



Wiertsema & Partners

RAADGEVEND INGENIEURS



Raadgevend Ingenieursbureau
Wiertsema & Partners B.V.
Feithspark 6, 9356 BZ Tolbert
Postbus 27, 9356 ZG Tolbert
Tel.: 0594 51 68 64
Fax: 0594 51 64 79
E-mail: info@wieritsema.nl
Internet: www.wiertsema.nl

Bouwputadvies

Nieuwbouw wooncomplex met half-verdiepte parkeergarage
aan de Queridolaan te Groningen

VN-70506-2 | 29 november 2018



Wiertsema & Partners

RAADGEVEND INGENIEURS

Raadgevend Ingenieursbureau
Wiertsema & Partners B.V.
Feithspark 6, 9356 BZ Tolbert
Postbus 27, 9356 ZG Tolbert
Tel.: 0594 51 68 64
Fax: 0594 51 64 79
E-mail: info@wieritsema.nl
Internet: www.wiertsema.nl

Onderwerp: Nieuwbouw wooncomplex met half-verdiepte parkeergarage
aan de Queridolaan te Groningen

Projectnummer: VN-70506-2

Opdrachtgever: Kroeze & Partners Vastgoed B.V.
Postbus 419
8447 GG Heerenveen

Nr. opdrachtgever: 17159

Versie	Datum	Omschrijving wijziging
1	29 november 2018	n.v.t.

Opgesteld door:	
Handtekening:	
Documentnummer:	R60459
Status:	definitief
Vrijgegeven door:	



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

	Inhoudsopgave	blad
1	Inleiding.....	5
1.1	Aanleiding en doel	5
1.2	Referenties	5
1.3	Normen en Richtlijnen	5
1.4	Kwaliteitswaarborging	5
1.5	Projectomschrijving	6
1.6	Leeswijzer.....	6
2	Bodemopbouw.....	7
2.1	Grond- en laboratoriumonderzoek	7
2.2	Globale bodembeschrijving	7
2.3	Grondwaterstand.....	7
2.4	Grondparameters	8
3	Schematisering.....	9
3.1	Ontgraving bouwput.....	9
3.2	Belendingen	10
3.3	Uitvoeringsvarianten.....	10
3.4	Doorsneden.....	11
4	Uitgangspunten.....	12
4.1	Geometrie	12
4.2	(Grond)waterstand	13
4.3	Verkeer en werkbelasting	13
4.4	Fasering	13
4.5	Damwandprofielen	14
4.6	Berliner wand (HE280A)	14
4.7	Berekeningsmethode en veiligheidsklasse	15
5	Resultaten en toetsing.....	16
5.1	Doorsnede A (taludoplossing)	16
5.2	Doorsnede B (berlinerwand)	18
5.3	Houten planken/balken	18
5.4	Toetsing vervormingen.....	19
5.5	Resultaten en toetsing damwandberekening doorsnede C	19
5.6	Toetsing vervormingen.....	19
5.7	Indicatief stempelontwerp	20
6	Omgevingsbeïnvloeding	21
6.1	Trillingen	21
6.2	Maaiveldzakking door ontgraving	21
6.3	Verwijderen van de damwand	22



7	Conclusies en aanbevelingen.....	23
7.1	Conclusies	23
7.2	Aanbevelingen	23

Bijlagen:

- 1 Situatietekening
- 2 Damwandberekening Doorsnede B-B (berliner wand)
- 3 Damwandberekening Doorsnede C-C (gestempelde stalen damwand)



1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

In opdracht van Kroeze & Partners Vastgoed B.V. te Heerenveen heeft Raadgevend Ingenieursbureau Wiertsema & Partners B.V. een bouwputadvies uitgebracht ten behoeve van de nieuwbouw van een wooncomplex met half-verdiepte parkeergarage aan de Queridolaan te Groningen.

Doel van het advies is het beschouwen van de mogelijke uitvoeringsvarianten voor de benodigde ontgraving.

De werkzaamheden zijn verricht in aanvulling op het eveneens door ons bureau uitgevoerde grondonderzoek en bemalingsadvies:

- [1] Geotechnisch onderzoek aan de Queridolaan te Groningen, project VN-70506-1, rapport R57869, d.d. 27 juni 2018;
- [2] Bemalingsadvies nieuwbouw wooncomplex met halfverdiepte parkeergarage aan de Queridolaan te Groningen, project VN-70506-3, rapport R60117, d.d. 13-11-2018;

De locaties van de sonderingen en boringen zijn aangegeven op de situatietekening in bijlage 1.

1.2 Referenties

De volgende gegevens en/of rapportages zijn gebruikt voor de berekening:

- [3] Werkboek 7, Project Q te Groningen, De Zwarte Hond, project G171005, d.d. 17-04-2018;
- [4] Tekeningen project Q te Groningen, Ontwerp draagstructuur, Ingenieursbureau Dijkhuis bv, project 17159, blad 1 t/m 16, Voorlopig d.d. 17-04-2018;

1.3 Normen en Richtlijnen

De volgende Normen en Richtlijnen zijn van toepassing voor de berekening:

- [5] NEN 9997-1:2016/C2:2017 Geotechnisch ontwerp van Constructies – Deel 1: Algemene regels, november 2017;
- [6] CUR 166 Damwandconstructies, 6^e herziene druk, juli 2012.

1.4 Kwaliteitswaarborging

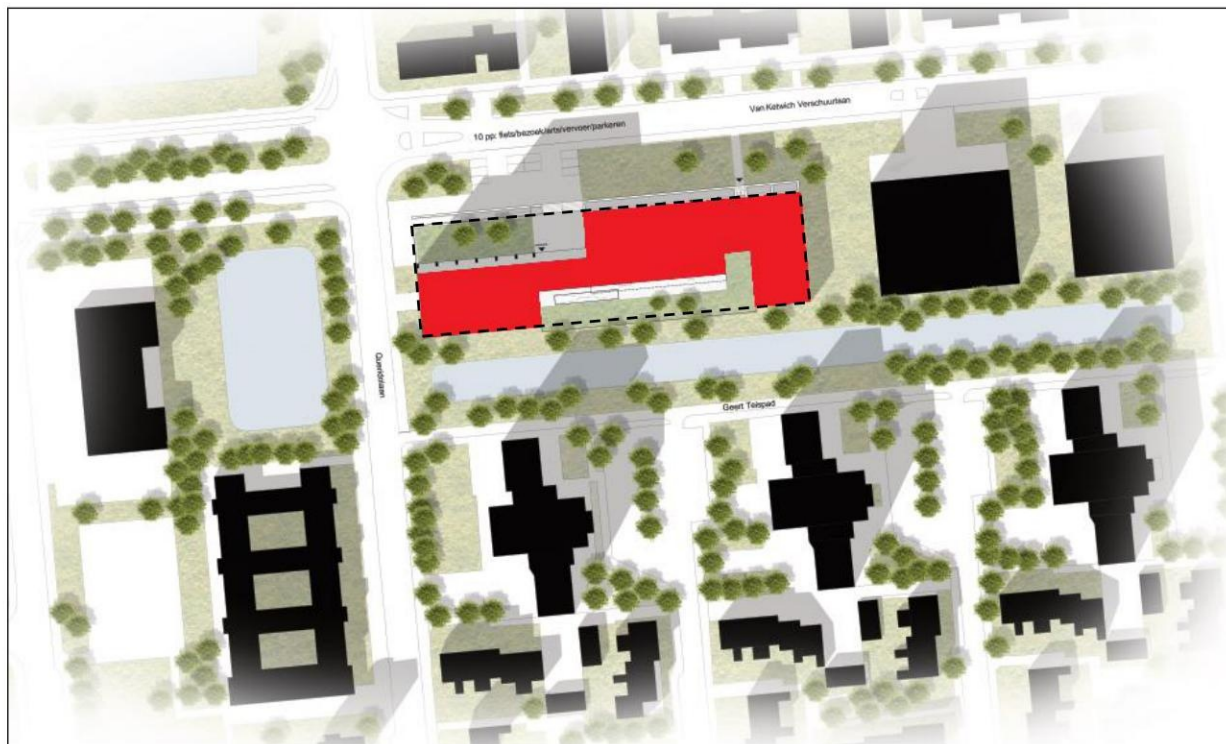
De werkzaamheden zijn verricht onder ons kwaliteitssysteem NEN-EN-ISO-9001 en ons milieumanagementsysteem NEN-EN-ISO-14001. Wiertsema & Partners is in het bezit van een VGM-beheersysteem VCA**.



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

1.5 Projectomschrijving

Op de hoek van de Queridolaan met de Van Ketwich Verschuurlaan zal een nieuw wooncomplex met ruim 150 appartementen worden gebouwd. Het complex zal bestaan uit 3 hoogbouwdelen met een hoogte van resp. 4, 8 en 14 verdiepingen. De parkeerkelder krijgt een oppervlak van circa 115 m x 35 m en wordt aangelegd op een niveau van 1,80 m– Peil.



Figuur 1.1 Situatieschets met locatie nieuwbouw en parkeerkelder

1.6 Leeswijzer

Na de inleiding in dit eerste hoofdstuk volgt in het tweede hoofdstuk de beschrijving van de bodemopbouw. In hoofdstuk 3 is beschreven op welke wijze de ontgraving is geschematiseerd. In hoofdstuk 4 zijn de gehanteerde uitgangspunten voor de berekening opgenomen. In hoofdstuk 5 volgen de resultaten van de berekening en de toetsing van deze resultaten. In hoofdstuk 6 staan aandachtspunten voor de uitvoering beschreven. Tot slot staan in hoofdstuk 7 de conclusies en aanbevelingen.

In bijlage 1 is de locatie van het maatgevende grondonderzoek weergegeven. In de overige bijlagen zijn aanvullende resultaten van de berekeningen opgenomen.



2 Bodemopbouw

2.1 Grond- en laboratoriumonderzoek

Het grondonderzoek [1] heeft bestaan uit het uitvoeren van:

- 21 sonderingen (DKMP001 t/m DKM021) tot een diepte van maximaal circa 30 m– maaiveld;
- 6 handboringen (B001 t/m B003 en B006 t/m B008) tot 3 m– maaiveld;
- 2 mechanische boringen (B004 en B005) tot resp. 8,0 m en 5,5 m– maaiveld. Bij de mechanische boringen zijn 2 ongeroerde en 3 geroerde monsters genomen, waarna van 2 geroerde monsters de korrelverdeling is bepaald.

2.2 Globale bodembeschrijving

De maaiveldhoogte ter plaatse van de onderzoekspunten varieerde ten tijde van het grondonderzoek van N.A.P. +0,88 tot –0,86 m.

Het maaiveldniveau van bij sonderingen DKM003 t/m DKM006 en DKM008 t/m DKM012 bevindt zich ongeveer 1,0 à 1,5 m lager dan ter plaatse van de overige sondeerpunten, als gevolg van het verwijderen van de fundering van de voormalige bebouwing.

Het grondonderzoek toont verder een sterke tweedeling in de bodemopbouw.

- Bij de sonderingen DKMP001, DKM002 en DKM014 is een humeuze en kleiige toplaag zichtbaar met een verlopende dikte van 2,0 m tot 5,0 m. Onder dit veenpakket bevindt zich een zandlaagje met een dikte van circa 1,0 m, gevolgd door een (zandige) leemlaag met een dikte van ongeveer 1,0 m tot 6,0 m.
- Bij de sonderingen DKM003 t/m DKM013 en DKM015 t/m DKM021 is de veenlaag dunner / verwijderd en is de genoemde leemlaag niet aangetroffen.

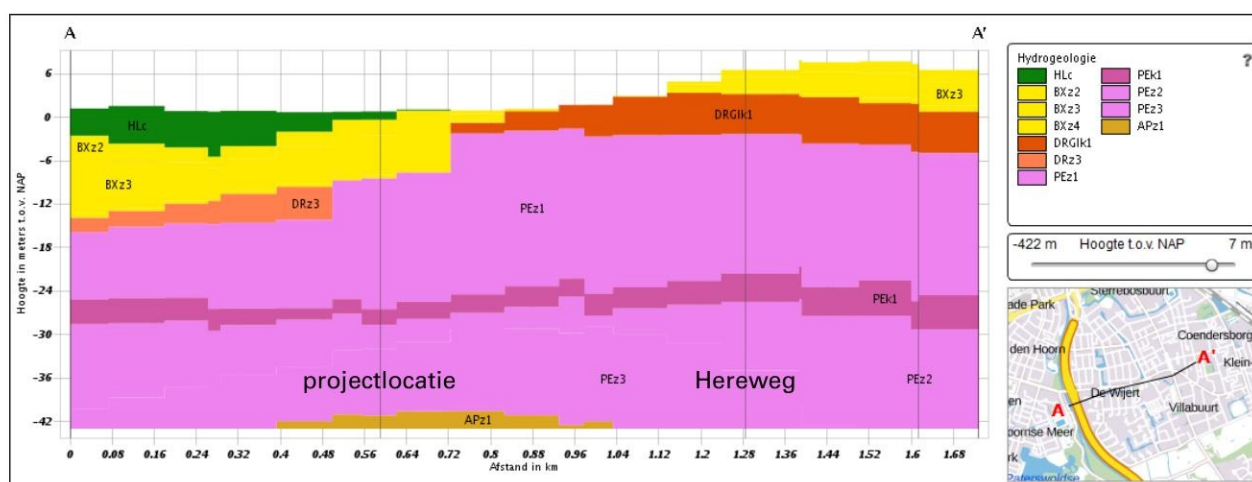
Onder de toplaag wordt een doorgaand, matig vast tot zeer vast gepakt zandpakket gevonden tot de maximaal merkende diepte van N.A.P. –30 m.

De oorzaak van deze tweedeling ligt in het feit dat de projectlocatie zich bevindt in de voormalige Polder Helpman, op een afstand van ongeveer 700 m van de hoger gelegen Hereweg die vroeger is aangelegd op een uitloper van de Hondsrug (formatie van Peelo, zie figuur 2.1).

2.3 Grondwaterstand

De actuele grondwaterstand werd op 19 maart 2018 vastgesteld op een niveau van ongeveer 0,3 m tot 2,6 m– maaiveld (wat overeen komt met een niveau van ongeveer N.A.P. –1,5 m tot –2,7 m). Deze waarneming is een momentopname en zegt niets over het verloop van de grondwaterstand over een langere periode.





Figuur 2.1 Doorsnede bodemopbouw conform REGIS II (bron: DINOloket)

2.4 Grondparameters

De van toepassing zijnde grondparameters zijn vastgesteld aan de hand van de sonderingen en tabel 2.b van NEN 9997-1 en gelden voor ongestoorde grond. In tabel 2.1 zijn de gehanteerde representatieve grondparameters vermeld.

Tabel 2.1 Gehanteerde representatieve grondparameters

Grondsoort	$\gamma / \gamma_{\text{sat}}$ [kN/m ³]	c' [kPa]	ϕ' [°]	δ [°]	s [-]	$k_{h,1}$ [kN/m ³]	$k_{h,2}$ [kN/m ³]	$k_{h,3}$ [kN/m ³]
Veen, m. vast	12 / 12	2,5	15	0	1,0	2.000	800	500
Klei, humeus	14 / 14	1	15	10	1,0	2.000	800	500
Klei, slap	14 / 14	2	17,5	11,7	1,0	2.000	800	500
Klei, zw. zandig	16 / 16	5	22,5	15	1,6	4.000	2.000	800
Zand, st. kleiig	18 / 20	0	25	16,7	1,5	10.000	5.000	2.500
Zand, los	17 / 19	0	30	20	1,7	12.000	6.000	3.000
zand, matig vast	18 / 20	0	32,5	21,7	2,5	20.000	10.000	5.000
zand, vast	19 / 21	0	35	23,3	2,5	40.000	20.000	10.000

Hierin is:

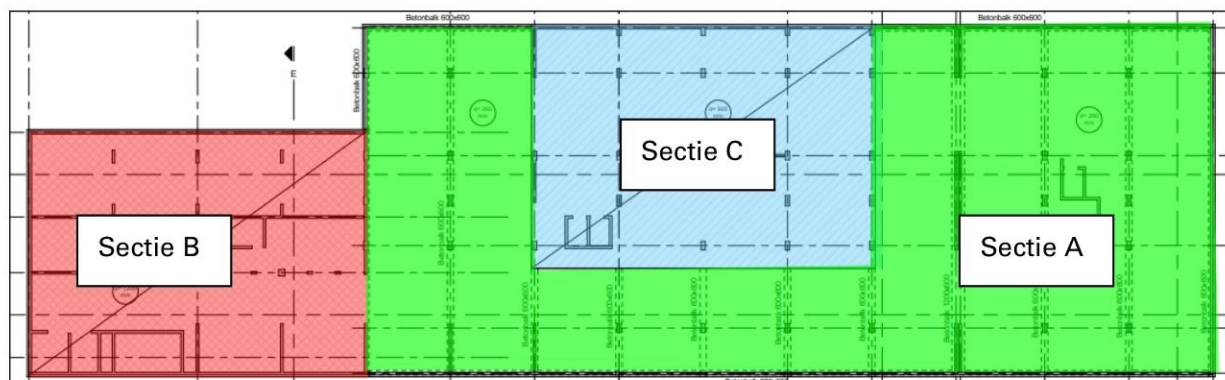
- $\gamma / \gamma_{\text{sat}}$ het volumiek gewicht van resp. vochtige grond en verzadigde grond;
- c' de effectieve cohesie;
- ϕ' de effectieve hoek van inwendige wrijving;
- δ de wandwrijvingshoek;
- s de schelffactor;
- $k_{h,i}$ de lage horizontale beddingsconstanten, afhankelijk van de vervorming conform tabel 3.3 van CUR166



3 Schematisering

3.1 Ontgraving bouwput

Het gebouw heeft 3 funderingsniveaus. Als gevolg hiervan zullen in de bouwput ook 3 ontgravingsniveau's worden toegepast (zie figuur 3.1 en tabel 3.1).



Figuur 3.1 Overzicht verschillende secties nieuwbouw

Tabel 3.1 Overzicht secties met minimaal ontgravingsniveau

Onderdeel	Onderkant fundering/ Minimaal ontgravingsniveau [m N.A.P.]
Sectie A	-1,9
Sectie B	-2,5
Sectie C	-2,2

Om de kelder aan te kunnen brengen, zal de veenlaag moeten worden verwijderd. De onderliggende kleilaag heeft naar verwachting voldoende stevigheid om daarop een werkvloer aan te kunnen brengen. Om de begaanbaarheid van de bouwput te waarborgen wordt op plaatsen waar op onderkant fundering van nature geen zand aanwezig is, geadviseerd om minimaal 0,30 m zand aan te brengen (grondverbetering). Deze zandlaag dient tevens als afvoerlaag voor hemelwater richting kloppompen of drains. Indien er lokaal na ontgraven van de klei-/veenlaag ten behoeve van de grondverbetering, minder dan 0,10 à 0,20 m klei of veen achterblijft tot het van nature aanwezige zand, wordt voorgesteld deze klei of veen eveneens te verwijderen.

In de onderstaande tabel staat per sondeerpunt de onderzijde van de veenlaag, de ontgraving voor benodigde grondverbetering en, indien van toepassing, de onderzijde van de kleilaag aangegeven.



Sondering	Maaiveld-niveau [m N.A.P.]	Ontgravings-niveau [m N.A.P.]	Onderzijde veenlaag [m N.A.P.]	Ontgraving voor grondverbetering [m N.A.P.]	Onderzijde klei/leemlaag [m N.A.P.]
DKMP001	+0,72	-2,5	-2,1	-2,9	-4,1
DKM002	+0,69	-2,5	-2,2	-2,9	-8,9
DKM008	-0,86	-1,9	-	-2,2	-2,2
DKM013	+0,60	-2,5	-	-2,9	-3,3
DKM014	+0,67	-2,5	-1,5	-2,9	-4,4
DKM015	+0,37	-2,5	-1,5	-2,9	-3,5
DKM016	+0,51	-2,5	-2,3	-3,0	-3,0
DKM017	+0,53	-1,9	-1,4	-2,4	-2,4
DKMP018	+0,62	-1,9	-1,3	-2,1	-2,1
DKM019	+0,38	-1,9	-1,3	-2,0	-2,0

* Bij de sonderingen DKM003 t/m DKMP007, DKM009 t/m DKM012, DKM020 en DKM021 is op het gewenste ontgravingsniveau een goed gepakt (siltig) zand aangetroffen en is geen grondverbetering benodigd.

3.2 Belendingen

- De kortste afstand tussen het belendende pand ten oosten van de projectlocatie en de betonconstructie is circa 21 m. Dit pand, een basisschool zonder verdiepingvloeren, kan mogelijk op staal zijn gefundeerd.
- Aan de zuidkant is de afstand tussen de ontgraving en de dichtstbijzijnde hoogbouw circa 32 m. Dit pand, een flatgebouw met 8 verdiepingen, zal naar verwachting op palen zijn gefundeerd.
- Aan de westkant, langs de Queridolaan, bevindt zich een bestaande kabel- en leidingenstrook op een afstand van circa 6,0 m uit de ontgraving. Tussen de Queridolaan en de nieuwbouw bevindt zich verder nog een vrijval riolering op een afstand van 2,0 m uit de toekomstige gevel.
- Aan de noordzijde van de kelder ligt een lagedruk gasleiding op circa 6,0 m uit de betonconstructie.

3.3 Uitvoeringsvarianten

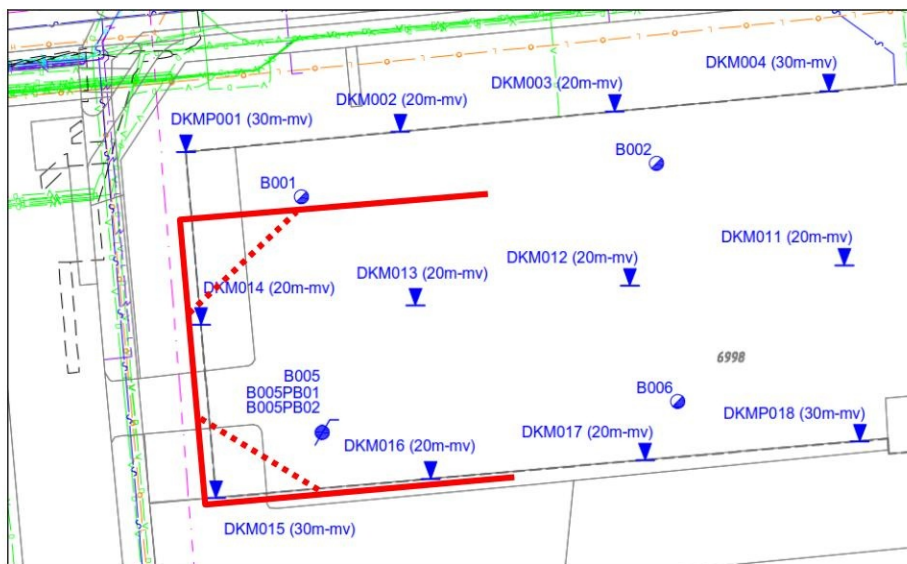
Noord- oost- en zuidzijde

Voor deze grenzen van de bouwkuip is een talud mogelijk zijn. Uit oriënterende stabiliteitsberekeningen blijkt dat een taludhelling van 1,2 à 1:2,5 of flauwer noodzakelijk is om te voldoen aan de veiligheidseisen. Voor een ontgraving onder talud, tot circa 3,1 m- maaiveld, is bij zandgrond een ruimtebeslag benodigd van circa 6 tot 8 meter. Als dit ruimtebeslag aanwezig is kan voor een taludoplossing worden gekozen. Indien deze ruimte niet aanwezig is, kan worden gewerkt met een eenvoudige berlinerwandconstructie. Aan de zuidzijde ligt op minder dan 10 m een waterpartij. In verband met de benodigde ruimte wordt geadviseerd hier een berlinerwand toe te passen. De aanwezige ruimte aan de noord- en oostzijde is bij ons niet bekend. Bij voldoende ruimte kan de taludoplossing worden toegepast, anders kan gewerkt worden met een berlinerwand.



Westzijde bouwput (rondom sectie B)

Aan de westzijde, langs de Queridolaan, is de diepste ontgraving nodig (sectie B) met een ontgravingsdiepte tot 3,7 m-maaiveld. In verband met de aanwezigheid van een riool op ca. 2,0 m afstand en de diepte wordt geadviseerd hier en gestempelde damwand te plaatsen (zie figuur 3.2).

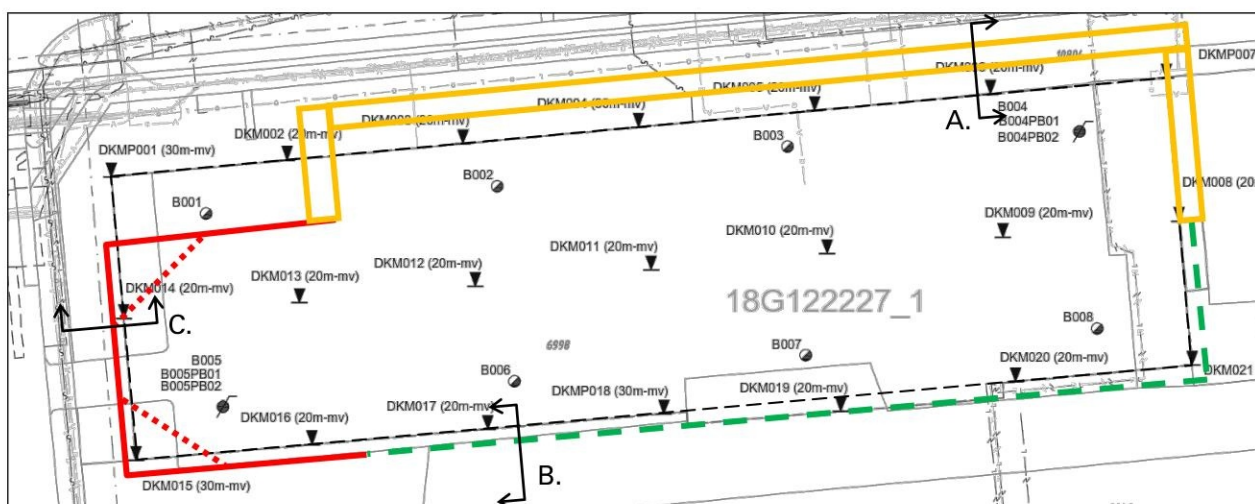


Figuur 3.2 Situatietekening met K&L en mogelijke damwand

3.4 Doorsneden

De volgende doorsneden zijn beschouwd:

- A. Open ontgraving aan de noord- en oostzijde
- B. Berliner wand aan de zuidzijde
- C. Damwand aan de westzijde



Figuur 3.3 Situatietekening met voorgestelde bouwputconfiguratie



Wiertsema & Partners

RAADGEVEND INGENIEURS

4 Uitgangspunten

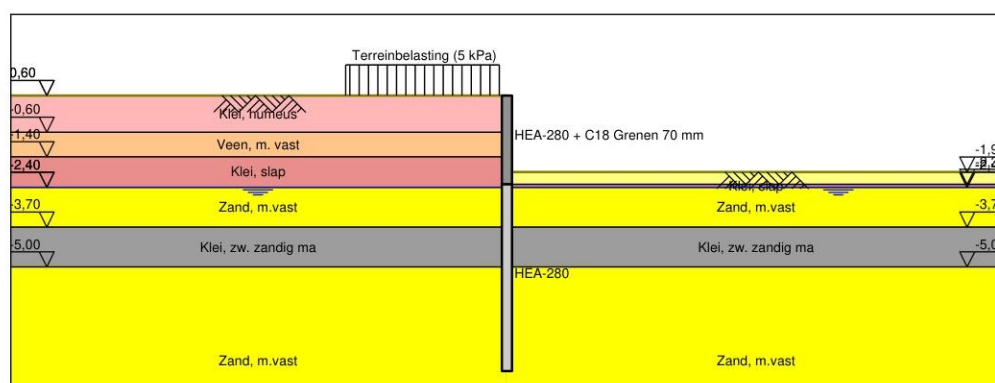
4.1 Geometrie

Doorsnede A

Ter plaatse van doorsnede A ligt het maaiveldniveau op ca. N.A.P. +0,90 m (bij DKMP007). Het maximaal ontgravingsniveau bedraagt N.A.P. -2,20 m. Uitgangspunt voor de stabiliteitsberekening is een bemaling tot een niveau van tenminste N.A.P. -2,4 m.

Doorsnede B

Ter plaatse van doorsnede B moet rekening worden gehouden met een maximaal maaiveldniveau van N.A.P. +0,60 m. Bij doorsnede B moet rekening worden gehouden met een tijdelijk ontgravingsniveau tot maximaal N.A.P. -2,30 m (DKM017) om grondverbetering aan te brengen. Na de grondverbetering ligt het zand op ca. N.A.P. -1,90 m.



Figuur 4.1 Geometrie doorsnede B

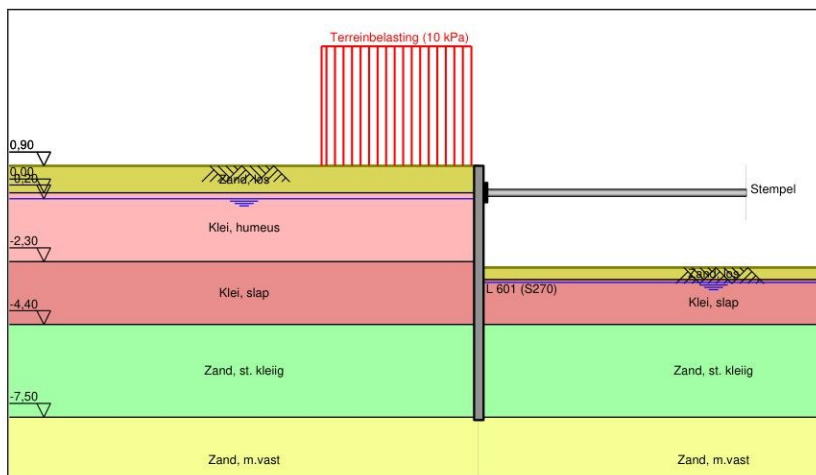
Terreinbelasting:	5 kPa over 5 m
Maaiveldniveau:	N.A.P. +0,60 m
Diepste ontgravingsniveau:	N.A.P. -2,30 m
Aanvulniveau na grondverbetering:	N.A.P. -1,90 m
Bemaling:	N.A.P. -2,40 m

Voor een schematisatie van de verschillende fasen verwijzen wij naar de resultaten van de damwandberekening in bijlage 2.

Doorsnede C

Ter plaatse van doorsnede C ligt het maaiveld op ca. N.A.P. +0,90 m. Bij doorsnede C moet rekening worden gehouden met een maximale ontgraving tot N.A.P. -3,0 m (tijdelijk tijdens grondverbetering). Na de grondverbetering moet rekening worden gehouden met een grondniveau van N.A.P. -2,5 m.





Figuur 4.2 Geometrie doorsnede C

Niveau stempeling:	N.A.P. 0,0 m
Terreinbelasting:	10 kPa over 5 m
Maaiveldniveau:	N.A.P. +0,90 m
Ontgravingsniveau t.b.v. stempeling:	N.A.P. -1,00 m
Diepste ontgravingsniveau:	N.A.P. -3,00 m
Aanvulniveau na grondverbetering:	N.A.P. -2,50 m
Bemaling:	N.A.P. -3,00 m

4.2 (Grond)waterstand

Het dichtstbijzijnde oppervlaktewater bevindt zich op een afstand van ongeveer 10 m van de bouwput met een streefpeil van N.A.P. -0,75 m (zomer- en winterpeil). Tijdens het grondonderzoek is het waterpeil ingemeten op N.A.P. -0,85 m. Ten tijde van het grondonderzoek had het grondwater een peil van N.A.P. -1,40 m. In de berekeningen wordt een grondwaterstand van N.A.P. -0,75 m gehanteerd.

4.3 Verkeer en werkbelasting

Tijdens de bouw wordt conform CUR 166 (zie [6]) gerekend met een gelijkmatig verdeelde terreinbelasting van 10 kN/m^2 over een breedte van 5 m achter de stalen damwand (doorsnede C-C). Achter de berliner en bij de taludoplossing is gerekend met een terreinbelasting van 5 kPa over een breedte van 5 m vanaf de kop van de wand/insteek talud.

4.4 Fasering

Voor de berekening van de damwand (doorsnede C) is de volgende fasering gehanteerd:

1. Ontgraven tot een niveau van N.A.P. -0,75 m ten behoeve van aanbrengen stempels.
2. Aanbrengen stempels op een niveau van N.A.P. 0,0 m.
3. Ontgraven tot een maximale diepte van N.A.P. -3,0 m, bij een gelijktijdige verlaging van de grondwaterstand tot N.A.P. -3,0 m
4. Aanbrengen grondverbetering tot een niveau van N.A.P. -2,50 m.



Voor een schematisatie van de verschillende fasen verwijzen wij naar de resultaten van de damwandberekeningen in bijlage 3.

4.5 Damwandprofielen

Ten behoeve van de te realiseren damwandconstructie is voor de beschouwde doorsneden uitgegaan van een damwand van het type L601. In tabel 4.1 zijn de eigenschappen van het beschouwde damwandprofiel aangegeven. Andere profieltypen met minimaal gelijkwaardige buigstijfheids- en sterkte-eigenschappen kunnen ook worden toegepast.

Tabel 4.1 Eigenschappen van het beschouwde damwandprofiel

Grootheid	Eenheid	L 601
I traagheidsmoment	[cm ⁴ /m ¹]	11.520
W weerstandsmoment	[cm ³ /m ¹]	745
E elasticiteitsmodulus	[kN/m ²]	2,1·10 ⁸
EI buigstijfheid	[kNm ² /m ¹]	24.192
Gewicht	[kg/m ²]	78
R _{M;max,d} opneembaar moment	[kNm/m ¹]	201*

* Staalkwaliteit S 270 GP

Scheve buiging

Het damwandtype L601 is een zogenaamd U-profiel. Voor deze profielvorm dient rekening te worden gehouden met scheve buiging. Als gevolg van scheve buiging dient het weerstands- en traagheidsmoment te worden gereduceerd. De reductiefactoren zijn weergegeven in de volgende tabel:

Tabel 4.2 Eigenschappen van het beschouwde damwandprofiel L601

		Reductiefactor
weerstandsmoment	β_B	0,88
traagheidsmoment	β_D	0,79

Het maximaal opneembaar moment $M_{r,red}$ wordt dan $201 \cdot 0,88 = 177$ kNm.

Corossie

In verband met de korte duur van het project ten opzichte van een permanente damwand, wordt de invloed van corrosie niet in rekening gebracht.

4.6 Berliner wand (HE280A)

Voor de berliner wand is een staalprofiel HE280A toegepast. In tabel 4.3 zijn de eigenschappen van het beschouwde damwandprofiel aangegeven.



Tabel 4.3 Eigenschappen staalprofiel HE-280A

Grootheid	Eenheid	HE-280A
I traagheidsmoment	[cm ⁴ /m ¹]	13.673
W weerstandsmoment	[cm ³ /m ¹]	1010
E elasticiteitsmodulus	[kN/m ²]	2,1·10 ⁸
EI buigstijfheid	[kNm ² /m ¹]	28.713
Gewicht	[kg/m ²]	76,4
R _{M;max,d} opneembaar moment	[kNm/m ¹]	237*

* vloeigrens 235 N/mm²

4.7 Berekeningsmethode en veiligheidsklasse

De berekeningen zijn uitgevoerd met een eendimensionaal eindig-elementenprogramma op basis van elasto-plastisch grondgedrag (D-Sheet Piling 18.2).

De damwanden zijn doorgerekend voor de constructieve veiligheid (grenstoestand GEO). De representatieve grondparameters en de werkelijke situaties zijn hierbij omgerekend naar rekenwaarden. De damwand is ingedeeld in betrouwbaarheidsklasse RC1.

Voor de partiële veiligheidsfactoren (γ) en additionele veiligheidsmarges (Δ), betrokken op de representatieve waarden X_{rep} wordt verwezen naar de tabel 4.4. Deze waarden worden door D-Sheet Piling zelf in de geometrie verwerkt.

Tabel 4.4 Veiligheidsfactoren conform NEN 9997-1

Parameter	Betrouwbaarheidsklasse RC1	
	γ	Δ
Hoek van inwendige wrijving ϕ'	1,15	-
Cohesie c'	1,15	-
Kerende hoogte h	10%	$\leq 0,50$ m
Verhoging grondwaterstand hoge zijde	-	+ 0,05 m
Verlaging grondwaterstand lage zijde	-	- 0,20 m
Beddingconstante	1,30	-



5 Resultaten en toetsing

5.1 Doorsnede A (taludoplossing)

Indien het benodigde ruimtebeslag aanwezig is kan worden gekozen voor een taludoplossing. In de praktijk zal vaak een talud met een helling van 1:2 tot 1:4 (V:H) worden toegepast. Het maaiveld langs doorsnede A ligt op een niveau van ca. N.A.P. +0,90 m. De diepste ontgraving reikt tot N.A.P. -2,20 m. De ontgravingsdiepte wordt daarmee 3,1 m. Op basis van het stroomschema veilig ontgraven uit de CROW-publicatie 335 "Werken met stabiele grond" dient bij een ontgravingsdiepte groter dan 1,75 m de taludoplossing nader te worden beschouwd.

Voor deze wand is DKM007 maatgevend. De gehanteerde bodemopbouw volgens DKM007 is in de volgende tabel aangegeven.

Tabel 5.1 Bodemopbouw o.b.v. DKM007

B.k. grondlaag [m N.A.P.]	Grondsoort	$\gamma / \gamma_{\text{sat}}$ [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kPa]	ϕ'_d [°]	c'_d [kPa]
+0,90	Zand, humeus	16,5 / 17,5	27,5	0	23,5	0
-0,3	Klei, humeus	15 / 15	17,5	1	14,7	0,8
-1,0	Zand, matig vast	18 / 20	32,5	0	28,0	0

Veiligheidsklasse: RC1
 Terreinbelasting: 10 kPa vanaf 0,5 m uit de boveninsteek van de ontgraving.
 Grondwaterstand: bemaling tot N.A.P. -2,4 m
 Talud: 1:2 (V:H) of flauwer

Verloop grondwaterstand

De grondwaterstand wordt geacht direct voor de ontgraving en tijdens de aanwezigheid van de bouwput, zowel ter plaatse van de bouwput als in de eerste meters rondom de bouwput gelijk te zijn aan de bemalingsdiepte van N.A.P. -2,4 m (zie ook tabel 4.5 van het bemalingsadvies).

Microstabiliteit (taluderosie)

Erosie van het talud (micro-instabiliteit) als gevolg van hemelwater is niet beschouwd. Er is een risico dat bij regenval er erosie op de taluds optreedt. Hierdoor zullen mogelijk stroomgeulen langs het talud ontstaan en die kunnen leiden tot plaatselijke afschuivingen van het talud.

Resultaten stabiliteitsberekeningen

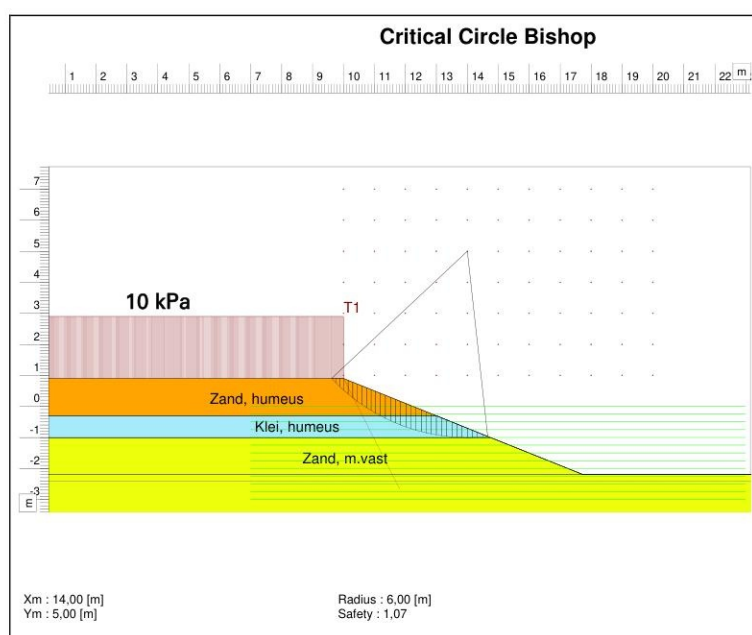
Voor een taludhelling 1: 2 en flauwer zijn stabiliteitsberekeningen gemaakt. In tabel 5.2 zijn de resultaten samengevat.



Tabel 5.2 Samenvatting stabiliteitsberekeningen

Taludhelling [v:h]	Stabiliteitsfactor F_{\min}	Voldoet? ($F_{\min} \geq 1,0$)
1:2	0,93	Nee
1:2,5	1,07	Ja

In figuur 5.1 met de kritische afschuifcirkel in het geval van een talud van 1:2,5 m is weergegeven.



Figuur 5.1 Doorsnede A met talud 1:2,5 m ($F_{\min} = 1,07$)

Conclusie is dat doorsnede A kan worden uitgevoerd met een talud van 1:2,5 of flauwer. Opgemerkt moet worden dat in de praktijk een steilere helling waarschijnlijk wel toegepast kan worden, maar deze voldoet dan niet meer aan de vigerende veiligheidseisen.

Nadeel van de oplossing is het grote ruimtebeslag. De ontgravingsdiepte bedraagt 3,1 m (van N.A.P. +0,90 m tot -2,2 m). Dit houdt in dat het talud een breedte heeft van $3,1 \times 2,5 = 7,75$ m. Bij het beschikbaar zijn deze breedte is, kan deze oplossing worden toegepast. Zo niet, dan wordt geadviseerd om ook hier de oplossing van doorsnede B (een berlinerwand) toe te passen.



5.2 Doorsnede B (berlinerwand)

Doorsnede B ligt aan de zuidzijde van de bouwput. Op minder dan 10 m afstand van de bouwput ligt een vijverpartij. Om ruimte te besparen wordt in plaats van een talud voorgesteld een berlinerwand toe te passen. Een berlinerwand is een grondkering die bestaat uit verticaal geplaatste H- of I-profielen met platen of planken als wand daartussen. De configuratie (samenstel van staanders met de wand daartussen) van een berlinerwand is zeer divers. In dit rapport wordt één configuratie voor een berlinerwand uitgewerkt, namelijk bestaande uit HE-280A profielen, h.o.h. 2,0 m, met daartussen houten planken of platen. Achter de wand is een terreinbelasting van 5 kN/m² meegenomen over een breedte van 5 m vanaf achterkant wand. In tabel 5.4 zijn de resultaten van de damwandberekening weergegeven.

Tabel 5.3 Resultaten berekening

Doorsnede B-B		fase 1	fase 2
Staalprofiel		HE-280A (h.o.h. 2,0 m)	
Boven- / onderzijde profiel	m N.A.P.	+0,60 / -8,4	
Lengte profiel	m	9,0	
Boven- / onderzijde schot	m N.A.P.	+0,60 / -2,40	
Hoogte schot	m	3,00	
Opneembaar moment $M_{r,d}$	kNm	237	237
Buigend moment $M_{s,d}$	kNm	201	159
Hor doorbuiging u_{hor}	mm	102	102
Gemob. weerstand	%	34	24
Stabiliteitsfactor	--	3,75	4,73
Toets sterkte $M_{s,d} / M_{r,d}$	--	0,85	0,67
Voldoet $\leq 1,0$	ja / nee	ja	ja

Hierin is:

Gemob. weerstand de maximale gemobiliseerde weerstand van het passieve grondmassief
 Stabiliteitsfactor kleinste klassefactor voor de totale stabiliteit volgens methode Bishop ($\geq 1,0$)

De berekende momenten zijn kleiner dan de maximaal op te nemen buigende momenten van de stalen profielen HE-280A. Het beoogde staalprofiel heeft derhalve voldoende sterkte.

5.3 Houten planken/balken

Tussen de stalen staanders HE-280A worden houten planken of balken geplaatst. Er is uitgegaan van grenen houten planken of balken houtklasse C18. De maximale dwarskracht ter hoogte van het schot is 62 kN per 2 m¹ damwand. Uitgaande van houtafmetingen 250 x 100 mm wordt de belasting op de plank $62 / 2,0 * 0,25 = 7,25$ kN/m. Het optredend moment $M_{s,d}$ wordt dan $1/8 * q * l^2 = 1/8 * 7,25 * 2,0^2 = 3,63$ kNm. Uitgaande van een belastingduurklasse middellang (1 week tot ca. 6 maanden) en een klimaatklasse 2 (vochtig) heeft een balk 250 mm x 100 mm een toelaatbare buigspanning R_d van 12,0 N/mm². Het weerstandsmoment is 417 cm³. Het opneembaar moment wordt dan: $M_{r,d} = W * R_d = 417 \cdot 10^{-6} * 12,0 * 1.000 = 5,0$ kNm.

Toets schot: $M_{s,d} / M_{r,d} = 3,63 / 5,0 = 0,73 \leq 1,0 \rightarrow$ voldoet.



5.4 Toetsing vervormingen

Ten behoeve van de bouwput liggen de maximaal te verwachten horizontale vervormingen van de standers in een orde grootte van 10 cm.

Indien de omgeving geen rol speelt wordt voor de maximale vervormingen vaak de volgende vuistregel aangehouden: maximale vervorming $\leq 1/50 \cdot$ kerende hoogte (maximaal 100 mm) = $1 / 50 \cdot (+0,60 - (-2,30)) = 58$ mm of ≤ 10 cm voor een tijdelijke damwand.

Door de opdrachtgever dient te worden nagegaan of de berekende verplaatsingen acceptabel zijn.

5.5 Resultaten en toetsing damwandberekening doorsnede C

In tabel 5.4 zijn de resultaten van de damwandberekening weergegeven.

Tabel 5.4 Resultaten berekening

Doorsnede C		fase 1	fase 2	fase 3
Damwandprofiel		L601		
Boven- / onderzijde damwand	m N.A.P.	+0,90 / -8,1		
Lengte damwand	m	9,0		
Niveau stempels	m N.A.P.	-	+0,50	+0,50
Opneembaar moment	kNm/m ¹	177	177	177
Buigend moment $M_{s;d}$	kNm/m ¹	62	151	112
Hor doorbuiging u_{hor}	mm	28	37	36
$F_{stempel;max;d}$	kN/m ¹	-	76	66
Gemob. weerstand	%	28	66	54
Stabiliteit-factor	--	6,86	1,87	2,34
Toets sterkte $M_{s;d} / M_{r;d}$	--	0,35	0,85	0,63
Voldoet $\leq 1,0$	ja / nee	ja	ja	ja

Hierin is:

Gemob. weerstand de maximale gemobiliseerde weerstand van het passieve grondmassief
 Stabiliteitsfactor kleinste klassefactor voor de totale stabiliteit volgens methode Bishop ($\geq 1,0$)

De berekende momenten zijn kleiner dan de maximaal op te nemen buigende momenten van de damwandtypen. Het beoogde damwandtype is derhalve voldoende sterk.

5.6 Toetsing vervormingen

Ten behoeve van de bouwput liggen de maximaal te verwachten horizontale vervormingen van de damwand in een orde grootte van 4 cm.

Indien de omgeving geen rol speelt wordt voor de maximale vervormingen vaak de volgende vuistregel aangehouden: maximale vervorming $\leq 1/50 \cdot$ kerende hoogte (maximaal 100 mm) = $1 / 50 \cdot (+0,90 - (-2,50)) = 68$ mm voor een tijdelijke damwand.



Bijkomend risico vormt het dichtbij gelegen riool aan de westzijde van de bouwkuip. De damwand wordt waarschijnlijk op een afstand van ca. 1,0 m van het riool geplaatst. Als gevolg van het aanbrengen verwijderen van de damwand zal zakking van de grond achter de damwand optreden. Omdat het riool direct naast het riool wordt geplaatst zal het riool de zetting willen volgen. In hoofdstuk 6.2 is een indicatieve zetting van de grond ter plaatse van het riool berekend.

Door de opdrachtgever dient te worden nagegaan of deze verplaatsingen acceptabel zijn.

5.7 Indicatief stempelontwerp

Om de haalbaarheid van de gekozen stempeling te bepalen, is een indicatief ontwerp gemaakt. Uit de berekening volgt een maximale stempelkracht van $P_{\max} = 76 \text{ kN/m}^1$. De westelijke wand heeft een lengte van ca. 24 m. Bij 2 hoekstempels worden de stempels h.o.h. 8,0 m aangebracht. De maximale kracht per stempel komt daarmee op $P_{\max} = 76 \text{ kNm}^1 * 8 \text{ m} = 608 \text{ kN/stempel}$.

➤ De stempel moet minimaal voldoen aan:

$$P_{\text{st;d}} = 1,25 * P_{\max} = 1,25 * 608 = 760 \text{ kN/stempel.}$$

De gording moet een buigend moment op kunnen nemen van:

$$M_d = 1/8 * q * L^2 = 1/8 * 1,1 * 76 * 8,0^2 = 669 \text{ kNm.}$$

Een passend profiel is bijvoorbeeld een HEA-450 (staalkwaliteit S235) met een $M_{r;d}$ van 682 kNm

Bovenstaand stempelontwerp is indicatief. Het definitieve stempelontwerp zal door de leverancier moeten worden bepaald.



6 Omgevingsbeïnvloeding

6.1 Trillingen

Indien de damwanden trillend op diepte worden gebracht, zullen trillingen in de ondergrond worden veroorzaakt. De optredende trillingen kunnen tevens resulteren in een verdichting c.q. herschikking van losgepakte zanden met een zakking van het maaiveld inclusief eventuele leidingen en/of bestrating als gevolg.

Het Handboek Ondergronds Bouwen (COB) geeft aan dat binnen een afstand van 6 meter van een paalfundering de voorkeur uitgaat naar heidend inbrengen (i.p.v. intrillen). Bij een afstand van 6 tot 10 meter tot de paalfundering zal tijdens het intrillen een voortdurende controle van de trillingsniveaus plaats moeten vinden. Dergelijke metingen kunnen desgewenst door ons bureau worden uitgevoerd.

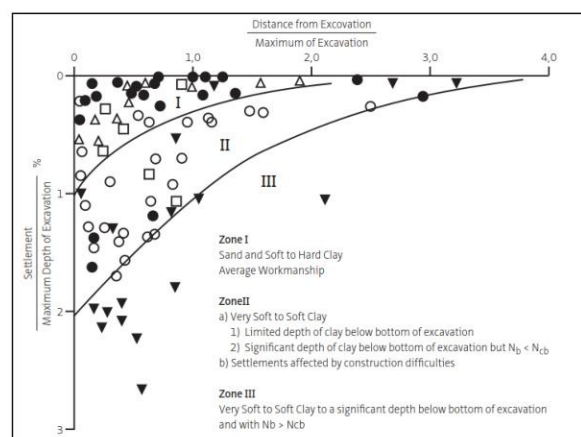
Trillingen brengen ook schaderisico's mee voor in de nabijheid staande belendingen. Om inzicht te verkrijgen in het risico op schade aan belendingen en hinder voor personen en schade aan apparatuur wordt geadviseerd om een trillingsadvies op te laten stellen.

Door de trillingsniveaus tijdens het hei- of trilwerk te registreren (trillingsmonitoring) kan op basis van het eerder opgesteld trillingsadvies tijdens de werkzaamheden worden bepaald of de trillingen binnen de aanbevolen grenzen blijft en indien noodzakelijk hierop maatregelen te nemen. Desgewenst kunnen dergelijke metingen door ons bureau worden uitgevoerd.

6.2 Maaiveldzakking door ontgraving

Als gevolg van het aanbrengen, verwijderen van een damwand en het ontgraven van een bouwput zal de grond achter de damwand zakking ondergaan. De maaiveldzakking ontstaat o.a. door doorbuiging van de wand na ontgraving. Tijdens het trillen of heidend aanbrengen kunnen slecht gepakte zandlagen verdichten door herschikking van zandkorrels. Bij het verwijderen van de damwand laat de damwand een spleet achter, die aangevuld wordt met naastliggende grond. Hierdoor ontstaat extra zakking van de grond. Omdat tijdens het trillend verwijderen van de damwand slecht gepakte zandlagen wederom zakking kunnen vertonen, treedt extra maaiveldzakking op.

Door Peck is een relatie tussen de maaiveldzakking en de ontgraving bepaald (zie figuur 6.1). In de relatie zijn alle factoren tijdens de bouw die zetting veroorzaken meegenomen. De grafiek van Peck geeft in het algemeen een bovengrens van de zetting.



Figuur 6.1 Zetting naast een bouwkuip volgens Peck



Bij gebruik van deze relatie dient de ondersteuning vroegtijdig te zijn aangebracht. Te late installatie is een belangrijke oorzaak van grote vervormingen.

Benadering maaiveldzetting

De maximale ontgravingsdiepte bedraagt ca. 3,90 m. Het riool ligt op een afstand van ca. 1,0 m uit de achterkant van de damwand. De bovengrond bestaat voornamelijk uit slappe en humeuze klei en zand. Op basis hiervan is gebied I aangehouden als beste benadering van de grondslag. De maaiveldzakking wordt dan 1% van de ontgravingsdiepte. De maaiveldzakking achter de damwand wordt dan 1% van 3,90 m = 4 cm. Het riool zal daardoor ook een zakking ondergaan van maximaal 4 cm.

6.3 Verwijderen van de damwand

Het verwijderen van de damwandplanken zal eveneens trillingen veroorzaken in de ondergrond. Deze trillingen treden vooral op voor het in beweging komen van de damwandplank, ten gevolge van zand in de damwandsloten. De trillingen bij het verwijderen kunnen worden gereduceerd door de damwanden bij het aanbrengen te voorzien van slotsmering.

Een groter probleem bij het trekken van damwanden zijn vervormingen van de ondergrond. Deze vervorming ontstaat doordat grond de vrijkomende ruimte opvult en/of doordat de omliggende grond wordt verdicht. De grootte van deze optredende verplaatsingen door verwijderen van de damwand kan gelijk of zelfs groter zijn dan de vervormingen ten gevolge van aanbrengen + doorbuigen van de damwand.

Het inbrengen van nieuwe gladde damwandprofielen is van groot belang om trillingen en vervormingen ten gevolge van het verwijderen van damwanden te reduceren.



7 Conclusies en aanbevelingen

7.1 Conclusies

Voor de grondkering rondom de bouwput zijn 3 doorsneden beschouwd, namelijk:

- A. Open ontgraving aan de noord- en oostzijde
- B. Berliner wand aan de zuidzijde
- C. Damwand aan de westzijde

Doorsnede A

Voor doorsnede A wordt voorgesteld om een talud toe te passen. Het talud dient een helling van 1:2,5 (V:H) te hebben of flauwer. Door de vrij grote ontgravingsdiepte heeft dit talud een ruimtebeslag van 7 à 8 m. Indien deze ruimte niet aanwezig is aan de noord- en oostzijde van de bouwkuip kan een berliner wand worden toegepast (zie doorsnede B)

Doorsnede B

Voor doorsnede B wordt in verband met de beperkte ruimte naar de vijverpartij geadviseerd een berliner wand toe te passen. Op basis van de vermelde uitgangspunten kan de berlinerwand bestaan uit:

Staanders:	HEA-280, lang 9,0 m, h.o.h. 2,0 m
Bovenkant Staanders:	N.A.P. +0,60 m
Wanden:	Houtkwaliteit C18 (grenen/vuren), dik 100 mm, hoog 2,90 m.
Bovenk. Wand:	N.A.P. +0,60 m

Doorsnede C

Voor doorsnede C wordt geadviseerd een gestempelde stalen damwand toe te passen:

Damwandtype:	Larssen 601
Planklengte:	9,0 m
Kop-/puntniveau:	N.A.P. +0,90 m/N.A.P. -8,10 m
Stempelniveau:	N.A.P. +0,50 m
Stempels:	h.o.h. 8,0 m
Gording:	HEA-450 (staalkwaliteit S235)

7.2 Aanbevelingen

De bouwput heeft 3 niveaus van onderkant fundering, namelijk resp. N.A.P. -1,90 m, -2,20 m en -2,50 m. Op basis hiervan zou de bouwput ontgraven kunnen worden tot deze 3 niveaus. Omdat op deze niveaus plaatselijk klei aanwezig is, wordt geadviseerd om op die locaties 0,30 m grondverbetering toe te passen. Deze zandlaag dient tevens als afvoerlaag voor hemelwater richting klokpompen of drains. Indien beneden dit ontgravingsniveau nog minder dan 0,10 m à 0,20 m klei of veen aanwezig is tot de bovenkant zand, wordt geadviseerd deze klei of veen eveneens te vervangen door zand.



Als gevolg van het aanbrengen, verwijderen van een damwand en het ontgraven van een bouwput zal de grond achter de damwand zakking ondergaan. Op een afstand van ca. 1,0 m uit de achterkant van de damwand ligt een vrij verval riolering. De maaiveldzakking achter de damwand wordt ingeschat op circa 4 cm. Dit riool zal daardoor ook een zakking ondergaan van maximaal 4 cm.

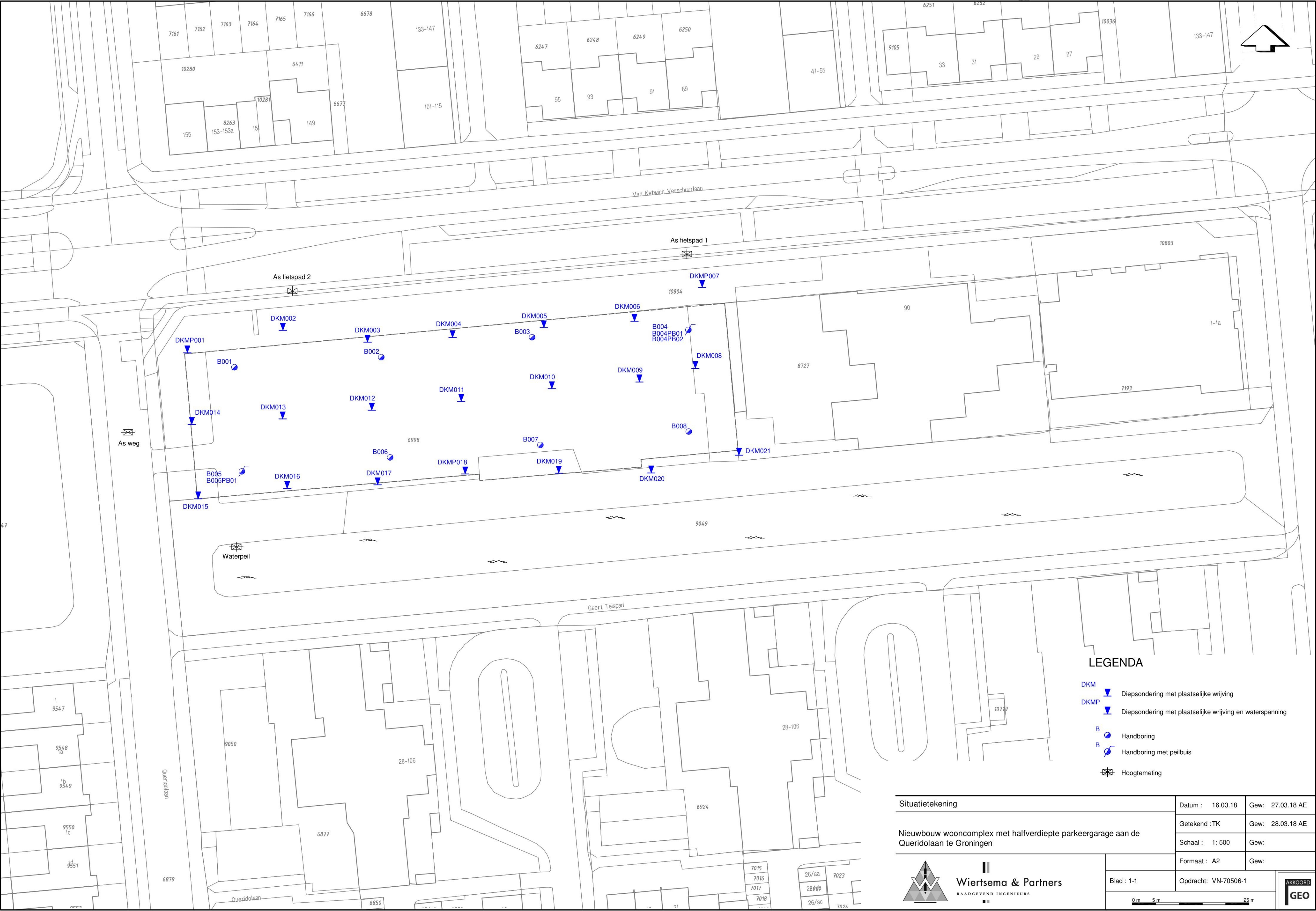
Indien in de loop van het project veranderingen optreden in het beschreven bouwplan of in de in dit advies gehanteerde uitgangspunten verzoeken wij contact met ons bureau op te nemen, zodat wij onze rapportage hieraan kunnen toetsen.



Bijlage 1




Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

LEGENDA

- DKM Diepsondering met plaatselijke wrijving
- DKMP Diepsondering met plaatselijke wrijving en waterspanning
- B Handboring
- B Handboring met peilbuis
- Hoogtemeting

Situatietekening	Datum : 16.03.18	Gew: 27.03.18 AE
	Getekend : TK	Gew: 28.03.18 AE
Nieuwbouw wooncomplex met halfverdiepte parkeergarage aan de Queridolaan te Groningen	Schaal : 1: 500	Gew:
	Formaat : A2	Gew:
Blad : 1-1	Opdracht: VN-70506-1	<div></div>

Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

Bijlage 2




Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS


Report for D-Sheet Piling 18.2

Design of Diaphragm and Sheet Pile Walls
Developed by Deltares

Date of report: 11/28/2018
Time of report: 10:50:28 PM
Report with version: 18.2.1.20477

Date of calculation: 11/28/2018
Time of calculation: 10:50:10 PM
Calculated with version: 18.2.1.20477

File name: P:\..\705xx\7050x\70506-2\Docbijlagen\DSheetpiling\DEF\Wand B-DKM017

Project identification: Bouw wooncomplex Queridolaan, Groningen
Wand B
Berliner Wand

Verification according to National Annex of Eurocode 7 in the Netherlands (NEN 9997-1:2016)

1 Summary

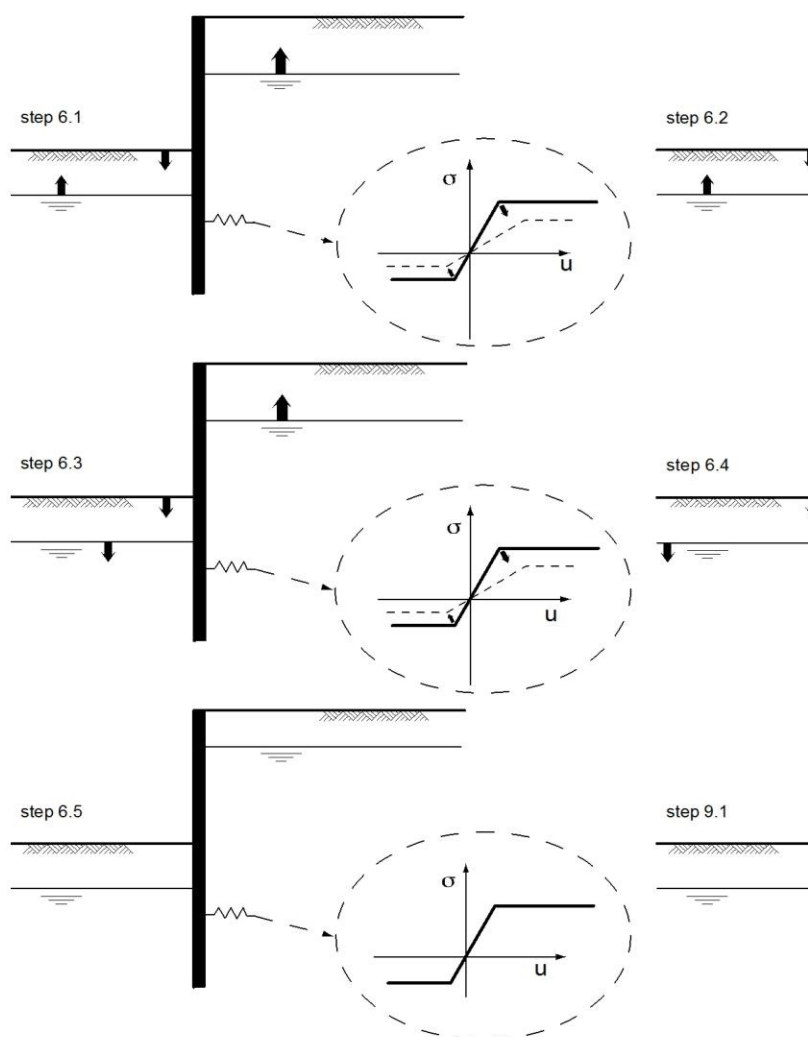
1.1 Overview per Stage and Test

Stage nr.	Verification	Displacement [mm]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Mob. perc. moment [%]	Mob. perc. resistance [%]	Vertical balance
1	EC7(NL)-Step 6.3		-200,70	103,52	0,0	33,6	---
1	EC7(NL)-Step 6.4		-197,62	101,67	0,0	33,2	---
1	EC7(NL)-Step 6.5	101,5	-131,63	60,05	0,0	19,1	---
1	EC7(NL)-Step 6.5 * 1,20		-157,95	72,05			
2	EC7(NL)-Step 6.1		-152,77	70,86	0,0	23,8	---
2	EC7(NL)-Step 6.2		-152,05	71,84	0,0	23,9	---
2	EC7(NL)-Step 6.3		-132,25	-63,12	0,0	20,3	---
2	EC7(NL)-Step 6.4		-130,53	-63,11	0,0	20,1	---
2	EC7(NL)-Step 6.5	101,5	-132,06	60,02	0,0	15,8	---
2	EC7(NL)-Step 6.5 * 1,20		-158,47	72,03			
Max		101,5	-200,70	103,52	0,0	33,6	---

1.2 Overall Stability per Stage

Stage name	Stability factor [-]
ontgr tot o.k. grondverb.	3,75
aanv. tot o.k. fundering	4,73

1.3 CUR Verification Steps



2 Input Data for all Stages

2.1 General Input Data

Verification according to National Annex of Eurocode 7 in the Netherlands (NEN 9997-1:2016)

Model	Sheet piling
Check vertical balance	No
Number of construction stages	2
Unit weight of water	9,81 kN/m ³
Number of curves for spring characteristics	3
Unloading curve on spring characteristic	No
Elastic calculation	Yes

2.2 Sheet Piling Properties

Length	9,00 m
Level top side	0,60 m
Number of sections	2

2.2.1 General properties

Section name	From [m]	To [m]	Material type	Acting width [m]
HEA-280 + C18 ...	-2,30	0,60	User defined	2,00
HEA-280	-8,40	-2,30	User defined	0,28

2.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour)

Section name	Elastic stiffness EI [kNm ² /m']	Red. factor on EI [-]	Corrected elas. stiffness EI [kNm ²]	Note to reduction factor
HEA-280 + C18 ...	1,4357E+04	1,00	2,8713E+04	
HEA-280	1,0255E+05	1,00	2,8713E+04	

2.2.3 Maximum allowable moments

Section name	Mr;char;el [kNm/m']	Modification factor [-]	Material factor [-]	Red. factor allow. moment [-]	Mr;d;el [kNm]
HEA-280 + C18 ...	121,00	1,00	1,00	1,00	242,00
HEA-280	864,29	1,00	1,00	1,00	242,00

2.3 Calculation Options

First stage represents initial situation	No
Calculation refinement	Coarse
Reduce delta(s) according to CUR	Yes
Verification	EC7 NA NL - method B: Partial factors (design values) in verification according to Eurocode 7 using the factors as described in the National Annex of the Netherlands. It is basically design approach III.
Verification of stage	1: ontgr tot o.k. grondverb.
Used partial factor set	RC 1
Factors on loads	
- Permanent load, unfavourable	1,00
- Permanent load, favourable	1,00
- Variable load, unfavourable	1,00
- Variable load, favourable	0,00

Factors on representative values	
- Partial factor on M, D and Pmax	1,20
Material factors	
- Cohesion	1,15
- Tangent phi	1,15
- Delta (wall friction angle)	1,15
- Modulus of low representative subgrade reaction	1,30
Geometry modification	
- Increase retaining height	10,00 %
- Maximum increase retaining height	0,50 m
- Reduction in phreatic line on passive side	0,20 m
- Raise in phreatic line on passive side	0,20 m
- Raise in phreatic line on active side	0,05 m
Overall stability factors	
- Cohesion	1,30
- Tangent phi	1,20
- Factor on unit weight soil	1,00
Verification of stage	2: aanv. tot o.k. fundering
Used partial factor set	RC 1
Factors on loads	
- Permanent load, unfavourable	1,00
- Permanent load, favourable	1,00
- Variable load, unfavourable	1,00
- Variable load, favourable	0,00
Factors on representative values	
- Partial factor on M, D and Pmax	1,20
Material factors	
- Cohesion	1,15
- Tangent phi	1,15
- Delta (wall friction angle)	1,15
- Modulus of low representative subgrade reaction	1,30
Geometry modification	
- Increase retaining height	10,00 %
- Maximum increase retaining height	0,50 m
- Reduction in phreatic line on passive side	0,20 m
- Raise in phreatic line on passive side	0,20 m
- Raise in phreatic line on active side	0,05 m
Overall stability factors	
- Cohesion	1,30
- Tangent phi	1,20
- Factor on unit weight soil	1,00

End of Report

Bijlage 3




Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS


Report for D-Sheet Piling 18.2

Design of Diaphragm and Sheet Pile Walls
Developed by Deltares

Date of report: 11/28/2018
Time of report: 10:48:52 PM
Report with version: 18.2.1.20477

Date of calculation: 11/28/2018
Time of calculation: 10:41:34 PM
Calculated with version: 18.2.1.20477

File name: P:\..\7050x\70506-2\Docbijlagen\DSheetpiling\DEF\Wand C-gestempeld

Project identification: Bouw wooncomplex Queridolaan, Groningen
Wand C-gestempeld

Verification according to National Annex of Eurocode 7 in the Netherlands (NEN 9997-1:2016)

1 Summary

1.1 Overview per Stage and Test

Stage nr.	Verification	Displacement [mm]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Mob. perc. moment [%]	Mob. perc. resistance [%]	Vertical balance
1	EC7(NL)-Step 6.1		-61,63	27,11	0,0	28,1	---
1	EC7(NL)-Step 6.2		-43,91	22,73	0,0	28,3	---
1	EC7(NL)-Step 6.3		-61,41	27,08	0,0	28,1	---
1	EC7(NL)-Step 6.4		-43,67	22,57	0,0	28,2	---
1	EC7(NL)-Step 6.5	28,4	-32,82	15,24	0,0	21,5	---
1	EC7(NL)-Step 6.5 * 1,20		-39,38	18,29			
2	EC7(NL)-Step 6.3		150,82	74,31	54,5	59,0	---
2	EC7(NL)-Step 6.4		141,01	71,28	61,5	65,9	---
2	EC7(NL)-Step 6.5	36,9	94,81	53,48	41,1	46,2	---
2	EC7(NL)-Step 6.5 * 1,20		113,77	64,17			
3	EC7(NL)-Step 6.1		105,55	59,42	47,9	53,5	---
3	EC7(NL)-Step 6.2		103,83	58,80	48,5	54,1	---
3	EC7(NL)-Step 6.3		103,43	58,66	45,6	50,7	---
3	EC7(NL)-Step 6.4		101,22	57,86	45,9	51,0	---
3	EC7(NL)-Step 6.5	36,4	93,00	53,59	33,2	36,3	---
3	EC7(NL)-Step 6.5 * 1,20		111,60	64,31			
Max		36,9	150,82	74,31	61,5	65,9	---

1.2 Anchors and Struts

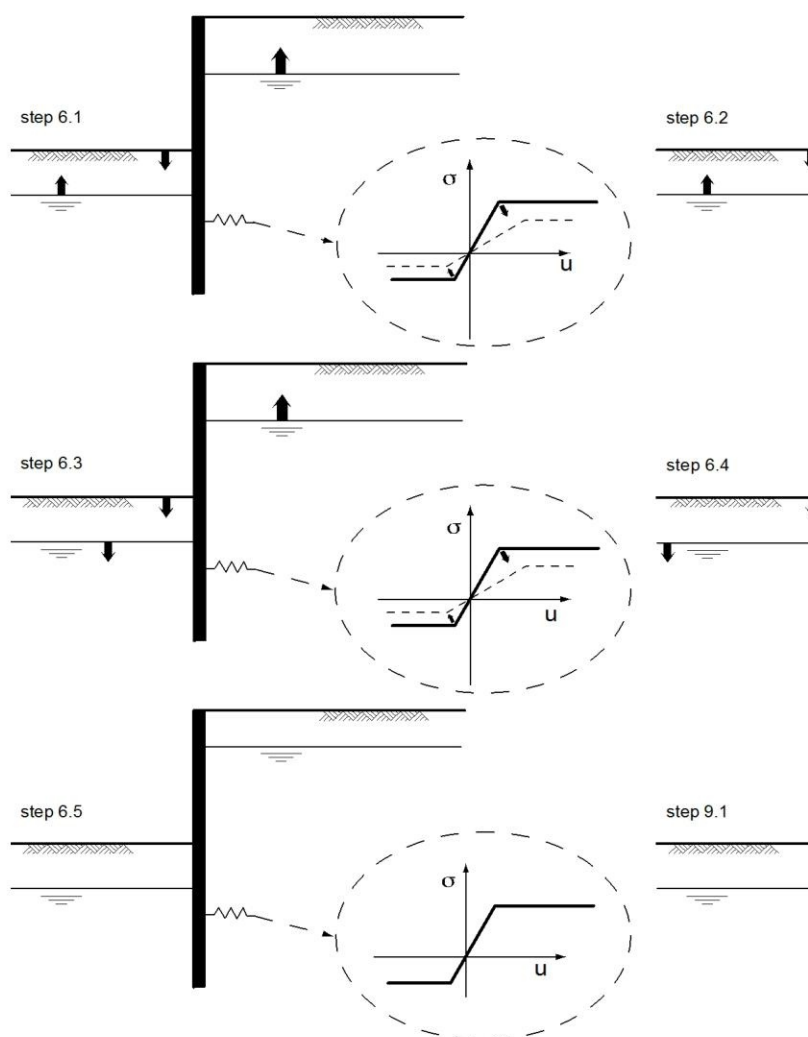
Stage nr.	Verification type	Anchor/strut Stempel	
		Force [kN]	State
2	EC7(NL)-Step 6.1	-	
2	EC7(NL)-Step 6.2	-	
2	EC7(NL)-Step 6.3	75,93	Elastic
2	EC7(NL)-Step 6.4	73,16	Elastic
2	EC7(NL)-Step 6.5 * 1,20	65,51	Elastic
3	EC7(NL)-Step 6.1	60,74	Elastic
3	EC7(NL)-Step 6.2	60,09	Elastic
3	EC7(NL)-Step 6.3	59,95	Elastic
3	EC7(NL)-Step 6.4	59,04	Elastic
3	EC7(NL)-Step 6.5 * 1,20	65,57	Elastic
Max		75,93	

Due to multiplication of the representative value a force bigger than yield or buckling force may be present.

1.3 Overall Stability per Stage

Stage name	Stability factor [-]
Ontgr. tbv stempels	6,86
ontgr tot o.k. grondverb.	1,87
aanv. tot o.k. fundering	2,34

1.4 CUR Verification Steps



2 Input Data for all Stages

2.1 General Input Data

Verification according to National Annex of Eurocode 7 in the Netherlands (NEN 9997-1:2016)

Model	Sheet piling
Check vertical balance	No
Number of construction stages	3
Unit weight of water	9,81 kN/m ³
Number of curves for spring characteristics	3
Unloading curve on spring characteristic	No
Elastic calculation	Yes

2.2 Sheet Piling Properties

Length	9,00 m
Level top side	0,90 m
Number of sections	1

2.2.1 General properties

Section name	From [m]	To [m]	Material type	Acting width [m]
L 601 (S270)	-8,10	0,90	Steel	1,00

2.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour)

Section name	Elastic stiffness EI [kNm ² /m']	Red. factor on EI [-]	Corrected elas. stiffness EI [kNm ²]	Note to reduction factor
L 601 (S270)	2,4192E+04	1,00	2,4192E+04	scheve buiging

2.2.3 Maximum allowable moments

Section name	Mr;char;el [kNm/m']	Modification factor [-]	Material factor [-]	Red. factor allow. moment [-]	Mr;d;el [kNm]
L 601 (S270)	201,00	1,00	1,00	0,88	176,88

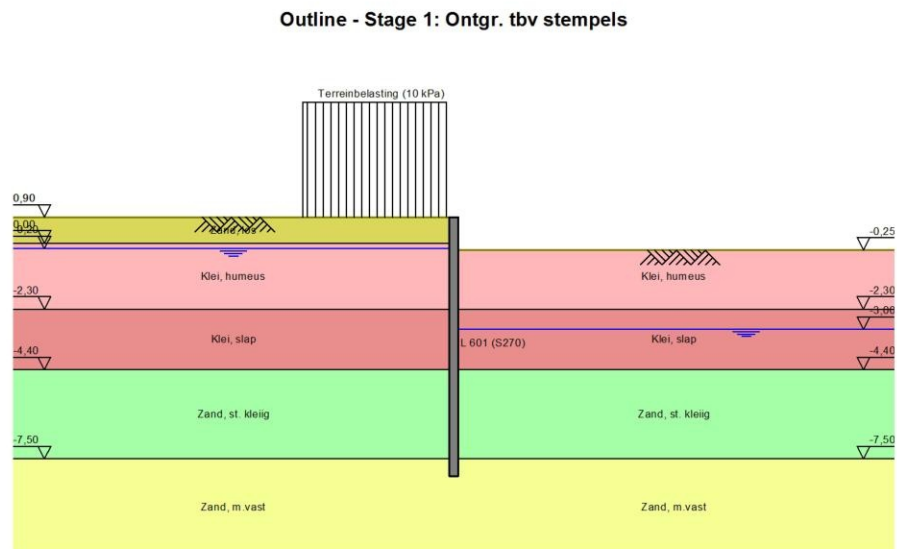
2.3 Calculation Options

First stage represents initial situation	No
Calculation refinement	Coarse
Reduce delta(s) according to CUR	Yes
Verification	EC7 NA NL - method B: Partial factors (design values) in verification of Eurocode 7 using the factors as described in the National Annex of the Netherlands. It is basically design approach III.
Verification of stage	1: Ontgr. tbv stempels
Multiplication factor for anchor stiffness	1,000
Used partial factor set	RC 1
Factors on loads	
- Permanent load, unfavourable	1,00
- Permanent load, favourable	1,00
- Variable load, unfavourable	1,00
- Variable load, favourable	0,00
Factors on representative values	

- Partial factor on M, D and Pmax	1,20
Material factors	
- Cohesion	1,15
- Tangent phi	1,15
- Delta (wall friction angle)	1,15
- Modulus of low representative subgrade reaction	1,30
Geometry modification	
- Increase retaining height	10,00 %
- Maximum increase retaining height	0,50 m
- Reduction in phreatic line on passive side	0,20 m
- Raise in phreatic line on passive side	0,20 m
- Raise in phreatic line on active side	0,05 m
Overall stability factors	
- Cohesion	1,30
- Tangent phi	1,20
- Factor on unit weight soil	1,00
Verification of stage	2: ontgr tot o.k. grondverb.
Multiplication factor for anchor stiffness	1,000
Used partial factor set	RC 1
Factors on loads	
- Permanent load, unfavourable	1,00
- Permanent load, favourable	1,00
- Variable load, unfavourable	1,00
- Variable load, favourable	0,00
Factors on representative values	
- Partial factor on M, D and Pmax	1,20
Material factors	
- Cohesion	1,15
- Tangent phi	1,15
- Delta (wall friction angle)	1,15
- Modulus of low representative subgrade reaction	1,30
Geometry modification	
- Increase retaining height	10,00 %
- Maximum increase retaining height	0,50 m
- Reduction in phreatic line on passive side	0,20 m
- Raise in phreatic line on passive side	0,20 m
- Raise in phreatic line on active side	0,05 m
Overall stability factors	
- Cohesion	1,30
- Tangent phi	1,20
- Factor on unit weight soil	1,00
Verification of stage	3: aanv. tot o.k. fundering
Multiplication factor for anchor stiffness	1,000
Used partial factor set	RC 1
Factors on loads	
- Permanent load, unfavourable	1,00
- Permanent load, favourable	1,00
- Variable load, unfavourable	1,00
- Variable load, favourable	0,00
Factors on representative values	
- Partial factor on M, D and Pmax	1,20

Material factors	
- Cohesion	1,15
- Tangent phi	1,15
- Delta (wall friction angle)	1,15
- Modulus of low representative subgrade reaction	1,30
Geometry modification	
- Increase retaining height	10,00 %
- Maximum increase retaining height	0,50 m
- Reduction in phreatic line on passive side	0,20 m
- Raise in phreatic line on passive side	0,20 m
- Raise in phreatic line on active side	0,05 m
Overall stability factors	
- Cohesion	1,30
- Tangent phi	1,20
- Factor on unit weight soil	1,00

3 Outline Stage 1: Ontgr. tbv stempels



End of Report