

Nederland

Laagland vraagt om waterbouw



Henk Jan Verhagen – Sectie Waterbouwkunde

September 24, 2013

Vaktijdschriften

- Internationale “Journals”

Digitaal via library → collecties → info per faculteit

- Nederlandse vaktijdschriften:

- Land + Water
- GWW-bouw
- Civiele techniek
- OTAR

Digitaal abonnement voor CiTG:

Mail naar: OTAR-CiTG@tudelft.nl

Onderwerp: OTAR aan

Hans Brinker

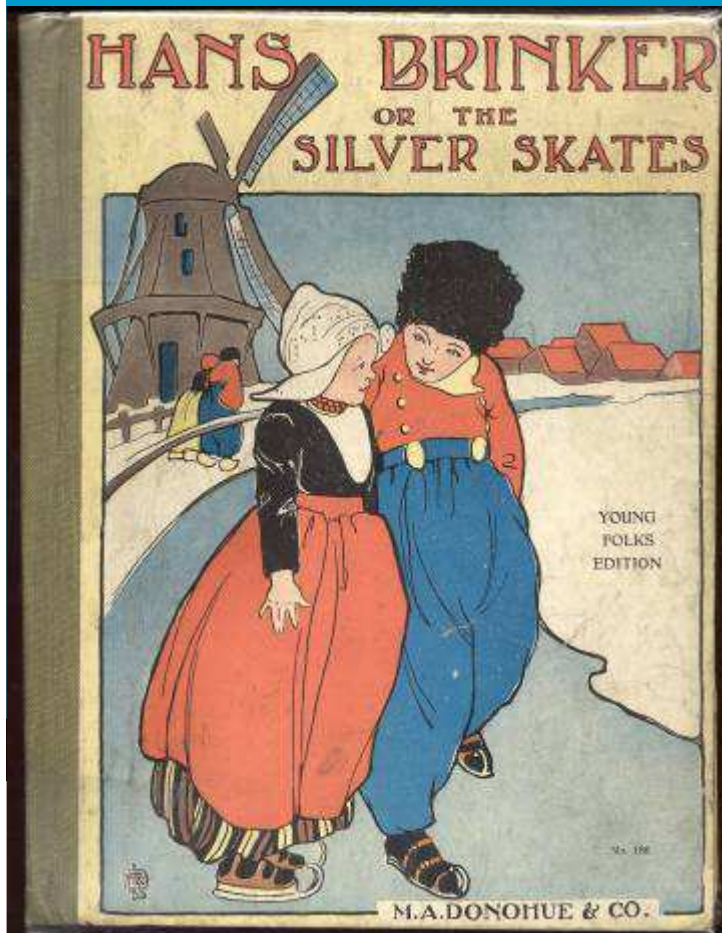
De hele wereld kent
Hansje Brinker



Monument Spaarnwoude

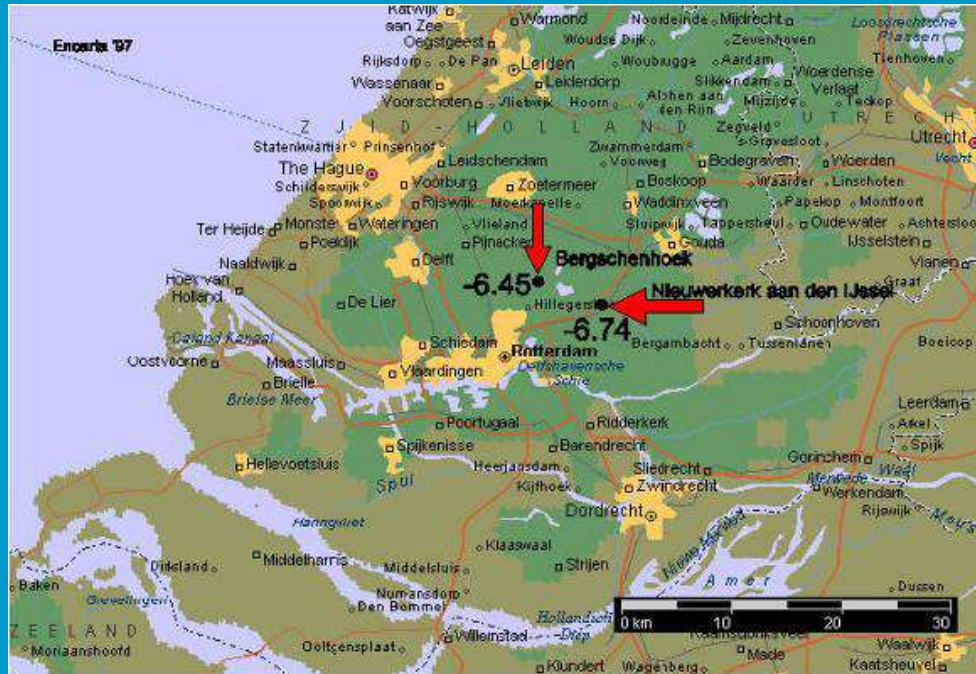
Alleen niemand weet dat in het boek
niet Hans, maar de "Hero of Haarlem"
zijn vinger in de dijk stak

3



Mary Mapes Dodge, 1865

Dijken zijn belangrijk voor Nederland



The narrow escape in 1953

Dijken in Nederland

- We hebben twee soorten dijken:
- Primaire dijken
- Regionale keringen

Primaire kering, rivierdijk



Kekerdom

Primaire kering, zeedijk

Westkappellese zeedijk



Regionale keringen (worden vaak Boezemkaden genoemd)



In Nederland hebben
we een paar duizend
kilometer regionale
keringen

September 24, 2013



De antieke ontwerpmethode

Andries Vierlingh: Tractaet van Dyckagie (ca 1575)

"Maak een dijk een halve meter hoger dan de hoogst bekende waterstand"

Maar: dan weet je dus nooit hoe veilig een dijk is !!



En dat hebben we geweten !

Stormvloedstanden voor 1953:

- 1894 3.28 m boven NAP
- 1916 3.00 m boven NAP
- 1906 2.97 m boven NAP
- 1904 2.96 m boven NAP
- 1928 2.96 m boven NAP

Stormvloedstand in 1953:

- 1953 3.85 m boven NAP
(dus 57 cm boven hoogste bekende stand !)

1953



“Dat nooit meer !!!!”

“Klein” probleempje

- In de kansrekening bestaat “nooit” helemaal niet
- Een kans kan nooit nul worden !
- Dus had de Deltacommissie in 1953 een probleem.

Oplossing:

- De kans op overstromen van centraal Holland moet kleiner zijn dan $1/10000$ per jaar
- Dat is ongeveer een kans van 1% gedurende een mensenleven

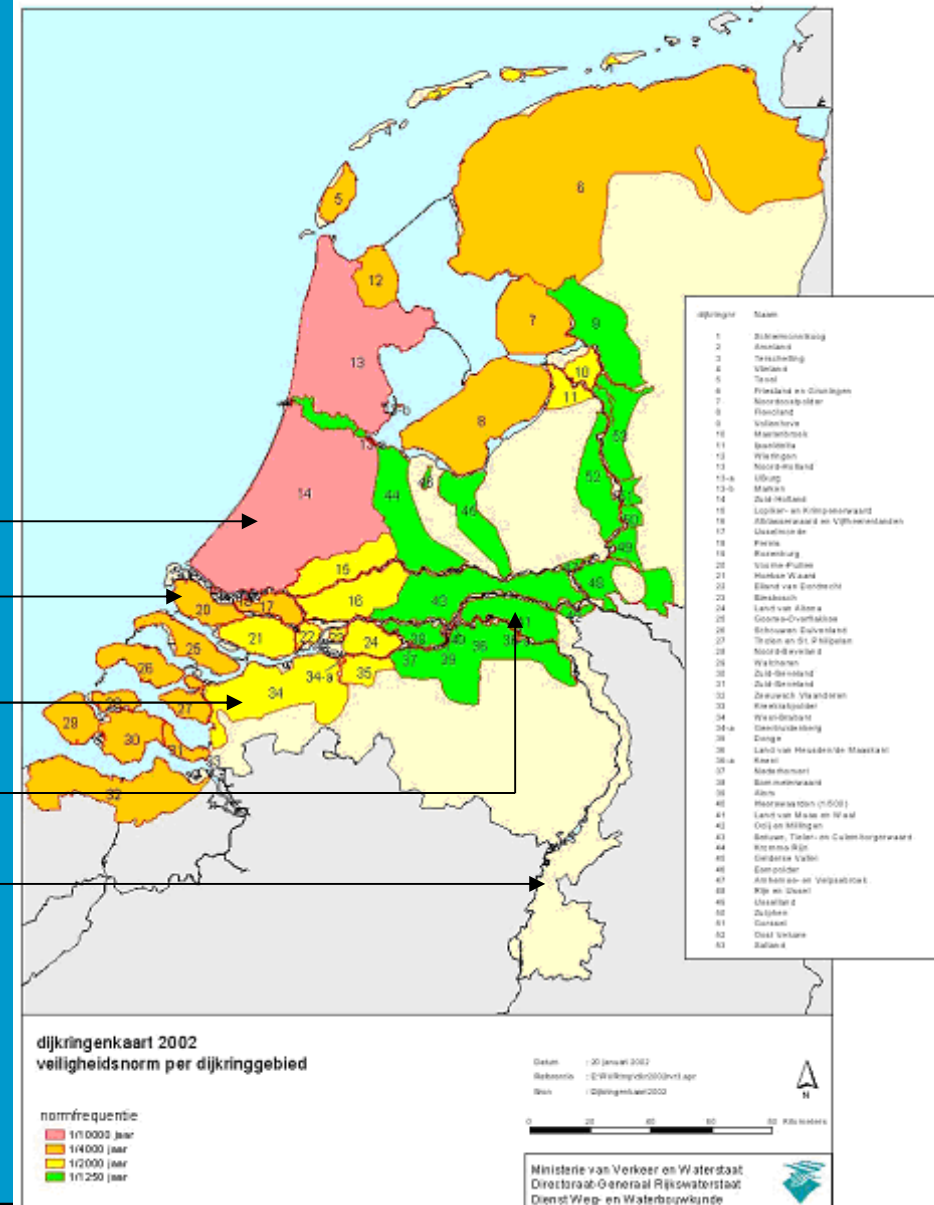
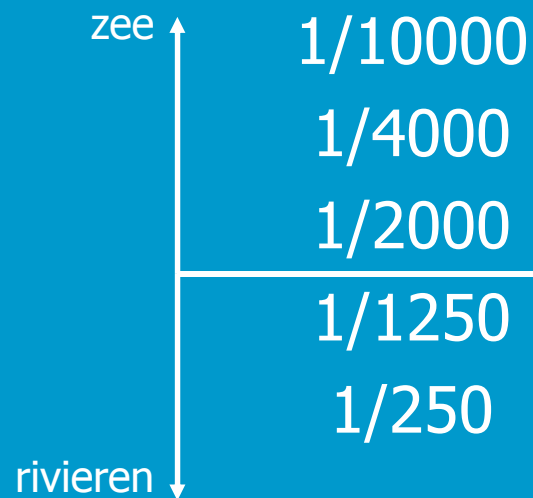
Hoe ontwerpen we nu een dijk ?

Algemene veiligheidsregels

- De dijk beschermt het achterland tegen overstromen.
- De kans dat de dijk faalt moet kleiner zijn dan een in de wet voorgeschreven waarde
- Deze waarde staat in de Waterwet

Dijkkringen

Vereiste veiligheid varieert per gebied:

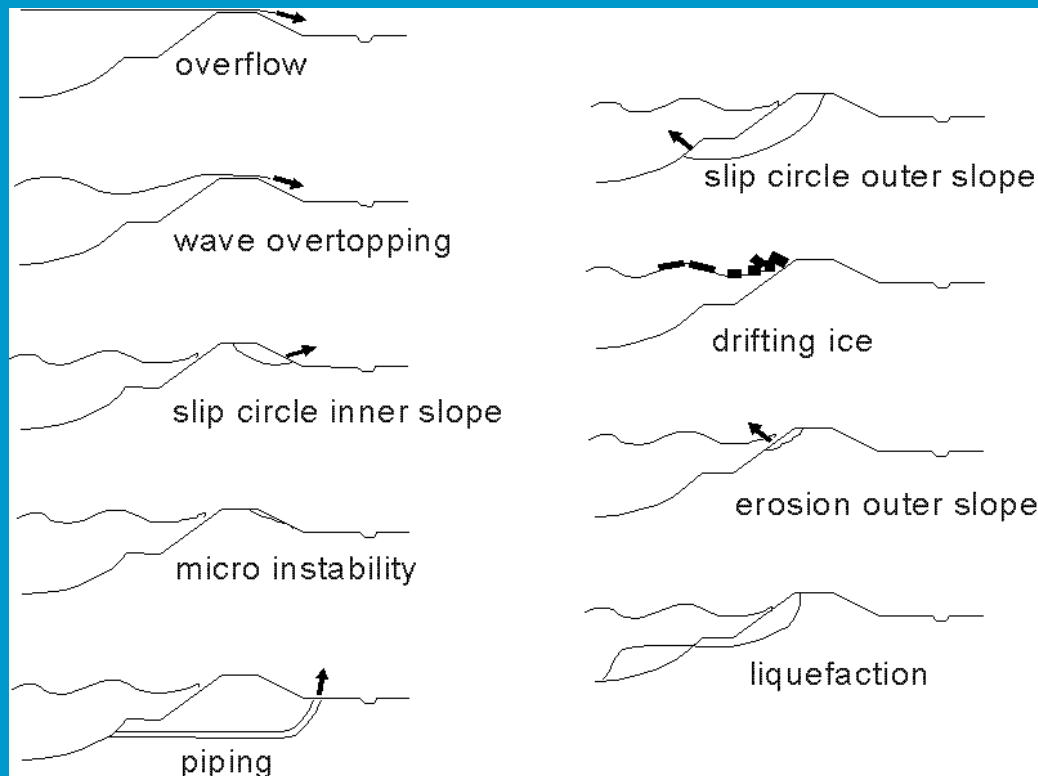


September 24, 2013

14

Faalmechanismen

- Maar een dijk kan op veel manieren falen
- Overzicht maken van alle faalmechanismen



Geotechnisch falen binnentalud



September 24, 2013

16

De eis is dus $1.0 * 10^{-4}$ de kanssom wordt nu:

• Kans op overslag:	$0.2 * 10^{-4}$	
• Kans op falen binnentalud	$0.2 * 10^{-4}$	Deze kansen konden ze in 1953 helemaal nog niet berekenen
• Kans op falen buitentalud	$0.2 * 10^{-4}$	
• Kans op piping	$0.1 * 10^{-4}$	
• Kans op zettingsvloeiing	$0.1 * 10^{-4}$	
• Kans op	<u>$0.2 * 10^{-4}$</u>	
totale faalkans	$1.0 * 10^{-4}$	

De oplossing van de Deltacommissie:

• Kans op overslag:	$1.0 * 10^{-4}$
• Kans op falen binnentalud	$0.01 * 10^{-4}$
• Kans op falen buitentalud	$0.01 * 10^{-4}$
• Kans op piping	$0.01 * 10^{-4}$
• Kans op zettingsvloeiing	$0.01 * 10^{-4}$
• Kans op	<u>$0.02 * 10^{-4}$</u>
totale faalkans	$1.07 * 10^{-4} \approx 1 * 10^{-4}$

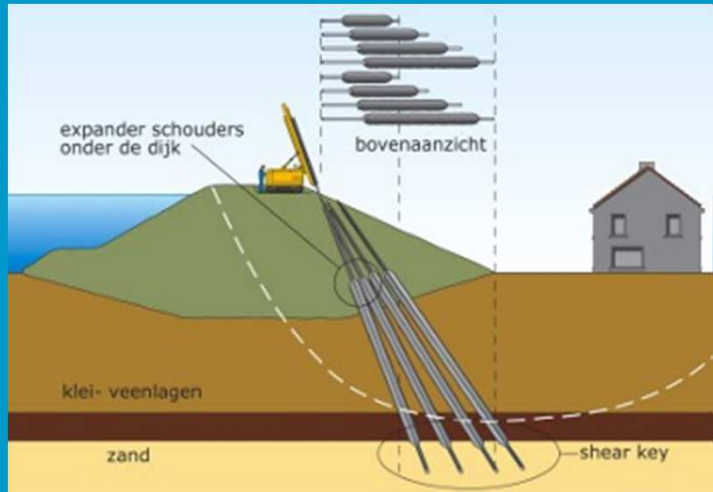
Dus:

- Ontwerp een dijk zodanig dat de kans op overslag gelijk is aan de faalkans
- En maak de rest zo goed dat de faalkans daarvan tijdens maatgevende omstandigheden zo klein is, dat dit geen problemen geeft

Methode blijkt goed te werken

- Tegenwoordig kunnen we geotechnische faalkans wel uitrekenen
- Maar vaak is het goedkoper om de “Deltacommissie” te volgen
- Alleen in bijzondere gevallen loont het de moeite om te sturen op faalkans geotechnisch falen

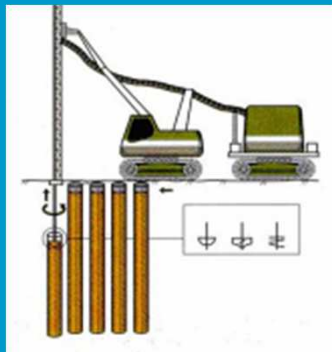
Geavanceerd rekenen met criterium geotechnisch falen



Dit wordt nu toegepast bij de
dijkverzwaring Nieuw-Lekkerland

Dijkdeuvels

Mixed-in-place



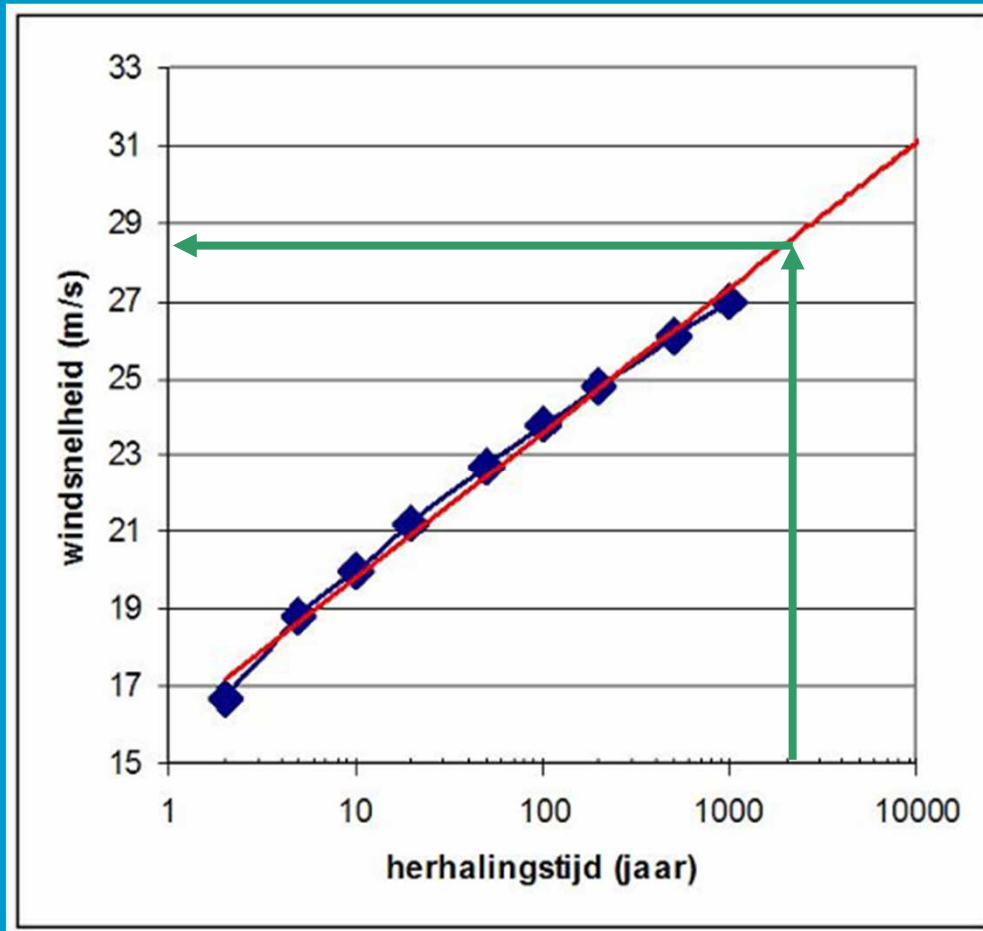
Voorbeeld klassiek dijkontwerp

Dijkvak bij Dinteloord, NB (dijkkring 34, faalkans 1/2000)



- Waterdiepte onder NAP 5m
- Peilschommeling in Volkerak-Zoommeer tussen NAP -1,0 en NAP+0,5
- Kies dus ontwerpwaterdiepte 5,5 m onder ontwerppeil

Windsnelheid



Extreme windsnelheden
station Gilze-Rijen

Ontwerp windsnelheid
28,5 m/s

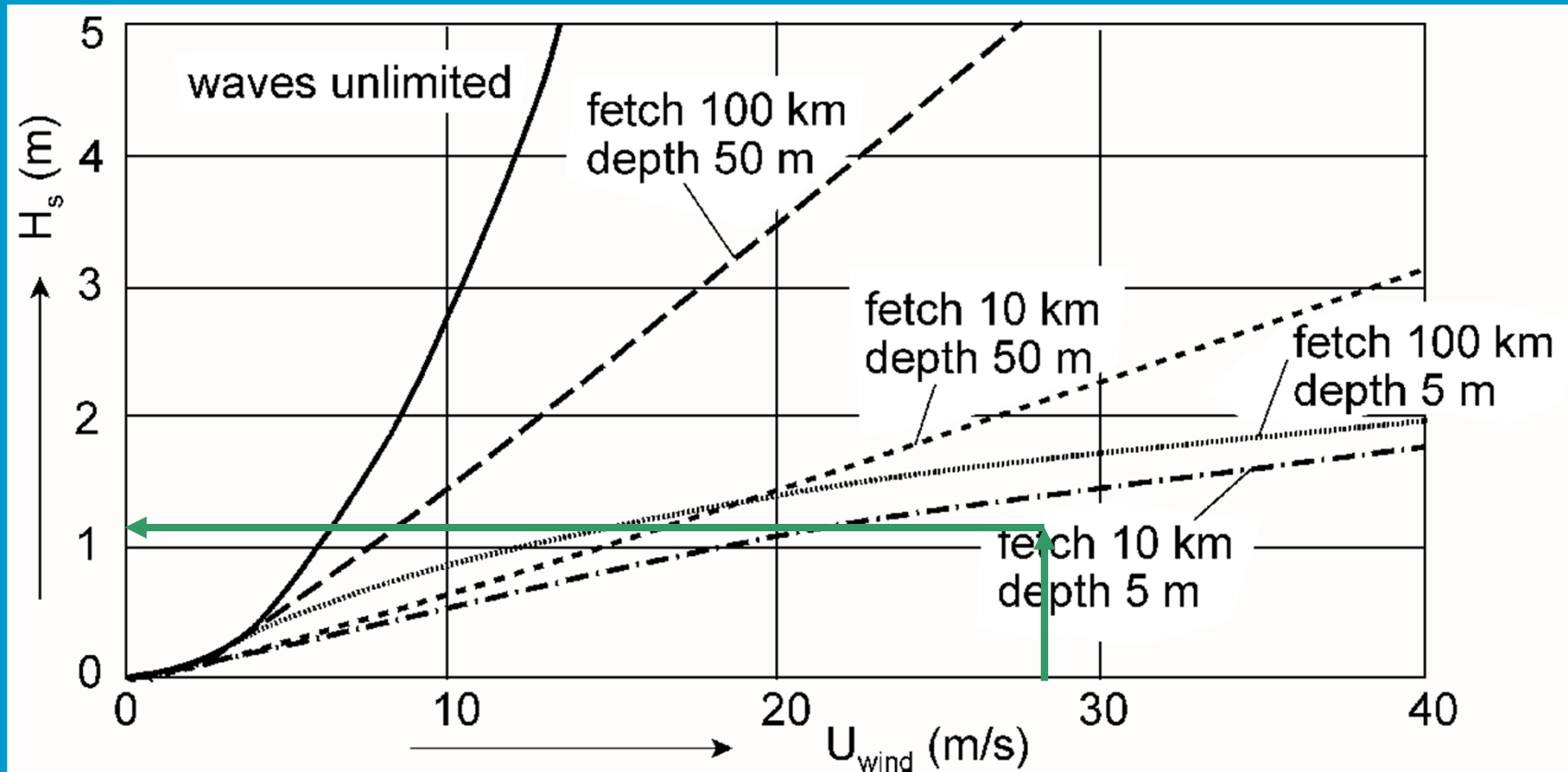
Samenvatting

- Kans op overschrijden golfoverslag: 1:2000 per jaar
- Waterdiepte onder NAP -5 m
- Ontwerppeil boven NAP +0,5 m
- Hoogte achterland NAP -0,8 m
- Ontwerpwind snelheid 28,5 m/s
- Strijklengte: 2437 m

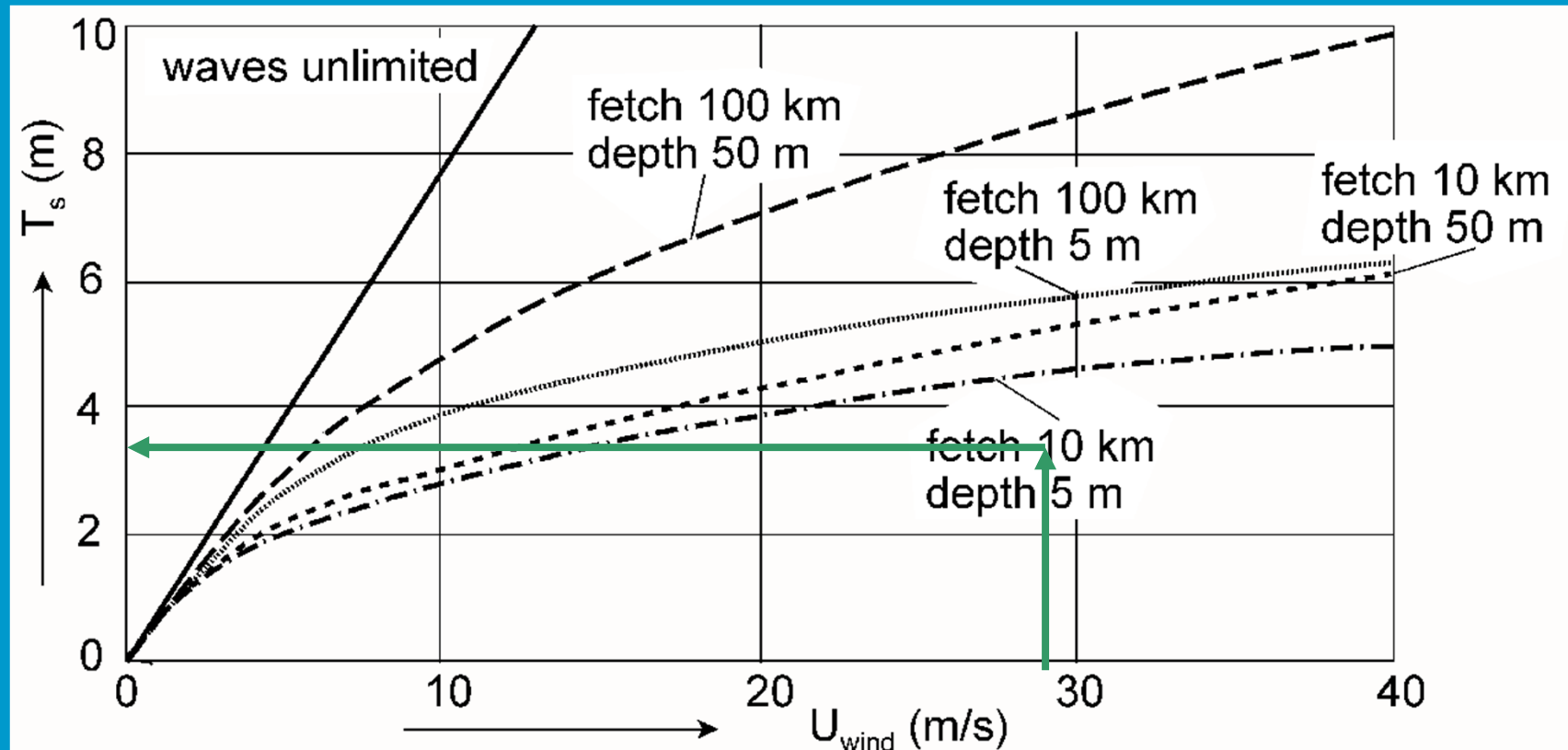
Golfhoogte:

$$\frac{gH_s}{u_w^2} = 0.283 \tanh \left[0.578 \left(\frac{gh}{u_w^2} \right)^{0.75} \right] \tanh \left[\frac{0.0125 \left(\frac{gF}{u_w^2} \right)^{0.42}}{\tanh \left[0.578 \left(\frac{gh}{u_w^2} \right)^{0.75} \right]} \right]$$
$$\frac{gT_s}{2\pi u_w} = 1.20 \tanh \left[0.833 \left(\frac{gh}{u_w^2} \right)^{0.375} \right] \tanh \left[\frac{0.077 \left(\frac{gF}{u_w^2} \right)^{0.25}}{\tanh \left[0.833 \left(\frac{gh}{u_w^2} \right)^{0.375} \right]} \right]$$

Golfhoogte als functie van windsnelheid en strijklengte



Golfperiode als functie van windsnelheid en strijklengte



Samenvatting

- Kans op overschrijden golfoverslag: 1:2000 per jaar
- Waterdiepte onder NAP -5 m
- Ontwerppeil boven NAP +0,5 m
- Hoogte achterland NAP -0,8 m
- Ontwerpwind snelheid 28,5 m/s
- Golfhoogte 1,1 m, Golfperiode 3,5 s
- Hoek van inval van de golven 45°

Dit willen we dus niet:



Jaade Siel,
Germany,
22-12-1954

1:45

September 24, 2013

29

Berekening golfoploop

- De dijk moet dus hoger zijn dan de maximale golfoploop
- Als dat niet het geval is, krijgen we te veel water aan de binnenkant

Oude Delftse formule

$$R_{2\%} = 8H_s \tan \alpha$$

- Geldig voor $\tan \alpha < 1/3$ en glad talud
- Geldig voor “normale” golfsteilheid (tussen 4 and 5 %)

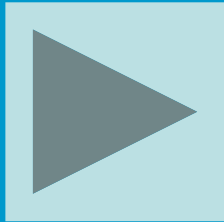
Eurotop 2008 formule:

$$\xi = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{H/L_0}}$$

$$R_{2\%} = 1.65 \xi_0 H_s \quad \text{for } \xi_0 \leq 1.6$$

$$R_{2\%} = \left(4.0 - \frac{1.5}{\sqrt{\xi_0}} \right) H_s \quad \text{for } 1.6 < \xi_0 < 10$$

Nu kunnen we de dijk berekenen:



Overigens:

Wat doet een strijklengte 2135 m en een loodrechte golfval ?

Vergelijking maatgevende conditie



Strijk lengte = 2437 m

→ $H = 1,1$ m, $T = 3,5$ m

→ golfoploop 2,17 m

Strijk lengte = 2135 m

→ $H = 1,0$ m, $T = 3,4$ m

→ golfoploop = 2,23 m

(aangenomen taludhelling 1:3)





**Het alternatief
voor dijken**

Roermond

Toelaatbare overslag



3:11

- Voor binnentaluds van dijken wordt maximaal 10 l/s per meter dijk
- Personen kunnen dan nog net op de dijk blijven staan
- Bij 25 l/s kan dat niet meer

En denk hierbij, dit is in het laboratorium. Het stormt dus niet.

En wat kan het binnentalud hebben ?



3:13

- Overslagproef in Delfzijl
- Gemiddelde overslag is 50 l/s
- Maar in één golf zit natuurlijk veel meer water

Een boom is soms handig !



September 24, 2013

37