



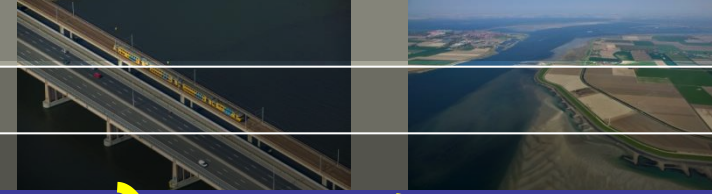
Ontwikkelingen & mechanismen op mega- & meso- schaal in de trilaterale Waddenzee

Hoe buitendelta's de Waddenzee beïnvloeden en vice versa

A.P. Oost, A. Kieftenburg, R. van Buren

7 februari 2018

Wat, waarom en waarvoor?

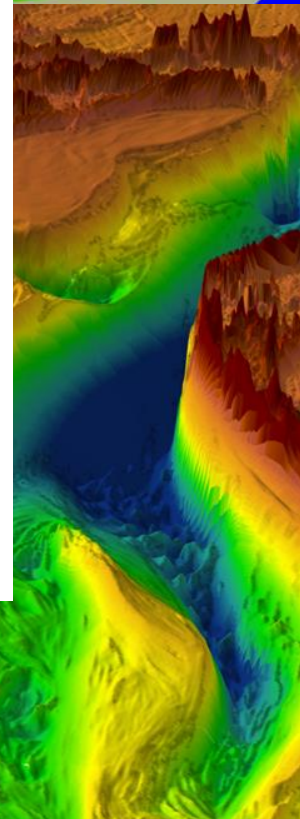
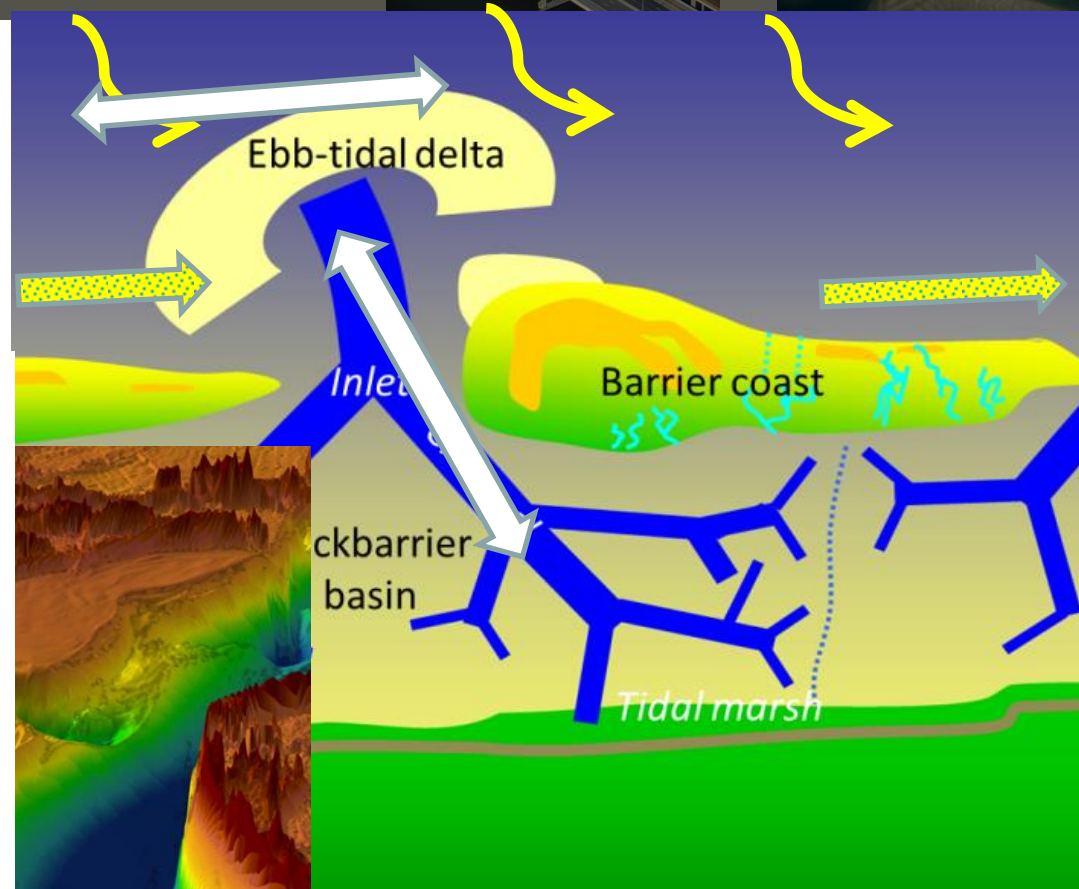


- Gevormd door stroming en golven
- Voorzien kust & komberging van luwte en zand
- Geulen beïnvloeden kust en komberging

Functies:

- Sedimentbalans
- Nautische functies (vaargeul)
- Kustveiligheid (o.a. ZSS)
- Ecologische waarden
- Suppleties

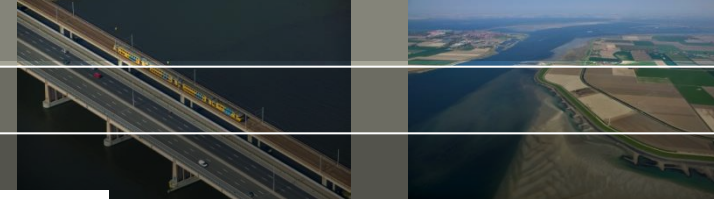
Overzicht nodig, omdat dit ontbrak → systeemkennis!



Indicatoren

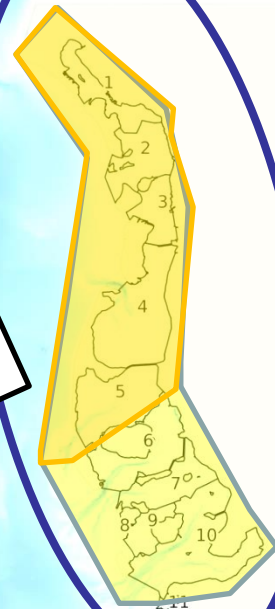
Significante Golfhoogte/periode
Getijkarakteristieken

Beschreven: 27 → details: 16



- 1 Graadyb
- 2 Knude Dyb
- 3 Jyvre Dyb
- 4 Lister Tief
- 5 Hörnum Tief
- 6 Norderaue
- 7 Süderaue
- 9 Rummeloch West
- 10 Norderhever-Heverstrom
- 11 Tümlauer Bucht
- 12 Eidermündung
- 13 Wesselburener Loch
- 14 Piep / Meldorfer Bucht
- 15 Flackstrom
- 16 Neufahrwasser
- 17 Schatzkammer
- 18 Elbe
- 19 Westertill / Nordertill
- 20 Robinbalje
- 21 Weser
- 22 Jade / Jadel
- 23 Blaue Balje
- 24 Harle
- 25 Otzumer Balje
- 26 Accumer Ee
- 27 Wichter Ee
- 28 Norderneyer Seegat
- 29 Osterems
- 30 Eems-Dollard
- 31 Schild
- 32 Lauwers
- 33 Eilanderbalg
- 34 Zoutkamperlaag
- 35 Pinkegat
- 36 Borndiep
- 37 Vlie
- 38 Eijerlandse Gat
- 39 Marsdiep

Hier vooral aandacht voor:
de kombergingsgebieden



Data collectie

Beschrijving

Classificatie

Effect klimaat verandering

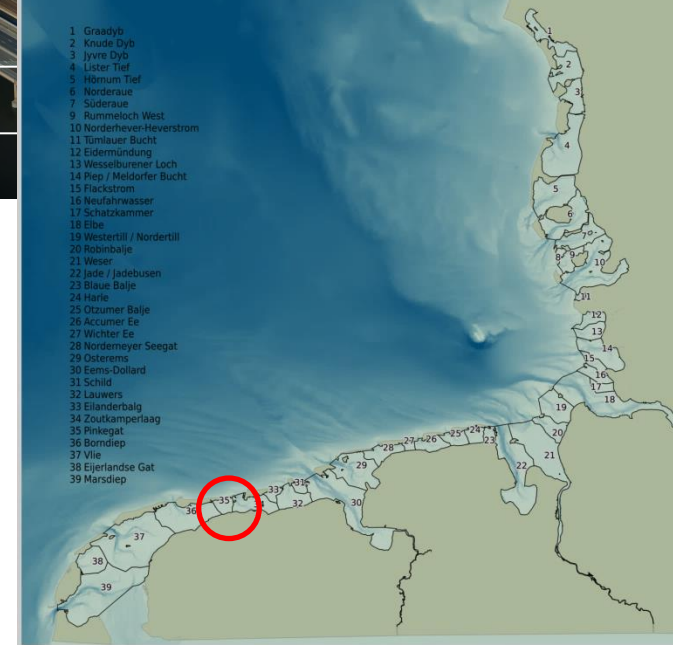
Noordfriesland wijkt af van
West en Oostfriesland:

- Jong
- Geologie
- Ander stormklimaat
- Deels andere kustdrift

7 februari 2018

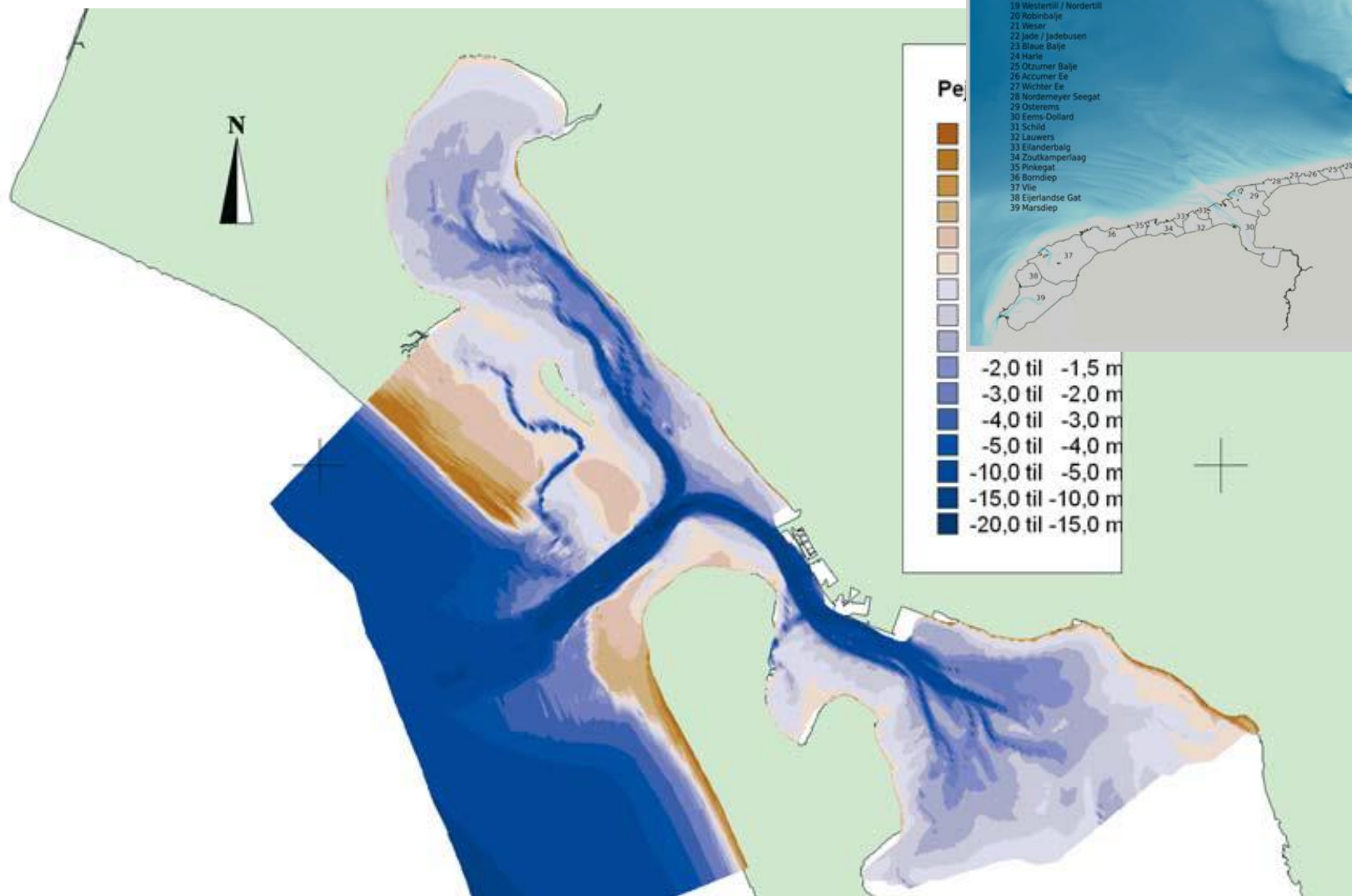
Deltares

Morfologie: Grote bekkens staan met de getijvoortplanting mee; Kleine bekkens ertegenin



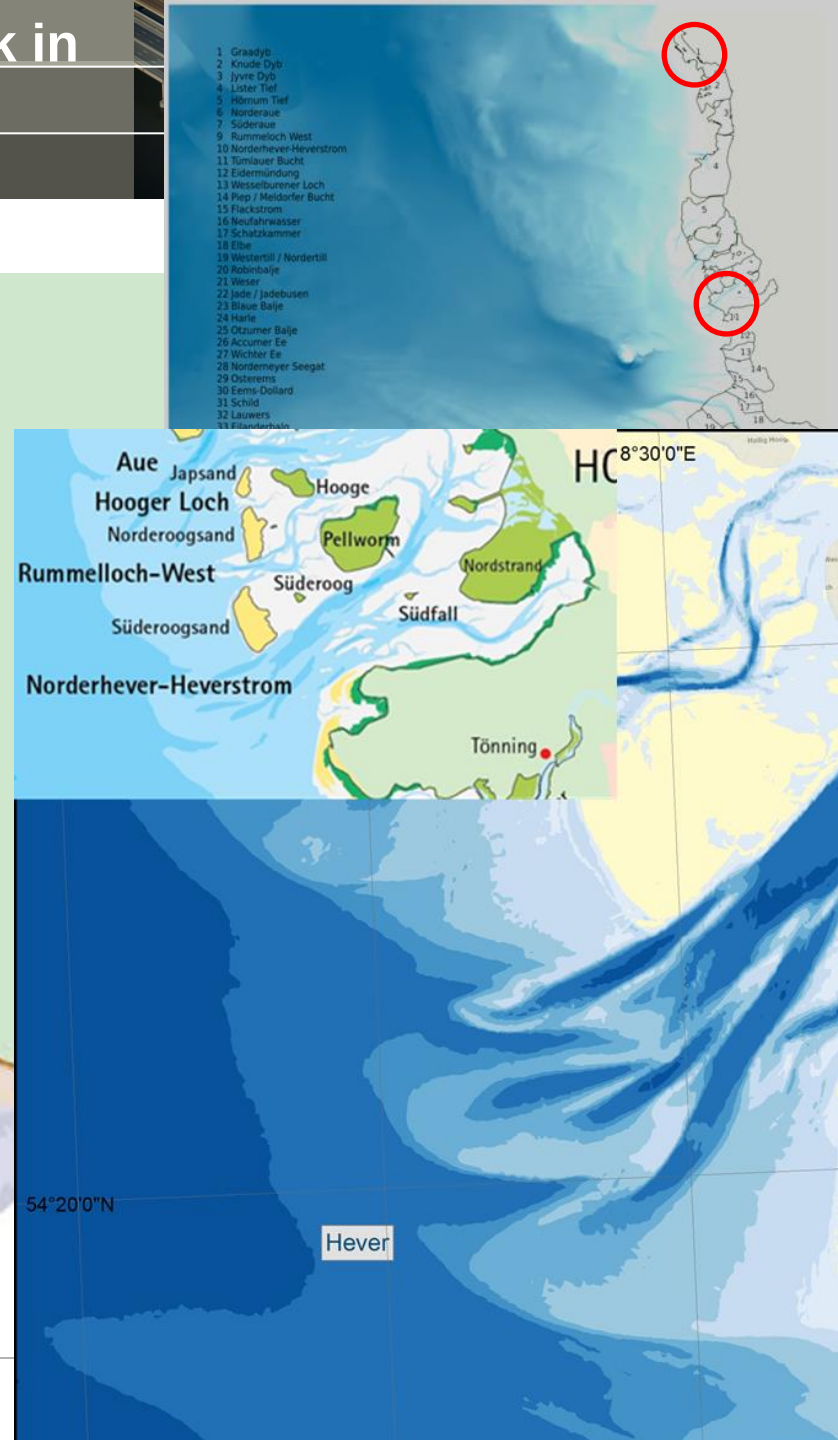
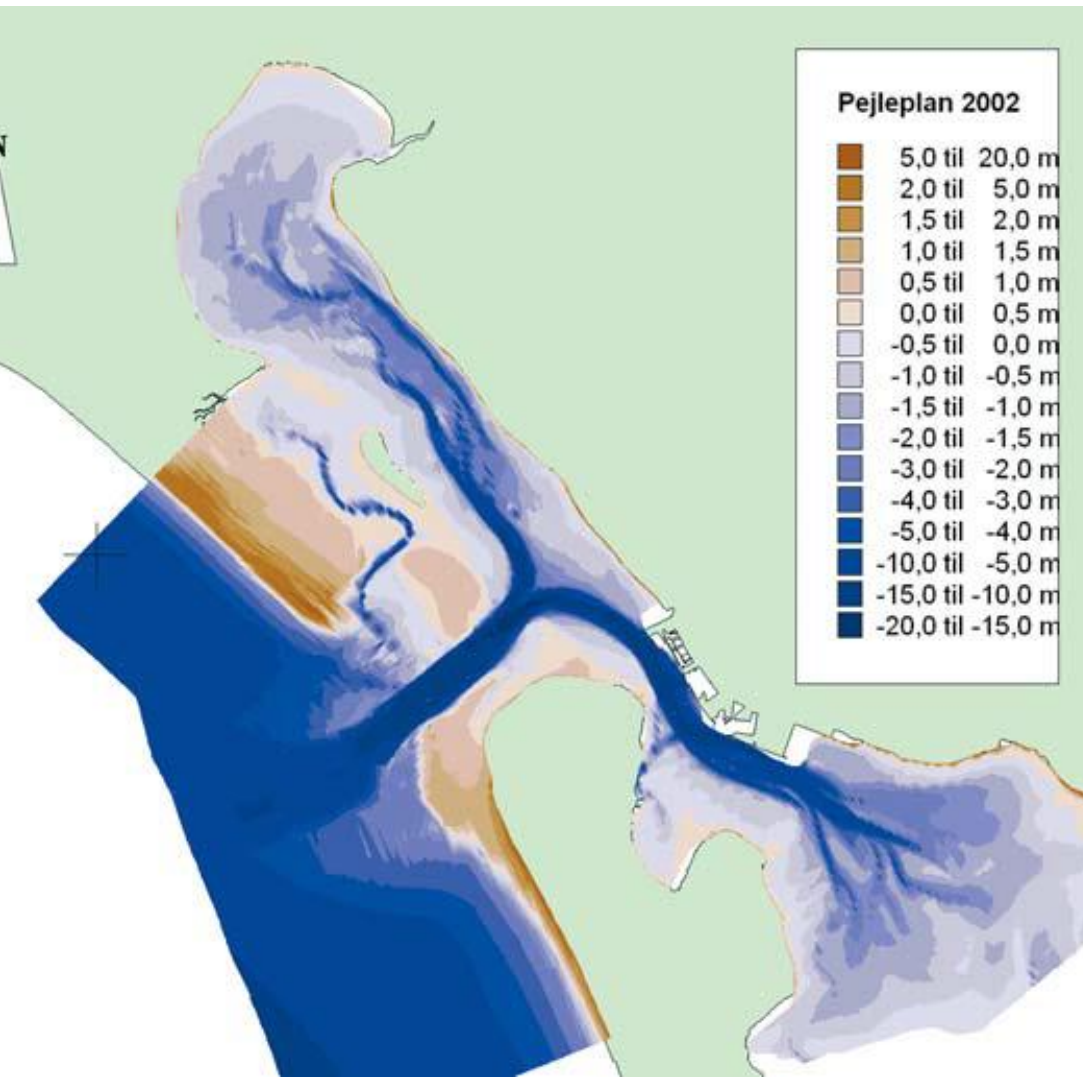
En sommige zijn symmetrisch

Grådyb

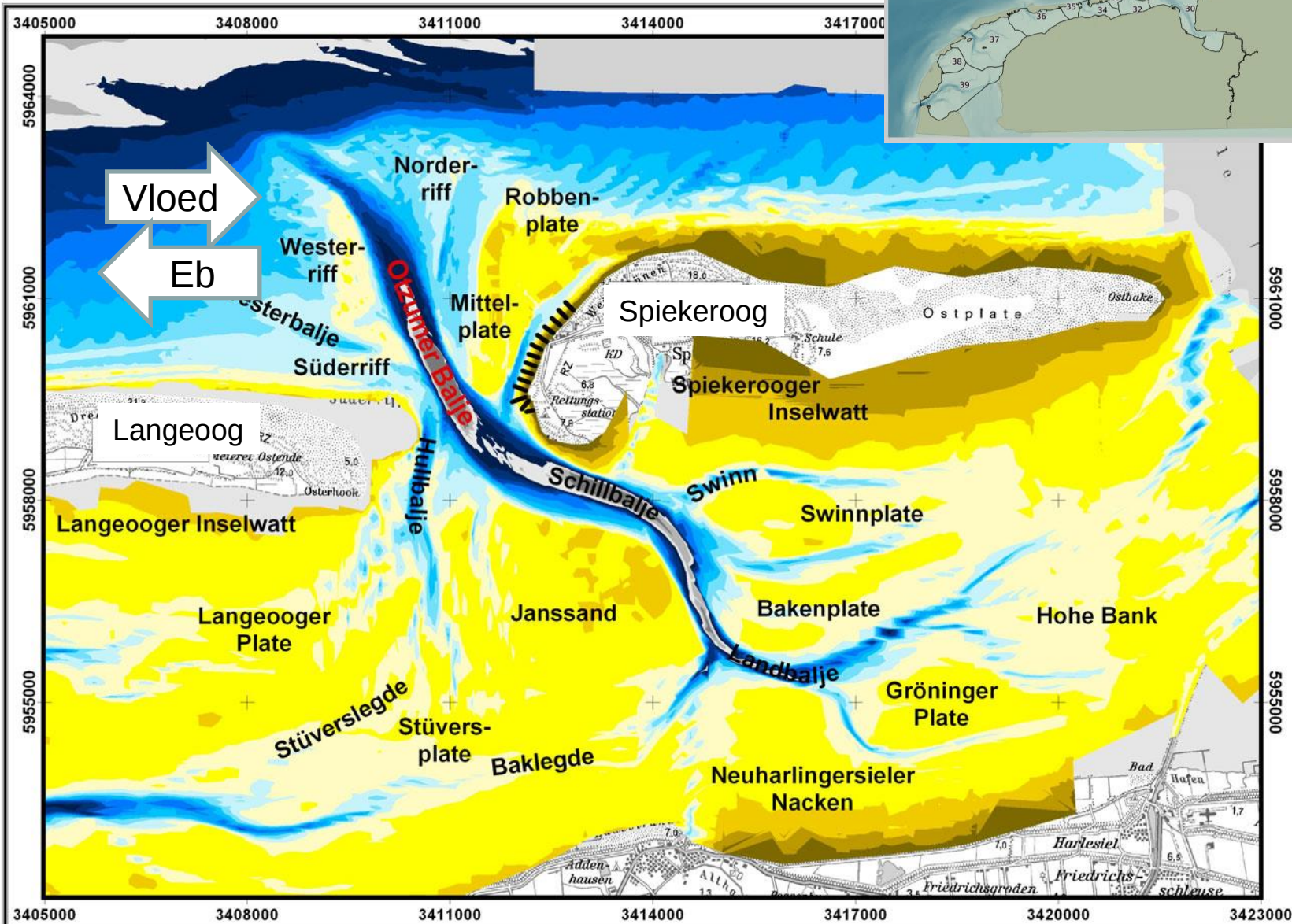


1. Grådyb
2. Knude Dyb
3. Jyve Dyb
4. Lister Tøf
5. Hørum Tøf
6. Norderaue
7. Söderaue
8. Rummeloch West
9. Norderhever-Heverstrom
10. Tumlauer Bucht
11. Eidermündung
12. Westelbunnen Loch
13. Piep / Meldorfer Bucht
14. Flackstrom
15. Neufahrwasser
16. Schatzkammer
17. Elbe
18. Westertill / Nordertill
19. Robinbalje
20. Weser
21. Jade / Jadedusen
22. Blaue Balje
23. Harle
24. Otkumer Balje
25. Accumer Ee
26. Wichter Ee
27. Nordemeyer Seegat
28. Osterems
29. Eems-Dollard
30. Schild
31. Lauwers
32. Ellenderbalg
33. Zoukammerlaag
34. Pinkegat
35. Bormdiep
36. Vlie
37. Eijerlandse Gat
38. Marsdiep
39. Marsdiep

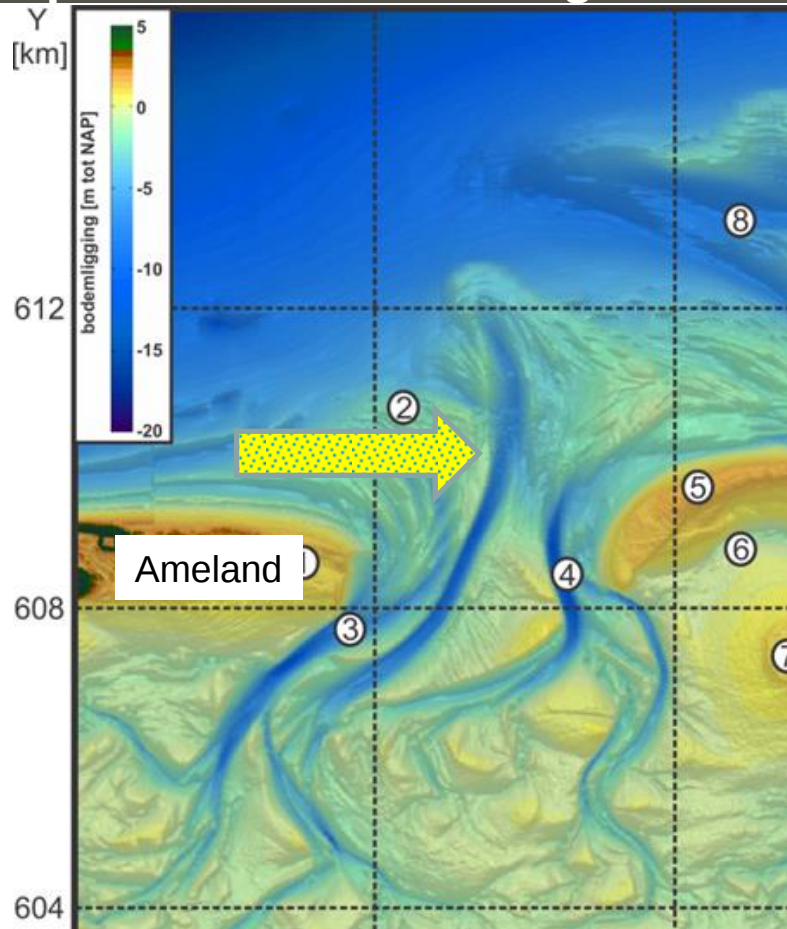
Symmetrische zeegaten resulteren vaak in symmetrische buitendelta's *Grådyb, Hever*



Grote bekkens → groot getijvolume →
buitengeul richt zich op getij buitengaats
Otzumer Balje

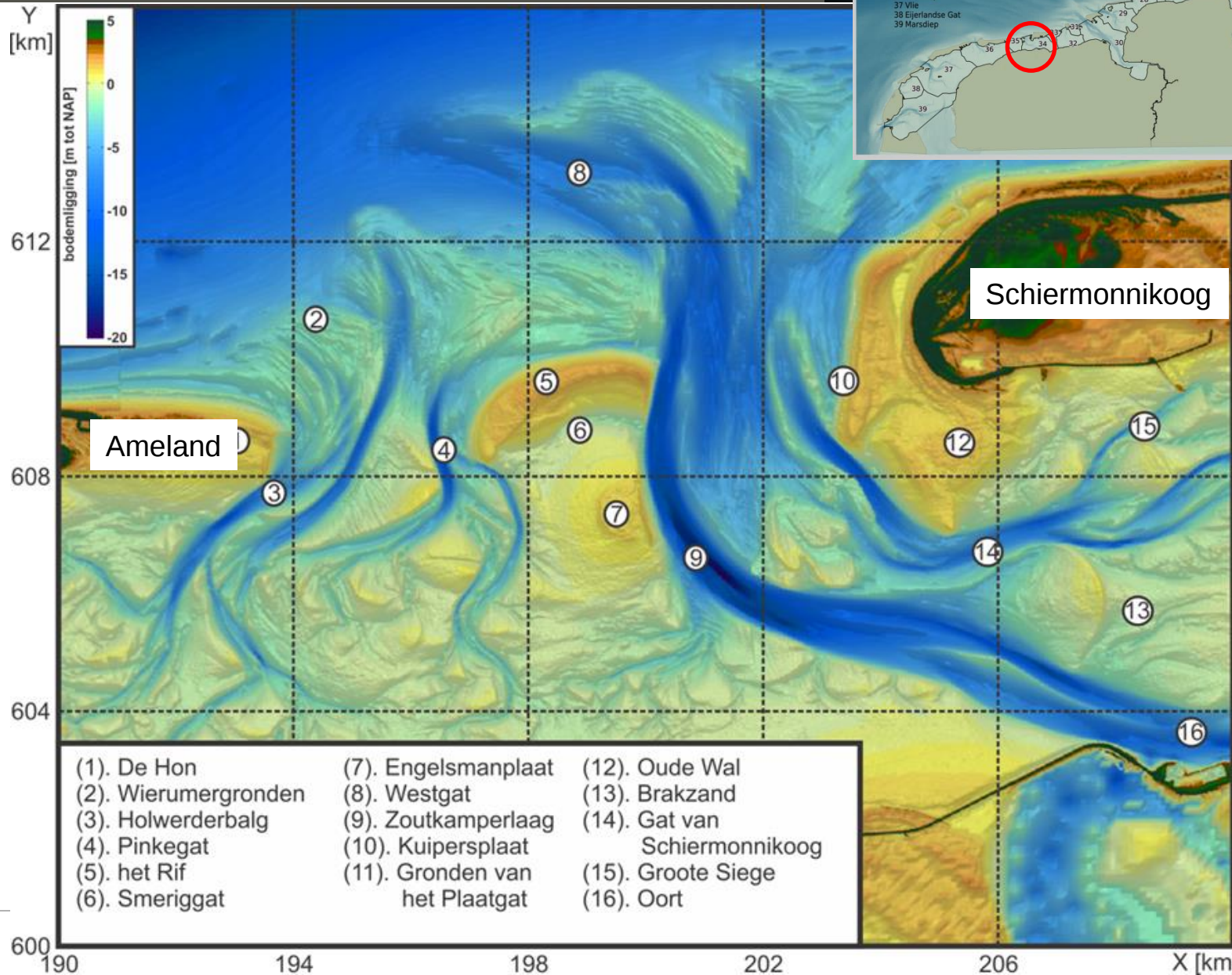


Kleine bekkens → klein getijvolume: orientatie buitengeulen wordt bepaald door kustparallelle drift *Pinkegat*

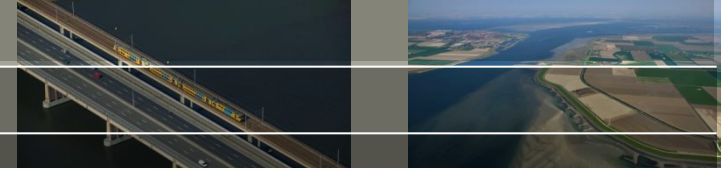


Analyse komt goed op hoofdlijnen
overeen met conclusies van Sha & Van
Den Berg (1994)

Een zeegat tussen 2 eilanden bestaat vaak niet uit 1, maar 2 (sub-) systemen

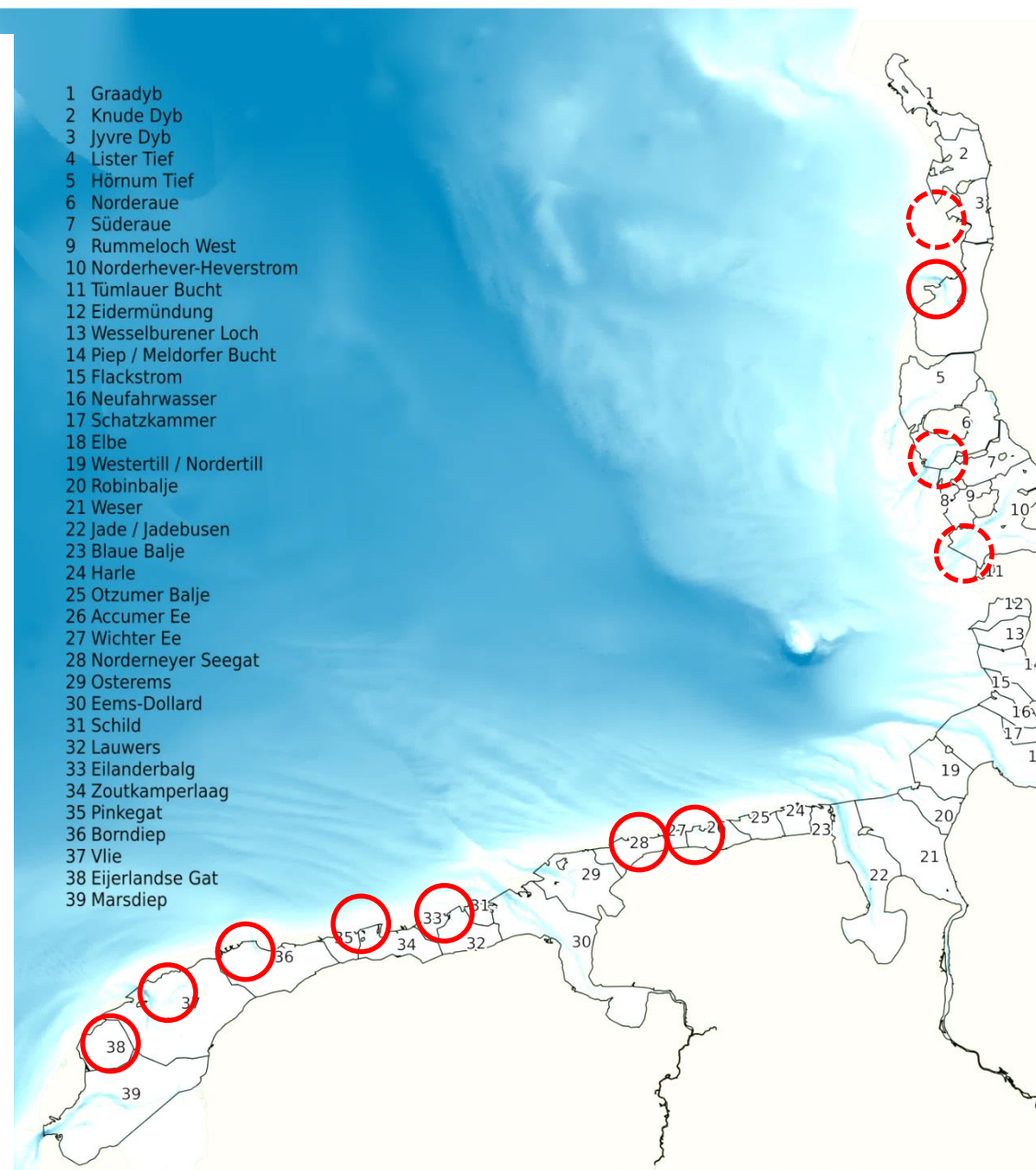


Een zeegat tussen 2 eilanden bestaat vaak niet uit 1, maar 2 (sub-) systemen

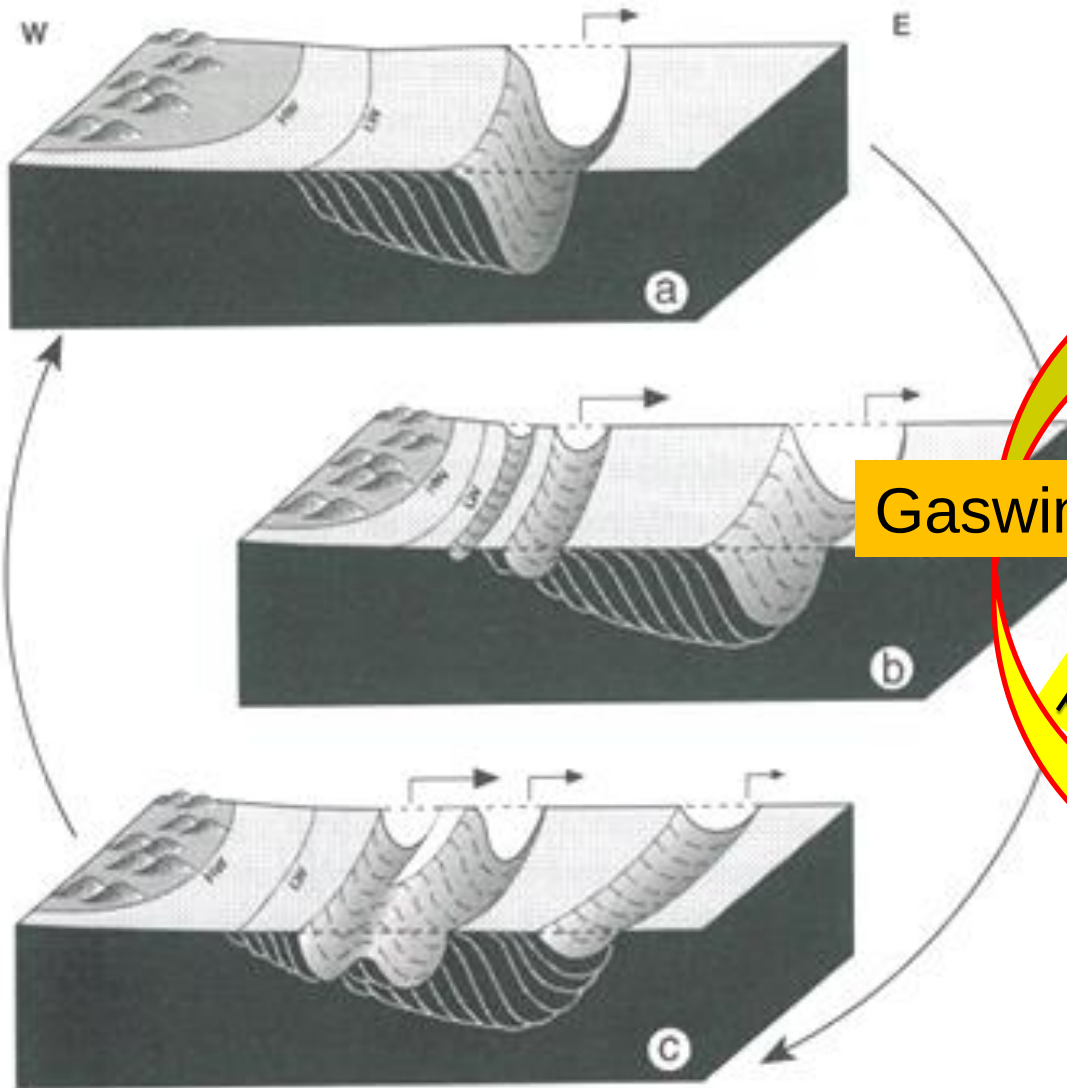
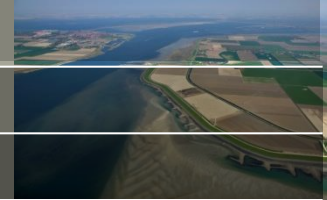


Met name de kleinere subsystemen:

- 1) Worden relatief sterk beïnvloed door stroming en zandtransporten;
 - 2) Hebben vaak ook sterke eigen dynamiek;
 - 3) Worden sterk beïnvloed door de zeegaten aan weerszijden;
 - 4) Vertonen domino-effecten;
- Vatbaar voor klimaatverandering effecten.

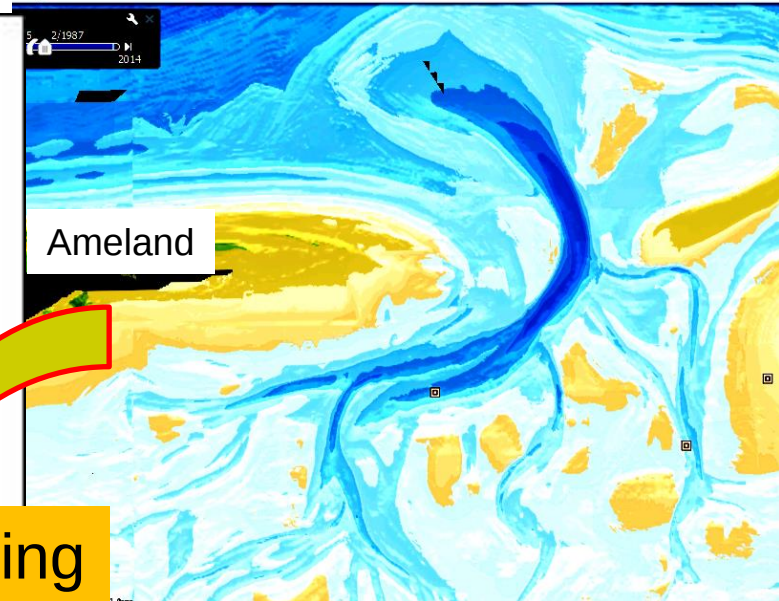


1) Sterk beïnvloed door golfgedreven stroming
en zandtransporten langs de kust + 2) eigen dynamiek
Pinkegat (NB: Cyclisch gedrag is een Nederlandse hobby)



Gaswinning

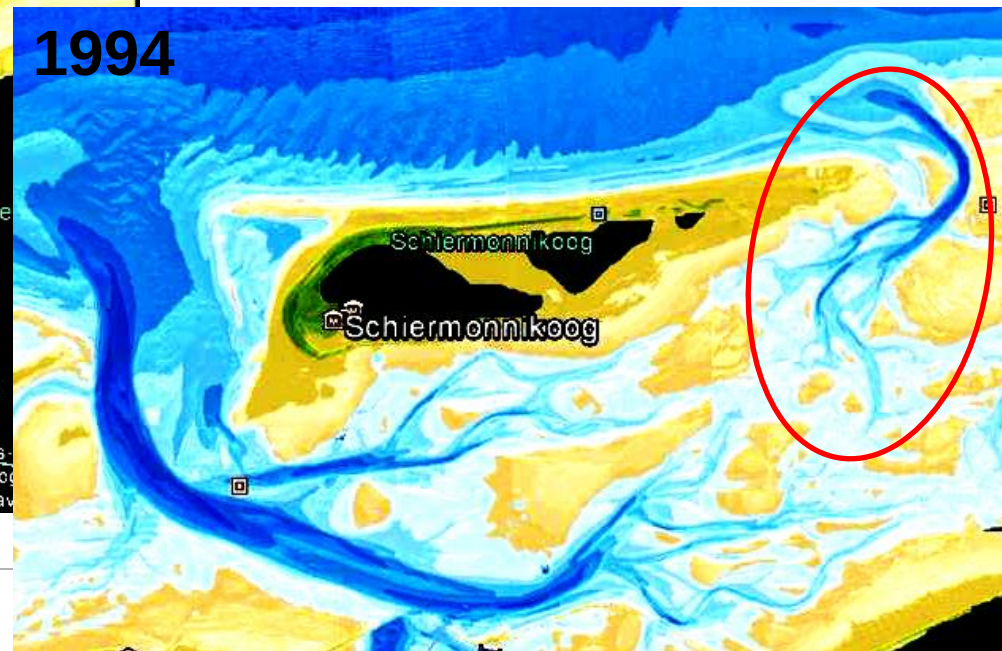
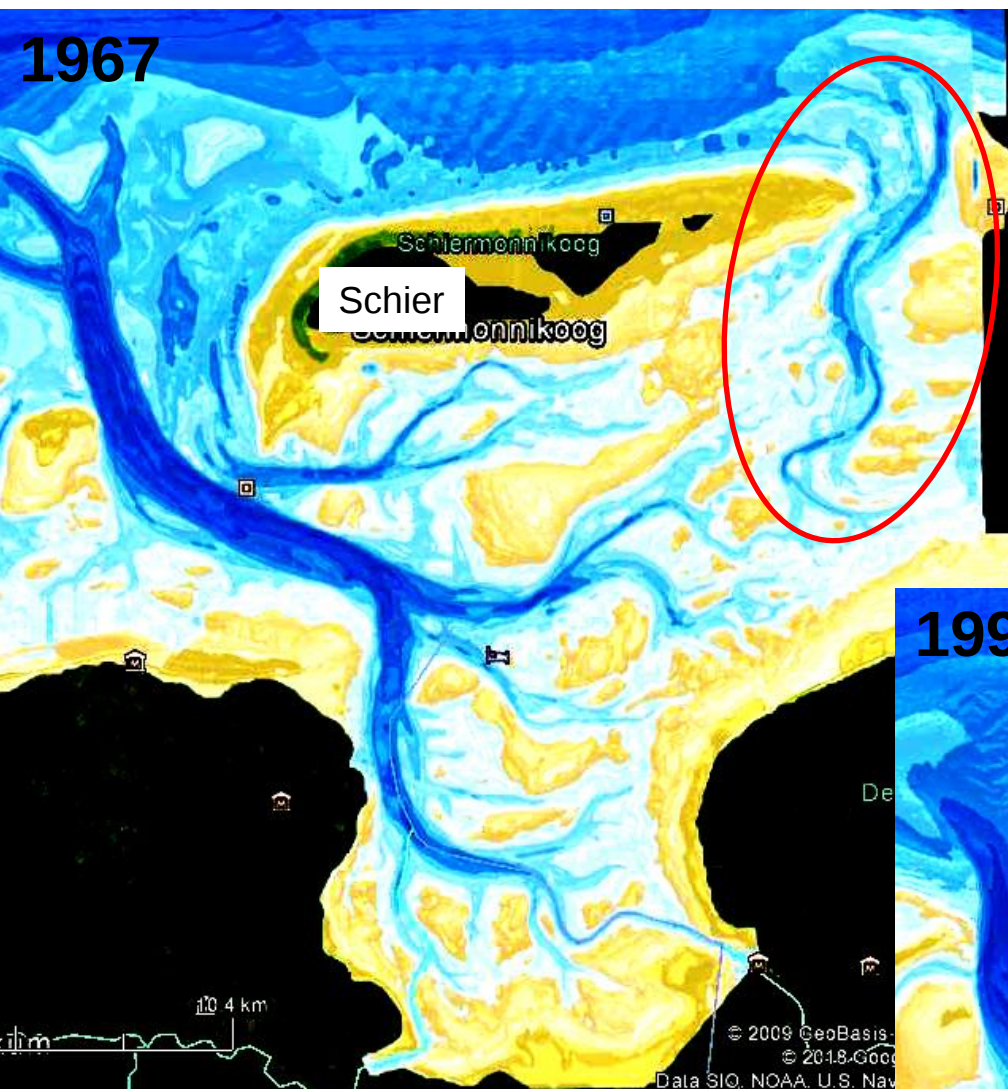
10%
minder
platen



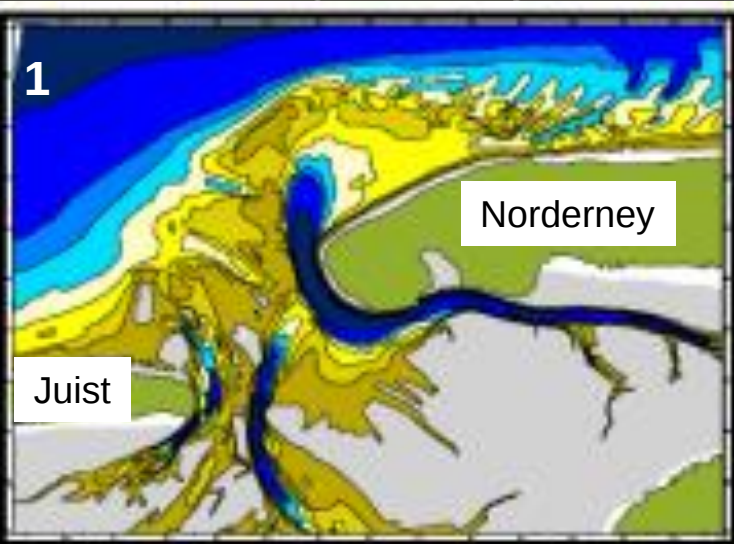
3) Sterk beïnvloed door de grotere bekken aan weerszijden *Eilanderbalg*



Nautische functies



4) Lange termijn domino effecten Norderneyer Seegat

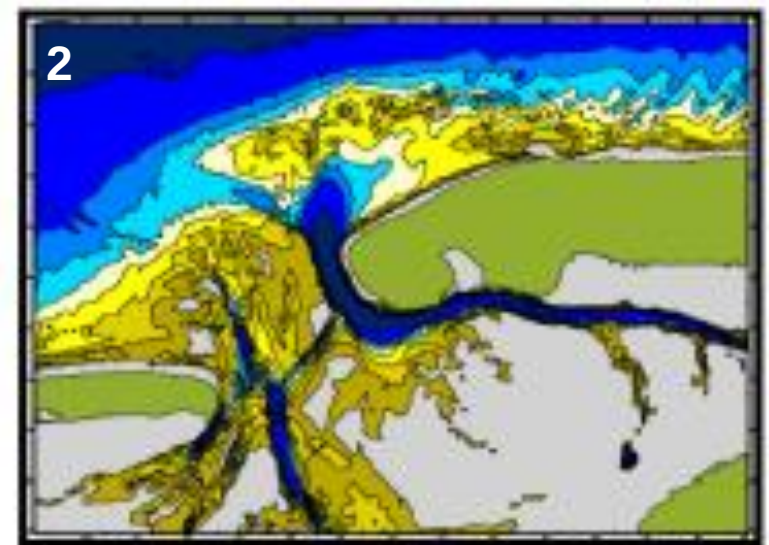


Getijvolume toename

1975

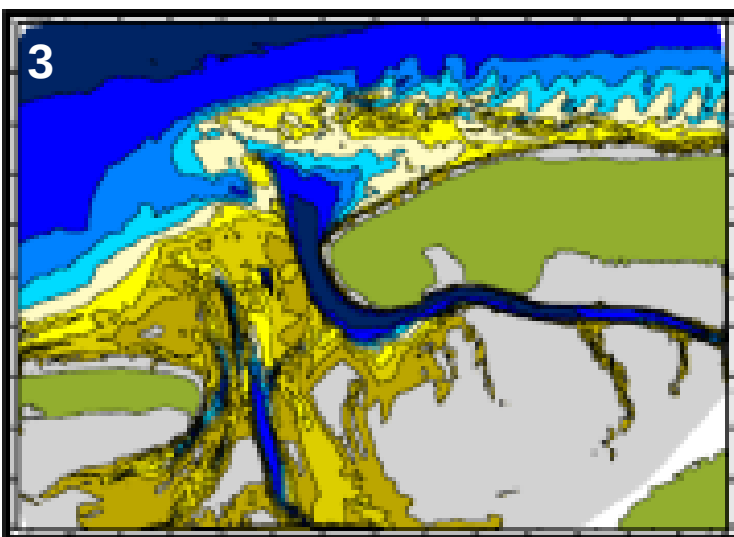
181 to $195 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

Suppleties



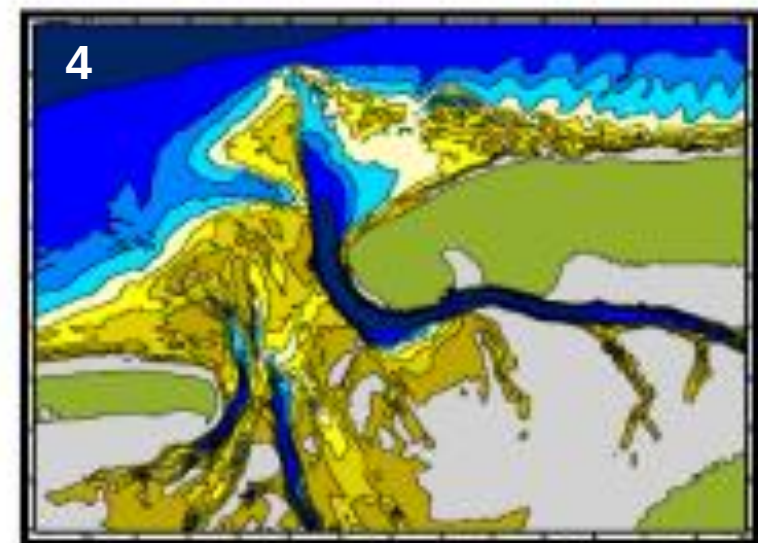
Doorbraak buitendelta

1985/86



Erosie platen komberging

1992

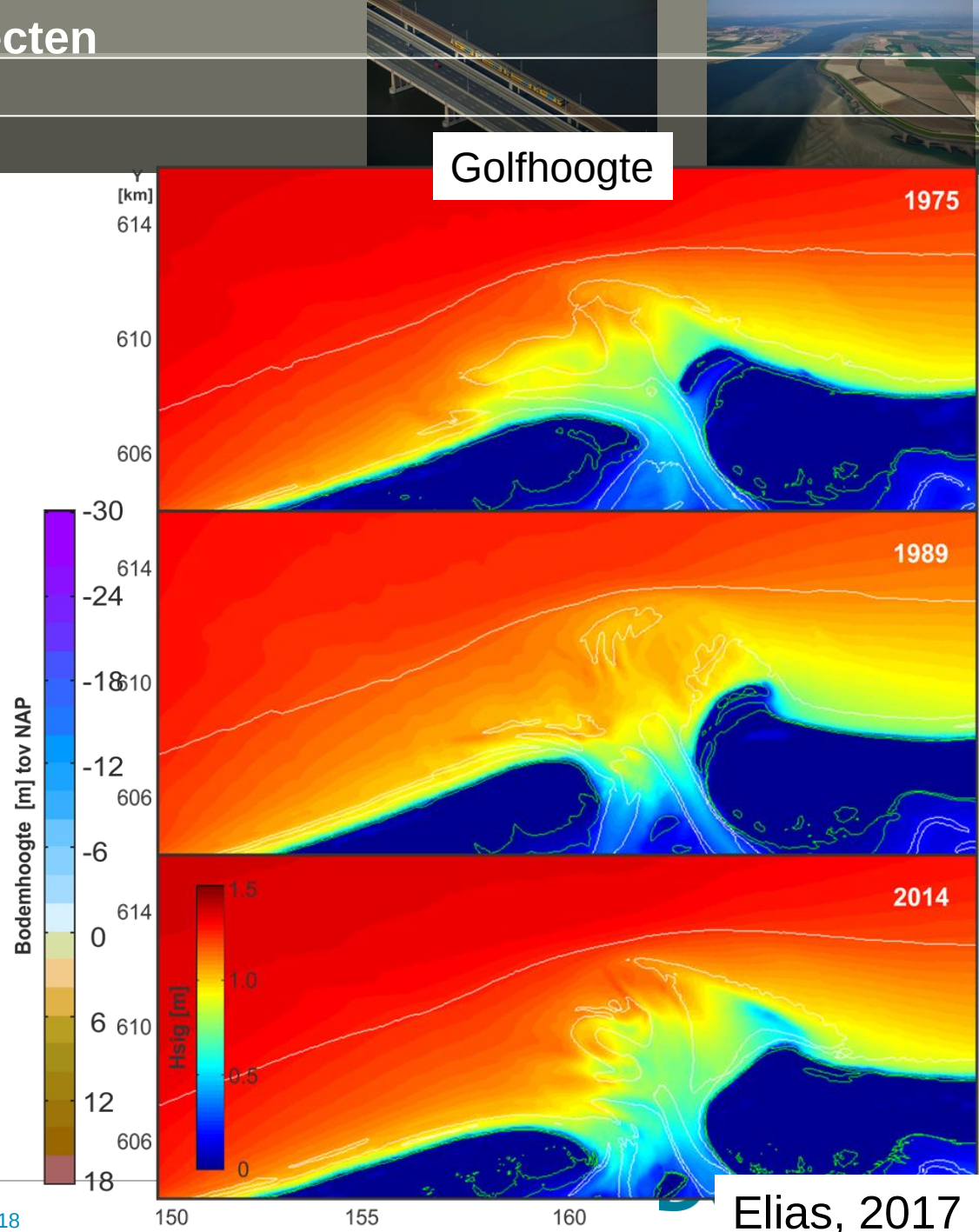
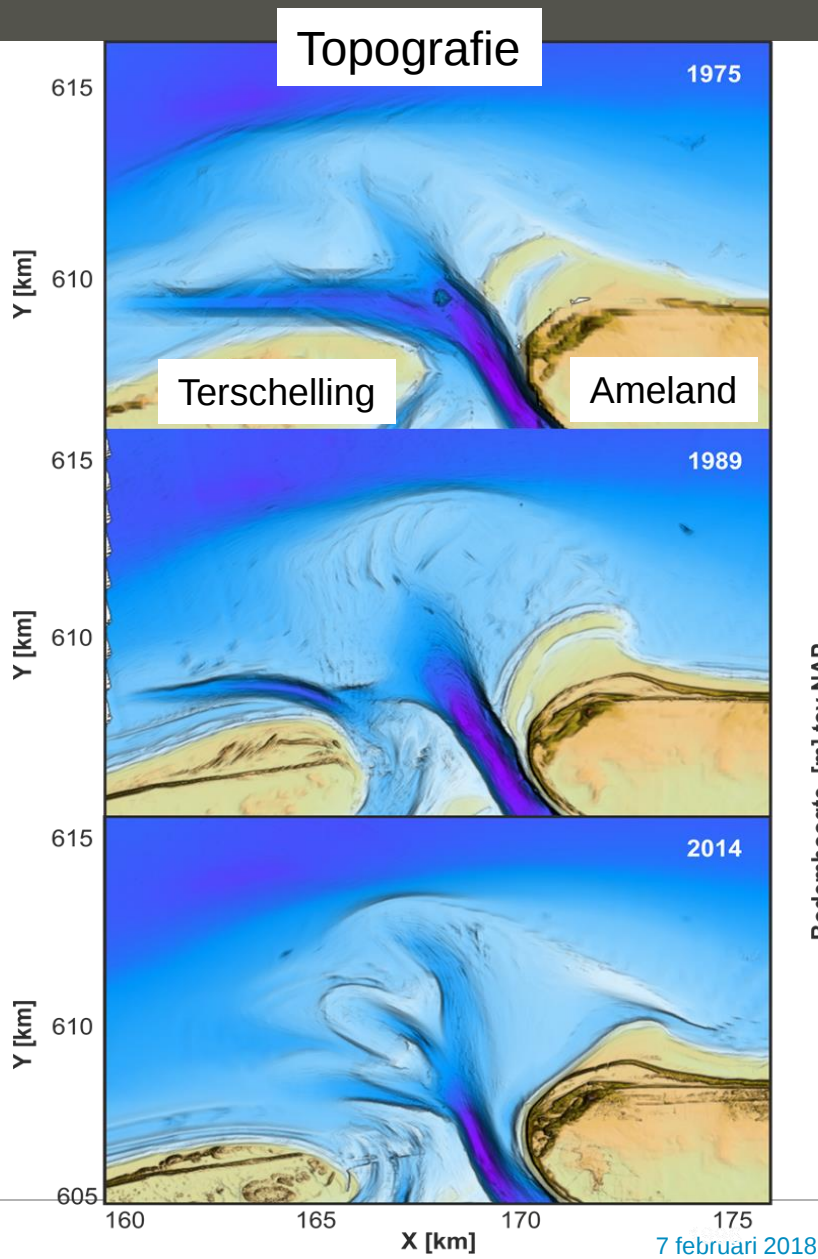


Verleggen aanlandpunt

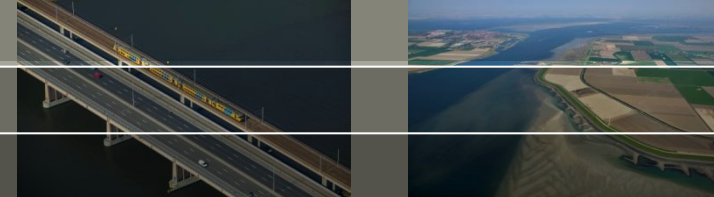
1998

4) Lange termijn domino effecten

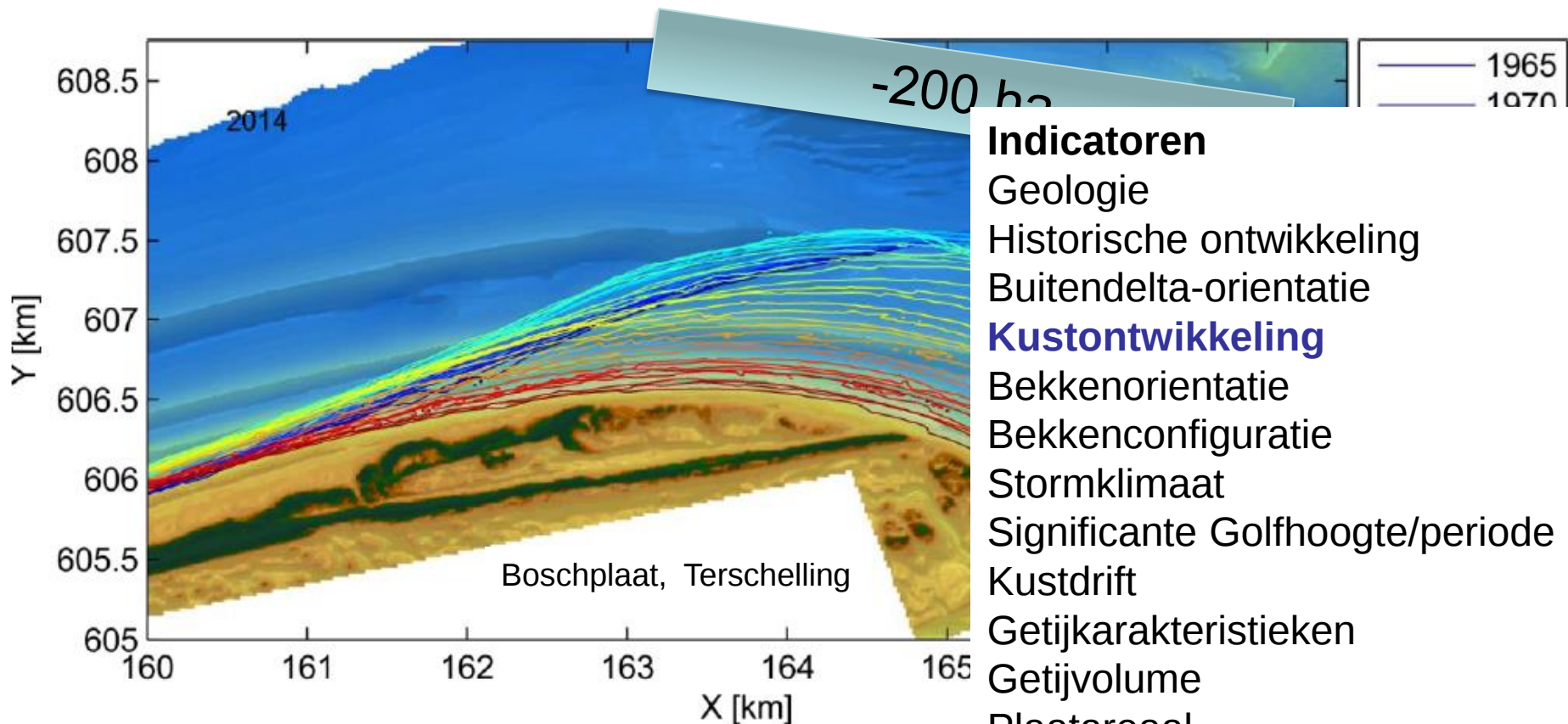
Boschgat



4) Lange termijn domino effecten *Boschgat*



Lange termijn ontwikkeling ecologie

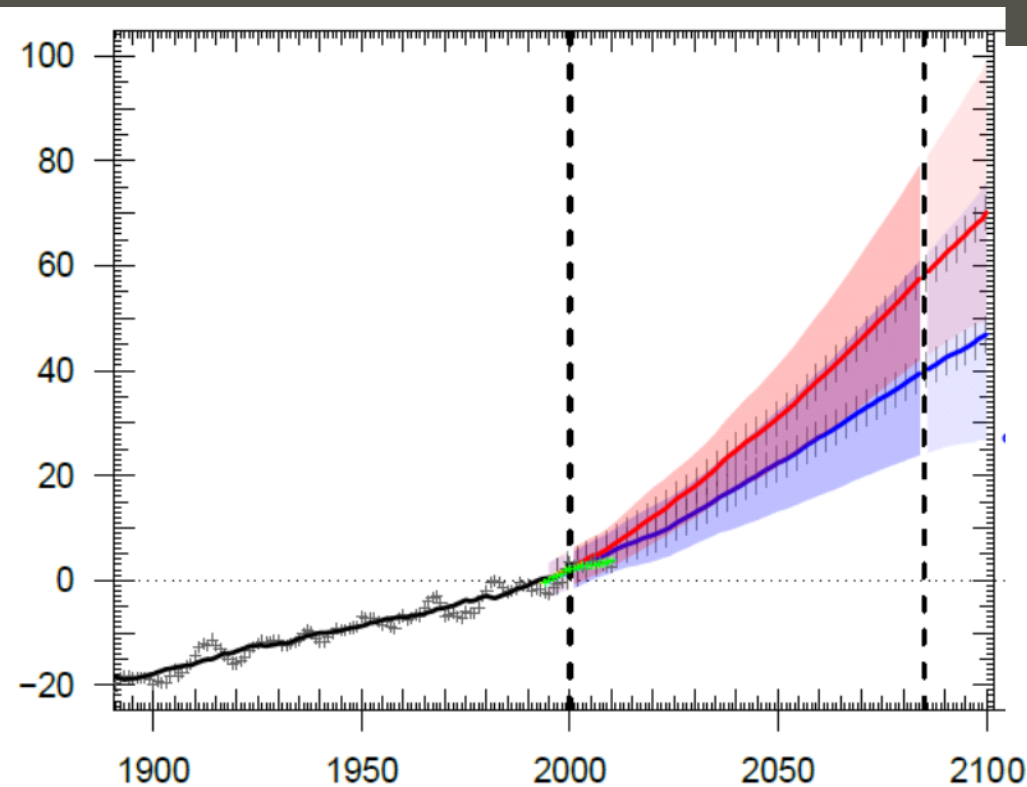
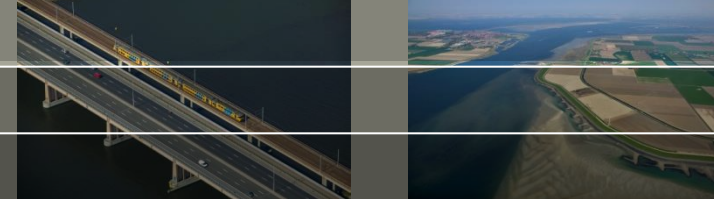


Indicatoren

- Geologie
- Historische ontwikkeling
- Buitendelta-orientatie
- Kustontwikkeling**
- Bekkenorientatie
- Bekkenconfiguratie
- Stormklimaat
- Significante Golfhoogte/periode
- Kustdrift
- Getijkarakteristieken
- Getijvolume
- Plaatareaal
- Volume komberging
- Getijasymmetrie
- En veranderingen in bovenstaand

Klimaat: wat is van belang?

Zeespiegelstijging en golf/storm klimaat



KNMI, 2014

Zeespiegelstijging zeer waarschijnlijk:

- Toename sedimentbehoefte
- **Boven kritische snelheid: verdrinking**

→ Nu al verlies zand in veel buitendelta's → zal toenemen
→ Verandering hydrodynamiek buitendelta's (luwte, geulconfiguraties)
→ Veranderingen buitendelta's, eilanden en kombergingsgebieden
→ **Herorientatie buitendelta geulen naar het westen.**

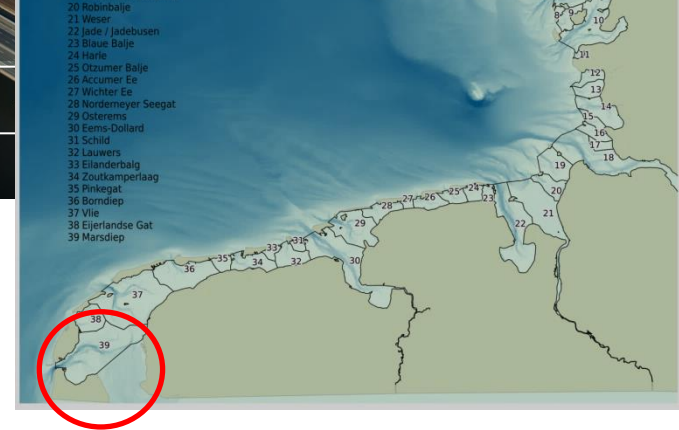
Grote sediment behoefte kom *Marsdiep*

Door de afsluiting van de Zuiderzee periode 1935-2005

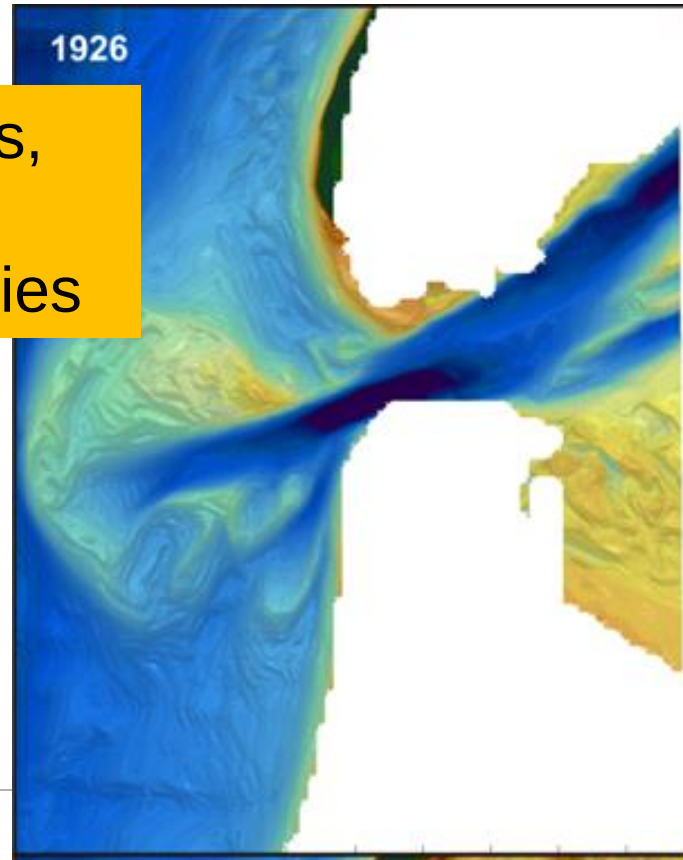
kom: $+3,4 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$

buitendelta: $-3,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$

kust: $-0,7 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$

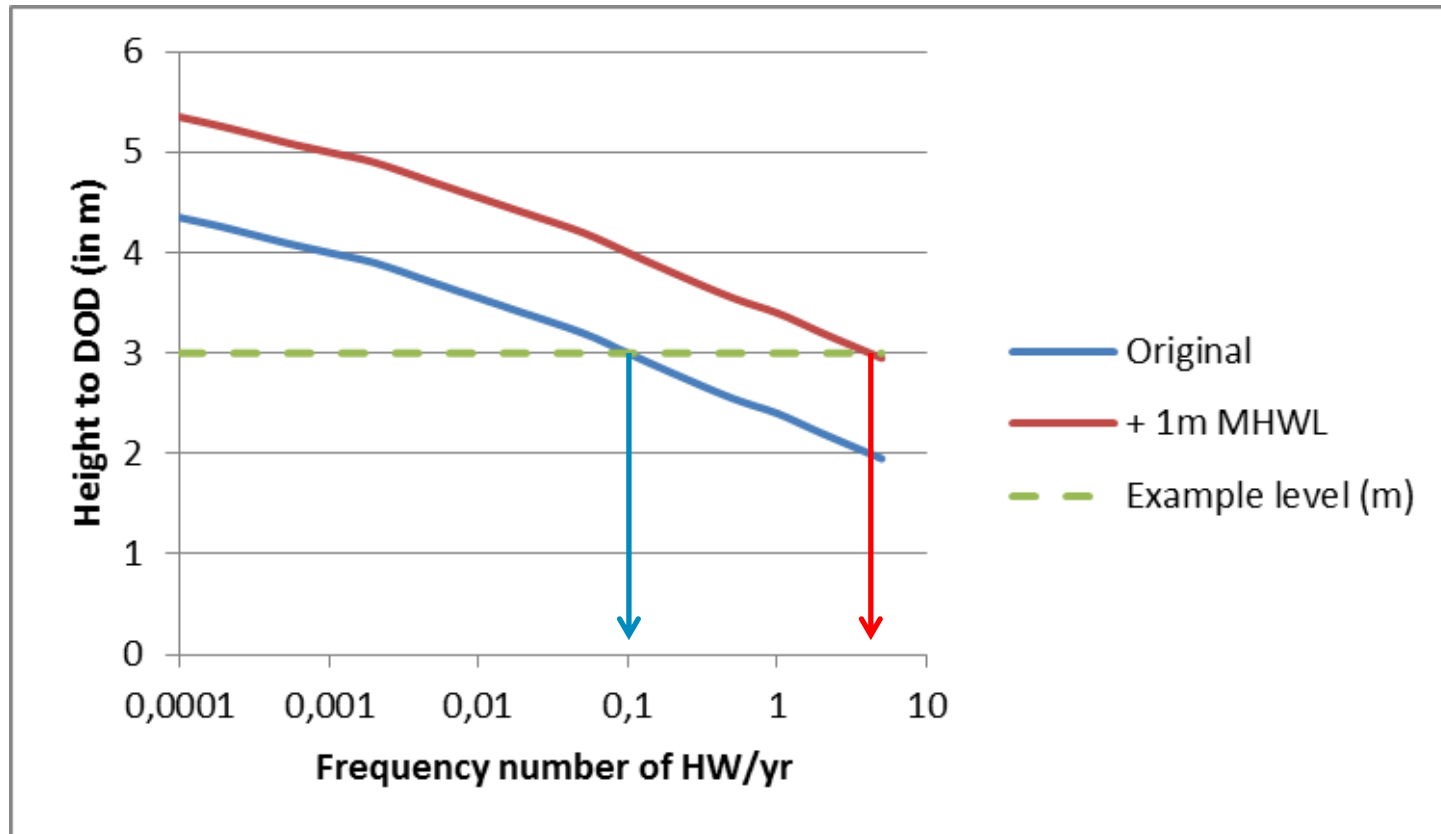


Nautische functies,
Waterveiligheid,
Ecologie, Suppleties



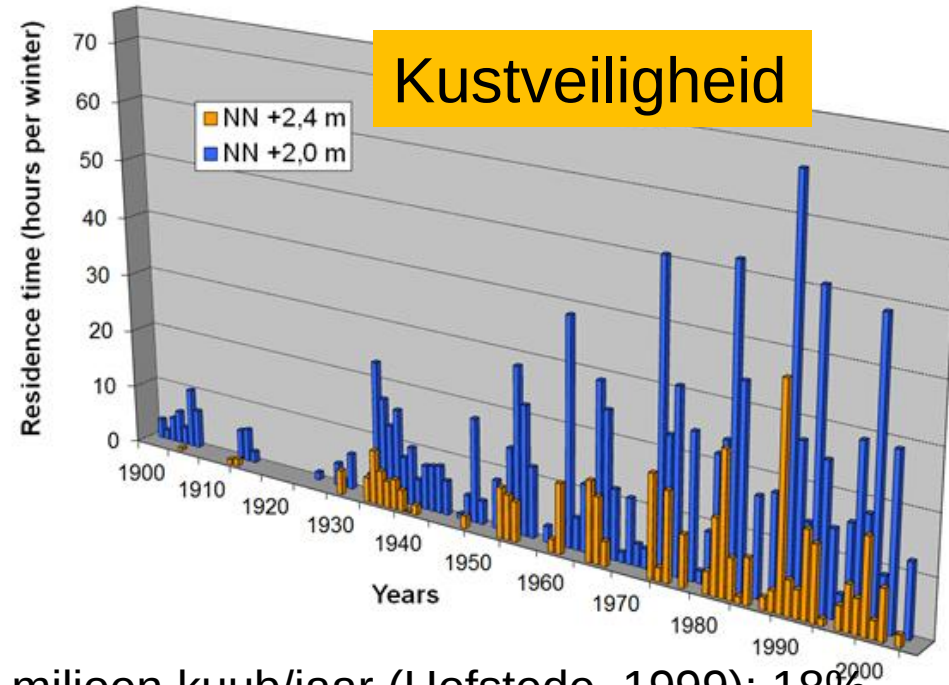
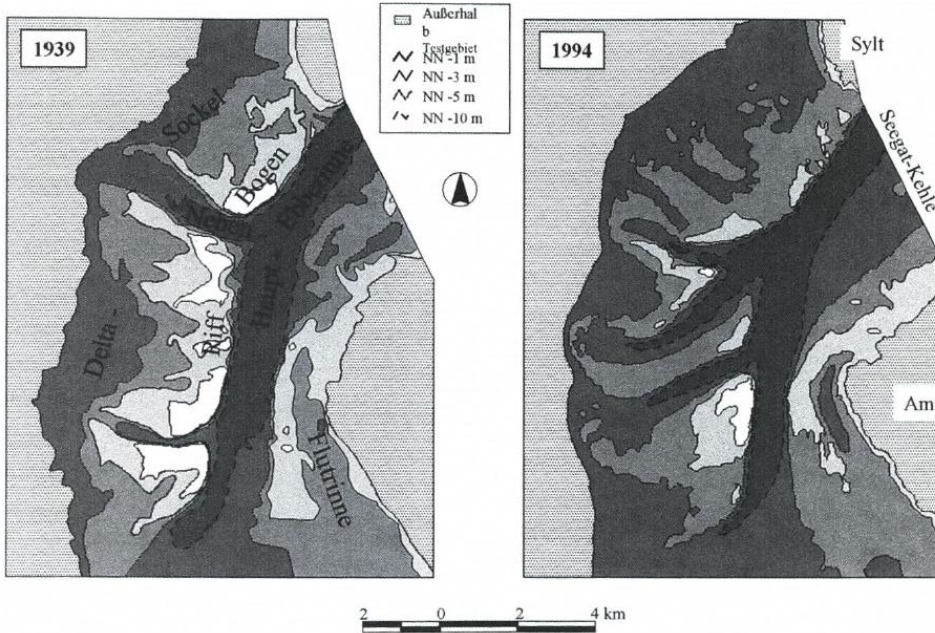
Golf & Stormklimaat: zelfs als er niets verandert, neemt de invloed van stormvloeden sterk toe bij een hogere zeespiegel

Voorbeeld Terschelling-West: als nu een hoogte van +3m maar eens in de 10 jaar wordt getroffen door een stormvloed, zou dat bij 1 meter zeespiegelstijging kunnen oplopen naar ca. 5x per jaar



Meer stormvloed: meer erosie hogere buitendelta

Hoernum Tief



1968-1994: zandverlies buitendelta 3,5 miljoen kuub/jaar (Hofstede, 1999): 18% volume-afname

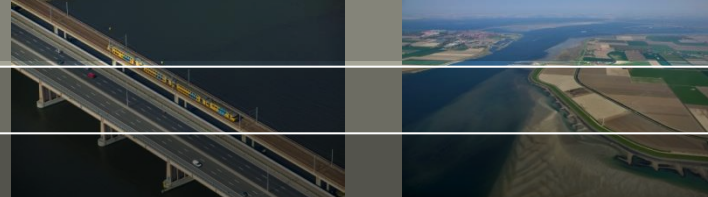
1939-1994: Eb-volume nam met 19% toe → groter buitendelta-volume verwacht →

1960-1994: toename stormvloed → erosie buitendelta en Amrum

(Hofstede & Spitta, 2000).

Deltares

Conclusies en *trilaterale* aanbevelingen



Trilaterale data- en kennis-uitwisseling essentieel voor beheer: 1) meer zeegatsystemen; 2) beheerders met elk hun eigen kijk →

- *Regelmatige kennisuitwisseling tussen beheerders;*
- *Aanvullen met overige zeegaten;*
- *Uniformeren data-inwinning en –verwerking (nationaal en trilateraal).*

Zeegatsystemen worden zowel beïnvloed door veranderingen in interne en externe drivers, als door eigen dynamiek →

- *Bestuderen voor toekomst in licht van zeespiegelstijging en menselijke ingrepen;*
- *Bijzondere aandacht voor hydrodynamisch en morfologisch functioneren kleine zeegat-(bij)geulen, omdat deze relatief sterk reageren.*

Grote ingrepen brengen een langdurige en vaak blijvende verandering aan in alle onderdelen van een zeegatsysteem → Sterke zeespiegelstijging = een grote ingreep →

- *Zorg dat U gesteld staat: bestudeer alle zeegaten door combinatie natuurwaarnemingen en modelleren.*
- *Wissel kennis uit beheerders ↔ onderzoekers*

	(10 ⁶ m ³) Pdis Pmod Pbat	(10 ⁶ m ³) of of	tidal delta (10 ⁶ m ³ /yr)		area (10 ⁶ m ³ /yr)	
Hooger Loch	21					
Het Schild	32				See Lauwers	
Wichter Ee	35	10	0.5	1988/92-2004		
Blaue Balje	68					
Eilanderbalg	70				-0.3	1990-2002
Pinkegat	100		0.4		0.3	
Harle Seegat	104	23	-0.7	1964-2001		
Otzumer Balje	124	38	1.1	1988/92-2004	Ca. 0.1	
<i>Juvre Dyb</i>	147	127	-1.5	1970-2001	-0.3	1970-2001
Zoutkamper- laag	151		-1.5		2.6	
<i>Knude Dyb</i>	153				-0.1	1966-2003
<i>Grådyb</i>	165	37	-0.2	1967-2002	<-0.2	1967-2002
<i>Rummeloch West</i>	172				0.1	1990-2000
Accumer Ee	175					
Norderneyer Seegat	183	54	0.6	1990-2004/6		
Eijerlandsch e Gat	205	130	-0.8	1990-2005	-0.2	1990-2005
Zeegat van de Lauwers	208				0.2	1990-2002 (incl. Schild)
Borndiep	383	121	-0.4	1990-2005	1.4	1990-2005
Osterems	523				0	1990-2004/5
<i>Hörnum Tief</i>	528	397	-3.6	1959-1994		
<i>Lister Tief/Lister Dyb</i>	627	300			<-1.3	1968-1994
<i>Hever</i>	881				3.8	1990-2000
<i>Aue</i>	883				-1	
Zeegat van het Vlie	934	355	-1.8	1990-2005	3.5	1990-2005
Marsdiep	991	489	-3.6	1990-2005	-1.3	1990-2005