



# Sterkte en stabiliteit Puntconstructies (STKWp)

Arnaud Casteleijn  
RWS-WVL

Pilot-cursus Kunstwerken  
10 november 2016





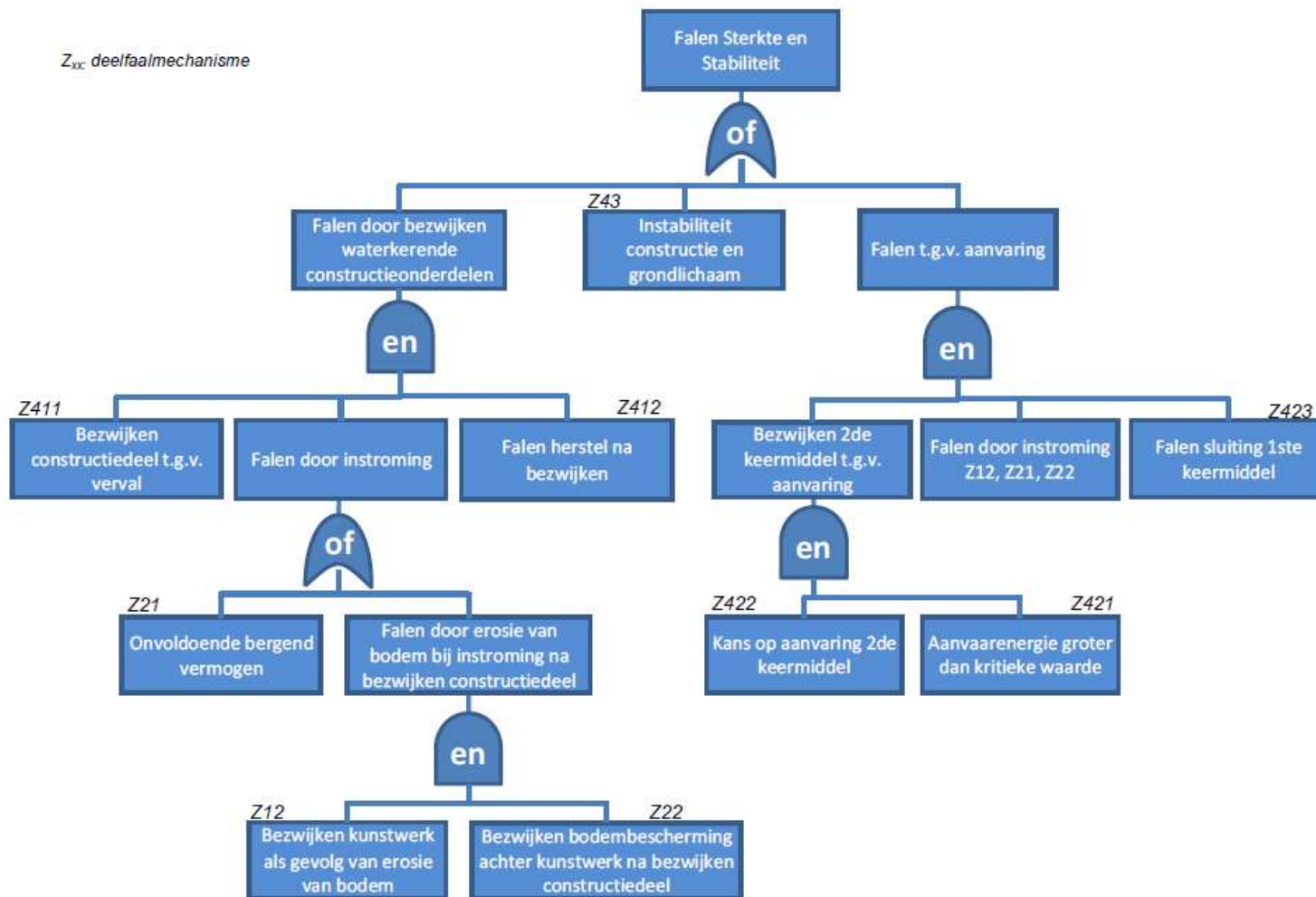
# Geen Eenvoudige Toets

I.v.m. grote diversiteit in soorten, types en dimensies van kunstwerken is er geen eenvoudige toets



# Gedetailleerde toets

Z<sub>xc</sub> deelfaalmecanisme



Figuur 20.1

Foutenboom toetsspoor sterkte en stabiliteit puntconstructie



# Twee deelsporen

1. Sterkte constructieonderdelen
  - Hoogwater gedreven
  - Calamiteit (aanvaren)
2. Instabiliteit constructie en grondlichaam

**Falen door constructief  
bezwijken**

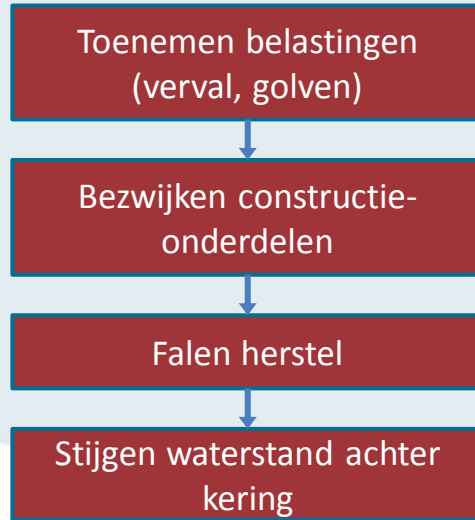
OF

**Falen waterkerende  
constructieonderdelen**

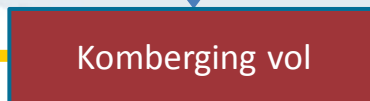
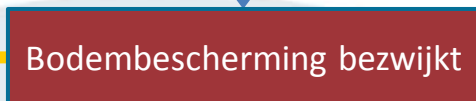
**Falen door  
aanvaring**

**Instabiliteit constructie &  
grondlichaam**

# Sterkte constructieonderdelen



Primaire  
mechanisme



Faalcriterium

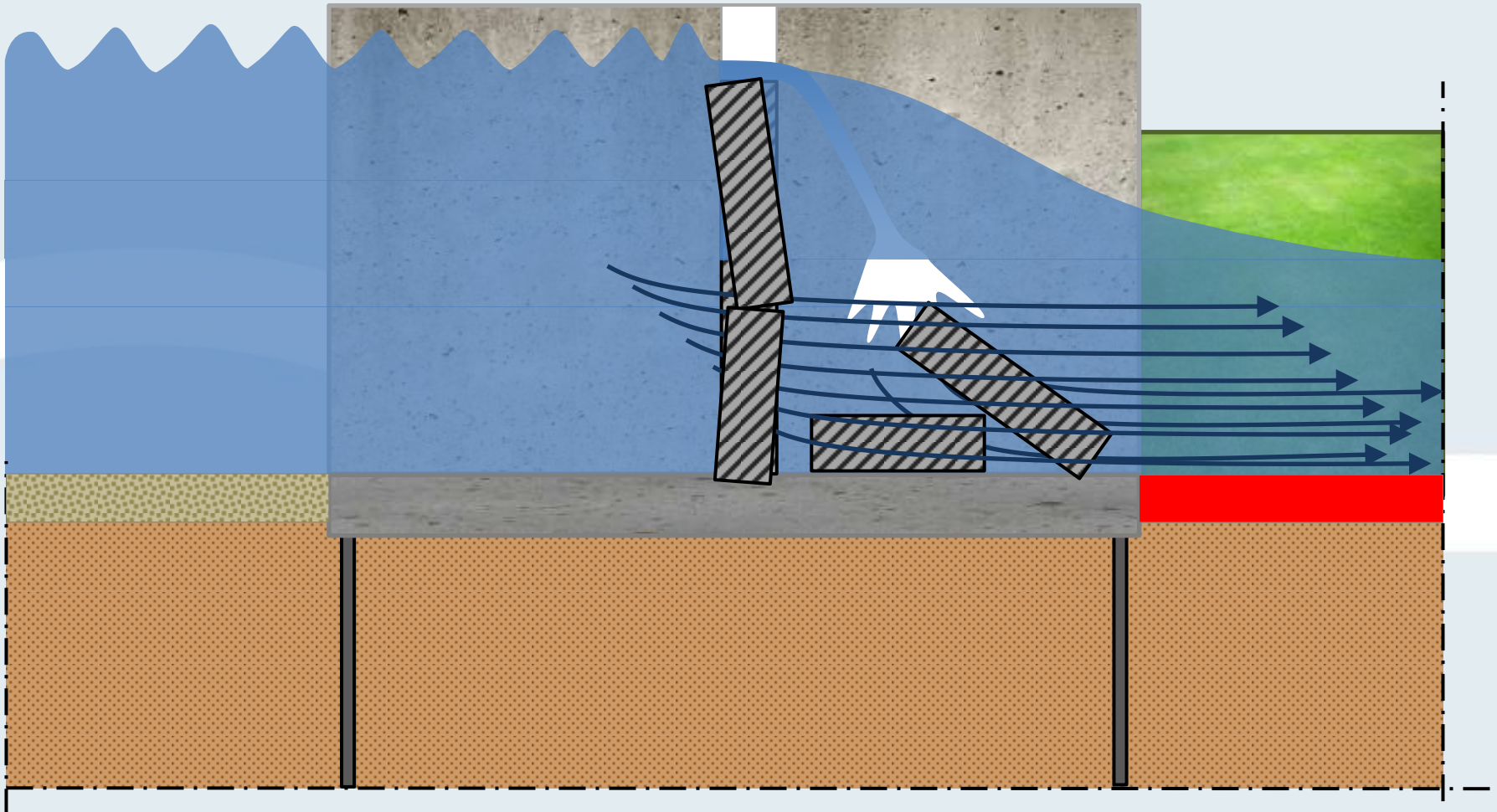
Reststerkte  
mechanisme

Falen  
waterkering

Bresgroei



# Voorbeeld keersluis





# Formele betrouwbaarheidsfunctie

$$Z = R - E$$

- **R** = sterkte: maximale vloeispanning, snedekracht, moment, rek, enz. welke een constructie(element) kan weerstaan.
- **E(S,a)** = 'belastingeffect'
  - ofwel de belasting S uitgedrukt in de eenheid van sterkte R
  - a = dimensies van constructieonderdeel(en)
- **S** = belasting: G, P, Q
  - G = eigen gewicht
  - P = permanente belasting
  - Q = variabele belasting

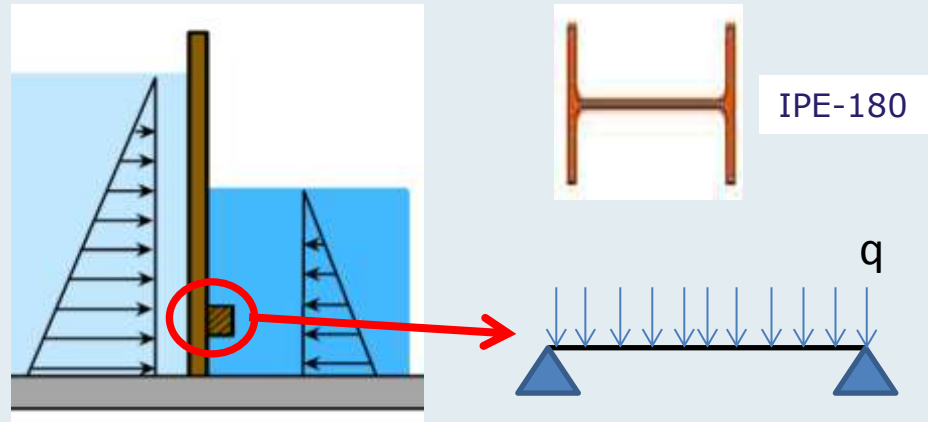
# Semi-probabilistische ontwerpen (Eurocode, TGB)

## Starten vanuit de belasting:

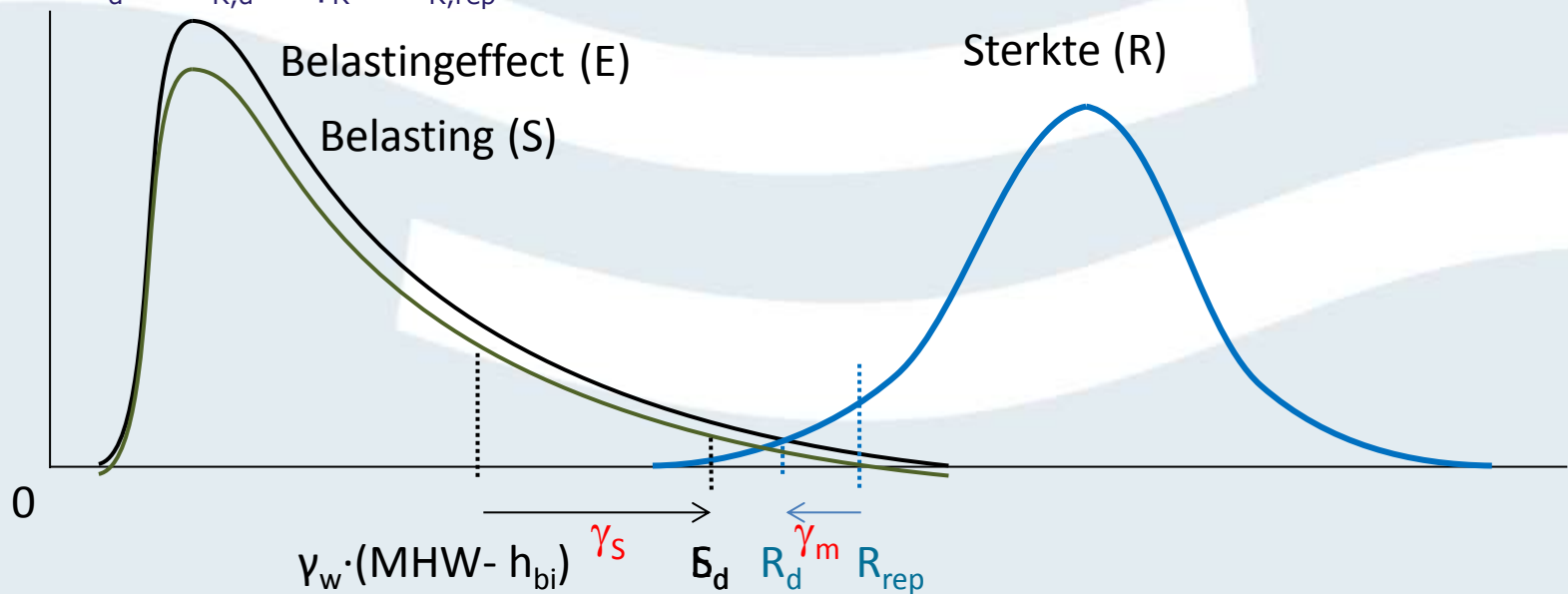
- Bepaal  $S_{rep} = \gamma_w \times (MHW - h_{bi})$
- Bepalen  $S_d = \gamma_s \times S_{rep}$
- Bepaal belastingeffect  $E_d$ 
  - Moment
  - Keuze constructieonderdeel
  - $E_d = M_{E,d} = \frac{1}{8} \times q \times l^2$

## Sterktekant:

- Keuze profiel, stel IPE-180
  - $R_{rep} = M_{R,rep} = W \times \sigma_{max}$
  - $R_d = M_{R,d} = \gamma_R \times M_{R,rep}$



$$\text{Unity check (UC)} = \frac{E_d}{R_d} = \frac{M_{E,d}}{M_{R,d}} \leq 1,0$$





# Probabilistische Toetsen in WBI

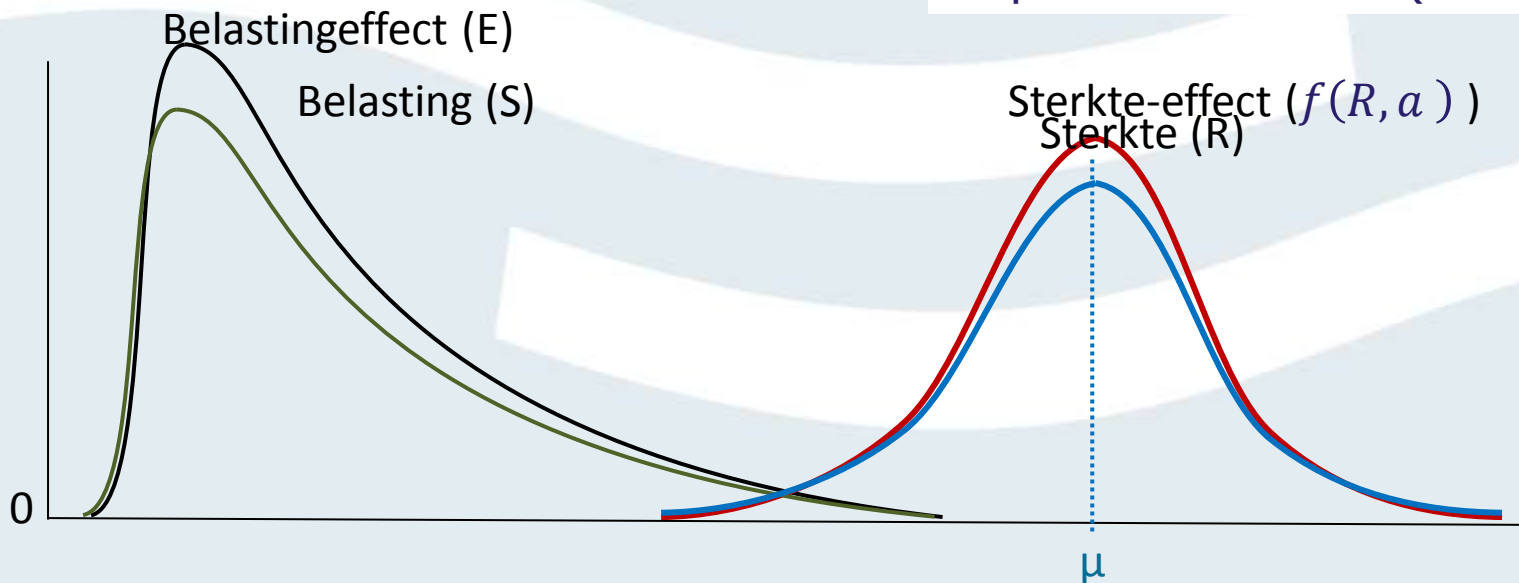
$$Z = f(R, a) - S$$

- $S = f(H, h_{bi}, h, H_{golf})$
- $f(R, a) =$  een soort 'sterkte effect'
  - Ofwel de sterkte  $R$  wordt uitgedrukt in eenheid van belasting  $S$
  - $a =$  dimensies van constructieonderdeel(en)

Instrumentarium:

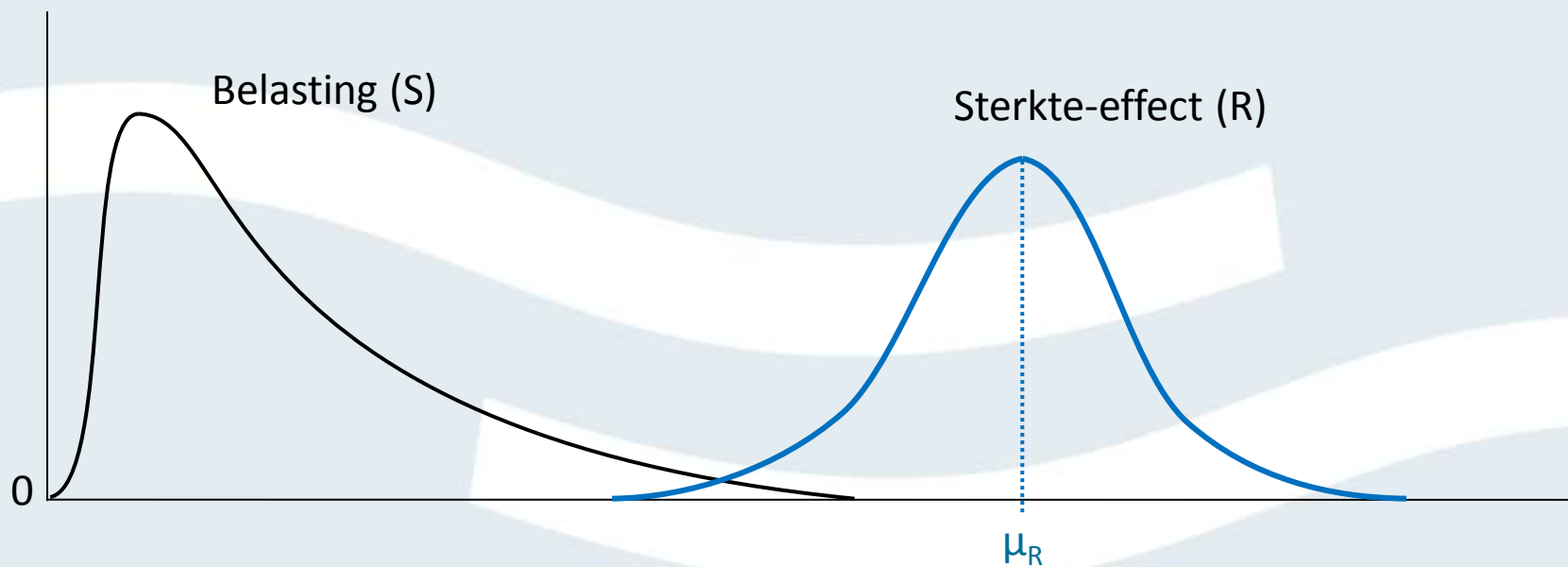
- $S$ : belastingstatistiek is een gegeven in Ringtoets
- $f(R, a)$ : Sterkte-effect statistiek = invoer Ringtoets

Bepalen faalkans  $P(R \leq S)$

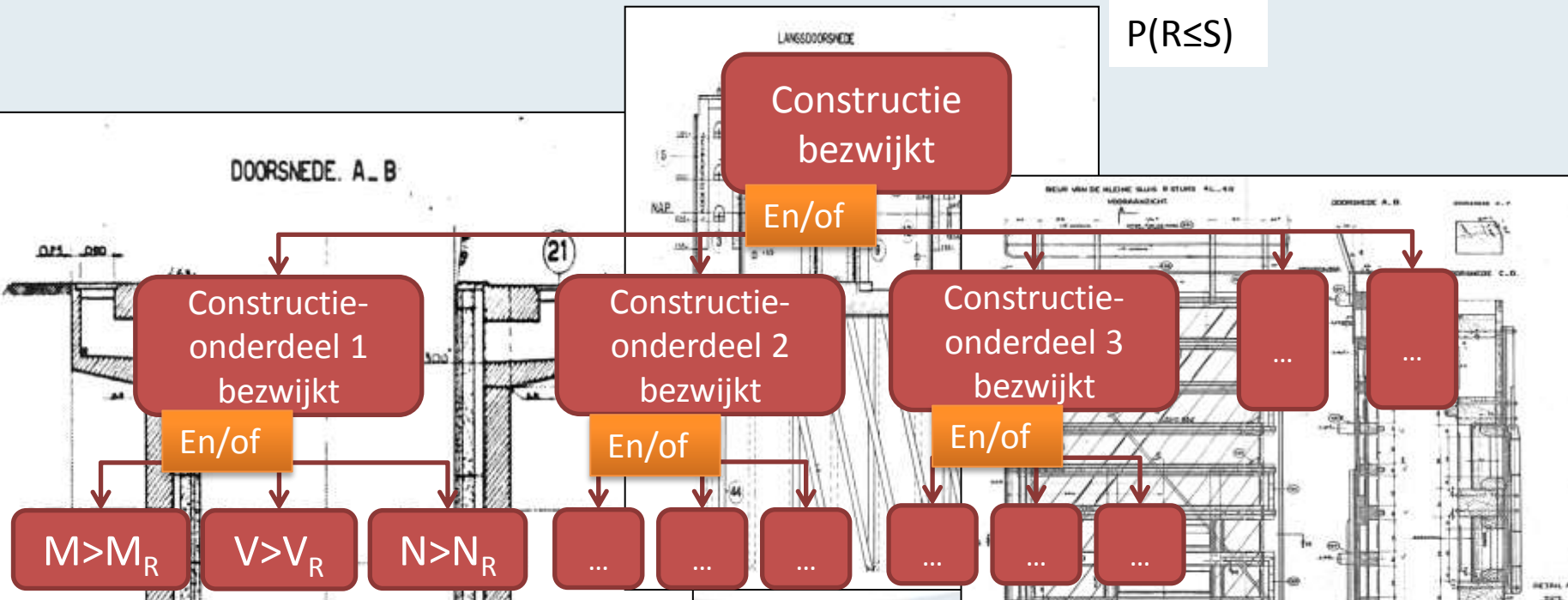




Voor het gemak in de presentatie:  
'Sterkte-effect' = R



# Ringtoets: schematiseren



Ringtoets heeft slechts één z-functie beschikbaar voor de hele constructie!

Oplossing: we kiezen een constructieonderdeel welke (zeer) dominant is voor de faalkans.

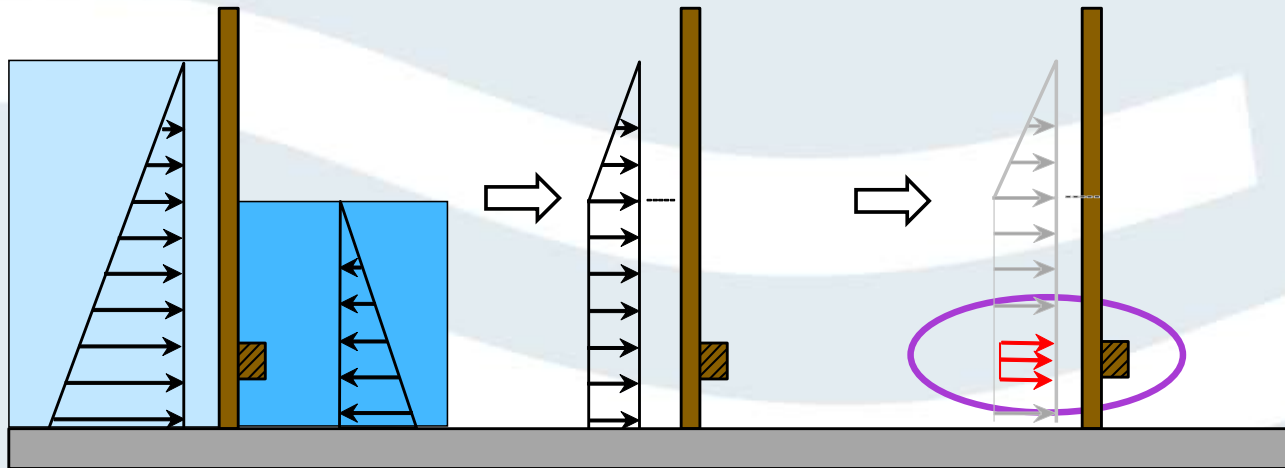


# Sterktetoets voor dominant constructieonderdeel

⇒  $Z = R - S$

- $S = f(H, h_{bi}, h, H_{golf})$  in  $[kN/m^2]$
- $R =$  'sterkte-effect' in  $[kN/m^2]$

⇒ Bepaal faalkans:  $P(S \geq R)$



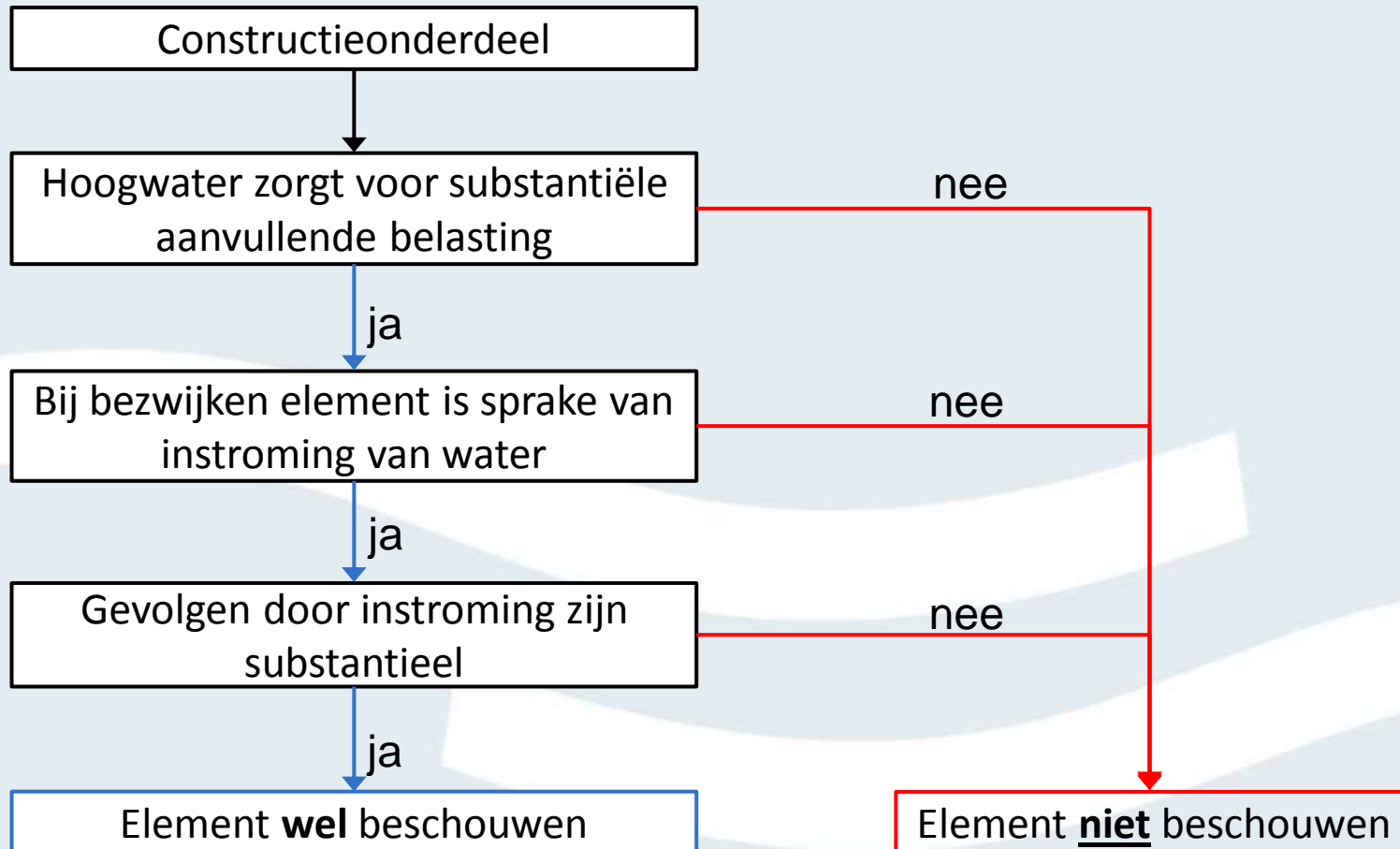
<sup>B</sup> Belastingen op  
constructie

Resulterende belasting  
op constructie

Resulterende belasting  
dominant onderdeel



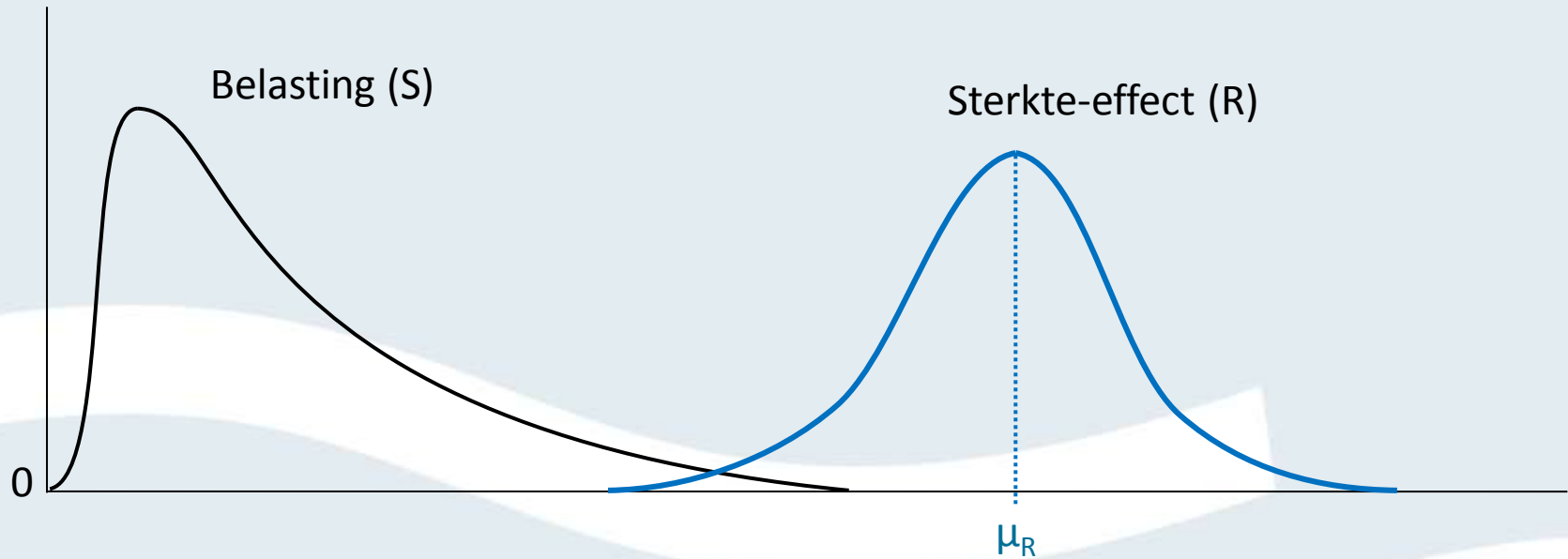
# 1<sup>ste</sup> schematisatie-stap: keuze te beschouwen constructieonderdelen





## 2<sup>de</sup> schematisatie-stap:

bepalen kansverdeling 'sterkte-effect' R:  $\mu_R$  en  $V_R$

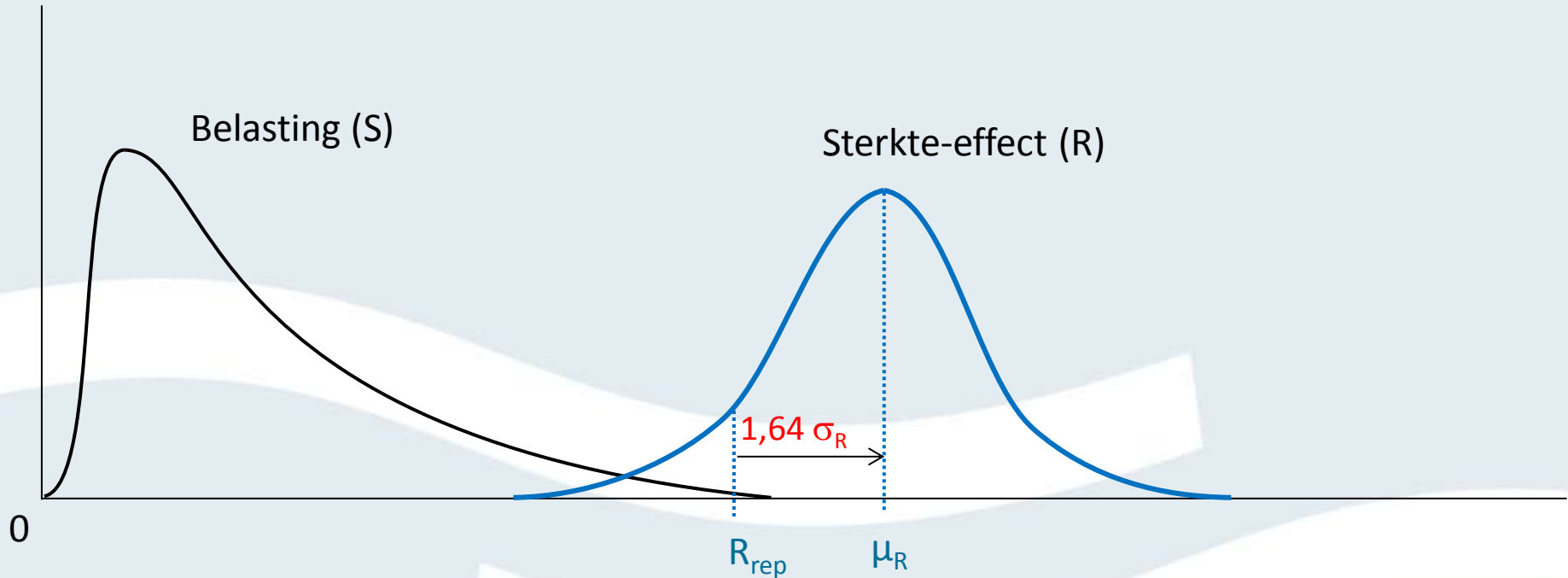


Op basis van veiligheidsfilosofie oude richtlijnen..

- Methode 1: o.b.v. constructiegegevens
- Methode 2: o.b.v. bekend 'ontwerppeil'



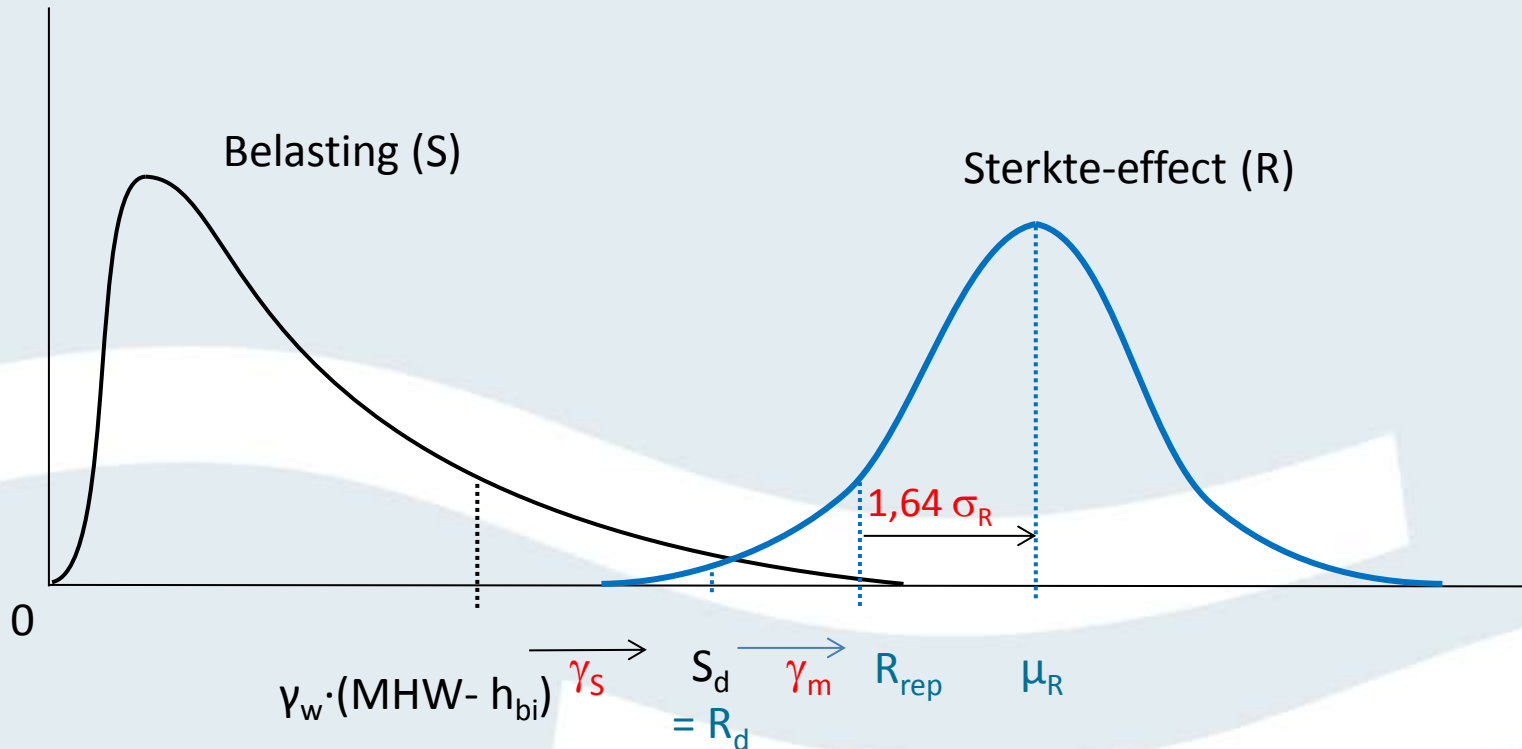
# Methode 1: o.b.v. constructiegegevens



- $R_{rep}$  = representatieve 'sterkte-effect' o.b.v.
  - constructie afmetingen en
  - Sterkte gegevens uit de normen (VOBC, VBC, TGB, ..)
- $\mu_R$  = afgeleid van  $R_{rep}$
- $\sigma_R$  = standaardafwijking, afhankelijk van materiaalsoort



# Methode 2: o.b.v. ontwerp-MHW of ontwerppeil

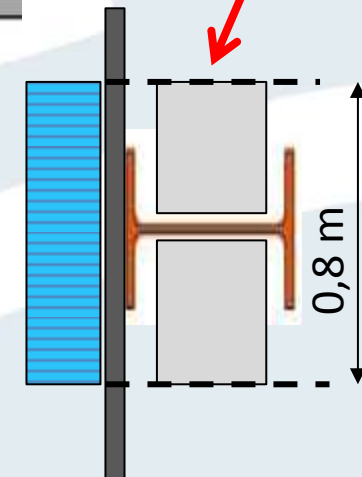
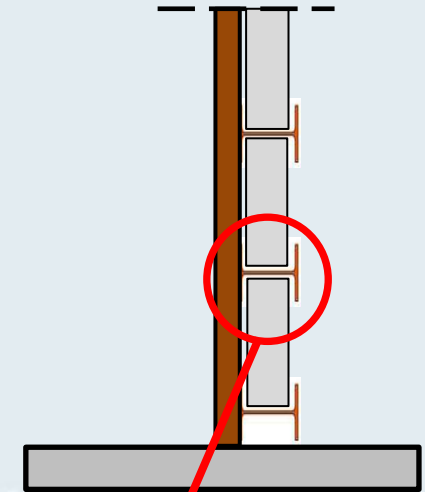
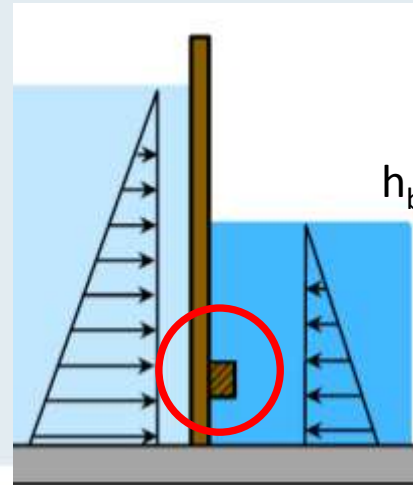
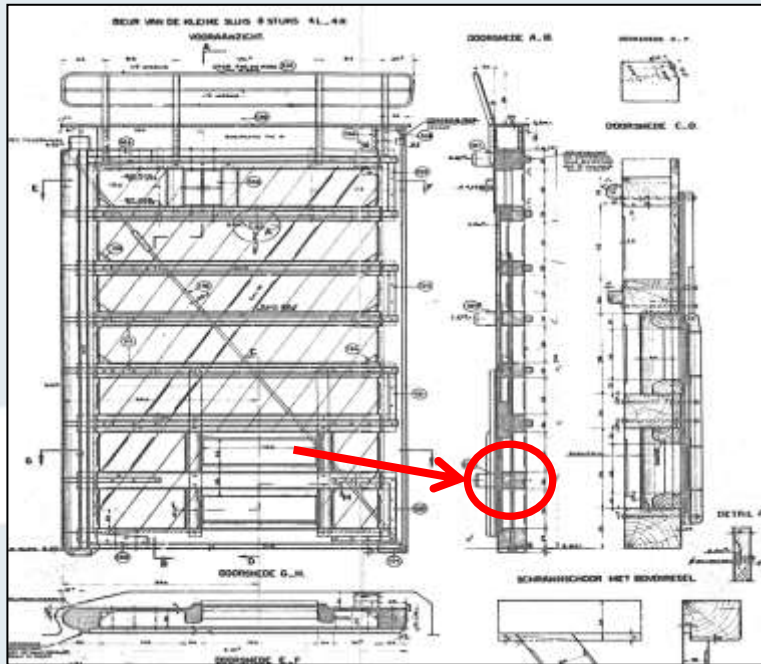


- $\mu_R$  = afgeleid van  $S_d$
- $\sigma_R$  = standaardafwijking, afhankelijk van materiaalsoort





# Voorbeeld op basis van constructiegegevens



- Deur heeft een breedte van 3 m
- Deur is verstijft met IPE-180 staalprofielen h.o.h. 0,8 m
- Verstijvers onderling gekoppeld om de 1 m
- Bouwjaar 1996, Conditie is goed
- Binnenwaterstand  $h_{bi} = \text{NAP} + 2,0\text{m}$
- Geen golven

**Uitgangspunt: gekozen IPE-ligger is dominant voor de faalkans van de totale constructie!**

Gevraagd: ‘sterkte-effect’ statistiek middels  $\mu_R$  (kN/m<sup>2</sup>) en  $V_R$

Sterkte IPE-ligger volgens TGB: Staal S235

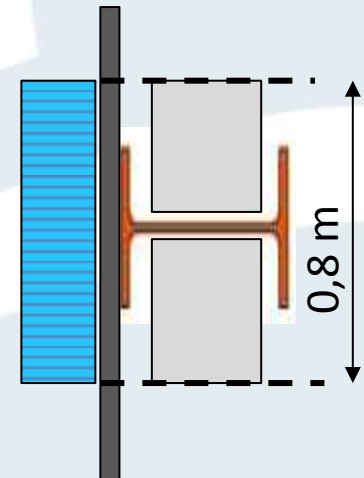
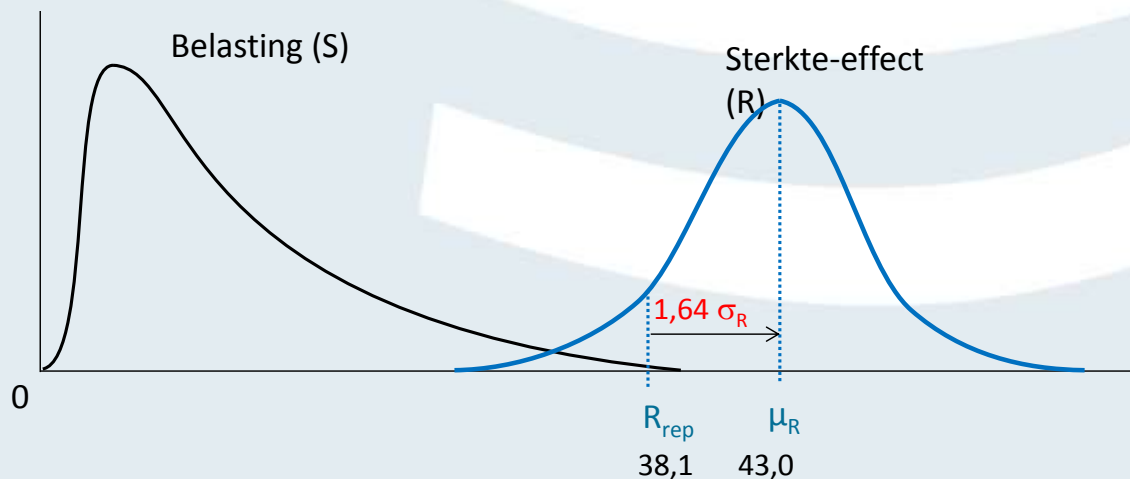
- representatieve waarde vloeispanning  $\sigma_e = 235$  N/mm<sup>2</sup>
- Uitgedrukt in Moment:  $M_{\max;rep} = \sigma_e \times W_x = 235 \times 1,46 \cdot 10^5 = 34,31$  kNm
- $\gamma_m = 1, V_R = 0,07$

‘Sterkte-effect’  $R_{rep}$ :

$$q_{\max;rep} = \frac{8 \cdot M}{l^2} = \frac{8 \cdot 34,31}{3^2} = 30,5 \text{ kN/m}$$

$$R_{rep} = q_{\max;rep} / 0,80 = 38,1 \text{ kN/m}^2$$

$$\mu_R = R_{rep} / (1 - 1,64 V_R) = 38,1 / (1 - 1,64 \cdot 0,07) = 43,0 \text{ kN/m}^2$$



# Voorbeeld op basis van toenmalig ontwerp-MHW

Gevraagd: ‘sterkte-effect’ statistiek middels  $\mu_R$  (kN/m<sup>2</sup>) en  $\sigma_R$  (of  $V_R$ )

Belasting uit oude ontwerpdocumentatie:

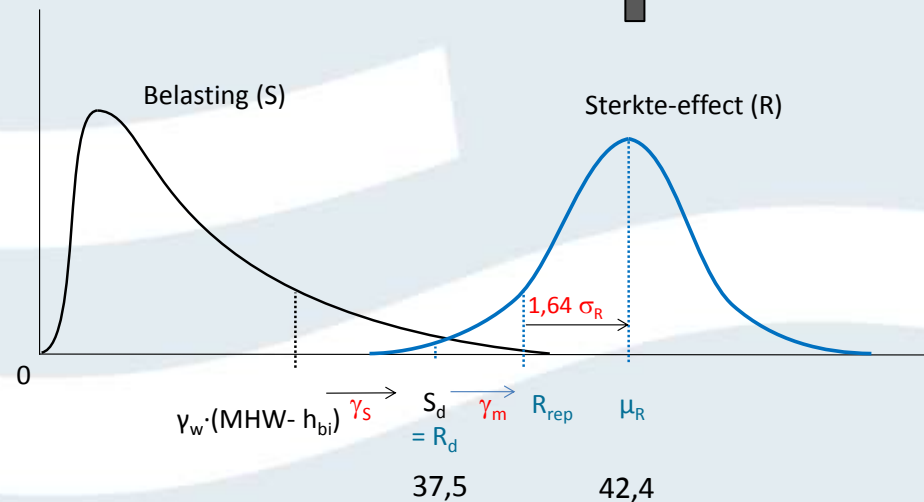
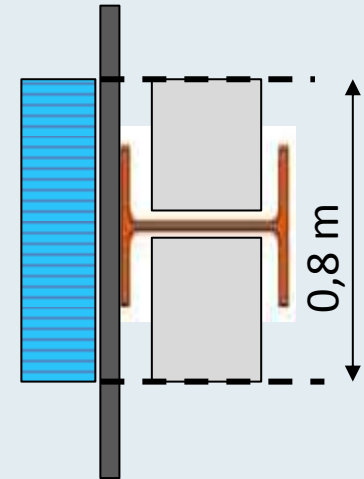
- MHW = NAP+5,0m
- Verval = NAP+5,0m – NAP+2,0m = 3,0m
- $\gamma_S = 1,25$
- $S_d = 1,25 \times 3,0\text{m} \times 10 \text{ kN/m}^3 = 37,5 \text{ kN/m}^2$

‘Sterkte-effect’

- $S_d = R_d = 37,5 \text{ kN/m}^2$
- $\gamma_m = 1, V_R = 0,07$

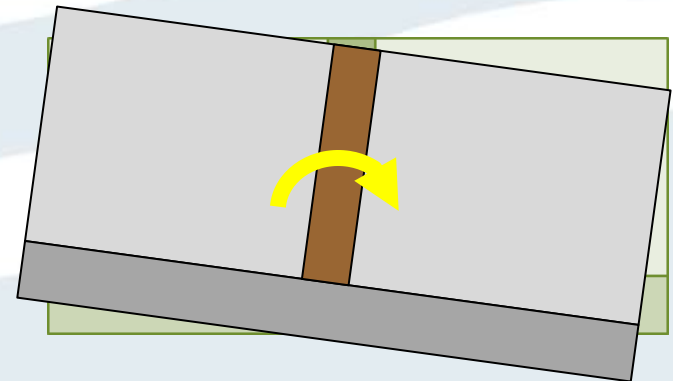
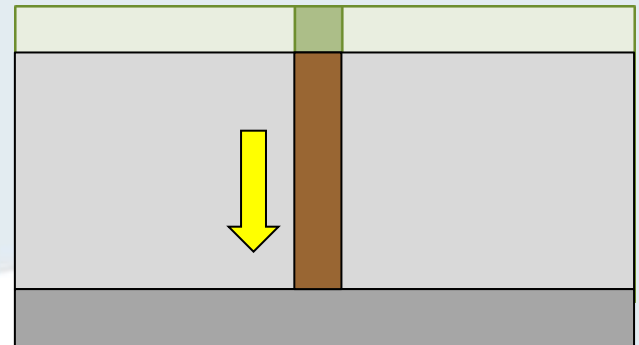
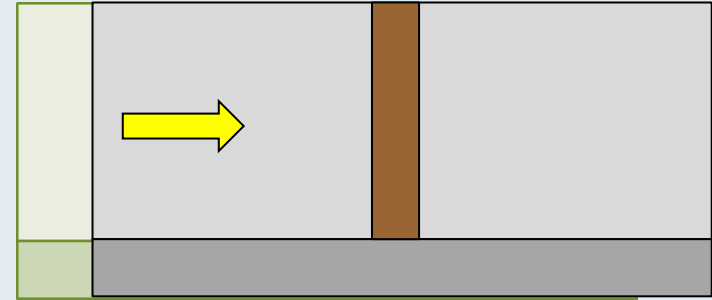
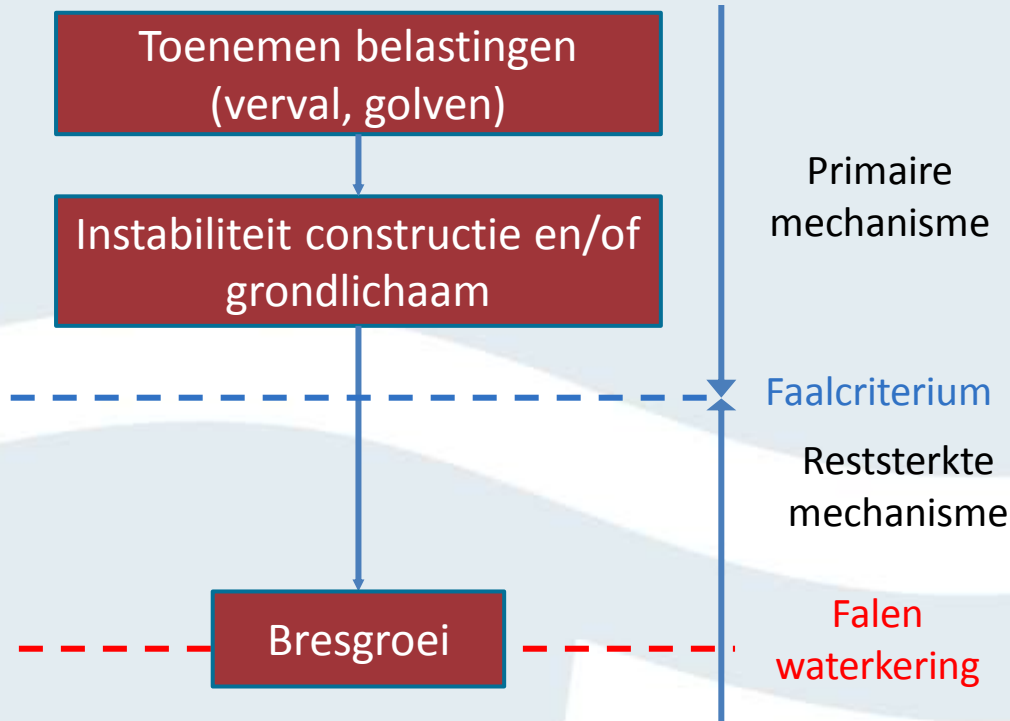
$$R_{rep} = R_d / \gamma_m = 37,5 \text{ kN/m}^2$$

$$\mu_R = R_{rep} / (1 - 1,64V_R) = 37,5 / (1 - 1,64 \cdot 0,07) = 42,4 \text{ kN/m}^2$$



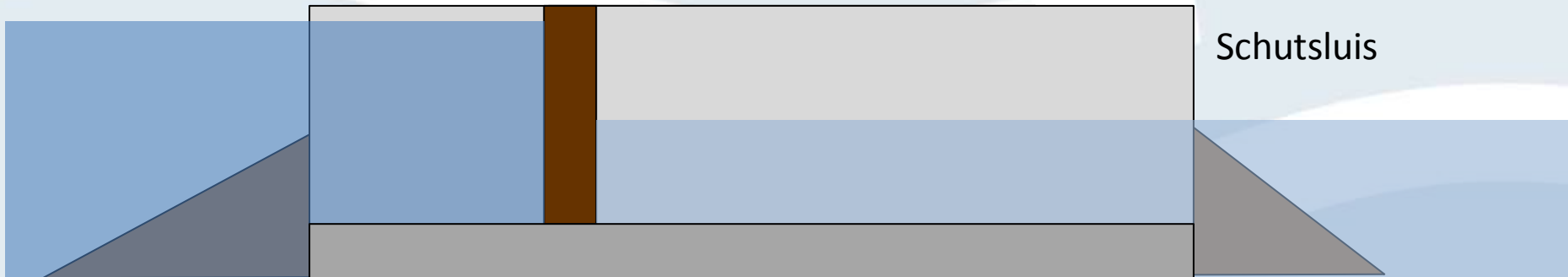
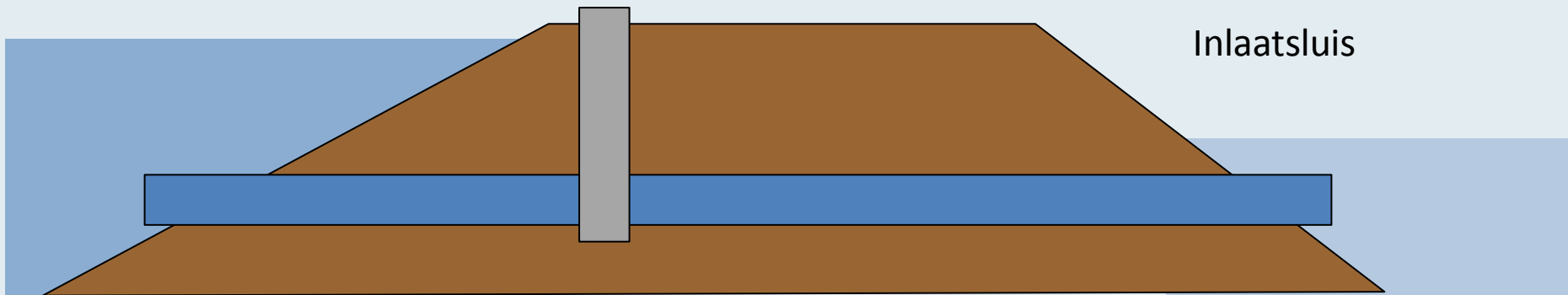


# Instabiliteit constructie



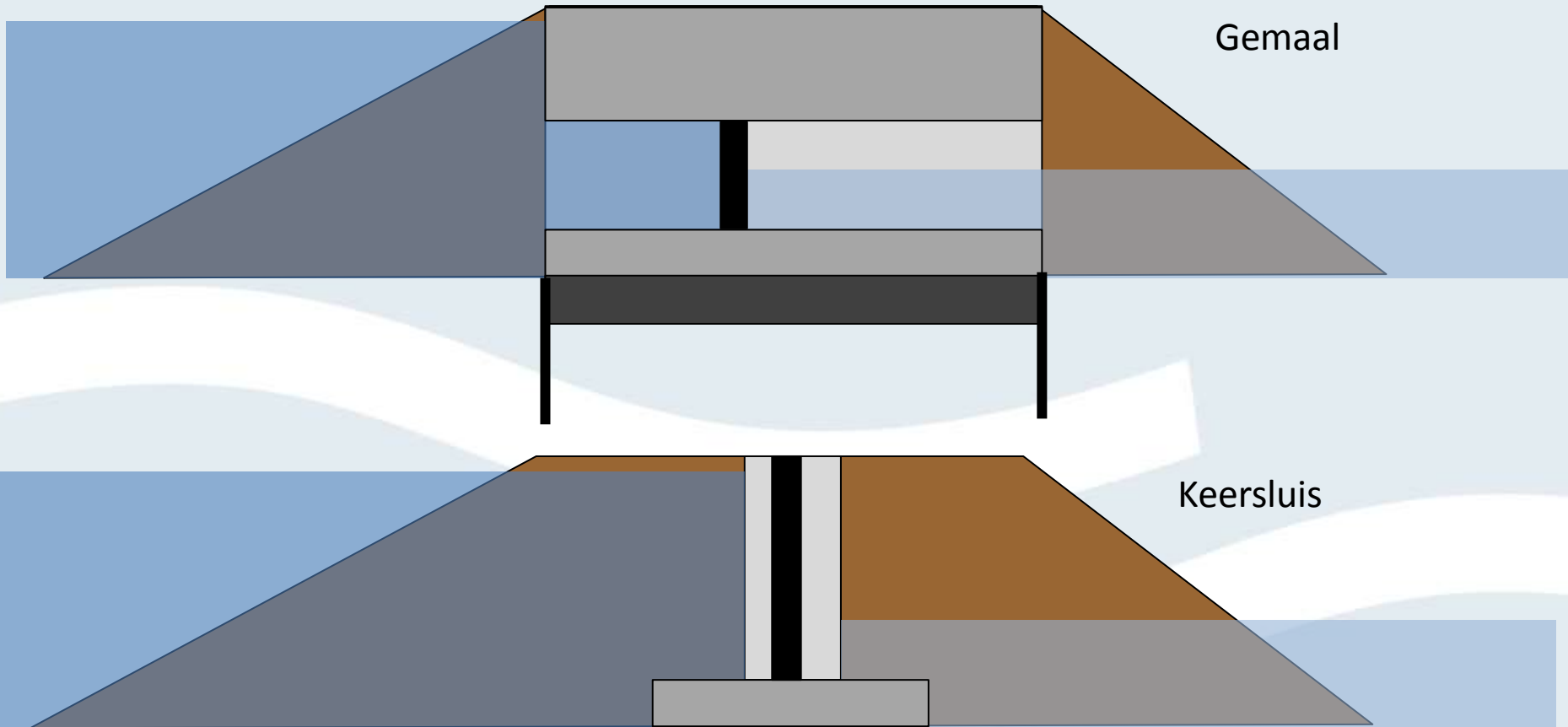


# Instabiliteit constructie



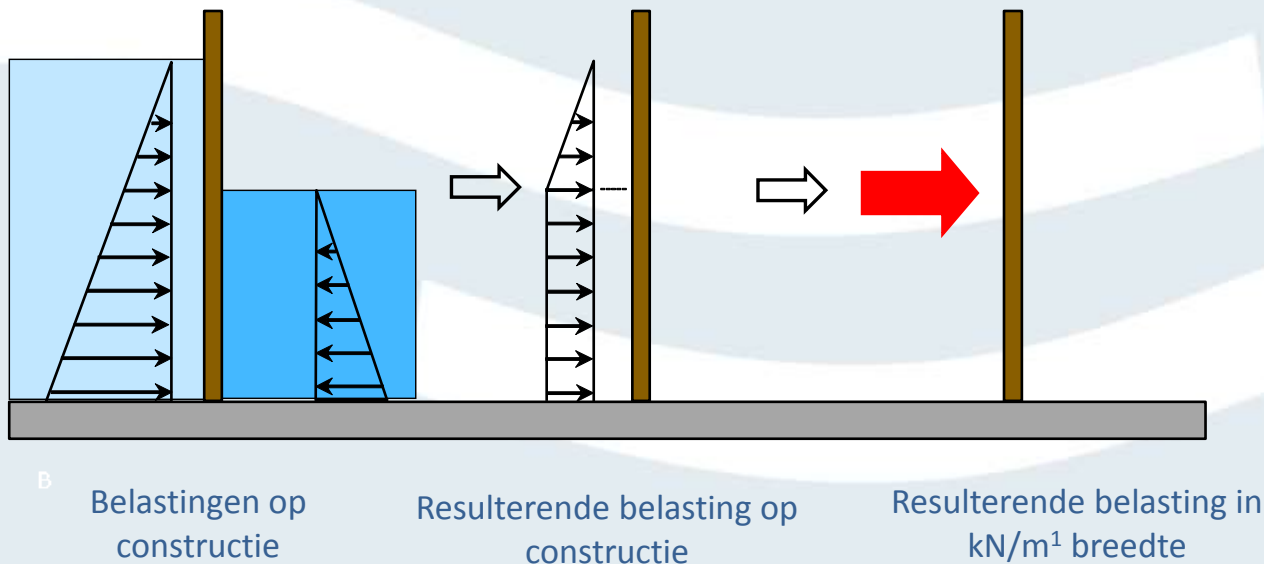


# Instabiliteit constructie



# Stabiliteitstoets totale constructie

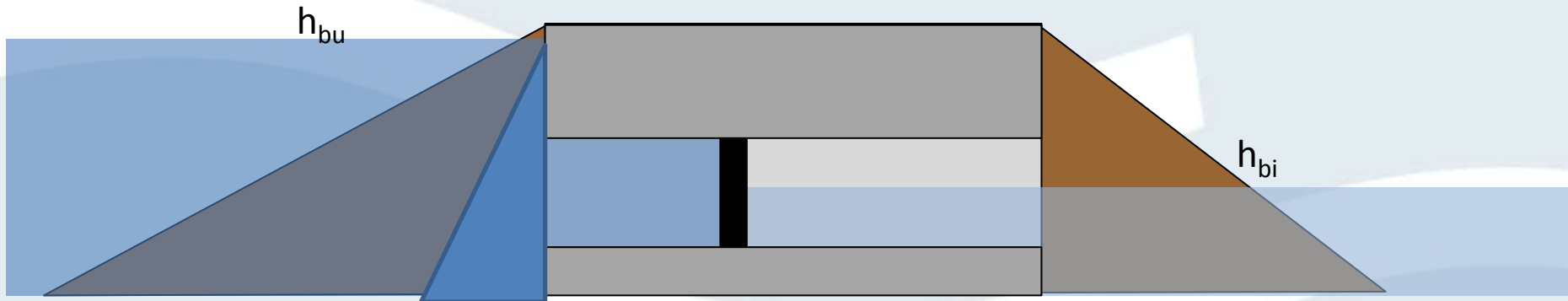
- Belasting en sterkte-effect uitgedrukt in de resultante kracht op de constructie!
- $Z = R - S$ 
  - $S = f(H, h_{bi}, h)$  in  $[kN/m]$
  - $R = \text{'sterkte-effect'}$   $[kN/m]$
- Bepaal faalkans:  $P(R \leq S)$





# Voorbeeld

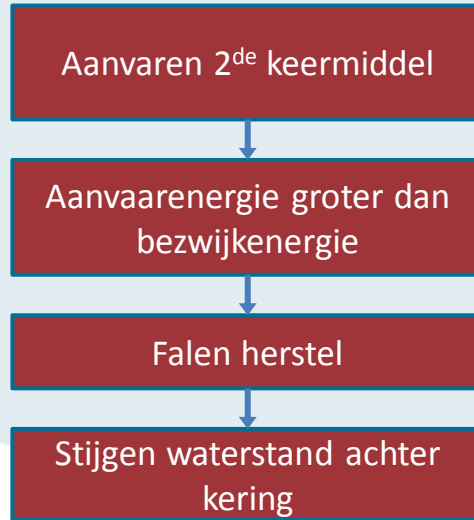
- Uitwateringssluuis is in de hoogwatersituatie een verdronken koker
- 'Sterkte-effect' schuifweerstand horizontaal:  $\mu_R = 100 \text{ kN/m}$  (ontwerpdocumentatie)
- $$S = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w ((h_{bu})^2 - (h_{bi})^2)$$



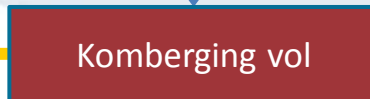
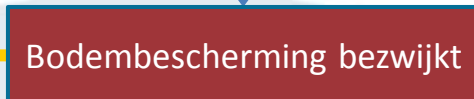




# Aanvaren



Primaire  
mechanisme



Faalcriterium

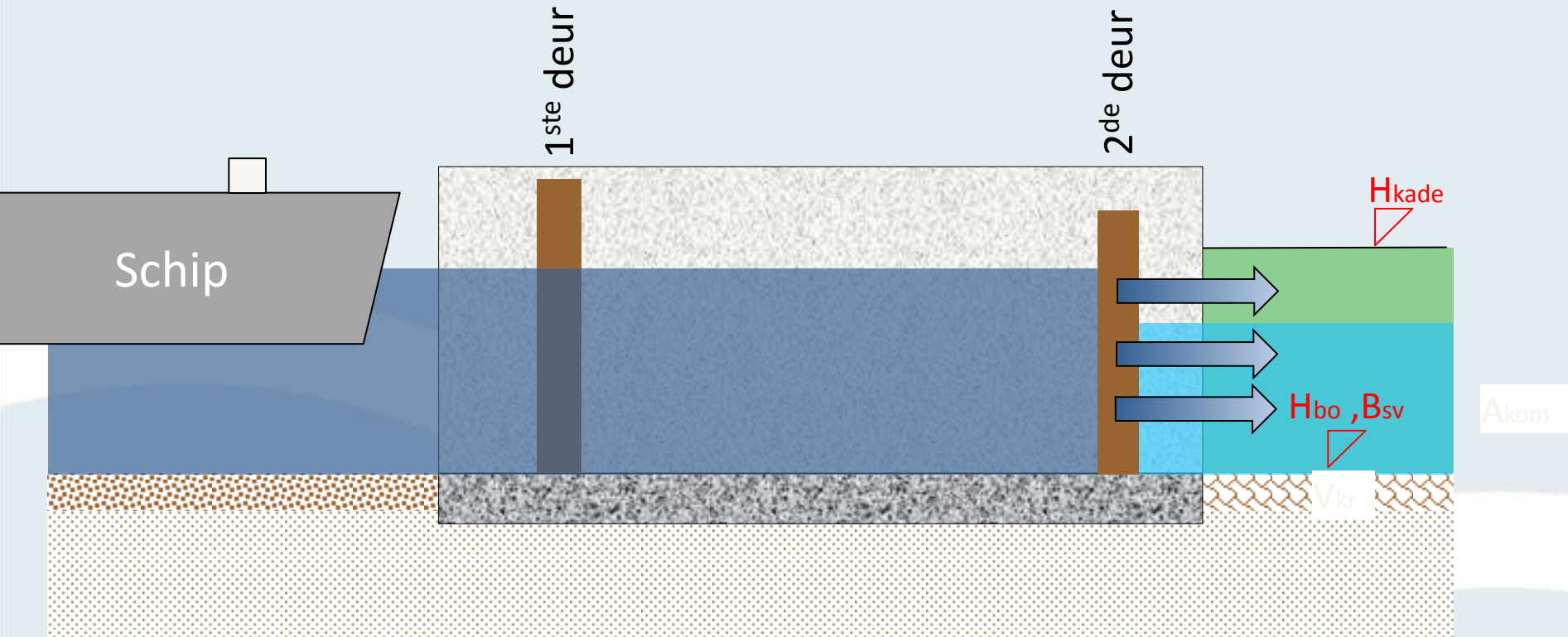
Reststerkte  
mechanisme

Falen  
waterkering

Bresgroei



# Situatie van aanvaren





# Keuze aanvaren beschouwen?

De sluis is uitgerust met aanvaarconstructie(s) voor de schutdeuren en deze worden altijd gebruikt.

ja

Geen overstromingsrisico door aanvaring: Door aanvaarconstructie(s) wordt dekans op uitvaren van gesloten keermiddel verwaarloosbaar klein geacht.

nee

De passerende vloot in de schutsluis is CEMT-klasse I of kleiner

ja

Geen overstromingsrisico door aanvaring: Bij kleinere scheepvaart is verwachting dat deze schepen sluisdeuren niet kunnen uitvaren.

nee

Bij waterstanden boven de kritieke buitenwaterstand wordt de sluis niet meer bediend.

ja

Geen overstromingsrisico door aanvaring: Er is voldoende hersteltijd en de kans op optreden van een aanvaring is minimaal.

nee

De scheepsbreedte van passerende vloot is maar net kleiner dan doorvaartbreedte van sluis (speling  $\leq 0,5$  m aan weerszijde)?

ja

Geen overstromingsrisico door aanvaring: Schip en deuren vormen prop in het sluishoofd, eerste deur kan worden gesloten.

nee

Sluiting van het eerste keermiddel op stroming is mogelijk.

ja

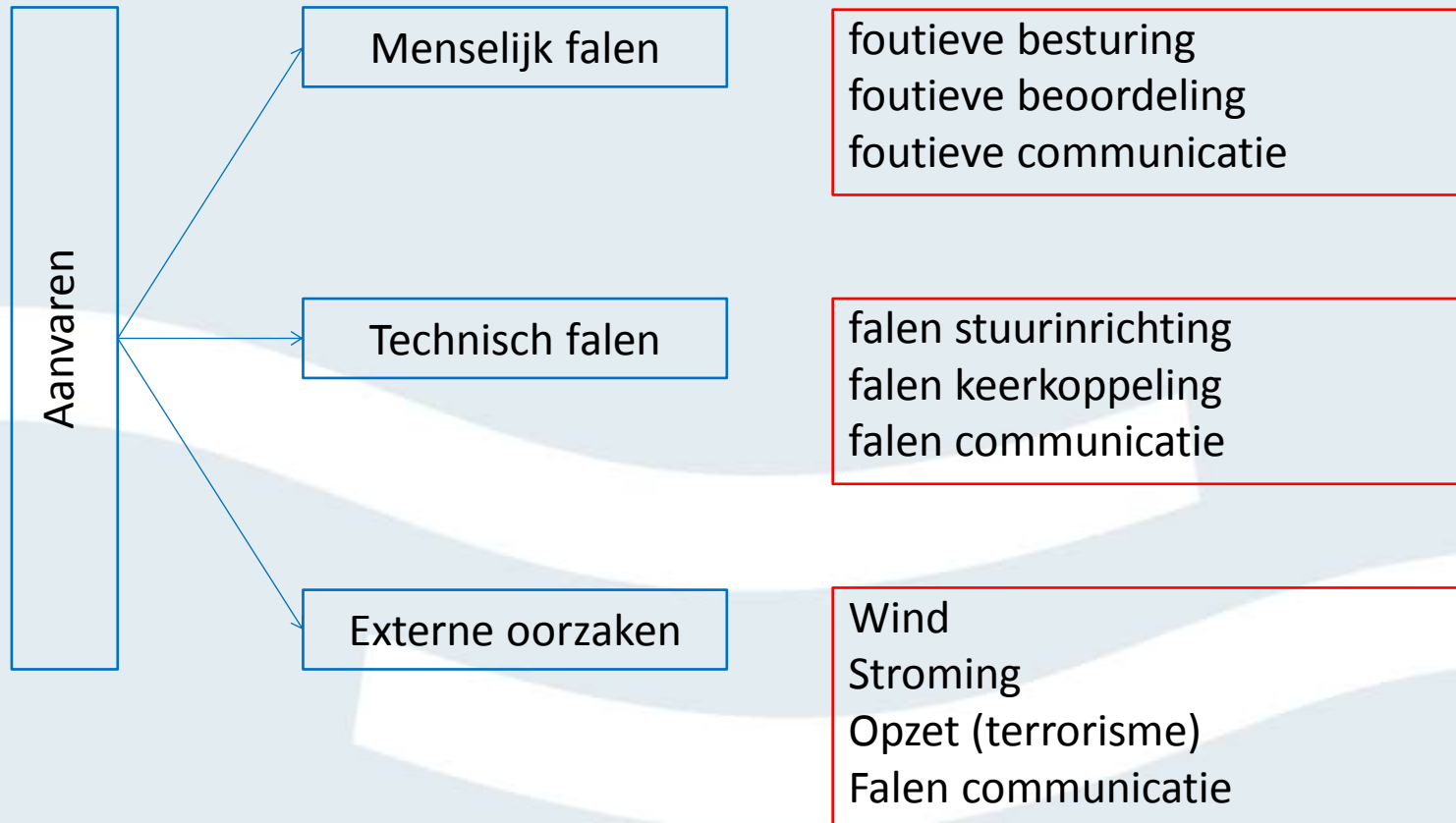
Geen overstromingsrisico door aanvaring: Het eerste keermiddel kan op stroming worden gesloten (bijvoorbeeld waaierdeur, sectordeur, hefdeur).

nee

Er is een set puntdeuren, een draaideur of een niet sluitbare roldeur als eerste keermiddel aanwezig. Analyse uitvoeren.



# Oorzaken van aanvaren





# Meer informatie

- ⇒ Algemeen: [www.opleidingen.stowa.nl](http://www.opleidingen.stowa.nl)
  
- ⇒ Cursusmateriaal: Presentaties, video's en oefenbestanden staan op [www.wbigebruikers.deltares.nl](http://www.wbigebruikers.deltares.nl) (zie onder 'opleidingen WBI')
  
- Presentaties ook beschikbaar via [www.opleidingen.stowa.nl](http://www.opleidingen.stowa.nl)
  
- Video's ook beschikbaar via [http://www.stowavideo.nl/pdf/INNW/modulen\\_overzicht\\_videos.pdf](http://www.stowavideo.nl/pdf/INNW/modulen_overzicht_videos.pdf)
  
- ⇒ Vragen over cursussen: [opleidingen@stowa.nl](mailto:opleidingen@stowa.nl)
  
- ⇒ Vragen over WBI-software en Generale repetitie: [helpdeskGR@deltares.nl](mailto:helpdeskGR@deltares.nl)