

Praktijkcase dijkvernageling Markermeerdijken

Edward Bruijn | 26 februari 2019

POV

MACRO
STABILITEIT



SWECO 

Witteveen  Bos

Consortium dijkvernageling

Praktijkcase dijkvernageling Markermeerdijken



Volker Staal en Funderingen



Inhoud presentatie

Praktijkcase dijkvernageling Markermeerdijken

- Versterkingsopgave Uitdam
- Tijdelijk dijkvernageling
- Ontwerpissues en oplossingen
- Winstpunten PPV
- Ontwerpaanpak volgens PPV



Versterkingsopgave

Kenmerken dijk bij Uitdam

- Lintbebouwing
- Opgave HT en STBI
- Sterke variatie in bodemopbouw
- Effect kelders op dijkstabiliteit



Versterkingsopgave

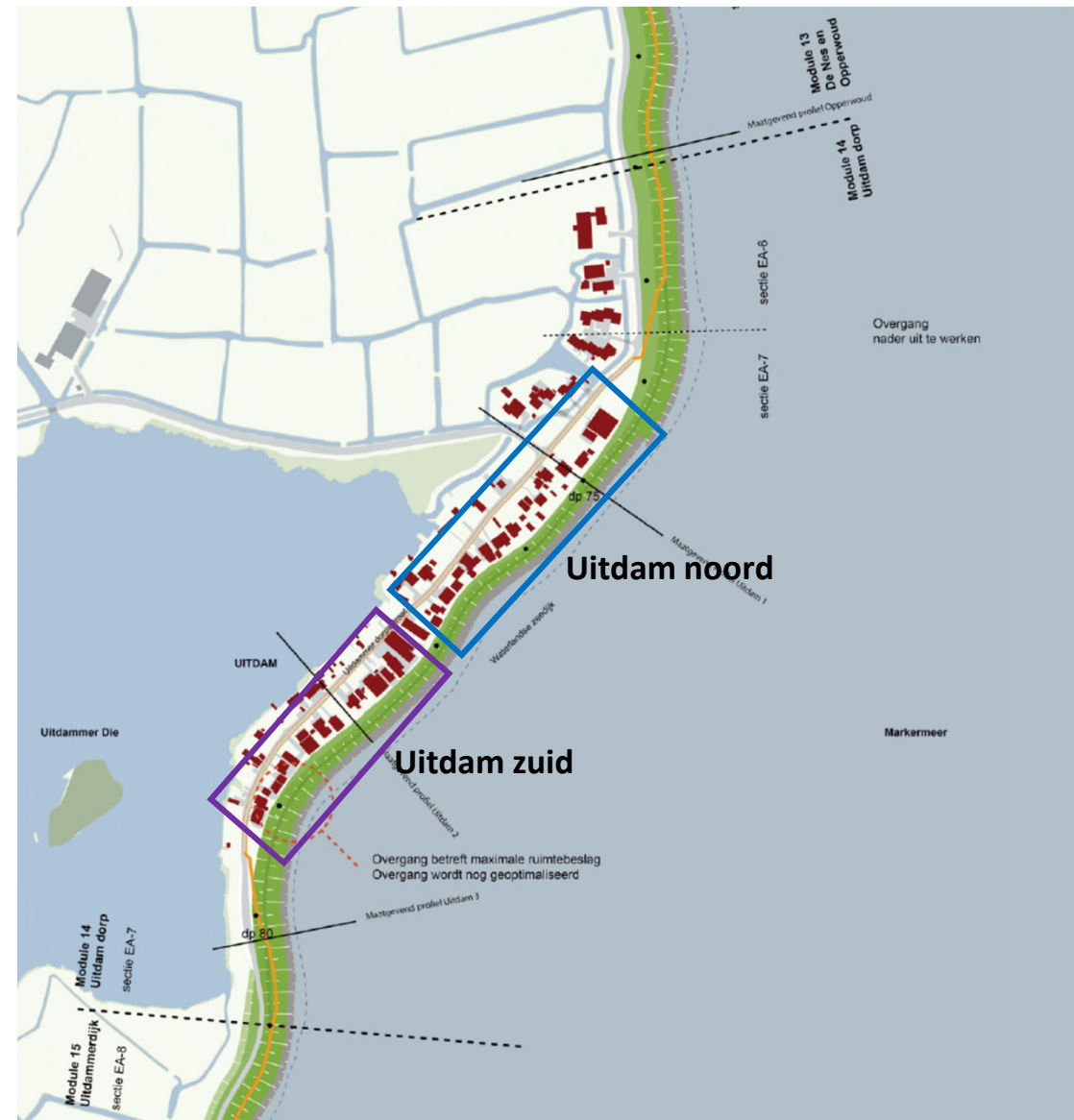
Oplossingen

HT

- Buitenberm

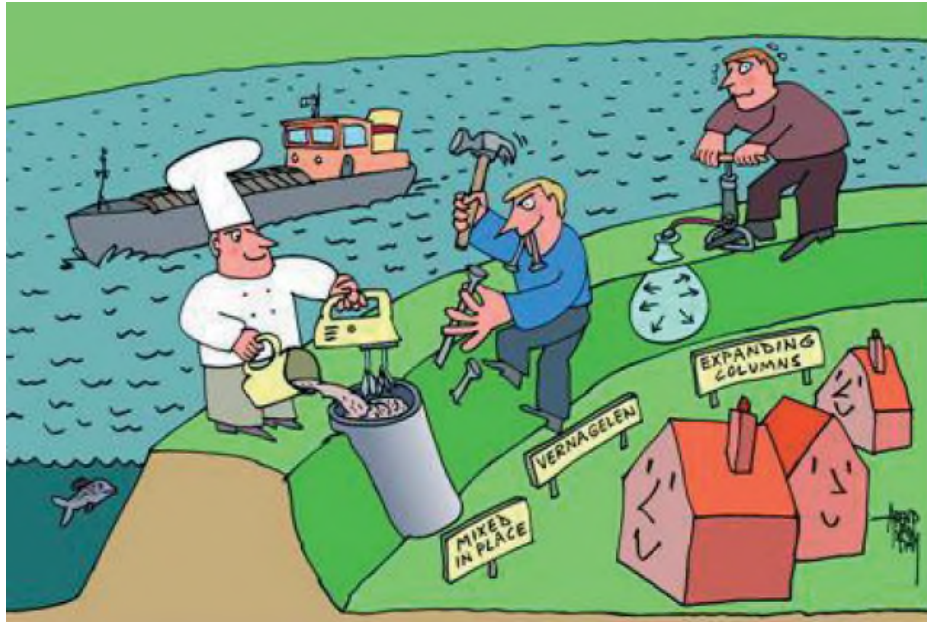
STBI

- Utdam noord: dijkvernageling
- Utdam zuid: damwand



Tijdlijn dijkvernageling

Van CUR 219 naar pilot Vianen



2001-2007: CUR 219 INSIDE



2014-2015: Pilot Vianen

Tijdlijn dijkvernageling

Transitie ontwerpfilosofie

Van CUR 219	Naar PPV
<i>anno 2007</i>	<i>anno 2019</i>
NEN 6700	Eurocode
VTV	WBI2017
TR/ENW	OI2014
OSPW	PPE
LEM	EEM



POV

MACRO
STABILITEIT



hoogheemraadschap
Hollands
Noorderkwartier

ALLIANTIE MARKERMEERDIJKEN

SWECO 

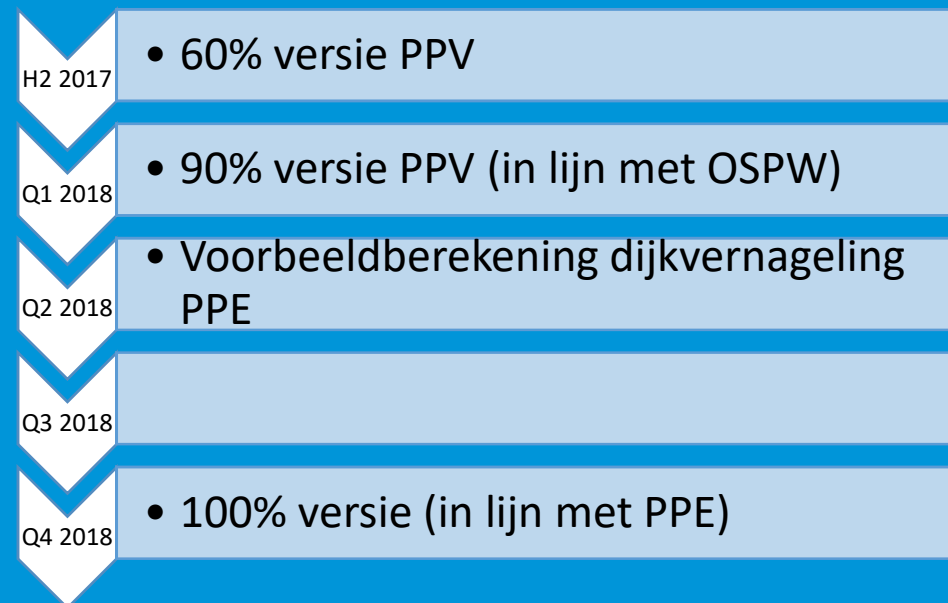
Witteveen  Bos

Tijdslijn dijkvernageling

Ontwerp Markermeerdijken



In parallel: ontwikkelen PPV



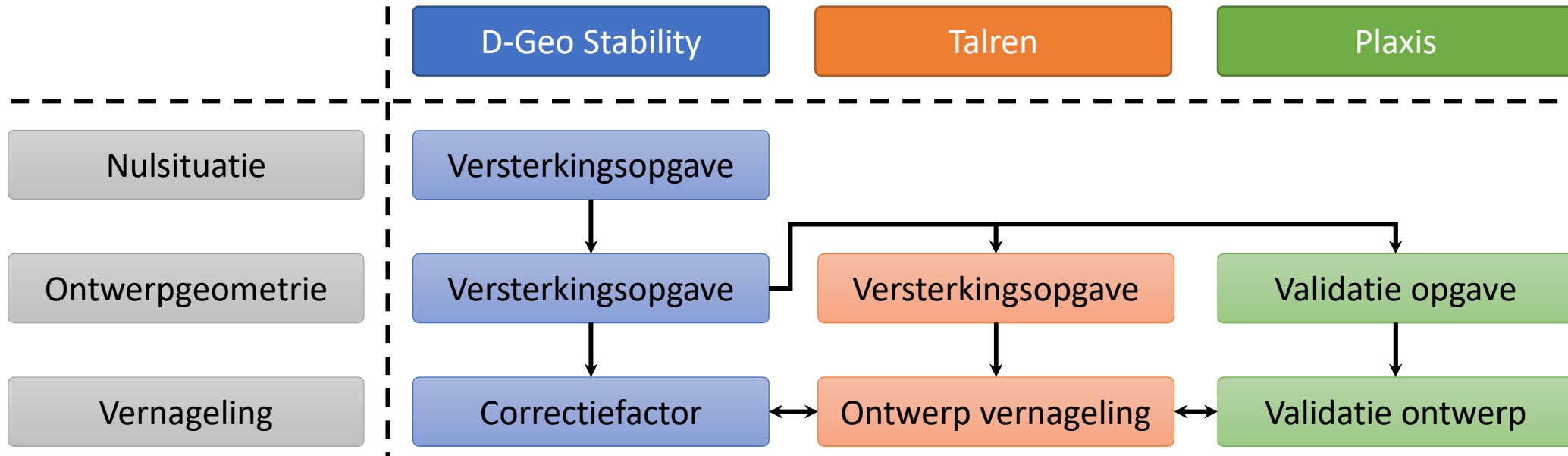
Ontwerpissues en oplossingen

Bespreken van vijf issues



Ontwerpissues en oplossingen

A. Ontwerpproces vernageling met 3 rekenmodellen



Ontwerpissues en oplossingen

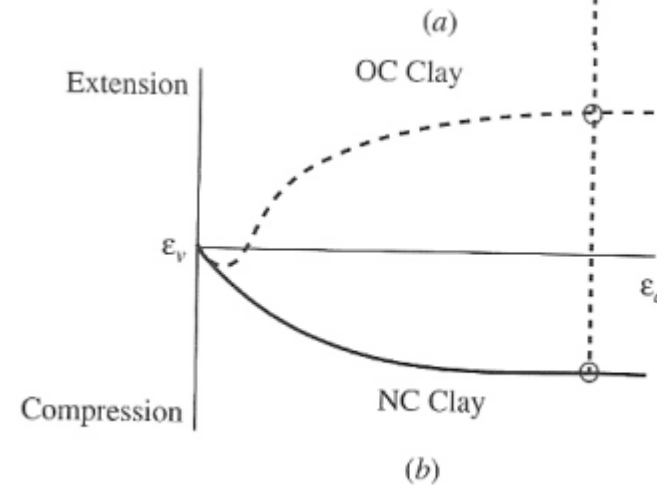
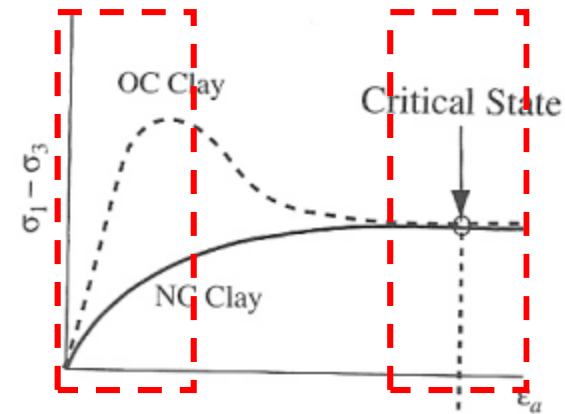
B. Implementeren CSSM schuifsterktemodel

CUR 219

- Gedraineerd rekenen
- Kleine rekken (2 – 5%)
- Grote variatie in sterkte

OI2014/WBI2017

- Ongedraineerd met CSSM model
- Grote rekken (25 – 40%)
- Gelijke sterkte voor NC en OC



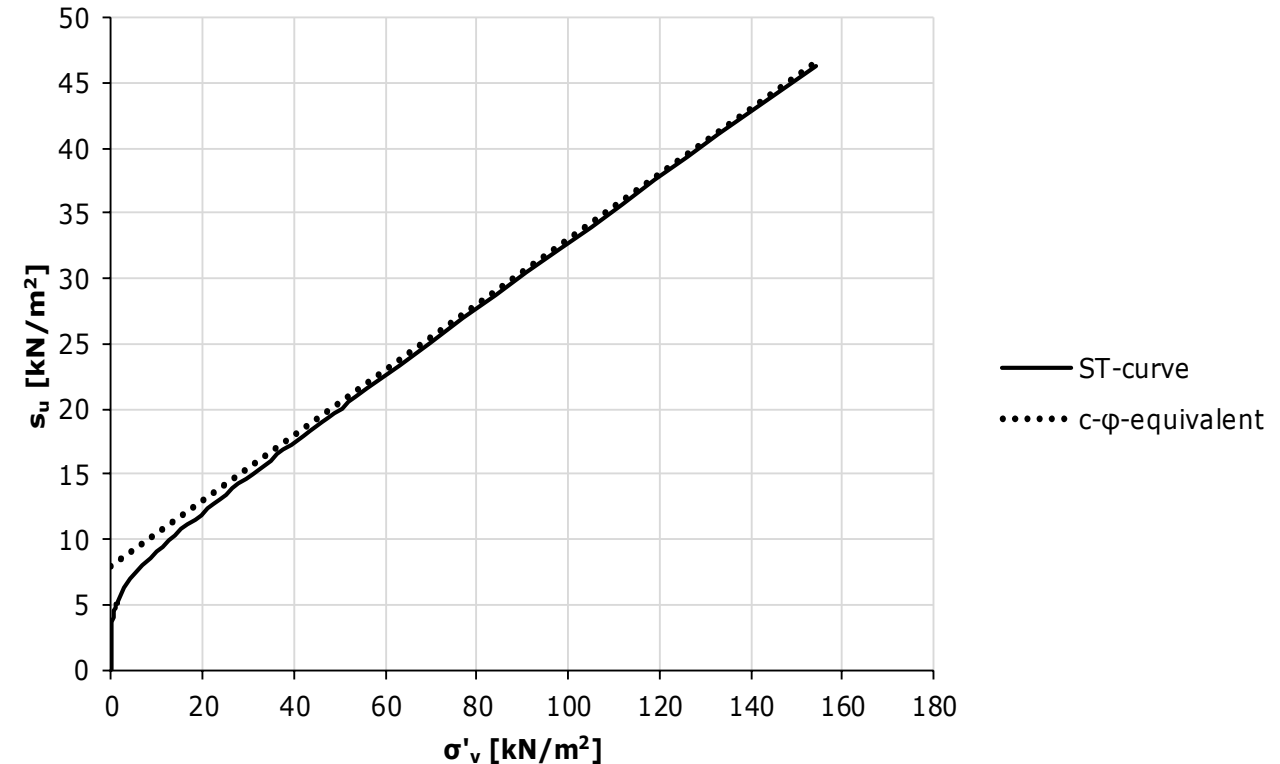
Ontwerpissues en oplossingen

B. Implementeren CSSM schuifsterktemodel

Equivalente schuifsterkteparameters

- $c_{eq} = S \cdot m \cdot POP$
- $\varphi_{eq} = \tan^{-1}(S)$

(specifiek voor Talren en gekoppeld aan korrelspanning langs glijcirkel)

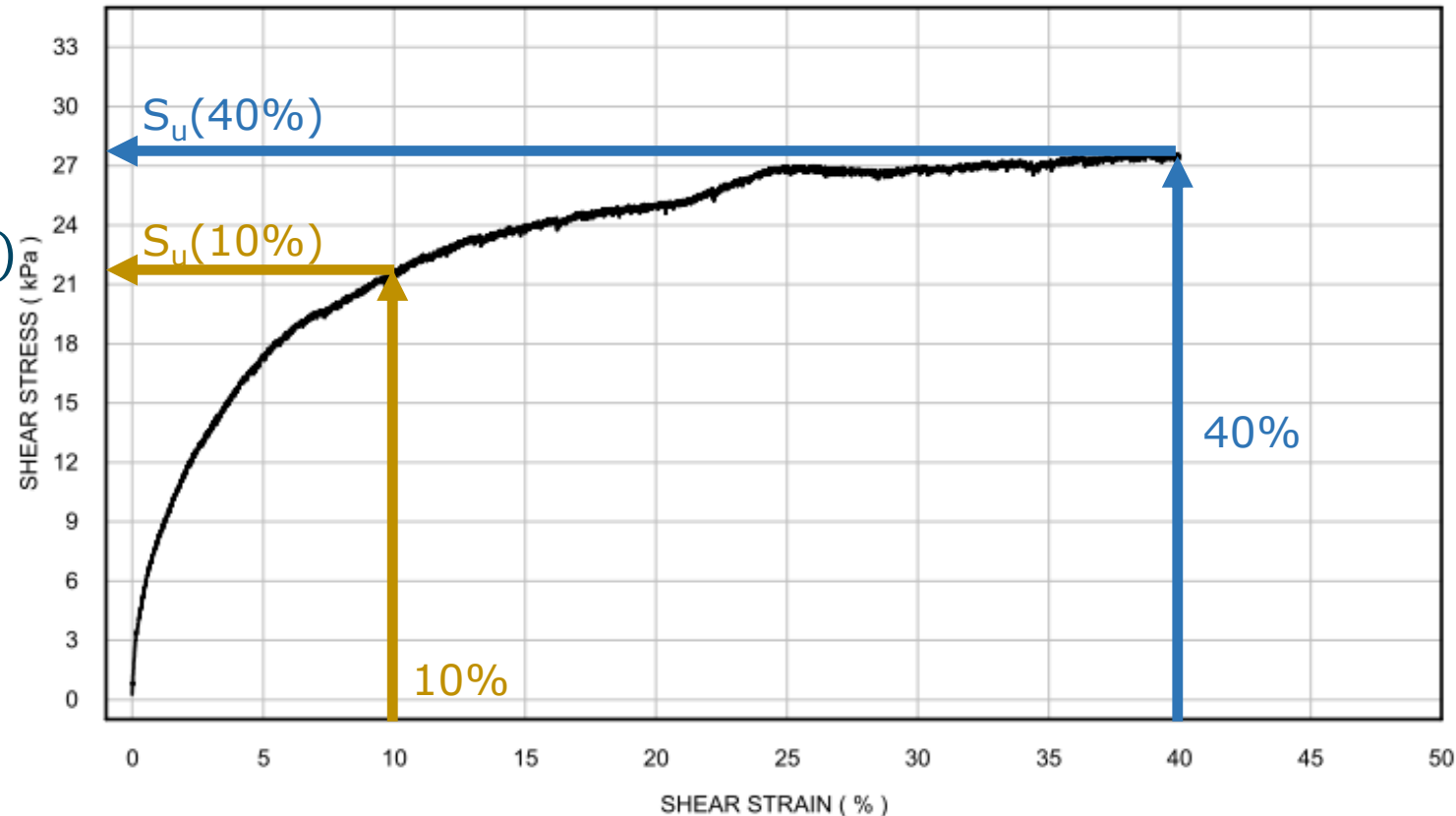


Ontwerpissues en oplossingen

C. Mobilisatie nagelsterkte bij eindrek

Reductiefactor veen:

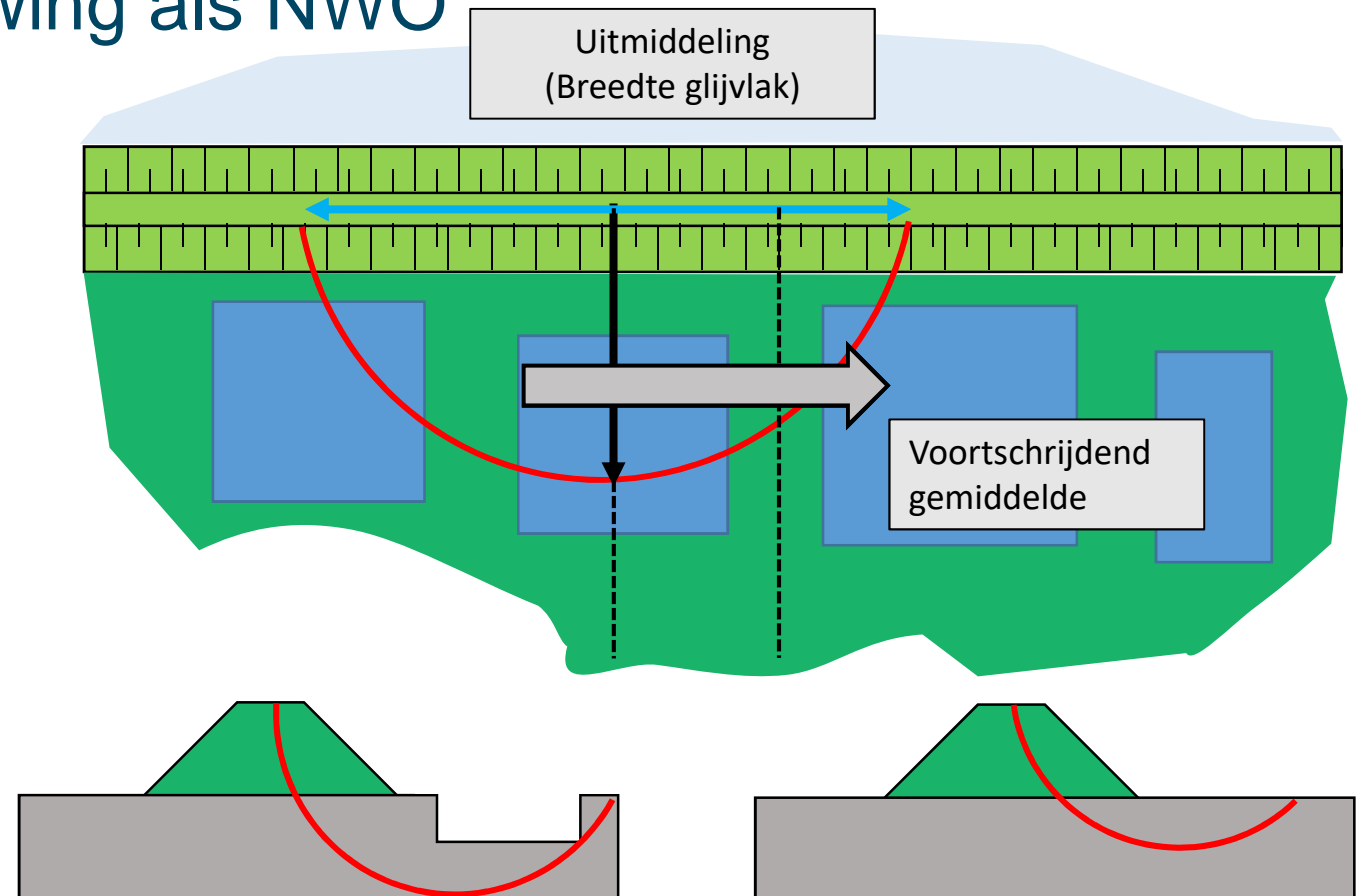
- $S_{red} = \gamma_{red;veen} \cdot S$
- $\gamma_{red;veen} = S_u(10\%) / S_u(40\%)$



Ontwerpissues en oplossingen

D. Modelling van bebouwing als NWO

- Scenario's
 - NWO Intact
 - NWO Verwijderd
 - Groene dijk
- 3D versterkingsopgave
(specifiek voor *Uitdam*)

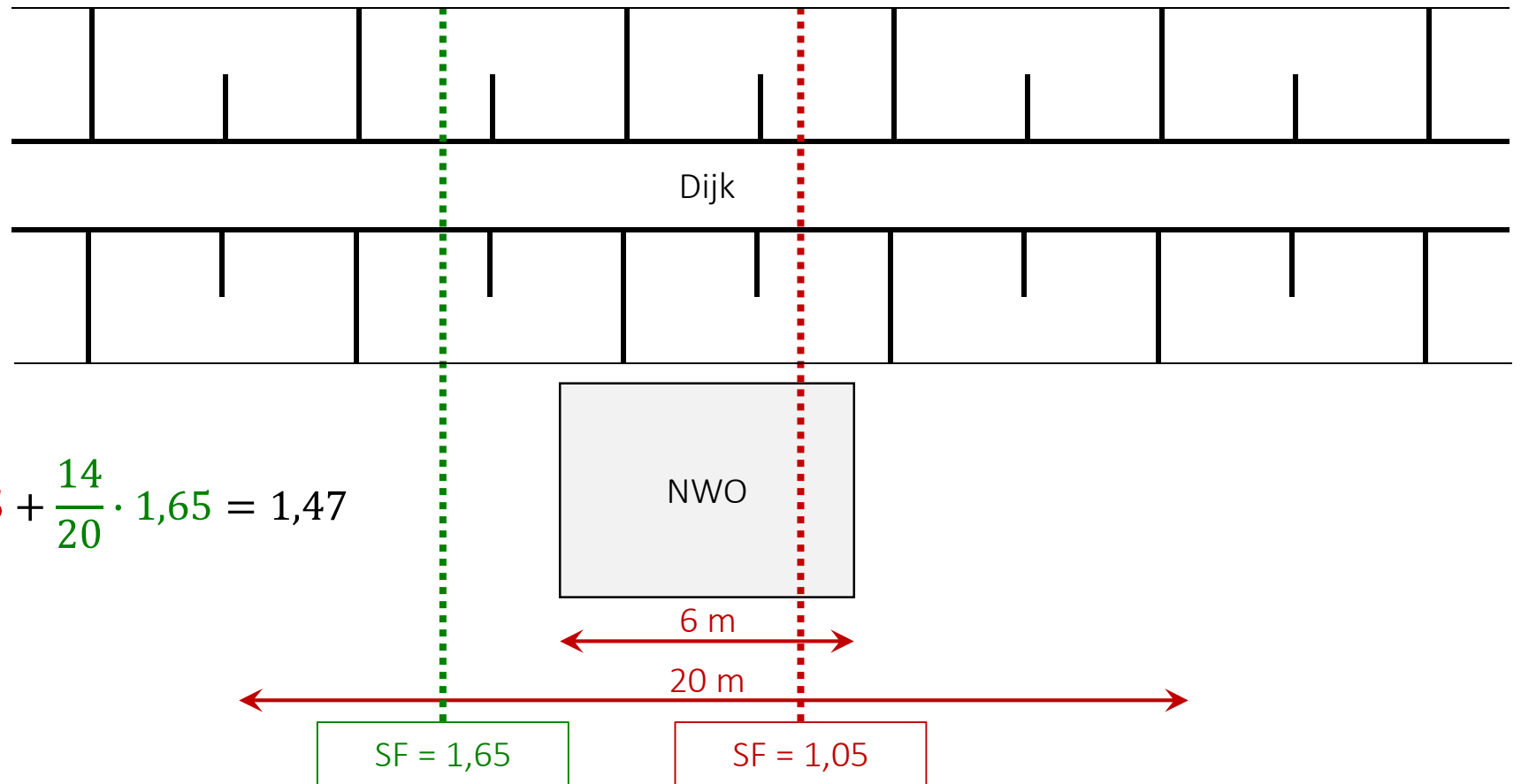


Ontwerpissues en oplossingen

D. Modelleren van bebouwing als NWO

Rekenvoorbeeld

3D effect

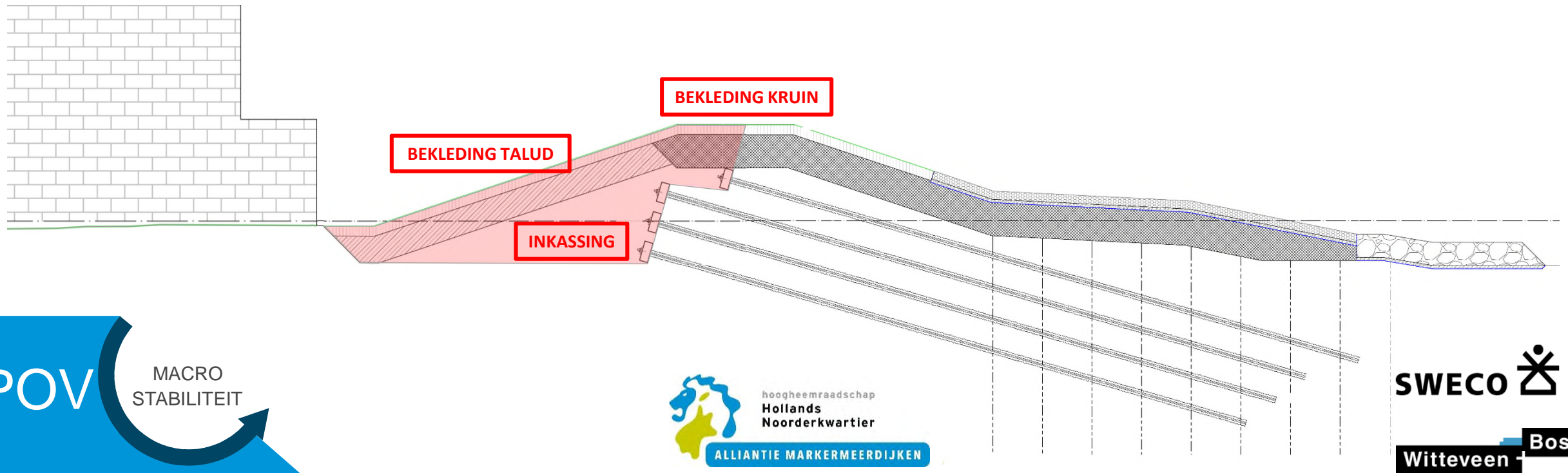


$$SF_{3D} = \frac{6}{20} \cdot 1,05 + \frac{14}{20} \cdot 1,65 = 1,47$$

Ontwerpissues en oplossingen

E. Inpassing nagels

- Huizen en schuren dicht langs de dijk
 - Nagels hoog en diep in de dijk
- Kleibekleding
 - Nagels laag in de dijk



Winstpunten PPV

Drie winstpunten in de nieuwe PPV

- Aansluiting op OI en WBI
 - Vernageling soepeler in te passen in het dijkontwerp
 - Beter vergelijkbaar met andere versterkingsmethodieken
- Ontwerpverificatie met Plaxis in DO en UO
 - Directe toepassing CSSM model
 - Integraal modelleren van sterkte en vervormingen
 - Strain compatibility
- Praktijkervaring ontwerp bij MMD heeft geholpen bij opstellen PPV
 - Praktische aanwijzingen modellering nagels en kopplaat
 - Calibratie parameters en factoren



Ontwerpaanpak volgens PPV

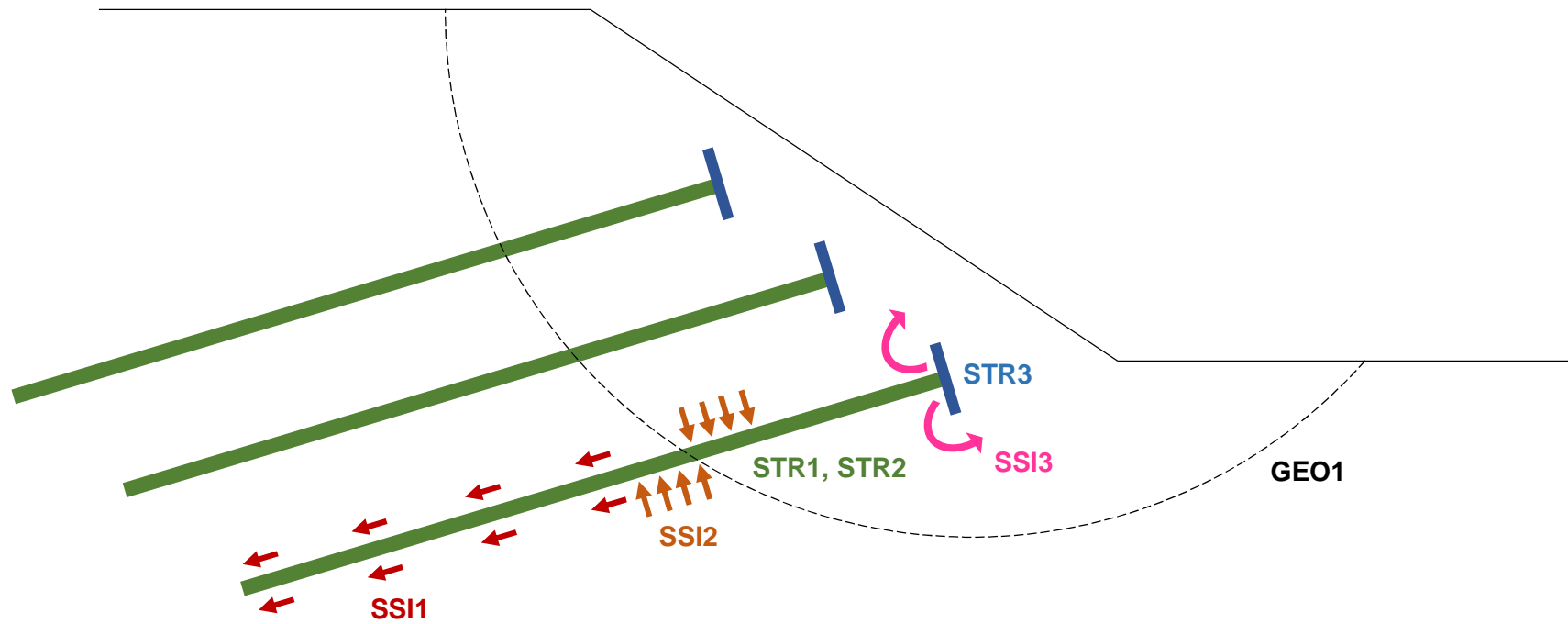
Faalmechanismen

Geotechnisch falen (GEO) 33%	Constructief falen (STR) 33%	Grond-constructie interactie (SSI) 33%
GEO1: Geotechnisch bezwijken door de vernagelingstechniek	STR1: Constructief bezwijken nagel/staaf door dwarskracht en normaalkracht	SSI1: Bezwijken houdkracht nagels door slip
GEO2: Geotechnisch bezwijken buiten de vernagelingstechniek	STR2: Constructief bezwijken nagel door buigend moment en normaalkracht	SSI2: Snijden van de grond tussen de nagels/staven
	STR3: Constructief bezwijken facing/kopplaat (incl. verbindingen)	SSI3: Bezwijken grond onder de facing/kopplaat



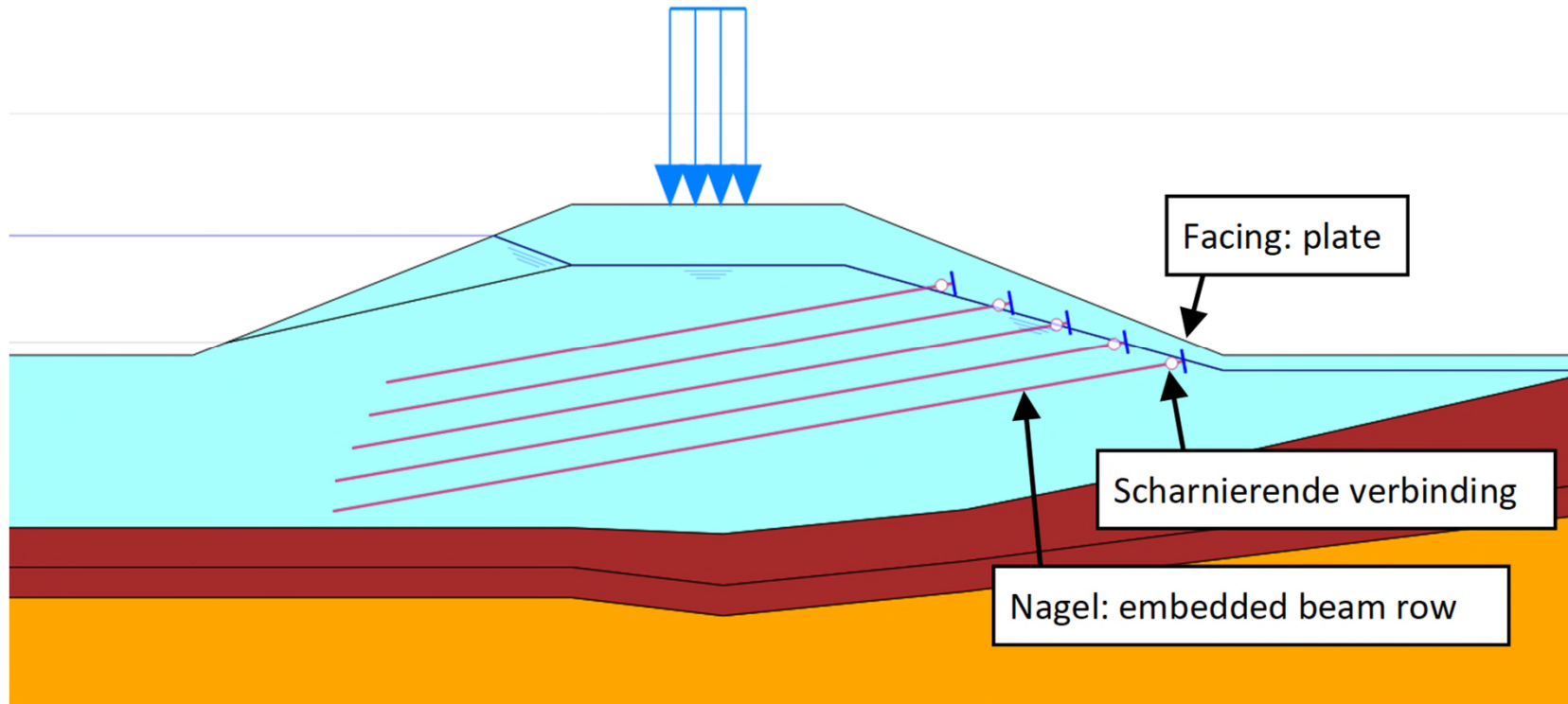
Ontwerpaanpak volgens PPV

Faalmechanismen



Ontwerpaanpak volgens PPV

Modellerig in Plaxis



Ontwerpaanpak volgens PPV

Modellering in Plaxis

- SSI-mechanismen maatgevend voor te behalen versterking
- STR-mechanismen worden daarna gedimensioneerd

SSI1:

$$q_{s;z;d} = f_1 \cdot f_2 \cdot \alpha_t \cdot q_{c;z;d}$$

$$q_{c;z;d} = \frac{q_{c;z;a}}{\gamma_{s;t} \cdot \xi}$$

$$f_{s;d} = \frac{q_{s;z;d}}{\gamma_{add;3D} \cdot \gamma_{add;grout}}$$

$$T_{skin;max} = f_{s;d} \cdot \pi \cdot D_{grout}$$

SSI2:

$$p_{u;d} = 0,85 \cdot c_{u;d} \cdot (\pi + 2) \cdot (1 + s_c + d_c)$$

$$s_c = 0,4 \cdot \frac{D_{grout}}{\lambda} \quad ; \quad d_c = 0,4 \cdot \arctan\left(\frac{H^*}{D_{grout}}\right)$$

$$f_{l;d} = \frac{p_{u;d}}{\gamma_{add;3D} \cdot \gamma_{add;snijden}}$$

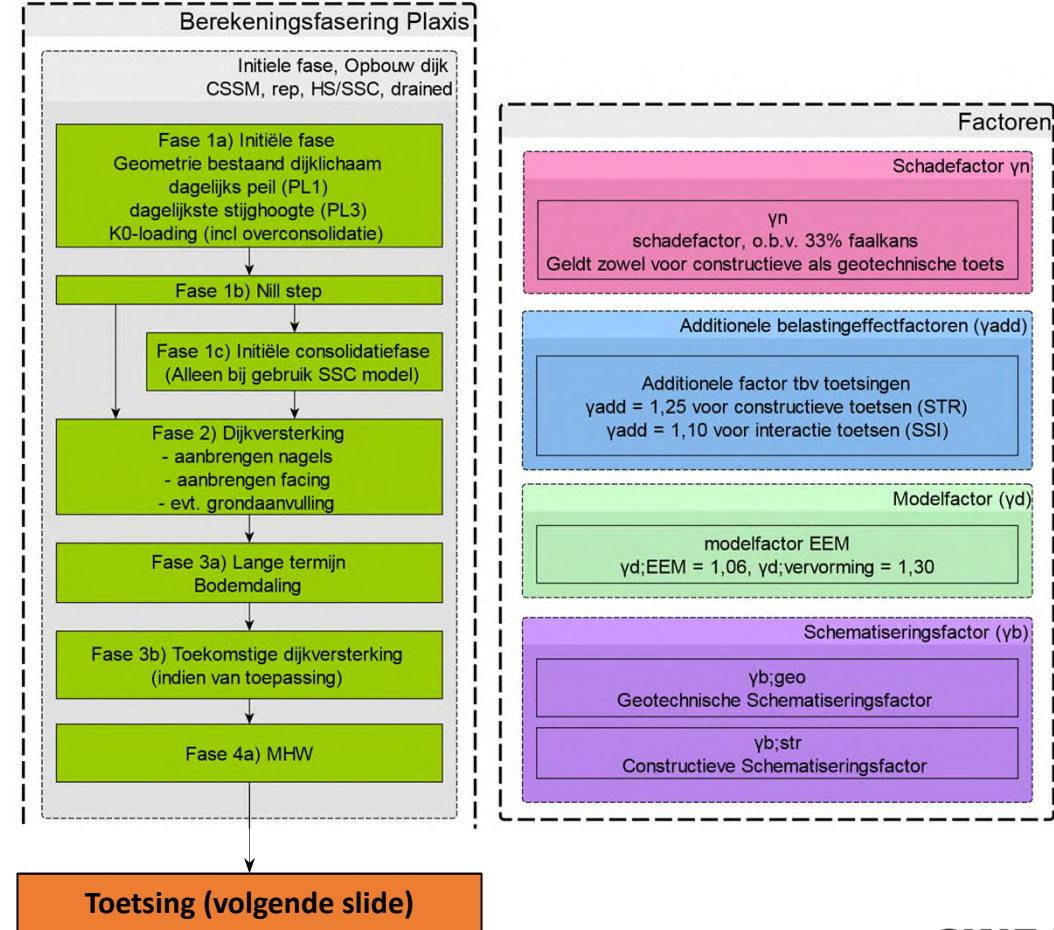
$$T_{lat;max} = f_{l;d} \cdot D_{grout}$$

Embedded beam row

Ontwerpaanpak volgens PPV

Rekenfasering

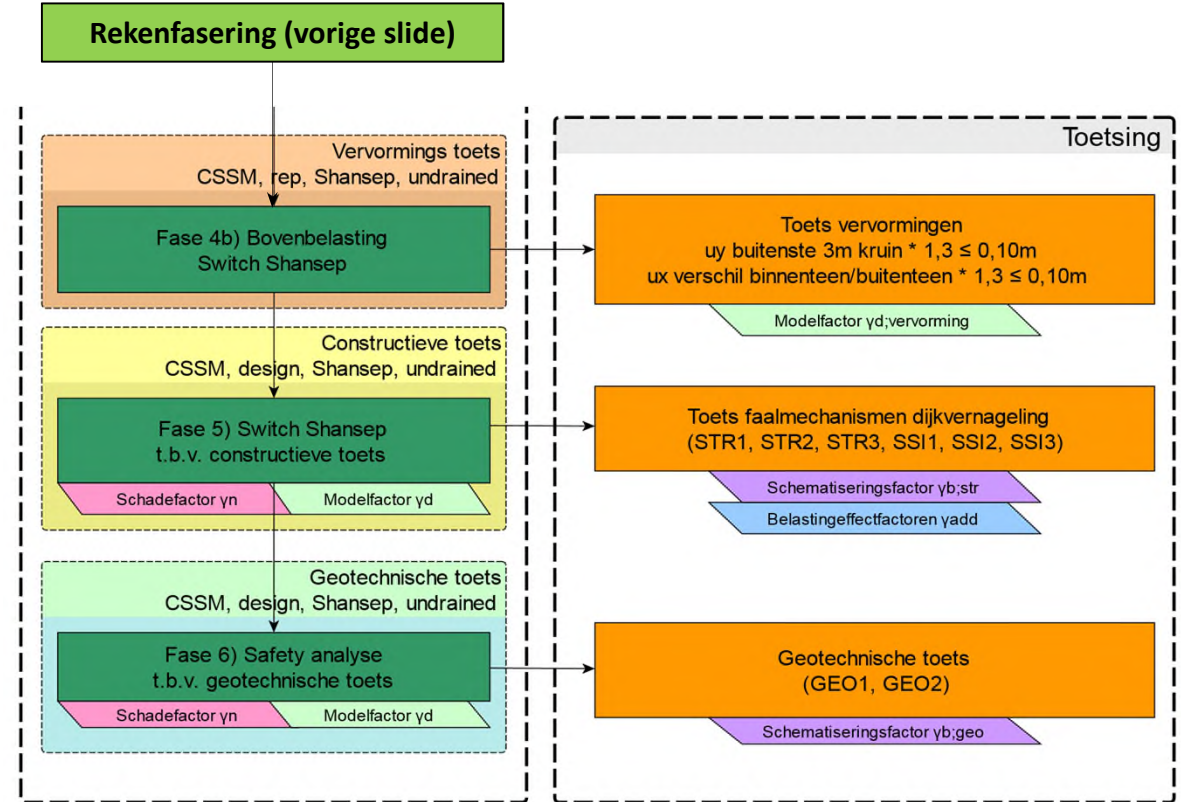
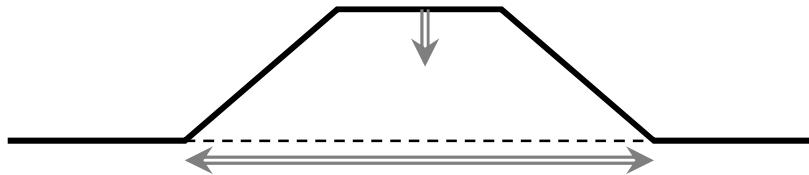
- Komt grotendeels overeen met damwanden
- Belastingeffectfactoren γ_{add} voor gewenste volgorde van bezwijken:
 - STR: 1,25
 - SSI: 1,10
- Zetting op nagels maakt nagels minder effectief; kan in EEM, niet in LEM.



Ontwerpaanpak volgens PPV

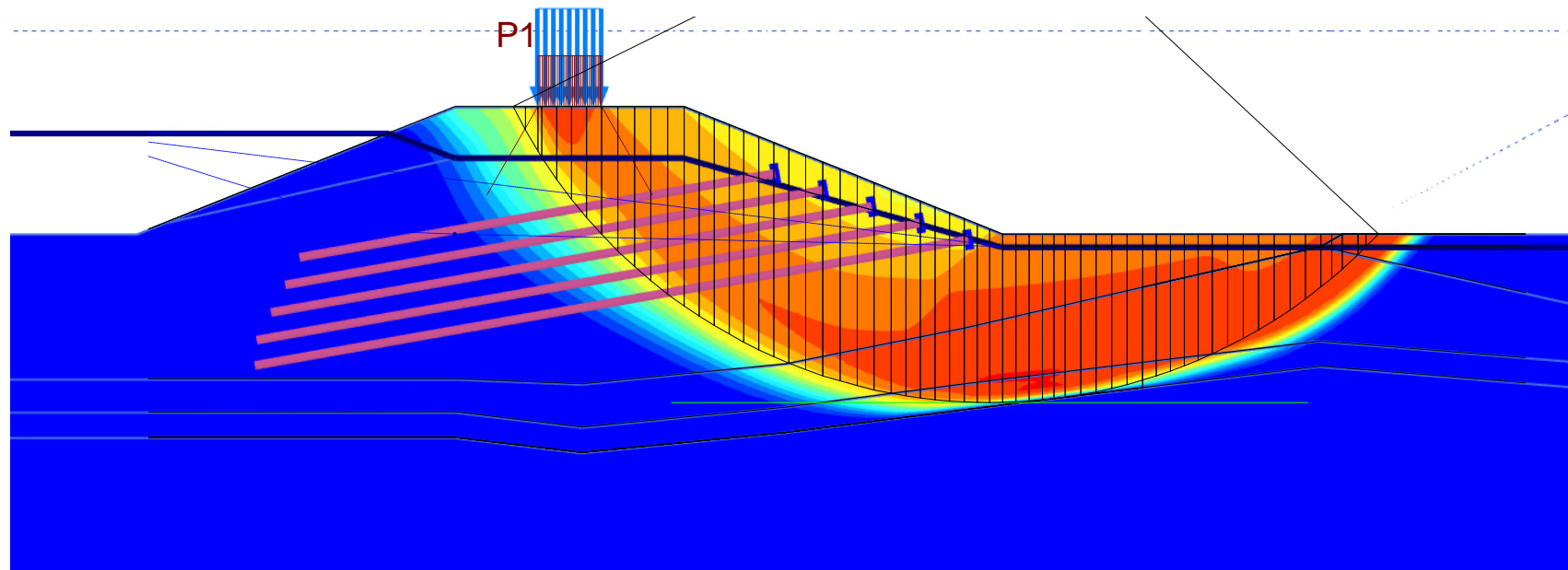
Toetsing

- Komt grotendeels overeen met damwanden
- Stap voor stap beschreven in PPV
- Toets vervormingen
 - Kruin – verticaal
 - Dijkbasis – horizontaal



Ontwerpaanpak volgens PPV

Validatie met glijvlakberekening kan nooit kwaad



$SF_{LEM}: 1,36$

$SF_{EEM}: 1,32$

Toekomstige ontwikkelingen

Nagelnieuw(s)

- Nagelmodule D-Geo Stability
- Verbeteren prestaties door uitvoeren proeven
 - Houdkracht in klei en veen
 - Draagvermogen kopplaat
- Hybride constructies





Vragen?

Praktijkcase dijkvernageling Markermeerdijken

26 februari 2019

