



Introductie piping

Vera van Beek

Inhoud



- Het pipingproces
- Piping in Nederland
- WBI voor piping
- Model van Sellmeijer
- Nieuwe ontwikkelingen
- Oplossingsrichtingen



20/01/2011 12:47

Bron: WSRL

Het piping proces



Photo: Beeldbank Rijkswaterstaat

Het piping proces

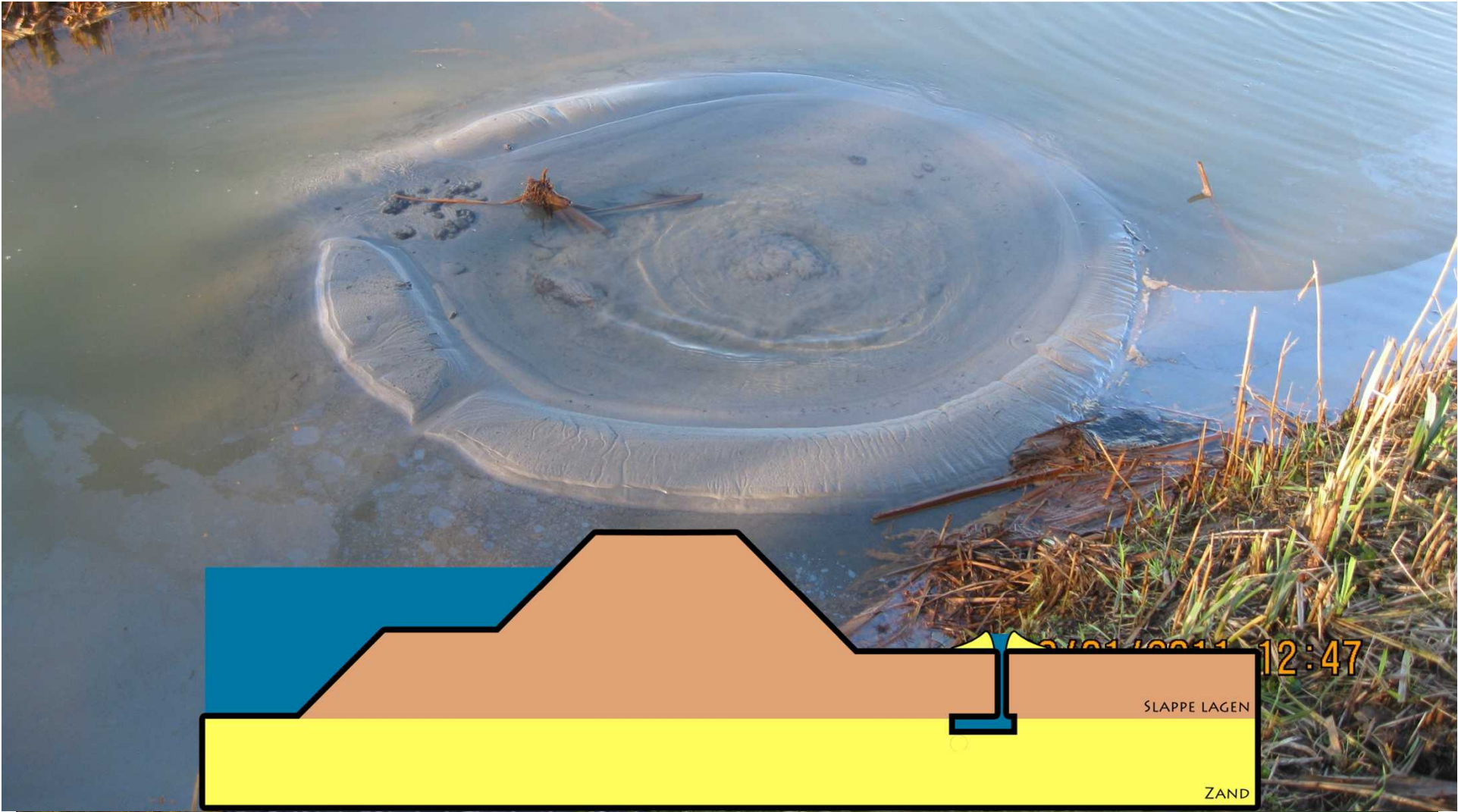
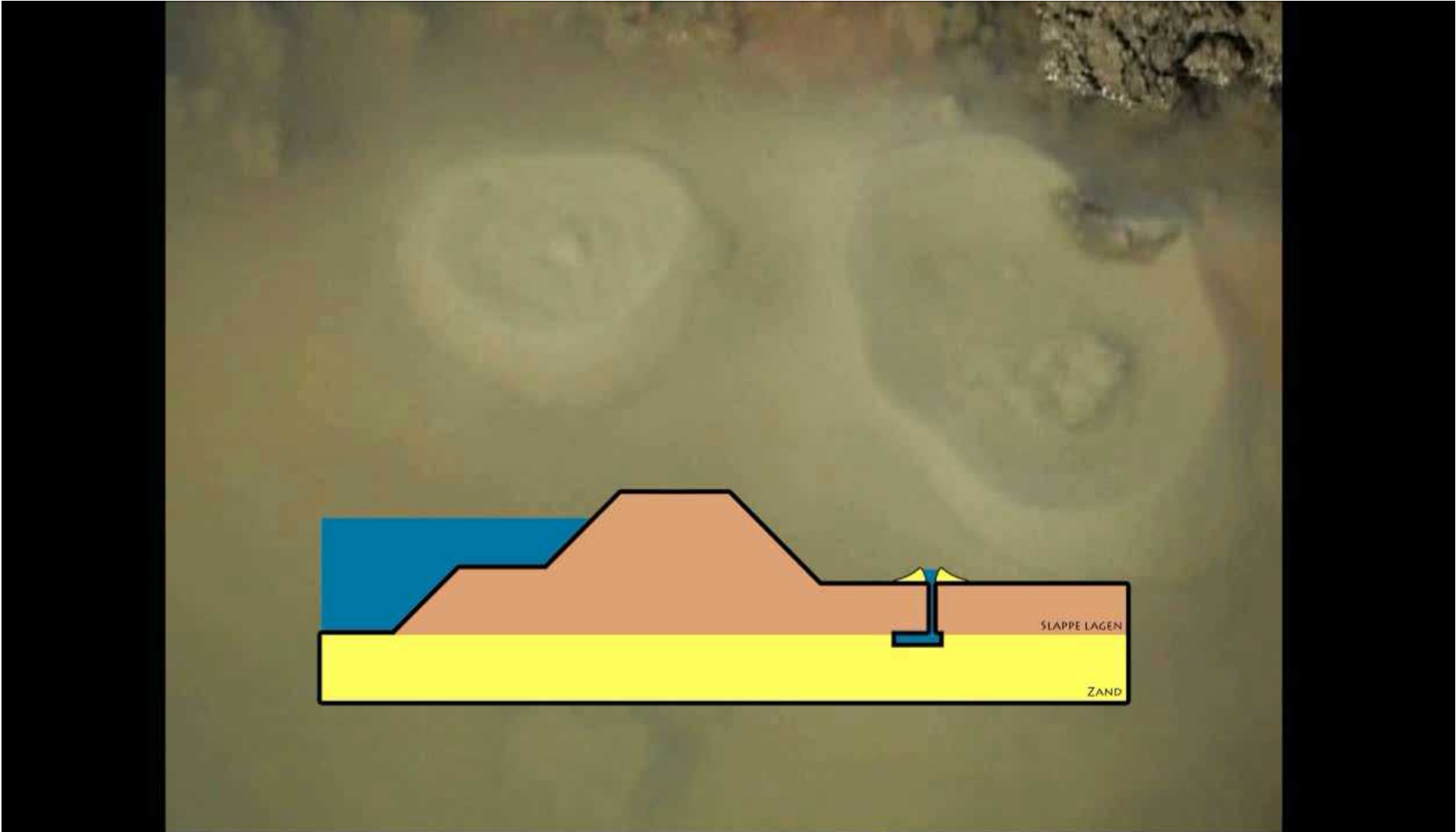
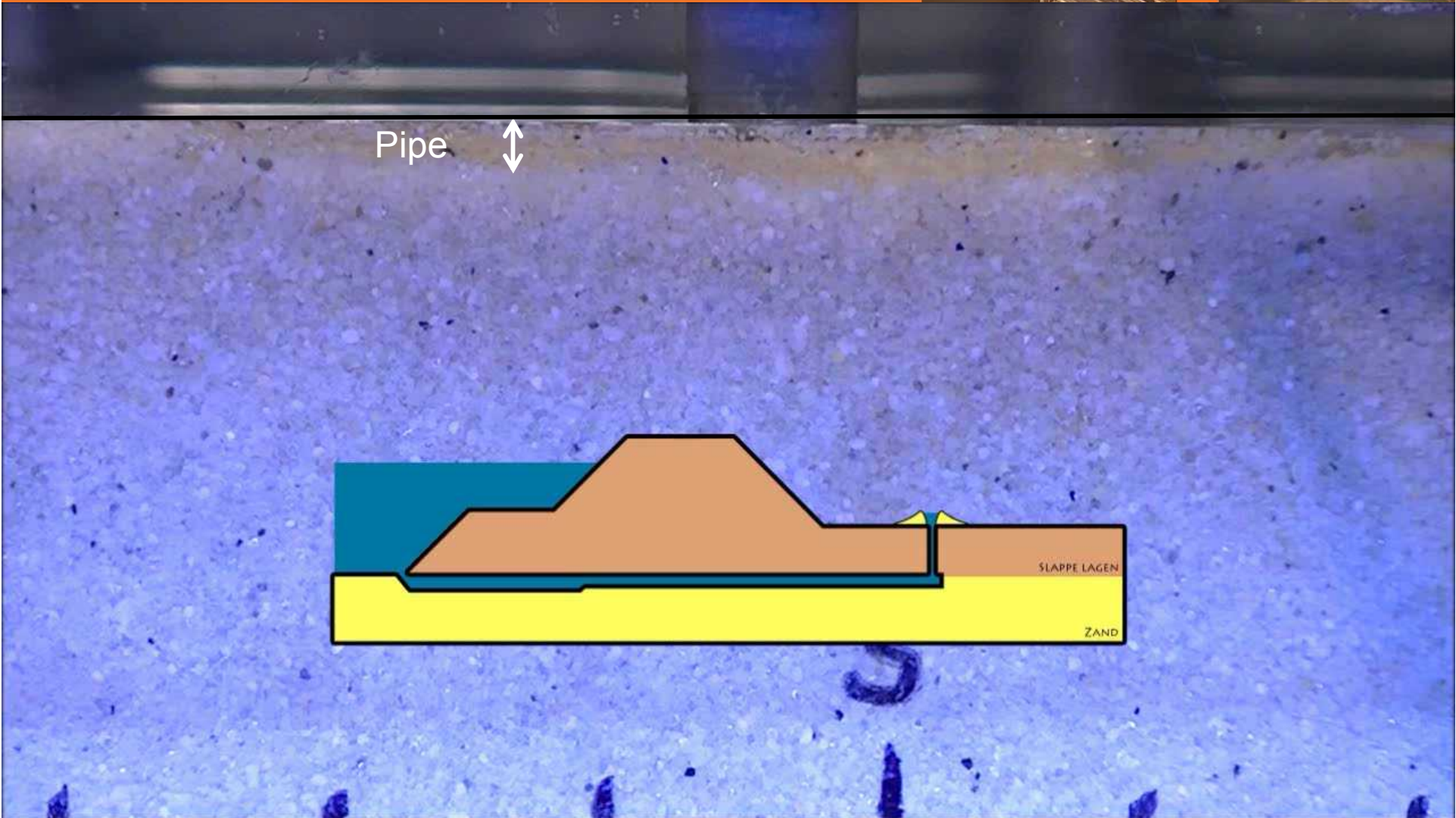
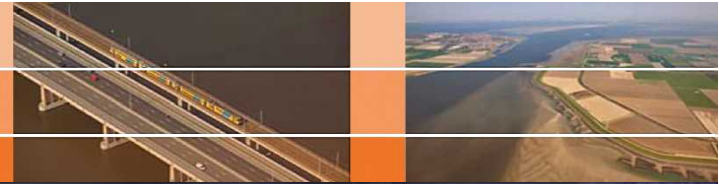


Photo: Beeldbank Rijkswaterstaat

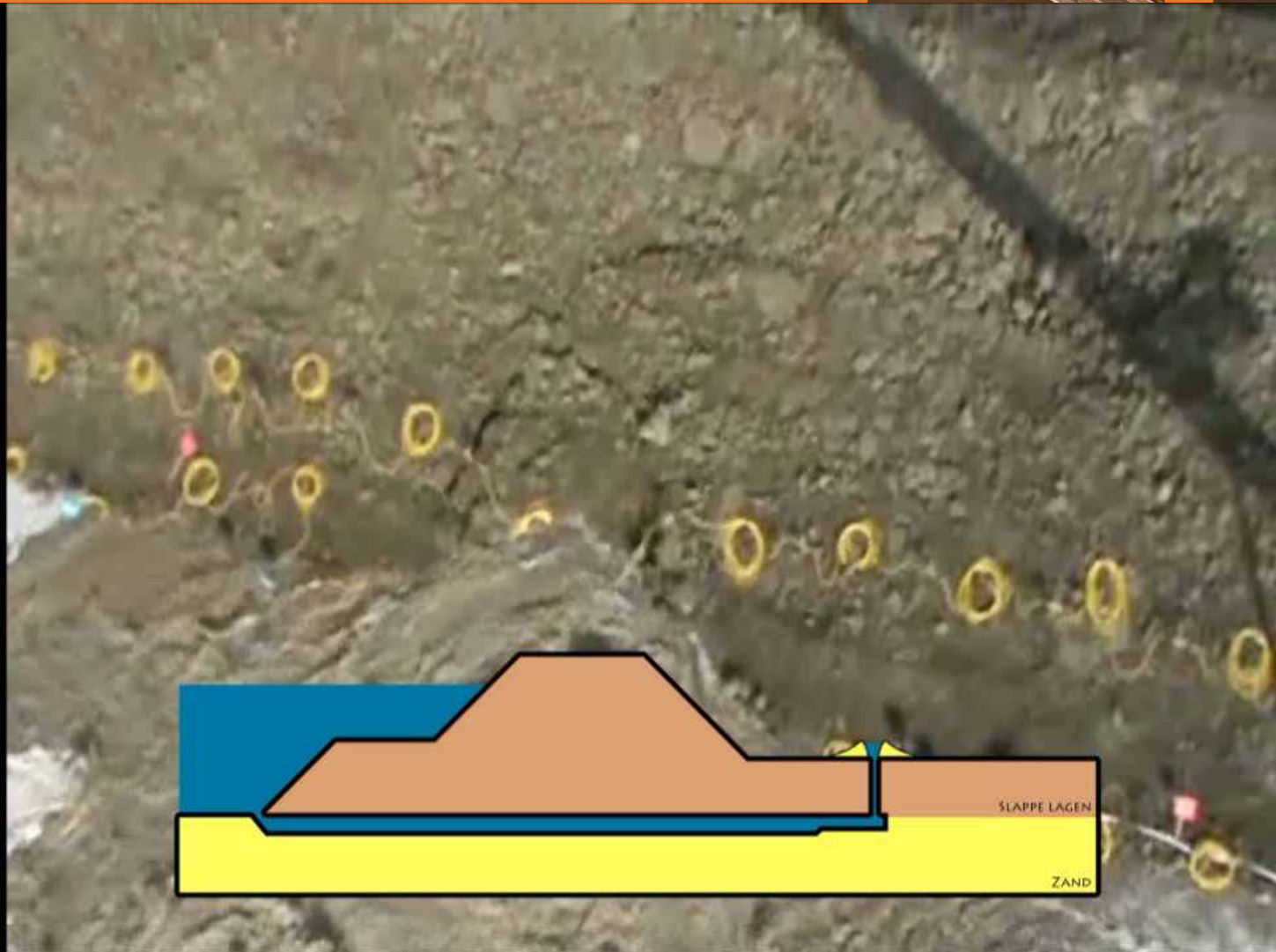
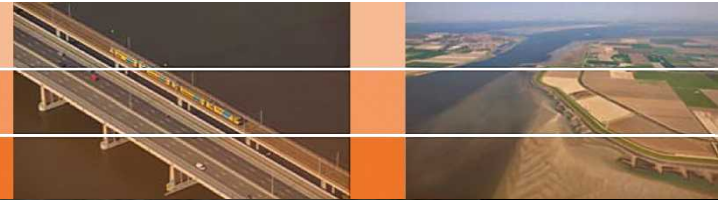
Het piping proces



Het piping proces



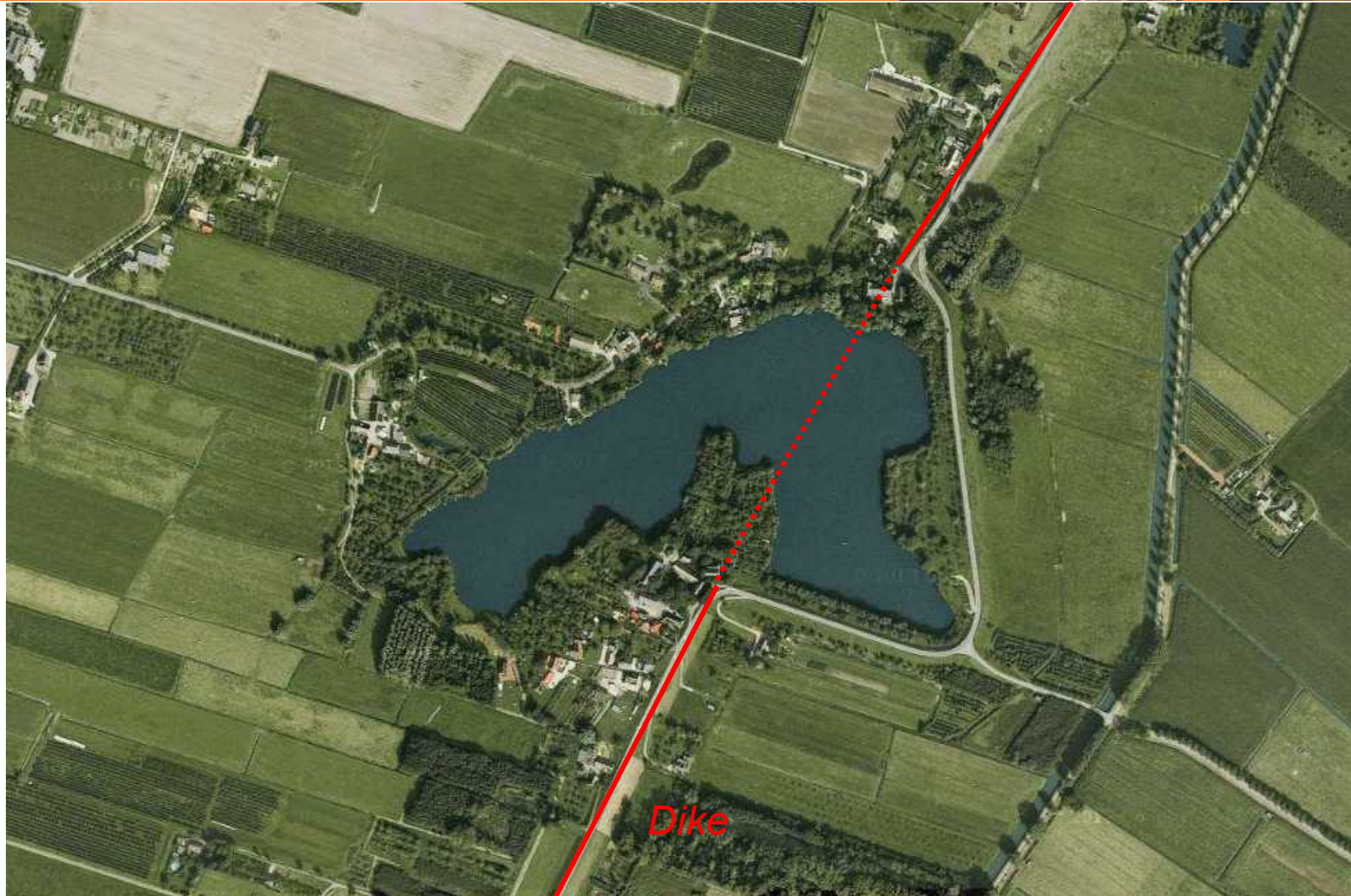
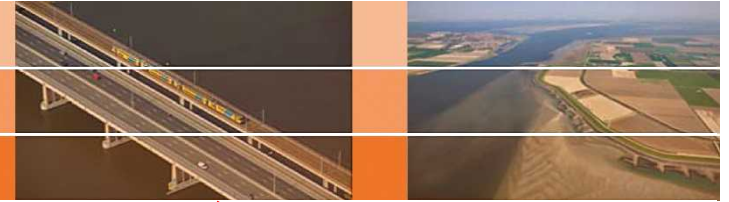
Het piping proces





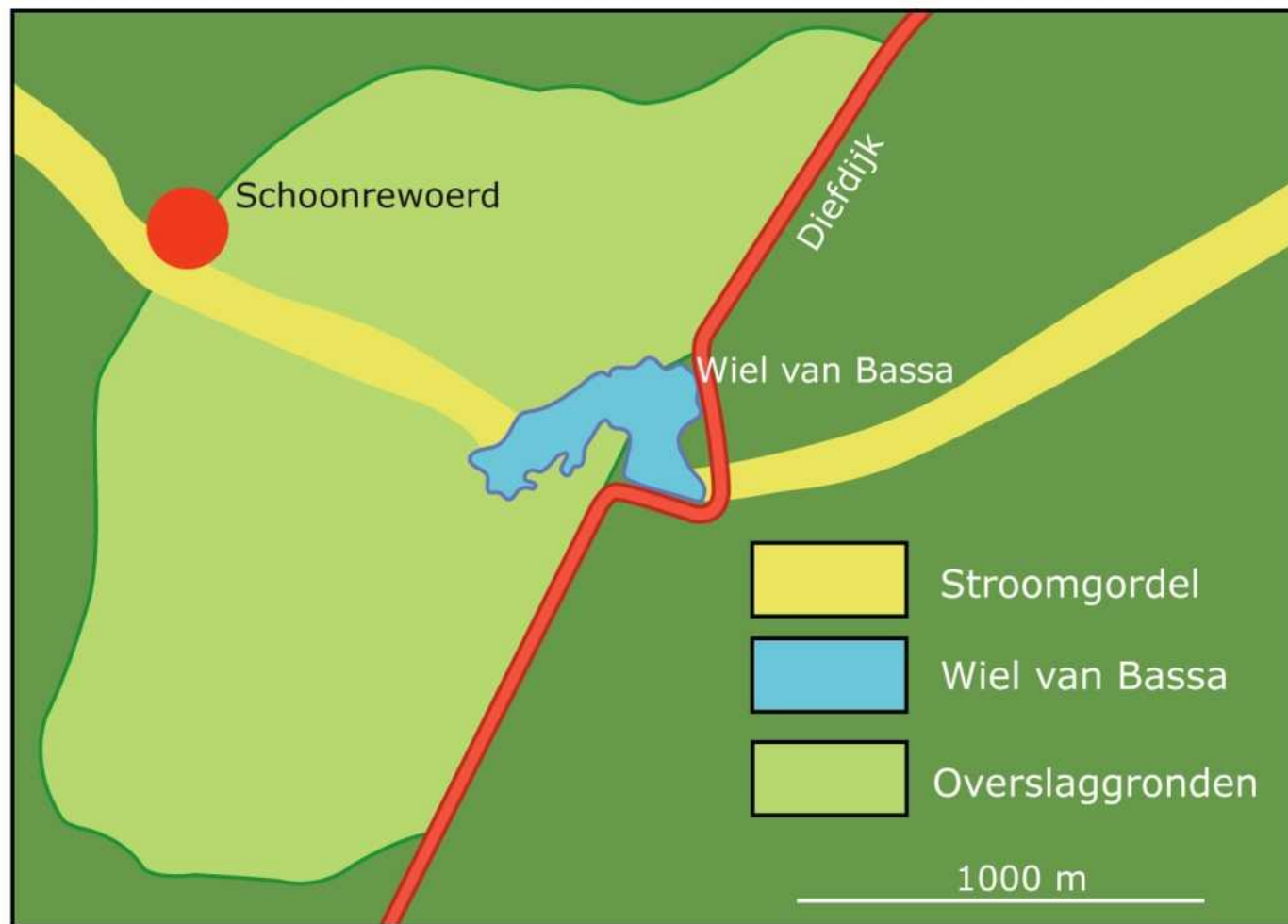
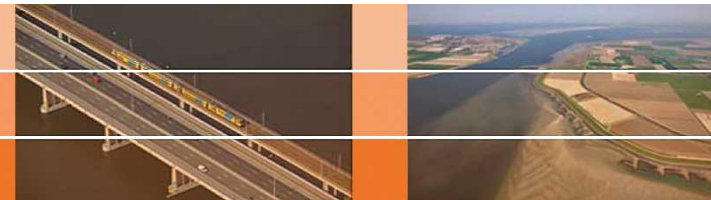
Bron: Navin 2016

Dijkdoorbraken in Nederland



Wiel van Bassa (source: google maps)

Dijkdoorbraken in Nederland



Illustratie Erik-Jan Bosch, Naturalis (<http://www.geologievannederland.nl/landschap/landschapsvormen/doorbraakgaten>)

Piping in Nederland



Verwachte versterkingsopgave voor piping vanaf 2017 ca. 1900 km

(Source HWBP)

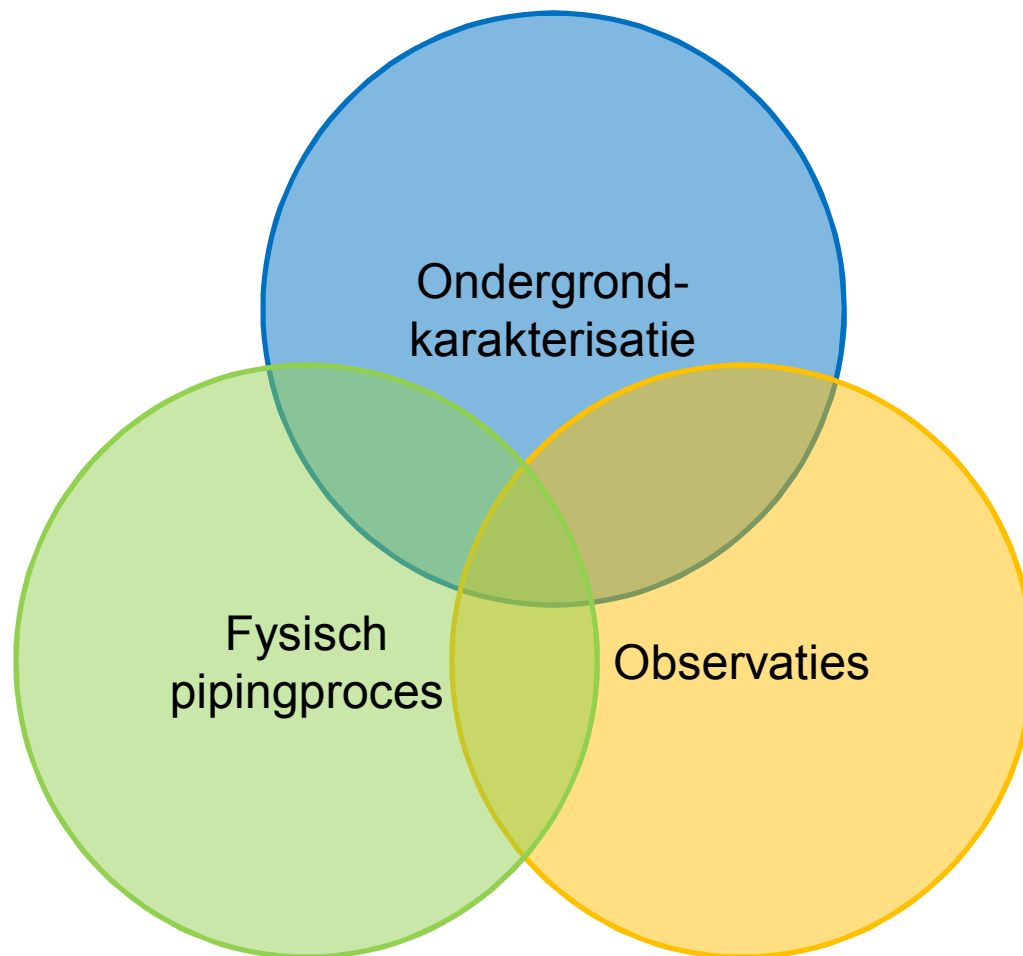


Een visie op piping



Visie opgesteld door RWS, Deltares en POV-Piping: Omgaan met piping

1. No regret maatregelen voor urgente dijktrajecten
2. Beginnen met in kaart brengen van de ondergrond
3. Areaal beter vaststellen
4. Langere termijn: doorontwikkeling van pipingmodellen, innovatieve maatregelen en afwegingsmethodieken



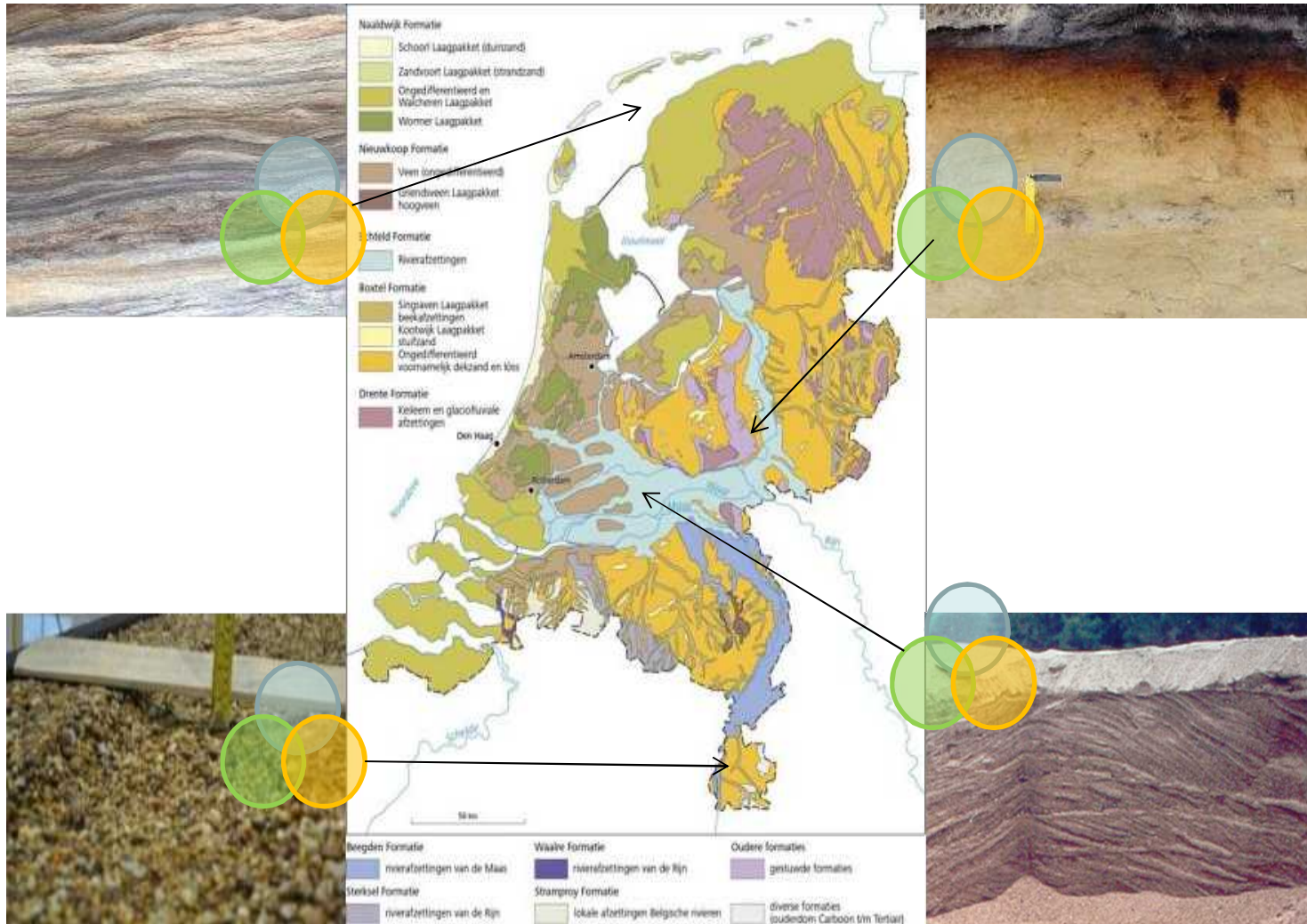
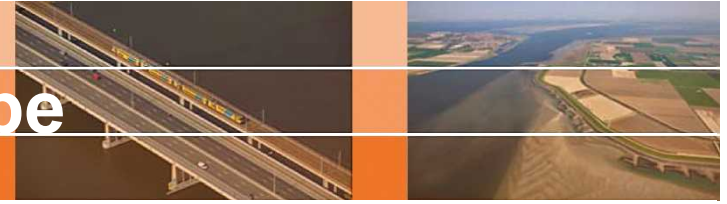
*naar de ondergrond
gedifferentieerd*

***eenvoudig** waar het
kan en **complex** waar
het nodig is*

*slim en zinvol **meten***

*benutten **observaties**
uit de praktijk*

Differentiatie naar afzettingstype

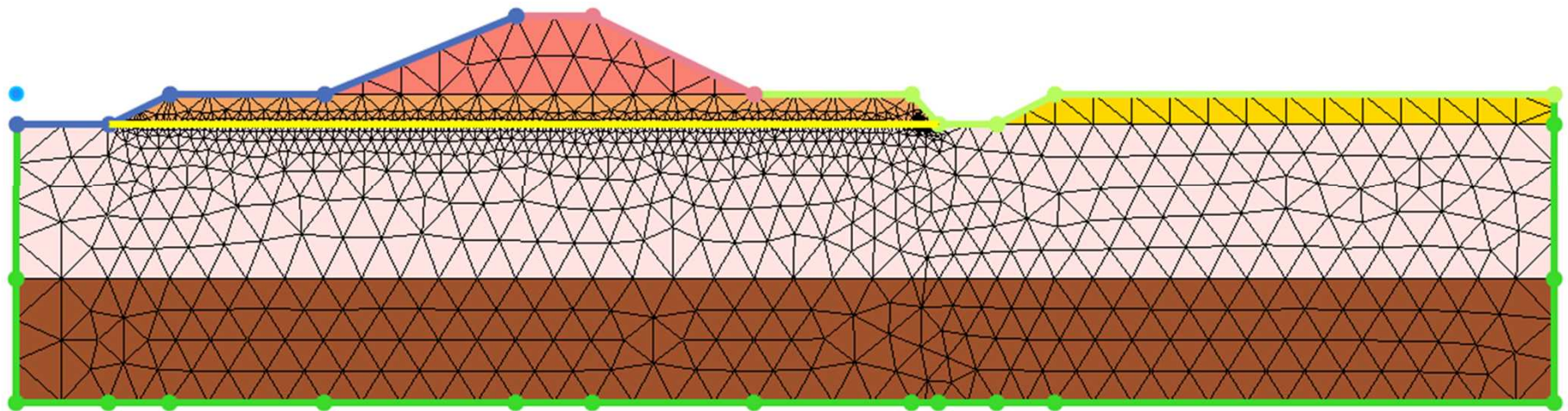


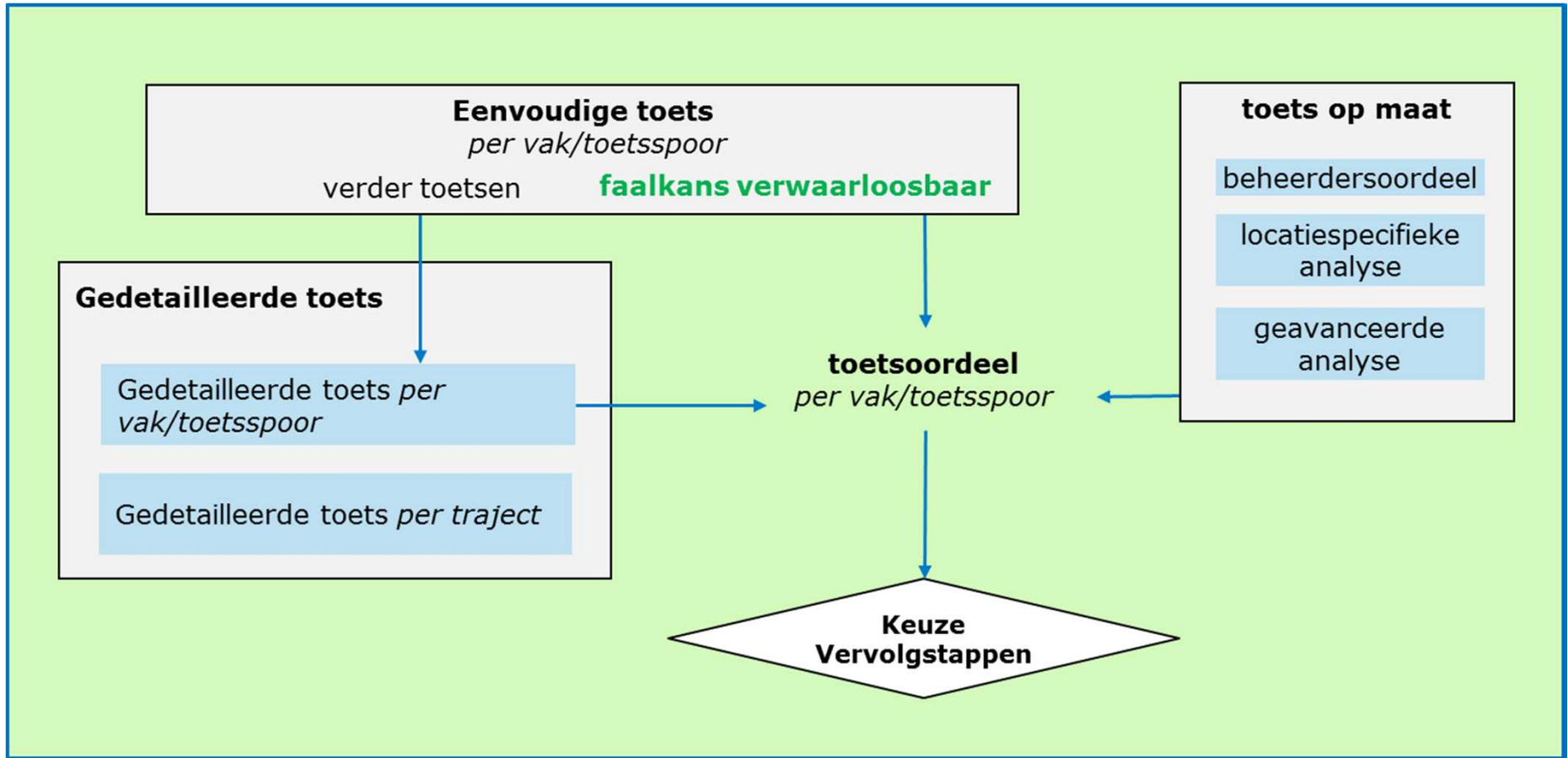
D-Geo Flow – onderdeel van pipingvisie



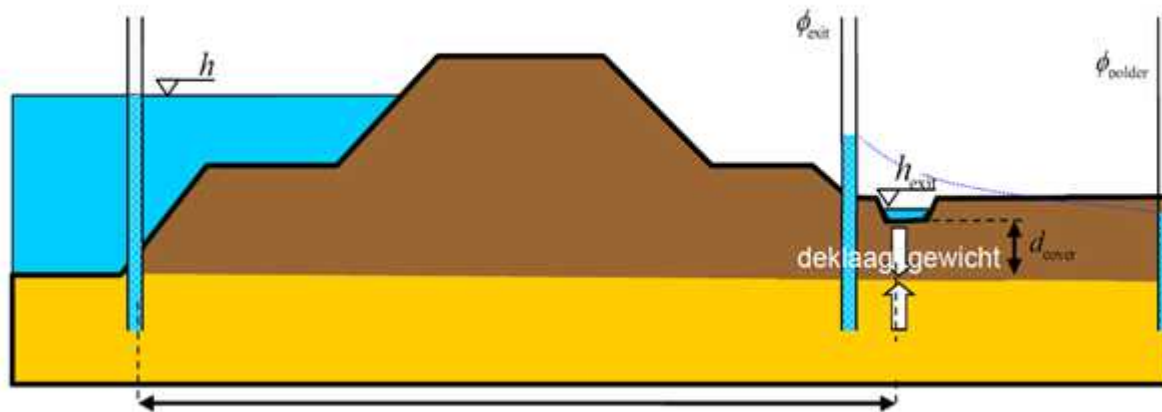
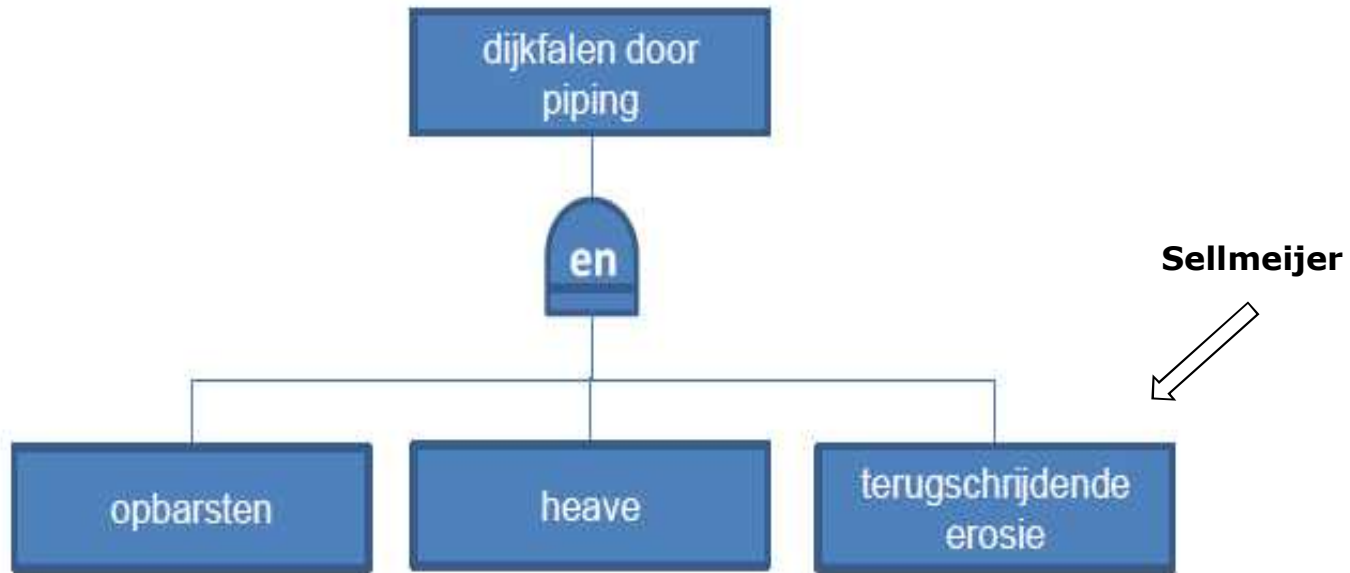
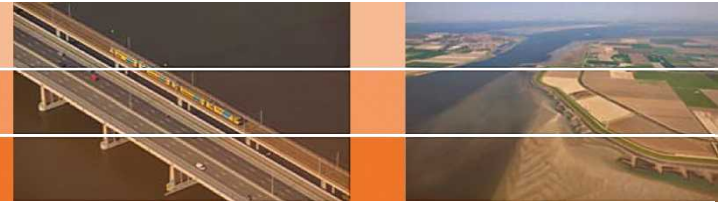
Binnen de gedifferentieerde aanpak is het nodig:

- Het effect van complexere configuraties mee te kunnen nemen in de pipingberekening
- Tijdsafhankelijk te rekenen



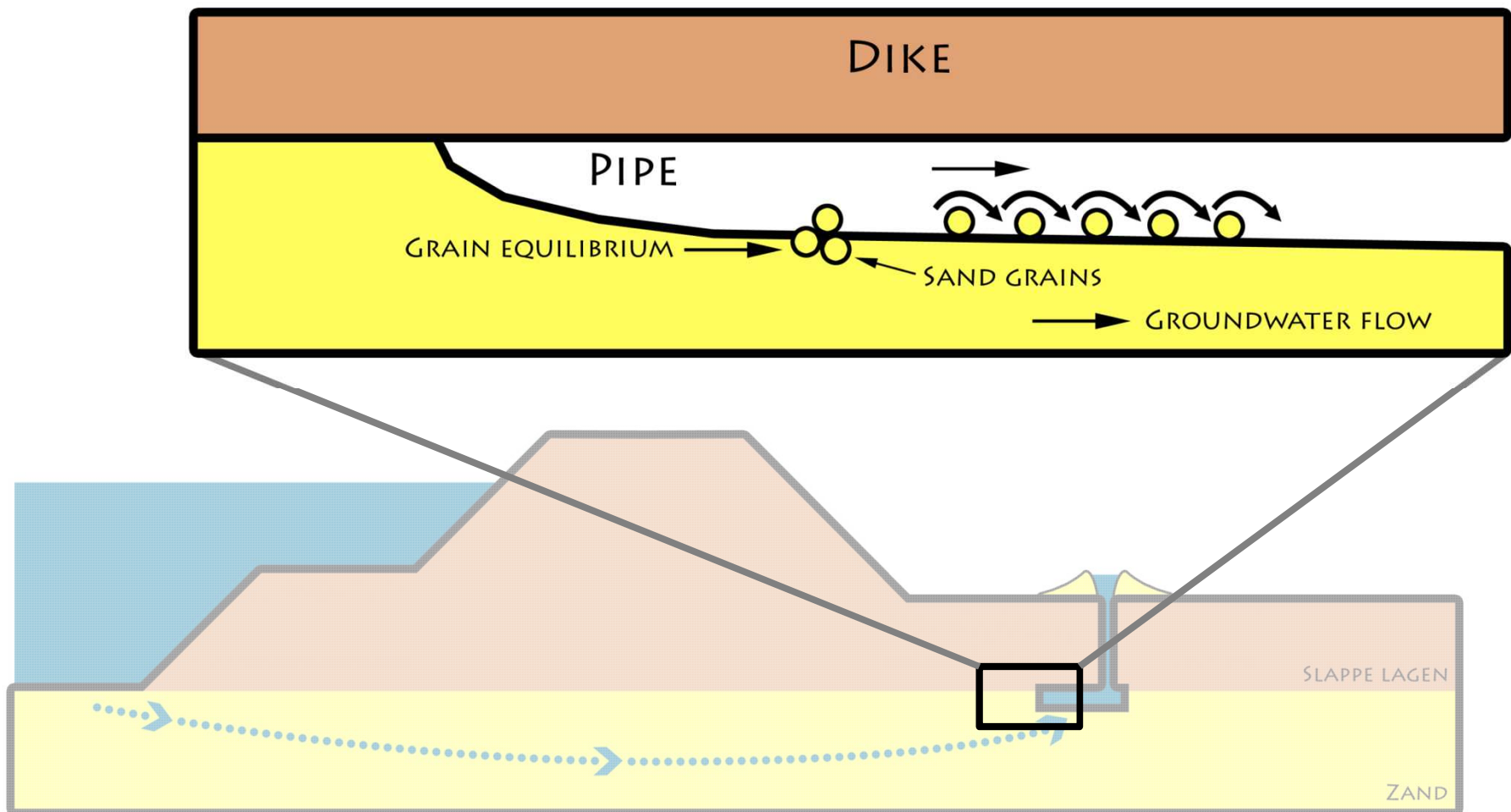
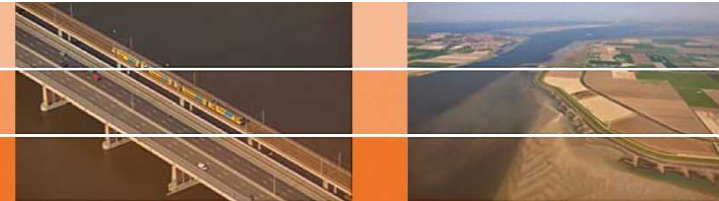


De gedetailleerde toets



Deltares

Theorie piping in D-Geo Flow



Het Sellmeijer model

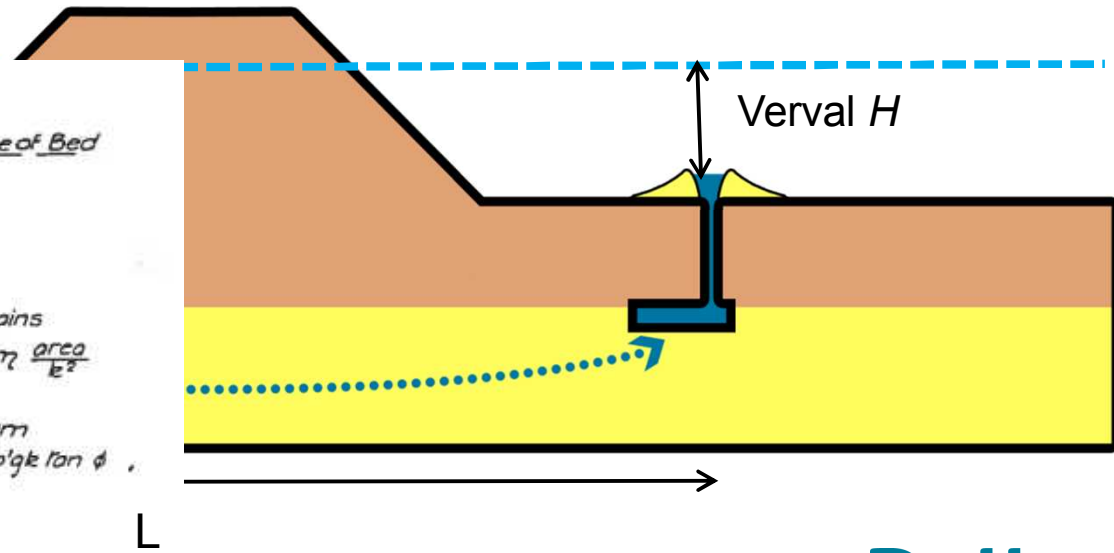
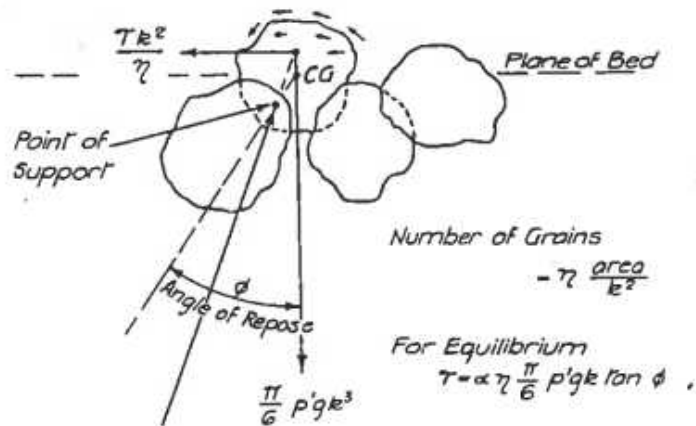
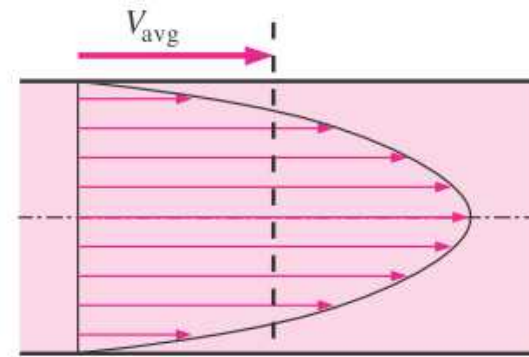


1. Stroming door het zandpakket
2. Stroming door de pipe
3. Evenwicht van korrels

$$\tau_c = \eta \frac{\pi}{6} \gamma'_p d \tan \theta$$

$$\rho g \frac{d\phi}{dx} d^3 = 12q\mu$$

$$\tau_w = \frac{a}{2} \rho g \frac{d\phi}{dx}$$

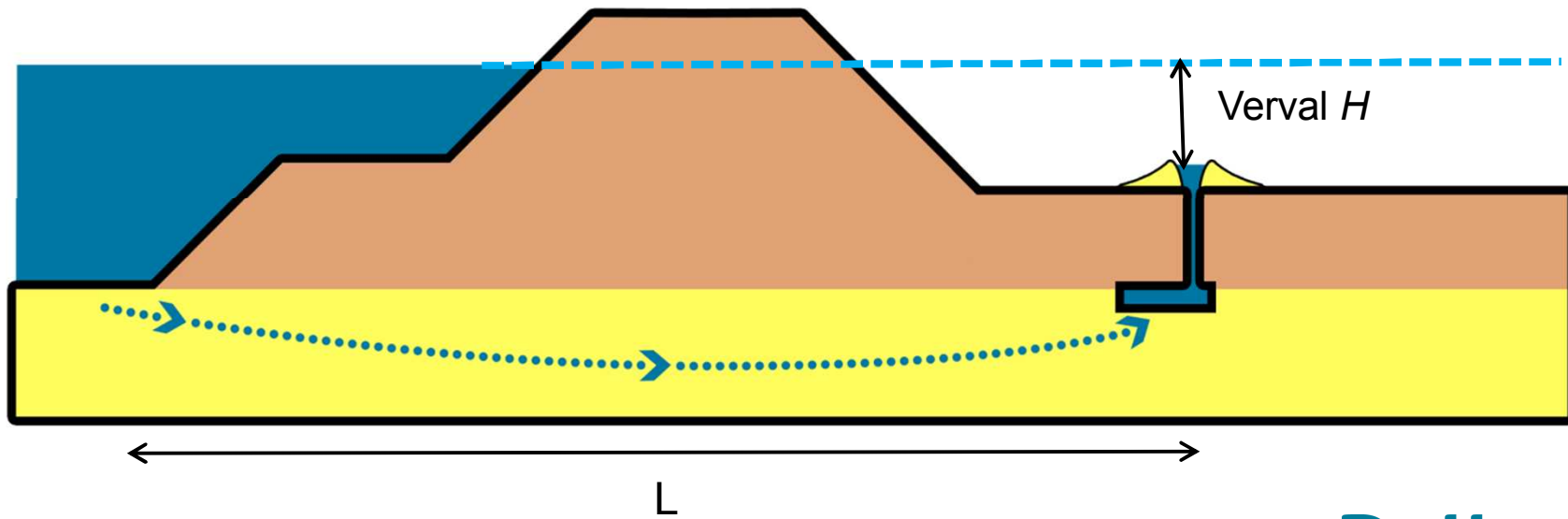
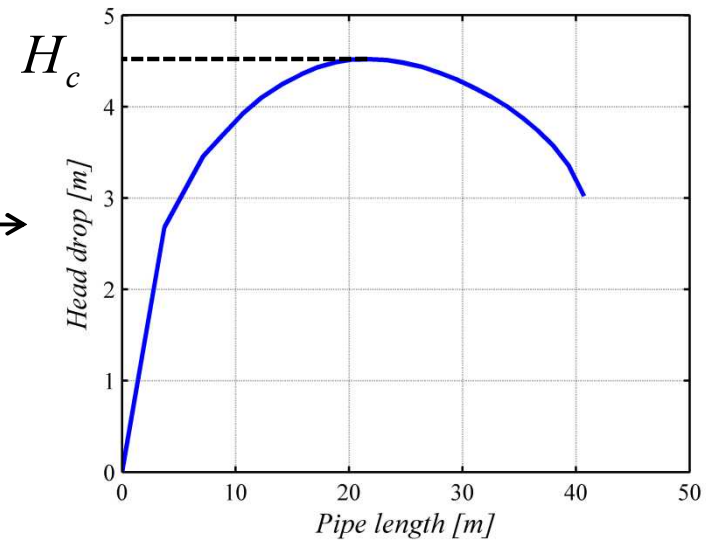


Het Sellmeijer model



1. Stroming door het zandpakket
2. Stroming door de pipe
3. Evenwicht van korrels

$$\longrightarrow H_{eq} \longrightarrow$$



Het Sellmeijer model



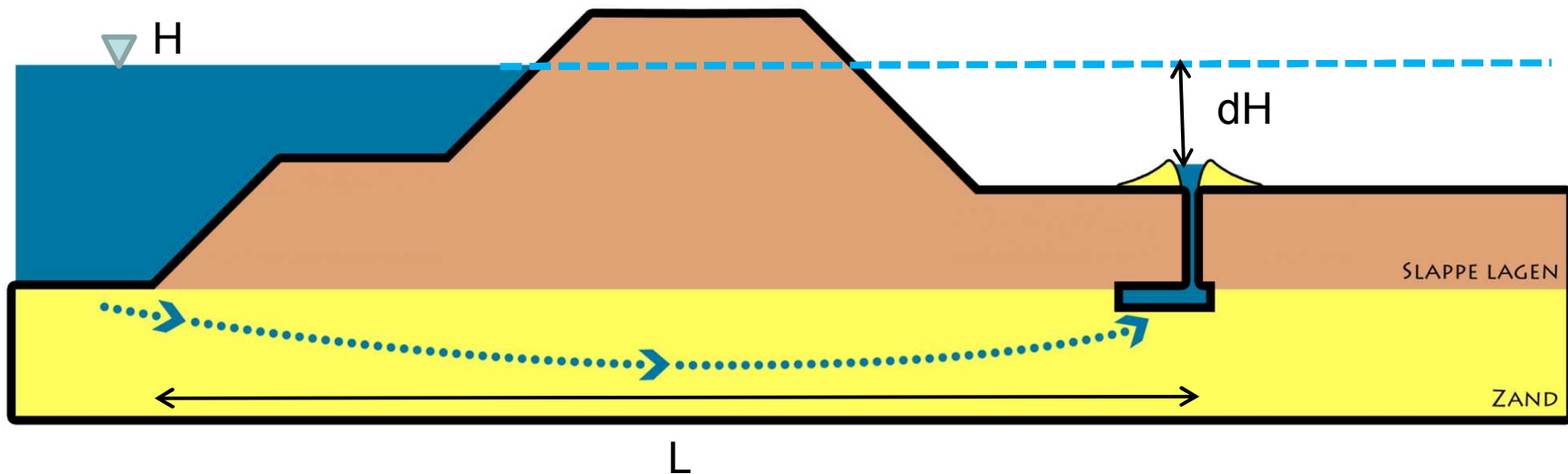
1. Stroming door het zandpakket
2. Stroming door de pipe
3. Evenwicht van korrels

$$\rightarrow \frac{H_c}{L} = F_R F_S F_G$$

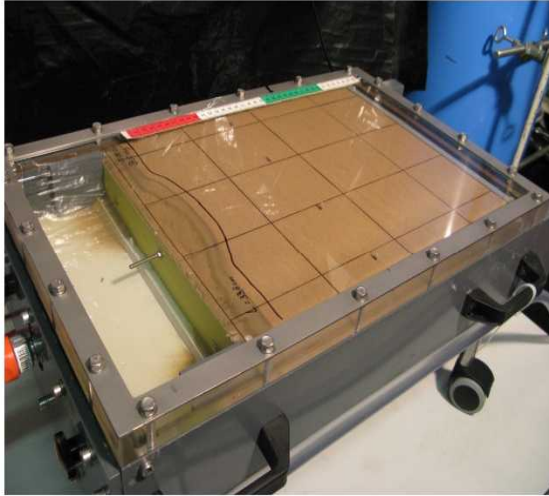
$$F_R = \eta \frac{\gamma'_p}{\gamma_w} \tan \vartheta$$

$$F_S = \frac{d_{70}}{\sqrt[3]{\kappa L}}$$

$$F_G = 0.91 \left(\frac{D}{L} \right)^{\frac{0.28}{\left(\frac{D}{L} \right)^{2.8} + 0.04} - 1}$$



Empirische aanpassing Sellmeijer model (2011)



Adjustment Sellmeijer rule:

$$\frac{H_c}{L} = \frac{1}{c} = F_R F_S F_G$$

$$F_R = \eta \frac{\gamma'_p}{\gamma_w} \tan \vartheta$$

$$F_S = \frac{d_{70}}{\sqrt[3]{\kappa L}}$$

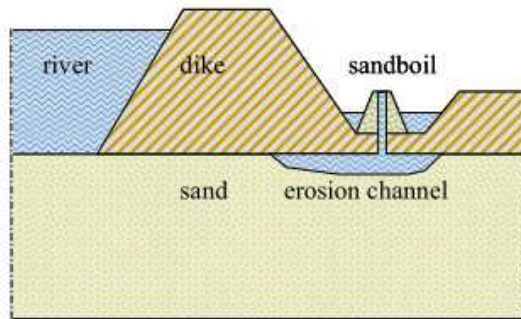
$$F_G = 0.91 \left(\frac{D}{L} \right)^{\frac{0.28}{\left(\frac{D}{L} \right)^{2.8} - 1} + 0.04}$$

Sellmeijer regel en Sellmeijer model



Sellmeijer rule: curve-fit met modelresultaten

- Standaard dijk geometrie



$$\frac{H_c}{L} = \frac{1}{c} = F_R F_S F_G$$

$$F_R = \eta \frac{\gamma'_p}{\gamma_w} \tan \theta \left(\frac{RD}{RD_m} \right)^{0.35} \left(\frac{U}{U_m} \right)^{0.13} \left(\frac{KAS}{KAS_m} \right)^{-0.02}$$

$$F_S = \frac{d_{70}}{\sqrt[3]{\kappa L}} \left(\frac{d_{70m}}{d_{70}} \right)^{0.6}$$

$$F_G = 0.91 \left(\frac{D}{L} \right) \left(\frac{D}{L} \right)^{0.28-+0.04} -1$$

ΔH_c : critical head over the levee

γ_p : particle volumetric weight

γ_w : volumetric weight of water

θ : bedding angle

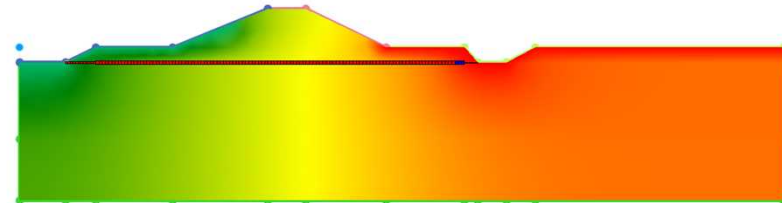
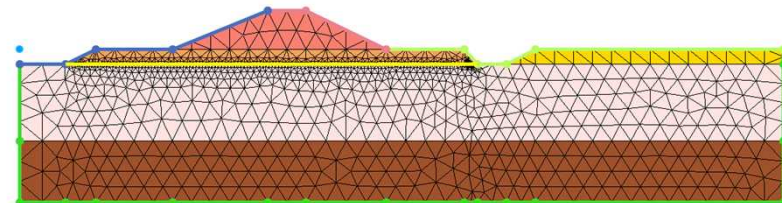
η : coefficient of White

κ : intrinsic permeability

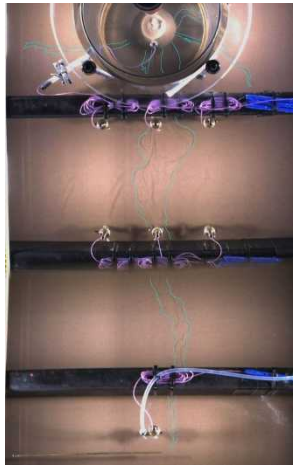
L: length of the seepage path

Sellmeijer model:

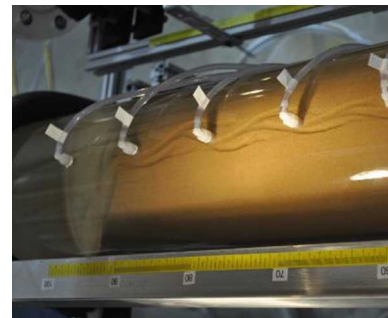
- Numerieke grondwaterstromingsberekeningen zijn geschikt voor meer complexe ondergrond configuraties.



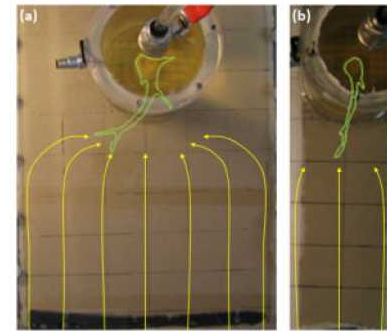
Nieuwe ontwikkelingen



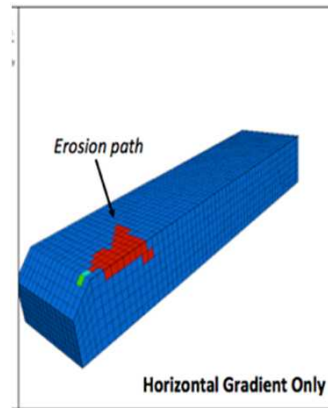
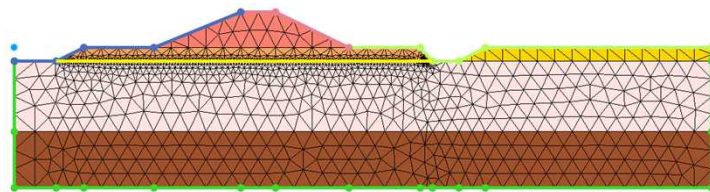
Yao, 2014



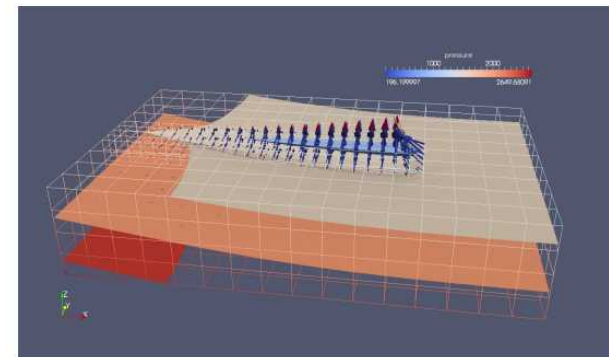
Robbins et al. T.b.p



Vandenboer et al. 2015

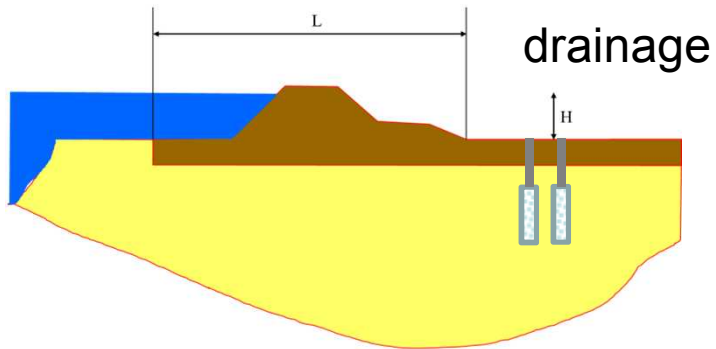
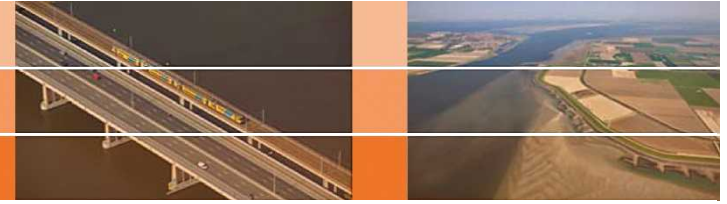


Robbins et al. 2016

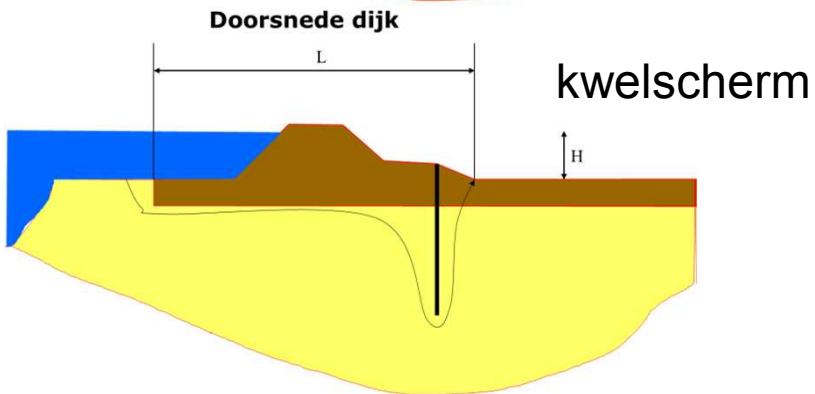


Van Esch

Maatregelen



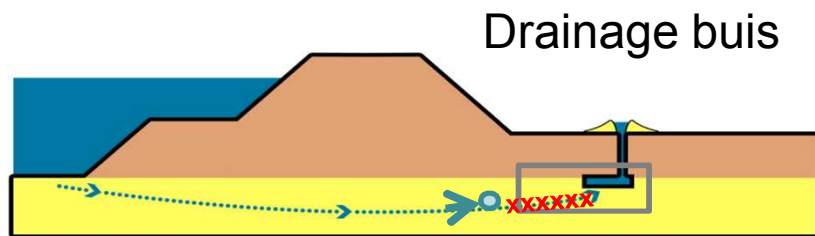
drainage



Doorsnede dijk

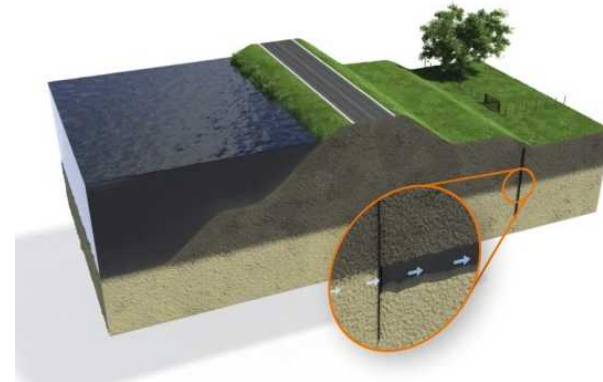
kwelscherm

Bron: Van der Berg, 2015

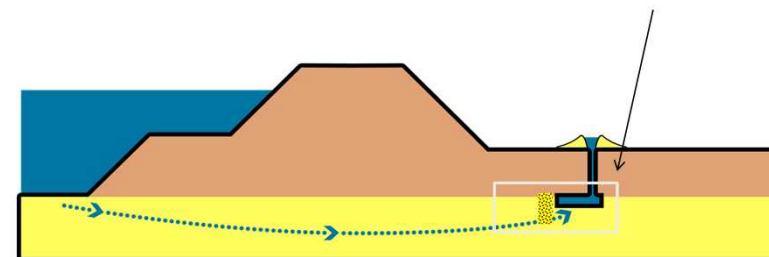
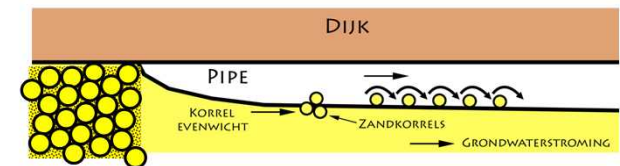


Drainage buis

Verticaal zanddicht geotextiel



Grofzandbarrière



Samenvatting



- Piping is een geleidelijk proces dat zonder duidelijke waarschuwing tot bezwijken kan leiden
- Het model van Sellmeijer voorspelt of een bestaande pipe kan doorgroeien: de kritieke pipe-lengte is $<1/2 L$
- Uit het model van Sellmeijer is de regel van Sellmeijer afgeleid d.m.v. curve fitting.
- Meer complexe configuraties kunnen nu doorgerekend worden in D-Geo Flow, wat past in de visie van RWS en Deltares
- Er zijn internationaal veel nieuwe ontwikkelingen m.b.t. piping, ook op het gebied van maatregelen, zoals rekenen met 3D configuraties en bijvoorbeeld de grof zand barriere.