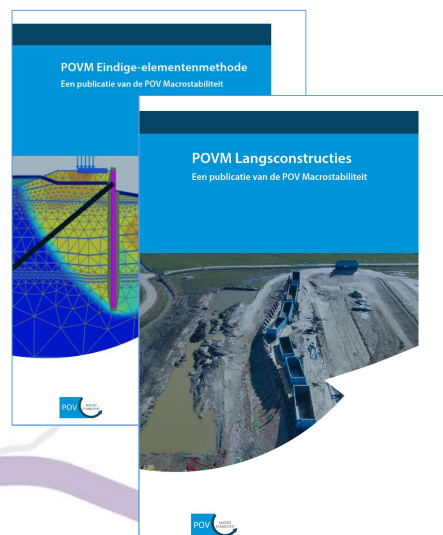




GoWa – verder gaan dan de PPL en PPE

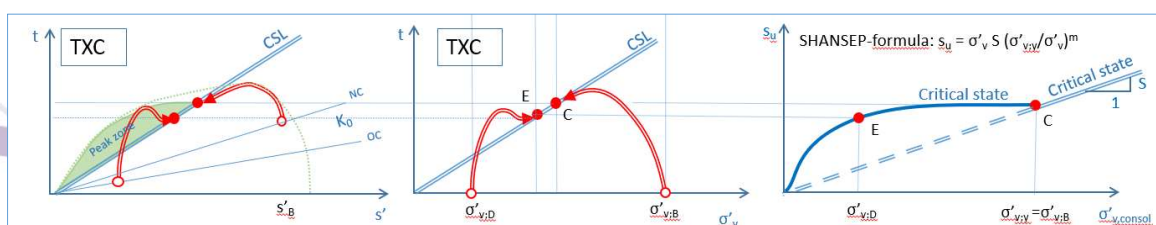
POVM gebruikersbijeenkomst
29 september 2020
Rens Servais, Heijmans



In opdracht van Waterschap
Rivierenland

Inleiding

- PPL en PPE zijn een stap voorwaarts
- Richtlijnen en geen normen
- Inherent aan 1^{ste} uitgave en ca. 600 pag. is er feedback



1

- Veel nuttige informatie over complexe materie
- Ongedraineerd rekenen dicht bij werkelijk grondgedrag
- Ontwerpresultaten liggen meer in lijn met praktijkproef

Maar wat je wel nog ziet is dat bij onzekerheid veilige oftewel conservatieve aannames worden gedaan. Enerzijds begrijpelijk, maar i.h.k.v. overstromingskansdenken is stapelen van conservatieve aannames niet wenselijk!

2

- Dus onderbouwd afwijken mag, maar niet indien deze als eis wordt opgenomen in contracten. Dat gebeurt al en zal meer gaan gebeuren dus is het in mijn beleving extra belangrijk dat we met zijn alle scherp blijven.

3

- Daarop is deze presentatie op gericht.
- Veel losse onderwerpen en geen doorlopend verhaal met kop en staart.



Inhoud

- **Verticaal draagvermogen**
 - Verticale vervormingstoets of q_c - methode?
 - Reducties bij fluïderen
- **Ankers**
 - Corrosie
 - Zakkende grond op ankers
 - Ankeruitval
- **Restprofielen**
- **Aandachtspunten**
 - Welke fases gedraineerd / ongedraineerd
 - Numerieke uitdagingen bij opdrijven
- **Diversen**

In opdracht van Waterschap
Rivierenland



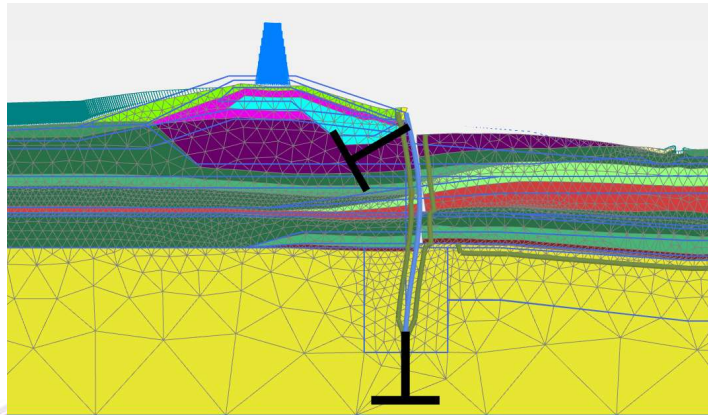
07-10-2020

pagina 3

Niet al het genoemde in deze presentatie is bij GoWa doorgevoerd. En niet alles komt alleen van mijn hand. Bij GoWa hebben we het voordeel gehad van veel kennis uit verschillende organisaties in 1 alliantie!

Vert. draagvermogen (verankerde wand)

- Waarom?



In opdracht van Waterschap
Rivierenland

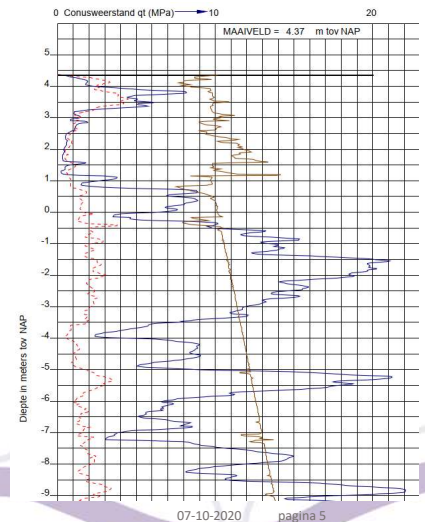
07-10-2020 pagina 4

1

- Bij overschrijden van het draagvermogen zakt de plank en neemt de ankerkracht af. Het systeem zal daarmee naar een evenwicht gaan zoeken. Controle is echter wel relevant omdat in de PLAXIS modelleringen geen rekening wordt gehouden met de momenttoename in de damwand die hierdoor kan ontstaan.

Vert. draagvermogen (verankerde wand)

- PPL versie 1.1 concept 2019: vervormingstoets in PLAXIS
- PPL mrt 2020 definitief:
 - Controle o.b.v. q_c -methode conform NEN-EN 9997-1
 - *“De draagkracht van het zand kan bij de controle op verticaal evenwicht niet voldoende nauwkeurig met een eindige-elementenberekening worden beschreven.”* 🤔



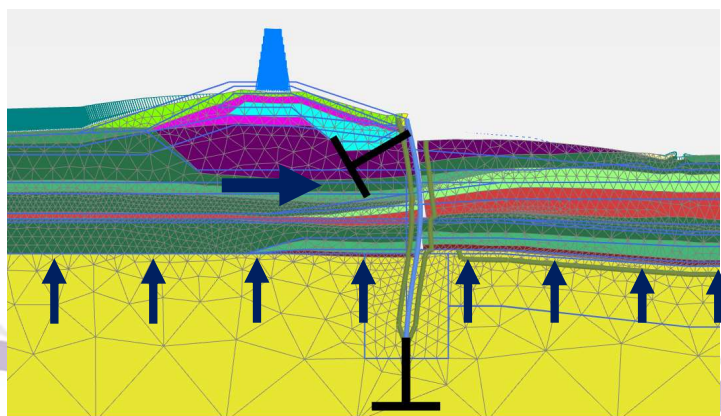
In opdracht van Waterschap
Rivierenland

2.2

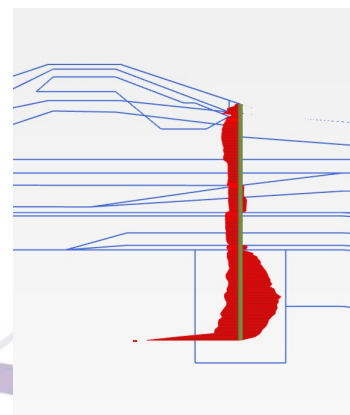
- ????. CUR166 staat het juist wel toe en refereert naar een interactieberekening middels bijvoorbeeld PLAXIS.

Vert. draagvermogen (verankerde wand)

- Schachtdraagvermogen = functie van σ'_{hor} en δ
- σ'_{hor} gevolg van allerlei mechanismes



Rivierenland



1

- Uiteindelijk wordt het schachtdraagvermogen bepaald o.b.v. de horizontale contactdruk en de wrijving tussen plank en grond.

2

- De horizontale contactdruk is het gevolg van allerlei mechanismen, zoals
 - de belasting a.g.v. hoog water,
 - de hoog water respons in de draagkrachtige laag
 - Indringing in deklaag
 - en de stijfheid / sterkte reactie van de grond en de constructie op deze aandrijvende krachten.
- Daar is PLAXIS nu net bij uitstek geschikt en de conusweerstand methode in mijn beleving niet
 - Omdat de conusweerstand voorafgaande aan al deze mechanisme wordt gemeten en met correlatie,- reductie- en correctiefactoren wordt vertaald naar een verticale schachtdraagvermogen.



Vert. draagvermogen – q_c methode

- Voornamelijk bedoeld voor in verticaal richting belaste constructies
- Houdt geen rekening met horizontale beweging van de damwand
- Correlatiemethode o.b.v. proefbelastingen (opp. $\times q_c \times \alpha_s$)
- Wel correcties voor hoog water $\sqrt{(\sigma'_{\text{hoog water}} / \sigma'_{\text{initieel}})}$
- Wel reductie voor:
 - Heien / trillen
 - Voorboren / fluïderen



4

- Maar zoals ik zojuist al aangaf is het werkelijke gedrag complexer en niet af te vangen met een correctiefactor

5

- Maar niet allemaal onderbouwd en soms afwijkend van NEN9997-1

q_c methode – reducties

- PPL

- q_c -reductie voor heien / trillen grotendeels gebaseerd op 9997-1

	Zand $d_{50} < 0,6$ mm	Zand $d_{50} \geq 0,6$ mm	Grind ($d_{50} \geq 2$ mm)
Heien	1,0	0,8	0,7
Trillen	0,7 ?	0,7	0,5
Drukken	1,0	1,0	1,0

- Fluïderen of voorboren: 0,5

In opdracht van Waterschap
Rivierenland

07-10-2020 pagina 8

1.1

- Nu staat het in de EC niet zo gemakkelijk omschreven maar reductie bij trillen en $d_{50} < 0,6$ mm wordt niet genoemd. Heb dit nog nooit iemand zien doen en is niet zo geprogrammeerd in Dfoundation
- Vermoedelijk zijn deze reductie het gevolg van verdichten van de grond rondom de plank waardoor een actieve wig aan weerszijde van de damwand wordt gemobiliseerd. Daarmee nemen de horizontale korrelspanningen af, richting actief. Vermoedelijk is dat de oorzaak van q_c -afname tijdens na-sonderingen worden gemeten. Een andere verklaring heb ik niet.
- Deze actieve gronddruk is echter niet blijvend. Zoals eerder aangegeven zijn de horizontale contactdrukken in hoog water situatie van allerlei in elkaar grijpende mechanisme afhankelijk.
- Men kan zich dan ook afvragen of het uitvoeren van na-sonderingen tijdens dagelijkse omstandigheden, zodat afgeweken mag worden van bovenstaande waarden, zinvol is. In mijn beleving niet.
- En is dit niet dubbel op i.c.m. correctiefactor voor hoog water?

2

- Onderbouwing of referenties ontbreken.

Al met al is de conusweerstandmethode voor horizontaal belaste wanden in dijken niet

de geëigende methode. Een controle op damwandpuntvervorming in PLAXIS volgens mij wel. Daarover de volgende dia's



PLAXIS – vert. draagvermogen

- PPL versie 1.1 concept 2019: 0,02m damwandpuntvervorming na DA
 - Prima werkbaar
 - Omvat alle benodigde interacties
 - Alles in 1 model en dus geen separate controle in DFoundation o.g.
 - Voldoende veilig en niet te conservatief indien:
 - R_{inter} o.b.v. gekromde/willekeurige glijvlakken:
 - $\delta = \min(27,5^\circ; \varphi - 2,5^\circ)$
 - GoWa $R_{inter,zand} = 0,86$ (i.p.v. 0,67 conform PPE)
 - Modelleren reëel puntdraagvermogen

In opdracht van Waterschap
Rivierenland

07-10-2020 pagina 9

1.3

- Dat is prettig aangezien de genoemde reducties niet in Dfoundation zijn verwerkt

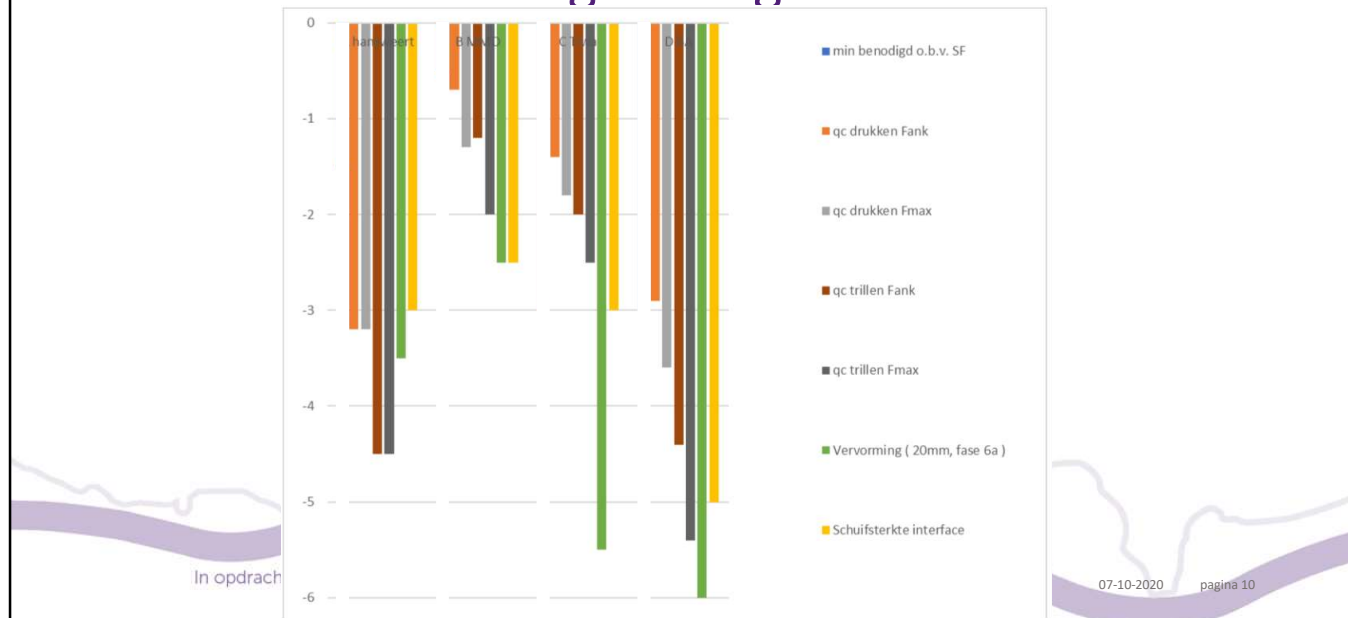
1.4.1

- Dit is afwijking van PPE maar wel gebruikelijk en conform CUR166.
- 2/3 is gebruikelijk voor verenmodel en rekenen met rechte glijvlakken. Dan dient niet verwacht te worden met PLAXIS berekeningen waarbij willekeurige/ glijvlakken optreden.

1.4.1.2

- resulteert in ca. 30% toename in verticaal draagvermogen

PLAXIS – vert. draagvermogen



POVM Kennisdocument verticaal evenwicht bij verankerde stabiliteitsverhogende langsconstructies (4 cases, meerdere toetsmethoden):

- Conclusie:

- PLAXIS vervormingstoets vaak de diepste inbedding nodig

Dat is niet meer het geval indien:

- Rinter o.b.v. gekromde glijvalken (ca 0,85) i.p.v. 0,67
- Reële puntveer wordt meegenomen
- Nog niet te spreken over:
 - Verdisconteren van het plankoppervlakte, dit resulteert in een 40 a 45% oppervlakte toename van de plank.
 - Negatieve kleef negeren conform de $q_c F_{anker}$ methode (waar ik het overigens niet mee eens ben)
- Verder wordt gesteld dat de vervormingstoetsmethode gevoelig is voor de interface dikte. Dat is in mijn beleving logisch aangezien Rinter naast de sterkte ook de stijfheid van de interface reduceert. Dit is onterecht en de interfasedikte mag daarom heel klein worden gekozen, waardoor de gevoeligheid er niet meer toe doet.

Invloed fluïderen

Maatregel	Invloedsbreedte uit damwand (beide zijden) [m]	Reductie zandstijfheid	Reductie wand-wrijvingsfactor R_{inter}
Trillend /drukkend inbrengen m.b.v. fluïdatie	De inbeddingsdiepte van de wand in het zand	50%	50%



- Wat opvalt zijn:
 - Hoge reductiefactoren voor stijfheid zand en Rinter
 - Grote invloedsbreedte
- Waardes zijn niet onderbouwd.
- Er wordt juist verdichting verwacht dus waarom dient stijfheid gereduceerd te worden? Voor het ontstaan van actieve gronddrukken? Dat lijkt zoals eerder gezegd niet nodig.
- Voor de Rinter is de benodigde reductie relatief eenvoudig te onderbouwen o.b.v. CS theorie.



Invloed fluïderen – R_{inter}

- Ruwheid van de plank onafhankelijk van wel / niet fluïderen
- Verplaatsing van (kleine) deeltjes rondom plank mogelijk
 - Uniformere korrelverdeling
 - Lagere CS-sterkte van het zand rondom de plank
- $\varphi_{cs;kar}$ kwartzand conform BS - Earth retaining structures :
 - $\varphi_{cs;kar} = 30^\circ + \varphi_{hoekigheid} + \varphi_{korrelverdeling}$
 - $\varphi_{hoekigheid} = 0^\circ - 4^\circ$
 - $\varphi_{korrelverdeling} = 0^\circ - 4^\circ$
 - $\varphi_{cs;kar;min} = 30^\circ$

In opdracht van Waterschap
Rivierenland



07-10-2020 pagina 12

Conclusie:

- R_{inter} : voor GoWa i.c.m. $\phi_{zand} = 31,3$ niet gereduceerd voor fluïderen. Formeel zou ca. 5% reductie nodig zijn. Dat is verwaarloosbaar.
- Kortom: 50% reductie is niet juist.



Ankers – corrosie

- Corrosietoeslag dikwandige ankerbuizen (vloeis $< 600\text{N/mm}^2$)
 - Gangbaar: 0,012 of 0,022 mm/jaar/rondom
 - PPL: 0,06 mm/jaar/rondom

In opdracht van Waterschap
Rivierenland

07-10-2020 pagina 13

1.1

- In normale omstandigheden en afhankelijk van grondwaterstand / geroerde ongeroerde grond

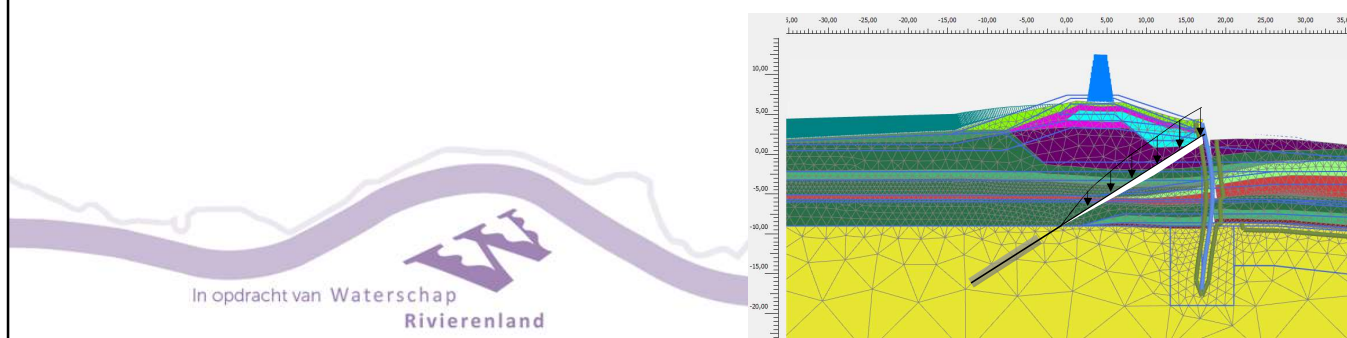
1.2

- Niet onderbouwd en vermoedelijk gebaseerd o.b.v. gemeten corrosietoeslagen bij damwanden i.c.m. veiligheidsfactor van ca. 2,75.
 - Is het terecht om i.h.k.v. overstromingskansdenken een dergelijke hoge veiligheidsfactor mee te nemen? Ankeruitval wordt tevens ook al getoetst.
 - Vaak wordt putcorrosie / spanningscorrosie genoemd als argument om een hogere corrosie voor ankers mee te nemen. Dit geldt alleen voor zeer hoge staalkwaliteiten ($> 600\text{N/mm}^2$), oftewel voorspanstaal. En is dus geen juist argument voor dikwandige ankerbuizen welke vaak een vloeispanning van 500N/mm^2 hebben.
 - De impact moet niet onderschat worden.
 - Speelt zakkende grond op ankers geen rol dan kom jij bij 6mm rondom uit op 2 a 3 zelfborende ankertypes zwaarder dan wanneer je uitgaat van 2,2mm rondom (100 jaar).
 - Speelt zakkende grond een significante rol dan kom je al snel uit op minimaal 3 ankertypes zwaarder. Dit aangezien grotere diameters resulteren in meer zakkende grond op ankers.

Kortom: ik ben geen voorstander van een dergelijke conservatieve corrosietoeslag waarde met alle gevolgen van dien. Indien deze waarde wel aangehouden wordt dan is een onderbouwing, waarbij het onverstromingskans denken wordt meegenomen, in mijn beleving absoluut noodzakelijk.

Ankers – zakkende grond

- Zakkende grond aandeel is vermoedelijk conservatief voor lange duur
 - Het aandeel op de totale ankerkracht is significant bij dikke slappe deklagen
 - Rekenregel is gebaseerd op korte duur (c_u)
 - Op lange duur:
 - Reageert grond niet ongedraineerd
 - Relaxatie t.g.v. kruip-schuifrekken



Dat is niet het enige conservatisme t.a.v. de ankers

1.3

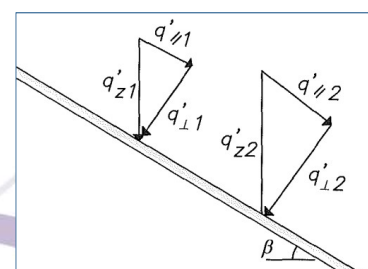
- Zeker bij bestaande dijken waarbij zakkende grond op ankers het gevolg is van kruipvorming bij $t = 100$ jaar ...

Meer onderzoek naar dit lange duur effect zou geld op kunnen leveren!

Ankers – zakkende grond

- $c_{u;hoog}$
- T.o.v. CUR166 extra veiligheids:
 - Factor $\alpha = 9$ i.p.v. 5
 - Modelfactor $\beta = 24$ i.p.v. 39,5
 - Modelfactor $\Delta\gamma_{zb} = 1,4$ i.p.v. 1,25 indien flauwer dan 40° t.o.v. hor.

$$q_z = c_u \cdot D \cdot (1 + \alpha)$$



In opdracht van Waterschap
Rivierenland

Als we dan inzoomen op de in de rekenregel aangehouden parameters en factoren dan lijkt hier ook een stapeling van conservatismes plaats te vinden.

1

- en $s_{u;laag}$ in PLAXIS model. Denk aan een factor 2 tussen $s_{u;laag}$ en $s_{u;hoog}$

1.2.2

- Nog onduidelijk is met welke q deze gecombineerd dient te worden.

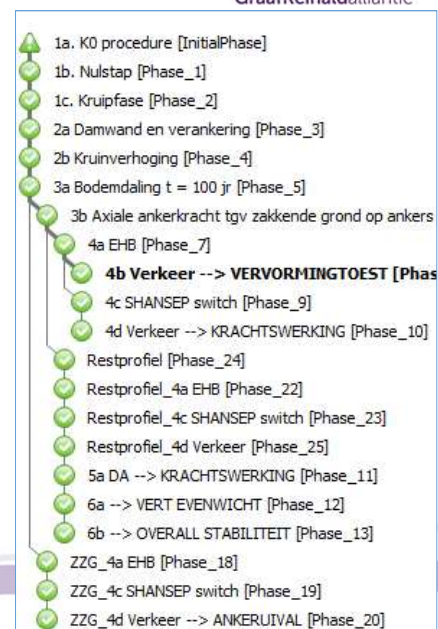
1.2.3

- Je wordt 'gestraft' voor een optimalere ankerhoek, is dat echt nodig?



Ankers – ankeruitval

- PPL: $F_{A;max;uitval} = 1,5 \times F_{A;max;EEM;stap_4}$
- Conservatief, zakkende grond op uitgevallen anker komt n.m. te vervallen
- Eenvoudig oplosbaar:
 - Separate PLAXIS fases zonder extra axiale ankerkracht t.g.v. zakkende grond (ZZG)
 - $F_{A;max;uitval} = F_{A;max;EEM;stap_4d} + 0,5 \times F_{A;max;EEM;stap_ZZG_4d}$



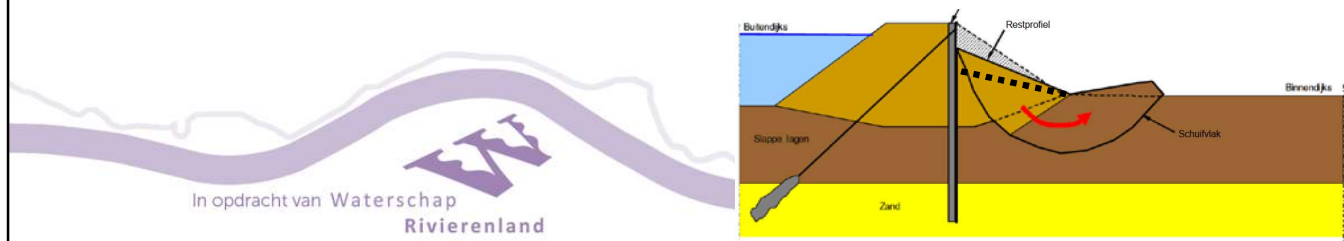
In opdracht van Waterschap

Rivierenland

Restprofiel

PPL en PPE:

- 70% sterkte reductie in afgeschoven grond
- Combineren met:
 - 2/3 hoogte reductie (conform meerdere literatuur max. 1/3)
 - Afgeschoven grond is verdamppt ...
 - Bij rekentechnisch optreden: faalkans = 1,0
 - Schematiseringsfactor incl. scenario met horizontaal maaiveld (10%)
- En freatische lijn aan passieve zijde wordt vaak hoog aangenomen



1

- Daarover verschillende geluiden
- Voor SHANSEP lagen moet je denk ik wel iets.
- OCR = 1,0 lijkt mij echter beter verdedigbaar

2

- Stapelen

3

- Eerder optreden van een restprofiel

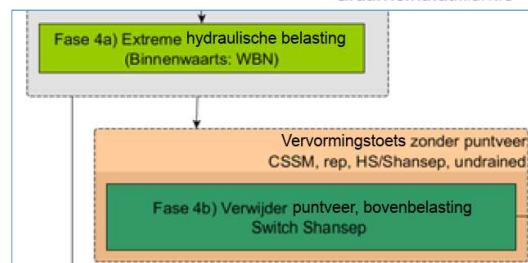
Vervormingstoets

- PPE: vervormingstoets in fase 4b inclusief SHANSEP switch

- Veel deformatie t.g.v. switch
→ toets vervorming buiten SHANSEP



GraafReinalliantie

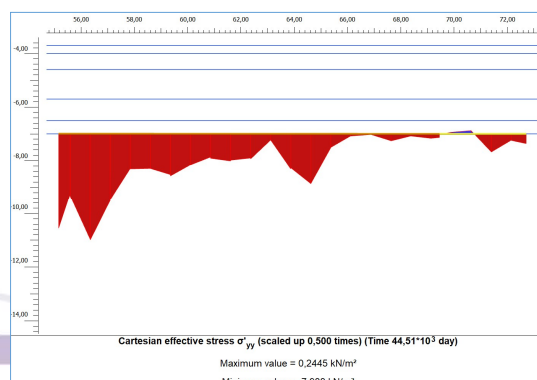
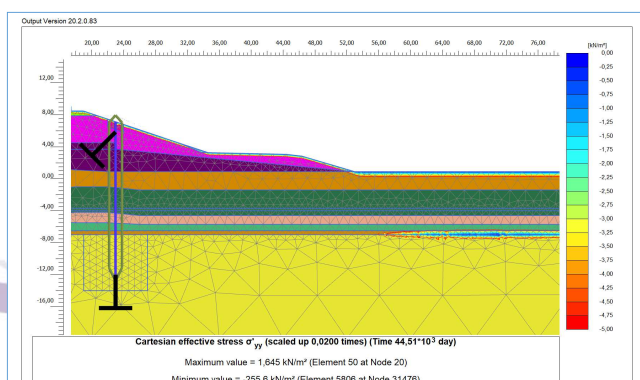


In opdracht van Waterschap
Rivierenland



Numerieke uitdaging bij opdrijven

- Na fase 4a (EHB) 0-spanningen
 - Kans op piekerig spanningsverloop in opvolgende fases
 - Trage berekening die mogelijk niet convergeert





Numerieke uitdaging bij opdrijven

Oplossingen:

- 1) Restprofiel voorafgaande aan EHB
- 2) Horizontale interfase aan onderzijde deklaag (eventueel met consider gap closure: uit)

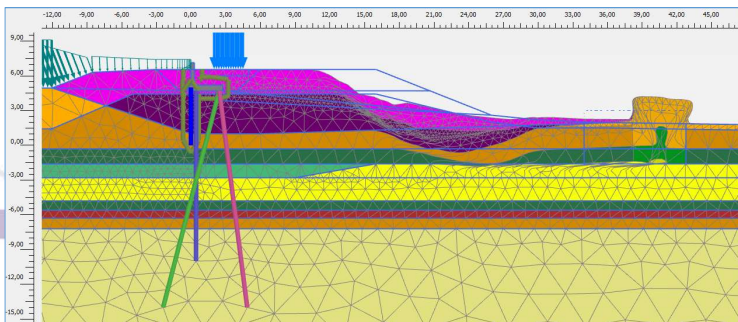


In opdracht van Waterschap
Rivierenland

- 1) Daardoor zo min mogelijk spanningsverandering na EHB. De fase waarbij de 0-spanningen geïnitieerd worden.


Numerieke uitdaging bij opbarsten

- Na numeriek stabiele fase volgt $\Sigma M_{sf} < 1,0$ 🤔
- Bij twijfel:
 - check middels phi-c reductie
 - tolerated error voldoende klein

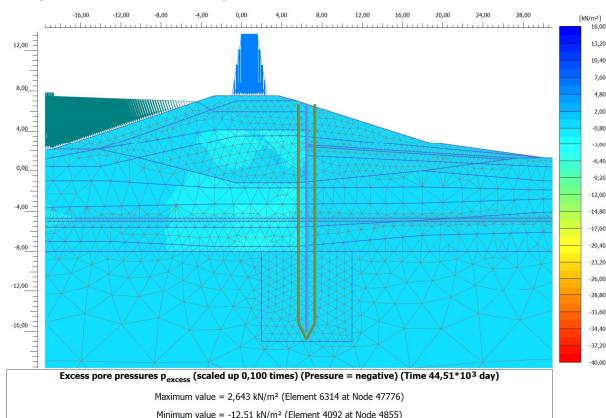


ID	ΣM_{stage}	$\Sigma M_{sf} - R$
1a KO-procedure [InitialPhase]	0,000	1,000
1b Nulstap [Phase_1]	1,000	1,000
1c Kruipfase [Phase_2]	1,000	1,000
2a Dijkversterking 1995 [Phase_3]	1,000	1,000
2a+ Nulstap [Phase_4]	1,000	1,000
2a+ Kruipfase 25 jaar [Phase_5]	1,000	1,000
3a Bodemdaling 50 jaar [Phase_6]	1,000	1,000
4a Extreem Hydraulische belasting [Phase_7]	1,000	1,000
4c SHANSEP Switch [Phase_10]	1,000	1,000
4d Verkeersbelasting [Phase_12]	1,000	1,000
5a ULS Constructie [Phase_11]	1,000	1,000
6b ULS stabiliteit [Phase_14]	0,000	0,9227

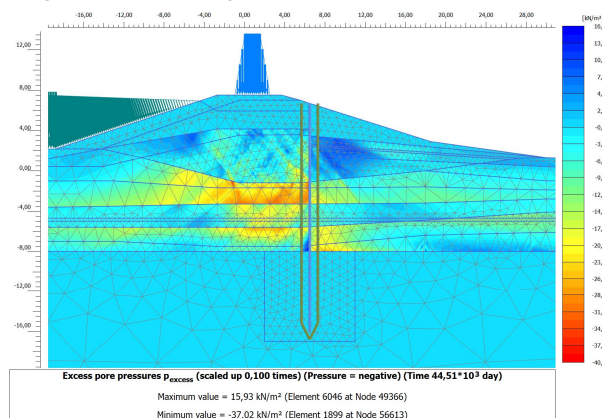
Drained of undrained?

- PPE: undrained in fases 4b t/m 6b
- Water over/onderspanningen t.g.v. SHANSEP switch, DA 

T.g.v. verkeersbelasting:



T.g.v. verkeersbelasting, SHANSEP switch en DA:



1

- Oftewel de PLAXIS ignore undrained behaviour vinkjes staan uit
- Voor rekenen met SHANSEP sterkte is dit niet nodig

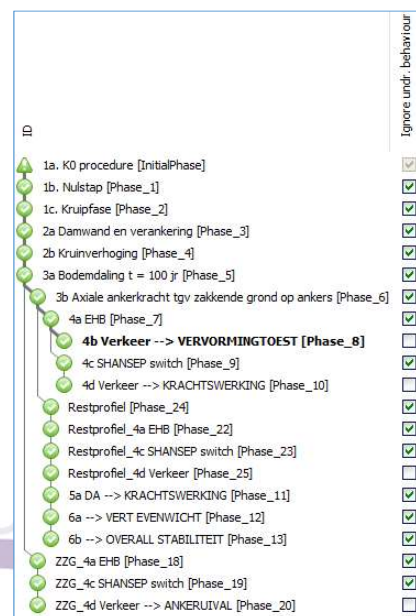
2

- Fysisch onjuist. De dijk trekt zich in werkelijkheid niks aan van wijzigingen in het rekenmodel.
- Gevolgen waterspanningsverandering:
 - Damwand wordt belast/ontlast
 - GoWa: invloed op damwandmoment +-10%, waarbij meestal lager a.g.v. incorrecte keuze
 - Invloed op SHANSEP-sterkte bij update



Drained of undrained?

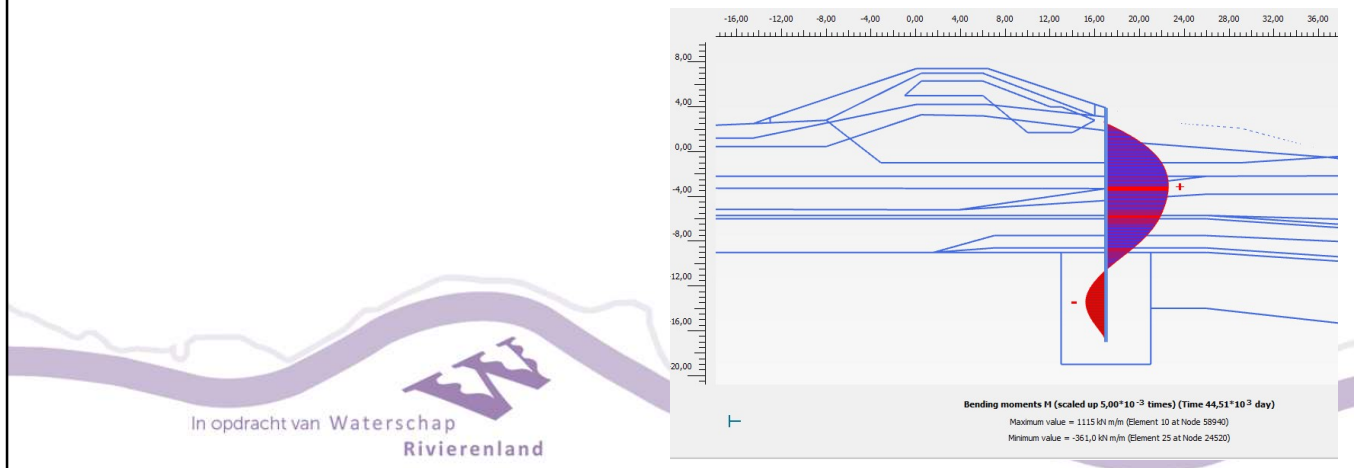
Alleen verkeersbelasting reageert ongedraineerd
(conform groene dijken)



Dus alleen dan de vinkjes ignore undrained behaviour uitzetten!

Diversen

- Damwandtoets o.b.v. elastisch weerstandsmoment (i.p.v. plastisch)
→ niet in lijn met overstromingskansdenken

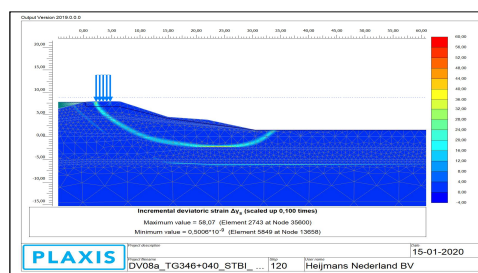
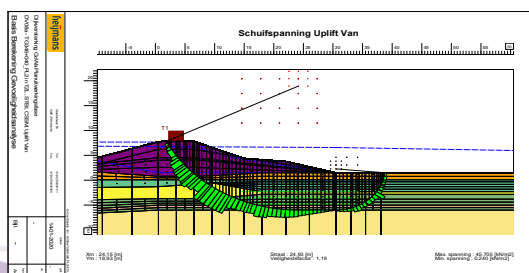


1

- Er dient dus getoetst te worden in de uiterste vezel i.p.v. het volledige profiel in rekening te nemen.

Diversen

- PPE 'eist' vergelijk met glijvlakberekening voor groene-dijk-situatie
 - Toelaatbaar SF verschil = 6%
 - > 6 %: wat dan?
 - Lijkt geëist t.b.v. controle schematisering



In opdracht van Waterschap
Rivierenland

07-10-2020 pagina 25

1.1

- Dat is zeker niet altijd haalbaar
- Bij GoWa tussen 4 en 8% en kon worden verklaard
 - Spanningsrotatie en verschillende methode van S_u bepaling (s' vert versus s'_1)

1.3

- Controleer je model goed en dit vergelijk is niet nodig.
- Mogelijk aan begin v/h project enkele keren.

Discussie / vragen



In opdracht van Waterschap
Rivierenland

07-10-2020 pagina 26