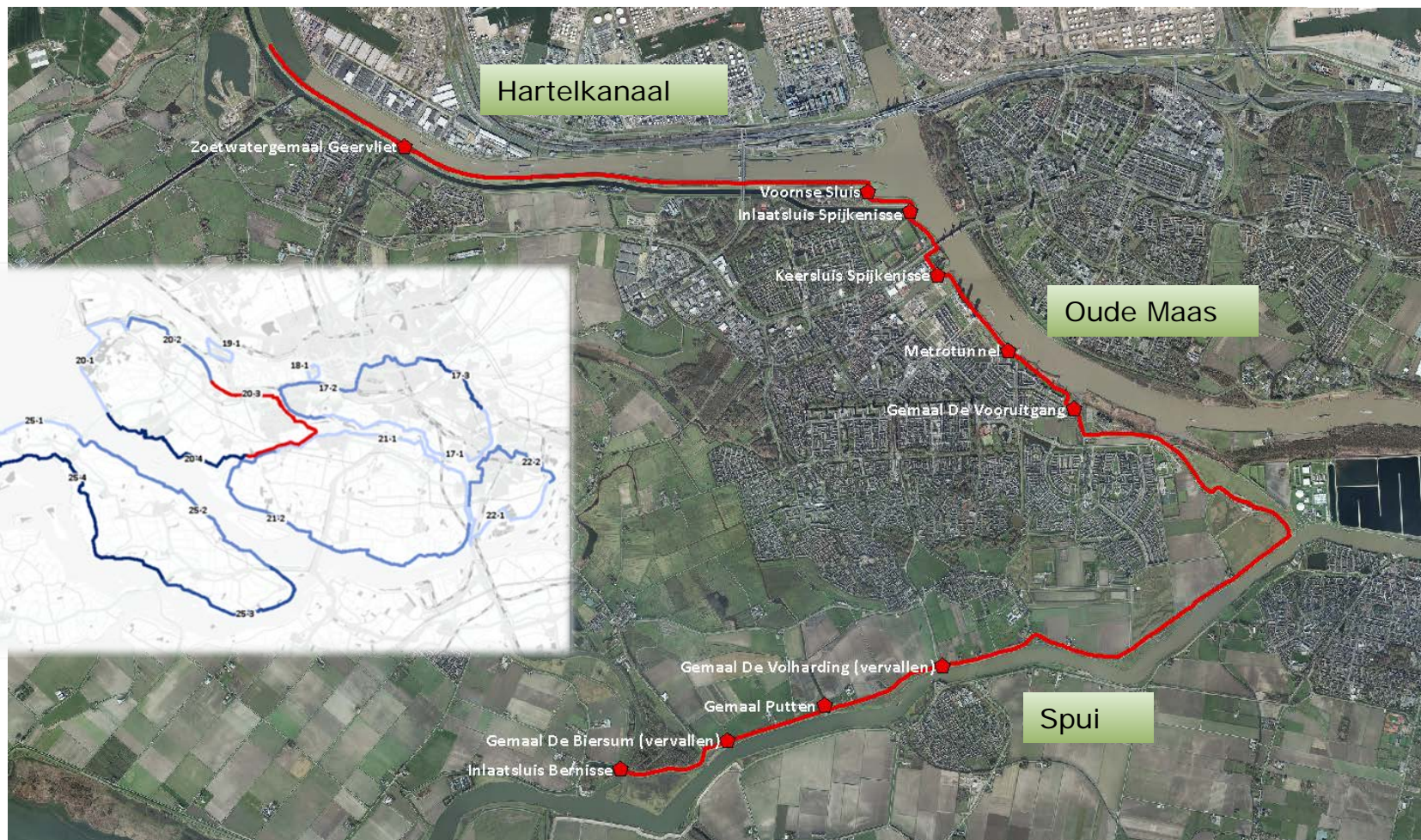




20-3 en Anisotropie



VOORVERKENNING 20-3



VOORVERKENNING 20-3



waterschap
Hollandse
Delta



VOORVERKENNING 20-3



waterschap
**Hollandse
Delta**



VNK 2014
Faalkans 1/100

WBI 2017
- Algemeen filter
- Veiligheidsoordeel cat. D



20-3

VOORVERKENNING 20-3



Scherpe scope van de versterkingsopgave!

Scherp rekenen aan macrostabiliteit en piping

Scherp inzicht in parameters van de ondergrond noodzakelijk

VOORVERKENNING 20-3



waterschap
Hollandse
Delta

VOORVERKENNING: INNOVATIES + REGULIER

Onderzoek	Macrostabilliteit STBI	Piping STPH
1. Vlakdekkende metingen EM, IR, PR	Opdrijf- /opbarstlocaties Gericht grondonderzoek	Zandbanen / dikte dek Kwellocaties
2. AMPT-sondeertechniek		Gelaagdheid zandpakket Anisotropie k-waarde
3. Geotechnisch en geohydrol. onderzoek	Bodemopbouw, grensspanningen (Monitoring) grondwaterstanden en stijghoogten	
4. Laboratoriumonderzoek	Volumegewichten, sterkteparameters	Volumegewichten
5. Veiligheidsanalyse		

VOORVERKENNING 20-3



VOORVERKENNING: INNOVATIES

	Uitvoerende partij	Expertteam
1. Vlakdekkende metingen EM, IR, PR	Wiertsema T&A Survey Miramap	POV-piping Deltares RWS BZIM
2. AMPT-sondeertechniek	Fugro, Deltares	POV-piping HWBP RWS Vallei & Veluwe



Anisotropie en meerlaagsheid bij pipinganalyses

de stap naar een realistisch rekenen

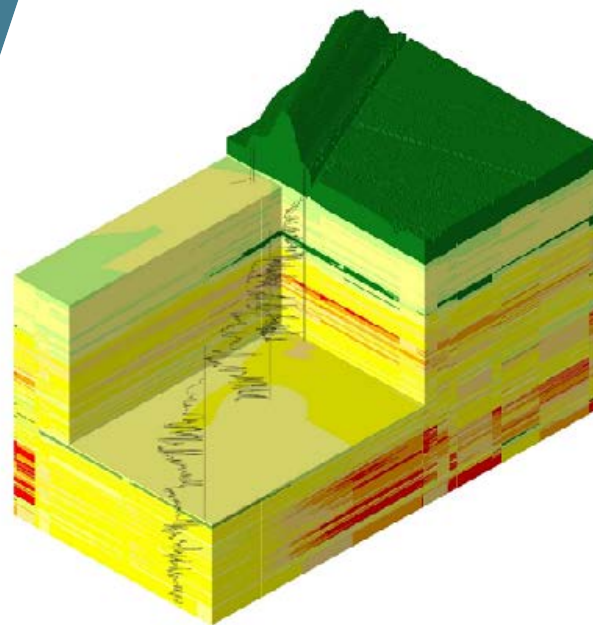
Nick Stoop (n.stoop@fugro.com)

Inhoud

- Achtergrond piping
- Bepaling doorlatendheid
- HPT-(A)MPT® techniek
- Rekenen met meerlaagsheid en anisotropie



Achtergrond Piping



Rekenen aan piping

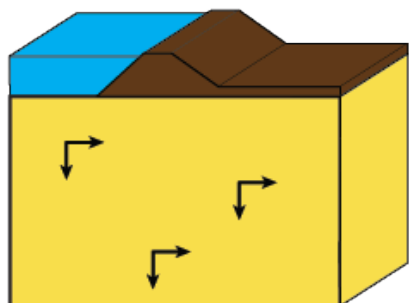
Conservatieve aanpak

- Rekenmethode: Nieuwe rekenregel Sellmeijer
- Eis: Nieuwe normering
- Aanpak: Schematiseringshandreiking (*Standaardwaarden*)
- Resultaat: **onrealistisch** lange benodigde berm lengte

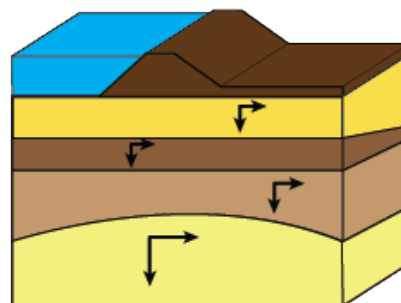
Oplossing: o.a. realistisch schematiseren (= maatwerk)

1. Meerlaagsheid
2. Anisotropie

Homogeen

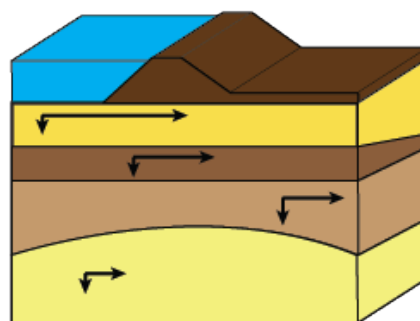
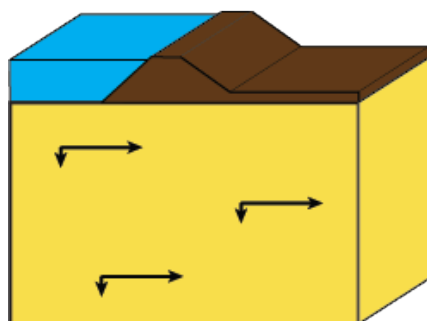


Meerlaags



Isotroop

(richtings-onafhankelijkheid)



Anisotroop

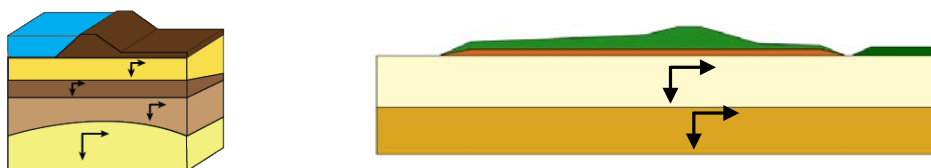
(richtings-afhankelijkheid)

De weg naar realiteit

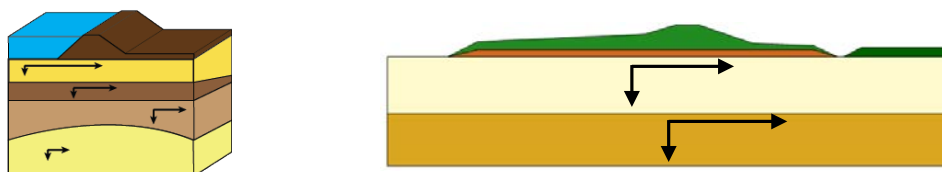
Homogeen, isotroop (WBI, evt. gewogen gemiddelde)



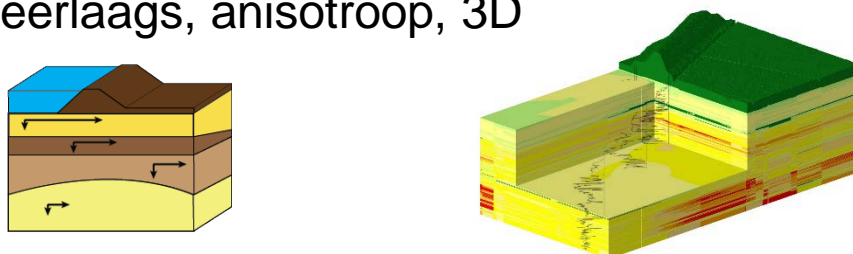
Meerlaags, isotroop, 2D (HPT-MPT benadering)



Meerlaags, anisotroop, 2D (HPT-AMPT benadering)



Meerlaags, anisotroop, 3D




Realiteit

Anisotropie onderzoek



HPT-AMPT Onderzoek

Onderzoek op 3 locaties:

1. Spuidijk (WSHD) 


$$K_h = \text{ca. } 2 \text{ m/dag}$$

$$A = 4-14 / 9-100 [-]$$

2. Grebbedijk (WVV) 

$$K_h = 32 - 47 \text{ m/dag}$$

$$A = 2-4 [-]$$

3. Brummense bandijk (WVV) 

$$K_h = 12 - 24 \text{ m/dag}$$

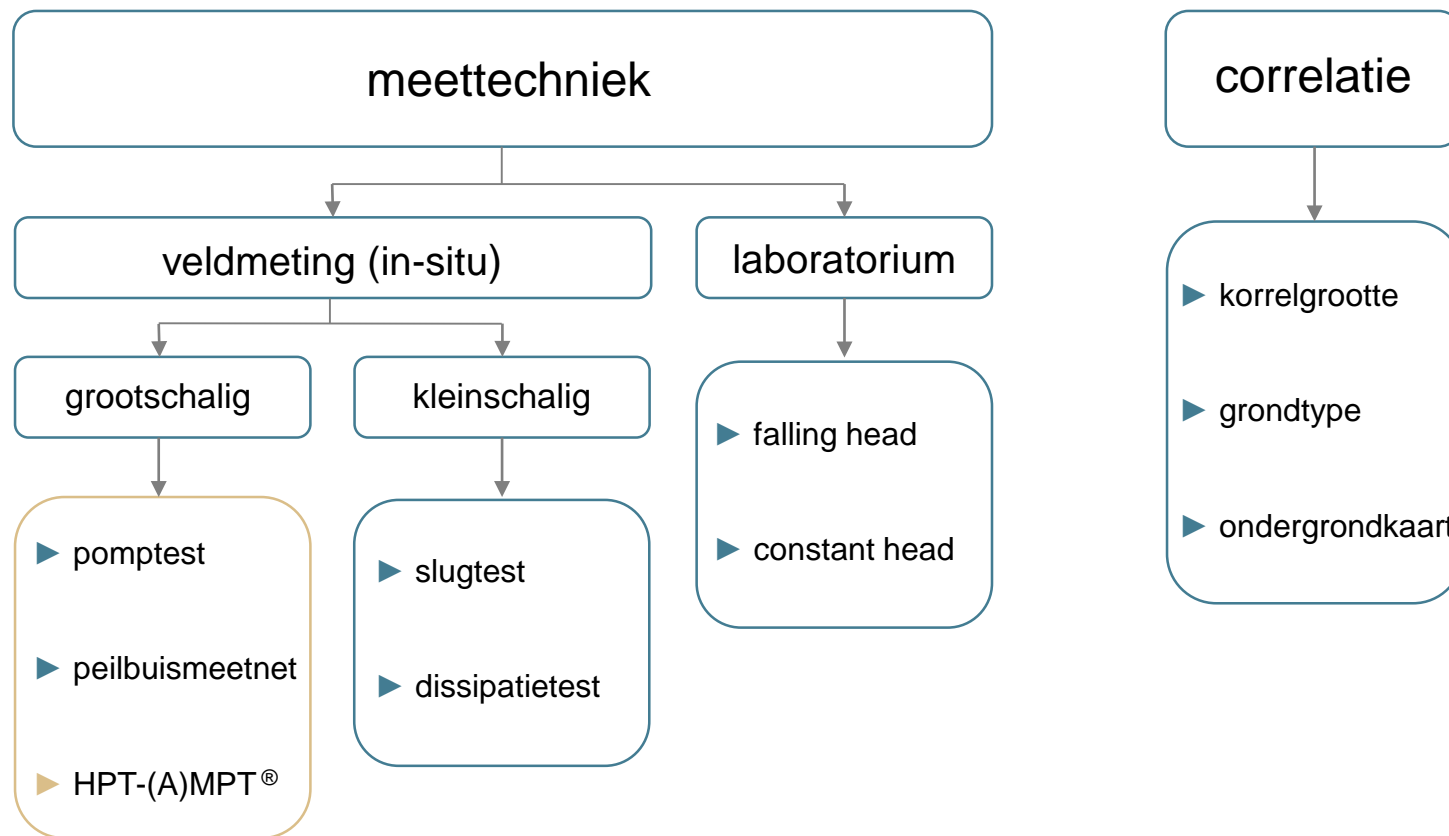
$$A = 1,5-4 [-]$$

$$A \text{ (anisotropiefactor)} = \frac{K_h}{K_v}$$

Doorlatendheid bepaling

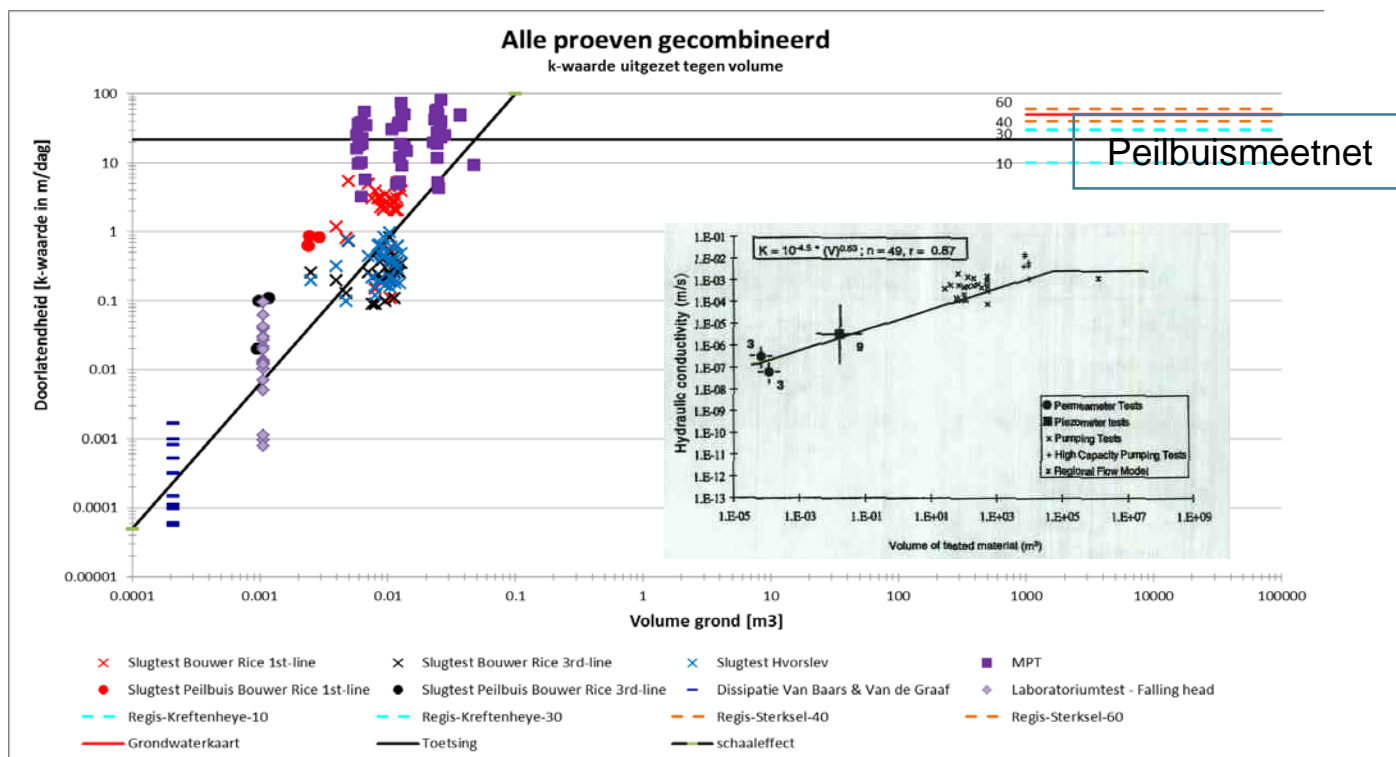


Doorlatendheid bepalingstechnieken



Schaaleffect in doorlatendheid bepaling

Doorlatendheid afhankelijk van proefvolume betrokken bij test (POV Piping)



➤ (A)MPT testen sluiten goed aan bij grootschalige (pomp)proeven

Belangrijk! kies een proefmethode die past bij **schaalniveau** van het probleem

HPT-AMPT[®]

techniek



De HPT sondering



Metingen

Standaard

- Conusweerstand (q_c)
- Wrijving (f_s)
- Elektrische geleidbaarheid (EC)

HPT

- Injectiedebiet (Q)
- Druk bij injectiepunt (P_{HPT})
- Waterspanningen (U_1)

HPT resultaat

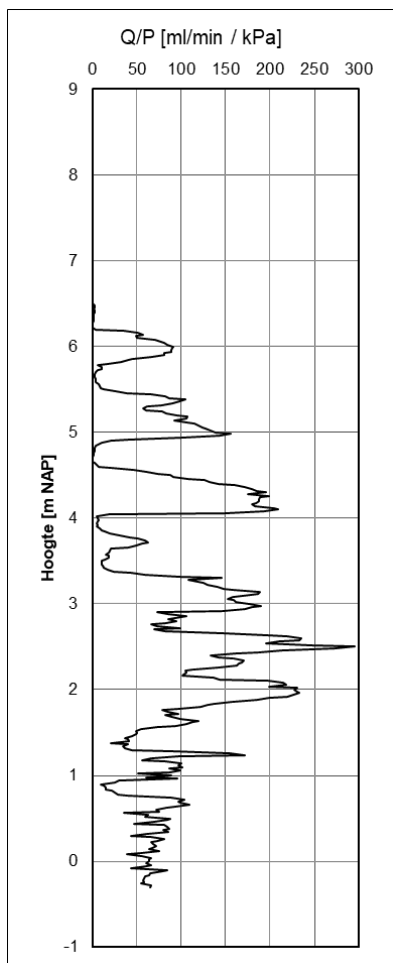
HPT

+

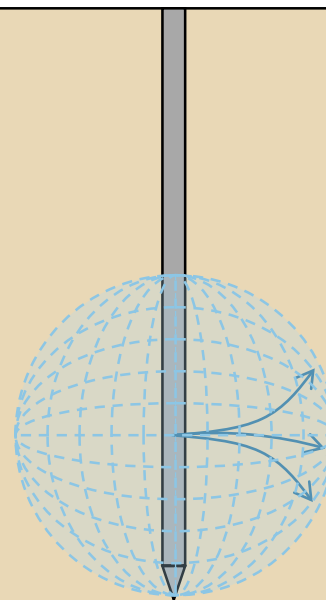
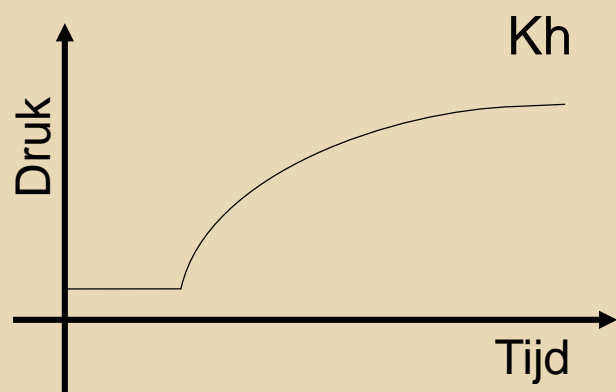
MPT®

=

Horizontale
doorlatendheid



Minipomproef (MPT)[®]



HPT-MPT resultaat: continu absoluut K-profiel

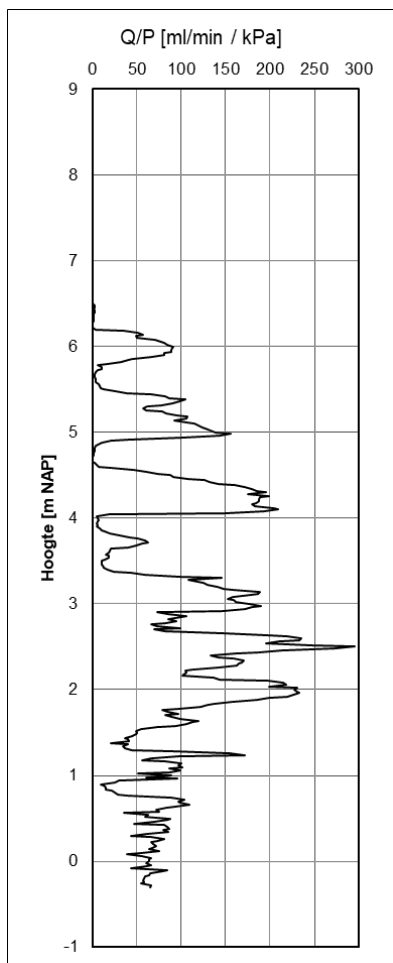
HPT

+

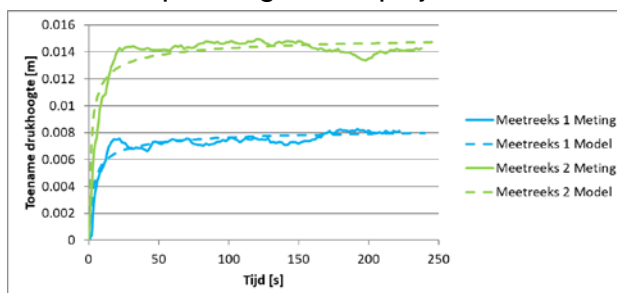
MPT®

=

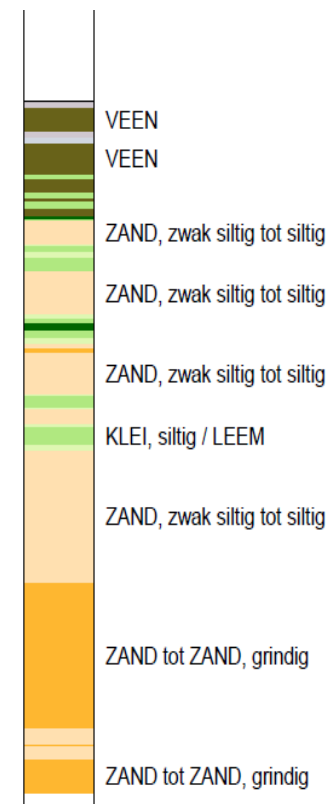
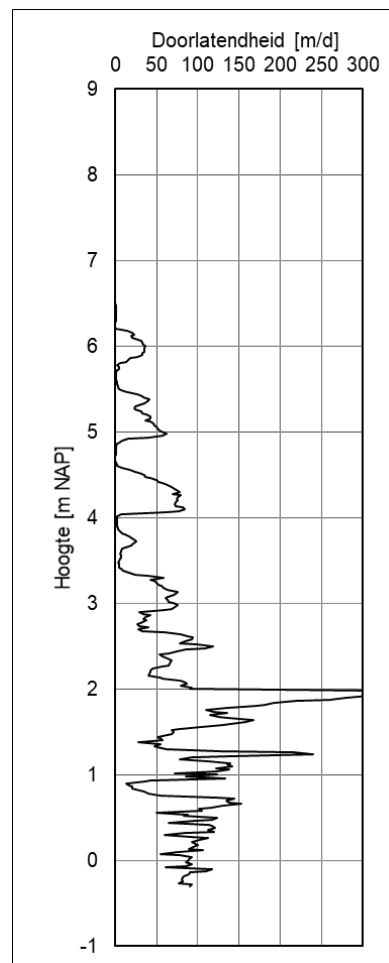
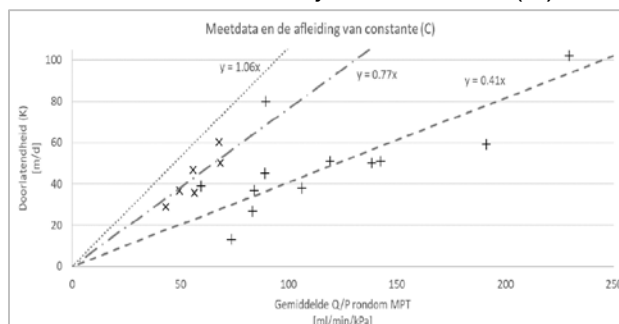
Horizontale
doorlatendheid



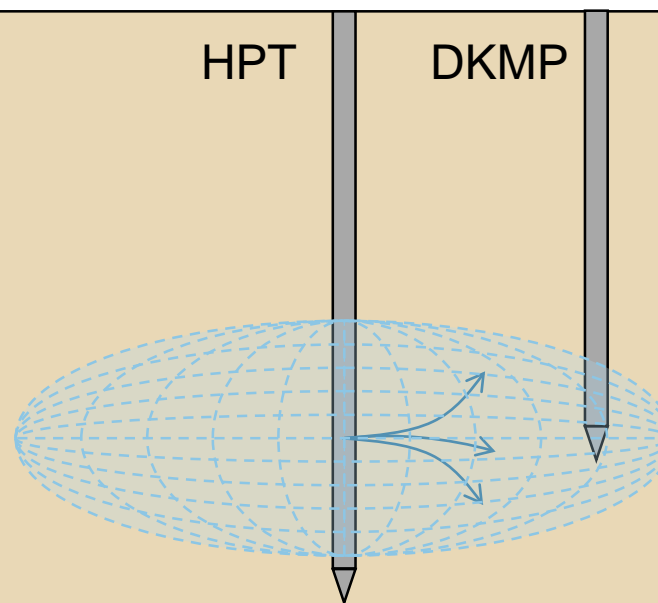
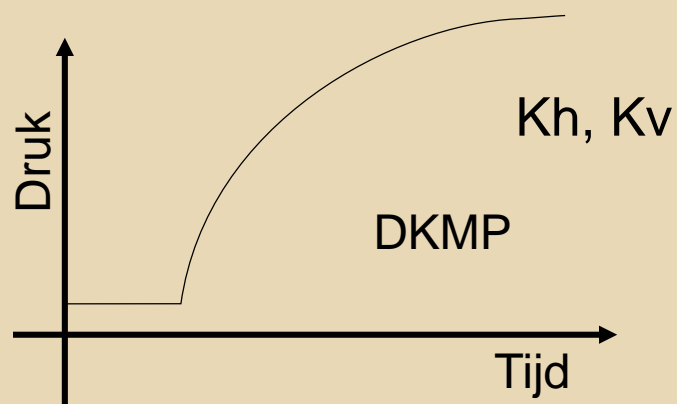
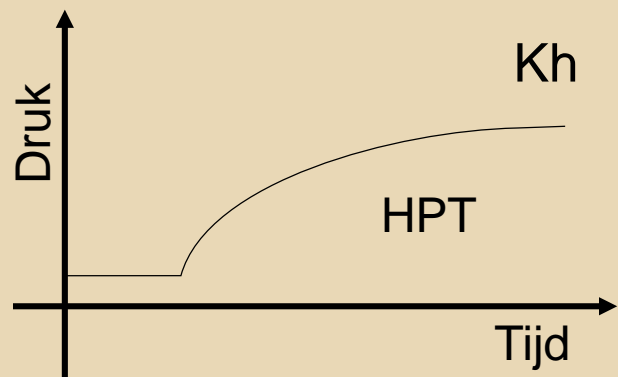
a. waterspanningsverloop tijdens MPT



b. formatie afhankelijke constante (C)



Anisotrope minipompproef (AMPT)[®]



HPT

- Een continue relatief doorlatendheidsprofiel

HPT-MPT[®] (10 – 40%, gemiddeld 20% optimalisatie)

- Vele malen goedkoper dan dure (grootschalige) pompproeven
- Continue absoluut doorlatendheidsprofiel te gebruiken in pipinganalyses

HPT-AMPT[®] (20 – 60%, gemiddeld 30% optimalisatie)

- In situ bepaling van de absolute horizontale en verticale doorlatendheid (= anisotropie)



Rekenen

meerlaagsheid en anisotropie



Analytisch

- Afleiden gewogen gemiddelde doorlatendheid (*RisKeer*)
 - Pros: eenvoudig, meerlaagse benadering
 - Cons: geen anisotropie, beperkte fysische onderbouwing



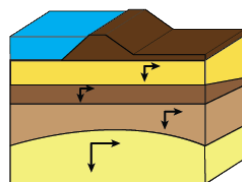
Numeriek

- D-Geo Flow (Deltares)
 - Pros: meerlaags, anisotropie, tijdsafhankelijk, kritieke verval
 - Cons: horizontale pijpgroei, nog niet vrijgegeven
- Plaxflow (methode ISAC|Piping)
 - Pros: meerlaags, anisotropie
 - Cons: geen pijpgroei, indirecte methodiek

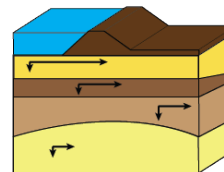


Casestudie (D-Geo Flow)

Meerlaags

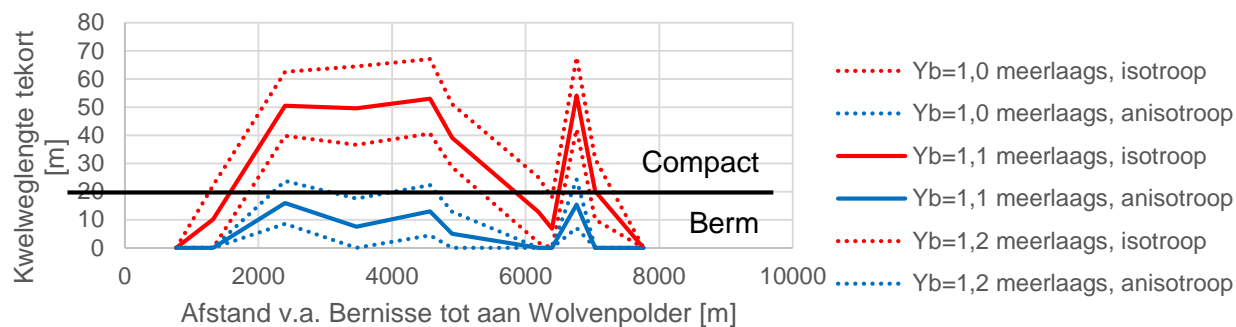
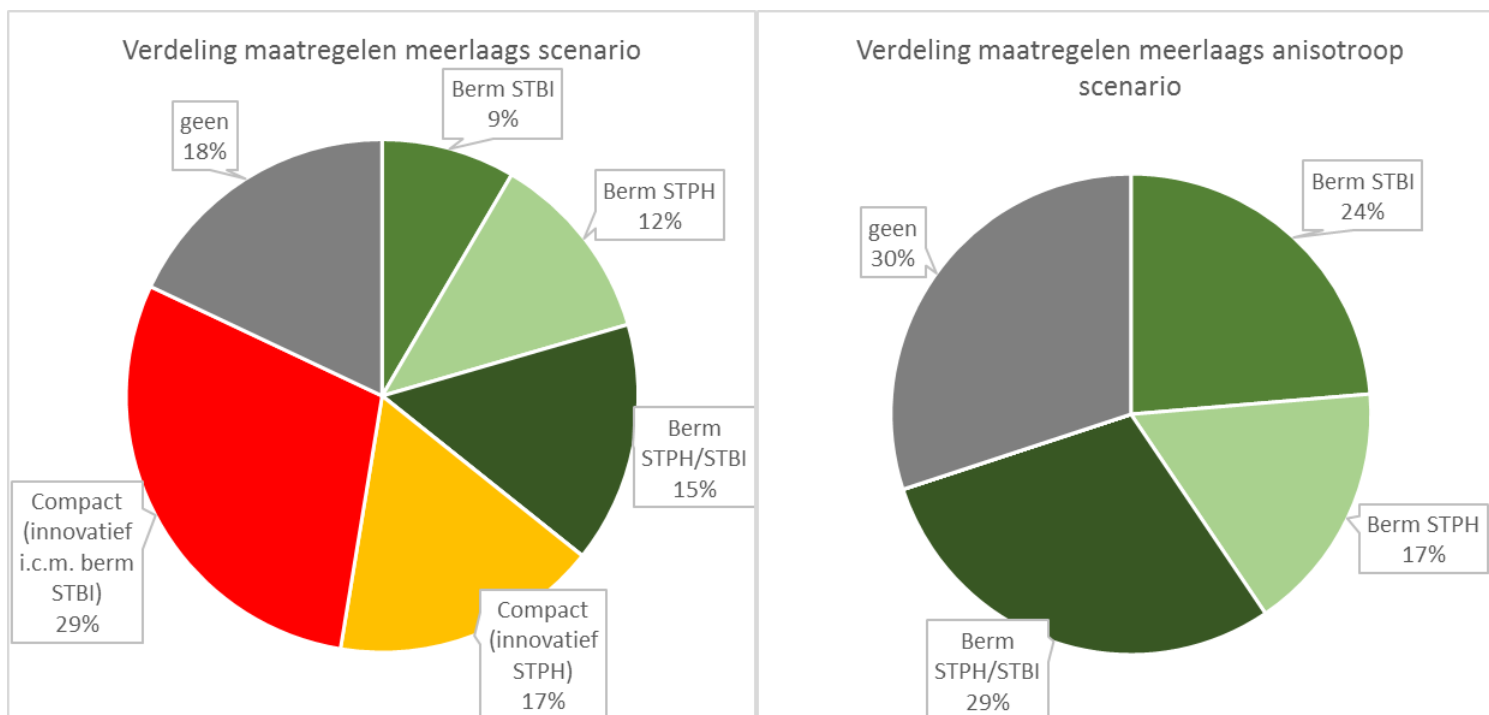


Meerlaags en Anisotroop



Locatie	Reductie in Δ kwelweglengte	Reductie Δ kwelweglengte	$A = \frac{K_h}{K_v}$
Doeveren	17%	36%	4
Grebbedijk	5%	20%	4
Ooijen-Wanssum	15%	31%	3
Spuidijk	37%	58%	5

Versterkingsopgave (Spuidijk)



Bedankt voor uw aandacht!

Nick Stoop

n.stoop@fugro.com