


# POVM Kennisdocument

Modellering Restprofiel

POV

MACRO  
STABILITEIT



december 2020

Versie: 0.5  
Status: Definitief Concept

De publicaties van de Projectoverstijgende Verkenning Macrostabieliteit (POVM) geven aanwijzingen en voorbeelden voor het ontwerp, de toepassing en het beheer van verschillende stabiliteitsverhogende technieken, evenals voor het scherper bepalen van de 'actuele sterkte'. Alle POVM-publicaties gaan vergezeld van een positief ENW advies.

In enkele aanvullende kennisdocumenten - waaronder ook het voorliggende document - vindt u uitwerkingen en/of toelichtingen voor onderwerpen:

1. die in de POVM-publicaties nog onvoldoende worden behandeld;
2. waarvoor sinds het opstellen van de publicaties nieuwe inzichten of rekenmogelijkheden beschikbaar zijn gekomen.

Elk kennisdocument is met zorg samengesteld en gecontroleerd, gevolgd door formele vaststelling door de redactieraad van het POVM-gebruikersplatform. Toch kan niet worden uitgesloten dat bij toepassing nog kennislacunes of onvolkomenheden worden ontdekt. Gebruik van de kennisdocumenten is vrij, maar het is aan de gebruiker zelf om te beoordelen of de kennis de project-specifieke toepassing dekt, en hoe de in elk document beschreven kennis wordt toegepast.

Een kennisdocument kan in de toekomst wijzigen wanneer inzichten veranderen of groeien. De meest recente versies zijn steeds te vinden op het POVM-gebruikersplatform (<https://publicwiki.deltares.nl/display/POVM/POVM+Gebruikersplatform>). Op dit platform vinden gebruikers van de POVM-publicaties ook aanvullende ondersteunende informatie.

Nijmegen, februari 2021,

(handtekening)

Ir. J. van der Schrier

Voorzitter Redactieraad POVM-gebruikersplatform

## POVM KENNISDOCUMENT

---

Onderwerp	Modellering restprofiel
Project	POVM - Witte vlekken
Opdrachtgever	POVM
Projectcode	118949
Status	Definitief
Datum	30 december 2020
Referentie	-
Auteur(s)	S. Joosten (Witteveen+Bos) T. Naves (Witteveen+Bos)
Gecontroleerd door	H.J. Lengkeek (Witteveen+Bos) B. Rijneveld (Fugro) M. Visschedijk (Deltares)
Bijlage(n)	I Resultaten case Bergambacht (rekenvoorbeeld PPE) II Resultaten case B

---

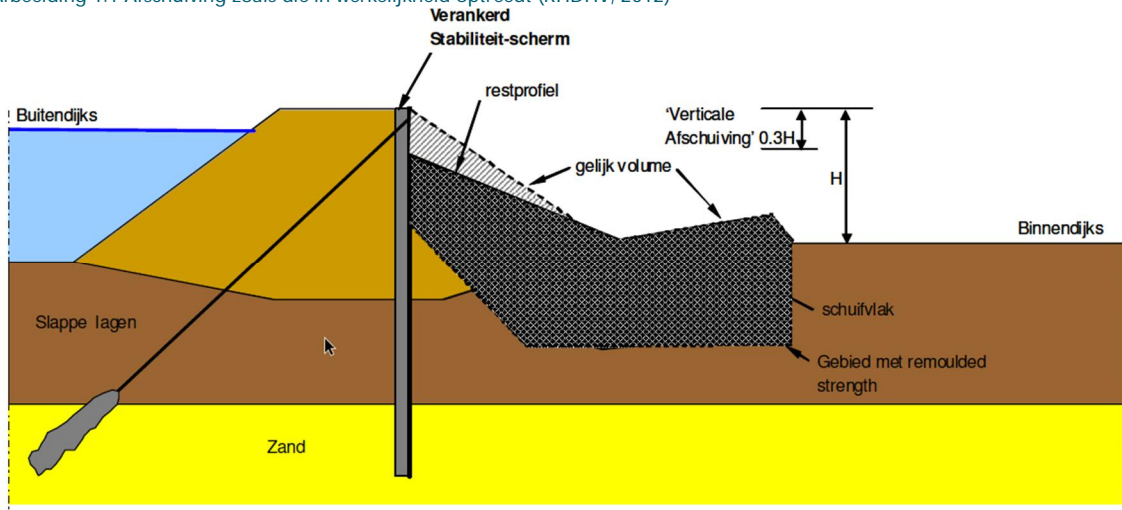
## 1 INLEIDING

Voorliggend kennisdocument is opgesteld in het kader van het onderzoek naar de "witte vlekken", zoals benoemd op het POVM rekenclusteroverleg van 28 Augustus 2019. In dit kennisdocument wordt ingegaan op de modellering van het restprofiel en op de keuze voor de 70% schuifsterktereductie in de verstoorde zone, zoals gesuggereerd in § 3.5.6 van de POVM Publicatie 'Eindige-elementenmethode' (PPE). Het document doet verslag van een korte verkennende studie. In deze studie zijn de effecten van mogelijke schematiseringskeuzes bepaald voor twee gevallen. Beide gevallen betreffen een verankerde damwand. In dit document wordt op die basis ook een voorstel gedaan voor schematisering. Gezien het beperkte karakter van de studie en het nog ontbreken van validatie mag dit voorstel echter nog niet worden opgevat als een formele en volledig onderbouwde richtlijn voor schematisering van het restprofiel.

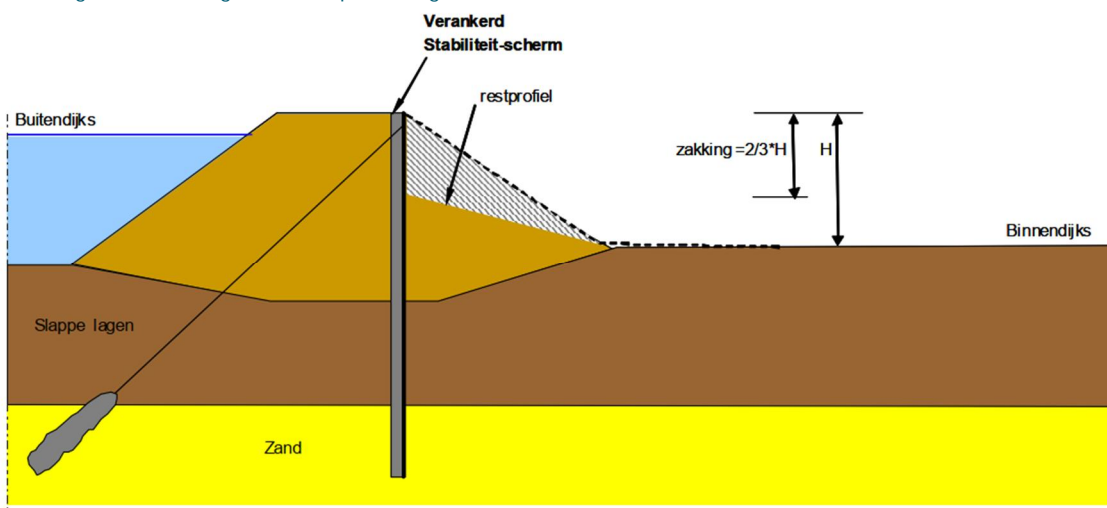
De in de PPE beschreven modellering van de restprofielgeometrie is rechtstreeks overgenomen uit de voorheen vigerende richtlijn: de OSPW. In deze OSPW modellering wordt het talud verlaagd tot 1/3<sup>e</sup> van de oorspronkelijke hoogte, zonder aanpassing van de schuifsterkte in de verstoorde zone. Achtergrond voor deze modellering is een onderzoek van RHDHV uit 2012 (Onderzoek in het kader van ontwerprichtlijn stabiliteitsschermen WSR, Onderdeel 6: Reststerkte. Rapport nr. 9X1883.A0). In dat onderzoek bleek een min of meer realistische modellering van de restprofielgeometrie (2/3<sup>e</sup> van de oorspronkelijke hoogte) in combinatie met het in de verstoorde zone toepassen van een gedraineerd gemodelleerde 'remoulded

strength' tot vergelijkbare PLAXIS resultaten te leiden als een modellering van het restprofiel met  $1/3^e$  van de oorspronkelijke hoogte, met de 'normale' grondparameters, dus zonder 'remoulded strength'. Voor de 'remoulded strength' was daarbij 40 % van de rekenwaarde van de (kleine rek) wrijvingshoek en cohesie aangehouden. Zie de figuren hieronder ter illustratie van de te modelleren afschuiving en van de schematisering volgens OSPW en PPE.

Afbeelding 1.1 Afschuiving zoals die in werkelijkheid optreedt (RHDHV, 2012)

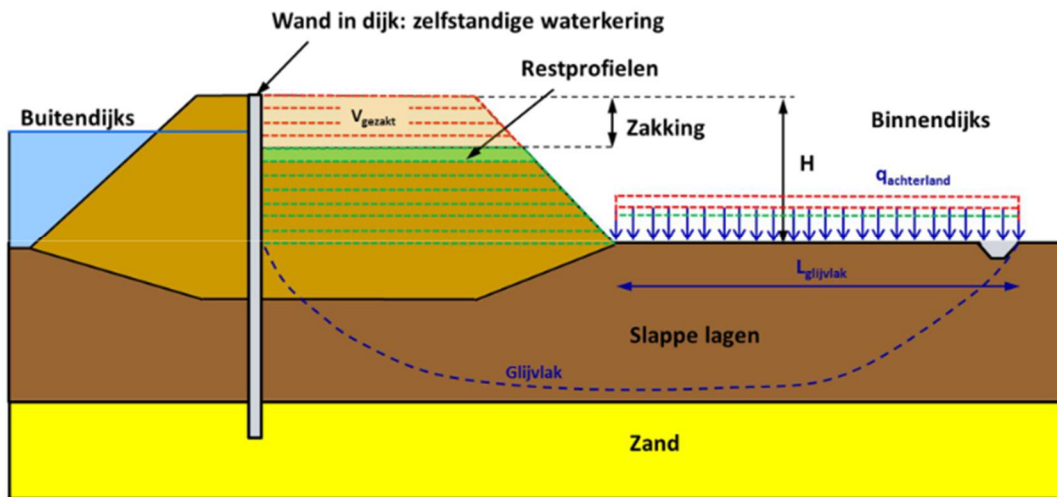


Afbeelding 1.2 Modelling van het restprofiel volgens de OSPW en de PPE



Een meer recente POVM studie uit 2017 ([Verbeterde berekeningsrekenwijze restprofiel](#)) suggereert (eveneens op basis van gedraineerde modellering van de schuifsterkte) dat de OSPW modellering in het voorbeeldgeval van een diepwand alleen voldoende veilig is, indien de gedraineerde schuifsterkte in de verstoorde zone niet kleiner wordt dan gedraineerde 'critical state' sterkte. In deze studie uit 2017 is aan bovenzijde van het profiel in lagen proberenderwijs zoveel grond verwijderd dat de geotechnische stabiliteit nog bewaard blijft bij rekenwaarden voor de grondsterkte. Het gewicht van de verwijderde grond is daarbij aan landzijde als belasting toegevoegd. De gedraineerde schuifsterkte in de verstoorde zone is in de studie tot verschillende percentages van de pieksterkte gereduceerd.

Afbeelding 1.3 Geometrie-modellering voor eindige-elementenberekeningen, zoals toegepast in eerdere POVM studie (2017)



Zowel de RHDHV studie uit 2012 als de POVM studie uit 2017 gaan uit van een gedraineerde sterktemodellering, zoals nog voorgeschreven in de OSPW. Sinds 2017 is voor stabiliteitsanalyses echter het gebruik voorgeschreven van ongedraineerde 'critical state' sterkte, te bepalen op basis van het SHANSEP model. Bij gebruik van het SHANSEP model bestaat meer twijfel of toepassing van  $1/3^e$  van de hoogte wel voldoende veilig is. Dit komt doordat de ongedraineerde schuifsterkte binnen de toegepaste rekenprocedure in praktijk niet meer wordt beïnvloed door aanpassing van de geometrie, wanneer de aanpassing van de geometrie gelijktijdig plaatsvindt met de overstap op het SHANSEP model.

Daarom wordt er in de PPE gesuggereerd dat er bij een restprofiel van  $1/3H$  ook nog een aanvullende reductie van de ongedraineerde 'critical state' schuifsterkte in de verstoorde zone nodig kan zijn. Dit is in de PPE voorbeelden echter niet toegepast en er bestaat ook nog geen praktische ervaring met hoe dit uitpakt.

Hoofdstuk 3 van het voorliggende kennisdocument doet daarom voor twee gevallen verslag van een eerste analyse van het effect van de verlaging van de 'critical state' sterkte in combinatie met een aangepaste geometrie voor het restprofiel. Op die basis wordt in hoofdstuk 2 een aanpak voorgesteld voor het combineren van een geometrieaanpassing met een verlaging van de schuifsterkte in de verstoorde zone. Deze aanpak is vergelijkbaar met de aanpak zoals ook al toegepast in de eerdere POVM studie.

## 2 VOORGESTELDE AANPAK RESTPROFIEL

Op basis van de berekeningsresultaten zoals gepresenteerd in hoofdstuk 3 wordt in dit hoofdstuk een aangepaste aanpak voorgesteld met betrekking tot het modelleren van het restprofiel, voor het geval dat de schuifsterkte van cohesieve lagen ongedraineerd wordt gemodelleerd op basis van het SHANSEP model.

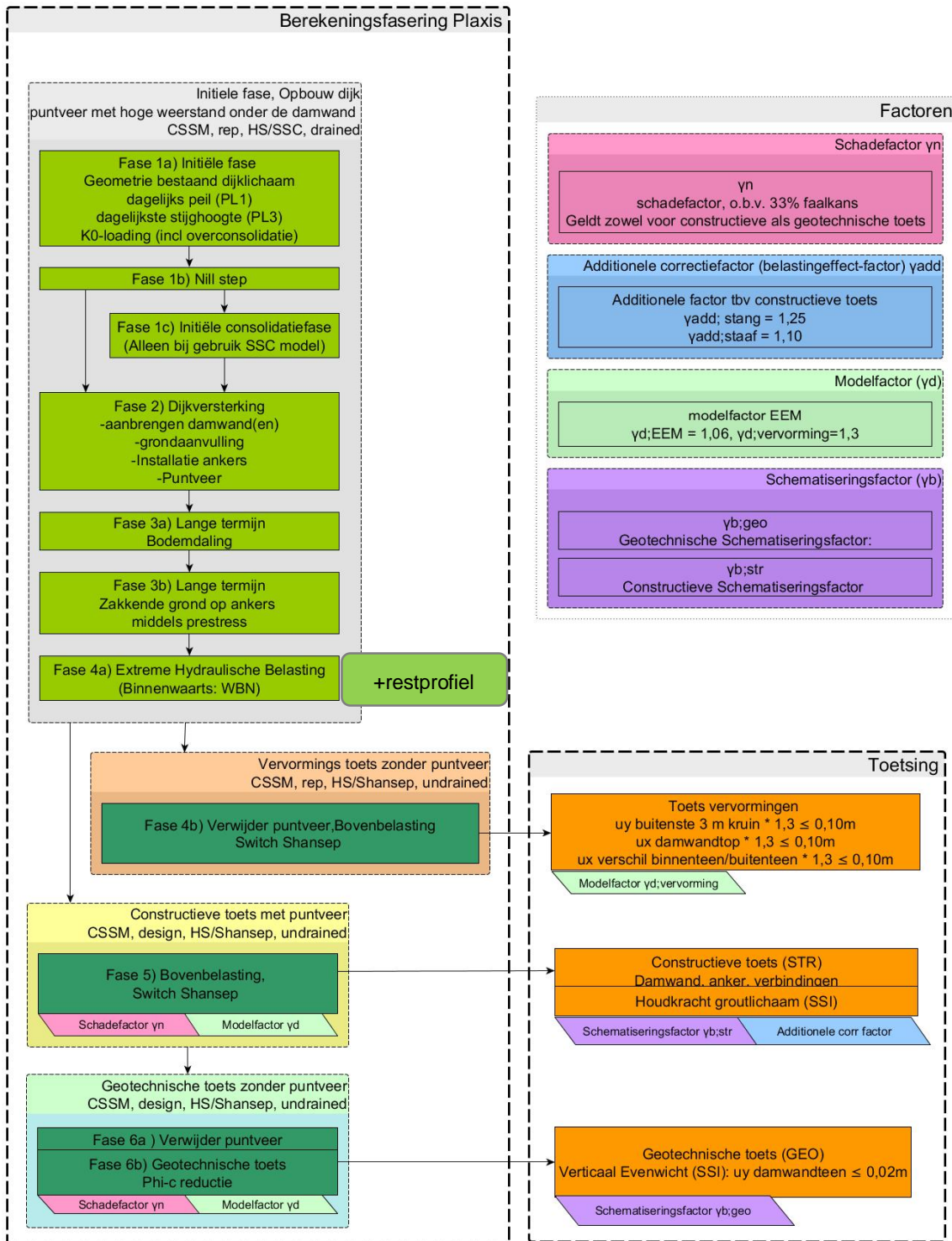
Met deze aanpak wordt beoogd om de sterktereductie van de ongedraineerde lagen op een geschikte manier mee te nemen. Door de sterktereductie in het afschuifvlak handmatig in te voeren kan iteratief de benodigde taludverlaging worden bepaald. Er wordt niet meer uitgegaan van de standaard talud verlaging tot  $1/3^e$  van de hoogte. Dit is verder uitgewerkt in onderstaand stappenplan.

Bij het hierna voorgestelde stappenplan past het voorbehoud dat nog onzeker is in hoeverre toepassing van dit stappenplan de werkelijke effecten van een niet-kritische afschuiving voldoende conservatief beschrijft. Bijvoorbeeld is onzeker in hoeverre een tot 70 % van de initiële ongedraineerde schuifsterkte de 'remoulded strength' in de afgeschoven grond goed beschrijft, inclusief het effect van scheuren. De bepaling van deze reductie valt buiten de scope van deze memo.

### 2.1 Modelling van een restprofiel binnen het toe te passen rekenschema

De voorgestelde aanpak veronderstelt toepassing van rekenschema B, zoals opgenomen in PPE § 3.7. Voor de leesbaarheid is dit schema hieronder overgenomen.

Afbeelding 2.1 Rekenschema B (PPE, § 3.7)



Volgens rekenschema B vindt uitvoering van de controle op vervormingen (fase 4b) parallel plaats aan de controle op constructieve sterkte (fase 5) en op stabiliteit (fase 6). Overstap op het SHANSEP model vindt dus ook parallel plaats in zowel stap 4b als in stap 5. Tijdens deze overstap bepaalt PLAXIS de ongedraineerde sterkte volgens SHANSEP, op basis van de effectieve spanningen die in fase 4a (gedraineerd) zijn berekend en op basis van de grensspanning die in alle fases tot en met 4a zijn bepaald.

In alle rekenfasen waarin het oorspronkelijke profiel nog wel stabiel is mag met het oorspronkelijke profiel worden gerekend (zonder aanpassing van geometrie of schuifsterkte in de verstoorde zone). Modellerings



van een restprofiel is echter nodig wanneer het oorspronkelijke profiel achter de stabiliteitswand niet stabiel blijkt in één van volgende rekenfasen:

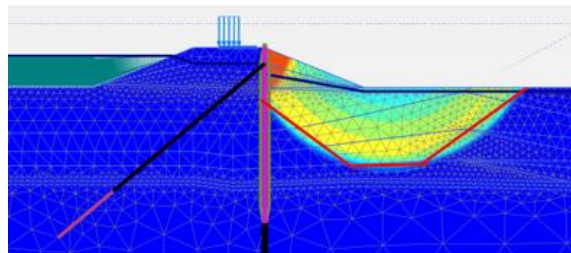
- Fase 1 t/m 3: Een zeer instabiele uitgangssituatie vraagt een pragmatische aanpak, het gaat uiteindelijk om fase 4a en verder.
- Fase 4a t/m 6b: Wanneer de niet-kritische instabiliteit achter de stabiliteitswand optreedt in fase 4a of de opeenvolgende fases t/m 6b moet de aanpassing van de geometrie plaatsvinden in fase 4a voorafgaand aan de overstap naar SHANSEP. De reductie van de SHANSEP schuifsterkte in de verstoorde zone wordt toegepast zowel in fase 4b als in fase 5 en verder.
- Indien het restprofiel niet in fase 4b maar wel in fase 5 of verder optreedt, kan het in een situatie waar de verplaatsingen maatgevend zijn overwogen worden fase 4b "zonder restprofiel in fase 4a" uit te rekenen. Fase 5 moet echter wel starten vanuit fase 4a inclusief restprofiel.

## 2.2 Stappenplan voor modellering

Voor het in rekening brengen van een restprofiel wordt de volgende stapsgewijze procedure voorgesteld.

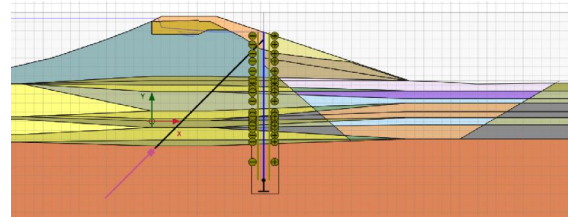
### 1 Vaststellen maatgevend glijvlak zonder restprofiel

Om de vorm van het glijvlak bij een niet-kritische taludstabiliteit vast te stellen wordt eerst een reguliere berekening uitgevoerd, waarbij er nog geen restprofiel gemodelleerd is (dus geen aanpassing van de geometrie en geen aanpassing van de sterkte in het glijvlak).



### 2 Schematiseren afschuifvlak

De vorm van het glijvlak - zoals vastgesteld in stap 1 - wordt gemodelleerd. Vanaf de rekenfase dat dit nodig is, zie § 2.1, wordt binnen dit glijvlak aan de grondlagen de gereduceerde sterkte-eigenschappen toegekend.



Aanbevolen wordt een sterktereductie van 30% door de S-waarde met een factor 0,7 te vermenigvuldigen<sup>1</sup>. Mochten er binnen het afschuifvlak ook gedraineerde lagen aanwezig zijn dan dient de 'critical state' wrijvingshoek voor deze lagen met 30% gereduceerd te worden.

<sup>1</sup> Een alternatieve methode kan zijn om geen overconsolidatie mee te nemen door de m-waarde gelijk te kiezen aan 0. Echter wordt in beginsel 70% \* S aanbevolen.



### 3 Aanpassing geometrie

In combinatie met het reduceren van de grondsterkte in het afschuifvlak dient ook de geometrie aangepast te worden.

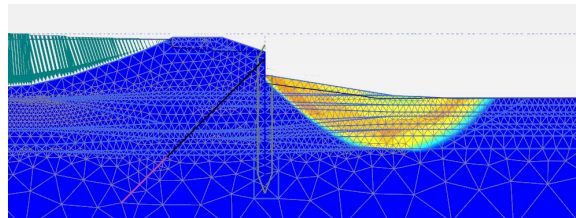
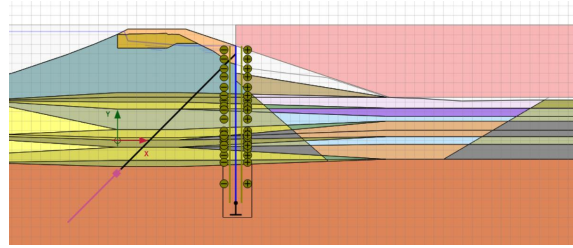
Voorstel is om de ontwerper in principe vrij te laten om de geometrie van het talud achter de stabiliteitswand naar eigen inzicht aan te passen, zolang in fase 6b nog de vereiste schematiseringsfactor in rekening kan worden gebracht voordat instabiliteit optreedt.

In dit voorstel is dus niet meer verplicht om het talud tot  $1/3H$  te verlagen. Wel wordt aanbevolen om een constante taludhelling te hanteren vanaf de teen van de dijk of het uittredepunt van het glijvlak en om een minimum verlaging van  $1/3H$  toe te passen (resterende talud hoogte is dan  $2/3H$ ).

### 4 Toetsen op geotechnische stabiliteit

Nadat de geometrie is aangepast wordt gecontroleerd of in fase 6 nog de vereiste schematiseringsfactor in rekening kan worden gebracht voordat instabiliteit optreedt. Wanneer dit niet het geval blijkt moet de taludgeometrie verder worden aangepast.

Het is denkbaar dat er tijdens deze procedure een afschuiving optreedt buiten het afschuifvlak dat in stap 1 werd gevonden. In dat geval dient het afschuifvlak in stap 2 (waarbinnen de schuifsterkte moet worden gereduceerd) vergroot te worden op basis van de ligging van dit nieuwe glijvlak.



### 3 BEREKENINGSRESULTATEN

#### 3.1 Bergambacht

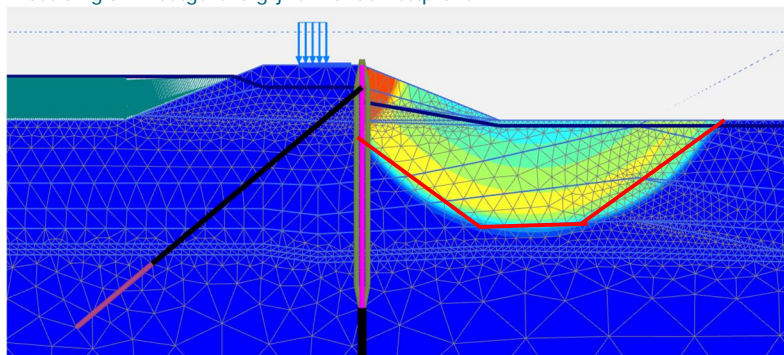
Dit betreft de voorbeeldberekening van de verankerde damwand in hoofdstuk 6 van de PPE. De eerste stap is het vaststellen van het glijvlak zonder restprofiel. In Afbeelding 3.1 is het maatgevend afschuifvlak weergegeven als er geen restprofiel geschematiseerd wordt. Dit glijvlak treedt op in de constructieve toetsfase (fase 5), wat betekent dat de stabiliteitsfactor dan al kleiner is dan 1,0 ( $SF < 1,0$ ). Voor het ontwerp van het verankerde stabiliteitsscherp wordt daarom vanaf fase 4a gerekend met een restprofiel, het talud wordt daartoe vanaf fase 4a verlaagd met  $2/3H$ , zie ook Afbeelding 3.2. Dit is ook de methodiek die is toegepast in het rekenvoorbeeld in de PPE.

In aanvulling op dit voorbeeld wordt het afschuifvlak van het restprofiel versimpeld gemodelleerd in de berekening met het restprofiel, zie ook Afbeelding 3.2. De grondlagen binnen dit afschuifvlak zijn vervolgens gemodelleerd met een gereduceerde sterkte, door hier een nieuwe materiaalset voor aan te maken. De schuifsterkte is gereduceerd<sup>1</sup> door:

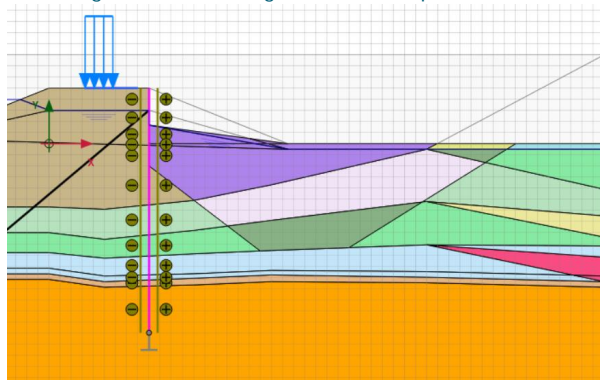
- Basis methode: De 'critical state' sterkte te reduceren tot 70% ( $0,7 \cdot S$ );
- Controle methode: Het verlagen van de 'critical state' schuifsterkte door normaal geconsolideerde omstandigheden te modelleren ( $m=0$ );

Hierbij wordt gebruikt gemaakt van dezelfde restprofielgeometrie als in het basisgeval.

Afbeelding 3.1 Maatgevend glijvlak zonder restprofiel



Afbeelding 3.2 Schematisering afschuifvlak restprofiel



In Tabel 1 zijn de resultaten van de verschillende berekeningen met elkaar vergeleken. De basissom betreft het rekenvoorbeeld in de PPE, deze berekening bevat alleen de geometrische aanpassing van het restprofiel, maar geen sterktereductie in het afschuifvlak.

<sup>1</sup> In deze notitie wordt enkel de modellering met  $0,7S$  en  $m=0$  beschouwd, op basis van het gestelde in de voorlopige versie van de PPE. Een nadere onderbouwing van deze waarden valt buiten de scope van deze notitie.

Opvallend is dat de verlaging van de ongedraineerde schuifsterkte niet tot een grote toename van de snedekrachten leidt. De verlaagde S-waarde in de verstoorde zone leidt tot een kleine toename van +4% op het buigend moment. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de stabiliserende werking van het anker.

De berekening waar in de verstoorde zone geen overconsolidatie wordt meegenomen ( $m=0$ ) leidt tot een afname van het buigend moment met 10%. Echter voldoet in dat geval voldoet de stabiliteitsfactor in fase 6 niet meer. Door de afname van de sterkte in de verstoorde zone wordt een glijvlak binnen deze zone maatgevend, zie ook Afbeelding 3.3.

Uiteindelijk moet de stabiliteitsfactor in fase 6b voldoen aan de gestelde eis volgend uit de schematiseringsfactor. Uitgaande van een schematiseringsfactor van 1.1 kan iteratief de taludhoogte worden bepaald die hoger of lager is dan  $1/3H$  zoals nu in het rekenvoorbeeld is aangehouden. Het talud moet minimaal tot  $2/3H$  worden verlaagd (dus  $1/3H$  vanaf de kruin).

In geval van reductie van de S-ratio met 70% is in dit voorbeeld is de taludhoogte verhoogd tot  $1/2H$ , echter voldoet in dat geval de stabiliteitsfactor niet meer. Er kan nog worden gezocht naar een tussenliggend niveau of men kan de waarden van  $1/3H$  hanteren.

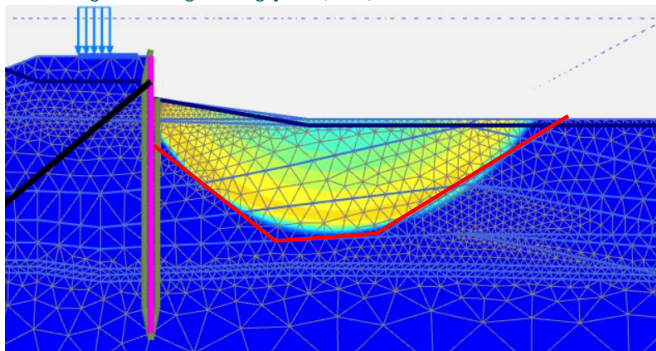
Om in geval van  $m=0$  aan de stabiliteitsfactor te voldoen moet het talud verder verlaagd, hier is gekozen voor  $1/6H$ . Nu wordt wel voldaan en als gevolg daarvan neemt het buigend moment iets toe ten opzichte van de basis berekening.

Tabel 1 Resultaten Bergambacht verlaagde sterkte in afschuifvlak

Beschrijving	Basis	0,7*S	0,7*S	m=0	m=0
Aangepaste taludhoogte	$1/3^\circ H$	$1/3^\circ H$	$1/2^\circ H$	$1/3^\circ H$	$1/6^\circ H$
N (fase 5) constructieve toets	345 kN/m	347 kN/m	-*	349 kN/m	341
F (fase 5) ankerkracht constructieve toets	436 kN/m	446 kN/m	-*	431 kN/m	452
M (fase 5) constructieve toets	654 kNm/m	660 kNm/m	-*	593 kNm/m	674
SF (fase 6)	1,25	1,19	<1,00	1,01	1,19

\*Er treedt vroegtijdig bezwijken op, de rekenwaarde van de belasting op de damwand kan niet bepaald worden.

Afbeelding 3.3 Maatgevend glijvlak ( $m=0$ )

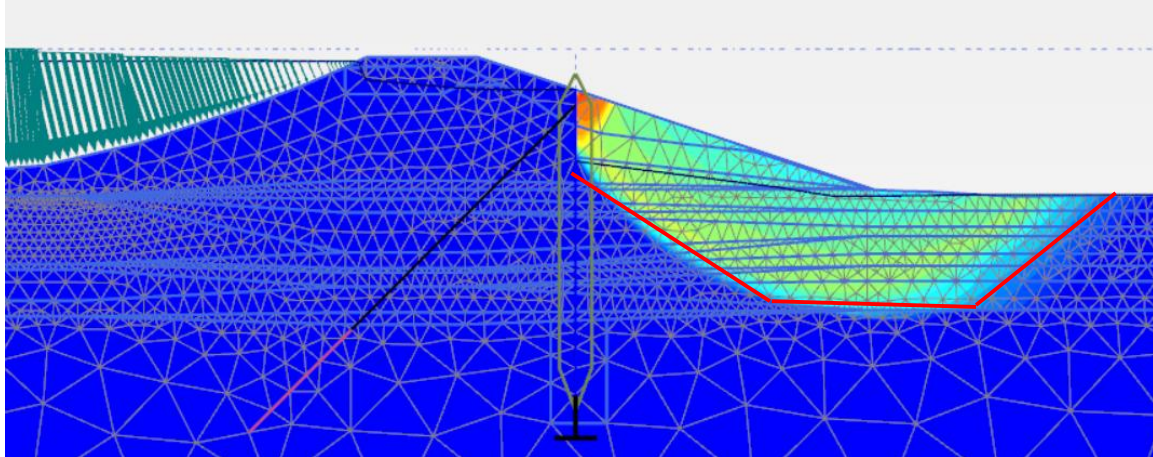


### 3.2 Berekeningsresultaten case B

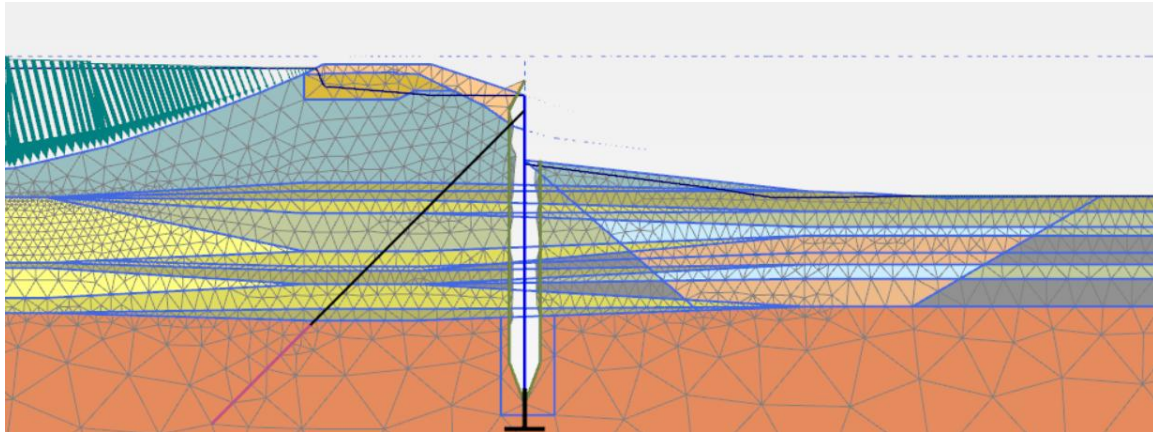
Ook voor de hierna gepresenteerde tweede case is op hoofdlijnen de procedure doorlopen zoals in het vorige hoofdstuk is beschreven, zie ook Afbeelding 3.4. In case B is er sprake van een opdrijfsituatie en diep langgerekt glijvlak. Voor de aanwezige gedraineerde tussenlagen wordt gerekend met de critical state

effectieve hoek van inwendige wrijving, zonder verdere reductie zoals wel wordt toegepast op de ongedraineerde lagen die zijn gemodelleerd met het SHANSEP model.

Afbeelding 3.4 Maatgevend glijvlak zonder restprofiel



Afbeelding 3.5 Schematisering afschuifvlak restprofiel



In Tabel 2 zijn de resultaten van de gevoeligheidsberekeningen weergegeven. Vergelijkbaar met de resultaten uit case A heeft het verlagen van de sterkte in de afschuifzone maar een heel beperkt effect op de berekende belastingen. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de stabiliserende werking van het anker.

In het geval  $m=0$  is de berekende belasting nagenoeg identiek aan de basisberekening en bij  $0,7*s$  nemen de snedekrachten zelfs iets af (-3%).

Tabel 2 Resultaten Case B verlaagde sterkte in afschuifvlak

Beschrijving	Basis	$0,7*s$	$m=0$
Aangepaste taludhoogte	$1/3^e$ H	$1/3^e$ H	$1/3^e$ H
N (fase 5) constructieve toets	279,5 kN/m	275,2 kN/m	279,5 kN/m
F (fase 5) ankerkracht constructieve toets	907,8 kN/m	895,5 kN/m	908,2 kN/m
M (fase 5) constructieve toets	428,9 kNm/m	414,7 kNm/m	428,2 kNm/m
SF	1.189	1.171	1.175



Uiteindelijk moet de stabiliteitsfactor in fase 6b voldoen aan de gestelde eis volgend uit de schematiseringsfactor. Uitgaande van een schematiseringsfactor van 1.1 kan iteratief de taludhoogte worden bepaald die hoger is dan  $1/3H$  zoals nu in het rekenvoorbeeld is aangehouden.

Ter illustratie, indien de geometrie tot ca.  $1/2H$  moet verlaagd worden verlaagd, nemen de belastingen ook iets af:

- Buigend moment: 402kNm (-7%);
- Ankerkracht: 863kN (-5%).

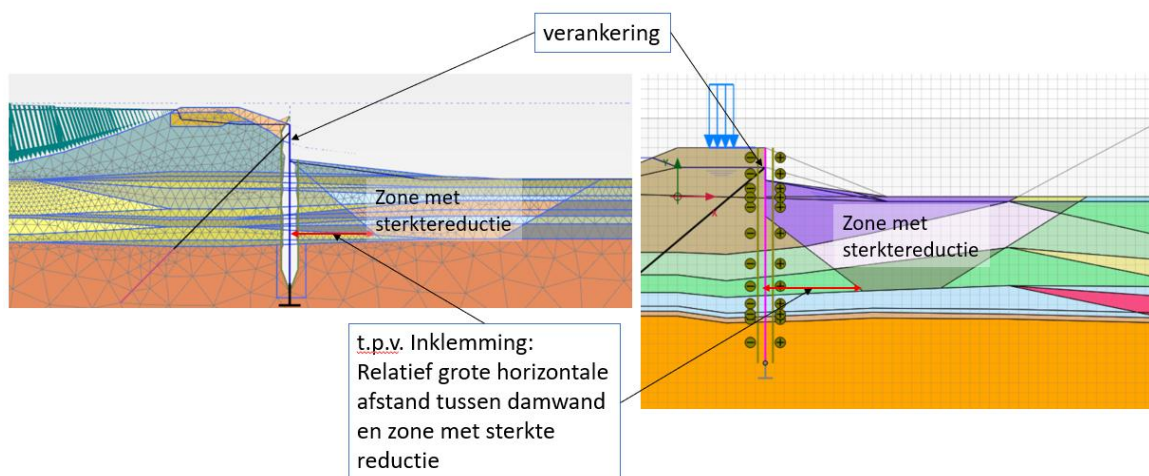
### 3.3 Conclusie berekeningsresultaten

Voor de twee beschouwde gevallen kan worden geconcludeerd dat het verlagen van de sterkte in de afschuifzone van het restprofiel nauwelijks een effect heeft op de berekende belasting van de damwand.

Het effect van de schuifsterktereductie op de krachten en momenten in de damwand blijkt voor de twee beschouwde gevallen beperkt. Een aannemelijke verklaring hiervoor is dat beide gevallen een verankerde damwand betreffen en dat de zone waarbinnen de sterkte wordt gereduceerd in de diepte verder van de damwand af ligt. Hierna wordt dit puntsgewijs uitgelegd.

- Als gevolg van de verankering van de damwand in de diepe zandlaag wordt de damwand aan de bovenkant primair gesteund door het anker. Aan de actieve zijde verandert er niets, de grond- en waterdrukken blijven gelijk.
- Ook ter plaatse van de inklemming (onderkant cohesief pakket) zijn de veranderingen minimaal. Dit komt omdat de verstoorde zone waarin de sterkte wordt gereduceerd op relatief grote afstand van de damwand ligt, zie ook Afbeelding 3.6. Alleen aan de bovenzijde van het "passieve" pakket wordt de sterkte in de grond direct naast de damwand gereduceerd. Echter aangezien de verankering hier al de steun levert heeft dit nagenoeg geen effect op de krachten in de damwand

Afbeelding 3.6 schematisering afschuifvlak in relatie tot damwand



Hierbij wordt wel de kanttekening gemaakt dat de resultaten van deze 2 gevallen niet representatief zijn voor elke situatie. Met name in gevallen waarbij er een restprofiel optreedt in combinatie met een onverankerde stabiliteitswand is de verwachting dat de invloed van sterktereductie aanzienlijk groter kan zijn. In dat geval zal de bovenkant van het passieve deel veel meer steun geven aan de wand.

Ondanks dat het effect voor de verankerde wand in de beschouwde gevallen beperkt lijkt wordt geadviseerd om de reductie van de 'critical state' ongedraineerde sterkte in de verstoorde zone van het restprofiel wel toe te passen. Dit om te waarborgen dat voor gevallen met bijvoorbeeld een onverankerde stabiliteitswand ook een veilige benadering wordt toegepast.

De volgende twee methodes voor het reduceren van de schuifsterkte zijn beschouwd:

- (1) 70% van de 'critical state' sterkte ( $0,7*s$ );
- (2) de 'critical state' schuifsterkte onder normaal geconsolideerde omstandigheden ( $m=0$ ).

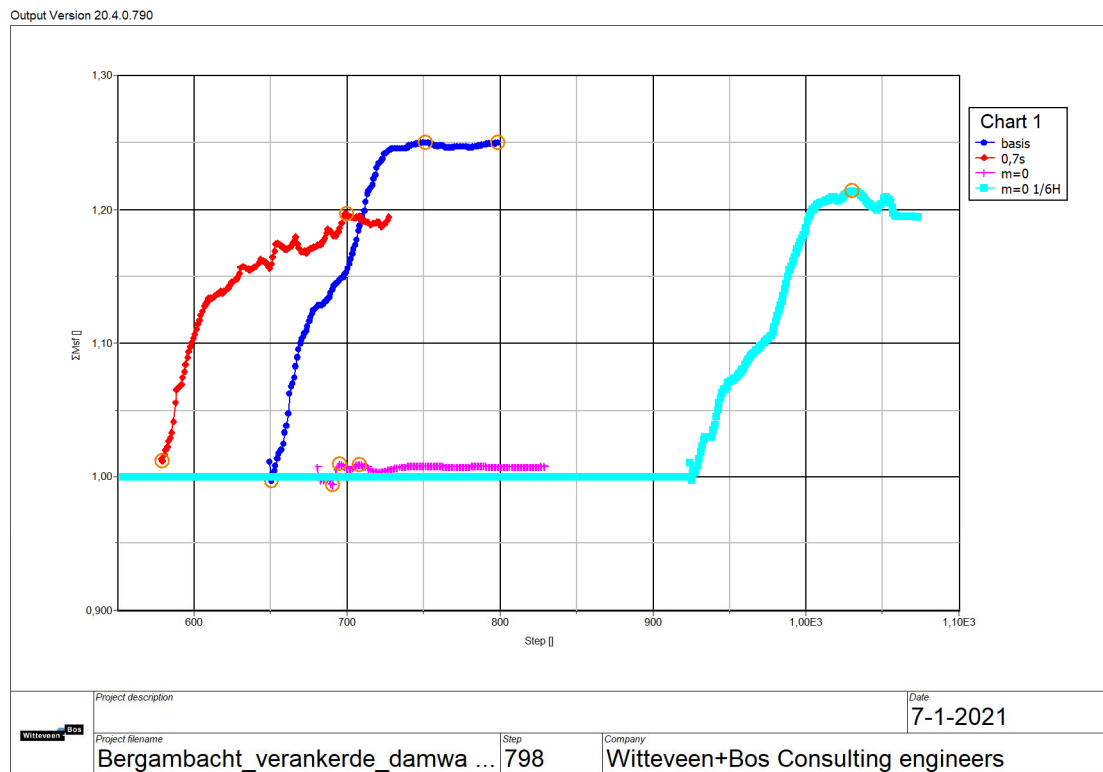
Methode 1 wordt geadviseerd om toe te passen omdat hiermee eenduidig is wat de reductie van de critical state sterkte is.

### 3.4 Aanbevelingen

- De in dit kennisdocument gerapporteerde bestudering van mogelijke schematiseringskeuzes voor het restprofiel is beperkt gebleven tot twee situaties met een verankerde damwand. Inzicht in de effecten voor andere situaties, inclusief gevallen met een onverankerde stabiliteitswand, ontbreekt nog. Daarom wordt aanbevolen om meer ervaring op te doen voor andere situaties, waaronder vooral situaties met een onverankerde stabiliteitswand. Die ervaring kan worden gebruikt om het in dit kennisdocument gegeven voorstel waar nodig aan te passen en/of aan te scherpen. Daarmee ontstaan vast eerste handvatten voor toepassing in praktijkprojecten, in afwachting van de resultaten uit verder onderzoek ter validatie (zie hierna).
- De toe te passen sterktereductie (70 % van de oorspronkelijke 'critical state' ongedraineerde sterkte) binnen een aan te nemen de verstoorde zone en de in combinatie daarmee toe te passen restprofielgeometrie zijn nog onvoldoende onderbouwd. Het is daarmee dus ook nog onvoldoende duidelijk in hoeverre de in dit kennisdocument voorgestelde schematisering van het restprofiel veilig is, maar niet onnodig conservatief. Aanbeveling is om dit nader te onderzoeken, onder andere door middel van validatie aan experimenten en aan praktijksituaties. Daarbij kan dan ook worden meegenomen wat het gunstige effect van de (momenteel nog verwaarloosde) grondmassa die bij een niet kritische instabiliteit omhoog komt aan landzijde. Beoogd eindresultaat van dit vervolgonderzoek zijn voldoende onderbouwde definitieve handvatten voor schematisering van het restprofiel.

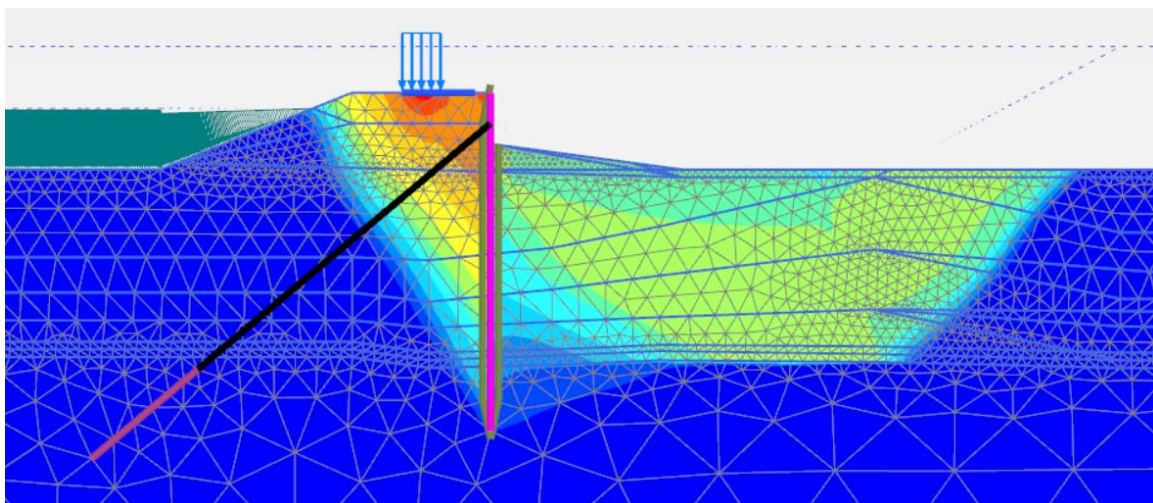
## BIJLAGE: RESULTATEN CASE BERGAMBACHT

Resultaten berekeningen: Verloop Sum Msf



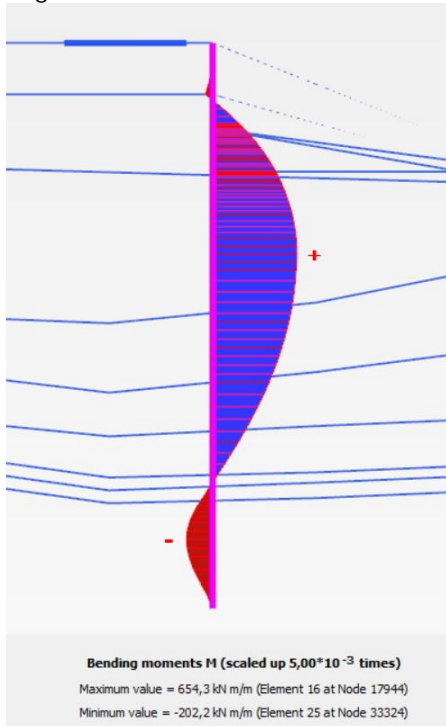
### I.1 Resultaten basisberekening

Maatgevend glijvlak fase 6b (SF=1,25)

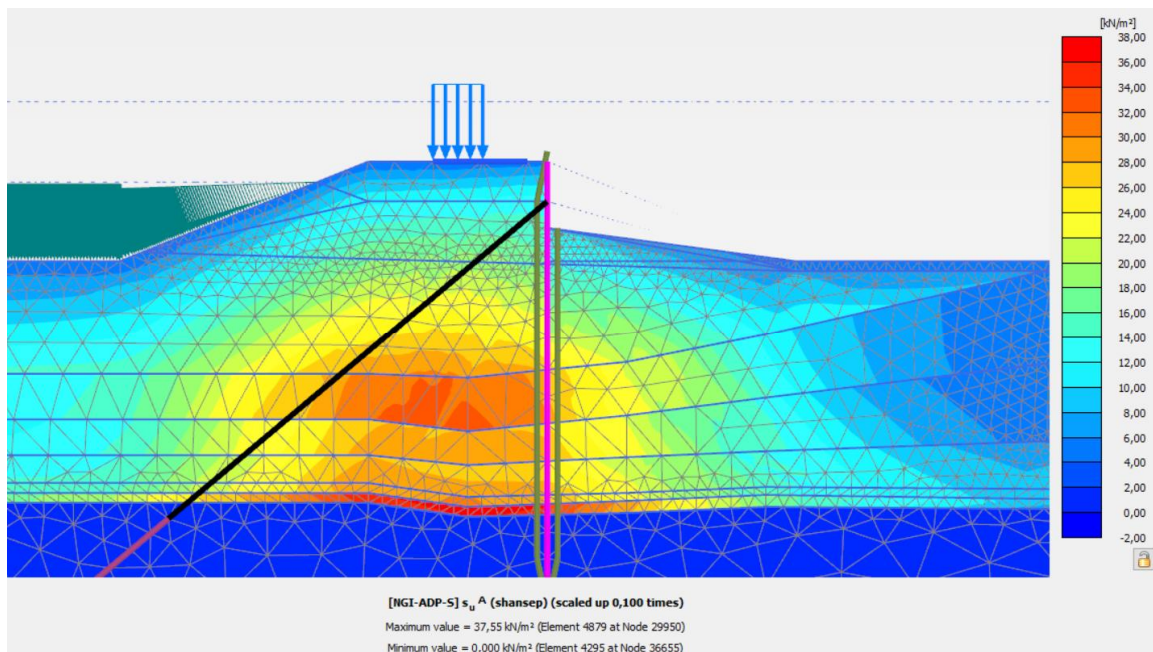




### Buigend moment fase 5

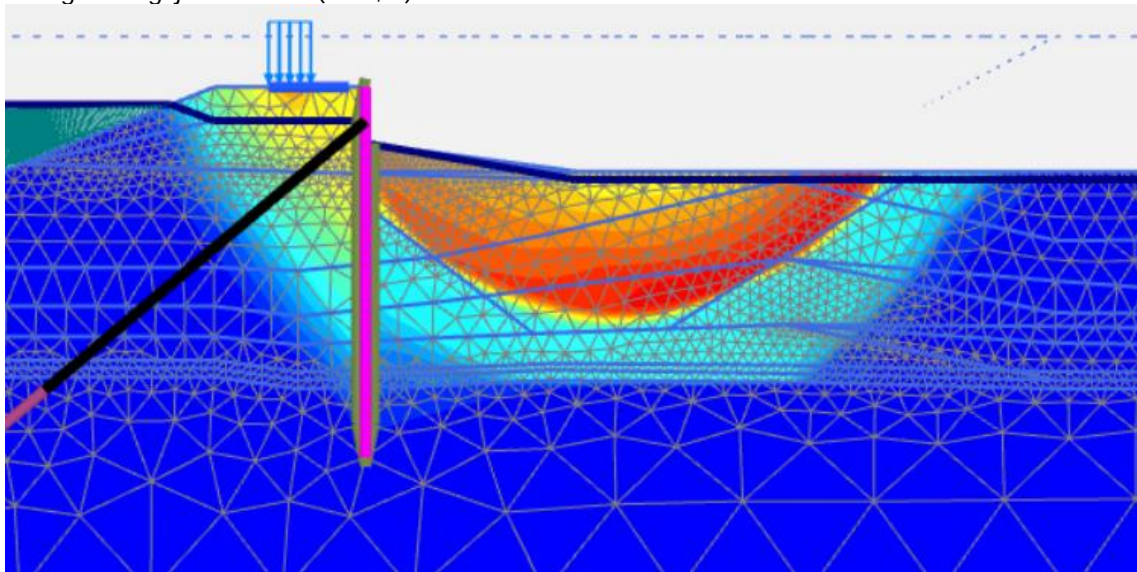


### Schuifsterkte fase 5

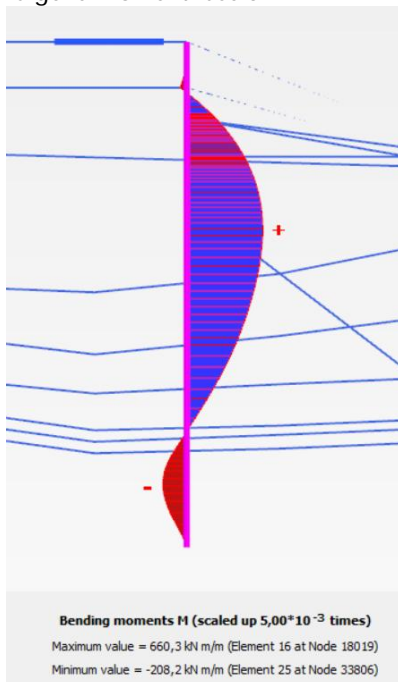


## I.2 Resultaten berekening 0,7\*S

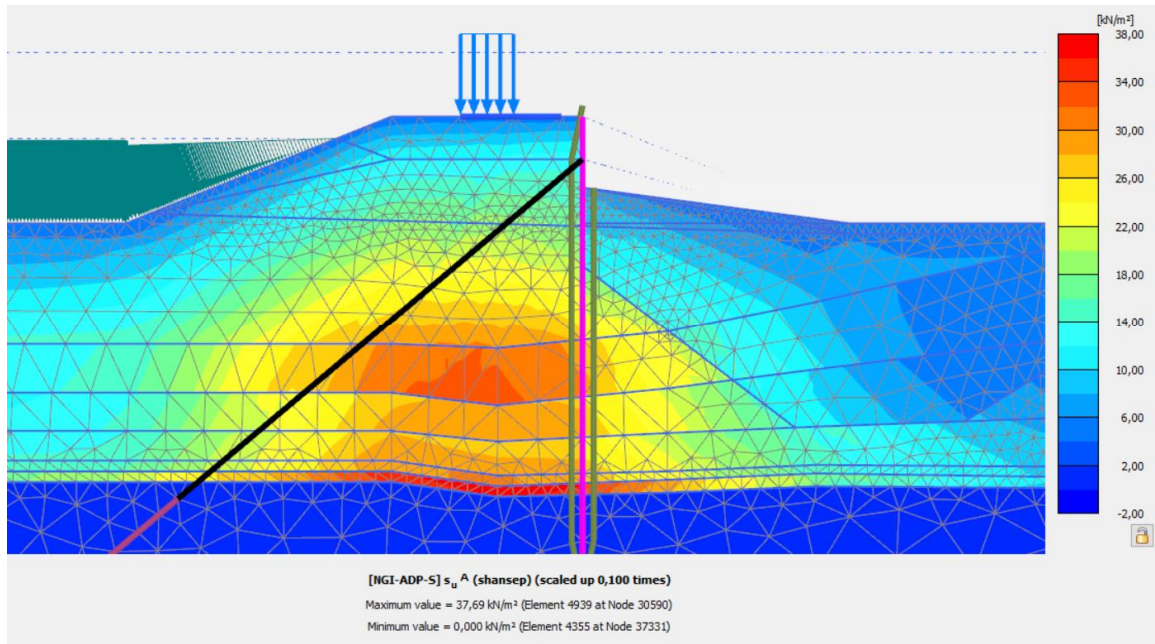
Maatgevend glijvlak fase 6b (SF=1,19)



Buigend moment fase 5

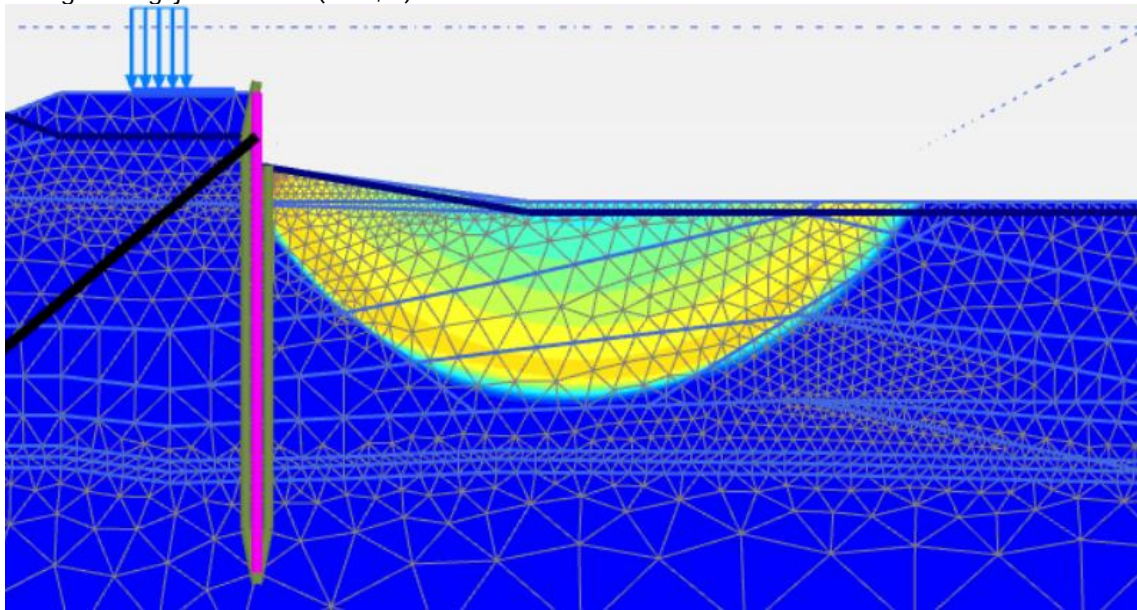


# Schuifsterkte fase 5

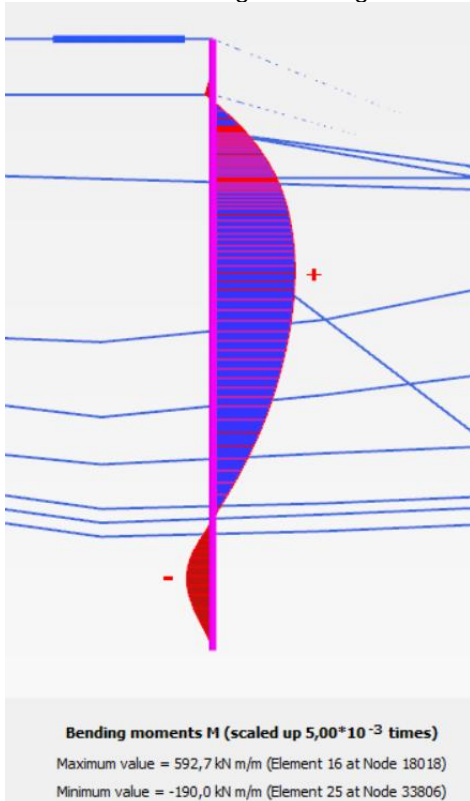


### I.3 Resultaten berekening m=0:

Maatgevend glijvlak fase 6b (SF=1,01)

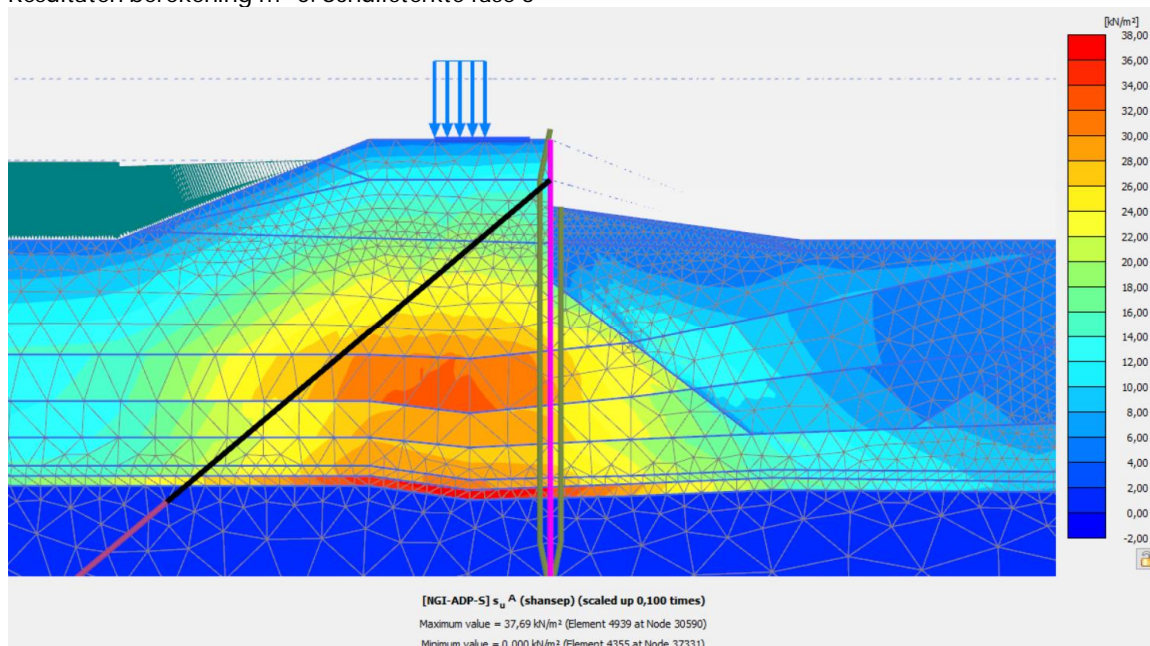


Resultaten berekening m=0: Buigend moment fase 5



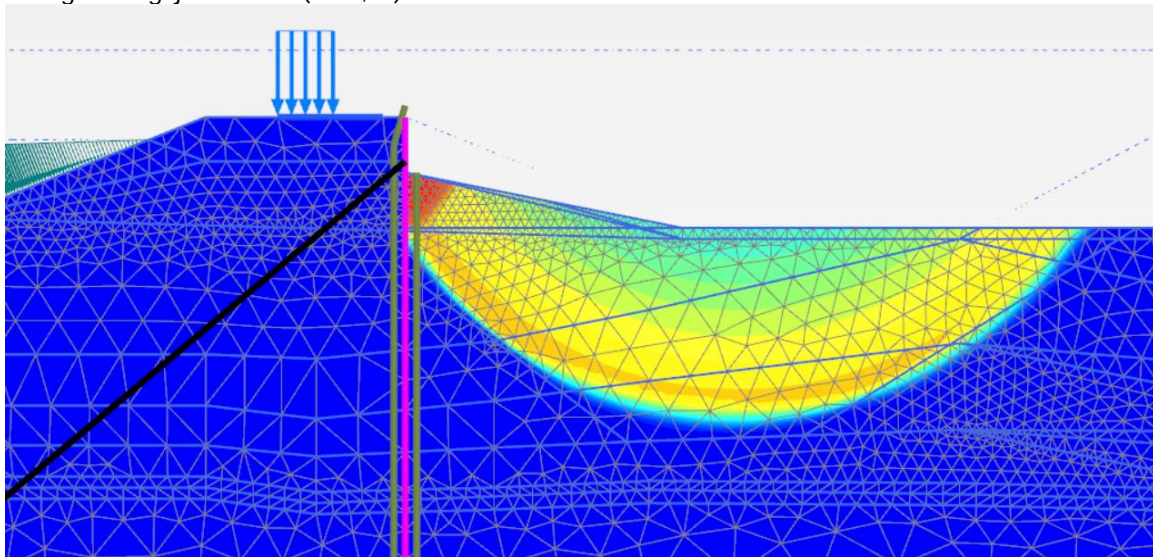


# Resultaten berekening m=0: Schuifsterkte fase 5

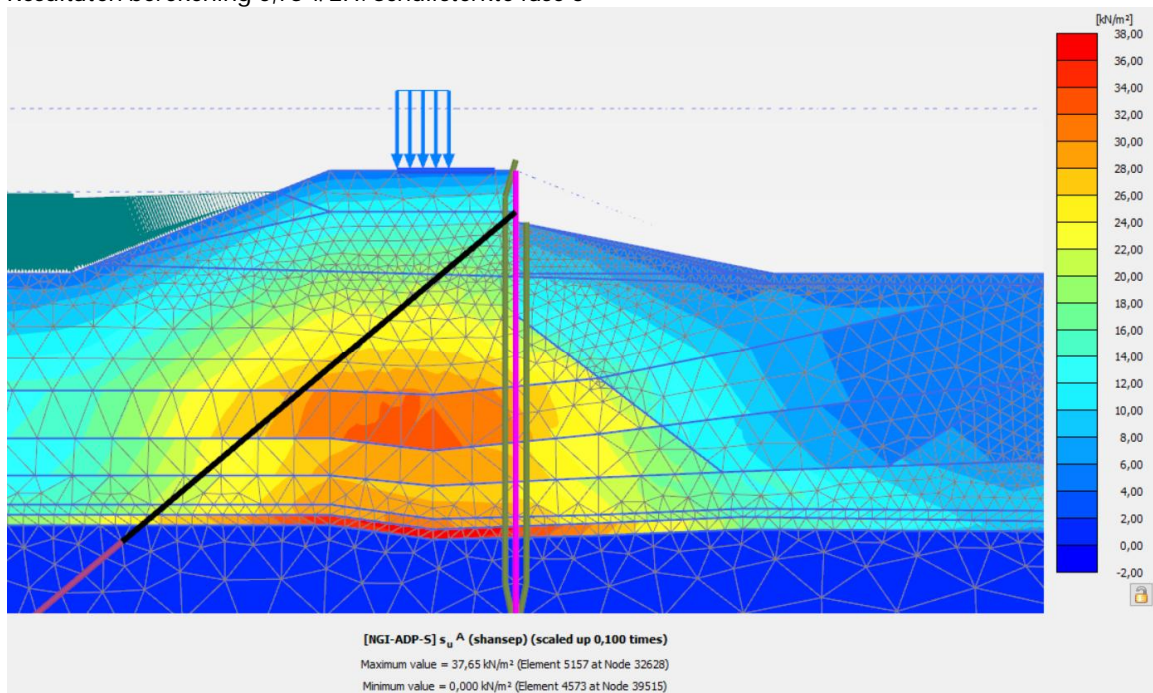


## I.4 Resultaten berekening 0,7S 1/2H:

Maatgevend glijvlak fase 5 (SF<1,00)

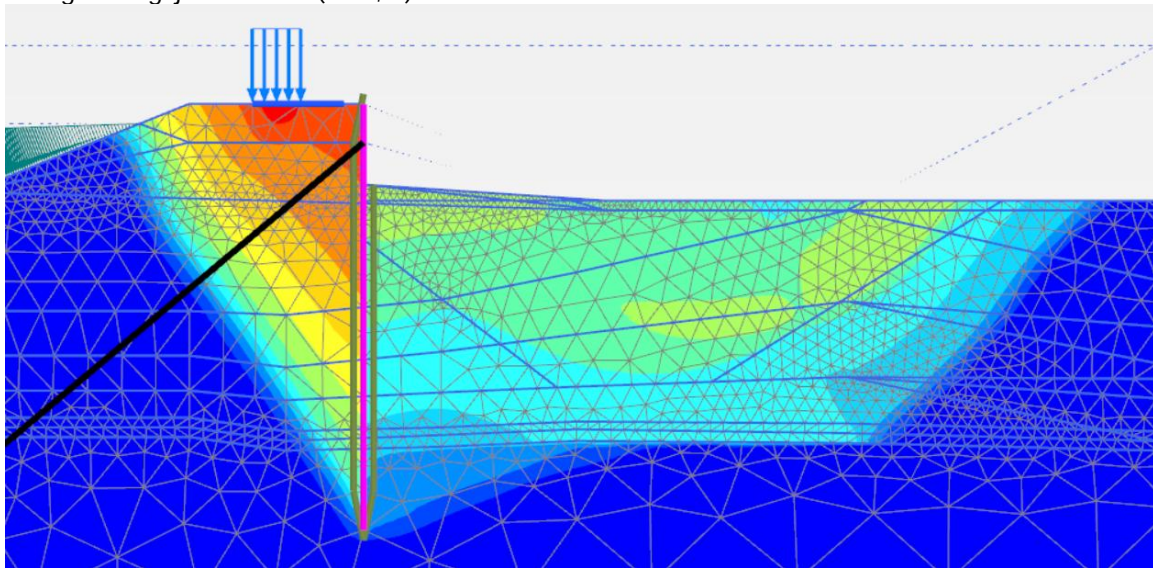


Resultaten berekening 0,7S 1/2H: Schuifsterkte fase 5

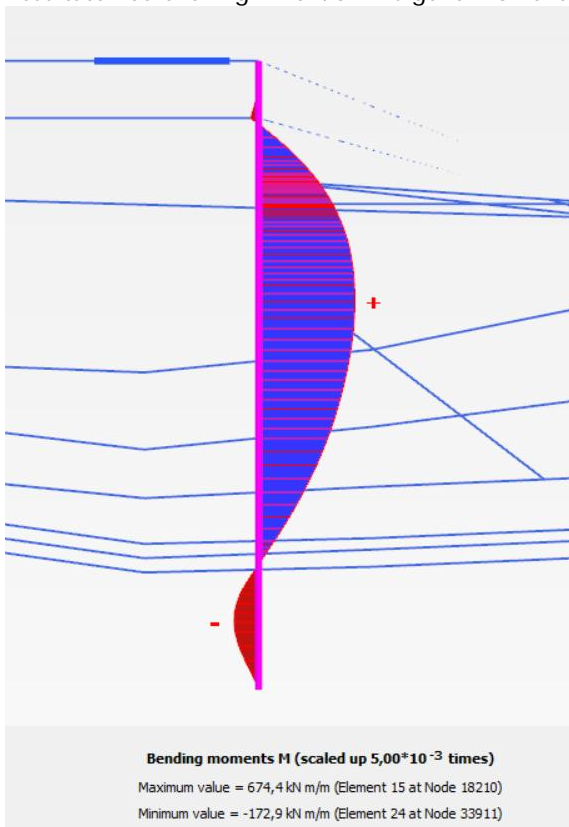


## I.5 Resultaten berekening $m=0$ 1/6H:

Maatgevend glijvlak fase 6b (SF=1,19)

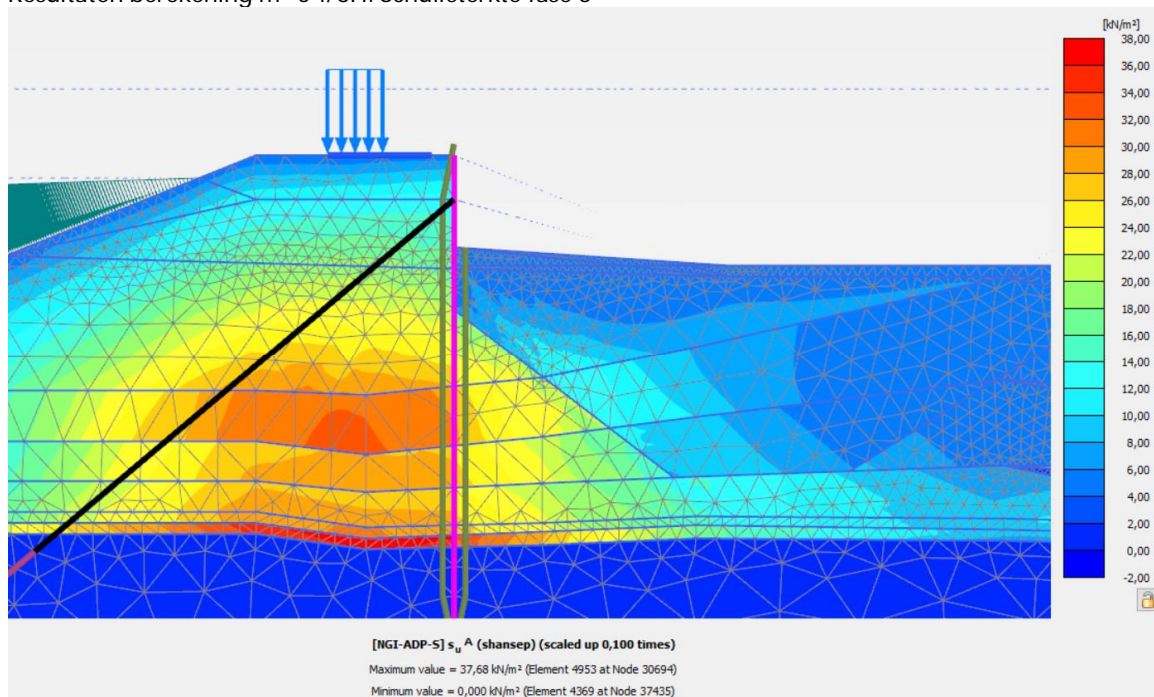


Resultaten berekening  $m=0$  1/6H: Buigend moment fase 5





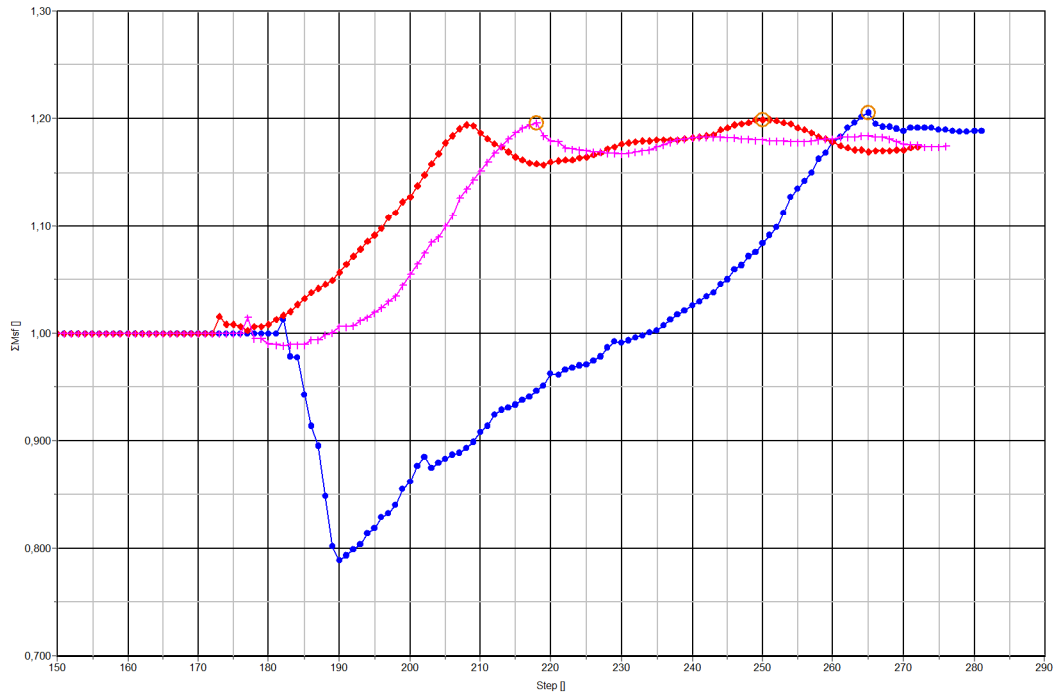
Resultaten berekening m=0 1/6H: Schuifsterkte fase 5





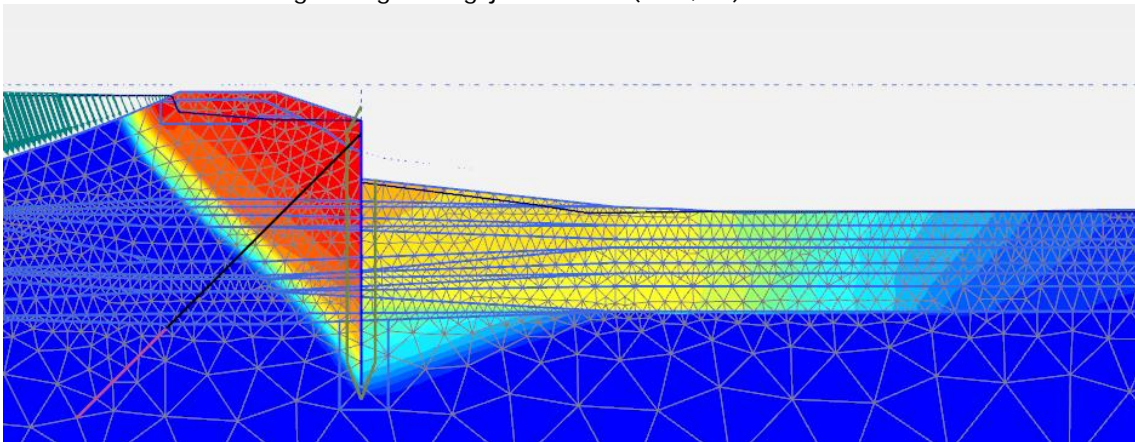
## BIJLAGE: RESULTATEN CASE B

Resultaten berekeningen: Verloop Sum Msf

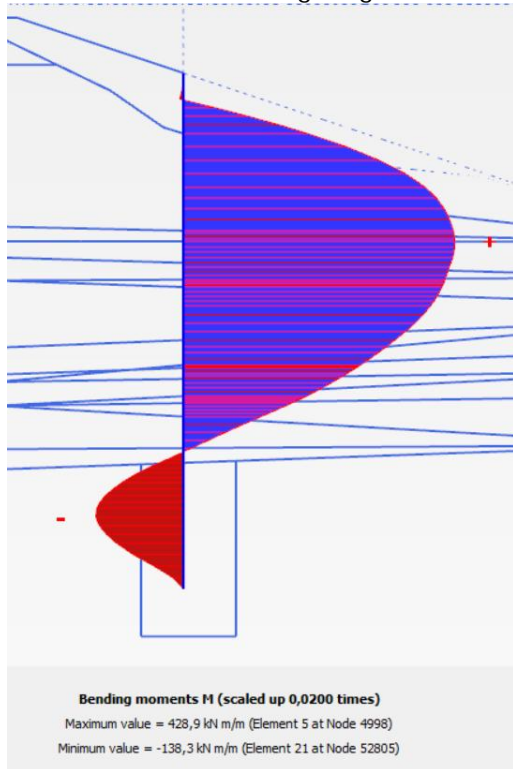


### II.1 Resultaten basis berekening

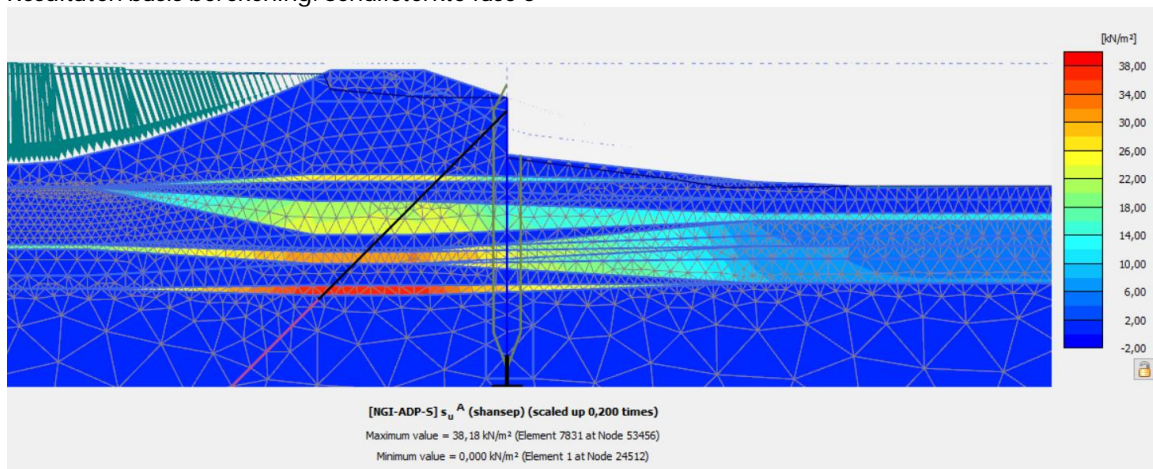
Resultaten basis berekening: Maatgevend glijvlak fase 6b (SF=1,189)



### Resultaten basis berekening: Buigend moment fase 5



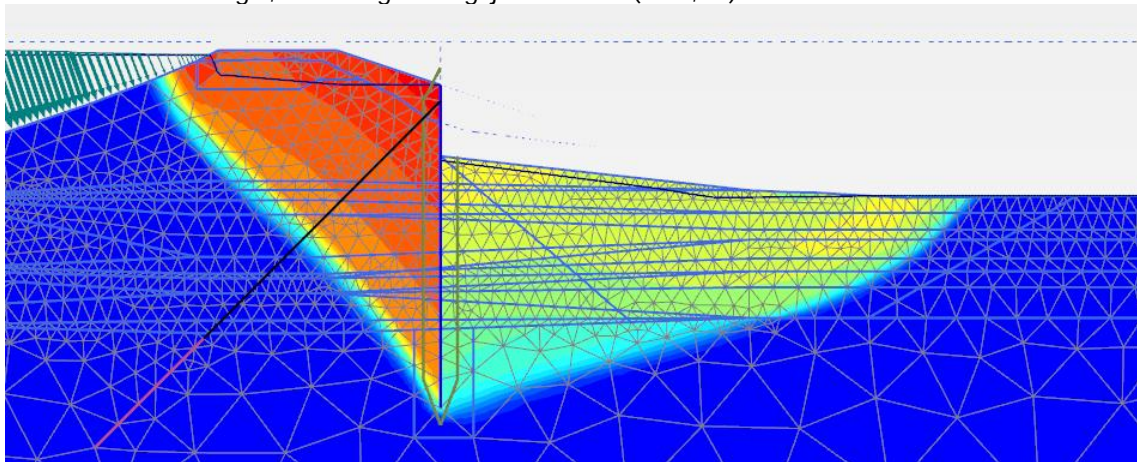
### Resultaten basis berekening: Schuifsterkte fase 5



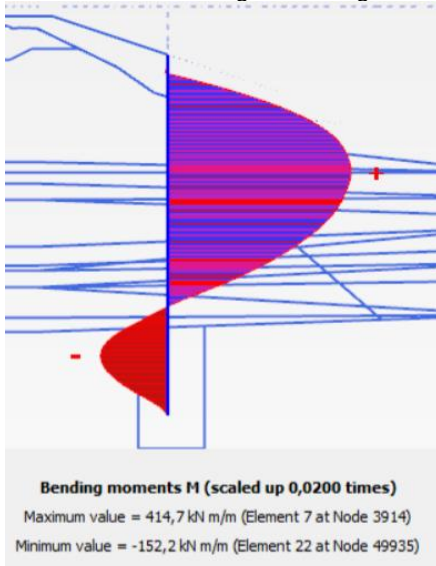


## II.2 Resultaten berekening 0,7\*s

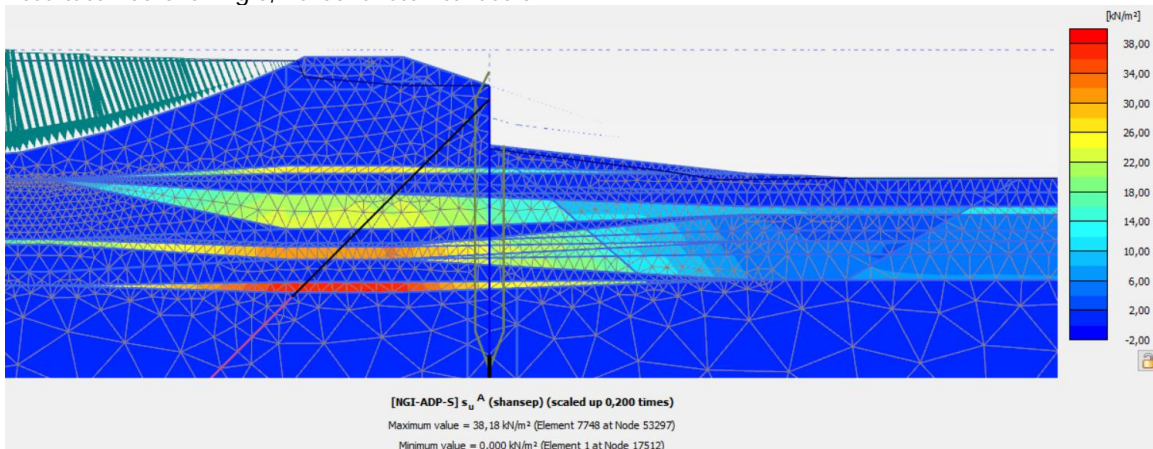
Resultaten berekening 0,7\*s: Maatgevend glijvlak fase 6b (SF=1,171)



Resultaten berekening 0,7\*s: Buigend moment fase 5

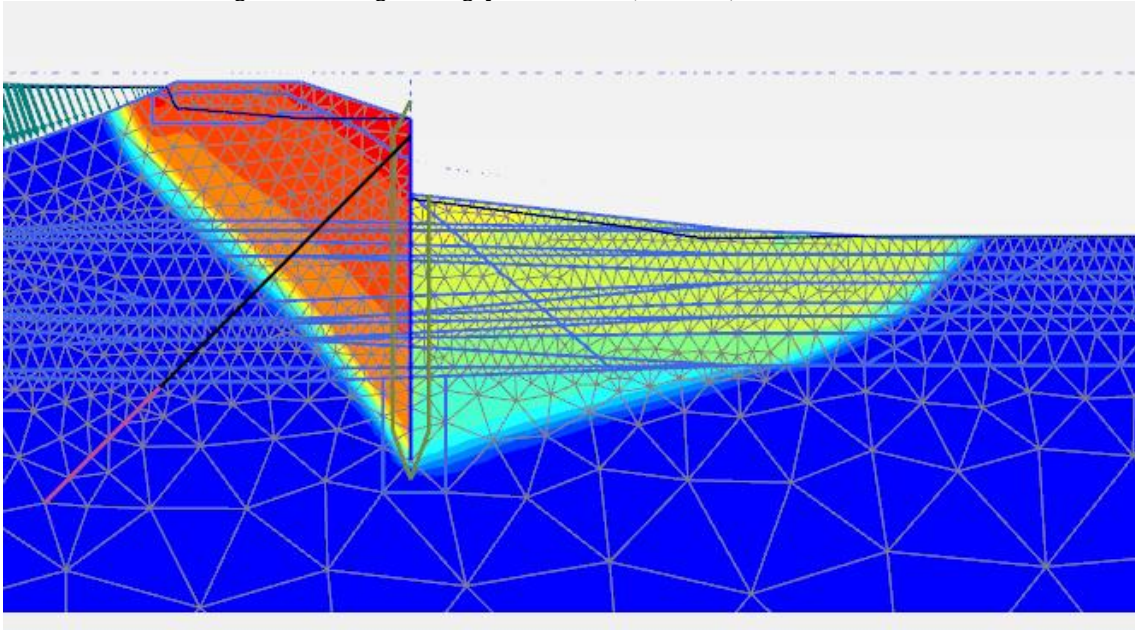


Resultaten berekening 0,7\*s: Schuifsterkte fase 5

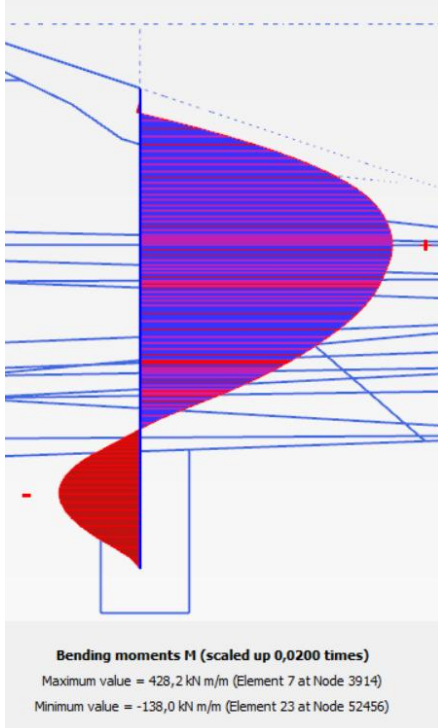


## II.3 Resultaten berekening m=0:

Resultaten berekening m=0: Maatgevend glijvlak fase 6b (SF=1,175)



Resultaten berekening m=0: Buigend moment fase 5



# Resultaten berekening m=0: Schuifsterkte fase 5

