

Hoogtebeoordeling regionale waterkeringen

Marien Boers; Waterschap Rivierenland

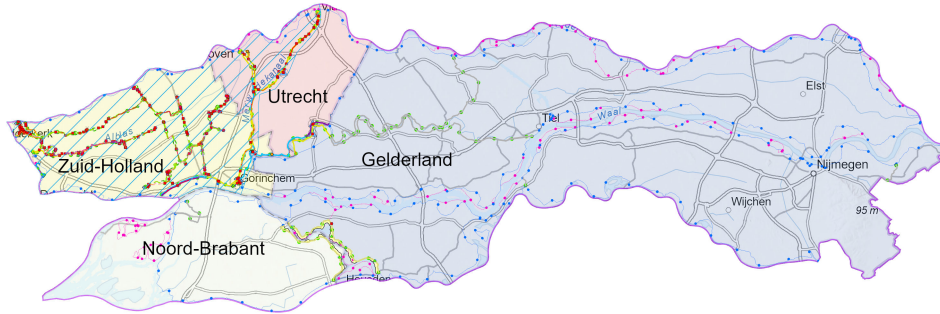
Congres AHN en Beeldmateriaal 3 juni 2026

*sterke dijken
schoon water*

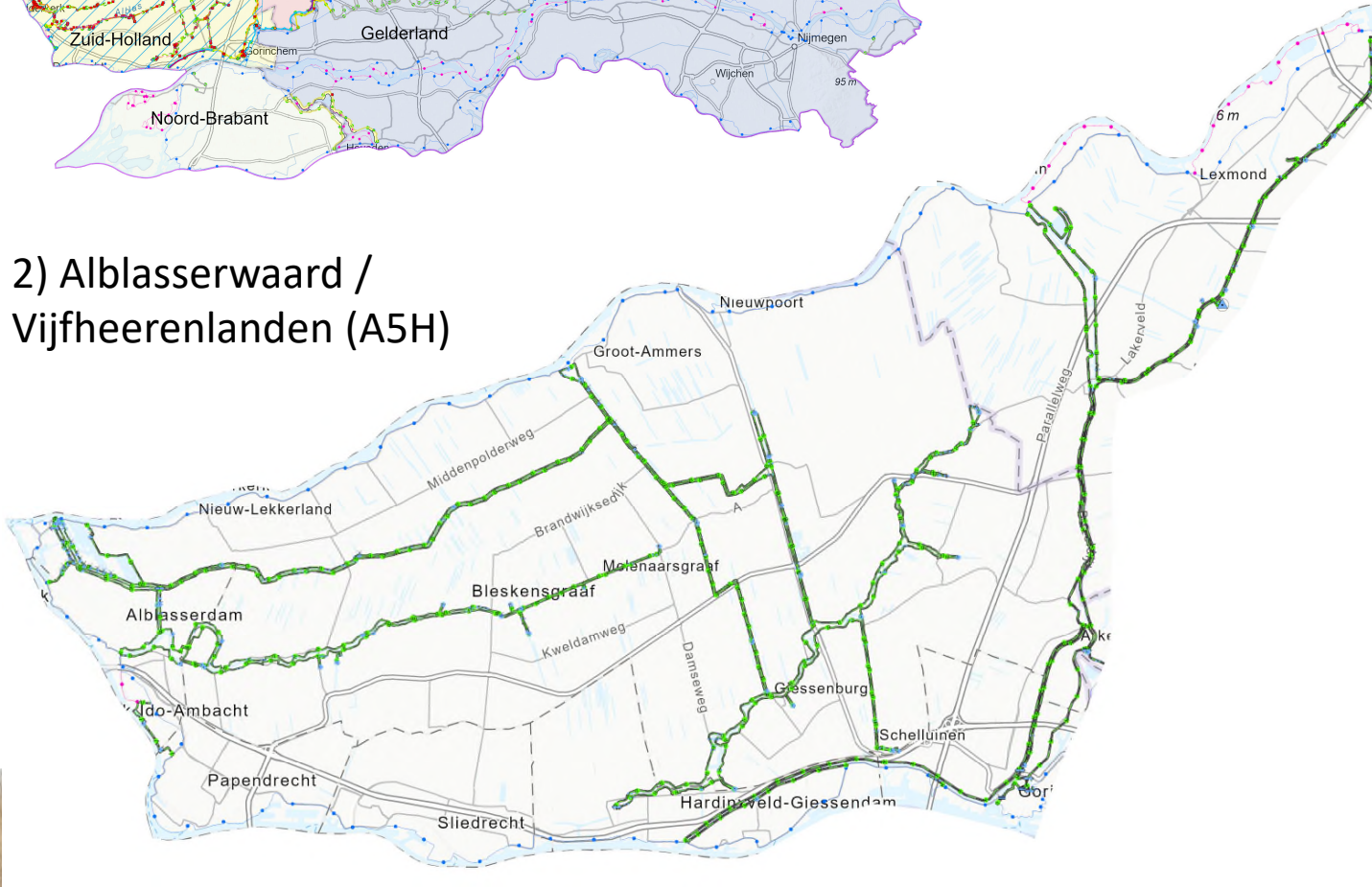


Regionale keringen WSRL

1) Waterschap Rivierenland



2) Alblasserwaard / Vijfheerenlanden (A5H)



- 1) Waterschap Rivierenland beheert 289 km regionale keringen met een veiligheidsnorm
- 2) 237 km ligt in het gebied Alblasserwaard / Vijfheerenlanden (A5H)
- 3) Dit gebied kent een bodemdaling van ongeveer 5 – 15 mm / jaar
- 4) Daardoor is permanent aandacht nodig voor de hoogte van de waterkering



Informatiebehoefte hoogte



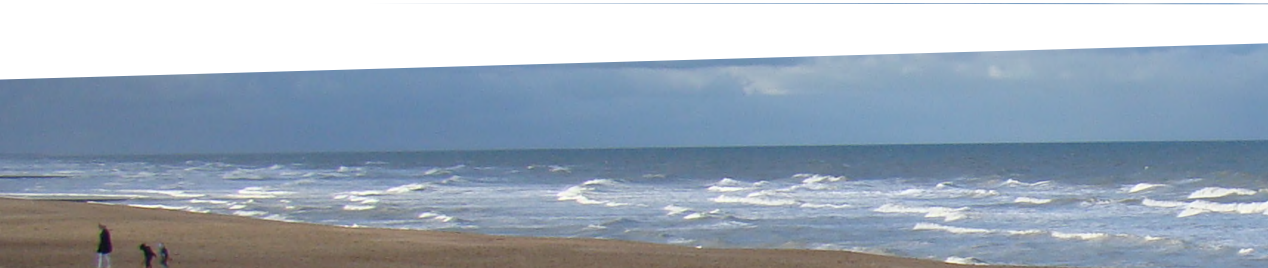
- 1) Elke 12 jaar toetsen we de hoogte van de kering (conform de wet)
- 2) We weten dan of de hoogte wel of niet voldoet
- 3) Maar we willen meer weten:
 - a) Als voldoet: Wat is de houdbaarheid?
 - b) Als niet voldoet: Wat is het tekort?
- 4) Om hier antwoord op te krijgen is een nieuwe hoogtebeoordeling ontwikkeld
- 5) Hiermee bepalen we de scope van de verbeteropgave
- 6) NB: De nieuwe hoogtebeoordeling is niet de hoogtetoets 2024



De aanpak: Inspireren door kustlijnonderhoud

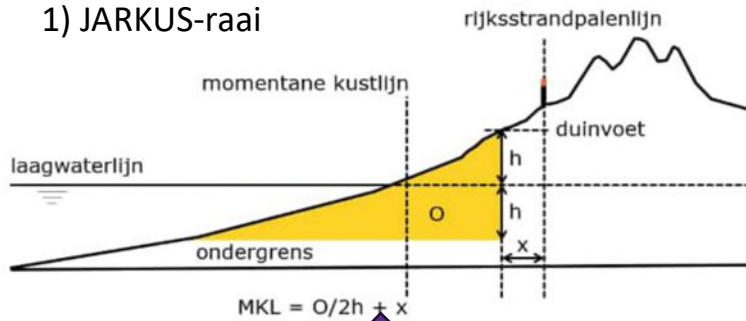
Waterkeringen zakken

Kusten eroderen

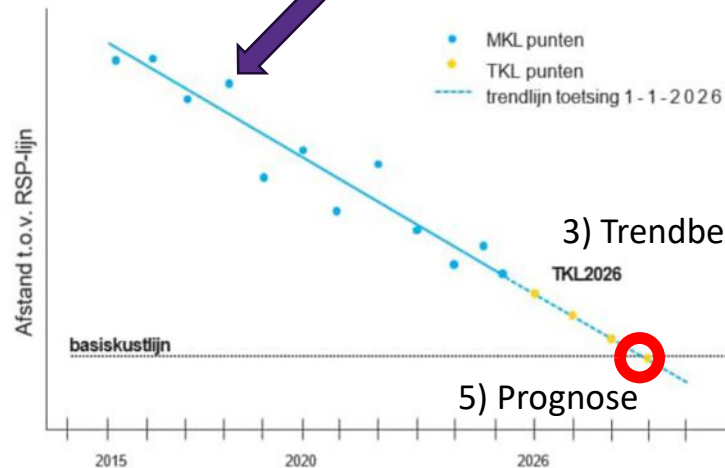


Methode Kustlijnonderhoud Rijkswaterstaat

1) JARKUS-raai



2) Berekening MKL



3) Trendberekening

4) BKL

5) Prognose

6) suppletie

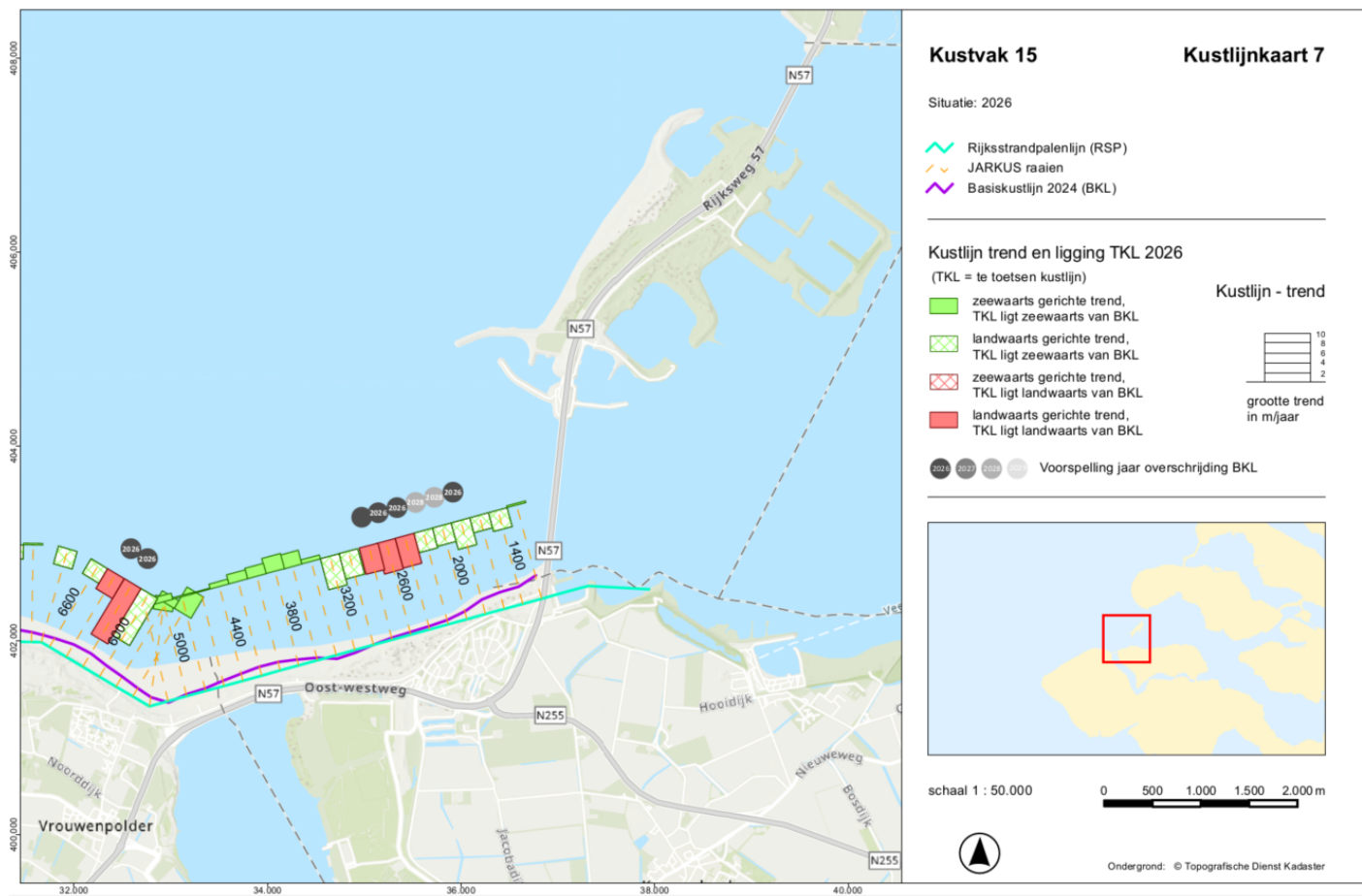


- 1) Brongegevens: Jaarlijkse Kustmetingen (JARKUS)
- 2) Indicator: momentane kustlijn (MKL)
- 3) Trend: te Toetsen Kustlijn (TKL)
- 4) Criterium: BasisKustlijn (BKL)
- 5) Prognose: Tijdstip $TKL < BKL$
- 6) Maatregel: Kustsuppletie

Uit Kustlijnkaarten_2026



Presentatie in kustlijnkaarten



- Rijksstrandpalenlijn (RSP)
- JARKUS raaien
- Basiskustlijn 2024 (BKL)

Kustlijn trend en ligging TKL 2026

(TKL = te toetsen kustlijn)

- zeewaarts gerichte trend, TKL ligt zeewaarts van BKL
- landwaarts gerichte trend, TKL ligt zeewaarts van BKL
- zeewaarts gerichte trend, TKL ligt landwaarts van BKL
- landwaarts gerichte trend, TKL ligt landwaarts van BKL

Voorspelling jaar overschrijding BKL

Kustlijn - trend

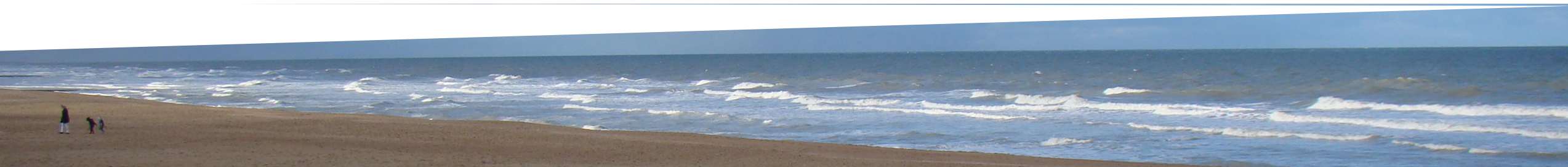


grootte trend in m/jaar

Prognose

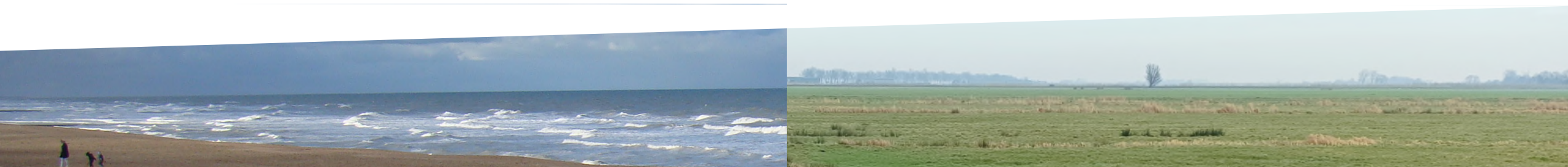
De trend [m/j]

Uit Kustlijnkaarten_2026



Vertaling van kust naar kering

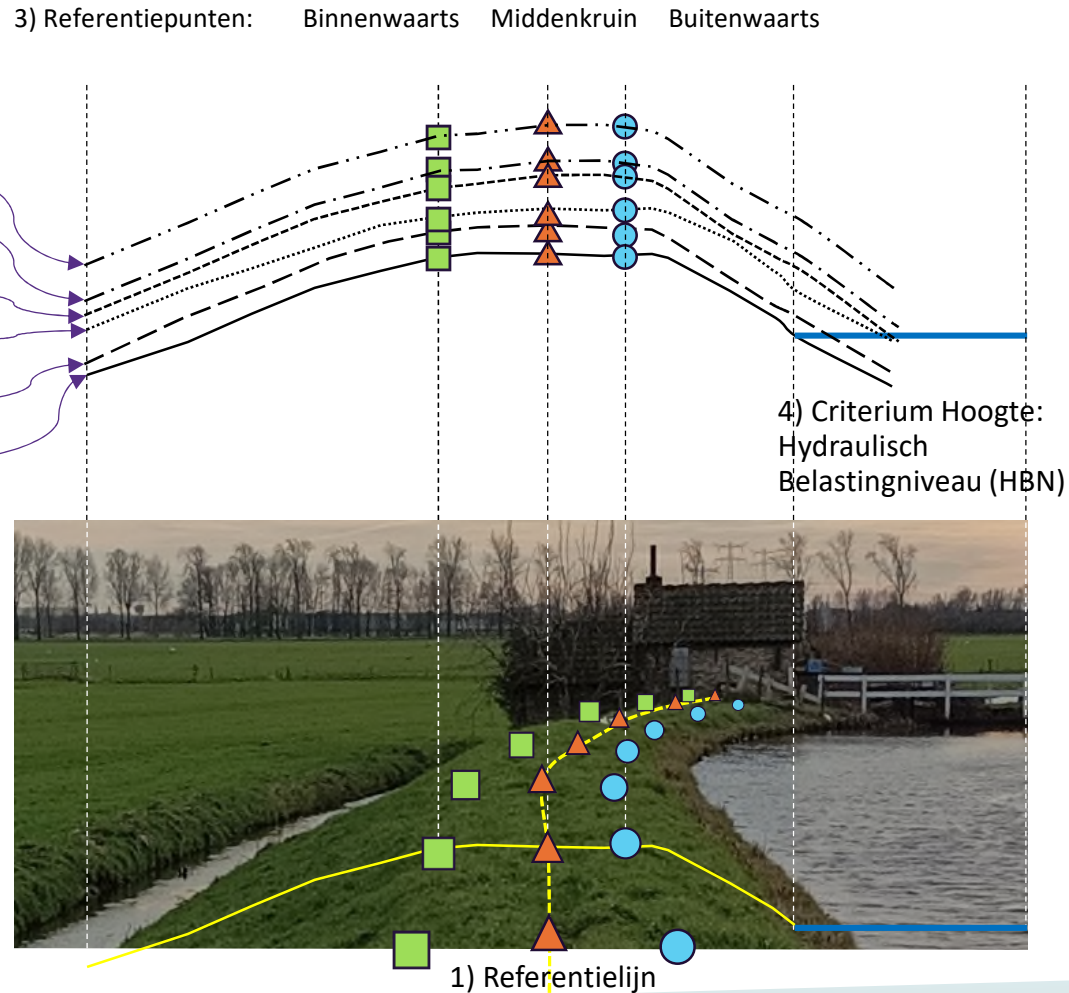
	Kustlijnonderhoud	Hoogteopgave regionale kering
Brondata	JARKUS-raaien	Vlakdekkende metingen (FLIMAP / AHN)
Indicator	Momentane Kustlijn (MKL)	Kruinhoogte: 3 referentiepunten
Trend	Kustachteruitgang [m/jaar]	Kruindaling [mm/jaar]
Criterium	Basiskustlijn (BKL)	Hydraulisch Belasting Niveau (HBN)
Prognose	Te Toetsen Kustlijn (TKL)	Hoogtetekort of houdbaarheid op peildatum
Maatregel	Kustsuppletie	Ophoging



Definities hoogtebeoordeling kering

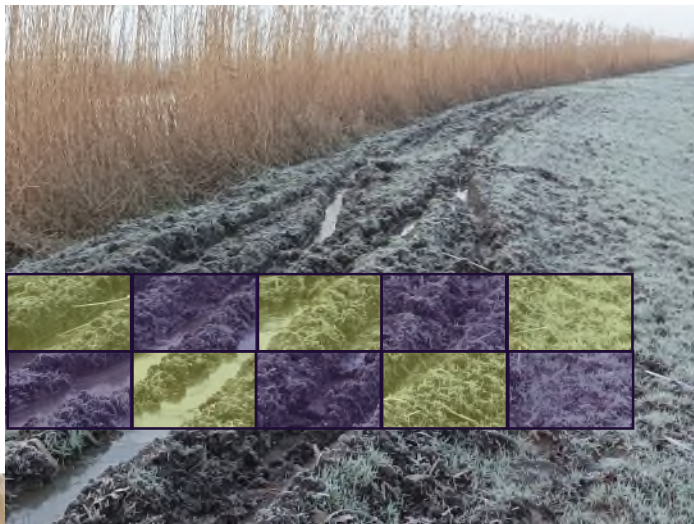
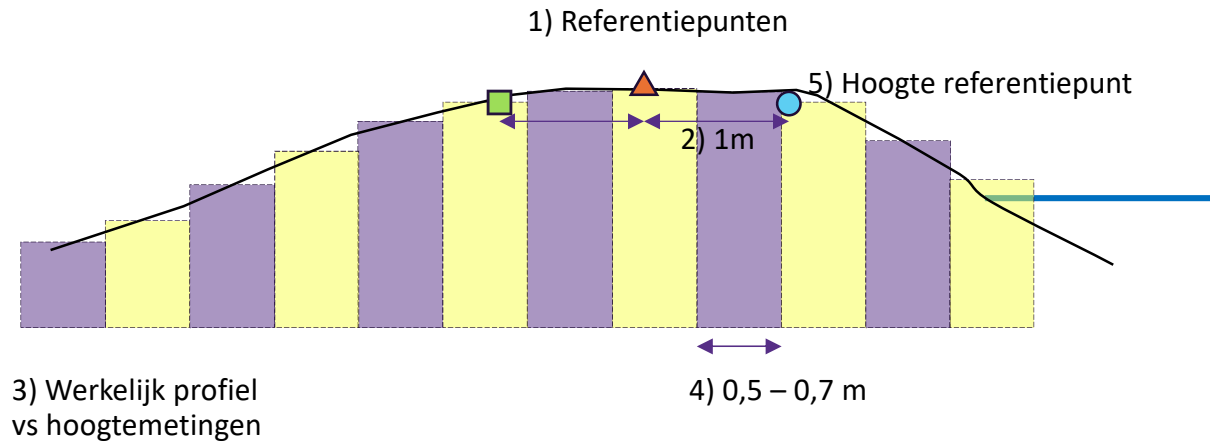
5) Vlakdekkende metingen in de tijd:

FLIMAP	2002
FLIMAP	2007
AHN2	2011
AHN3	2014-2015
AHN4	2019-2020
AHN5	2022-2024



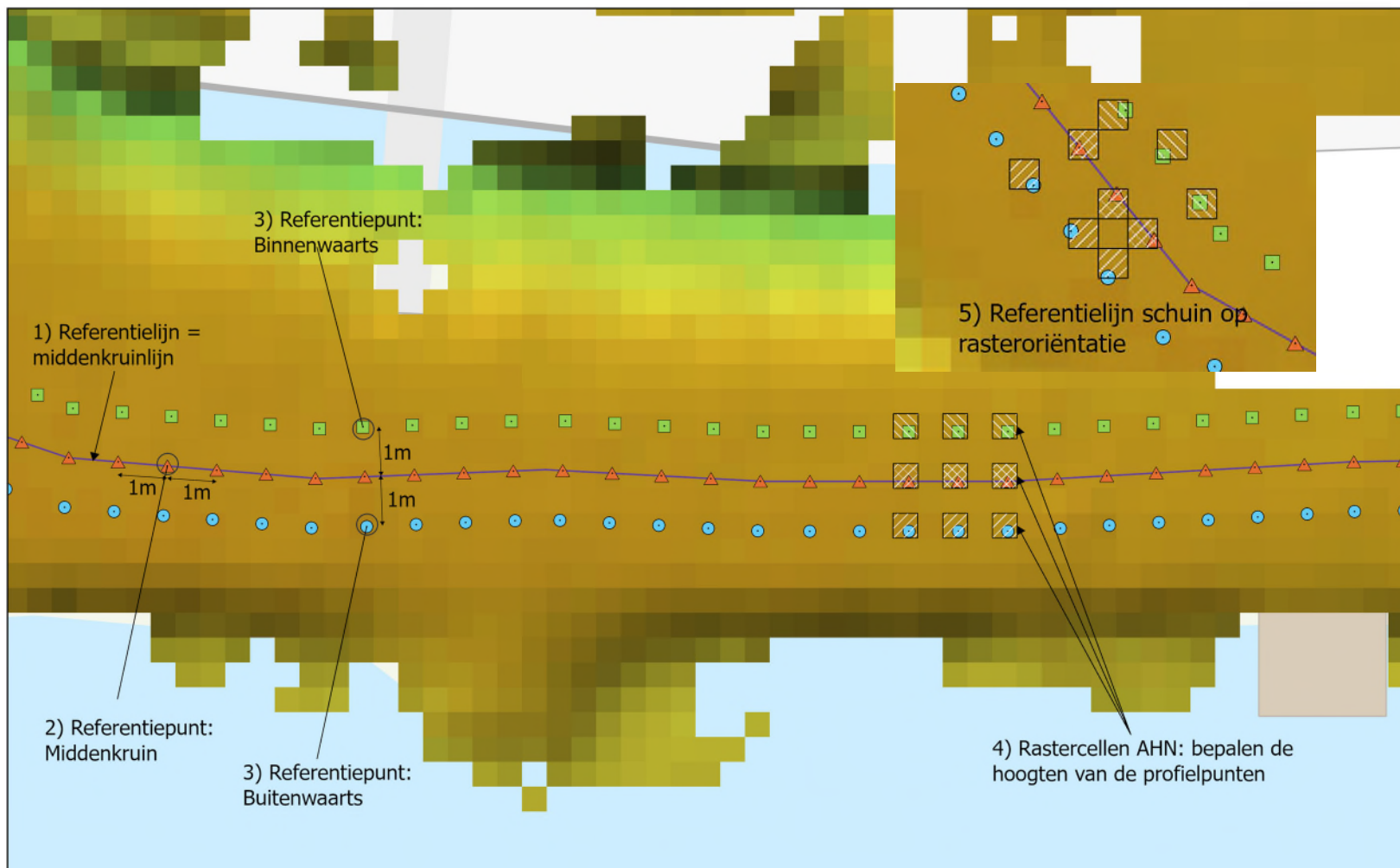
- 1) Referentielijn = middenkruinlijn
- 2) Dwarsprofiel staat haaks op referentieprofiel
- 3) Op elk dwarsprofiel worden 3 referentiepunten gedefinieerd
- 4) Voor de hoogtebeoordeling wordt het HBN als criterium hoogte gebruikt
- 5) Brondata: 6 hoogtemetingen

Indicator kruinhoogte



- 1) Referentiepunten binnenwaarts, middenkruin en buitenwaarts -> indicator kruinhoogte
- 2) Afstand referentiepunten: 1 m (langs en dwars)
- 3) Het werkelijk profiel wordt benaderd door rastercellen met oppervlakte $0,5 * 0,5 \text{ m}^2$
- 4) Een rastercel representeert 0,5 – 0,7 m van een dwarsprofiel
- 5) De hoogtewaarde van een referentiepunt wordt bepaald door de hoogte van de rastercel waar dit punt zich bevindt
- 6) De conditie van het terrein is van invloed op de nauwkeurigheid van de hoogtemeting

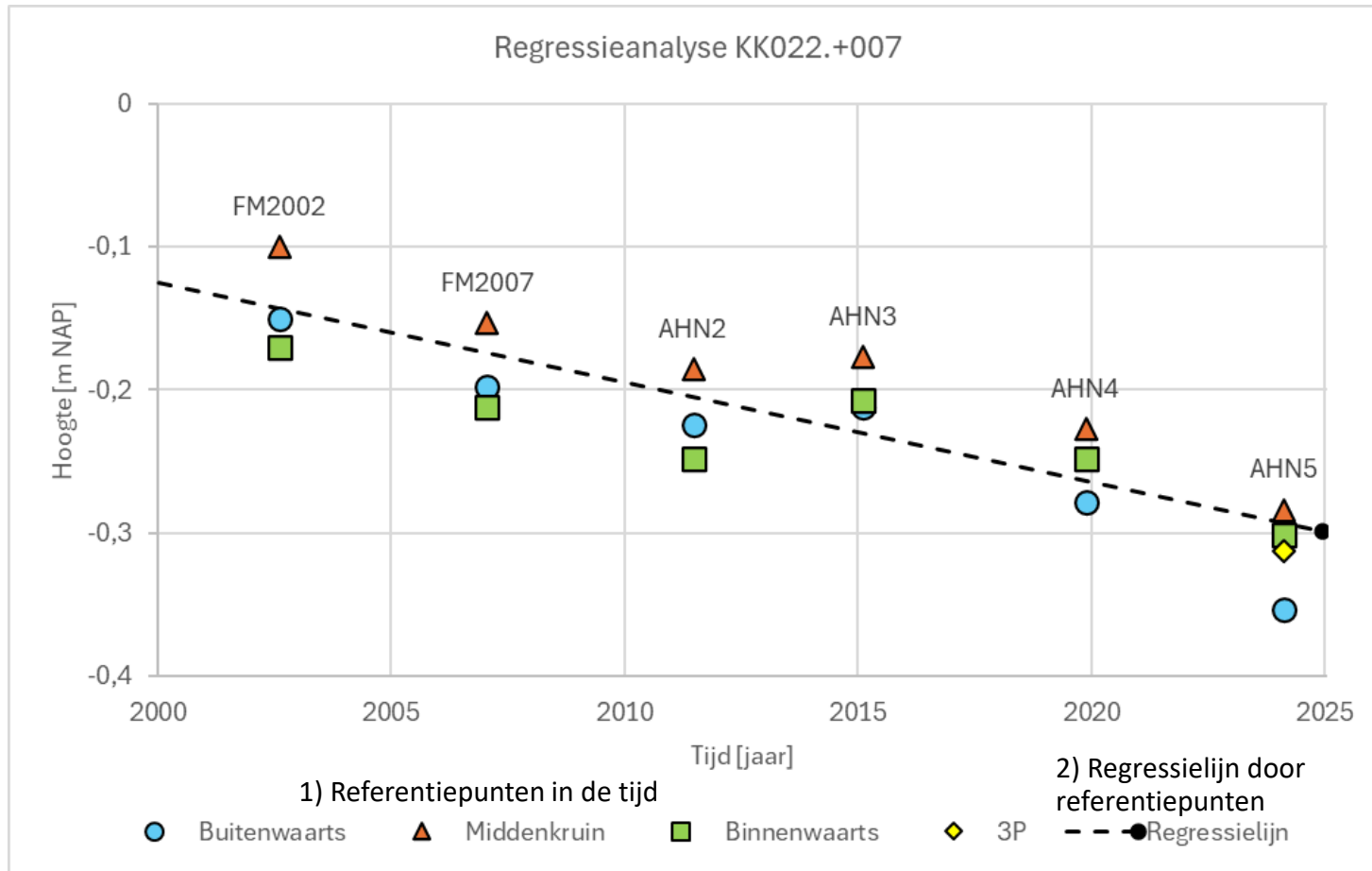
Bepaling hoogte referentiepunten



- 1) Referentiepunten gedefinieerd door referentielijn = middenkruinlijn
- 2) Referentiepunten middenkruin liggen op referentielijn, afstand is 1 m
- 3) Referentiepunten binnenwaarts en buitenwaarts dwars op referentielijn, afstand is 1 m
- 4) Hoogte referentiepunten bepaald door rastercellen
- 5) Referentielijn schuin op rasterlijnen



Regressieanalyse



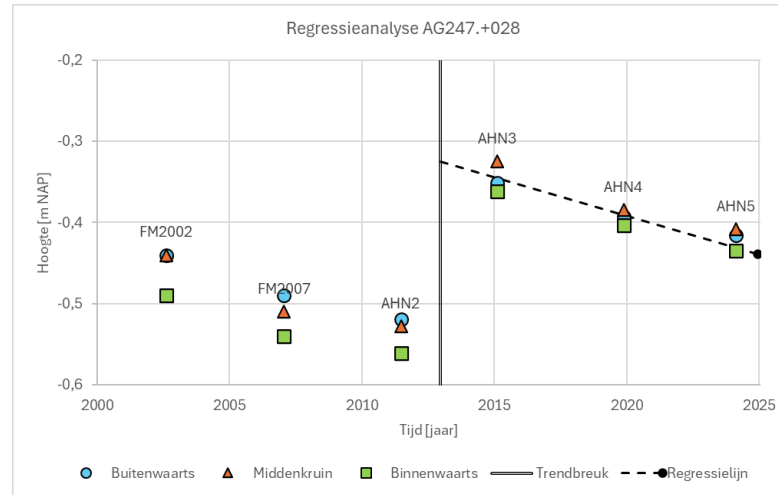
- 1) De hoogtewaarden van de referentiepunten worden in een grafiek uitgezet tegen de tijd
- 2) Door de hoogtewaarden wordt een lineaire regressielijn berekend met EXCEL. In het gebied A5H gaat het hierbij om een kwart miljoen locaties
- 3) De hoogte op het ijkmoment (bijvoorbeeld 1 januari 2025) wordt bepaald door de regressielijn en niet door de gemiddelde hoogte van de referentiepunten AHN5



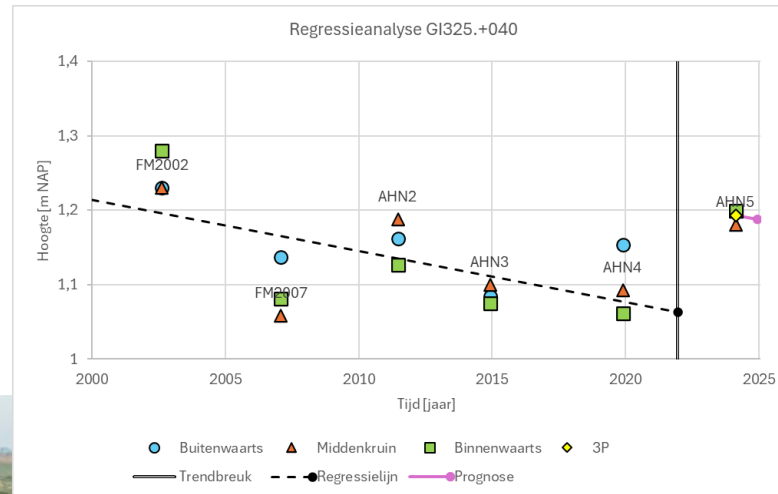
Trendbreuken

2) Trendbreuk langer geleden

1) Kadeversterking



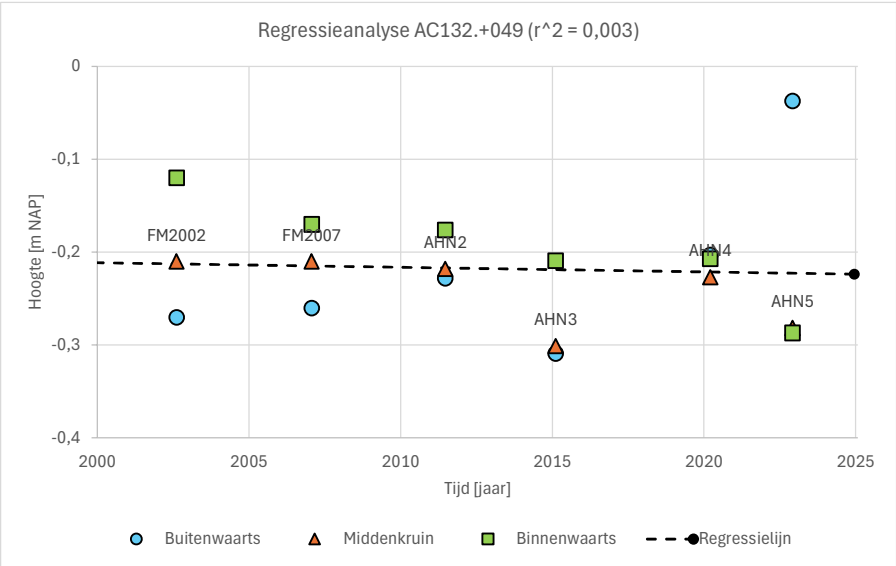
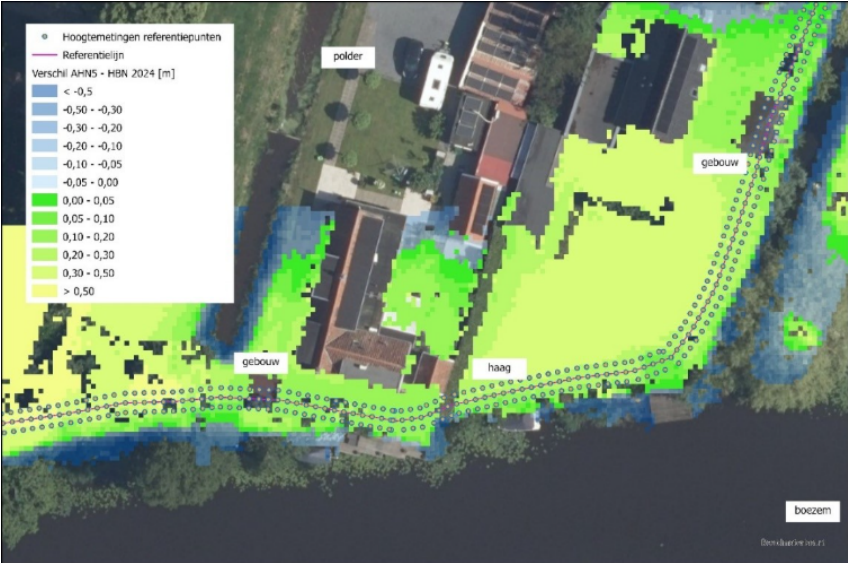
3) Trendbreuk recente datum



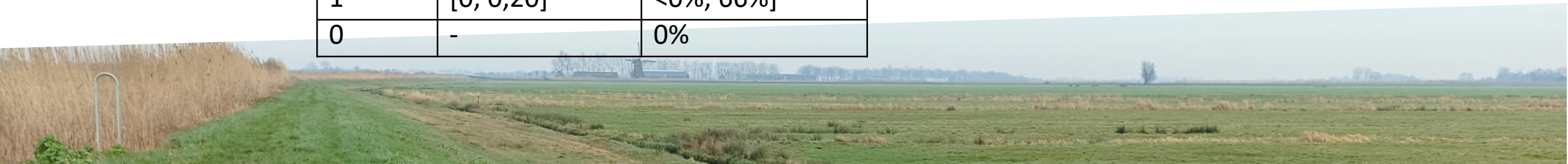
- 1) Door menselijk handelen (kadeversterking, wegreconstructie) ontstaan er trendbreuken in de autonome bodemontwikkeling
- 2) Voor trendbreuken van langer geleden worden de oudste bodemmetingen weggelaten
- 3) Voor trendbreuken van recente datum nemen we de autonome trend en positioneren we deze op de laatste bodemmeting



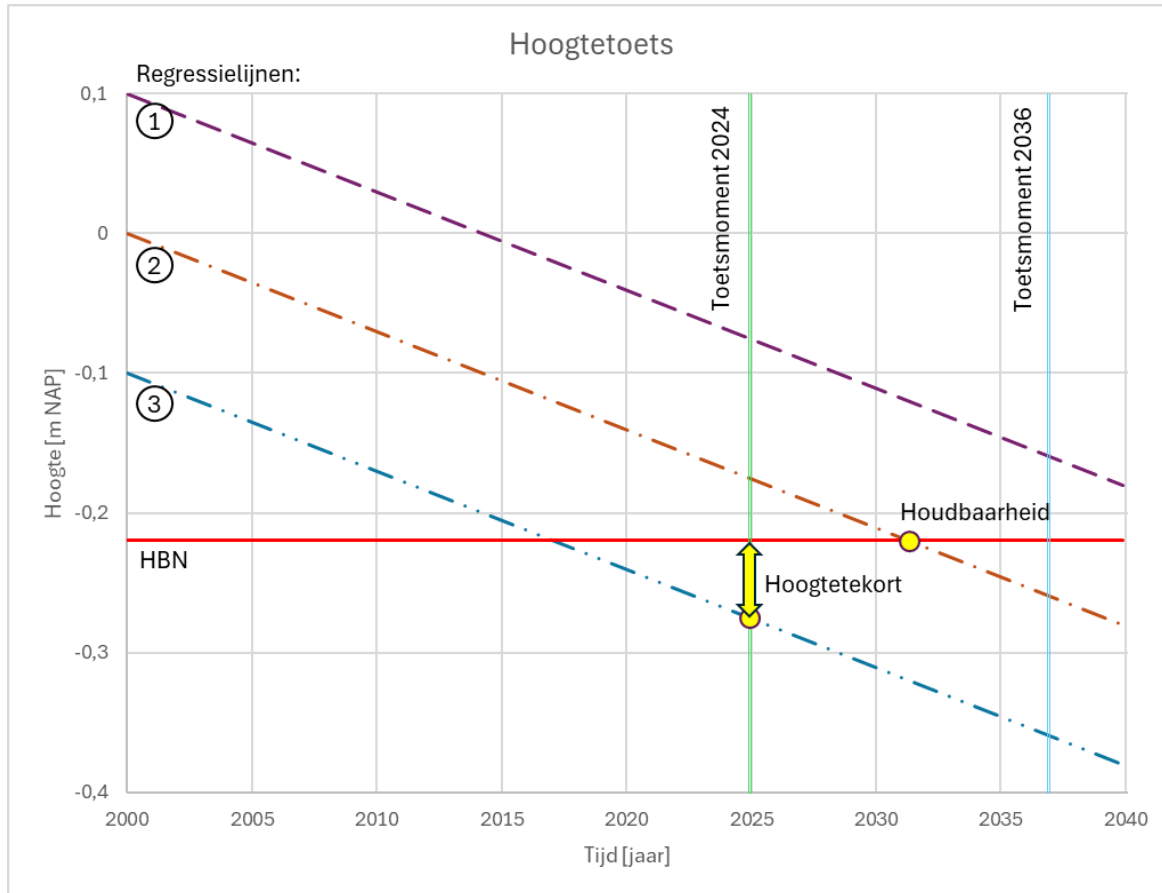
Kwaliteitsbeoordeling regressieanalyse



Sterren	Correlatie (r^2)	% gegevens
5	<0,70, 1]	100%
4	<0,55, 0,70]	<90%, 100%>
3	<0,40, 0,55]	<80%, 90%]
2	<0,20, 0,40]	<66%, 80%]
1	[0, 0,20]	<0%, 66%]
0	-	0%



Beoordelen aan het hoogtecriterium



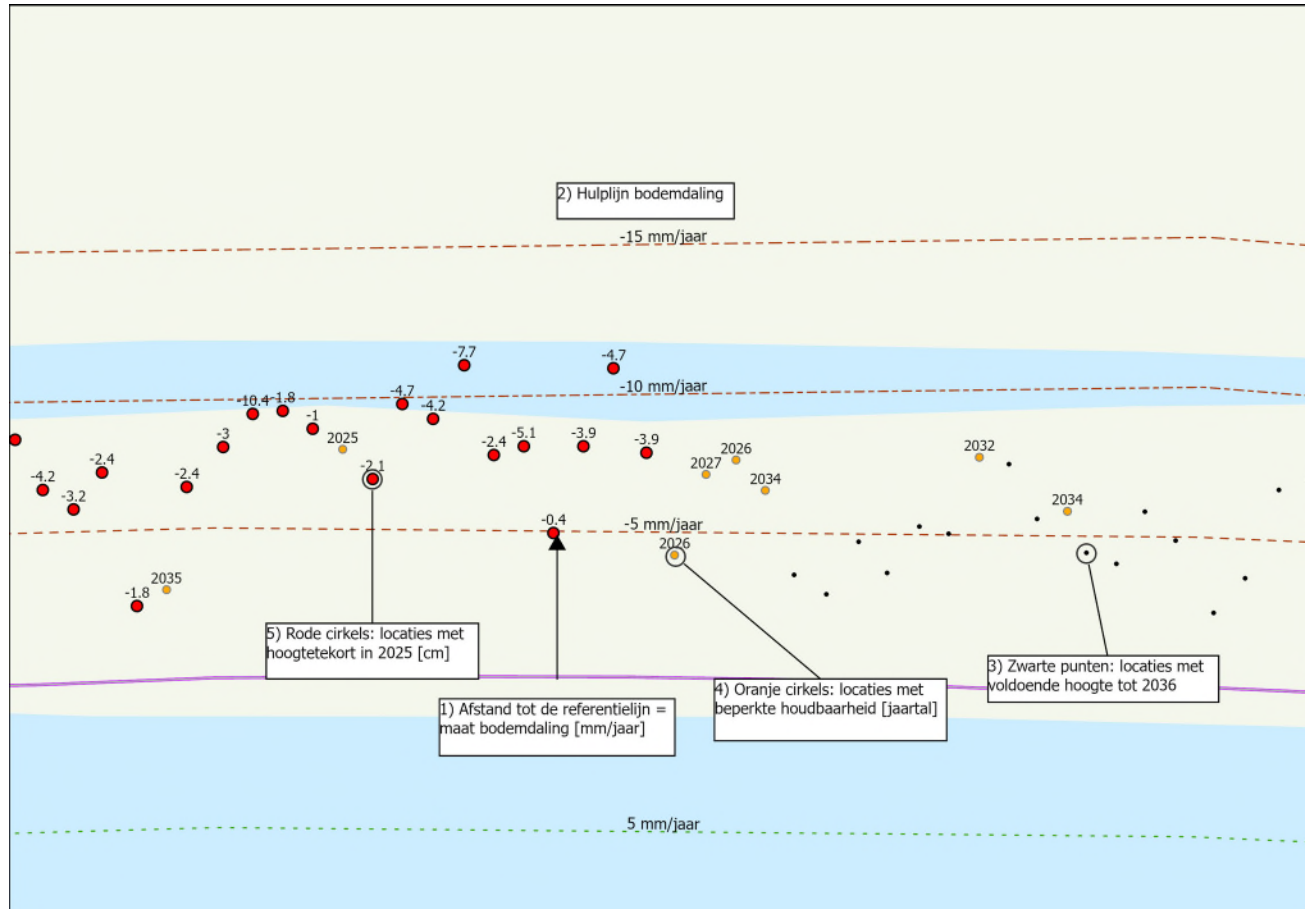
1) Regressielijn met voldoende hoogte tot 2036

2) Regressielijn met beperkte houdbaarheid na 2025

3) Regressielijn met aanwezig hoogtetekort in 2025



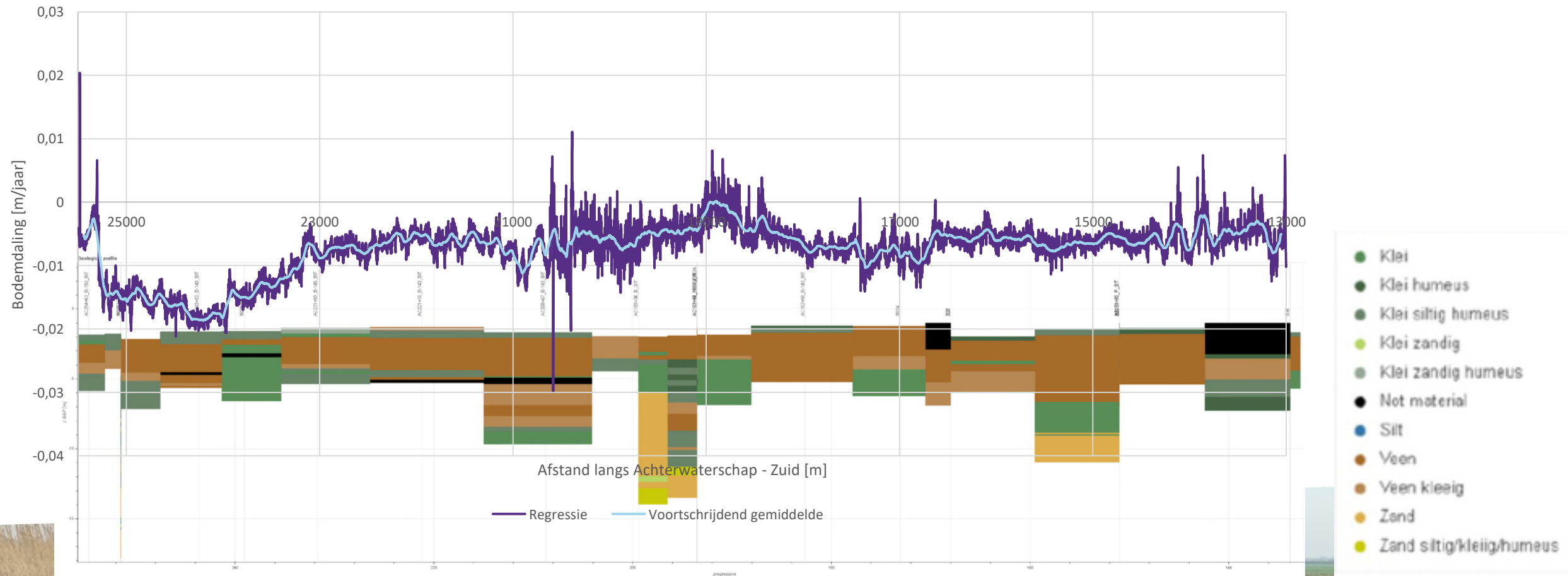
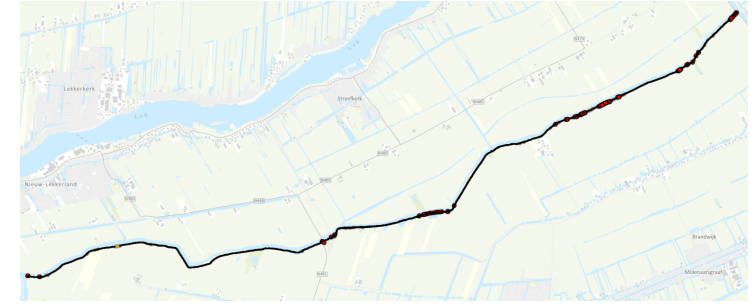
Resultaten hoogtebeoordeling in een kaart



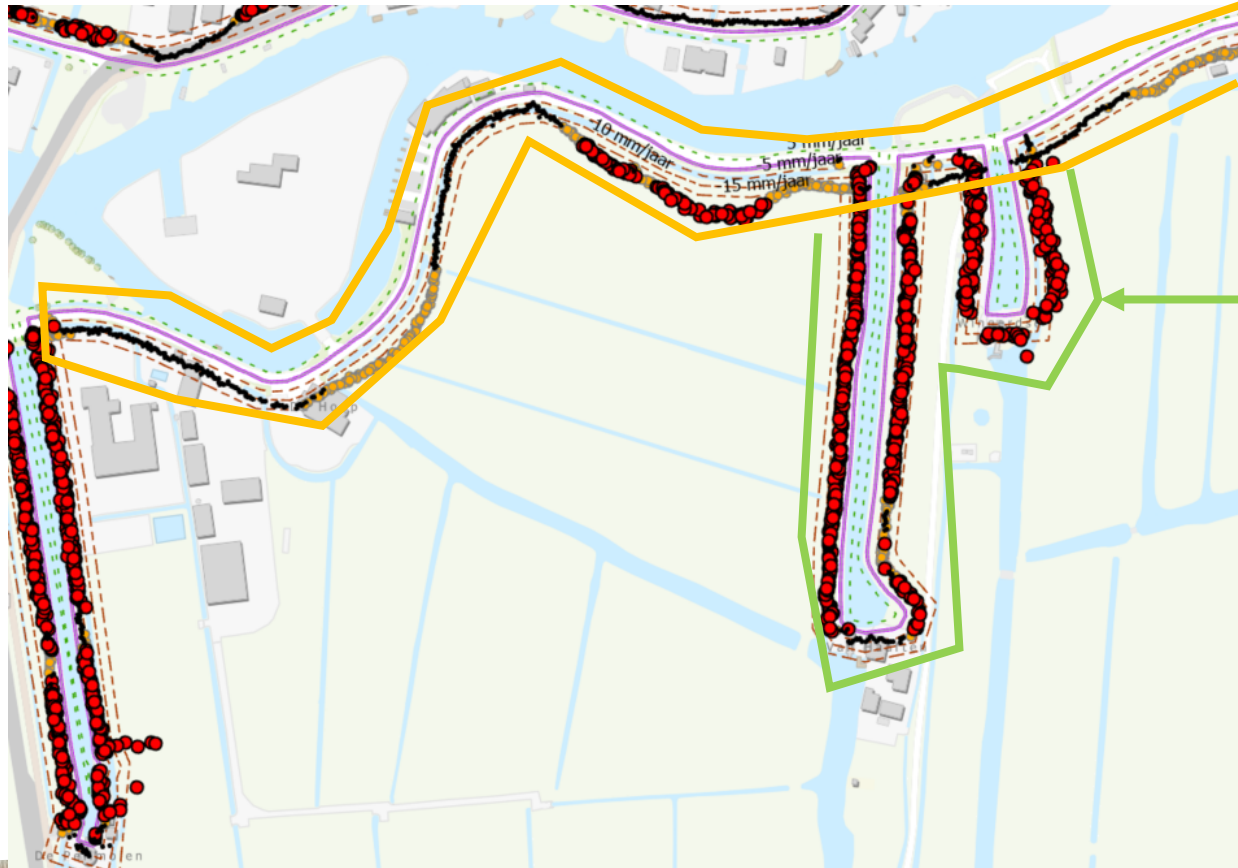
- 1) Maat voor de bodemdaling
- 2) Hulplijnen bodemdaling
- 3) Locaties zonder voorzien hoogteprobleem
- 4) Locaties met beperkte houdbaarheid
- 5) Locaties met actueel hoogtetekort



Onderzoeksvraag 1: relatie bodemdaling en ondergrond?



Onderzoeksvraag 2: relatie bodemdaling en verkeersbelasting?



Oranje: kade op doorgaande weg, circa 1000 voertuigen per dag

Groen: Geen / incidenteel verkeer



Wat hebben we geleerd?



- 1) Voor regionale waterkeringen die te laag zijn weten we hoe groot het hoogtetekort is
- 2) Voor regionale keringen die nog hoog genoeg zijn weten we de houdbaarheid
- 3) Daarmee kunnen we voor de langere termijn ophogingen gaan inplannen
- 4) We hebben ons hierbij laten inspireren door het kustlijnonderhoud
- 5) De nieuwe hoogtebeoordeling onderschrijft het belang van terugkerende hoogtemetingen (AHN)
- 6) We willen graag weten of er een duidelijke relatie is tussen bodemdaling met ondergrond en verkeersbelasting

