



ERT – lidar voor detectie en monitoring van beverholen in/nabij dijken

Karel Hagemans – BZIM
Tirza Schaffers – Fugro
16-6-2026



INGENIEURS &
MANAGERS
ADVIES IN WATER

Aanleiding:

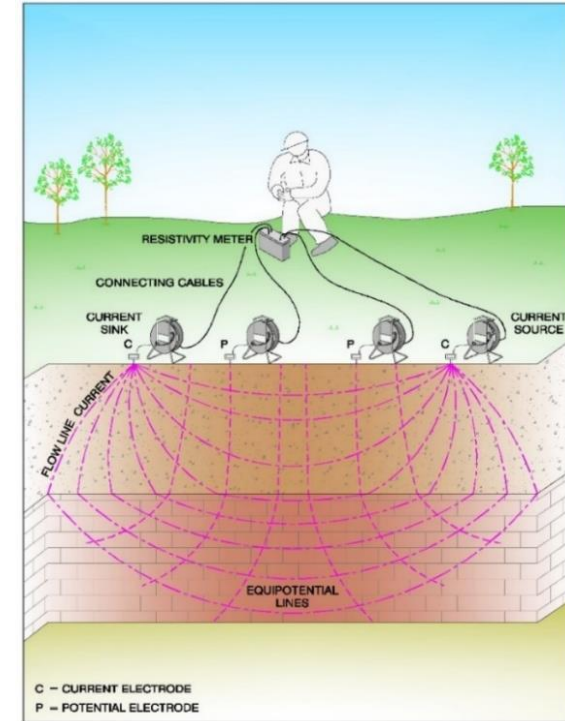
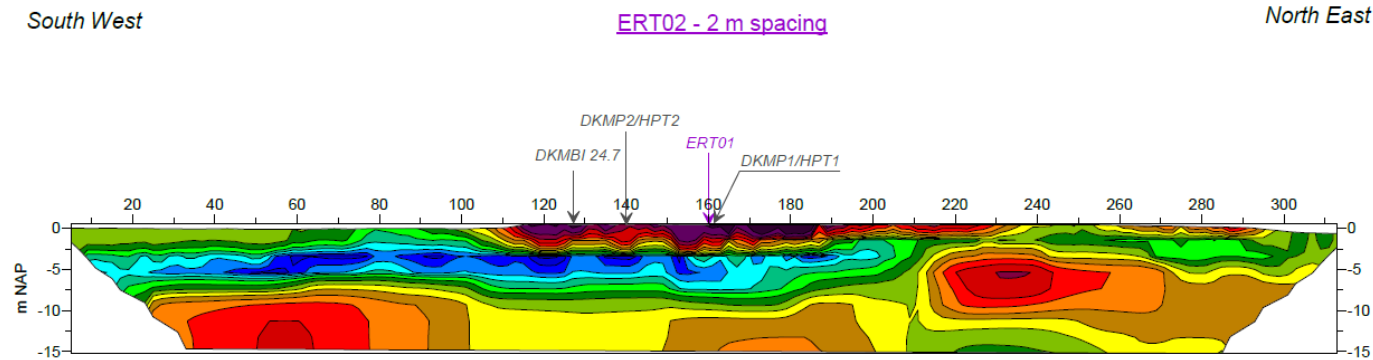
- STOWA: Noodzaak voor de verkenning van meet en monitoringstechnieken rondom dierlijke graverij
- Aa en Maas
- BZIM en Fugro → ERT



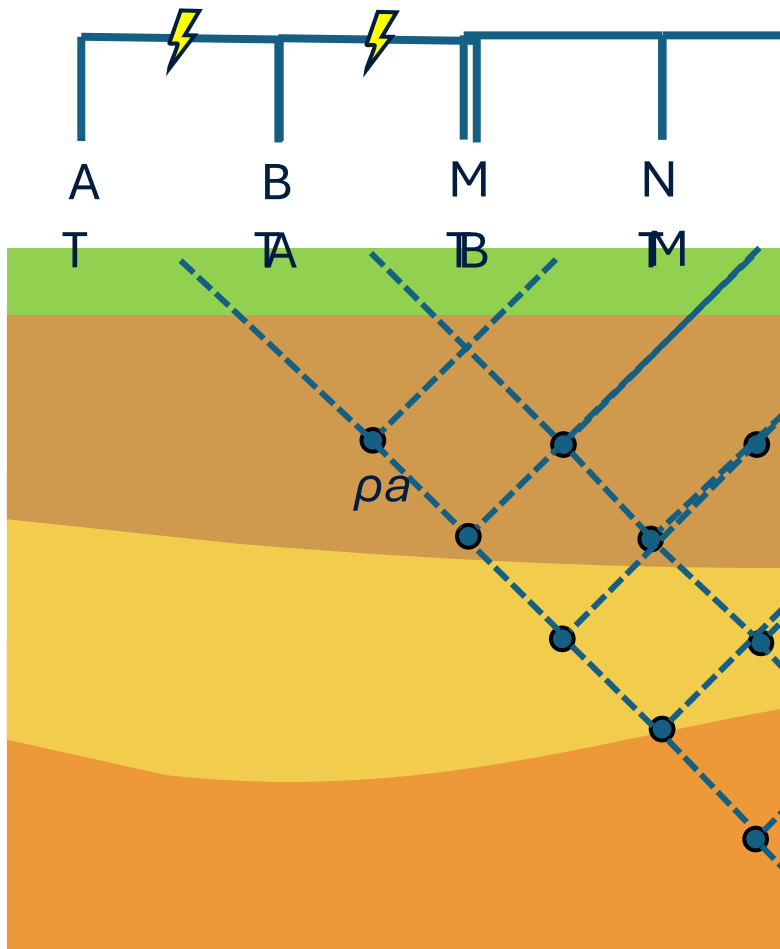
INGENIEURS &
MANAGERS
ADVIES IN WATER

Wat is ERT:

- Electrical Resistivity Tomography (ERT)
- Verschillende soorten grond en gesteente kunnen verschillende elektrische eigenschappen hebben.
- Holle ruimtes resulteren in toename in elektrische weerstand.



Wat is ERT:



A en B stroom elektroden – M en N potentiële elektroden

$$R = V/I \text{ (Wet van Ohm)}$$

$$\rho_a = R * k \text{ (schijnbare elektrische weerstand) ohm.m.}$$

D.m.v. **inversie** worden uit ρ_a de werkelijke elektrische weerstanden berekend.

Elektrische weerstand Zand > Klei en Veen

Resolutie is afhankelijk van elektrodeafstand, meetprotocol, en grondslag en neemt af met de diepte.

Toegevoegde waarde ERT:

- Non-destructief & light footprint
- Gevoelig voor elektrische weerstandsverschillen
- Profielmeting
- Laterale continuïteit in beeld
- Zoet-/zout water
- Classificatie van grondsoorten
 - Klei lage elektrische weerstand
 - Zand hoge elektrische weerstand
- Bewezen effectief voor dijken, en gevoelig voor holle ruimtes



INGENIEURS &
MANAGERS
ADVIES IN WATER

Foto's



fugro



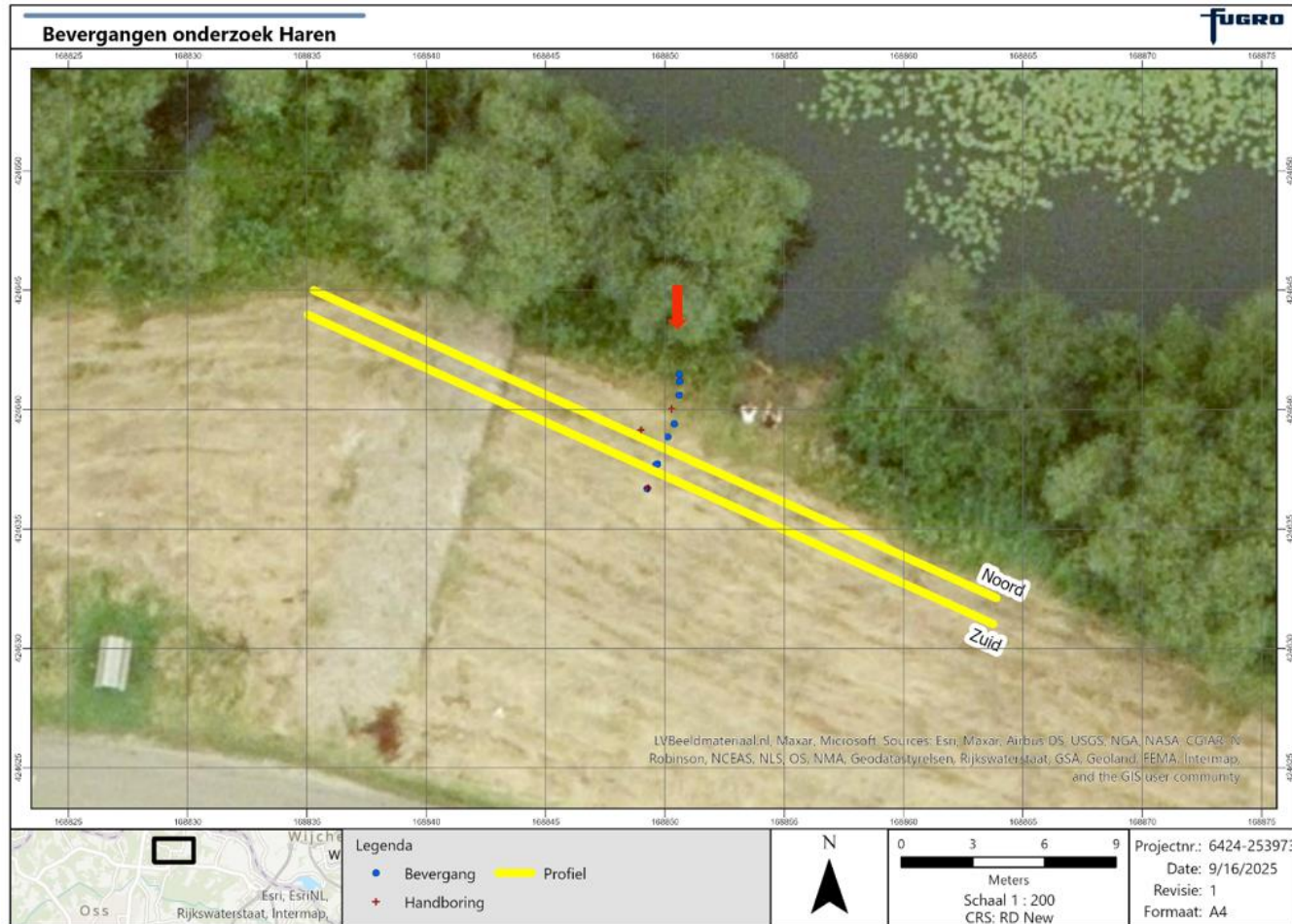
INGENIEURS &
MANAGERS
ADVIES IN WATER

Uitvoering in het veld:

- Metalen elektroden 10-15 cm in de grond
- Meetkabel aansluiten
- Meetprotocol bepalen (Wenner Schlumberger, Dipool-Dipool)
- 2 Stroom en 2 potentiaal elektroden



Onderzoekslocatie Haren:

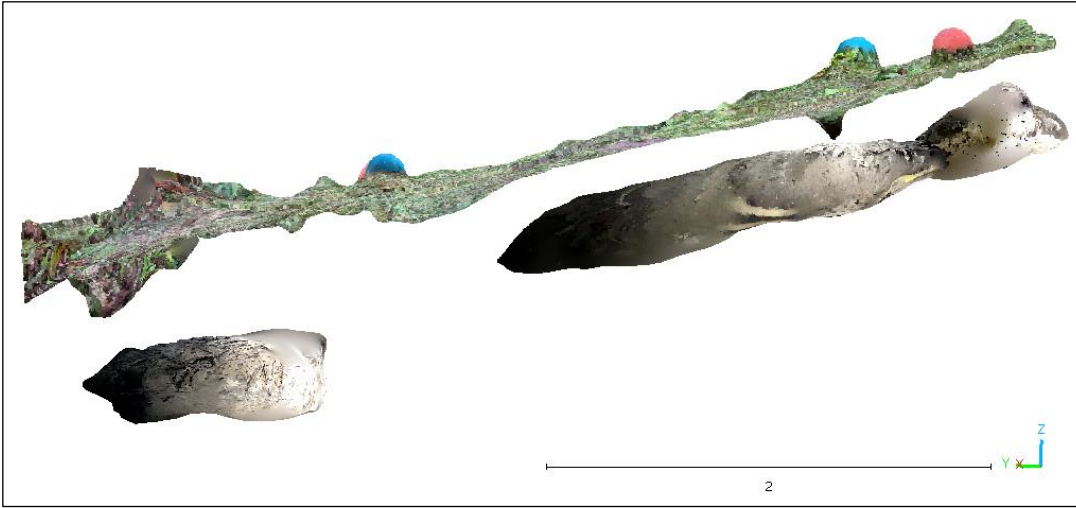


Uitgevoerde werkzaamheden:

- Veldbezoek met handboring en verkennende lidarmeting
- Volledige lidarmeting en uitzetten van het hol in het veld t.b.v. de ERT-meting
- ERT-meting van twee profielen dwars over het hol



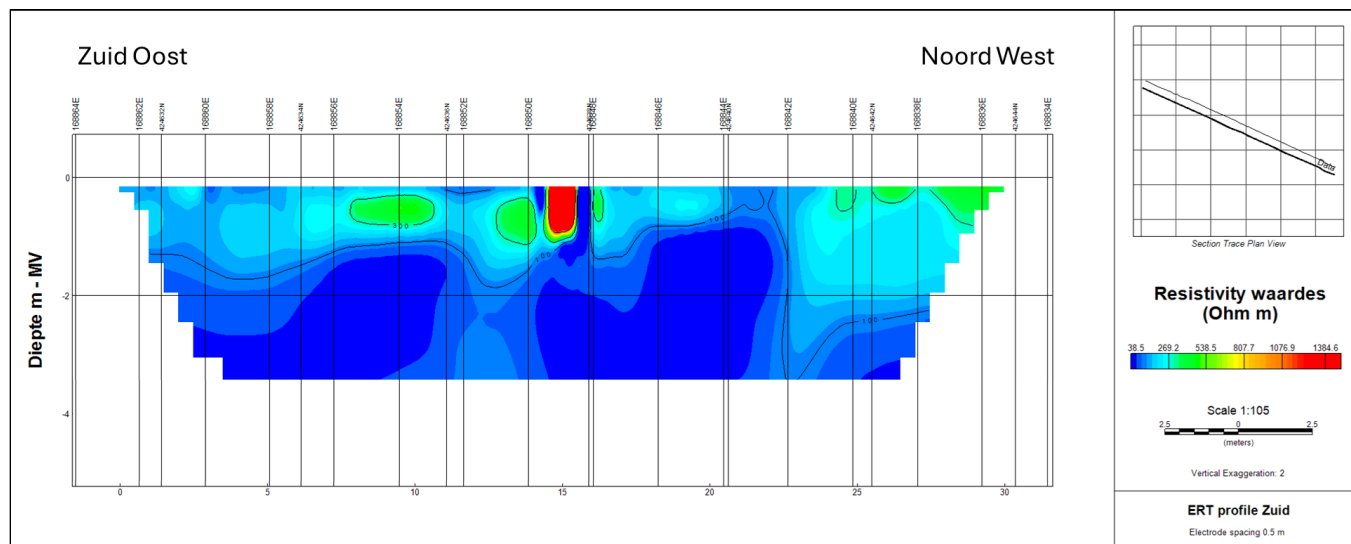
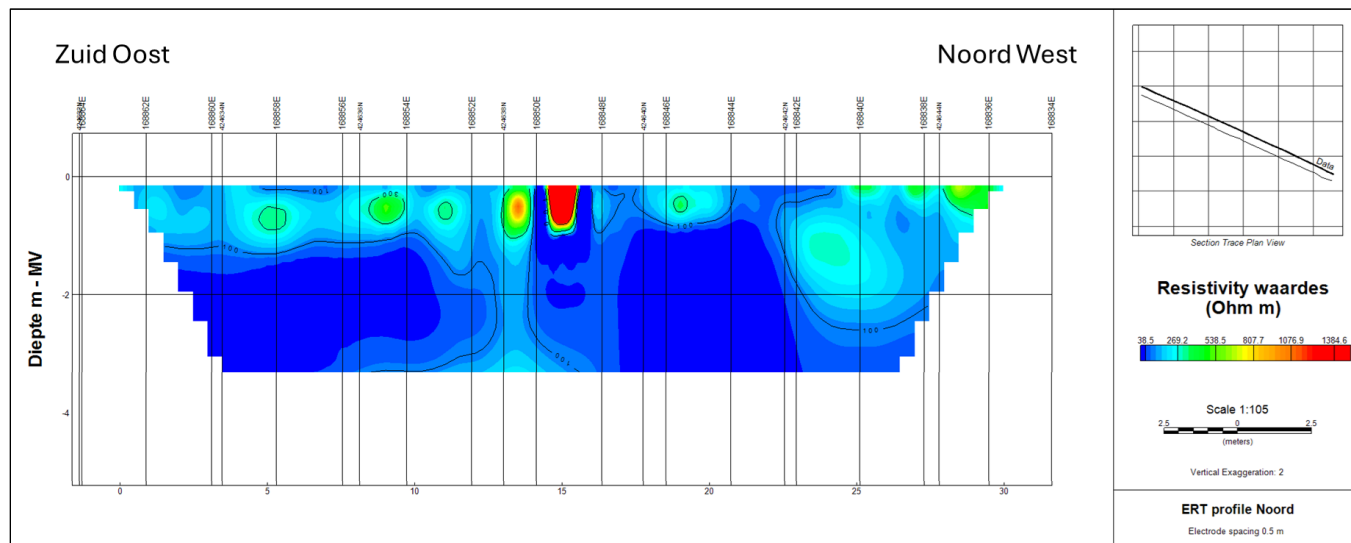
Resultaten lidarmeting:



- Beverhol heeft een ondiepe ligging tussen 10-55 cm onder mv.
- Het hol bestaat uit twee afzonderlijke delen, mogelijk als gevolg van een instorting.
- Beide ERT-profielen zijn over het bovenste deel van het hol uitgezet.

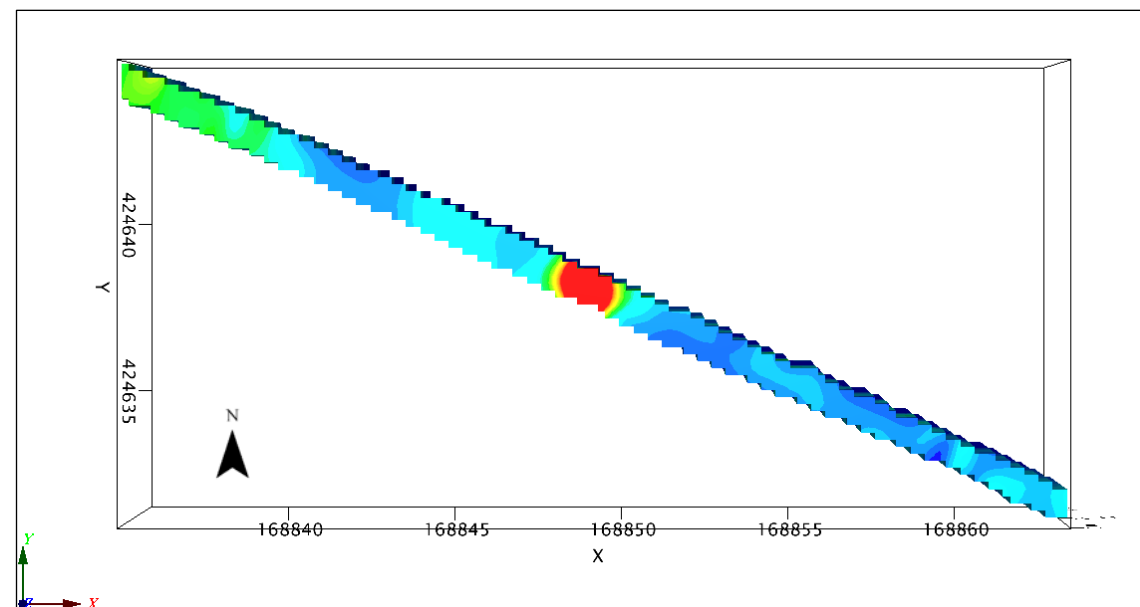
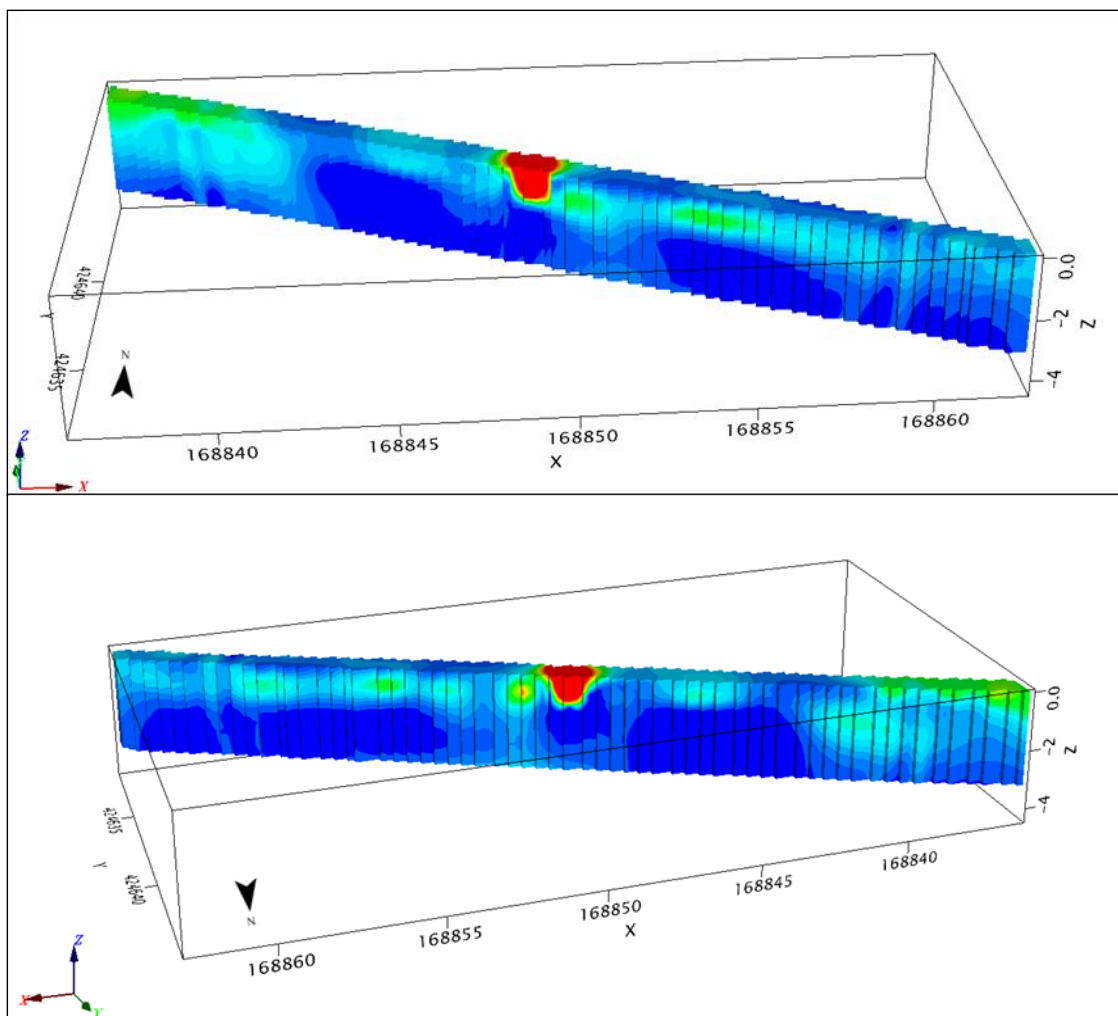
Locatie	Gang/kamer	Lengte vanaf begin tot einde gang	Diameter gang of kamer (breedte)	Diepte bovenkant gang t.o.v. maaiveld, excl. de locaties met een gat in het maaiveld.	Inhoud gangenstelsel
Beverhol bij Haren (Aa en Maas)	Gang (totaal)	3.76 m	0.15 – 0.38 m	0.12 – 0.53 m	0.33 m ³
	Gang (onderzijde talud)	1.18 m	0.15 – 0.38 m	0.44 – 0.53 m	0.18 m ³
	Gang (bovenzijde talud)	2.58 m	0.15 – 0.38 m	0.12 – 0.32 m	0.15 m ³

Resultaten ERT-meting:



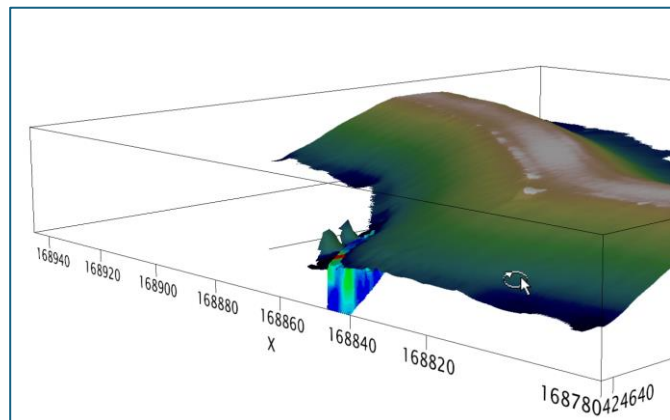
INGENIEURS &
MANAGERS
ADVIES IN WATER

Resultaten ERT-meting:

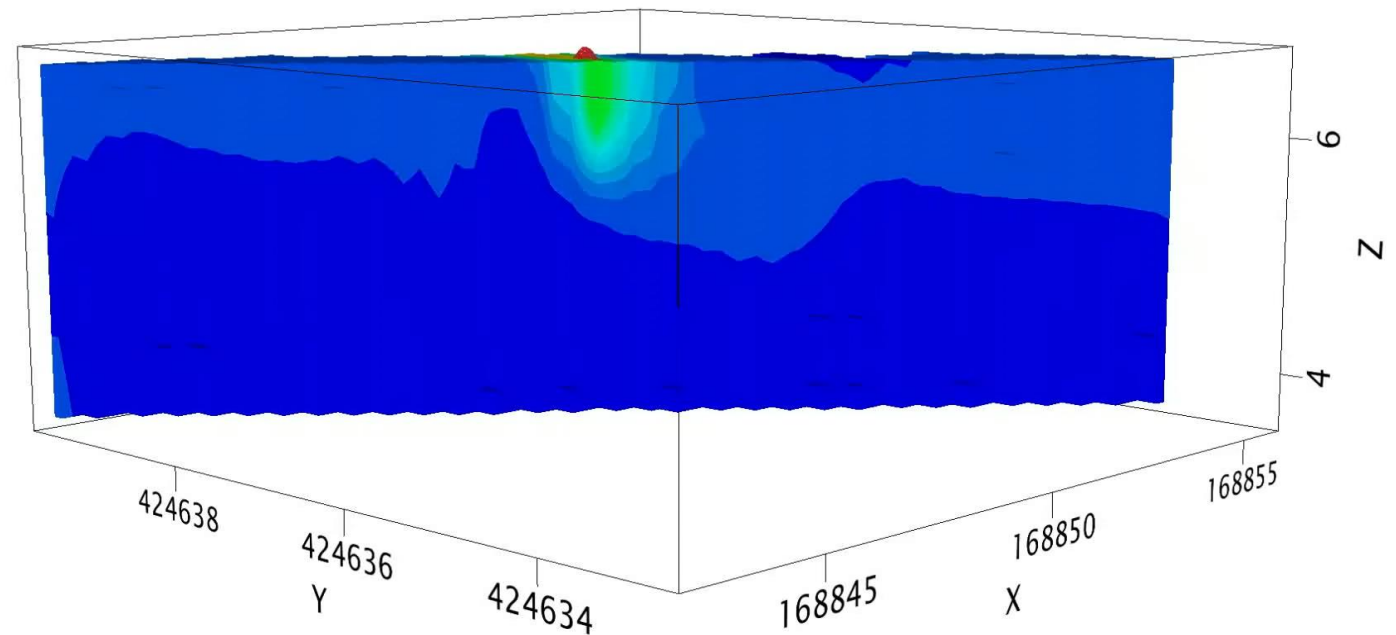


Resultaten ERT-meting:

- 2 parallelle meetlijnen
- 2D -> 3D Voxel
- Graverij = holle ruimte
-> Hoge weerstand
- Verificatie met 3D Lidar
-> zeer goede fit



3D Voxel + Topografie (AHN)



Vervolg ERT: monitoring



INGENIEURS &
MANAGERS
ADVIES IN WATER

Doorgroei naar monitoring met ERT:

Doelstelling:

- Aantonen van ERT als effectieve en betrouwbare techniek voor vroegtijdige detectie en **langdurige monitoring** van bevergraverijen, ter ondersteuning van risico gestuurd dijkbeheer.
- Positioneren van ERT als sterke en schaalbare oplossing ten opzichte van alternatieve technieken, met meerwaarde in **ruimtelijk inzicht** en **herhaalbaarheid**.
- Ontwikkelen van een **gestandaardiseerde aanpak** voor toepassing, interpretatie en implementatie binnen beheerpraktijk.

Verkennen van vervolg richting monitoring :

