

VOORKEURSALETERNATIEF WHEREDIJK TECHNISCHE ONTWERPRAPPORTAGE



Ref.: NL202007872-R20-210
Versie 2.0 Definitief
17 juli 2020

Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier

Contactpersoon Projectteam Wheredijk
Adres Stationsplein 136
1703 WC Heerhugowaard

RPS advies- en ingenieursbureau bv

Auteur YH
JA
Projectleider DH
Gecontroleerd door JM
DH
Projectreferentie NL202007872-R20-210
Versie Definitief

Versie	Omschrijving	Datum
1.0	Concept	19-06-2020
2.0	Definitief	17-07-2020

Dit rapport is vertrouwelijk. Geen enkel deel van dit rapport mag aan derden openbaar worden gemaakt zonder schriftelijke toestemming van RPS advies- en ingenieursbureau bv of van de opdrachtgever. Alleen aan het originele complete rapport kunnen rechten worden ontleend. Dit rapport mag UITSLUITEND in zijn geheel worden gereproduceerd.

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	3
1.1	Achtergrond	3
1.2	Doel	4
1.3	Leeswijzer	4
2	VOORKEURSALETERNATIEF	5
3	ONTWERPUITGANGSPUNTEN	6
3.1	Projectgebied	6
3.1.1	Sectie indeling	6
3.1.2	Rekenprofielen	7
3.2	Geometrische randvoorwaarden	9
3.2.1	Kruininrichting	9
3.2.2	Hoogtegeometrie	10
3.2.3	Aanleghoogte kruin	10
3.2.4	Overige geometrische randvoorwaarden	10
3.3	Sterkteparameters	11
3.3.1	Geotechnische berekeningen	11
3.3.2	Constructieve berekeningen	11
3.4	Veiligheidsfactoren	12
3.5	Hydraulische randvoorwaarden	14
3.6	Overige uitgangspunten	14
4	UITWERKING VKA.....	16
4.1	Berekeningen grondoplossing.....	16
4.2	Dimensionering hulpconstructie	16
4.3	Combinatie grondoplossing en hulpconstructie	17
4.4	Maatwerklocaties.....	18
4.4.1	Westzijde	18
4.4.2	Oostzijde	19
4.5	Kabels en leidingen	21
5	SAMENVATTING ONTWERP	23
5.1	Westzijde	23
5.2	Oostzijde	23
	REFERENTIES.....	26

BIJLAGEN

1. Onderbouwing schematiseringsfactor
2. Berekeningen STBI grondoplossing
3. Berekeningen stabiliteitsscherf
4. Berekeningen STBI grond met constructie
5. Tekeningen VKA westzijde
6. Tekeningen VKA oostzijde

1 INLEIDING

1.1 Achtergrond

Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK) is beheerder van ruim 1000 kilometer boezemkades. Deze boezemkades beschermen lager gelegen delen tegen overstromingen. Om het veiligheidsniveau van deze boezemwaterkeringen te kunnen waarborgen, dienen de boezemkades periodiek aan een door de provincie vastgestelde norm te worden getoetst. Bij de in 2016 uitgevoerde toetsing van de Wheredijk is gebleken dat de stabiliteit van het binnentalud van deze waterkering onvoldoende is. Momenteel worden voorbereidingen getroffen voor de benodigde verbetermaatregelen. Een integraal ontwerp, waarbij niet alleen de waterveiligheid maar eveneens de overige aanwezige functies integraal worden beschouwd, is hierbij het uitgangspunt. De stedelijke ligging, het maatschappelijk belang en de vele belanghebbenden, maken de verbetering van de Wheredijk tot een complexe opgave.

De Wheredijk ligt aan de Where en vormt de zuidelijke rand van woonwijk de Wheermolen. Het traject heeft een lengte van circa 1330 m.



figuur 1.1: ligging kadetraject Wheredijk

Het binnentalud en de aanwezige steunberm zijn vrij van bebouwing. In de teen van de waterkering is een teensloot aanwezig, welke voor afwatering en waterberging zorgt van de achterliggende woonwijk. Deze grenst ten westen van de Churchilllaan voor een gedeelte direct aan de buitenruimte van woonhuizen. Ten oosten van de Churchilllaan ligt landwaarts van de teensloot een groenstrook. Op de kruin van de waterkering is een doorgaand fietspad aanwezig met een gemiddelde breedte van circa 3,00 m. Het fietspad bestaat uit asfaltverharding. Langs het water liggen over het gehele traject woonboten, waarbij de toegang van de woonboten verloopt via het fietspad op de waterkering. De ruimte tussen de woonboten en het fietspad wordt als buitenruimte gebruikt. In deze zone liggen tevens de leidingen van Stadsverwarming Purmerend. Ten westen van de Churchilllaan zijn deze enkele jaren geleden vervangen, aan de oostelijke zijde dient de vervanging nog plaats te vinden. HHNK heeft in overleg met Stadsverwarming Purmerend besloten om deze werkzaamheden te combineren met de kadeverbetering. Op grond van de gecombineerde opgave wordt in de voorbereiding van de dijkversterking onderscheid gemaakt in twee deeltrajecten WEST en OOST.

1.2 Doel

Uit de scopebepaling [Ref. 1] blijkt dat de Wheredijk is afgekeurd. Op basis hiervan zijn diverse oplossingsrichtingen uitgewerkt [Ref. 2] en zijn kansrijke alternatieven geselecteerd [Ref. 3]. De kansrijke alternatieven zijn vervolgens afgewogen tot het voorkeursalternatief (VKA) [Ref. 4]. De voorliggende rapportage geeft de technisch onderbouwde uitwerking van het voorlopig ontwerp (VO) van het voorkeursalternatief (VKA) voor de Wheredijk. De technische uitwerking bestaat uit verschillende ontwerpberekeningen en een uitwerking van de resultaten van de berekeningen op technisch tekeningen. Op basis van de uitwerking op tekening worden de maatwerklocaties vastgesteld. De maatwerklocaties maken geen onderdeel uit van deze rapportage en worden in een vervolgfase (DO) uitgewerkt.

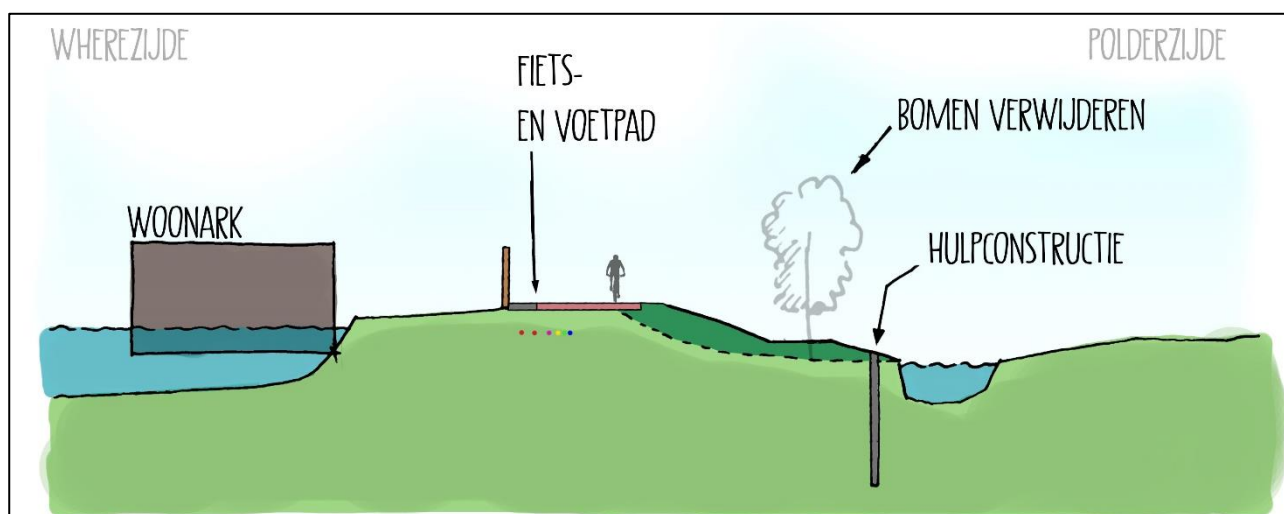
1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 is een beschrijving van het VKA gegeven. De uitgangspunten en randvoorwaarden van de berekeningen zijn opgenomen in hoofdstuk 3. Hoofdstuk 4 geeft een uitwerking van het VKA. De conclusies en aanbevelingen zijn opgenomen in hoofdstuk 5.

2 VOORKEURSALETERNATIEF

Het voorkeursalternatief is schematisch weergegeven in figuur 2.1 en gevisualiseerd in figuur 2.2 en bestaat vanuit technisch oogpunt uit de volgende onderdelen:

- Het verwijderen van bomen en overig groen op het binnentalud en de binnenberm.
- Het aanbrengen van een hulpconstructie ter plaatse van de insteek van de teensloot.
- Het aanbrengen van grond op het binnentalud en de binnenberm.
- Het realiseren van een kabels en leidingentracé in de kruin.
- Het aanbrengen van een fiets en voetpad op de kruin bestaande uit een elementverharding.



figuur 2.1: voorkeursalternatief



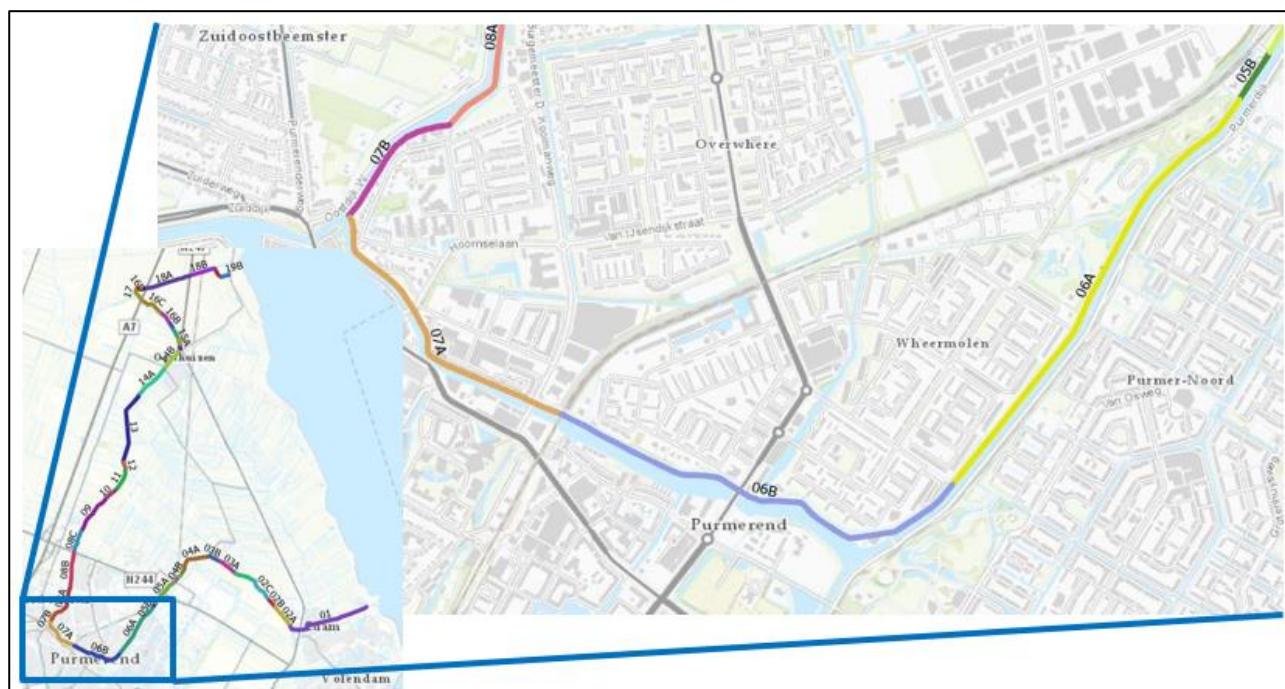
figuur 2.2: visualisatie voorkeursalternatief

3 ONTWERPUITGANGSPUNTEN

De uitgangspunten en uitgevoerde berekeningen vanuit de scopebepaling [Ref. 1] vormen de basis voor de uitwerking van het VKA. De belangrijkste uitgangspunten voor het VKA zijn in de navolgende paragrafen toegelicht.

3.1 Projectgebied

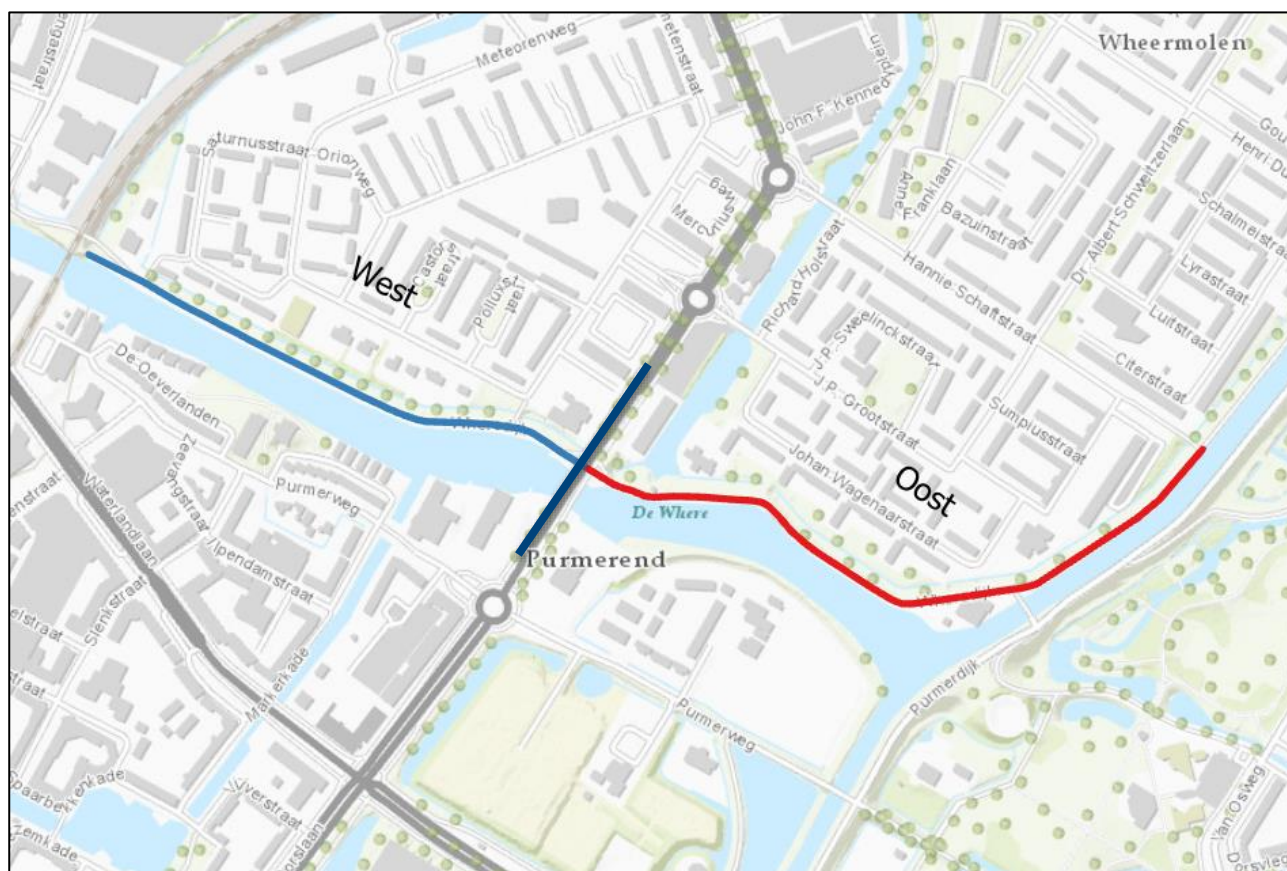
Het projectgebied is gelegen in de wijk Wheermolen van de gemeente Purmerend en grenst aan De Where. Het projectgebied bestond oorspronkelijk uit het gedeelte van de Wheredijk dat in figuur 3.1 als sectie 06B is aangeduid. Dit beperkt zich tot de strekking waaraan woonarken zijn gelegen. Vanuit ruimtelijke inpasbaarheid is het niet logisch gebleken het projectgebied ter plaatse van de meest oostelijke woonark te begrenzen. Een meer voor de hand liggende grens betreft de eerstvolgende dijkopgang die circa 150 m richting het noordoosten is gelegen. Om deze reden is het projectgebied met 150 m uitgebreid. Een nadere toelichting van deze uitbreiding is opgenomen in [Ref. 5].



figuur 3.1: overzicht polder Zeelang en Wheredijk

3.1.1 Sectie indeling

Het projectgebied is ingedeeld in twee secties: west en oost, zie figuur 3.2. De scheiding tussen de oost- en de westzijde ligt op de Churchilllaan. Dit onderscheid is gemaakt, omdat aan de oostzijde de stadsverwarming vervangen moet worden en aan de westzijde dit reeds is gebeurd.



figuur 3.2: overzicht sectie indeling

3.1.2 Rekenprofielen

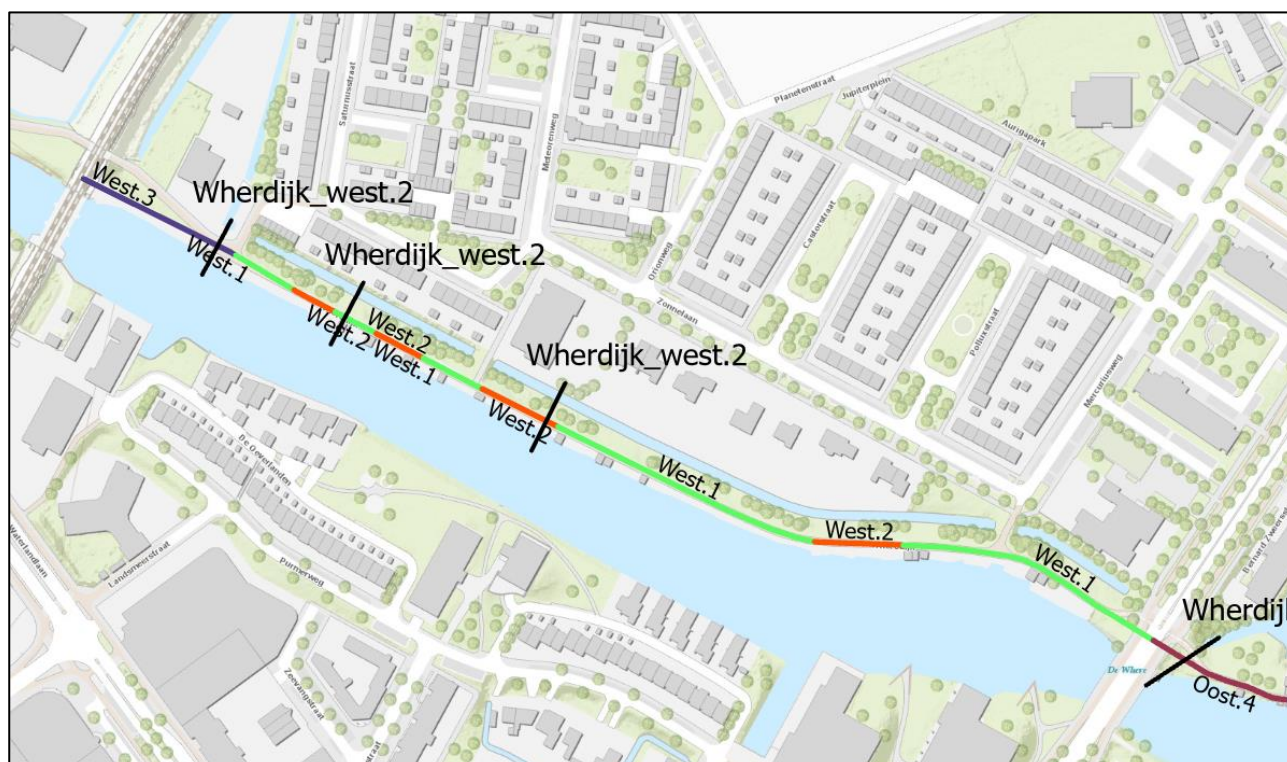
Binnen de twee secties (west en oost) zijn verschillende rekenprofielen beschouwd.

Westzijde

Aan de westzijde zijn drie rekenprofielen beschouwd, zie tabel 3.1 en figuur 3.3. Doordat de geometrie over de lengte van de waterkering varieert binnen de sectie zijn de rekenprofielen representatief voor verschillende strekkingen binnen de sectie. In figuur 3.3 zijn de locaties van de rekenprofielen weergegeven en de strekkingen waarvoor elk rekenprofiel representatief is. Voor de uitwerking van het ontwerp zijn verschillende berekeningen uitgevoerd voor de westzijde en is uiteindelijk één ontwerpprofiel uitgewerkt om ervoor te zorgen dat een uniforme eindsituatie binnen deze sectie ontstaat. Het rekenprofiel van Wheredijk_west.3 is een maatwerklocatie. Deze wordt in de DO-fase beschouwd.

tabel 3.1: rekenprofielen westzijde

Naam (nieuw)	Naam (oud)	Omschrijving
Wheredijk_west.1	6B.1	Representatief profiel
Wheredijk_west.2	6B.2	Steiler binnentalud en lage onderberm
Wheredijk_west.3	6B.7	Maatwerklocatie aansluiting op spoor, uitwerking in DO-fase



figuur 3.3: rekenprofielen westzijde (zwart)

Oostzijde

Aan de oostzijde zijn drie rekenprofielen beschouwd, zie tabel 3.2 en figuur 3.4. In figuur 3.4 zijn de locaties van de rekenprofielen weergegeven en de strekkingen waarvoor elk rekenprofiel representatief is. Het rekenprofiel van Wheredijk_oost.4 is een maatwerklocatie. Deze wordt in de DO-fase beschouwd.

tabel 3.2: technische indeling oostzijde

Naam (nieuw)	Naam (oud)	Omschrijving
Wheredijk_oost.1	6B.3	Representatief profiel
Wheredijk_oost.2	6B.4	De teensloot ligt hier ca. 1,0 m verder van de dijk
Wheredijk_oost.3	6B.5	De teensloot ligt hier ca. 4,5 m verder van de dijk
Wheredijk_oost.4	6B.6	Maatwerklocatie gemaal, uitwerking in DO-fase

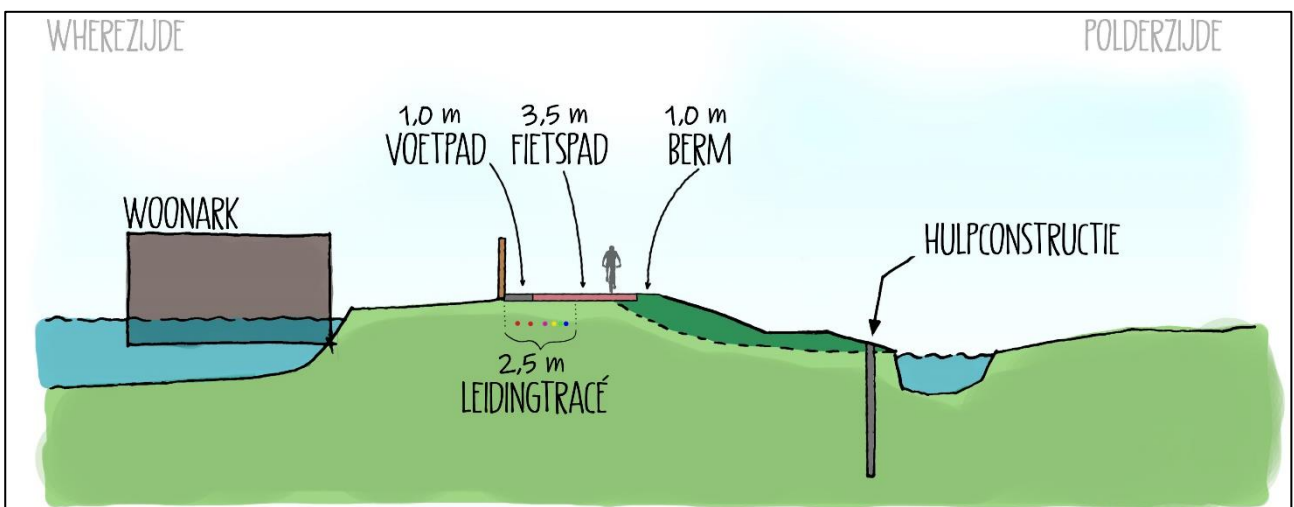


figuur 3.4: rekenprofielen oostzijde

3.2 Geometrische randvoorwaarden

3.2.1 Kruininrichting

In overleg met HHNK en Stadsverwarming Purmerend is de inrichting van de kruin bepaald. Deze inrichting van de kruin en daaruit volgende breedte van de kruin is uitgangspunt voor het ontwerp. Het kabels en leidingentracé bevindt zich aan de Wherezijde in de kruin en heeft een breedte van 2,5 m, zie figuur 3.5. De totale kruinbreedte is 5,5 m. Op de kruin is de verkeerssituatie opnieuw ingericht met een voetpad van circa 1,0 m aan de Wherezijde, een fietspad van circa 3,5 m en een berm van 1,0 m. De inrichting van het voetpad, fietspad en berm zijn nader uitgewerkt en gepresenteerd in figuur 3.6.



figuur 3.5: dimensionering kruinbreedte

De voorgestelde inrichting is een eerste aanzet vanuit het projectteam Wheredijk. Hierbij gaat het voornamelijk om het bepalen van de breedte van de kruin en de daarbij behorende inrichting. De exacte inrichting van de kruin wordt in de volgende fase afgestemd met de stakeholders. In deze fase wordt een keuze gemaakt over de toe te passen betonbanden en type elementverharding.

In maart 2020 is een 0-meting van de Wheredijk uitgevoerd waarbij eveneens een digitaal terrein model (DTM) is opgesteld. De rekenprofielen tijdens de scopebepaling [Ref. 1] zijn gegenereerd vanuit AHN3 en zijn vergeleken met dit DTM. Uit de vergelijking blijkt dat op de kruin het AHN3 gemiddeld enkele centimeters boven het ingemeten DTM ligt. Op het talud en onderberm is het verschil iets groter. Hier ligt AHN3 ongeveer 0,10 m boven het DTM. De rekenprofielen zijn aangepast op basis van het DTM. De tekeningen zijn daarnaast opgesteld op basis van het DTM. Ter plaatse van de 150 m uitbreiding van het projectgebied is geen DTM beschikbaar en is gebruik gemaakt van AHN3.

De kruinhoogte van de huidige kering ligt gemiddeld tussen de NAP +0,10 en de NAP +0,30 m. In de scopebepaling [Ref. 1] is de ontwerphoogte van de kruin vastgesteld op NAP +0,00 m. Hier is rekening gehouden met een zettingscompensatie van 0,10 m wat gelijk is aan de verwachte zetting gedurende een periode van 30 jaar. Uit figuur 3.6 blijkt dat de kruin minimaal op een hoogte van NAP +0,10 m wordt aangelegd. Dit is ruim boven de minimale ontwerphoogte van NAP +0,00 m.

Voor de geometrie van het ontwerp zijn onderstaande randvoorwaarden gehanteerd:

- Het binnentalud heeft in verband met onderhoud en beheer een standaardtalud van 1:3 en mag niet steiler dan 1:2 zijn.
- Het talud van de steunberm naar de sloot dient niet steiler dan 1:3 te zijn.
- De sloot dient een (onderwater)talud van 1:1,5 te hebben.
- Breedte teensloot, gelijk aan huidige breedte.
- Diepte teensloot NAP -2,81 m (is 0,20 m onder de leggerdiepte in verband met baggeren).

3.3 Sterkteparameters

3.3.1 Geotechnische berekeningen

In december 2019 is een update van de proevenverzameling [Ref. 10] vastgesteld. Hierbij zijn de ondergrenswaarden van de sigma-tau curves aangepast. Deze nieuwe parameters zijn gehanteerd voor de stabiliteitsberekeningen. Binnen de ontwerpberekeningen van het VKA is uitgegaan van een ophoging met Klei (zwaar, klasse 2) met een soortelijk gewicht van **16 kN/m³**. In tabel 3.3 is een overzicht van de sterkteparameters opgenomen.

tabel 3.3: geotechnische eigenschappen en sterkteparameters uit proevenverzameling [Ref. 10] voor geotechnische berekeningen

Grondsoort	γ_{nat}/γ_{dr} [kN/m ³]	C_{kar} [kN/m ²]	ϕ_{kar} [°]
Klei_dijkmateriaal z_s	16,7		sigma-tau
Klei_dijkmateriaal h	13,9		sigma-tau
Klei_bovenveen s_z_h	15,4		sigma-tau
Klei_wadzanden_gelaagd o_dijk	16,3		sigma-tau
Klei_onderveen s_z_h_o_dijk	15,4		sigma-tau
Klei_onderveen s_z_h_n_dijk	15,3		sigma-tau
Hollandveen_o_dijk- VW (ZO)	10,0		sigma-tau
Hollandveen_n_dijk	10,0		sigma-tau
Holoceen zand	17,0 / 19,0	0,0	26,7
Pleistocene zand	18,0 / 20,0	0,0	30,0
Aanvulzand	17,0 / 19,0	0,0	30,0
Klei (zwaar, klasse 1 à 2)	16,0	3,0	22,5

3.3.2 Constructieve berekeningen

Conform de richtlijn [Ref. 7] zijn berekende stabiliteitsschermen (aangezien de kade in IPO-klasse V is ingedeeld) getoetst aan risicoklasse RC2. Voor de maximaal toegestane horizontale vervorming is een waarde van 100 mm gehanteerd. Voor het uitvoeren van de damwandberekeningen zijn de karakteristieke eigenschappen uit de proevenverzameling toegepast. In tabel 3.4 is een overzicht van de sterkteparameters opgenomen.

tabel 3.4: geotechnische eigenschappen en sterkteparameters uit proevenverzameling [Ref. 10] voor constructieve berekeningen

Grondsoort	γ_{nat}/γ_{dr} [kN/m ³]	C_{kar} [kN/m ²]	ϕ_{kar} [°]	Δ [°]	Shell- factor [-]	OCR [-]
Klei_dijkmateriaal z_s	16,7	0,0	38,3	12,8	1,5	1,0
Klei_dijkmateriaal h	13,9	1,1	30,7	10,2	1,5	1,0
Klei_bovenveen s_z_h	15,4	0,0	36,5	12,2	1,5	1,0
Klei_wadzanden_gelaagd o_dijk	16,3	0,9	26,1	8,7	1,5	1,0
Klei_onderveen s_z_h_o_dijk	15,4	2,9	31,7	10,6	1,5	1,0
Klei_onderveen s_z_h_n_dijk	15,3	2,1	30,0	10,0	1,5	1,0
Hollandveen_o_dijk- VW (ZO)	10,0	1,6	22,3	0,0	1,3	1,0
Hollandveen_n_dijk	10,0	0,0	25,2	0,0	1,3	1,0

Grondsoort	γ_{nat}/γ_{dr} [kN/m ³]	C_{kar} [kN/m ²]	ϕ_{kar} [°]	Δ [°]	Shell- factor [-]	OCR [-]
Holoceen zand	17,0 / 19,0	0,0	26,7	8,9	2,0	1,0
Pleistoceen zand	18,0 / 20,0	0,0	30,0	10,0	2,0	1,0
Aanvulzand	17,0 / 19,0	0,0	30,0	10,0	2,0	1,0
Klei (zwaar, klasse 1 à 2)	16,0	3,0	22,5	7,5	1,5	1,0

De schelpfactor en OCR zijn niet opgenomen in de proevenverzameling [Ref. 10] of richtlijn [Ref. 8]. Deze waarden zijn bepaald op basis van opgedane ervaringen bij andere projecten.

Zoals aangegeven in de richtlijn toetsing, ontwerp en realisatie [Ref. 8] is voor de beddingsconstanten gebruik gemaakt van representatieve horizontale beddingsconstanten uit de CUR 166 [Ref. 11]. Deze waarden zijn in tabel 3.5 voor de verschillende takken $k_{h,1}$, $k_{h,2}$ en $k_{h,3}$ weergegeven.

tabel 3.5: beddingsconstanten

Grondsoort	Sterkte	$k_{h,1}$		$k_{h,2}$		$k_{h,3}$	
		Laag	hoog	Laag	hoog	Laag	hoog
Aanvulzand	$q_c = 5$ MPa	12000	27000	6000	13500	3000	6750
Holoceen zand							
Pleistoceen zand	$q_c = 15$ MPa	20000	45000	10000	22500	5000	11250
Klei (zwaar, klasse 1 à 2)	$C_u = 25$ kPa	2000	4500	800	1800	500	1125
Klei_dijkmateriaal z_s							
Klei_dijkmateriaal h							
Klei_bovenveen s_z_h							
Klei_onderveen s_z_h_o_dijk							
Hollandveen_o_dijk- VW (ZO)	$C_u = 10$ kPa	1000	2250	500	1125	250	560
Hollandveen_n_dijk							

Op basis van de richtlijn toetsing ontwerp en realisatie [Ref. 8] zijn voor corrosie van warmgewalste stalen damwanden de waarden in tabel 3.6 aangehouden, behorende bij een **levensduur van 50 jaar**.

tabel 3.6: corrosietoeslag

Situatie	Corrosietoeslag totaal (mm)	
	Levensduur 50 jaar	Levensduur 100 jaar
Ongeroerde, schone grond en permanent beneden de grondwaterspiegel (geen sprake van bodemverontreiniging)	1,2	2,4
Geroerde grond of verticale grondwaterbeweging of boven grondwaterspiegel (sprake van bodemverontreiniging).	2,4	4,4

3.4 Veiligheidsfactoren

Schadefactor (IPO-klasse)

De strekking van de Wheredijk is ingedeeld in IPO-klasse V. Bij deze klasse hoort een overschrijdingsfrequentie van 1/1000 per jaar en een schadefactor van 1,0.

Modelfactor

In afwijking van de LTVRW [Ref. 6] zijn op verzoek van HHNK andere modelfactoren toegepast. De modelfactoren zijn overgenomen in de tabel hieronder.

tabel 3.7: modelfactor

Glijvlakmodel	Y _d
Methode Bishop	1,00
Methode Uplift Van	0,95
Methode Spencer Van-der-Meij	0,95

Materiaalfactor

De gehanteerde materiaalfactoren zijn verwerkt in de sterkteparameters vanuit de Proevenverzameling van HHNK [Ref. 10]. Derhalve is voor de vereiste stabiliteitsfactoren een materiaalfactor van 1,0 gehanteerd.

Schematiseringsfactor

De schematiseringsfactor is conform het stappenplan uit bijlage II van de LTVRW [Ref. 6] bepaald. Dit stappenplan is samen met de bijbehorende resultaten onder bijlage 1 aan deze rapportage toegevoegd. Uit het doorlopen van het stappenplan is gebleken dat voor de Whereidijk een schematiseringsfactor van 1,10 voldoende dekkend is.

Ontwerptoeslag

Door zettingen kan een deel van de verbetering onder de freatische lijn zakken. Hierdoor neemt het gewicht van de aangebrachte grond af en daarmee eveneens de korrelspanning. Om te voorkomen dat de stabiliteit aan het einde van de planperiode niet meer voldoet, is voor het bepalen van het ontwerp in deze fase een ontwerptoeslag van 0,05 meegenomen in de stabiliteitsfactor.

Vereiste stabiliteitsfactoren

Voor het mechanisme macrostabiliteit dient de berekende stabiliteitsfactor groter te zijn dan de vereiste stabiliteitsfactor. In tabel 3.8 zijn de vereiste stabiliteitsfactoren opgenomen. De vereiste stabiliteitsfactor wordt berekend met:

$$\gamma_r = \gamma_b \times \gamma_d \times \gamma_m \times \gamma_n$$

Hierin is:

γ_b = schematiseringsfactor

γ_d = modelfactor

γ_m = materiaalfactor

γ_n = schadefactor

tabel 3.8: opbouw stabiliteitsfactor

Methode	Modelfactor	Schadefactor	Materiaalfactor	Schematiseringsfactor	Ontwerptoeslag	S.F. vereist
	Y _d	Y _n	Y _m	Y _b	Y _b	
Bishop	1,00	1,00	1,00	1,10	+0,05	1,15
Uplift Van	0,95	1,00	1,00	1,10	+0,05	1,10
Spencer	0,95	1,00	1,00	1,10	+0,05	1,10

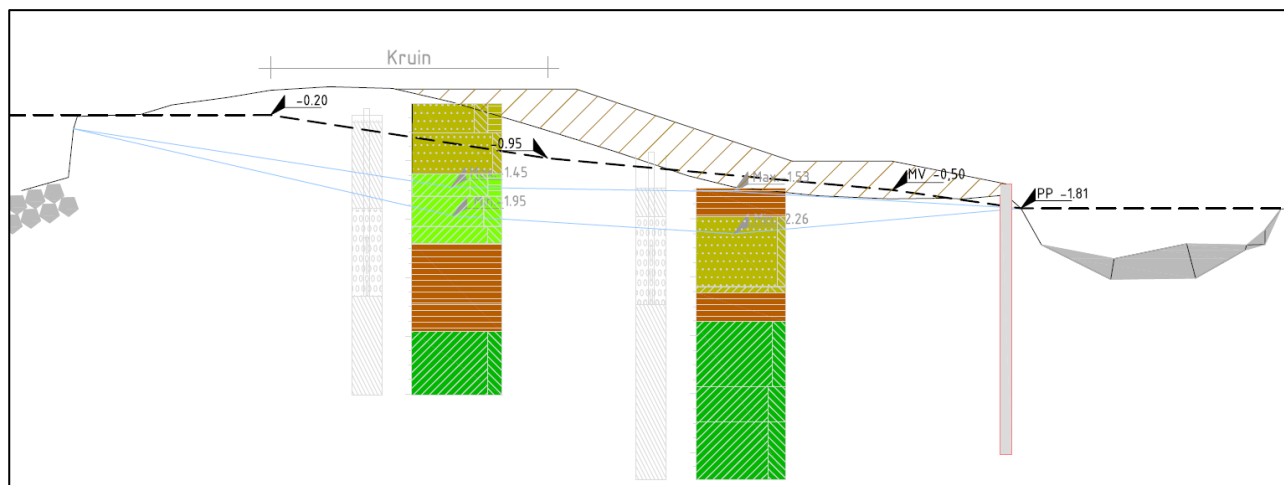
3.5 Hydraulische randvoorwaarden

Het maatgevende boezempeil en streefpeil van de Where, de polderpeilen en de stijghoogtes in de watervoerende pakketten zijn in de scopebepaling [Ref. 1] geactualiseerd. Een overzicht van de peilen is opgenomen in tabel 3.9.

tabel 3.9: gehanteerde peilen

Omschrijving	Peil
Maatgevend boezempeil	NAP -0,20 m
Streefpeil	NAP -0,50 m
Polderpeil	NAP -1,81 m (vast peil)
Stijghoogte wadzand	NAP -1,81 m
Stijghoogte pleistoceen	NAP -3,00 m

Het verloop van de freatische lijn is in de berekeningen gebaseerd op de schematisatie uit de scopebepaling [Ref. 1]. Hierbij verloopt de freatische lijn onder de kruin van toetspeil naar een waarde van NAP -0,95 m. Deze waarde is bepaald aan de hand van peilbuismetingen. De onderbouwing van deze waarde is opgenomen in bijlage 5 van de scopebepaling [Ref. 1]. Vervolgens loopt de freatische lijn af met 0,20 m onder het begin van de steunberm om vervolgens via het eind van de steunberm op de helft van de hoogte van de steunberm naar het polderpeil te verlopen. In onderstaand figuur is de schematisatie van de freatische lijn gevisualiseerd.



figuur 3.7: schematisatie freatisch verloop VKA

3.6 Overige uitgangspunten

Planperiode

De Wheredijk is ontworpen voor een planperiode van 30 jaar. Dit is conform de richtlijn van HHNK [Ref. 8]. Dit betekent dat binnen de planperiode van het ontwerp rekening is gehouden met de ontwerpwaterstand. De uitwerking van optredende zettingen en het gevolg hiervan op de ontwerpen worden in een vervolgfase uitgewerkt. Voor het stabiliteitsscherm is, conform de richtlijn van HHNK [Ref. 8], uitgegaan van een planperiode van 50 jaar.

Verkeersbelasting

Voor secties, waar sprake is van een wegverharding, is met een ongedraineerde bovenbelasting van 13 kN/m² over een breedte van 2,50 m gerekend. Voor de consolidatie van de onderliggende grondlagen is voor niet cohesieve grondsoorten 50% aangenomen voor de natte situatie en 30% voor de droge situatie conform de 'blauwe' LTVRW 2015 (tabel 3.1, paragraaf 1.5.1 in module B) [Ref. 6]. Voor de spreiding van de verkeersbelasting is een hoek van 0 graden aanhouden. Het aangrijpingspunt van de verkeersbelasting aan de polderzijde van de kering is op 0,5 m uit de binnenkruin geschematiseerd. Aangezien de berm naast het fietspad aan de binnenzijde 1,0 m bedraagt, betekent dit dat de verkeersbelasting 0,50 m uit de kant van het fietspad is geschematiseerd. De schematisering van de verkeersbelasting op de Wheredijk is weergegeven in tabel 3.10.

tabel 3.10: verkeersbelasting

Omschrijving	Type kade	Weg- breedte	Toegepaste breedte	Verkeers- belasting	Cons. Coh. Lagen	Bel. Spreiding
	[-]	[m]	[m]	[kN/m ²]	[%]	[°]
VKA	Grijs	3,5	2,5	13,0	50	0

Rekenmodel

De stabiliteit van de kade is geanalyseerd met behulp van het programma D-Geo Stability (versie 18.1). Dit programma is ontwikkeld voor het ontwerp en de controle op stabiliteit van grondlichamen. De berekeningen zijn uitgevoerd met de standaard module Uplift Van. Op basis van het verloop van het glijvlak is waar nodig nog een controle berekening uitgevoerd met het model Spencer of Bishop. Voor damwandberekeningen is gebruik gemaakt van het programma D-sheet Piling, versie 19.1.

4 UITWERKING VKA

Om aan te tonen dat het VKA aan alle eisen met betrekking tot waterveiligheid voldoet, is het ontwerp aan de uitgangspunten uit hoofdstuk 3 getoetst. Met de realisatie van het VKA wordt de Whereidijk verbeterd op het toetsspoor STBI. De overige toetssporen zijn tijdens de meest recente toetsing op waterveiligheid [Ref. 1] goedgekeurd.

De stabiliteit van de grondoplossing is eerst per sectie beoordeeld. Voor de secties die met de grondoplossing niet aan de veiligheidseisen voldoen, is vervolgens een grondkerende hulpconstructie gedimensioneerd. Deze hulpconstructie doorsnijdt het kritische glijvlak en draagt de resterende krachten van het aandrijvend moment af naar de ondergrond. De secties waar een hulpconstructie wordt toegepast, zijn uiteindelijk op het toetsspoor STBI opnieuw beschouwd. Hierbij is de ontworpen hulpconstructie als 'verboden lijn' in de berekening geschematiseerd. In deze ontwerpfase van het project is nog geen rekening gehouden met zettingen van de ondergrond die optreden door de benodigde grondophogingen. In de volgende fase wordt dit nader uitgewerkt.

4.1 Berekeningen grondoplossing

Het ontwerp van de grondoplossing is op het toetsspoor STBI getoetst. Om te zorgen dat met het ontwerp een uniform beeld van de kering wordt gecreëerd, is voor het niveau van de steunberm een vaste hoogte gekozen. In het ontwerp is uitgegaan van een gemiddelde ophoging van 0,50 m ten opzichte van het bestaande maaiveld. Dit leidt tot een vaste steunbermhoogte van NAP -0,90 m. De rekenresultaten zijn in tabel 4.1 samengevat en de meest kritische glijcirkels zijn in bijlage 2 toegevoegd.

tabel 4.1: resultaten STBI na herinrichting kruin en aanbrengen steunberm

Rekenprofiel	Lengte	Spencer		Bishop		Uplift Van		Oordeel
		Eis	Ber.	Eis	Ber.	Eis	Ber.	
Wheredijk_west.1	370 m	1,10	0,96	1,15	1,20	1,10	1,00	Hulpconstructie
Wheredijk_west.2	135 m	1,10	0,98	1,15	1,22	1,10	1,03	Hulpconstructie
Wheredijk_oost.1	445 m	1,10	0,96	1,15	1,15	1,10	1,02	Hulpconstructie
Wheredijk_oost.2	105 m	1,10	0,95	1,15	1,22	1,10	1,00	Hulpconstructie
Wheredijk_oost.3	110 m	1,10	1,11	1,15	1,32	1,10	1,22	Voldoende

Uit de rekenresultaten volgt dat de binnenwaartse macrostabiliteit van de kering na het herinrichten van de kruin en het aanbrengen van de steunberm bij sectie Wheredijk_oost.3 zonder hulpconstructie aan de stabiliteitseis voldoet. De glijvlakken berekend met het model Spencer zijn hierbij maatgevend gebleken. Dit komt met name doordat dit model de contouren van de geschematiseerde veenlaag beter kan volgen. Bij de secties aan de westzijde en de secties 2 tot en met 4 aan de oostzijde dient een hulpconstructie in de teen van de kering aangebracht te worden om aan de stabiliteitseis te voldoen. Deze uitwerking volgt in paragraaf 4.2.

4.2 Dimensionering hulpconstructie

De hulpconstructie is berekend voor de sectie met het kleinste stabiliteitstekort en voor de sectie met het grootste stabiliteitstekort. Bij het dimensioneren van de hulpconstructie is naast de initiële- en gebruikssituatie een calamiteitsituatie beschouwd. In deze situatie is de hulpconstructie naast de gebruikelijke grond- en verkeerbelasting eveneens belast met horizontale krachten ten gevolge van een afschuiving van het dijklichaam. Deze krachten zijn bepaald met een evenwichtsbeschouwing door middel **rps.nl**

van het model Bishop. Hierbij is gebruik gemaakt van het Bishopmodel, omdat dit model in het programma D-Geo Stability als enige de juiste uitvoergegevens geeft. Het nadeel hierbij is dat het meest kritische glijvlak van de geschematiseerde profielen niet met Bishop kan worden bepaald. Om te zorgen dat met het Bishopmodel de juiste afschuifkrachten bepaald kunnen worden, is het berekende tegenwerkend moment gereduceerd tot waar de stabiliteitsfactor gelijk is aan de waarde zoals berekend met het model Spencer (conform aanpak hulpconstructies HHNK richtlijn).

Gedurende het opstellen van deze rapportage is de nieuwe richtlijn voor het ontwerpen van hulpconstructies [Ref. 9] in de teen vastgesteld door HHNK. De bovenstaande aanpak is daarin niet meer opgenomen omdat dit vaak een conservatieve uitkomst geeft. In overleg met HHNK is besloten om in deze fase nog wel gebruik te maken van deze methode.

Uit de berekeningen volgt dat een stalen GU 6N profiel met een planklengte van 6,00 m voor beide secties voldoende sterkte en stabiliteit biedt om als hulpconstructie te worden toegepast. Hierbij is de bovenkant van de hulpconstructie op NAP -1,50 m ontworpen en heeft de hulpconstructie een paalpuntniveau van NAP -7,50 m. Door de hulpconstructie tot op deze diepte aan te brengen, wordt deze in het Holoceen zand gefundeerd. Omdat dit ontwerp voor de sectie met het grootste en kleinste stabiliteitstekort voldoet, is dit ontwerp geschikt om binnen alle vier de secties (zie rode arcering in tabel 4.1) toe te passen. Een samenvatting van de rekenresultaten is opgenomen in tabel 4.2. De volledige rekenresultaten zijn in bijlage 3 opgenomen.

tabel 4.2: resultaten berekeningen hulpconstructie

Sectie	Type	Lengte hulpconstuc- tie	Max. verplaatsing	Max. toelaatbare verplaatsing	Max. moment	Max. toelaatbaar moment	Oordeel
[-]	[-]	[m]	[mm]	[mm]	[kNm]	[kNm]	[-]
Wheredijk_west.2	GU 6N (S240)	6,00	11	100	26	96	Voldoet
Wheredijk_oost.2	GU 6N (S240)	6,00	14	100	37	96	Voldoet

Zoals benoemd in de uitgangspunten (paragraaf 3.3.2) is in de berekening een totale corrosietoeslag van 1,2 mm aangehouden. Bij het gekozen GU 6N damwandprofiel vertaalt een corrosietoeslag van 1,2 mm zich naar een reductiefactor op het traagheids- en weerstandmoment van 0,80. Conform de CUR 166 [Ref. 11] is rekening gehouden met een reductiefactor van 0,80 voor scheve buiging. Hierbij is uitgegaan van installatie middels heien of trillen in cohesieve grond met een schuifweerstand $25 < c_u \leq 100$ kPa, zonder maatregelen. Hier is van uitgegaan, omdat de maatgevende grondlaag tot het paalpuntniveau uit zandige klei bestaat. In totaal is voor corrosie en scheve buiging een reductiefactor van 0,64 op het traagheids- en weerstandmoment in rekening gebracht.

4.3 Combinatie grondplossing en hulpconstructie

Het ontwerp van het gehele grondlichaam, inclusief de hulpconstructie, is gecontroleerd op macrostabiliteit (grote glijcirkels tot onder de hulpconstructie en klei glijcirkels boven de hulpconstructie met het model Spencer. De resultaten van de stabiliteitsberekening zijn samengevat in tabel 4.3 en de meest kritieke glijcirkels zijn in bijlage 4 opgenomen. Uit de rekenresultaten volgt dat de stabiliteit van de kade (met combinatie van grondplossing en hulpconstructie) binnen alle secties aan de waterveiligheidseisen voldoet.

tabel 4.3: resultaten STBI grondoplossing met hulpconstructie berekend met model Spencer

Sectie	Lengte	Stabiliteit		Oordeel
		Eis	Berekend	
Wheredijk_west.1	370 m	1,10	2,45	Voldoende
Wheredijk_west.2	135 m	1,10	2,20	Voldoende
Wheredijk_oost.1	445 m	1,10	2,17	Voldoende
Wheredijk_oost.2	105 m	1,10	2,21	Voldoende
Wheredijk_oost.3	110 m	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.

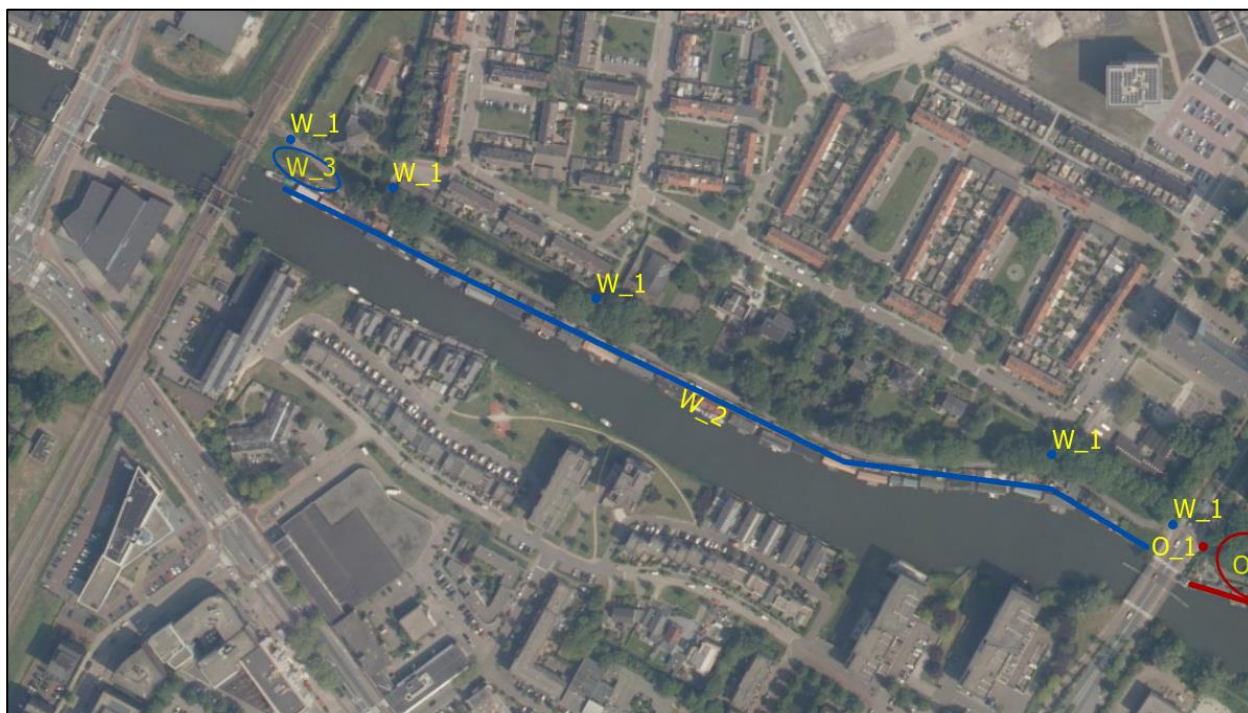
De ontworpen constructie is één van de lichtst beschikbare warmgewalste stalen damwandprofielen, maar kan desondanks een veel groter moment opnemen dan hier nodig is. Omdat de krachten die de constructie moet opnemen relatief klein zijn en voor deze constructie een levensduur van 50 jaar geldt, zou nagegaan kunnen worden of het voordeliger is om kunststof toe te passen.

4.4 Maatwerklocaties

Het opgestelde ontwerp is ingepast in de omgeving. Hieruit komen diverse maatwerklocaties naar voren. Deze worden in het DO en bestek in detail uitgewerkt met de betreffende stakeholders.

4.4.1 Westzijde

In figuur 4.1 is een overzicht van de geïdentificeerde maatwerklocaties weergegeven. De maatwerklocaties worden hierna kort toegelicht.



figuur 4.1: maatwerklocaties westzijde

Maatwerklocatie W_1: Aansluitingen bestaande infrastructuur

Op diverse locaties sluit het fietspad op de kruin aan op de bestaande omliggende infrastructuur.

Aansluiting	Uitwerking
Churchillaan	Zowel aan de oost als westzijde sluit het fiets-/voetpad aan op de Churchillaan. Hier is een verkeerslicht aanwezig.
Zonnelaan	De verharding dient te worden aangesloten op de bestaande afrit/voetpad.
Saturnusstraat, voetpad	De verharding dient te worden aangesloten op de bestaande afrit/voetpad.
Saturnusstraat, Fiets-voetpad	De verharding dient te worden aangesloten op de bestaande afrit/voetpad.
spoortunnel	De verharding dient te worden aangesloten op de bestaande afrit/voetpad.

Maatwerklocatie W_2: Aansluitingen woonboten en gebouwen

Het voetpad wordt op een vaste hoogte aangelegd. De buitenruimtes van de woonboten sluiten in huidige situatie niet overal goed aan, waardoor een hoogteverschil ontstaat dat oploopt tot circa 0,20 m. Per woonboot dient bekeken te worden of de poort of verharding aangesloten kan worden zodat de woonboten bereikbaar blijven.

Maatwerklocatie W_3: Voetpad naar woonboot 1 en 2 en spoorviaduct

Hier is geen teensloot aanwezig en loopt het fietspad vanaf de kruin naar de teen toe om vervolgens met een tunnel onder het spoor door te gaan. De inrichting van bestrating wordt in de volgende fase opgepakt. Er liggen hier twee vaste woonboten en een verplaatsbare boot aan de kade.



figuur 4.2: maatwerklocatie aansluiting westzijde (sectie West.3)

4.4.2 Oostzijde

In figuur 4.3 is een overzicht van de geïdentificeerde maatwerklocaties weergegeven. De maatwerklocaties worden hierna kort toegelicht.



figuur 4.3: maatwerklocaties oostzijde

Maatwerklocatie O_1: Aansluitingen bestaande infrastructuur

Op diverse locaties sluit het fietspad op de kruin aan op de bestaande omliggende infrastructuur. In onderstaande tabel staat per aansluiting hoe hier mee is omgegaan in de SSK-raming. De aan te brengen tegelverharding is meegenomen in de hoeveelheid van de aan te brengen tegels voor het fiets en voetpad.

Aansluiting	Uitwerking
Hannie Schaftlaan	De verharding op de kruin dient te worden aangesloten op het fietspad van de Hannie Schaftlaan. Dit is een fietspad bestaande uit asfaltverharding.
Johan Wagenaarstraat	De verharding dient te worden aangesloten op de bestaande afrit/voetpad.
Churchilllaan	Zowel aan de oost als westzijde sluit het fiets-/voetpad aan op de Churchilllaan. Hier is een verkeerslicht aanwezig.

Maatwerklocatie O_2: Aansluitingen woonboten en gebouwen

Het voetpad wordt op een vaste hoogte aangelegd. De buitenruimtes van de woonboten sluiten in huidige situatie niet overal goed aan, waardoor een hoogteverschil ontstaat dat oploopt tot circa 0,20 m. Per woonboot en gebouw dient bekeken te worden of de poort of verharding aangesloten kan worden zodat de woonboten bereikbaar blijven.

Maatwerklocatie O_3: Churchilllaan en gemaal

Wegens de afwijkende kadegeometrie, de aansluiting van kabels en leidingen en de aanvullende wens/eis van de beheerder van het gemaal, wordt het stuk tussen het gemaal en de Churchilllaan als een maatwerklocatie beschouwd.



figuur 4.4: maatwerklocatie gemaal (sectie Oost.4)

In deze sectie is een zinker van de stadverwarming aanwezig. De sloot aan de westzijde wordt via een duiker onder de Churchillaan afgewaterd naar de kopsloot en het gemaal. Bij deze maatwerklocatie moet het inpassen en aansluiten van de ontwerpopgave en de aanwezige kabels, leidingen en warmtenet verder in detail uitgewerkt worden in samenwerking met de betreffende netbeheerders. In het VKA is op de locatie van de kopsloot tegen het fietspad, een hulpconstructie nodig om het stabiliteitsprobleem op te lossen. De exacte afmetingen en uitwerking dient in de DO-fase met de betrokken partijen te worden afgestemd

Maatwerklocatie O 4: Fietsbrug

Nabij de roeiverenging is er een fietsbrug aanwezig over de Where richting de Purmerdijk. Richting de brug loopt de kruin ongeveer 0,75 m omhoog tot ongeveer NAP +1,00 m. Het ontwerp van het voet- en fietspad dient aan te sluiten op het fietspad naar de brug toe. Dit wordt meegenomen in de uitwerking van het DO en bestek.

Maatwerklocatie O 5: uitstroom gemaal

Bij het gemaal passeert het fietspad de uitstroom van het gemaal. De ruimte is hier te klein om het fietspad hier door te trekken met dezelfde breedte. Uit de inmeting blijkt dat een voet- en fietspad met een gezamenlijke breedte van maximaal 3,0 m kan worden aangelegd.

4.5 Kabels en leidingen

Langs de Wheredijk liggen diverse kabels en leidingen die mogelijk een knelpunt vormen. In de vervolgfase wordt het ontwerp met alle betrokken kabel- en leidingbeheerders besproken. De belangrijkste mogelijke knelpunten zijn:

Middenspanning

Halverwege de westzijde kruist een middenspanningskabel de kade. Over een afstand van 30 m loopt de kabel hier aan de binnenzijde van het bestaande fietspad parallel aan de kade. De kabel kan niet over een afstand van 30 m worden vervangen. Wanneer blijkt dat de kabel niet kan blijven liggen, dient deze over een grote afstand vervangen te moeten worden, waarbij de leiding onder de Where vervangen moet worden.

Backbone KPN en waterleiding

Over het laatste deel van de westzijde loopt aan de binnenzijde van het bestaande fietspad een belangrijk kabeltracé van KPN en een waterleiding. Bij de verbreding van de kruin komt deze mogelijk onder het fietspad te liggen.

Gasleiding naar roeivereniging

De roeivereniging is op dit moment nog aangesloten op het aardgasnet. Hierdoor loopt vanuit de wijk over een afstand van ongeveer 20 m een gasleiding aan de binnenzijde van het fietspad.

Kruisende K&L

Op diverse locaties langs de Wheredijk zijn kruisende leidingen aanwezig. Het gaat hier om bijvoorbeeld twee persleidingen en een waterleiding. Bij de kruising met de Churchilllaan zijn diverse leidingen aanwezig.

Huisaansluitingen

Om de woonboten van onder andere water, licht en data te voorzien, zijn er diverse leidingen in de kruin aanwezig. In het VKA is hiervoor een K&L-strook in de kruin gereserveerd.

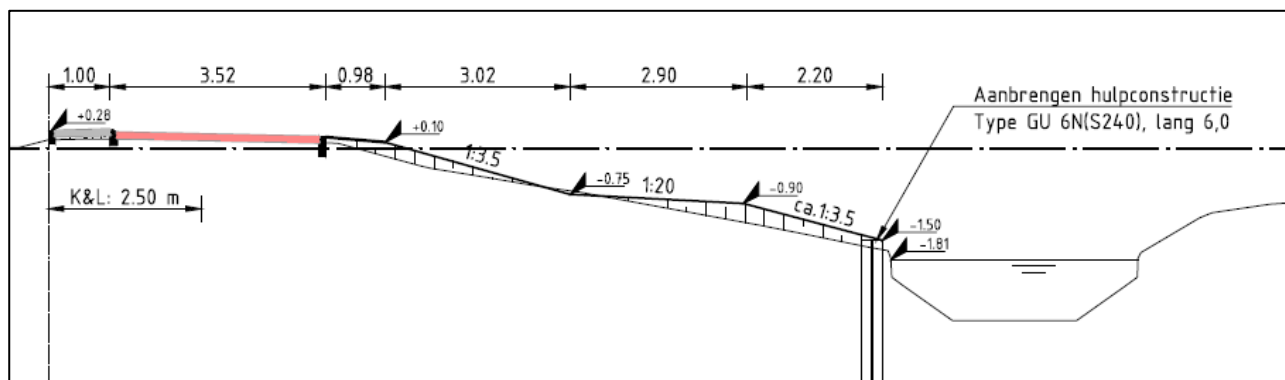
5 SAMENVATTING ONTWERP

5.1 Westzijde

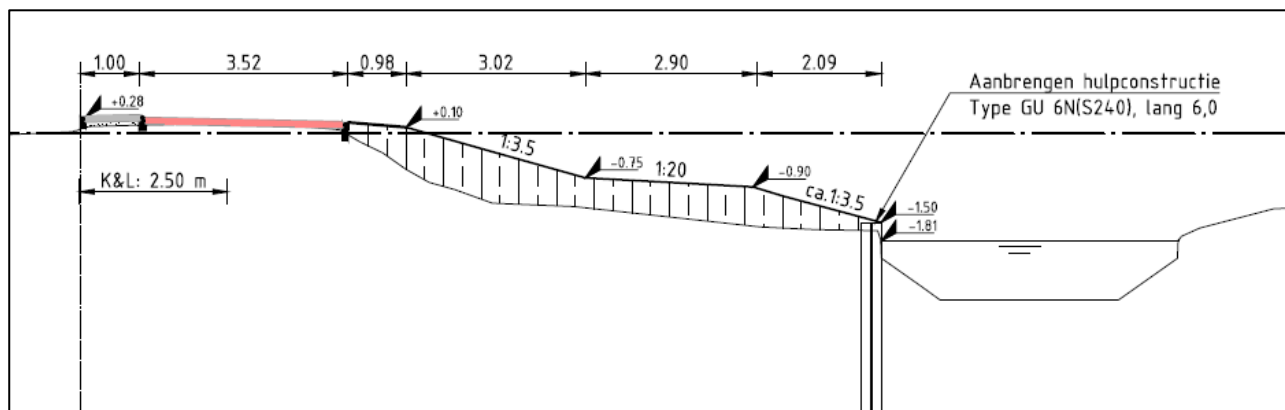
Het uiteindelijke ontwerp is op tekening uitgewerkt. Deze ontwerptekeningen van de westzijde zijn opgenomen in bijlage 5. Hieronder is een koste beschrijving gegeven.

Strekking Wheredijk west 1 (370 m) en west 2 (135 m)

Het ontwerp kan niet binnen het huidige ruimtebeslag worden uitgevoerd zonder hulpconstructie. Op dit stuk is een hulpconstructie noodzakelijk. Dit is een stalen damwand, type GU6N met een lengte van 6,0 m.



figuur 5.1: dwarsprofiel 6B.west_DP3



figuur 5.2: dwarsprofiel 6B.west_DP2

Strekking Wheredijk west 3 (85 m)

Dit betreft een maatwerklocatie en opgenomen in paragraaf 4.4. De uitwerking van deze strekking vindt plaats in de volgende fase (DO).

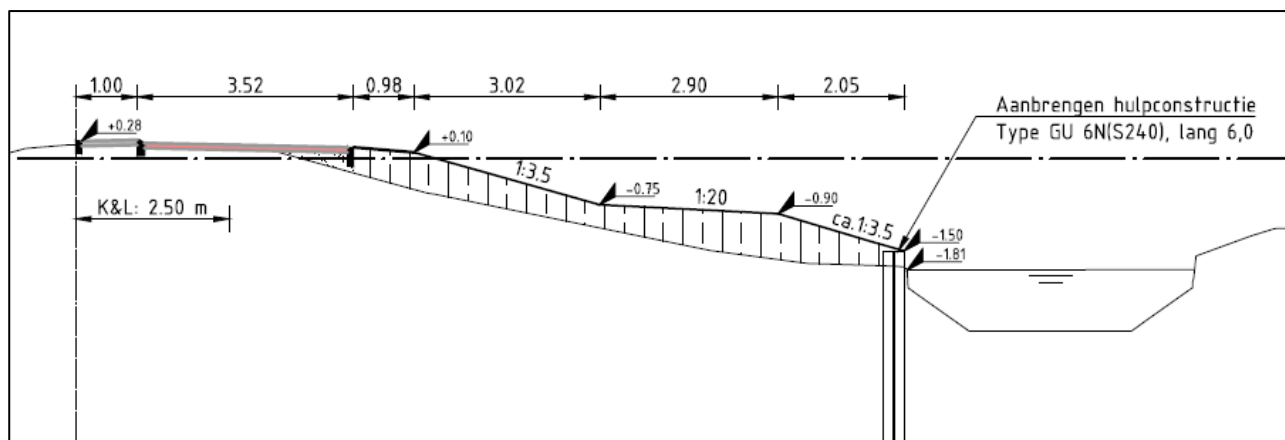
5.2 Oostzijde

Het uiteindelijke ontwerp is op tekening uitgewerkt. Deze ontwerptekeningen van de westzijde zijn opgenomen in bijlage 6. Hieronder is een koste beschrijving gegeven.

Strekking Wheredijk oost 1 (445 m)

Het ontwerp zonder hulpconstructie kan niet binnen het huidige ruimtebeslag worden uitgevoerd. Op dit stuk is een hulpconstructie noodzakelijk. Dit is een stalen damwand, type GU6N met een lengte van 6,0 m.

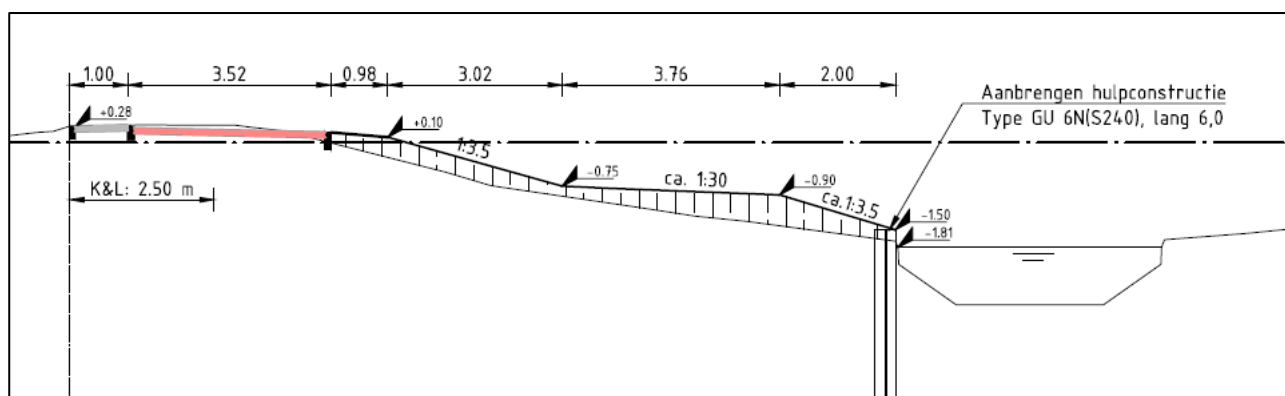
rps.nl



figuur 5.3: dwarsprofiel 6B.oost_DP1

Strekking Wheredijk oost 2 (105 m)

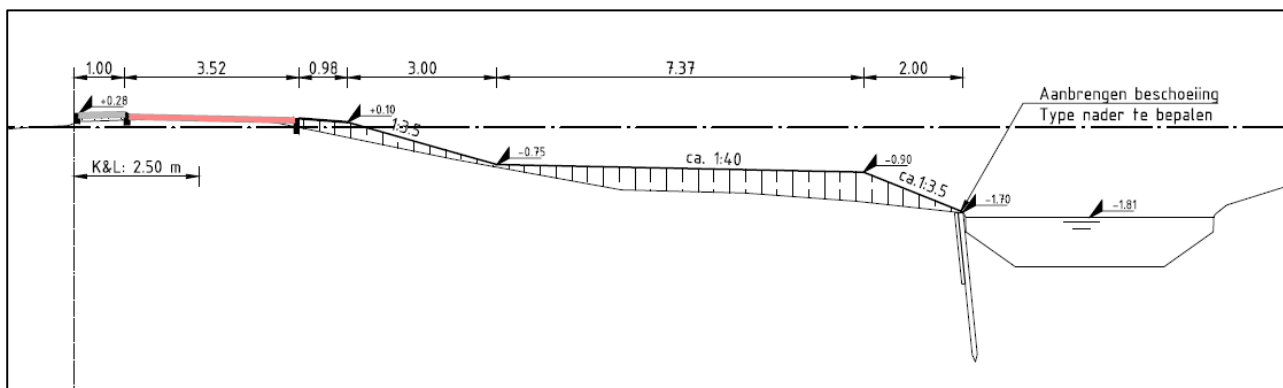
De onderberm is op dit stuk iets breder. Het ontwerp kan hier niet binnen het huidige ruimtebeslag worden uitgevoerd. Op dit stuk is een hulpconstructie noodzakelijk. Dit is een stalen damwand, type GU6N met een lengte van 6,0 m.



figuur 5.4: dwarsprofiel 6B.oost_DP3

Strekking Wheredijk oost 3 (110 m)

De onderberm is op dit stuk nog breder. Hierdoor kan het ontwerp binnen het huidige ruimtebeslag gecreëerd worden zonder hulpconstructie. Bij de insteek van de teensloot wordt een beschoeiing geplaatst ter voorkoming van erosie door langsstroming omdat de bestaande beschoeiing in slechte staat is.



figuur 5.5: dwarsprofiel 6B.oost_DP4

Strekking Wheredijk oost 4 (80 m)

Wegens de afwijkende kadegeometrie, de aansluiting van kabels en leidingen en de aansluiting van het warmtenet en de aanvullende wens/eis van de beheerder van het gemaal, wordt het stuk tussen het gemaal en de Churchilllaan als een maatwerklocatie beschouwd.



figuur 5.6: maatwerklocatie gemaal (sectie Oost.4)

In deze sectie is een zinker van de stadverwarming aanwezig. De sloot aan de westzijde wordt via een duiker onder de Churchilllaan afgewaterd naar de kopsloot en het gemaal. Bij deze maatwerklocatie moet het inpassen en aansluiten van de ontwerpogave en de aanwezige kabels en leidingen het warmtenet verder in detail uitgewerkt worden in samenwerking met de betreffende netbeheerders. In het VKA is op de locatie van de kopsloot tegen het fietspad, een constructie nodig om het stabiliteitstekort op te lossen. De exacte afmetingen en uitwerking dient in de DO-fase met de betrokken partijen te worden afgestemd.

REFERENTIES

Voorgaande rapportages & notities

- [Ref. 1] VBK Zeevang, Wheredijk (scopebepaling), 1800904A26-R19-343 [RPS, d.d. 5 december 2019]
- [Ref. 2] Verkenning mogelijke oplossingsrichtingen, RPS, ref NL202000324.021 d.d. 24 mei 2020
- [Ref. 3] Afweging oplossingsrichtingen, RPS, ref 202007872, d.d. 24 mei 2020
- [Ref. 4] Notitie Voorkeursalternatief (VKA), RPS, NL202007872, d.d. 17 juli 2020
- [Ref. 5] Notitie uitbreiding projectgebied Wheredijk, RPS, ref. NL202007872-N20-063, d.d. 05-06-2020

Literatuur

- [Ref. 6] Leidraad toetsen op veiligheid regionale waterkeringen ('blauwe versie'), STOWA, 2015
- [Ref. 7] Richtlijnen technische toetsing, ontwerp en realisatie regionale keringen [HHNK, 2014-02]
- [Ref. 8] Richtlijn toetsing, ontwerp & realisatie regionale waterkeringen versie 2.0 concept [HHNK, januari 2018]
- [Ref. 9] Richtlijn stabiliteitsschermen regionale keringen, HHNK, 08-04-2020, ref. 20.0751582
- [Ref. 10] Ondergrenzen sterkteparameters, regionale proevenverzameling Noord-Holland v7.04, Arcadis, d.d. 16 december 2019, ref. 084039990 F
- [Ref. 11] CUR 166 – Damwandconstructies [CUR Bouw & Infra, 2012]

Bijlage

1. Onderbouwing schematiseringsfactor

datum 14 juli 2020

onderwerp Onderbouwing schematiseringsfactor Wheredijk

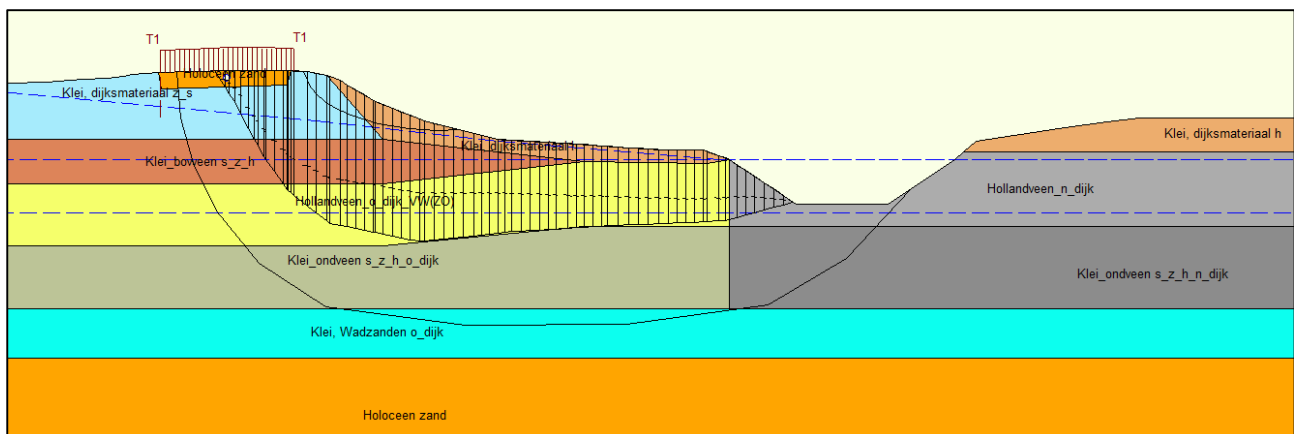
PO Box 5094
2600 GB Delft
The Netherlands
Elektronicaweg 2
2628 XG Delft
T +31 88 99 04 500

Inleiding

De berekening van de stabiliteit van een dijk impliceert een vereenvoudiging van de werkelijkheid. De variaties die voorkomen in de ondergrond, de opbouw van de dijk en in de geometrie kunnen groot zijn en worden in de praktijk vaak maar voor een beperkt deel in kaart gebracht door middel van uitgevoerd onderzoek. Om de onzekerheden in de bodemopbouw, geometrie en waterspanningen in de schematisering een plaats te geven en gemaakte keuzes te onderbouwen, is gebruik gemaakt van een schematiseringsfactor. In deze notitie is de bepaling van de schematiseringsfactor voor de Wheredijk toegelicht. De schematiseringsfactor is met behulp van het stappenplan uit bijlage II van de LTVRW [Ref. 1] bepaald. Om de verschillende onzekerheden door te rekenen, is gebruik gemaakt van het rekenmodel Spencer.

Opstellen basisschematisatie

Sectie 6B_west.2 is representatief gesteld voor de bepaling van de schematiseringfactor voor het toetsspoor STBI. Deze sectie betreft een strekking van circa 155 m en is binnen de in 2019 uitgevoerde scopebepaling [Ref. 2] het sterkst afgekeurd op het toetsspoor STBI. Dit komt met name doordat het binnentalud op deze strekking steiler verloopt.



figuur 1: basisschematisatie (S.F.= 0,91)

Identificatie onzekerheden

Op basis van de gekozen basisschematisatie, een analyse van het projectgebied en expert judgement zijn een aantal onzekerheden vastgesteld. Deze onzekerheden zijn vertaald naar 4 verschillende scenario's, waarbij elk scenario slechts op één punt afwijkt van de basisschematisering. Van elk scenario is de kans op voorkomen geschat. De kans van voorkomen hangt voornamelijk af van de hoeveelheid onderzoek die beschikbaar is voor dit scenario. Meer onderzoek betekent een kleinere kans op een afwijking. Daarnaast geldt ook: hoe kleiner de trajectlengte, hoe kleiner de kans op een afwijking. De vier opgestelde scenario's zijn in tabel 1 weergegeven en worden in de onderstaande alinea's nader toegelicht.

tabel 1: overzicht berekende scenario's

Scenario	Omschrijving
1	Aanwezig veenlaag blijkt 0,50 m dikker te zijn.
2	Verkeersbelasting grijpt tot 0,40 m naast de weg aan de binnenzijde aan.
3	Hoogte freatische lijn in binnenkruin is gelijk aan het streefpeil (NAP -0,50 m) van de boezem.
4	Teensloot blijkt 0,20 m dieper te zijn dan de legger.

Scenario 1

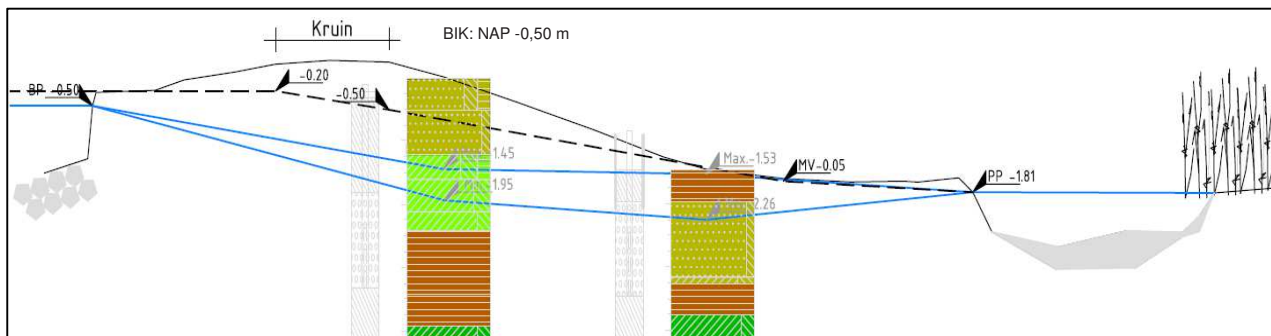
De geschematiseerde maatgevende bodemopbouw is afgeleid op basis van het geotechnisch lengteprofiel dat is bijgevoegd bij het rapport VBK Zeevang, Wheredijk [Ref. 2]. Over de totale strekking van circa 1200 m zijn 5 grondboringen in de kruin en 5 grondboringen in de binnenteen beschikbaar. Hiernaast is er 1 sondering in de kruin uitgevoerd en zijn er 2 in de binnenteen uitgevoerd. Gemiddeld bedraagt de afstand tussen de grondonderzoekslocatie hiermee 200 m. Binnen deze 200 m kunnen zich variaties voordoen die niet in de maatgevende bodemopbouw zijn meegenomen. Met dit scenario is het effect van dikkere veenlaag onder de kering in beeld gebracht. De laag Hollandveen is hierbij zowel onder de kruin als in de teen 0,50 m dikker geschematiseerd. Hierbij is 0,25 m aan de bovenkant en onderkant van de laag toegevoegd ten opzichte van de basisschematisatie.

Scenario 2

Op de kruin van de kering bevindt zich een geasfalteerd fietspad met een breedte van circa 3,00 m. In de basisberekening is de verkeersbelasting op het fietspad geschematiseerd en is de belast gespreid over de volledige breedte. Deze schematisatie is representatief voor normaal gebruik, maar het zou kunnen dat voertuig tijdelijk aan de binnenzijde naast de weg moet rijden of parkeren. Het effect hiervan is in dit scenario meegenomen door de verkeersbelasting tot maximaal 0,50 m uit de kant van de asfaltverharding te schematiseren. De verkeersbelasting wordt hierbij niet over de breedte van de verharding gespreid, maar er is uitgegaan van een belasting van 13 kN/m² over een breedte van 2,50 m. Voor de spreiding in de ondergrond is uitgegaan van een hoek van 30 graden.

Scenario 3

De schematisatie van de freatische lijn is afgeleid van peilbuisresultaten welke in bijlage 5 van het rapport VBK Zeevang, Wheredijk (scopebepaling) [Ref. 2] zijn toegelicht. In de naastgelegen sectie 6A is een verlaagde response van de freatische lijn gemeten, waarbij de maximaal gemeten waterstand in de binnenkruin NAP -1,45 m bedraagt. Conservatief is hierbij een hoogte van NAP -0,95 m voor de ligging van de freatische lijn in de binnenkruin gehanteerd. Omdat de grondopbouw en geometrie van sectie 6A sterk overeenkomen, is besloten deze schematisatie ook voor sectie 6B toe te passen. Er is een mogelijk risico dat de freatische lijn onder maatgevende omstandigheden op delen van sectie 6B geen verlaagde respons vertoont. Het effect hiervan is in dit scenario beschouwd door de schematisatie van de freatische ter hoogte van de binnenkruin van NAP -0,95 m naar het streefpeil van de boezem ofwel NAP -0,50 m te verhogen. Deze schematisatie is in figuur 2 weergegeven.



figuur 2: schematisatie freatische lijn scenario 3

Scenario 4

De teensloot is binnen de basisschematisatie conform de leggergegevens van HHNK geschematiseerd. In werkelijkheid kan deze waarde ongunstiger uitvallen doordat de watergang bijvoorbeeld dieper wordt uitgebaggerd dan de legger voorschrijft. Dit wordt in scenario 4 meegenomen door de teensloot 0,20 m dieper te schematiseren. De locatie van de insteek en de breedte van de bodem blijven in dit scenario hetzelfde als in de basisschematisatie. Dit betekent dat bij het verlagen van het bodemniveau ook de taluds iets steiler zijn geschematiseerd.

Resultaten bepaling schematiseringsfactor

De binnenwaartse macrostabiliteit van de kering is voor ieder van de verschillende scenario's uit tabel 1 berekend. Vervolgens is van elk resultaat het verschil met de stabiliteitsfactor van de basisschematisatie bepaald. De berekende stabiliteitsfactoren en de verschillen per scenario zijn in tabel 2 weergegeven. De berekende maatgevende glijcirkels zijn onder bijlage 1 toegevoegd.

tabel 2: verschil stabiliteitsfactoren

Scenario	Geschatte kans van optreden	Berekende stabiliteitsfactor	Vershil met oorspronkelijke stabiliteitsfactor ($\Delta S.F.$)
[-]	[%]	[-]	[-]
1	15	0,84 (0,91)	0,07
2	10	0,90 (0,91)	0,01
3	5	0,79 (0,91)	0,12
4	15	0,90 (0,91)	0,01

Op basis van de resultaten uit tabel 2 is met behulp van figuur 3 bepaald dat voor het toetsspoor STBI een schematiseringsfactor van 1,1 gehanteerd dient te worden. Scenario 3 is hierbij maatgevend gebleken, omdat dit scenario de grootste reductie ten opzichte van de oorspronkelijke stabiliteitsfactor geeft.

datum: dd mmmm yyyy
 onze ref.:

verschil in stabiliteitsfactor t.o.v. basisschematisering F _d	gesommeerde kans op voorkomen P	IPO klasse en schadefactor				
		IPO: I	IPO: II	IPO: III	IPO: IV	IPO: V
		$\gamma_s = 0,80$	$\gamma_s = 0,85$	$\gamma_s = 0,90$	$\gamma_s = 0,95$	$\gamma_s = 1,00$
		γ_b	γ_b	γ_b	γ_b	γ_b
-0,4 tot -0,3	< 30%	1,4	1,39	1,38	1,36	1,35
	< 10%	1,28	1,3	1,3	1,3	1,3
	< 3%	1,13	1,17	1,2	1,22	1,23
	< 0,3%	1,02	1,02	1,03	1,05	1,08
-0,3 tot -0,2	< 30%	1,28	1,27	1,27	1,26	1,25
	< 10%	1,17	1,18	1,19	1,2	1,2
	< 3%	1,07	1,08	1,1	1,12	1,13
	< 0,3%	1,01	1,01	1,02	1,02	1,03
-0,2 tot -0,1	< 30%	1,16	1,16	1,16	1,15	1,15
	< 10%	1,03	1,09	1,09	1,1	1,1
	< 3%	1,01	1,04	1,04	1,05	1,05
	< 0,3%	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01
-0,1 tot 0	< 50%	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06
	< 10%	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
	< 3%	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01
	< 0,3%	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01

figuur 3: afleiding schematiseringsfactor voor boezemkade (bron: LTVRW [Ref. 1])

Referenties

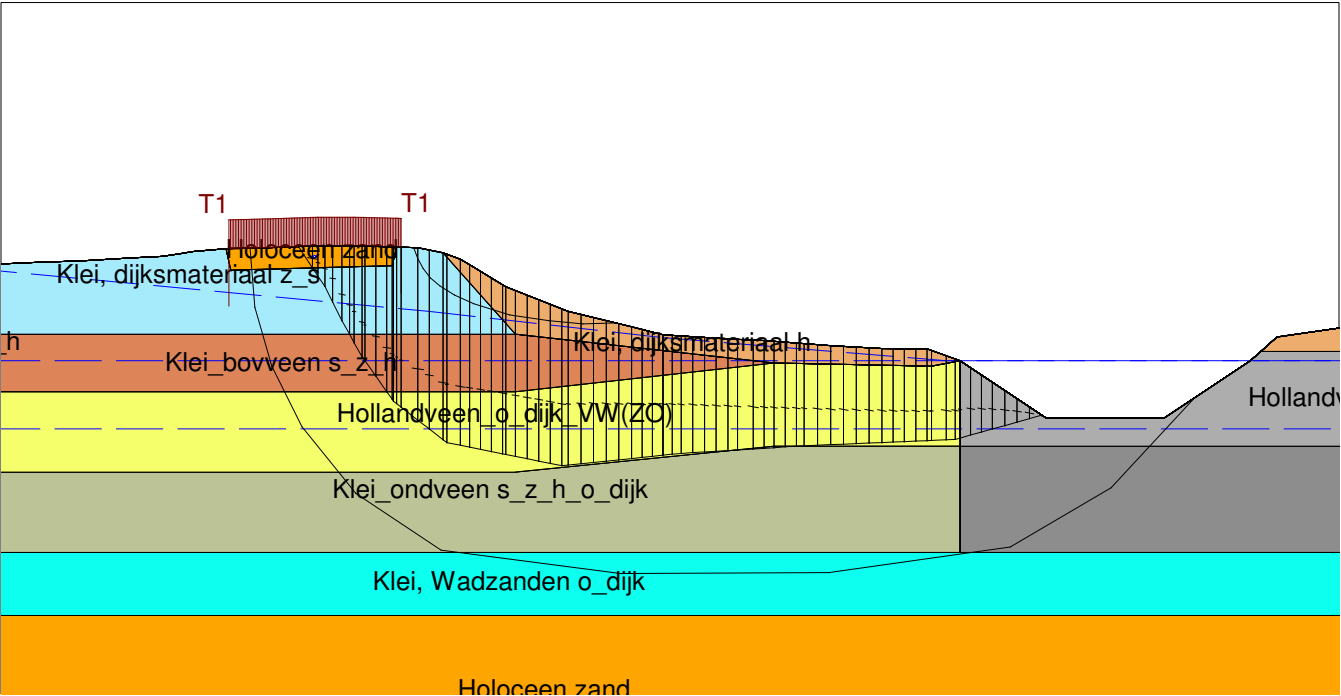
- [Ref. 1] Leidraad toetsen op veiligheid regionale waterkeringen ('blauwe versie') [STOWA, 2015]
 [Ref. 2] VBK Zeevang, Wheredijk (scopebepaling), 1800904A26-R19-343 [RPS, d.d. 5 december 2019]

Bijlagen

- Resultaten berekeningen

Slip Plane Spencer

- Materials
- Depotgrond
 - Klei, dijksmateriaal z_s
 - Klei_bovveen s_z_h
 - Klei, dijksmateriaal h
 - Hollandveen_n_dijk
 - Klei_ondveen s_z_h_n_dijk
 - Holoceen zand
 - Klei, Wadzanden o_dijk
 - Klei_ondveen s_z_h_o_dijk
 - Hollandveen_o_dijk_VW(ZO)
 - Pleistoceen zand



Safety : 0,91

Verbetering Boezenkade Wheredijk
Schematiseringsfactor
Scenario 0: basischematisatie

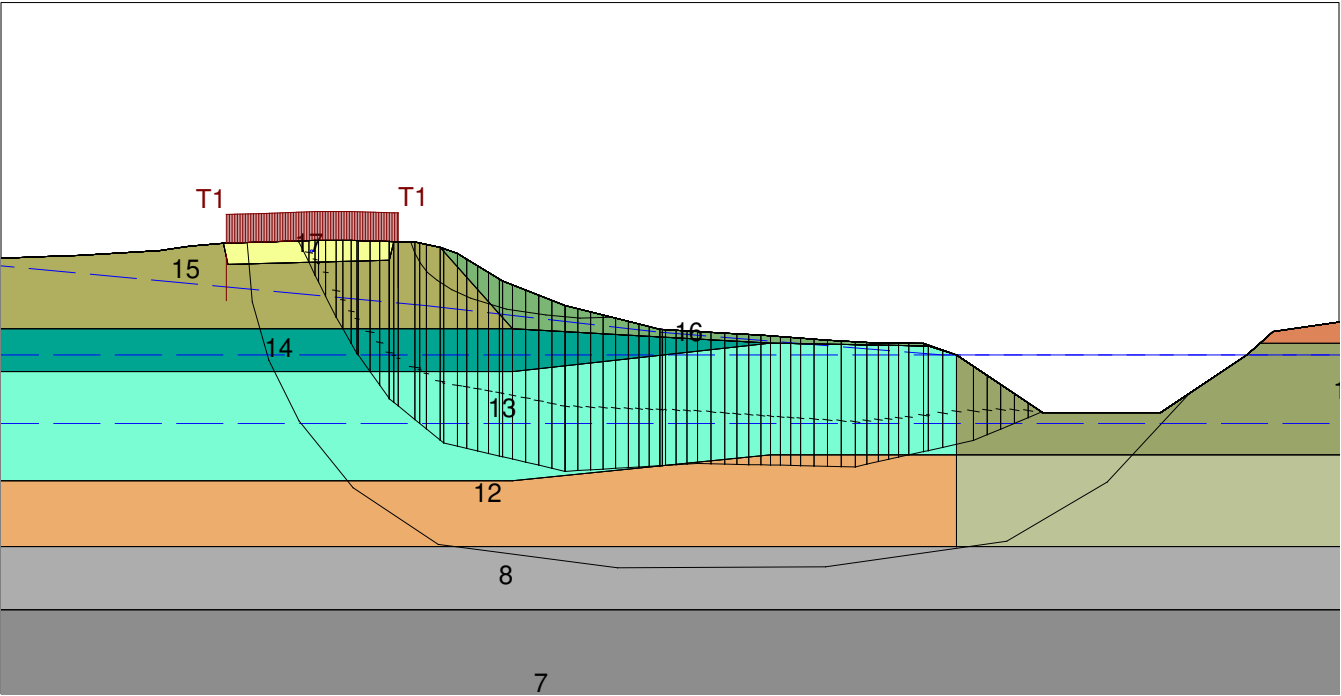
Phone
Fax

date
14-7-2020

D:\Geo Stability 18.1 : S66.2_STBI_MAT_S_scenario_0.stl

Annex

Slip Plane Spencer



- Layers
- 21. Depotgrond
 - 20. Klei_bovveen s_z_h
 - 19. Hollandveen_n_dijk
 - 18. Klei_ondveen s_z_h_n_d
 - 17. Holocene zand
 - 16. Klei, dijksmateriaal h
 - 15. Klei, dijksmateriaal z_s
 - 14. Klei_bovveen s_z_h
 - 13. Hollandveen_o_dijk_VW
 - 12. Klei_ondveen s_z_h_o_d
 - 11. Klei, dijksmateriaal h
 - 10. Hollandveen_n_dijk
 - 9. Klei_ondveen s_z_h_n_dij
 - 8. Klei, Wadzanden o_dijk
 - 7. Holocene zand
 - 6. Klei, Wadzanden o_dijk
 - 5. Holocene zand
 - 4. Klei, Wadzanden o_dijk
 - 3. Klei_ondveen s_z_h_o_dij
 - 2. Hollandveen_o_dijk_VW
 - 1. Pleistoecen zand

Safety : 0,84

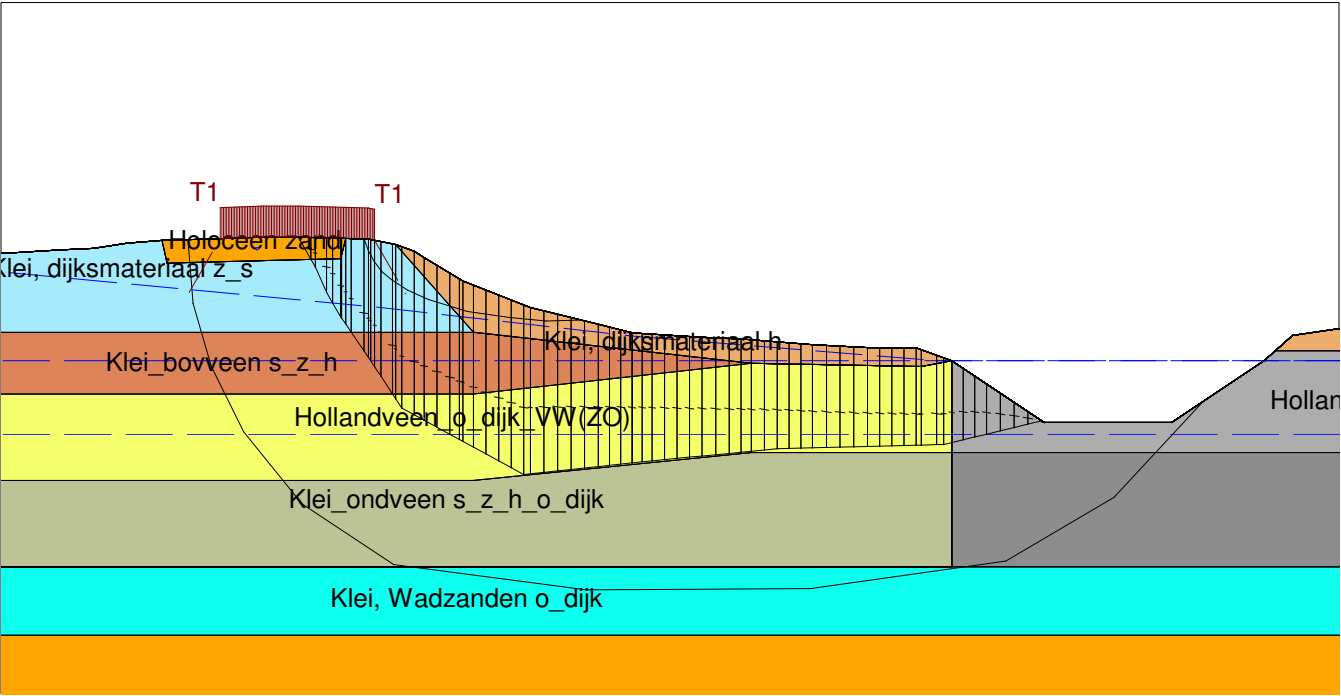
14-7-2020

Annex

Verbetering Boezemkade Wheredijk
Schematiseringsfactor
Scenario 1: veenlaag

Slip Plane Spencer

- Materials
- Depotgrond
 - Klei, dijksmateriaal z_s
 - Klei_bovveen s_z_h
 - Klei, dijksmateriaal h
 - Hollandveen_n_dijk
 - Klei_ondveen s_z_h_n_dijk
 - Holoceen zand
 - Klei, Wadzanden o_dijk
 - Klei_ondveen s_z_h_o_dijk
 - Hollandveen_o_dijk_VW(ZO)
 - Pleistoceen zand



Safety : 0,90

Phone
Fax

date
14-7-2020

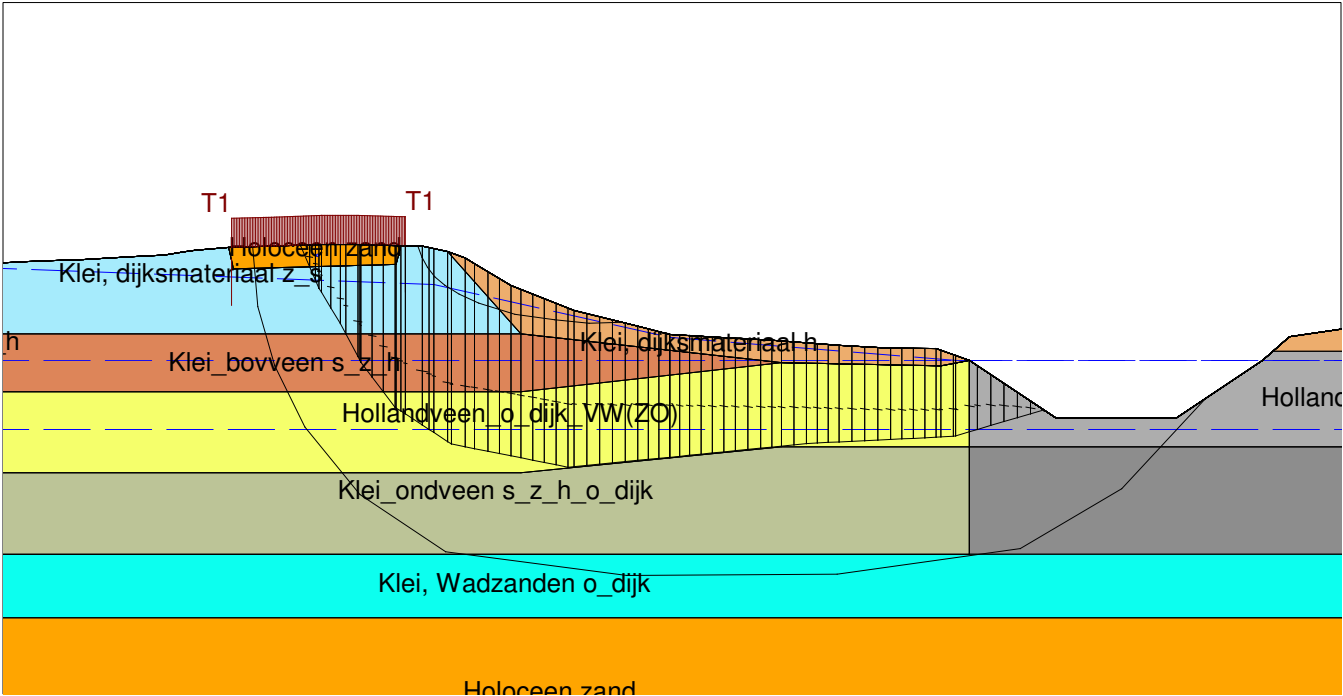
D:\Geo Stability 18.1 : S6b.2_STBI_MAT_S_scenario_2.stl

Verbetering Boezemkade Wheredijk
Schematiseringsfactor
Scenario 02: Verkeersbelasting

Annex

Slip Plane Spencer

- Materials
- Depotgrond
 - Klei, dijksmateriaal z_s
 - Klei_bovveen s_z_h
 - Klei, dijksmateriaal h
 - Hollandveen_n_dijk
 - Klei_ondveen s_z_h_n_dijk
 - Holoceen zand
 - Klei, Wadzanden o_dijk
 - Klei_ondveen s_z_h_o_dijk
 - Hollandveen_o_dijk_VW(ZO)
 - Pleistoceen zand



Safety : 0,79

Verbetering Boezemkade Wheredijk
Schematiseringsfactor
Scenario 3: Freatische lijn

Phone
Fax

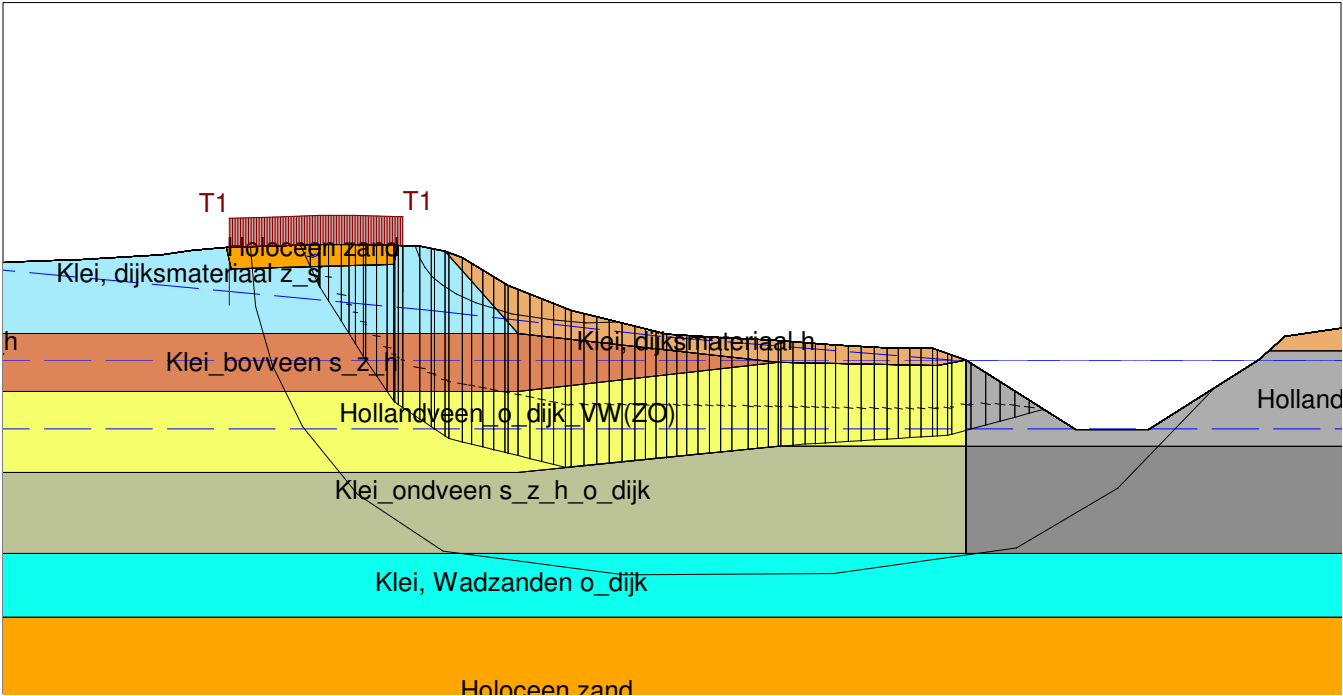
date
14-7-2020

D:\Geo Stability 18.1 : S66.2_STBI_MAT_S_scenario_3.stl

Annex

Slip Plane Spencer

- Materials
- Depotgrond
 - Klei, dijksmateriaal z_s
 - Klei_bovveen s_z_h
 - Klei, dijksmateriaal h
 - Hollandveen_n_dijk
 - Klei_ondveen s_z_h_n_dijk
 - Holoceen zand
 - Klei, Wadzanden o_dijk
 - Klei_ondveen s_z_h_o_dijk
 - Hollandveen_o_dijk_VW(ZO)
 - Pleistoceen zand



Safety : 0,91

Verbetering Boezemkade Wheredijk
Schematiseringsfactor
Scenario 4: bodem teensloot

Phone
Fax

date
14-7-2020

D:\Geo Stability 18.1 : S66.2_STBI_MAT_S_scenario_4.stl

Annex

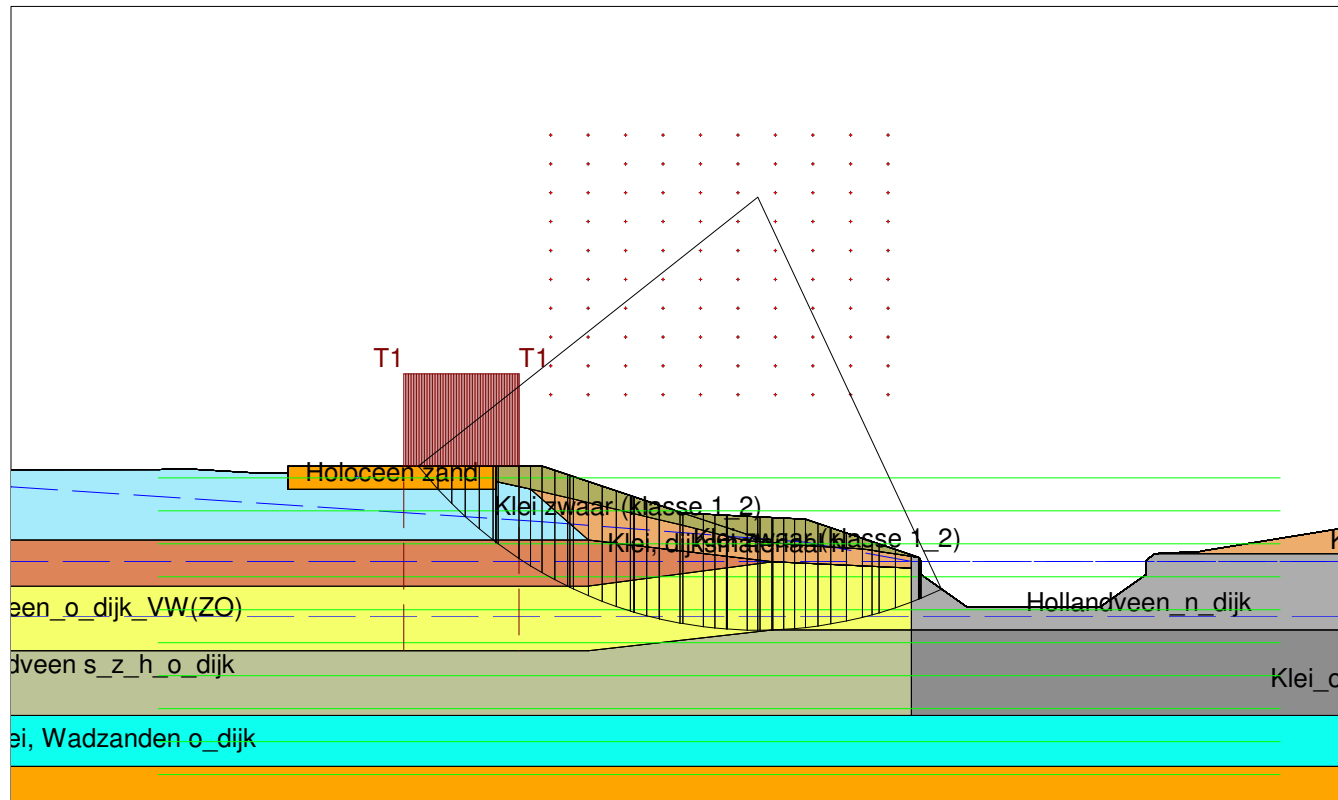
Bijlage

2. Berekeningen STBI grondoplossing

Critical Circle Bishop

Materials

- | | |
|---|---------------------------|
|  | Depotgrond |
|  | Klei zwaar (klasse 1_2) |
|  | Klei, dijksmateriaal z_s |
|  | Klei_bovveen s_z_h |
|  | Klei, dijksmateriaal h |
|  | Hollandveen_n_dijk |
|  | Klei_ondveen s_z_h_n_dijk |
|  | Holoceen zand |
|  | Klei, Wadzanden o_dijk |
|  | Klei_ondveen s_z_h_o_dijk |
|  | Hollandveen_o_dijk_VW(ZO) |
|  | Pleistoceen zand |


$$\begin{aligned} X_m &: 8,67 \text{ [m]} \\ Y_m &: 6,08 \text{ [m]} \end{aligned}$$

Radius : 9,38 [m]
Safety : 1,15

Phone
Fax

D-Geo Stability 18.1 : S6B_oost_1_STBI_NAT_B_2.0_steunber.msi

date
14-7-2020

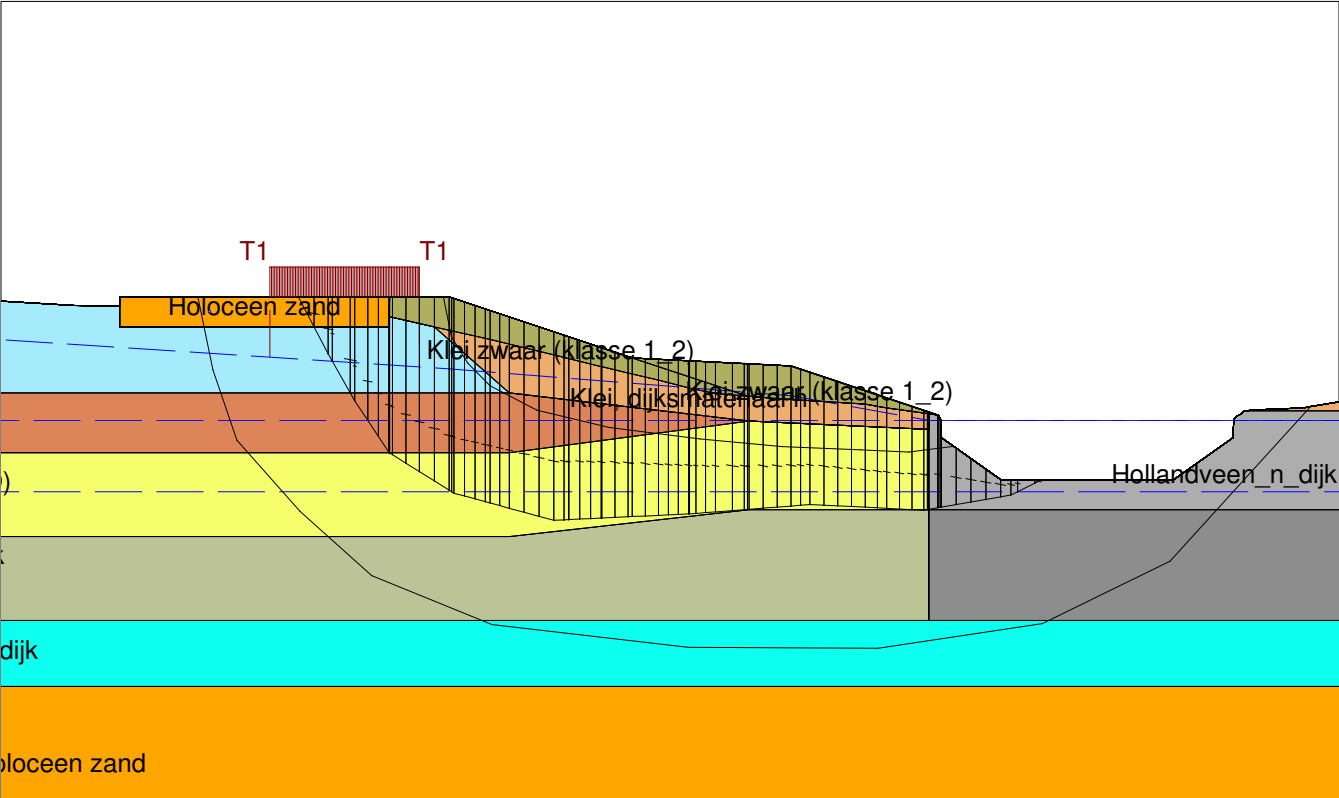
drw.

Verbetering Boezemkade Wheredijk
Oostzijde, sectie Oost.1
Grondoplossing

Ann

form.
A4

Slip Plane Spencer

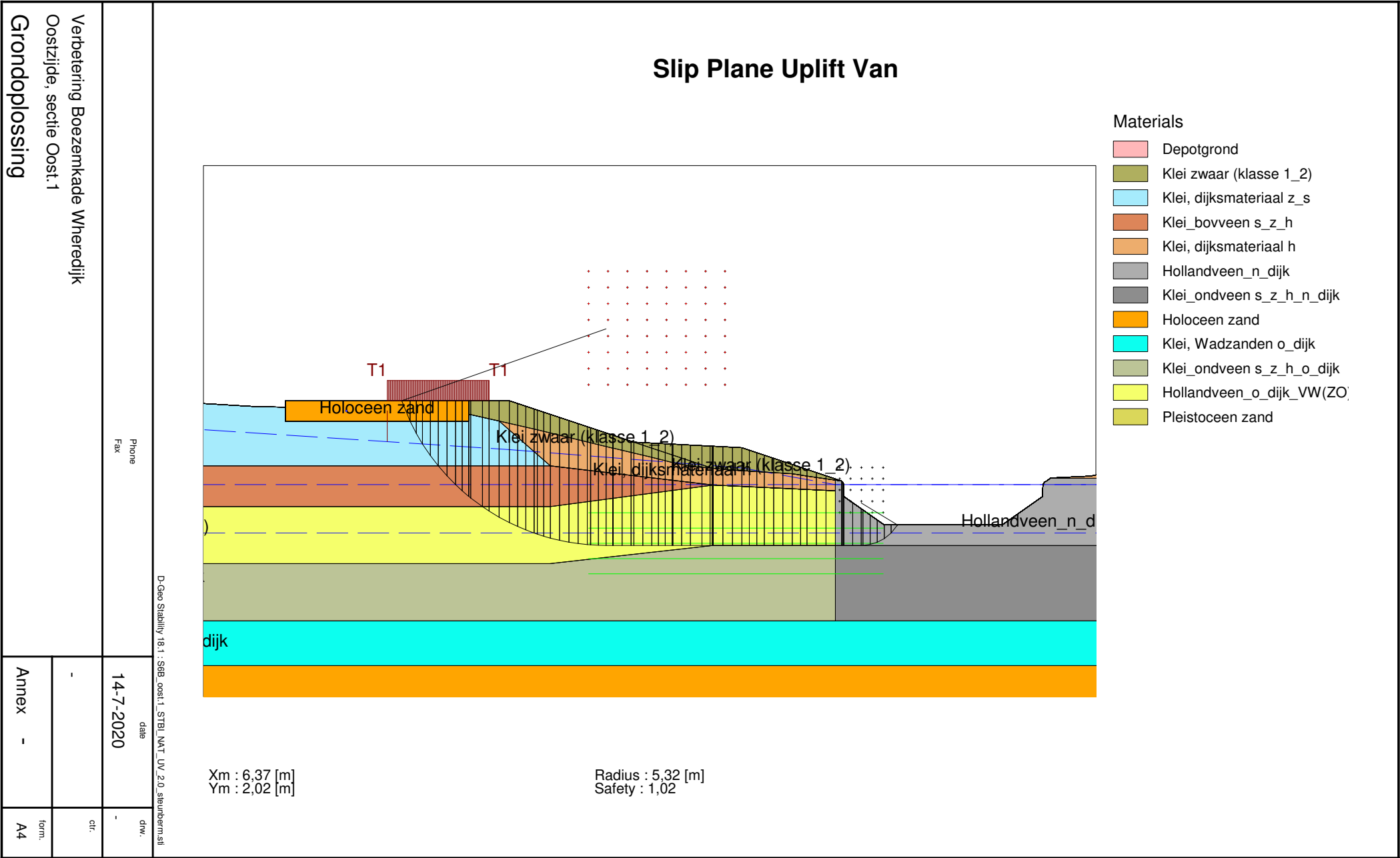


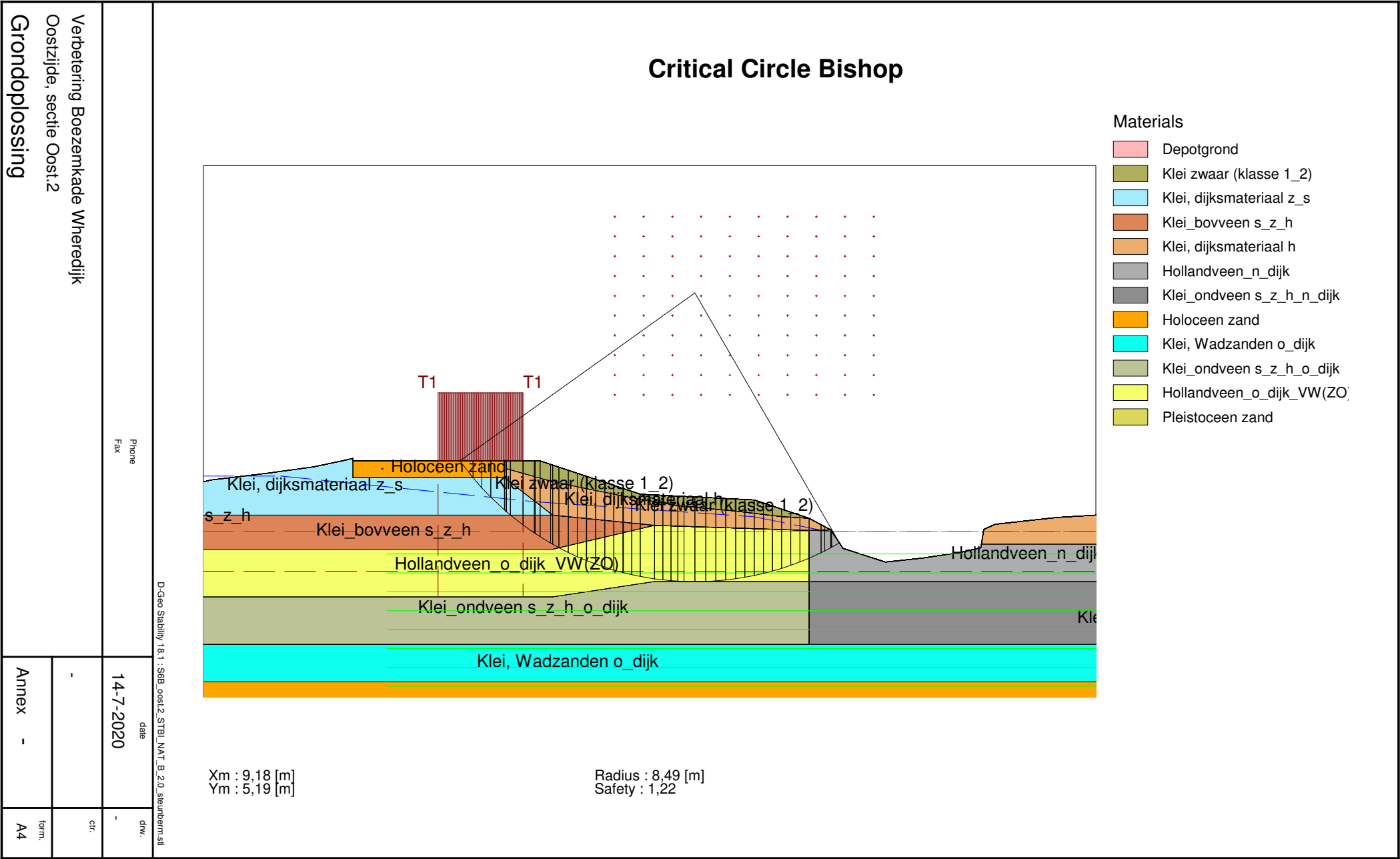
- Materials
- Depotgrond
 - Klei zwaar (klasse 1_2)
 - Klei, dijksmateriaal z_s
 - Klei_bovveen s_z_h
 - Klei, dijksmateriaal h
 - Hollandveen_n_dijk
 - Klei_ondveen s_z_h_n_dijk
 - Holoceen zand
 - Klei, Wadzanden o_dijk
 - Klei_ondveen s_z_h_o_dijk
 - Hollandveen_o_dijk_VW(ZO)
 - Pleistoceen zand

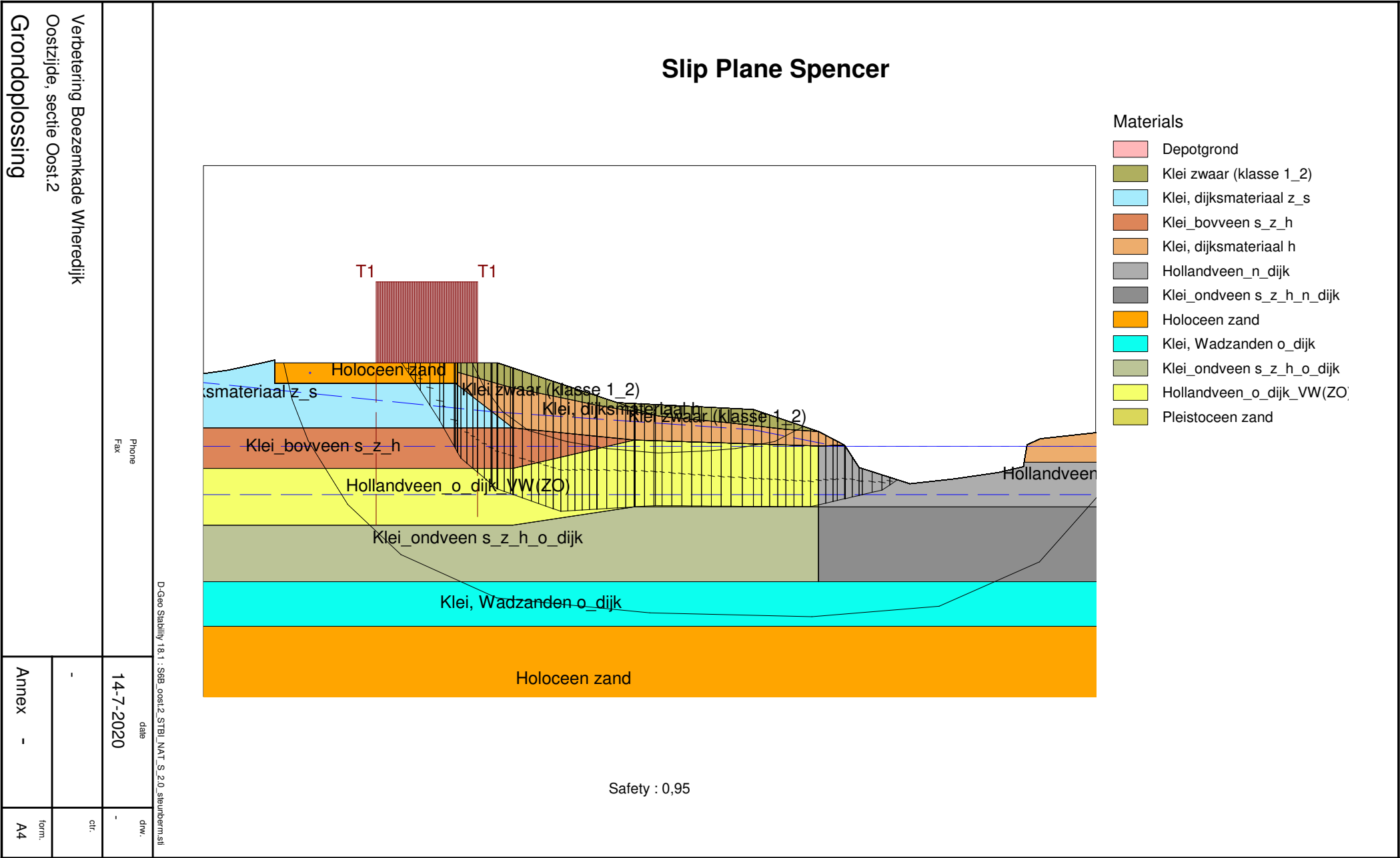
Safety : 0,96

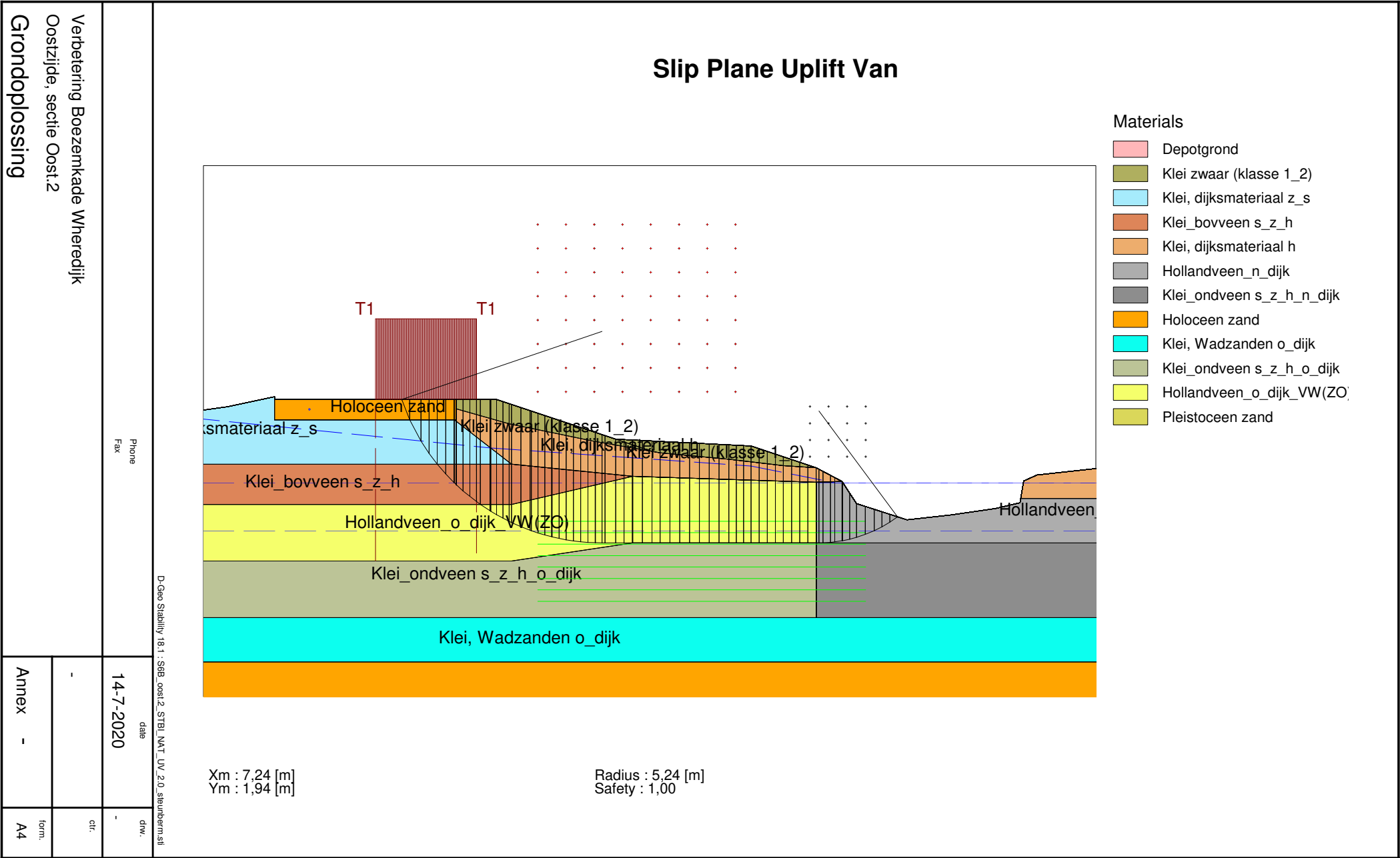
D-Geo Stability 18.1 : SGB_oost.1_STBL_NAT_S_2.0_stunberm.stl	
Phone	date
Fax	14-7-2020

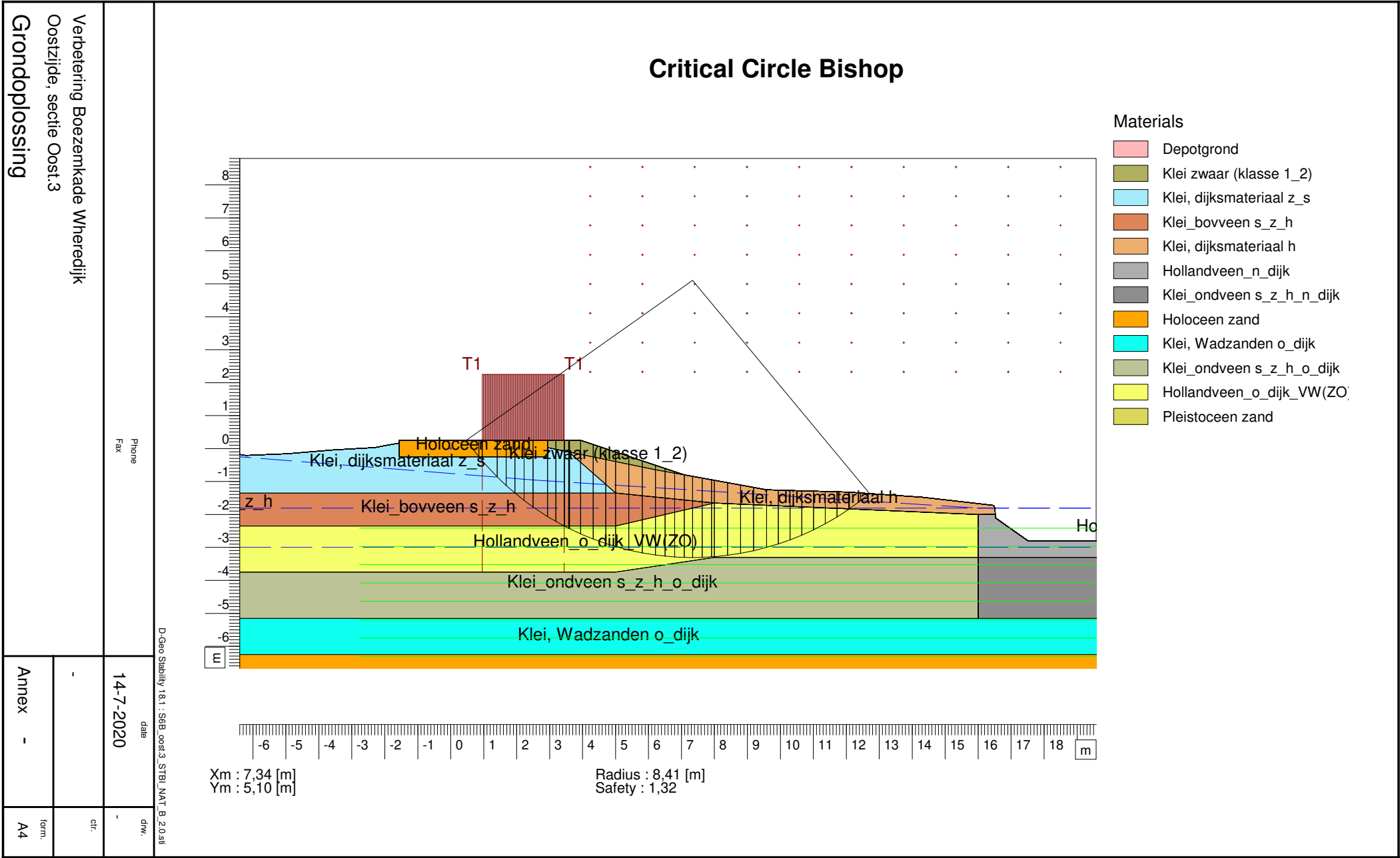
Verbetering Boezemkade Wheredijk	
Oostzijde, sectie Oost.1	
Grondoplossing	
Annex	-
A4	form.

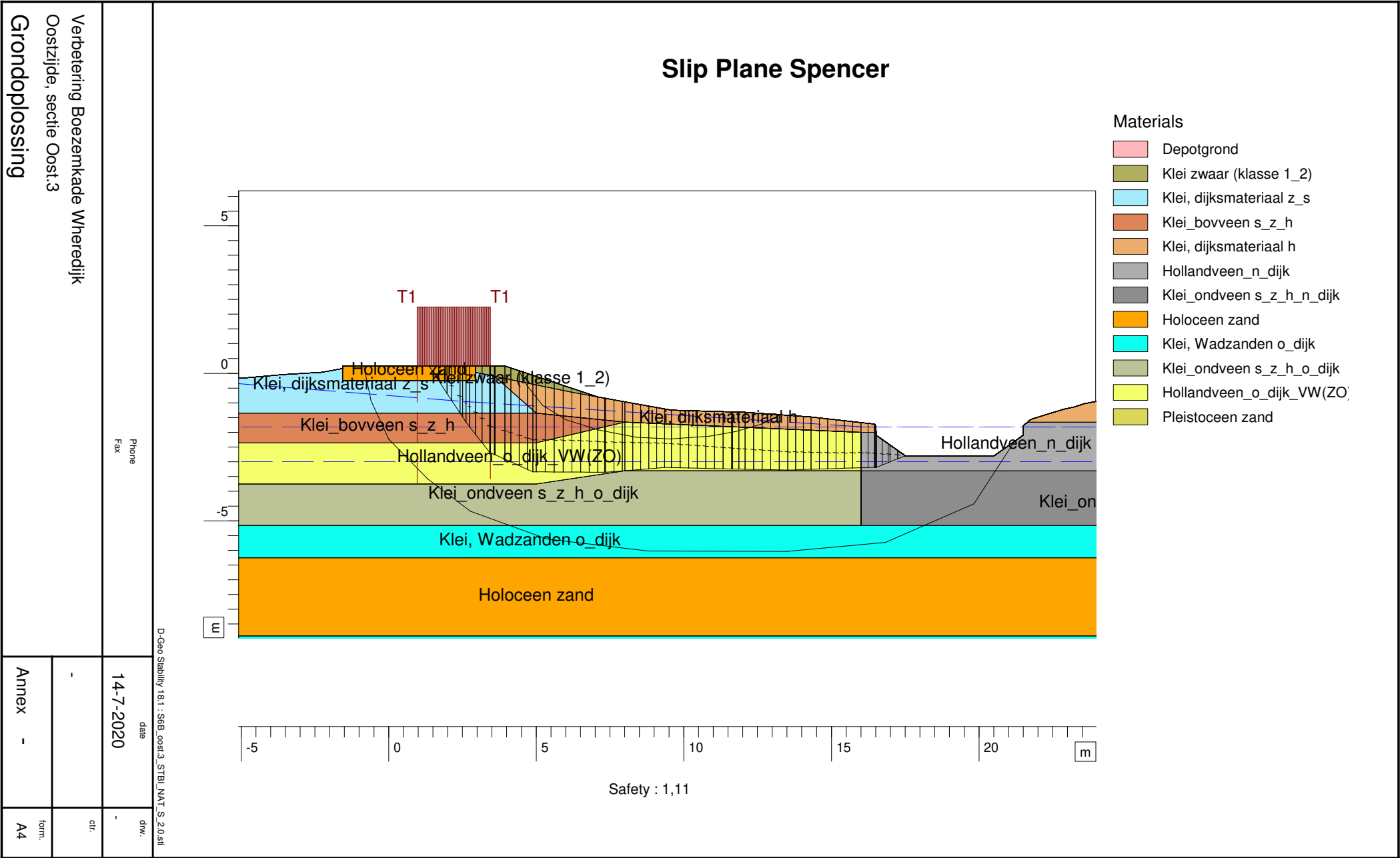




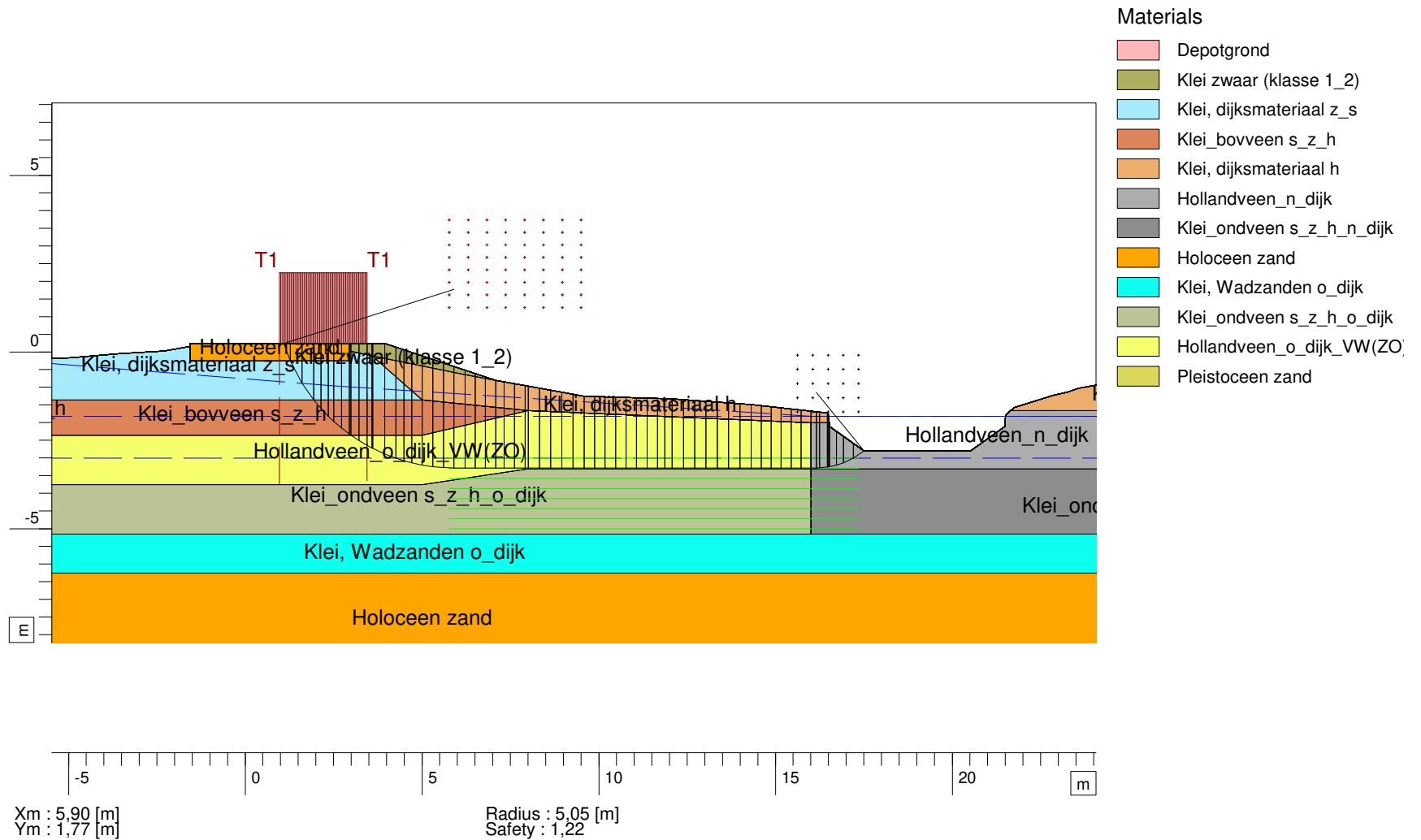








Slip Plane Uplift Van



Verbetering Boezemkade Wheredijk
Oostzijde, sectie Oost.3
Grondoplossing

Phone
Fax

D-Geo Stability 18.1 : S6B_post.3_STBL_NAT_UV_2.0.sti

date
14-7-2020

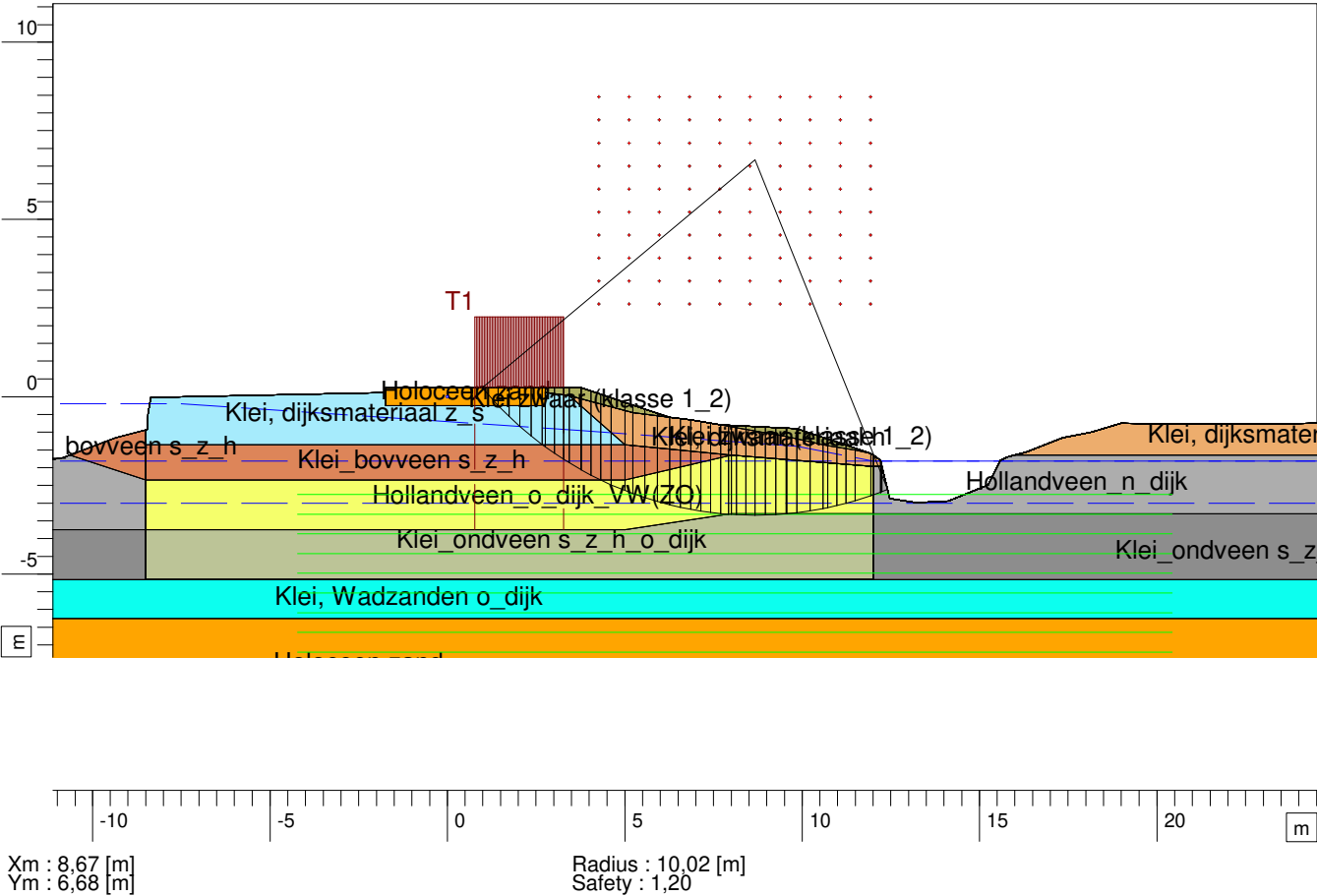
Annex

A4

Critical Circle Bishop

Materials

- | | |
|---|---------------------------|
|  | Depotgrond |
|  | Klei zwaar (klasse 1_2) |
|  | Klei, dijksmateriaal z_s |
|  | Klei_bovveen s_z_h |
|  | Klei, dijksmateriaal h |
|  | Hollandveen_n_dijk |
|  | Klei_ondveen s_z_h_n_dijk |
|  | Holoceen zand |
|  | Klei, Wadzanden o_dijk |
|  | Klei_ondveen s_z_h_o_dijk |
|  | Hollandveen_o_dijk_VW(ZO) |
|  | Pleistoceen zand |



Verbetering Boezemkade Wheredijk
Westzijde, sectie West.1
Grondoplossing

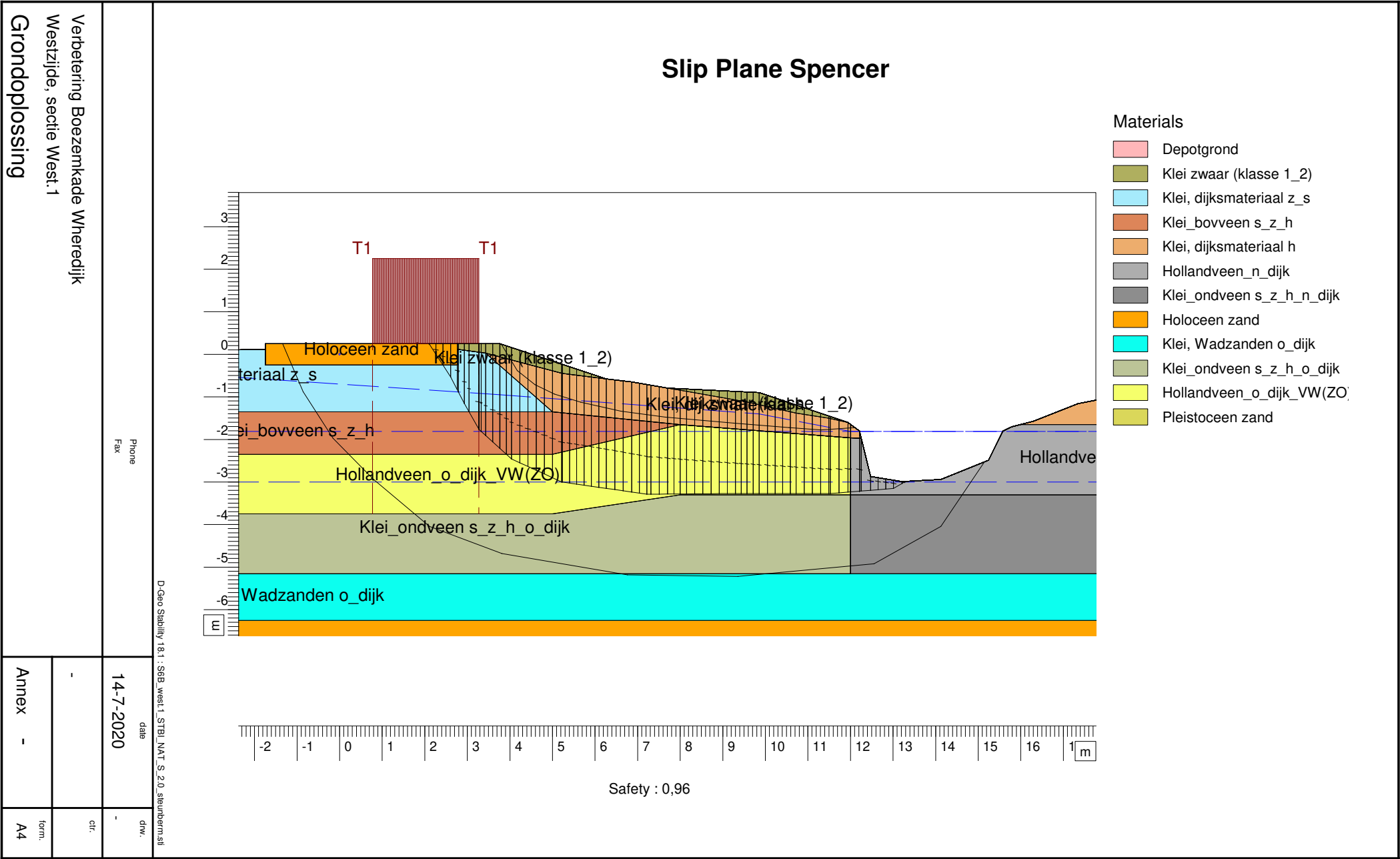
Phone
Fax

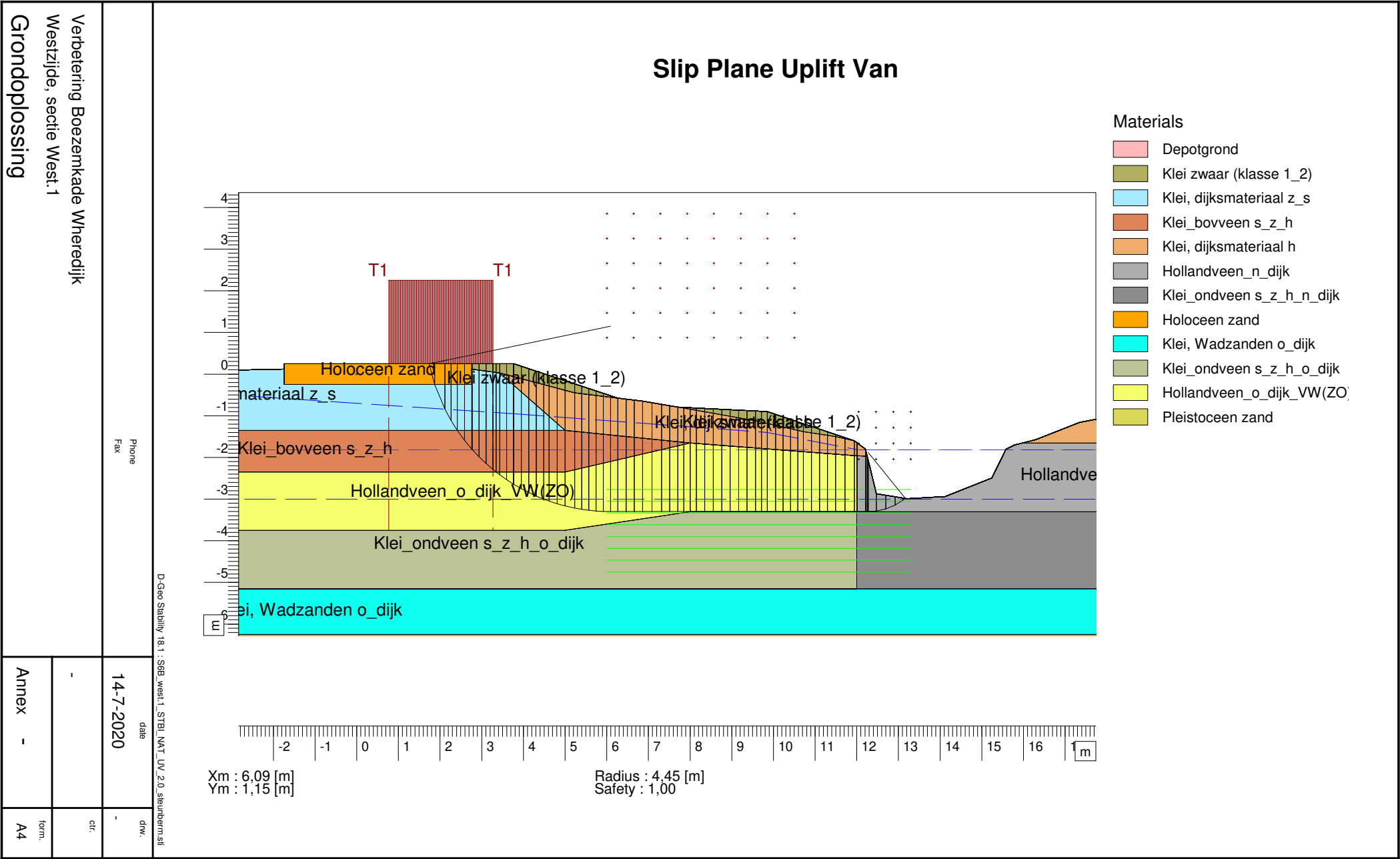
D-Geo Stability 18.1 : S6B_west.1_STBI_NAT_B_2.0_steuinberm.sti

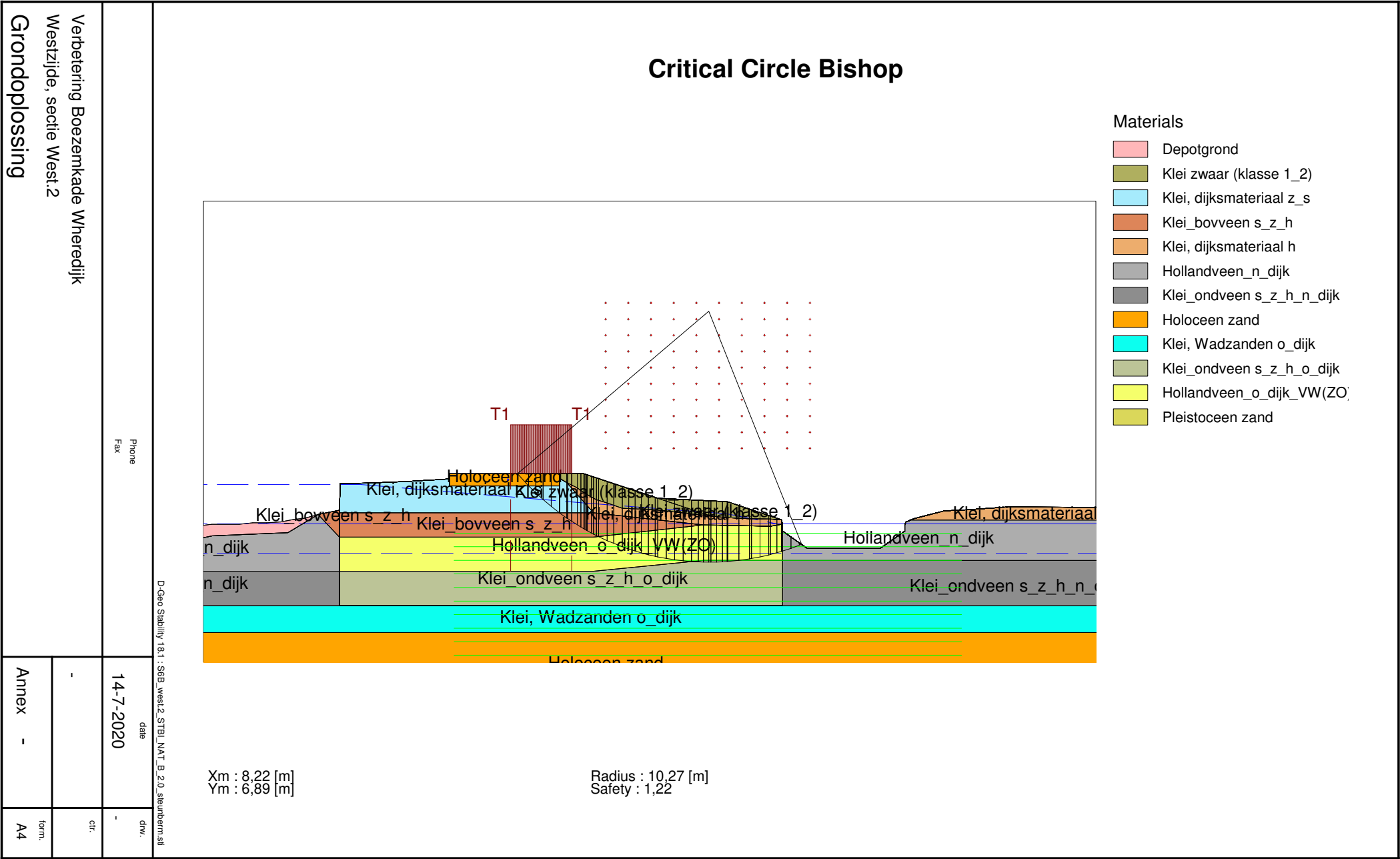
date
14-7-2020

Annex

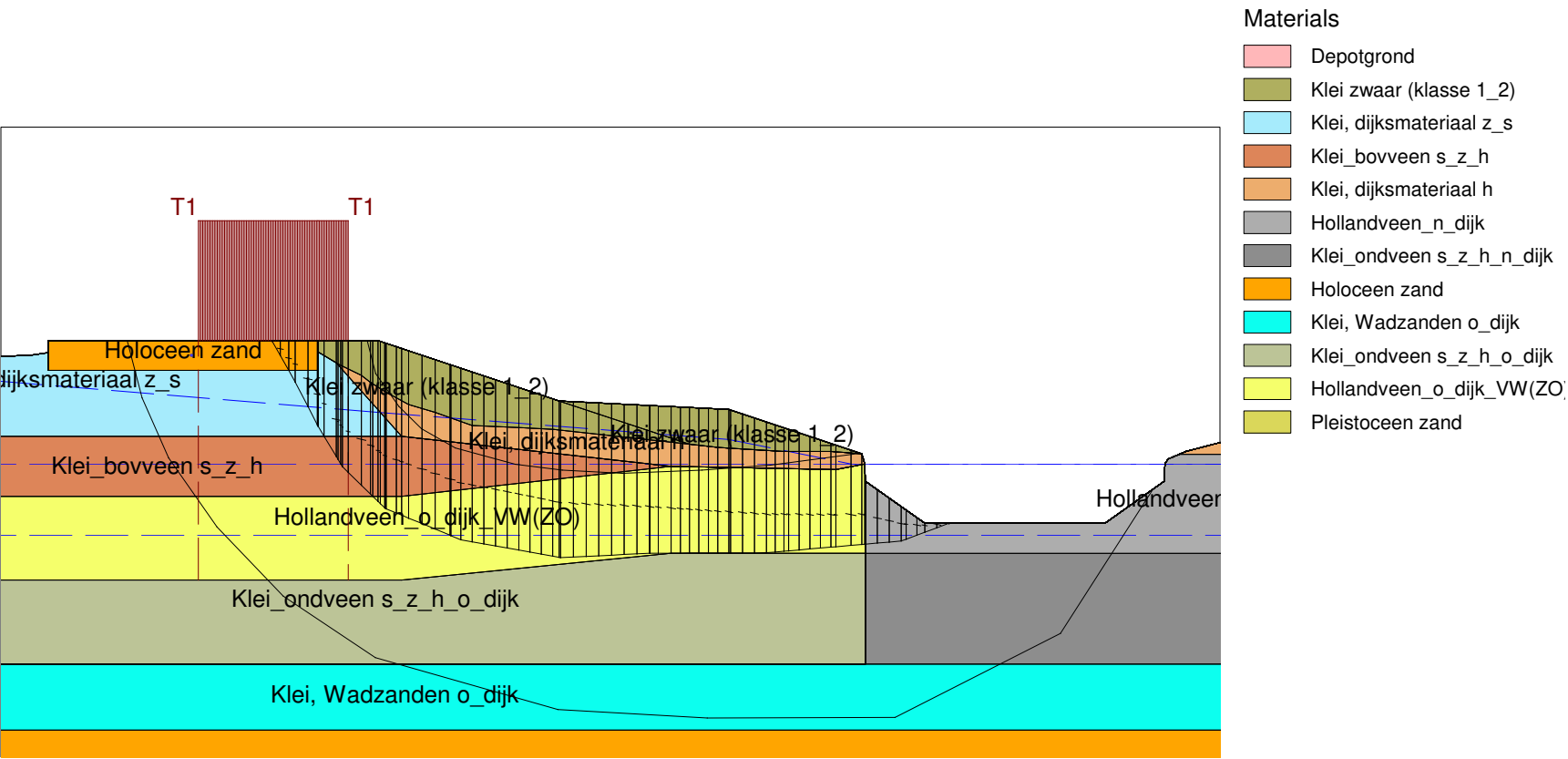
form.
A4







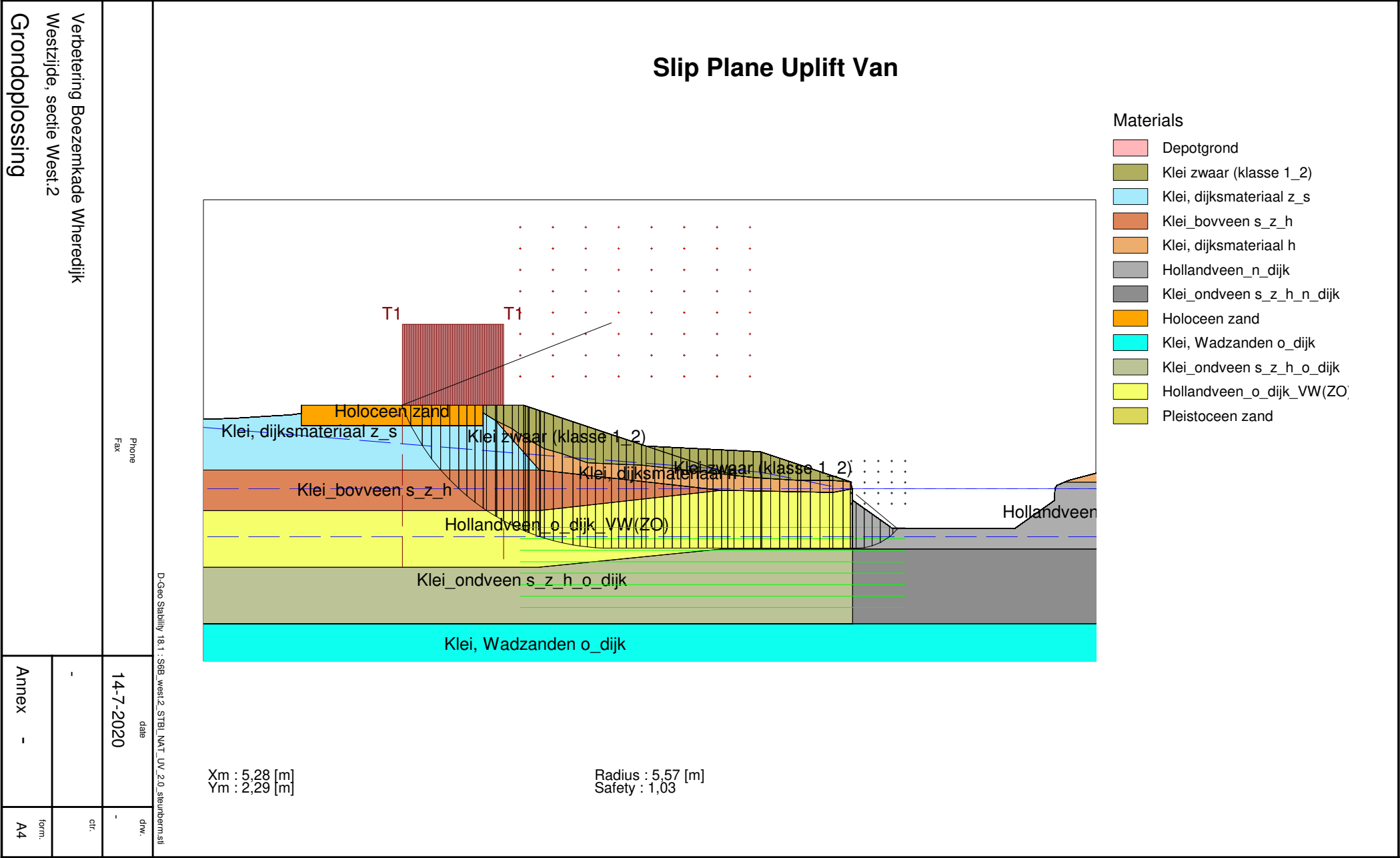
Slip Plane Spencer



Safety : 0,98

Verbetering Boezemkade Wheredijk
Westzijde, sectie West.2
Grondoplossing

date	drw.	form.
14-7-2020	-	
-	ctr.	
Annex -		A4



Bijlage

3. Berekeningen stabiliteitsscherp

Report for D-Sheet Piling 19.2

Design of Diaphragm and Sheet Pile Walls
Developed by Deltares



Company: RPS

Date of report: 6/16/2020

Time of report: 6:31:30 PM

Report with version: 19.2.2.25348

Date of calculation: 5-6-2020

Time of calculation: 08:33:42

Calculated with version: 19.2.2.25348

File name: \\.\Constructie\S6B_oost.2_stabiliteitsscherm_U-profiel

Project identification: Kadverbetering Wheredijk
Stabiliteitsscherm
S6B_oost.2

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	3
2.1 Overview per Stage and Test	3
2.2 Overall Stability per Stage	3
2.3 CUR Verification Steps	4
3 Input Data for all Stages	5
3.1 General Input Data	5
3.2 Sheet Piling Properties	5
3.2.1 General Properties	5
3.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour)	5
3.2.3 Maximum Allowable Moments	5
3.3 Calculation Options	5
4 Outline Stage 1: Initieel	7
5 Outline Stage 2: Gebruik	8
6 Outline Stage 3: Afschuiving binnenwaarts	9

2 Summary

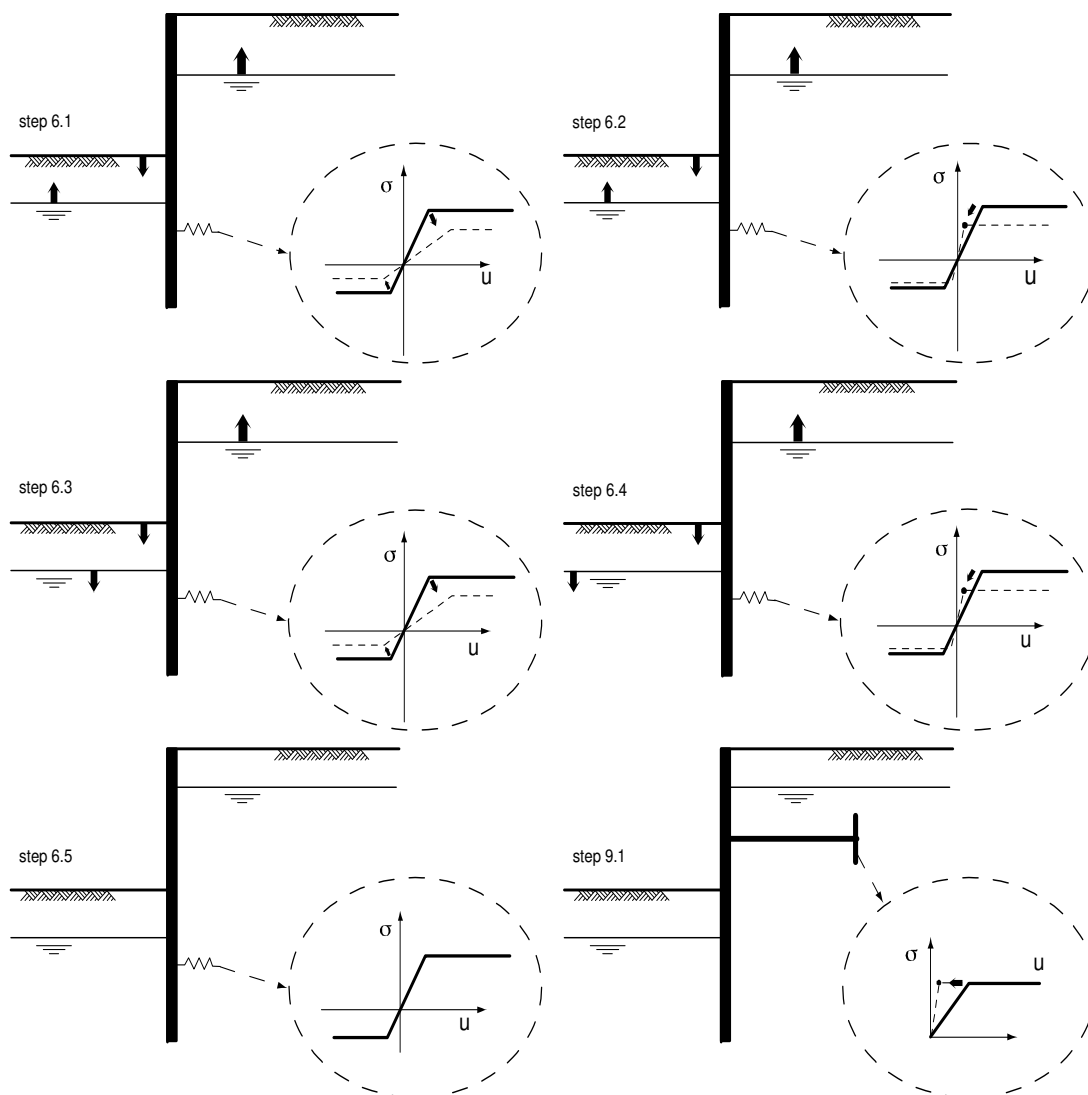
2.1 Overview per Stage and Test

Stage nr.	Verification type	Displacement [mm]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Mob. perc. moment [%]	Mob. perc. resistance [%]	Vertical balance
1	EC7(NL)-Step 6.1		-2,72	-2,50	0,0	35,4	---
1	EC7(NL)-Step 6.2		-1,97	-2,14	0,0	35,3	---
1	EC7(NL)-Step 6.3		-7,32	-5,71	0,0	41,0	---
1	EC7(NL)-Step 6.4		-6,88	-5,67	0,0	41,0	---
1	EC7(NL)-Step 6.5	2,1	-2,73	-2,90	0,0	30,4	---
1	EC7(NL)-Step 6.5 * 1,200		-3,27	-3,48			
2	EC7(NL)-Step 6.1		-5,75	-4,52	0,0	38,7	---
2	EC7(NL)-Step 6.2		-4,31	-3,82	0,0	38,5	---
2	EC7(NL)-Step 6.3		-11,87	8,40	0,0	42,6	---
2	EC7(NL)-Step 6.4		-11,15	-7,19	0,0	42,6	---
2	EC7(NL)-Step 6.5	6,3	-5,19	-4,77	0,0	31,0	---
2	EC7(NL)-Step 6.5 * 1,200		-6,23	-5,72			
3	EC7(NL)-Step 6.1		-29,08	20,65	0,0	45,3	---
3	EC7(NL)-Step 6.2		-28,30	18,50	0,0	44,6	---
3	EC7(NL)-Step 6.3		-37,01	28,17	0,0	57,8	---
3	EC7(NL)-Step 6.4		-36,63	26,93	0,0	56,8	---
3	EC7(NL)-Step 6.5	13,8	-14,39	-9,46	0,0	32,1	---
3	EC7(NL)-Step 6.5 * 1,200		-17,26	-11,35			
Max		13,8	-37,01	28,17	0,0	57,8	---

2.2 Overall Stability per Stage

Stage name	Stability factor [-]
Initieel	2,19
Gebruik	1,92
Afschuiving binnenwaarts	1,86

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	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

3.2 Sheet Piling Properties

Length	6,00 m
Level top side	-1,50 m
Number of sections	1

3.2.1 General Properties

Section name	From [m]	To [m]	Material type	Acting width [m]
GU 6N (S240)	-7,50	-1,50	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
GU 6N (S240)	2,0307E+04	0,64	1,2996E+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]
GU 6N (S240)	150,00	1,00	1,00	0,64	96,00

3.3 Calculation Options

First stage represents initial situation	Yes
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 2

Factors on loads - Geotechnical loads	
- Permanent load, unfavourable	1,000
- Permanent load, favourable	1,000
- Variable load, unfavourable	1,100
- Variable load, favourable	0,000
Factors on loads - Constructive loads	
- Permanent load, unfavourable	1,350
- Permanent load, favourable	0,900
- Variable load, unfavourable	1,500
- Variable load, favourable	0,000

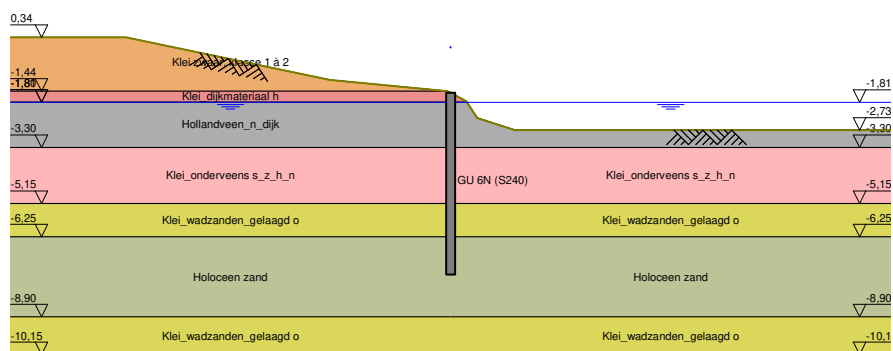
Material factors	
- Cohesion	1,250
- Tangent phi	1,175
- Delta (wall friction angle)*	1,175
- Modulus of low representative subgrade reaction	1,300
Geometry modification	
- Increase retaining height	10,00 %
- Maximum increase retaining height	0,50 m
- Reduction in phreatic line on passive side **	0,25 m
- Raise in phreatic line on passive side **	0,25 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	1,450
- Tangent phi	1,250
- 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.

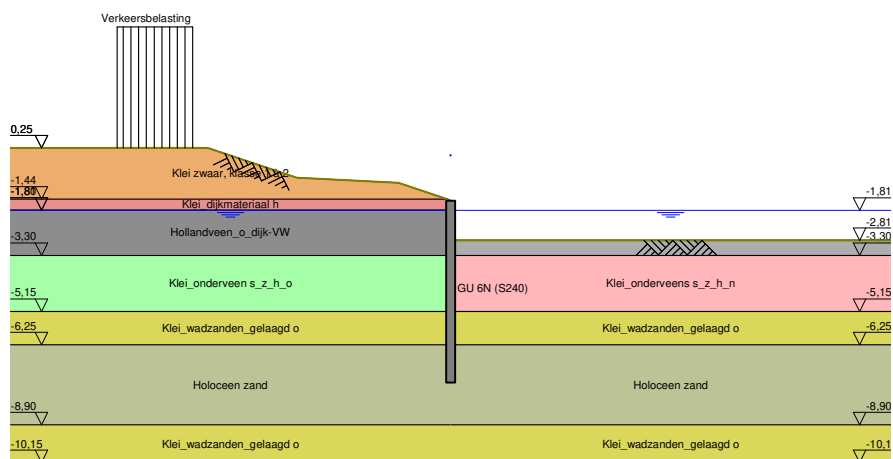
4 Outline Stage 1: Initieel

Outline - Stage 1: Initieel



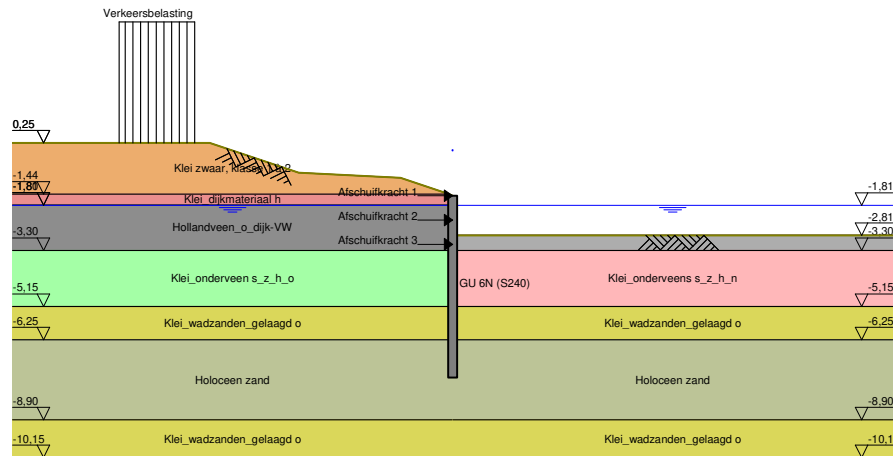
5 Outline Stage 2: Gebruik

Outline - Stage 2: Gebruik



6 Outline Stage 3: Afschuiving binnenwaarts

Outline - Stage 3: Afschuiving binnenwaarts



End of Report

Report for D-Sheet Piling 19.2

Design of Diaphragm and Sheet Pile Walls
Developed by Deltares



Company: RPS

Date of report: 6/16/2020

Time of report: 6:27:54 PM

Report with version: 19.2.2.25348

Date of calculation: 6/5/2020

Time of calculation: 8:39:19 AM

Calculated with version: 19.2.2.25348

File name: \\.\Constructie\S6B_west.2_stabiliteitsscherm_U-profiel

Project identification: Kadverbetering Wheredijk
Stabiliteitsscherm
S6B_west.2

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	3
2.1 Overview per Stage and Test	3
2.2 Overall Stability per Stage	3
2.3 CUR Verification Steps	4
3 Input Data for all Stages	5
3.1 General Input Data	5
3.2 Sheet Piling Properties	5
3.2.1 General Properties	5
3.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour)	5
3.2.3 Maximum Allowable Moments	5
3.3 Calculation Options	5

2 Summary

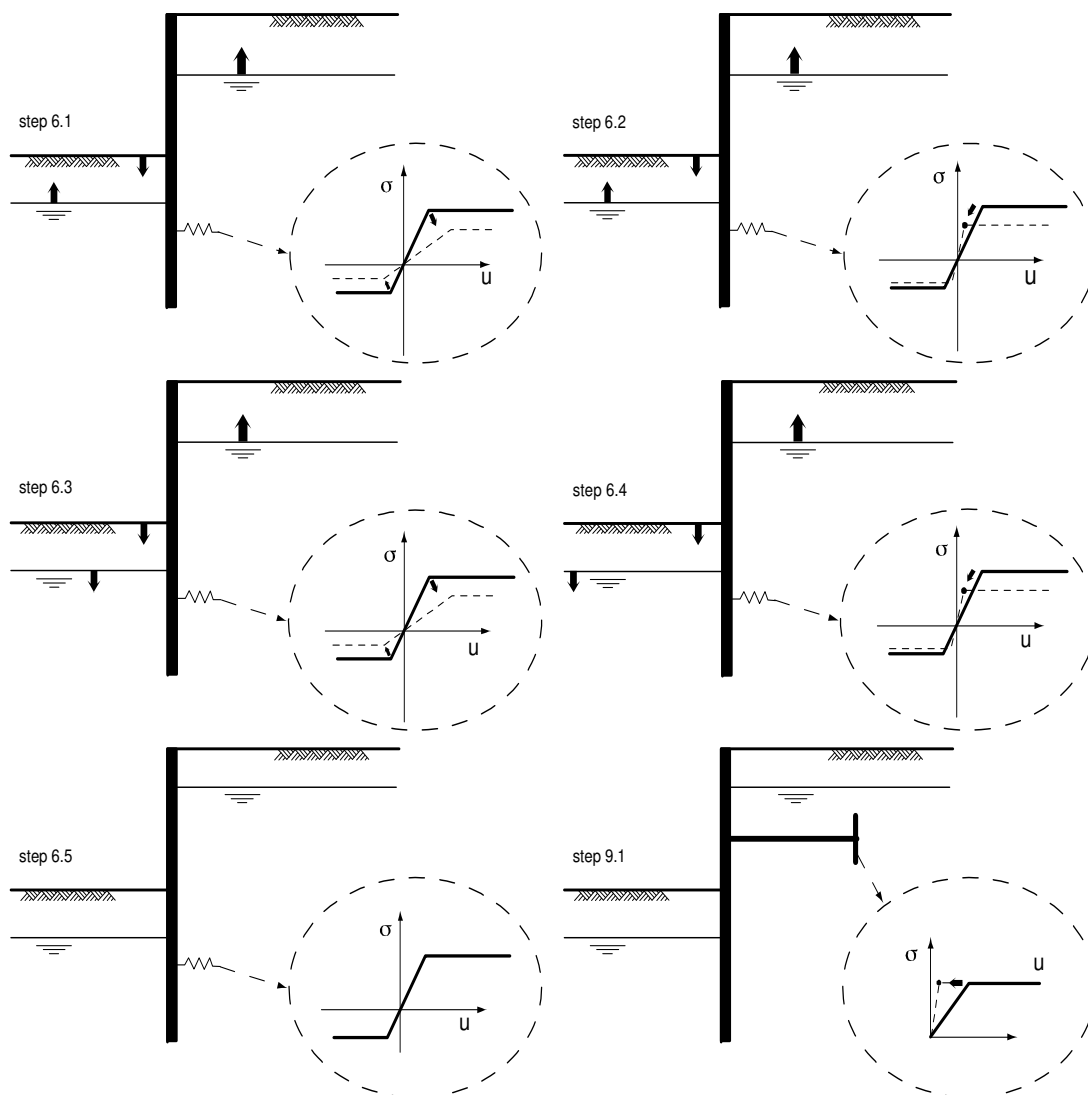
2.1 Overview per Stage and Test

Stage nr.	Verification type	Displacement [mm]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Mob. perc. moment [%]	Mob. perc. resistance [%]	Vertical balance
1	EC7(NL)-Step 6.1		-2,52	-2,38	0,0	34,4	---
1	EC7(NL)-Step 6.2		-1,92	-2,08	0,0	34,3	---
1	EC7(NL)-Step 6.3		-4,55	-3,95	0,0	38,4	---
1	EC7(NL)-Step 6.4		-4,22	-3,94	0,0	38,4	---
1	EC7(NL)-Step 6.5	1,3	-1,56	-1,78	0,0	28,1	---
1	EC7(NL)-Step 6.5 * 1,200		-1,87	-2,14			
2	EC7(NL)-Step 6.1		-6,26	-4,92	0,0	40,4	---
2	EC7(NL)-Step 6.2		-4,71	-4,15	0,0	40,1	---
2	EC7(NL)-Step 6.3		-11,55	-7,25	0,0	44,8	---
2	EC7(NL)-Step 6.4		-10,95	-7,25	0,0	44,8	---
2	EC7(NL)-Step 6.5	7,6	-5,26	-5,01	0,0	31,5	---
2	EC7(NL)-Step 6.5 * 1,200		-6,32	-6,01			
3	EC7(NL)-Step 6.1		-18,61	10,61	0,0	42,4	---
3	EC7(NL)-Step 6.2		-17,80	-10,47	0,0	42,6	---
3	EC7(NL)-Step 6.3		-25,57	17,78	0,0	51,2	---
3	EC7(NL)-Step 6.4		-25,06	16,31	0,0	50,3	---
3	EC7(NL)-Step 6.5	11,1	-9,82	-6,90	0,0	31,8	---
3	EC7(NL)-Step 6.5 * 1,200		-11,78	-8,28			
Max		11,1	-25,57	17,78	0,0	51,2	---

2.2 Overall Stability per Stage

Stage name	Stability factor [-]
Initieel	2,34
Gebruik	1,88
Afschuiving binnenwaarts	1,85

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	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

3.2 Sheet Piling Properties

Length	6,00 m
Level top side	-1,50 m
Number of sections	1

3.2.1 General Properties

Section name	From [m]	To [m]	Material type	Acting width [m]
GU 6N (S240)	-7,50	-1,50	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
GU 6N (S240)	2,0307E+04	0,64	1,2996E+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]
GU 6N (S240)	150,00	1,00	1,00	0,64	96,00

3.3 Calculation Options

First stage represents initial situation	Yes
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 2

Factors on loads - Geotechnical loads	
- Permanent load, unfavourable	1,000
- Permanent load, favourable	1,000
- Variable load, unfavourable	1,100
- Variable load, favourable	0,000
Factors on loads - Constructive loads	
- Permanent load, unfavourable	1,350
- Permanent load, favourable	0,900
- Variable load, unfavourable	1,500
- Variable load, favourable	0,000

Material factors	
- Cohesion	1,250
- Tangent phi	1,175
- Delta (wall friction angle)*	1,175
- 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 **	0,25 m
- Raise in phreatic line on passive side **	0,25 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	1,450
- Tangent phi	1,250
- 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.

End of Report

Driving moment soil	878,67 [kNm/m]	total driving	878,67 kNm/m
Driving moment free water	x [kNm/m]	total resisting	801,30 kNm/m
Driving moment external loads	x [kNm/m]	Net shortage	85,11 kNm/m
Iterated resisting moment	1096,20 [kNm/m]	hieruitvolgende stab factor (controle met	
Iterated resisting moment (Spencer)	830,45 [kNm/m]	iterated resisting moment)	0,95
Non-iterated resisting moment	1057,71 [kNm/m]	verschil met berekening	0,00
Non-iterated resisting moment (Spencer)	801,30 [kNm/m]		
berekende stabiliteitsfactor (Spencer)	0,95 [-]		
SF benodigd STBI	1,1 -	controle SF	1,01
		Berekende SF	0,91
Radius	11,23 m		
Bovenkant damwand	-1,50 m+NAP	halve straal glijcirkel	10,43 m
Onderkant glijcirkel (uit Safety overview)	-3,10 m+NAP	Glijcirkel krachten	8,16 kN/m
diepte tov maaiveld	1,60 m	krachtenverdeling	2,72 kN/m
aantal krachten	3,00 st		

Krachten verdeeld over glijcirkel	diepte	kracht	
kracht 1	-1,500	2,720	kN/m
kracht 2	-2,300	2,720	kN/m
kracht 3	-3,100	2,720	kN/m
kracht 4	nvt	nvt	kN/m
kracht 5	nvt	nvt	kN/m
kracht 6	nvt	nvt	kN/m

Information on the critical circle : Fmin = 1.248
Calculation method used : Bishop - C phi

X co-ordinate center point : 10.14 [m]
Y co-ordinate center point : 7.85 [m]
Radius of critical circle : 11.23 [m]

The center point of the critical circle is enclosed

Total driving moment : 878.67 [kNm/m]
Driving moment free water : -50.59 [kNm/m]
Driving moment external loads : 209.69 [kNm/m]
Iterated resisting moment : 1096.20 [kNm/m]
Non-iterated resisting moment : 1057.71 [kNm/m]

Driving moment soil	817,50 [kNm/m]	total driving	817,50 kNm/m
Driving moment free water	x [kNm/m]	total resisting	779,60 kNm/m
Driving moment external loads	x [kNm/m]	Net shortage	41,69 kNm/m
Iterated resisting moment	971,48 [kNm/m]	hieruitvolgende stab factor (controle met	
Iterated resisting moment (Spencer)	802,88 [kNm/m]	iterated resisting moment)	0,98
Non-iterated resisting moment	943,32 [kNm/m]	verschil met berekening	0,00
Non-iterated resisting moment (Spencer)	779,60 [kNm/m]		
berekende stabiliteitsfactor (Spencer)	0,98 [-]		
SF benodigd STBI	1,1 -	controle SF	1,00
		Berekende SF	0,95
Radius	10,02 m		
Bovenkant damwand	-1,50 m+NAP	halve straal glijcirkel	9,37 m
Onderkant glijcirkel (uit Safety overview)	-2,80 m+NAP	Glijcirkel krachten	4,45 kN/m
diepte tov maaiveld	1,30 m	krachtenverdeling	1,48 kN/m
aantal krachten	3,00 st		

Krachten verdeeld over glijcirkel	diepte	kracht	
kracht 1	-1,500	1,483	kN/m
kracht 2	-2,150	1,483	kN/m
kracht 3	-2,800	1,483	kN/m
kracht 4	nvt	nvt	kN/m
kracht 5	nvt	nvt	kN/m
kracht 6	nvt	nvt	kN/m

Information on the critical circle : Fmin = 1.188
Calculation method used : Bishop - C phi

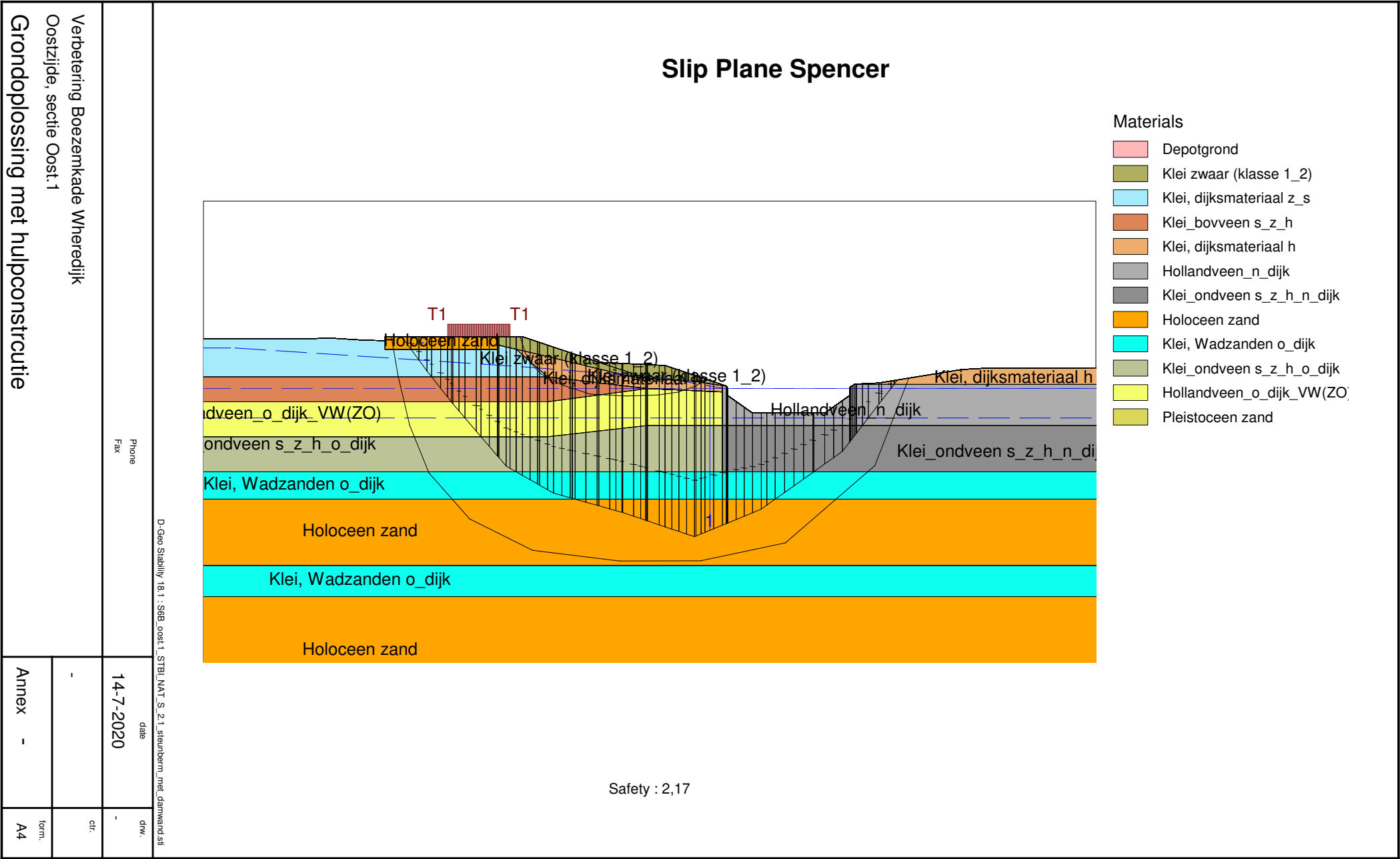
X co-ordinate center point : 7.63 [m]
Y co-ordinate center point : 6.72 [m]
Radius of critical circle : 10.02 [m]

The center point of the critical circle is enclosed

Total driving moment : 817.50 [kNm/m]
Driving moment free water : -24.76 [kNm/m]
Driving moment external loads : 203.74 [kNm/m]
Iterated resisting moment : 971.48 [kNm/m]
Non-iterated resisting moment : 943.32 [kNm/m]

Bijlage

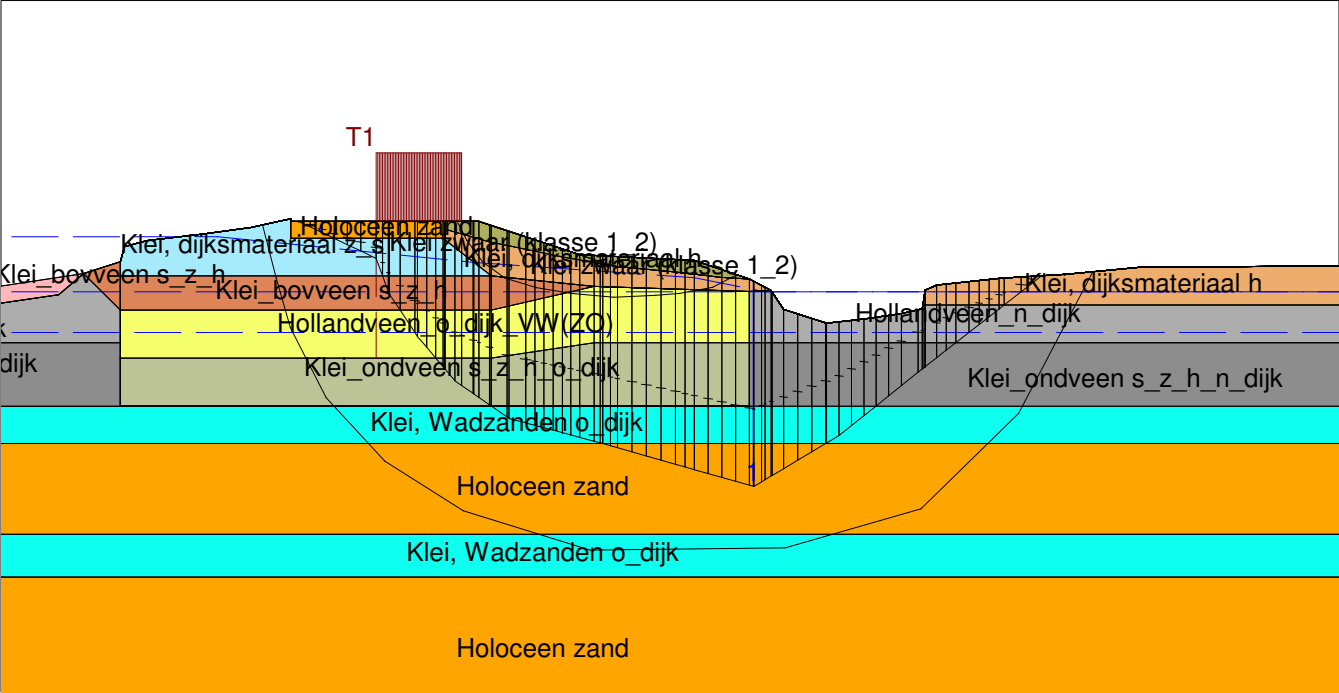
4. Berekeningen STBI grond met constructie



Slip Plane Spencer

Materials

- | | |
|---|---------------------------|
|  | Depotgrond |
|  | Klei zwaar (klasse 1_2) |
|  | Klei, dijksmateriaal z_s |
|  | Klei_bovveen s_z_h |
|  | Klei, dijksmateriaal h |
|  | Hollandveen_n_dijk |
|  | Klei_ondveen s_z_h_n_dijk |
|  | Holoceen zand |
|  | Klei, Wadzanden o_dijk |
|  | Klei_ondveen s_z_h_o_dijk |
|  | Hollandveen_o_dijk_VW(ZO |
|  | Pleistoceen zand |



Safety : 2,22

D-Geo Stability 18.1 : S6B_post2_STBI_NAT_S_2.1_steuernberm_met_damwand.sti

Phone
Fax

date
14-7-2020

drw.

Verbetering Boezemkade Wheredijk

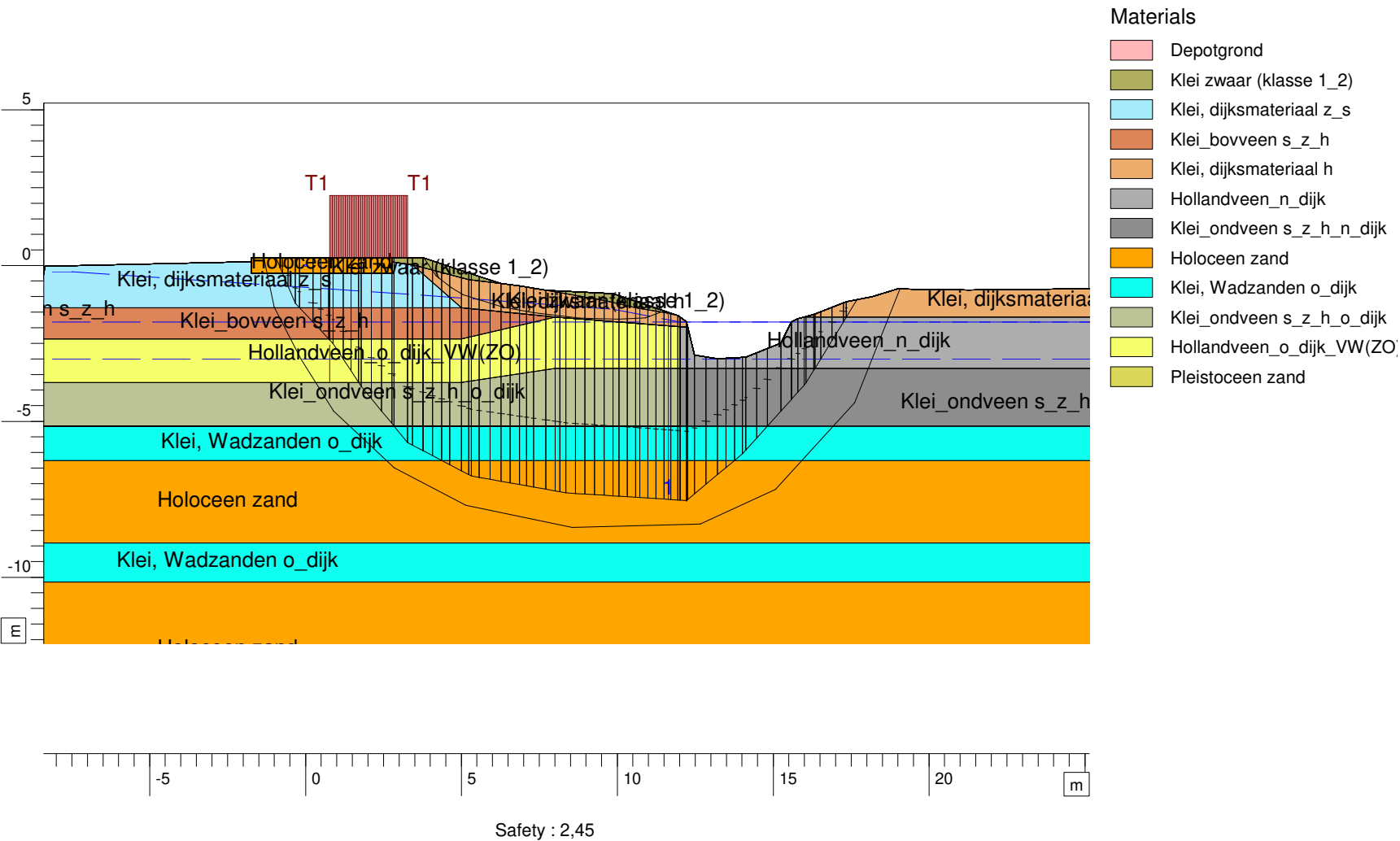
Oostzijde, sectie Oost.2

Grondplossing met hulpconstructie

Annex -

form
A4

Slip Plane Spencer



**Verbetering Boezemkade Wheredijk
Westzijde, sectie West.1**

Annex

14-7-2020

D-Geo Stability 18.1 : S6B_west.1_STBL_NAT_S_2.1_steurberm_met_damwand.sit

Phone
Fax

Verbetering Boezemkade Wheredijk
Westzijde, sectie West.1

A4

form.

ctr.

drw.

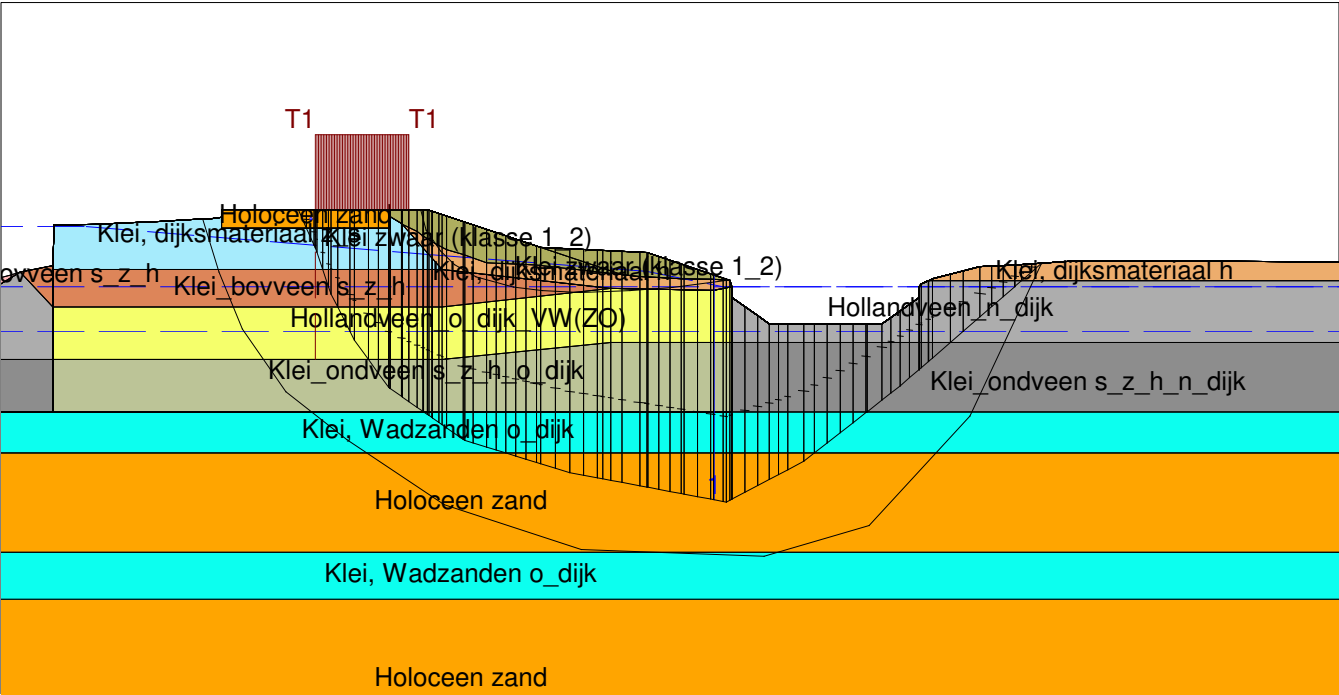
date
2020

14-

Slip Plane Spencer

Materials

- | | |
|---|---------------------------|
|  | Depotgrond |
|  | Klei zwaar (klasse 1_2) |
|  | Klei, dijksmateriaal z_s |
|  | Klei_bovveen s_z_h |
|  | Klei, dijksmateriaal h |
|  | Hollandveen_n_dijk |
|  | Klei_ondveen s_z_h_n_dijk |
|  | Holoceen zand |
|  | Klei, Wadzanden o_dijk |
|  | Klei_ondveen s_z_h_o_dijk |
|  | Hollandveen_o_dijk_VW(ZC) |
|  | Pleistoceen zand |



Safety : 2,20

D-Geo Stability 18.1 : S6B_west2_STBI_NAT_S_2.1_steurberm_mel_damwand.sit

Phone
Fax

date
14-7-2020

 $dw.$

Verbering Boezemkade Wheredijk
Westzijde, sectie West.2

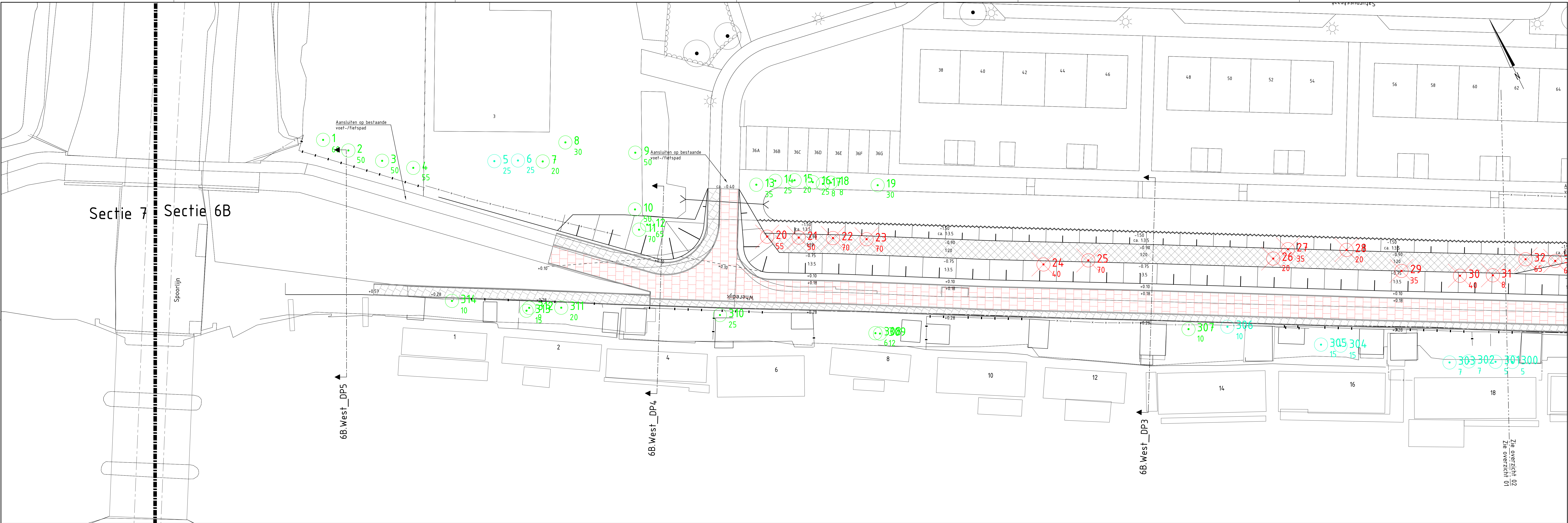
Grondplossing met hulpconstructie

Annex –

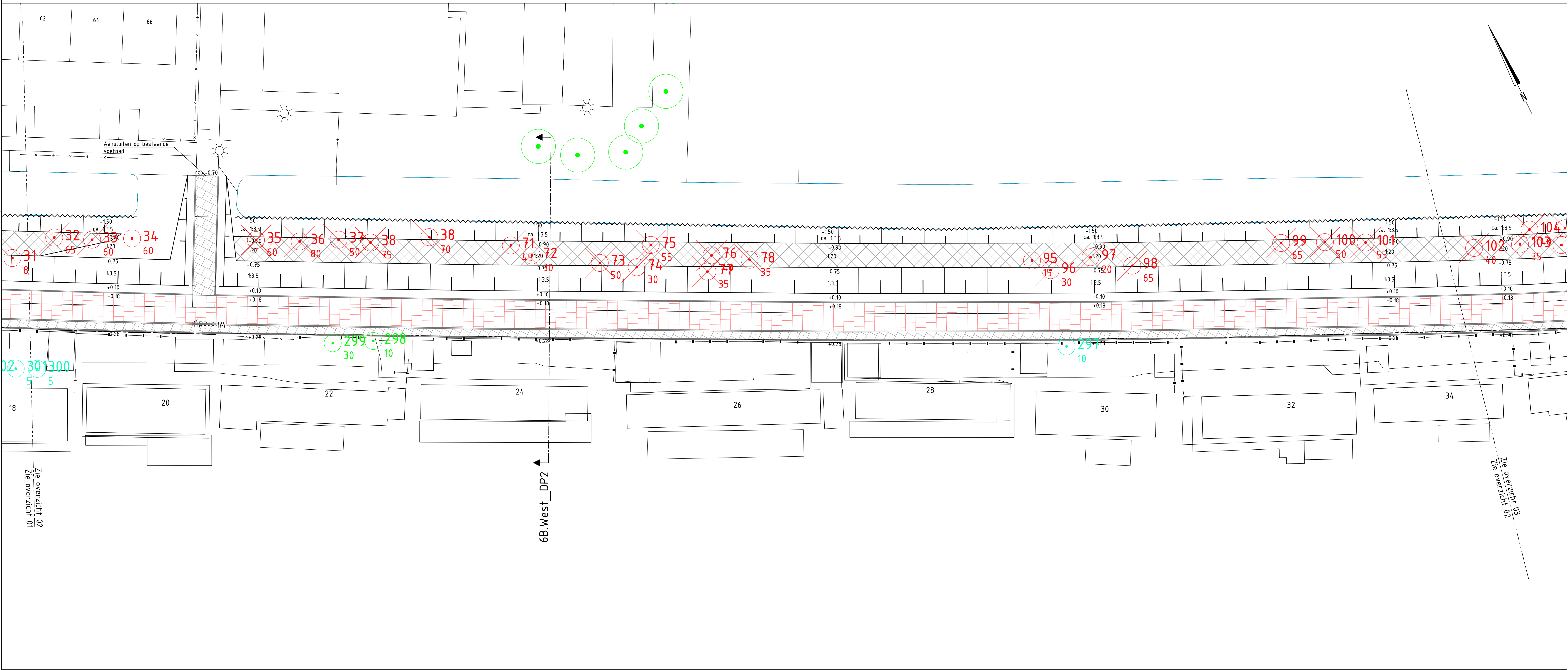
form.
A4

Bijlage

5. Tekeningen VKA westzijde



OVERZICHT 1 WHEREDIJK, WESTZIJDE
Schaal 1:200



OVERZICHT 2 WHEREDIJK, WESTZIJDE
Schaal 1:200

LEGENDA

- Bestaande situatie
- Ontwerp
- Bestaande schuifing/rasterhek
- Bestaande haag/rasterhaag
- Bestaande duiker
- Bestaande te handhaven boom BGT / 0-meting (niet op schaal)
- Te verwijderen boom BGT / 0-meting (niet op schaal)
- Aan te leggen voetpad
- Aan te leggen fietspad
- Aan te brengen hulpconstructie
- Aan te brengen beschoeiing
- Aan te leggen steunborm

TOTAALOVERZICHT
Schaal 1:50.000

Maten in meters, tenzij anders vermeld
Diameters in millimeters, tenzij anders vermeld
Hoogtematen in meters t.o.v. N.A.P., tenzij anders vermeld
Ligging bestaande kabels en leidingen ter indicatie ingetekend

Wijk	Datum	Get.	Omschrijving

Project: **Verbetering boezemkade Wheredijk Westzijde**

Opdrachtgever: **Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier**

Omschrijving: **Voorkeursvariant, overzicht**

Besteknummer: _____

Gepl. (ingedeeld): _____

Oec. (ontwerp): _____

rps LANDING COMPLEX EAST

Waternutveiligheid en waterbouw
Elektronenweg 2, 2020 XG Delft
Postbus 1000, 2000 GB Delft
T +31 15 792 16 00
W www.rps.nl

Projectnummer: **NL202007872**

Projectleider: **D. Hordijk**

Auteur: **Y.R.J. van den Herik**

Fase: **VKA**

Blad: **1** van **3** bladen

Wijk: **NL202007872-011**

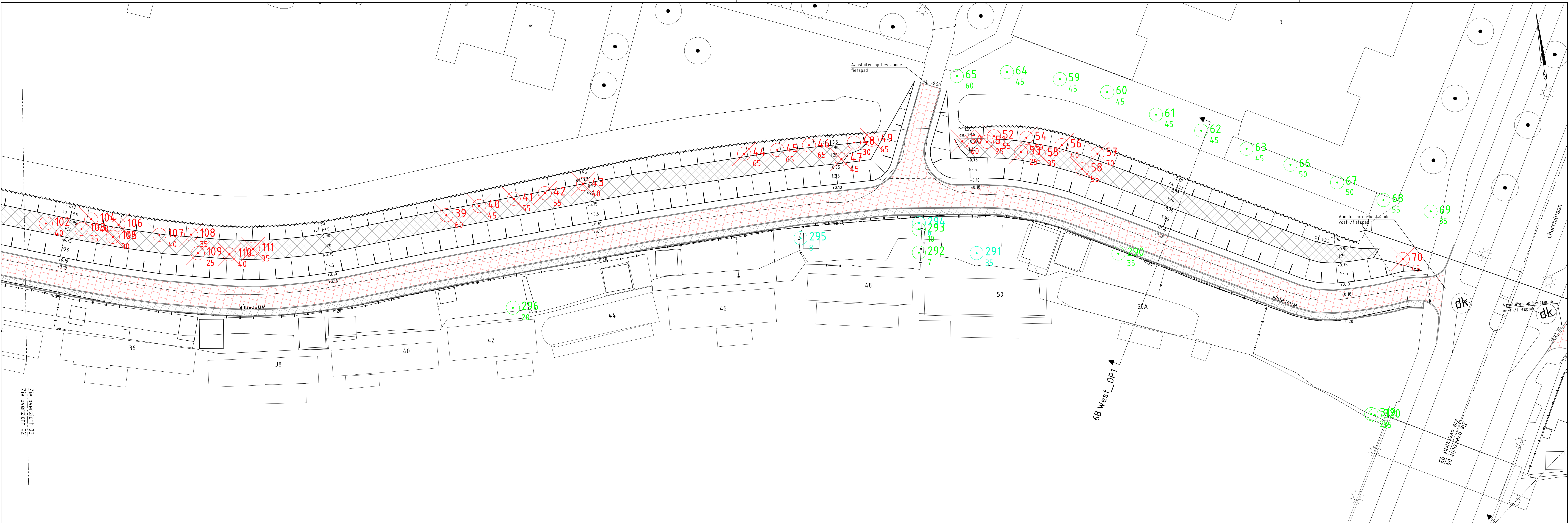
Formaat: **A0**

Schaal: **1:200**

Status: **Definitief**

Datum: **17-07-2020**

Waternutveiligheid en waterbouw
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier



OVERZICHT 3 WHEREDIJK, WESTZIJDE
Schaal 1:200

LEGENDA

- Bestaande situatie
- Ontwerp
- Bestaande schutting/rasterhek
- Bestaande haag/rasterhaag
- Bestaande duiker
- Bestaande te handhaven boom
BGT / 0-meting (niet op schaal)
- Te verwijderen boom BGT /
0-meting (niet op schaal)
- Aan te leggen voetpad
- Aan te leggen fietspad
- Aan te brengen hulpconstructie
- Aan te brengen beschoeiing
- Aan te leggen steunberm



TOTAALOVERZICHT

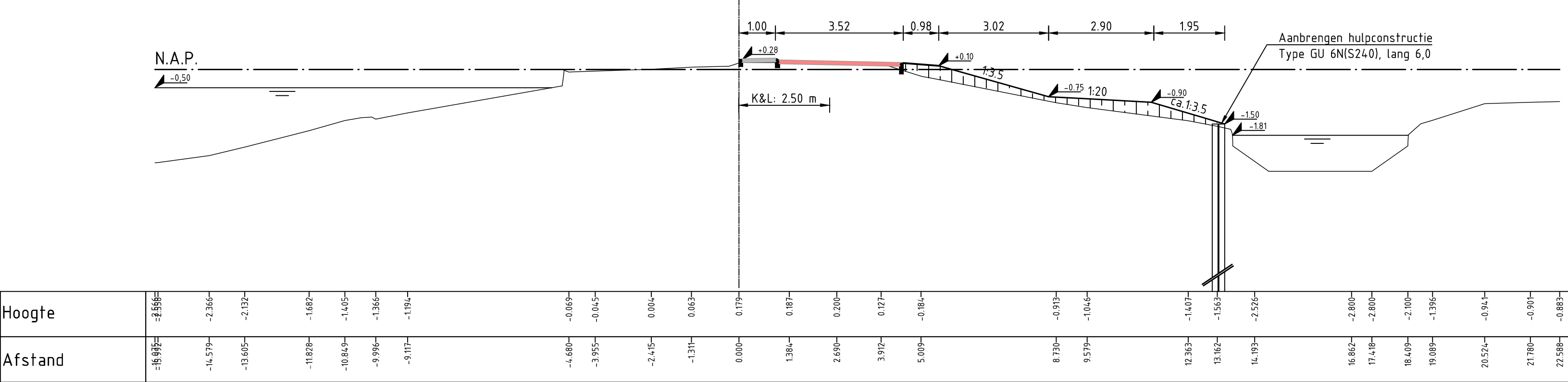
Schaal 1:50.000

Maten in meters, tenzij anders vermeld
Diameters in millimeters, tenzij anders vermeld
Hoogtematen in meters t.o.v. N.A.P., tenzij anders vermeld
Ligging bestaande kabels en leidingen ter indicatie ingetekend

Wijz.	Datum	Get.	Omschrijving

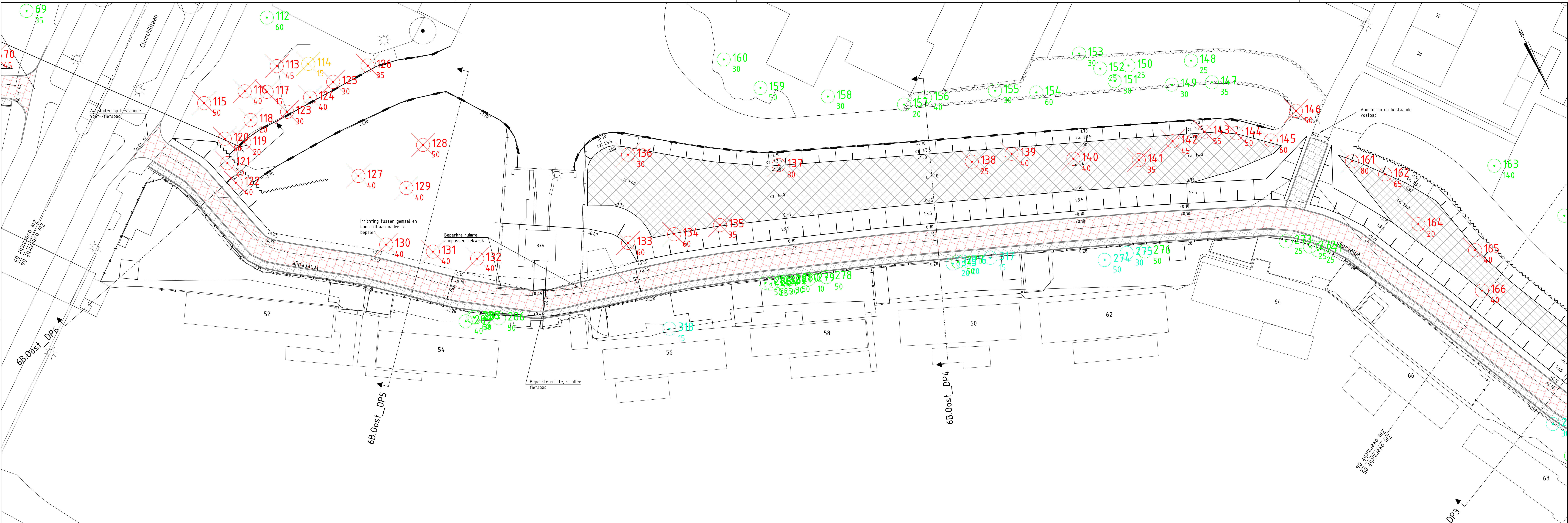
Project: Verbetering boezemkade Wheredijk Westzijde Opdrachtgever: Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier Omschrijving: Voorkeursvariant, overzicht	Besteknummer: Gec. (projectleider): Oec. (controleur):
---	--

 RPS Waterveiligheid en waterbouw Elektronenweg 2, 2628 XG Delft Postbus 1000, 2600 GR Delft T +31 15 792 16 00 W www.rps.nl	Projectnummer: NL202007872 Projectleider: D. Hordijk Auteur: Y.R.J. van den Herik Fase: VKA	Formaat: A0 Schaal: 1:200 Status: Definitief Datum: 17-07-2020 Blad: 2 van 3 bladen Nummer: NL202007872-012 Wijz.
--	--	---

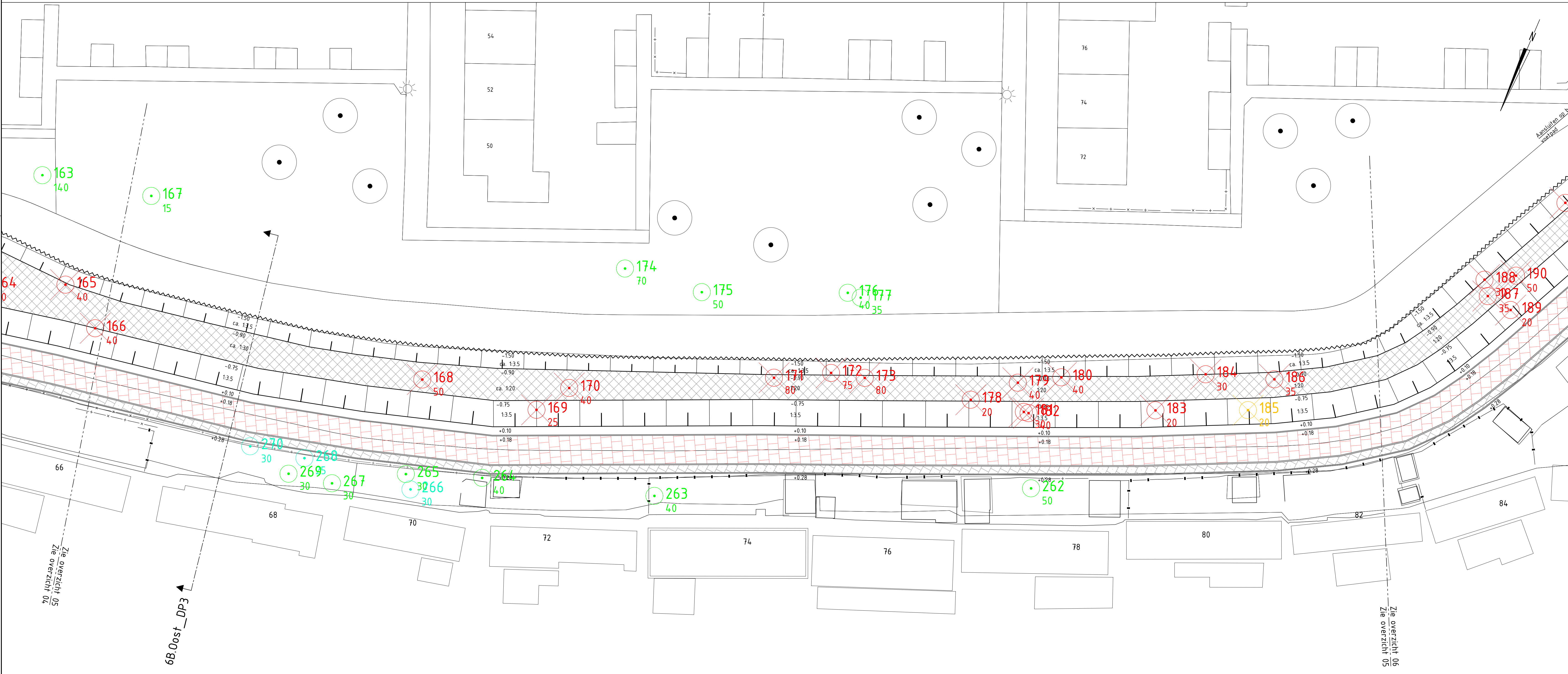


Bijlage

6. Tekeningen VKA oostzijde



OVERZICHT 4 WHEREDIJK, OOSTZIJDE
Schaal 1:200



OVERZICHT 5 WHEREDIJK, OOSTZIJDE
Schaal 1:200

LEGENDA

- Bestaande situatie
- Ontwerp
- Bestaande schuifing/rasterhek
- Bestaande haag/rasterhaag
- Bestaande duiker
- Bestaande te handhaven boom BGT / 0-meting (niet op schaal)
- Te verwijderen boom BGT / 0-meting (niet op schaal)
- Aan te leggen voetpad
- Aan te leggen fietspad
- Aan te brengen hulpconstructie
- Aan te brengen beschoeiing
- Aan te leggen steunborm

TOTAALOVERZICHT
Schaal 1:50.000

Maten in meters, tenzij anders vermeld
Diameters in millimeters, tenzij anders vermeld
Hoogtematen in meters t.o.v. N.A.P., tenzij anders vermeld
Ligging bestaande kabels en leidingen ter indicatie ingetekend

Wijk	Datum	Get.	Omschrijving

Project:
Verbetering boezemkade Wheredijk Oostzijde

Opdrachtgever:
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier

Omschrijving:
Voorkeursvariant, overzicht

Basiskummer:
[]

Geo. (projectleider):
[]

Geo. (controleur):
[]

Projectnummer:
NL202007872

Projectleider:
D. Hordijk

Auteur:
Y.R.J. van den Herik

Fase:
VKA

Formaat:
A0

Schaal:
1:200

Status:
Definitief

Datum:
17-07-2020

Blad:
2 van 3 bladen

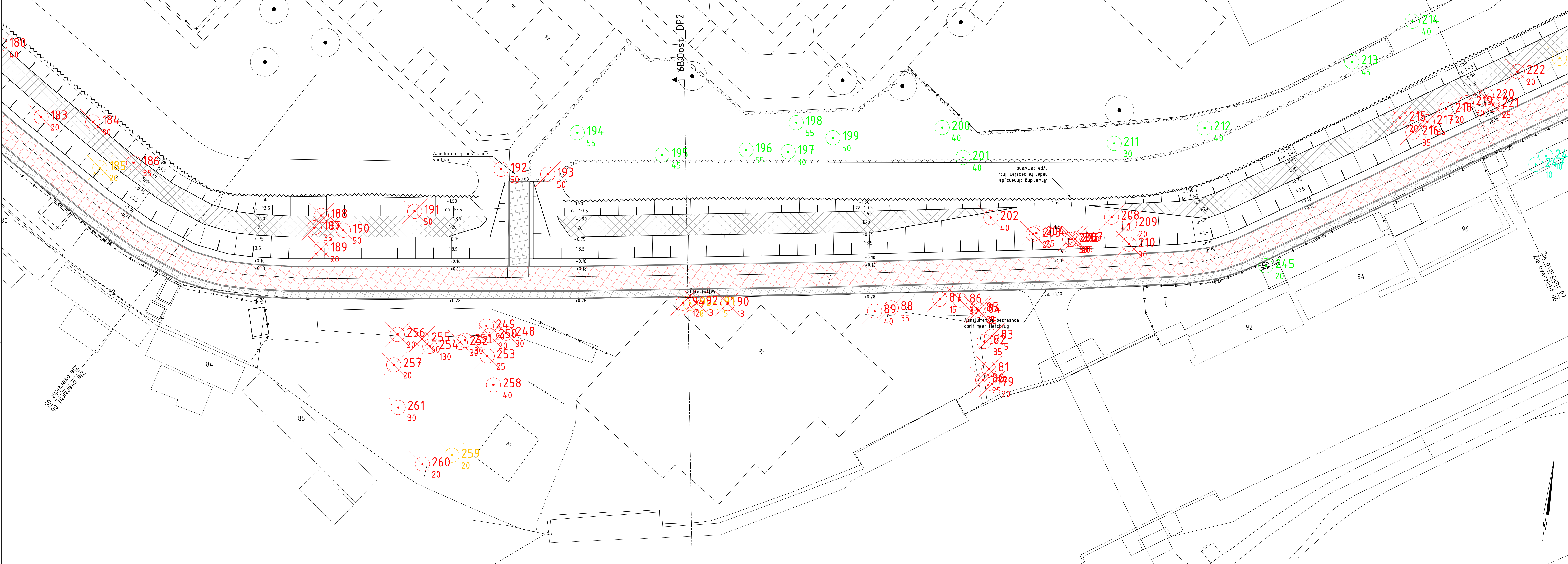
Nummer:
NL202007872-014

Wijk:
[]

rps
Rijksprojecten
Samenwerken
Snel
Samenwerken
Snel

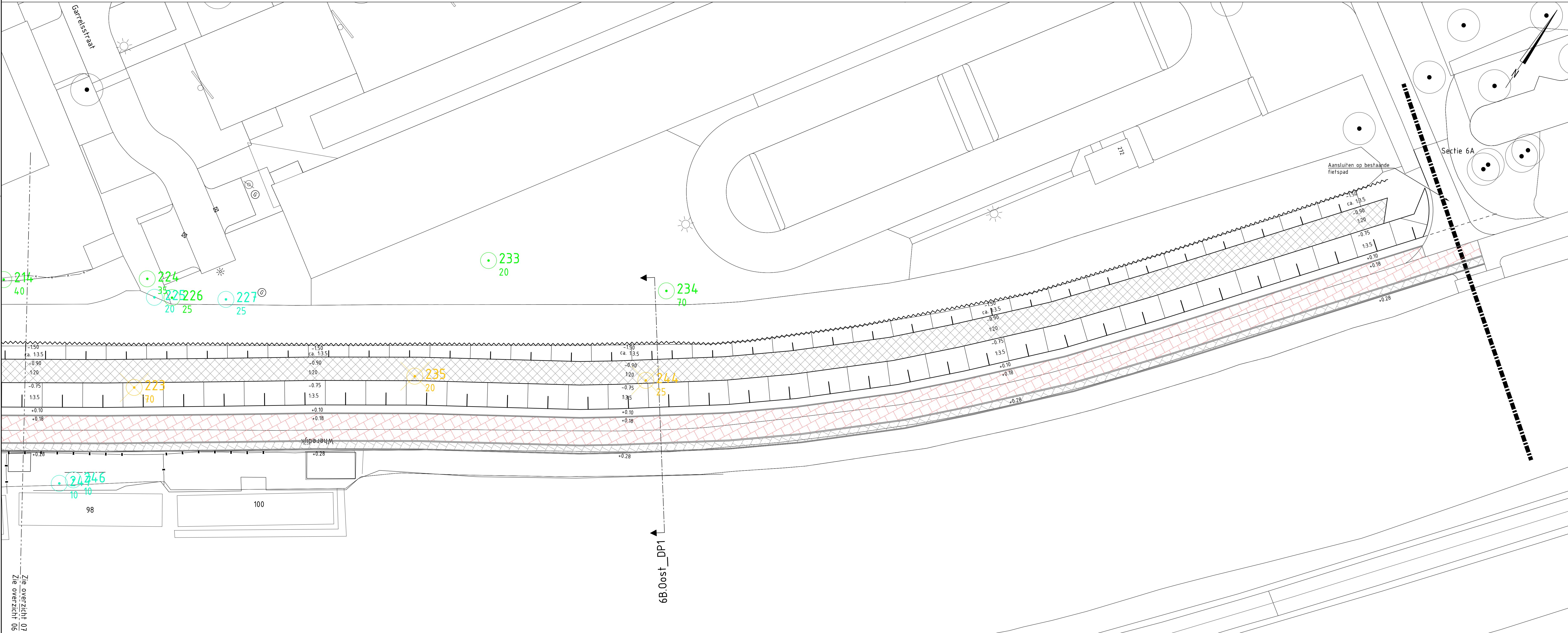
Watervoorziening en waterbouw
Elektronische 2D/3D CAD
Drukken 1000, 2000, 4000 G8
T +31 15 792 16 00
W www.rps.nl

**Technische dienst
Noorderkwartier**



OVERZICHT 6 WHEREDIJK, OOSTZIJDE

Schaal 1:200



OVERZICHT 7 WHEREDIJK, OOSTZIJDE

Schaal 1:200

LEGENDA

- Bestaande situatie
- Ontwerp
- Bestaande schutting/rasterhek
- Bestaande haag/rasterhaag
- Bestaande duiker
- Bestaande te handhaven boom BGT / 0-meting (niet op schaal)
- Te verwijderen boom BGT / 0-meting (niet op schaal)
- Aan te leggen voetpad
- Aan te leggen fietspad
- Aan te brengen hulpconstructie
- Aan te brengen beschoeiing
- Aan te leggen steunborm



TOTAALOVERZICHT

Schaal 1:50.000

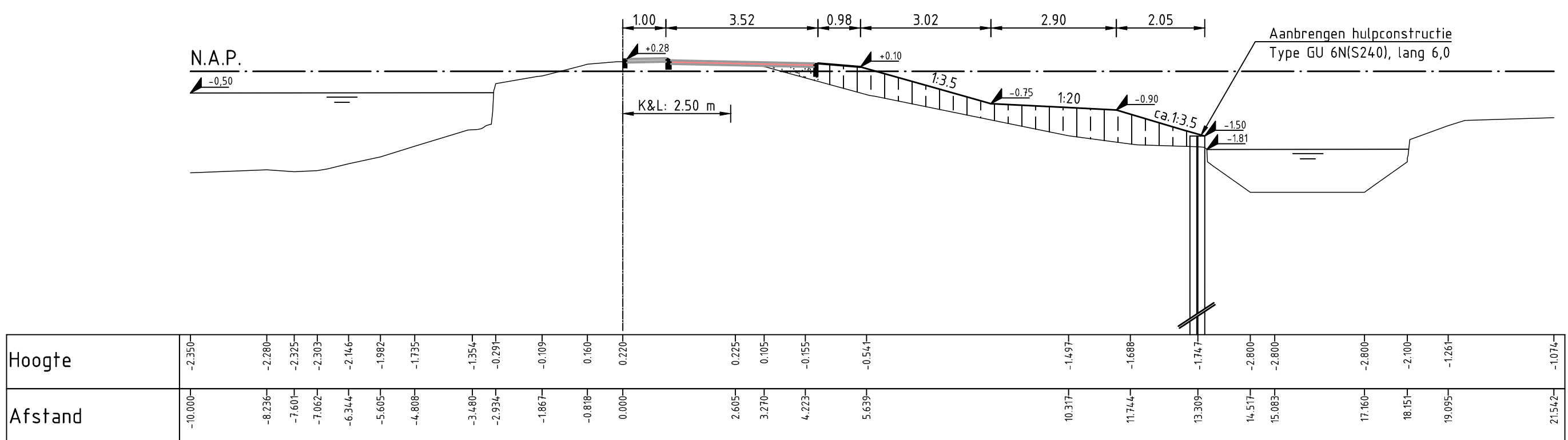
Maten in meters, tenzij anders vermeld
Diameters in millimeters, tenzij anders vermeld
Hoogtematen in meters t.o.v. N.A.P., tenzij anders vermeld
Ligging bestaande kabels en leidingen ter indicatie ingetekend

Wjg.	Datum	Get.	Omschrijving

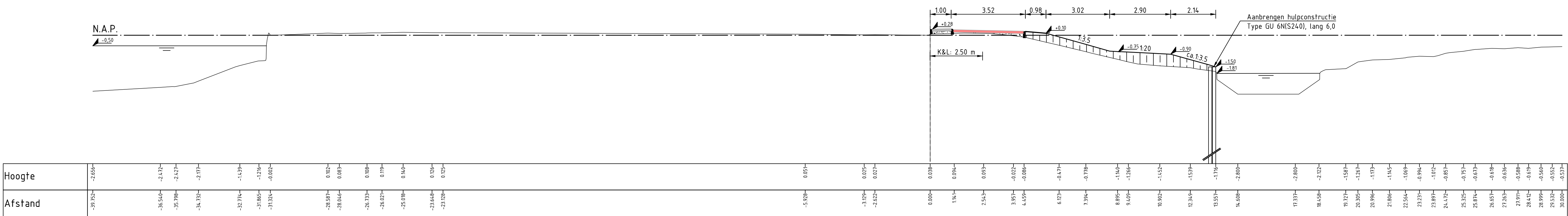
Project: Verbetering boezemkade Wheredijk Oostzijde	Basisknummer:
Opdrachtgever: Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	Gez. (projectleider):
Omschrijving: Voorkeursvariant, overzicht	Oec. (controleur):



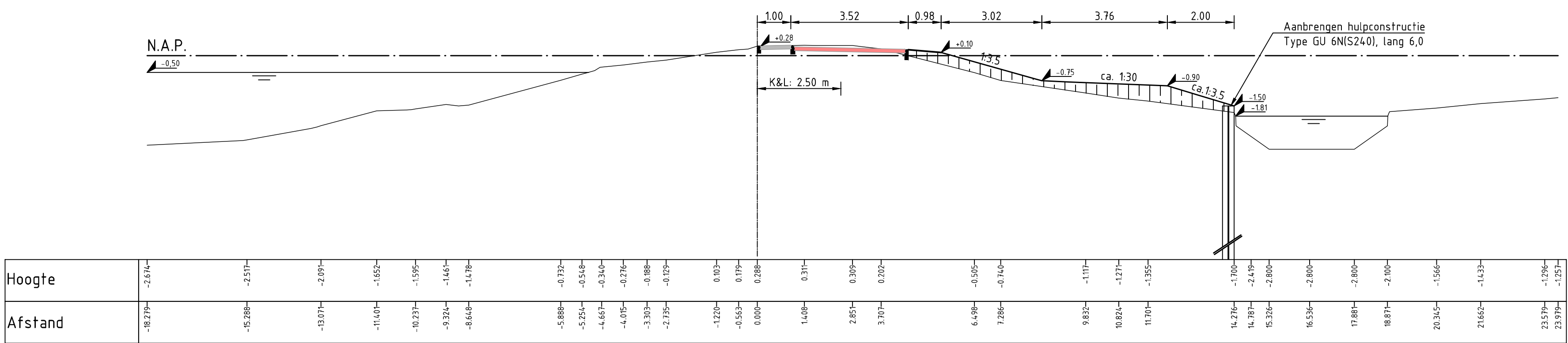
Projectnummer: NL202007872	Formaat: A0
Projectleider: D. Hordijk	Schaal: 1:200
Auteur: Y.R.J. van den Herik	Status: Definitief
Fase: VKA	Datum: 17-07-2020
Blad: 2 van 3 bladen	Nummer: NL202007872-015
Wjg.:	



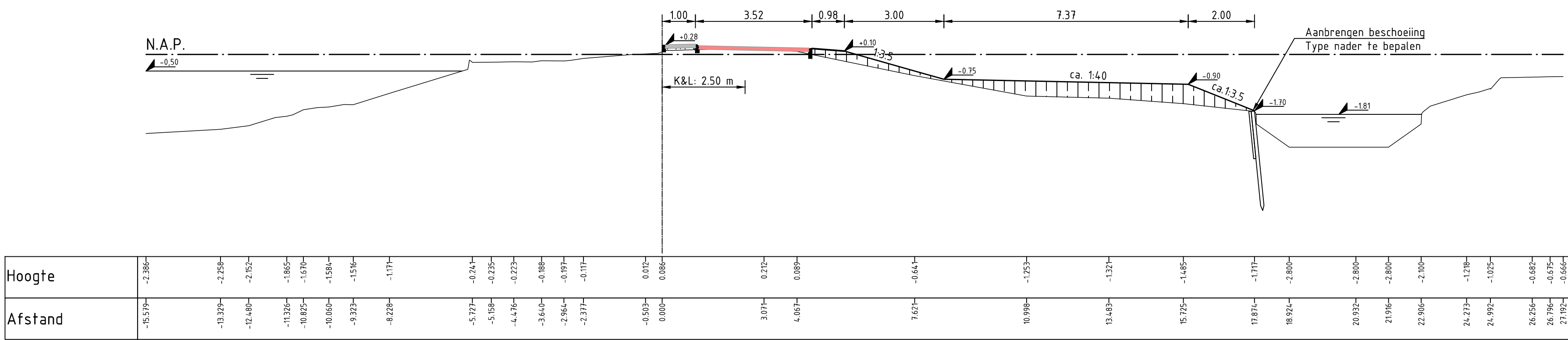
DWARSPROFIEL 6B.0ost DP1
Schaal 1:100



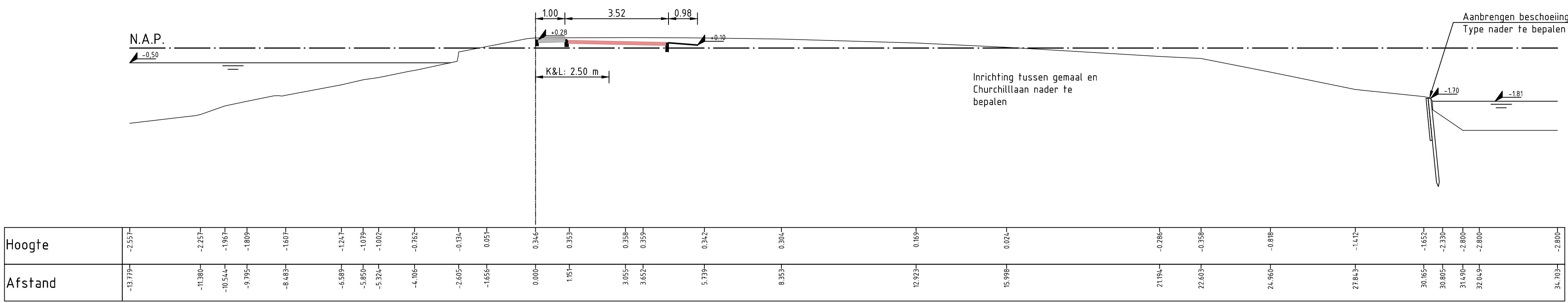
DWARSPROFIEL 6B.0ost DP2
Schaal 1:100



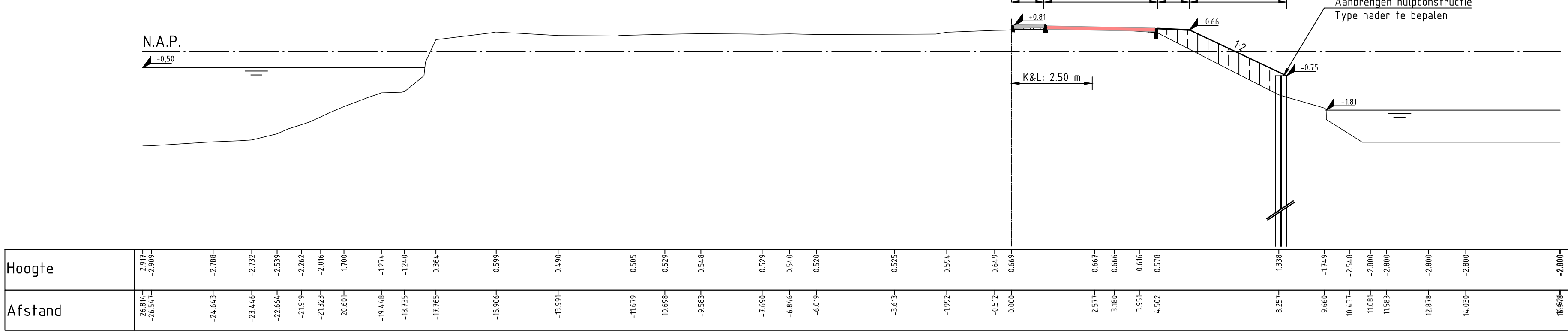
DWARSPROFIEL 6B.0ost DP3
Schaal 1:100



DWARSPROFIEL 6B.0ost DP4
Schaal 1:100



DWARSPROFIEL 6B.0ost DP5
Schaal 1:100



DWARSPROFIEL 6B.0ost DP6
Schaal 1:100
Maatwerkllocatie

LEGENDA

- Bestaande situatie
- Nieuwe situatie
- Grens buitenruimte woonboten
- Grondwerk kadeverbetering
- Grondwerk verhardingen
- Aan te leggen voetpad
- Aan te leggen fietspad

Maten in meters, tenzij anders vermeld
Diameters in millimeters, tenzij anders vermeld
Hoogtematen in meters t.o.v. N.A.P., tenzij anders vermeld
Ligging bestaande kabels en leidingen ter indicatie ingetekend

Wijz.	Datum	Get.	Omschrijving

Project Verbetering boezemkade Wheredijk Oostzijde		Basisnummer:	
Opdrachtgever: Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier			
Omschrijving: Voorkeursvariant, Dwarsprofielen			
		Get. (projectleider)	Oec. (controleur)

rps Rijksproject Systeem EAS Watersveiligheid en waterbouw Elektronenweg 2, 2028 XG Delft Telefoon 020 620 2000 GB Delft T +31 15 792 16 00 W www.rps.nl	Projectnummer: NL202007872	Formaat: A0
	Projectleider: D. Hordijk	Schaal: 1:100
	Auteur: Y.R.J. van den Herik	Status: Definitief
	Fase: VKA	Datum: 17-07-2020
	Blad: 1 van 1 bladen	
Nummer: NL202007872-016		Wijz: