

DVP Geuzensloot

Geotechnisch voorlopig ontwerp



Lijst met aanpassingen

Versie	Datum	Beschrijving van de wijziging
C0.1	18-11-22	Uitgangspunten
C1.0	23-12-22	Eerste conceptversie
D1.0	17-02-23	Aanvullen tot volledige versie (dijkvakken 2, 11, 14 en 15)
D2.0	16-03-23	Advies aanpassen, toevoeging dijkvak 4 metrerings 715
D3.0	17-11-23	Afronden VO en legger bepalen
D4.0	15-02-24	Review Waternet verwerken (tekstuele wijzigingen)
D5.0	07-10-24	Tekstuele wijzigingen n.a.v. opmerkingen Waternet
D6.0	17-10-24	Update tekenwerk n.a.v. opmerkingen Waternet

Datum	17-10-2024	Vrijgegeven door	
Auteur			
Document referentie	NL23-648800269-43449	Gecontroleerd door	
Klant	Waternet		
Versie	D6.0		
Sweco Nederland B.V.			
Onderwerp	DVP Geuzensloot		
Projectnummer	51012633		

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	3
1 Inleiding	4
1.1 Aanleiding	4
1.2 Projectlocatie	4
1.3 Doel	6
1.4 Leeswijzer	6
2 Uitgangspunten	7
2.1 Algemene uitgangspunten	7
2.2 Geometrie en bodemopbouw	7
2.3 Bodemschematisering	9
2.4 Opbarsten	12
2.5 Veiligheidsfactor macrostabiliteit binnenwaarts	12
2.6 Hydraulische randvoorwaarden	14
2.7 Constructies	15
2.8 Verkeersbelasting	16
2.9 Leggerberekeningen	16
2.10 Programmatuur	16
3 Leggerberekening	18
3.1 Leggerprofiel binnendijks	18
3.2 Leggerprofiel buitendijks	19
4 Resultaten ophoging	21
4.1 Dijkvak 1a en 1b	22
4.2 Dijkvak 2a	22
4.3 Dijkvak 2b	23
4.4 Dijkvak 3	23
4.5 Dijkvak 4	24
4.6 Dijkvak 5 en 6	25
4.7 Dijkvak 7	25
4.8 Dijkvak 10	26
4.9 Dijkvak 11	27
4.10 Dijkvak 12	28
4.11 Dijkvak 13	28
4.12 Dijkvak 15	29
5 Resultaten legger	30
6 Conclusie en aanbevelingen	31
7 Verwijzingen	32
Bijlage 1 Dwarsprofiel voorkeursalternatief	33
Bijlage 2 Bodemopbouw	34
Bijlage 3 Resultaten stabiliteitsberekeningen	35
Bijlage 4 Resultaten constructieberekeningen	40
Bijlage 5 Schematiseren dijkvak 2	42
Bijlage 6 Leggerberekeningen	44
Bijlage 7 Opbarstberekeningen	51
Bijlage 8 Grondonderzoek dijkvak 11	57

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Waternet, de beheerder van het dijktraject Geuzensloot P033, heeft in het najaar van 2018 de kering laten toetsen. Uit de toetsing is gebleken dat delen van de dijk niet voldoen aan de veiligheidseisen. Per dijkvak is een voorkeursalternatief (VKA) geselecteerd op basis van een multi-criteria analyse (MCA) [1]. De scope en VKA per dijkvak is weergegeven in Tabel 1-1, de dijkvakindeling is afgebeeld in Figuur 1-2 en Figuur 1-3.

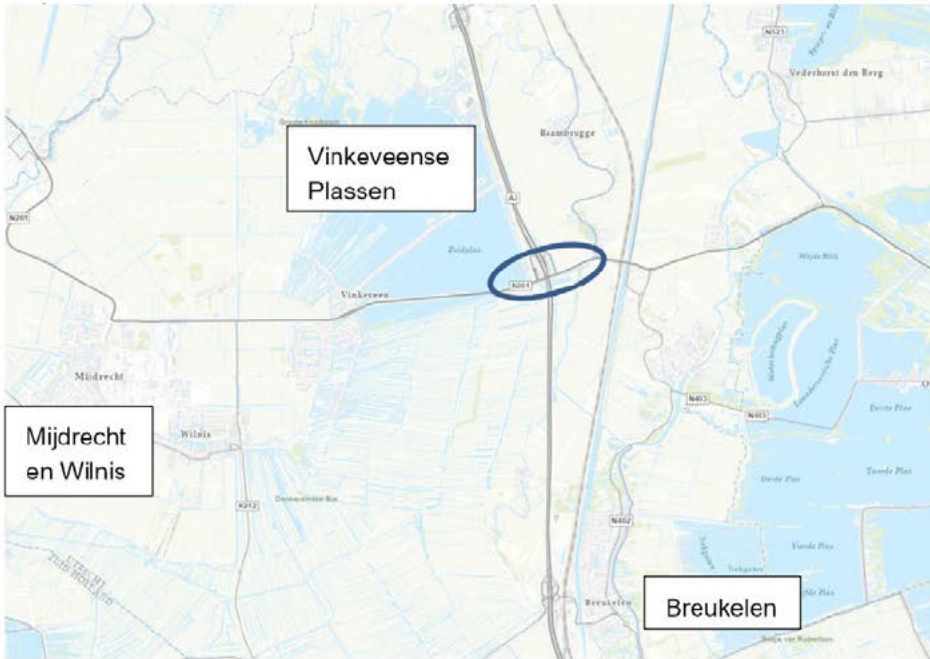
Tabel 1-1 Scope per dijkvak en VKA [2]

Dijkvak	Opgave	VKA	Opmerking
1a	Hoogte	Kruinophoging in grond	
1b	Hoogte	Kruinophoging in grond	
2	Hoogte	Kruinophoging in grond	Meenemen verlegging van de kering in grond t.b.v. boezemverbreding indien draagvlak aanwezig is en DB dit wil.
3	Hoogte	Kruinophoging in grond	
4	Hoogte en Stabiliteit binnenwaarts	Kruinophoging in grond met aanbrengen steunberm	
5	Hoogte	Kruinophoging in grond	Maatwerk nabij N201
6	Hoogte	Kruinophoging in grond	Maatwerk nabij N201
7	Hoogte	Kruinophoging in grond	Maatwerk nabij N201
8	Hoogte	Hoogtescherp in de oever	De bestaande damwand fungeert als hoogtescherp en wordt in de legger als waterkering opgenomen
9	Geen opgave		
10	Hoogte	Kruinophoging in grond	Maatwerk nabij de woning Oukoop 15
11	Hoogte en Stabiliteit binnenwaarts	Kruinophoging in grond in grond met aanbrengen steunberm	Demping in waterplas en compensatie zuidzijde
12	Hoogte	Kruinophoging in grond	
13	Hoogte en Stabiliteit binnenwaarts	Kruinophoging in grond in grond met aanbrengen steunberm	Demping in waterplas en compensatie zuidzijde
14	Hoogte	Kruinophoging in grond	
15	Hoogte	Kruinophoging in grond	Maatwerk nabij de woning Oukoop 2

1.2 Projectlocatie

1.2.1 Locatie

De Geuzensloot bevindt zich aan de zuidoostelijke zijde van de Vinkeveense Plassen, zie Figuur 1-1. Het dijktraject bevindt zich aan de noord- en zuidzijde van de watergang de Geuzensloot. De lengte van het dijktraject is 3456 meter.

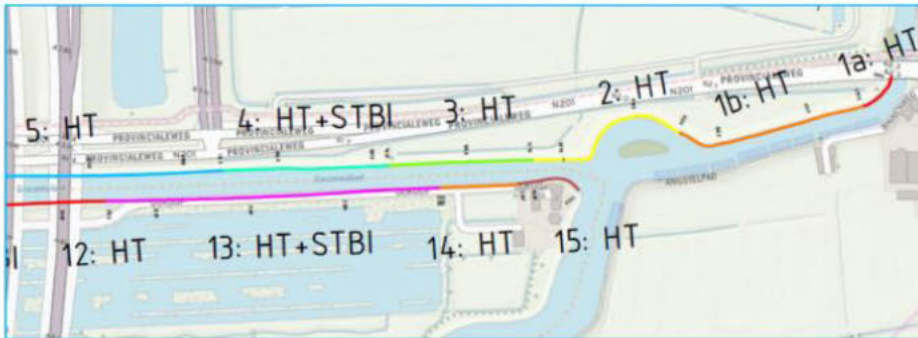


Figuur 1-1 Overzichtstekening met projectgebied de Geuzensloot omcirkeld in blauw [3]

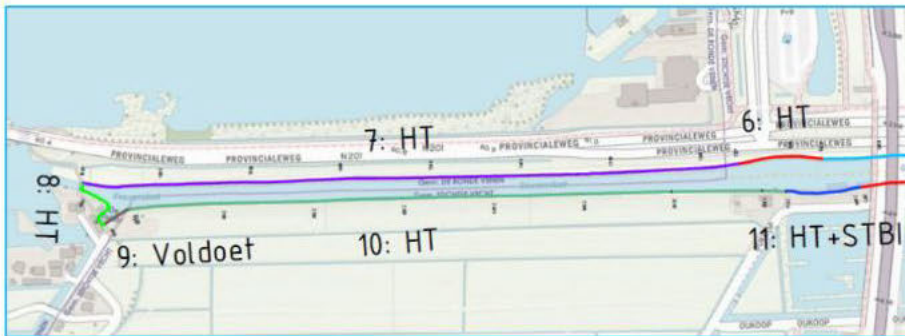
1.2.2 Dijkvakindeling

De dijkvakindeling is weergegeven in Figuur 1-2 en Figuur 1-3 en zijn genummerd 1 t/m 15. Er is geen opgave voor dijkvak 9 en dijkvak 1 is opgedeeld in 1a en 1b. Zodoende bestaat het dijkversterkingstraject uit 15 dijkvakken.

Waternet heeft de keringen laten toetsen voor een technische scopebepaling van de Geuzensloot [3]. Uit de toetsing is gebleken dat alle dijkvakken m.u.v. dijkvak 9 onvoldoende scores op het faalmechanisme hoogte (HT). Tevens voldoen dijkvakken 4, 11 en 13 niet aan de eisen voor binnenwaartse macrostabiliteit (STBI). De versterkingsopgave is weergegeven in Figuur 1-2 en Figuur 1-3.



Figuur 1-2 Dijkvakindeling dijkverbeteringsproject Geuzensloot oostelijk deel [2]



Figuur 1-3 Dijkvakindeling dijkverbeteringsproject Geuzensloot westelijk deel [2]

1.3 Doel

Het doel van dit rapport is om het VKA zoals beschreven door Waternet verder uit te werken met een beschouwing van zetting en stabiliteit en daarmee tot een geotechnisch voorlopig ontwerp (VO) te komen. Het geotechnisch VO omvat de aanleghoogte op basis van de verwachte zettingen per dijkvak en voldoet gedurende de planperiode op stabiliteit.

Het geotechnisch VO dient vervolgens als input voor het definiëren van een nieuwe legger voor de dijkvakken 2, 4, 8, 10 (deels), 11, 13 en 15. De nieuwe leggerprofielen zijn benodigd voor de dijkvakken waar wijzigingen optreden, zoals een dijkverlegging (dijkvak 2) of het aanbrengen van een steunberm t.b.v. stabiliteit (dijkvakken 4, 11 en 13). Andere uitzonderingen zijn het opnemen van maatwerk nabij bebouwing (dijkvakken 10 en 15) [2]. Voor de overige dijkvakken geldt dat de huidige legger vigerend blijft.

Deze rapportage bevat geen uitvoeringsadviezen; stabiliteit gedurende de uitvoering valt buiten de scope van dit rapport.

1.4 Leeswijzer

De uitgangspunten voor de toetsing van het VKA-ontwerp ten aanzien van de zetting en stabiliteit zijn opgenomen in hoofdstuk 2. In hoofdstuk 3 staat de methode van de leggerprofielen beschreven. De resultaten van de zettings- en stabiliteitsberekeningen zijn gepresenteerd in hoofdstuk 4. Hoofdstuk 5 bevat de afleiding van de nieuwe leggerprofielen. De conclusies en aanbevelingen worden gepresenteerd in hoofdstuk 6.

2 Uitgangspunten

In deze rapportage wordt het geotechnisch voorlopig ontwerp voor de waterkering vastgesteld. Hiertoe worden eerst de zettingen van de ontwerpschetsen en daarmee de aanleghoogte bepaald op basis van zettingsberekeningen. Daarnaast wordt voor de drie dijkvakken met een stabiliteitsopgave een stabiel ontwerp geschematiseerd op basis van stabiliteitsberekeningen. Vanwege de grote zettingen in de ondergrond wordt nagegaan of deze profielen gedurende de planperiode van 15 jaar aan de stabiliteitseisen voldoen.

In dit hoofdstuk worden de uitgangspunten besproken die zijn gehanteerd voor het uitvoeren van de berekeningen en het opstellen van dit rapport. Een groot deel van deze uitgangspunten is overgenomen van de Technische Uitgangspunten & Schetsontwerp Dijkverbetering Geuzensloot van Waternet [3].

2.1 Algemene uitgangspunten

- De stabiliteitsberekeningen worden uitgevoerd op basis van de Leidraad Toetsen op Veiligheid Regionale Waterkeringen (LTVRW) [4].
- De kering langs de Geuzensloot heeft een veiligheidsklasse IPO-III [5], overeenkomend met een overschrijdingskans van 1/100 jaar [4].
- Het dijktraject Geuzensloot is een secundaire kering met codering PO2-033 en is opgenomen in de Provinciale Verordening van de provincie Utrecht.
- Voor de geometrie en bodemopbouw van de zettings- en stabiliteitsberekeningen wordt gebruik gemaakt van berekeningen aangeleverd door Waternet, die ten grondslag hebben gelegen aan het VKA [3]. De geometrie van deze profielen is lokaal gecontroleerd met AHN 4.0.
- De stabiliteitsberekeningen worden uitgevoerd op basis van gedraineerde parameters zonder eventuele wateroverspanning ten gevolge van de dijkverbetering (dit is onderdeel van het uitvoeringsadvies en maakt geen onderdeel uit van voorliggend rapport).
- De planperiode van de dijkversterking is 15 jaar conform de Nota van Uitgangspunten van Waterschap Amstel, Gooi en Vecht [3].

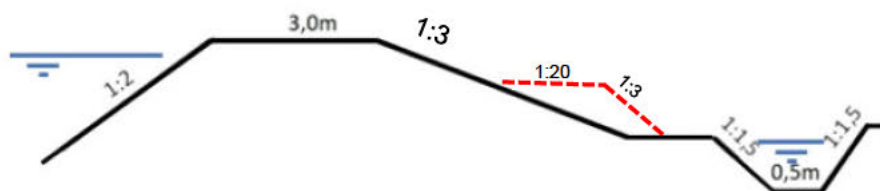
2.2 Geometrie en bodemopbouw

2.2.1 Voorkeursprofiel

In Figuur 2-1 is een schets van het geotechnisch voorkeursprofiel weergegeven. In het gehele projectgebied bedraagt de helling van het buitentalud 1:2 en bedraagt de kruinbreedte 3 m conform het leggerprofiel. De helling van het binnentalud is bij voorkeur 1:3. Het voorkeursprofiel voor de dijkvakken met stabiliteitsopgave (4, 11 en 13) bevat een steunberm aan de binnenteen, weergegeven in rood in Figuur 2-1. Het voorkeursprofiel van de steunberm is een 1:20 helling aan de bovenkant en een 1:3 talud. De gehanteerde eis voor de berm is dat na de planperiode van 15 jaar de berm

voldoende is voor een stabiele waterkering. Daarnaast wordt gehanteerd dat de berm een minimaal afschot heeft van 1:20 na zetting, zodat er geen plassen op de berm ontstaan en blijven liggen.

Bij een slootverlegging dient de slootbreedte gelijk te blijven aan de huidige situatie t.b.v. behoud van de waterbergingscapaciteit.



Figuur 2-1 Voorkeursprofiel

2.2.2 Vereiste kruinhoogte

De afkeurhoogte betreft het toetspeil (maatgevend hoogwater NAP +0,00 m) plus een waakhoogte van 10 cm. De minimaal vereiste kruinhoogte is daarom NAP +0,10 m. De autonome bodemdaling is vastgesteld op 16 mm/jaar [3]. Met een ontwerphorizon van 15 jaar dient daarom bij de aanleghoogte naast zetting ten gevolge van de ophoging rekening gehouden te worden met een bodemdaling van totaal 24 cm. Dit resulteert in een vereiste ontwerphoogte van NAP +0,34 m.

Enkele dijkvakken bevatten een minimale vereiste ophoging. In samenspraak met Waternet is daarom besloten om alle dijkvakken in principe aan te leggen op NAP +0,60 m (13 april 2023). Er is een extra Spencer-stabiliteitsberekening uitgevoerd in het maatgevende dijkvak 7 om na te gaan of dit gevolgen heeft voor de stabiliteit. Er is gebleken dat het geen gevolgen heeft; het resultaat is opgenomen in Bijlage 3. De kruinverhoging is echter niet toegepast bij maatwerklocaties (zoals dijkvak 15) en waar een stabiliteitsopgave aanwezig is. De uitwerking per dijkvak is verder beschreven in H3.

2.2.3 Geometrie en dijkvaknummering

Per dijkvak zijn door Waternet schetsontwerpen opgesteld welke zijn uitgewerkt in profieltekeningen [3]. De huidige geometrie in de schetsontwerpen is gebaseerd op basis van inmetingen.

In deze rapportage zijn de volgende profieltekeningen doorgerekend en verder uitgewerkt: 1b, 2, 4, 6, 7, 10, 11, 13 en 15, zie ook de rood-omlijnde tekeningen in Bijlage 1. Vanwege de overeenkomstige bodem en geometrie en de korte dijkvakken (<300 m) wordt de zetting door ophoging van dijkvak 1a, 3, 5, 12 en 14 overgenomen van een naastgelegen dijkvak. Dijkvak 8 betreft een constructie die goedgekeurd is [3]. Deze dient enkel in de legger te worden opgenomen. Dit wordt in een aparte notitie behandeld.

De dijkvakken hebben onlangs een nieuwe nummering gekregen. De oude nummering is voor de duidelijkheid ook aangegeven in Tabel 2-1.

Tabel 2-1 Doorgerekende profielen

Dijkvak nieuwe nummering	Dijkvak oude nummering	Van	Tot	Rekenprofiel
1a	38	0	45	DP0020
1b	37	45	250	DP0020
2a	36	250	373	DP0408
2b	36	373	433	DP0408
3	35	433	584	DP0657
4	34	584	761	DP0657
5	33B	761	1067	DP1120
6	33A	1067	1159	DP1120
7	33	1159	1889	DP1565
8	32B	1889	1966	n.v.t.
9	32A	1966	1997	n.v.t.
10	32	1997	2726	DP2500
11	31	2726	2811	DP2750
12	30B	2811	2950	DP3140
13	30A	2950	3304	DP3140
14	30	3304	3387	DP3425
15	29	3387	3456	DP3425

2.3 Bodemschematisering

2.3.1 Bodemopbouw

De bodemopbouw die is gebruikt in deze rapportage is overgenomen van de Technische Uitgangspunten & Schetsontwerp [3]. Algemeen is een dijklichaam van antropogene klei aanwezig met een dik veenpakket van ruim 4 m eronder. De algemene bodemopbouw is weergegeven in Tabel 2-2. De bodemopbouw is gebaseerd op grondonderzoek voor de toetsing van de trajecten uit 2012, een scopebepaling uit 2018 en een herijking uit 2021. Voor de herijking is aanvullend grondonderzoek gedaan, deze staat beschreven in een memo uit 2021 [6]. De exacte bodemopbouw per profiel staat beschreven in Bijlage 2, welke is overgenomen van Bijlage 2 van de Technische Uitgangspunten & Schetsontwerp [3].

De grondophogingen worden geschematiseerd met schoon, matig gepakte klei met een volumegewicht van 17 kN/m³ bij een natuurlijk vochtgehalte en verzadigde grond, conform de NEN 9997-1 [7].

Tabel 2-2 Algemene bodemopbouw t.p.v. de kruin

Grondsoort	Van [m NAP]	Tot [m NAP]
Antropogeen klei	+0,1	Tussen -2,5 en -3,0
Hollandveen	Tussen -2,5 en -3,0	-7,5
Pleistoceen zand	-7,5	

Het maaiveld van het achterland ligt op een hoogte van circa NAP -1,20 m tot NAP -1,75 m. Het achterland heeft een vergelijkbare grondopbouw als Tabel 2-2 met een kleitoplaag van circa 40 cm.

2.3.2 Sterkteparameters

De sterkteparameters zijn overgenomen van de Technische Uitgangspunten & Schetsontwerp [3], deze is gelijk aan de regionale proevenverzameling van Waternet. Het soortelijk gewicht van de grondlagen is afgeleid uit laboratoriumonderzoek voor de toetsingen uit 2012 en 2020.

De dilatatiehoek ψ is voor de berekeningen gelijkgesteld aan de hoek van inwendige wrijving ϕ .

Tabel 2-3 Rekenwaarden van de regionale proevenverzameling met sterkteparameters van de ondergrond in het beheergebied van Amstel, Gooi en Vecht, oktober 2019 [3]

Grondsoort	Grondsoort conform proevenverzameling	γ_{nat} [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	c'_{rek} [kN/m ²]	ϕ'_{rek} [°]
Antropogene klei	Klei >17,0	17,0	17,0	0,09	31,83
Klei, uiterst siltig, matig humeus	Klei 15,0-17,0	15,5	15,5	3,34	26,78
Klei, zwak siltig, matig humeus	Klei 13,5-15,0	13,5	13,5	4,20	25,38
Klei, zeer humeus	Klei 10,8-13,5	12,0	12,0	3,84	25,14
Veen	Veen <10,8	Zie onder	Zie onder	1,44	26,11
Zand*	-	18,0	20,0	0	25,70
Dijkverbetering klei*	-	17,0	17,0	1,25	17,60

*Sterkteparameters conform NEN9997-1

Waarvoor geldt:

γ_{nat}	Volumegegewicht van de grond bij natuurlijk watergehalte;
γ_{sat}	Volumegegewicht van verzadigde grond;
c'_{kar}	Effectieve cohesie (karakteristieke waarde)
ϕ'_{kar}	Effectieve hoek van inwendige wrijving (karakteristieke waarde)

Naast de rekenwaarden gepresenteerd in Tabel 2-3 maakt Waternet onderscheid in de berekeningen tussen de volumegewichten van verschillende veensoorten. In de berekening zijn de volgende volumegewichten toegepast, overgenomen van de door Waternet aangeleverde berekeningen:

- Hollandveen naast: $\gamma_{\text{nat}} = \gamma_{\text{sat}} = 10,02 \text{ kN/m}^3$
- Hollandveen onder: $\gamma_{\text{nat}} = \gamma_{\text{sat}} = 10,27 \text{ kN/m}^3$
- Veen: $\gamma_{\text{nat}} = \gamma_{\text{sat}} = 11,58 \text{ kN/m}^3$
- Hollandveen kleilig naast : $\gamma_{\text{nat}} = \gamma_{\text{sat}} = 11,86 \text{ kN/m}^3$
- Hollandveen kleilig onder: $\gamma_{\text{nat}} = \gamma_{\text{sat}} = 12,05 \text{ kN/m}^3$

Waarbij 'naast' en 'onder' refereren naar de locatie t.o.v. de waterkering. Voor de veensoorten worden dezelfde sterkteparameters gehanteerd, zoals opgenomen bij "Veen" in Tabel 2-3.

2.3.3 Zettingsparameters

De zettingsparameters zijn overgenomen van Waternet en zijn afkomstig van *tabel 1: zettingsparameters gemiddelde karakteristieke waarden* uit de Rapportage Review AGV en Omegam proevenverzameling [8]. De POP-waardes zijn op basis van standaard uitgangspunten van Waternet aangehouden op 5 kN/m^2 voor veen en 10 kN/m^2 voor klei.

Tabel 2-4 Gemiddelde karakteristieke zettingsparameters

Grondsoort	Grondsoort conform proevenverzameling	POP [kN/m ²]	C _p [-]	C _s [-]	C _p ' [-]	C _s ' [-]	C _v [m ² /s]
Antropogene klei	Klei >17,0	10	42,15	292,91	16,57	45,82	$1,48 \cdot 10^{-6}$
Klei, uiterst siltig, matig humeus	Klei 15,0-17,0	10	36,16	299,79	10,98	84,80	$3,30 \cdot 10^{-7}$
Klei, zwak siltig, matig humeus	Klei 13,5-15,0	10	23,41	164,88	7,31	86,33	$4,30 \cdot 10^{-7}$
Klei, zeer humeus	Klei 10,8-13,5	10	24,53	136,63	5,85	28,35	$1,02 \cdot 10^{-6}$
Veen (massa%: 300-500)*	Veen <10,8	5	27,35	66,20	4,01	57,07	$3,02 \cdot 10^{-6}$
Veen (massa%: >500)	Veen <10,8	5	13,71	53,29	3,98	21,40	$3,02 \cdot 10^{-6}$
Zand**	-	-	-	-	1000	∞	-

*Bij de optimalisatie voor dijkvak 11 is met deze waarden gerekend.

**Zettingsparameters conform NEN9997-1

Waarbij geldt:

γ_{nat}	Volumegegewicht van de grond bij natuurlijk watergehalte
POP	Pre-overburden pressure
C_p	Primaire samendrukkingsconstante voor de grensspanning
C_s	Secundaire samendrukkingsconstante voor de grensspanning
C_p'	Primaire samendrukkingsconstante na de grensspanning
C_s'	Secundaire samendrukkingsconstante na de grensspanning
c_v	Consolidatie coëfficiënt

Als de grondophoging in een bestaande sloot of plas komt te liggen, wordt in de ondergrond de belastinggeschiedenis meegenomen van het vroegere maaiveld. Dit wordt boven op de standaard POP-waardes meegenomen in de zettingsberekeningen.

2.4 Opbarsten

Voor de stabiliteitsberekeningen van de dijkvakken met een stabiliteitsopgave (dijkvakken 4, 11 en 13) is het van belang om te weten of er opbarsten optreedt in het dijklichaam. Dit bepaalt namelijk welk stabiliteitsmodel vigerend is en of sterkte aan de deklaag toegekend kan worden. Er zijn opbarstberekeningen uitgevoerd door Waternet. Indien opbarsten niet kan worden uitgesloten, wordt in de macrostabiliteitsberekening uitgegaan van een opbarstzone zonder sterkte, dat wil zeggen dat de cohesie en de hoek van inwendige wrijving gelijk zijn aan nul.

Indien de dikte van de deklaag groter is dan 4 m, wordt aangenomen dat opbarsten niet kan optreden. Dit is conform de leidraden voor primaire keringen en is ook gehanteerd voor het schetsontwerp [9] [3].

De LTVRW geeft de voorkeur aan het Spencer-Van der Meij model voor het vinden van het glijvlak, met het Bishop-model ter controle [4]. In geval van opbarsten is het UpliftVan model vigerend.

Op veel plekken is er mogelijk een risico op opbarsten in het achterliggende waterlichaam. Afhankelijk van of de opbarstzone van invloed is op de stabiliteit, wordt het model gekozen. Dit is nader per dijkvak bij de resultaten beschreven.

2.5 Veiligheidsfactor macrostabiliteit binnenwaarts

De vereiste veiligheidsfactor die is gehanteerd om de stabiliteit van de kering te toetsen is het product van de schadefactor, modelfactor en schematiseringsfactor. Waternet hanteert een robuustheidsfactor voor het ontwerpen van hun waterkeringen. Om tot een robuust ontwerp te komen is 0,05 opgeteld bij de schadefactor.

$$\gamma \geq \gamma_d * \gamma_b * (\gamma_n + \gamma_r)$$

Waarin:

- γ = Stabiliteitsfactor berekend bij rekenwaarden van sterkteparameters
- γ_n = Schadefactor
- γ_d = Modelfactor
- γ_b = Schematiseringsfactor
- γ_r = Robuustheidsfactor

Deze factoren zijn in de volgende paragrafen toegelicht.

2.5.1 Schadefactor

De waarde van de schadefactor is afhankelijk van de veiligheidsklasse van de kering en bedraagt 0,90 voor een IPO-III klasse kering [4].

2.5.2 Modelfactor

De modelfactor is afhankelijk van het rekenmodel dat gebruikt wordt en het al dan niet optreden van opbarsten, zie Tabel 2-5.

Indien de resultaten van verschillende modellen grote verschillen vertonen, is dit een indicatie dat het maatgevende glijvlak nog niet is gevonden.

Tabel 2-5 Modelfactoren macrostabiliteit [4]

Model	Modelfactor (opbarsten)	Modelfactor (niet opbarsten)
Spencer-Van der Meij	1,05	0,95
Bishop	n.v.t.	1,00
UpliftVan	1,05	n.v.t.

2.5.3 Schematiseringsfactor

De schematiseringsfactor is overgenomen van de Technische uitgangspunten & schetsontwerp van Waternet, waarin is uitgegaan van een veilige waarde van 1,2. Deze conservatieve waarde kan worden aangescherpt indien de stabiliteit niet voldoet.

Voor dijkvak 4 is voor het schetsontwerp de schematiseringsfactor geoptimaliseerd en is hiervoor een waarde van 1,09 gehanteerd, leidend tot een vereiste veiligheidsfactor van 1,14 voor Spencer en UpliftVan [3].

2.5.4 Robuustheidsfactor

De robuustheidsfactor bedraagt 0,05, welke is overgenomen van Waternet [3].

2.5.5 Stabiliteitsfactor

In Tabel 2-6 is de vereiste veiligheidsfactor afgeleid per glijvlakmodel.

Tabel 2-6 Afleiding vereiste veiligheidsfactor macrostabiliteit

	Schadefactor	Robuustheidsfactor	Modelfactor	Schematiseringsfactor	Veiligheidsfactor
Spencer-Van der Meij (opbarsten)	0,90	0,05	1,05	1,2	1,20
Spencer-Van der Meij (niet opbarsten)	0,90	0,05	0,95	1,2	1,08
UpliftVan (opbarsten)	0,90	0,05	1,05	1,2	1,20
Bishop (niet opbarsten)	0,90	0,05	1,00	1,2	1,14

2.6 Hydraulische randvoorwaarden

2.6.1 Stijghoogte en waterspanningenverloop

De stijghoogte is gebaseerd op gemiddelde stijghoogten in de isohypsenkaart van Waternet uit 2019 [10] en op een peilbuis die eind 2020 geplaatst is. Met deze peilbuis zijn wekelijks metingen uitgevoerd en het gemiddelde van deze metingen is aangehouden als stijghoogte. Uit de isohypsenkaart is op te maken dat de stijghoogte in de range NAP -1,99 m tot -1,75 m ligt, uit de peilbuismetingen blijkt de range NAP -1,97 m en -1,87 m. Om deze reden is gekozen voor een stijghoogte van NAP -1,90 m, welke is geïnterpoleerd naar een hydrostatisch verloop van de freatische lijn over de onderste 3 m van de slappe laag.

2.6.2 Freatische lijn

Voor de zettingsberekeningen en de stabiliteitsberekeningen zijn verschillende freatische lijnen beschouwd.

Stabiliteitsberekeningen

Voor de stabiliteitsberekeningen wordt uitgegaan van het maatgevend hoogwater van NAP +0,00 m. Het verloop van deze freatische lijn is geschematiseerd in Tabel 2-7. De waarden zijn overgenomen uit de toetsing van 2012, waarbij gebruik gemaakt is van waterspanningsmeters in de dijk die geplaatst en uitgelezen zijn in 2002. Dijkvakken 4, 11, en 13 hebben een stabiliteitsopgave. Dijkvak 7 is toegevoegd als controle voor de verhoogde aanleghoogte (NAP +0,60 m).

Indien opbarsten optreedt, stijgt het polderpeil tot het maaiveld.

Tabel 2-7 Verloop freatische lijn maatgevend hoogwater, gebaseerd op uitgangspunten schetsontwerp [3]

	Buitenwaterstand [m NAP]	Binnenkruin [m NAP]	Binnentalud [m NAP]	Polderpeil [m NAP]
Dijkvak 4	+0,00	-0,80	Teen	-2,35
Dijkvak 7	+0,00	-0,30	-1,10	-2,15
Dijkvak 11	+0,00	-0,30	-1,10	-2,25
Dijkvak 13	+0,00	-0,30	-1,10	-2,25

Zettingsberekeningen

Voor de zettingsberekeningen zijn de dagelijkse omstandigheden van toepassing. De buitenwaterstand is gelijk aan het streefpeil (NAP -0,4 m). De rest van het verloop is overgenomen uit de uitgangspunten van het schetsontwerp [3] en is gebaseerd op de metingen uit 2002 en eerdere dijkversterking. Het verloop van deze freatische lijn is geschematiseerd in Tabel 2-8.

Tabel 2-8 Verloop freatische lijn dagelijkse omstandigheden, gebaseerd op uitgangspunten schetsontwerp [3]

	Buitenwaterstand [m NAP]	Binnenkruin [m NAP]	Binnenteen [m t.o.v. maaiveld]	Polderpeil [m NAP]
Dijkvak 1 t/m 4	-0,40	-1,00	-0,30	-2,35
Dijkvak 5 t/m 8	-0,40	-0,60	-0,70	-2,15
Dijkvak 9 en 10	-0,40	-0,60	-0,70	-2,52
Dijkvak 11 t/m 15	-0,40	-0,60	-0,70	-2,25

2.7 Constructies

Voor dijkvakken 10 en 15 zijn constructies doorgerekend. Dit is gedaan omdat hier bebouwing aanwezig is, waardoor er niet voldoende ruimte is om het voorkeursprofiel te realiseren. Waternet heeft gevraagd om een haalbaarheidsstudie uit te voeren met houten damwanden.

De constructies zijn een hoogtescherm in beide dijkvakken. Conform de "Handleiding berekenen van een vervangende waterkering" van Waternet wordt hiervoor de risicoklasse RC1 aangehouden [11].

Om na te gaan of een houten damwand haalbaar is wordt uitgegaan van de maatgevende situatie en is gerekend met het sterkste hout met robuuste afmetingen. Onderstaande uitgangspunten zijn gehanteerd:

- Hoog polderpeil: NAP 0,00 m
- Laag boezempeil NAP -0,70 m
- Azobé hardhout, houtsoort D70 (of vergelijkbare eigenschappen)

De dikte en diepte van de damwanden zijn geschat in een iteratief proces. Initieel is uitgegaan van damwanden met een dikte van 60 mm en een diepte van 6,0 meter. Indien deze afmetingen niet aan de eisen voldoen, zijn de afmetingen vergroot totdat de damwanden voldoen aan de eisen.

2.8 Verkeersbelasting

Bij de stabiliteitsberekeningen wordt verkeersbelasting toegepast. De methode om verkeersbelasting toe te passen is gebaseerd op LTVRW module B, paragraaf 1.5.1.

Voor de verkeersbelasting is onderscheid gemaakt tussen verharde dijkvakken met een rijweg op de kruin en groene dijkvakken zonder rijweg. Voor de verharde dijkvakken (dijkvak 13) wordt een verkeersbelasting van 13 kN/m^2 over een breedte van 2,5 m toegepast. Voor de overige dijkvakken (dijkvak 4 en 11) wordt uitgegaan van een lagere verkeersbelasting. In geval van calamiteit is het mogelijk dat er noodvoertuigen over de kruin zullen rijden. Hier geldt een verkeersbelasting van 5 kN/m^2 over een breedte van 2,5 m.

Voor alle dijkvakken geldt dat de aanpassingspercentages voor niet-cohesieve grondsoorten 100% zijn en voor cohesieve grondsoorten 50% conform LTVRW [4].

De spreidingshoek is afhankelijk van de grondsoort van de toplaag. Aangezien de dijk kern van alle dijkvakken bestaat uit klei, wordt voor de spreidingshoek een waarde van $18,3^\circ$ aangehouden [4].

2.9 Leggerberekeningen

Aan de hand van de 'Handleiding berekenen leggerprofielen' van Waternet zijn binnenwaartse leggerprofielen opgesteld voor de dijkvakken 2, 4, 11 en 13. Voor dijkvakken 10 en 15 zijn de leggerprofielen bepaald aan de hand van de 'Handleiding berekenen van een functie scheidend scherm'.

Hiervoor is voor elk van de bovengenoemde dijkvakken de kernzone, beschermingszone en buitenbeschermingszone bepaald voor zowel de binnenzijde als de buitenzijde van de kering. In hoofdstuk 4 zijn de leggerberekeningen in meer detail beschreven.

2.10 Programmatuur

De zettingsberekeningen worden uitgevoerd volgens het model Koppejan (Natural strain) met behulp van het softwareprogramma D-Settlement versie 21.2.1.

De stabiliteitsberekeningen worden uitgevoerd met de modellen Spencer-Van der Meij, Bishop of UpliftVan, welk model is afhankelijk van of er sprake is van

opbarsten. Dit wordt gedaan met behulp van het softwareprogramma D-Geo Stability versie 18.2.

De constructieberekeningen worden uitgevoerd met C, phi, delta soil parameters in D-Sheetpiling versie 22.2. De optie 'wooden sheet piling' is gebruikt aangezien het een haalbaarheidsstudie van een houten beschoeiing betreft.

3 Leggerberekening

3.1 Leggerprofiel binnendijks

In dit hoofdstuk wordt het stappenplan uit de handleiding van Waternet doorlopen om het binnenwaartse leggerprofiel op te stellen. In onderstaande paragrafen worden alleen bijzonderheden en afwijkingen benoemd op het stappenplan van de handleiding [11][13].

3.1.1 Stap 1: Controle van de kruinhoogte

De aanleghoogte volgens het ontwerp is overal hoger dan de vereiste kruinhoogte. De profielen worden daarom afgetopt op de vereiste kruinhoogte van NAP +0,10 m.

3.1.2 Stap 2: Bepalen binnendijkse kernzone

Volgens de handleiding wordt de kernzone bepaald door een binnenwaarts glijvlak, waarbij het dwarsprofiel gereduceerd wordt totdat deze precies voldoet aan de vereiste stabiliteit. Enkel voor dijkvak 10 en 15 zijn de dwarsprofielen gereduceerd. Voor de overige dwarsprofielen is gebruik gemaakt de reeds ontworpen dwarsprofielen en bijpassende stabiliteitsberekeningen, omdat deze voldoen aan de eis.

Dijkvak 11 heeft een kruin van 1,5 m. Dit is afwijkend van de Handleiding [13].

3.1.3 Stap 3: Controle van het uittredepunt

Het uittredepunt van het glijvlak behorend bij de stabiliteitsberekening bepaalt de grens van de kernzone. Wanneer het glijvlak uittreedt voorbij de binnenteen van het leggerprofiel dan wordt het uittredepunt van het glijvlak de grens van de kernzone. Wanneer een taludafschuiving optreedt dan wordt de binnenteen van het leggerprofiel de grens van de kernzone. Naast de stabiliteitsberekening dient ook een berekening gemaakt te worden voor het uittredepunt van piping.

Het uittredepunt voor dijkvak 2, 4 en 13 is bepaald op basis van het Spencer-Van der Meij model, voor dijkvak 11 het Uplift Van model en voor dijkvak 10 en 15 het Bishop-model, aangezien de uittredepunten van het glijvlak met die modellen op de locaties maatgevend (meest brede glijvlakken) zijn.

Vanwege de zeer stabiele ondergrond in dijkvak 10 was het niet mogelijk om het profiel dusdanig te reduceren tot de vastgestelde veiligheidsfactor. Er wordt niet verwacht dat dit een groot effect op het uittredepunt van de glijcirkel heeft.

3.1.4 Stap 4: Bepalen begrenzing van het binnendijkse profiel

Vanaf het einde van de kernzone wordt het leggerprofiel doorgetekend onder maatgevende taludhellingen tot de bovenkant van de Pleistocene zandlaag. Het snijpunt van het maatgevende talud met het Pleistoceen vormt het einde van het leggerprofiel. Hier eindigt ook de (buiten)beschermingszone. De maatgevende taluds zijn volgens de handleiding als volgt [13]:

- 1:4 (25,0%) voor zand;
- 1:3 (33,3%) voor klei;
- 1:6 (16,7%) voor veen.

Voor dijkvak 13 snijden de maatgevende taluds de huidige geometrie. Er is voor gekozen om voor deze locaties de huidige geometrie over te nemen als legger.

3.1.5 Stap 5: Bepalen grens beschermingszone – buitenbeschermingszone

In de buitenbeschermingszone mag vergunningsvrij tot 2 m gegraven worden. Voor het bepalen van de grens tussen de beschermingszone en de buitenbeschermingszone is gekeken naar de kans op opbarsten en macrostabiliteit, wanneer er 2 m gegraven wordt.

In alle dijkvakken is er sprake van opbarsten bij een ontgraving van 2 m. Hierdoor is er voor alle dijkvakken aan de binnendijkse zijde van het leggerprofiel geen buitenbeschermingszone aanwezig. De opbarstberekeringen zijn weergegeven in Bijlage 7.

3.2 Leggerprofiel buitendijks

In dit hoofdstuk wordt het stappenplan uit de handleiding van Waternet doorlopen om het buitendijkse leggerprofiel op te stellen [11] [13].

3.2.1 Stap 1: Controleren van de kruinhoogte

De controle op kruinhoogte wordt uitgevoerd conform stap 1 van Hoofdstuk 4.

3.2.2 Stap 2: Bepalen buitendijkse kernzone

De kernzone aan de buitendijkse zijde van het profiel wordt bepaald door het materiaal waaruit de dijk is opgebouwd. Afhankelijk van het materiaal waaruit de dijk is opgebouwd, gelden de volgende breedtes ten opzichte van de referentielijn (nulpunt):

- 6 m voor zand;
- 4,5 m voor klei;
- 9 m voor veen.

3.2.3 Stap 3: Intekenen buitenwaarts leggerprofiel

Aan de buitendijkse zijde worden de leggerprofielen vanaf de referentielijn van de dijk onder maatgevende taluds ingetekend tot de Pleistocene zandlaag. De waarden die worden aangehouden zijn:

- 1:4 (25,0%) voor zand;
- 1:3 (33,3%) voor klei;
- 1:6 (16,7%) voor veen.

Wanneer het maatgevend talud de geometrie van de kade snijdt, wordt de geometrie gevolgd tot het maatgevend talud weer hervat kan worden.

3.2.4 Stap 4: Bepalen buitendijkse beschermingszone

De begrenzing van de beschermingszone aan de buitendijkse zijde wordt als volgt bepaald. Van de vaste waterbodemdiepte wordt een laag van 2 m afgehaald voor hydraulische kortsluiting. De vaste waterbodem is niet ingemeten en daarom is de diepte van de huidige legger van de watergang aangehouden. Voor alle dijkvakken is dit gelijk aan NAP -2,73 m [5].

3.2.5 Stap 5: Bepalen buitendijkse buitenbeschermingszone

De buitendijkse beschermingszone start vanaf het punt op het leggerprofiel waar de beschermingszone eindigt. De buitenbeschermingszone eindigt op het punt waar het leggerprofiel de Pleistocene zandlaag raakt.

4 Resultaten ophoging

De resultaten van de zettingsberekeningen en stabiliteitsberekeningen zijn in dit hoofdstuk voor ieder dijkvak apart gepresenteerd. Een samenvatting van de zettingsresultaten voor de kruin is weergegeven in Tabel 4-1 en voor de steunbermen in Tabel 4-2.

De netto ophoging in Tabel 4-1 geeft een indicatie van hoeveel de grond uiteindelijk is opgehoogd (na zetting) t.o.v. de huidige situatie.

Tabel 4-1 Resultaten zettingsberekeningen voor de kruin

Dijkvak	Profiel	Maximale zetting onder de kruin (m)	Netto ophoging (m)	Benodigde aanleghoogte (m NAP)	Te realiseren aanleghoogte (m NAP)*
1a	DP0020	<0,1	<0,1	+0,40	+0,60
1b	DP0020	<0,1	<0,1	+0,40	+0,60
2a	DP0305	<0,1	<0,1	+0,40	+0,60
2b	DP0408	0,7	1,85	+1,10	+1,10
3	DP0657	0,2	0,25	+0,55	+0,60
4	DP0657	0,2	0,25	+0,55	+0,60
5	DP1120	0,4	0,25	+0,70	+0,70
6	DP1120	0,4	0,25	+0,70	+0,70
7	DP1565	0,1	0,10	+0,50	+0,60
10	DP2500	<0,1	<0,1	+0,40	+0,60
11	DP2750	<0,1	0,30	+0,45	+0,45
13	DP3140	<0,1	<0,1	+0,40	+0,40
15	DP3425	0,2	0,35	+0,55	+0,55

*In samenspraak met Waternet, zie H2.2.2

Conform de variantennota is een hoogteopgave aanwezig voor dijkvak 14. Echter is dit dijkvak al op hoogte en is daarom niet verder beschouwd.

Tabel 4-2 Resultaten zettingsberekeningen voor de steunbermen

Dijkvak	Ontwerphoogte begin (m NAP)	Ontwerphoogte eind (m NAP)	Maximale zetting (m)	Aanleghoogte begin (m NAP)	Aanleghoogte eind (m NAP)
4	-1,17	-1,36	0,73	-0,48	-0,60
11	-1,21	-1,51	2,7 ¹	-0,80	-2,00
13	-1,21	-1,51	3,6	-0,15	-0,45

¹De maximale zetting wordt behaald ter plaatse van de gedeeltelijke demping van de waterplas. De zetting boven huidig grondlichaam is 20 a 30 cm.

De zettingen onder de berm voor dijkvak 11 en 13 zijn fors. Er zal daarom zeer waarschijnlijk gefaseerd opgehoogd moeten worden en rekening moeten worden gehouden met een lange uitvoeringsduur.

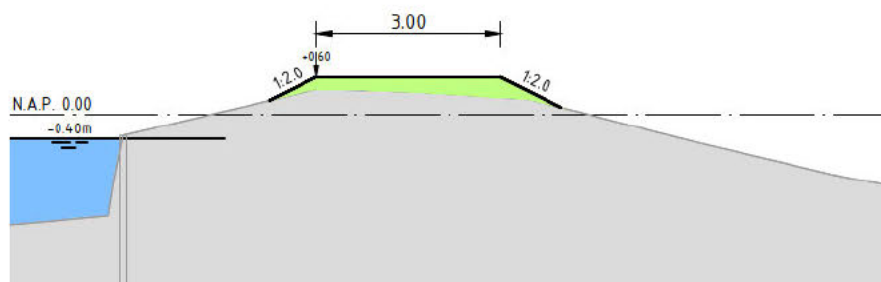
Een samenvatting voor de resultaten van de stabiliteitsberekeningen is weergegeven in Tabel 4-3. Toelichting van de resultaten per dijkvak is gegeven onder de tabellen.

Tabel 4-3 Berekende stabiliteitsfactoren na 15 jaar

Dijkvak	Opbarsten	Vereiste stabiliteitsfactor			Berekende stabiliteitsfactor		
		Spencer	UpliftVan	Bishop	Spencer	UpliftVan	Bishop
2	Ja	1,20	1,20	-	1,43	1,40	-
4	Ja	1,14	1,14	-	1,21	1,14	-
11	Ja	1,20	1,20	-	1,22	1,31	-
13	Ja	1,08 ¹	1,20	-	1,14	1,21	-

4.1 Dijkvak 1a en 1b

In dijkvak 1a en 1b is een kleine ophoging benodigd op de kruin om gedurende de planperiode van 15 jaar aan de vereiste kruinhoogte te voldoen (tot NAP +0,40 m). Op verzoek van Waternet wordt een aanleghoogte van NAP +0,60 m voorgeschreven. Dit leidt tot het profiel zoals weergegeven in Figuur 4-1.

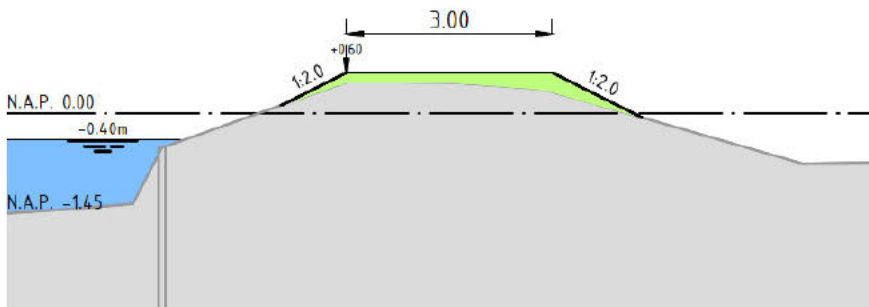


Figuur 4-1 Ophoging dijkvak 1 (m65)

4.2 Dijkvak 2a

Voor dijkvak 2 zijn twee dwarsprofielen geschematiseerd: DP0305 (oostelijk) en DP0408 (westelijk). Vanwege de geringe ophoging bij DP0305 is de verwachte zetting minimaal. Op verzoek van Waternet wordt een aanleghoogte van NAP +0,60 m voorgeschreven. Een schematische weergave van het geotechnisch VO is in Figuur 4-2 weergegeven.

¹ In het waterlichaam vindt opbarsten plaats, maar ter plaatse van de berekening met het model Spencer niet. Daarom wordt de stabiliteitsfactor voor situaties zonder opbarsten toegepast.



Figuur 4-2 Ontwerp verhoging dijkvak 2 (m305)

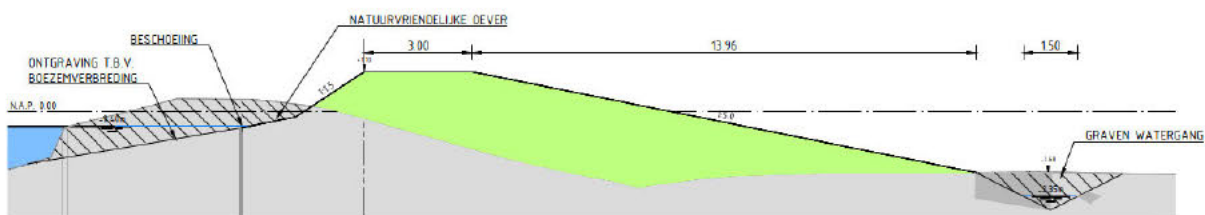
4.3 Dijkvak 2b

Voor profiel DP0408 is een kruin- en slootverlegging gepland. Om deze reden is een relatief grote grondophoging nodig om het schetsontwerp te realiseren. Een overzicht met stappen die zijn genomen om dit te schematiseren is bijgevoegd in Bijlage 5.

Er is onder de nieuwe kruin sprake van zetting van ongeveer 0,7 m. De kruin dient voor de dijkvakken opgehoogd te worden tot NAP +1,10 m. De nieuwe sloot kan vanwege de stabiliteit niet direct aan de teen worden aangelegd, maar moet 7,8 m worden verplaatst. Het talud van de sloot is 1:2. Een schematische weergave van het geotechnisch VO is in Figuur 4-3 weergegeven.

De verwachting is dat ter hoogte van de oude sloot meer zettingen zullen optreden, waardoor hier lokaal een kuil kan ontstaan wat de waterafvoer kan hinderen. Het is daarom aanbevolen om in het uitvoeringsadvies hier rekening mee te houden en waar nodig tussentijds extra op te hogen.

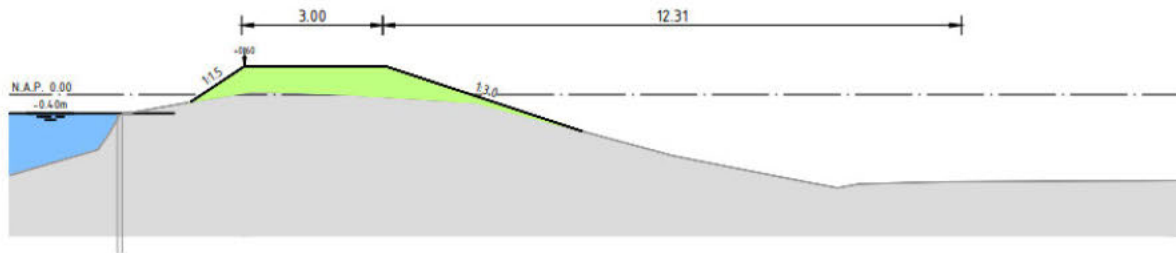
Er is ook een stabiliteitsberekening uitgevoerd met het gezette profiel na 15 jaar. Het gezette profiel voldoet aan de stabiliteitseisen voor UpliftVan en Spencer (beide 1,20).



Figuur 4-3 Ontwerp dijkverlegging dijkvak 2 (m408)

4.4 Dijkvak 3

Dijkvak 3 bevat enkel een hoogteopgave. Er is onder de kruin sprake van zetting van ongeveer 0,2 m. Op verzoek van Waternet wordt een aanleghoogte van NAP +0,60 m voorgeschreven.



Figuur 4-4 Ontwerp verhoging dijkvak 3 (m560)

4.5 Dijkvak 4

Voor dijkvak 4 is zowel een hoogteopgave als een stabiliteitsopgave aanwezig. Voor dijkvak 4 is daarom naast een kruinophoging ook een steunberm geschematiseerd.



Figuur 4-5 Ontwerp dijkverbetering dijkvak 4 (m657)

Net als bij dijkvak 3 is onder de kruin sprake van zetting van ongeveer 0,2 m. Op verzoek van Waternet wordt een aanleghoogte van NAP +0,60 m voorgeschreven.

Voor de stabiliteitsberekening is eerst gekeken naar het risico op opbarsten. Uit de opbarstberekening komt een veiligheidsfactor van minder dan 1,20 [3]. Echter, de dikte van de deklaag in dijkvak 4 is groter dan 4 m, dus is er geen gereduceerde sterkte geschematiseerd.

De schematiseringsfactor is in de toetsing door Waternet geoptimaliseerd en er is een waarde van 1,09 gehanteerd [3]. Dit betekent dat de vereiste stabiliteitsfactoren neerkomen op 1,14 voor UpliftVan en voor Spencer.

Om de steunberm aan te leggen zonder de teensloot te dempen, wordt geadviseerd een breedte van de berm aan te houden van 3,25 m en een talud van 1:1.5. Op deze manier wordt aan de stabiliteitsfactor voldaan zonder de teensloot te dempen.

Zettingen onder de teensloot

Uit de resultaten van de zettingsberekeningen is op te maken dat lokaal grote zettingen optreden onder de teensloot in dijkvak 4 (en ook in dijkvak 7). Dit is echter niet realistisch en wordt veroorzaakt door een rekentechnische instabiliteit door de lage dagelijkse korrelspanningen. Er is voor gekozen om hier het model niet op aan te passen, aangezien het gebied van interesse

rondom de kruin ligt en niet nabij de teensloot. Voor de stabiliteitsberekeningen is de zetting onder de teensloot handmatig gecorrigeerd.

Maatwerk (metreering 715)

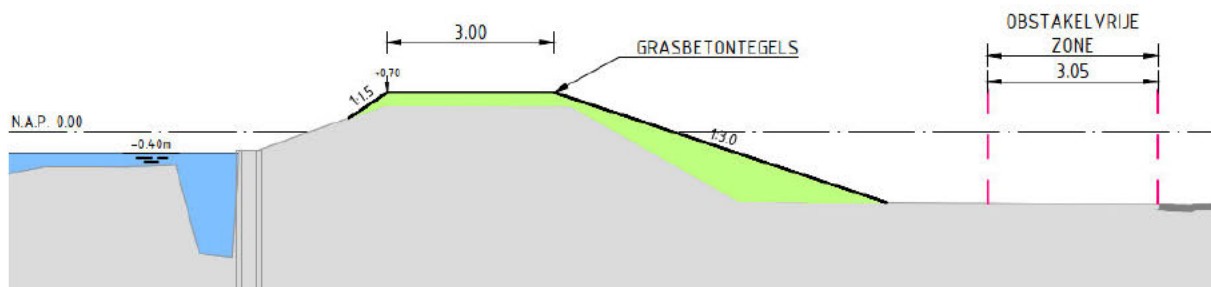
Ter hoogte van metreering 715 bevindt de huidige teensloot zich te dichtbij het dijklichaam van dijkvak 4. Als het ontwerp met berm hier zou worden uitgevoerd, zou de teensloot deels worden gedempt en verlegd moeten worden. Doordat er een weg langs ligt, kan de teensloot echter niet verlegd worden. Het is daarom omwille van de inpasbaarheid aanbevolen om het ontwerp voor dijkvak 5 een klein stuk door te trekken tot in dijkvak 4. Het gaat om een stuk van circa 20 m, rond m715.

Aangezien voor dijkvak 4 wel een stabiliteitsopgave is en dit betekent dat er geen steunberm zou worden geplaatst op basis van het ontwerp voor dijkvak 5, is de lokale stabiliteit van dijkvak 4 ter hoogte van metreering 715 aanvullend berekend. Voor deze extra berekening is de bodemopbouw en aanleghoogte overgenomen van dijkvak 4. Het talud is overgenomen van dijkvak 5, zodat er geen steunberm is.

Uit de extra stabiliteitsberekeningen is gebleken dat het profiel ter hoogte van metreering ruim voldoet aan de stabiliteitseisen. Met de rekenmodellen Bishop en Spencer worden stabiliteitsfactoren van 1,27 respectievelijk 1,36 gehaald.

4.6 Dijkvak 5 en 6

Dijkvakken 5 en 6 hebben allebei enkel een hoogteopgave. De huidige kruinbreedte is minder dan 3,0 m. De kruin wordt binnenwaarts verbreed. Dit leidt tot meer zetting aan de binnenzijde en dus een hogere aanleghoogte dan bij de andere dijkvakken.

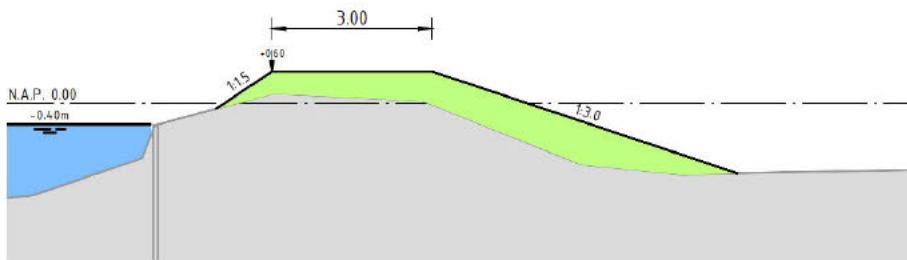


Figuur 4-6 Ontwerp verhoging dijkvak 6 (m1000)

Er vindt zetting plaats van ongeveer 40 cm waardoor de aanleghoogte van de kruin bepaald is op NAP +0,70 m. Aan de binnenzijde is bij dijkvak 6 de provinciale weg N201 aanwezig vlakbij de dijk. Ter plaatse van m1120, waar de dijk dichtbij de provinciale weg ligt, is de kruin versmald tot 2,2 m. Dit is voor enkel circa 20 m het geval.

4.7 Dijkvak 7

Dijkvak 7 heeft een kleine hoogteopgave. In dijkvak 7 is enkel een ophoging benodigd op de kruin. Hier vindt minimale zetting plaats. Op verzoek van Waternet wordt een aanleghoogte van NAP +0,60 m voorgeschreven.



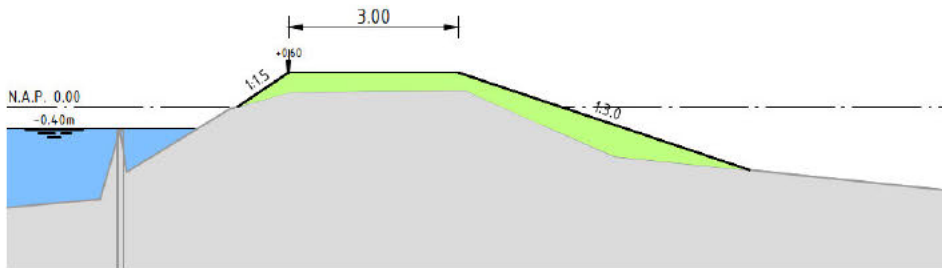
Figuur 4-7 Ontwerp verhoging dijkvak 7 (m1565)

4.8 Dijkvak 10

Aan de oostkant van dijkvak 10 is bebouwing aanwezig, waardoor er twee ontwerpen zijn binnen dit dijkvak. Daarom is dijkvak 10 opgedeeld in twee delen, namelijk 10a en 10b.

Dijkvak 10a

Het ontwerp van dijkvak 10a is een grondophoging. De benodigde aanleghoogte is NAP +0,40 m. Op verzoek van Waternet wordt een aanleghoogte van NAP +0,60 m voorgeschreven.

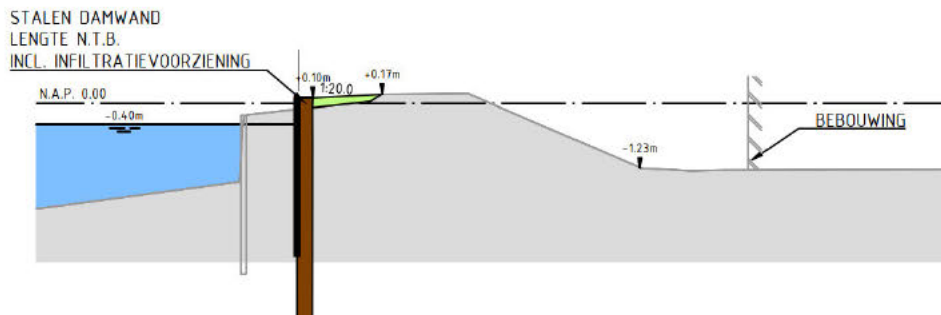


Figuur 4-8 Ontwerp verhoging dijkvak 10a (m2125)

Dijkvak 10b

In het oostelijke deel van dijkvak 10 is bebouwing aanwezig. Op deze maatwerklocatie is geringe ruimte en is een haalbaarheidsstudie uitgevoerd voor het toepassen van een grondkerende beschoeiing (damwand). Hierbij is uitgegaan van een kruinbreedte van 1,5 m breed.

De beschoeiing heeft een diepte van 6 m nodig en in het geval van een houten damwand is een minimale dikte van 60 mm benodigd. Het is mogelijk om een dergelijke constructie in te passen, maar hierbij is wel uitgegaan van zeer sterk hout (D70). In overeenstemming met Waternet wordt geadviseerd om hier een stalen damwand toe te passen.



Figuur 4-9 Ontwerp constructie dijkvak 10b (m2700)

4.9 Dijkvak 11

Voor dijkvak 11 is zowel een hoogteopgave als een stabiliteitsopgave aanwezig. Naast de kruinophoging is daarom een berm geschematiseerd.

Wanneer een kruinbreedte van 3 m wordt gehanteerd, vindt er veel zetting bij de binnenkruin plaats, omdat de huidige kruin smaller is dan 3 m. Hierdoor dient een grote hoeveelheid grond te worden aangebracht, ook in de berm om de stabiliteit vervolgens te compenseren. Daarom is in samenspraak met Waternet gekozen om een kruinbreedte van 1,5 m te hanteren. Hierdoor hoeft op de kruin grond te worden aangebracht tot NAP + 0,45 m.

In het gezette profiel (na 15 jaar) heeft de berm een hoogte van ongeveer NAP -2,1 m. Door bodemdaling kan mogelijk het grondlichaam met de weg onder water komen te staan als hetzelfde polderpeil in de toekomst wordt gehanteerd.

Aanscherping bodemschematisering ten opzichte van VKA

Er is voor dijkvak 11 additioneel grondonderzoek gedaan omdat in het verleden de A2 hier heeft gelegen. De resultaten van het grondonderzoek staan in bijlage 8. Hiermee werd het vermoeden bevestigd dat er een zandlaag aanwezig zou zijn in de bodem. Dit heeft een zeer gunstig effect op de benodigde hoeveelheden grond. Op basis hiervan is de bodemschematisering aangescherpt op de volgende punten:

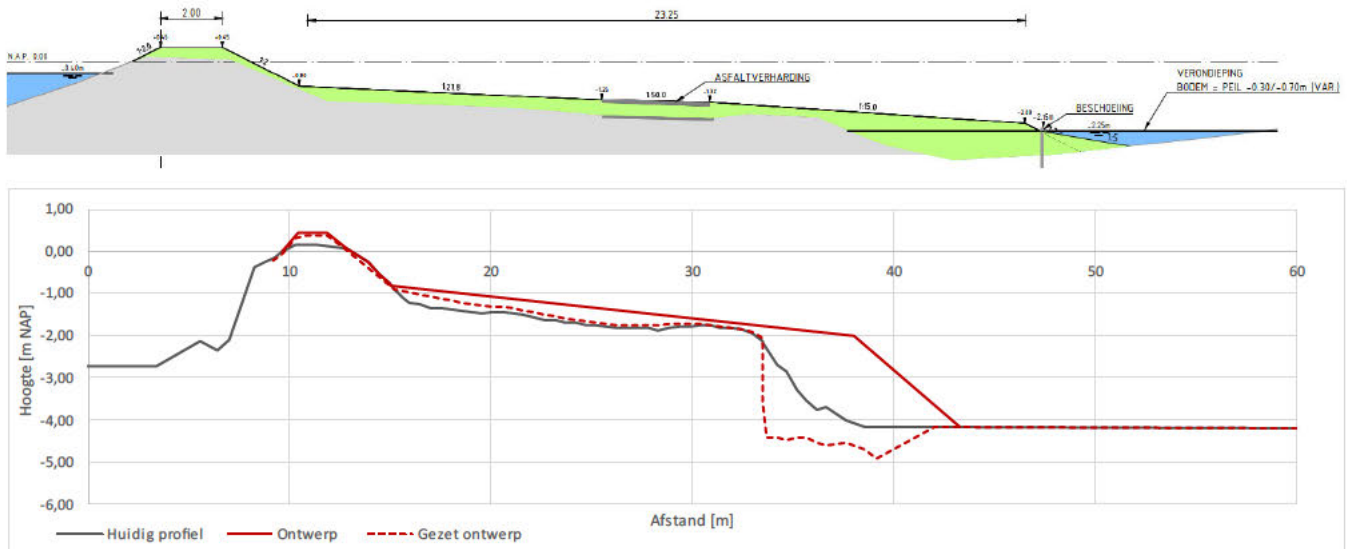
- Voor de toplaag zijn de grondparameters van 'zand' aangenomen
- Voor het veen in het achterland is massapercentage van 300-500 (ipv >500%) aangehouden met de bijbehorende parameters volgens Tabel 2-3 en Tabel 2-4.

Stabiliteit

Uit de opbarstberekening blijkt een factor kleiner dan 1,20, dus er is kans op opbarsten. De stabiliteitseisen zijn daarom 1,20 voor Spencer en 1,20 voor UpliftVan.

Voor de stabiliteitsopgave is een verhoging van de berm nodig en dient een deel van het water te worden gedempt. Dit is ook conform het VKA. Om te voldoen aan de stabiliteitseisen is een ophoging van 1,5 tot 2,0 m grond nodig. Figuur 4-10 geeft het ontwerp en het gezette profiel weer (exclusief autonome bodemdaling). Het maaiveld in het achterland zal na zetting waarschijnlijk hetzelfde zijn als het huidige maaiveld.

Er zal vanwege de grote hoeveelheid zetting zeer waarschijnlijk gefaseerd opgehoogd moeten worden en rekening moeten worden gehouden met een lange uitvoeringsduur.



Figuur 4-10 Ontwerp dijkvak 11 (m2750) met ontwerp (boven) en gezet profiel (onder)

4.10 Dijkvak 12

Er is geen aparte berekening voor dijkvak 12 gemaakt omdat hier geen opgave is. Daarnaast is voor het VKA aangegeven dat mede door de fundering van het viaduct geen binnenwaartse afschuiving zal plaatsvinden [3]. De conclusie wordt gevolgd en daarom is het advies om enkel de asfaltering in dijkvak 12 te vervangen.

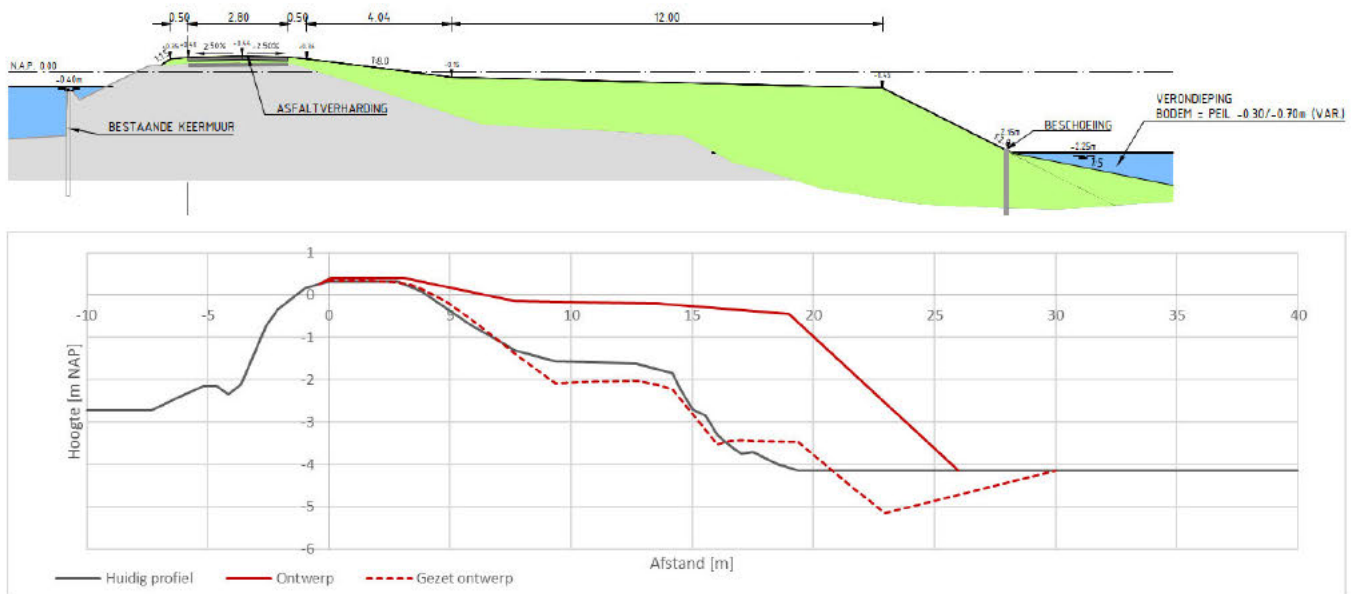
4.11 Dijkvak 13

Voor dijkvak 13 is een hoogteopgave en een stabiliteitsopgave aanwezig.

De ophoging van de kruin is minimaal en er wordt daarom ook nauwelijks zetting bij de kruin verwacht. Echter heeft een verhoging van de kruin naar NAP +0,60 m veel effect op de stabiliteitsberekening, waardoor het advies is om de dijk op NAP +0,40 m aan te leggen.

Voor de stabiliteitsberekeningen zijn opbarstberekeningen overgenomen van het schetsontwerp [3]. Er vindt op de waterbodem wel opbarsten plaats, maar ter plekke van de grondophoging niet. De maatgevende afschuiving van Spencer vindt niet plaats bij de waterbodem. Opbarsten heeft daarom geen invloed op de stabiliteit van het nieuwe grondlichaam. Met UpliftVan is gerekend bij een dieper glijvlak en dat voldoet wel aan de eis met opbarsten.

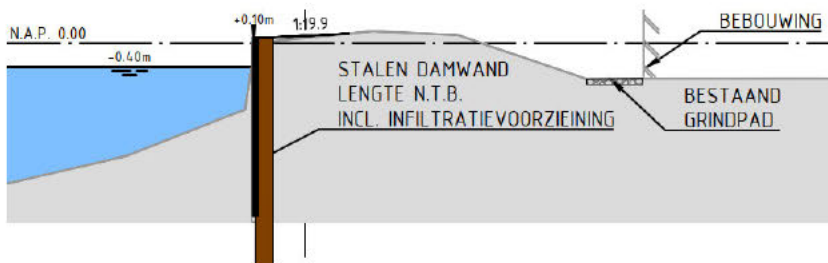
De steunberm in dijkvak 13 zakt echter significant, net als bij dijkvak 11. Om aan de stabiliteitseisen te voldoen, dient een steunberm tot in het water aangelegd te worden waardoor zeer grote zettingen worden verwacht. Er zal daarom zeer waarschijnlijk gefaseerd opgehoogd moeten worden en rekening moeten worden gehouden met een lange uitvoeringsduur.



Figuur 4-11 Ontwerp dijkvak 13 (m3140) met ontwerp (boven) en gezet profiel (onder)

4.12 Dijkvak 15

Dijkvak 15 bevat enkel een hoogteopgave. Vlak bij de dijk is bebouwing aanwezig, waardoor niet over het hele traject een dijkverhoging past. Daarom wordt een beschoeiing toegepast zoals weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur 4-12 Ontwerp constructie dijkvak 15 (m3425)

De uitgevoerde haalbaarheidsstudie naar een damwand als beschoeiing heeft uitgewezen dat het haalbaar is de beschoeiing te vervangen om zo de stabiliteit van de grond te garanderen. Er dient hier een beschoeiing met een lengte van 8,1 m te worden toegepast en een dikte van 100 mm. Dit is met hout lastig uitvoerbaar. In het DO wordt daarom een stalen damwand verder uitgewerkt. Daarnaast dient het risico van het inbrengen van een constructie vlakbij bebouwing nader bekeken te worden.

5 Resultaten legger

Voor de dijkvakken 2, 4, 10b, 11, 13 en 15 is een nieuwe legger opgesteld. De tabellen en figuren zijn in bijlage 6 weergegeven. Voor de dijkvakken zijn de verschillende zones in kaart gebracht. Overal is geen buitenbeschermingszone aanwezig aan de binnenzijde vanwege het risico op opbarsten bij een ontgraving van 2 m.

Voor dijkvakken 10b en 15 is de constructie opgenomen. Daarnaast is de grens van dijkvak 4 en 5 vanwege opgeschoven naar het oosten (zoals is beschreven onder kop maatwerk in H4.5). De nieuwe grens ligt op m757. Dit komt omdat de teensloot ook stopt op dit punt. Deze heeft namelijk een effect op de stabiliteitsopgave in dijkvak 4, maar in dijkvak 5 is (vanwege de afwezigheid van de teensloot) geen stabiliteitsopgave.

6 Conclusie en aanbevelingen

In deze rapportage is het voorlopig ontwerp (VO) van de dijkverbetering bij de Geuzensloot geotechnisch onderbouwd en zijn leggers opgesteld. Het uitgangspunt voor het VO was het vastgestelde VKA. Naast een paar optimalisaties is vastgesteld dat in principe de dijk wordt opgehoogd tot een aanleghoogte van NAP +0,60 m. Afwijkend ten opzichte van het VKA is in dijkvak 10b en dijkvak 15 gekozen voor een hoogtescherp vanwege de inpasbaarheid nabij bebouwing.

Voor de dijkvakken 1a, 1b, 3, 6, 7 en 12 gelden geen bijzonderheden en kan voor het geotechnisch VO de aanleghoogten volgens Tabel 4-1 en Tabel 4-2 worden aangehouden. Voor dijkvakken 2, 4, 5, 6, 11, 13 en 15 gelden een aantal afwijkingen:

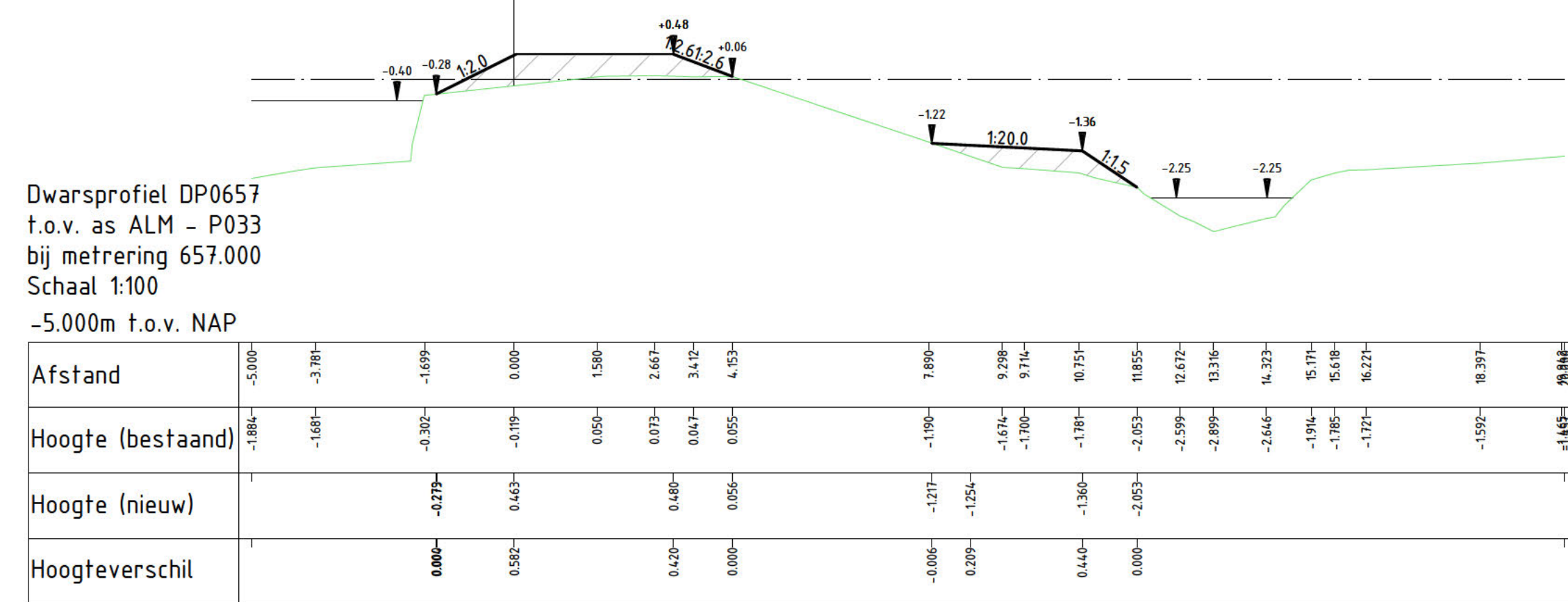
- **Dijkvak 2:** Door relatief grote zettingen ter plaatse van de oude sloot kan lokaal een kuil ontstaan wat de waterafvoer hindert. Hier dient bij het Uitvoeringsontwerp (UO) rekening mee gehouden te worden en waar nodig tussentijds extra op te hogen.
- **Dijkvak 4/5:** De grens tussen dijkvak 4 en dijkvak 5 is opgeschoven vanwege de ruimtelijke inpassing en de afwezigheid van de sloot (ter plaatse van het gedeelte van dijkvak 5 wat bij het VKA dijkvak 4 was)
- **Dijkvak 6 rond m1120:** Vanwege de beperkte ruimte bij de provinciale weg is een kruin van 2,2 m aangehouden voor een gedeelte van dijkvak 6.
- **Dijkvak 10b en 15:** het VKA vormt een conflict met de aanwezige bebouwing. Een constructie in de vorm van een houten damwand kan dit probleem oplossen. Uit de haalbaarheidsstudie is gebleken dat dit mogelijk is, maar in overeenstemming met Waternet wordt een stalen damwand geadviseerd. Dit dient verder uitgewerkt te worden in het Definitieve Ontwerp (DO).
- **Dijkvak 11:** Aanbevolen wordt om een kruinbreedte van 1,5 m aan te houden i.v.m. zeer grote zettingen. Additioneel grondonderzoek heeft een gunstig effect op de berekeningen en de benodigde hoeveelheden grond. Mogelijk zal door zetting de berm en de aanwezige weg naar verloop van tijd onder water komen te liggen.
- **Dijkvak 11 en 13:** om het VO te realiseren zijn grote hoeveelheden grondophoging nodig, wat waarschijnlijk in meerdere slagen uitgevoerd moet worden. Dit dient verder uitgewerkt te worden in een uitvoeringsontwerp (UO). Effect van zetting op de weg dient ook in het UO te worden beschouwd.

7 Verwijzingen

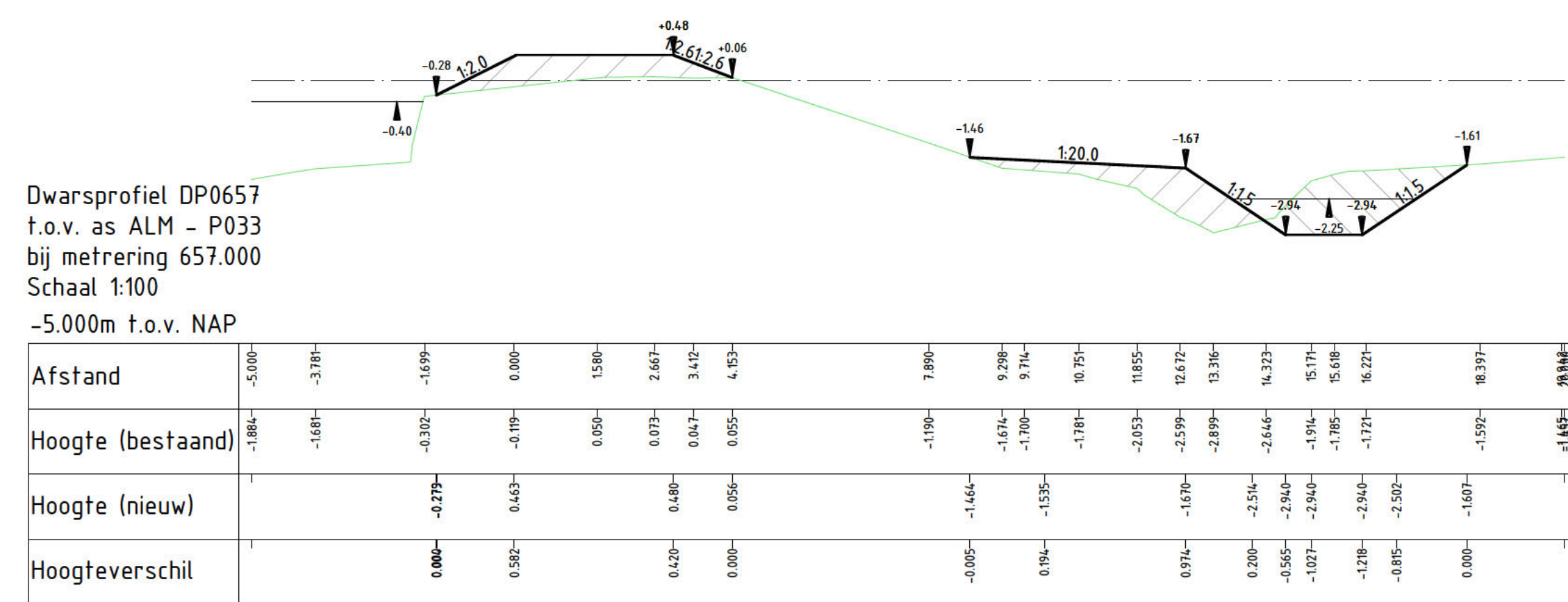
- [1] Waternet, Variantennota: Dijkverbetering Geuzensloot P033, Amsterdam, 2022.
- [2] Waternet, „Opdrachtingschrijving t.b.v ingeniërsdiensten DVP Geuzensloot: ontwerp en voorbereiding,” Amsterdam, 2022.
- [3] Waternet, „Technische uitgangspunten & Schetsontwerp: Dijkverbetering Geuzensloot P033,” Amsterdam, 2022.
- [4] Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA), „Leidraad Toetsen op Veiligheid Regionale Waterkeringen (LTVRW) - Module D,” Amersfoort, 2015.
- [5] Waterschap Amstel, Gooi en Vecht, Legger Waterkeringen: vergunningen en meldingen, 20-10-22.
- [6] Waternet, Memo: herijking Geuzensloot, 01-2021.
- [7] „NEN 9997-1 Geotechnisch ontwerp van constructies,” Nederlands Normalisatie-Instituut, Delft, November 2017.
- [8] Waternet, Regionale proevenverzameling - Sterkteparameters ondergrond beheergebied AGV - Update oktober 2019, 2019.
- [9] „Schematiseringshandleiding Macrostabiliteit,” Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2021.
- [10] Waternet, Isohypsenaak grondwateronderzoek waterschap AGV, 2019.
- [11] Waternet, „Handleiding berekenen van een functie scheidend scherm (type II constructie),” 2019.
- [12] Waternet, „Handleiding berekenen leggerprofielen dijken volgens de keur (19.07172),” 2019.
- [13] Waternet, Isohypsenaak Amstel, Gooi en Vecht, 2005.
- [14] „NEN-EN 1990. Grondslagen van het constructief ontwerp,” Nederlands Normalisatie Instituut, 2019.

Bijlage 1 Dwarsprofiel voorkeursalternatief

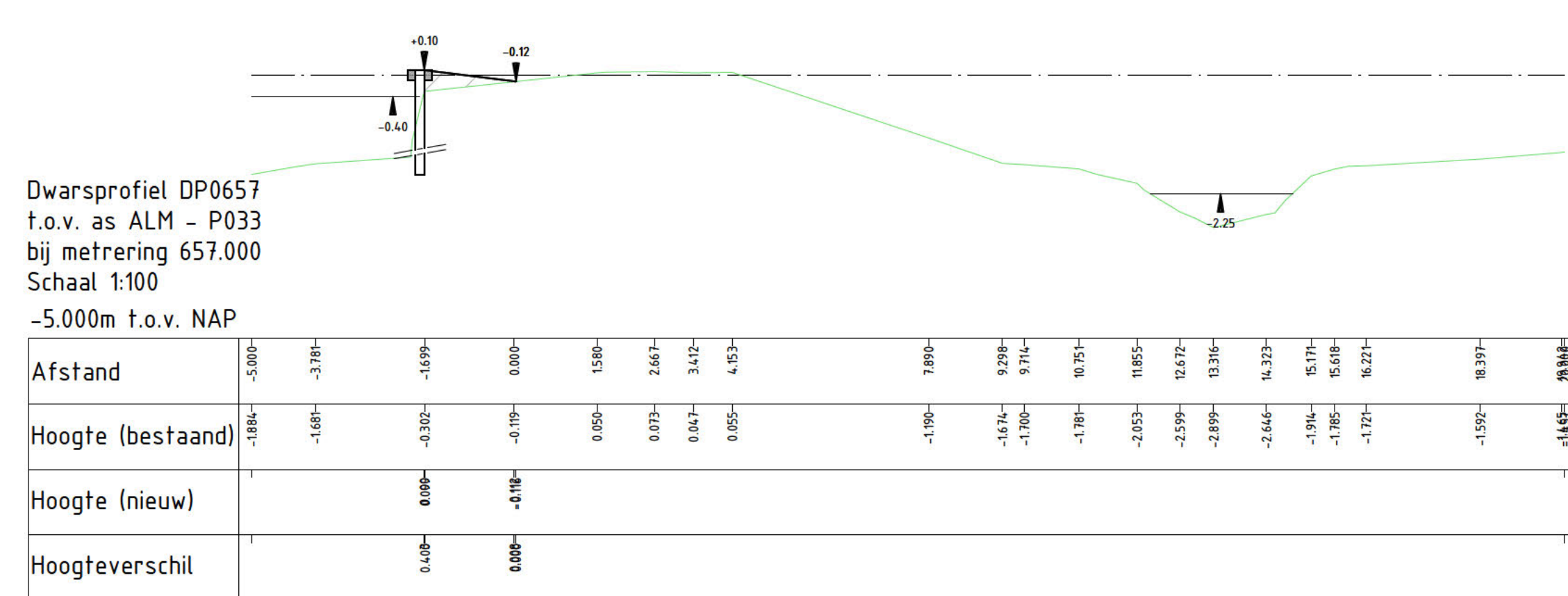
Bijgevoegde PDF: dwarsprofielen van alle ontwerpvarianten. De rood omlijnde tekeningen betreffen de profielen die in deze rapportage zijn doorgerekend. Overgenomen uit bijlage 3 van de Technische uitgangspunten en Schetsontwerpen van Waternet [3].



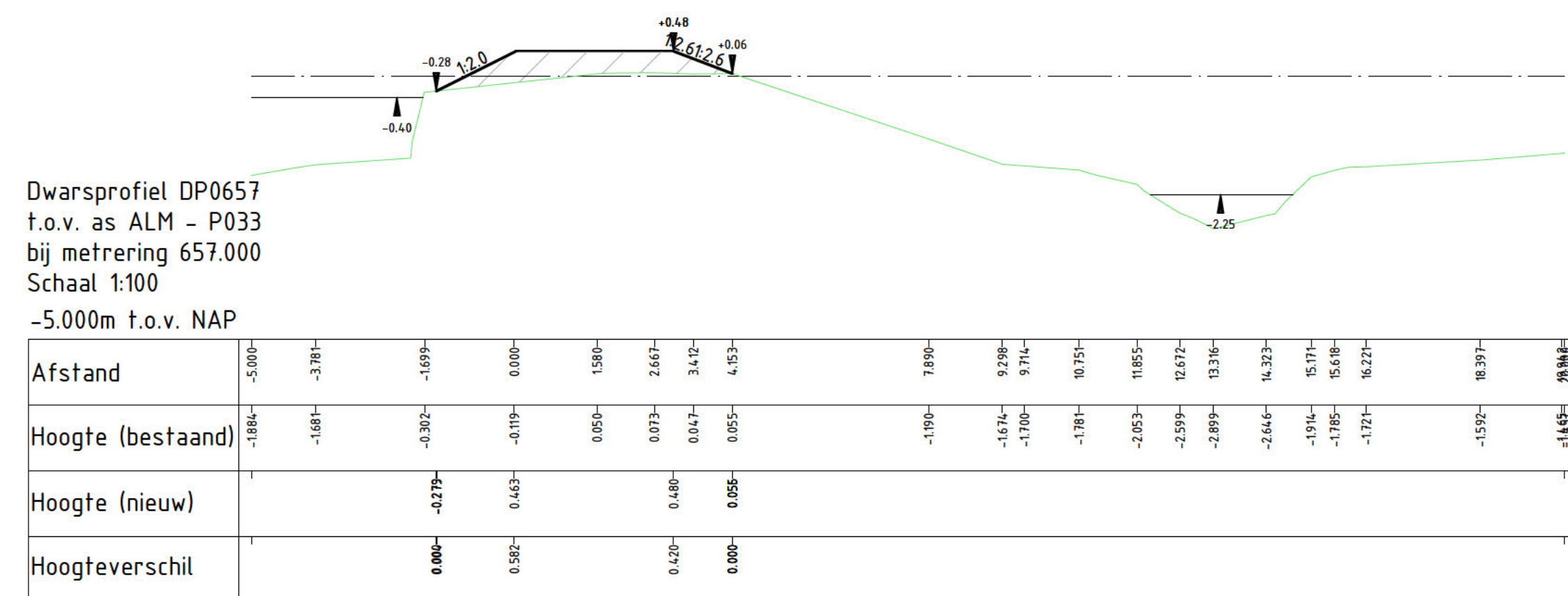
DV 04, variant 01
SCHAAL 1 : 100



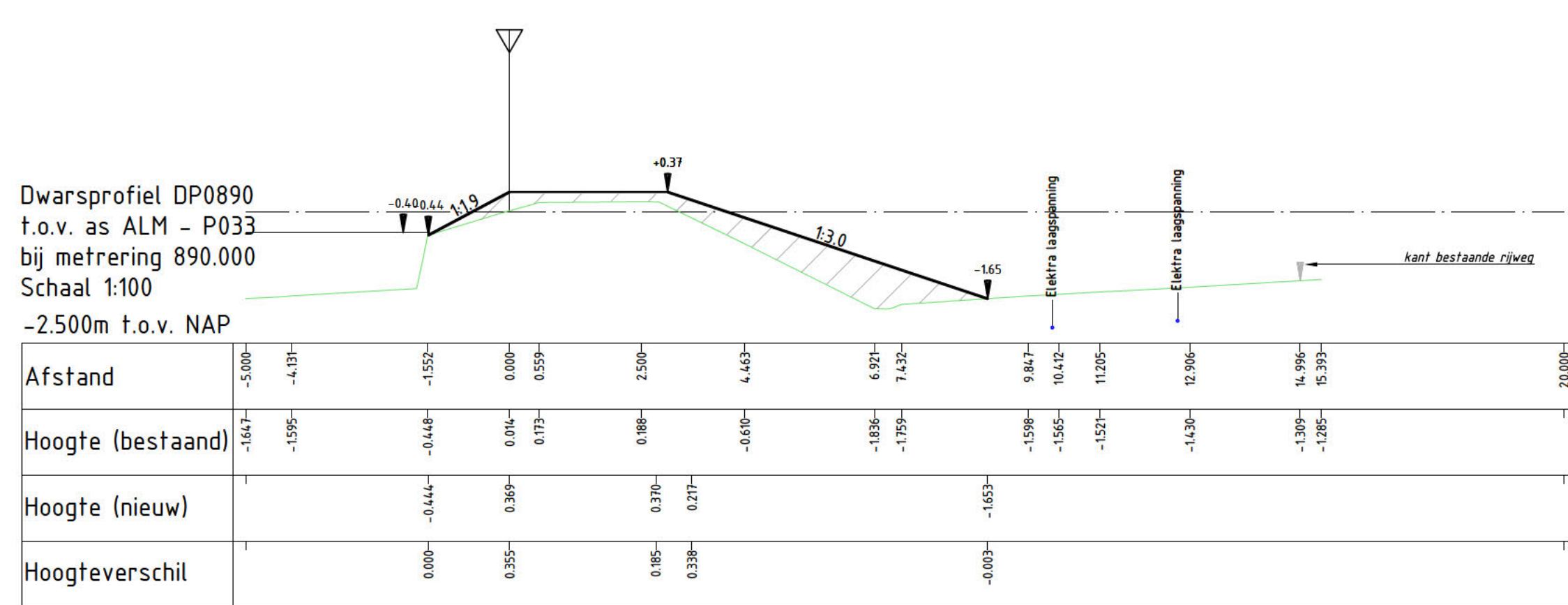
DV 04, variant 02
SCHAAL 1 : 100



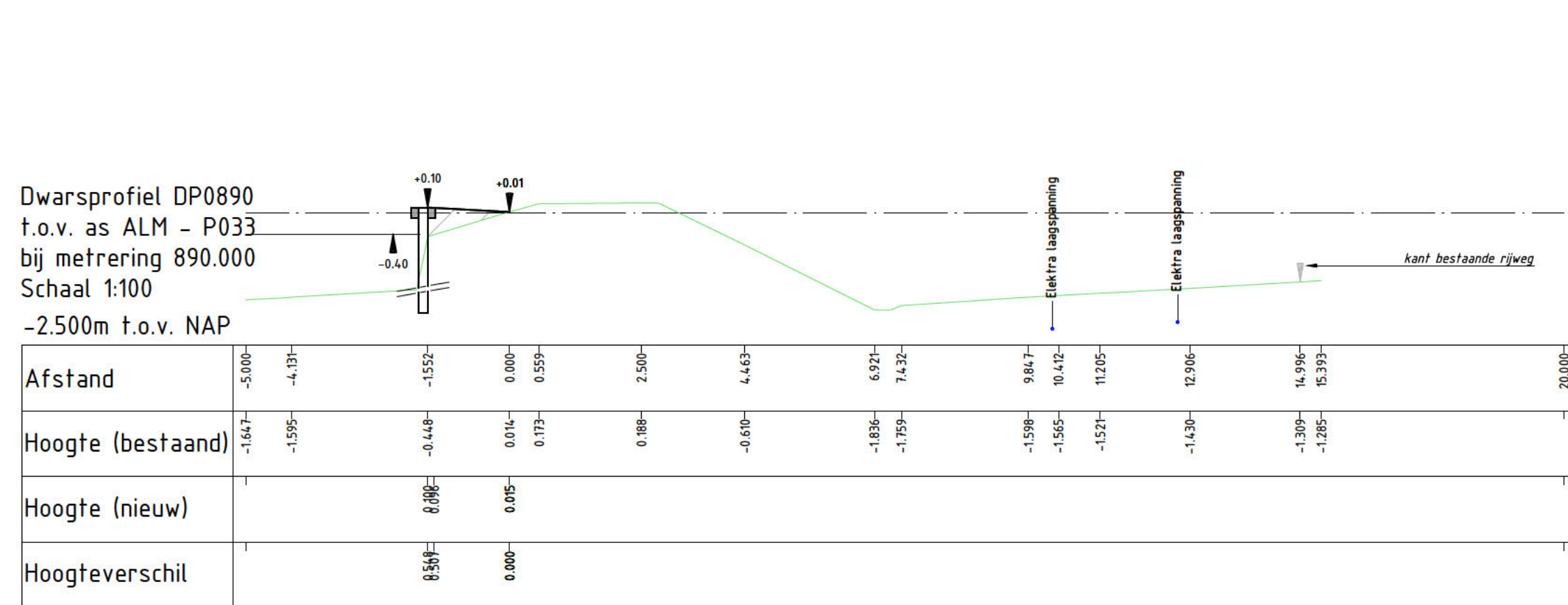
DV 04, variant 03
SCHAAL 1 : 100



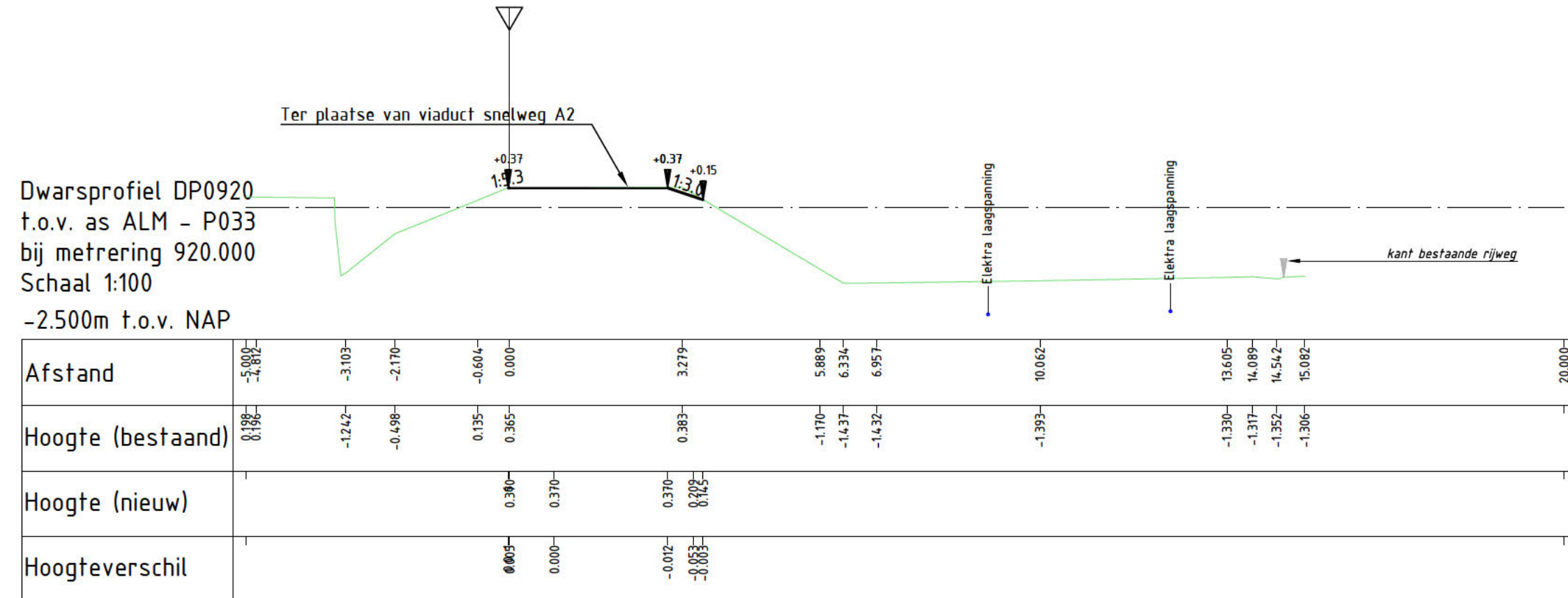
DV 04, variant 04
SCHAAL 1 : 100



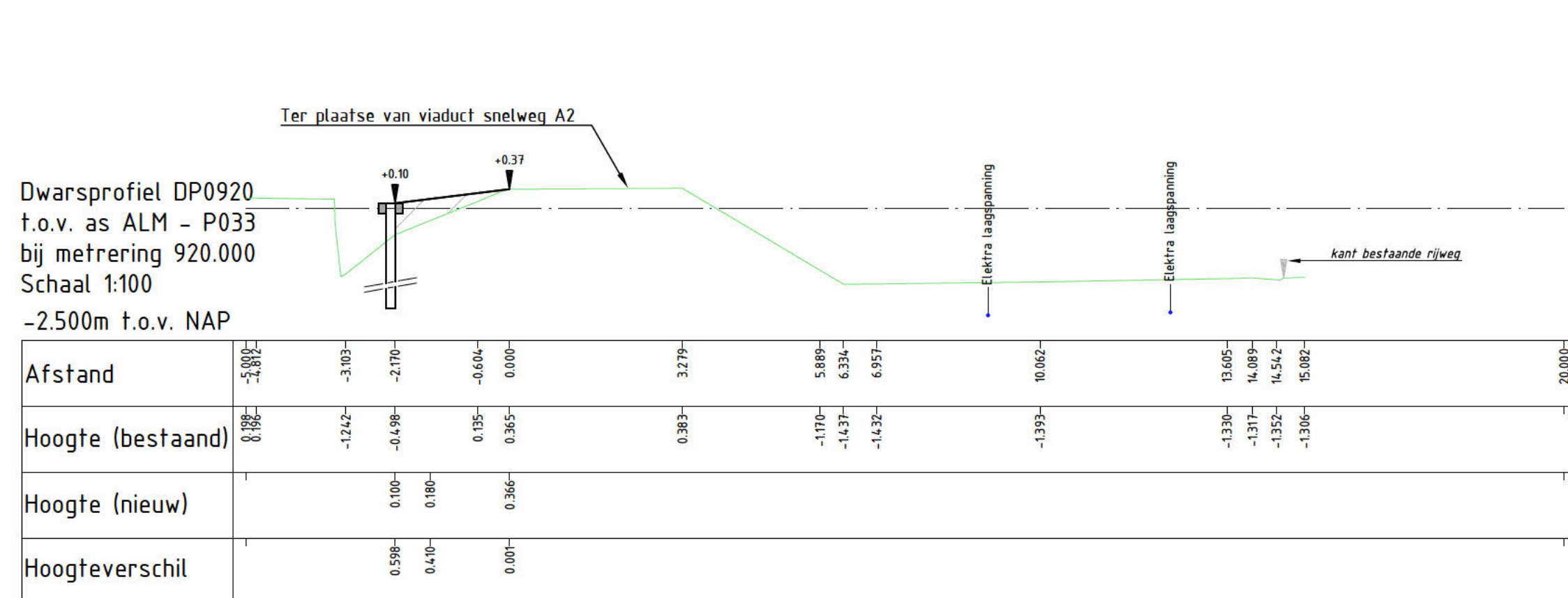
DV 05, variant 01
SCHAAL 1 : 100



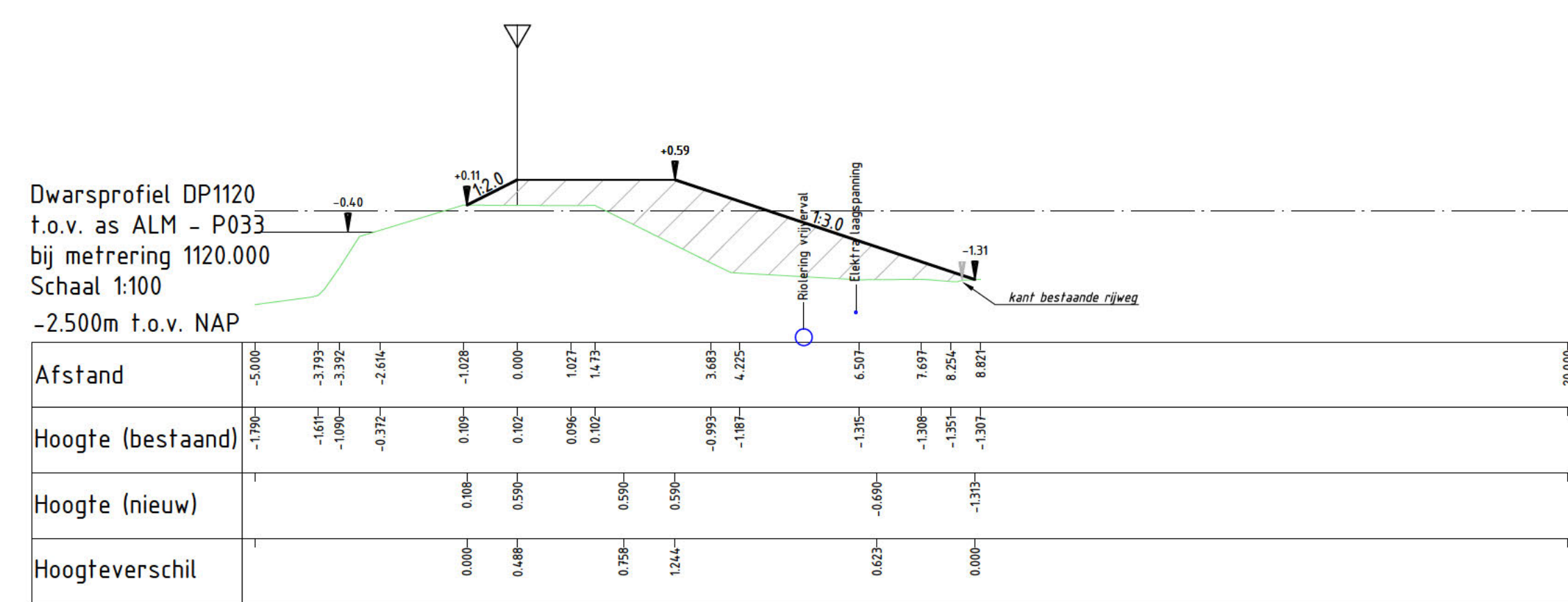
DV 05, variant 02
SCHAAL 1 : 100



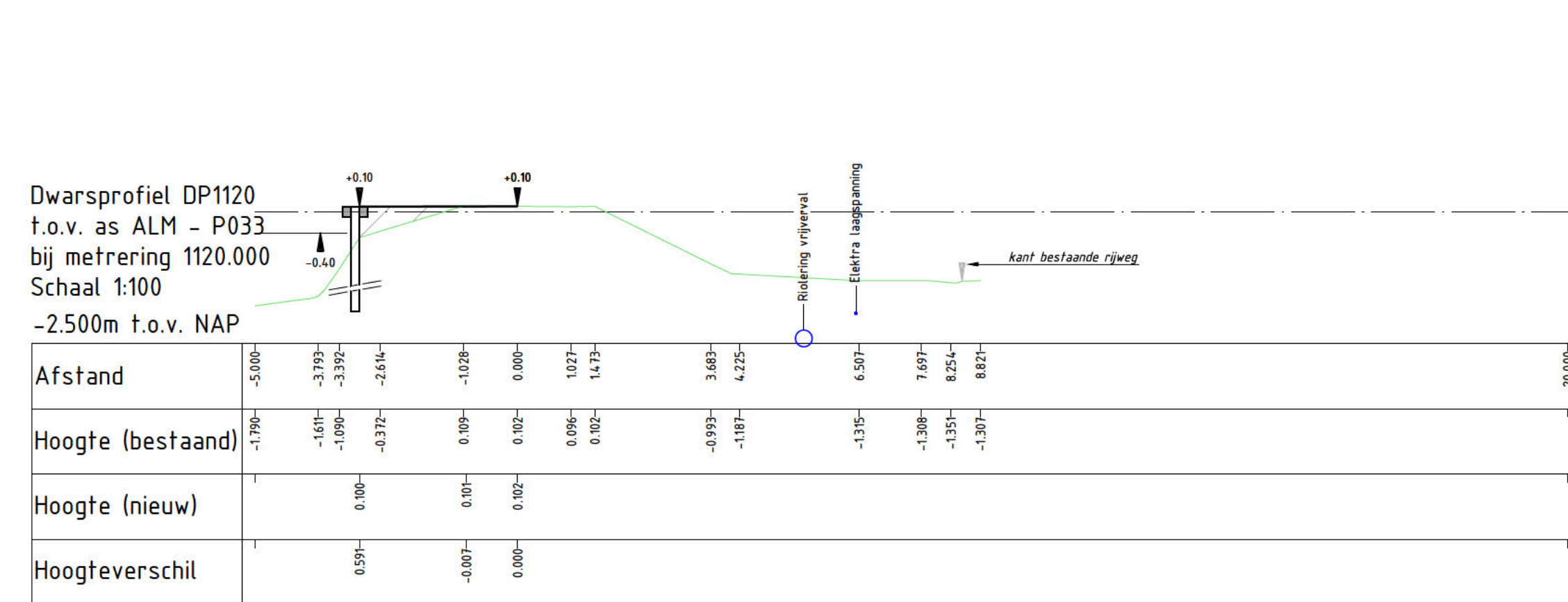
DV 05, variant 01
SCHAAL 1 : 100



DV 05, variant 02
SCHAAL 1 : 100

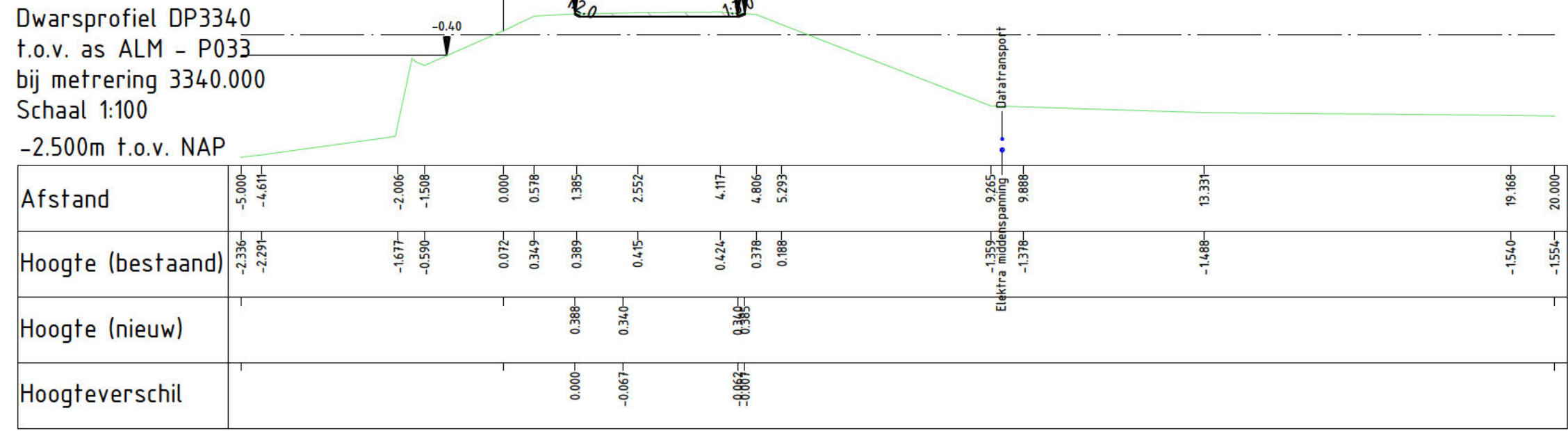


DV 06, variant 01
SCHAAL 1 : 100

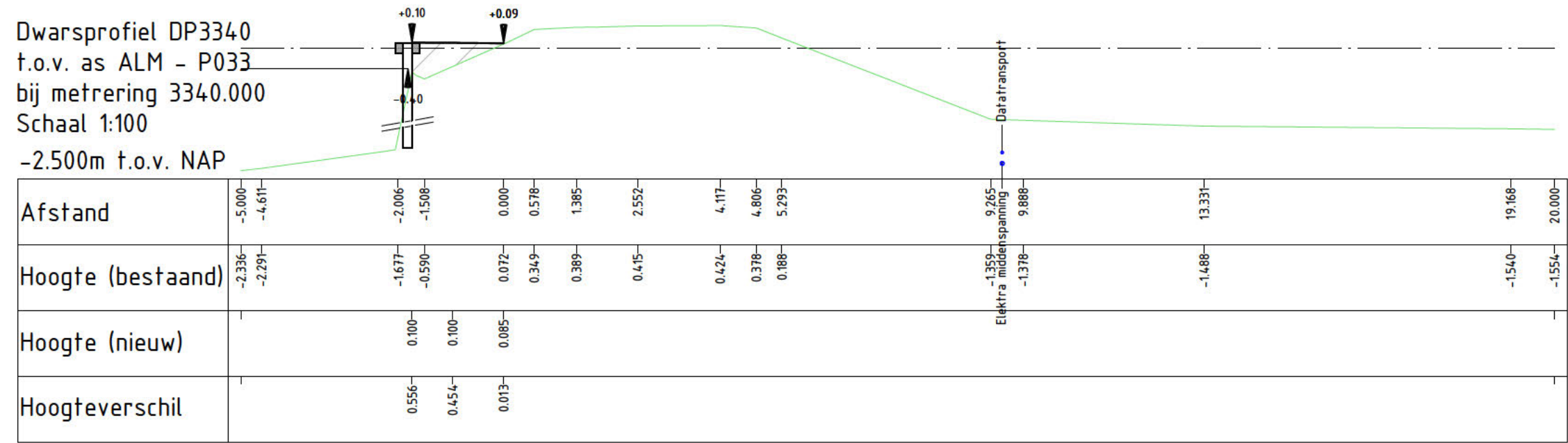


DV 06, variant 02
SCHAAL 1 : 100

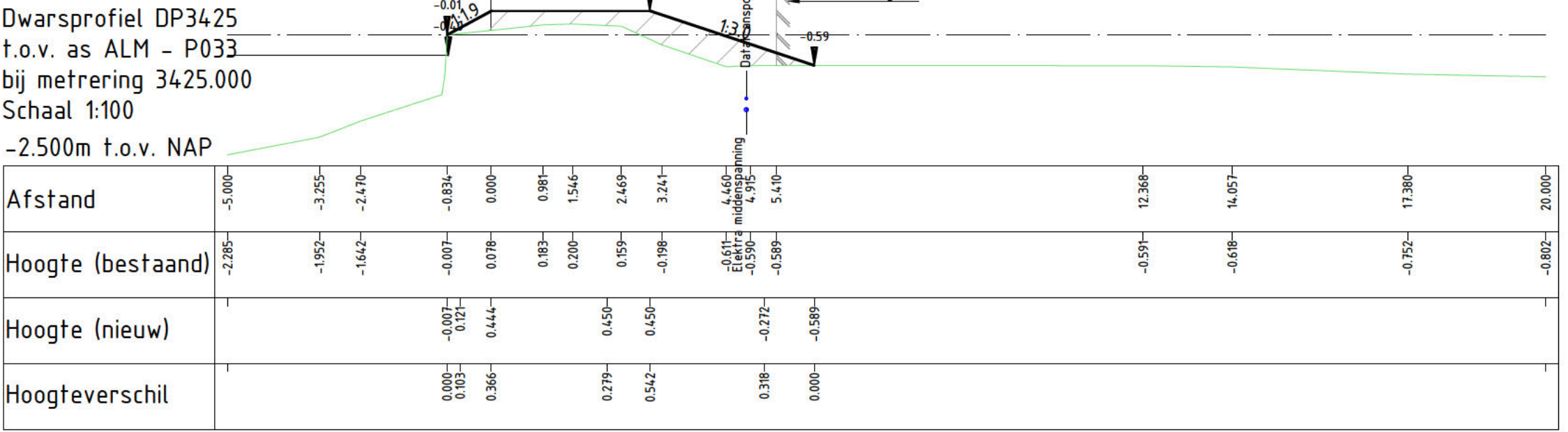
01	benoeming knoefnuten, in dwp benamingen K&L		01-04-2022	M. Verbruggen	M. Ridder
Code	Omschrijving		Datum	Geschiedenis	Gecorrigeerd
			Datum:	16-02-2022	
			Status:	CONCEPT	
Opdrachtnummer	Projectnummer:	Benoemer:	Formaat:	Bevragen:	Uitvoer:
Watersystemen	01.2536	n.t.b.	A0	Schaal 1:1000	01.2536-001-19
Locatie: Geuzensloot - P033 Project: Geuzensloot					
Onderwerp: Dwarsprofielen Soort tek.: Ruimtebeslag, Kabels & Leidingen					
Sector TOP Techniek/Civiele Techniek & Bouwkunde			 waternet waterschap amstel goud en veen gemeente amsterdam		
Korte Ouderkenmerk 7 1096 AC Amsterdam					



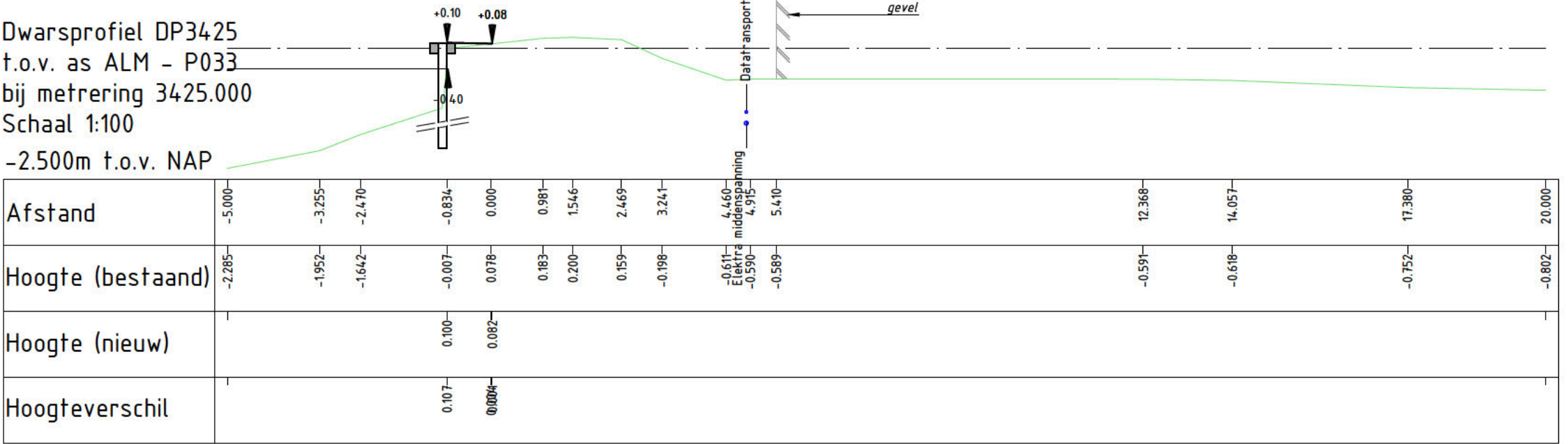
DV 14, variant 01
SCHAAL 1 : 100



DV 14, variant 02
SCHAAL 1 : 100



DV 15, variant 01
SCHAAL 1 : 100



DV 15, variant 02
SCHAAL 1 : 100

0.1 benoeming knelpunten, in dwp benamingen K&L		01-04-2022		M. Verbruggen		M. Ridder			
Code		Omschrijving		Datum		Getekend		Gecontroleerd	
				Datum: 16-02-2022		Status: CONCEPT			
Opdrachtgever: Watersystemen		Projectnummer: 01.2536		Beleknr. n.t.b.		Formaat: 420x1189		Schaal: 1:100	
Locatie: Geuzensloot - P033						Tekeningnr. 01.2536-001-22		bladnr. 22	
Project: Geuzensloot									
Onderwerp: Dwarsprofielen									
Soort tek.: Ruimtebeslag, Kabels & Leidingen									
Sector TOP									
Techniek/Civiele Techniek & Bouwkunde									
				 waternet waterschap amstel gooi en vecht gemeente amsterdam					
Korte Ouderkerkerdijk 7 1096 AC Amsterdam tel. 0900-9394									

Bijlage 2 Bodemopbouw

In deze bijlage is de bodemopbouw per dijkvak weergegeven. De bijlage is overgenomen van Bijlage 2 van de Technische Uitgangspunten & Schetsontwerp van Waternet [3]. Bij dijkvak 11 is voor het VO een optimalisatie doorgevoerd op basis van aanvullend grondonderzoek.

Bijlage 2: Bodemopbouw

Hieronder is per dijkvak de bodemopbouw weergegeven. De metrerings tussen haakjes betreft de oude metrerings die is gebruikt in het rapport voor de verbetering van de Angstelkade, de kade Geuzensloot en de kade zuidzijde Nieuwe Wetering (GeoDelft, Feb. 2003). Tevens is de nieuwe metrerings weergegeven van alleen de Geuzensloot.

De naamgeving in de berekeningen is in een compactere vorm beschreven conform de methode zoals Waternet deze hanteert en conform de proevenverzameling van 2019. Dit is als volgt:

Antropogeen klei = KA[15.0-17.0]
 Zand pleistoceen = ZP[17.0-19.0]
 Hollandveen naast = V[10.0-10.8]_10.02
 Hollandveen opbarsten = V[10.0-10.8]_C en phi=0
 Zand antropogeen = ZA[17.0-19.0]
 Hollandveen onder = V[10.0-10.8]_10.27
 Antropogeen klei opbarsten = KA[15.0-17.0]_C en phi=0
 Hollandveen kleig onder = VK[12.05]
 Hollandveen kleig naast = VK[11.86]
 Antropogeen veen = VA[10.0-10.8]_11.58
 Klei Tiel onder 14.6-17.2 = K[15.0-17.0]_15.84
 Klei ophoging = Klei ophoging

Dijkvak 1a (oud dijkvak 38)

Metrering 0-45

In dijkvak 1a is geen profiel opgezet. Het betreft een dijkvak waarin de provinciale weg het boezemwater oversteeft via een brug. Omdat hier een ophoging aanwezig is voor de oversteek van het boezemwater is binnenwaartse instabiliteit niet aan de orde.

Dijkvak 1b (oud dijkvak 37)

In Tabel 15 en Tabel 16 is de representatieve grondopbouw van dijkvak 1b weergegeven. De grondopbouw is gebaseerd op het geotechnisch lengteprofiel en B62A en B62B. De kruin is in het geotechnisch lengteprofiel geschematiseerd tot circa NAP -5 m. Hieronder is veen geschematiseerd tot de pleistocene zandlaag op circa NAP -7,5 m, omdat uit de handboring blijkt dat de diepste kleilaag (NAP -5 m) veenhoudend is.

Tabel 15: Representatieve grondopbouw dijkvak 1b, onder de kruin

Traject	Van (m+NAP)		Tot (m+NAP)	Grondsoort	$\gamma_{nat} / \gamma_{droog}$ (kN/m ³)
Vak 1b (6500-6700) 45-250 DP065	+0,39	-	-0,06	Antropogeen zand	20,00 / 18,00
	-0,06	-	-1,86	Antropogeen klei	16,19 / 16,19
	-1,86		-2,06	Hollandveen kleilig onder ^[1]	12,05 / 12,05
	-2,06	-	-5,18	Klei v. Tiel onder ^[2] 14,6- 17,2	15,84 / 15,84
	-5,18	-	-7,50	Hollandveen onder	10,27 / 10,27
	-7,50	-	-	Zand pleistoceen	20,00 / 17,00

[1] Uit de handboring blijkt dat de veenlaag matig kleig is. Daarom is het volumieke gewicht verhoogd op basis van de proevenverzameling uit het COW-onderzoek. Wel zijn de sterkteparameters van de huidige proevenverzameling toegepast op basis van veen.

[2] In de proevenverzameling op basis van celproefresultaten uit het COW-onderzoek zijn meerdere klassen klei van Tiel opgenomen, waaronder een volumiek gewicht van <14,6 kN/m³, van 14,6 kN/m³ tot 17,2 kN/m³ en >17,2 kN/m³. Gekozen is voor de klasse 14,6 kN/m³ tot 17,2 kN/m³, omdat dit ook in de oude toetsingsberekeningen voorkomt.

Tabel 16: Representatieve grondopbouw dijkvak 1b, achterland

Traject	Van (m+NAP)		Tot (m+NAP)	Grondsoort	$\gamma_{nat} / \gamma_{droog}$ (kN/m ³)
Vak 1b (6500-6700) 45-250 DP065	-1,40	-	-4,10	Antropogeen klei	16,19 / 16,19
	-4,10	-	-7,50	Hollandveen naast	10,02 / 10,02
	-7,50	-	-	Zand pleistoceen	20,00 / 17,00

Dijkvak 2 (oud dijkvak 36)

De grondopbouw in dijkvak 2 is qua opbouw gelijk aan die van dijkvak 3. Met uitzondering van de antropogene zandlaag in de kruin van NAP -2,50 m tot NAP -2,86 m. Hier is geen zand aanwezig, maar klei of veen. Op deze locatie zijn enkel sonderingen gedaan. Op basis van de resultaten daarvan, gecombineerd met het geotechnisch lengteprofiel, wordt hier een klei laag verwacht.

Dijkvak 3 (oud dijkvak 35)

In Tabel 17 en Tabel 18 is de representatieve grondopbouw van dijkvak 3 weergegeven. De grondopbouw in het achterland is gebaseerd op het geotechnisch lengteprofiel. Voor de kruin is een oude berekening van GeoDelft gebruikt voor de grondopbouw in combinatie met gegevens uit het geotechnisch lengteprofiel van de naastliggende meteringen.

Tabel 17: Representatieve grondopbouw dijkvak 3, onder de kruin

Traject	Van (m+NAP)		Tot (m+NAP)	Grondsoort	$\gamma_{nat} / \gamma_{droog}$ (kN/m ³)
Vak 3 (6180-6330) 433-584 DP560	+0,21	-	-2,50	Antropogeen klei	16,19 / 16,19
	-2,50	-	-2,86	Antropogeen zand	20,00 / 18,00
	-2,86	-	-7,50	Hollandveen onder	10,27 / 10,27
	-7,50	-	-	Zand pleistoceen	20,00 / 17,00

Tabel 18: Representatieve grondopbouw dijkvak 3, achterland

Traject	Van (m+NAP)		Tot (m+NAP)	Grondsoort	$\gamma_{nat} / \gamma_{droog}$ (kN/m ³)
Vak 3 (6180-6330) 433-584 DP560	-1,75	-	-2,00	Antropogeen klei	16,19 / 16,19
	-2,00	-	-2,33	Antropogeen veen	11,58 / 11,58
	-2,33	-	-3,18	Hollandveen naast	10,02 / 10,02
	-3,18	-	-3,48	Antropogeen klei	16,19 / 16,19
	-3,48	-	-7,50	Hollandveen naast	10,02 / 10,02
	-7,50	-	-	Zand pleistoceen	20,00 / 17,00

Dijkvak 4 (oud dijkvak 34)

In Tabel 19 t/m Tabel 21 is de representatieve grondopbouw van dijkvak 4 weergegeven. De grondopbouw is gebaseerd op het geotechnisch lengteprofiel en B56A en B56B. Tevens is het profiel aangepast op grondonderzoek in de scopebepaling: boring N08-014, N08-17 en N08-19. Daarnaast is recent grondonderzoek toegevoegd om de bodemopbouw nader te detailleren: N08-20 t/m N08-22, zie memo herijking Geuzensloot (Waternet, 22-01-2021).

Tabel 19: Representatieve grondopbouw dijkvak 4, onder de buitenkruin

Traject	Van (m+NAP)		Tot (m+NAP)	Grondsoort	$\gamma_{nat} / \gamma_{droog}$ (kN/m ³)
Vak 4 584-761 DP657	+0,19	-	-2,58	Antropogeen klei	16,19 / 16,19
	-2,58	-	-2,88	Zand	20,00 / 18,00
	-2,88	-	-7,50	Hollandveen onder	10,27 / 10,27
	-7,50	-	-	Zand pleistoceen	20,00 / 17,00

Tabel 31: Representatieve grondopbouw dijkvak 4, binnenteen (tot de teensloot)

Traject	Van (m+NAP)		Tot (m+NAP)	Grondsoort	$\gamma_{nat} / \gamma_{droog}$ (kN/m ³)
Vak 4 584-761 DP657	-1,74	-	-3,12	Klei 1	13,50 / 13,50
	-3,12	-	-7,50	Hollandveen naast	10,02 / 10,02
	-7,50	-	-	Zand pleistoceen	20,00 / 17,00

Tabel 21: Representatieve grondopbouw dijkvak 4, achterland (na de teensloot)

Traject	Van (m+NAP)		Tot (m+NAP)	Grondsoort	$\gamma_{nat} / \gamma_{droog}$ (kN/m ³)
Vak 4 en 5 584-761 DP657	-1,62	-	-2,14	Antropogeen klei	16,19 / 16,19
	-2,14	-	-2,62	Antropogeen veen	11,58 / 11,58
	-2,62	-	-2,91	Antropogeen zand	20,00 / 18,00
	-2,91	-	-3,12	Antropogeen klei	16,19 / 16,19
	-3,12	-	-7,50	Hollandveen naast	10,02 / 10,02
	-7,50	-	-	Zand pleistoceen	20,00 / 17,00

In het achterland is een wegfundering van de provinciale weg opgenomen, dit is niet vermeld in bovenstaande tabel.

Dijkvak 5 (oud resp. dijkvak 33B)

In Tabel 33 t/m Tabel 35 is de representatieve grondopbouw van dijkvak 5 weergegeven. De grondopbouw is gebaseerd op het geotechnisch lengteprofiel en B56A en B56B. Tevens is het profiel aangepast op onderzoek in de scopebepaling grondonderzoek: boring N08-015 tot en met N08-017 en N08-008 t/m N08-012.

Tabel 33: Representatieve grondopbouw dijkvak 5, onder de buitenkruin

Traject	Van (m+NAP)		Tot (m+NAP)	Grondsoort	$\gamma_{nat} / \gamma_{droog}$ (kN/m ³)
Vak 5 761-1067 DP890	+0,51	-	-2,58	Antropogeen klei	16,19 / 16,19
	-2,58	-	-2,88	Zand	20,00 / 18,00
	-2,88	-	-7,50	Hollandveen onder	10,27 / 10,27
	-7,50	-	-	Zand pleistoceen	20,00 / 17,00

Tabel 34: Representatieve grondopbouw dijkvak 5, binnentalud

Traject	Van (m+NAP)		Tot (m+NAP)	Grondsoort	$\gamma_{nat} / \gamma_{droog}$ (kN/m ³)
Vak 5 761-1067 DP890	-1,84	-	-3,26	Antropogeen klei	16,19 / 16,19
	-3,26	-	-7,50	Hollandveen onder	10,27 / 10,27
	-7,50	-	-	Zand pleistoceen	20,00 / 17,00

Tabel 35: Representatieve grondopbouw dijkvak 5, achterland

Traject	Van (m+NAP)		Tot (m+NAP)	Grondsoort	$\gamma_{nat} / \gamma_{droog}$ (kN/m ³)
Vak 5 761-1067 DP890	-1,55	-	-2,14	Antropogeen klei	16,19 / 16,19
	-2,14	-	-2,62	Antropogeen veen	11,58 / 11,58
	-2,62	-	-2,91	Antropogeen zand	20,00 / 18,00
	-2,91	-	-3,12	Antropogeen klei	16,19 / 16,19
	-3,12	-	-7,50	Hollandveen naast	10,02 / 10,02
	-7,50	-	-	Zand pleistoceen	20,00 / 17,00

In het achterland is een wegfundering van de provinciale weg opgenomen, dit is niet vermeld in bovenstaande tabel.

Dijkvak 6 (oud dijkvak 33A)

In Tabel 36 t/m Tabel 38 is de representatieve grondopbouw van dijkvak 6 weergegeven. De grondopbouw is gebaseerd op het geotechnisch lengteprofiel en B52A en B52B. Tevens is het profiel aangepast op recent grondonderzoek: boring N08-005 tot en met N08-007.

Tabel 36: Representatieve grondopbouw dijkvak 6, onder de buitenkruinlijn

Traject	Van (m+NAP)		Tot (m+NAP)	Grondsoort	$\gamma_{nat} / \gamma_{droog}$ (kN/m ³)
Vak 6 (5600-5690) 1067-1159 DP1120	+0,13	-	-0,66	Antropogeen klei	16,19 / 16,19
	-0,66	-	-1,50	(Antropogeen) Klei	16,19 / 16,19
	-1,50	-	-2,40	Zand antropogeen	20,00 / 18,00
	-2,40	-	-2,81	Klei antropogeen	16,19 / 16,19
	-2,81	-	-3,31	Hollandveen onder	10,27 / 10,27
	-3,31	-	-3,61	Klei 13,5-15*	14,25 / 14,25
	-3,61	-	-7,50	Hollandveen onder	10,27 / 10,27
	-7,50	-	-	Zand pleistoceen	20,00 / 17,00

* Klei 13,5-15 is onder de boezem aanwezig. Volgens geotechnisch lengteprofiel antropogene klei, maar dit is niet aannemelijk omdat de laag onder de boezem doorloopt. Het volumiek gewicht is gebaseerd op het gemiddelde van de proevenverzameling.

Tabel 37: Representatieve grondopbouw dijkvak 6, onder de binnenkruinlijn

Traject	Van (m+NAP)		Tot (m+NAP)	Grondsoort	$\gamma_{nat} / \gamma_{droog}$ (kN/m ³)
Vak 6 (5600-5690) 1067-1159 DP1120	+0,19	-	-0,35	Antropogeen klei	16,19 / 16,19
	-0,35	-	-2,64	(Antropogeen) Klei	16,19 / 16,19
	-2,64	-	-3,55	Zand	20,00 / 18,00
	-3,55	-	-7,50	Hollandveen onder	10,27 / 10,27
	-7,50	-	-	Zand pleistoceen	20,00 / 17,00

Tabel 38: Representatieve grondopbouw dijkvak 6, achterland

Traject	Van (m+NAP)		Tot (m+NAP)	Grondsoort	$\gamma_{nat} / \gamma_{droog}$ (kN/m ³)
Vak 6 (5600-5690) 1067-1159 DP1120	-1,27	-	-2,26	Antropogeen klei*	16,19 / 16,19
	-2,26	-	-2,51	Zand	20,00 / 18,00
	-2,50	-	-7,50	Hollandveen naast	10,02 / 10,02
	-7,50	-	-	Zand pleistoceen	20,00 / 17,00

* In de boring is deze laag geclassificeerd als zand, matig fijn, zwak siltig, sterk humeus, resten klei, resten grind, grijs. Echter in de berekening is antropogeen klei aangehouden, omdat de boring dichtbij de provinciale weg is uitgevoerd bij het zandcunet van de weg. De dijk ligt hier lokaal dichter bij de weg.

Dijkvak 7 (oud dijkvak 33)

In

Tabel 39 en Tabel 40 is de representatieve grondopbouw van dijkvak 7 weergegeven. De grondopbouw is gebaseerd op een rapport van Witteveen+Bos (Witteveen+Bos - dienst Waterbeheer en Riolering - Afdeling Waterbeheer/Beleid en Plannen, 18-09-2001) van de kadereconstructie Geuzensloot voor de aanleg van een busbaan. Uit een recent grondonderzoek blijkt dat de opbouw niet aangepast hoeft te worden. De antropogene zandlaag komt niet duidelijk naar voren in het recente onderzoek. Dit is wel aangehouden, omdat dit maatgevend is met betrekking tot het aandrijvend moment ten behoeve van binnenwaartse stabiliteit.

Tabel 39: Representatieve grondopbouw dijkvak 7, onder de kruin

Traject	Van (m+NAP)		Tot (m+NAP)	Grondsoort	$\gamma_{nat} / \gamma_{droog}$ (kN/m ³)
Vak 7 (4764-5600) 1159-1889 DP1565	+0,40	-	-0,65	Antropogeen klei	16,19 / 16,19
	-0,65	-	-1,66	Antropogeen zand	20,00 / 18,00
	-1,66	-	-7,50	Hollandveen onder	10,27 / 10,27
	-7,50	-	-	Zand pleistoceen	20,00 / 17,00

Tabel 40: Representatieve grondopbouw dijkvak 7, achterland

Traject	Van (m+NAP)		Tot (m+NAP)	Grondsoort	$\gamma_{nat} / \gamma_{droog}$ (kN/m ³)
Vak 7 (4764-5600) 1159-1889 DP1565	-1,25	-	-1,65	Antropogeen zand	20,00 / 18,00
	-1,65	-	7,50	Hollandveen naast	10,02 / 10,02
	-7,50	-	-	Zand pleistoceen	20,00 / 17,00

Achter de teensloot ligt de provinciale weg N201. Deze is geschematiseerd als antropogeen zand ($\gamma=20 / 18$ kN/m³) op het hollandveen. De wegfundering is niet opgenomen in bovenstaande tabel.

Dijkvak 8, 9 en 10 (oud resp. dijkvak 32B, 32A en 32)

In Tabel 41 t/m Tabel 43 is de representatieve grondopbouw van dijkvak 10 weergegeven. De grondopbouw is gebaseerd op het geotechnisch lengteprofiel en B46A en DKM-47C. Daarnaast is recent grondonderzoek verwerkt in de bodemopbouw: N08-23 t/m N08-34, zie memo herijking Geuzensloot (Waternet, 22-01-2021).

Tabel 41: Representatieve grondopbouw dijkvak 10, onder de kruin

Traject	Van (m+NAP)		Tot (m+NAP)	Grondsoort	$\gamma_{nat} / \gamma_{droog}$ (kN/m ³)
Vak 8, 9 en 10 (3935-4764) 1889-2726 DP2500	+0,34	-	-3,12	Antropogeen klei	16,19 / 16,19
	-3,12	-	-7,50	Hollandveen onder	10,27 / 10,27
	-7,50	-	-	Zand pleistoceen	20,00 / 17,00

Tabel 42: Representatieve grondopbouw dijkvak 10, overgang binnenteen naar achterland

Traject	Van (m+NAP)		Tot (m+NAP)	Grondsoort	$\gamma_{nat} / \gamma_{droog}$ (kN/m ³)
Vak 8, 9 en 10 (3935-4764) 1889-2726 DP2500	-0,68	-	-1,11	Klei III	15,97 / 15,97
	-1,11	-	-2,03	Zand antropogeen	20,00 / 18,00
	-2,03	-	-2,72	Antropogeen klei	16,19 / 16,19
	-2,72	-	-7,50	Hollandveen naast	10,02 / 10,02
	-7,50	-	-	Zand pleistoceen	20,00 / 17,00

Tabel 43: Representatieve grondopbouw dijkvak 10, achterland

Traject	Van (m+NAP)		Tot (m+NAP)	Grondsoort	$\gamma_{nat} / \gamma_{droog}$ (kN/m ³)
Vak 8, 9 en 10 (3935-4764) 1889-2726 DP2500	-1,20	-	-1,76	Klei III	15,97 / 15,97
	-1,76	-	-3,08	Zand antropogeen	20,00 / 18,00
	-3,08	-	-7,50	Hollandveen naast	10,02 / 10,02
	-7,50	-	-	Zand pleistoceen	20,00 / 17,00

Dijkvak 11 (oud dijkvak 31)

In Tabel 44 en Tabel 45 is de representatieve grondopbouw van dijkvak 11 weergegeven. De grondopbouw is gebaseerd op het geotechnisch lengteprofiel en B44A en DKM-44C. De grondopbouw in het achterland is gebaseerd op dijkvak 12 en 13. Hierin is recent onderzoek verwerkt.

Tabel 44: Representatieve grondopbouw dijkvak 11, onder de kruin

Traject	Van (m+NAP)		Tot (m+NAP)	Grondsoort	$\gamma_{nat} / \gamma_{droog}$ (kN/m ³)
Vak 11 (3850-3935)	+0,16	-	-3,20	Antropogeen klei	16,19 / 16,19
2726-2811	-3,20	-	-7,50	Hollandveen onder	10,27 / 10,27
DP2750	-7,50	-	-	Zand pleistoceen	20,00 / 17,00

Tabel 45: Representatieve grondopbouw dijkvak 11, achterland

Traject	Van (m+NAP)		Tot (m+NAP)	Grondsoort	$\gamma_{nat} / \gamma_{droog}$ (kN/m ³)
Vak 11	-1,40	-	-2,15	Klei 1	11,85 / 11,85
2811-3304	-2,15	-	-7,50	Hollandveen naast	10,02 / 10,02
DP3140	-7,50	-	-	Zand pleistoceen	20,00 / 17,00

Dijkvak 12 en 13 (oud resp. dijkvak 30B en 30A)

In Tabel 46 en Tabel 47 is de representatieve grondopbouw van dijkvak 12 en 13 weergegeven. De grondopbouw is gebaseerd op het geotechnisch lengteprofiel en B40A, DKM-40B en B40C. Tevens zijn de boringen N08-35 tot en met N08-38 geanalyseerd uit recent onderzoek. Zie memo herijking Geuzensloot (Waternet, 22-01-2021).

Tabel 46: Representatieve grondopbouw dijkvak 12 en 13, onder de kruin

Traject	Van (m+NAP)		Tot (m+NAP)	Grondsoort	$\gamma_{nat} / \gamma_{droog}$ (kN/m ³)
Vak 12 en 13	+0,32	-	-2,75	Antropogeen klei	16,19 / 16,19
2811-3304	-2,75	-	-7,50	Hollandveen onder	10,27 / 10,27
DP3140	-7,50	-	-	Zand pleistoceen	20,00 / 17,00

Tabel 47: Representatieve grondopbouw dijkvak 12 en 13, achterland

Traject	Van (m+NAP)		Tot (m+NAP)	Grondsoort	$\gamma_{nat} / \gamma_{droog}$ (kN/m ³)
Vak 12 en 13	-1,63	-	-2,70	Klei 1	11,85 / 11,85
2811-3304	-2,39	-	-7,50	Hollandveen naast	10,02 / 10,02
DP3140	-7,50	-	-	Zand pleistoceen	20,00 / 17,00

Dijkvak 14 en 15 (oud resp. dijkvak 30 en dijkvak 29)

In Tabel 48 en Tabel 49 is de representatieve grondopbouw van dijkvak 14 en 15 weergegeven. De grondopbouw in de kruin is gelijk aan de grondopbouw in dijkvak 13. De grondopbouw in het achterland is geschematiseerd op basis van recent grondonderzoek Ackermannboring N08-38, zie memo herijking Geuzensloot (Waternet, 22-01-2021).

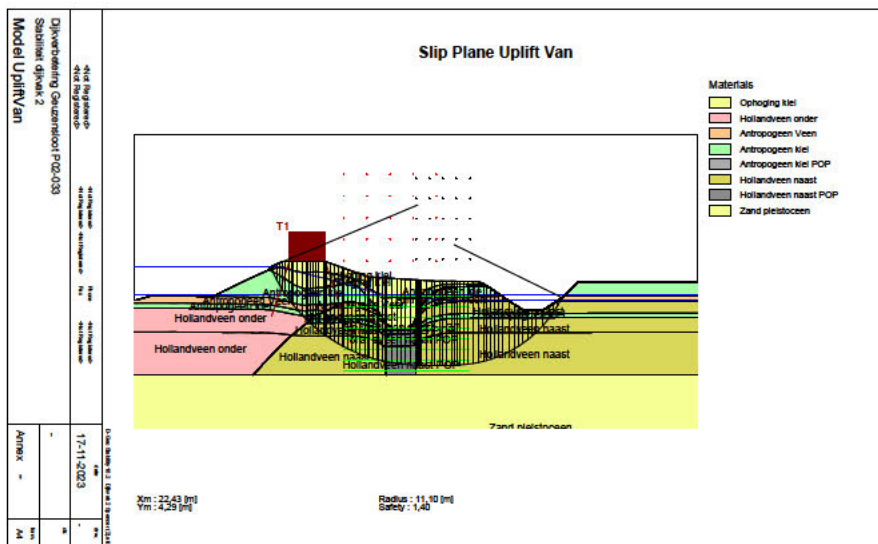
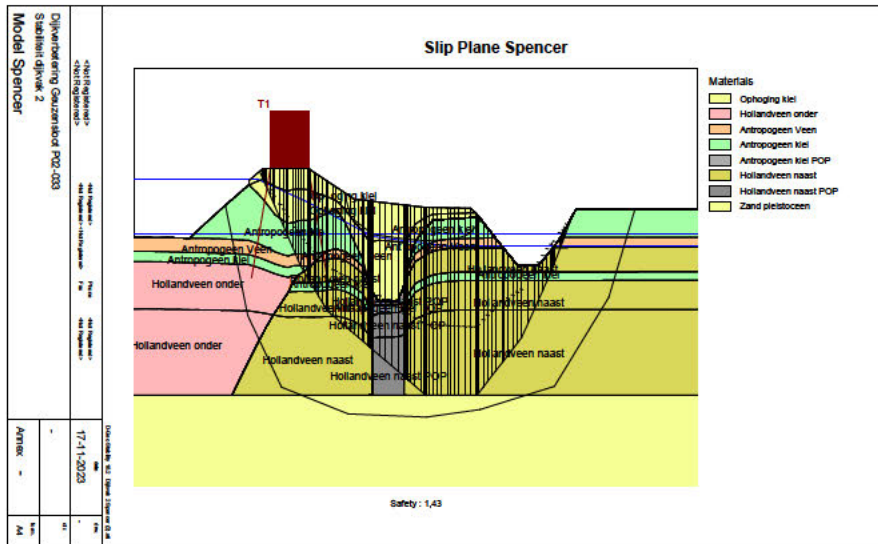
Tabel 48: Representatieve grondopbouw dijkvak 14 en 15, onder de kruin

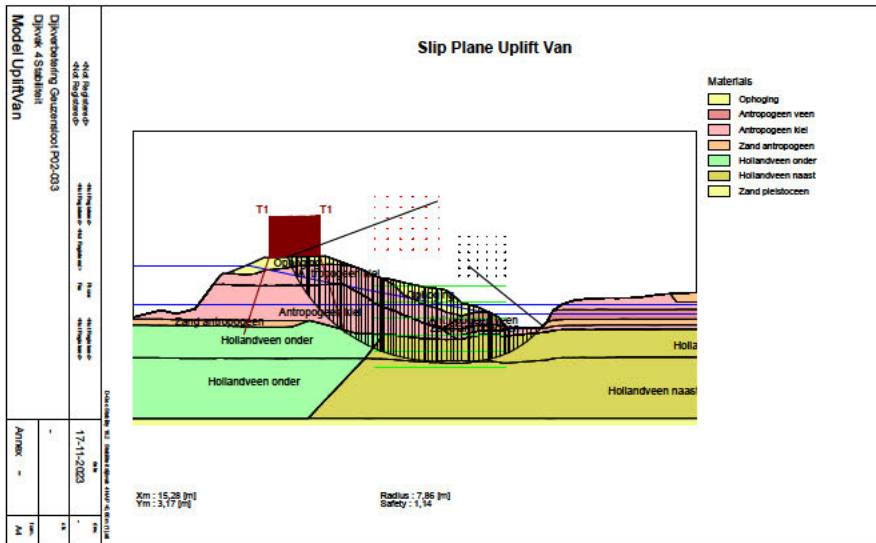
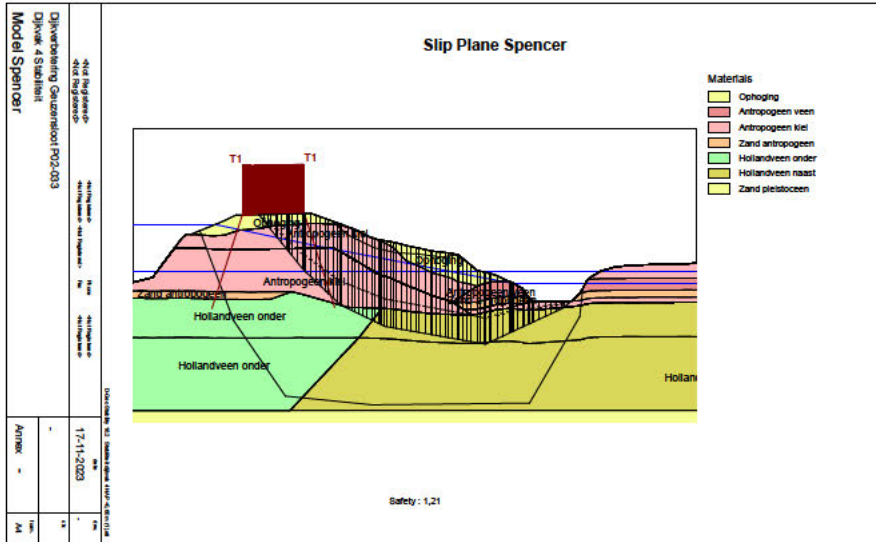
Traject	Van (m+NAP)		Tot (m+NAP)	Grondsoort	$\gamma_{nat} / \gamma_{droog}$ (kN/m ³)
Vak 14 en 15 3304-3456 DP3340	+0,39	-	-2,75	Antropogeen klei	16,19 / 16,19
	-2,75	-	-7,50	Hollandveen onder	10,27 / 10,27
	-7,50	-	-	Zand pleistoceen	20,00 / 17,00

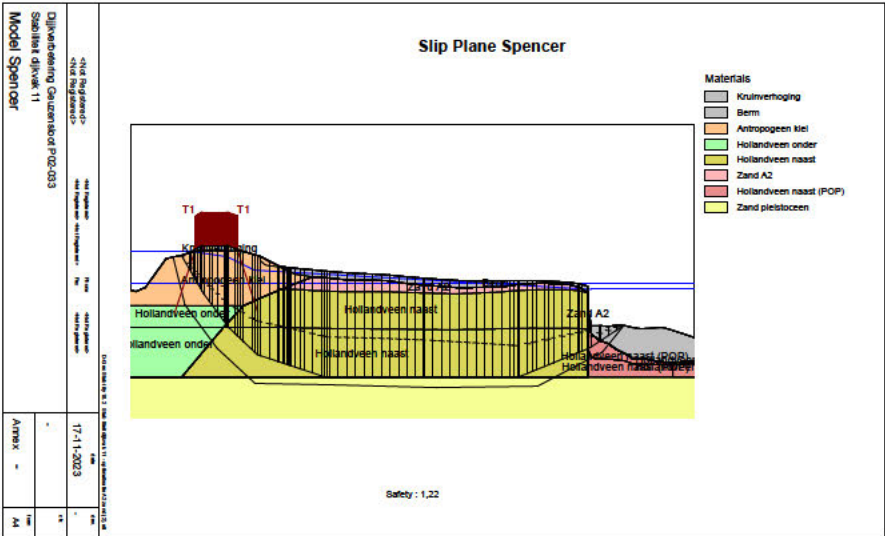
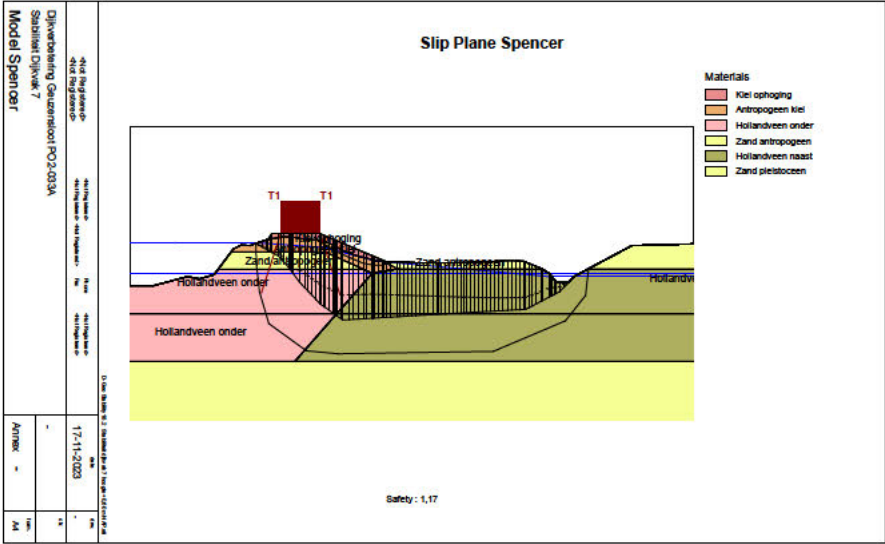
Tabel 49: Representatieve grondopbouw dijkvak 14 en 15, achterland

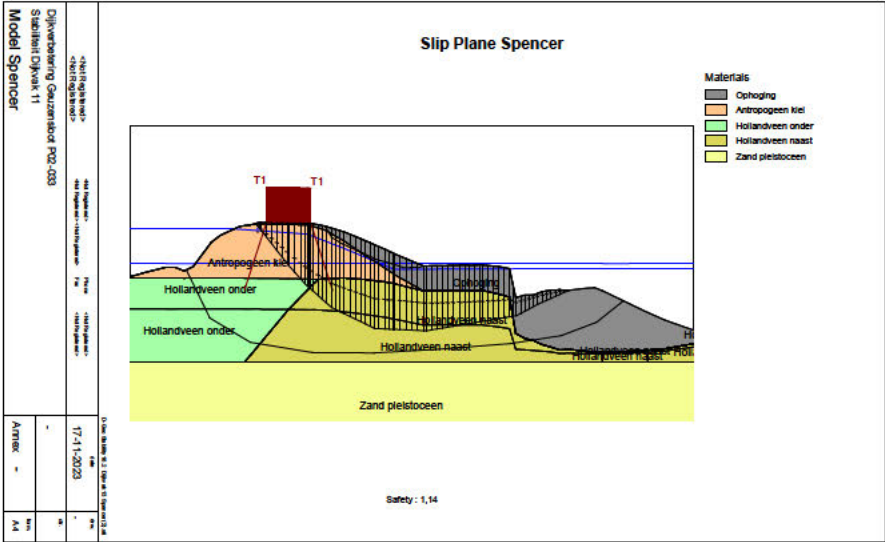
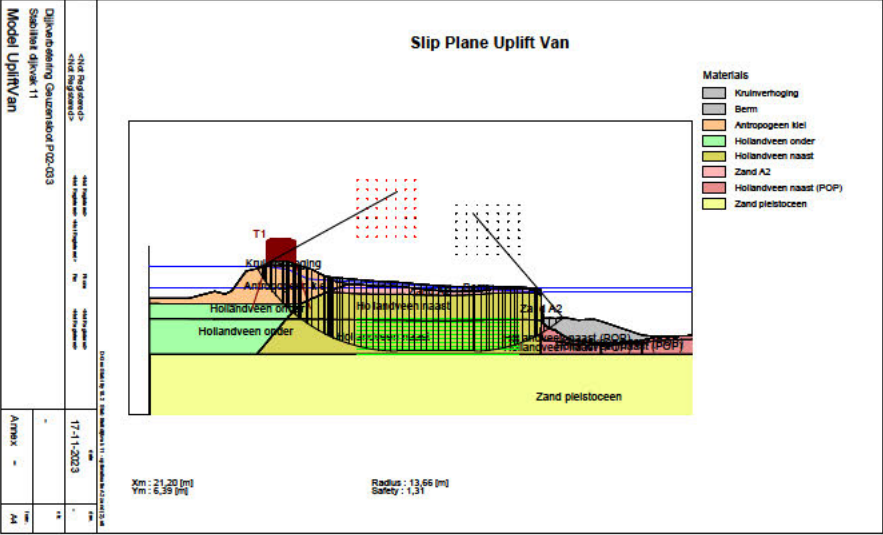
Traject	Van (m+NAP)		Tot (m+NAP)	Grondsoort	$\gamma_{nat} / \gamma_{droog}$ (kN/m ³)
Vak 14 en 15 3304-3456 DP3340	-1,49	-	-2,16	Klei 1	11,85 / 11,85
	-2,16	-	-2,56	Hollandveen naast	10,02 / 10,02
	-2,56	-	-3,88	Klei 1	11,85 / 11,85
	-3,88	-	-7,50	Hollandveen naast	10,02 / 10,02
	-7,50	-	-	Zand pleistoceen	20,00 / 17,00

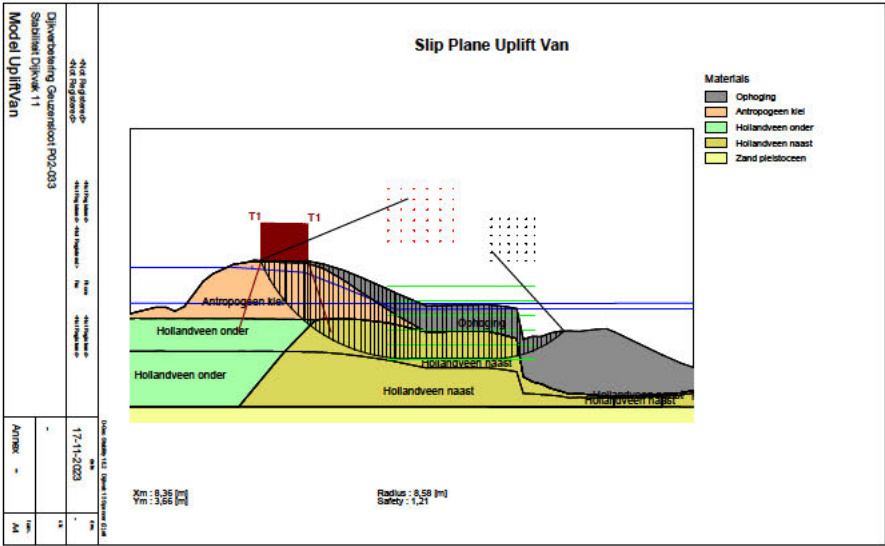
Bijlage 3 Resultaten stabiliteitsberekeningen





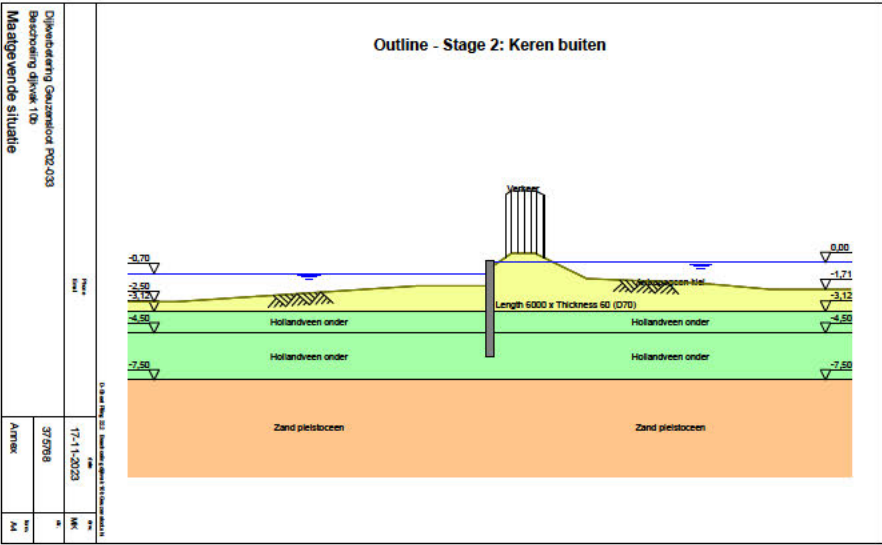




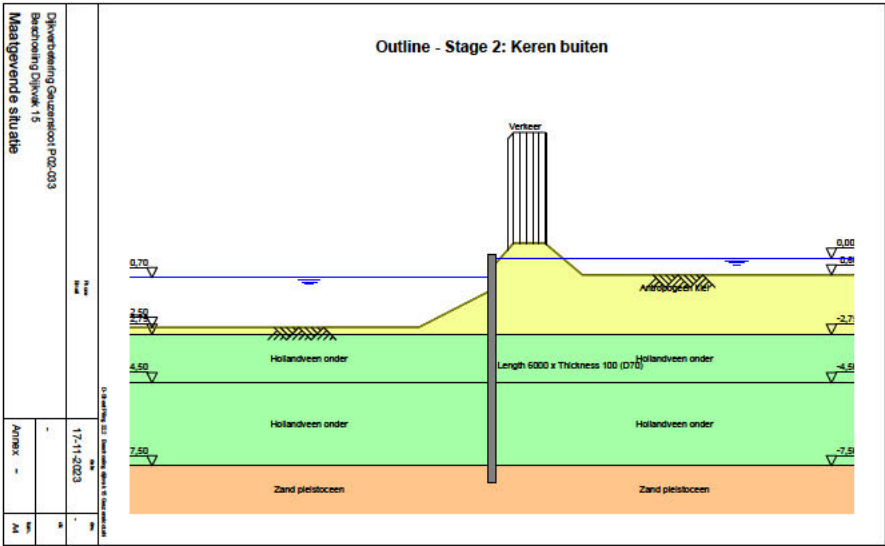


Bijlage 4 Resultaten constructieberekeningen

Dijkvak 10b



Dijkvak 15



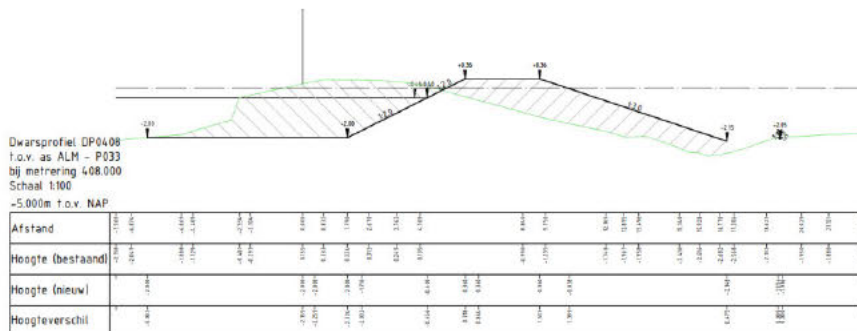
Bijlage 5 Schematiseren dijkvak

2

Het schematiseren van de dijkverlegging in dijkvak 2 is opgedeeld in drie delen, welke in deze bijlage zijn toegelicht.

Schematiseren van het dijkvak

1. De bodemopbouw is overgenomen van het aangeleverde rekenbestand van de toetsing van dijkvak 2. Deze komt overeen met de uitgangspunten beschreven in Bijlage 2 van dit rapport.
2. De nieuwe kruin is overgenomen van de Technische uitgangspunten & schetsontwerp van Waternet, Bijlage 4: Tekeningen en Schetsontwerp [3]. Het overgenomen profiel is DV 02 variant 01, dwarsprofiel DP0408. Deze kruin loopt over de huidige sloot, welke hiermee wordt gedempt.
3. Om na te gaan hoe de bodem onder de sloot geschematiseerd dient te worden, is de belastingsgeschiedenis van de grond beschouwd op topotijdreis.nl.
 - a. Om deze reden worden de Pre-Overburden Pressure (POP) waarden onder de sloot aangepast aan het (onderwater)gewicht van de bovenliggende grondlagen.
 - b. Voor hollandveen naast: POP = 21,7 kN/m²
 - c. Voor antropogeen klei: POP = 26,7 kN/m²
4. Er is een opbarstberekening uitgevoerd, waaruit een veiligheidsfactor van minder dan 1,20 is gebleken [3]. Echter, de dikte van de deklaag in dijkvak 4 is groter dan vier meter, dus is er geen gereduceerde sterkte geschematiseerd.



DV 02, variant 01
SCHAAL 1 : 100

Zettingsberekening en bepalen aanleghoogte

5. De zettingsberekening is uitgevoerd op dezelfde manier als voor de andere dijkvakken, met de rekenwaarden uit Tabel 2-4.
6. Door te rekenen met de optie *maintain profile* is het behoud van de geplande kruin van de dijkverlegging verzekerd.
7. Het resultaat is geëxporteerd naar D-geostability. Het resultaat is de totale ophoging die benodigd is om over 15 jaar aan het schetsontwerp te voldoen.
8. De aanleghoogte is bepaald door de ophoging en *superelevation* op te tellen bij de hoogte van het huidige grondlichaam.

Stabiliteitsberekening

9. Rekenkundige uitschieters van het gezette profiel zijn handmatig gecorrigeerd.
10. Een nieuwe sloot is geschematiseerd met soortgelijke afmetingen als de vorige sloot. D.w.z. een talud van 1:1,5 en een bodembreedte van 1,5 meter.
11. Er is een extra grondophoging ter hoogte van de binnenteen geschematiseerd om te voorkomen dat hier een kuil ontstaat waar water in zou kunnen komen te staan.
12. Er is een stabiliteitsberekening uitgevoerd op dezelfde manier als bij dijkvakken 4, 11 en 13; met rekenwaarden uit Tabel 2-3.
13. De locatie van de nieuwe sloot in het dwarsprofiel is geoptimaliseerd op basis van de berekende stabiliteitsfactor.

Bijlage 6 Leggerberekeningen

Dijkvak 2



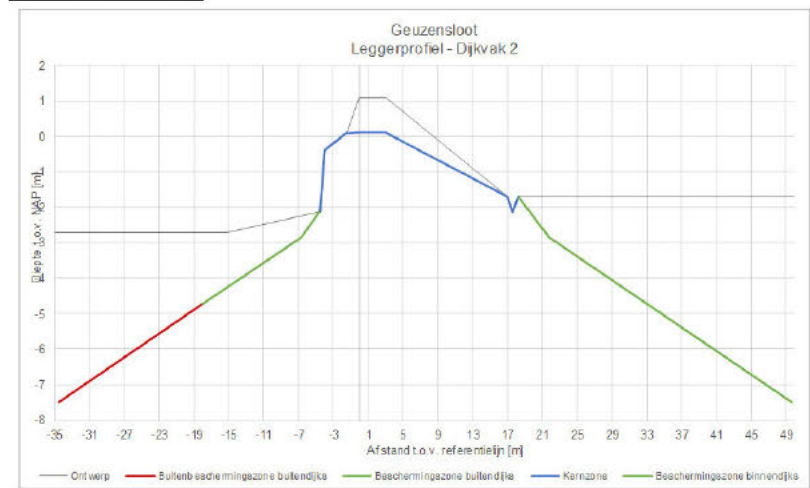
Leggerprofiel
Leggerprofiel

Dijkvak
2

Dwarsprofiel
DP0408

Code	x	y	Opmerking
	[m t.o.v. ref.lijn]	[m t.o.v. NAP]	
25	-34.66	-7.50	Grens buitenbeschermingszone buitendijks
25	-17.94	-4.73	Grens beschermingszone, begin buitenbeschermingszone
99	-6.72	-2.86	Grens klei naar veen
25	-4.50	-2.12	Grens kernzone, begin beschermingszone
99	-4.00	-0.40	Talud van de watergang
99	-1.56	0.06	Talud van de watergang
90	0.00	0.10	Buitenkruin (Referentielijn)
99	3.00	0.10	Binnenkruin
99	16.96	-1.69	Binnenteen leggerprofiel
99	17.62	-2.13	Binnenleen leggerprofiel
25	18.27	-1.69	Grens kernzone, begin beschermingszone
99	21.78	-2.86	Grens zand naar veen
25	49.62	-7.50	Grens beschermingszone binnendijks

Ontwerp	
x	z
[m t.o.v. ref.lijn]	[m t.o.v. NAP]
-35.00	-2.73
-15.13	-2.73
-4.50	-2.12
-4.00	-0.40
-1.56	0.06
0.00	1.10
3.00	1.10
16.96	-1.69
17.62	-2.13
18.27	-1.69
50.00	-1.69



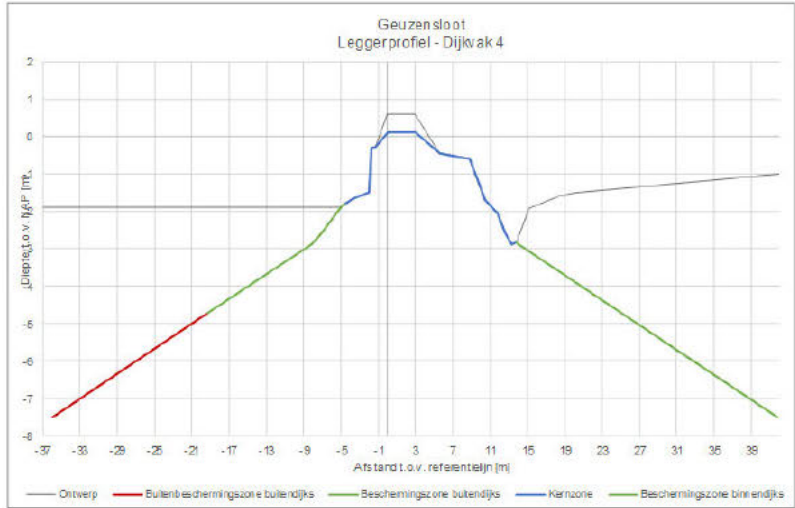
Dijkvak 4



Dijkvak 4
D P0657

Code	x	y	Opmerking
	[m t.o.v. reflijn]	[m t.o.v. NAP]	
25	-35,92	-7,50	Grens buitenbeschermingszone buitendijs
25	-19,30	-4,73	Grens beschermingszone, begin buitenbeschermingszone
99	-8,20	-2,88	Grens zand naar veen
99	-7,10	-2,58	Grens klei naar zand
99	-5,00	-1,00	Bodem van de watergang
25	-4,50	-1,80	Grens kernzone, begin beschermingszone
99	-3,78	-1,68	Talud van de watergang
99	-2,00	-1,50	Talud van de watergang
99	-1,70	-0,30	Talud van de watergang
99	-1,32	-0,28	Talud van de watergang
90	0,00	0,10	Buitenkrui (Referentie lijn)
99	3,00	0,10	Binnenkrui
99	5,80	-0,44	Binnenteen leggerprofiel
99	8,80	-0,60	Binnenteen leggerprofiel
99	10,45	-1,70	Binnenteen leggerprofiel
99	11,86	-2,05	Binnenteen leggerprofiel
99	12,67	-2,60	Binnenteen leggerprofiel
99	13,32	-2,90	Binnenteen leggerprofiel
25	13,87	-2,82	Grens kernzone, begin beschermingszone
99	14,11	-2,88	Grens zand naar veen
25	41,83	-7,50	Grens beschermingszone binnendijs

Ontwerp	
x	z
[m t.o.v. reflijn]	[m t.o.v. NAP]
-38,00	-1,88
-5,00	-1,88
-3,78	-1,68
-2,00	-1,50
-1,70	-0,30
-1,32	-0,28
0,00	0,60
3,00	0,60
5,00	-0,44
8,80	-0,60
10,45	-1,70
11,86	-2,05
12,67	-2,60
13,32	-2,90
13,87	-2,82
15,17	-1,91
18,40	-1,59
20,00	-1,50
42,00	-1,00



Dijkvak 10



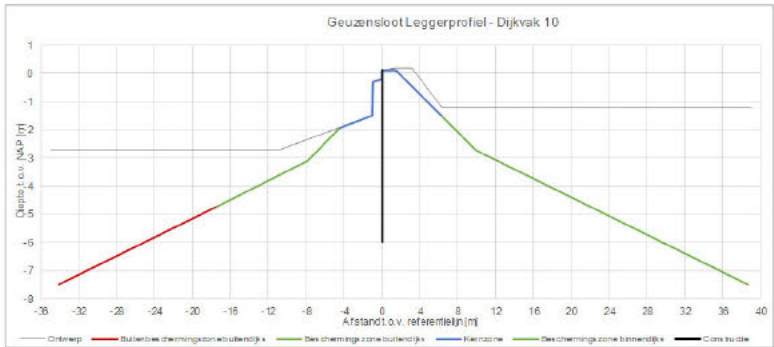
Leggerprofiel
Leggerprofiel

Dijkvak
10

Dwarsprofiel
DP2700

Code	x [m t.o.v. ref.lijn]	y [m t.o.v. NAP]	Opmerking
25	-34,14	-7,50	Grens buitenbeschermingszone buitendijks
25	-17,52	-4,73	Grens beschermingszone, begin buitenbeschermingszone
99	-7,86	-3,12	Grens klei naar veen
25	-4,50	-1,94	Grens kernzone, begin beschermingszone
99	-1,00	-1,50	Talud van de watergang
99	-0,96	-0,30	Talud van de watergang
99	-0,01	-0,20	Talud van de watergang
90	0,00	0,10	Buitenkruin (Referentielijn)
99	1,50	0,10	Binnenkruin
25	6,43	-1,54	Grens kernzone, begin beschermingszone
99	9,97	-2,72	Grens klei naar veen
25	38,66	-7,50	Grens beschermingszone binnendijks

Constructie		Ontwerp	
x	z	x	z
[m t.o.v. ref.lijn] [m t.o.v. NAP]		[m t.o.v. ref.lijn] [m t.o.v. NAP]	
0,00	0,10	-35,00	-2,73
0,00	-6,00	-10,84	-2,73
		-5,00	-2,00
		-1,00	-1,50
		-0,96	-0,30
		-0,01	-0,20
		0,00	0,10
		1,52	0,17
		3,14	0,17
		6,35	-1,23
		20,00	-1,23
		39,00	-1,23



Dijkvak 11



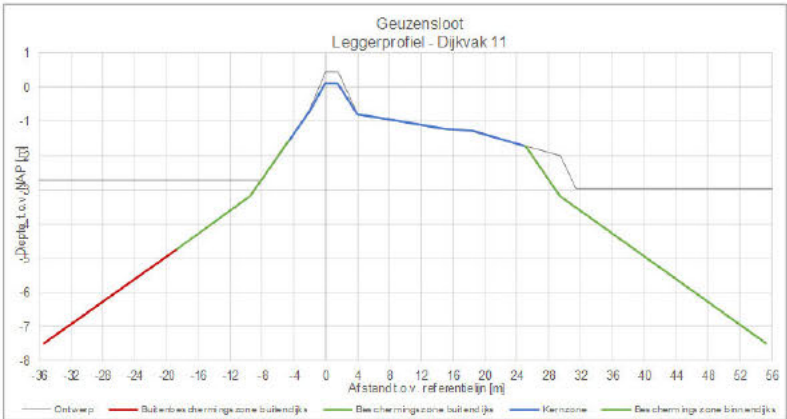
Leggerprofiel
Leggerprofiel

Dijkvak
11

Dwarsprofiel
DP2750

Code	x	y	Opmerking
	[m t.o.v. reflijn]	[m t.o.v. NAP]	
25	-35,30	-7,50	Grens buitenbeschermingszone buitendijks
25	-18,68	-4,73	Grens beschermingszone, begin buitenbeschermingszone
99	-9,50	-3,20	Grens kiel naar veen
99	-8,08	-2,73	Bodem van de watergang (legger)
99	-5,00	-1,70	Bodem van de watergang (profiel)
25	-4,50	-1,53	Grens kernzone, begin beschermingszone
99	-4,18	-1,43	Talud van de watergang
99	-2,03	-0,69	Talud van de watergang
90	0,00	0,10	Buitenkruin (Referentielijn)
99	1,50	0,10	Binnenkruin
99	4,00	-0,80	Binnenteen leggerprofiel
99	14,88	-1,22	Binnenteen leggerprofiel
99	18,38	-1,29	Binnenteen leggerprofiel
25	26,12	-1,74	Grens kernzone, begin beschermingszone
99	29,50	-3,20	Grens kiel naar veen
25	55,30	-7,50	Grens beschermingszone binnendijks

Ontwerp	
x	z
[m t.o.v. reflijn]	[m t.o.v. NAP]
-38,00	-2,73
-8,08	-2,73
-5,00	-1,70
-4,18	-1,43
-2,03	-0,69
0,00	0,45
1,50	0,45
4,00	-0,80
14,88	-1,22
18,38	-1,29
29,50	-2,00
31,44	-2,97
58,00	-2,97



Dijkvak 13



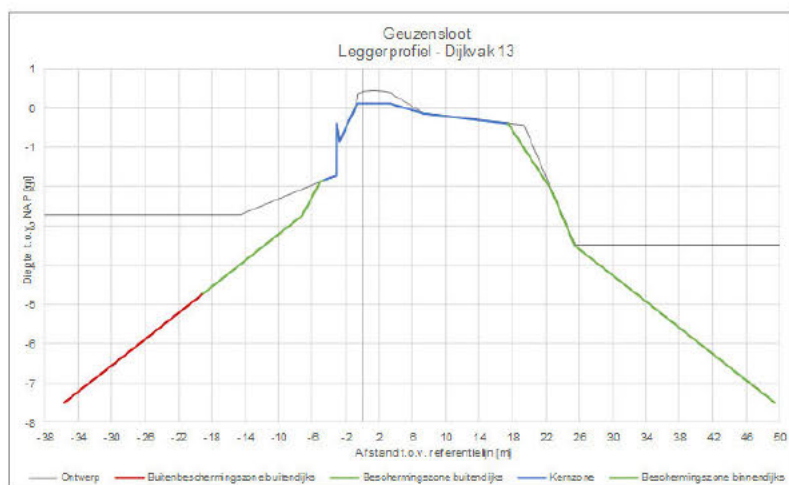
Leggerprofiel
Leggerprofiel

Dijkvak
13

Dwarsprofiel
DP3140

Code	x [m t.o.v. re lijn]	y [m t.o.v. NAP]	Opmerking
25	-35,73	-7,50	Grens buitenbeschermingszone buitendijks
25	-19,11	-4,73	Grens beschermingszone, begin buitenbeschermingszone
99	-7,23	-2,75	Grens klei naar veen
99	-5,00	-1,89	Bodem van de watergang
25	-4,50	-1,84	Grens kernzone, begin beschermingszone
99	-3,09	-1,74	Talud van de watergang
99	-3,01	-0,40	Talud van de watergang
99	-2,84	-0,85	Talud van de watergang
99	-1,74	-0,40	Talud van de watergang
99	-0,50	0,10	Talud van de watergang
99	-0,50	0,10	Talud van de watergang
90	0,00	0,10	Buitenruin (Referentie lijn)
99	1,40	0,10	Binnenruin
99	2,80	0,10	Binnenteen leggerprofiel
99	3,30	0,10	Binnenteen leggerprofiel
99	7,34	-0,15	Binnenteen leggerprofiel
25	17,43	-0,40	Grens kernzone, begin beschermingszone
99	22,64	-2,10	Binnenteen leggerprofiel
99	25,44	-3,49	Binnenteen leggerprofiel
25	49,50	-7,50	Grens beschermingszone binnendijks

Ontwerp	
x [m t.o.v. re lijn]	z [m t.o.v. NAP]
-38,00	-2,73
-14,72	-2,73
-5,00	-1,89
-4,50	-1,84
-3,09	-1,74
-3,01	-0,40
-2,84	-0,85
-1,74	-0,40
-0,50	0,17
-0,50	0,35
0,00	0,40
1,40	0,44
2,80	0,40
3,30	0,36
7,34	-0,15
19,34	-0,45
22,94	-2,25
25,44	-3,49
51,00	-3,49



Dijkvak 15



Leggerprofiel
Leggerprofiel

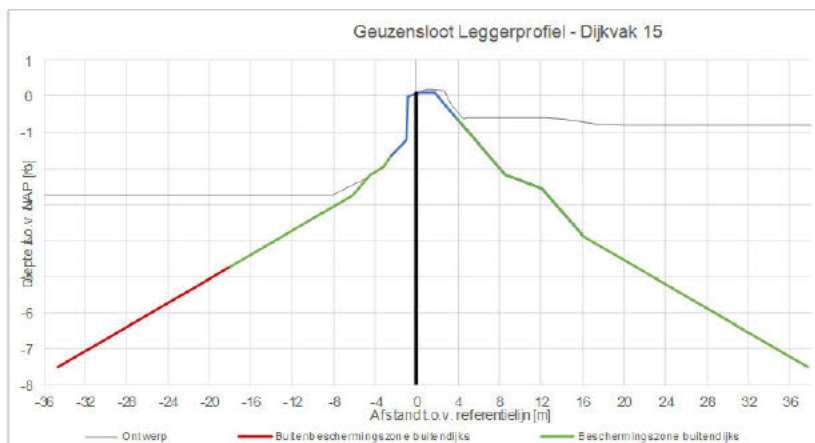
Dijkvak
15

Dwarsprofiel
DP3425

Code	x [m t.o.v. ref lijn]	y [m t.o.v. NAP]	Opmerking
25	-34,68	-7,50	Grens buitenbeschermingszone buitendijks
25	-18,06	-4,73	Grens beschermingszone, begin buitenbeschermingszone
99	-5,18	-2,75	Grens klei naar veen
99	-4,50	-2,19	Bodem van de watergang (legger)
99	-3,26	-1,95	Bodem van de watergang (profiel)
25	-2,47	-1,64	Grens kernzone, begin beschermingszone
99	-1,00	-1,20	Talud van de watergang
99	-0,83	-0,01	Talud van de watergang
90	0,00	0,08	Referentielijn
99	0,12	0,10	Buitenkrul
99	1,72	0,10	Binnenkrul
99	3,85	-0,61	Binnenteen leggerprofiel
25	4,00	-0,66	Grens kernzone, begin beschermingszone
99	8,50	-2,16	Grens klei naar veen
99	12,10	-2,56	Grens veen naar klei
99	16,06	-3,88	Grens klei naar veen
25	37,78	-7,50	Grens beschermingszone binnendijks

Constructie	
x	z
n t.o.v. ref lijn m t.o.v. NAP	
0,00	0,10
0,00	-8,00

Ontwerp	
x	z
[m t.o.v. ref lijn] [m t.o.v. NAP]	
-36,00	-2,73
-8,08	-2,73
-5,00	-2,29
-3,26	-1,95
-2,47	-1,64
-1,00	-1,20
-0,83	-0,01
0,00	0,08
0,98	0,18
1,55	0,20
2,65	0,16
3,24	-0,20
4,46	-0,61
4,92	-0,59
5,41	-0,59
12,37	-0,59
14,06	-0,62
17,38	-0,75
20,00	-0,80
38,00	-0,80



Bijlage 7 Opbarstberekeningen

Dijkvak 2

Opbarsten Leggerprofiel Dijkvak 2				SWECO 	
Waterstanden					
Slootpeil / polderpeil / maaiveld		-	-3,69	m NAP	
Maatgevend hoog water		MHW	0,00	m NAP	
Uittrede punt					
Maaiveld hoogte uittredepunt		-	-3,69	m NAP	
Niveau bodem watergang uittredepunt		-	-3,69	m NAP	
Waterstand in watergang / slootpeil uittredepunt		-	-3,69	m NAP	
Effective locatie maaiveld (bodem watergang)		-	-3,69	m NAP	
Opbarstberekening					
Bodemopbouw tpv uittredepunt					
Grondlaag	Onderkant	Gewicht (γ _{sat})	Dikte (d)	Grondspanning	
	[NAP+m]	[kN/m ³]	[m]	[kPa]	
Maaiveld	-3,69	9,81	0,00	0,0	
Veen	-7,50	10,02	3,81	38,2	
Totaal:			3,81	38,2	
Waterdruk					
Stijghoogte ter plaatse van uittredepunt			-1,99	m NAP	
Waterdruk tpv uittredepunt			54,1	kPa	
Resultaten opbarsten					
		Berekend	Vereist	Oordeel	
Waterdruk tpv uittredepunt		0,71	1,10	Voldoet niet	
Gehanteerde formules					
Formule ter controle op opbarsten					
$\frac{\sum d_s \cdot \gamma_{sat}}{(\varphi_{opb} - z_{ok}) \cdot \gamma_w} \geq 1,10 = \gamma$					
Waarin:					
d _s	Dikte deklaag				
γ _{sat}	Verzadigd volumiek gewicht deklaag				
φ _{opb}	Stijghoogte opbarstlocatie				
z _{ok}	Onderkant deklaag				
γ _w	Volumiek gewicht water				
γ	Veiligheidsfactor				

Dijkvak 4

Opbarsten Leggerprofiel Dijkvak 4					SWECO 													
Waterstanden																		
Slootpeil / polderpeil / maaiveld		-	-3,59	m	NAP													
Maatgevend hoog water		MHW	0,00	m	NAP													
Uittredepunt																		
Maaiveld hoogte uittredepunt		-	-3,59	m	NAP													
Niveau bodem watergang uittredepunt		-	-3,59	m	NAP													
Waterstand in watergang / slootpeil uittredepunt		-	-3,59	m	NAP													
Effective locatie maaiveld (bodem watergang)		-	-3,59	m	NAP													
Opbarstberekening																		
<i>Bodemopbouw tpv uittredepunt</i>																		
Grondlaag	Onderkant	Gewicht (γ_{sat})	Dikte (d)	Grondspanning														
	[NAP+m]	[kN/m ³]	[m]	[kPa]														
Maaiveld	-3,59	9,81	0,00	0,0														
Veen	-7,50	10,02	3,91	39,2														
Totaal:			3,91	39,2														
Waterdruk																		
Stijghoogte ter plaatse van uittredepunt			-1,99	m	NAP													
Waterdruk tpv uittredepunt			54,1	kPa														
Resultaten opbarsten																		
	Berekend	Vereist	Oordeel															
Waterdruk tpv uittredepunt	0,72	1,10	Voldoet niet															
Gehanteerde formules																		
Formule ter controle op opbarsten																		
$\frac{\sum d_s \cdot \gamma_{sat}}{(\varphi_{opb} - z_{ok}) \cdot \gamma_w} \geq 1,10 = \gamma$																		
Waarin: <table border="0"> <tr> <td>d_s</td> <td>Dikte deklaag</td> </tr> <tr> <td>γ_{sat}</td> <td>Verzadigd volumiek gewicht deklaag</td> </tr> <tr> <td>φ_{opb}</td> <td>Stijghoogte opbarstlocatie</td> </tr> <tr> <td>z_{ok}</td> <td>Onderkant deklaag</td> </tr> <tr> <td>γ_w</td> <td>Volumiek gewicht water</td> </tr> <tr> <td>γ</td> <td>Veiligheidsfactor</td> </tr> </table>							d_s	Dikte deklaag	γ_{sat}	Verzadigd volumiek gewicht deklaag	φ_{opb}	Stijghoogte opbarstlocatie	z_{ok}	Onderkant deklaag	γ_w	Volumiek gewicht water	γ	Veiligheidsfactor
d_s	Dikte deklaag																	
γ_{sat}	Verzadigd volumiek gewicht deklaag																	
φ_{opb}	Stijghoogte opbarstlocatie																	
z_{ok}	Onderkant deklaag																	
γ_w	Volumiek gewicht water																	
γ	Veiligheidsfactor																	

Dijkvak 10

Opbarsten Leggerprofiel Dijkvak 10					SWECO 													
Waterstanden																		
Slootpeil / polderpeil / maaiveld		-	-3,20	m	NAP													
Maatgevend hoog water		MHW	0,00	m	NAP													
Uittredepunt																		
Maaiveld hoogte uittredepunt		-	-3,20	m	NAP													
Niveau bodem watergang uittredepunt		-	-3,20	m	NAP													
Waterstand in watergang / slootpeil uittredepunt		-	-3,20	m	NAP													
Effective locatie maaiveld (bodem watergang)		-	-3,20	m	NAP													
Opbarstberekening																		
<i>Bodemopbouw tpv uittredepunt</i>																		
Grondlaag	Onderkant	Gewicht (γ_{sat})	Dikte (d)	Grondspanning														
	[NAP+m]	[kN/m ³]	[m]	[kPa]														
Maaiveld	-3,20	9,81	0,00	0,0														
Veen	-7,50	10,02	4,30	43,1														
Totaal:			4,30	43,1														
Waterdruk																		
Stijghoogte ter plaatse van uittredepunt			-1,99	m	NAP													
Waterdruk tpv uittredepunt			54,1	kPa														
Resultaten opbarsten																		
	Berekend	Vereist	Oordeel															
Waterdruk tpv uittredepunt	0,80	1,10	Voldoet niet															
Gehanteerde formules																		
Formule ter controle op opbarsten																		
$\frac{\sum d_s \cdot \gamma_{sat}}{(\varphi_{opb} - z_{ok}) \cdot \gamma_w} \geq 1,10 = \gamma$																		
Waarin: <table border="0"> <tr> <td>d_s</td> <td>Dikte deklaag</td> </tr> <tr> <td>γ_{sat}</td> <td>Verzadigd volumiek gewicht deklaag</td> </tr> <tr> <td>φ_{opb}</td> <td>Stijghoogte opbarstlocatie</td> </tr> <tr> <td>z_{ok}</td> <td>Onderkant deklaag</td> </tr> <tr> <td>γ_w</td> <td>Volumiek gewicht water</td> </tr> <tr> <td>γ</td> <td>Veiligheidsfactor</td> </tr> </table>							d_s	Dikte deklaag	γ_{sat}	Verzadigd volumiek gewicht deklaag	φ_{opb}	Stijghoogte opbarstlocatie	z_{ok}	Onderkant deklaag	γ_w	Volumiek gewicht water	γ	Veiligheidsfactor
d_s	Dikte deklaag																	
γ_{sat}	Verzadigd volumiek gewicht deklaag																	
φ_{opb}	Stijghoogte opbarstlocatie																	
z_{ok}	Onderkant deklaag																	
γ_w	Volumiek gewicht water																	
γ	Veiligheidsfactor																	

Dijkvak 11

Opbarsten Leggerprofiel Dijkvak 11					SWECO 													
Waterstanden																		
Slootpeil / polderpeil / maaiveld		-	-4,97	m	NAP													
Maatgevend hoog water		MHW	0,00	m	NAP													
Uittredepunt																		
Maaiveld hoogte uittredepunt		-	-4,97	m	NAP													
Niveau bodem watergang uittredepunt		-	-4,97	m	NAP													
Waterstand in watergang / slootpeil uittredepunt		-	-2,25	m	NAP													
Effective locatie maaiveld (bodem watergang)		-	-4,97	m	NAP													
Opbarstberekening																		
<i>Bodemopbouw tpv uittredepunt</i>																		
Grondlaag	Onderkant	Gewicht (γ_{sat})	Dikte (d)	Grondspanning														
	[NAP+m]	[kN/m ³]	[m]	[kPa]														
Maaiveld	-4,97	9,81	2,72	26,7														
Veen	-7,50	10,02	2,53	25,4														
Totaal:			5,25	52,0														
Waterdruk																		
Stijghoogte ter plaatse van uittredepunt			-1,99	m	NAP													
Waterdruk tpv uittredepunt			54,1	kPa														
Resultaten opbarsten																		
	Berekend	Vereist	Oordeel															
Waterdruk tpv uittredepunt	0,96	1,10	Voldoet niet															
Gehanteerde formules																		
Formule ter controle op opbarsten																		
$\frac{\sum d_s \cdot \gamma_{sat}}{(\varphi_{opb} - z_{ok}) \cdot \gamma_w} \geq 1,10 = \gamma$																		
Waarin: <table border="0"> <tr> <td>d_s</td> <td>Dikte deklaag</td> </tr> <tr> <td>γ_{sat}</td> <td>Verzadigd volumiek gewicht deklaag</td> </tr> <tr> <td>φ_{opb}</td> <td>Stijghoogte opbarstlocatie</td> </tr> <tr> <td>z_{ok}</td> <td>Onderkant deklaag</td> </tr> <tr> <td>γ_w</td> <td>Volumiek gewicht water</td> </tr> <tr> <td>γ</td> <td>Veiligheidsfactor</td> </tr> </table>							d_s	Dikte deklaag	γ_{sat}	Verzadigd volumiek gewicht deklaag	φ_{opb}	Stijghoogte opbarstlocatie	z_{ok}	Onderkant deklaag	γ_w	Volumiek gewicht water	γ	Veiligheidsfactor
d_s	Dikte deklaag																	
γ_{sat}	Verzadigd volumiek gewicht deklaag																	
φ_{opb}	Stijghoogte opbarstlocatie																	
z_{ok}	Onderkant deklaag																	
γ_w	Volumiek gewicht water																	
γ	Veiligheidsfactor																	

Dijkvak 13

Opbarsten Leggerprofiel Dijkvak 13		SWECO 	
Waterstanden			
Slootpeil / polderpeil / maaiveld	-	-5,49	m NAP
Maatgevend hoog water	MHW	0,00	m NAP
Uittredepunt			
Maaiveld hoogte uittredepunt	-	-5,49	m NAP
Niveau bodem watergang uittredepunt	-	-5,49	m NAP
Waterstand in watergang / slootpeil uittredepunt	-	-2,25	m NAP
Effective locatie maaiveld (bodem watergang)	-	-5,49	m NAP
Opbarstberekening			
<i>Bodemopbouw tpv uittredepunt</i>			
Grondlaag	Onderkant	Gewicht (γ_{sat})	Dikte (d)
	[NAP+m]	[kN/m ³]	[m]
Maaiveld	-5,49	9,81	3,24
Veen	-7,50	10,02	2,01
Totaal:			5,25
			51,9
Waterdruk			
Stijghoogte ter plaatse van uittredepunt		-1,99	m NAP
Waterdruk tpv uittredepunt		54,1	kPa
Resultaten opbarsten			
	Berekend	Vereist	Oordeel
Waterdruk tpv uittredepunt	0,96	1,10	Voldoet niet
Gehanteerde formules			
Formule ter controle op opbarsten			
$\frac{\sum d_s \cdot \gamma_{sat}}{(\varphi_{opb} - z_{ok}) \cdot \gamma_w} \geq 1,10 = \gamma$			
Waarin: d_s Dikte deklaag γ_{sat} Verzadigd volumiek gewicht deklaag φ_{opb} Stijghoogte opbarstlocatie z_{ok} Onderkant deklaag γ_w Volumiek gewicht water γ Veiligheidsfactor			

Dijkvak 15

Opbarsten Leggerprofiel Dijkvak 15					SWECO 	
Waterstanden						
Slootpeil / polderpeil / maaiveld		-	-2,82	m NAP		
Maatgevend hoog water		MHW	0,00	m NAP		
Uittrede punt						
Maaiveld hoogte uittredepunt		-	-2,82	m NAP		
Niveau bodem watergang uittredepunt		-	-2,82	m NAP		
Waterstand in watergang / slootpeil uittredepunt		-	-2,82	m NAP		
Effectieve locatie maaiveld (bodem watergang)		-	-2,82	m NAP		
Opbarstberekening						
Bodemopbouw tpv uittredepunt						
Grondlaag	Onderkant	Gewicht (γ _{sat})	Dikte (d)	Grondspanning		
	[NAP+m]	[kN/m ³]	[m]	[kPa]		
Maaiveld	-2,82	9,81	0,00	0,0		
Klei	-3,88	11,85	1,06	12,6		
Veen	-7,50	10,02	3,62	36,3		
Totaal:			4,68	48,8		
Waterdruk						
Stijghoogte ter plaatse van uittredepunt			-1,99	m NAP		
Waterdruk tpv uittredepunt			54,1	kPa		
Resultaten opbarsten						
		Berekend	Vereist	Oordeel		
Waterdruk tpv uittredepunt		0,90	1,10	Voldoet niet		
Gehanteerde formules						
Formule ter controle op opbarsten						
$\frac{\sum d_3 \cdot \gamma_{sat}}{(\varphi_{opb} - z_{ok}) \cdot \gamma_w} \geq 1,10 = \gamma$						
Waarin:						
d ₃	Dikte deklaag					
γ _{sat}	Verzadigd volumiek gewicht deklaag					
φ _{opb}	Stijghoogte opbarstlocatie					
z _{ok}	Onderkant deklaag					
γ _w	Volumiek gewicht water					
γ	Veiligheidsfactor					

Bijlage 8 Grondonderzoek dijkvak 11



N201

Provincialeweg

Loenersloot

Nieuwer Ter Aa

2b-ws

2a-ws

Oukoop

A2

N08-57

N08-60

N08-61

N08-58

N08-62

Oukoop

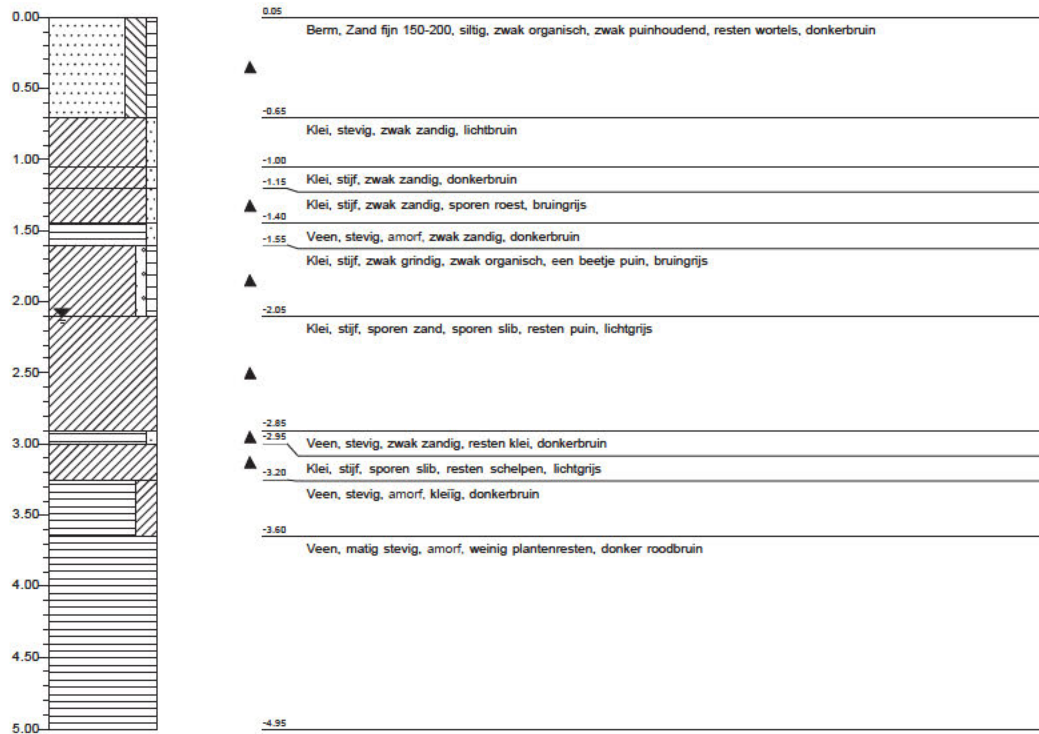
N08-59

15

10 m

N08-57

Type boring: Handboring X-coördinaat: 127456,80 Maaiveld (m t.o.v. NAP): 0,05
 Datum uitvoering: 16-5-2023 Y-coördinaat: 470563,38 Referentievlak: N.A.P.

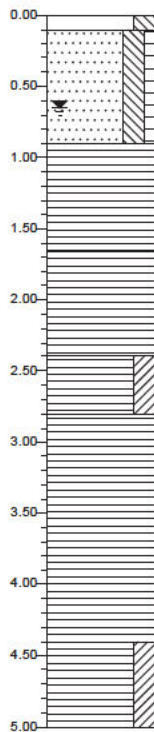


N08-58

Type boring: Handboring
Datum uitvoering: 16-5-2023

X-coördinaat: 127457,83
Y-coördinaat: 470555,45

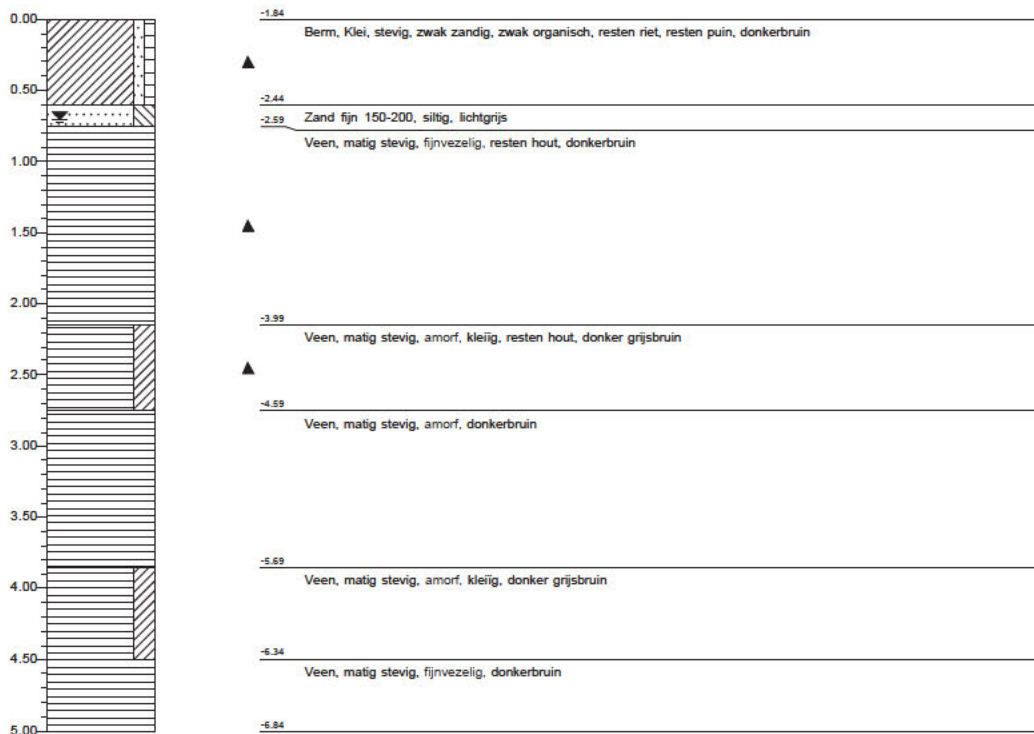
Maaiveld (m t.o.v. NAP): -1,50
Referentievlak: N.A.P.



▲	-1.50	Berm, Teelaarde, siltig, resten planten, donkerbruin
	-1.60	Zand fijn 150-200, siltig, zwak organisch, donkerbruin
	-2.40	Veen, matig stevig, amorf, resten hout, zwak houtige plantenresten houdend, donkerbruin
▲	-3.15	Veen, matig stevig, fijnvezelig, resten hout, donker roodbruin
▲	-3.90	Veen, matig stevig, amorf, kleilig, donkerbruin
	-4.30	Veen, matig stevig, amorf, resten hout, zwak plantenresten houdend, donkerbruin
▲	-5.90	Veen, matig stevig, fijnvezelig, kleilig, donkerbruin
	-6.50	

N08-59

Type boring: Handboring X-coördinaat: 127461,63 Maaiveld (m t.o.v. NAP): -1,84
 Datum uitvoering: 16-5-2023 Y-coördinaat: 470544,60 Referentievlak: N.A.P.

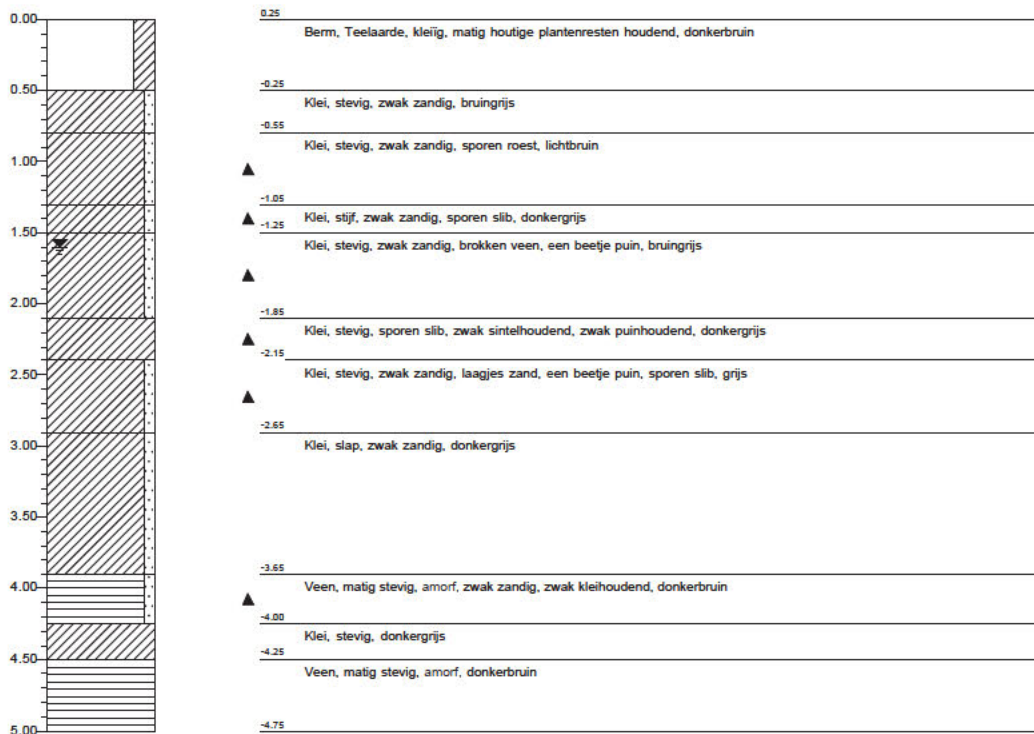


N08-60

Type boring: Handboring
Datum uitvoering: 17-5-2023

X-coördinaat: 127471,23
Y-coördinaat: 470566,82

Maaiveld (m t.o.v. NAP): 0,25
Referentievlak: N.A.P.

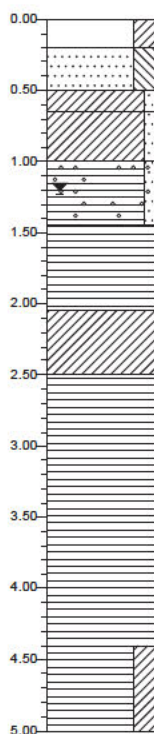


N08-61

Type boring: Handboring
Datum uitvoering: 17-5-2023

X-coördinaat: 127479,43
Y-coördinaat: 470558,70

Maaiveld (m t.o.v. NAP): -1,57
Referentievlak: N.A.P.



-1.57	
▲ -1.77	Berm, Teelaarde, kleiig, zwak puinhoudend, donkerbruin
▲ -2.07	Zand fijn 150-200, siltig, zwak puinhoudend, resten klei, donkergrijs
▲ -2.22	Klei, stijf, zwak zandig, sporen roest, donkergrijs
▲ -2.57	Klei, stijf, zwak zandig, resten puin, lichtgrijs
▲ -3.02	Veen, zwak zandig, matig puinhoudend, een beetje grind, donkerbruin
▲ -3.62	Veen, matig stevig, fijnvezelig, donker roodbruin
▲ -4.07	Klei, stevig, zwak veenhoudend, zwak niet-houtige plantenresten houdend, donker bruigrijs
▲ -4.87	Veen, matig stevig, fijnvezelig, resten hout, donkerbruin
▲ -5.97	Veen, matig stevig, amorf, kleiig, een beetje hout, bruin
▲ -6.57	

N08-62

Type boring: Handboring
Datum uitvoering: 17-5-2023

X-coördinaat: 127483,24
Y-coördinaat: 470550,62

Maaiveld (m t.o.v. NAP): -1,70
Referentievlak: N.A.P.

