

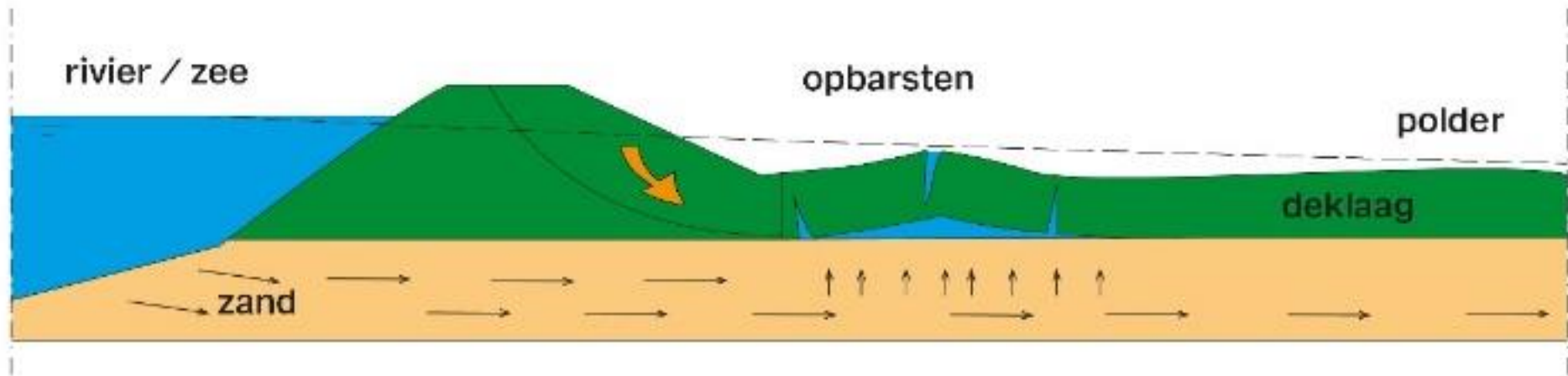
Praktijkonderzoek Opbarsten bij Dijken

Bert Koster,

*Specialist Waterveiligheid, Waterschap Drents Overijsselse
Delta*

Cor Zwanenburg,

Expert Soft Soil Engineering, Deltares / TU Delft



Doelen van het onderzoek

- Beter begrip van het gedrag van de kering bij opdrijven en opbarsten van dunne deklagen
- Ontwikkeling model voor kwantitatieve bepaling sterkte deklaag bij opbarsten
- Beslisregels voor piping wanneer opbarsten onwaarschijnlijk is, en daarmee niet relevant voor bepaling van de overstromingskans
- Komen tot verbetering van beoordelings- en ontwerpmethodiek in dagelijkse ingenieurspraktijk

Business Case

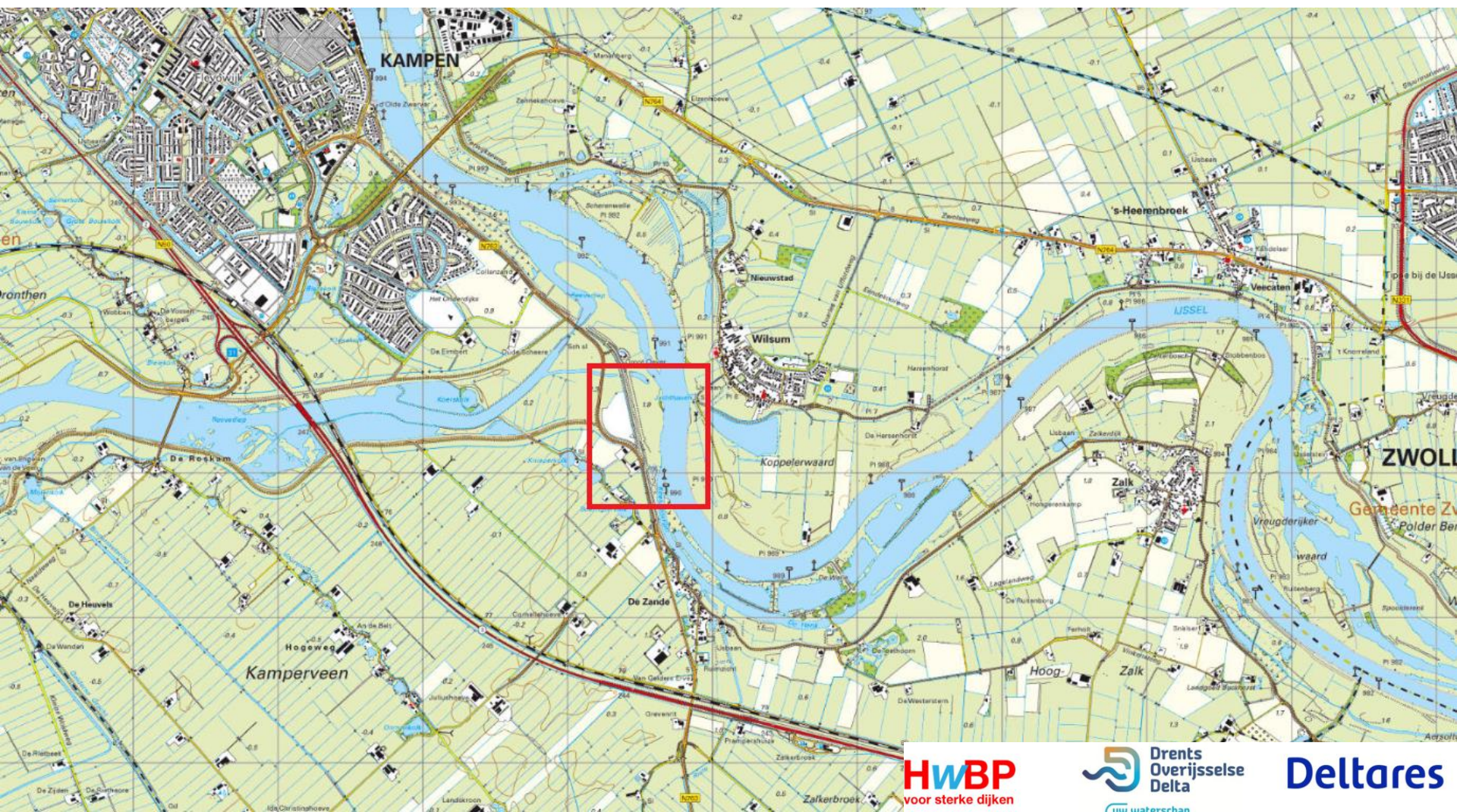
Macrostabilliteit bij opbarsten van het achterland relevant voor 243 km primaire dijken in Nederland.

Met de huidige rekenregels wordt op circa 90 km een te grote overstromingskans uitgerekend. De verwachting is dat dit met het onderzoek kan worden teruggebracht naar 65 km.

Daarmee zou naar schatting orde 150 M€ bespaard worden.

Voor piping is geen business case opgesteld.

Verwacht wordt dat het uitsluiten van opbarsten bij deklagen dikker dan 4 m leidt tot een reductie van 50 tot 100 km versterking en een besparing op programmaniveau van 500 – 1.000 M€.





HWBP
voor sterke dijken

 **Drents
Overijsselse
Delta**
uw waterschap

Deltares

 **Boskalis**

 **GEBR. VAN KESSEL**


Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

HWBP
voor sterke dijken

 **Drents
Overijsselse
Delta**
uw waterschap

Deltares

Over 100 meter langs de kruin 10
infiltratieputten aanbrengen
Stijghoogte zal toenemen totdat klei
en veenlagen opbarsten.

Over 100 meter in de kruin
infiltratiebuis t.b.v. infiltreren kering
met water.

NAP +4,5 m

NAP 0 m

NAP -4 m

NAP -10 m

NAP -12 m

Klei- en veenlaag

Zandlaag 1^e WVP

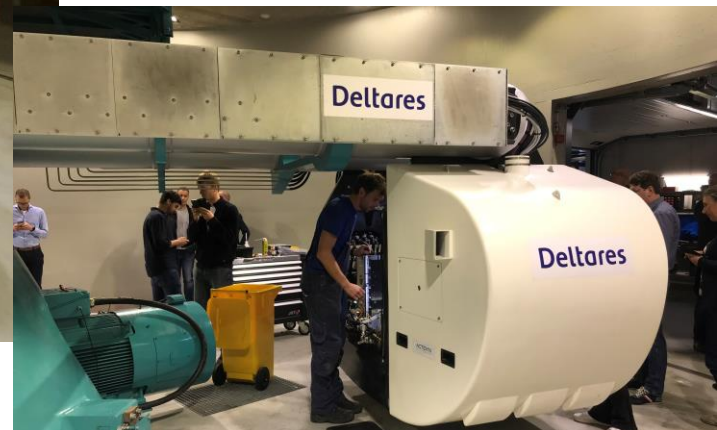
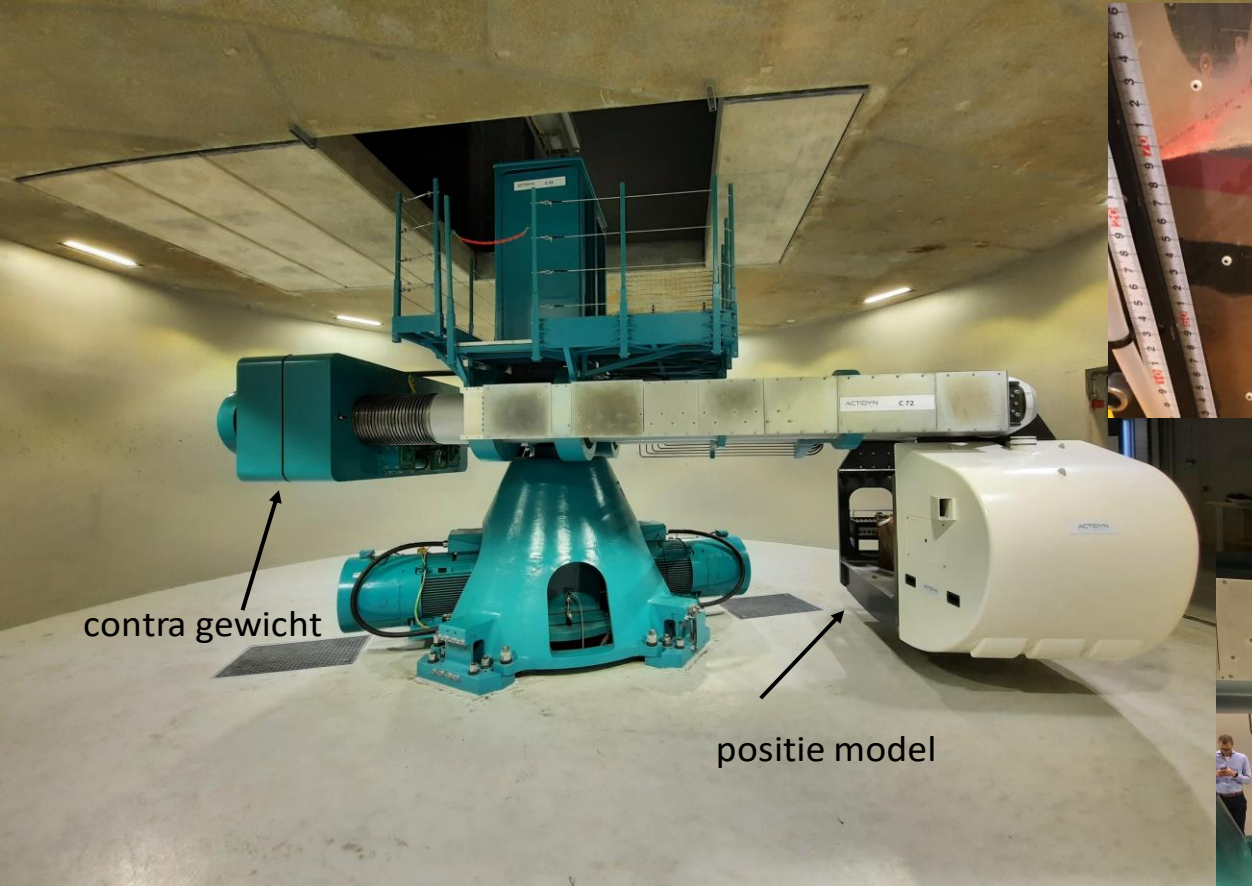
Eemkleilaag

Zandlaag 2^e WVP



2 deepwells
nabij IJssel om
water uit te
pompen voor de
infiltratieputten





81 waterspanningsmeters

15 x SAAF

9 Extensometers

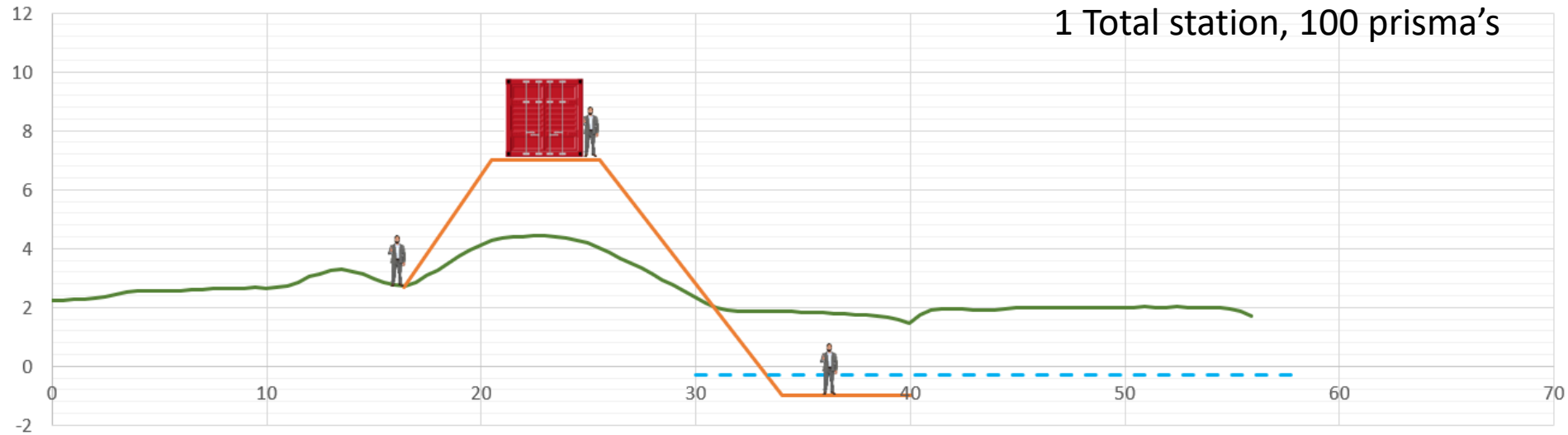
2 Go-Pro's

1 Videocamera

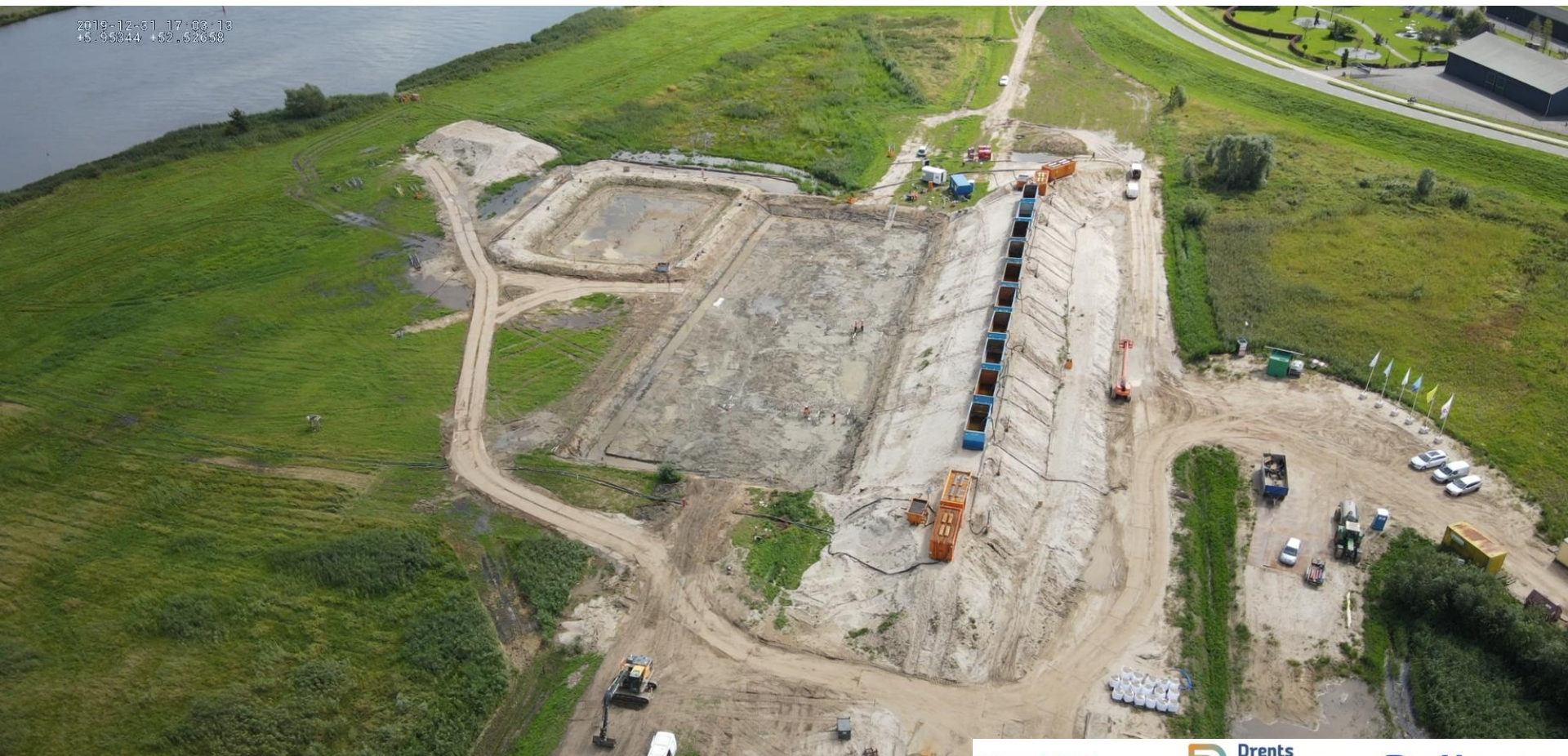
1 Drone met infrarood

1 Total station, 100 prisma's

Ontwerp



2019-12-31 17:03:13
+5.55844 +52.52658



Risico's tijdens het project



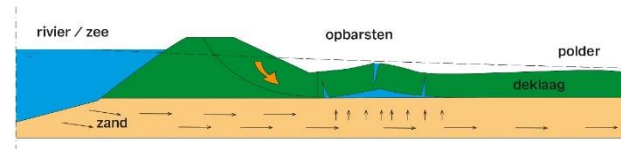
Falen van de kering!



DJI 0292 W/MP4

Achtergrond van het onderzoek

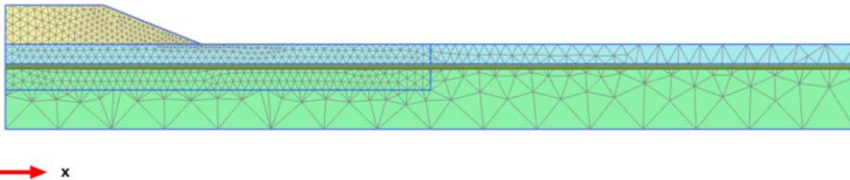
- In huidige adviespraktijk wordt aangenomen opdrijven = opbarsten; sterkte deklaag speelt geen rol bij analyse opbarsten
- Voor faalmechanisme piping geldt dat opbarsten deklaag een belangrijke voorwaarde is voor het optreden van het mechanisme.
- Verwachting is dat met meer inzicht in opbarsten van dekragen, beter kan worden ingeschat waar mechanisme piping wel of niet kan optreden.
- Voor faalmechanisme Macrostabiliteit binnenwaarts wordt arbitraire onderscheid gemaakt in dunne (< 4 m) en dikke dekragen. Aannee in huidige praktijk is dat bij opdrijven dunne dekragen hun sterkte volledig verliezen als gevolg van opbarsten.
- Verwachting is dat met meer inzicht in opbarsten van dekragen, stabiliteitsberekeningen beter aansluiten met fysica waardoor onzekerheden afnemen.
- Opbarsten deklaag relevant voor 243 km dijk (Macrostabiliteit).
- Door veranderend klimaat zal deze lengte toenemen.
- Door toenemende urbanisatie steeds minder ruimte voor klassieke oplossingen



Opzet van het onderzoek

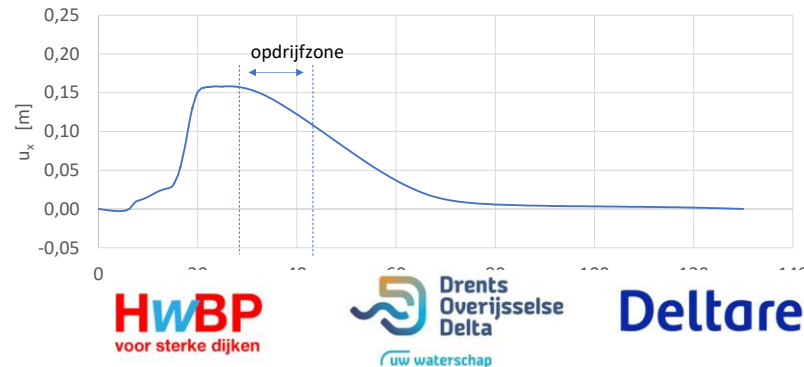
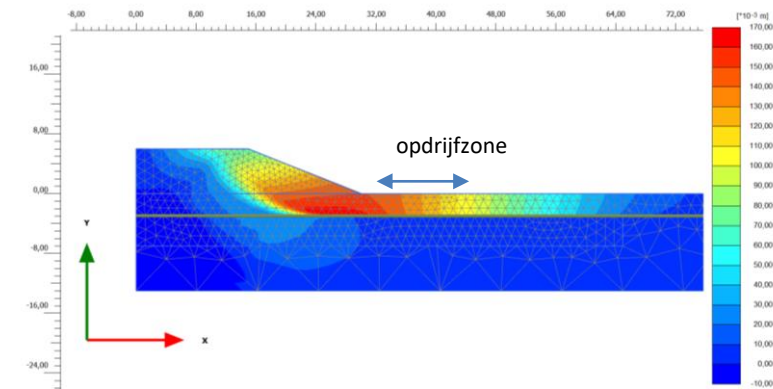
Combinatie van:

- Numeriek onderzoek,
- Modelonderzoek
- Veldexperiment



Numeriek onderzoek

- Numerieke berekeningen laten drukstaaf zien
- Uitknikken alleen onder bijzondere omstandigheden
- Deklaag na opdrijfzone draagt bij aan drukstaaf
- Onderscheid tussen opdrijven bij stabiele dijk en opdrijven bij instabiele dijk
- Doorlatendheid deklaag bepalend voor opdrijf lengte
- Predicties voor centrifugeproeven en veldproef



Centrifuge onderzoek

In totaal 13 proeven

In aanvulling en voorbereiding op veldproef en numerieke studie

In centrifugeproeven variëren met deklaagdiktes (3) en voorbelasting klei (2)

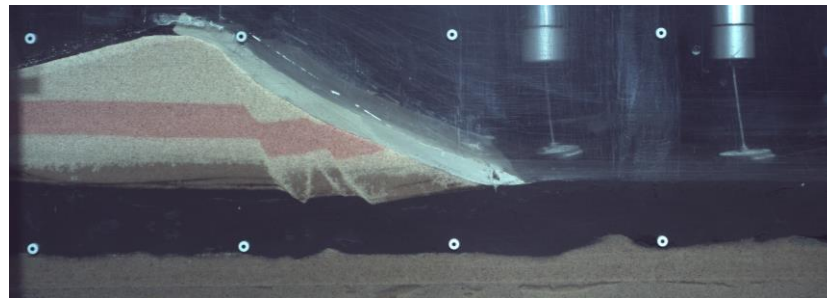
Opdrijfpotentiaal aanbrengen bij 80 g, bezwijken door g-niveau verder te verhogen

Geen opbarsten, wel wellen bij klei met lage voorbelasting

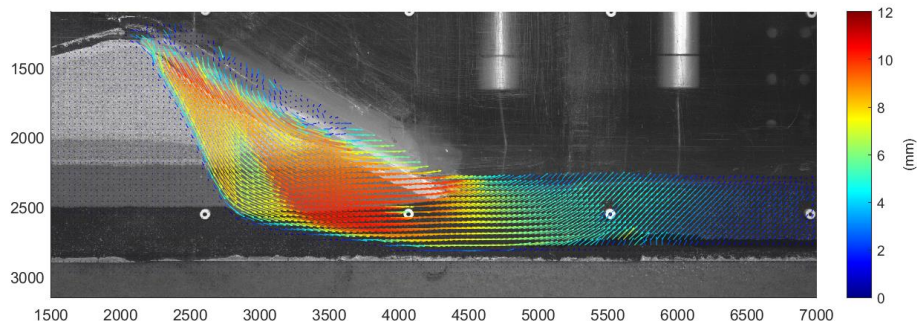
Geen afschuiven bij dunste deklagen

Drukstaaf zichtbaar bij medium laagdikte

Meer details op geotechniekdag

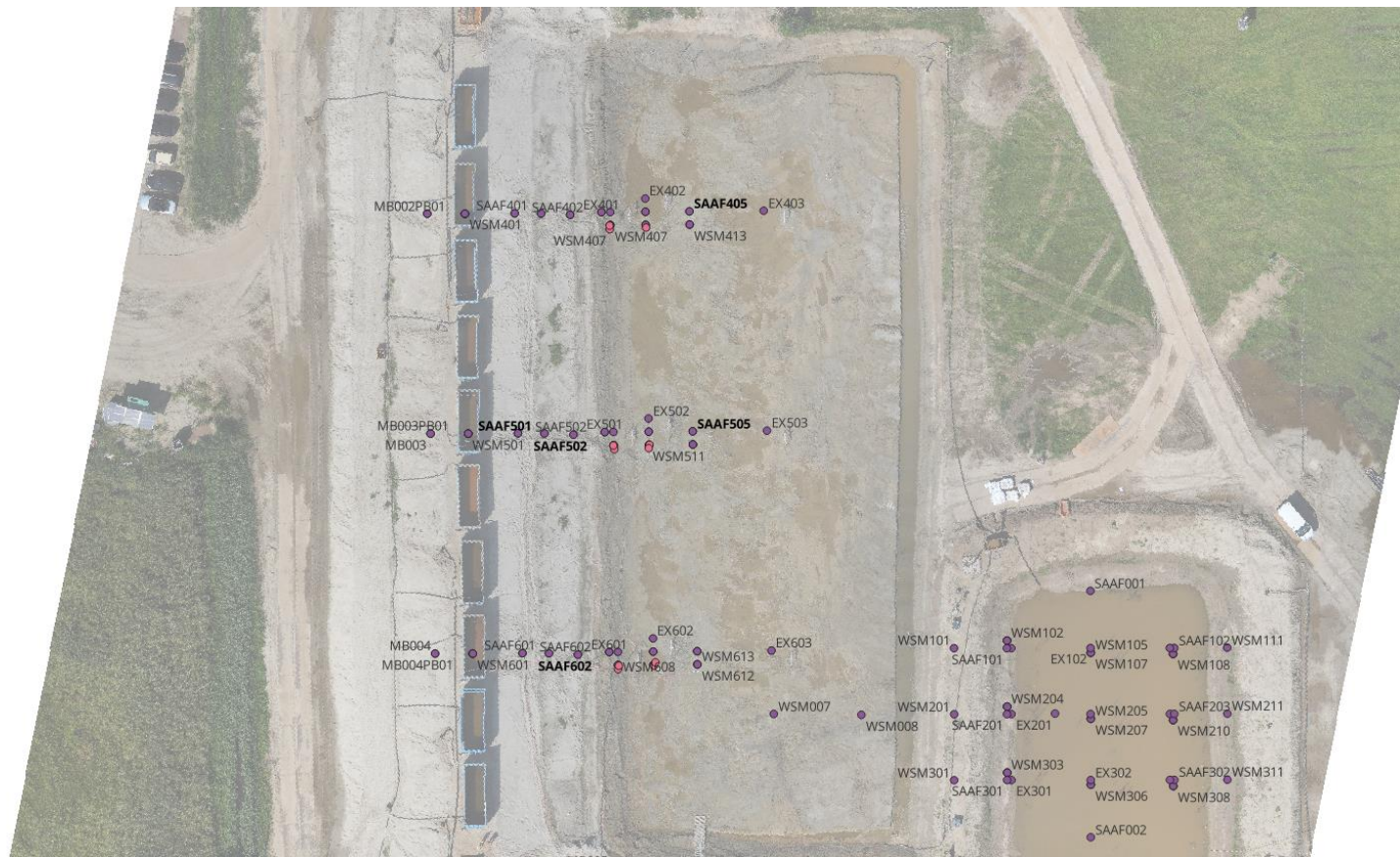


Proef 10



Proef 11

Proefveld



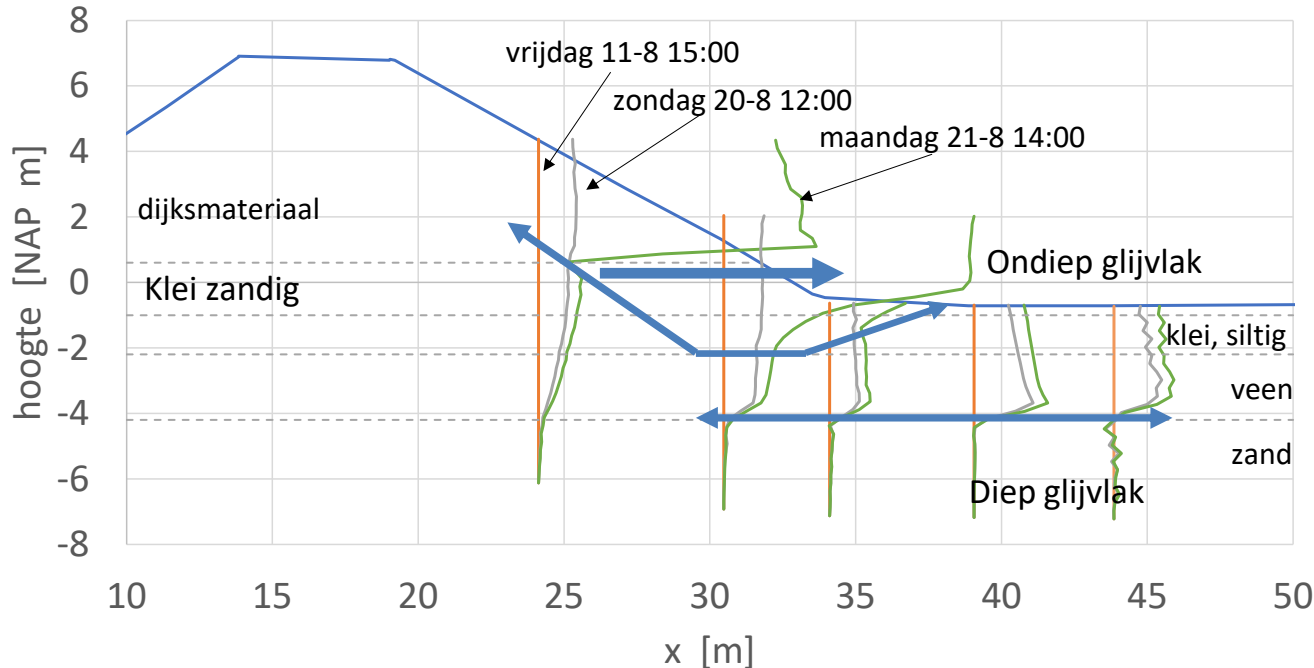
Veldexperiment (opbouw)



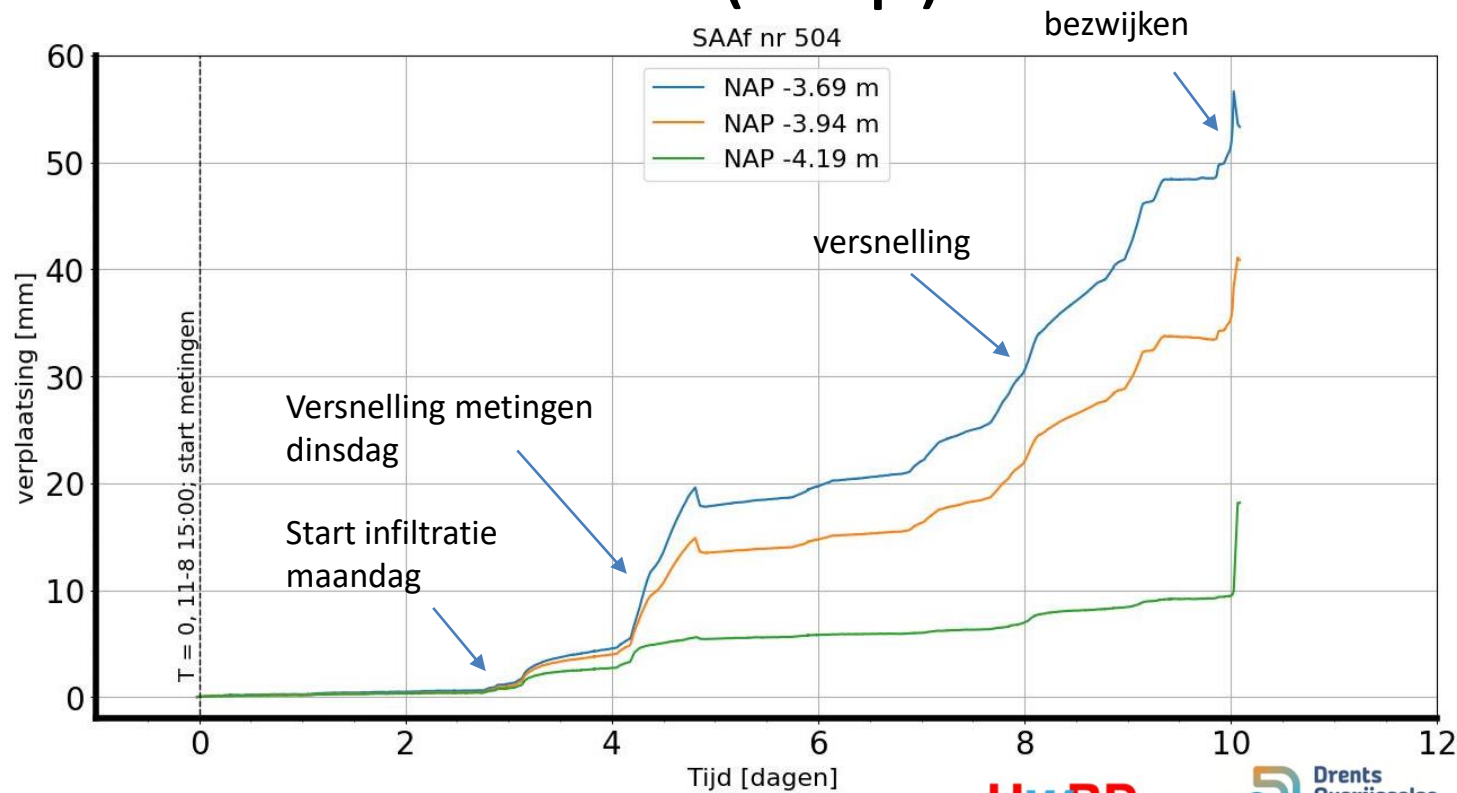
Glijvlak (raai 5)

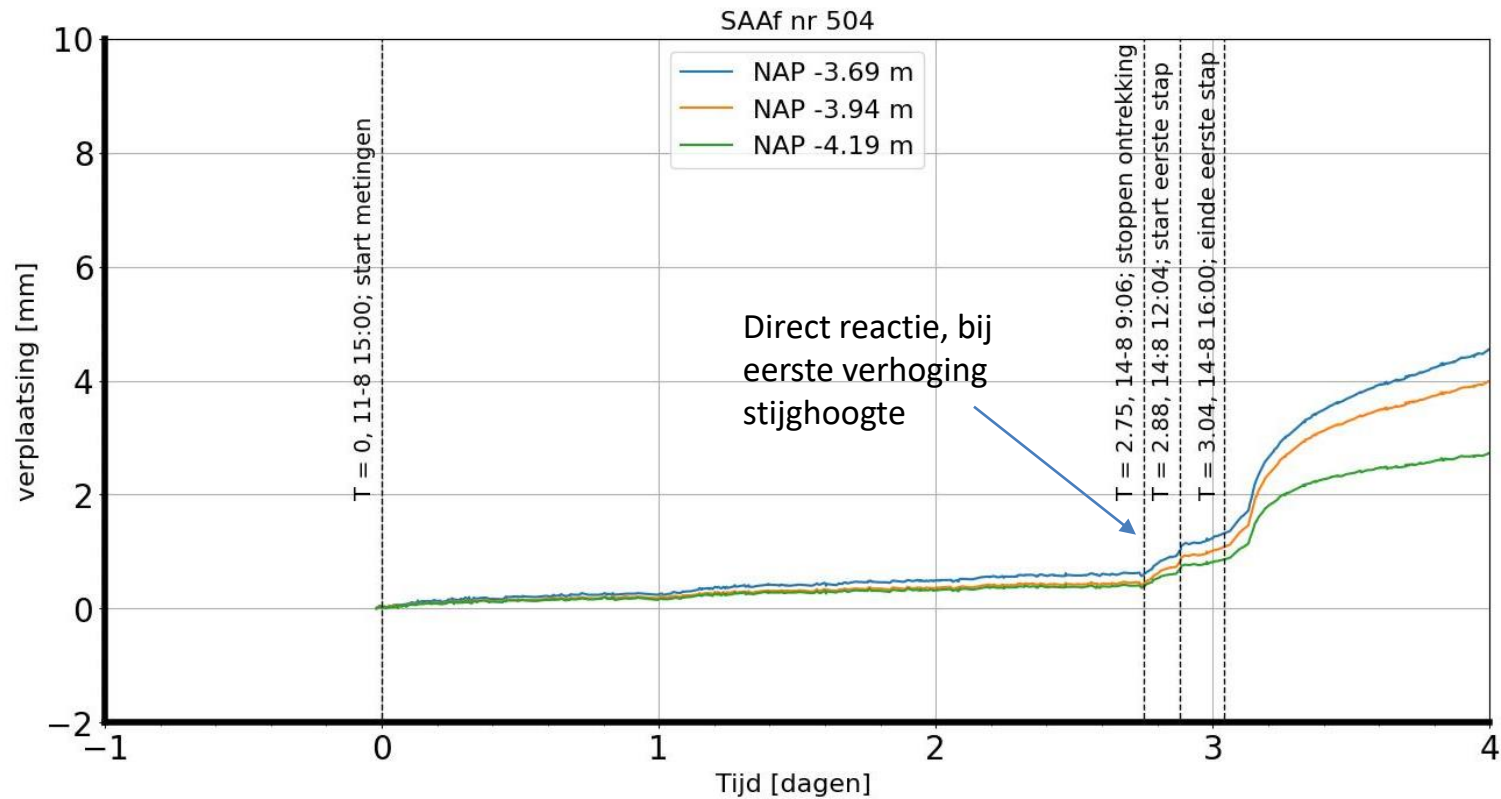
Diep en ondiep glijvlak
Sluit aan bij ontwerpberekeningen
Bij vullen dijkskern ontwikkelt
ondiep glijvlak

raai 5, verpl niet op schaal

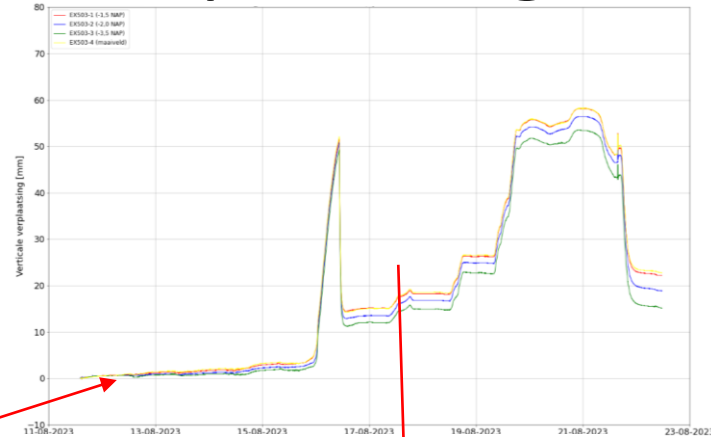
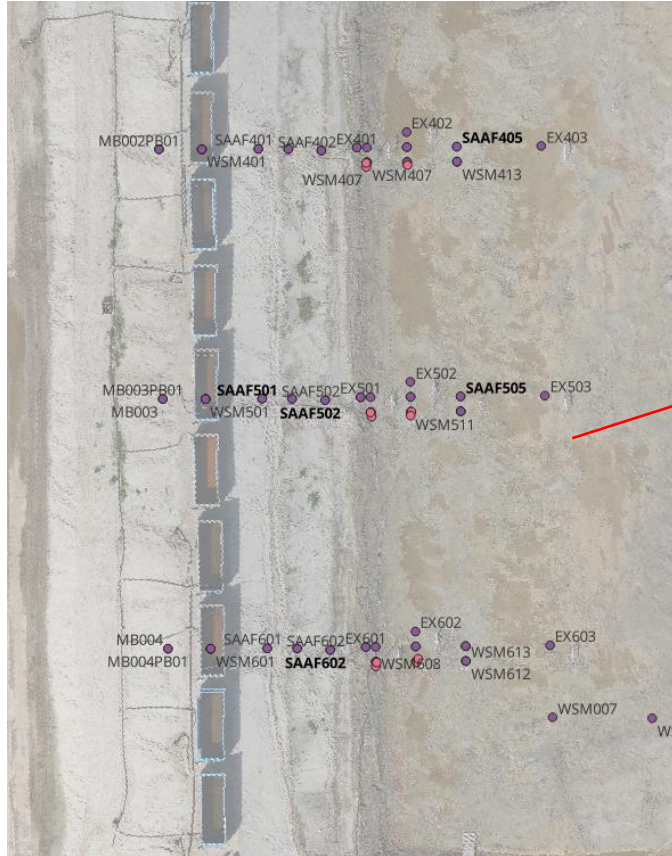


Horizontale verplaatsingen 5 m uit teen, raai 5 (diep)

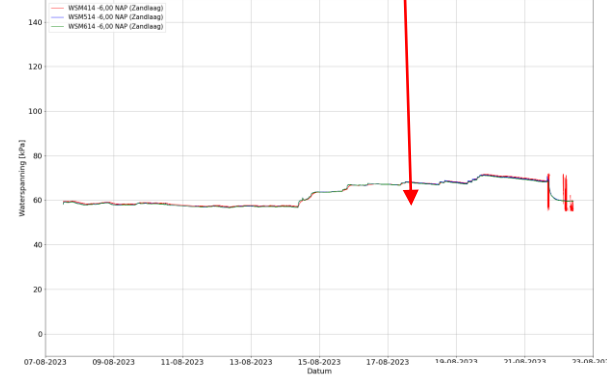




Verticale verplaatsingen



Gemeten waterspanning (door Wiertsema) in het zand in het achterland (WSM414, WSM514 en WSM614), periode: 7-8-2023 00:00 - 23-8-2023 00:00



Samenvatting

- Uitgebreid onderzoek naar opdrijven en opbarsten bij dijken
- Geen opbarsten gevonden, zowel in centrifugeproeven als in veldproef
- Wel zijn wellen gevonden, met name in centrifugeproeven
- De wel vorming in centrifugeproeven lijkt samen te hangen met consolidatiespanning van de klei
- M.b.t. stabiliteit lijkt drukstaaf model een goede weergave van de waarnemingen ook voor dunne deklagen
- Analyse data en vergelijking met numerieke analyses zijn net gestart, te vroeg voor conclusies en aanbevelingen



Deltares



HWBP
voor sterke dijken

