

PARTIËLE VERBETERING IJSELPAVILJOEN ZUTPHEN

NAV, dijkpaal 96+50 tot en met 98+65

Waterschap Rijn en IJssel

28 AUGUSTUS 2020



Contactpersoon



RIMMER KOOPMANS
geotechnisch adviseur

T +31 6 2706 0177
E rimmer.koopmans@arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	5
1.1	Aanleiding, doelstelling en aanpak	5
1.2	Ligging waterkering	5
1.3	Leeswijzer	6
2	GEGEVENS	7
2.1	Literatuur	7
2.2	Grondeigenschappen	7
3	VELDONDERZOEK	8
4	RESULTATEN IJSSELPAVILJOEN	9
4.1	Riskeer	9
4.2	Hydra-NL	9
4.2.1	Werkwijze	9
4.2.2	Uitgangspunten	10
4.2.3	Berekeningsresultaten	11
4.3	Overstromingsrisico	11
4.4	Steentoets	12
4.5	Pragmatische rekenmethode	13
4.6	Ontwerp	13
4.6.1	1 op 1, steendikte 15 cm zonder filterlaag	13
4.6.2	1 op 2, steendikte 20 cm met 10 cm filterlaag	14
4.6.3	Filterlaag	15
4.6.4	Teenconstructie	15
4.6.5	Macrostabieliteit	15
4.7	Review	15
4.8	Kosten	15
5	RESULTATEN HAVENSTRAAT	16
6	CONCLUSIE	17

BIJLAGEN

BIJLAGE A STEENTOETS	18
BIJLAGE B D-GEO STABILITY	19
BIJLAGE C HYDRA-NL	22
BIJLAGE D VELDONDERZOEK	25
BIJLAGE E ONTWERP TIJDELIJK EMPLACEMENT HAVENSTRAAT	29
BIJLAGE F WAARDES HYDRA-R GEBRUIKT BIJ DERDE TOETSRONDE	30
BIJLAGE G MEMO ADVIESTEAM DIJKONTWERP	31
BIJLAGE H BEREKENINGEN	32
BIJLAGE I TEKENINGEN	36
BIJLAGE J SSK-RAMING	37
BIJLAGE K BEREKENING COUPURE BRUGSTRAAT	38
BIJLAGE L REVIEW ADO	39
COLOFON	40

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding, doelstelling en aanpak

De steenbekleding rondom het IJsselpaviljoen (tussen coupure Brugstraat en IJsselbrug, globaal tussen dijkpaal 96+50 tot 97+75, dus over 125 m) is in de derde toetsronde (2010) afgekeurd en daarom op het HWBP-programma geplaatst. Naar aanleiding daarvan is een kostenraming gemaakt voor de verbetering op basis van toenmalige inzichten (Arcadis, 16 september 2010, kenmerk: 074712009:A, project: C03011.000077). Het geraamde realisatiebedrag is ruim een ton (prijsspeil 2010). De rekenmethoden (onder andere Hydra-NL en OI2014 versie 4), die sinds 1 januari 2017 van kracht zijn, geven aanleiding om te veronderstellen dat dit gebudgetteerde bedrag mogelijk niet genoeg is.

De financiële bijdrage van ruim een ton vanuit het HWBP is in eerste instantie door het waterschap toegezegd aan de gemeente Zutphen, omdat aanpassingen aan de waterkering rondom het IJsselpaviljoen deel uitmaakten van het herinrichtingsplan RIDS. Fase 2 van dit plan gaat echter niet door, waardoor het waterschap zelf de verbetering weer ter hand heeft genomen.

In 2013 is benedenstrooms van de spoorbrug (globaal tussen dijkpaal 97+90 en 98+65) een “tijdelijke” steenbekleding aangebracht tijdens de sanering van het voormalige emplacement. De bekleding had destijds een tijdelijk karakter, omdat de stedenbouwkundige inrichting nog niet vastgesteld was. De waterkering is niettemin robuust ontworpen volgens toen (pré OI2014) geldende inzichten. Voor het waterschap is het van belang om te weten of deze tijdelijke bekleding al dan niet voldoet aan het WBI2017.

Resumerend: als eerste stap om te komen tot een verbetering is een hernieuwd inzicht in de verbeteropgave (scope) volgens de actuele rekenmethoden en de verbeteringswijze nodig. Daarna kan een ontwerp worden vervaardigd waarvan de kosten kunnen worden bepaald. Het uiteindelijke doel hiervan is:

- Een veilige dijk realiseren met als zichtperiode 2075 en;
- Het aanvragen van de juiste hoeveelheid subsidie bij het HWBP.

1.2 Ligging waterkering

De dijk bij het IJsselpaviljoen is onderdeel van dijkkring 50 en ligt tussen rivier kilometer 928 en 929. Bij dit deel van de dijkkring hoort een normfrequentie van 1:3000 keer per jaar (signaleringsnorm). De oeverconstructie bestaat uit een verankerde damwandconstructie, deze heeft een hoogte van circa NAP +7 m. Vanaf hier loopt het voorland op tot de teen van de dijk, die op NAP +7,5 à 8,0 m ligt en de kruin op circa NAP +9,9 m. Het stuk kering waarover dit rapport gaat is aangegeven als een rode lijn in Figuur 1.



Figuur 1 Ligging van de onderzoekslocatie.

1.3 Leeswijzer

Dit rapport betreft het herbeoordeling en herontwerp van de waterkering met steenbekleding rondom het IJsselpaviljoen te Zutphen. Het rapport bevat een overzicht van gegevens omtrent de kering, de resultaten van verricht onderzoek, de mogelijke ontwerpen die uit het onderzoek voortkomen, de doorrekening van deze ontwerpen en zal afsluiten met een conclusie. Kort gezegd is dit de zogenaamde nadere analyse veiligheid (NAV).

In hoofdstuk vier wordt ingegaan op de steenbekleding direct aangrenzend aan het IJsselpaviljoen, tussen dijkpaal 96+50 tot 97+75 ten zuiden van de spoorbrug. De bekleding ten noorden van de spoorbrug, tussen dijkpaal dijkpaal 97+90 en 98+65 is in hoofdstuk vijf separaat beschouwd.

2 GEGEVENS

2.1 Literatuur

De IJsselkade in Zutphen is omstreeks 2010 beoordeeld en in 2013 partieel verbeterd. De meest relevante onderzoeken zijn:

1. Derde toetsing dijkkring 50: Zutphen, Waterschap Rijn en IJssel + Arcadis, 1 juli 2010, ref 074901698:A, project: C03011.200025;
2. Derde toetsing dijkkring 48, 49, 50 en 51 veldinspectie steenbekledingen, 4 mei 2010, ref 074665449:0.1 project: C03011.200025;
3. Zutphen, bodemsanering emplacement, revisie waterkering spoorbrug - coupure Havenstraat, Arcadis 13 november 2013, kenmerk: 077352707:A – Definitief, project: C03011.000264.0100.

2.2 Grondeigenschappen

Voor de stabiliteitsberekeningen van de kering en de ontwerpen zijn grondeigenschappen nodig. De grondeigenschappen die zijn gebruikt, zijn per bodemlaag weergegeven in Tabel 1. De Waardes zijn afkomstig uit de schematiseringshandleiding macrostabiliteit, WBI2017 en aangevuld met expert judgement.

Tabel 1 Grondeigenschappen.

grondlaag	bovenkant (m+NAP)	$\gamma_{vv} / \gamma_{sat}$ (kN/m ³)	ϕ_{rep} (°)	c'_{rep} (kPa)	SU_{rep} (kPa)
Zavel	9,1 à 9,9	17 / 18	29,5	0	n.v.t
Zand	variabel	18 / 20	32	0	n.v.t
(zandige) Grond	9,1	17 / 19	30,75	0	n.v.t
Klei	variabel	18 / 18	n.v.t	n.v.t	10
Steen	variabel	24 / 24	n.v.t	n.v.t	100
Filter	variabel	16 / 20	35	0	n.v.t
Muur	9,9	20 / 20	n.v.t	n.v.t	44

$\gamma_{vv} / \gamma_{sat}$	=	veldvochtig respectievelijk verzadigd volumegewicht
ϕ_{rep}	=	representatieve waarde wrijvingshoek (Critical State grondgedrag)
c'_{rep}	=	representatieve waarde cohesie (bestaat niet in de critical state)
SU_{rep}	=	representatieve waarde schuifsterkte

3 VELDONDERZOEK

Tijdens eerder onderzoek zijn er grondboring gedaan op het dijkgedeelte parallel aan de IJssel ter hoogte van het paviljoen (dijkpaal 97 tot en met 97+75). Om een completer beeld te krijgen van de situatie zijn er voor dit rapport extra grondboringen in en op de dijk gedaan in het gedeelte van de dijk die een bocht naar de coupure maakt (dijkpaal 96+60 tot en met 97).

In de bocht tussen de coupure brugstraat en het IJsselpaviljoen zijn vijf grondboringen van een meter diepte uitgevoerd. De locaties zijn aangegeven in Figuur 2. Drie daarvan onder de steenbekleding en twee bovenop de dijk in het gras. Hierbij is geconstateerd dat er niet over de hele hoogte van de dijk klei onder de zeskantstenen aanwezig is. Daarnaast is niet overal onder de steenstelling geotextiel aanwezig terwijl dit wel zou moeten.



Figuur 2 Kaart IJsselpaviljoen en waterkering met de locaties van de grondboringen als rode stippen.

Aan de teen van de dijk is geen klei aangetroffen, halverwege de dijk 75 cm klei en bovenop de dijk 80 cm. Dit wijst op een onzorgvuldige uitvoering tijdens de aanleg in de jaren '70. Vermoedelijk is de kleilaag opgebouwd vanaf het aanwezige maaiveld, is er geen kielspit gegraven en is de klei "omhoog gewerkt". Een uitgebreid overzicht van de resultaten per boring is te vinden in Bijlage D.

4 RESULTATEN IJSSELPAVILJOEN

Voor de beoordeling en het ontwerp van de kering zijn een aantal programma's gebruikt. Voor de beoordelingswaterstand is gebruik gemaakt van Ringtoets 18.1.1.3 en de hydraulische database "WBI2017_Bovenrijn_50-2_v04". Om de ontwerpwaterstanden en hydraulische belasting te bepalen is Hydra-NL gebruikt (versie 2.7.1, november 2019). De steenbekleding is berekend in Steentoets (versie 19.1.1), met deze resultaten zijn er twee ontwerpen tot stand gekomen die doorgerekend zijn in D-Geo Stability (versie 18.1.1.3).

4.1 Riskeer

In theorie is de waterstand voor beoordeling door absentie van klimaatontwikkeling voor de zichtperiode 2023 lager dan voor 2075. Uitvoerlocatie 050-02_0009_1_IJ_km0928 komt overeen met rivierkilometer 928 (Hydra locatie Dkr 50 IJssel km 927-928 Locatie 9_210038_461583, die voor de ontwerpberoeeningen is gehanteerd).



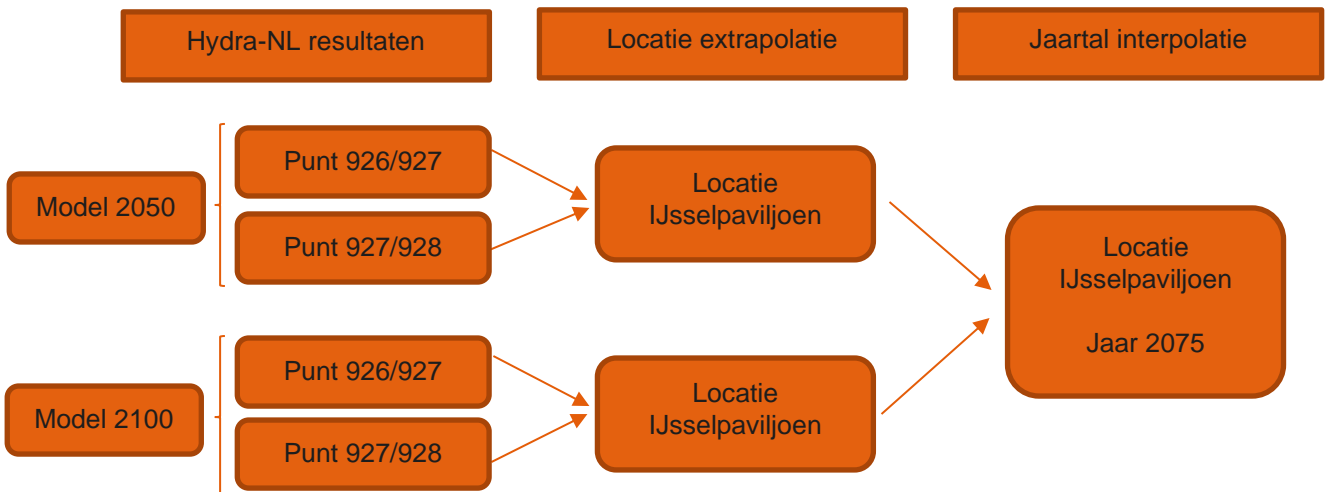
Figuur 3 Uitvoerlocaties Riskeer.

Met Riskeer wordt voor uitvoerlocatie 050-02_0009_1_IJ_km0928 een waterstand bij signaleringswaarde berekend van NAP +9,09 en een ondergrens waterstand van NAP +8,93 m. Het valt op dat het verschil in waterstand volgens Riskeer (0,16 m) en Hydra-NL (0,12 m) niet gelijk is voor de signaleringswaarde en ondergrens (zie Figuur 5 op pagina 12). Waardoor dit wordt veroorzaakt is niet onderzocht, omdat de ervaring leert dat dit soort verschillen tussen Hydra-NL en Riskeer vaker voorkomen. Het verschil is als "gebruikelijk" opgevat.

4.2 Hydra-NL

4.2.1 Werkwijze

De waterkering bij het IJsselpaviljoen ligt 25 tot 125 meter stroomafwaarts van rivierkilometer 928. Er is voor gekozen in Hydra-NL berekeningen uit te voeren voor de punten 926/927 en 927/928 en de resultaten lineair te extrapoleren (over het gemiddelde van 25 en 125 m, dus 75 m) naar de locatie van het IJsselpaviljoen. Daarbij gaat het om een groene dijk die voor 50 jaar ontworpen wordt. Hydra-NL geeft de mogelijkheid te ontwerpen voor het jaar 2050 of 2100. Het gemaakte ontwerp is voor het jaar 2075, daarvoor zijn de resultaten van Hydra-NL lineair geïnterpoleerd tussen 2050 en 2100. Een schematisering van het proces om de resultaten uit Hydra-NL te vertalen naar waardes representatief voor de kering bij het IJsselpaviljoen is weergegeven in Figuur 4.



Figuur 4 Schematische weergaven van de vertaalslag Hydra-NL resultaten naar de resultaten voor het IJsselpaviljoen.

4.2.2 Uitgangspunten

De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd:

- Profiel: IJsselpaviljoen_1;

Profiel	= IJsselpaviljoen_1.prfl
Aanwezige kruinhoogte dijk	= 9.91 (m+NAP)
Uitwendige dijknormaal	= 250.00 (°N)

Dijkprofielcoördinaten		Taludruwheids-
Afstand	Hoogte	factor
(m)	(m+NAP)	(-)
-6.41	7.48	1.00
-4.21	7.95	1.00
-2.70	9.09	1.00
0.00	9.91	

Voorlandprofielcoördinaten	
Afstand	Hoogte
(m)	(m+NAP)
-22.03	6.91
-6.41	7.48

- Waterstanden: NAP +7,5 m tot en met NAP +9,5 m, met stapgrootte 0,25 m;
- Klimaatscenario: OI2014 2050 en 2100 W+;
- Aftoppen: 18.000 m³/s (voorgeschreven);
- Onzekerheden meegenomen: JA;
- Frequentie: 1/1.000 (= ondergrens).

De frequentie is gekozen op basis van pagina 60/102 van Achtergrondrapport Ontwerpinstrumentarium 2014 (Ministerie van I en M, December, 2016). Daar staat in: "De ontwerpbelasting moet worden berekend met de Q-variant, uitgaande van een overschrijdingskans die getalsmatig gelijk is aan de maximaal toelaatbare overstromingskans."

Voor de volledigheid zijn er ook sommen gedraaid voor twee andere frequenties, namelijk: 1/3000 per jaar en 1/133000 per jaar (die laatste komt overeen met de doorsnede-eis op trajectniveau voor steenzettingen).

4.2.3 Berekeningsresultaten

Uit de berekeningen wordt het volgende geconcludeerd:

- De maatgevende golfhoogte treedt voor beide locaties (926-927 en 927-928) continu op bij een waterstand NAP +8,5 m. De golfhoogte bedraagt maximaal 0,57 m;
- Bij deze golfhoogte bij een waterstand van NAP +8,5 m hoort een golfperiode van 2,4 tot 2,6 seconden;
- De golfinval varieert, maar bij alle berekeningen blijft deze tussen de 0 en 30 graden ten opzichte van de dijknormaal. De dijknormaal in het profiel is 250 graden ten opzichte van Noord.

Op basis daarvan wordt als ontwerputgangspunt voor de steenzetting gehanteerd voor 2075:

- $H_s \approx 0,6$ m (representatieve waarde);
- $T_m-1,0 \approx 2,6$ seconden (representatieve waarde);
- Invalshoek is loodrecht ≈ 0 graden.

In Hydra-NL is al gerekend met onzekerheidstoelagen die verwerkt zitten in de database. Het is daarom in theorie ook niet meer nodig om extra onzekerheidstoelagen op deze uitgangspunten aan te nemen voor de ontwerpberekeningen. Het ADO raadt dit echter wel aan, omdat de pragmatische berekeningsmethode enige onzekerheid in zich herbergt.

De significante golfhoogte die is gebruikt bij de derde toetsronde ($H_s = 0,3$ m bij NAP +9,2 m waterstand) is terug te vinden in Bijlage F. De significante golfhoogtes die nu worden gebruikt zijn hoger en hebben een grotere kans van voor komen. Dit wordt veroorzaakt doordat er nu een variabele windkracht wordt meegenomen in de berekeningen (in plaats van standaard windkracht 5 à 6) en er een andere afvoer geldt. Het verschil in waterstand heeft te maken met het verschil in benadering (overschrijdingsfrequentie voor 2017 en overstromingskans daarna). Door de veranderde hydraulische randvoorwaarden (met name een hogere significante golfhoogte) is een nieuwe beoordeling noodzakelijk, zodat (aangetoond kan worden dat) aan de nieuwe eisen wordt voldaan.

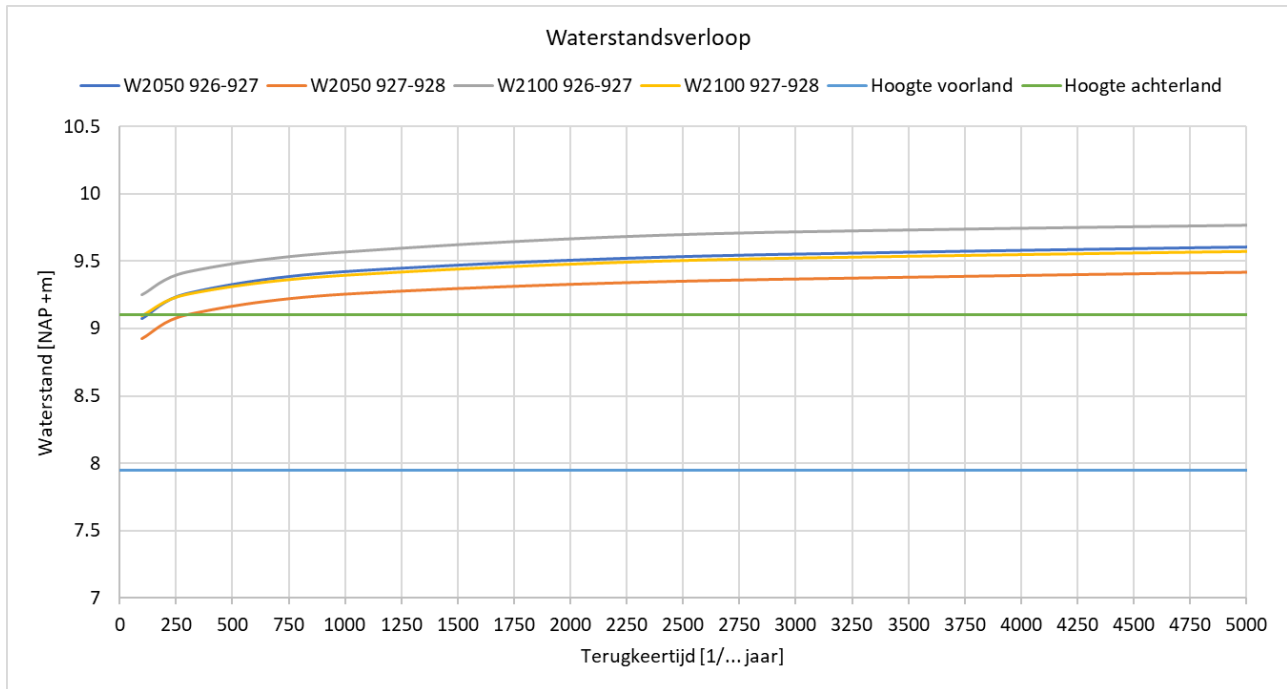
4.3 Overstromingsrisico

De signaleringswaarde van de beoordelingswaterstand ligt op ongeveer dezelfde hoogte als het achterland direct achter de dijk. Daardoor is het overstromingsrisico beperkt in de huidige situatie. Omdat waterstanden in de toekomst gaan stijgen, is ook voor een zichtperiode van 2075 het overstromingsrisico bepaald.

De waterstand met een terugkeerperiode van 1000 jaar (ondergrens) die berekend is met Hydra-NL is NAP +9,3 m (zie Bijlage C). Dit is de zogenaamde waterstand bij norm (WBN). Dit is circa 0,2 m hoger dan het achterland direct achter de dijk. Wanneer de dijk bij deze waterstand zou falen kan er water het achterland instromen. Er is echter pas sprake van overstroming van het achterland bij een waterschijfhoogte van meer dan 0,2 m. Direct achter de dijk zal van grootschalige overstroming naar verwachting geen sprake zijn maar wel van materiële schade of overlast achter de dijk. Wanneer bij het falen van de dijk water naar bijvoorbeeld de lager gelegen zuidwijken stroomt kan dit leiden tot overstroming.

De dijk kan falen tijdens stijgend water “was” of tijdens dalend water “val”. Wanneer de dijk faalt tijdens val is er tijd om de dijk te herstellen voordat er een nieuwe waterstand optreedt boven NAP +9,10 m. De gecombineerde kans op binnen afzienbare tijd tweemaal een waterstand hoger dan NAP +9,10 m ($1/1.000 * 1/1.000$) en het falen van herstelwerkzaamheden ($1/100$) en “vergeten” van noodmaatregelen ($1/100$) is nihil en in de orde grootte van 10^{-10} .

Een reëlere kans is er wanneer de dijk faalt tijdens was. In Figuur 5 is een indicatie van de waterstand bij terugkeerperiodes gegeven. Wanneer de steenbekleding faalt bij een waterstand met een terugkeerperiode van 25 jaar en het water daarna doorstijgt tot WBN, kan er achter de dijk water komen te staan. Dit kan tot een overstroming leiden, zoals hierboven is aangegeven. **Er kan overlast en schade ontstaan met financiële consequenties en mogelijk ook imagoschade voor het waterschap.**



Figuur 5 Indicatie verloop waterstand bij terugkeerperiodes in relatie tot hoogte voor- en achterland.

4.4 Steentoets

Wanneer de huidige situatie wordt ingevoerd in Steentoets levert het geen stabiele situatie op. Het programma geeft aan dat de helling van het talud met steenzetting te steil is om zonder verdere beoordeling als stabiel te worden beoordeeld (zie hiervoor Bijlage A). De helling in de huidige situatie is 1:1, maar Steentoets geeft de beoordeling stabiel pas vanaf een helling 1:2,5. Het aanbrengen van een dikkere kleilaag in Steentoets heeft geen invloed op het eindoordeel zolang de helling 1:1 blijft. Zowel het verflauwen van de helling als het aanbrengen van een dikkere steenlaag is doorgerekend met Steentoets en de resultaten weergegeven in Bijlage A.

Vanwege het feit dat Steentoets in de onderhavige situatie (beperkte ruimte en dus steil talud), geen betrouwbaar resultaat geeft, is een vraag gesteld aan het Adviesteam Dijkontwerp hoe hiermee om te gaan. Het antwoord is opgenomen in Bijlage G. Naar aanleiding hiervan is besloten niet verder te rekenen met Steentoets, maar met de pragmatische methode.

4.5 Pragmatische rekenmethode

De basis van de pragmatische methode is dat bij een voldoende sterkte teenconstructie en voldoende dikke kleilaag er geen risico is op instabiliteit bij de doorgaans kleine golven in het bovenrivierengebied, waar Zutphen onderdeel van uit maakt. Het is daarom van belang om de volgende twee belastinggevallen in ogenschouw te nemen:

- Een golfbelasting van een bepaalde zwaarte (S) op een talud met een bepaalde helling en eigenschappen van de steenbekleding (R), waarbij geldt $R > \gamma_a * S$ (met γ_a = veiligheidsfactor);
- Een teenconstructie met een bepaalde draagkracht (Rd) die belast wordt door een component van het gewicht van een deels opgelichte steenbekleding (Fd), waarbij geldt $Rd \geq Fd$.

Naast de toetsing van deze twee belastinggevallen, dient aan de volgende voorwaarde te worden voldaan:

- Talud niet steiler dan 1:1;
- Filterlaag groter dan halve golfhoogte, indien kleilaag afwezig is;
- Dikte kleilaag groter dan halve golfhoogte, bij hoog achterland.

De berekeningen (zie Bijlage H) is van de volgende maatgevende situatie uitgegaan:

- Hoogte teen = NAP +7,8 m;
- WBN_{ondergrens} = NAP +8,5 m;
- Met waterstand corresponderende $Hm0_{ondergrens} = 0,65$ m (inclusief 10% door ADO geadviseerde hogere golfhoogte) en $Tp = 2,6$ seconden;
- $D_{15} = 125 \mu\text{m}$ (van het matig grove zand onder de kleilaag).

De toetsing van de huidige situatie resulteert in een score onvoldoende, omdat de kleilaag lokaal afwezig is en er ook geen filterlaag aanwezig is (voorwaarde d). **De bekleding van de dijk voldoet niet en dus moet er een afweging worden gemaakt hoe de dijk aangepakt moet worden.** Dit kan variëren van bewust helemaal niks doen, schade herstellen wanneer nodig of tot robuust verbeteren. De ontwerpberekeningen zijn uitgevoerd voor twee varianten, waarvan in de volgende paragraaf verslag wordt gedaan.

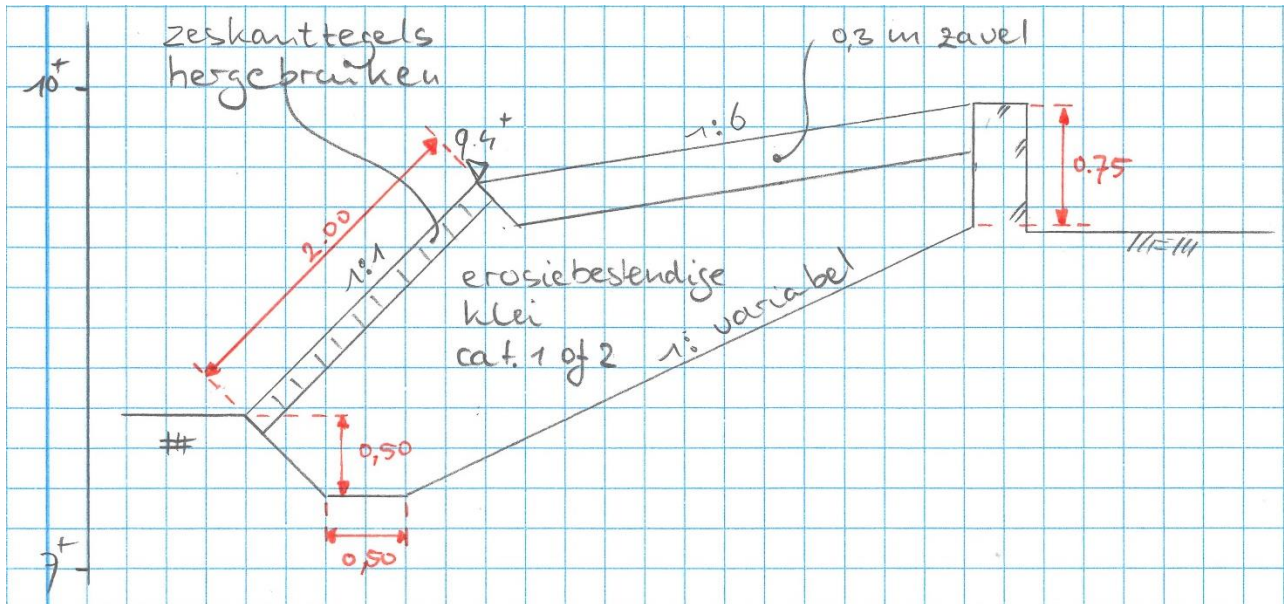
4.6 Ontwerp

Er zijn twee voor de hand liggende opties voor een robuust dijkontwerp dat aan de eisen voldoet. De minimale kruinhoogte (HBN) voor een overslag van $q = 1$ l/s/m en het zichtjaar 2075 bedraagt NAP +9,56 m (zie bijlage ???). In het navolgende wordt dit toegelicht en in Bijlage I zijn de tekeningen opgenomen.

4.6.1 1 op 1, steendikte 15 cm zonder filterlaag

Ten eerste kan ervoor worden gekozen om voor het talud dezelfde helling aan te houden als in de huidige situatie (1:1). In dat geval is het zaak om een kleilaag aan te brengen die voor voldoende sterkte zorgt in het geval de steenbekleding faalt. Op deze manier is het niet noodzakelijk om een stabiele beoordeling uit Steentoets voor de bekleding te krijgen. Een schets van dit ontwerp is weergegeven in Figuur 6.

De kleilaag dient minimaal 0,7 m dik te zijn om te voldoen aan de ontwerp eis met een toeslag op de golfhoogte van 10%. Uit praktische overwegingen (vanwege toleranties in de uitvoering, breedte van het kielspit en grondverzet) wordt een laagdikte variërend van 0,75 m tot 1,25 m geadviseerd.

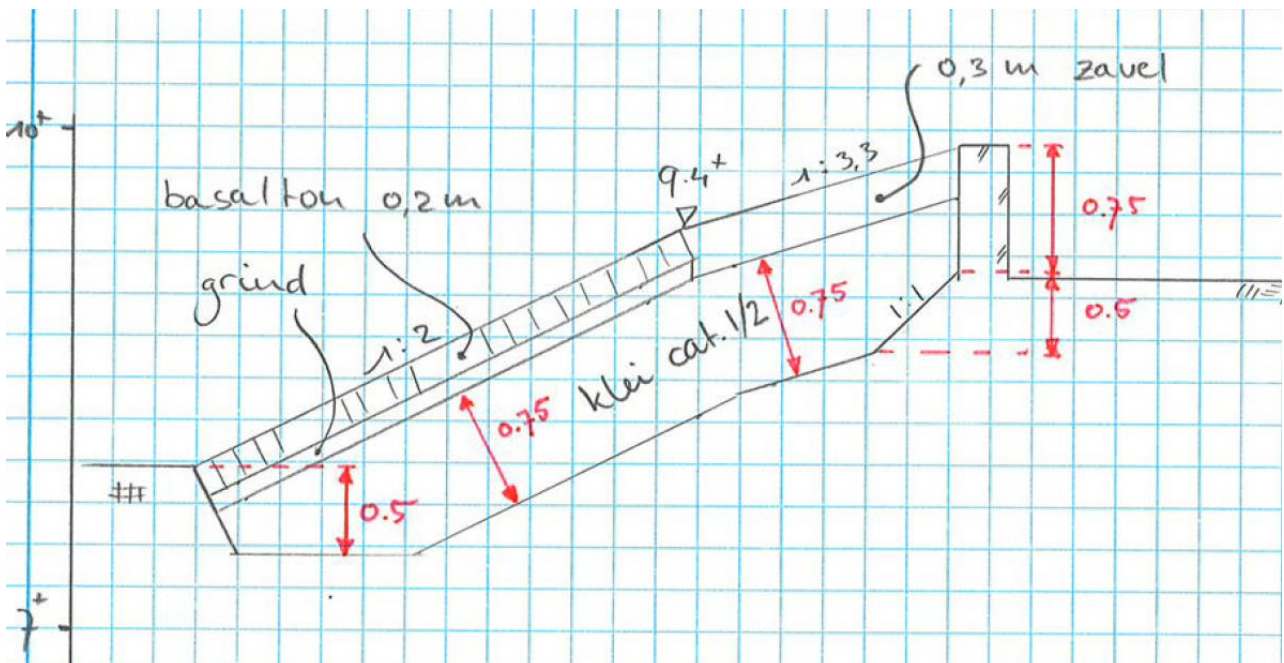


Figuur 6 Schets profiel ontwerp dikkere kleilaag (zonder teenconstructie).

4.6.2 1 op 2, steendikte 20 cm met 10 cm filterlaag

De tweede optie is het verflauwen van de taludhelling, maar de steenbekleding voldoet pas in Steentoets bij een helling van 1:2.5. Wanneer dit zou worden toegepast is er minder klei nodig onder de steenbekleding. Echter het ruimtebeslag van een 1:2,5 talud is te groot en daarom is ervoor gekozen om een helling van 1:2 door te rekenen. Deze helling voldoet niet aan Steentoets maar is wel significant minder steil dan de huidige situatie en behoeft daarom een minder dikke kleilaag. Een schets van dit ontwerp is weergegeven in Figuur 7.

De kleilaag dient minimaal 0,35 m dik te zijn om te voldoen aan de toepassingsvoorwaarde dikte kleilaag groter dan halve golfhoogte. Uit praktische overwegingen (vanwege toleranties in de uitvoering, breedte van het kielspit en macrostabiliteit) wordt een minimale laagdikte van 0,75 m geadviseerd.



Figuur 7 Schets profiel ontwerp flauwer talud (zonder teenconstructie).

4.6.3 Filterlaag

Onder een steenzetting is een filter laag wenselijk. Voor het steile 1:1 talud is het praktischer om de stenen en het geotextiel rechtstreeks op de kleilaag te plaatsen, omdat granulair filtermateriaal bij het aanbrengen de helling af rolt en de steenbekleding bijna steen per steen handmatig aangebracht zou moeten worden.

Voor het 1:2 talud wordt een filterlaag van grind of gebroken steen geadviseerd met een zo hoog mogelijk haakweerstand. Bij een te lage haakweerstand zal ook bij een 1:2 helling het filtermateriaal naar beneden rollen bij het aanbrengen.

4.6.4 Teenconstructie

Het gewicht van steenbekledingen wordt normaliter via schuifweerstand afgedragen aan de ondergrond. Naarmate het talud steiler is, is de krachtsafdracht minder en dit effect kan versterkt worden door golfslag, die de bekleding "optilt". Daarom is vooral bij steile taluds, zoals hier aanwezig in Zutphen, een goede teenconstructie nodig. Bijvoorbeeld een in het werk gemaakte sloof van stampbeton (trapeziumvormig) of een betonband (0,25*0,5 m), met aan één zijde een schuine kant onder 1:1 dan wel 2:1.

De kracht die de teenconstructie moet opnemen is slechts enkele kilo Newton per strekkende meter onder dezelfde hoek als het talud (zie Bijlage H).

4.6.5 Macrostabieliteit

In D-Geo Stability zijn de twee ontwerpen doorgerekend op glijvlakken volgens het Bishop, Spencer en UpliftVan model. De resultaten van de maatgevende glijvlakken en veiligheidsfactoren zijn te vinden in Bijlage B.

Conclusie: de macrostabieliteit voldoet ruim.

4.7 Review

Het waterschap heeft een review aangevraagd op de nadere veiligheidsanalyse. De review is opgenomen in Bijlage L. Voornaamste aandachtspunt was de aanpassing van de hydraulische randvoorwaarden. Deze zijn aangepast in de eindrapportage. Overige detailopmerkingen zijn verwerkt, tenzij anders is aangegeven in Bijlage L.

4.8 Kosten

De totale kosten van de varianten zijn geraamd op circa 1,5 ton (variant 1:1) en circa 2 ton (variant 1:2), inclusief opslagen voor risico's, engineering, bijkomende kosten en BTW. De SSK-ramingen zijn opgenomen in Bijlage J.

5 RESULTATEN HAVENSTRAAT

Stroomafwaarts van het IJsselpaviljoen na de spoorbrug is een “tijdelijke” dijk ter hoogte van het voormalig NS-emplacement aangebracht. Het ontwerp van deze dijk is toegevoegd in Bijlage E. Op dit ontwerp is te zien dat het buitentalud een helling van 1:2,5 heeft. De steenbekleding is vergelijkbaar met die voor het IJsselpaviljoen en door de helling aannemelijk stabiel te beoordelen door Steentoets. Daarnaast ligt de kruin hoger dan die bij het IJsselpaviljoen, namelijk op NAP +10,50 m, terwijl de waterstand lager is doordat de locatie stroomafwaarts ligt.

Geconcludeerd wordt dat de dijk ter hoogte van het voormalig emplacement aan de eisen vanuit het WBI2017 voldoet.

6 CONCLUSIE

De nadere analyse veiligheid wijst uit dat de steenbekleding niet voldoet.

In het ontwerptraject voor de dijkaanpassing blijkt dat een steenbekleding met een helling steiler dan circa 1:2,5 lastig te berekenen is, omdat Steentoets een onnauwkeurige uitkomst geeft. Daarom is in overleg met het Adviesteam Dijkontwerp een alternatieve wijze gezocht voor het vaststellen van de dikte van de kleilaag voor het leveren van de benodigde sterkte. Deze dikte bedraagt 0,7 m bij een 1:1 talud en 0,35 m bij een 1:2 talud, maar om praktische redenen wordt een anderhalve tot tweemaal zo grote dikte geadviseerd.

Nieuw inzicht is dat, ondanks de hogere golfhoogte (volgens Riskeer, alsmede Hydra-NL en dus het OI2014 ten opzichte van de derde toetsronde), er een beperkt overstromingsrisico is; Direct achter de dijk zal van grootschalige overstroming geen sprake zijn vanwege de relatief hoge ligging van het achterland direct achter de dijk. Er zal wel sprake zijn van materiële schade en overlast direct achter de dijk. Wanneer bij het falen van de dijk water naar bijvoorbeeld de lager gelegen zuidwijken stroomt kan dit leiden tot overstroming.

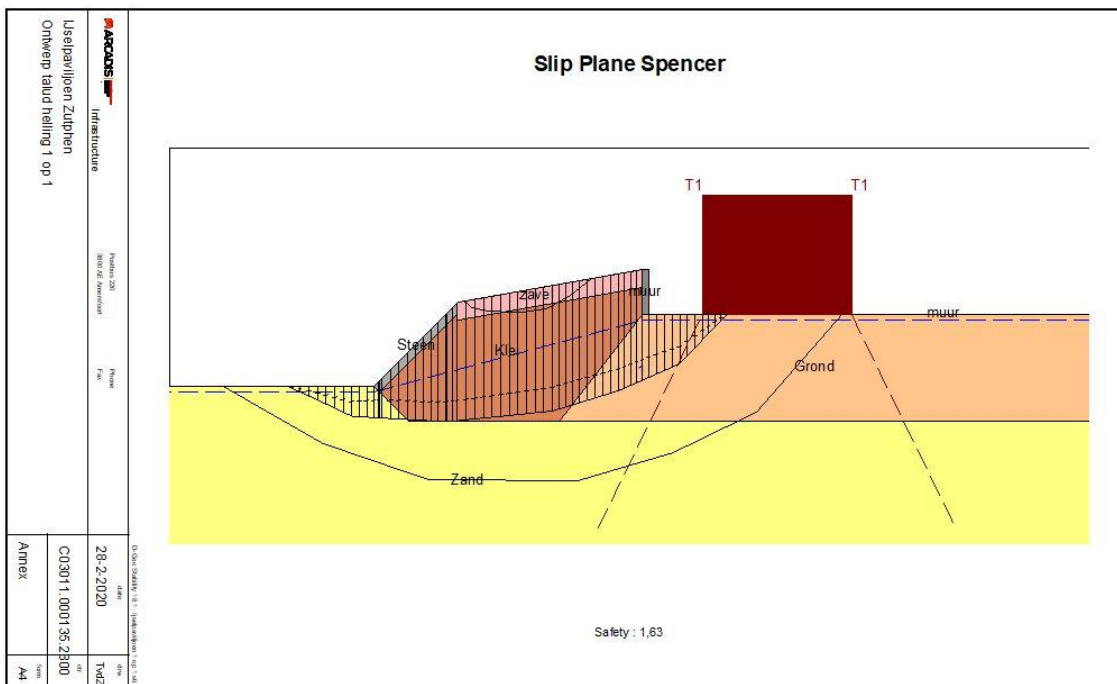
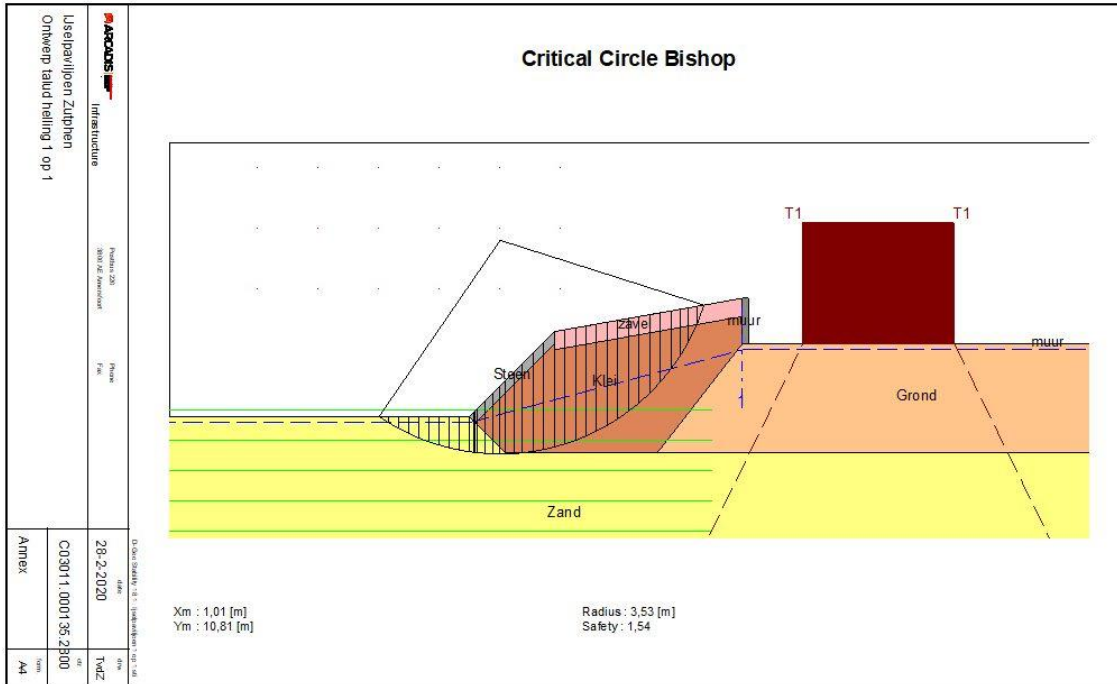
Er is een beperkt overstromingsrisico, waardoor een versterking wellicht niet de meest doelmatige (op basis van financiën) maatregel is. Met een LCC benadering kan de doelmatigheid van versterking versus bijvoorbeeld herstellen na falen in beeld gebracht worden. Als ook de omgevingsaspecten in beeld zijn kan het waterschap een besluit nemen omtrent de dijkversterking.

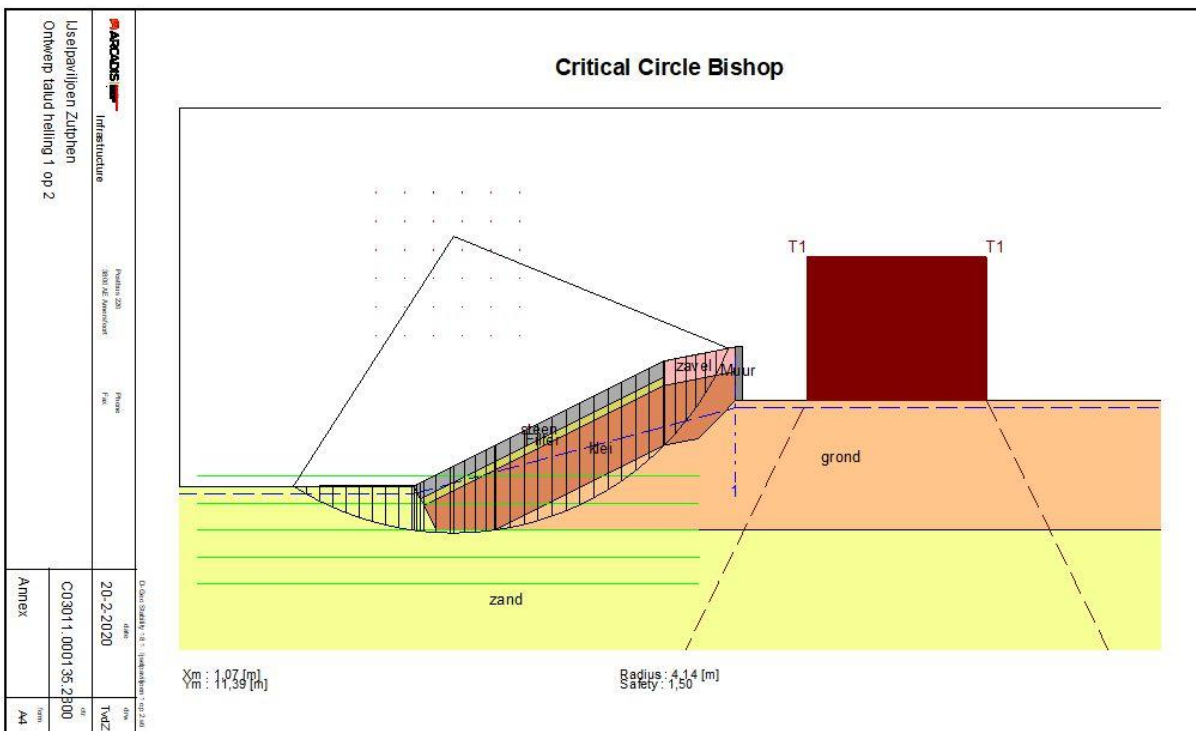
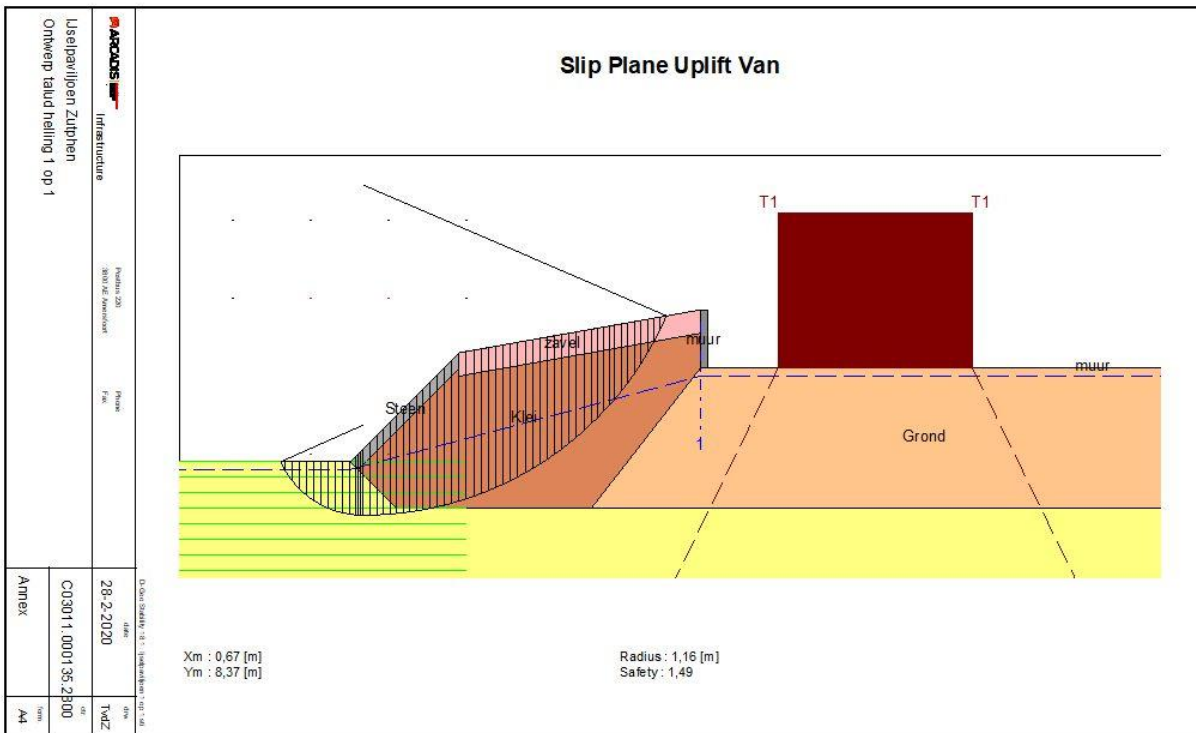
Bij de Havenstraat kan de huidige bekleding gehandhaafd blijven.

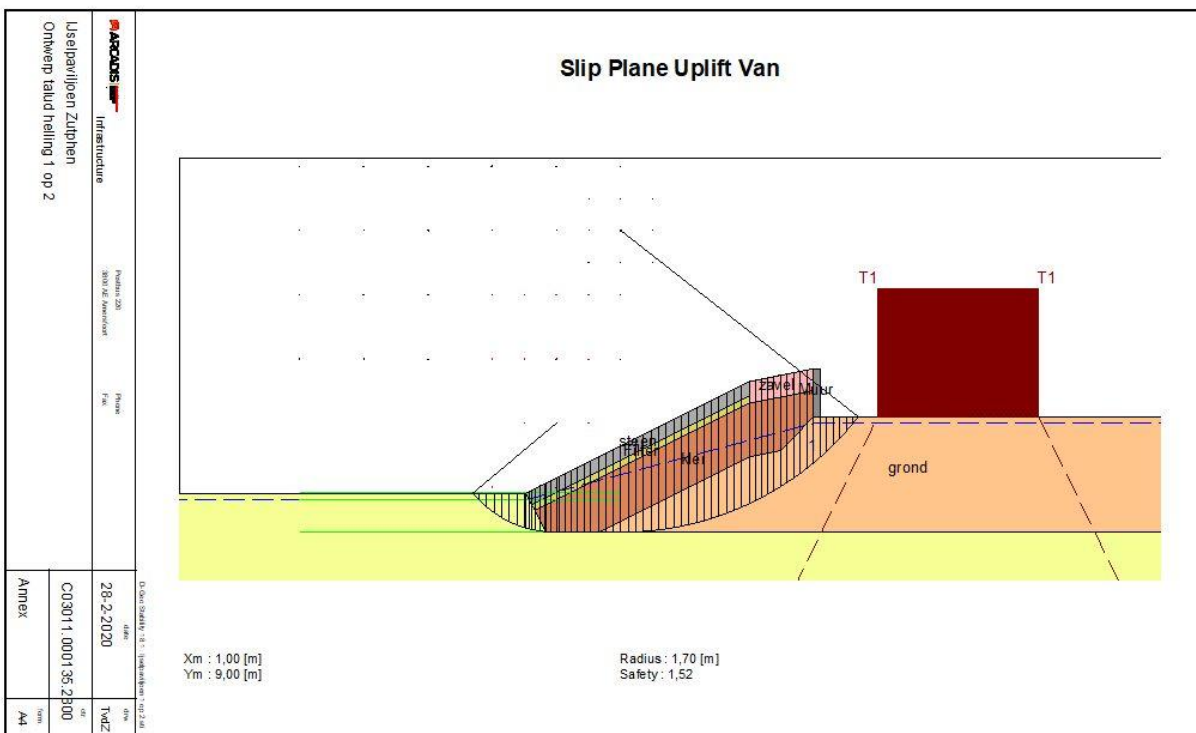
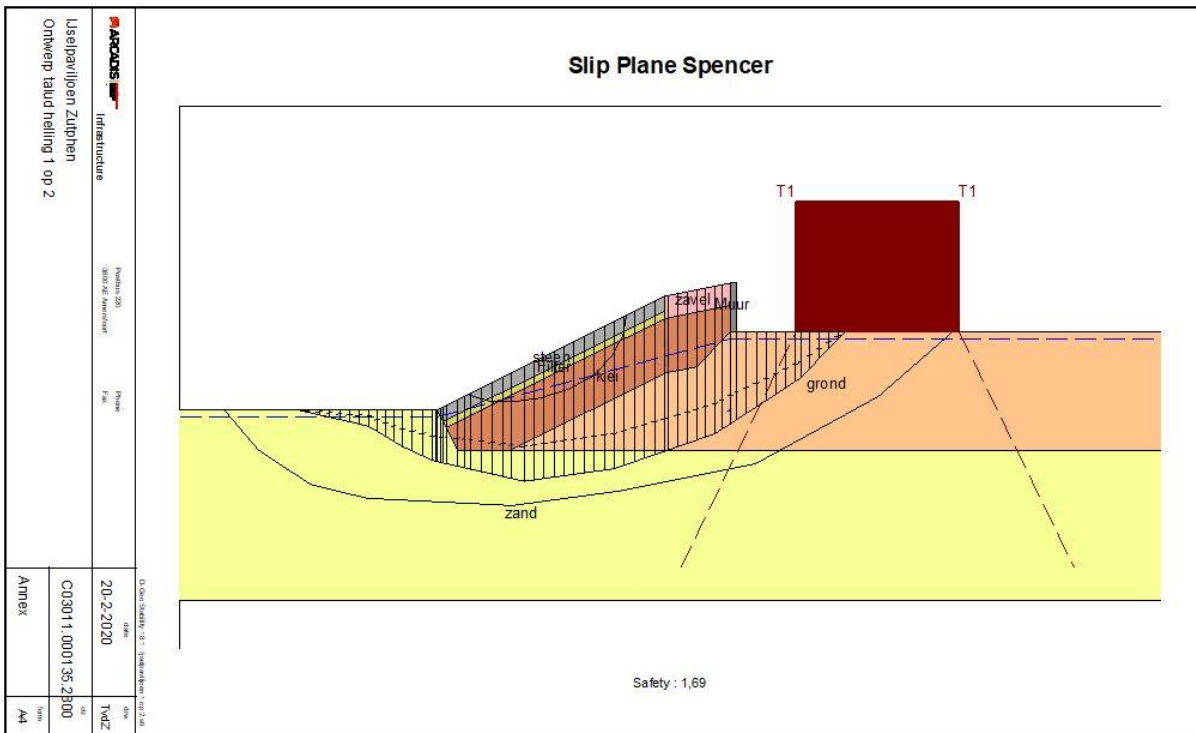
BIJLAGE A STEENTOETS

STEENTOETS versie 19.1		richting		voorland		type		HYDRAULISCHE RANDVOORWAARDE				STABILITEIT TOPLAAG			EINDScore	EINDOORDEEL	Waarschuwingen
toer?	ten rivieren	vlak-	normaal	niveau	helling	toplaag	onderlagen	maatgevend	Benedenrivieren dg 1-2		$\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$	toetsing op golven	stroming	dikte-	STEENTOETS		
	am van dijkvak	nummer	op dijk	bij teen		(filter, geote	waterstand	H_{no}	T_p	$H_{no}/\Delta D$	Score		overschot				
		[gr tov N]	[m NAP]	$\tan \alpha_{bodem}$		tiel, klei, etc	[m+NAP]	[m]	[s]	[-]		[m]					
	Zuthphen	1	250	7,48	0,03	27,1	ge kl	8,28	0,44	2,95	7,02	Niet stabiel	Stabiel	-0,09	Stabiel	Stabiel	
		2	250			27,1	ge kl	8,63	0,49	2,69	2,65	Niet stabiel	Stabiel	-0,06	erder beoordele	Niet stabiel	Onnauwkeurig resultaat: talud is te steil.
		3	250			20	ge kl					?	?	?	?	?	Dit type toplaag kan niet met Steentoets doorgerekend worden.
	Zuthphen2	1	250	7,48	0,03	27,1	ge kl	8,28	0,44	2,95	7,02	Niet stabiel	Stabiel	-0,07	Stabiel	Stabiel	
		2	250			27,1	ge kl	8,68	0,48	2,64	2,59	Stabiel	Stabiel	0,00	Stabiel	Stabiel	
		3	250			20	ge kl					?	?	?	?	?	Controleer de stabiliteit van de teen. Dit type toplaag kan niet met Steentoets doorgerekend worden.
	Zuthphen3	1	250	7,48	0,03	27,1	ge kl	8,28	0,44	2,95	7,02	Niet stabiel	Stabiel	-0,09	Stabiel	Stabiel	
		2	250			27,8	ge kl	8,63	0,49	2,69	2,65	Niet stabiel	Stabiel	-0,07	erder beoordele	Niet stabiel	Onnauwkeurig resultaat: talud is te steil.
		3	250			20	ge kl					?	?	?	?	?	Dit type toplaag kan niet met Steentoets doorgerekend worden.

BIJLAGE B D-GEO STABILITY







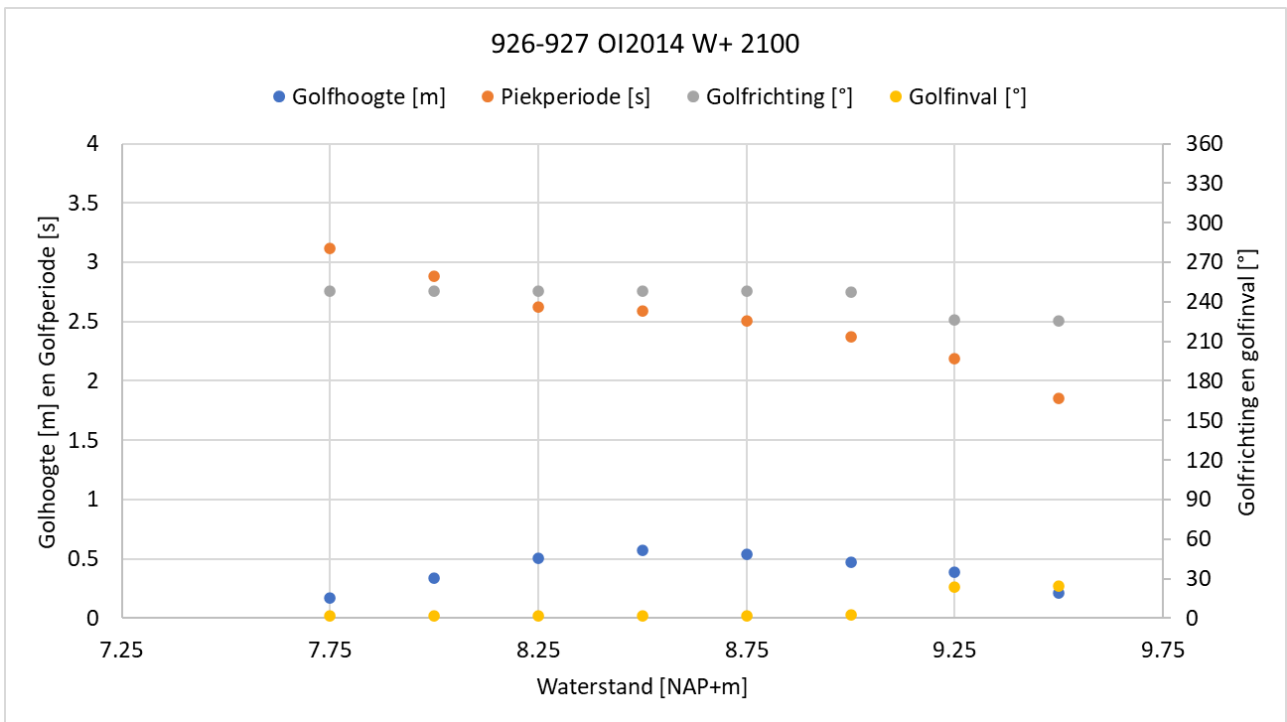
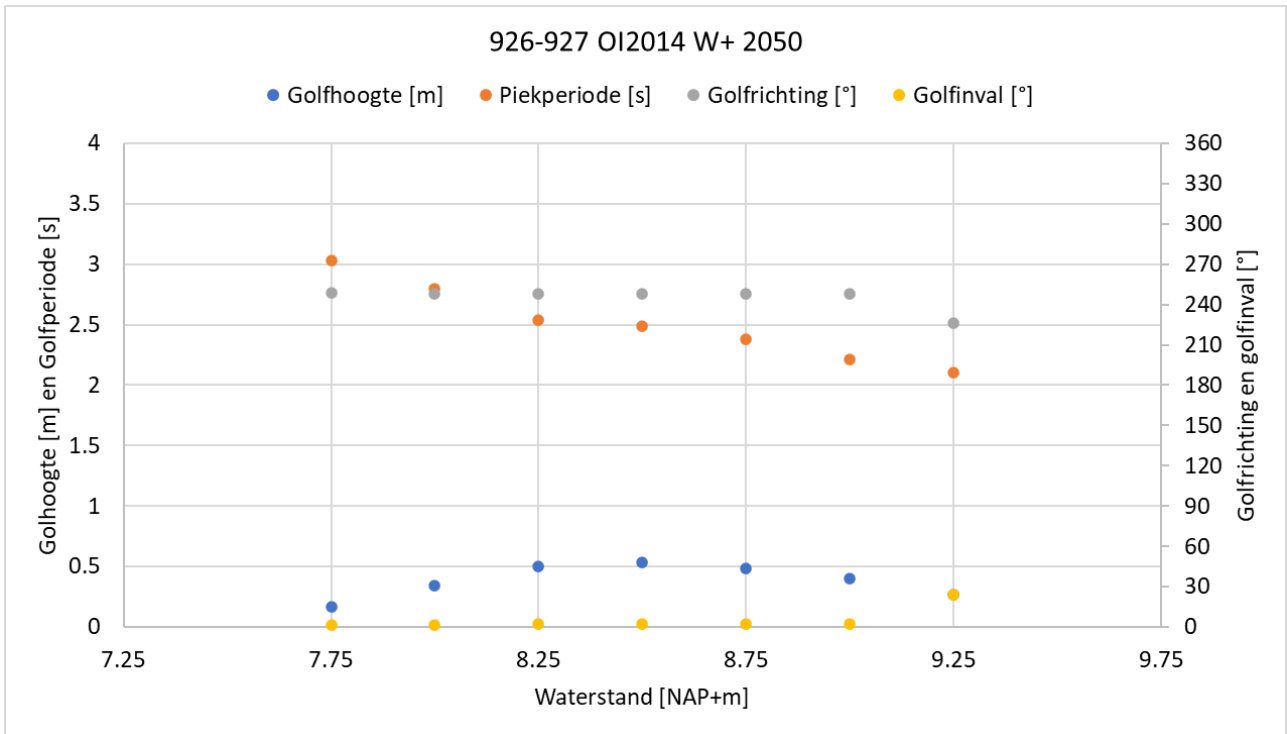
BIJLAGE C HYDRA-NL

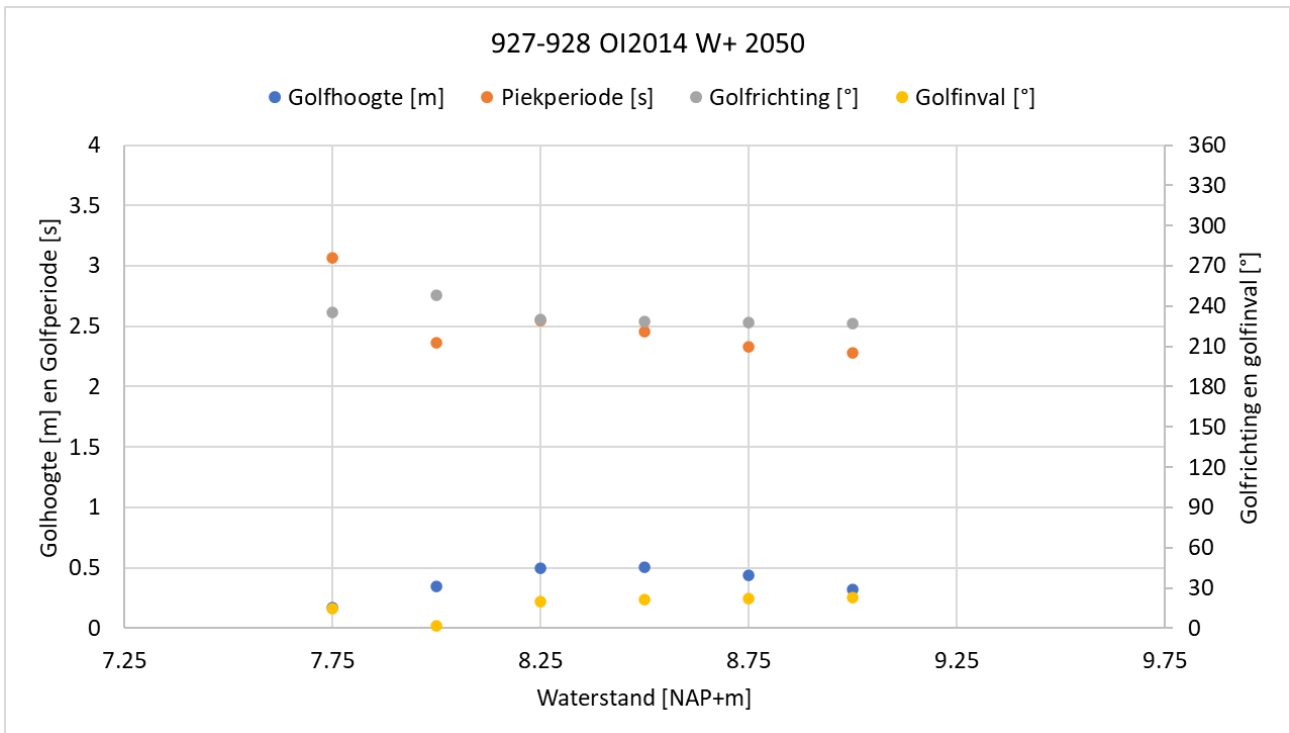
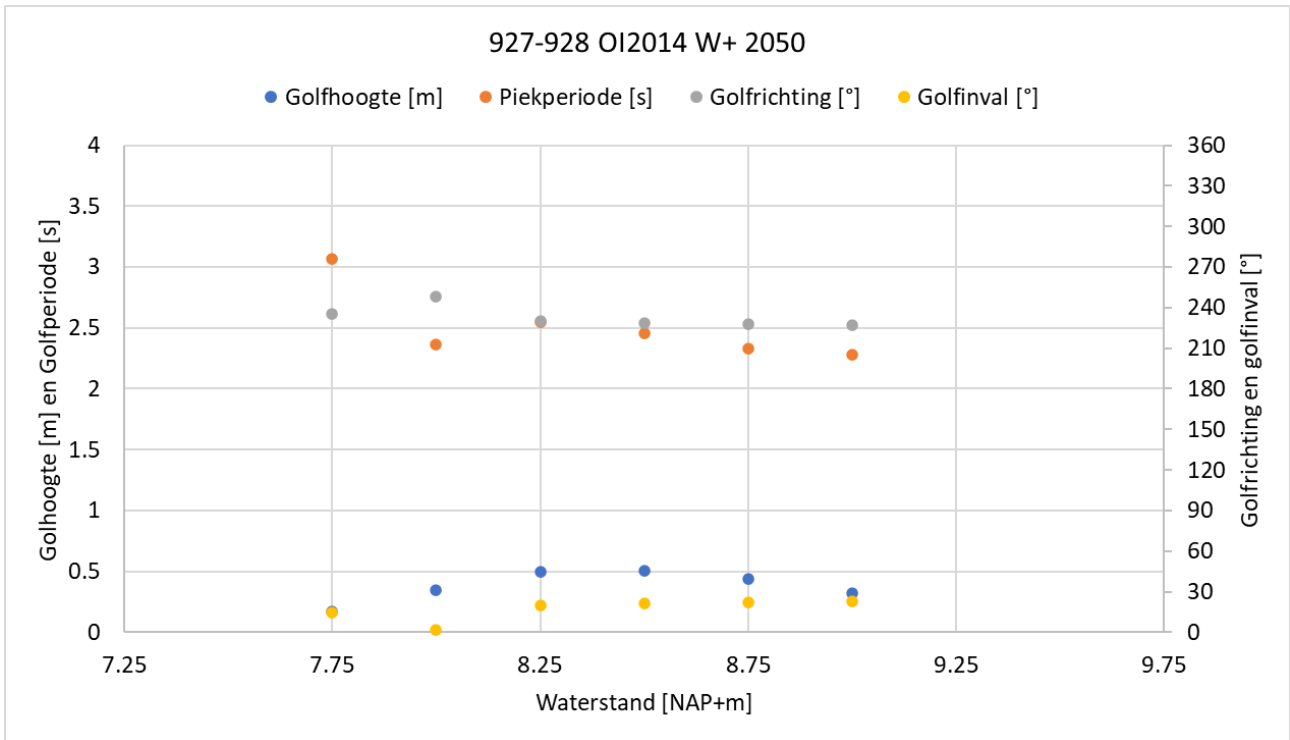
De bepaling van de waterstand ter plaatse van het IJsselpaviljoen is weergegeven in onderstaande tabel.

locatie	2050 T=1000 (m +NAP)	2100 T=1000 (m +NAP)	2075 T=1000 (m +NAP)	2050 T=3000 (m +NAP)	2100 T=3000 (m +NAP)	2075 T=3000 (m +NAP)
926/927	9,423	9,572		9,552	9,721	
927/928	9,256	9,395		9,369	9,523	
928+300 m	9,24	9,38	9,31	9,36	9,51	9,43

Onderstaand een voorbeeldberekening voor bepaling van de golfbelasting.

Hydra-NL	Versienummer: 2.7.1	november 2019
Naam gebruiker		= baronvand
Gebruikersmodus		= Ontwerpen
Datum berekening		= 25-06-2020 10:43:33
Invoerdatabase		= DPa Riv Rijn oever 2015_ref_S10_DM1p1p2_v02.sqlite
Locatie		= Dkr 50 IJssel km 926-927 Locatie 9_210136_460752
X-coördinaat		= 210136 (m)
Y-coördinaat		= 460752 (m)
De golfparameters uit de database zijn in de berekening gebruikt.		
De piekperiode uit de database is gebruikt.		
Profiel		= IJsselpaviljoen 1.prfl
Uitwendige dijknormaal		= 250.00 (°N)
Voorlandprofielcoördinaten		
Afstand	Hoogte	
(m)	(m+NAP)	
-22.03	6.91	
-6.41	7.48	
Berekeningstype		= Golfcondities bekleding
Waterstandsniveau		= 7.50 (m+NAP)
Type bekleding		= Steenzetting betonzulen (normale golfsteilheid)
Invloedscoëfficiënt golfhoogte (parameter a)		= 1.0000 (-)
Invloedscoëfficiënt golfperiode (parameter b)		= 0.4000 (-)
Type reductiefactor golfinvalshoek		= Cosinusfunctie
Invloedscoëfficiënt golfinvalshoek (parameter c)		= 0.8000 (-)
Berekening met statistische onzekerheid.		
Berekening met onzekerheid in de waterstand, golfhoogte én golfperioden.		
De parameterwaarden van de modelonzekerheid zijn uit de database afkomstig.		
Verwachtingswaarde onzekerheid waterstand		= 0.00 (m)
Standaarddeviatie onzekerheid waterstand		= 0.20 (m)
Aantal gebruikte waarden onzekerheid waterstand		= 7
Verwachtingswaarde voor onzekerheid golfhoogte		= 0.96 (-)
Standaarddeviatie voor onzekerheid golfhoogte		= 0.27 (-)
Aantal gebruikte waarden onzekerheid golfhoogte		= 5
Verwachtingswaarde onzekerheid spectrale golfperiode		= 1.03 (-)
Standaarddeviatie onzekerheid spectrale golfperiode		= 0.13 (-)
Verwachtingswaarde voor onzekerheid piekperiode		= 1.03 (-)
Standaarddeviatie voor onzekerheid piekperiode		= 0.13 (-)
Aantal gebruikte waarden onzekerheden golfperioden		= 5
Deze berekening is gemaakt voor het scenario W+ voor 2100		
en de afvoergolven worden afgetopt boven de afvoer 18000 m³/s.		
Deze berekening is uitgevoerd met statistische gegevens van de Rijn		
Berekende golfcondities bekleding bij opgegeven terugkeertijden:		
Frequentie	Sterkte	Hm0,teen Tp,teen golfst. golfr. golfinv
(1/jaar)	(-)	(m) (s) (-) (graden) (graden)
1/ 1000	0.01	(Geëxtrapoleerd)
1/ 3000	0.01	(Geëxtrapoleerd)
1/ 133333	0.01	(Geëxtrapoleerd)
Waarschuwing		
U heeft één of meer terugkeertijden gekozen groter dan 100000 jaar.		
Voor deze terugkeertijden zijn de berekeningsresultaten minder betrouwbaar.		
Strikt genomen moet het bereik van de basisstochasten opgerekt worden.		





BIJLAGE D VELDONDERZOEK

Eerste taludboring

Zeskantsteen ontbreekt op de foto maar hoort van cm 0 tot 15 te liggen.



Tabel 2 Gegevens van de eerste taludboring.

Van (cm)	Tot (cm)	M63 (μm)	Lutum (%)	Silt (%)	O.S. (%)	Kleur	Opmerking
0	15					gr	Zeskantsteen
15	16	250				gr	Straatzand
16	16			5			Geotextiel
16	80		20			lbr	Stevig, cat.3
80	115	160	6		3	dbr	puinhoudend

M63 = Mediane korrelgrootte van de fractie > 63 μm

O.S. = Organische stof

Tweede taludboring

Inclusief zeskantsteen, in deze boring is geen klei aangetroffen.



Tabel 3 Gegevens van de tweede taludboring.

Van (cm)	Tot (cm)	M63 (μm)	Lutum (%)	Silt (%)	O.S. (%)	Kleur	Opmerking
0	15					gr	Zeskantsteen
15	18	250		5		gr	straatwand
Geotextiel half aanwezig							
18	75	160	6		3	lbr	Puinhoudend
75	115	300		5			

M63 = Mediane korrelgrootte van de fractie > 63 μm

O.S. = Organische stof

Derde taludboring



Tabel 4 Gegevens van de derde taludboring.

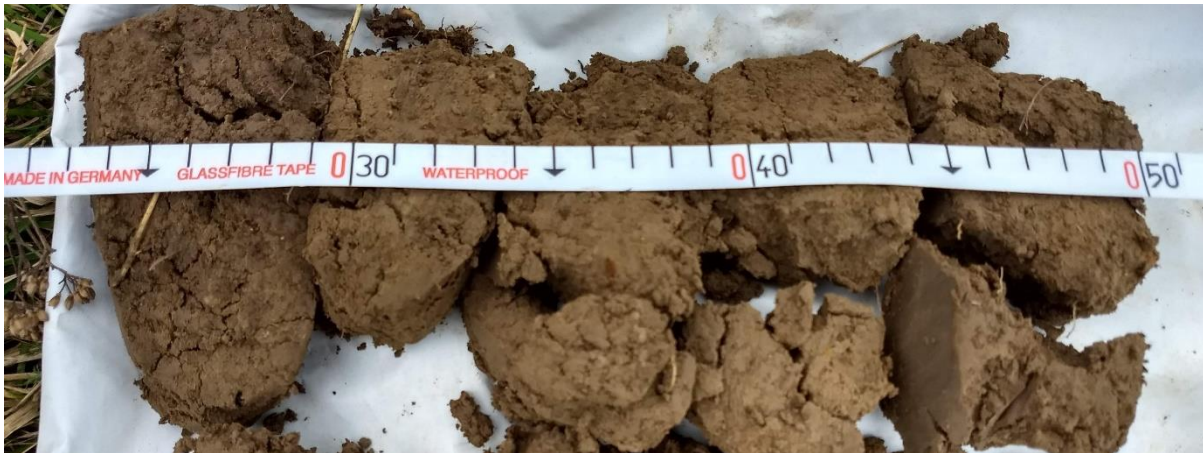
Van (cm)	Tot (cm)	M63 (μm)	Lutum (%)	Silt (%)	O.S. (%)	Kleur	Opmerking
0	15					gr	Zeskantsteen
15	19	250		5		gr	Straatzand
Geotextiel afwezig							
19	75		20			lbr	Stevig
80	100	160	5			dbr	puinhoudend

M63 = Mediane korrelgrootte van de fractie > 63 μm

O.S. = Organische stof

Kruinboring

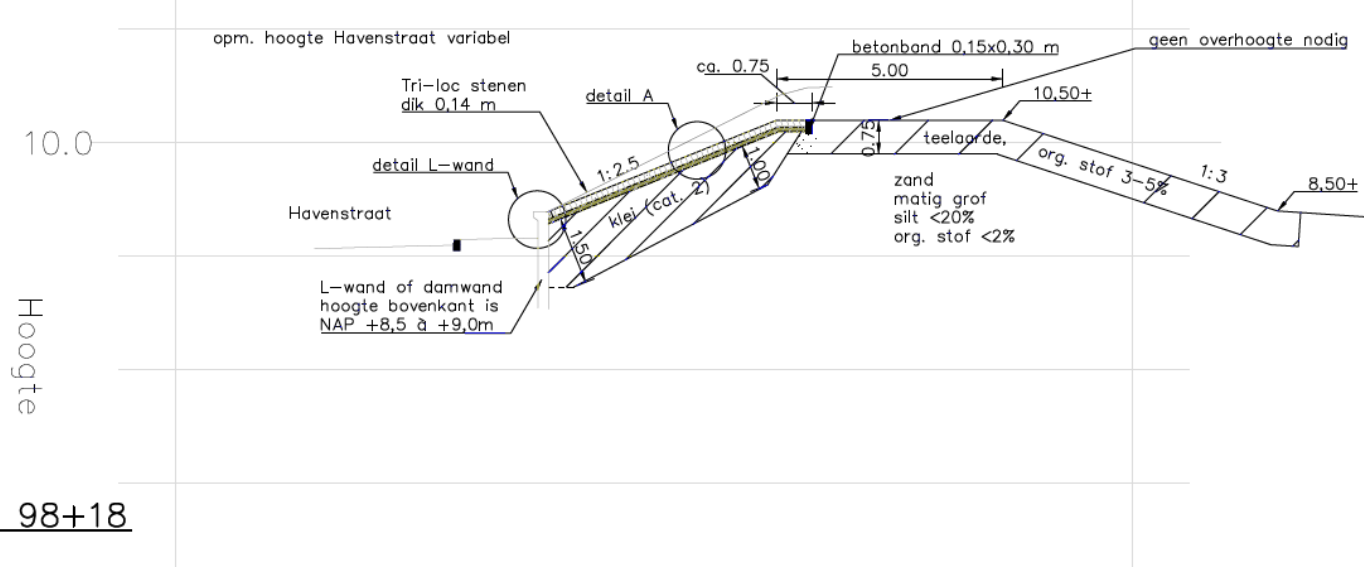
Op de kruin bestaat de toplaag uit gras en niet uit zeskantstenen.



BIJLAGE E ONTWERP TIJDELIJK EMPLACEMENT HAVENSTRAAT

principeprofiel 98+18

schaal 1:100



BIJLAGE F WAARDES HYDRA-R GEBRUIKT BIJ DERDE TOETSRONDE

Tabel 5 Gegevens gebruikt bij derde toetsronde.

Naam dijkprofiel	Locatiennaam	Bestaande dijkhoogte [m+NAP]	Dijknormaal [°]	Waterstand [m+NAP]	Effectieve strijklengte [m]	Golfhoogte [m]	Golf(piek)periode [s]	Benodigde kruinhoogte [m+NAP]	benodigde waakhoogte
dp 85+60	Dkr 50 IJssel km 927-928 Locatie 2_210124_461046	10,3	251	9,47	1228	0,31	2,13	10,13	0,65
dp 99+50	Dkr 50 IJssel km 928-929 Locatie 3_209852_462146	9,9	256	9,21	1082	0,28	2,03	9,9	0,69
dp 100	Dkr 50 IJssel km 928-929 Locatie 4_209834_462244	9,89	257	9,21	1060	0,28	2,03	9,73	0,52
dp 101	Dkr 50 IJssel km 928-929 Locatie 5_209816_462343	9,84	260	9,19	1086	0,28	2,05	9,71	0,52

BIJLAGE G MEMO ADVIESTEAM DIJKONTWERP

Door het waterschap is een beroep gedaan op het Adviesteam Dijkontwerp voor het opstellen van een pragmatische ontwerpmethode voor steenzettingen. In het memo, dat in deze bijlage is opgenomen, van 1 april 2020 licht het adviesteam de voorgestelde methode toe.

MEMO

Van Adviesteam Dijkontwerp

Aan Marius Palsma, Waterschap Rijn en IJssel
Door Mark Klein Breteler
Betrokken Alfons Smale
Review Bob van Bree
Kopie aan -
Datum 01-04-2020
Versie 1
Onderwerp 36 – Omgaan met het mechanisme ‘afschuiving’ bij steenzettingen met steil talud in het rivierengebied

1 Aanleiding en vraag

Het waterschap Rijn en IJssel heeft een aantal dijken in beheer met een steenzetting op een vrij steil talud. De bekledingen zijn wisselend van type, namelijk: Basalton, koperslakblokken en zeskanttegels. De betreffende steenbekledingen laten in de praktijk een goed gedrag zien (geen schades na hoogwater).

Echter, bij de beoordeling van dergelijke dijkstaluds ontstaat het probleem dat er door Steentoets wordt doorverwezen naar een Toets op Maat. Dit komt omdat het mechanisme ‘afschuiving’ in Steentoets kan worden beoordeeld tot een taludhelling van 1:2,5. Is het talud steiler, dan kan er in de gedetailleerde beoordeling geen oordeel gegeven worden. Een vergelijkbaar probleem doet zich voor bij het ontwerpen van steenzettingen met een steil talud.

Het waterschap wil graag op een pragmatische manier omgaan met het hier geschetste probleem door bijvoorbeeld aan te tonen dat er sprake is van voldoende reststerkte. Hierbij speelt op de achtergrond het probleem dat het WBI geen extra reststerkte lijkt toe te kennen aan kleilagen die dikker zijn dan 0,5 m (SH Grasbekledingen §6.5.8).

Het voorstel van het waterschap is om de golfbelastingen uit Hydra-NL (dus conform OI2014) te combineren met een tabel met reststerkte van de kleilaag, zoals tabel 8-2.1 uit het VTV2006. De vraag van het waterschap is of met deze werkwijze ingestemd kan worden of dat er eventueel een alternatieve pragmatische methode beschikbaar is.

2 Antwoord op hoofdlijnen

In het overleg van 25 maart 2020 tussen het waterschap en het Adviesteam is aangegeven dat er inderdaad een alternatieve, pragmatische methode kan worden opgesteld. De door het waterschap voorgestelde aanpak, namelijk het meewegen van de reststerkte van de kleilaag, wordt hierbij niet opgevolgd. In het rivierengebied zijn de golven doorgaans vrij klein, terwijl er vaak een naar verhouding flinke kleilaag aanwezig is. In die gevallen is er eigenlijk geen risico op afschuiving als de steenzetting een voldoende stabiele teenconstructie heeft.

In deze memo is een eenvoudige rekenregel met enkele aanvullende criteria gegeven op basis waarvan vastgesteld kan worden of een steenzetting met een steil talud voor wat betreft het mechanisme ‘afschuiving’ goedgekeurd kan worden. Dit kan toegepast worden als eerste filter in een Toets op Maat.

Deze rekenregel met aanvullende criteria is met name bedoeld voor dijken in het rivierengebied van het waterschap Rijn en IJssel. Ze kunnen gebruikt worden voor het beoordelen van bestaande dijken en voor het ontwerpen van renovaties, waarbij aanbevolen wordt om in het ontwerp een marge aan te houden om te voorkomen dat de bekleding voor dit mechanisme vroegtijdig wordt afgekeurd bij een toekomstige beoordeling.

De achtergronden bij de voorgestelde criteria zijn vermeld in de bijlage.

3 Rekenregel en aanvullende criteria voor het beoordelen van het mechanisme afschuiving bij steile taluds

3.1 Introductie

Steenzettingen met een steil talud hebben een taludhelling die steiler is dan 1:2,5. Specifiek voor het beoordelen van het mechanisme 'afschuiving' van dat soort taluds is er een eenvoudige rekenregel afgeleid om te zien of de verhouding tussen de golfcondities en de sterkte van het talud zodanig is dat er op eenvoudige wijze een oordeel gegeven kan worden. Dit geldt als eerste filter in de Toets op Maat.

Deze rekenregel volgt het bekende principe dat de sterkte groter moet zijn dan de belasting vermenigvuldigd met een veiligheidsfactor:

$$R > \gamma_a S$$

Met:

- R = sterkteparameter ten aanzien van het mechanisme afschuiving (m)
- S = belastingparameter ten aanzien van het mechanisme 'afschuiving' (m)
- γ_a = veiligheidscoëfficiënt voor het mechanisme afschuiving als het talud steiler is dan 1:2,5 (-)

3.2 Uitwerking rekenregel

De beoordeling start met het berekenen van de sterkte en de belasting op elk niveau op de steenzetting.

Sterkte

De sterkte bestaat uit het onderwatergewicht van de toplaag per vierkante meter (ΔD) en de dikte van de filterlagen (b_{filter}) en kleilaag (b_{klei}), indien aanwezig:

$$R = \Delta D + b_{klei} + b_{filter} \quad (1.1)$$

Met:

- R = sterkteparameter ten aanzien van het mechanisme afschuiving (m)
- Δ = $(\rho_s - \rho)/\rho$ = relatieve soortelijke massa van de zetstenen in de toplaag van de steenzetting (-)
- ρ_s = soortelijke massa van de stenen in de toplaag van de steenzetting (kg/m^3)
- ρ = soortelijke massa van het water (zoet: 1000 kg/m^3)
- D = toplaagdikte van de steenzetting (zuilhoogte) (m)
- b_{klei} = dikte van de kleilaag, gemeten haaks op het talud (m)
- b_{filter} = dikte van de filterlaag, gemeten haaks op het talud (m)

Belasting

De hydraulische belasting kan berekend worden op basis van de golfcondities per waterstand, die berekend zijn met Riskeer of Hydra-NL. Daarbij wordt voor elke waterstand, met stapgrootte van bijvoorbeeld 0,25 of 0,50 m, het volgende berekend:

$$S = H_{m0} \min \left(1,5; 0,112 \left(\frac{g}{2\pi} T_p^2 \frac{\tan \alpha}{H_{m0}} \right)^{0,8} \right) - (1 - 1,19 \tan \alpha) D_{15\text{zand}} \sqrt{\frac{T_p}{\tau}} \quad (1.2)$$

Met:

S = belastingparameter ten aanzien van het mechanisme 'afschuiving' (m)

α = taludhelling ($^\circ$)

H_{m0} = significante golfhoogte bij de teen van de dijk (m)

T_p = golfperiode bij de piek van het spectrum (s)

g = versnelling van de zwaartekracht (m/s²)

τ = constante = $5,62 \cdot 10^{-7}$ s

$D_{15\text{zand}}$ = Korrelgrootte van het zand onder de filterlaag/kleilaag die door 15% op basis van gewicht wordt onderschreven (m)

Als de korrelgrootte van het zand niet bekend is, dan mag gerekend worden met $D_{15\text{zand}} = 0,1$ mm.

Veiligheidscoëfficiënt

Voor de beoordeling moet verder de volgende veiligheidscoëfficiënt aangehouden worden als het talud steiler is dan 1:2,5:

- als er een kleilaag van tenminste 50 cm is: $\gamma_a = 1,2$ (1.3)

- als er geen kleilaag is, of deze is minder dik dan 50 cm:

$$\gamma_a = \max \left(1; \min \left(2; 3,5 - \frac{1}{\tan \alpha} \right) \right) \quad (1.4)$$

Met:

γ_a = veiligheidscoëfficiënt voor het mechanisme afschuiving als het talud steiler is dan 1:2,5 (-)

3.3 Beoordeling op basis van rekenregel en aanvullende criteria

De steenzetting voldoet ten aanzien van het mechanisme afschuiving als voor elk niveau op de steenzetting geldt dat $R > \gamma_a S$. Als toepassingsvoorwaarde geldt dat de taludhelling niet steiler mag zijn dan 1:1 ($\tan \alpha \leq 1,0$).

Tevens moeten alle volgende criteria gelden:

- Als er geen kleilaag is, dan moet de filterlaag tenminste een dikte hebben gelijk aan de halve golfhoogte: $b_{\text{filter}} > 0,5H_{m0}$
- De teenconstructie moet in staat zijn om de gewichtsc component van de toplaag van de steenzetting langs het talud te weerstaan, waarbij een zone tussen de waterlijn en $0,5H_{m0}$ eronder geen wrijving heeft met de ondergrond en de rest van de steenzetting een wrijving heeft met een wrijvingsquotiënt van 0,5. In geval van een kleilaag moet de teenconstructie ook beoordeeld worden voor het geval het afschuifvlak tussen de klei en het onderliggende zand zit, rekening houdend met de waterdruk onder de kleilaag en de wrijving over het hele schuifvlak.
- Er mag geen zandscheg in de dijkopbouw aanwezig zijn
- Als er een hoge freatische lijn te verwachten is in de dijk, bijvoorbeeld omdat de dijk op het niveau van de normwaterstand tientallen meters breed is¹, dan moet de kleilaag tenminste een dikte hebben gelijk aan de halve golfhoogte: $b_{\text{klei}} \geq 0,5H_{m0}$

Verder geldt dat ook alle andere mechanismen, zoals macro-instabiliteit buitenwaarts, beoordeeld moeten worden.

¹ Als de dijk erg breed is, is er minder afstroming richting het achterland en kan er tijdens hoogwater en extreme regenval een zeer hoge freatische lijn ontwikkelen in de dijk. Maar er zijn ook andere omstandigheden waarbij dit kan optreden. In dat geval is er meer kans op afschuiving tijdens golfneerloop dan wanneer de freatische lijn minder hoog is.

Als hier niet aan wordt voldaan, moet verder gegaan worden met de Toets op Maat.

4 Ontwerp

Aanbevolen wordt om in het ontwerp van te renoveren dijken te voorkomen dat er taluddelen in de dijk zijn met een helling steiler dan 1:2,5. Mocht dit moeilijk te voorkomen zijn, dan kan het beoordelingscriterium uit het vorige hoofdstuk gebruikt worden in het ontwerp met een extra veiligheidsmarge om te voorkomen dat de kleibekleding vroegtijdig in een periodieke beoordeling wordt afgekeurd. Aanbevolen wordt om in het ontwerp te rekenen met een 10% hogere golfhoogte.

Het Adviesteam Dijkontwerp geeft onafhankelijk technisch-inhoudelijk advies aan de alliantie Hoogwaterbescherming over de toepassing van de waterveiligheidsbenadering en nieuwe kennis die hiermee samenhangt. Adviezen van het Adviesteam Dijkontwerp kunnen worden opgevat als collegiaal advies.

Bijlage A: Achtergronden

A.1 Beoordelingsmethode in Steentoets

In Steentoets is een gedetailleerde beoordelingsmethode opgenomen voor taluds die niet steiler zijn dan 1:2,5.

Als maatgevende taludhelling wordt eerst een gewogen gemiddelde berekend in een zone met lengte langs het talud gelijk aan $\max(2; 4(D + b_{\text{klei}} + b_{\text{filter}}))$. Met deze maatgevende taludhelling wordt het volgende berekend:

- $R = \Delta D + b_{\text{klei}} + b_{\text{filter}}$ (1.5)

- als er bij een beoordeling van een bestaande bekleding overal een kleilaag van tenminste 20 cm dik is, of bij het ontwerp van een bekleding de aan te leggen kleilaag tenminste 30 cm dik is: $S = \frac{H_{m0}}{3 \cos \alpha}$ (1.6)

- als er geen kleilaag is (of minder dik dan respectievelijk 20 of 30 cm):

$$S = H_{m0} \min \left(1,5; 0,112 \left(\frac{g}{2\pi} T_p^2 \frac{\tan \alpha}{H_{m0}} \right)^{0,8} \right) - (1 - 1,19 \tan \alpha) D_{15\text{zand}} \sqrt{\frac{T_p}{\tau}} \quad (1.7)$$

Met:

R = sterkteparameter ten aanzien van het mechanisme afschuiving (m)

S_{klei} = belastingparameter ten aanzien van afschuiving als er een kleilaag is (m)

S_{geen klei} = belastingparameter ten aanzien van afschuiving als er geen kleilaag is (m)

De steenzetting voldoet ten aanzien van het mechanisme 'afschuiving' als het volgende geldt:

- taludhelling: $\tan \alpha \leq 0,40$
- geen zandscheg
- $R > S$ (1.8)

A.2 Uitbreiding van de methode voor steile taluds

De beoordelingsmethode voor steenzettingen met een voldoende dikke kleilaag is afgeleid uit Deltagootproeven en ervaringen uit de praktijk. Omdat deze formule volledig empirisch is, is het niet verstandig om deze te gebruiken bij zeer steile taluds. De formule voor steenzettingen zonder kleilaag heeft een theoretische achtergrond en zou daarom wel toegepast kunnen worden op steile taluds. Daarom is die formule bij steile taluds ook gebruikt voor steenzettingen met een kleilaag.

Naarmate de helling van het talud toeneemt, zal echter wel de onzekerheid toenemen. Dit laatste is verwerkt in een veiligheidsfactor.

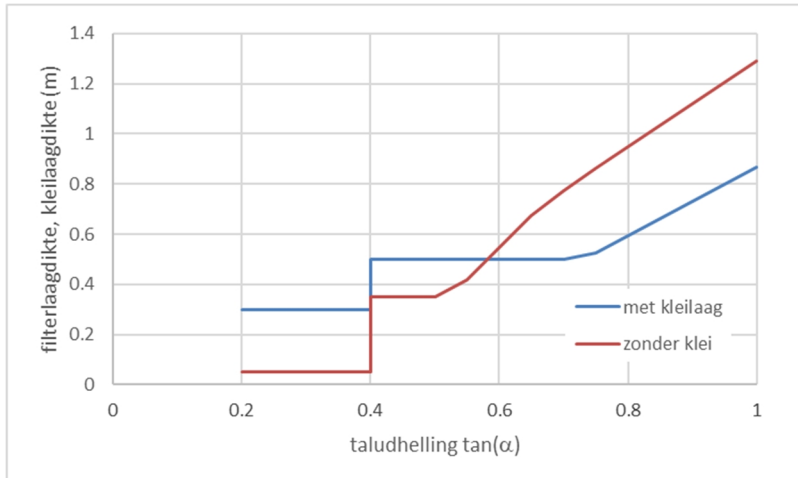
Gezien het feit dat het mechanisme 'afschuiving' optreedt als gevolg van drukfluctuaties op de toplaag die doordringen tot in het zand, is de kans op dit mechanisme wat kleiner als er een kleilaag aanwezig is. Daarom is in de methode een kleinere veiligheidscoëfficiënt opgenomen voor dijkbekledingen met een kleilaag met dikte van tenminste 50 cm.

De grootte van de veiligheidscoëfficiënt is arbitrair gekozen op basis van engineering judgement.

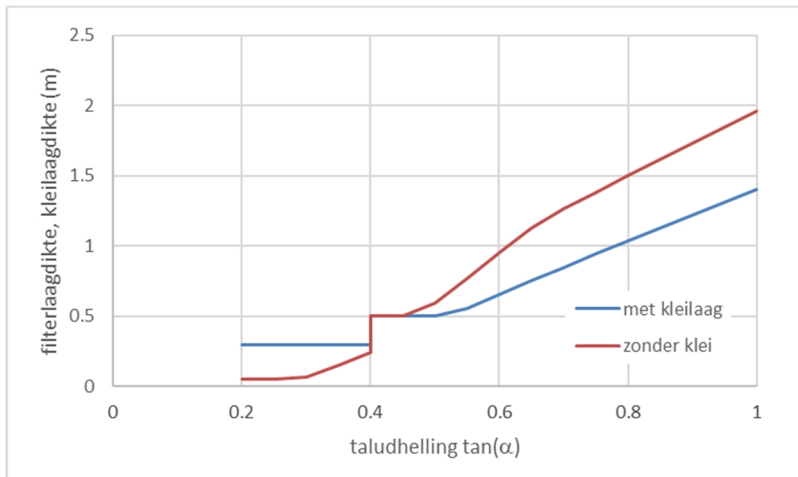
Voor de situaties zonder kleilaag en vrij kleine golven leidt de rekenmethode tot een erg dunne filterlaag. Om dit iets robuuster te krijgen, is de eis toegevoegd dat de minimum filterlaagdikte gelijk is aan de halve golfhoogte.

In onderstaande figuren zijn voor enkele situaties de minimaal benodigde kleilaagdikte en filterlaagdikte gegeven als functie van de taludhelling. Het valt op dat bij een taludhelling van

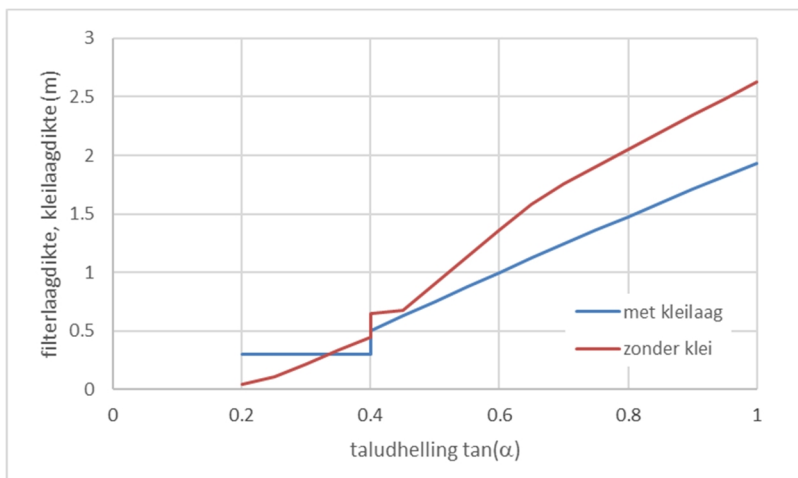
1:2,5 de formule een discontinuïteit heeft. Dit is in normale praktijksituaties geen bezwaar, omdat op rivierdijken meestal een kleilaag van tenminste 60 cm wordt toegepast.



Figuur 1 Minimaal benodigde kleilaagdikte als $H_{m0} = 0,7$ m met een golfsteilheid $s_{op} = 0,04$ bij een toplaagdikte van 25 cm ($\Delta D = 0,325$ m) en een filterlaag op de klei van 10 cm.



Figuur 2 Minimaal benodigde kleilaagdikte als $H_{m0} = 1,0$ m met een golfsteilheid $s_{op} = 0,04$ bij een toplaagdikte van 25 cm ($\Delta D = 0,325$ m) en een filterlaag op de klei van 10 cm.



Figuur 3 Minimaal benodigde kleilaagdikte als $H_{m0} = 1,3$ m met een golfsteilheid $s_{op} = 0,04$ bij een toplaagdikte van 25 cm ($\Delta D = 0,325$ m) en een filterlaag op de klei van 10 cm.

BIJLAGE H BEREKENINGEN

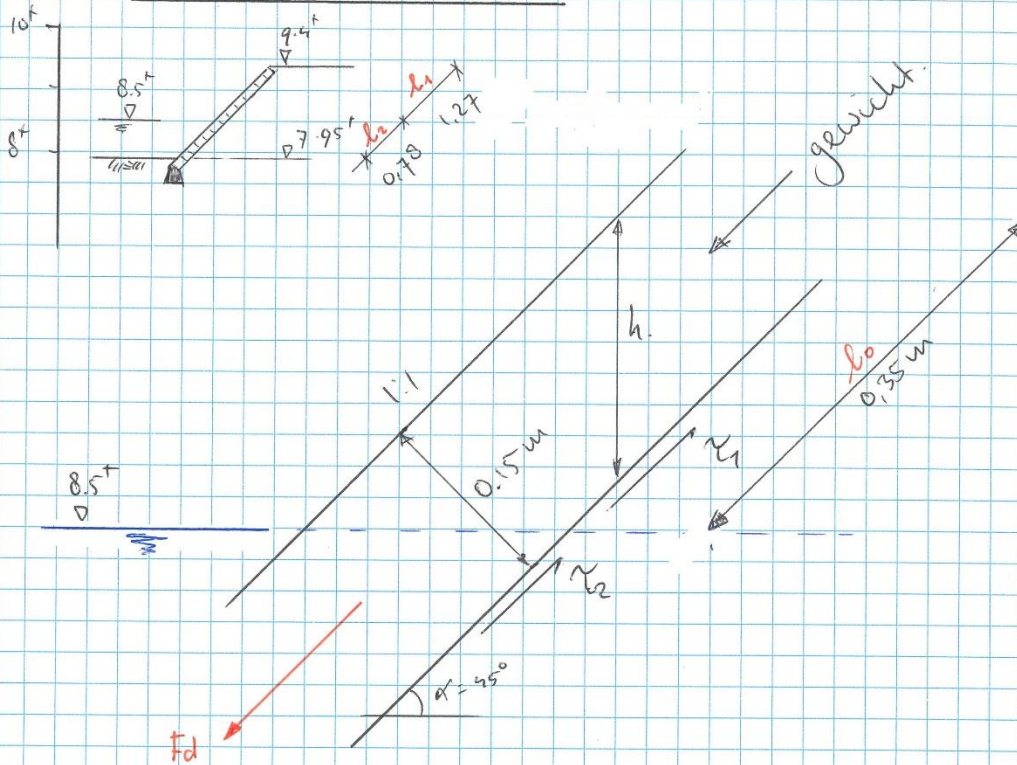
BEOORDELING AFSCHUIVING STEENZETTING BIJ STEILE TALUDS			
INVOER			
D	0.15	m	dikte steenzetting
ρ	10.0	kN/m ³	volumegewicht water (zoet = 10 kN/m ³)
ρ_s	23.0	kN/m ³	volumegewicht steen (beton = 23 kN/m ³)
b filter	0.00	m	dikte van de filterlaag, haaks op talud
b klei	0.70	m	dikte van de kleilaag, haaks op talud
$\tan \alpha$	1	(-)	tangens taludhelling
H m0	0.65	(m)	significante golfhoogte
T p	2.6	(s)	glof piekperiode
D15 zand	125	(μ m)	zandgrofheid
zandscheg aanwezig	nee	(ja/nee)	(afwezig=nee en aanwezig=ja)
hoog achterland	ja	(ja/nee)	(afwezig=nee en aanwezig=ja)
BEREKENING			
R	0.90	(m)	sterkte parameter
γ_a	1.20	(-)	veiligheidsfactor vor taluds steiler dan 1:2,5
S	0.73	(-)	belastingparameter
aanwezige veiligheid	1.02	(-)	toetsing > 1.0 en ontwerp > 1.05
TOETSING			
$R > \gamma_a S$	VOLDOET		
$\tan \alpha \leq 1,0$	VOLDOET		
talud steiler dan 1:2,5	VOLDOET		
$b_{\text{filter}} > 0,5H_{m0}$	VOLDOET		alleen relevant indien er geen kleilaag is
zandscheg	VOLDOET		
$b_{\text{klei}} \geq 0,5H_{m0}$	VOLDOET		alleen relevant bij hoog achterland

Figuur 8 Berekening talud 1:1.

BEOORDELING AFSCHUIVING STEENZETTING BIJ STEILE TALUDS				
INVOER				
D	0.20	m	dikte steenzetting	
ρ	10.0	kN/m ³	volumegewicht water (zoet = 10 kN/m ³)	
ρ_s	23.0	kN/m ³	volumegewicht steen (beton = 23 kN/m ³)	
b filter	0.10	m	dikte van de filterlaag, haaks op talud	
b klei	0.35	m	dikte van de kleilaag, haaks op talud	
$\tan \alpha$	0.5	(-)	tangens taludhelling	
H m0	0.65	(m)	significante golfhoogte	
T p	2.6	(s)	glof piekperiode	
D15 zand	125	(μ m)	zandgrofheid	
zandscheg aanwezig	nee	(ja/nee)	(afwezig=nee en aanwezig=ja)	
hoog achterland	ja	(ja/nee)	(afwezig=nee en aanwezig=ja)	
BEREKENING				
R	0.71	(m)	sterkte parameter	
γ_a	1.50	(-)	veiligheidsfactor vor taluds steiler dan 1:2,5	
S	0.28	(-)	belastingparameter	
aanwezige veiligheid	1.69	(-)	toetsing > 1.0 en ontwerp > 1.05	
TOETSING				
$R > \gamma_a S$	VOLDOET			
$\tan \alpha \leq 1,0$	VOLDOET			
talud steiler dan 1:2,5	VOLDOET			
$b_{\text{filter}} > 0,5H_{m0}$	VOLDOET		alleen relevant indien er geen kleilaag is	
zandscheg	VOLDOET			
$b_{\text{klei}} \geq 0,5H_{m0}$	VOLDOET		alleen relevant bij hoog achterland	

Figuur 9 Berekening talud 1:2.

SCHUIF WEERSTAND.



$$h = \sqrt{2} \times 0.15 = 0.21 \text{ m.}$$

$$\tau_1 = \tan \delta \times \sigma_v = 0.24 \times 4.9 = 1.15 \text{ kPa.}$$

$$z = \frac{2}{3} \times \varphi = 13.3$$

$\varphi = 20^\circ$ (veilige waarde).

$$\sigma_v = h \times \gamma = 0.21 \times 23 = 4.9 \text{ kPa.}$$

$$\tau_2 = 0.24 \times \sigma_v = 0.24 \times 2.7 = 0.66 \text{ kPa.}$$

$$\sigma_v = h \times \gamma_{\text{eff}} = 0.21 \times 13 = 2.7 \text{ kPa}$$

Water overdruk in klapzone + 0.25m hoog.

$$\tau_1 \times (l_1 - l_0) = 1.15 \times (1.27 - 0.35) = 1.06 \text{ kN/m}$$

$$l_0 = 0.25 / \sin(45) = 0.35$$

$$\tau_2 \times l_2 = 0.66 \times 0.78 = 0.52$$

$$\text{Weerstand} = 1.06 + 0.52 = 1.58 \text{ kN/m}$$

$$\text{Weerstand} = \tau_{\text{res}}$$

boven water

onder water

BELASTING.

$$\text{gewicht} = 0,78 \times 0,15 \times 13 = 1,52 \text{ kN/m}$$

$$1,27 \times 0,15 \times 23 = 4,38 \text{ kN/m}$$

$$F_d = 1,2 \times e.g. - 0,9 \times \gamma_{res} \quad 5,9 \text{ kN/m}$$

$$F_d = 1,2 \times 5,9 - (1,06 + 0,52) \times 0,9 =$$

$$= 7,08 - 1,42 = 5,66$$

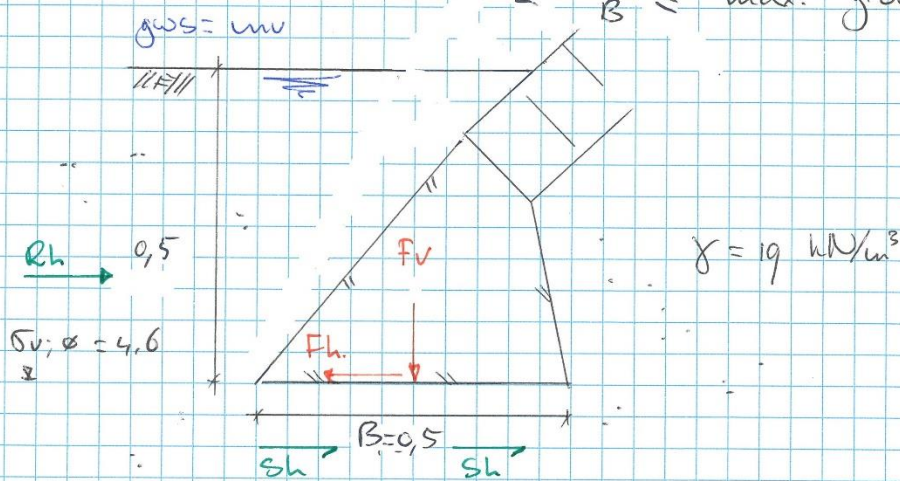
$$F_v = 5,66 \times \sin 45 = 4,0 \text{ kN/m}$$

$$F_h = 5,66 \times \cos 45 = 4,0 \text{ kN/m}$$

TOETSING.

$$1. F_h \leq R_h + S_h$$

$$2. \frac{F_v}{B} \leq \text{max. grondspanning}$$



$$R_h = k_p \times (\sigma_v \times \frac{1}{2} \times 0,5) = 3,0 \times ((19 - 9,81) \times 0,5^3) = 3,45$$

$$S_h = \tan \beta \times \sigma_v = 4,6 \times \tan 13,3 = 1,09$$

$$R_h + S_h = 3,45 + 1,09 = 4,5 \quad \text{VOLDOET!}$$

$$\text{grondspanning} = \frac{F_v}{B} = \frac{4,0}{0,5} = 8,0 \text{ kPa}$$

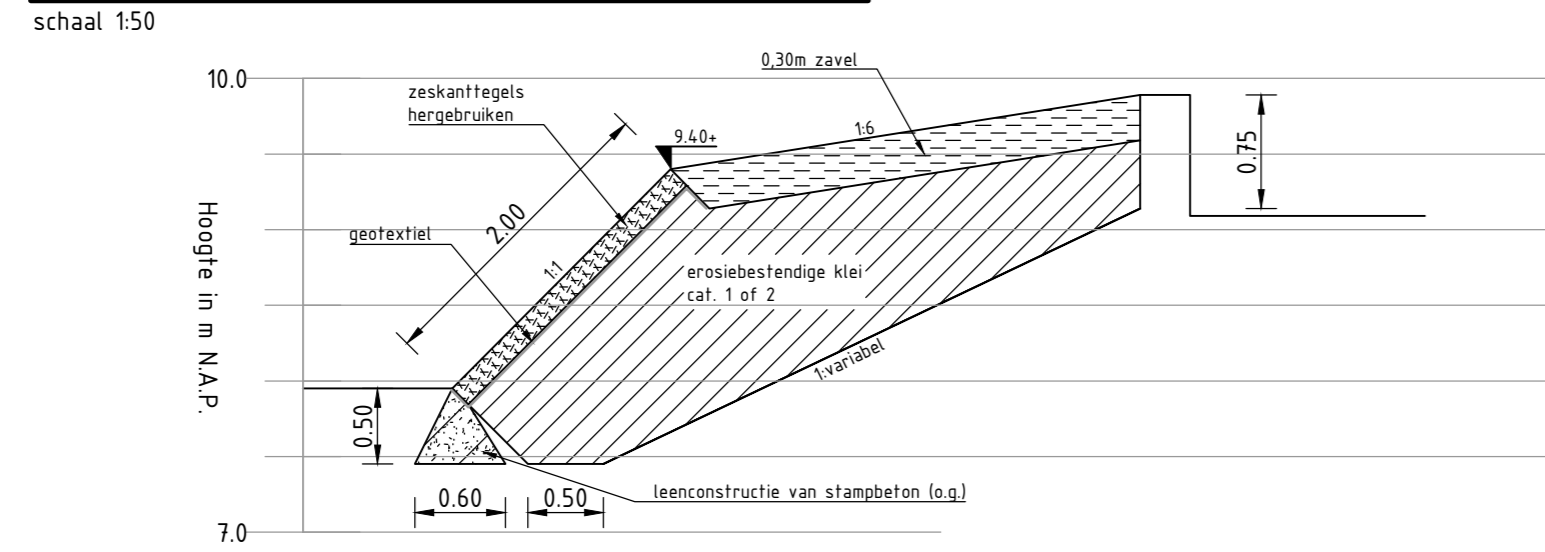
dat is dermate laag dat dit
altijd VOLDOET!

Figuur 10 Berekening belasting op "fundering" steenzetting.

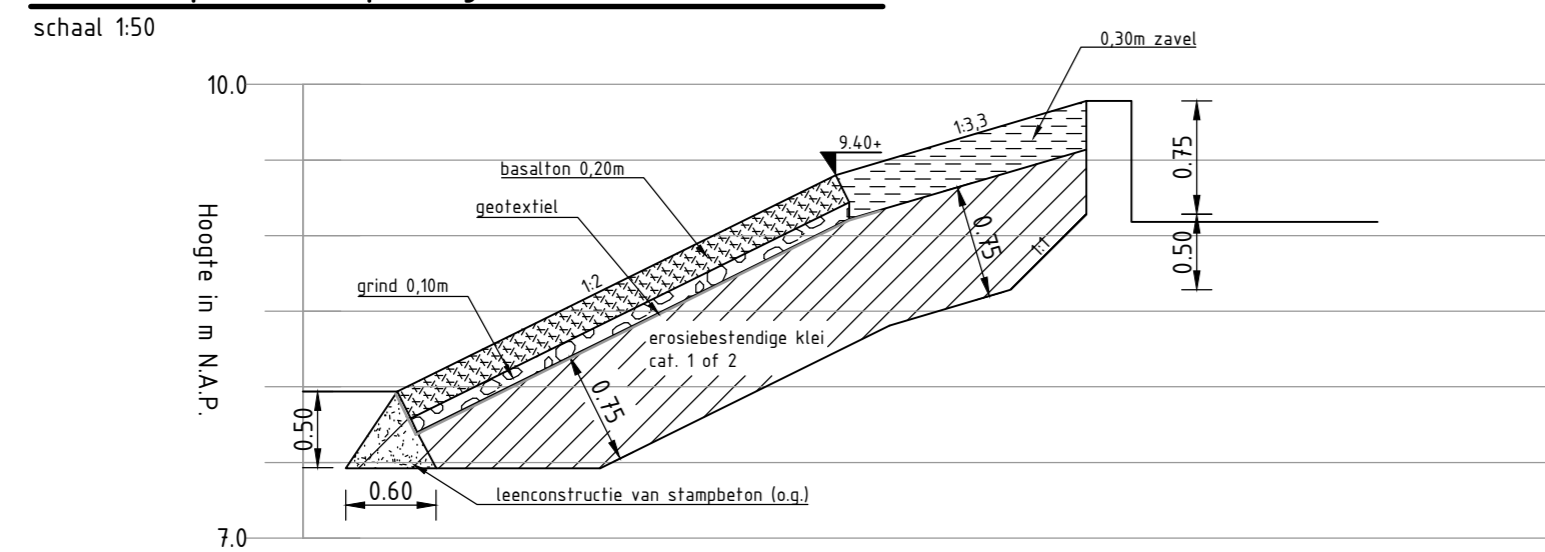
BIJLAGE I TEKENINGEN

Tekeningnummers M00001819 blad 1 en 2.

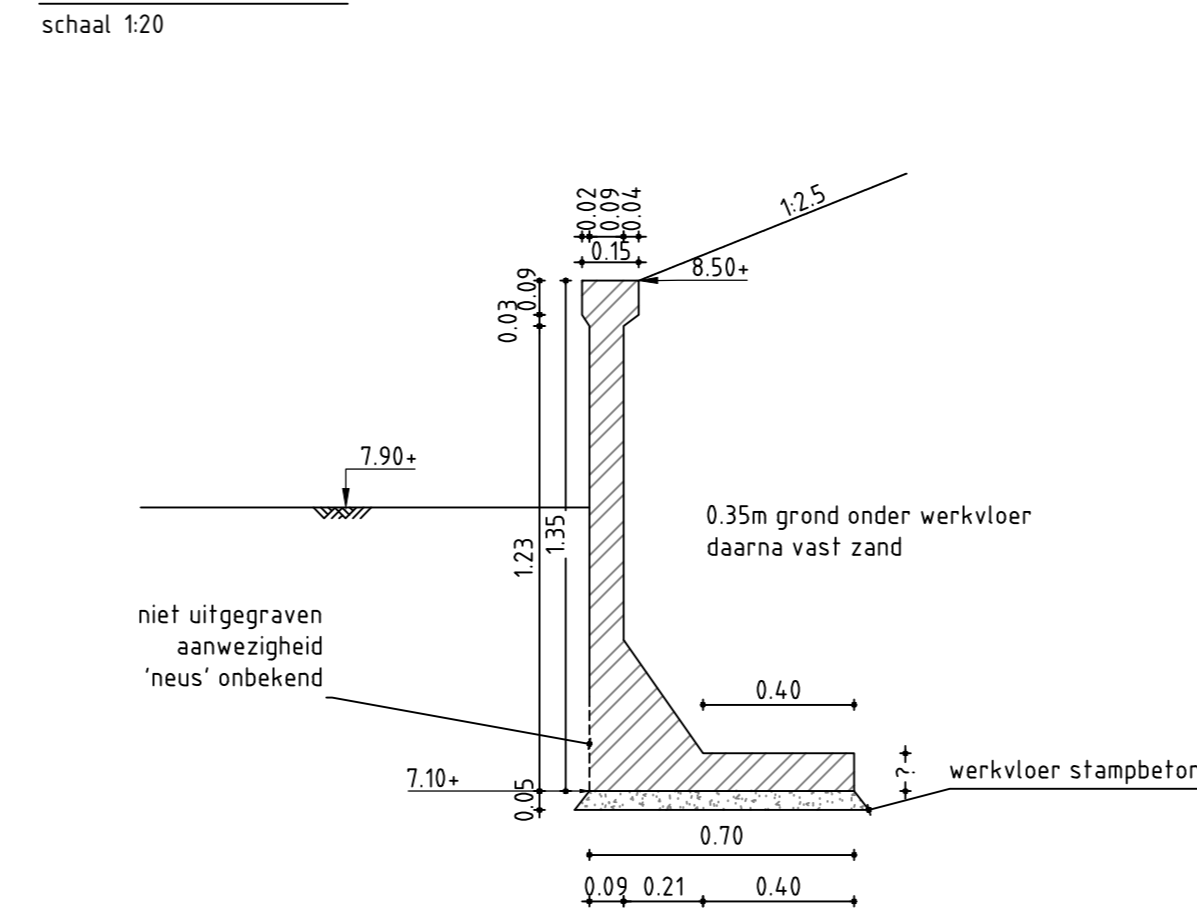
ontwerp IJsselpaviljoen variant 1 (1:1)



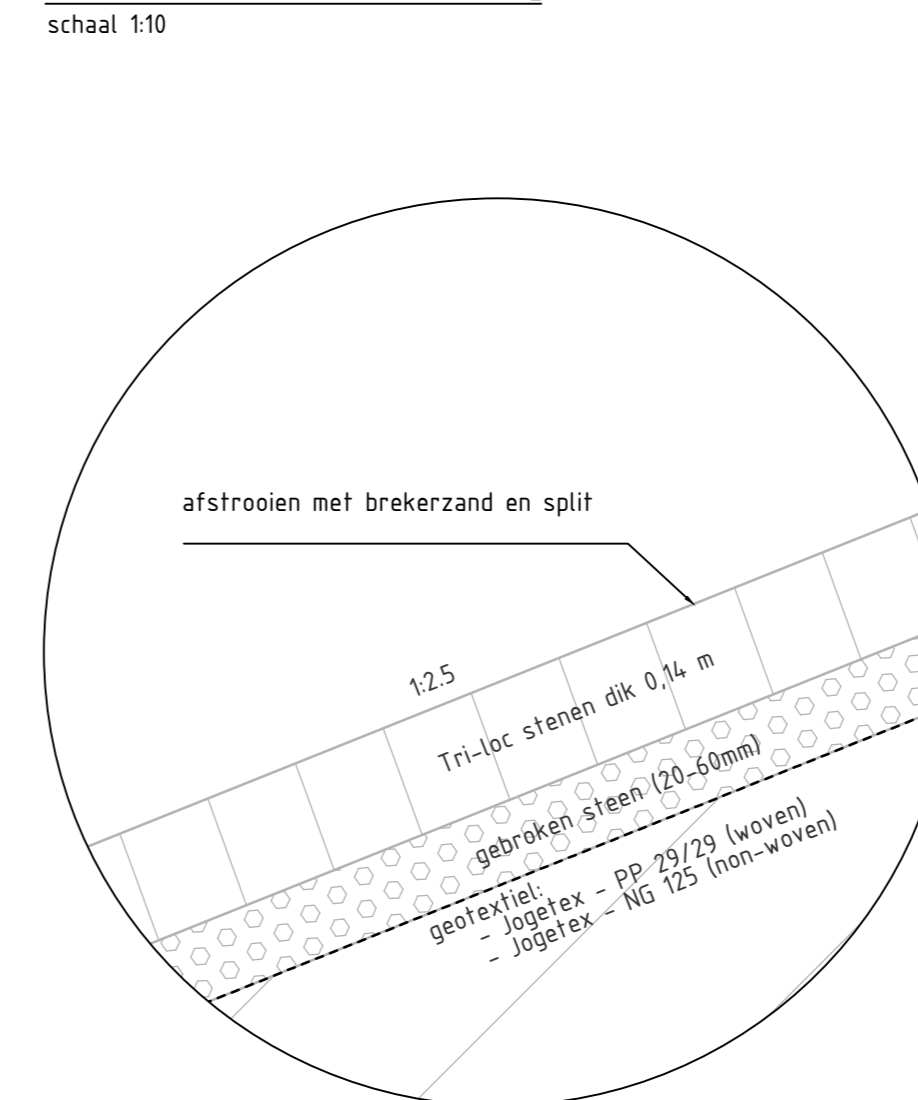
ontwerp IJsselpaviljoen variant 2 (1:2)



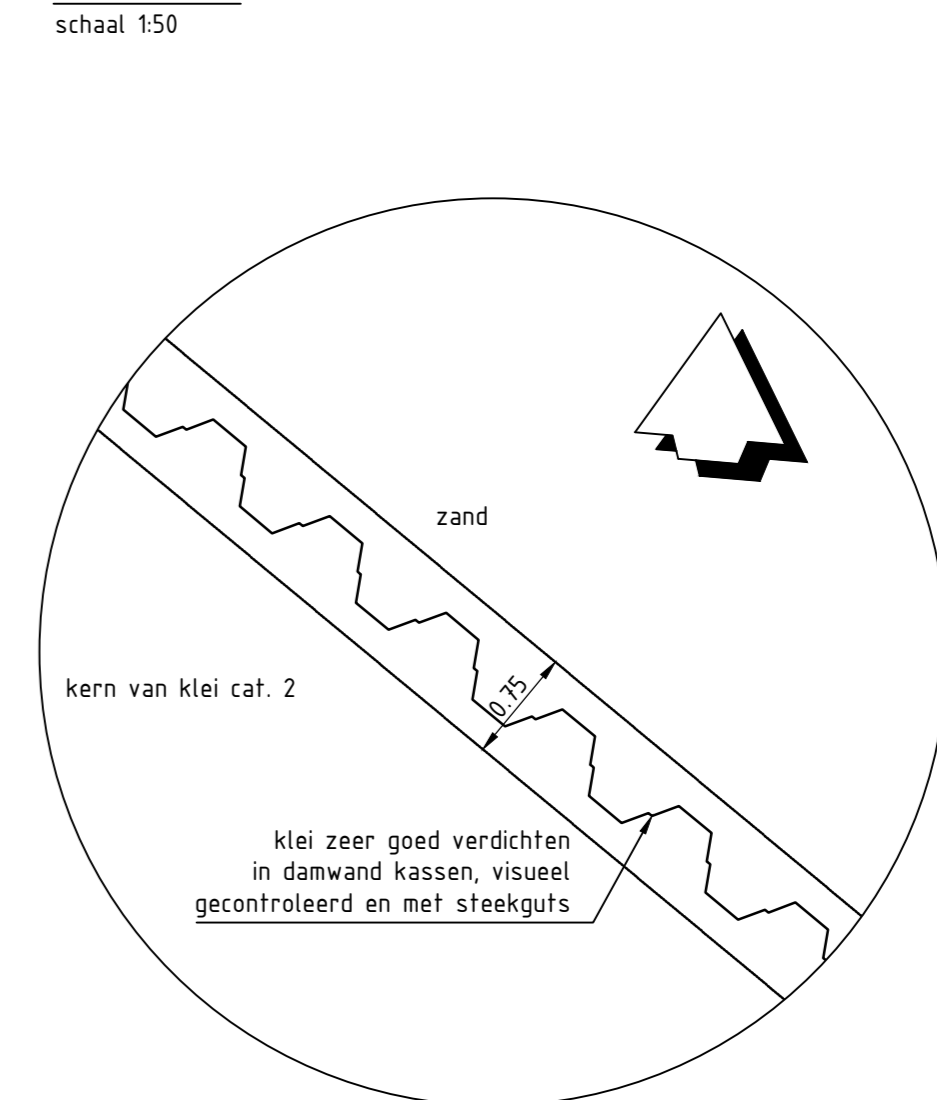
detail L-wand



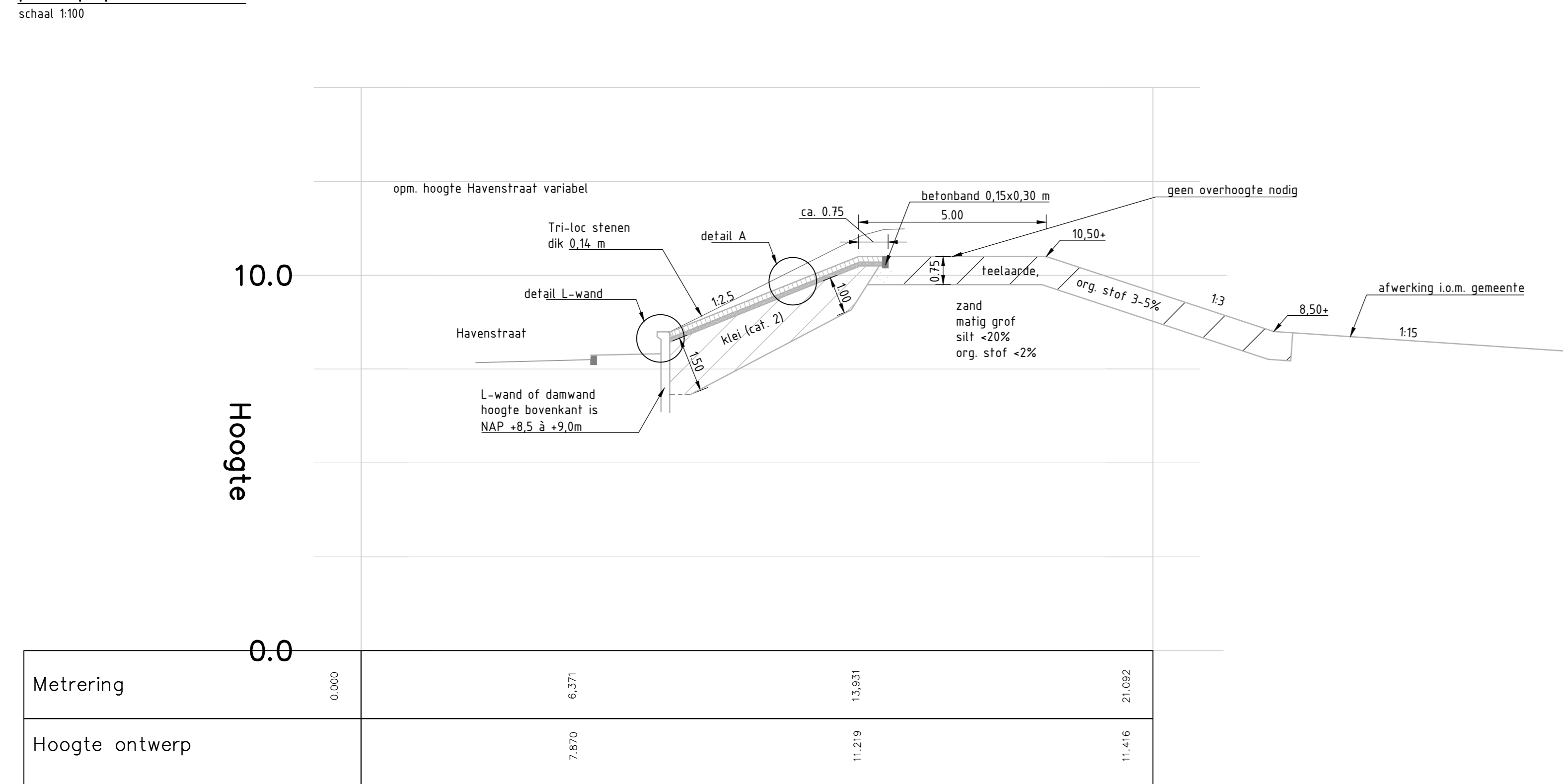
detail A: steenzetting



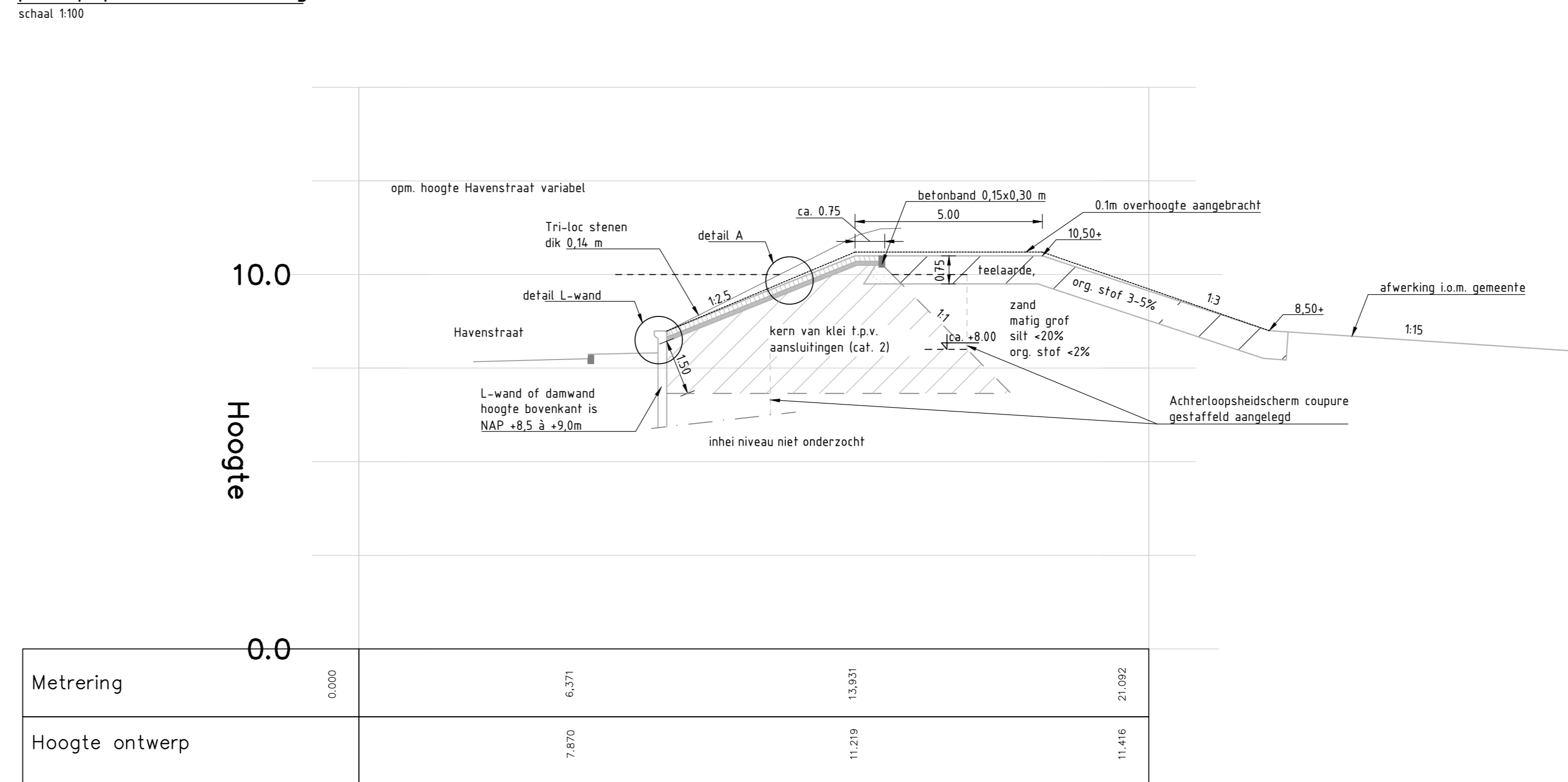
detail B:



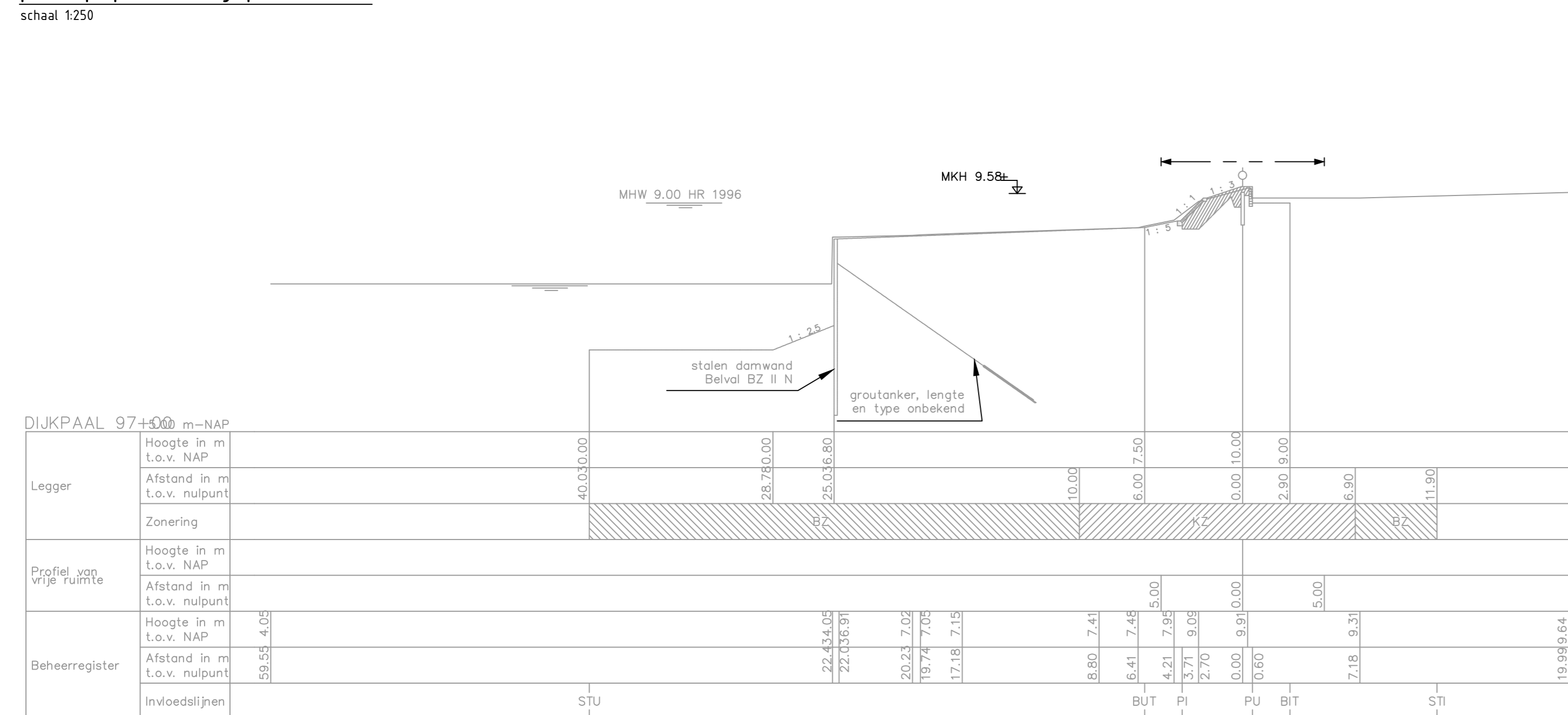
principeprofiel 98+18



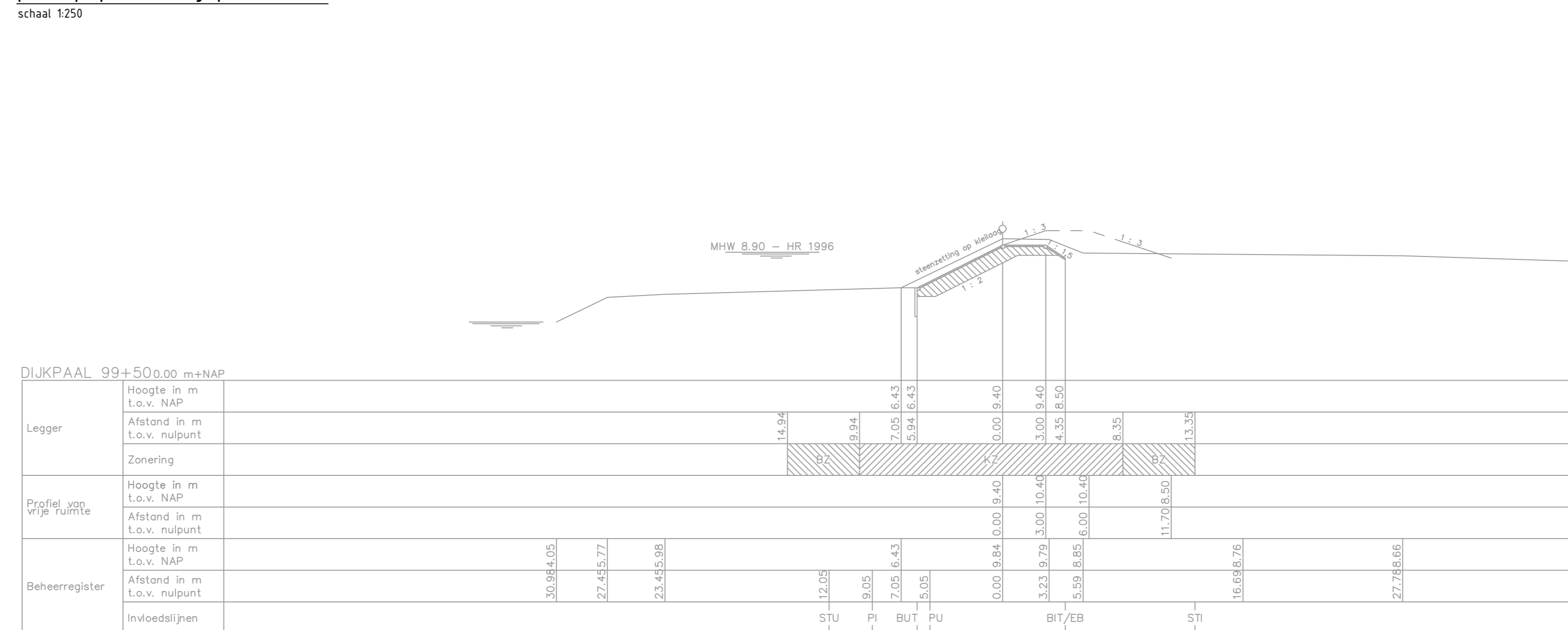
principeprofiel aansluiting



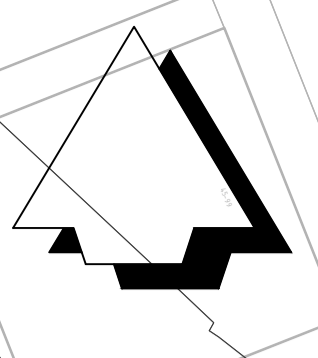
principeprofiel dijkpaal 97+00



principeprofiel dijkpaal 99+50



versie	beschrijving	datum	get.	con.	vrj.
versie A	beschrijving tekeningen opstellen	datum 05-07-2021	get. J. Krip	con.	vrj.
Opdrachtgever					Contact
Waterschap Rijn en IJssel					
Advies- en Ingenieursorganisatie					Architect
ARCADIS					Design & Consultancy for natural and built assets
Project					Contact
WRIJ detachering					R. Koogmans
Projectnummer : C03011.000135					
Fase					
Onderwerp : IJsselpaviljoen					
Profieltekeningen en details					
Schaal	zie tekening	Bladformaat: A0	Status	definitief	
Contractnummer:		Bladnummer: 2 van 2			
Tekeningnummer:					
1					



50_100

50_99

50_98

50_97

50_96

50_95

Havenstraat

Stationsplein

Looiersstraat

w.i.u.

w.i.u.

w.i.u.

trato

Legenda

- sondering
- referentielijn
- dijken
- dwarsprofiel

aanblijfsvoorzieningen

bestaande behouding herplanten 1/3 of vervangen 1/3 of 1/3 in de afwateringen

profiel 11.112 als groter ruwtecoëfficiënt

leegte achterloopkanaal schone onder de toepassing

ruwte aanpassing geschiktteigels 0,02

928

situatie IJsselpaviljoen
schaal 1:500

<p>Opdrachtgever</p> <p>Waterschap Rijn en IJssel</p> <p>Advies- en Ingenieursorganisatie</p> <p>ARCADIS <small>Design & Consultancy for natural and built assets</small></p> <p>Project</p> <p>WRIJ detachering</p> <p>Projectnummer : 03011.000135</p> <p>Fase</p> <p>Onderwerp</p> <p>IJsselpaviljoen</p> <p>Situatietekening</p>	<p>Contact</p> <p>Architect</p> <p>Contact</p> <p>R. Koopmans</p>
<p>Schaal : 1:500</p> <p>Contractnummer:</p> <p>Tekeningnummer:</p> <p>1</p>	<p>Bladformaat: A0</p> <p>Bladnummer: 1 van 2</p> <p>Status: definitief</p> <p>Versie: A</p>

BIJLAGE J SSK-RAMING

Project: Dijkverbetering IJsselpaviljoen Zutphen - Projectnr: C03011.000135 - Opdr.gever: Waterschap Rijn en IJssel
 Versie raming: 1.0 - Status: Definitief - Opgesteld door: R. Kempers



Prijspeil raming: 01-07-20

Datum raming: 19-08-20

Colofon

Versie 3.05a (18 juni 2014)

Project:

Project
 Omschrijving / specificatie
 Projectfase
 Opdrachtgever
 Projectmanager
 Manager projectbeheersing
 Technisch manager

Dijkverbetering IJsselpaviljoen Zutphen

Variante 1 (talud 1:1, hergebruik zeskantstenen)

Waterschap Rijn en IJssel

Raming:

Type raming
 Datum opstelling raming
 Opsteller raming
 Mede opstellers raming
 Versie raming
 Status raming
 Prijspeil raming
 Valuta

Deterministische bedrijfseconomische kostenraming

19 augustus 2020

R. Kempers

1.0

Definitief

1 juli 2020

Euro

Archivering:

Project-/dossier-/SAP-nummer
 Documentnummer raming
 Nummer kostenrapportage
 Bestandsnaam raming
 Locatie (map) opgeslagen raming

C03011.000135

SSK IJsselpaviljoen Zutphen variant 1.xlsm

F:\Ramingen\Ramingen 2020\Dijkversterking IJsselpaviljoen Zutphen

Toetsing:

Raming intern getoetst door
 Datum interne toetsing
 Raming extern getoetst door
 Datum externe toetsing

Parafering:


Paraaf opsteller raming
 Paraaf interne toetser
 Paraaf externe toetser
 Paraaf projectleider
 Paraaf manager projectbeheersing
 Paraaf projectmanager

Project: Dijkverbetering IJsselpaviljoen Zutphen - Projectnr: C03011.000135 - Opdr.gever: Waterschap Rijn en IJssel
 Versie raming: 1.0 - Status: Definitief - Opgesteld door: R. Kempers




Prijspeil raming: 01-07-20
 Datum raming: 19-08-20

Samenvatting SSK							Versie 3.05a (18 juni 2014)	
Kostengroepen	Directe kosten			Voorziene kosten	Risicoreservering	Totaal		
Kostencategorieën	Benoemd	Nader te detaileren	Indirecte kosten					
<i>Investeringskosten (indeling naar categorie):</i>								
Bouwkosten	€ 66.871	€ 5.015	€ 15.308	€ 87.194	€ 6.540	€	93.734	
Vastgoedkosten	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	-	
Engineeringkosten	€ 35.000	€ -	€ -	€ 35.000	€ -	€	35.000	
Overige bijkomende kosten	€ 4.796	€ -	€ -	€ 4.796	€ -	€	4.796	
Subtotaal investeringskosten	€ 106.666	€ 5.015	€ 15.308	€ 126.990	€ 6.540	€	133.530	
Objectoverstijgende risico's					€ -	€	-	
Investeringskosten deterministisch	€ 106.666	€ 5.015	€ 15.308	€ 126.990	€ 6.540	€	133.530	
Scheefte 3%, op basis van expert-judgement					€ -	€	-	
Investeringskosten exclusief BTW				€ 126.990	€ 6.540	€	133.530	
BTW				€ 26.576	€ 1.373	€	27.950	
Investeringskosten inclusief BTW				€ 153.566	€ 7.913	€	161.479	
Projectkosten inclusief BTW				€ 153.566	€ 7.913	€	161.479	

Project: Dijkverbetering IJsselpaviljoen Zutphen - Projectnr: C03011.000135 - Opdr.gever: W  Prijspeil raming: 01-07-20
 Versie raming: 1.0 - Status: Definitief - Opgesteld door: R. Kempers Datum raming: 19-08-20

Deelraming 1						Versie 3.05a (18 juni 2014)	
Deelraming aan						Totaal	
Code	Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs			
Investeringskosten:		Hoeveelheid	Eenheid	Prijs			
1	Algemene voorzieningen						
1.1	Toepassen verkeersvoorzieningen	1,00	EUR	€ 1.000,00	€		1.000
1.2	Kabels en leidingen (KLIC)	1,00	keer	€ 250,00	€		250
1.3	Maatregelen kabels en leidingen	1,00	EUR	€ 500,00	€		500
1.4	Toepassen rijplaten	150,00	m	€ 10,00	€		1.500
1.5	Toepassen bouwhekken	150,00	m	€ 7,50	€		1.125
1.6	Toepassen tijdelijk materiaaldepot	1,00	EUR	€ 3.000,00	€		3.000
1.7	Toepassen tijdelijke voorziening terras IJsselpaviljoen	1,00	EUR	€ 500,00	€		500
2	Opruimwerkzaamheden						
2.1	Opbreken zeskantige stenen en in depot plaatsen t.b.v. hergebruik	250,00	m2	€ 8,00	€		2.000
2.2	Opbreken opsluitbanden en in depot plaatsen t.b.v. hergebruik	254,00	m1	€ 5,00	€		1.270
2.3	Opbreken betontegels en in depot plaatsen t.b.v. hergebruik	125,00	m2	€ 6,00	€		750
2.4	Verwijderen groenvoorzieningen (plantsoen) nabij IJsselpaviljoen	2,75	are	€ 100,00	€		275
3	Grondwerk						
3.1	Maaien en frezen gras	3,50	are	€ 80,00	€		280
3.2	Grond ontgraven uit dijklichaam, ca. 6 m3/m1	750,00	m3	€ 3,50	€		2.625
3.3	Afvoeren vrijkomende grond (uitgangspunt klasse Industrie, max. 10 km)	750,00	m3	€ 20,00	€		15.000
3.4	Leveren en verwerken klei in dijklichaam, ca. 4,3 m3/m1, erosieklasse 1 of 2	537,50	m3	€ 25,00	€		13.438
3.5	Leveren en verwerken zavel in dijklichaam, ca. 0,9 m3/m1	112,50	m3	€ 20,00	€		2.250
3.6	Leveren en verwerken stampbeton, ca. 0,2 m3/m1	25,00	m3	€ 168,00	€		4.200
3.7	Profieleren dijklichaam	1.250,00	m2	€ 0,75	€		938
4	Wegenbouwwerken						
4.1	Leveren en aanbrengen geotextiel	312,50	m2	€ 5,50	€		1.719
4.2	Aanbrengen straatlaag	375,00	m2	€ 3,00	€		1.125
4.3	Aanbrengen opsluitbanden, hergebruik	254,00	m1	€ 3,00	€		762
4.4	Herstraten betontegels, hergebruik	125,00	m2	€ 12,50	€		1.563
4.5	Herstraten zeskantige stenen, hergebruik, talud 1:1	250,00	m2	€ 16,50	€		4.125
5	Groenvoorzieningen						
5.1	Frezen voorafgaand aan het inzaaien	3,50	are	€ 40,00	€		140
5.2	Inzaaien bermen / gazon	3,50	are	€ 75,00	€		263
5.3	Herstel groenvoorziening (plantsoen) nabij IJsselpaviljoen	2,75	are	€ 100,00	€		275
6	Overig						
6.1	Aansluiting dijkversterking op spoorbrug en nieuwe coupure	2,00	st	€ 3.000,00	€		6.000
00-BDBK	Benoemde directe bouwkosten				€		66.871
00-NTDBK	Nader te detaileren bouwkosten (%)	7,50%	%	€ 66.871	€		5.015
00-DBK	Directe bouwkosten				€		71.886
00-IBKEK99	Eenmalige kosten (%)	3,00%	%	€ 71.886	€		2.157
00-IBKUK	Uitvoerings- en Algemene bouwplaatskosten (%)	6,00%	%	€ 71.886	€		4.313
00-IBKAK1	Algemene kosten (%)	7,00%	%	€ 78.356	€		5.485
00-IBKW1	Winst (%)	2,00%	%	€ 83.841	€		1.677
00-IBKR1	Risico (%)	2,00%	%	€ 83.841	€		1.677
00-IBK	Indirecte bouwkosten	21,30%	t.o.v. directe bouwkosten		€		15.308
00-VBK	Voorziene bouwkosten				€		87.194
00-NBORBK	Niet benoemd objectrisico bouwkosten (%)	7,50%	%	€ 87.194	€		6.540
00-RBK	Risico's bouwkosten	7,50%	t.o.v. voorziene bouwkosten		€		6.540
00-BK	Bouwkosten Deelraming 1				€		93.734

00-BDVK	Benoemde directe vastgoedkosten				€		-
00-DVK	Directe vastgoedkosten				€		-
00-IVK	Indirecte vastgoedkosten			t.o.v. directe vastgoedkosten	€		-
00-VVK	Voorziene vastgoedkosten				€		-
00-RVK	Risico's vastgoedkosten			t.o.v. voorziene vastgoedkosten	€		-
00-VK	Vastgoedkosten Deelraming 1				€		-

Project: Dijkverbetering IJsselpaviljoen Zutphen - Projectnr: C03011.000135 - Opdr.gever: W.  Design & Consultancy for natural and built assets
 Versie raming: 1.0 - Status: Definitief - Opgesteld door: R. Kempers
 Prijspeil raming: 01-07-20
 Datum raming: 19-08-20

Deelraming 1							Versie 3.05a (18 juni 2014)	
Deelraming aan							Totaal	
Code	Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs				
Code	Engineeringskosten ontwerp	1,00	EUR	€	17.500	€	17.500	
Code	Engineeringskosten Waterschap	1,00	EUR	€	7.500	€	7.500	
Code	Contractering	1,00	EUR	€	2.500	€	2.500	
Code	Uitvoeringsbegeleiding	1,00	EUR	€	7.500	€	7.500	
00-BDEK	Benoemde directe engineeringkosten					€	35.000	
00-DEK	Directe engineeringkosten					€	35.000	
00-VEK	Voorziene engineeringkosten					€	35.000	
00-EK	Engineeringskosten Deelraming 1					€	35.000	
00-DOBK015	Verzekeringspremies (CAR, ontwerp, aansprakelijkheid, e.d) opdrachtnemer (%)	0,50%	%	€	87.194	€	436	
00-DOBK025	Communicatiekosten niet via contract (%)	1,00%	%	€	87.194	€	872	
00-DOBK040	Ruimen niet gesprongen explosieven niet via contract (%)	4,00%	%	€	87.194	€	3.488	
00-BDOBK	Benoemde directe overige bijkomende kosten					€	4.796	
00-VOBK	Voorziene overige bijkomende kosten					€	4.796	
00-OBK	Overige bijkomende kosten Deelraming 1					€	4.796	
00-INV	Investeringskosten Deelraming 1					€	133.530	

Project: Dijkverbetering IJsselpaviljoen Zutphen - Projectnr: C03011.000135 - Opdr.gever: Waterschap Rijn en IJssel
 Versie raming: 1.0 - Status: Definitief - Opgesteld door: R. Kempers



Prijspeil raming: 01-07-20

Datum raming: 19-08-20

Colofon

Versie 3.05a (18 juni 2014)

Project:

Project
 Omschrijving / specificatie
 Projectfase
 Opdrachtgever
 Projectmanager
 Manager projectbeheersing
 Technisch manager

Dijkverbetering IJsselpaviljoen Zutphen

Variant 2 (talud 1:2, bekleding met basalt)

Waterschap Rijn en IJssel

Raming:

Type raming
 Datum opstelling raming
 Opsteller raming
 Mede opstellers raming
 Versie raming
 Status raming
 Prijspeil raming
 Valuta

Deterministische bedrijfseconomische kostenraming

19 augustus 2020

R. Kempers

1.0

Definitief

1 juli 2020

Euro

Archivering:

Project-/dossier-/SAP-nummer
 Documentnummer raming
 Nummer kostenrapportage
 Bestandsnaam raming
 Locatie (map) opgeslagen raming

C03011.000135

SSK IJsselpaviljoen Zutphen variant 2.xlsm

F:\Ramingen\Ramingen 2020\Dijkversterking IJsselpaviljoen Zutphen

Toetsing:

Raming intern getoetst door
 Datum interne toetsing
 Raming extern getoetst door
 Datum externe toetsing

Parafering:


Paraaf opsteller raming
 Paraaf interne toetser
 Paraaf externe toetser
 Paraaf projectleider
 Paraaf manager projectbeheersing
 Paraaf projectmanager

Project: Dijkverbetering IJsselpaviljoen Zutphen - Projectnr: C03011.000135 - Opdr.gever: Waterschap Rijn en IJssel
 Versie raming: 1.0 - Status: Definitief - Opgesteld door: R. Kempers




Prijspeil raming: 01-07-20
 Datum raming: 19-08-20

Samenvatting SSK							Versie 3.05a (18 juni 2014)	
Kostengroepen	Directe kosten			Voorziene kosten	Risicoreservering	Totaal		
Kostencategorieën	Benoemd	Nader te detaileren	Indirecte kosten					
<i>Investeringskosten (indeling naar categorie):</i>								
Bouwkosten	€ 87.386	€ 6.554	€ 20.005	€ 113.944	€ 8.546	€	122.490	
Vastgoedkosten	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	-	
Engineeringkosten	€ 35.000	€ -	€ -	€ 35.000	€ -	€	35.000	
Overige bijkomende kosten	€ 6.267	€ -	€ -	€ 6.267	€ -	€	6.267	
Subtotaal investeringskosten	€ 128.653	€ 6.554	€ 20.005	€ 155.211	€ 8.546	€	163.757	
Objectoverstijgende risico's					€ -	€	-	
Investeringskosten deterministisch	€ 128.653	€ 6.554	€ 20.005	€ 155.211	€ 8.546	€	163.757	
Scheefte 3%, op basis van expert-judgement					€ -	€	-	
Investeringskosten exclusief BTW				€ 155.211	€ 8.546	€	163.757	
BTW				€ 32.475	€ 1.795	€	34.269	
Investeringskosten inclusief BTW				€ 187.686	€ 10.340	€	198.026	
Projectkosten inclusief BTW				€ 187.686	€ 10.340	€	198.026	

Project: Dijkverbetering IJsselpaviljoen Zutphen - Projectnr: C03011.000135 - Opdr.gever: W  Prijspeil raming: 01-07-20
 Versie raming: 1.0 - Status: Definitief - Opgesteld door: R. Kempers Datum raming: 19-08-20

#NAAM?						Versie 3.05a (18 juni 2014)	
Deelraming aan						Totaal	
Code	Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs			
Investeringskosten:		Hoeveelheid	Eenheid	Prijs			
1	Algemene voorzieningen						
1.1	Toepassen verkeersvoorzieningen	1,00	EUR	€ 1.500,00	€	1.500	
1.2	Kabels en leidingen (KLIC)	1,00	keer	€ 250,00	€	250	
1.3	Maatregelen kabels en leidingen	1,00	EUR	€ 500,00	€	500	
1.4	Toepassen rijplaten	150,00	m	€ 10,00	€	1.500	
1.5	Toepassen bouwhekken	150,00	m	€ 7,50	€	1.125	
1.6	Toepassen tijdelijk materiaaldepot	1,00	EUR	€ 1.000,00	€	1.000	
1.7	Toepassen tijdelijke voorziening terras IJsselpaviljoen	1,00	EUR	€ 500,00	€	500	
2	Opruimwerkzaamheden						
2.1	Opbreken zeskantige stenen en afvoeren naar verwerker	250,00	m2	€ 9,00	€	2.250	
2.2	Opbreken opsluitbanden en afvoeren naar verwerker	254,00	m1	€ 5,50	€	1.397	
2.3	Opbreken betontegels en in depot plaatsen t.b.v. hergebruik	125,00	m2	€ 6,00	€	750	
2.4	Verwijderen groenvoorzieningen (plantsoen) nabij IJsselpaviljoen	2,75	are	€ 100,00	€	275	
3	Grondwerk						
3.1	Maaien en frezen gras	3,50	are	€ 80,00	€	280	
3.2	Grond ontgraven uit dijklichaam, ca. 6 m3/m1	750,00	m3	€ 3,50	€	2.625	
3.3	Afvoeren vrijkomende grond (uitgangspunt klasse Industrie, max. 10 km)	750,00	m3	€ 20,00	€	15.000	
3.4	Leveren en verwerken klei in dijklichaam, ca. 3,2 m3/m1, erosieklasse 1 of 2	400,00	m3	€ 25,00	€	10.000	
3.5	Leveren en verwerken zavel in dijklichaam, ca. 0,5 m3/m1	62,50	m3	€ 20,00	€	1.250	
3.6	Leveren en verwerken stampbeton, ca. 0,2 m3/m1	25,00	m3	€ 168,00	€	4.200	
3.7	Profieleren dijklichaam	1.250,00	m2	€ 0,75	€	938	
4	Wegenbouwwerken						
4.1	Leveren en aanbrengen geotextiel	437,50	m2	€ 5,50	€	2.406	
4.2	Leveren en aanbrengen grind 4/16, laagdikte 0,10 m	400,00	m2	€ 12,50	€	5.000	
4.3	Leveren en aanbrengen basalt, laagdikte 0,20 m	400,00	m2	€ 66,00	€	26.400	
4.4	Herstraten betontegels, hergebruik	125,00	m2	€ 12,50	€	1.563	
5	Groenvoorzieningen						
5.1	Frezen voorafgaand aan het inzaaien	3,50	are	€ 40,00	€	140	
5.2	Inzaaien bermen / gazon	3,50	are	€ 75,00	€	263	
5.3	Herstel groenvoorziening (plantsoen) nabij IJsselpaviljoen	2,75	are	€ 100,00	€	275	
6	Overig						
6.1	Aansluiting dijkversterking op spoorbrug en nieuwe coupure	2,00	st	€ 3.000,00	€	6.000	
00-BDBK	Benoemde directe bouwkosten				€	87.386	
00-NTDBK	Nader te detailleren bouwkosten (%)	7,50%	%	€ 87.386	€	6.554	
00-DBK	Directe bouwkosten				€	93.940	
00-IBKEK99	Enmalige kosten (%)	3,00%	%	€ 93.940	€	2.818	
00-IBKUK	Uitvoerings- en Algemene bouwplaatskosten (%)	6,00%	%	€ 93.940	€	5.636	
00-IBKAK1	Algemene kosten (%)	7,00%	%	€ 102.394	€	7.168	
00-IBKW1	Winst (%)	2,00%	%	€ 109.562	€	2.191	
00-IBKR1	Risico (%)	2,00%	%	€ 109.562	€	2.191	
00-IBK	Indirecte bouwkosten	21,30%	t.o.v. directe bouwkosten		€	20.005	
00-VBK	Voorziene bouwkosten				€	113.944	
00-NBORBK	Niet benoemd objectrisico bouwkosten (%)	7,50%	%	€ 113.944	€	8.546	
00-RBK	Risico's bouwkosten	7,50%	t.o.v. voorziene bouwkosten		€	8.546	
00-BK	#NAAM?				€	122.490	

00-BDVK	Benoemde directe vastgoedkosten				€	-
00-DVK	Directe vastgoedkosten				€	-
00-IVK	Indirecte vastgoedkosten			t.o.v. directe vastgoedkosten	€	-
00-VVK	Voorziene vastgoedkosten				€	-
00-RVK	Risico's vastgoedkosten			t.o.v. voorziene vastgoedkosten	€	-
00-VK	#NAAM?				€	-

Project: Dijkverbetering IJsselpaviljoen Zutphen - Projectnr: C03011.000135 - Opdr.gever: W.  Design & Consultancy for natural and built assets
 Versie raming: 1.0 - Status: Definitief - Opgesteld door: R. Kempers
 Prijspeil raming: 01-07-20
 Datum raming: 19-08-20

#NAAM?							Versie 3.05a (18 juni 2014)	
Deelraming aan							Totaal	
Code	Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs				
Code	Engineeringskosten ontwerp	1,00	EUR	€	17.500	€	17.500	
Code	Engineeringskosten Waterschap	1,00	EUR	€	7.500	€	7.500	
Code	Contractering	1,00	EUR	€	2.500	€	2.500	
Code	Uitvoeringsbegeleiding	1,00	EUR	€	7.500	€	7.500	
00-BDEK	Benoemde directe engineeringkosten					€	35.000	
00-DEK	Directe engineeringkosten					€	35.000	
00-VEK	Voorziene engineeringkosten					€	35.000	
00-EK	#NAAM?					€	35.000	

00-DOBK015	Verzekeringspremies (CAR, ontwerp, aansprakelijkheid, e.d) opdrachtnemer (%)	0,50%	%	€	113.944	€	570
00-DOBK025	Communicatiekosten niet via contract (%)	1,00%	%	€	113.944	€	1.139
00-DOBK040	Ruimen niet gesprongen explosieven niet via contract (%)	4,00%	%	€	113.944	€	4.558
00-BDOBK	Benoemde directe overige bijkomende kosten					€	6.267
00-VOBK	Voorziene overige bijkomende kosten					€	6.267
00-OBK	#NAAM?					€	6.267
00-INV	#NAAM?					€	163.757

BIJLAGE K BEREKENING COUPURE BRUGSTRAAT

Memo: HBN en achterloopsheid coupure Brugstraat - D10013258.

ONDERWERP
HBN en achterloopsheid coupure Brugstraat

PROJECTNUMMER
C03011.000135.2600

DATUM
21 juli 2020

ONZE REFERENTIE
D10013258:3

VAN
Rimmer Koopmans

AAN
gemeente Zutphen (Rob Rikkerink)

KOPIE AAN
WRIJ (Sander van Poorten)

Inleiding

Gemeente Zutphen is voornemens de gedateerde coupure Brugstraat in Zutphen te vervangen door een dubbelkerende nieuwe coupure met aluminium schotbalken met een standaard maat. De vervaging vindt plaats in het kader van de afronding van het project RIDS fase 1. In verband hiermee is door het waterschap de vraag gesteld aan Arcadis om de hydraulische belastingen te bepalen en de lengte van het achterloopsheidscherm.

De ligging van de locatie is weergegeven in de Luchtfoto hier rechts. Het ontwerp van de nieuwe situatie is opgenomen als bijlage 1.

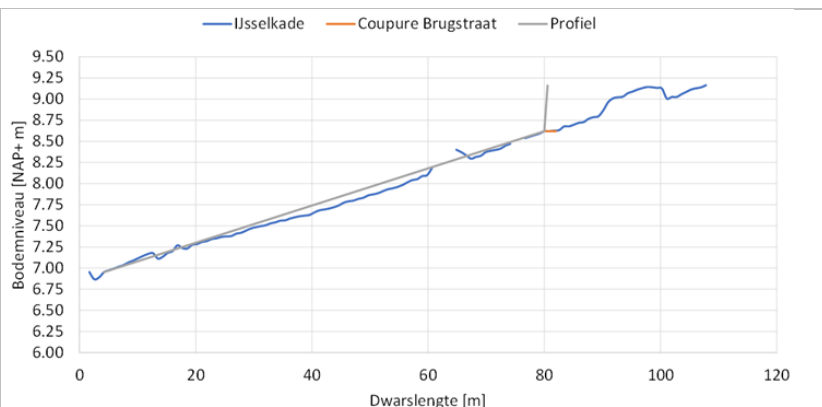


HBN en waterstand

Het HBN en de waterstand is bepaald met Hydra-NI versie 2.7.1 (november 2019). Bij de berekeningen is van het volgende uitgegaan:

- Klimaatscenario: OI2014 2050 en 2100 W+;
- Aftoppen: 18.000 m³/s (voorgeschreven);
- Onzekerheden meegenomen: JA;
- Frequentie: 1/1.000 (= ondergrens);
- Hydralocatie: Dkr 50 IJssel km 927-928 Locatie 9_210038_461583.

Het hydra profiel is geschematiseerd op basis van het AHN profiel, met een flauwe helling en een voorland vanaf de kade tot aan de locatie van de coupure en daarna een talud 1 op 1 omhoog (zijnde de coupure), zie hier rechts.



De berekeningsresultaten zijn samengevat in Tabel 1 en in bijlage 2 staat een voorbeeldberekening.

Tabel 1: resultaten Hydra-NL berekeningen.

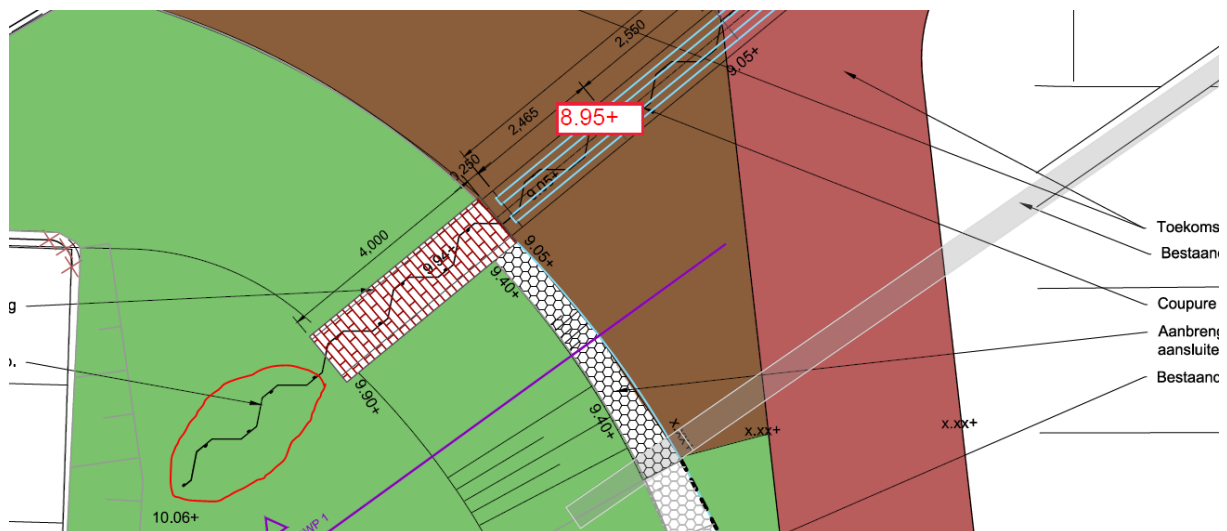
Berekening	hoogte 2050 (m+NAP)	hoogte 2100 (m+NAP)
Waterstand (1/1.000 per jaar)	9,256	9,395
HBN: 1,0 l/m/s (1/4.170 per jaar)	9,489	9,639
HBN: 5,0 l/m/s (1/4.170 per jaar)	9,441	9,589
HBN 10,0 l/m/s (1/4.170 per jaar)	9,421	9,568

De coupure wordt aangelegd met een hoogte van NAP +9,96 m in verband met aansluitingen op de bestaande situatie (zie bijlage 3) en uitgangspunten in het voorontwerp (OI2014 versie 3). **Deze hoogte volstaat ruim.**

Achterloopsheid

De coupure wordt aangelegd met een drempelhoogte van NAP +8,95 m en er geldt een ontwerpwaterstand van afgerond NAP +9,45 m voor de situatie 2125 (zichtperiode 100 jaar). Dit is bepaald door lineaire extrapolatie van de waterstanden in 2050 en 2100, te weten: $(9,395-9,256)/2 + 9,395 = 9,465$.

De kerende hoogte bedraagt 0,5 m en de lengte van het achterloopsheidscherm volgt uit de rekenregel van Bligh. Er wordt uitgegaan van matig fijn zand en dus geldt een constante van Bligh van $c_{creep} = 15$. De benodigde kwelweglengte bedraagt $15 * 0,5 \text{ m} = 7,5 \text{ m}$ en dus is de benodigde lengte van het achterloopsheidscherm, dat aan weerskanten door zand wordt omgeven, minimaal 3,75 m. Het rood omcirkelde deel in Figuur 1 van het ontwerp **kan achterwege blijven.**



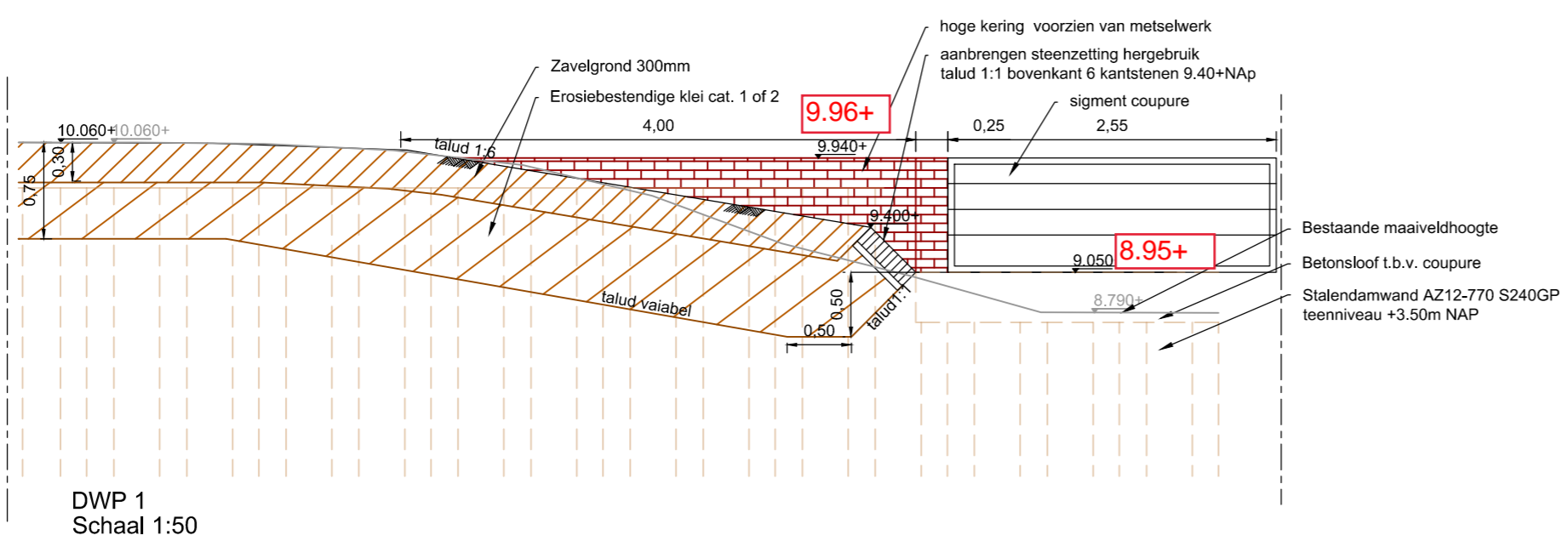
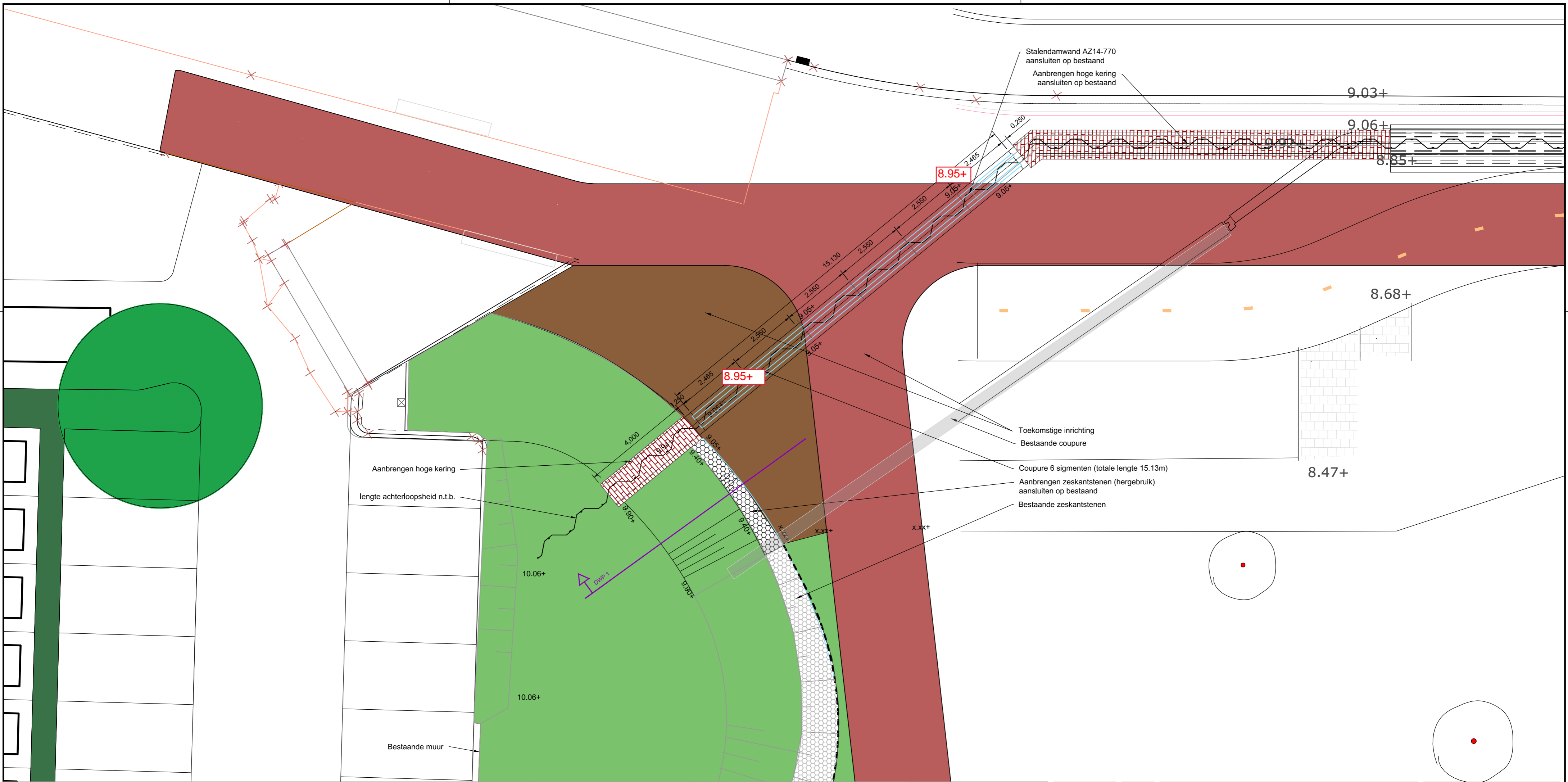
Figuur 1: aanpassing lengte achterloopsheidscherm coupure Brugstraat (rood omcirkeld is niet nodig).

Het onderloopsheidscherm dient volgens Lane aangebracht te worden tot een diepte van:

- constante van Lane van $c_{creep} = 6$ voor matig fijn zand;
- $6 * 0,5 / 2 = 1,5 \text{ m}$;
- $\text{NAP } +8,95 \text{ m} - 1,5 \text{ m} = \text{NAP } +7,45 \text{ m}$.


Conclusie: de ontwerpdiepte van NAP +3,5 m **voldoet ruim.**

Bijlage 1: Ontwerp



DWP 1
Schaal 1:50

DATUM	WIJZIGING	NUMMER	OMSCHRIJVING	TEKENAAR	GECONTROLEERD	AKKOORD
-	-	-	-	-	-	-

 TEAM: WERKEN	PROJECTOMSCHRIJVING Herinrichting IJsselkade fase 2 Aanpassing coupure			FASE Schets
	TEKENINGOMSCHRIJVING nieuwe situatietekening			STATUS -
TEKENINGNUMMER	ZAAKNUMMER	BESTEKNUMMER	PROJECTNUMMER	BLADNUMMER
-	-	-	-	1 van 1
FORMAAT	NAAM	TEKENAAR	GECONTROLEERD	AKKOORD
A2	-	R.Schoenaker	R.Rikkerink	-
SCHAAL	DATUM	08-07-2020	-	-
1:100	INITIALEN	R.Sch	-	-

Bijlage 2: voorbeeldberekening Hydra-NL, waterstand 2100

Hydra-NL	Versienummer: 2.7.1	november 2019	Berekeningsresultaten
Naam gebruiker		= baronvand	
Gebruikersmodus		= Ontwerpen	
Datum berekening		= 07-07-2020 19:47:38	
Invoerdatabase		= DPa_Riv_Rijn_oever_2015_ref_S10_DM1p1p12_v02.sqlite	
Locatie		= Dkr 50 IJssel km 927-928 Locatie 9_210038_461583	
X-coördinaat		= 210039 (m)	
Y-coördinaat		= 461584 (m)	

Berekeningstype = Waterstand

Berekening met statistische onzekerheid.
 Berekening met onzekerheid in de waterstand.
 De parameterwaarden van de modelonzekerheid zijn uit de database afkomstig.

Verwachtingswaarde onzekerheid waterstand	=	0.00 (m)
Standaarddeviatie onzekerheid waterstand	=	0.20 (m)
Aantal gebruikte waarden onzekerheid waterstand	=	7

Deze berekening is gemaakt voor het scenario W+ voor 2100
 en de afvoergolven worden afgetopt boven de afvoer 18000 m³/s.
 Deze berekening is uitgevoerd met statistische gegevens van de Rijn

Terugkeertijd (jaren)	Waterstand (m+NAP)
10	8.514
30	8.867
100	9.093
300	9.253
1000	9.395
3000	9.523
10000	9.641
30000	9.697
100000	9.855

Illustratiepunten bij opgegeven terugkeertijden:

Waarschuwing: Er zijn illustratiepunten berekend in combinatie met aftoppen.
 De berekeningsmethode hiervoor is niet geheel correct.
 De illustratiepunten zijn daardoor niet altijd betrouwbaar.

Illustratiepunten bij waterstand 9.39 (m+NAP) en terugkeertijd 1000 (jaar)

Locatie = Dkr 50 IJssel km 927-928 Locatie 9_210038_461583 (210039,461584)
 Berekeningstype = Waterstand
 Waterstand = 9.39 (m+NAP)
 Terugkeertijd = 1000 (jaar)
 Overschrijdingsfrequentie = 1.00E-03 (per jaar)

r	q Rijn	windsn.	waterst.	ov. freq	ov. freq
	m ³ /s	m/s	m+NAP	*0.001/whj	%
NNO	15914	5.4	9.39	0.030	3.0
NO	15914	6.0	9.39	0.040	4.0
ONO	15914	5.4	9.39	0.059	5.9
O	15914	5.4	9.39	0.061	6.1
OZO	15914	4.8	9.39	0.053	5.3
ZO	15914	4.8	9.39	0.065	6.5
ZZO	15914	5.4	9.39	0.062	6.2
Z	15914	6.6	9.39	0.077	7.7
ZZW	15914	7.2	9.39	0.123	12.3
ZW	15914	7.8	9.39	0.136	13.6
WZW	15914	7.8	9.39	0.113	11.3
W	15914	7.2	9.39	0.060	6.0
WNV	15914	6.6	9.39	0.041	4.1
NW	15914	5.4	9.39	0.032	3.2
NNW	15914	5.4	9.39	0.027	2.7
N	15914	4.8	9.39	0.021	2.1
som				1.000	100.0

Onzekerheidswaarden (let op: deze zijn reeds verwerkt in de weergegeven waterstanden/golfparameters)

r	h onz.	f_Hm0	f_Tm-1,0	f_Tp	ov. freq
	m	-	-	-	%
NNO	0.34	1.00	1.00	1.00	3.0
NO	0.34	1.00	1.00	1.00	4.0
ONO	0.34	1.00	1.00	1.00	5.9
O	0.34	1.00	1.00	1.00	6.1
OZO	0.34	1.00	1.00	1.00	5.3
ZO	0.34	1.00	1.00	1.00	6.5
ZZO	0.34	1.00	1.00	1.00	6.2
Z	0.34	1.00	1.00	1.00	7.7
ZZW	0.34	1.00	1.00	1.00	12.3
ZW	0.34	1.00	1.00	1.00	13.6
WZW	0.34	1.00	1.00	1.00	11.3
W	0.34	1.00	1.00	1.00	6.0
WNV	0.34	1.00	1.00	1.00	4.1
NW	0.34	1.00	1.00	1.00	3.2
NNW	0.34	1.00	1.00	1.00	2.7
N	0.34	1.00	1.00	1.00	2.1

Betekenis van de gegevens:

- r = De windrichting
- q Rijn = De afvoer op de Rijn bij Lobith in m³/s
- windsn. = De potentiële windsnelheid van Schiphol in m/s
- waterst. = De waterstand op de doorgerekende locatie in m+NAP
- ov.freq = De overschrijdingsfrequentie van de waterstand voor de bijbehorende windrichting in gemiddeld aantal keer per winterhalfjaar en als percentage
- h onz. = De verhoging van de waterstand ten gevolge van de onzekerheid in de waterstand in m vóór een eventuele transformatie over een voorland
- f_Hm0 = De vermenigvuldigingsfactor van de golfhoogte als gevolg van de onzekerheid in de golfhoogte vóór een eventuele transformatie over een voorland
- f_Tm-1,0 = De vermenigvuldigingsfactor van de spectrale golfperiode als gevolg van de onzekerheid in de spectrale golfperiode vóór een eventuele transformatie over een voorland
- f_Tp = De vermenigvuldigingsfactor van de piekperiode als gevolg van de onzekerheid in de piekperiode vóór een eventuele transformatie over een voorland

Hoofdillustratiepunt bij waterstand 9.39 (m+NAP) en terugkeertijd 1000 (jaar)

windrichting r (bijdrage aan ov.freq) | ZW (13.6%)
 Rijnafvoer q te Lobith [m³/s] | 15914
 potentiële windsnelheid u [m/s] | 7.8
 lokale waterstand h [m+NAP] | 9.39
 onz. lokale waterstand [m] | 0.34

Percentielen voor waterstand 9.39 (m+NAP) en terugkeertijd 1000 (jaar)

Locatie = Dkr 50 IJssel km 927-928 Locatie 9_210038_461583 (210039,461584)
 Berekeningstype = Waterstand
 Waterstand = 9.39 (m+NAP)
 Terugkeertijd = 1000 (jaar)
 Overschrijdingsfrequentie = 1.00E-03 (per jaar)

Percentielen van de Rijnafvoer (m³/s)

percentiel	waarde
5%	14544
10%	14633
25%	15285
50%	16254
75%	17393
90%	17902
95%	18008

Percentielen van de windsnelheid (m/s)

percentiel	waarde
5%	2.5
10%	3.2
25%	4.5
50%	6.4
75%	8.3
90%	10.3
95%	11.7

Locatie = Dkr 50 IJssel km 927-928 Locatie 9_210038_461583 (210039,461584)
 Berekeningstype = Waterstand
 Waterstand = 9.39 (m+NAP)
 Terugkeertijd = 1000 (jaar)
 Overschrijdingsfrequentie = 1.00E-03 (per jaar)

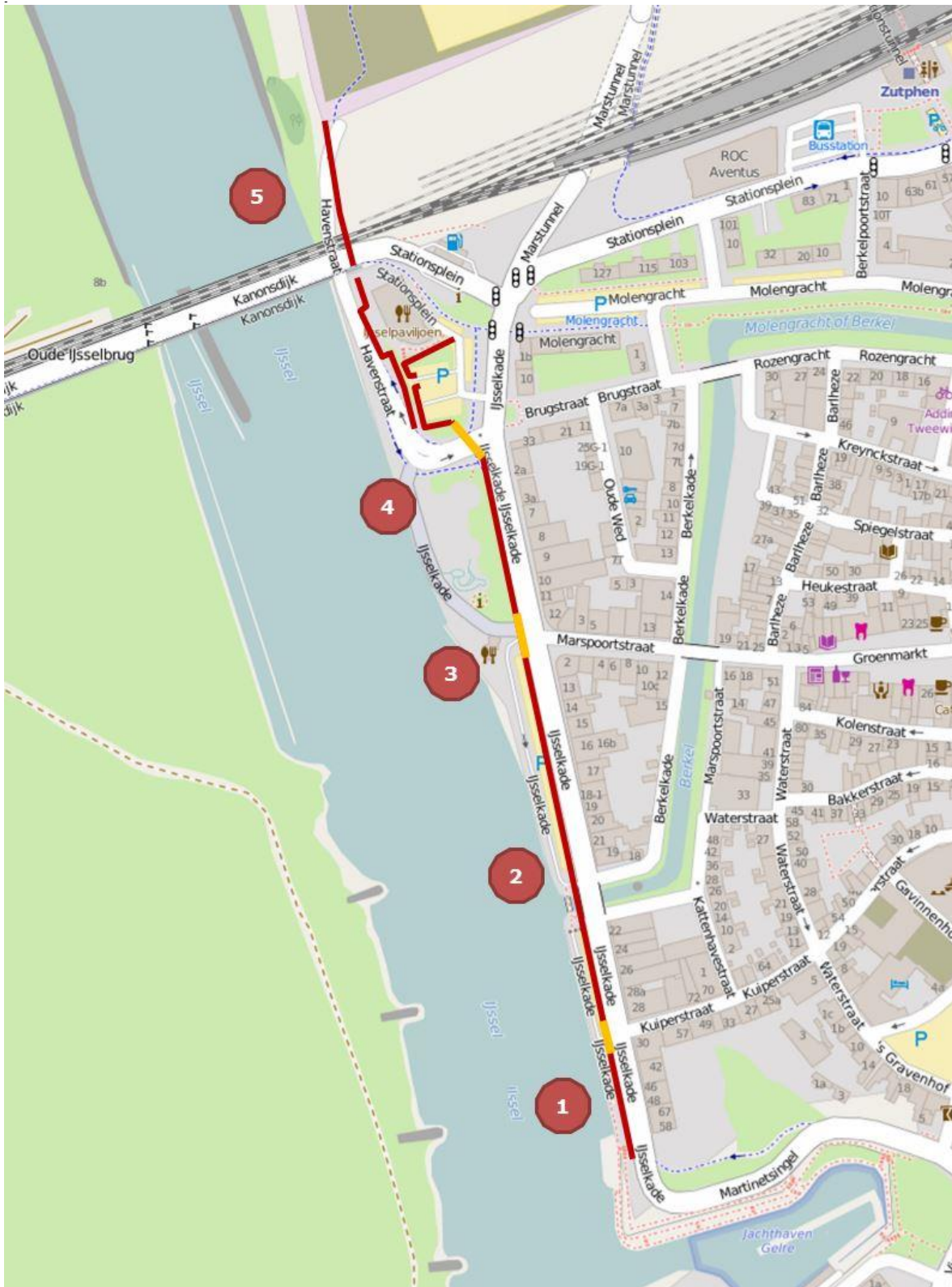
Windsnelheidspercentielen (m/s) bij gegeven windrichting

r	NNO	NO	ONO	O	OZO	ZO	ZZO	Z
percentage	3.0%	4.0%	5.9%	6.1%	5.3%	6.5%	6.2%	7.7%
5%	2.0	2.3	2.4	2.4	2.0	2.2	2.5	3.0
10%	2.7	3.1	3.0	2.9	2.5	2.7	3.1	3.6
25%	3.7	4.4	4.1	3.9	3.4	3.5	4.2	4.9
50%	5.5	5.9	5.6	5.3	4.6	4.8	5.6	6.6
75%	7.0	7.4	7.3	6.9	6.2	6.4	7.0	8.2
90%	8.7	8.7	8.8	8.4	7.4	7.7	8.4	9.6
95%	9.7	9.6	9.8	9.4	8.4	8.7	9.5	10.6

r	ZZW	ZW	WZW	W	WNW	NW	NNW	N
percentage	12.3%	13.6%	11.3%	6.0%	4.1%	3.2%	2.7%	2.1%
5%	3.3	3.6	3.3	2.9	2.4	1.5	1.2	1.1
10%	4.0	4.3	4.1	3.6	3.1	2.2	2.1	2.0
25%	5.6	5.8	5.9	5.5	4.7	3.6	3.3	3.3
50%	7.3	7.7	7.8	7.3	6.7	5.6	5.2	4.8
75%	9.1	9.6	9.9	9.6	8.9	7.3	7.1	6.5
90%	10.7	11.6	11.8	12.1	11.3	9.5	8.9	8.3
95%	11.7	12.7	13.2	13.6	13.0	11.2	10.3	9.6

Bijlage 1: Aansluitingen

Overzicht hoogtes primaire hoogwaterkering



Locatie	MV- hoogte zijde rijbaan huidige situatie	MV- hoogte zijde rijbaan nieuwe situatie	Hoogte bovenzijde primaire kering huidige situatie	Hoogte bovenzijde primaire kering nieuwe situatie
1	+9.79	+9.95	+9.95	+9.96
2	+8.73	+8.92	+9.91	+9.94
3 (coupure)	+8.98	+9.15	+9.89	+9.93
4	+8.83	+9.15	+8.83	+9.15
5	+8.99	+9.06	+9.90	+9.92
			+9.90	+9.90

BIJLAGE L REVIEW ADO

MEMO

Van Adviesteam Dijkontwerp

Aan Waerschap Rijn en IJssel

Door Mark Klein Breteler, Ruben Jongejan, Alfons Smale

Betrokken -

Review Bob van Bree

Kopie aan -

Datum 28-05-2020

Versie 3

Onderwerp 036 – Review toepassing rekenregel steenbekleding WRIJ

1 Inleiding

Recent heeft het Adviesteam Dijkontwerp geadviseerd ten aanzien van afschuiving van steenbekleding op steile hellingen. Dit advies omvatte een aangepaste rekenregel voor het beoordelen/ontwerpen van steenbekleding op steile hellingen. Deze rekenregel is nu toegepast door een adviesbureau. Het waterschap vraagt het Adviesteam Dijkontwerp om de rapportage waarin deze toepassing is beschreven te reviewen op dit onderdeel. In onze review hebben we ons daarom beperkt tot het controleren van de correctheid van de berekeningen.

2 Aangeleverde stukken

De volgende stukken zijn aangeboden ter review:

- Partiële verbetering IJsselpaviljoen Zutphen – D10006031.pdf
- Bijlage A Steentoets resultaten.pdf
- Bijlage C Hydra-NL resultaten.pdf
- Bijlage G 36- Afschuiving bij steile steenzettingen in het rivierengebied.pdf
- Steenzetting pragmatische berekening.xlsx

3 Review op hoofdlijnen

Bij het reviewen van de Nadere Analyse Veiligheid voor de dijkstrekking nabij het IJsselpaviljoen van Zutphen stelt het Adviesteam Dijkontwerp vast dat aansluiting wordt gezocht bij de overstromingskansbenadering en dat daarbij verder wordt gekeken dan alleen de beschikbare instrumenten: dat is zeer wenselijk. Tegelijkertijd zien we dat er op onderdelen ogenschijnlijk nog wat onjuistheden zijn ingeslopen, zie ook de detailopmerkingen. Voornaamste aandachtspunt is de juistheid van de gehanteerde hydraulische belastingen voor de nadere analyse veiligheid (nu zijn illustratiepunten van het spoor GEKB gebruikt in plaats van hydraulische belastingen behorende bij GEBU).

Het talud is nogal steil voor een steenzetting, waardoor een filterlaag lastig is aan te leggen. De oplossing om een drainagemat als in figuur 10 toe te passen, wordt afgeraden (zie detailopmerkingen). Het beschouwen van 'erosie onderlagen' is een goede oplossingsrichting gezien de optredende golfhoogtes, maar die zou in paragraaf 4.5 verder uitgewerkt en doorgerekend moeten worden.

Los van de uitkomst van de (evt. herziene) berekeningen wordt, gezien vanuit het verhaal van de kering, het optreden van een overstroming als gevolg van falen van deze bekleding zeer klein geacht vanwege de omvang en het niveau van het achterliggende gebied. Wij onderschrijven dan ook het beeld dat meer berekeningen niet tot een andere conclusie zullen

leiden. Dit is ons inziens echter geen grond om tot versterking over te gaan, zoals geconcludeerd wordt aan het eind de conclusies. De conclusie om over te gaan op versterking zal op basis van andere overwegingen moeten worden beargumenteerd.

4 Detailopmerkingen

In dit hoofdstuk worden per paragraaf enkele detailopmerkingen gegeven.

Paragraaf 4.1:

- figuur 3 is "leeg"
- er wordt gesproken over een "signaleringswaterstand", iets preciezer is om te spreken van een waterstand behorende bij de signaleringswaarde
- de tekst in deze paragraaf en figuur 7 laten een afvlakking van de waterstand zien. Een dergelijke afvlakking is in onze beleving niet logisch en kan door ons ook niet gereproduceerd worden met de genoemde database "WBI2017_Bovenrijn_50-2_v04.sqlite" voor zichtjaar 2023. Voor zichtjaar 2100 gaat aftoppen van de afvoer bij Lobith een rol spelen, maar dat speelt pas vanaf een herhalingstijd tussen de 3000 en 10000 jaar. Geadviseerd wordt om nog even goed naar de uitgevoerde berekening te kijken.

Paragraaf 4.2:

- Paragraaf 4.2.1: de geschetste werkwijze lijkt correct, maar de hieruit resulterende figuur 7 (met afvlakking) komt vreemd op ons over (en enkele testberekeningen laten deze afvlakking niet zien).
- Paragraaf 4.2.2: in deze sectie worden waterstanden en golfhoogtes gepresenteerd behorende bij het mechanisme golfoverslag. De beoordeling/het ontwerp van de bekleding dient echter gebaseerd te worden op de golfhoogten volgend uit een bekledingen som bij doorsnede-eis voor bekleding. Deze lijken hier echter niet gebruikt te worden (in plaats daarvan wordt een illustratiepunt behorende bij GEKB gebruikt).
- Paragraaf 4.2.3: Strikt genomen wordt bij overstroming door overschrijding kombegend vermogen gekeken naar de faalkanseis voor GEKB. Deze is kans is kleiner (strenger) dan de norm. Tegelijkertijd is de kans zeker (fors) kleiner dan 1 dat de dijk faalt bij een waterstand die 20cm (of meer) boven maaiveld uitkomt.
- Paragraaf 4.2.3: Voor een beoordeling op STBU bij de profielen uit Bijlage B zijn stabiliteitsberekeningen onnodig. De voorwaardelijke overstromingskans is dan immers nihil.

Paragraaf 4.3:

- De berekening met Steentoets kan niet gereviewd worden, omdat er in de bijlage daarover te weinig informatie is gegeven. Het eindantwoord (huidige bekleding voldoet niet) is echter wel juist.

Paragraaf 4.4:

- Paragraaf 4.4: De gehanteerde belastingen (gebaseerd op mechanisme GEKB i.p.v. GEBU en bij ondergrens i.p.v. doorsnede-eis) zijn niet juist.

Paragraaf 4.5:

- Paragraaf 4.5.1: In de eerste alinea wordt gesteld dat de bekleding niet hoeft te voldoen als er een voldoende dikke kleilaag is, zodat de dijk ten aanzien van 'erosie buitentalud' voldoet vanwege een voldoende bij 'erosie onderlagen'. Dat is een juiste insteek, echter in het vervolg (en bijlage H) wordt alleen ingegaan op het mechanisme 'afschuiving' van de bekleding op basis van de methode uit bijlage G. Er wordt geen berekening gegeven waaruit blijkt dat het voldoet ten aanzien van 'erosie onderlagen'. **Laatste zin voor kennisgeving aangenomen. Telefonische navraag bij ADO gaf aan dat een opmerking was en niet een advies om dit als nog te doen.**
- Paragraaf 4.5.2: Een berekening ontbreekt waaruit blijkt dat 0,2 m Basalton op een filterlaag voldoet.

- Paragraaf 4.5.3: Het toepassen van de drainagemat uit figuur 10 wordt sterk afgeraden. De doorlatendheid is zeer hoog, terwijl een deel van de spleten in de toplaag wordt afgedekt. Dat leidt tot een zeer ongunstige lek lengte en dus lage stabiliteit. Een toplaag van 0,20 à 0,25 m op een geotextiel op klei lijkt een logischere oplossing voor het gesignaleerde probleem.
- Paragraaf 4.5.4: Het krachterevenwicht in bijlage H klopt niet. Voor τ_1 is gerekend met de volledige lengte onder water. Verder lijkt de taludlengte boven water niet te kloppen (of wordt er uitgegaan dat het talud geheel onder water staat?). De gewichtscomponent evenwijdig aan het talud moet berekend worden met $\sin\alpha$ en die loodrecht op het talud met $\cos\alpha$.

Het Adviesteam Dijkontwerp geeft onafhankelijk technisch-inhoudelijk advies aan de alliantie Hoogwaterbescherming over de toepassing van de waterveiligheidsbenadering en nieuwe kennis die hiermee samenhangt. Adviezen van het Adviesteam Dijkontwerp kunnen worden opgevat als collegiaal advies.

COLOFON

PARTIËLE VERBETERING IJSSELPAVILJOEN ZUTPHEN
NAV, DIJKPAAL 96+50 TOT EN MET 98+65

KLANT

Waterschap Rijn en IJssel

AUTEUR

Rimmer Koopmans

PROJECTNUMMER

C03011.000135.2800

ONZE REFERENTIE

D10006031:31

DATUM

28 augustus 2020

STATUS

Definitief

GECONTROLEERD DOOR

Rianne Oudkerk
geotechnisch specialist

VRIJGEGEVEN DOOR

Rimmer Koopmans
projectleider

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland
+31 (0)88 4261 261

www.arcadis.com