

Een nieuwe sedimentbalans van de Nederlandse Kust Zandige Kust 2024

Inleiding



Onderzoek binnen:

Kennisprogramma Zeespiegelstijging (spoor3 – Zandige Kust)

- Hoeveel zand (sediment) nodig is bij verschillende zichtwaarden van zeespiegelstijging?
- Kennis ontwikkeling voor de uitwerking van de huidige strategie van handhaven van de kustlijn voor de komende 15 jaar.

Specifieke bijdrage van de nieuwe sedimentbalans

- Toetsen van het concept 'actieve zone' en het beter begrenzen daarvan, in het bijzonder voor de buitendelta's
- Verkleinen van onzekerheden in sedimentbalans eerdere studies (bijv. Kustgenese 2)
 - Waddenkust (een verlies van bijna 7 miljoen m³/jr)
 - Westerschelde (huidige import van 4 miljoen m³/jr is veel groter dan de eerder gehanteerde aanname van 0-1.0 miljoen m³/jr.)

Inleiding



Onderzoek binnen:

Kennisprogramma Zeespiegelstijging (spoor3 – Zandige Kust)

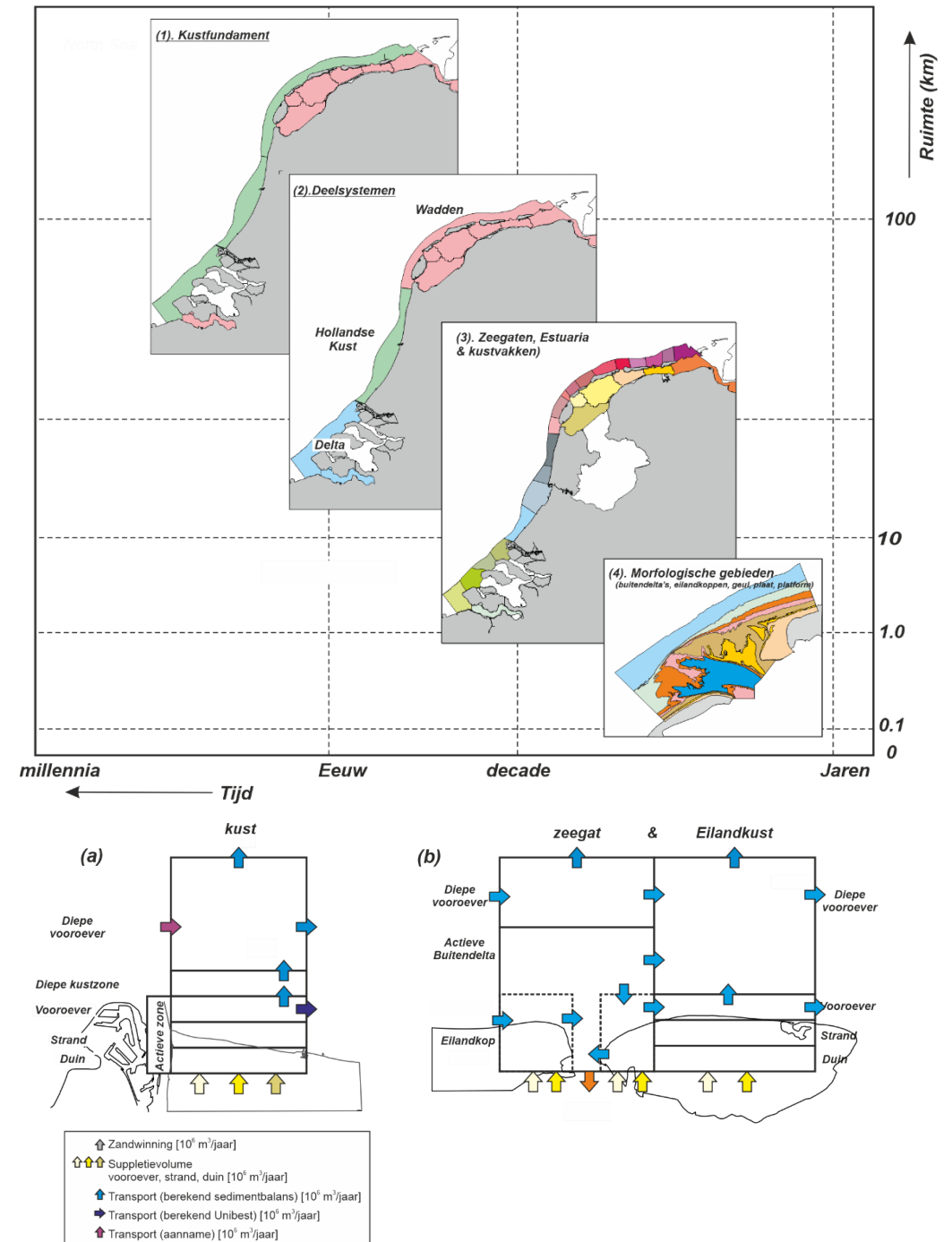
- Hoeveel zand (sediment) nodig is bij verschillende zichtwaarden van zeespiegelstijging?
- Kennis ontwikkeling voor de uitwerking van de huidige strategie van handhaven van de kustlijn voor de komende 15 jaar.

Specifieke bijdrage van de nieuwe sedimentbalans

- Toetsen van het concept 'actieve zone' en het beter begrenzen daarvan, in het bijzonder voor de buitendelta's
- Verkleinen van onzekerheden in sedimentbalans eerdere studies (bijv. Kustgenese 2)
 - Waddenkust (een verlies van bijna 7 miljoen m³/jr)
 - Westerschelde (huidige import van 4 miljoen m³/jr is veel groter dan de eerder gehanteerde aanname van 0-1.0 miljoen m³/jr.)

Hoe doen we dit?

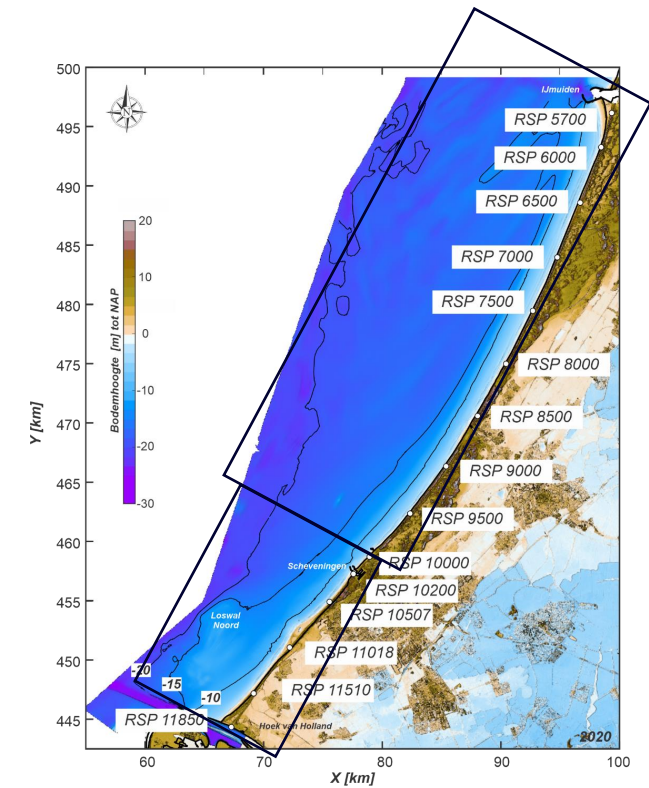
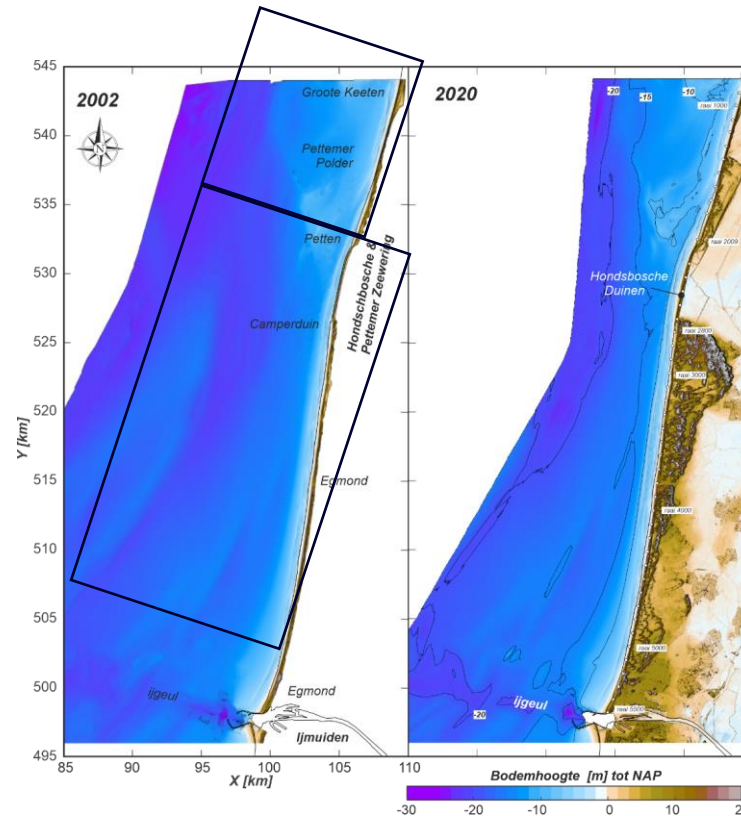
- Analyse op verschillende ruimteschalen
- Conceptuele modellen
 - Actieve zone
 - Actieve volumebalans
 - Sedimentbalans of Sink-Source balans
- Analyse van
 - Ingrepen en Suppleties
 - Langstransporten (Huisman, 2024)
 - Volumebalans van actieve zone (Jarkus)
 - Volumebalans van de Vaklodingen
 - Synthèse in sedimentbalans / sedimentboxmodel
- Uitdagingen = expert judgement
 - Hoe omgaan met onzekerheden in metingen?
 - Vertaling van de resultaten naar conceptuele modellen.
 - Verliezen en toevoegingen



Deel 1; Sedimentbalans Hollandse Kust

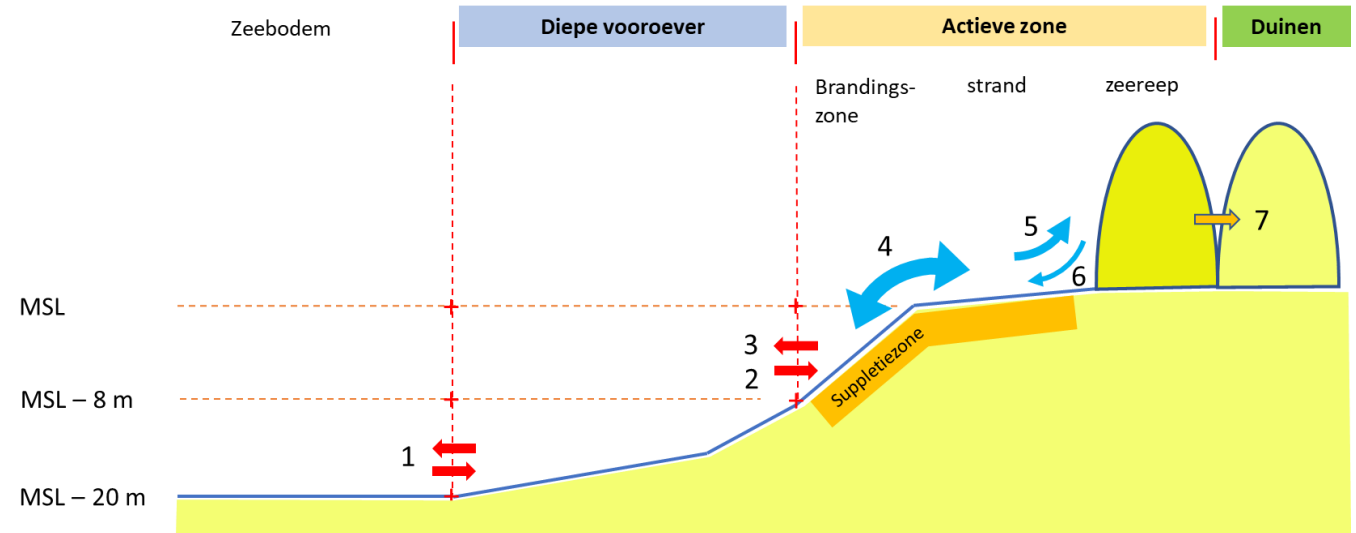
Wat aannamen en keuzes

- Grootschalig een onderverdeling in Zuid-Holland en Noord-Holland
- Onderverdeling in kustvakken
 - Hoek van Holland - Scheveningen
 - Scheveningen - IJmuiden
 - IJmuiden - HBD
 - HBD – Groote Keeten



Wat aannamen en keuzes

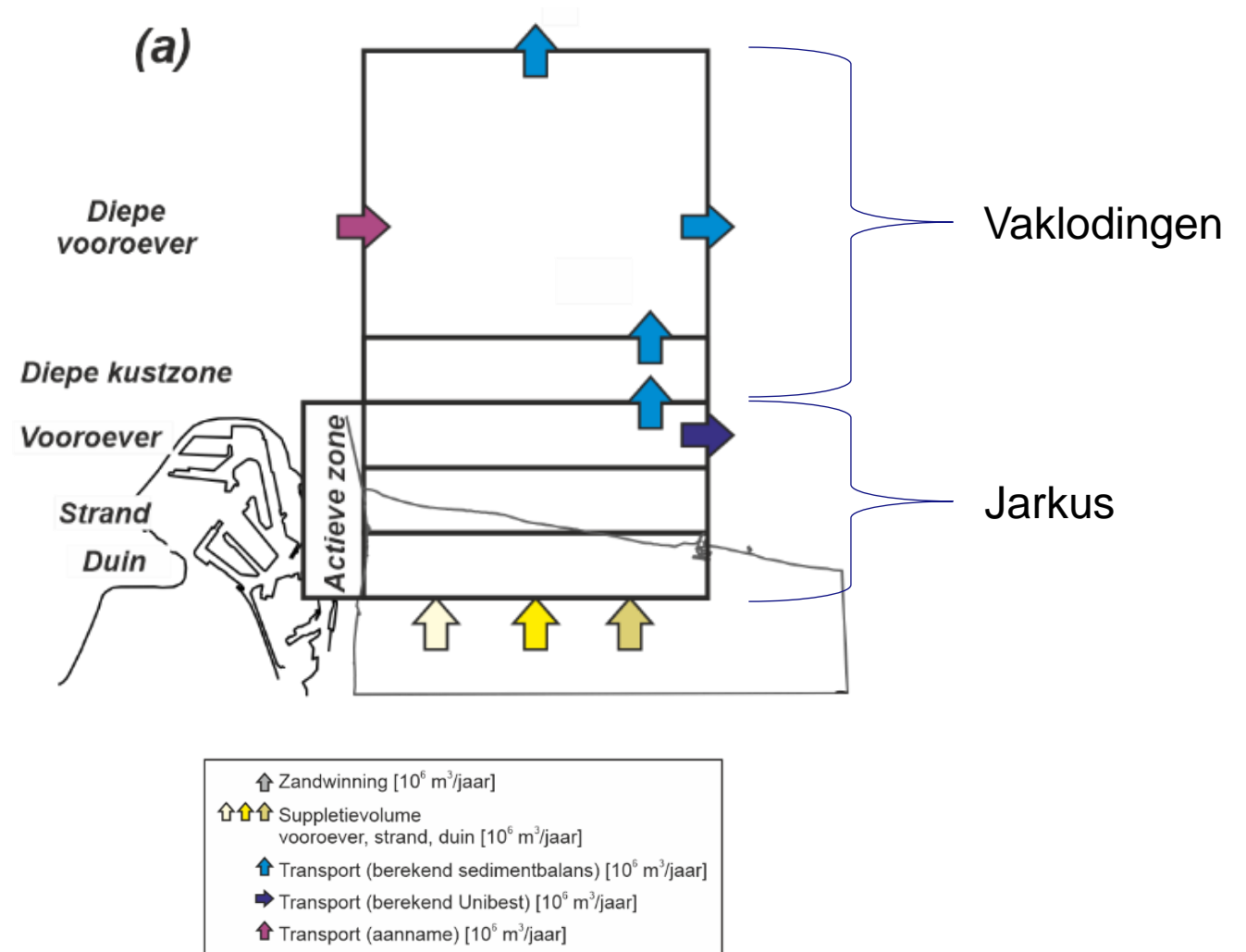
- Grootschalig een onderverdeling in Zuid-Holland en Noord-Holland
 - Hoek van Holland - Scheveningen
 - Scheveningen - IJmuiden
 - IJmuiden - HBD
 - HBD – Groote Keeten
- Actieve zone vormt de basis



Wat aannamen en keuzes

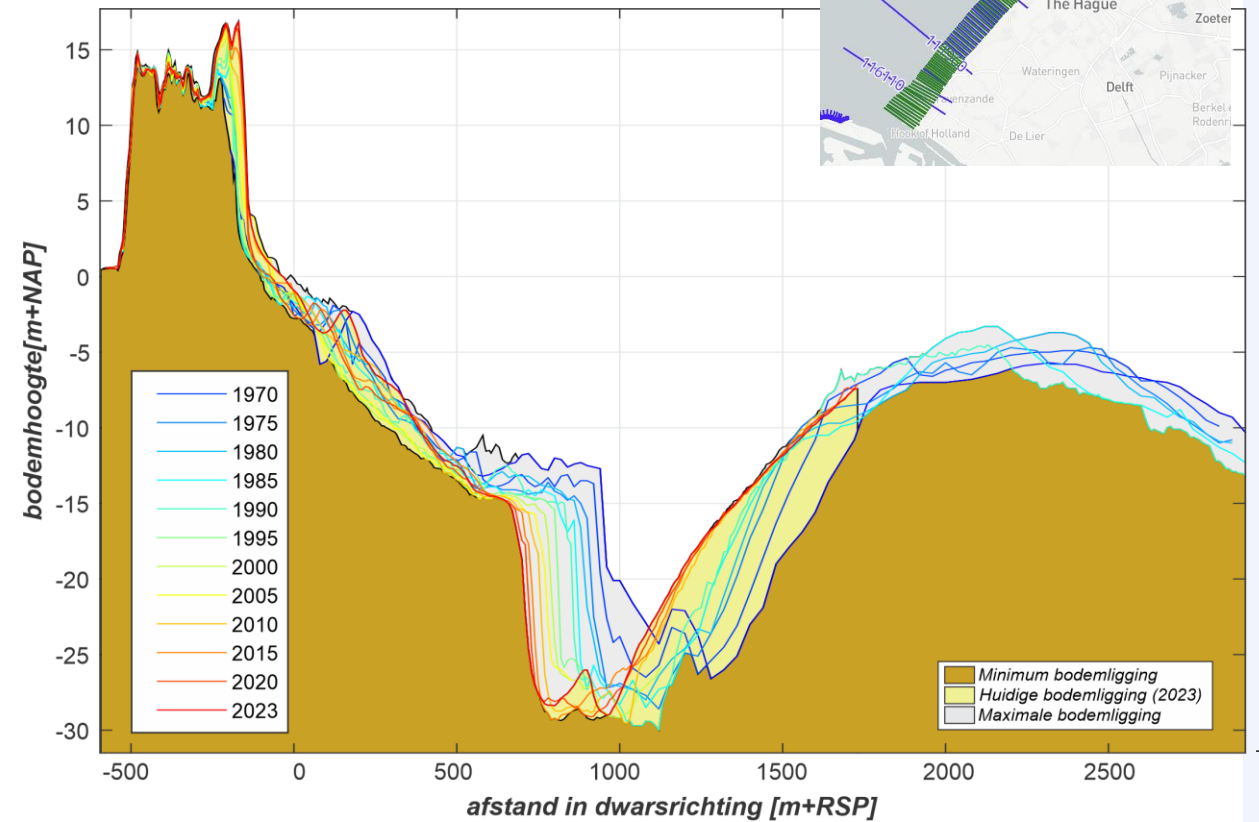
- Grootschalig een onderverdeling in Zuid-Holland en Noord-Holland
 - Hoek van Holland - Scheveningen
 - Scheveningen - IJmuiden
 - IJmuiden - HBD
 - HBD – Groote Keeten
- Actieve zone vormt de basis
- Resultaten worden samengevat in een sedimentbox model

- Diepe Vooroever
 - Diepe Kustzone
 - Vooroever
 - Strand
 - Duin (zeereep)
- } *Diepe Vooroever*
- } *Actieve Zone*



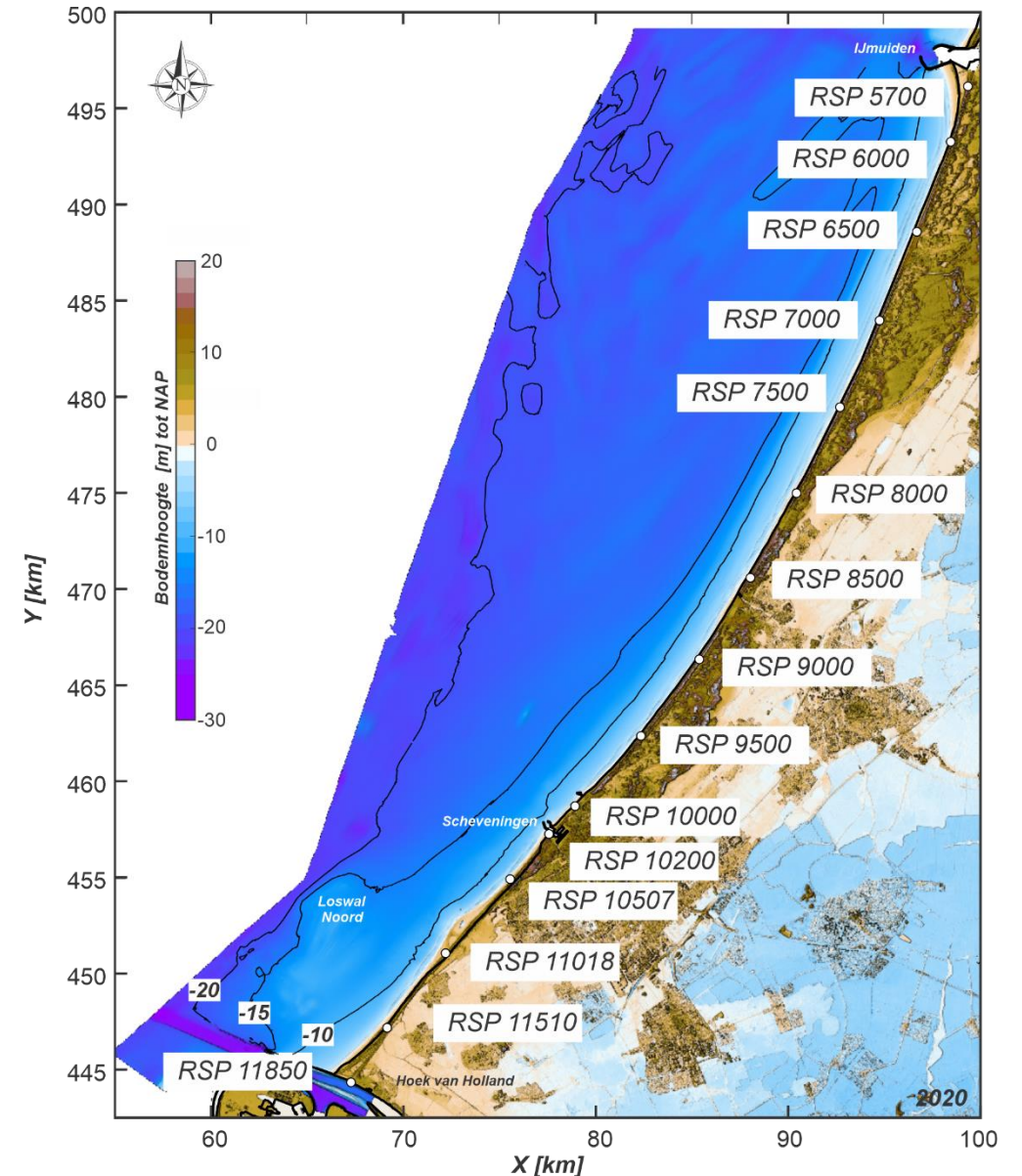
Volumebepaling van de Actieve Zone

- Volumebepaling op basis van de Jarkus datasets (1965-2022), maar onderverdeeld in minimaal 2 perioden 1965-1990 en 1990-2022.



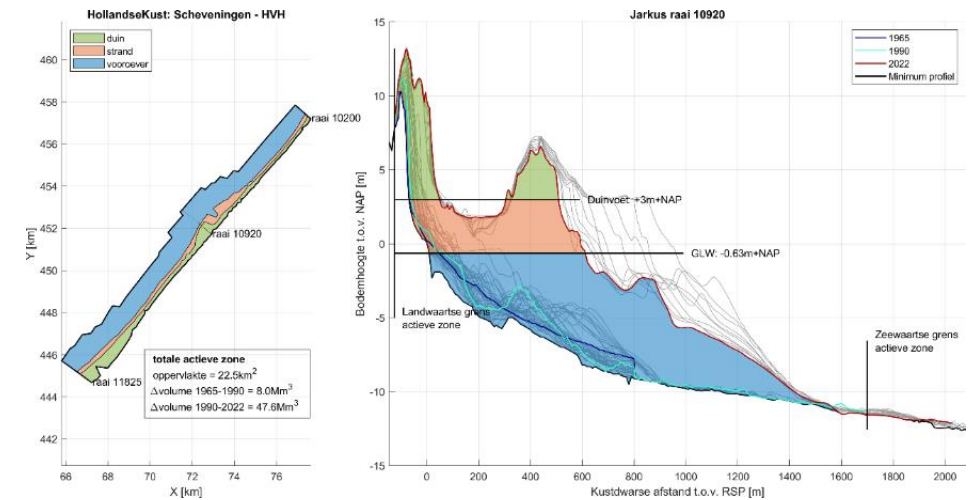
Volumebepaling van de Actieve Zone

- Volumebepaling op basis van de Jarkus datasets (1965-2022), maar onderverdeeld in minimaal 2 perioden 1965-1990 en 1990-2022.
- Onderverdeelt in Hoek van Holland-Scheveningen en Scheveningen - IJmuiden



Volumebepaling van de Actieve Zone

- Volumebepaling op basis van de Jarkus datasets (1965-2022), maar onderverdeeld in minimaal 2 perioden 1965-1990 en 1990-2022.
- Onderverdeelt in Hoek van Holland-Scheveningen en Scheveningen - IJmuiden
- Volumes worden bepaald voor de Actieve Zone & voor de zones: Duin, strand & Vooroever.
 - Landwaartse grens: meest landwaartse ligging duintop van eerste duinenrij (dus duingroei meegenomen)
 - Zeewaartse grens: ong. 1.5 – 2 km tot RSP
 - Sedimentdikte tov minimumbodem wordt berekend.
- Volumeberekening per raai * tussenafstand = totale volumeverandering
- Samenvatting in boxen op basis van volume/tijd en lineaire trendberekening.

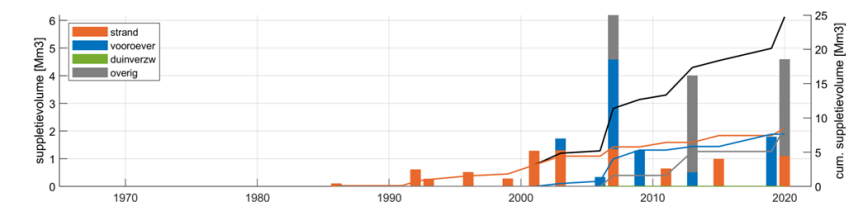
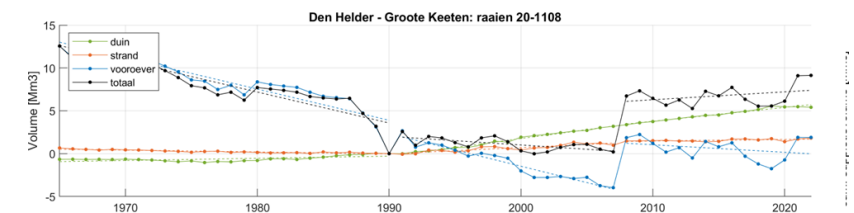


(a) Verandering in volume: dV (Volume/tijd)

Periode 1965-1990		Periode 1991-2007		Periode 2008-2022	
vooroever	-0.50 Mm ³ /jaar -12.55 Mm ³ over 25jaar	-0.41 Mm ³ /jaar -6.64 Mm ³ over 16jaar	0.00 Mm ³ /jaar 0.03 Mm ³ over 14jaar	vooroever	0.07 Mm ³ /jaar 1.05 Mm ³ over 16jaar
strand	-0.03 Mm ³ /jaar -0.66 Mm ³ over 25jaar	0.07 Mm ³ /jaar 1.05 Mm ³ over 16jaar	0.02 Mm ³ /jaar 0.34 Mm ³ over 14jaar	strand	-0.15 Mm ³ /jaar -2.38 Mm ³ over 16jaar
duin	0.03 Mm ³ /jaar 0.66 Mm ³ over 25jaar	0.20 Mm ³ /jaar 3.21 Mm ³ over 16jaar	0.15 Mm ³ /jaar 2.03 Mm ³ over 14jaar	duin	4.19 Mm ³ suppleties
totaal	-0.50 Mm ³ /jaar -12.55 Mm ³ over 25jaar	-0.15 Mm ³ /jaar -2.38 Mm ³ over 16jaar	0.17 Mm ³ /jaar 2.41 Mm ³ over 14jaar	totaal	12.85 Mm ³ suppleties

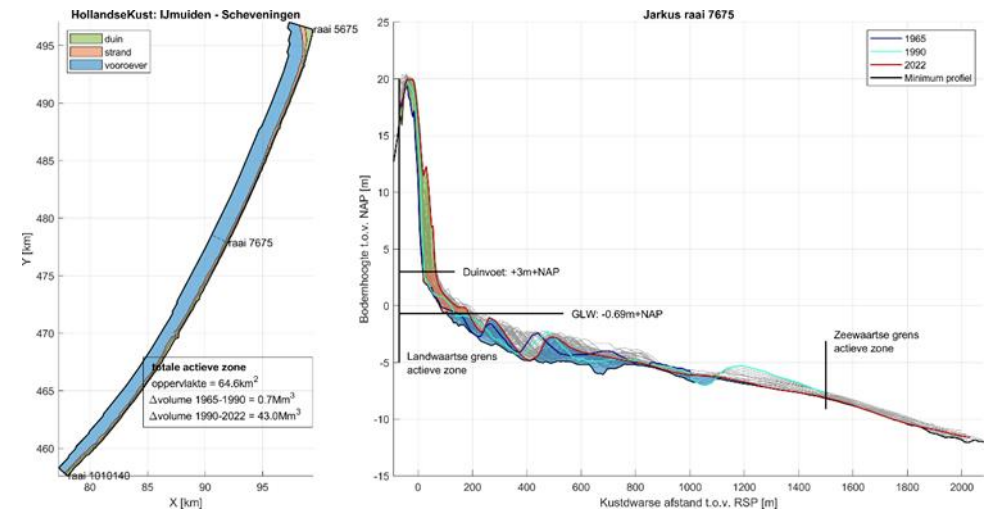
(b) Verandering in volume: Lineaire trend

Periode 1965-1990		Periode 1991-2007		Periode 2008-2022	
vooroever	-0.37 Mm ³ /jaar -9.13 Mm ³ over 25jaar	-0.38 Mm ³ /jaar -6.10 Mm ³ over 16jaar	-0.09 Mm ³ /jaar -1.23 Mm ³ over 14jaar	vooroever	0.07 Mm ³ /jaar 1.18 Mm ³ over 16jaar
strand	-0.02 Mm ³ /jaar -0.55 Mm ³ over 25jaar	0.07 Mm ³ /jaar 1.18 Mm ³ over 16jaar	0.26 Mm ³ over 14jaar	strand	-0.10 Mm ³ /jaar -1.61 Mm ³ over 16jaar
duin	0.03 Mm ³ /jaar 0.63 Mm ³ over 25jaar	0.21 Mm ³ /jaar 3.31 Mm ³ over 16jaar	0.16 Mm ³ /jaar 2.27 Mm ³ over 14jaar	duin	4.19 Mm ³ suppleties
totaal	-0.36 Mm ³ /jaar -9.05 Mm ³ over 25jaar	-0.10 Mm ³ /jaar -1.61 Mm ³ over 16jaar	0.09 Mm ³ /jaar 1.29 Mm ³ over 14jaar	totaal	12.85 Mm ³ suppleties

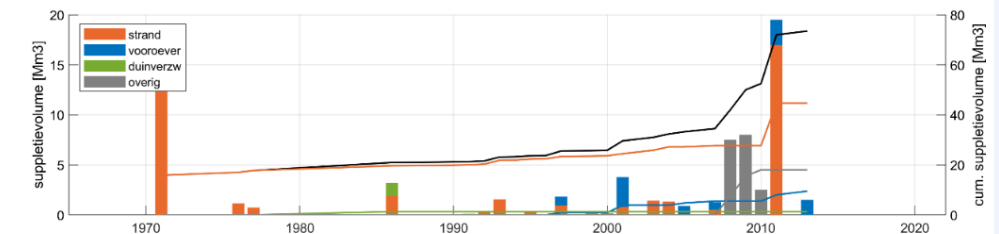
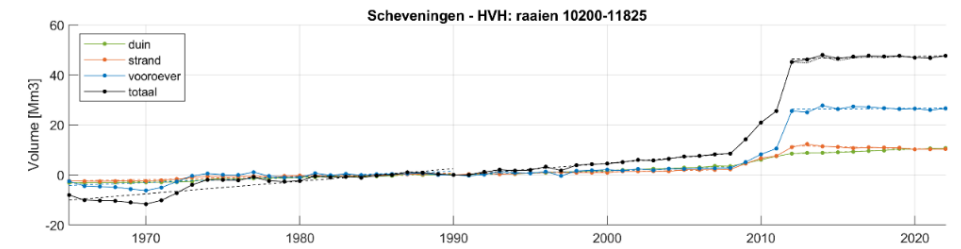


Volumebepaling van de Actieve Zone

- Volumebepaling op basis van de Jarkus datasets (1965-2022), maar onderverdeeld in minimaal 2 perioden 1965-1990 en 1990-2022.
- Onderverdeelt in Hoek van Holland-Scheveningen en Scheveningen - IJmuiden
- Volumes worden bepaald voor de Actieve Zone & voor de zones: Duin, strand & Vooroever.
 - Landwaartse grens: meest landwaartse ligging duintop van eerste duinenrij (dus duingroei meegenomen)
 - Zeewaartse grens: ong. 1.5 – 2 km tot RSP
 - Sedimentdikte tov minimumbodem wordt berekend.
- Volumeberekening per raai * tussenafstand = totale volumeverandering
- Samenvatting in boxen op basis van volume/tijd en lineaire trendberekening.



Periode 1965-1990		Periode 1991-2008		Periode 2012-2022	
vooroever	0.23 Mm ³ /jaar 5.73 Mm ³ over 25jaar	vooroever	0.16 Mm ³ /jaar 2.77 Mm ³ over 17jaar	vooroever	0.04 Mm ³ /jaar 0.40 Mm ³ over 10jaar
strand	0.12 Mm ³ /jaar 3.11 Mm ³ over 25jaar	strand	0.11 Mm ³ /jaar 1.89 Mm ³ over 17jaar	strand	-0.14 Mm ³ /jaar -1.45 Mm ³ over 10jaar
duin	0.15 Mm ³ /jaar 3.73 Mm ³ over 25jaar	duin	0.21 Mm ³ /jaar 3.51 Mm ³ over 17jaar	duin	0.23 Mm ³ /jaar 2.32 Mm ³ over 10jaar
totaal	0.50 Mm ³ /jaar 12.57 Mm ³ over 25jaar	totaal	0.48 Mm ³ /jaar 8.18 Mm ³ over 17jaar	totaal	0.13 Mm ³ /jaar 1.28 Mm ³ over 10jaar
	21.07 Mm ³ suppleties		13.31 Mm ³ suppleties		1.50 Mm ³ suppleties

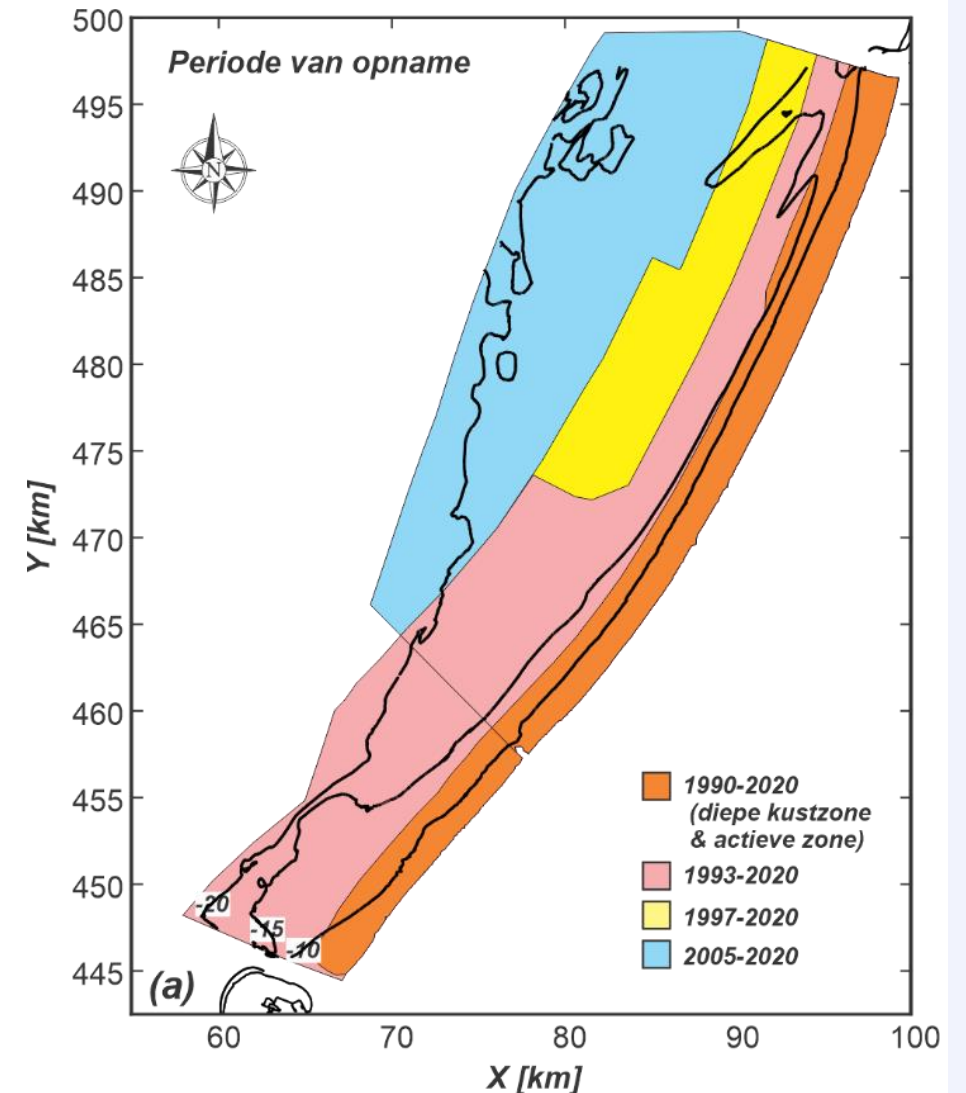


Volumeverandering van de diepe vooroever

Op basis van de Vaklodingen;

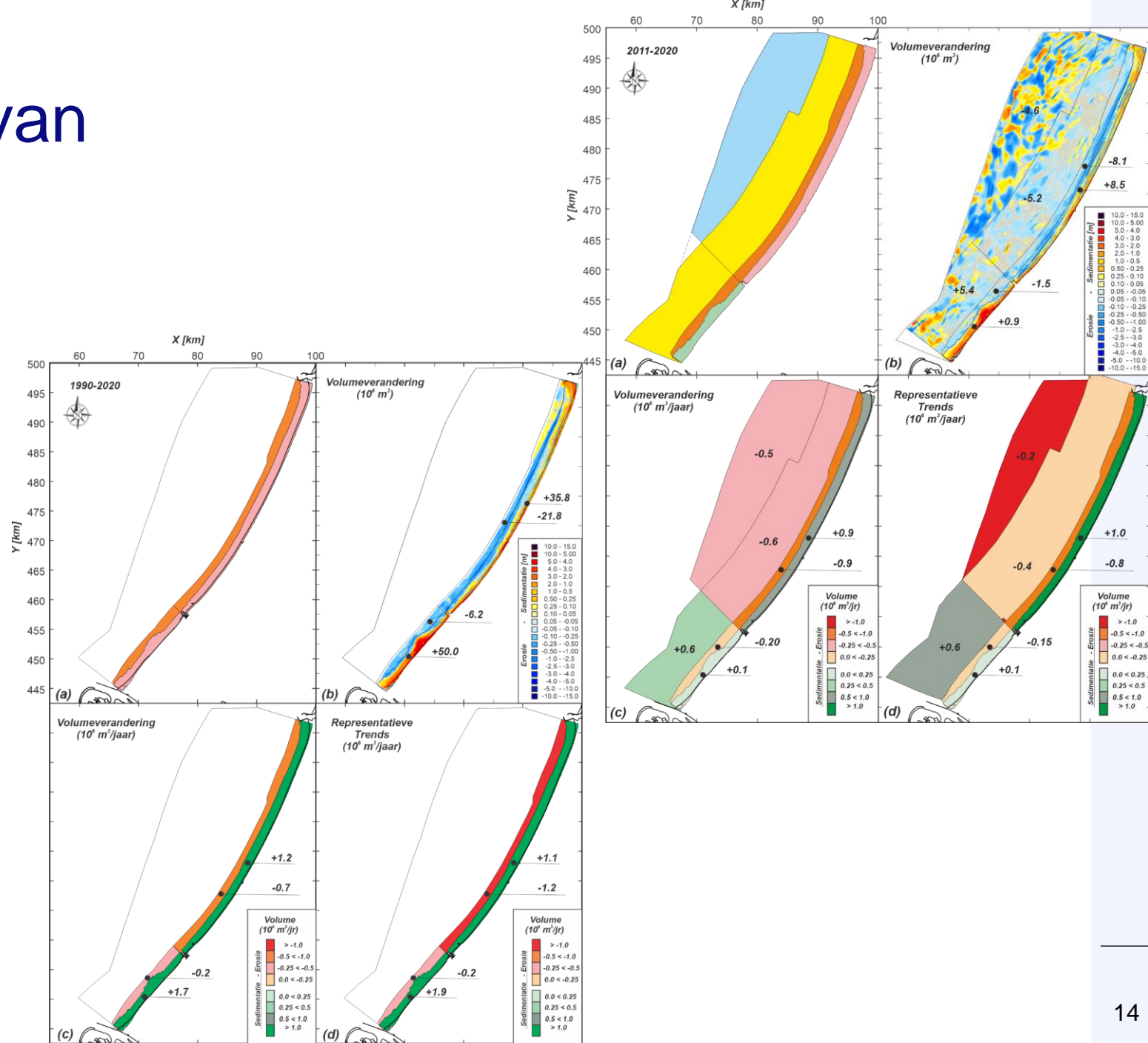
Bodem		Bodem		Bodem	
Rep. Jaar	Meting	Jaar	Meting	Jaar	Meting
1990	Vakloding	2005	Vakloding	2017	Vakloding / Jarkus
1993	Vakloding	2008	Vakloding / Jarkus	2020	Vakloding / Jarkus
1997	Vakloding	2011	Vakloding / Jarkus		
1999	Vakloding	2014	Vakloding / Jarkus		

- Dekking van de data speelt hier een belangrijke rol
- Voor ieder deelgebied wordt de trend bepaald. Deze trends zijn dus gebaseerd op verschillende tijdsintervallen.



Volumeverandering van de diepe vooroever

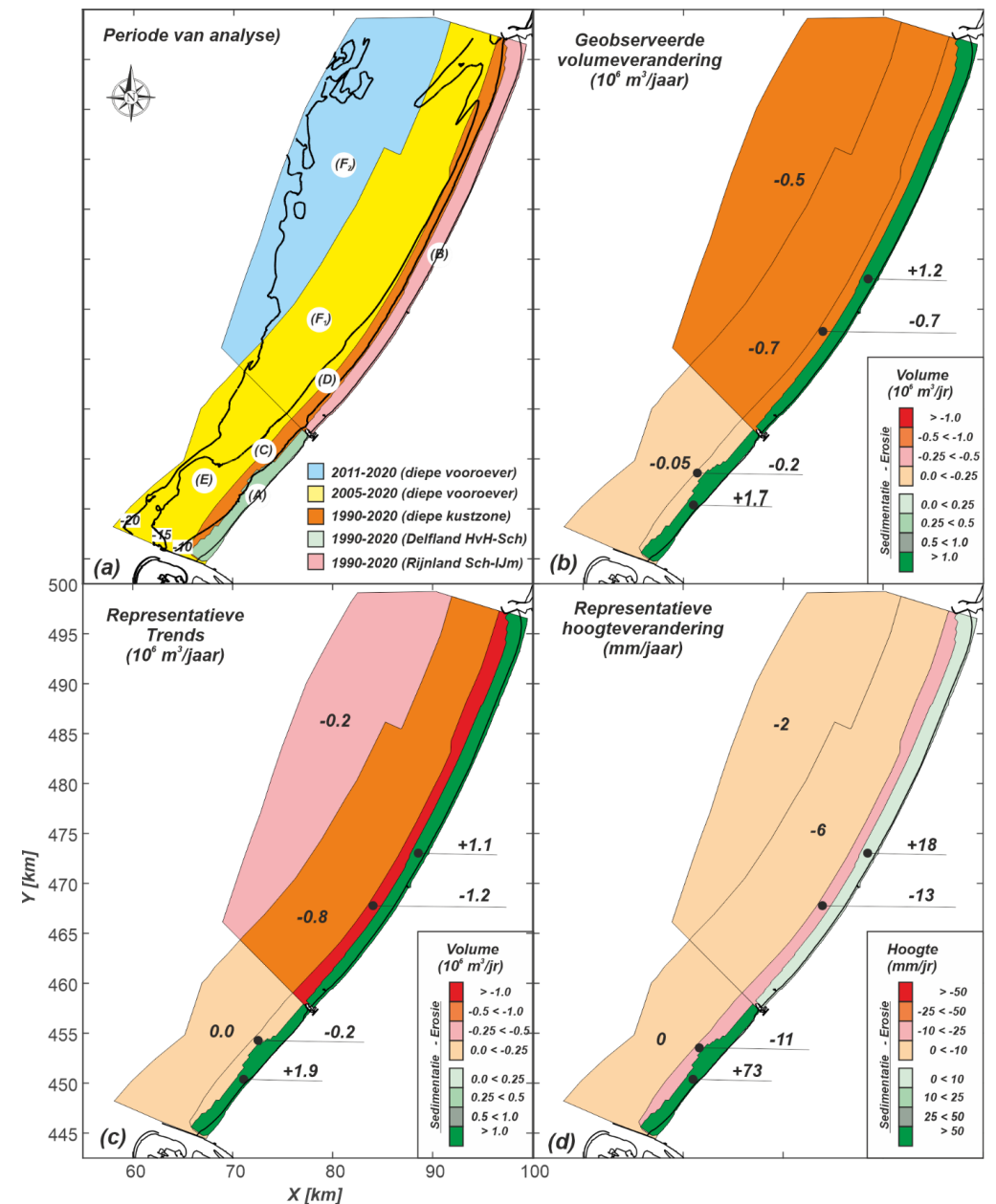
- Voor ieder deelgebied wordt de trend bepaald. Deze trends zijn dus gebaseerd op verschillende tijdsintervallen
- Geobserveerde volumeverandering (volume/tijd) versus representatieve trend.
- Diepe kustzone ontstaat door beschikbaarheid van data (1990-2020) EN duidelijke eroderende trend in deze zone.



Volumeverandering van de diepe vooroever

- Voor ieder deelgebied wordt de trend bepaald. Deze trends zijn dus gebaseerd op verschillende tijdsintervallen
- Geobserveerde volumeverandering (volume/tijd) versus representatieve trend.
- Diepe kustzone ontstaat door beschikbaarheid van data (1990-2020) en duidelijke eroderende trend in deze zone.

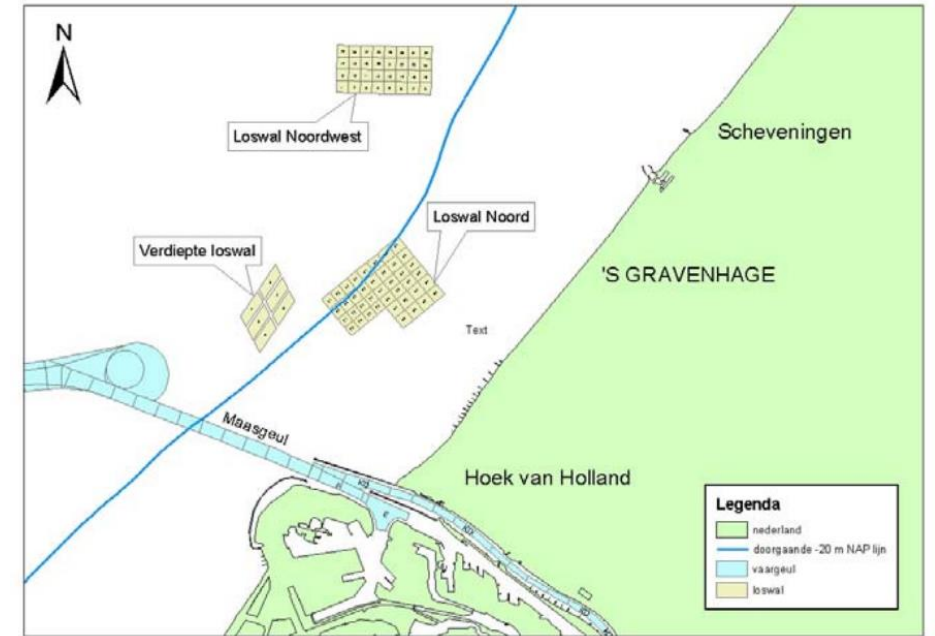
Gebied	Periode	dV		dH		Trends 10 ⁶ m ³ /jr.
		10 ⁶ m ³	10 ⁶ m ³ /jr.	mm	mm/jr.	
(A). Actieve zone Delfland	1990-2020	+50.0	+1.7	+2.2	+73	-
(B). Actieve Zone Rijnland	1990-2020	+35.8	+1.2	+0.55	+18	+1.1
(C). Diepe Kustzone Delfland	1990-2020	-6.2	-0.2	-0.32	-11	-0.2
(D). Diepe Kustzone Rijnland	1990-2020	-21.8	-0.7	-0.40	-13	-1.2
(E) Diepe Vooroever Delfland	2005-2020	-0.8	-0.05	-0.01	0	+0.0
(F1) Diepe Vooroever Rijnland	2005-2020	-10.4	-0.7	-0.09	-6	-0.8
(F2) Diepe Vooroever Rijnland	2011-2020	-4.6	-0.5	-0.02	-2	-0.2



Inventarisatie van de ingrepen

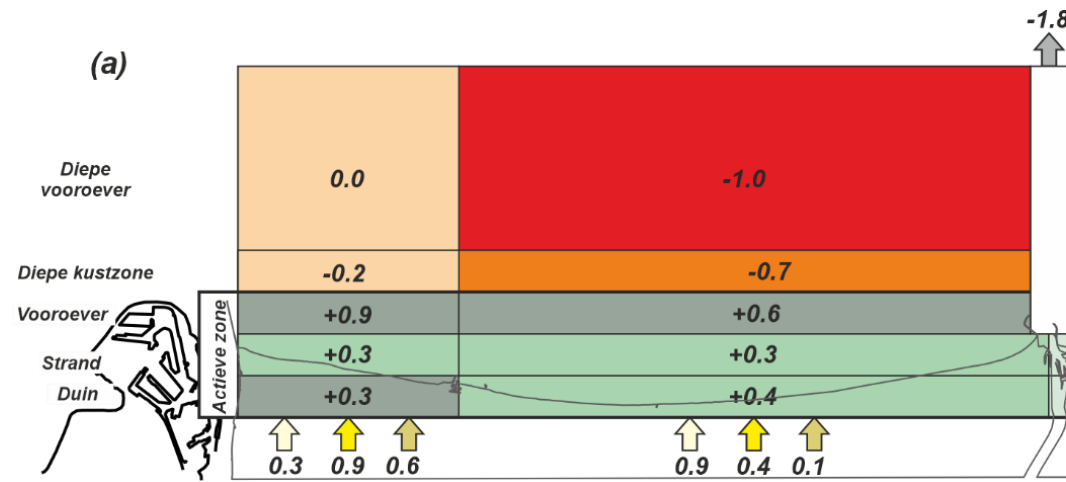
Suppleties:
+124 miljoen m3

Jaren	Delfland Zuid	Delfland Noord	Rijnland
	HvH – haven Scheveningen	Scheveningen tot RSP 9725	RSP 9725 - IJmuiden
< 1990	25.0	1.2	1.5
1990	0.2	-	0.3
1991	0.2	1.0	-
1992	0.6	-	-
1993	1.6	-	0.3
1994	0.2	-	1.0
1995	0.5	-	-
1996	0.2	0.8	0.5
1997	1.9	-	0.6
1998	-	-	2.5
1999	0.2	1.4	-
2000	0.2	-	-
2001	3.8	-	0.9
2002	-	-	5.2
2003	1.5	-	-
2004	1.4	0.8	2.2
2005	0.9	-	-
2006	-	-	1.9
2007	1.5	-	0.5
2008	7.5	-	2.8
2009	8.0	1.4	-
2010	2.5	1.0	-
2011	19.5	-	-
2012	-	-	-
2013	1.5	-	2.9
2014	-	-	2.2
2015	-	0.7	-
2016	-	-	2.4
2017	-	-	-
2018	-	-	-
2019	-	0.4	0.4
2020	-	-	-
2021	-	-	8.5
2022	-	-	0.6
Totaal	78.6	8.6	36.9
	124.1		



Correctie voor baggeren en storten vanuit de Euro-Maasgeul (tot 1996 op Loswal Noord)

Uitkomst: sedimentbalans van de Hollandse Kust

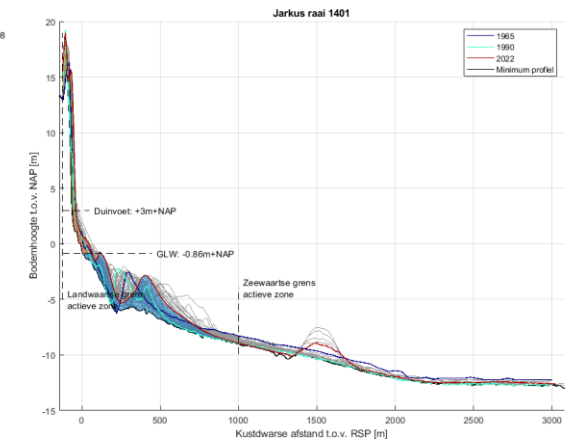
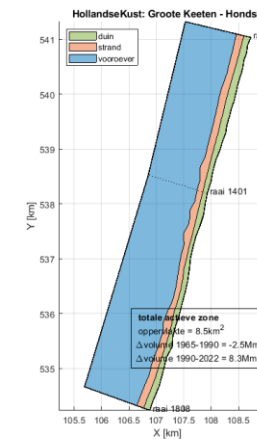
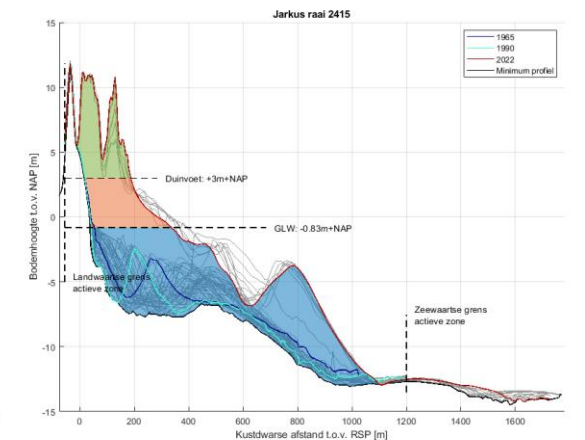
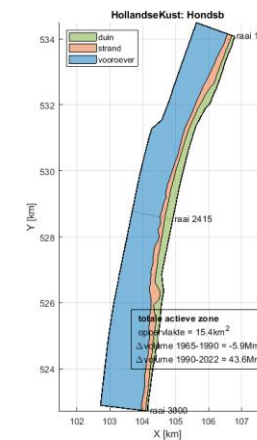
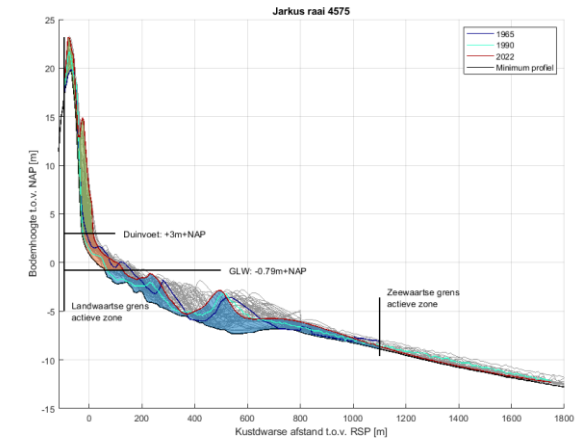
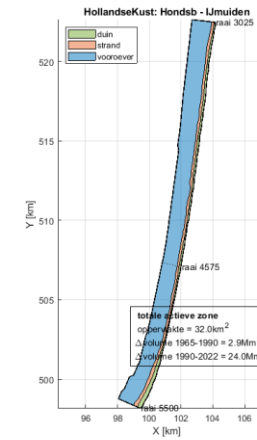
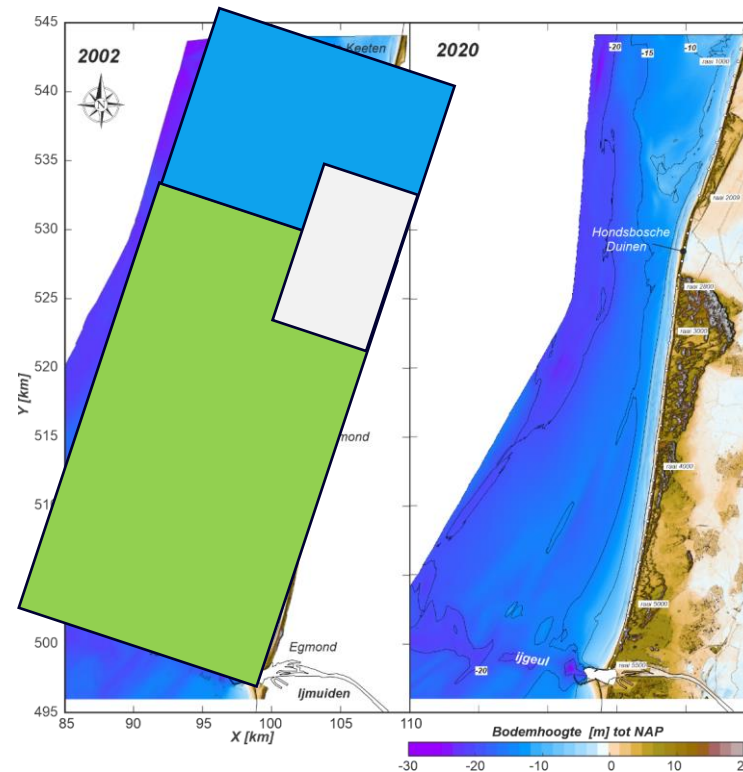


Berekende trends

- ↑ Zandwinning [10⁶ m³/jaar]
- ↑↑ Suppletievolumen vooroever, strand, duin [10⁶ m³/jaar]
- ↑ Transport (berekend sedimentbalans) [10⁶ m³/jaar]
- ➡ Transport (berekend Unibest) [10⁶ m³/jaar]
- ↑ Transport (aanneمة) [10⁶ m³/jaar]

Sedimentbalans van de Hollandse Kust (Noord-Holland)

- Actieve zone; Onderverdeling in 3 deelgebieden
 - IJmuiden – HBD
 - HBD
 - HBD – Groote Keeten

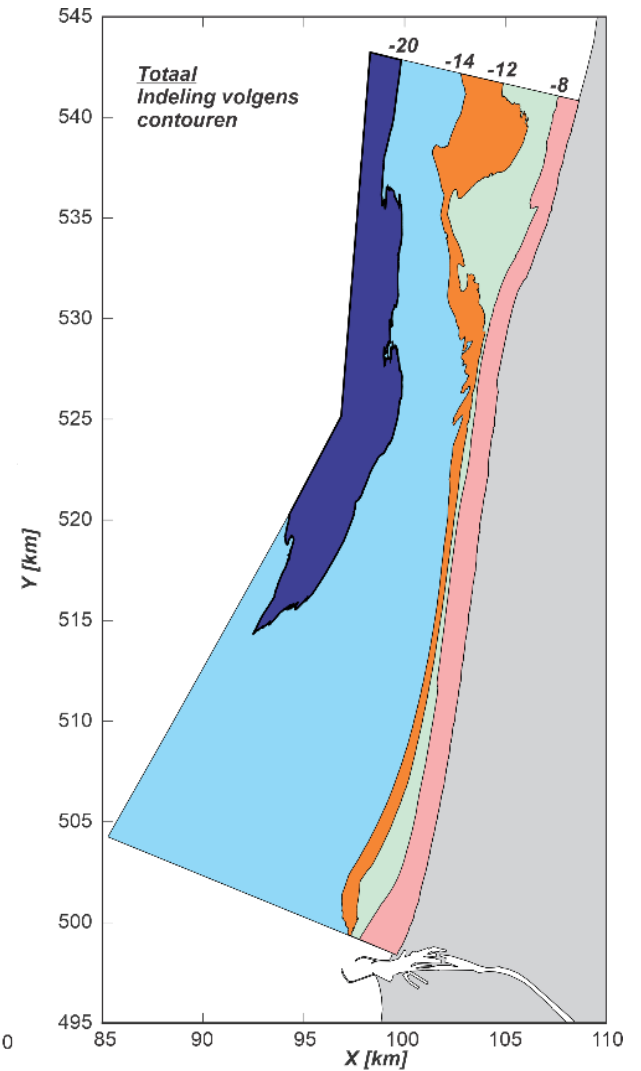
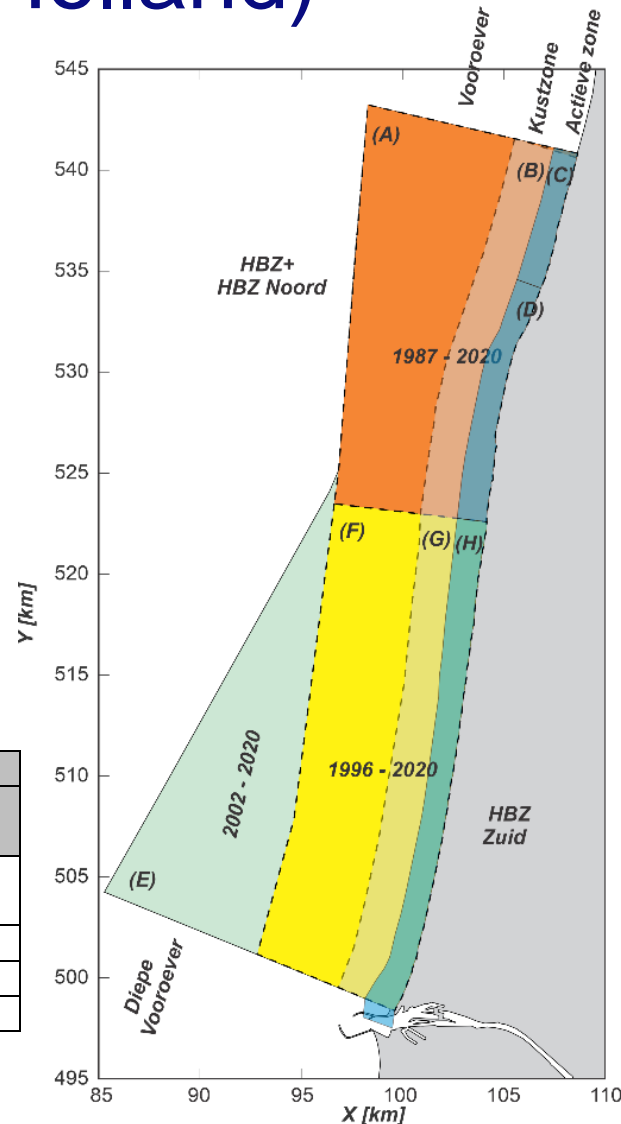


Sedimentbalans van de Hollandse Kust (Noord-Holland)

- Actieve zone; Onderverdeling in 3 deelgebieden
 - IJmuiden – HBD
 - HBD
 - HBD – Groote Keeten
- Vaklodingen; Onderverdeling in 2 deelgebieden
 - HBD - Noord
 - HBD – Zuid

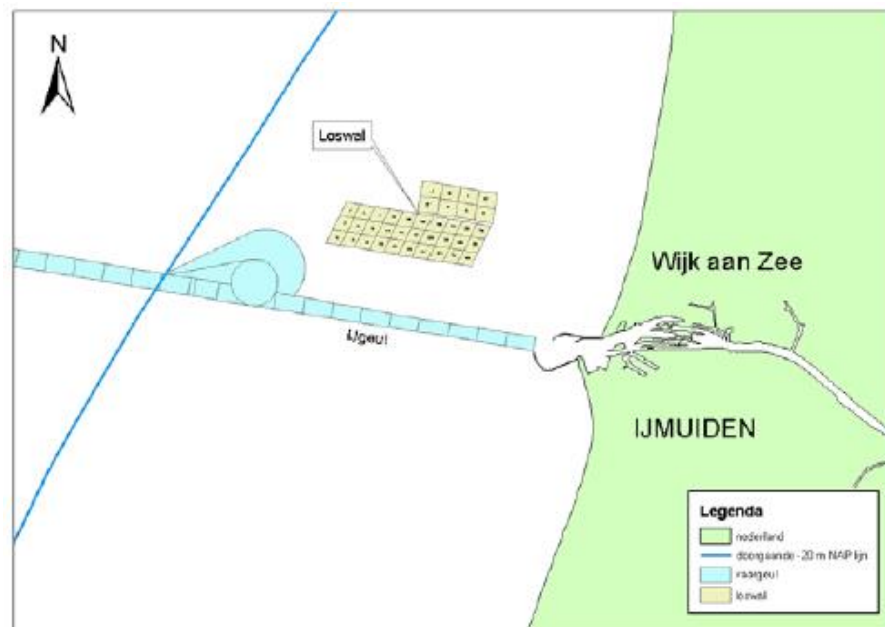
(vanwege dekking meetdata & morfologische karakteristiek)

Bodem		Bodem		Bodem	
Rep. Jaar	Meting	Jaar	Meting	Jaar	Meting
1987	Vakloding; 1987 Jarkus; 1990 Vakloding	1999	Vakloding	2011	Vakloding
1990	Vakloding	2002	Vakloding	2014	Vakloding
1993	Vakloding	2005	Vakloding	2017	Vakloding
1996	Vakloding	2008	Vakloding	2020	Vakloding



Sedimentbalans van de Hollandse Kust; Ingrepen

- Suppleties
 - 87 miljoen m³
- Baggeren ijgeul & Storten loswal
- Zandwinning (tot 2003)
- Gemiddeld 3,7 miljoen m³/jr voor zandwinning.

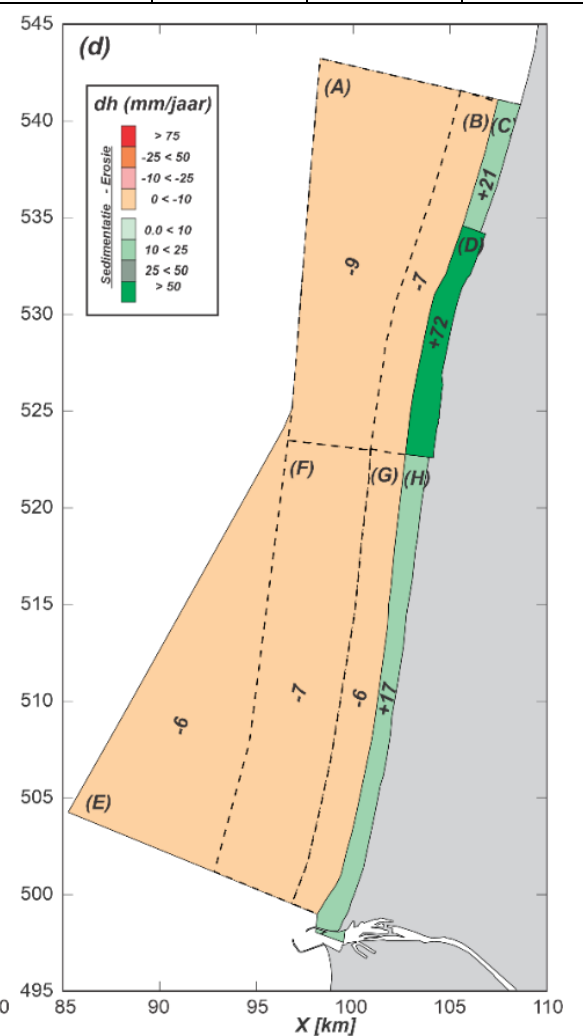
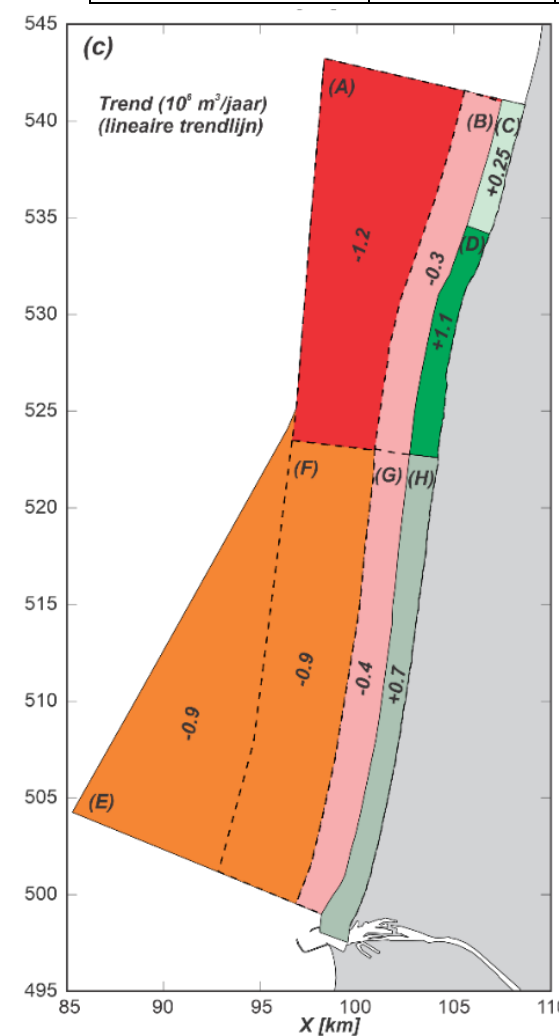
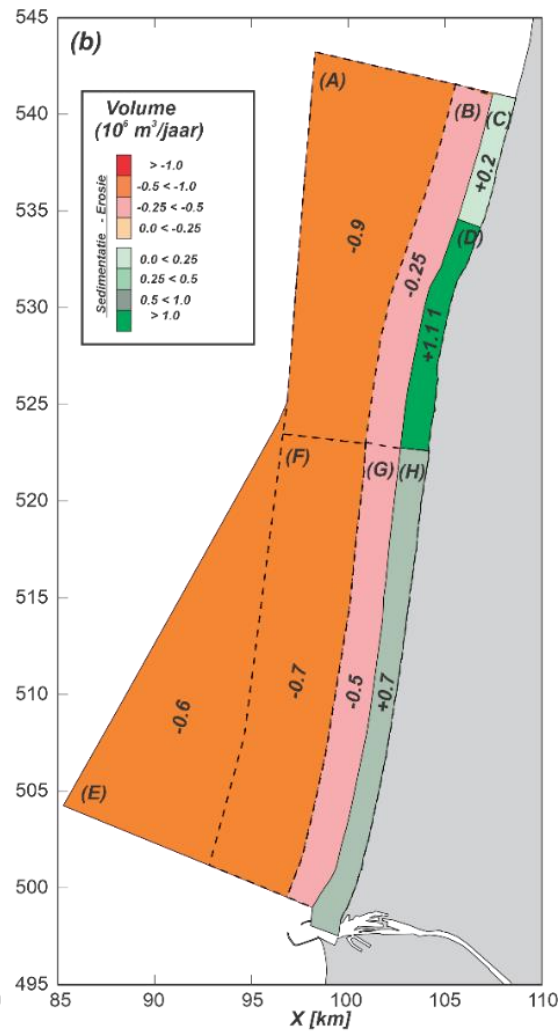
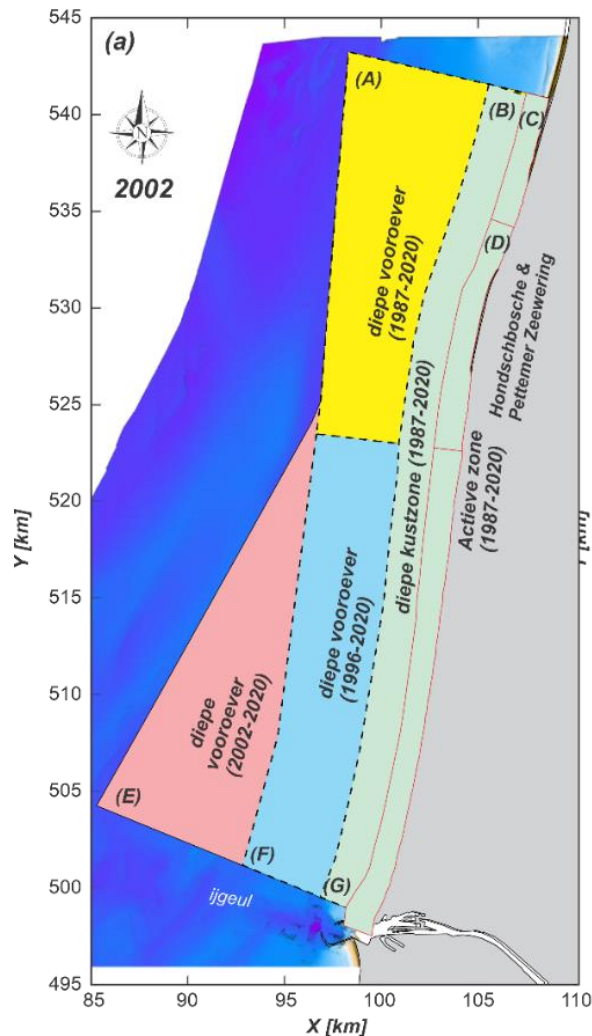


Jaren	Noord-Holland Zuid	Noord-Holland midden	Noord-Holland Noord
	IJmuiden – Bergen (raai 5500 – 3025)	HBD (raai 3000 – 1827)	HBPZ – Groote Keeten (raai 1808 – 1137)
< 1990	0.8	-	4.0
1991	-	0.4	0.5
1992	1.2	0.0	-
1993	-	-	-
1994	0.2	-	-
1995	0.6	0.4	0.3
1996	0.2	-	0.5
1997	1.3	0.5	-
1998	0.2	0.2	-
1999	1.3	-	0.1
2000	1.4	-	0.1
2001	-	0.5	1.5
2002	-	2.5	-
2003	-	0.6	2.8
2004	1.8	0.4	0.3
2005	2.6	-	-
2006	-	-	1.7
2007	-	-	-
2008	-	4.5	1.2
2009	-	-	-
2010	3.3	-	-
2011	2.4	-	-
2012	-	-	-
2013	-	0.4	2.0
2014	-	30.4	-
2015	3.5	-	-
2016	-	-	-
2017	1.0	-	0.4 (1.4*)
2018	-	0.9	-
2019	2.5	-	0.4
2020	-	1.1	-
2021	-	-	-
2022	3.0	0.7	-
Totaal	26.6	43.5	15.7 (16.7*)
	85.7 (86.7*)		

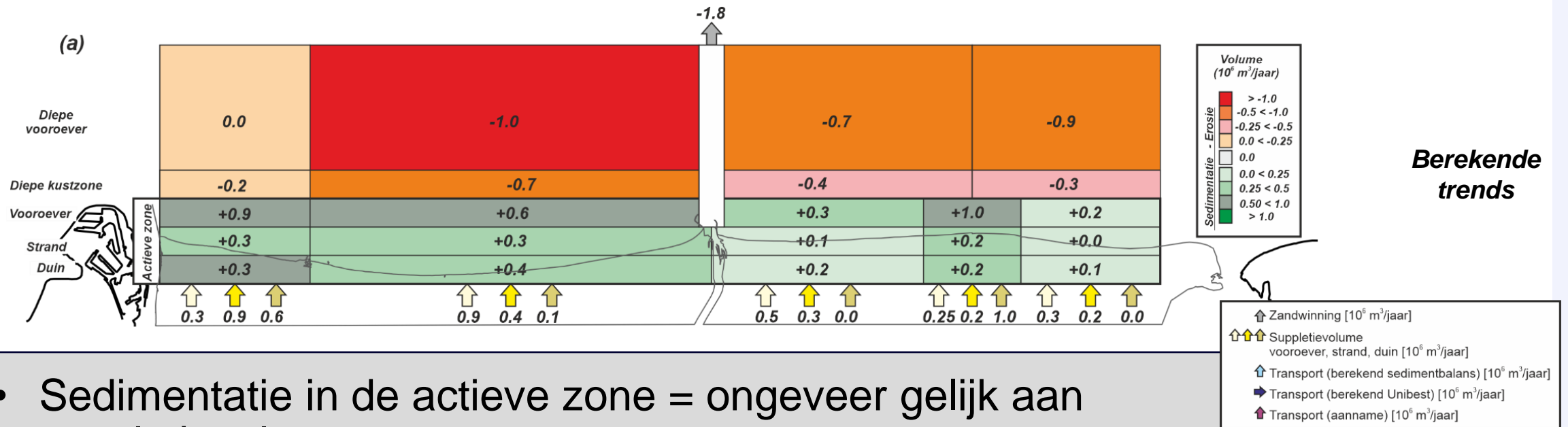
* inclusief diepe vooroversuppletie bij Callantsoog

Sedimentbalans van de Noord-Hollandse Kust

Gebied	Periode	Volume		Trend [miljoen m ³ /jr]	Hoogte- verandering [mm/jr]
		[miljoen m ³]	[miljoen m ³ /jr]		
(A). diepe vooroever (Noord)	1987-2020	-31.9	-0.9	-1.2	-9
(B). diepe kustzone (Noord)	1987-2020	-8.1	-0.25	-0.3	-7
(C). actieve zone (Noord)	1987-2020	+5.8	+0.2	+0.2	+21
(D). actieve zone (midden)	1987-2020	+37.6	+1.1	+1.1	+72
(E). diepe vooroever (Zuid)	2002-2020	-11.0	-0.6	-0.9	-6
(F). diepe vooroever (Zuid)	1996-2020	-17.3	-0.7	-0.9	-7
(G). diepe kustzone (Zuid)	1996-2020	-11.1	-0.5	-0.5	-6
(H). actieve zone (Zuid)	1996-2020	+16.3	+0.7	+0.7	+17

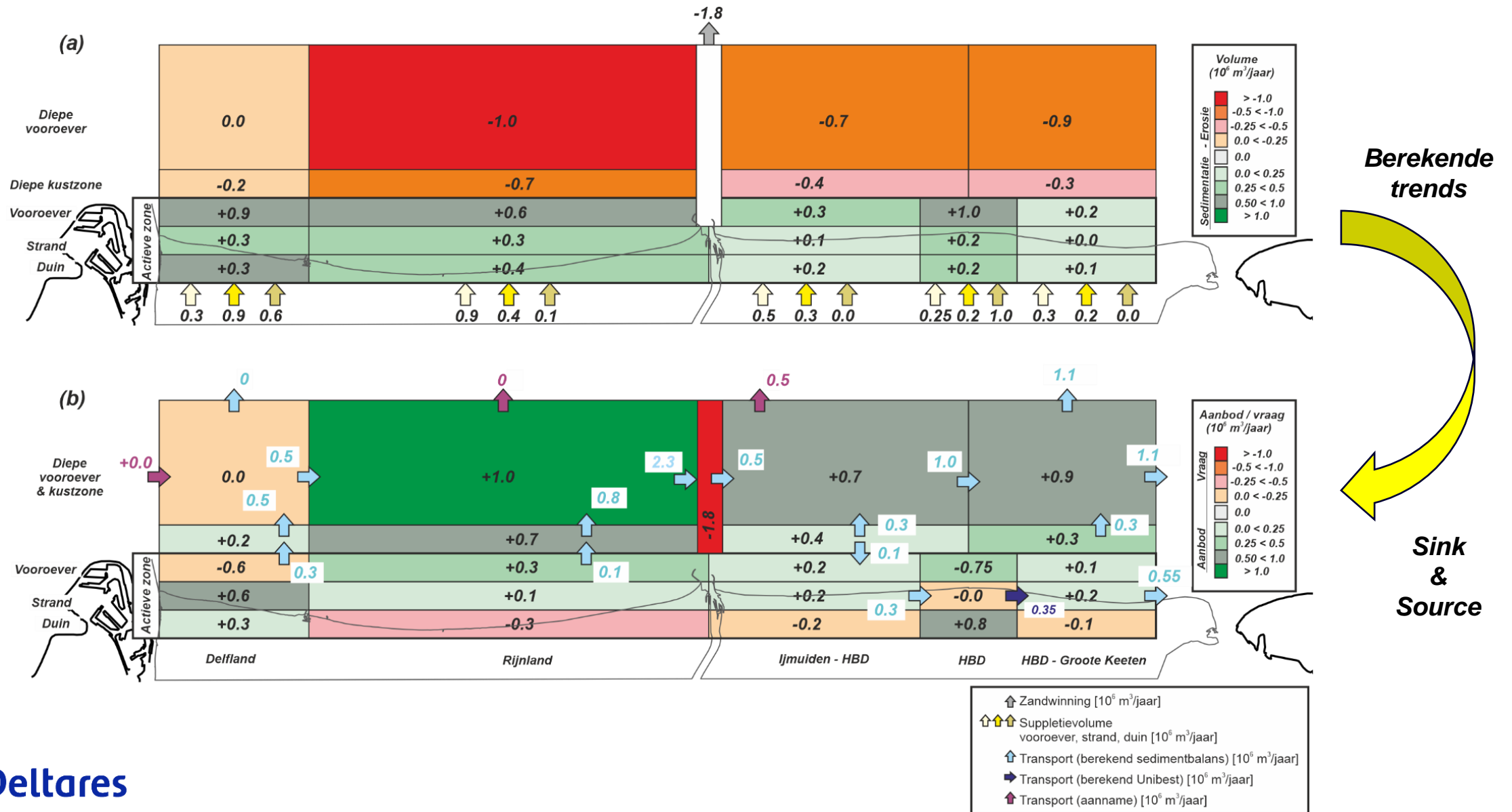


Sedimentbalans van de Hollandse Kust



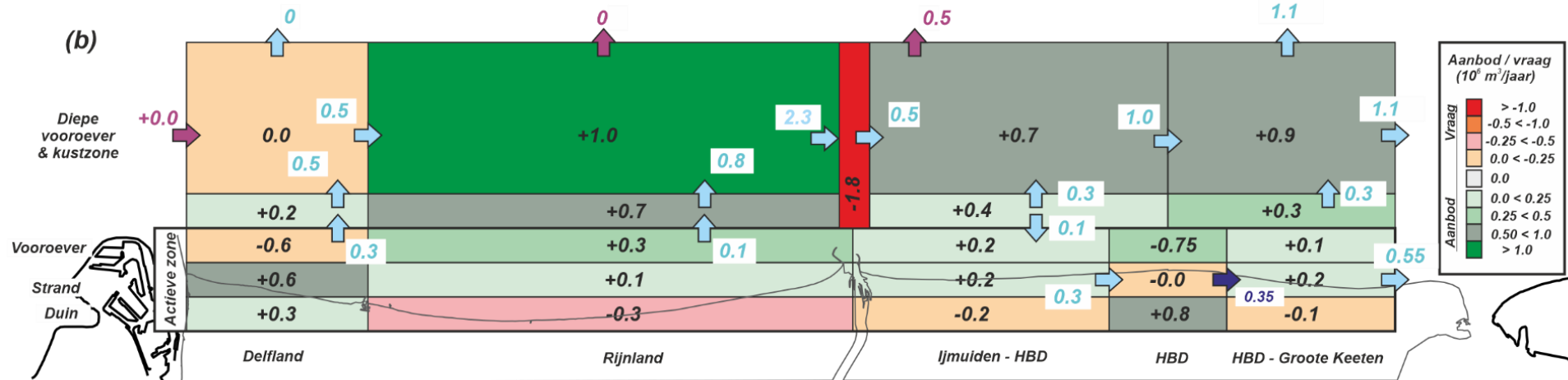
- Sedimentatie in de actieve zone = ongeveer gelijk aan suppletievolumen
- Duidelijke trend van duingroei
- Erosie van de diepe kustzone en diepe vooroever.
- Ingrepen zijn belangrijk. Zowel suppleties, maar ook zandwinning van de IJgeul beïnvloedt de historische balans.

Sedimentbalans van de Hollandse Kust



Sedimentbalans van de Hollandse Kust

- Let op: groen = erosie = AANBOD van sediment
rood = sedimentatie = VRAAG van sediment
- Aanname;
 - geen uitwisseling met Euro-Maasgeul (baggeren en storten buiten het kustfundament).
 - Door zandwinning een verlies van 1.8 miljoen m³/jaar in de historische balans
 - Transporten op basis van de langtransportberekeningen (Huisman, 2024).

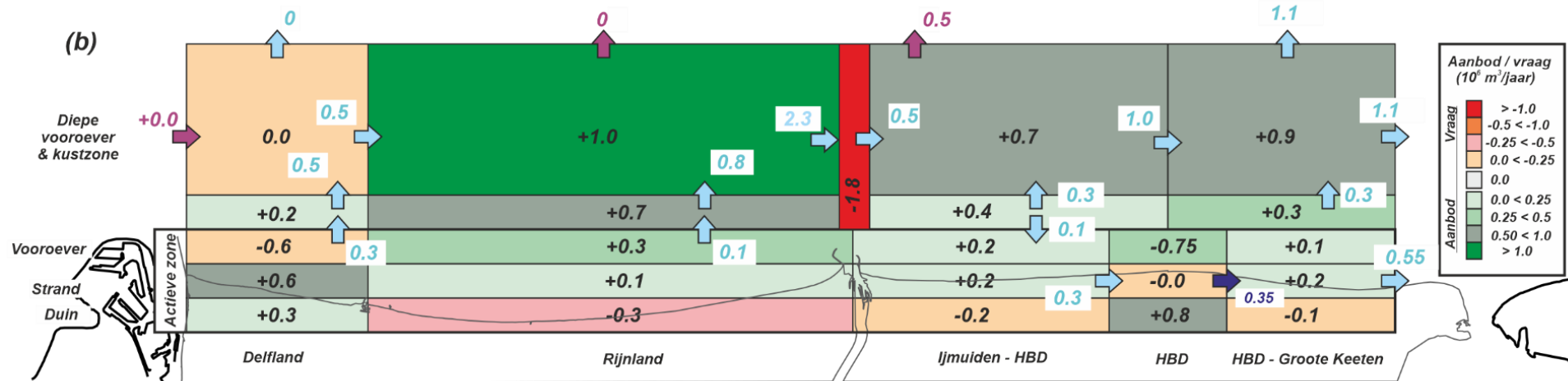


Sink & Source

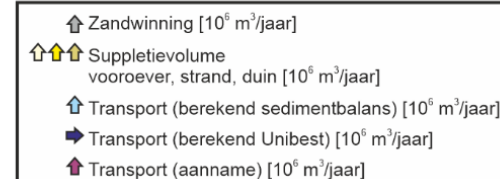
Sedimentbalans van de Hollandse Kust

Deelgebied Zuid-Holland

- Beperkte uitwisseling tussen Actieve zone en de Diepe Kustzone en Vooroever.
 - 0.4 miljoen m³/jr. verlies (maar daarvan zit 0.3 miljoen m³/jr. bij de Zandmotor)
- Vanuit de diepe vooroever een groot transport (2.3 miljoen m³/jr.) naar de ijgeul
 - Zandwinning uit de ijgeul = 1.8 miljoen m³/jr.
 - 0.5 miljoen m³/jr is dan het zandaandeel baggeren ijgeul (en storten op de Loswal ten noorden)



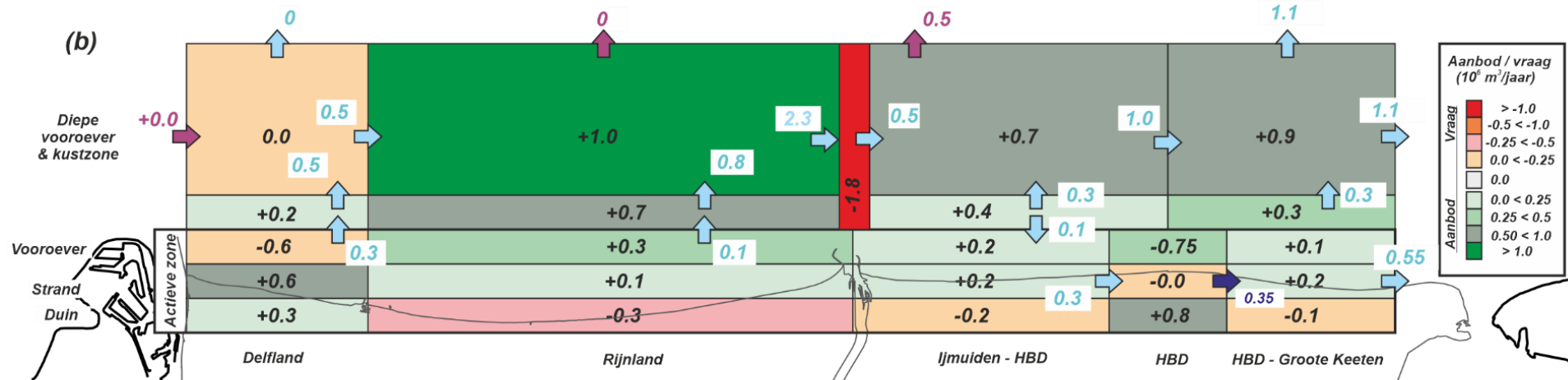
**Sink
&
Source**



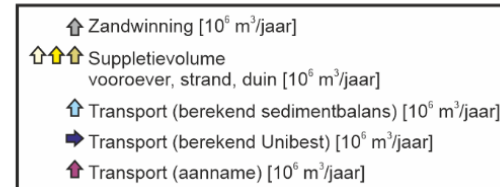
Sedimentbalans van de Hollandse Kust

Deelgebied Noord-Holland

- Waarschijnlijk beperkte uitwisseling tussen Actieve zone en de Diepe Kustzone en Vooroever, maar wel een groot langsverlies naar buitendelta van Texel (0.55 miljoen m³/jr.).
- Verhouding langs versus dwarstransport is gebaseerd/gevalideerd met Huisman (2024).
- Grote verliezen in de Diepe Kustzone en Diepe Vooroever (2.2 miljoen m³/jr.).
- Aanname 50% van de verliezen verplaatsen in langsrichting en 50% in dwarsrichting.



Sink
&
Source



Deel 2; Sedimentbalans Waddenkust

Waddenkust

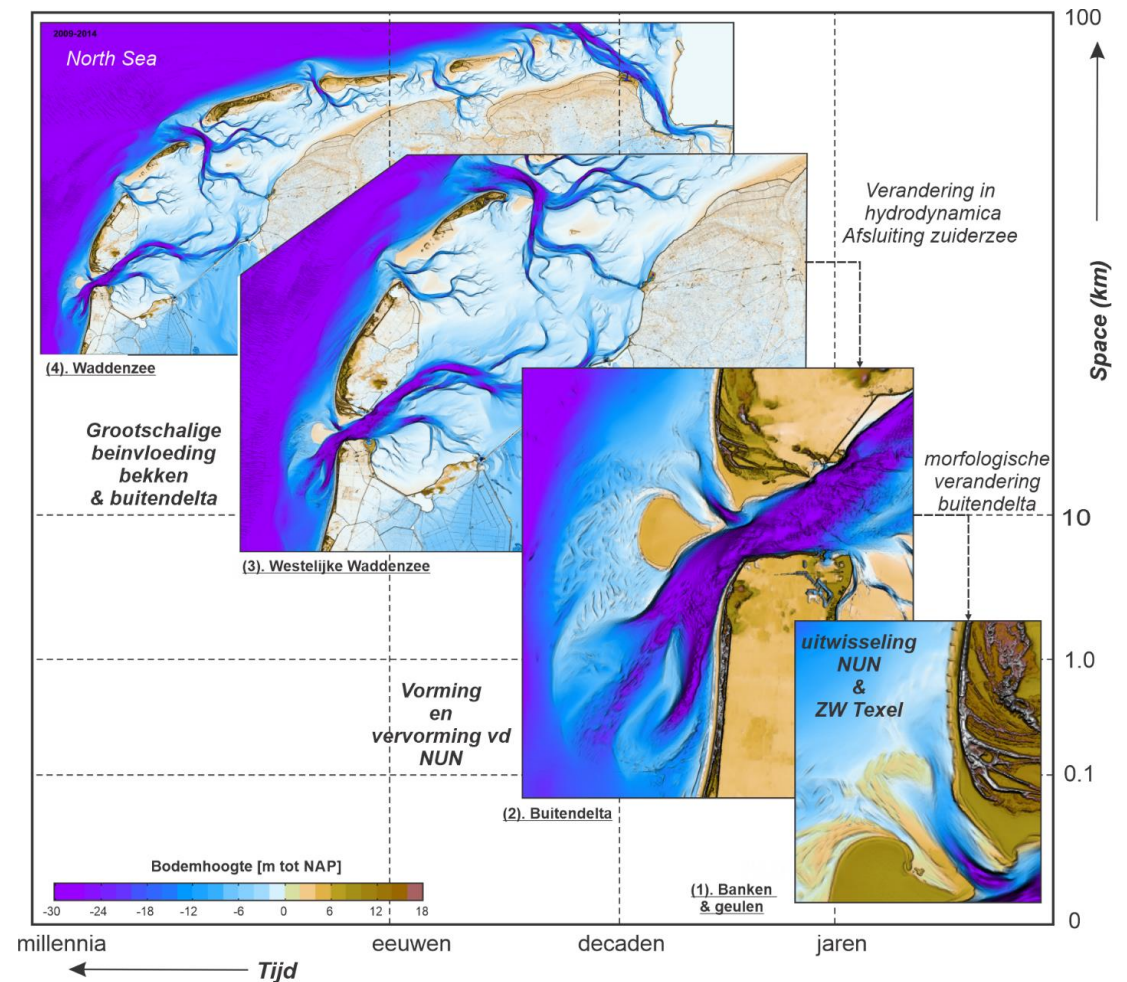
Doelstellingen:

- Verkleinen van onzekerheden uit eerdere Sedimentbalans
- Toetsen van het concept 'actieve zone' en het beter begrenzen daarvan, in het bijzonder voor de buitendelta's

Definitie van de Actieve Zone

- De vorm en volume van de kustzone (incl. buitendelta's) bepaald ook de ontwikkeling van de Waddenzee op grote schaal
 - Sedimentaanbod richting de Waddenzee
 - Transportcapaciteit v.d. zeegaten
 - Meegroeivermogen v.d. Waddenzee en dus ook de toekomstige sediment vraag.
- Behoud van een robuust buitendelta volume is daarom essentieel

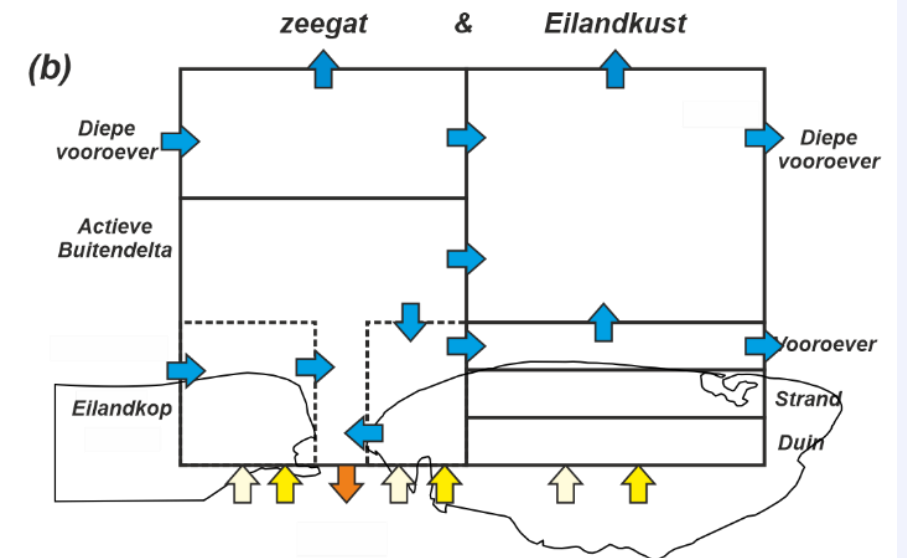
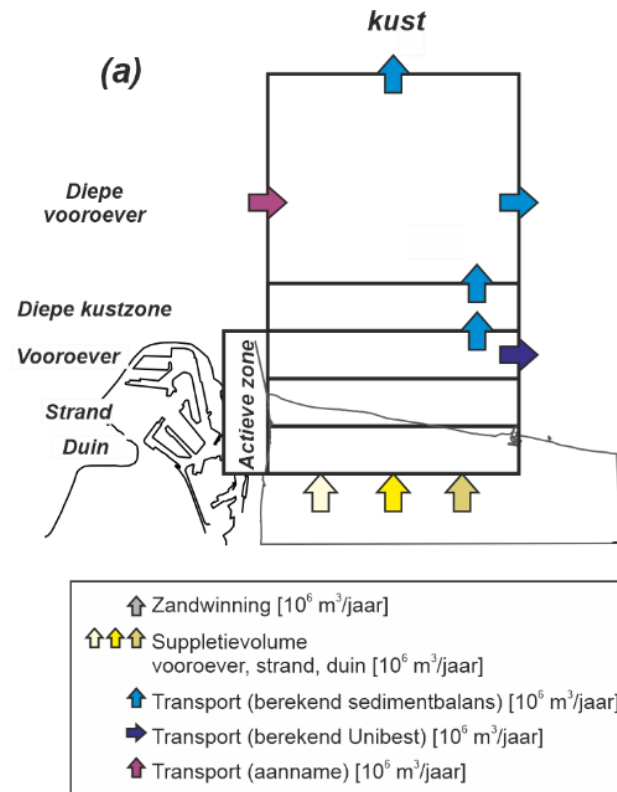
Deltares



Waddenzee en – kust & Voordelta

Aanpak Waddenzee wijkt af van de
Hollandse Kust

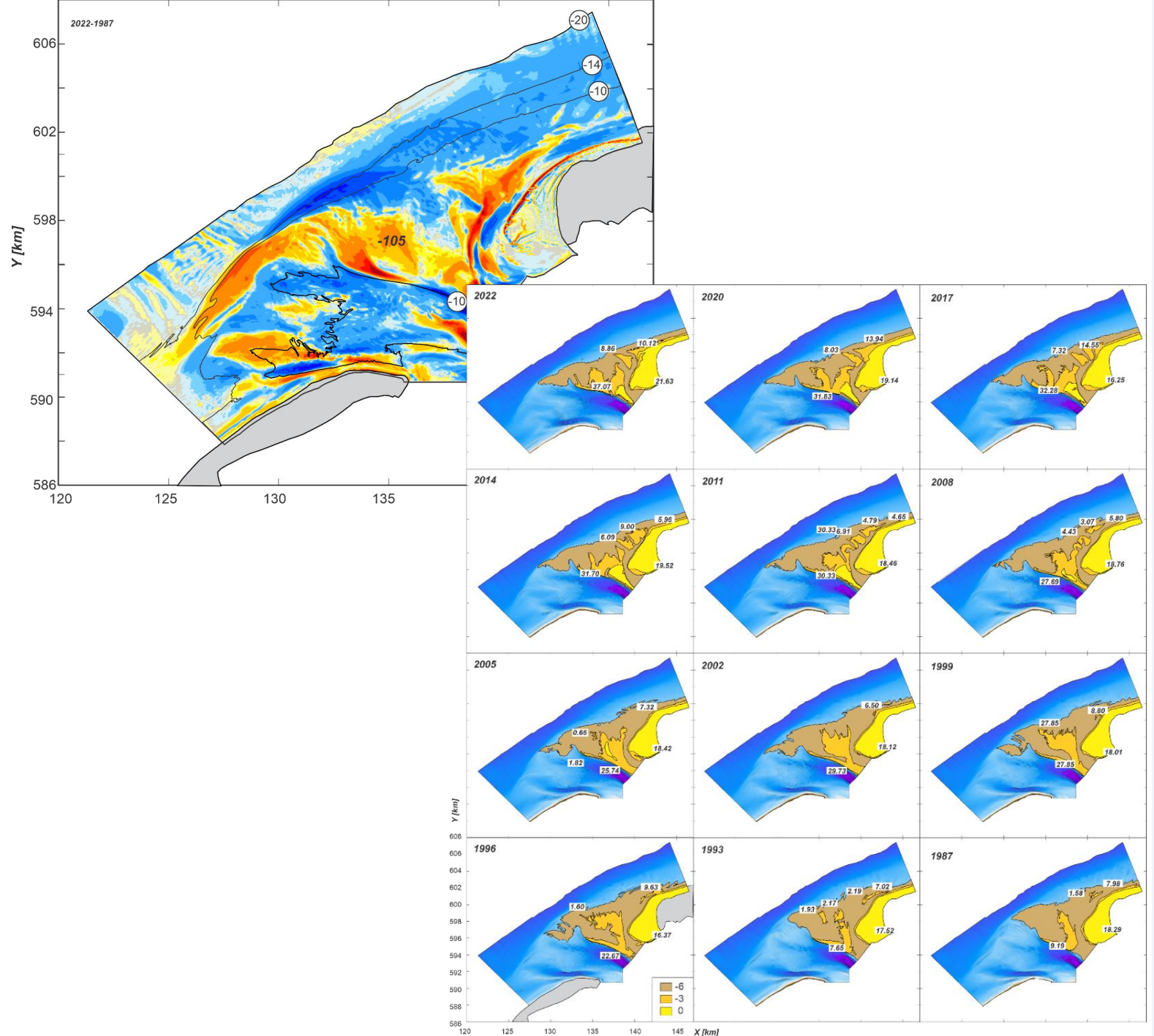
- Beschikbaarheid van de meetdata
- Sedimentboxmodel



Waddenzee en – kust & Voordelta

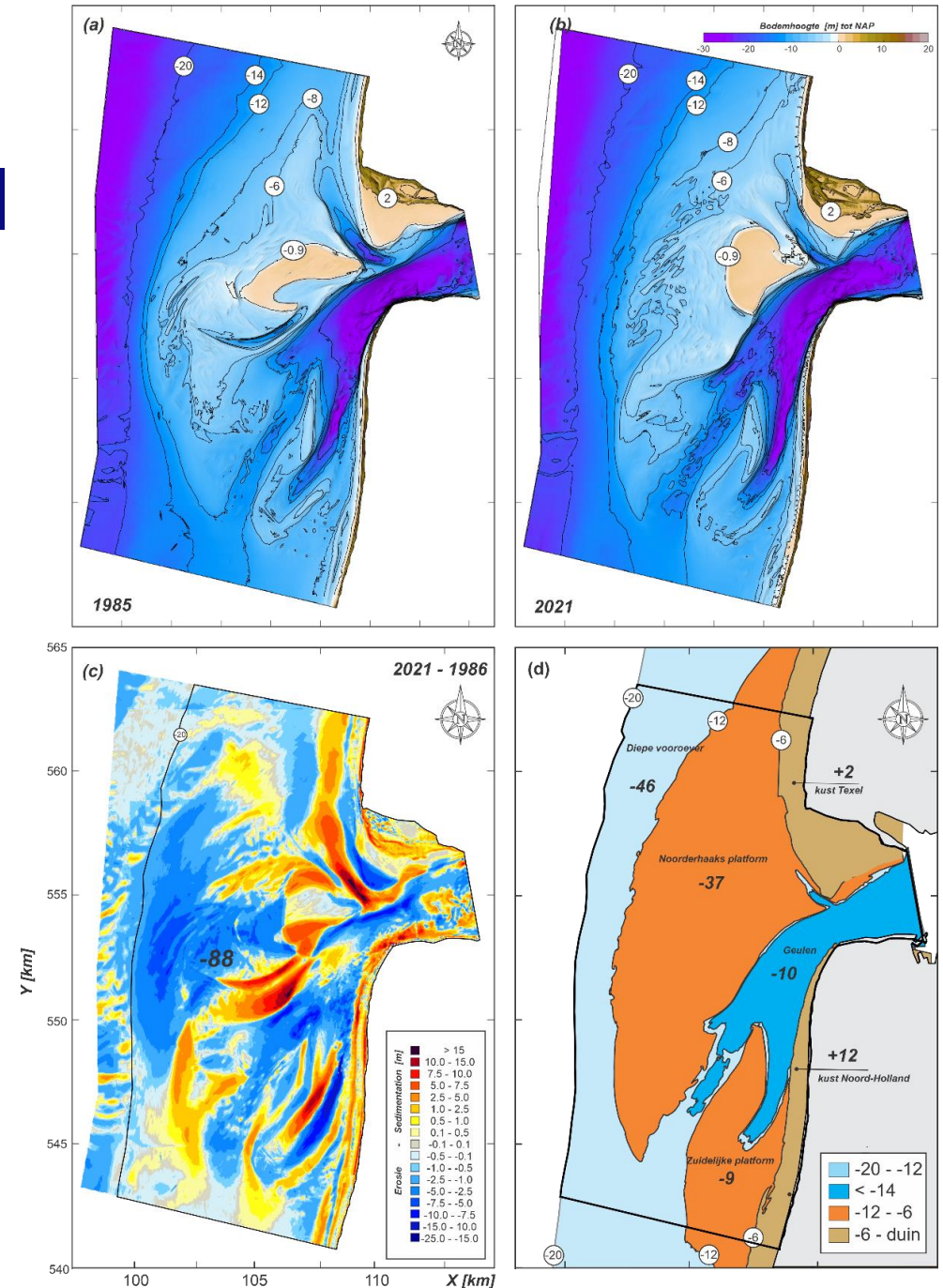
Aanpak Waddenzee wijkt af van de
Hollandse Kust

- Beschikbaarheid van de
meetdata
- Conceptuele sedimentboxmodel
- Sedimentbalans over
verschillende schalen
(buitendelta, individuele banken)



Volumeverandering van de buitendelta Zeegat van Texel

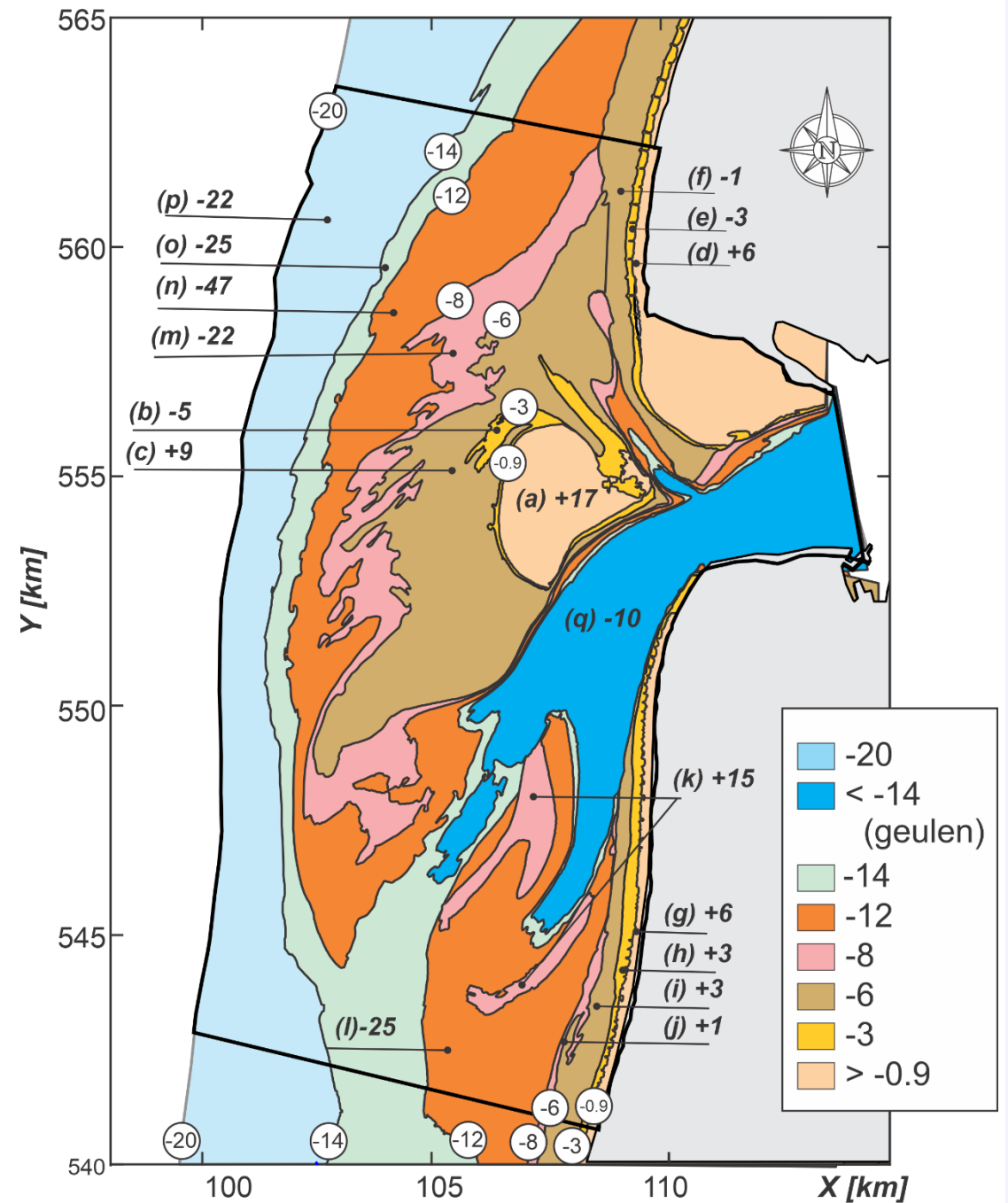
- Begrenzing
 - Zeewaarts: Gemiddelde -20m contourligging
 - Landwaarts: Actieve Zone + vaste duinligging eilandkop
 - Noord en zuid; omsluit de banken en geulen over de analyse periode (expert judgement)
- Keuze actief versus niet actief op basis van de geobserveerde morfologie. Bijv. de ondiepste contour die de buitendelta in alle jaren omsluit.
- Resultaat.
 - 88 miljoen m³ verlies (1986 – 2021)
 - 46 miljoen m³ verlies op Diepe Vooroever
 - 42 miljoen m³ verlies op de Actieve buitendelta (56 miljoen m³ erosie + 14 miljoen m³ aanzanding kust)



Volumeverandering in detail

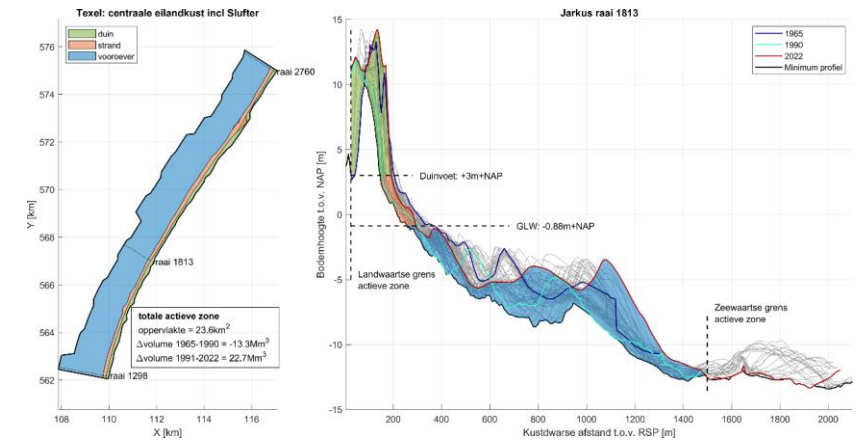
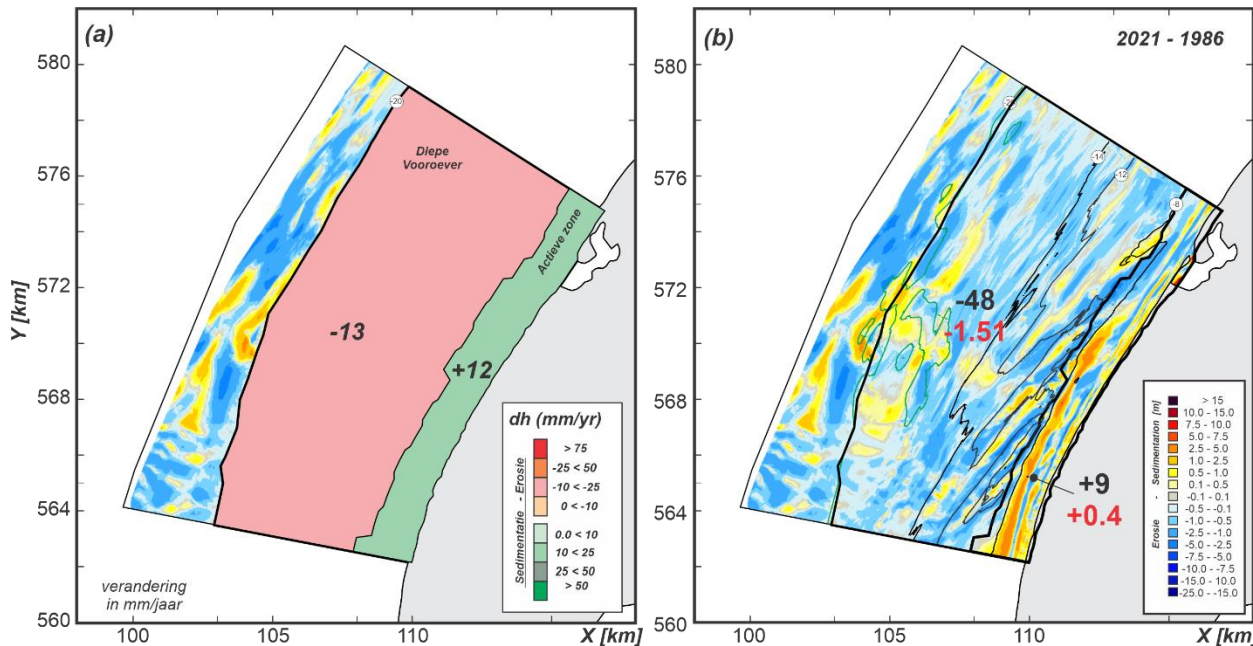
- Volumeverandering per diepteklasse.
- Geeft inzicht in de uitwisselingen
- Essentieel voor toekomstige ingrepen en definitie actieve zone.

- Resultaten
 - Grote verliezen diepere deel buitendelta (< -6 m NAP).
 - Kleine verliezen ondiepe 'natte' zone (-6 tot -0.9 m NAP)
 - Toename 'droge' zone (Razende Bol)
 - Toename volumes kustzone (door intensief suppleren)



Volumebepaling van de eilandkusten (Texel als voorbeeld)

- Volumebepaling van Actieve Zone op basis van de Jarkus datasets (1965-2022), maar onderverdeeld in minimaal 2 perioden 1965-1990 en 1991-2022.
- Volumeverandering Diepe Vooroever op basis van de Vaklodingen.

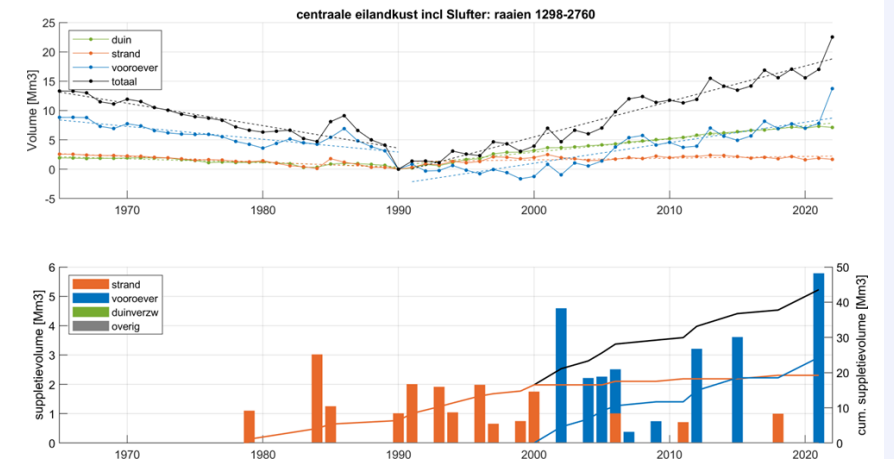


(a) Verandering in volume: dV (Volume/tijd)

Periode 1965-1990		Periode 1991-2022	
vooroever	-0.35 Mm ³ /jaar -8.83 Mm ³ over 25jaar	vooroever	0.42 Mm ³ /jaar 12.87 Mm ³ over 31jaar
strand	-0.10 Mm ³ /jaar -2.56 Mm ³ over 25jaar	strand	0.04 Mm ³ /jaar 1.37 Mm ³ over 31jaar
duin	-0.08 Mm ³ /jaar -1.93 Mm ³ over 25jaar	duin	0.22 Mm ³ /jaar 6.91 Mm ³ over 31jaar
totaal	-0.53 Mm³/jaar -13.32 Mm³ over 25jaar waarvan	totaal	0.68 Mm³/jaar 21.15 Mm³ over 31jaar waarvan
	8.01 Mm ³ suppleties		30.68 Mm ³ suppleties

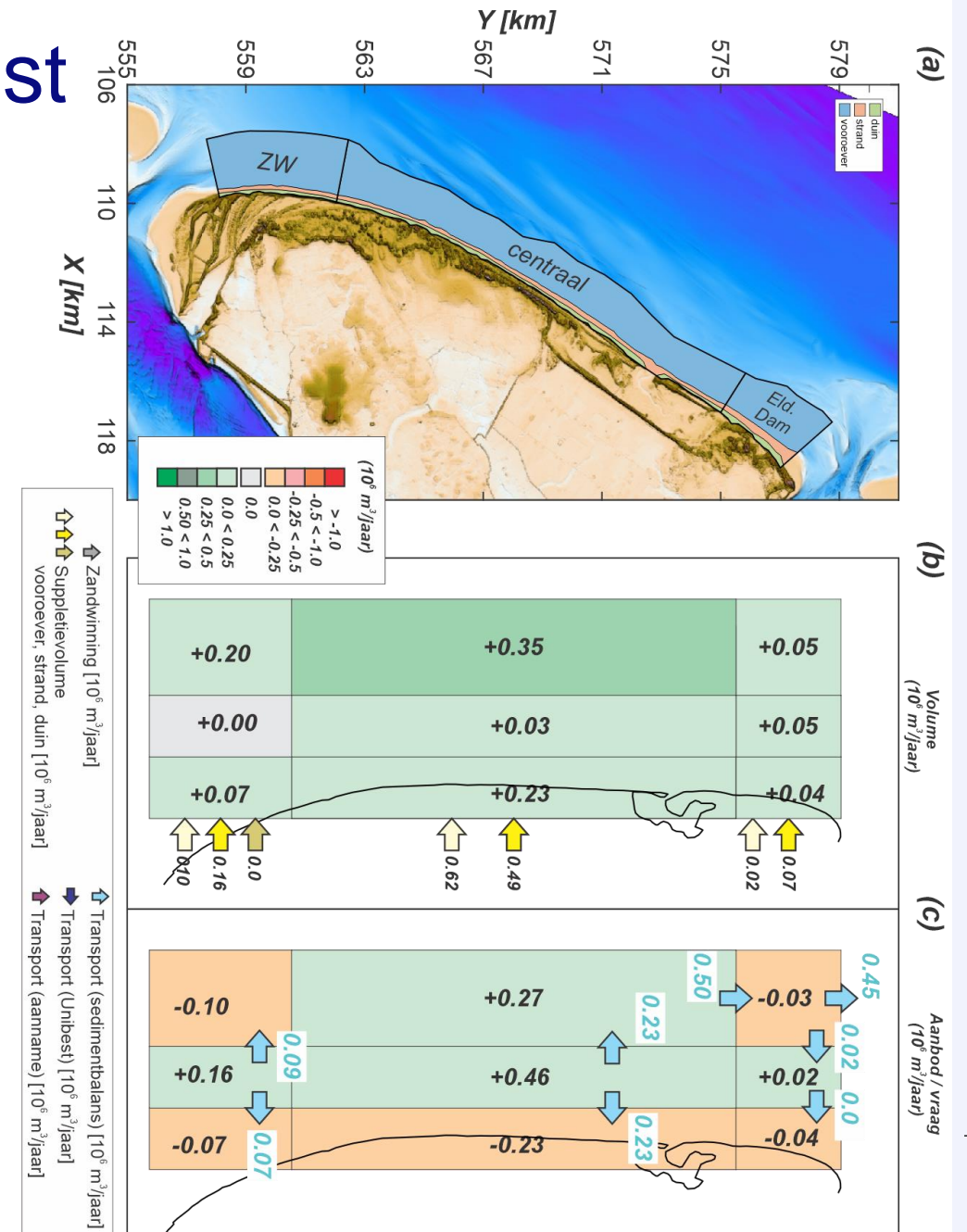
(b) Verandering in volume: Lineaire trend

Periode 1965-1990		Periode 1991-2022	
vooroever	-0.22 Mm ³ /jaar -5.47 Mm ³ over 25jaar	vooroever	0.35 Mm ³ /jaar 10.85 Mm ³ over 31jaar
strand	-0.10 Mm ³ /jaar -2.38 Mm ³ over 25jaar	strand	0.03 Mm ³ /jaar 0.91 Mm ³ over 31jaar
duin	-0.07 Mm ³ /jaar -1.68 Mm ³ over 25jaar	duin	0.23 Mm ³ /jaar 6.99 Mm ³ over 31jaar
totaal	-0.38 Mm³/jaar -9.53 Mm³ over 25jaar waarvan	totaal	0.60 Mm³/jaar 18.75 Mm³ over 31jaar waarvan
	8.01 Mm ³ suppleties		30.68 Mm ³ suppleties



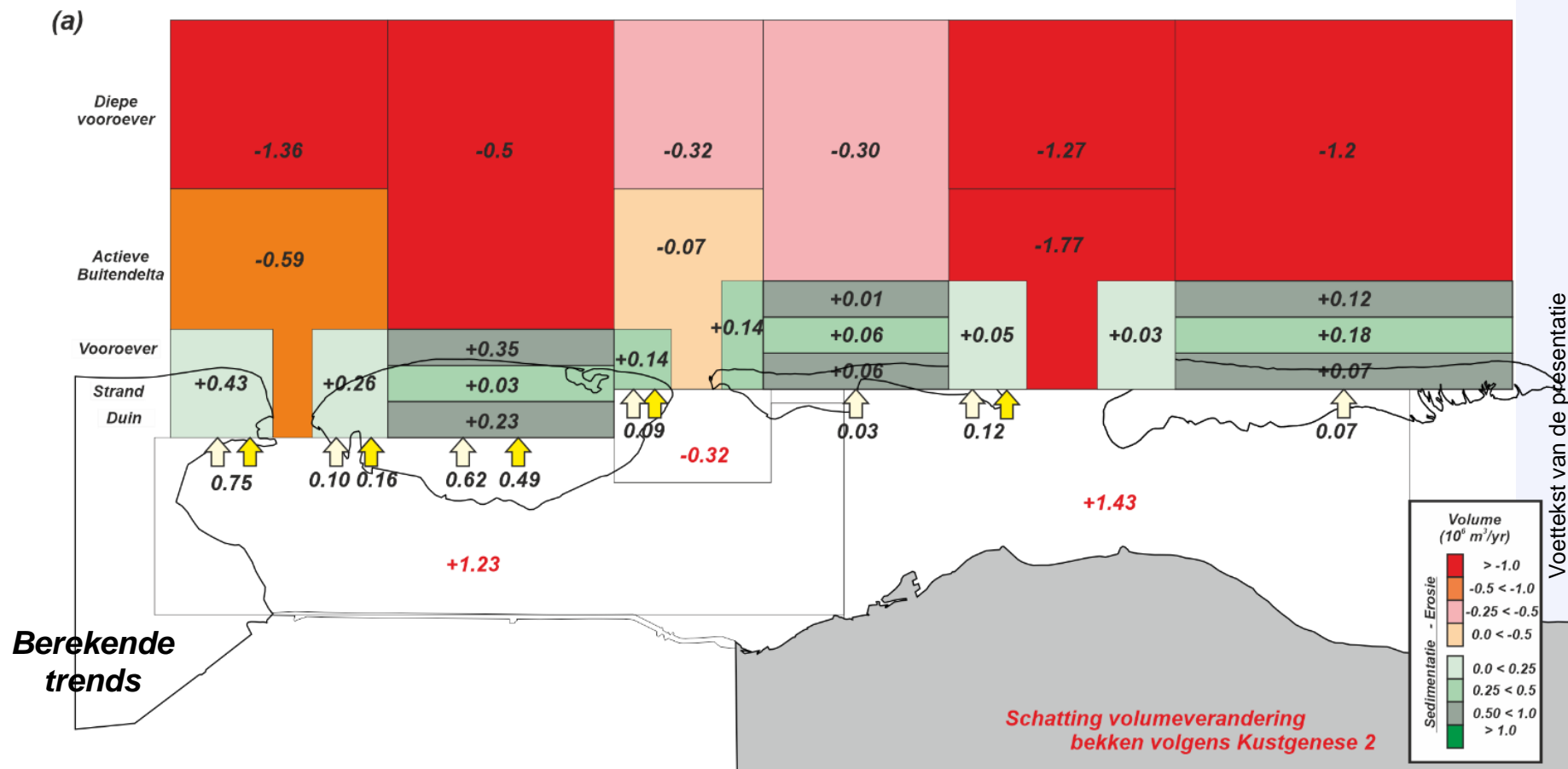
Volumebepaling van de Eilandkust (Texel als voorbeeld)

- Gehele Actieve Zone neemt in volume toe (intensief suppleren)
- Oplossen van de lokale balans geeft een netto verlies van 0.45 miljoen m³/jaar
- Grote toename van duinvolumes (0.35 miljoen m³/jaar)
- Volumetoename van de vooroever en van de strandzone is veel kleiner dan suppletievolume.



- Eilandkoppen zijn hier losgekoppeld van de buitendelta.
- Alle buitendelta's en de Diepe Vooroever verliezen (veel) sedimentvolume
- Grootste buitendelta verliezen bij het Vlie en kleine verliezen Eierlandse Gat
- Eilandkoppen en Actieve Zone eilandkusten nemen in sedimentvolume toe.

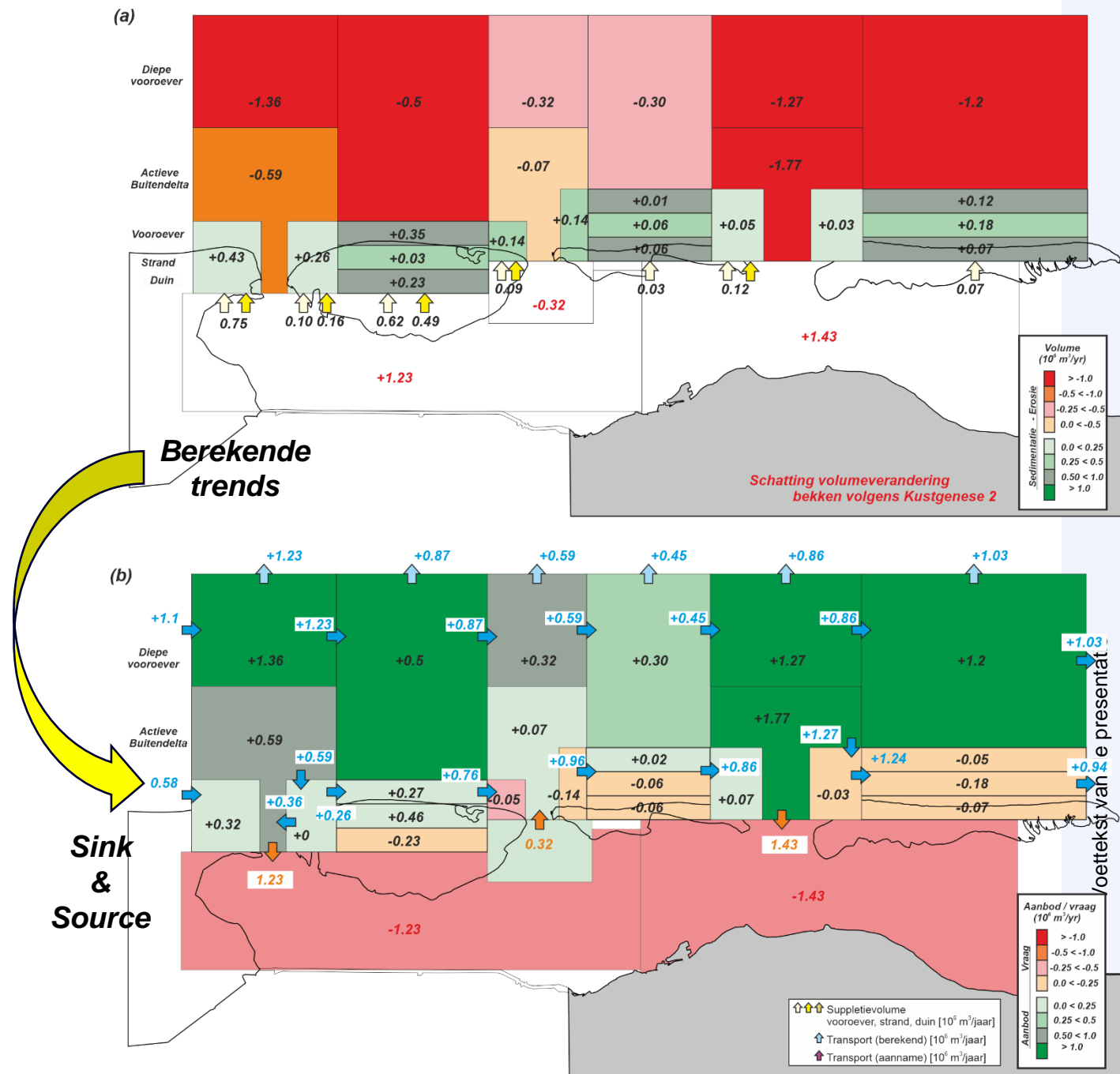
Synthese sedimentbalans Westelijke Waddenzee



Synthese sedimentbalans Westelijke Waddenzee

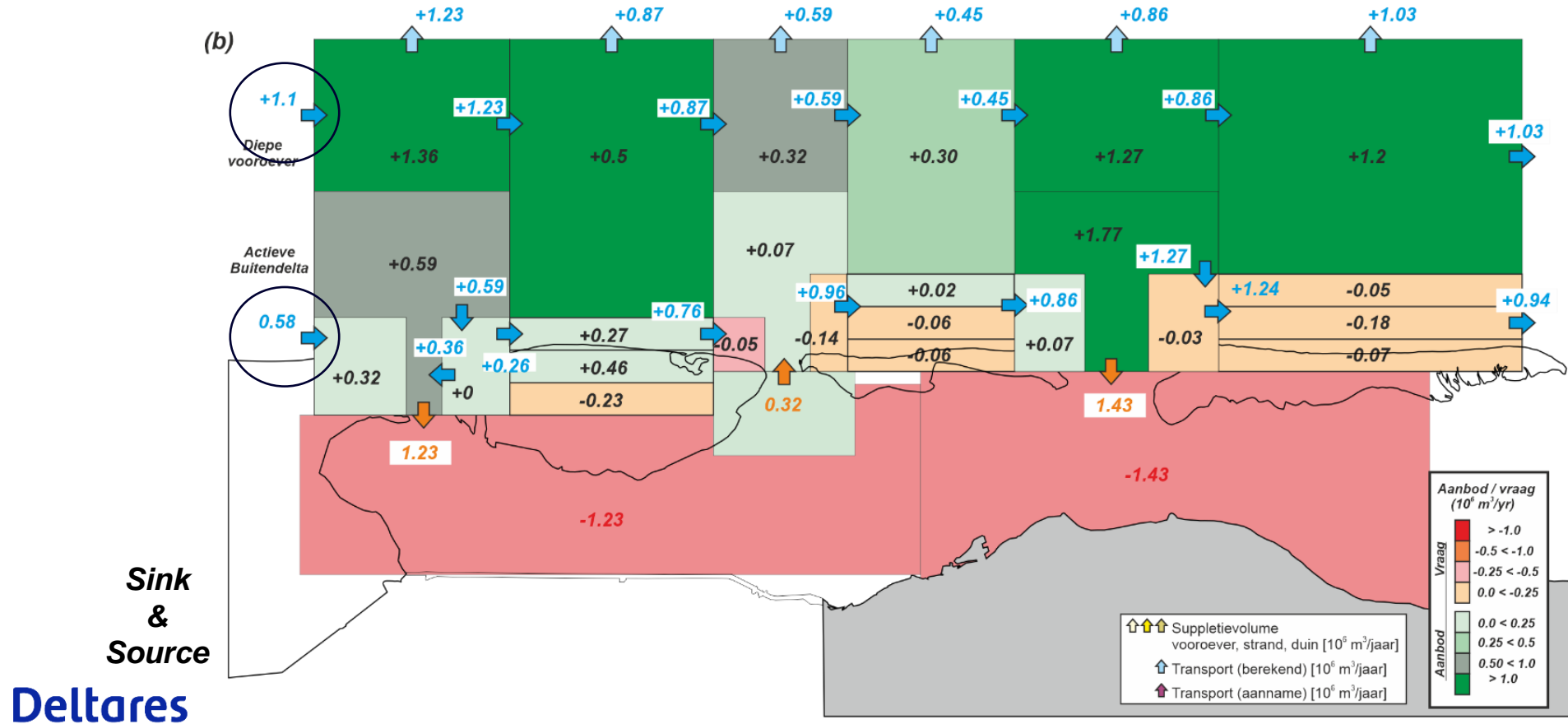
Oplossen van de sedimentbalans

- Verliezen naar Waddenzee – KG2
- Geen uitwisseling diepe vooroever en actieve buitendelta.
- 50% van de transporten in de diepe vooroever in langsrichting en 50% in dwarsrichting (m.a.w. een zeewaarts verlies)



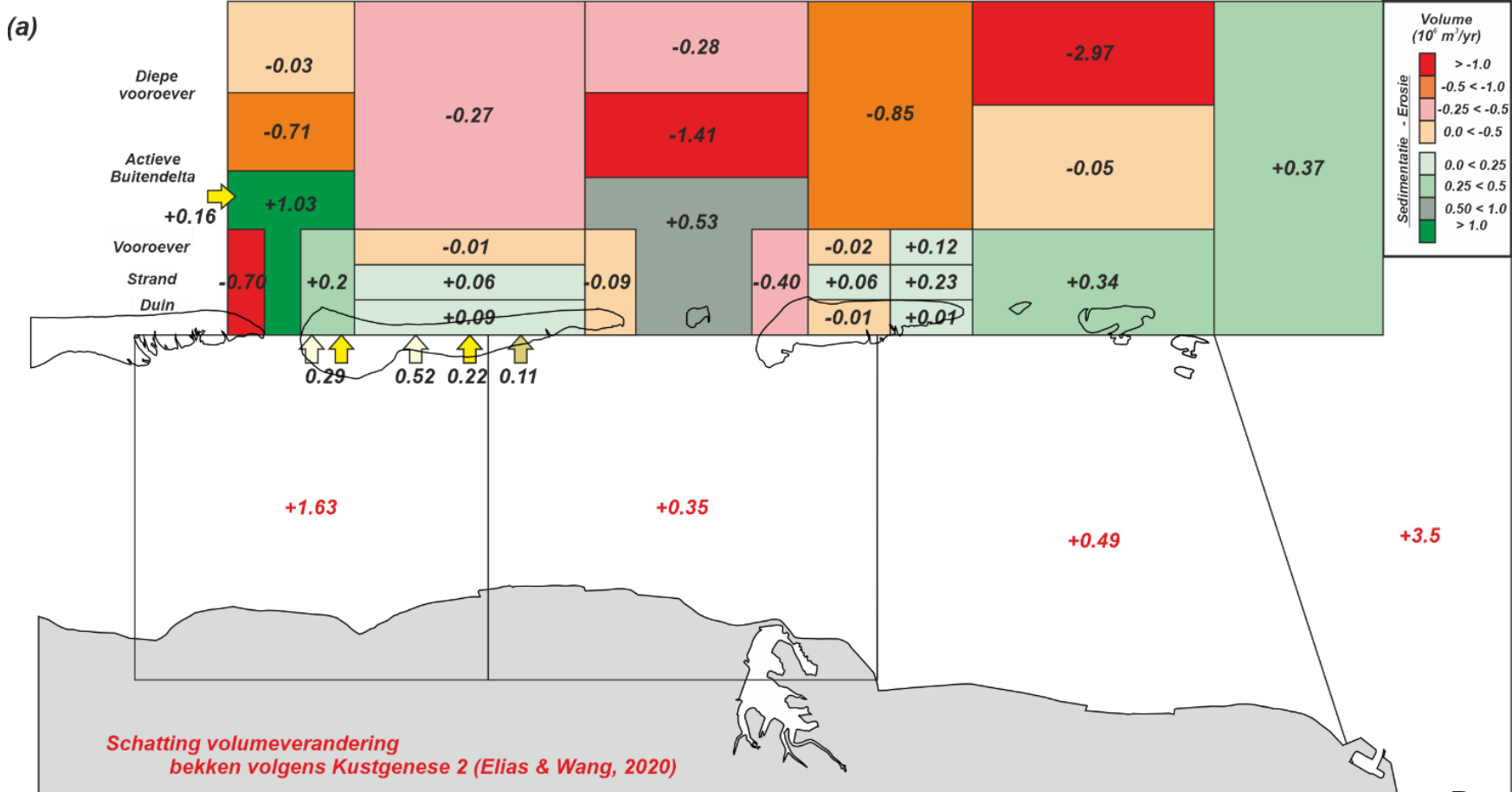
Synthese sedimentbalans Westelijke Waddenzee

- Veel uitwisseling buitendelta Eierlandse Gat en buitendelta Vlie met eilandkust
- Beperkte uitwisseling buitendelta Texel en eiland.
- Aanname 50% verdeling van transporten in de diepe vooroever essentieel → hypothese: een significant verlies over de -20m contour.



Synthese sedimentbalans Oostelijke Waddenzee

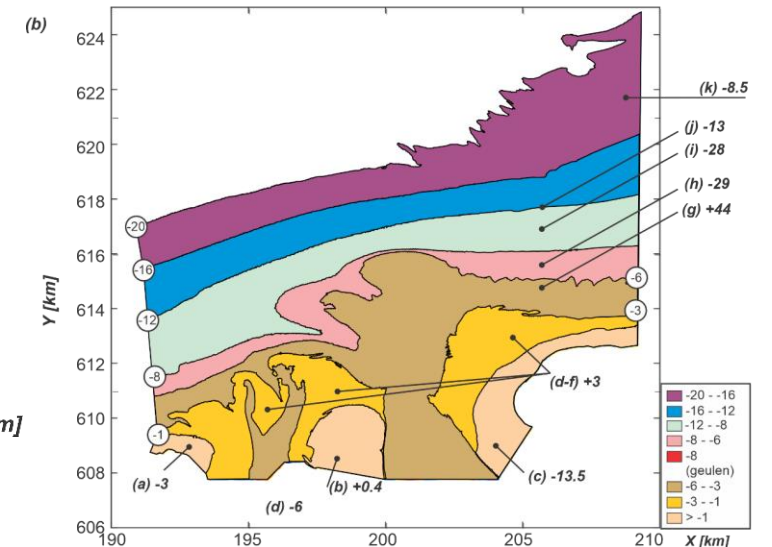
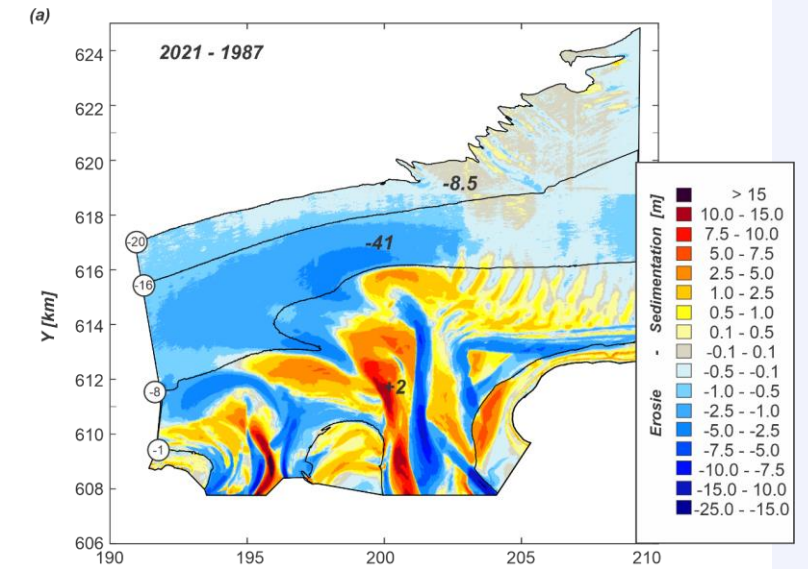
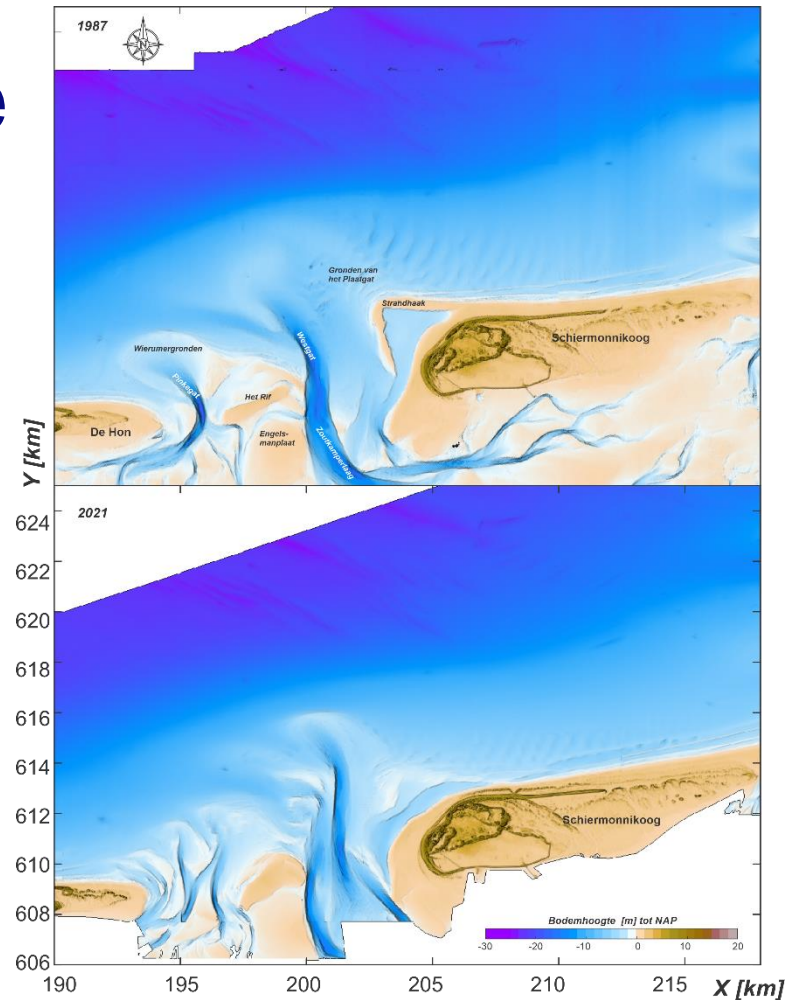
- Actieve buitendelta Ameland en Friesche Zeegat nemen in volume toe.
- Beperkte uitwisseling buitendelta Texel en eiland.
- Aanneمة 50% verdeling transporten in de diepe vooroever essentieel → hypothese: een significant verlies over de -20m contour.



Sedimentbalans Oostelijke Waddenzee

Belangrijke update/inzicht:

- Update conceptuele model van de buitendelta
- Onderverdeling actieve buitendelta in 2 delen (diep en ondiep)
- Diepe buitendelta (NAP -16m - -8m): structurele verdieping door eenmalige aanpassing
- Ondiep buitendelta (NAP = representatief voor het huidige systeem.



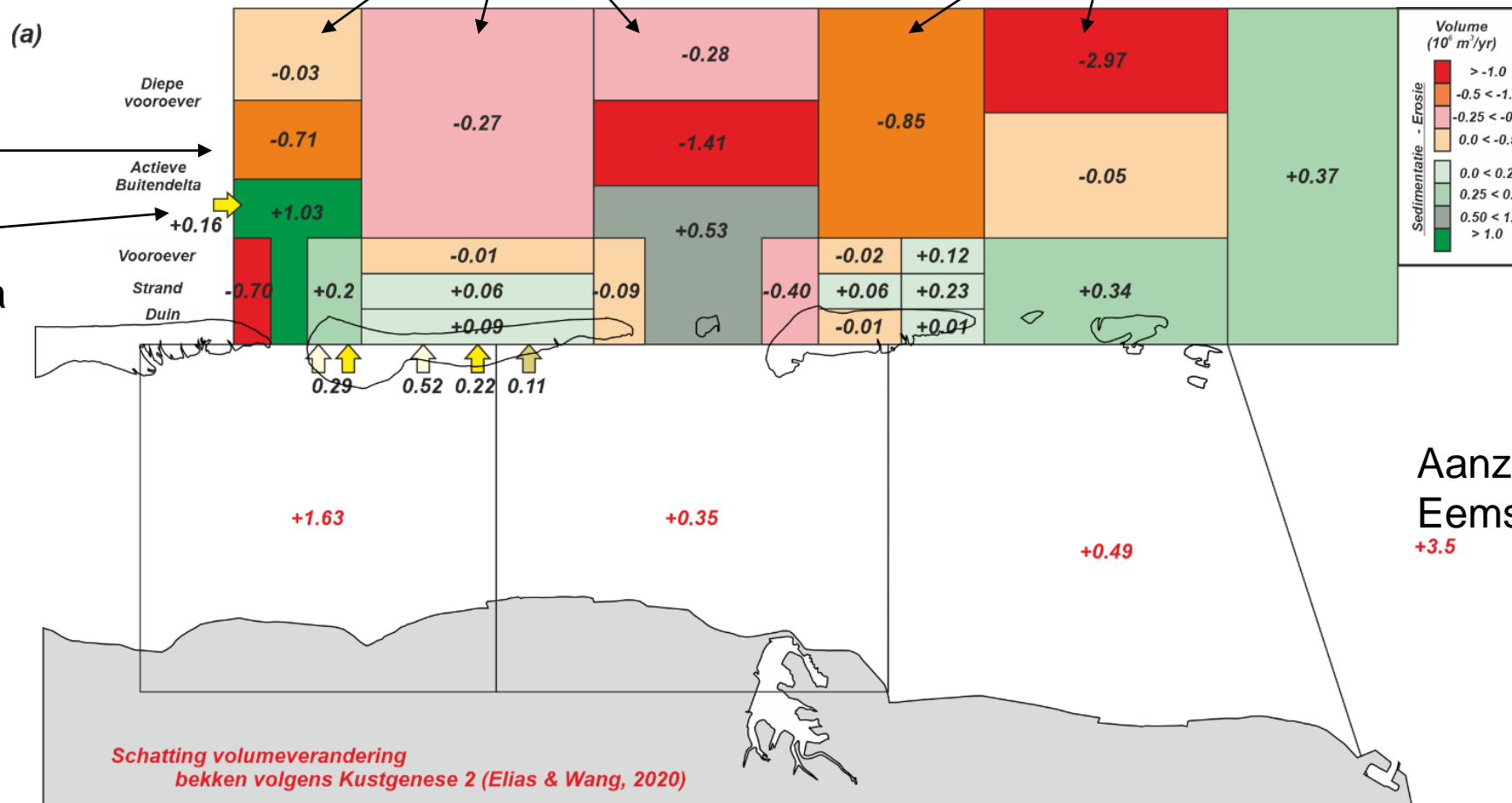
Synthese sedimentbalans Oostelijke Waddenzee

Beperkte verliezen
diepe vooroever

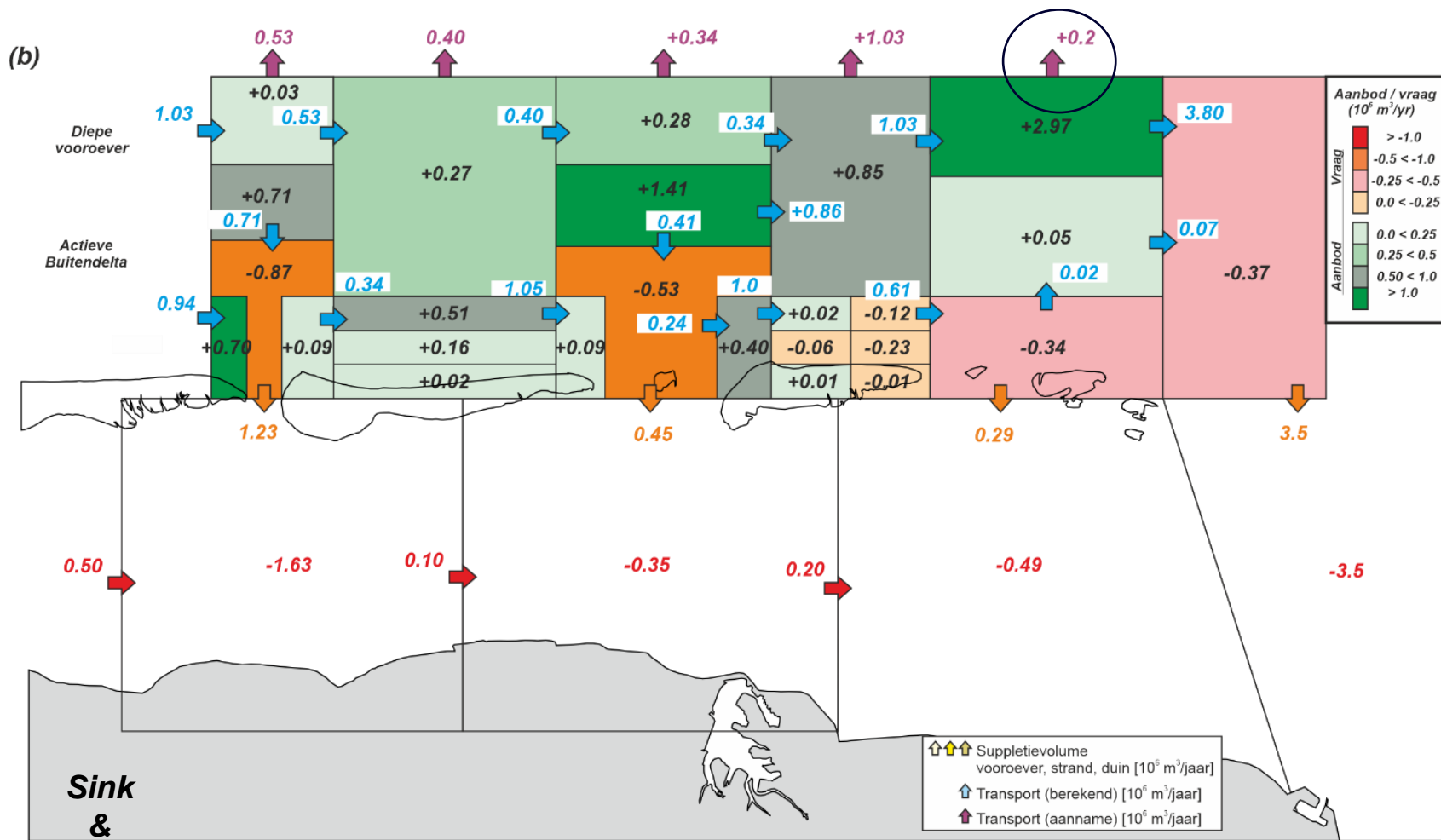
Grote verliezen diepe vooroever
Eemsmonding/Schiermonnikoog

Afname
diepe buitendelta

Toename
ondiepe buitendelta



Synthese sedimentbalans Oostelijke Waddenzee



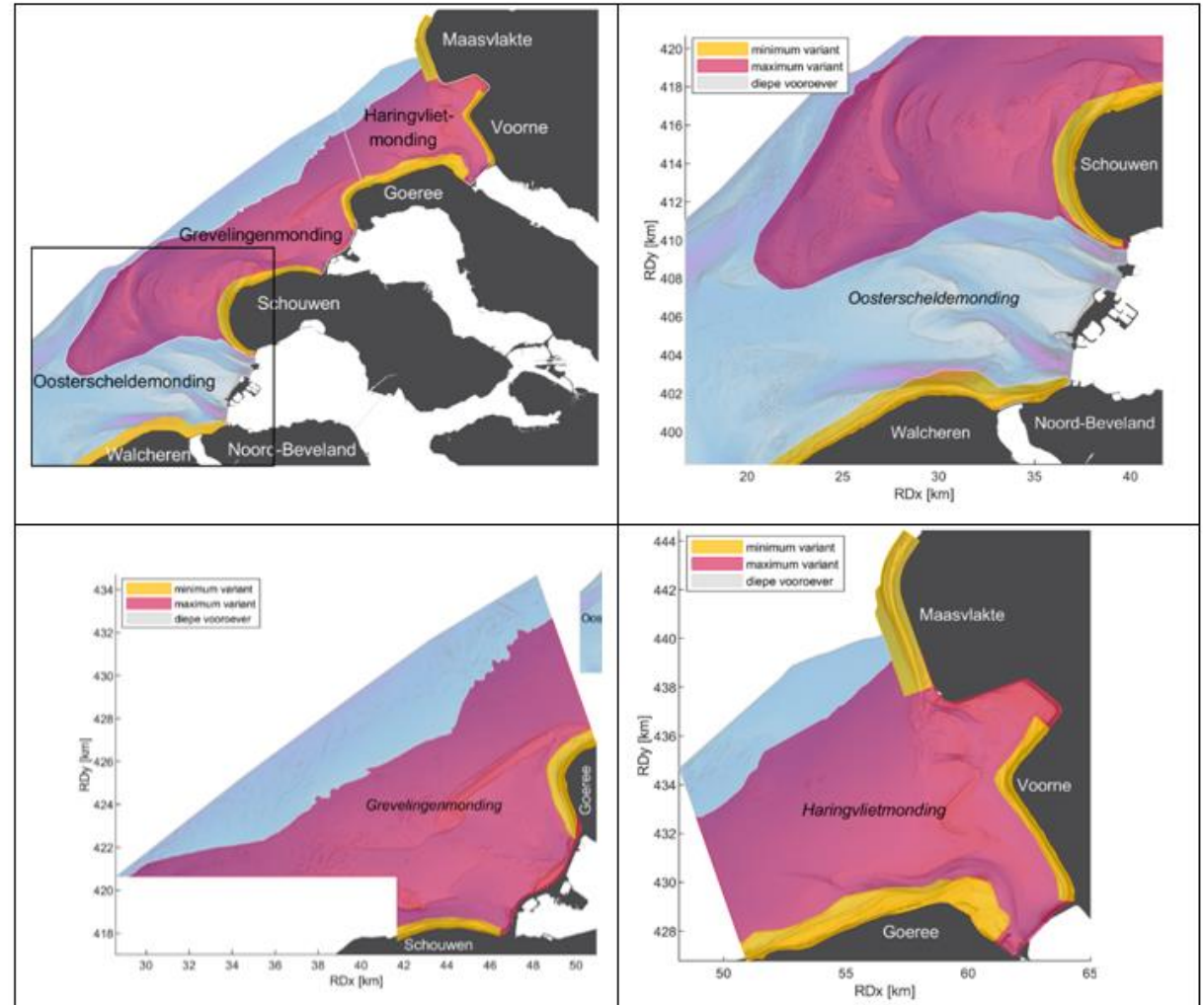
- Verliezen uit de diepe vooroever zijn kleiner dan in de Westelijke Waddenzee
- Grote verliezen kustzone Ameland (beperkte uitwisseling met buitendelta)
- Toename kustzone Schiermonnikoog (grote uitwisseling met buitendelta)
- De grote verliezen van diepe vooroever van Schiermonnikoog lijken verdedigbaar, als aanzanding Eemshornwad wordt meegenomen. De Eemsmonding trekt zich misschien landwaarts terug en het sediment herverdeelt zich.
- De totale balans is vrijwel sluitend tussen HvH en Eems-Dollard (verschil = 0.2 miljoen m³)

Source
Deltares

Deel 3; Sedimentbalans Voordelta & Westerschelde

Resultaten Sedimentbalans Voordelta

- Gebruikt de begrenzing vd Actieve zone: minimum (ondiepe deel) & maximum variant (diepe deel)
- Volumes op basis van:
 - Vermeer, N.P., Elias, E.P.L., 2023. Morfologisch onderzoek Kop van Schouwen. Deltares rapport 11209263-004-ZKS-003.
 - Vermeer, N.P., Elias, E.P.L., 2023. Morfologisch onderzoek Haringvlietmond. Deltares rapport 11209263-004-ZKS-0001.
- Westerscheldemonding is gebaseerd op Elias et al. (2023) en Elias (2024)
- Hier moeten we nog even goed nadenken wat Actieve Zone betekend

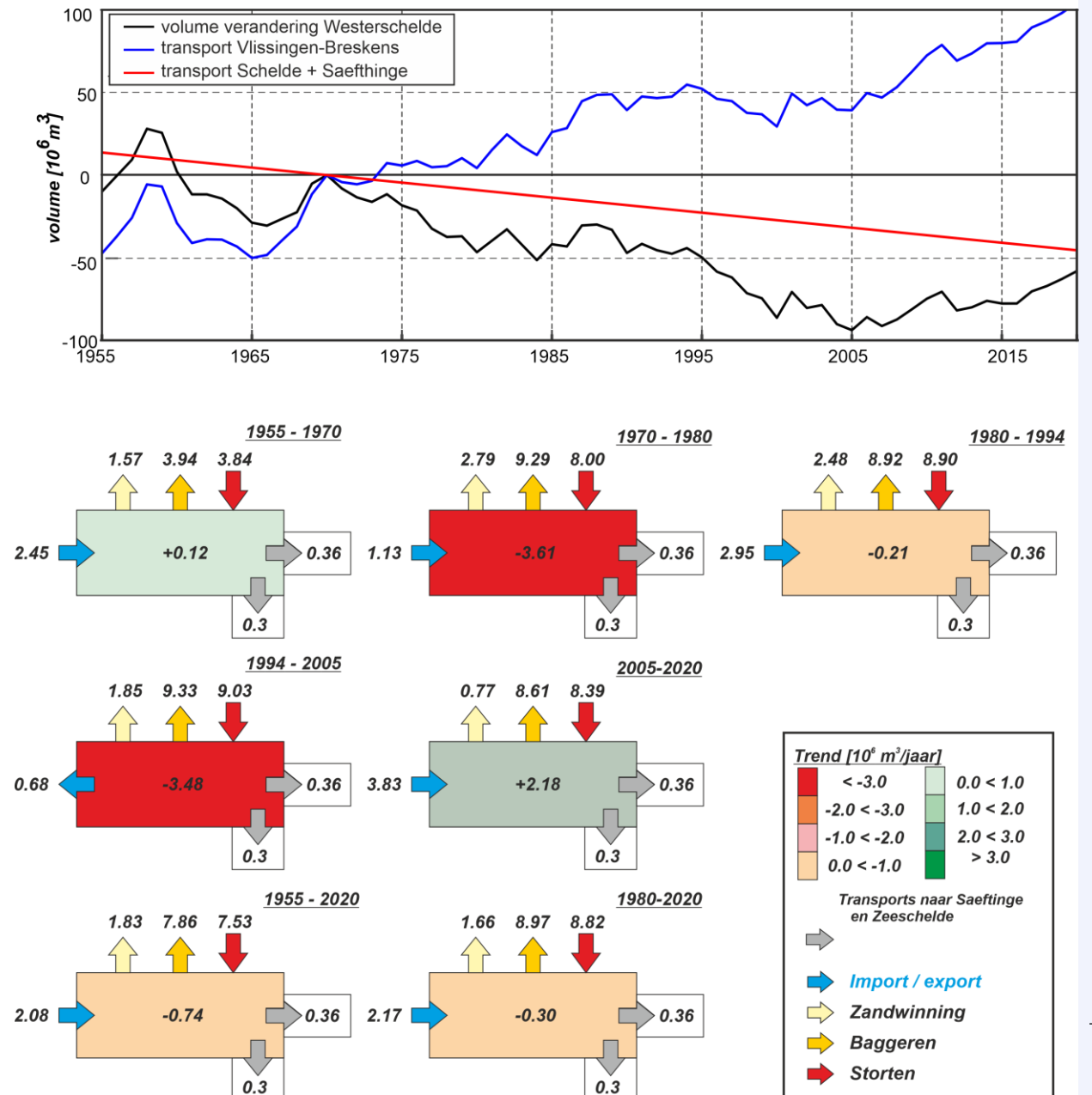


Figuur 2-1: Overzichtskaat van de begrenzing van de actieve zones inclusief buitendelta's (maximum variant) en smalle actieve zones (minimum variant).

Westerschelde(monding)

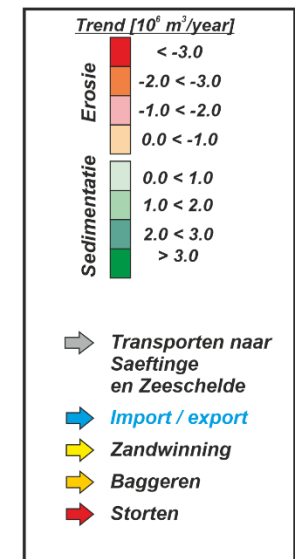
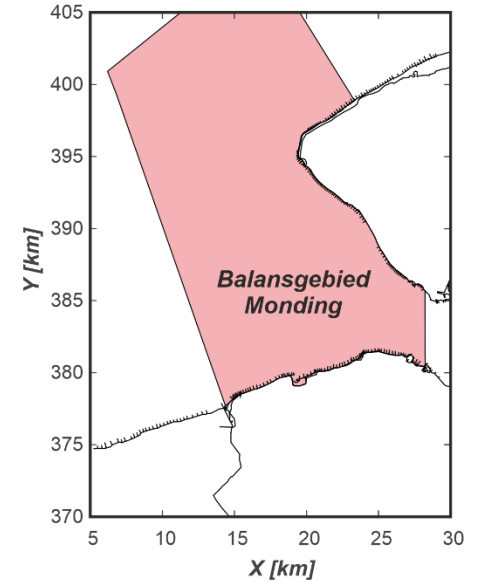
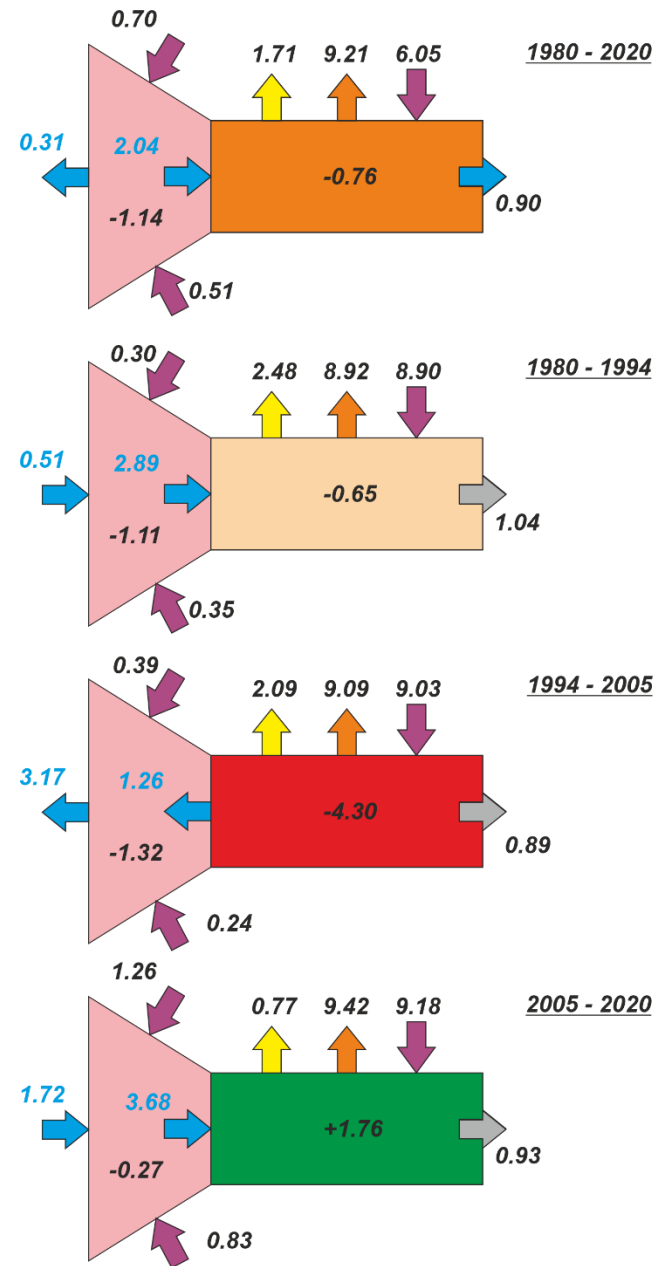
- De transporten richting de Westerschelde zijn nu wel bekend (Elias et al. 2023). De volumes zijn hier berekend over de verschillende macrocellen
- Gemiddeld sinds 1955 :
 - 2.1 miljoen m³/jaar.
- Gemiddeld sinds 1980 :
 - 2.2 miljoen m³/jaar.
- Gemiddeld sinds 2005 :
 - 3.8 miljoen m³/jaar.

Tijdsverloop v.d. Import – Export lijkt gedomineerd te zijn door het bagger & stort regime.



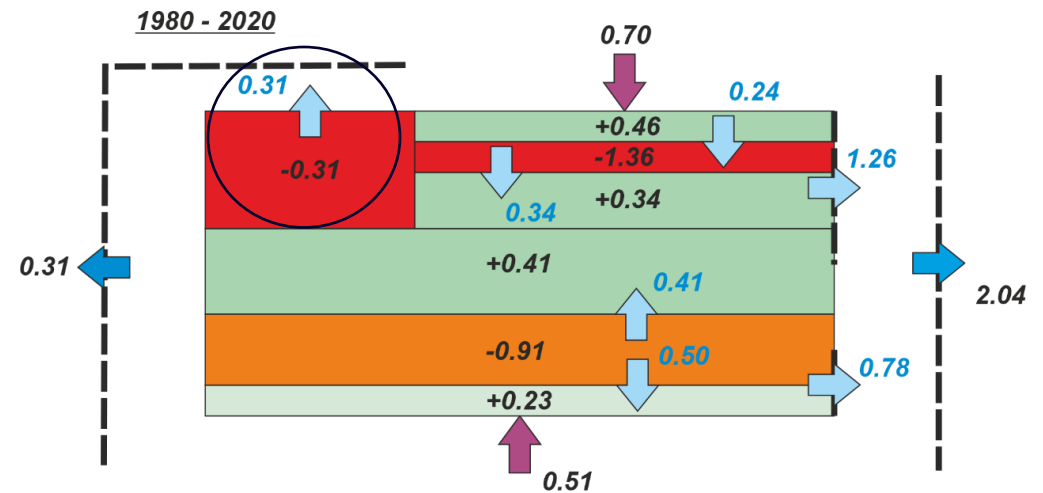
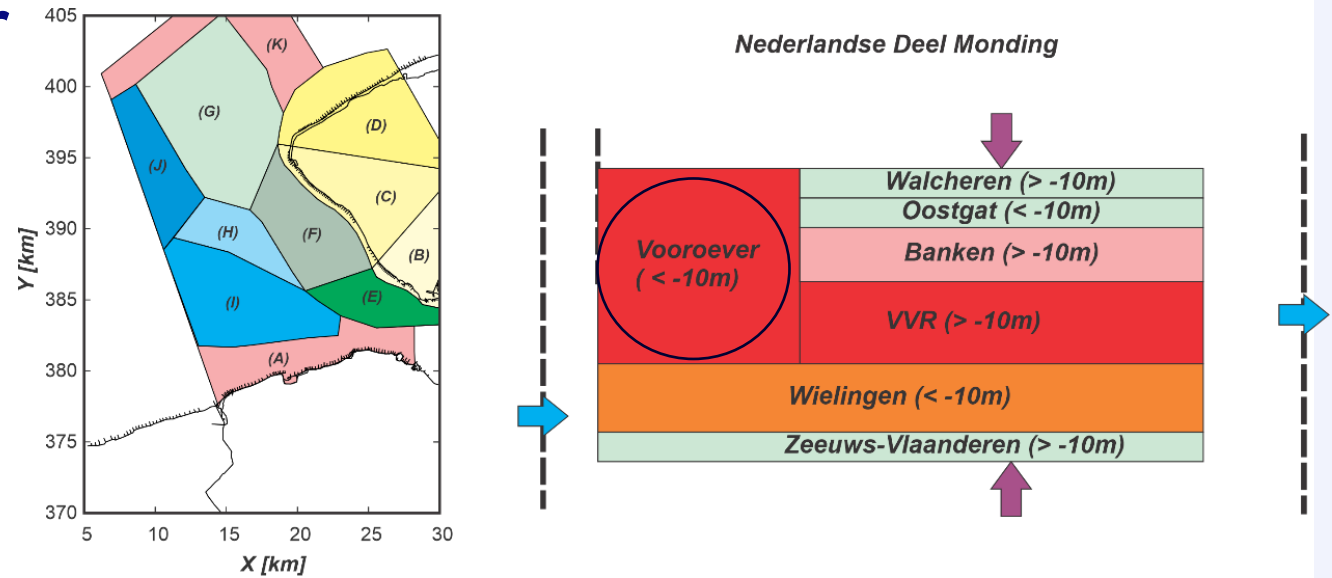
Uitwerking monding door toevoeging macro-cel monding

- Uitwerking voor het Nederlandse deel vd Monding.
- Dit voorkomt onzekerheden door Haven van Zeebrugge (baggeren en storten)
- Deze balans laat zien dat het Nederlandse deel gedeeltelijk als buffer fungeert.
- Er zijn ook perioden met veel uitwisseling over de landsgrenzen.



Uitwerking monding door Actieve Volumebalans

- Onderverdeling in de monding in verschillende elementen.
- Aanname is dat de vooroever (< -10m) uitwisselt met richting de Oosterschelde Uitwerking voor het Nederlandse deel vd Monding.
- Over de gehele periode dan een kleine uitwisseling met België (export)
- Suppleties zijn goed voor ongeveer 2/3 vd import. Het overige wordt geleverd door verdieping vd geulen.



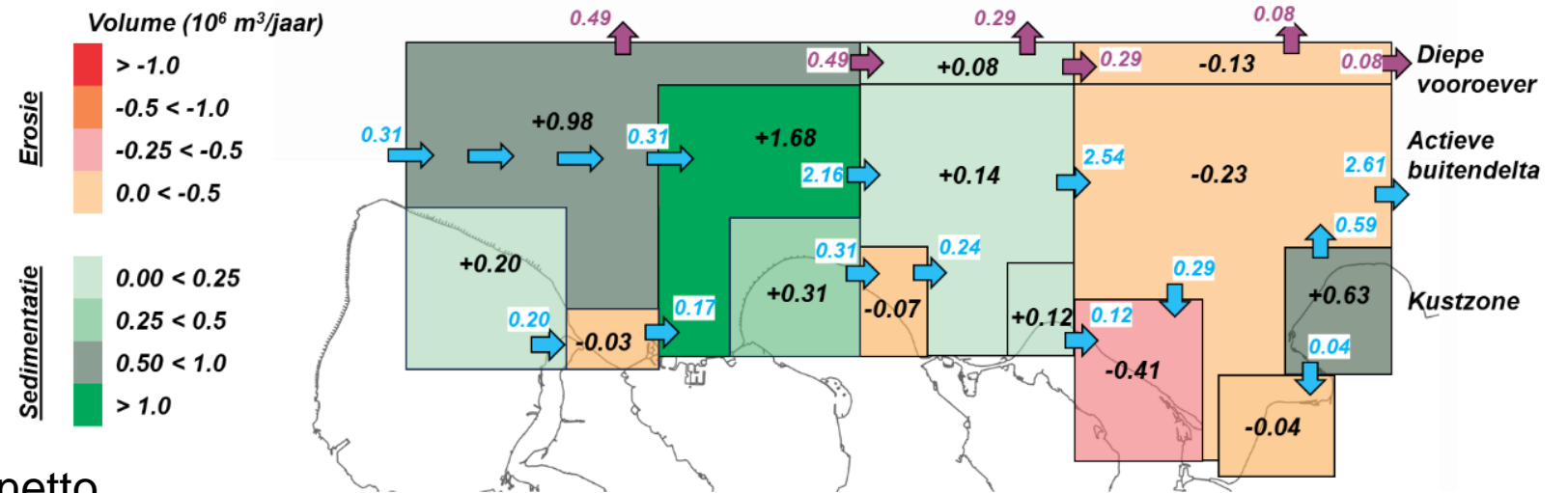
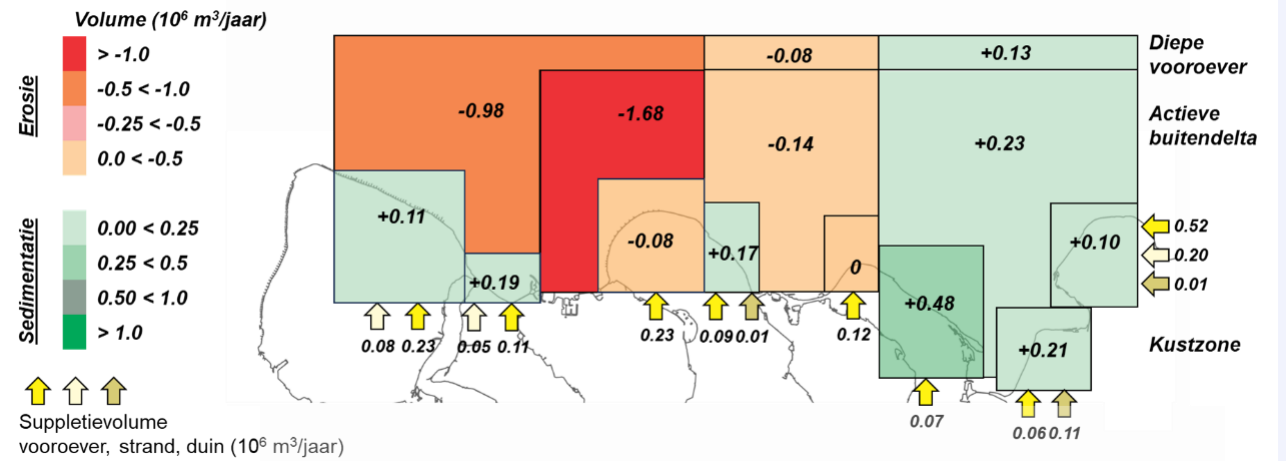
Trend [$10^8 \text{ m}^3/\text{year}$]		
Red	> -1.0	→ Transports to Saeftinge and Zeeschelde (Literature)
Orange	-0.5 < -1.0	→ Sand mining
Pink	-0.25 < -0.5	→ Dredging
Light Green	0.0 < -0.25	→ Dumping
Light Green	0.0 < 0.25	
Light Green	0.25 < 0.5	
Light Green	0.5 < 1.0	
Dark Green	> 1.0	

Resultaten Sedimentbalans Voordelta & Westerschelde

- Gelijke aanname onderverdeling transport diepwater = 50% langtransport en 50% dwarstransport.
- Grote erosie van de diepe actieve zone Oosterscheldemoning
- Kleine verandering (erosie) Grevelingenmonding
- Toename sedimentvolume Haringvlietmonding

- Totale balans geeft een groot netto transport richting maasgeul van 2.7 miljoen³/jr.

Deltares



Conclusies

- De actieve kustzone van de Hollandse Kust lijkt een vrijwel sluitende balans te vertonen.
- De sedimentbalans van de actieve zone is vrijwel sluitend, maar net zeewaarts van de actieve zone bevindt zich een zone met relatief grote verdieping (diepe kustzone).
- De diepe vooroever vertoont over vrijwel de gehele kust (Hollandse kust en Wadden) een trend van verdieping. Er lijkt weinig landwaarts transport op te treden.
- Met een aanname van een zeewaarts verlies (in deze studie 50% verdeling in langs- en dwarstransport) ontstaat een relatief continue sedimentstroom richting de diepere Noordzee in de orde van 0.5 tot 1 miljoen m³/jr. Deze aanname is niet realistisch, maar geeft het wel een goede indicatie dat er zeewaartse verliezen op moeten treden.
- Onderverdeling van de actieve buitendelta in een diep en ondiep deel lijkt noodzakelijk.
 - Het diepe deel vertoont een structureel verlies aan sediment. Belangrijk voor het begrijpen van de geobserveerde verliezen, maar waarschijnlijk minder belangrijk voor de toekomst (resultaat van eenmalige aanpassing) .
 - Het “ondiepe” deel wisselt uit met de aanliggende actieve zone van de eilandkusten en waarschijnlijk ook met het bekken. Een goed begrip van deze uitwisseling lijkt essentieel met het oog op toekomstige suppletie strategieën, zoals het inpassen van kustfundamentsuppleties.
- De sedimentbalans van de Voordelta is nog niet volledig opgelost. Definitie van de actieve zone is hier nog niet correct/volledig.

Contact

🏠 www.deltares.nl

🐦 [@deltares](https://twitter.com/deltares)

🌐 [linkedin.com/company/deltares](https://www.linkedin.com/company/deltares)

✉️ info@deltares.nl

📷 [@deltares](https://www.instagram.com/deltares)

📘 [facebook.com/deltaresNL](https://www.facebook.com/deltaresNL)

