

Memo

onderwerp Verdrogingsaanpak Lampenbroek - DO ontwerp stuw en voetgangersbruggen
bestemd voor Waterschap Vallei en Veluwe
ter attentie van
opgesteld door ir. Frank Schotman
gecontroleerd door ing. Sander van het Erve RO

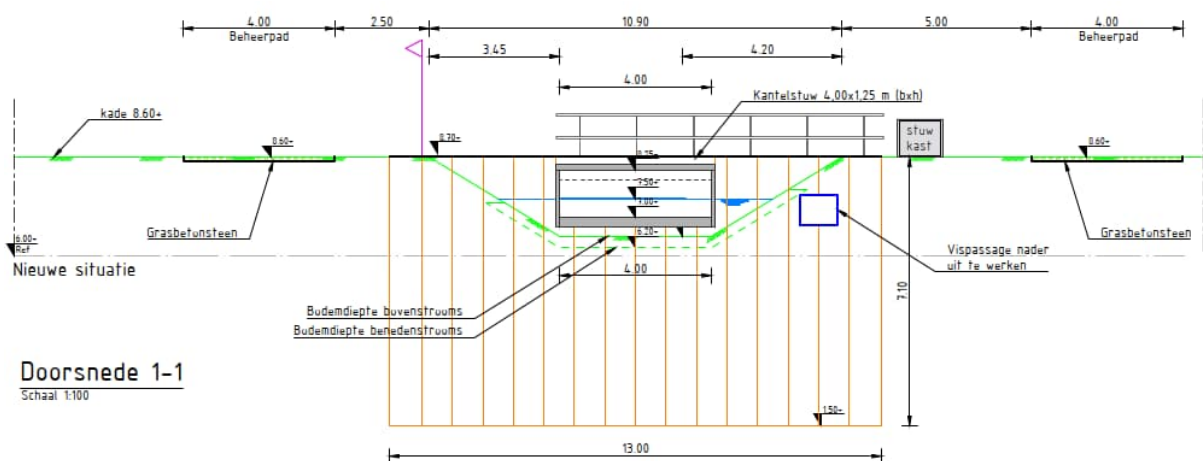
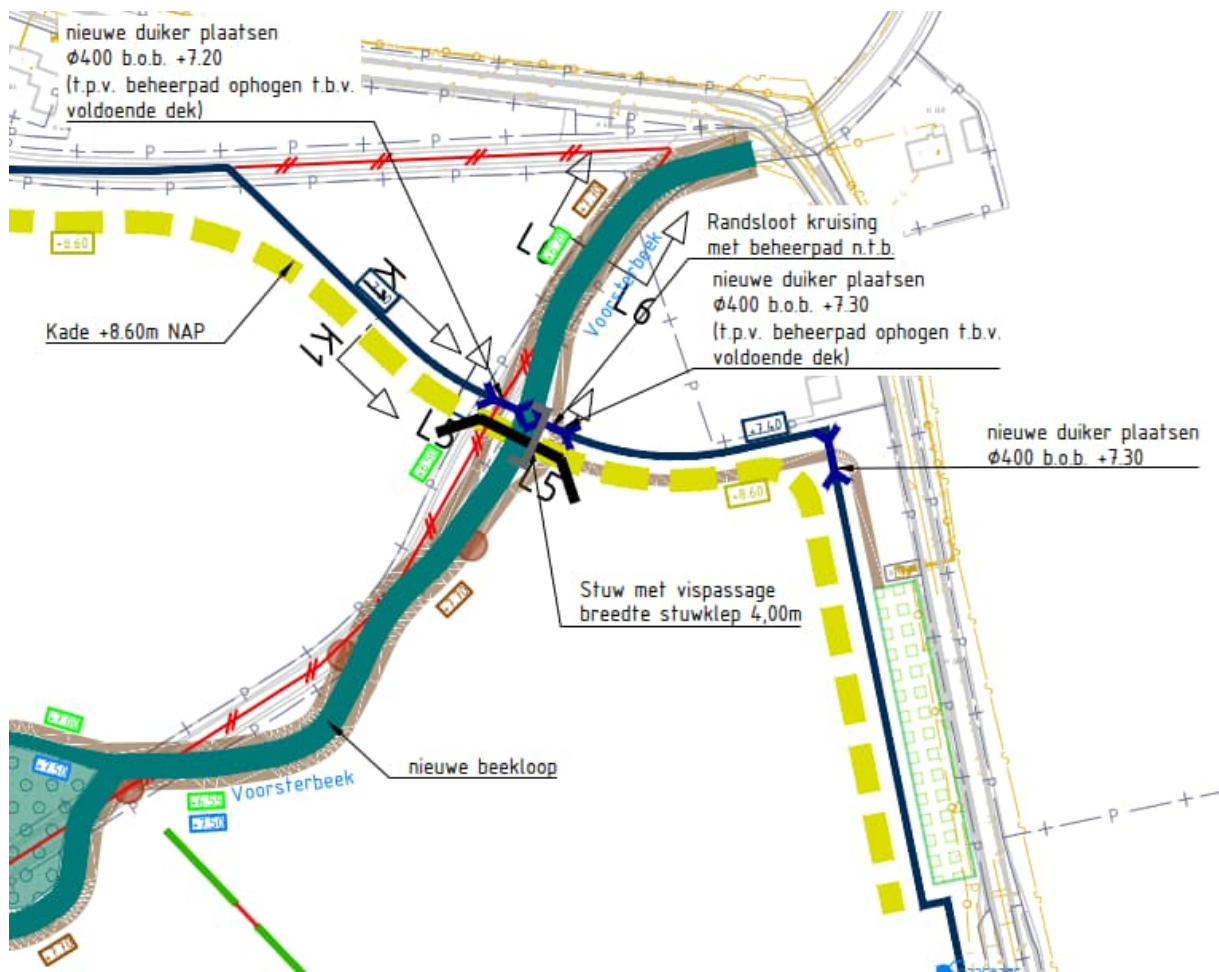
datum 11 juli 2023
referentie 222055_AdB_MEM_0001_v5.0
projectnummer 222055

1 Documenthistorie

Versie	Datum	Wijziging
1.0	04-04-2023	Eerste externe uitgave
2.0	17-04-2023	Aanpassing naar niet gecoate damwand
3.0	08-05-2023	Opmerkingen OG verwerkt
4.0	09-06-2023	Voetgangersbruggen toegevoegd, nieuwe technische standaard stuw verwerkt
5.0	11-07-2023	Opmerkingen OG verwerkt

2 Algemeen

Ten behoeve van het project Verdrogingsaanpak Lampenbroek dient een stuw en voetgangersbruggen te worden gerealiseerd. In deze memo wordt het definitief ontwerp van deze constructie uitgewerkt.





3 Randvoorwaarden en uitgangspunten

3.1 Beschikbare informatie

De beschikbare documenten zijn weergegeven in onderstaande tabel.

Referentie	Document	Opsteller	Datum
1	222055_AdB_TEK_2004 Verdrogingsaanpak Lampenbroek – Voorontwerp – Overzicht blad 2 v3.0	Aveco de Bondt	16-03-2023
2	222055_AdB_TEK_2005 Verdrogingsaanpak Lampenbroek – Voorontwerp – Dwarsprofielen L1 t/m L5 v3.0	Aveco de Bondt	16-03-2023
3	Technische standaard Regelbare stuwen – v1.00	Waterschap Vallei en Veluwe	Juni 2013
4	904996 Rapportage geotechnisch onderzoek	Veldwerkbureau	21-03-2023

3.2 Materialen

3.2.1 Stalen damwand

De damwand wordt in staalkwaliteit S275JR uitgevoerd.

Staalkwaliteit	f_u N/mm ²	f_y N/mm ²	E_s N/mm ²
S275JR	410	275	$2,1 \cdot 10^5$

Tabel 1: Eigenschappen staal damwand

3.2.2 Constructiestaal

Het constructiestaal wordt in S355 uitgevoerd.

Staalkwaliteit	f_u N/mm ²	f_y N/mm ²	E_s N/mm ²
S355	490	355	$2,1 \cdot 10^5$

Tabel 2: Eigenschappen constructiestaal

Kwaliteit	$f_{m,k}$ N/mm ²	$f_{v,k}$ N/mm ²	$E_{0,mean,k}$ N/mm ²	r_k kg/m ³
D50	50	4,5	14000	1050

Tabel 3: Eigenschappen hout

$K_{def}=2,0$ voor klimaatklasse 3. Dit betekent een E van:

$$E_{0,mean,fin} = \frac{E_{mean}}{1 + k_{def}} = \frac{14000}{1 + 2} = 4667 \text{ N/mm}^2$$



3.3 Randvoorwaarden uit technische standaard

De volgende relevante randvoorwaarden zijn overgenomen uit de technische standaard van opdrachtgever:

- Stalen damwanden toepassen, koudgewalst, niet gecoat.
- CUR veiligheidsklasse II. Dit komt overeen met RC1.
- Staalkwaliteit S275JR
- Damwanden trillingsarm aanbrengen
- Damwand voorzien van stalen deksloof. Dekslloof waterdicht afdichten op damwand
- Bodem – en taludbescherming toepassen tot 0,3m boven streefpeil. Uitvoeren in beton C20/25. XC1, krimpnet.
- Aanbrengen bordes met 3 reling leuning aan benedenstroomse zijde. Bordes 1m breed, leuning 1,1m hoog.
- Er is geen ontwerplevensduur gegeven. Deze wordt gehanteerd op 50 jaar, conform CUR166.



3.4 Normen en software

3.4.1 Algemene normen en richtlijnen

In onderstaand overzicht staan de normen weergegeven welke direct van toepassing zijn op dit werk.

Nummer	Omschrijving
NEN-EN 1990+A1+A1/C2:2019+NB	Eurocode-Grondslagen van het constructief ontwerp, inclusief nationale bijlage
NEN-EN 1991-1-1+C1+C11:2019 +NB	Eurocode 1: Belastingen op constructies – deel 1-1: Algemene belastingen - Volumieke gewichten, eigen gewicht, opgelegde belastingen voor gebouwen, inclusief nationale bijlage
NEN-EN 1992-1-1+C2:2011 +NB	Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies: deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen, inclusief nationale bijlage
NEN-EN 1993-1-1+C2:2014 +NB	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies: deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen, inclusief nationale bijlage
NEN-EN 1995-1-1+C2:2014 +NB	Eurocode 5: Ontwerp en berekening van houtconstructies: deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen, inclusief nationale bijlage
NEN9997-1:2016+C2:2017	Geotechnisch ontwerp van constructies – deel 1: Algemene regels

3.4.2 Specifieke normen en richtlijnen

- CUR 166, 6e herziene druk.

3.4.3 Software

De volgende software is gebruikt bij de uitwerking van deze berekening:

- D-sheet v 22.2



3.5 Veiligheidsklasse en referentieperiode

Ontwerplevensduur 50 jaar

Gevolgklasse CC1/RC1

3.5.1 Factoren t.b.v. controle damwand

Bij de controle van de damwand wordt er door de rekensoftware gerekend met de hieronder weergegeven factoren voor gevolgklasse RC1.

EC7 General		EC7 NLI		CUR		EC7 BE																			
		RC 0		RC 1,2,3		RC 1		RC 2		RC 3															
Factors on loads																									
		Geotechnical loads				Constructive loads				Geotechnical loads				Constructive loads				Geotechnical loads				Constructive loads			
Factor on permanent load, unfavourable	[-]	1,000	1,000	1,215	1,215	1,000	1,000	1,350	1,350	1,000	1,000	1,485	1,485												
Factor on permanent load, favourable	[-]	1,000	1,000	0,900	0,900	1,000	1,000	0,900	0,900	1,000	1,000	0,900	0,900												
Factor on variable load, unfavourable	[-]	1,000	1,000	1,350	1,350	1,100	1,100	1,500	1,500	1,250	1,250	1,650	1,650												
Factor on variable load, favourable	[-]	0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000													
Material factors																									
Factor on cohesion	[-]	1,150	1,150			1,250	1,250			1,400	1,400														
Factor on tangent phi	[-]	1,150	1,150			1,175	1,175			1,200	1,200														
Factor on low rep. mod. of subg. reactions	[-]	1,300	1,300			1,300	1,300			1,300	1,300														
Geometry modification																									
Increase retaining height	[%]	10,00	10,00			10,00	10,00			10,00	10,00														
Maximum increase retaining height	[m]	0,50	0,50			0,50	0,50			0,50	0,50														
Change in phreatic line on passive side	[m]	0,20	0,20			0,25	0,25			0,25	0,25														
Raise in phreatic line on active side	[m]	0,05	0,05			0,05	0,05			0,05	0,05														
Overall stability factors																									
Factor on cohesion	[-]	1,300	1,300			1,450	1,450			1,600	1,600														
Factor on tangent phi	[-]	1,200	1,200			1,250	1,250			1,300	1,300														
Factor on unit weight soil	[-]	1,000	1,000			1,000	1,000			1,000	1,000														
Factors on representative values																									
Factor on rep. values of M, D and Pmax	[-]	1,200	1,200			1,200	1,200			1,350	1,350														
Vertical balance factors																									
Partial factor base resistance (gamma_b)	[-]	1,200	1,200			1,200	1,200			1,200	1,200														

Tabel 4: Partiële factoren damwand (conform NEN9997-1)

3.6 Belasting

Conform [3] dient er gerekend te worden met een bovenbelasting op het maaiveld en damwand van 2kN/m².

Op het bordes wordt gerekend met een nuttige belasting van 2kN/m². Daarnaast wordt er gerekend op een eigen gewicht van de constructie van 0,5kN/m². De breedte van het bordes is 1 meter. Dit levert een moment op om de damwand van maximaal $M_{rep} = (2 + 0,5) \cdot 4/2 \cdot 1 = 5 \text{ kNm/m}$ op de rand van de sparring voor de stuw. Dit moment wordt in rekening gebracht in D-sheet.



3.7 Grondgegevens

In bijlage 1 is het uitgevoerde grondonderzoek opgenomen. Er zijn 2 sonderingen gemaakt die een vergelijkbaar beeld geven. De bodem bestaat uit zandlagen. In de bovenste meters zijn enkele dunne klei- en siltige lagen aangetroffen. In sondering 2 bevindt zich een veenlaag in de bovenste meter.

De grondopbouw wordt is als volgt aangehouden (de parameters zijn gekozen in overeenstemming met tabel 2b uit NEN997-1):

Laag omschrijving	Bovenkant laag	γ_{droog}	γ_{nat}	c	f	d	K_1	K_2	K_3
	[m tov NAP]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[°]	[°]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[kN/m ³]
Veen, matig	7,75	12	12	2,5	15	0	$2 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^2$
Zand, siltig, los	6,75	18	20	0	25	16,67	$1,4 \cdot 10^4$	$7 \cdot 10^3$	$3,5 \cdot 10^3$
Leem, sterk zandig, stijf	-3,25	19	19	0	27,5	18,3	$6 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^3$
Klei, slap	-3,75	14	14	0	17,5	11,67	$2 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^2$
Zand, zwak siltig, matig	-8,25	18	20	0	27	18	$1,6 \cdot 10^4$	$0,8 \cdot 10^4$	$0,4 \cdot 10^4$

3.8 Reductie t.g.v. corrosie

Er wordt in de berekening rekening gehouden met de optredende corrosie over een periode van 50 jaar. Aan de hand van de tabel uit de CUR166 wordt de doorsnede afname bepaald voor de damwanden. De maximale afroesting bedraagt: $0,6 + 0,9 = 1,5 \text{ mm}$.

Tabel 5: Tabel 9.2 en 9.3 CUR166

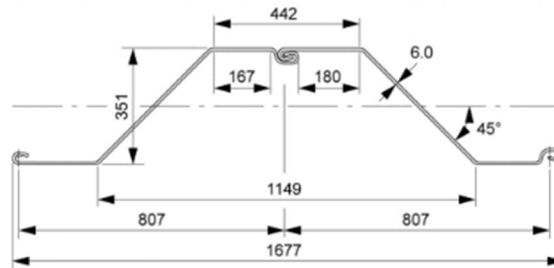
Tabel 9.2. Aantasting (mm) van damwanden in bodem en ophogingen met of zonder grondwater (per blootgestelde zijde *).

Beoogde levensduur (jaar)	5 ***)	25 ***)	50	75	100
Ongeroerde, schone bodem	0,00	0,30	0,60	0,90	1,20
Verontreinigde bodem, geroerde grond	0,15	0,75	1,50	2,25	3,00
Zure bodem (veen, moeras)	0,20	1,00	1,75	2,50	3,25
Onverdichte grond (klei, zand) **)	0,18	0,70	1,20	1,70	2,20
Onverdicht, agressief ophoogmateriaal (bodemas, slakken, sintels)	0,50	2,00	3,25	4,50	5,75

Tabel 9.3. Aantasting (mm) van damwanden in zoet en zout water (per blootgestelde zijde) *) **).

Beoogde levensduur (jaar)	5 ***)	25 ***)	50	75	100
Schoon, zoet water (rond de waterlijn)	0,15	0,55	0,90	1,15	1,40
Sterk verontreinigd zoet water (rond de waterlijn)	0,30	1,30	2,30	3,30	4,30
Zout water in gematigd klimaat (spatzone en laag waterzone)	0,55	1,90	3,75	5,60	7,50
Zout water in gematigd klimaat (permanent onderwaterzone)	0,25	0,90	1,75	2,60	3,50

Een koudgevoormd PAZ5460 profiel heeft een reductiefactor van $(6-1,5)/6=0,75$



Metric units ☒ Imperial units

PAZ 5460

	A	G	I_y	$W_{el,y}$	r_g	A_L
	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm	m ² /m
Per S	68.7	53.9	13 710	781	14.13	1.04
Per D	137.3	107.8	27 420	1 562	14.13	2.05
Per m of wall	85.1	66.8	16 989	968	14.13	1.27

A	Cross sectional steel area
G	Mass per m
I_y	Moment of inertia about the main neutral axis y-y
$W_{el,y}$	Elastic section modulus
r_g	Radius of gyration about the y-y axis
A_L	Coating area. One side, excludes inside of interlocks

3.9 Peilen

De reguliere afvoer in zomer, winter en T1 bedraagt NAP+7,5m. De extreme waterstand (T10, T100) bedraagt NAP+8,25m.

De waterstand benedenstrooms wordt gehanteerd op NAP+7,15m. Dit is het vaste peil van het lage pand.



4 Constructie

De breedte van de stuw bedraagt 4m.

4.1.1 Peilen

De volgende peilen worden gehanteerd:

- Kopniveau NAP+8,7m
- Maximaal peil NAP+8,25m
- Minimaal peil NAP +7,5m
- Peil benedenstrooms NAP+7,15m
- Bodemdiepte bovenstrooms NAP +6,50m
- Bodemdiepte benedenstrooms NAP +6,20m

4.1.2 Constructie

Het verschil in peil is NAP +8,25m-7,15=0,75m. Dit betekent een waterdruk van 1,1m op de stuwklep. Dit levert een kracht op aan weerszijden van de stuw van:

$$q_{\text{stuw}} = 1,1 \cdot 10 \cdot 1,1 \cdot 0,5 \cdot 4 / 2 = 12,1 \text{ kN/m}$$

De maatgevende snede voor de damwandberekening betreft de snede naast de stuw. Hier wordt een horizontaalkracht van 12,1kN/m op een hoogte van NAP +7,15+(8,25-7,15)/3=NAP+7,52m aangebracht. Op deze snede wordt ook de waterdruk in rekening gebracht. Dit is in werkelijkheid niet beide volledig aanwezig. Dit is een conservatieve beschouwing.

Vanwege de kleine bovenbelasting wordt het verticale draagvermogen niet gecontroleerd.

Een PAZ5460 (S275GP) met een planklengte van 7,2 meter is benodigd. Het puntniveau bedraagt NAP+1,5. Een kortere plank is vanwege de benodigde stabiliteit niet mogelijk. Een lichter profiel zorgt voor een te grote doorbuiging.

De resultaten van de damwand berekening zijn samengevat in onderstaande tabel.

Berekening	u	M _{Ed}	M _{Rd}	U.C. moment
	[mm]	[kNm/m]	[kNm/m]	[-]
Gebruiksfase	45	118	196	0,60

Tabel 6: Resultaten damwandberekening PAZ5460

De damwand valt in doorsnedeklasse 4. De dwarskrachtcapaciteit wordt bepaald aan de hand van NEN-EN1993-1-3 (koudgeformde dunwandige profielen en platen), art 6.1.5:

$$V_{b,Rd} = \frac{\frac{h_w}{\sin \varphi} * t * f_{bv}}{\gamma_{M0}} = \frac{\frac{345}{\sin 45} * 6 * 148,3}{1} = 435 \text{ kN}$$

Waarin:

h_w de hoogte van het lijf: 351-6=345mm

φ de hoek van het lijf ten opzichte van de flens

t de dikte van het lijf

f_{bv} de dwarskrachtsterkte met inbegrip van knik, afhankelijk van de slankheid:



$$\lambda_w = 0,346 * \frac{s_w}{t} * \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}} = 0,346 * \frac{496}{6} * \sqrt{\frac{275}{2,1 * 10^5}} = 1,04$$

Waarin:

s_w de lengte van het lijf: $351 * \sqrt{2} = 496 \text{ mm}$

$$0,83 < \lambda_w \leq 1,4 \Rightarrow f_{bv} = 0,48 * f_{yb} / \lambda_w = 148,3 \text{ N/mm}^2$$

Bij een afgeroeste damwand neemt de dwarskrachtcapaciteit van de doorsnede af tot:

$$V_{b,Rd,t=50} = \frac{\frac{h_w}{\sin \varphi} * t * f_{bv}}{\gamma_{M0}} = \frac{\frac{345}{\sin 45} * 4,5 * 148,3}{1} = 325 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 108 \text{ kN}$$

$$U.C. = 108 / 325 = 0,33$$

De maximaal optredende dwarskracht is kleiner dan 50% van de toelaatbare dwarskracht. Er hoeft geen reductie op vloeigrens van de momentweerstand te hoeven beschouwd.

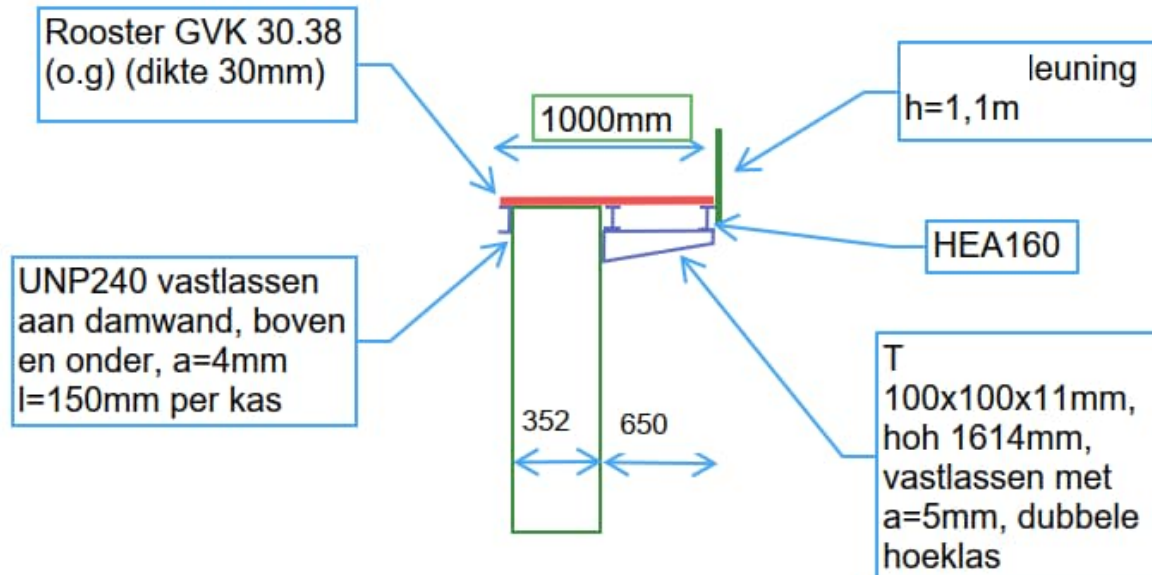
4.1.3 Onder- en achterloopsheid

Onder- en achterloopsheid treedt niet op door de aanwezigheid van een afsluitend stortebed van beton tot 0,3m boven streefpeil. De damwand wordt doorgezet in de kade tot NAP+8,7m. Dit levert een breedte van minimaal $8 * 1,614 = 12,9 \text{ m}$.



4.1.4 Bordes

Het bordes wordt op en aan de benedenstroomse zijde van de damwand gemonteerd. De breedte van het bordes bedraagt 1,0m. Aan de benedenstroomse zijde komt een 3-relige leuning.



Figuur 3: Schets bordes

Aan de bovenstroomse zijde wordt aan iedere kas een UNP240 vastgelast. Aan de benedenstroomse zijde wordt aan iedere kas een T 100x100x11mm vastgelast. Hierboven op komen 2 HEA160 profielen.

De HEA160 en UNP240 overspannen de 4 meter breedte van de stuwklep. Er wordt gerekend op een 5m overspanning omdat het steunpunt niet op 4 meter zal liggen. 3 dubbele planken is een h.o.h. van $3 \cdot 1614 = 4842\text{mm}$.

Bij een nuttige belasting van 2kN/m^2 is het optredende moment in de liggers (veiligheidsfactor 1,5, afdragende breedte $1/2 = 0,5\text{m}$, eigen gewicht staal ingeschat op $0,5\text{kN/m}^2$):

$$M_{Ed} = 1,5 \cdot (2 + 0,5) \cdot 0,5 \cdot 5^2 = 47\text{kNm/m}$$

$$W_{y,UNP240} = 300 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{y,HEA160} = 220 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_s = \frac{M}{W} = \frac{47 \cdot 10^6}{220 \cdot 10^3} = 214 \text{ N/mm}^2 \leq 355 \text{ N/mm}^2$$

De ligger voldoet.

$$u = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot l^4}{EI} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1,25 \cdot 5000^4}{2,1 \cdot 10^5 \cdot 1673 \cdot 10^4} = 3\text{mm}$$

Akkoord.

Console T 100x100x11mm, hoh 1614mm.



Console naast stuw: afdracht op console: $4/2 + 1,614/2 = 2,84\text{m}$. Deze is maatgevend boven de console die hoh $1,614\text{m}$ wordt ondersteund.

$$M_{Ed} = 1,5 * (2,5 * 2,84) * (0,65 + 0,35/2) * 0,65/2 = 2,86\text{kNm}$$

$$\sigma_s = \frac{M}{W} = \frac{2,86 * 10^6}{\frac{1}{6} * 11 * 100^2} = 156\text{N/mm}^2 \leq 355\text{N/mm}^2$$

Lassen aan damwand

Het T-profiel wordt bevestigd met een dubbele hoeklas op over de hoogte met $a=5\text{mm}$ (geen corrosie ivm coating). Als effectieve lengte wordt 80mm gehanteerd.

$$\text{Verticaalkracht: } F_{Ed} = 1,5 * 2,5 * 2,84 * (0,65 + 0,35/2) = 8\text{kN}.$$

De capaciteit van de las is (zwakst verbonden materiaal S275JR) :

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}} = \frac{410}{0,8 * 1,25} = 410\text{N/mm}^2$$

Toetsing las:

$$\sigma_1 = \frac{F_{sd}}{2 * a * l_{ref}} = \frac{8 * 1000}{2 * 5 * 80} = 10\text{N/mm}^2$$

Het moment om de las geeft een spanning van:

$$\sigma_L = \tau_L = \frac{2,12 * M_{sd}}{a * l_{ref}^2} = \frac{2,12 * 2,86 * 10^6}{5 * 80^2} = 189\text{N/mm}^2$$

De gecombineerde spanning is:

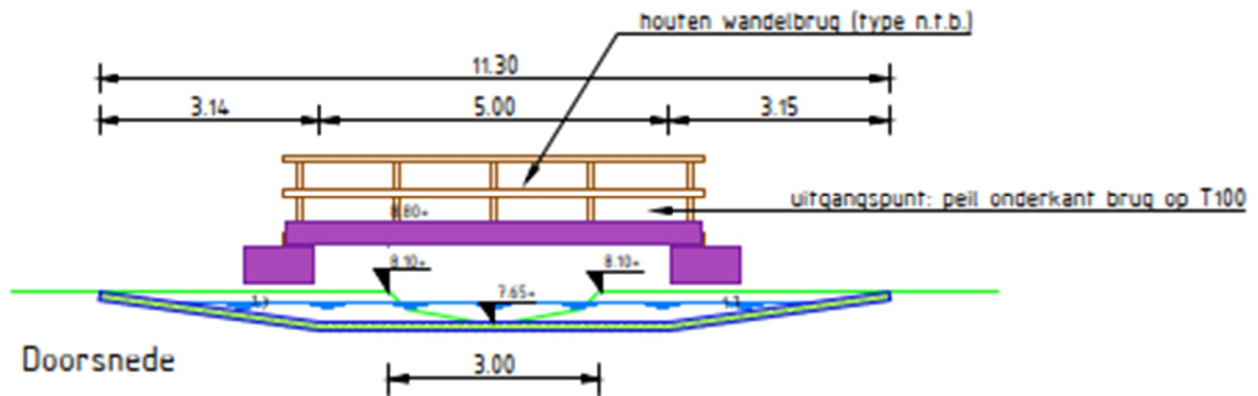
$$\sigma = \sqrt{189^2 + 3 * 189^2 + 10^2} = 379\text{N/mm}^2 < 410\text{N/mm}^2$$

Lassen UNP240 aan damwand: aan boven en onderzijde praktisch $a=4\text{mm}$, $l=150\text{mm}$ per damwandkas.

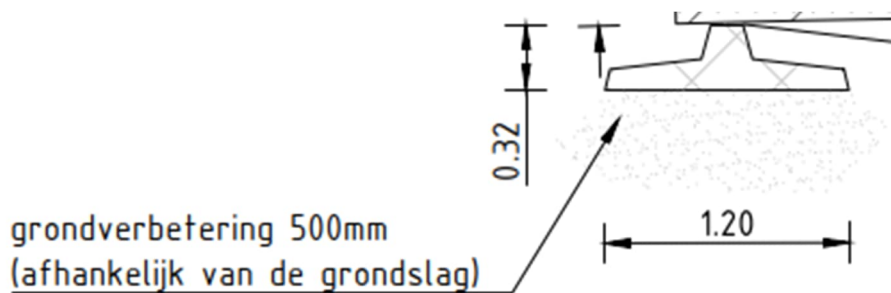


5 Voetgangersbrug

De voetgangersbruggen worden op staal gefundeerd door middel van een prefab betonnen funderingssloof.



Figuur 4: Vorm voetgangersbrug



Figuur 5: Prefab funderingssloof

Een grondverbetering is hier mogelijk benodigd. Bij leem of kleilagen dienen deze verwijderd te worden tot een meter onder de fundatie. Hieronder dient in lagen verdicht zand te worden aangebracht. Een minimale sonderingswaarde van 5MPa dient te worden bereikt.

Op de sloof worden balkdragers aangebracht zodat het hout niet in contact komt met het beton. De prefab sloof dient tenminste 1,20m breed te zijn, bij een hoogte van minimaal 32 cm. In het UO wordt dit verder uitgewerkt. Detaillering van de brug is bepalend voor de levensduur van de constructie. Hier zal in het UO nader op ingegaan worden. Met een goede detaillering is een levensduur van meer dan 30 jaar mogelijk (met uitzondering van de dekplanken).

5.1 Hoofdliggers

Hoofdliggers hoh 0,5m. 50x200mm. Sterkteklasse D50 wordt gehanteerd. Hierdoor kan er een houtsoort worden toegepast met klimaatklasse 1 met een voldoende hoge sterkteklasse.

$$f_{mk}=50\text{N/mm}^2$$

$$g_m=1,3$$

klimaatklasse 3

$$k_{\text{mod,blijvend}}=0,5$$

$$k_{\text{mod,kort}}=0,7$$

$$f_{m,d,\text{blijvend}}=50*0,5/1,3=19,2\text{N/mm}^2$$

$$f_{m,d,\text{kort}}=50*0,7/1,3=26,9\text{N/mm}^2$$



$$f_{v,k}=4,5\text{N/mm}^2$$

$$f_{v,d}=4,5*0,5/1,3=1,73\text{N/mm}^2$$

De langsliggers 200x100mm hebben een lengte van maximaal 5000mm. De liggers liggen hoh 0,5m.

$$M_{rep}=1/8*(5*0,5+0,2*0,1*11)*5,0^2=8,2\text{kNm/ligger}$$

$$M_{Ed}=1,2*8,2=9,8\text{kNm/ligger}$$

$$M_{Rd,blijvend}=1/6*100*200^2*19,2=12,8\text{kNm/ligger}$$

$$U.C.=12,8/18=0,71$$

Op de randligger is de rustende belasting van de leuning aanwezig, deze is echter niet maatgevend ten opzichte van de door nuttige belasting zwaarder belaste middenligger.

$$V_{rep}=1/2*(5*0,5+0,2*0,1*11)*5,0=6,8\text{kN/ligger}$$

$$V_{Ed}=1,2*6,8=8,2\text{kN/ligger}$$

$$v_{Ed}=3/2*V_{Ed}/(b*h)=0,49\text{N/mm}^2$$

$$U.C.=0,49/1,73=0,28$$

Doorbuiging (quasi blijvende combinatie):

$$E_{mean,fin}=14000/(1+2)=4667\text{N/mm}^2$$

$$K_{def}=3,0$$

$$u = \frac{5}{384} * \frac{q * l^4}{E * I} = \frac{5}{384} * \frac{(0,2 * 0,1 * 11) * 5000^4}{4667 * \frac{1}{12} * 100 * 200^3} = 5,75\text{mm}$$

$$u_{toelaatbaar}=l/250=20\text{mm}$$

akkoord

5.2 Dekplanken

Toegepast worden dekplanken met een dikte van 35mm, voorzien van anti-slipstroken of gegroefd uitgevoerd. In het UO wordt dit uitgewerkt, in afstemming met onderhoudsadviseur van OG.

De puntlast op de dekplanken bedraagt 7kN. Dit levert een maximaal moment in de dekplank van

$$M_{rep}=1/4*7*0,5=0,88\text{kNm}$$

$$M_{Ed}=1,2*0,88=1,05\text{kNm}$$

Per plank is dit $1,05*0,2=0,21\text{kNm/plank}$

$$M_{Rd,kort}=26,9*1/6*200*35^2=1,1\text{kNm}$$

$$U.C.=0,21/1,1=0,18$$

5.3 Leuning

De leuning wordt praktisch. Deze wordt in hout uitgevoerd. Detailafmetingen van leuning wordt in het UO verder uitgewerkt.



Bijlage 1 Geotechnisch onderzoek

Geotechnisch grondonderzoek

Stuw Lampenbroek te Klarenbeek

***In opdracht van:
Aveco de Bondt***

**Rapport
VWB904996/23/ALG/1695**

Auteur: W. van Hemert Datum: 21 maart 2023 Projectnummer: 904996-222055

Verantwoording

Titel : Rapportage geotechnisch grondonderzoek

Datum : 21 maart 2023

Status : Definitief

Projectnaam : Stuw Lampenbroek Klarenbeek

Projectnummer : 904996

Opdrachtgever : Aveco de Bondt

Projectnummer opdrachtgever : 222055

Referentie : VWB904996/23/ALG/1695

Opgesteld door
W. van Hemert

Gecontroleerd door
H. de Peijper

Goedgekeurd door
J. van Leeuwen




VWB Bodem B.V.

Kanaal Zuid 290
7364 AJ Lieren

Tel. : 055-5068231

E-Mail : sondeer@vwb.nl

Internet : www.vwb.nl

Inhoudsopgave

Inleiding	3
1 Geotechnisch grondonderzoek	4
1.1 Algemeen.....	4
1.2 Normen en richtlijnen	4
1.3 Veldwerk.....	4
1.4 Classificatie middels wrijvingsgetal	5

Bijlagen

Bijlage 1: Tekening

Bijlage 2: Sondeergrafieken

Bijlage 3: Boorstaat

Bijlage 4: Tabel X, Y (RD) en Z (NAP)

Inleiding

VWB Bodem B.V. heeft van Aveco de Bondt opdracht gekregen voor het uitvoeren van een geotechnisch grondonderzoek ter plaatse van een nieuw te bouwen stuw. De locatie is gelegen nabij de Polveensweg te Klarenbeek.

Dit onderzoek is uitgevoerd ten behoeve van het geotechnisch ontwerp.

In het voorliggende rapport wordt het overzicht en de resultaten van het uitgevoerde geotechnisch grondonderzoek gepresenteerd.

1 Geotechnisch grondonderzoek

1.1 Algemeen

Dit hoofdstuk bevat de opsomming en de resultaten van het uitgevoerde geotechnisch grondonderzoek.

1.2 Normen en richtlijnen

Het geotechnisch grondonderzoek is uitgevoerd conform de volgende normen en richtlijnen.

De standaard toegepaste conus bij VWB Bodem is de “elektrische kleefmantelconus”, waarmee de conusweerstand, de plaatselijke wrijvingsweerstand en de helling gelijktijdig worden gemeten. Sinds februari 2013 is de nieuwe 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 teruggetrokken. In NEN 9997-1 wordt echter nog wel verwezen naar NEN 5140.

Tabel 1.2 Normen en richtlijnen

Kenmerk	Titel	Jaar
NEN 9997-1	Geotechniek – Geotechnisch ontwerp van constructies	2011
NEN 22476-1	Geotechniek – Geotechnisch onderzoek en beproeving - veldproeven	2012
NEN-ISO 14688-1	Geotechniek – Identificatie en classificatie van grond	2019
NEN 8990	Geotechniek – Nederlandse aanvulling op NEN-ISO 14688-1	2020

1.3 Veldwerk

Het uitgevoerde veldwerk heeft bestaan uit de onderstaande onderdelen:

- 2 Elektrische sonderingen tot een diepte van 20 m – mv inclusief meting van de plaatselijke kleef;
- 1 Handboring tot een diepte van 5 m – mv ten behoeve van een classificatie van de toplaag;
- Het inmeten van de sonderingen en boring in X, Y (RD) en Z (NAP);

Het veldwerk heeft plaatsgevonden d.d. 07-03-2023. De sonderingen zijn uitgevoerd gebruikmakend van onze 180 kN Track-Truck.

De grondwaterstand is gemeten op een diepte van 0,3 m – mv. De ter plaatse gemeten grondwaterstand zegt niets over het verloop van de grondwaterstand over een langere periode. De grondwaterstand kan fluctueren. Omtrent de uitvoering van het veldwerk zijn geen bijzonderheden te melden.

In bijlage 1 is een overzichtstekening opgenomen van de locaties van het veldwerk. De sondeerresultaten zijn opgenomen in bijlage 2. In bijlage 3 zijn de boorstaat van de boringen opgenomen. De hoogten (Z) van de onderzoeklocaties zijn ingemeten d.m.v. RTK GPS in meters ten opzichte van NAP. Voorts zijn de onderzoeklocaties vastgelegd in X en Y coördinaten volgens het Rijksdriehoekstelsel (RD), weergegeven in bijlage 4.

1.4 Classificatie middels wrijvingsgetal

De conusweerstand geeft informatie met betrekking tot de pakking van de aanwezige grondsoorten. Het quotiënt van de mantelwrijving en conusweerstand is het wrijvingsgetal. Het wrijvingsgetal, in combinatie met de conusweerstand, geeft een indicatie voor de betreffende grondsoort. In de onderstaande tabel 1.1 is een overzicht gegeven van veel voorkomende relaties tussen grondsoort en wrijvingsgetal, zie ook bijlage 2.

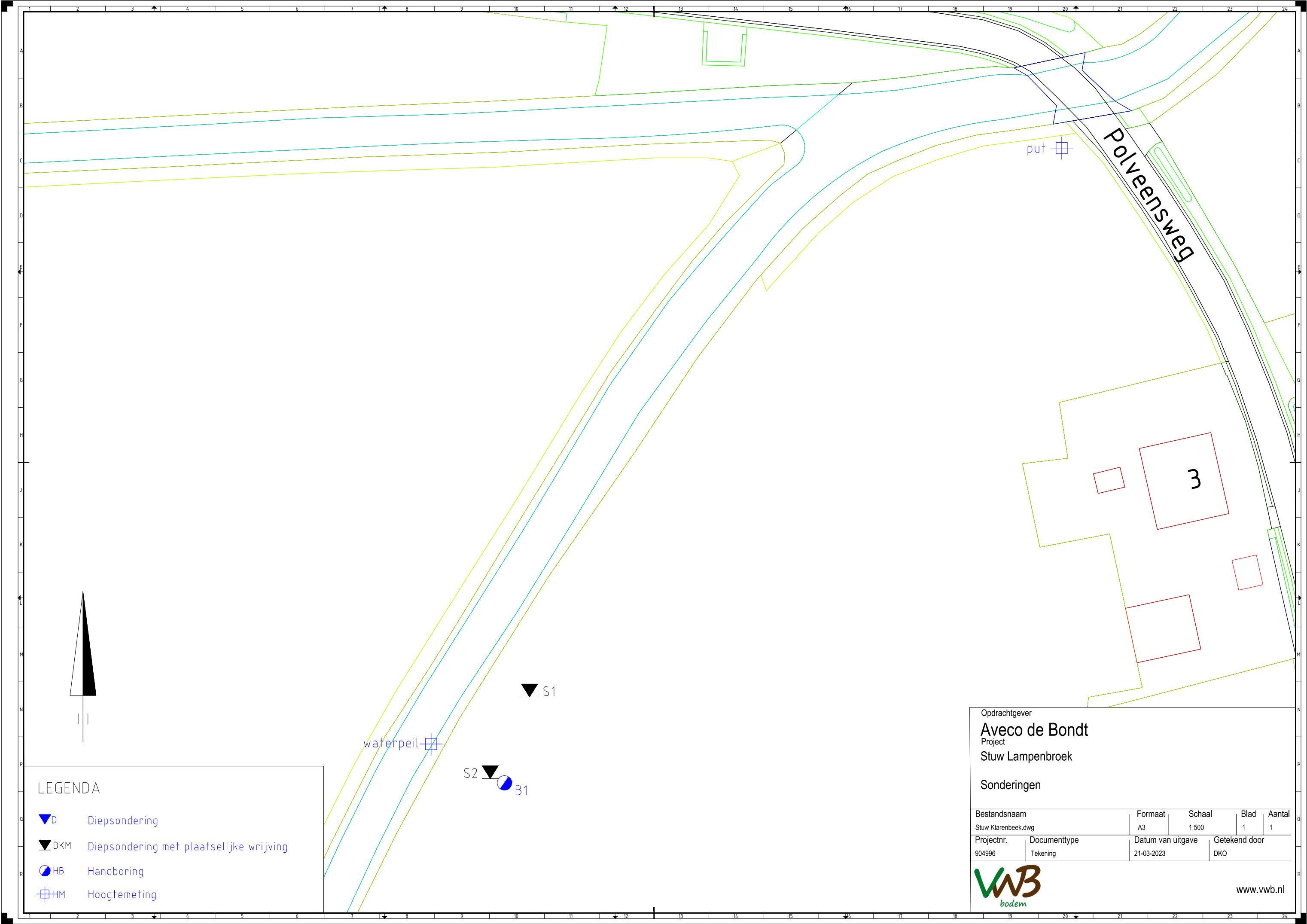
Tabel 1.1
Grondsoorten

Grondsoort	Wrijvingsgetal in %
Zand	ca. 0,5 tot 1,2
Silthoudend zand	ca. 1 à 2
Leem	ca. 1,5 à 3
Klei	ca. 3 à 5
Potklei	ca. 5 à 7
Veen	ca. 6 à 10

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

Bijlage 1

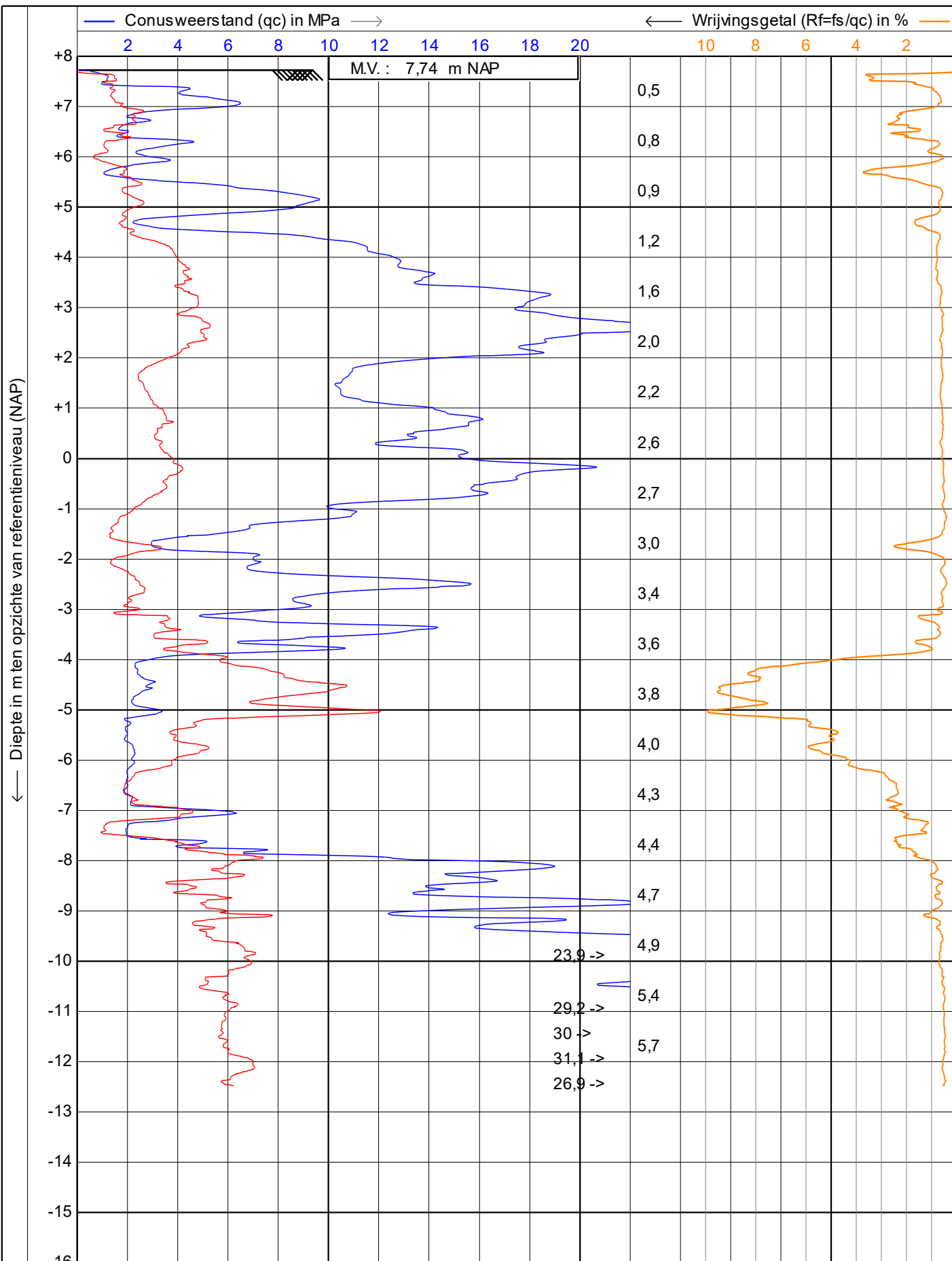
Tekening



Bijlage 2

Sondeergrafieken

← Diepte in m ten opzichte van referentieniveau (NAP)

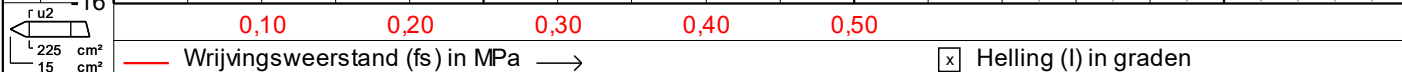
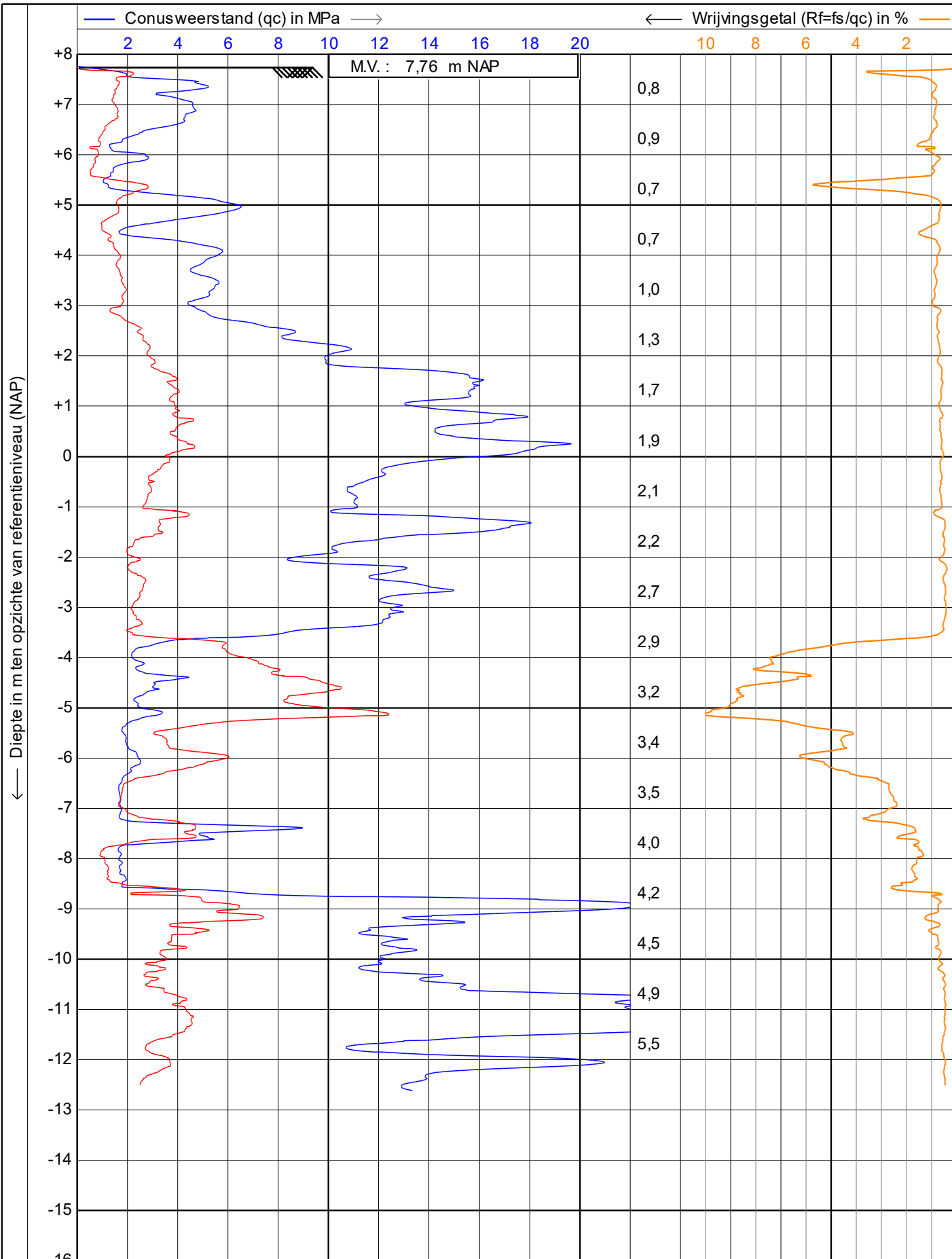


ISO 22476-1 Application Class 3

	Datum : 7-3-2023	
	Conusnr. : C15CFIP.S191007	
	Projectnr. : 904996	
	Sondeernr.: S1	1/1

Project : Sonderingen stuw Lampenbroek
Locatie : Klarenbeek
Positie : 202830,07, 463163,67 RD

← Diepte in m ten opzichte van referentieniveau (NAP)



	ISO 22476-1 Application Class 3		Datum : 7-3-2023	
	Project : Sonderingen stuw Lampenbroek		Conusnr. : C15CFIP.S191007	
	Locatie : Klarenbeek		Projectnr. : 904996	
	Positie : 202824,02, 463151,1 RD		Sondeernr.: S2	1/1

Bijlage 3

Boorstaat

Boring:

B1

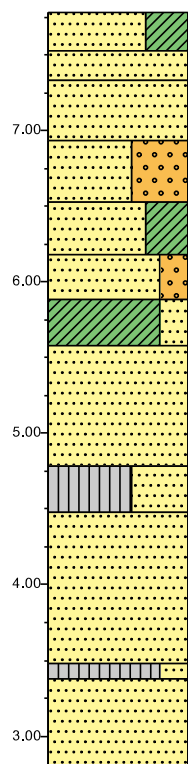
Uitvoering op: 7-3-2023
Uitvoering door: Hans de Peijper

Identificatie conform NEN-EN-ISO 14688

Maaiveldhoogte [m]: 7.78
Grondwaterstand [cm-mv]: 30

Referentievlak: N.A.P.

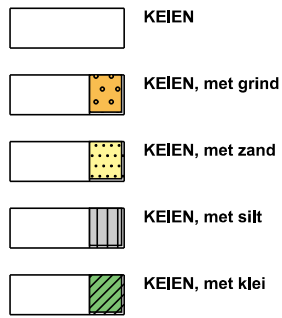
x-coördinaat [m RD]: 202826,23
y-coördinaat [m RD]: 463150,46



0,00	gras
0,25	Zand middelgrof 200-300 kleiig zwak organisch, subhoekig, bolvormig, antropogeen, lichtbruin, Edelmanboor, gelaagdheid niet intact
0,45	Zand middelgrof 300-420, subrond, bolvormig, antropogeen, lichtgeel, Edelmanboor, gelaagdheid niet intact
0,85	Zand middelgrof 200-300, subrond, bolvormig, niet antropogeen, lichtbruin, Edelmanboor, gelaagdheid niet intact
1,25	Zand middelgrof 200-630 sterk grindig, subhoekig, bolvormig, niet antropogeen, lichtbruin, Handpuls, gelaagdheid niet intact
1,60	Zand fijn 150-200 kleiig zwak organisch, subrond, bolvormig, lichtbruin, Handpuls, gelaagdheid niet intact
1,90	Zand middelgrof 420-630 zwak grindig, subrond, bolvormig, niet antropogeen, lichtgrijs, Handpuls, gelaagdheid niet intact
2,20	Klei stevig zwak zandig, niet plastisch, niet antropogeen, standaardbruin, Handpuls, gelaagdheid niet intact
	Zand middelgrof 200-300, subhoekig, bolvormig, niet antropogeen, lichtgrijs, Handpuls, gelaagdheid niet intact
3,00	
3,30	Silt stevig sterk zandig, weinig plastisch, niet antropogeen, lichtgrijs, Handpuls, gelaagdheid niet intact
	Zand fijn 150-200, subrond, bolvormig, Handpuls, gelaagdheid niet intact
4,30	
4,40	Silt stevig zwak zandig, weinig plastisch, niet antropogeen, lichtgrijs, Handpuls, gelaagdheid niet intact
	Zand middelgrof 200-300, subhoekig, bolvormig, niet antropogeen, lichtgrijs, Handpuls, gelaagdheid niet intact
5,00	

Legenda (conform NEN-EN-ISO 14688-1)

KEIEN (KEITJES)



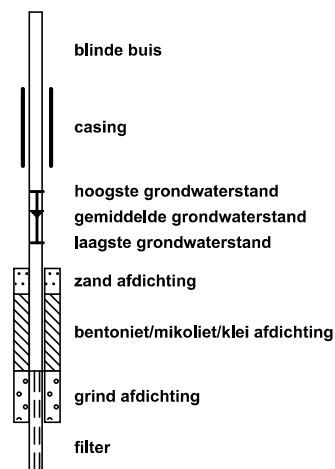
GRIND



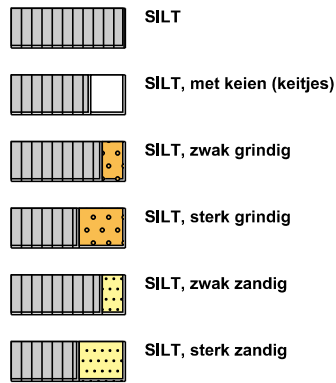
ZAND



peilbuis



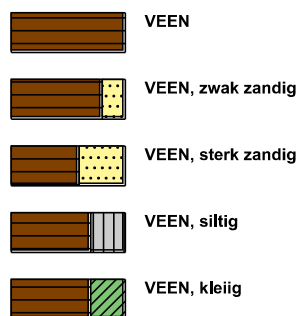
SILT



KLEI



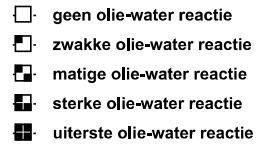
VEEN (HUMUS, DETRITUS)



geur



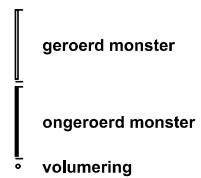
olie



p.i.d.-waarde



monsters



overig



Bijlage 4

Tabel X, Y (RD) en Z (NAP)

Meetpuntgegevens	X	Y	Z
S1	202830.07	463163.67	7.74
S2	202824.02	463151.10	7.76
B1	202826.23	463150.46	7.78
Put	202912.02	463248.16	8.36
Waterpeil	202815.35	463156.39	7.25



Bijlage 2 D-sheet damwandberekening

Report for D-Sheet Piling 22.2

Design of Diaphragm and Sheet Pile Walls
Developed by Deltares



Company: Aveco de Bondt

Date of report: 17-4-2023

Time of report: 16:21:45

Report with version: 22.2.2.38813

Date of calculation: 17-4-2023

Time of calculation: 16:21:32

Calculated with version: 22.2.2.38813

File name: Lampenbroek DO

Project identification: Lampenbroek DO

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

1 Table of Contents

1 Table of Contents	2
2 Summary	4
2.1 Overview per Stage and Test	4
2.2 Overall Stability per Stage	4
2.3 CUR Verification Steps	5
3 Input Data for all Stages	6
3.1 General Input Data	6
3.2 Sheet Piling Properties	6
3.2.1 General Properties	6
3.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour)	6
3.2.3 Maximum Allowable Moments	6
3.3 Calculation Options	6
4 Outline Stage 1: stage 1	8
5 Overall Stability Stage 1: stage 1	9
5.1 Overall Stability	9
6 Step 6.3 Stage 1: stage 1	10
6.1 General Input Data	10
6.1.1 Horizontal Loads	10
6.1.2 Moments	10
6.2 Input Data Left	10
6.2.1 Calculation Method	10
6.2.2 Water Level	10
6.2.3 Surface	10
6.2.4 Soil Material Properties in Profile: S2	10
6.3 Input Data Right	11
6.3.1 Calculation Method	11
6.3.2 Water Level	11
6.3.3 Surface	11
6.3.4 Soil Material Properties in Profile: S2	11
6.4 Calculation Results	12
6.4.1 Charts of Moments, Forces and Displacements	13
6.4.2 Charts of Stresses	13
6.4.3 Percentage Mobilized Resistance	14
7 Step 6.4 Stage 1: stage 1	15
7.1 General Input Data	15
7.1.1 Horizontal Loads	15
7.1.2 Moments	15
7.2 Input Data Left	15
7.2.1 Calculation Method	15
7.2.2 Water Level	15
7.2.3 Surface	15
7.2.4 Soil Material Properties in Profile: S2	15
7.3 Input Data Right	16
7.3.1 Calculation Method	16
7.3.2 Water Level	16
7.3.3 Surface	16
7.3.4 Soil Material Properties in Profile: S2	16
7.4 Calculation Results	17
7.4.1 Charts of Moments, Forces and Displacements	18
7.4.2 Charts of Stresses	18
7.4.3 Percentage Mobilized Resistance	19
8 Step 6.5 Stage 1: stage 1	20
8.1 General Input Data	20
8.1.1 Horizontal Loads	20
8.1.2 Moments	20
8.2 Input Data Left	20
8.2.1 Calculation Method	20
8.2.2 Water Level	20
8.2.3 Surface	20
8.2.4 Soil Material Properties in Profile: S2	20
8.3 Input Data Right	21
8.3.1 Calculation Method	21

8.3.2 Water Level	21
8.3.3 Surface	21
8.3.4 Soil Material Properties in Profile: S2	21
8.4 Calculation Results	22
8.4.1 Charts of Moments, Forces and Displacements	23
8.4.2 Charts of Stresses	23
8.4.3 Percentage Mobilized Resistance	24

2 Summary

2.1 Overview per Stage and Test

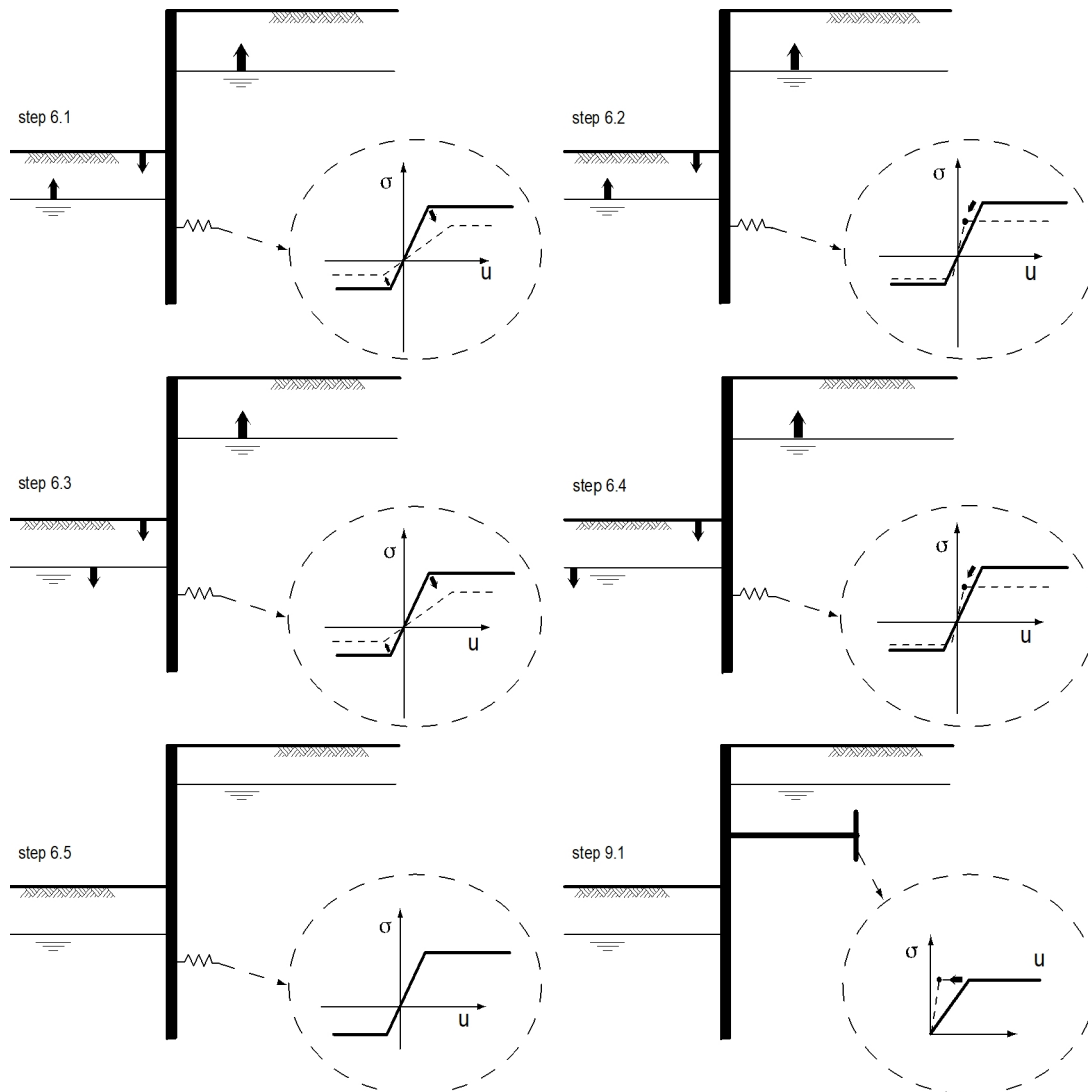
Stage nr.	Verification type	Displacement [mm]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Mob. perc. moment [%]	Mob. perc. resistance [%]	Status
All	EC7(NL)-Step 6.1						(D)*
All	EC7(NL)-Step 6.2						(D)*
1	EC7(NL)-Step 6.3		-118,44	108,39	0,0	69,4	
1	EC7(NL)-Step 6.4		-118,44	108,40	0,0	69,4	
1	EC7(NL)-Step 6.5	45,1	-71,25	39,12	0,0	31,2	
1	EC7(NL)-Step 6.5 x 1,200		-85,50	46,94			
Max		45,1	-118,44	108,40	0,0	69,4	

*(A) Calculation numerically unstable, (B) Error found during calculation, (C) No convergence of probabilistic calculation, (D) In case of free water level on passive side, a low water level is the most unfavourable, so steps 6.1 and 6.2 are omitted.

2.2 Overall Stability per Stage

Stage name	Stability factor [-]
stage 1	4,97

2.3 CUR Verification Steps



3 Input Data for all Stages

3.1 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	1
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

3.2 Sheet Piling Properties

Length	7,20 m
Level top side	8,70 m
Number of sections	1

3.2.1 General Properties

Section name	From [m]	To [m]	Material type	Acting width [m]
PAZ 5460 (S275)	1,50	8,70	Steel	1,00

3.2.2 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
PAZ 5460 (S275)	3,5677E+04	0,75	2,6758E+04	

3.2.3 Maximum Allowable Moments

Section name	Mr;char;el [kNm/m']	Modification factor [-]	Material factor [-]	Red. factor allow. moment [-]	Mr;d;el [kNm]
PAZ 5460 (S275)	261,00	1,00	1,00	0,75	195,75

3.3 Calculation Options

First stage represents initial situation	No
Calculation refinement	Fine
Reduce delta(s) according to CUR	Yes
Verification	EC7 NA NL - method A: Partial factors (design values) in all stages. Eurocode 7 using the factors as described in the National Annex of the Netherlands. It is basically design approach III.
Used partial factor set	RC 1
Factors on loads - Geotechnical loads	
- Permanent load, unfavourable	1,000
- Permanent load, favourable	1,000
- Variable load, unfavourable	1,000
- Variable load, favourable	0,000
Factors on loads - Constructive loads	
- Permanent load, unfavourable	1,215
- Permanent load, favourable	0,900

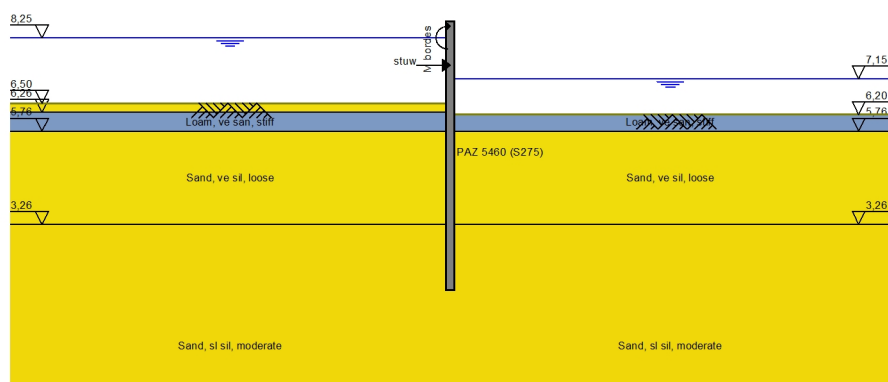
- Variable load, unfavourable	1,350
- Variable load, favourable	0,000
Material factors	
- Cohesion	1,150
- Tangent phi	1,150
- Delta (wall friction angle)*	1,150
- Modulus of low representative subgrade reaction	1,300
Geometry modification	
- Increase retaining height	10,00 %
- Maximum increase retaining 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
Factors on representative values	
- Partial factor on M, D and Pmax	1,200
Overall stability factors	
- Cohesion	1,300
- Tangent phi	1,200
- Factor on unit weight soil	1,000

* For delta (wall friction angle), the input value of tangent phi is used

** This modification of the phreatic level does not apply when the sheet piling is completely submerged.

4 Outline Stage 1: stage 1

Outline - Stage 1: stage 1

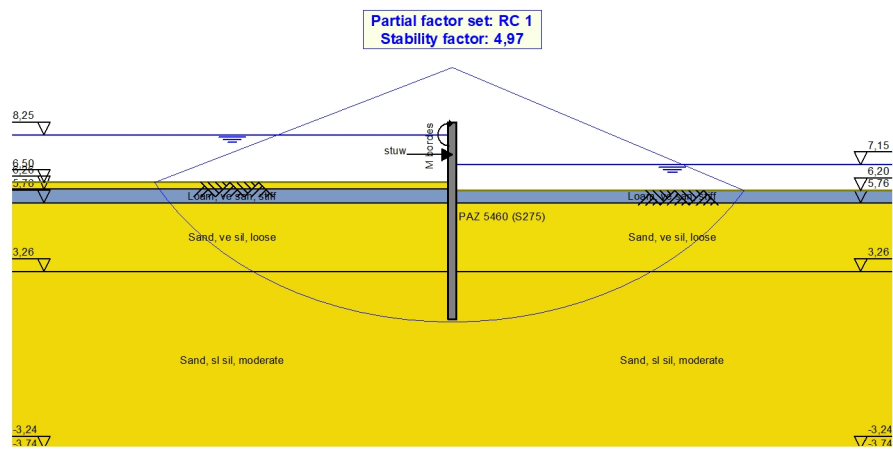


5 Overall Stability Stage 1: stage 1

Stability factor : 4,97

5.1 Overall Stability

Overall Stability - Stage 1: stage 1



6 Step 6.3 Stage 1: stage 1

6.1 General Input Data

Passive side determination method: Automatically determined
Passive side: Right side

6.1.1 Horizontal Loads

Name	Level [m]	Characteristic load [kN/m']	Favourable / Unfavourable	Permanent / Variable
stuw	7,52	14,70	Unfavourable	Permanent

6.1.2 Moments

Name	Level [m]	Characteristic moment [kNm/m']	Favourable / Unfavourable	Permanent / Variable
M bordes	8,25	-6,08	Unfavourable	Permanent

6.2 Input Data Left

6.2.1 Calculation Method

Calculation method: C, phi, delta

6.2.2 Water Level

Water level: 8,30 [m]

6.2.3 Surface

X [m]	Y [m]
0,00	6,50

6.2.4 Soil Material Properties in Profile: S2

Layer name	Level [m]	Unit weight	
		Unsat [kN/m³]	Sat. [kN/m³]
Peat, mod pl, m...	7,76	12,00	12,00
Sand, ve sil, lo...	6,76	18,00	20,00
Loam, ve san, s...	6,26	19,00	19,00
Sand, ve sil, lo...	5,76	18,00	20,00
Sand, sl sil, mo...	3,26	18,00	20,00
Loam, ve san, s...	-3,24	19,00	19,00
Clay, clean, weak	-3,74	14,00	14,00
Clay, sl san, mo...	-6,24	18,00	18,00
Loam, ve san, s...	-6,74	19,00	19,00
Sand, ve sil, lo...	-8,24	18,00	20,00
Sand, sl sil, mo...	-8,74	18,00	20,00

Layer name	Level [m]	Cohesion [kN/m²]	Friction angle phi [°]	Delta friction angle*	
				Not reduced [°]	Reduced [°]
Peat, mod pl, m...	7,76	2,17	13,12	0,00	0,00
Sand, ve sil, lo...	6,76	0,00	22,07	14,72	14,72
Loam, ve san, s...	6,26	0,00	24,35	16,23	16,23
Sand, ve sil, lo...	5,76	0,00	22,07	14,72	14,72
Sand, sl sil, mo...	3,26	0,00	23,90	15,93	15,93
Loam, ve san, s...	-3,24	0,00	24,35	16,23	16,23
Clay, clean, weak	-3,74	0,00	15,33	10,22	10,22
Clay, sl san, mo...	-6,24	4,35	19,81	13,21	13,21

Layer name	Level [m]	Cohesion [kN/m ²]	Friction angle phi [°]	Delta friction angle*	
				Not reduced [°]	Reduced [°]
Loam, ve san, s...	-6,74	0,00	24,35	16,23	16,23
Sand, ve sil, loo...	-8,24	0,00	22,07	14,72	14,72
Sand, sl sil, mo...	-8,74	0,00	23,90	15,93	15,93

* The 'not reduced' Delta angle is used for the calculation of the active earth pressure coefficient of Culmann whereas the 'reduced' Delta angle is used for the passive earth pressure coefficient.

Layer name	Level [m]	Shell factor [-]	OCR [-]	Grain type
Peat, mod pl, m...	7,76	1,00	1,00	Fine
Sand, ve sil, loo...	6,76	1,00	1,00	Fine
Loam, ve san, s...	6,26	1,00	1,00	Fine
Sand, ve sil, loo...	5,76	1,00	1,00	Fine
Sand, sl sil, mo...	3,26	1,00	1,00	Fine
Loam, ve san, s...	-3,24	1,00	1,00	Fine
Clay, clean, weak	-3,74	1,00	1,00	Fine
Clay, sl san, mo...	-6,24	1,00	1,00	Fine
Loam, ve san, s...	-6,74	1,00	1,00	Fine
Sand, ve sil, loo...	-8,24	1,00	1,00	Fine
Sand, sl sil, mo...	-8,74	1,00	1,00	Fine

Layer name	Level [m]	Earth pressure coefficients			Additional pore pressure	
		Active [-]	Neutral [-]	Passive [-]	Top [kN/m ²]	Bottom [kN/m ²]
Peat, mod pl, m...	7,76	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Sand, ve sil, loo...	6,76	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Loam, ve san, s...	6,26	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Sand, ve sil, loo...	5,76	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Sand, sl sil, mo...	3,26	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Loam, ve san, s...	-3,24	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Clay, clean, weak	-3,74	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Clay, sl san, mo...	-6,24	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Loam, ve san, s...	-6,74	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Sand, ve sil, loo...	-8,24	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Sand, sl sil, mo...	-8,74	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00

6.3 Input Data Right

6.3.1 Calculation Method

Calculation method: C, phi, delta

6.3.2 Water Level

Water level: 6,95 [m]

6.3.3 Surface

X [m]	Y [m]
0,00	5,95

6.3.4 Soil Material Properties in Profile: S2

Layer name	Level [m]	Unit weight	
		Unsat [kN/m ³]	Sat. [kN/m ³]
Peat, mod pl, m...	7,76	12,00	12,00
Sand, ve sil, loo...	6,76	18,00	20,00
Loam, ve san, s...	6,26	19,00	19,00
Sand, ve sil, loo...	5,76	18,00	20,00
Sand, sl sil, mo...	3,26	18,00	20,00

Layer name	Level [m]	Unit weight	
		Unsat [kN/m ³]	Sat. [kN/m ³]
Loam, ve san, s...	-3,24	19,00	19,00
Clay, clean, weak	-3,74	14,00	14,00
Clay, sl san, mo...	-6,24	18,00	18,00
Loam, ve san, s...	-6,74	19,00	19,00
Sand, ve sil, loo...	-8,24	18,00	20,00
Sand, sl sil, mo...	-8,74	18,00	20,00

Layer name	Level [m]	Cohesion [kN/m ²]	Friction angle phi [°]	Delta friction angle*	
				Not reduced [°]	Reduced [°]
Peat, mod pl, m...	7,76	2,17	13,12	0,00	0,00
Sand, ve sil, loo...	6,76	0,00	22,07	14,72	14,72
Loam, ve san, s...	6,26	0,00	24,35	16,23	16,23
Sand, ve sil, loo...	5,76	0,00	22,07	14,72	14,72
Sand, sl sil, mo...	3,26	0,00	23,90	15,93	15,93
Loam, ve san, s...	-3,24	0,00	24,35	16,23	16,23
Clay, clean, weak	-3,74	0,00	15,33	10,22	10,22
Clay, sl san, mo...	-6,24	4,35	19,81	13,21	13,21
Loam, ve san, s...	-6,74	0,00	24,35	16,23	16,23
Sand, ve sil, loo...	-8,24	0,00	22,07	14,72	14,72
Sand, sl sil, mo...	-8,74	0,00	23,90	15,93	15,93

* The 'not reduced' Delta angle is used for the calculation of the active earth pressure coefficient of Culmann whereas the 'reduced' Delta angle is used for the passive earth pressure coefficient.

Layer name	Level [m]	Shell factor [-]	OCR [-]	Grain type
Peat, mod pl, m...	7,76	1,00	1,00	Fine
Sand, ve sil, loo...	6,76	1,00	1,00	Fine
Loam, ve san, s...	6,26	1,00	1,00	Fine
Sand, ve sil, loo...	5,76	1,00	1,00	Fine
Sand, sl sil, mo...	3,26	1,00	1,00	Fine
Loam, ve san, s...	-3,24	1,00	1,00	Fine
Clay, clean, weak	-3,74	1,00	1,00	Fine
Clay, sl san, mo...	-6,24	1,00	1,00	Fine
Loam, ve san, s...	-6,74	1,00	1,00	Fine
Sand, ve sil, loo...	-8,24	1,00	1,00	Fine
Sand, sl sil, mo...	-8,74	1,00	1,00	Fine

Layer name	Level [m]	Earth pressure coefficients			Additional pore pressure	
		Active [-]	Neutral [-]	Passive [-]	Top [kN/m ²]	Bottom [kN/m ²]
Peat, mod pl, m...	7,76	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Sand, ve sil, loo...	6,76	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Loam, ve san, s...	6,26	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Sand, ve sil, loo...	5,76	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Sand, sl sil, mo...	3,26	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Loam, ve san, s...	-3,24	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Clay, clean, weak	-3,74	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Clay, sl san, mo...	-6,24	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Loam, ve san, s...	-6,74	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Sand, ve sil, loo...	-8,24	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Sand, sl sil, mo...	-8,74	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00

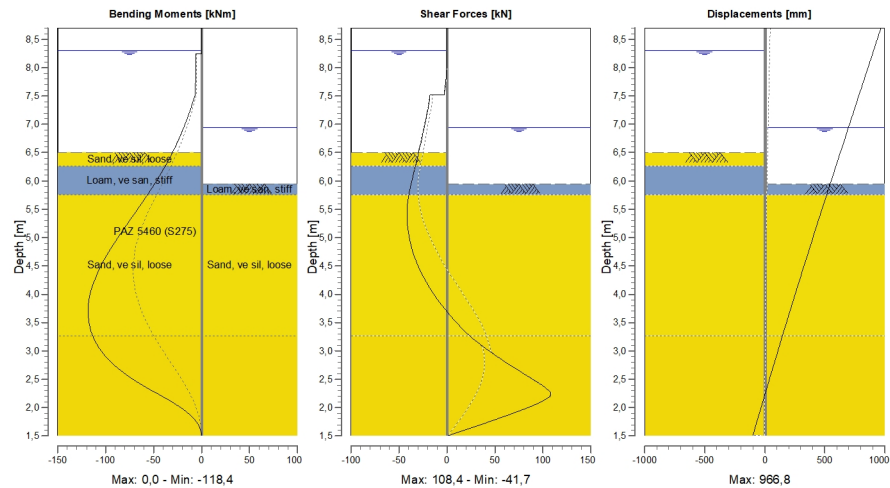
6.4 Calculation Results

Number of iterations: 10

6.4.1 Charts of Moments, Forces and Displacements

Moments/Forces/Displacements - Stage 1: stage 1

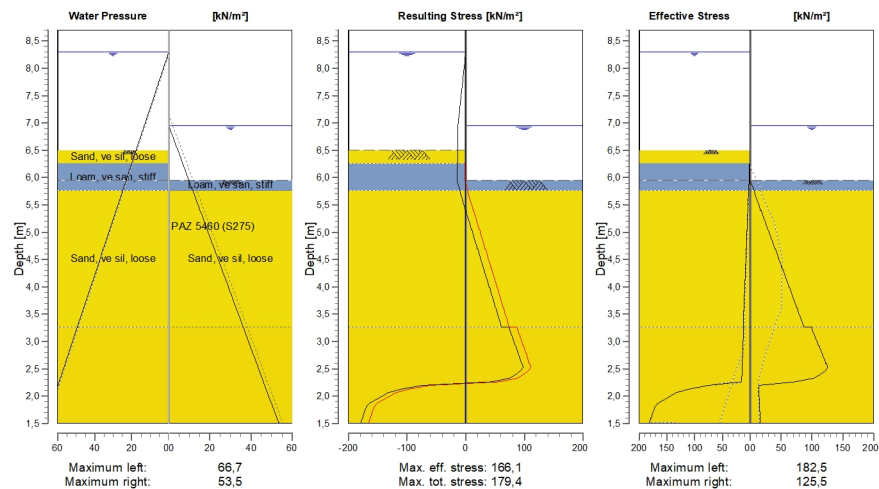
Step 6.3 - Partial factor set: RC 1



6.4.2 Charts of Stresses

Stress States - Stage 1: stage 1

Step 6.3 - Partial factor set: RC 1



6.4.3 Percentage Mobilized Resistance

Horizontal soil pressure	Left [kN]	Right [kN]
Effective	145,1	240,9
Water	226,8	145,7
Total	371,9	386,6

Maximum effective resistance at left side 432,70 kN
 Mobilized effective resistance at left side 145,10 kN
 Percentage mobilized resistance at left side 33,5 %

Maximum effective resistance at right side 347,33 kN
 Mobilized effective resistance at right side 240,94 kN
 Percentage mobilized resistance at right side 69,4 %

7 Step 6.4 Stage 1: stage 1

7.1 General Input Data

Passive side determination method: Automatically determined
Passive side: Right side

7.1.1 Horizontal Loads

Name	Level [m]	Characteristic load [kN/m']	Favourable / Unfavourable	Permanent / Variable
stuw	7,52	14,70	Unfavourable	Permanent

7.1.2 Moments

Name	Level [m]	Characteristic moment [kNm/m']	Favourable / Unfavourable	Permanent / Variable
M bordes	8,25	-6,08	Unfavourable	Permanent

7.2 Input Data Left

7.2.1 Calculation Method

Calculation method: C, phi, delta

7.2.2 Water Level

Water level: 8,30 [m]

7.2.3 Surface

X [m]	Y [m]
0,00	6,50

7.2.4 Soil Material Properties in Profile: S2

Layer name	Level [m]	Unit weight	
		Unsat [kN/m³]	Sat. [kN/m³]
Peat, mod pl, m...	7,76	12,00	12,00
Sand, ve sil, loo...	6,76	18,00	20,00
Loam, ve san, s...	6,26	19,00	19,00
Sand, ve sil, loo...	5,76	18,00	20,00
Sand, sl sil, mo...	3,26	18,00	20,00
Loam, ve san, s...	-3,24	19,00	19,00
Clay, clean, weak	-3,74	14,00	14,00
Clay, sl san, mo...	-6,24	18,00	18,00
Loam, ve san, s...	-6,74	19,00	19,00
Sand, ve sil, loo...	-8,24	18,00	20,00
Sand, sl sil, mo...	-8,74	18,00	20,00

Layer name	Level [m]	Cohesion [kN/m²]	Friction angle phi [°]	Delta friction angle*	
				Not reduced [°]	Reduced [°]
Peat, mod pl, m...	7,76	2,17	13,12	0,00	0,00
Sand, ve sil, loo...	6,76	0,00	22,07	14,72	14,72
Loam, ve san, s...	6,26	0,00	24,35	16,23	16,23
Sand, ve sil, loo...	5,76	0,00	22,07	14,72	14,72
Sand, sl sil, mo...	3,26	0,00	23,90	15,93	15,93
Loam, ve san, s...	-3,24	0,00	24,35	16,23	16,23
Clay, clean, weak	-3,74	0,00	15,33	10,22	10,22
Clay, sl san, mo...	-6,24	4,35	19,81	13,21	13,21

Layer name	Level [m]	Cohesion [kN/m ²]	Friction angle phi [°]	Delta friction angle*	
				Not reduced [°]	Reduced [°]
Loam, ve san, s...	-6,74	0,00	24,35	16,23	16,23
Sand, ve sil, loo...	-8,24	0,00	22,07	14,72	14,72
Sand, sl sil, mo...	-8,74	0,00	23,90	15,93	15,93

* The 'not reduced' Delta angle is used for the calculation of the active earth pressure coefficient of Culmann whereas the 'reduced' Delta angle is used for the passive earth pressure coefficient.

Layer name	Level [m]	Shell factor [-]	OCR [-]	Grain type
Peat, mod pl, m...	7,76	1,00	1,00	Fine
Sand, ve sil, loo...	6,76	1,00	1,00	Fine
Loam, ve san, s...	6,26	1,00	1,00	Fine
Sand, ve sil, loo...	5,76	1,00	1,00	Fine
Sand, sl sil, mo...	3,26	1,00	1,00	Fine
Loam, ve san, s...	-3,24	1,00	1,00	Fine
Clay, clean, weak	-3,74	1,00	1,00	Fine
Clay, sl san, mo...	-6,24	1,00	1,00	Fine
Loam, ve san, s...	-6,74	1,00	1,00	Fine
Sand, ve sil, loo...	-8,24	1,00	1,00	Fine
Sand, sl sil, mo...	-8,74	1,00	1,00	Fine

Layer name	Level [m]	Earth pressure coefficients			Additional pore pressure	
		Active [-]	Neutral [-]	Passive [-]	Top [kN/m ²]	Bottom [kN/m ²]
Peat, mod pl, m...	7,76	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Sand, ve sil, loo...	6,76	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Loam, ve san, s...	6,26	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Sand, ve sil, loo...	5,76	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Sand, sl sil, mo...	3,26	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Loam, ve san, s...	-3,24	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Clay, clean, weak	-3,74	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Clay, sl san, mo...	-6,24	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Loam, ve san, s...	-6,74	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Sand, ve sil, loo...	-8,24	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Sand, sl sil, mo...	-8,74	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00

7.3 Input Data Right

7.3.1 Calculation Method

Calculation method: C, phi, delta

7.3.2 Water Level

Water level: 6,95 [m]

7.3.3 Surface

X [m]	Y [m]
0,00	5,95

7.3.4 Soil Material Properties in Profile: S2

Layer name	Level [m]	Unit weight	
		Unsat [kN/m ³]	Sat. [kN/m ³]
Peat, mod pl, m...	7,76	12,00	12,00
Sand, ve sil, loo...	6,76	18,00	20,00
Loam, ve san, s...	6,26	19,00	19,00
Sand, ve sil, loo...	5,76	18,00	20,00
Sand, sl sil, mo...	3,26	18,00	20,00

Layer name	Level [m]	Unit weight	
		Unsat [kN/m ³]	Sat. [kN/m ³]
Loam, ve san, s...	-3,24	19,00	19,00
Clay, clean, weak	-3,74	14,00	14,00
Clay, sl san, mo...	-6,24	18,00	18,00
Loam, ve san, s...	-6,74	19,00	19,00
Sand, ve sil, loo...	-8,24	18,00	20,00
Sand, sl sil, mo...	-8,74	18,00	20,00

Layer name	Level [m]	Cohesion [kN/m ²]	Friction angle phi [°]	Delta friction angle*	
				Not reduced [°]	Reduced [°]
Peat, mod pl, m...	7,76	2,17	13,12	0,00	0,00
Sand, ve sil, loo...	6,76	0,00	22,07	14,72	14,72
Loam, ve san, s...	6,26	0,00	24,35	16,23	16,23
Sand, ve sil, loo...	5,76	0,00	22,07	14,72	14,72
Sand, sl sil, mo...	3,26	0,00	23,90	15,93	15,93
Loam, ve san, s...	-3,24	0,00	24,35	16,23	16,23
Clay, clean, weak	-3,74	0,00	15,33	10,22	10,22
Clay, sl san, mo...	-6,24	4,35	19,81	13,21	13,21
Loam, ve san, s...	-6,74	0,00	24,35	16,23	16,23
Sand, ve sil, loo...	-8,24	0,00	22,07	14,72	14,72
Sand, sl sil, mo...	-8,74	0,00	23,90	15,93	15,93

* The 'not reduced' Delta angle is used for the calculation of the active earth pressure coefficient of Culmann whereas the 'reduced' Delta angle is used for the passive earth pressure coefficient.

Layer name	Level [m]	Shell factor [-]	OCR [-]	Grain type
Peat, mod pl, m...	7,76	1,00	1,00	Fine
Sand, ve sil, loo...	6,76	1,00	1,00	Fine
Loam, ve san, s...	6,26	1,00	1,00	Fine
Sand, ve sil, loo...	5,76	1,00	1,00	Fine
Sand, sl sil, mo...	3,26	1,00	1,00	Fine
Loam, ve san, s...	-3,24	1,00	1,00	Fine
Clay, clean, weak	-3,74	1,00	1,00	Fine
Clay, sl san, mo...	-6,24	1,00	1,00	Fine
Loam, ve san, s...	-6,74	1,00	1,00	Fine
Sand, ve sil, loo...	-8,24	1,00	1,00	Fine
Sand, sl sil, mo...	-8,74	1,00	1,00	Fine

Layer name	Level [m]	Earth pressure coefficients			Additional pore pressure	
		Active [-]	Neutral [-]	Passive [-]	Top [kN/m ²]	Bottom [kN/m ²]
Peat, mod pl, m...	7,76	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Sand, ve sil, loo...	6,76	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Loam, ve san, s...	6,26	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Sand, ve sil, loo...	5,76	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Sand, sl sil, mo...	3,26	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Loam, ve san, s...	-3,24	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Clay, clean, weak	-3,74	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Clay, sl san, mo...	-6,24	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Loam, ve san, s...	-6,74	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Sand, ve sil, loo...	-8,24	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Sand, sl sil, mo...	-8,74	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00

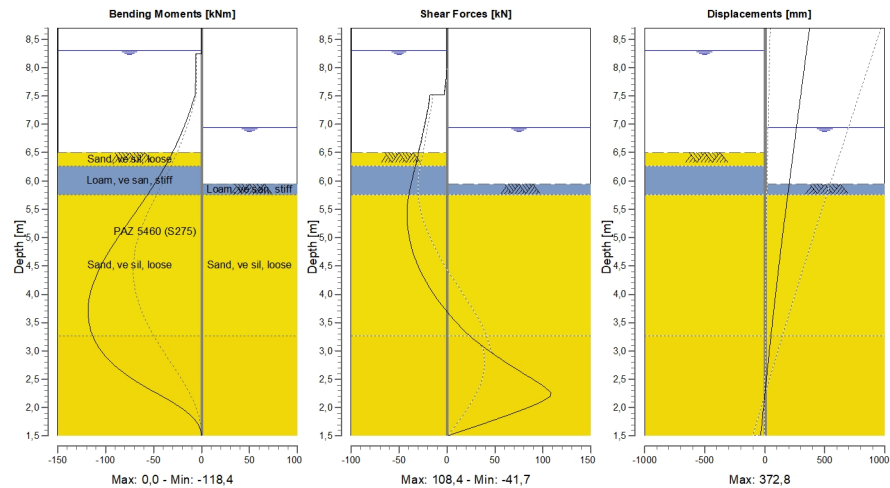
7.4 Calculation Results

Number of iterations: 10

7.4.1 Charts of Moments, Forces and Displacements

Moments/Forces/Displacements - Stage 1: stage 1

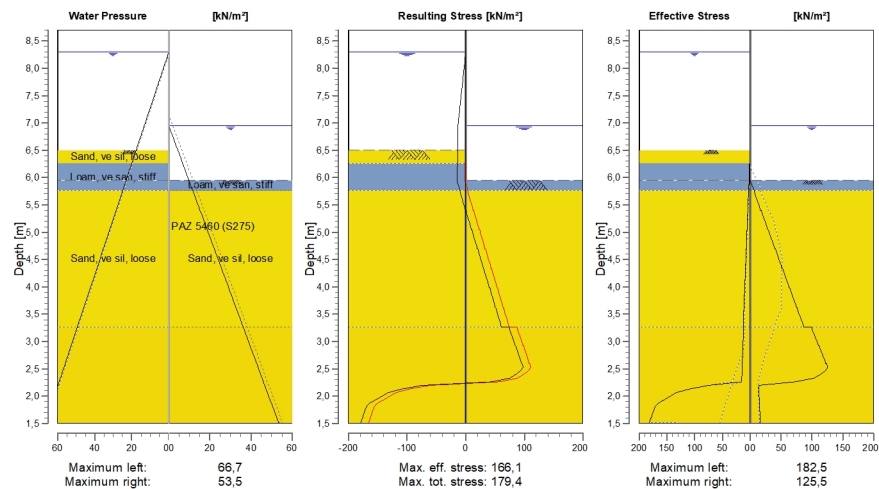
Step 6.4 - Partial factor set: RC 1



7.4.2 Charts of Stresses

Stress States - Stage 1: stage 1

Step 6.4 - Partial factor set: RC 1



7.4.3 Percentage Mobilized Resistance

Horizontal soil pressure	Left [kN]	Right [kN]
Effective	145,1	240,9
Water	226,8	145,7
Total	371,9	386,6

Maximum effective resistance at left side 432,70 kN
 Mobilized effective resistance at left side 145,11 kN
 Percentage mobilized resistance at left side 33,5 %

Maximum effective resistance at right side 347,33 kN
 Mobilized effective resistance at right side 240,95 kN
 Percentage mobilized resistance at right side 69,4 %

8 Step 6.5 Stage 1: stage 1

8.1 General Input Data

Passive side determination method: Automatically determined
Passive side: Right side (not relevant)

8.1.1 Horizontal Loads

Name	Level [m]	Characteristic load [kN/m']	Favourable / Unfavourable	Permanent / Variable
stuw	7,52	12,10	Unfavourable	Permanent

8.1.2 Moments

Name	Level [m]	Characteristic moment [kNm/m']	Favourable / Unfavourable	Permanent / Variable
M bordes	8,25	-5,00	Unfavourable	Permanent

8.2 Input Data Left

8.2.1 Calculation Method

Calculation method: C, phi, delta

8.2.2 Water Level

Water level: 8,25 [m]

8.2.3 Surface

X [m]	Y [m]
0,00	6,50

8.2.4 Soil Material Properties in Profile: S2

Layer name	Level [m]	Unit weight	
		Unsat [kN/m³]	Sat. [kN/m³]
Peat, mod pl, m...	7,76	12,00	12,00
Sand, ve sil, loo...	6,76	18,00	20,00
Loam, ve san, s...	6,26	19,00	19,00
Sand, ve sil, loo...	5,76	18,00	20,00
Sand, sl sil, mo...	3,26	18,00	20,00
Loam, ve san, s...	-3,24	19,00	19,00
Clay, clean, weak	-3,74	14,00	14,00
Clay, sl san, mo...	-6,24	18,00	18,00
Loam, ve san, s...	-6,74	19,00	19,00
Sand, ve sil, loo...	-8,24	18,00	20,00
Sand, sl sil, mo...	-8,74	18,00	20,00

Layer name	Level [m]	Cohesion [kN/m²]	Friction angle phi [°]	Delta friction angle*	
				Not reduced [°]	Reduced [°]
Peat, mod pl, m...	7,76	2,50	15,00	0,00	0,00
Sand, ve sil, loo...	6,76	0,00	25,00	16,67	16,67
Loam, ve san, s...	6,26	0,00	27,50	18,33	18,33
Sand, ve sil, loo...	5,76	0,00	25,00	16,67	16,67
Sand, sl sil, mo...	3,26	0,00	27,00	18,00	18,00
Loam, ve san, s...	-3,24	0,00	27,50	18,33	18,33
Clay, clean, weak	-3,74	0,00	17,50	11,67	11,67
Clay, sl san, mo...	-6,24	5,00	22,50	15,00	15,00

Layer name	Level [m]	Cohesion [kN/m ²]	Friction angle phi [°]	Delta friction angle*	
				Not reduced [°]	Reduced [°]
Loam, ve san, s...	-6,74	0,00	27,50	18,33	18,33
Sand, ve sil, loo...	-8,24	0,00	25,00	16,67	16,67
Sand, sl sil, mo...	-8,74	0,00	27,00	18,00	18,00

* The 'not reduced' Delta angle is used for the calculation of the active earth pressure coefficient of Culmann whereas the 'reduced' Delta angle is used for the passive earth pressure coefficient.

Layer name	Level [m]	Shell factor [-]	OCR [-]	Grain type
Peat, mod pl, m...	7,76	1,00	1,00	Fine
Sand, ve sil, loo...	6,76	1,00	1,00	Fine
Loam, ve san, s...	6,26	1,00	1,00	Fine
Sand, ve sil, loo...	5,76	1,00	1,00	Fine
Sand, sl sil, mo...	3,26	1,00	1,00	Fine
Loam, ve san, s...	-3,24	1,00	1,00	Fine
Clay, clean, weak	-3,74	1,00	1,00	Fine
Clay, sl san, mo...	-6,24	1,00	1,00	Fine
Loam, ve san, s...	-6,74	1,00	1,00	Fine
Sand, ve sil, loo...	-8,24	1,00	1,00	Fine
Sand, sl sil, mo...	-8,74	1,00	1,00	Fine

Layer name	Level [m]	Earth pressure coefficients			Additional pore pressure	
		Active [-]	Neutral [-]	Passive [-]	Top [kN/m ²]	Bottom [kN/m ²]
Peat, mod pl, m...	7,76	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Sand, ve sil, loo...	6,76	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Loam, ve san, s...	6,26	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Sand, ve sil, loo...	5,76	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Sand, sl sil, mo...	3,26	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Loam, ve san, s...	-3,24	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Clay, clean, weak	-3,74	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Clay, sl san, mo...	-6,24	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Loam, ve san, s...	-6,74	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Sand, ve sil, loo...	-8,24	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Sand, sl sil, mo...	-8,74	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00

8.3 Input Data Right

8.3.1 Calculation Method

Calculation method: C, phi, delta

8.3.2 Water Level

Water level: 7,15 [m]

8.3.3 Surface

X [m]	Y [m]
0,00	6,20

8.3.4 Soil Material Properties in Profile: S2

Layer name	Level [m]	Unit weight	
		Unsat [kN/m ³]	Sat. [kN/m ³]
Peat, mod pl, m...	7,76	12,00	12,00
Sand, ve sil, loo...	6,76	18,00	20,00
Loam, ve san, s...	6,26	19,00	19,00
Sand, ve sil, loo...	5,76	18,00	20,00
Sand, sl sil, mo...	3,26	18,00	20,00

Layer name	Level [m]	Unit weight	
		Unsat [kN/m ³]	Sat. [kN/m ³]
Loam, ve san, s...	-3,24	19,00	19,00
Clay, clean, weak	-3,74	14,00	14,00
Clay, sl san, mo...	-6,24	18,00	18,00
Loam, ve san, s...	-6,74	19,00	19,00
Sand, ve sil, loo...	-8,24	18,00	20,00
Sand, sl sil, mo...	-8,74	18,00	20,00

Layer name	Level [m]	Cohesion [kN/m ²]	Friction angle phi [°]	Delta friction angle*	
				Not reduced [°]	Reduced [°]
Peat, mod pl, m...	7,76	2,50	15,00	0,00	0,00
Sand, ve sil, loo...	6,76	0,00	25,00	16,67	16,67
Loam, ve san, s...	6,26	0,00	27,50	18,33	18,33
Sand, ve sil, loo...	5,76	0,00	25,00	16,67	16,67
Sand, sl sil, mo...	3,26	0,00	27,00	18,00	18,00
Loam, ve san, s...	-3,24	0,00	27,50	18,33	18,33
Clay, clean, weak	-3,74	0,00	17,50	11,67	11,67
Clay, sl san, mo...	-6,24	5,00	22,50	15,00	15,00
Loam, ve san, s...	-6,74	0,00	27,50	18,33	18,33
Sand, ve sil, loo...	-8,24	0,00	25,00	16,67	16,67
Sand, sl sil, mo...	-8,74	0,00	27,00	18,00	18,00

* The 'not reduced' Delta angle is used for the calculation of the active earth pressure coefficient of Culmann whereas the 'reduced' Delta angle is used for the passive earth pressure coefficient.

Layer name	Level [m]	Shell factor [-]	OCR [-]	Grain type
Peat, mod pl, m...	7,76	1,00	1,00	Fine
Sand, ve sil, loo...	6,76	1,00	1,00	Fine
Loam, ve san, s...	6,26	1,00	1,00	Fine
Sand, ve sil, loo...	5,76	1,00	1,00	Fine
Sand, sl sil, mo...	3,26	1,00	1,00	Fine
Loam, ve san, s...	-3,24	1,00	1,00	Fine
Clay, clean, weak	-3,74	1,00	1,00	Fine
Clay, sl san, mo...	-6,24	1,00	1,00	Fine
Loam, ve san, s...	-6,74	1,00	1,00	Fine
Sand, ve sil, loo...	-8,24	1,00	1,00	Fine
Sand, sl sil, mo...	-8,74	1,00	1,00	Fine

Layer name	Level [m]	Earth pressure coefficients			Additional pore pressure	
		Active [-]	Neutral [-]	Passive [-]	Top [kN/m ²]	Bottom [kN/m ²]
Peat, mod pl, m...	7,76	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Sand, ve sil, loo...	6,76	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Loam, ve san, s...	6,26	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Sand, ve sil, loo...	5,76	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Sand, sl sil, mo...	3,26	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Loam, ve san, s...	-3,24	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Clay, clean, weak	-3,74	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Clay, sl san, mo...	-6,24	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Loam, ve san, s...	-6,74	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Sand, ve sil, loo...	-8,24	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Sand, sl sil, mo...	-8,74	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00

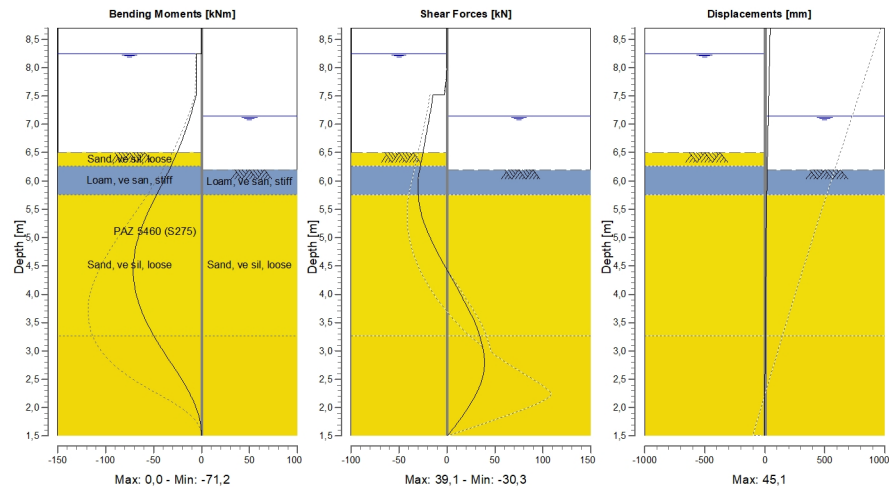
8.4 Calculation Results

Number of iterations: 6

8.4.1 Charts of Moments, Forces and Displacements

Moments/Forces/Displacements - Stage 1: stage 1

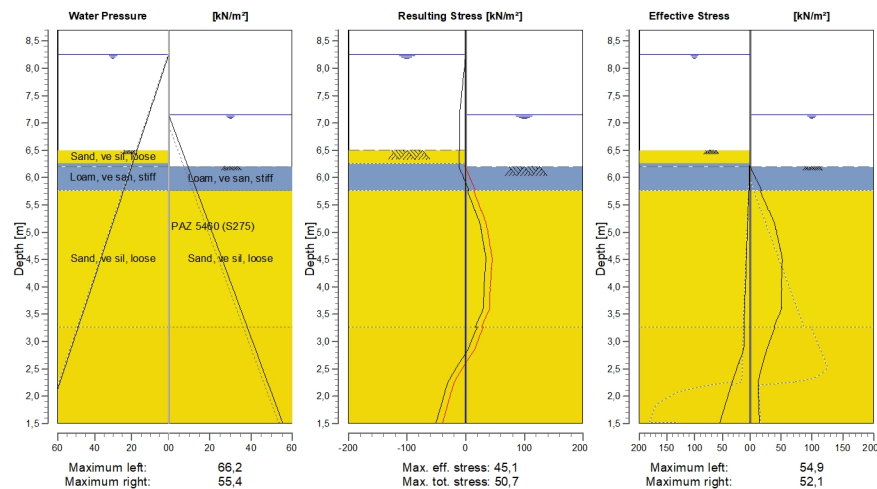
Step 6.5 - Partial factor set: RC 1



8.4.2 Charts of Stresses

Stress States - Stage 1: stage 1

Step 6.5 - Partial factor set: RC 1



8.4.3 Percentage Mobilized Resistance

Horizontal soil pressure	Left [kN]	Right [kN]
Effective	68,8	147,9
Water	223,5	156,6
Total	292,3	304,5

Maximum effective resistance at left side 536,01 kN
 Mobilized effective resistance at left side 68,81 kN
 Percentage mobilized resistance at left side 12,8 %

Maximum effective resistance at right side 474,72 kN
 Mobilized effective resistance at right side 147,89 kN
 Percentage mobilized resistance at right side 31,1 %

End of Report