wel barrièrewerking tot gevolg hebben.

Naast de omvang van de kelder is ook de oriëntatie van de kelder in relatie tot de stromingsrichting van het grondwater van belang (zie figuur 2). Lange en smalle kelders of tunnels die parallel aan de grondwaterstromingsrichting liggen hebben slechts een beperkte invloed. De rede is dat het grondwater niet om de constructie heen hoeft te stromen, maar langs de constructie zijn weg kan vervolgen en zodoende minimaal gehinderd wordt. Bij constructies die grotere afmetingen hebben dwars op de stromingsrichting, moet het grondwater een veel langere weg afleggen na het plaatsen van de barrière, waardoor opstuwing en daling van de grondwaterstand kan optreden.

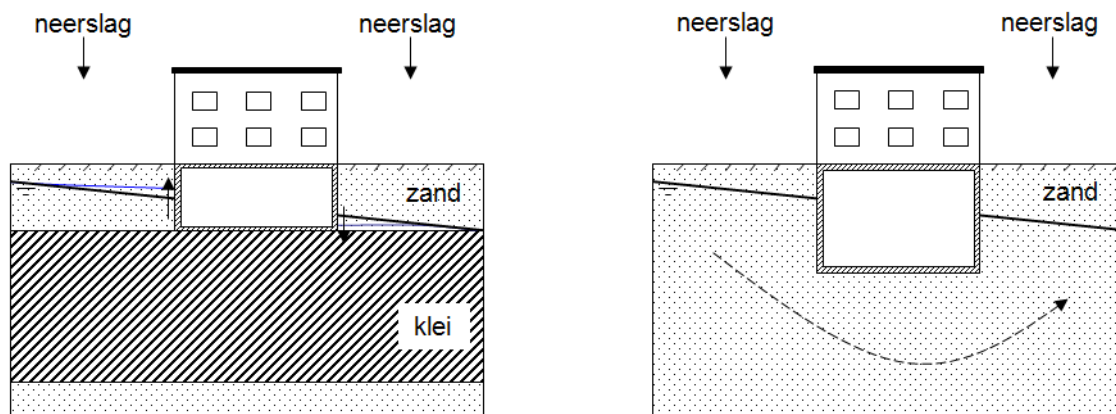


Figuur 2: Bovenaanzicht barrière; De oriëntatie van de barrière ten opzichte van de grondwaterstromingsrichting bepaalt de hinder, en daarmee de opstuwing, van het grondwater.

2. Diepte barrière

De hinder van de barrière is gerelateerd aan de diepte van de kelder in combinatie met de lokale bodemopbouw. Uit door Fugro gemaakte berekeningen volgt, dat een ondergrondse constructie de grondwaterstroming pas echt hindert, wanneer een groot deel (ongeveer 70%) van een watervoerende zandlaag wordt afgesloten.

Figuur 3 geeft hiervoor 2 voorbeelden. Aan de linkerkant sluit een 1-laags kelder een zandlaag volledig af, waardoor het grondwater niet meer onder de kelder door kan stromen. De rechterzijde toont een diepere 3-laags kelder, welke slechts een deel van de zandlaag afsluit. In de laatste situatie kan het grondwater via een relatief korte omweg onder de kelder doorstromen en ontstaat geen overlast.

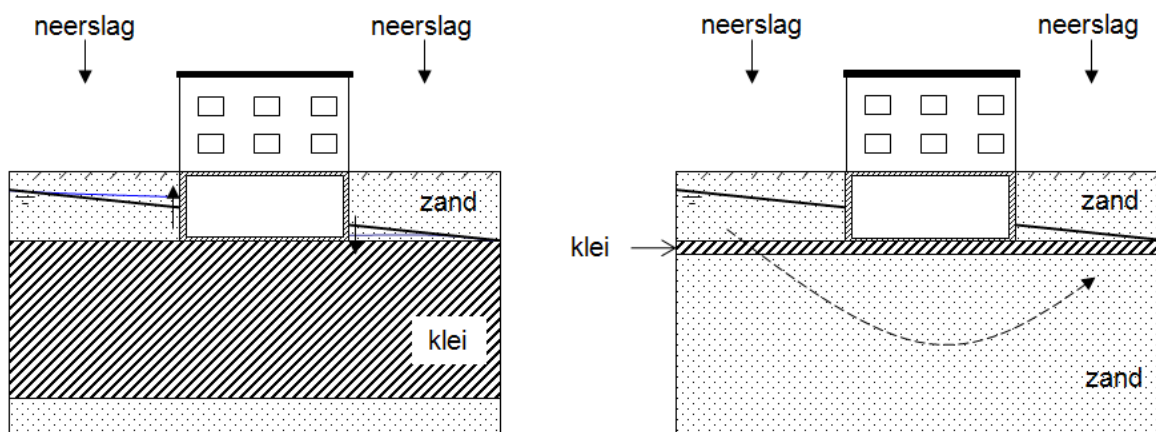


Figuur 3: Merkbare opstuwning kan pas optreden wanneer een kelder ongeveer 70% van een watervoerende zandlaag afsluit.

3. Dikte van ondiepe klei-/veenlagen

Wanneer een kelder een groot deel van een watervoerende zandlaag afsluit, is de mate van barrièrewerking gerelateerd aan de dikte (weerstand) van de onderliggende waterremmende bodemlagen.

Klei- en veenlagen belemmeren verticale stroming, waardoor grondwater moeilijker onder de constructie door kan stromen. Dikkere klei-/veenlagen (met een hogere weerstand) zorgen voor een grotere belemmering van de verticale stroming en daarmee voor meer risico op barrièrewerking (zie figuur 4).

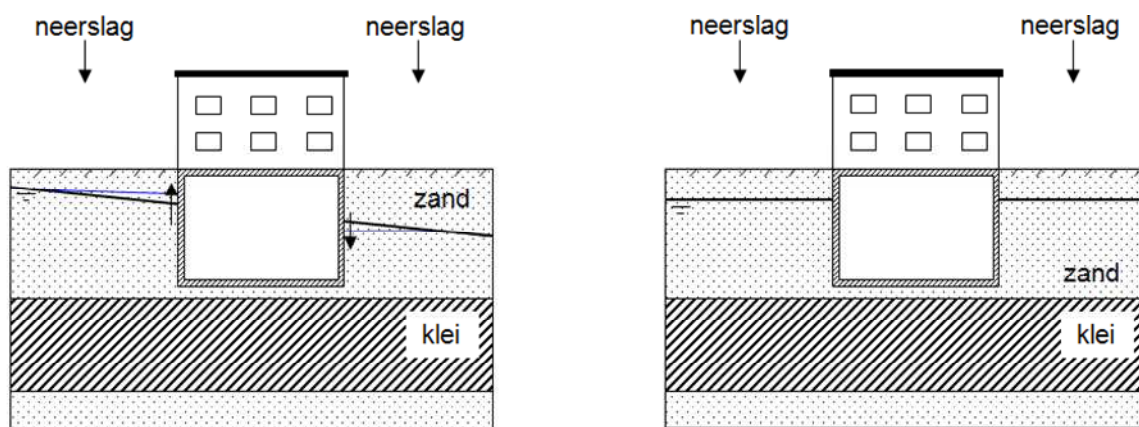


Figuur 4: De mate van barrière werking is afhankelijk van de dikte van onderliggende klei-/veenlagen

4. Grondwaterstroming

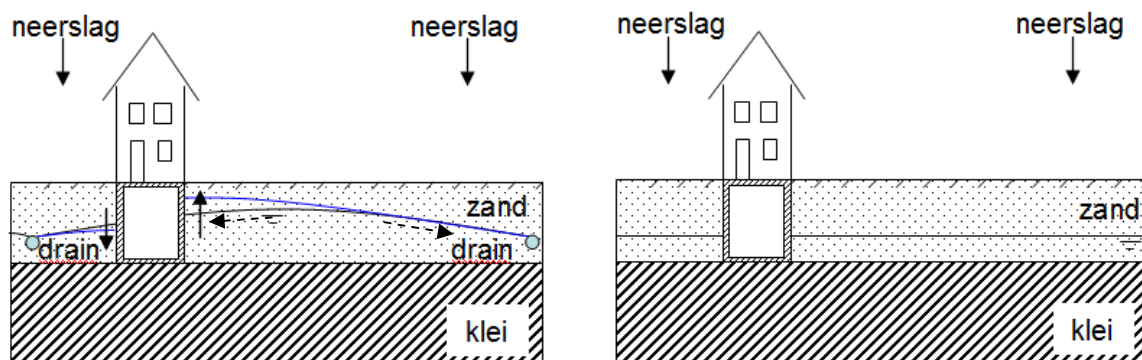
Barrièrewerking is het hinderen van de natuurlijke grondwaterstroming. Een sterkere horizontale grondwaterstroming zorgt zodoende voor meer opstuwing en daling van de grondwaterstand.

Horizontale grondwaterstroming ontstaat door verschillen in de grondwaterstand in de omgeving van de projectlocatie. Water stroomt van een hoge grondwaterstand (of stijghoogte) naar een lagere grondwaterstand (of stijghoogte). Wanneer de grondwaterstandsverschillen in de omgeving minimaal zijn, ontstaat geen opstuwing en daling van de grondwaterstand.



Figuur 5: Opstuwing is afhankelijk van de horizontale grondwaterstroming/ grondwaterstandsverschillen.

In veel bebouwde gebieden bestaat de grondwaterstroming hoofdzakelijk uit neerslag die afstroomt richting nabij gelegen ontwateringsmiddelen (zoals drainage of watergangen). Tussen de ontwateringsmiddelen ligt de grondwaterstand hoger, dit wordt opbolling genoemd. Wanneer de opbolling significant is kan door het plaatsen van een kelder eveneens opstuwing ontstaan (figuur 6 links). Bij beperkte opbolling is de grondwaterstroming minimaal en heeft het plaatsen van een kelder weinig effect op de grondwaterstand (figuur 6 rechts).



Figuur 6: Opstuwing is afhankelijk van de grondwaterstroming/ grondwaterstandsverschillen, welke wordt beïnvloed door drainage en sloten.