



MORFOLOGISCHE TREND VAN DE VLAAMSE KUST IN 2011

Rik Houthuys

Geograaf-kustmorfoloog
Suikerkaai 8, 1500 Halle
rik.houthuys@telenet.be

MORFOLOGISCHE TREND VAN DE VLAAMSE KUST IN 2011

1	IN DIT RAPPORT	9
2	UPDATE TABELLEN MET VOLUME-EVOLUTIE STRAND EN DUINAANZET PER SECTIE NAAR 2010 EN 2011	10
3	EVOLUTIETABELLEN VOOROEVER EN ZEEBODEM TOT 2011	22
3.1	Toelichting over de “historische data” en data gebruikt na 2000	22
3.2	Toelichting van de methode die de continuïteit met de historische tabellen bewaart	23
3.3	Invoeren historische tabelgegevens	25
3.4	Sectiegrenzen voor de gekoppelde hoogtemodellen	25
3.5	Algemene opmerkingen voor ieder DTM op basis van lodingen	25
3.5.1	Verschillen ten gevolge van verschillende meetdatum	25
3.5.2	Richtingsafhankelijke systematische lodingsfouten	26
3.5.3	Interpolatie doorheen harde structuren	26
3.5.4	Foutieve interpolatie bij onregelmatige kustvorm	27
3.5.5	Onvolledige bedekking tot de laagwaterlijn	27
3.6	Specifieke opmerkingen bij de verwerking van de datasets 2000-2011	28
▶ 3.6.1	2000 (Scharnierdataset)	28
▶ 3.6.2	2003	28
▶ 3.6.3	2004	29
▶ 3.6.4	2007	29
▶ 3.6.5	2008	30
▶ 3.6.6	2009	30
▶ 3.6.7	2010	30
▶ 3.6.8	2011	30
▶ 3.7	Beschouwingen over de nauwkeurigheid van de volumes van vooroever en zeebodem	30
▶ 3.8	Tabellen per sectie met tijdreeks volumeverschillen strand en vooroever, met grafiek en trendberekening	31
▶ 3.9	Korte evaluatie van de waargenomen trends langsheen de Vlaamse kust	42
4	MORFOLOGISCHE EVOLUTIE VAN DE VLAAMSE KUST, INGEDEELD IN MORFOLOGISCH HOMOGENE KUSTSTROKEN, VANAF DE EERSTE MEETVLUCHT TOT 2011, REKENING HOUDEND MET DE AANGEVOERDE ZANDHOEVEELHEDEN	43
▶ 4.1	Algemene opmerkingen	43
▶ 4.2	Strook 1 (secties 2-6) : De Panne, natuurreservaat Westhoek	47
▶ 4.3	Strook 2 (secties 7-12) : De Panne, verkaveling Westhoek	48
▶ 4.4	Strook 3 (secties 13-17) : De Panne-Centrum	49
▶ 4.5	Strook 4 (secties 18-21) : De Panne camping Zeepark en duinen ten westen van Sint-Idesbald	50
▶ 4.6	Strook 5 (secties 22-25) : Sint-Idesbald	51
▶ 4.7	Strook 6 (secties 26-31) : Koksijde-Bad	53
▶ 4.8	Strook 7 (secties 32-34) : Koksijde-Bad, oostzijde van de bebouwing	55
▶ 4.9	Strook 8 (secties 35-39) : Koksijde-Oost (schipgatduinen)	56
▶ 4.10	Strook 9 (secties 40-43) : Oostduinkerke-Bad, westelijk deel	57
▶ 4.11	Strook 10 (secties 44-53) : Oostduinkerke-Bad, oostelijk deel, en Groenendijk-Bad	58

▶ 4.12	Strook 11 (secties 54-56) : westelijk gedeelte van de zeedijk in Nieuwpoort-Bad	59
▶ 4.13	Strook 12 (secties 57-59) : oostelijk gedeelte van de zeedijk in Nieuwpoort-Bad	61
▶ 4.14	Strook 13 (secties 60-64) : Nieuwpoort oost IJzermonding en Militair Domein Lombardsijde	62
▶ 4.15	Strook 14 (secties 65-70) : campings Lombardsijde en duinstrook ten westen van Sint-Laureinsstrand	65
▶ 4.16	Strook 15 (secties 71-72) : duinen Sint-Laureinsstrand	67
▶ 4.17	Strook 16 (secties 73-76) : Westende-Bad	68
▶ 4.18	Strook 17 (secties 77-82) : Westende-Bad en De Krokodille	70
▶ 4.19	Strook 18 (secties 83-87) : Middelkerke-Bad	72
▶ 4.20	Strook 19 (secties 88-92) : Middelkerke-Oost	74
▶ 4.21	Strook 20 (secties 93-97) : Raversijde-West	75
▶ 4.22	Strook 21 (secties 98-102) : het kustdeel Raversijde-Oost	76
▶ 4.23	Strook 22 (secties 103-105) : kustdeel "Mariakerke"	77
▶ 4.24	Strook 23 (secties 106-108) : kustdeel "Oostende-West" (ter hoogte van de wellingtonrenbaan)	79
▶ 4.25	Strook 24 (secties 109-112) : kustdeel "Oostende-Centrum-West" (groot strand)	81
▶ 4.26	Strook 25 (secties 113-117) : kustdeel "Oostende-Centrum" (Casino tot en met Klein Strand)	83
▶ 4.27	Strook 26 (secties 119-121) : Oostende ten oosten van de havengeul	86
▶ 4.28	Strook 27 (secties 122-125) : Bredene-West	87
▶ 4.29	Strook 28 (secties 126-131) : Bredene-Oost	89
▶ 4.30	Strook 29 (secties 132-139) : Bredene-Hippodroom	91
▶ 4.31	Strook 30 (secties 139-145) : Vosseslag	94
▶ 4.32	Strook 31 (secties 146-150) : de Haan-West	96
▶ 4.33	Strook 32 (secties 151-155) : de Haan-Centrum	98
▶ 4.34	Strook 33 (secties 156-160) : Vlissegem	99
▶ 4.35	Strook 34 (161-167) : Nieuwmunster	101
▶ 4.36	Strook 35 (secties 168-172) : Wenduine, strand ten westen van de rotonde	102
▶ 4.37	Strook 173-176 : Wenduine-West, ten oosten van de rotonde	104
▶ 4.38	Strook 37 (secties 177-181) : Wenduine-Oost tot Harendijke	106
▶ 4.39	Strook 38 (secties 182-184) : Wenduine-Harendijke tot havengeul van Blankenberge	108
▶ 4.40	Strook 39 (secties 185-189) : Blankenberge, westelijk deel	110
▶ 4.41	Strook 40 (secties 190-195) : Blankenberge, oostelijk deel (pier)	113
▶ 4.42	Strook 41 (secties 196-201) : Blankenberge, Duinse Polders	114
▶ 4.43	Strook 42 (secties 202-210) : Blankenberge, De Fonteintjes	115
▶ 4.44	Strook 43 (secties 211-216) : Zeebrugge-Strand	116
▶ 4.45	Strook 44 (secties 217-218) : Heist, palend aan de Oostdam van Zeebrugge	118
▶ 4.46	Strook 45 (secties 219-221) : Heist, tegenover Heldenplein	120
▶ 4.47	Strook 46 (secties 222-224) : duinstrook tussen Heist en Duinbergen	121
▶ 4.48	Strook 47 (secties 225-226) : Duinbergen-Centrum	122
▶ 4.49	Strook 48 (secties 227-232) : het kustdeel Albertstrand	124
▶ 4.50	Strook 49 (secties 233-241) : het kustdeel Knokke-Zoute	125
▶ 4.51	Strook 50 (secties 242-249) : het kustdeel Lekkerbek	127
▶ 4.52	Strook 51 (secties 250-255) : het kustdeel Zwin	128

5 CONCLUSIES	129
▶ 5.1 Voornaamste morfologische conclusies voor de kust, gaande van west naar oost	129
▶ 5.2 Resultaten inzake de autonome trends sinds de eerst beschikbare opmeting per strook	130
▶ 5.3 Conclusies inzake de methodiek	131
6 BIJLAGE 1: ONDERZOEK : INVLOED VAN SELECTIE VAN VOOROEVERLODINGSPUNTEN VOLGENS DE METHODE “GEMIDDELDE DIEPTE” OP DE VOLUMES VAN VOOROEVER EN ZEEBODEM	132
▶ 6.1 Is er een verschil in geografische ligging van de punten bij de selectiemethode “gemiddelde dieptes” ten opzichte van de punten in de “ruwe data”?	132
▶ 6.2 Wat zijn de volumeverschillen van de hoogteschijven vooroever en zeebodem tussen beide hoogtemodellen ?	133
▶ 6.3 Is er een geografisch of morfologisch interpreteerbaar gedrag van de volume- en hoogteverschillen?	134
7 BIJLAGE 2 : ONDERZOEK NAAR DE OVERLAPZONE TUSSEN VOOROEVERLODINGEN EN LIDAROPNAMEN VAN HET STRAND MET HET OOG OP HET OPBOUWEN VAN EEN GEKOPPELD HOOGTEMODEL	137
▶ 7.1 Toelichting problematiek	137
▶ 7.2 Aanpak van het onderzoek	138
▶ 7.3 Aanmaak van een 1x1 m-raster per opnamesoort	139
▶ 7.4 Onderzoek van het hoogteverschil in het overlapgebied tussen de vooroeverloding en de lidaropname	140
▶ 7.5 Evaluatie van het mozaïeken van rasters met overlap	142
▶ 7.6 Aanbevelingen voor het maken van een gekoppeld hoogtemodel	144

In dit rapport

De tabellen en grafieken met de evolutie van het volume van strand en vooroever, aangemaakt en geleverd in rapportvorm tot 2004 (strand) en 2000 (vooroever) in opdracht van de afdeling Kust (rapportenreeks "Kustmorfologie", door Eurosense Belfotop nv), kunnen worden aangevuld met recentere metingen indien deze op dezelfde manier worden verwerkt als voor 2000. Dit is reeds gebeurd voor het strand (natstrand, droogstrand en duinaanzet) tot 2009. Hierbij werd de meetvlucht van 2001 als scharnierdataset gebruikt om de historische cijfers met volumeveranderingen van strand en duinaanzet continu te laten doorlopen naar recentere datasets tot 2007 (zie rapport "Kustlijnkarten. Evolutie van het strandvolume en verschuiving van de hoog- en laagwaterlijn tot 2007" van de afdeling Kust en Vito, uitgave januari 2009, waarin ook de methode beschreven wordt om de recentere cijfers te berekenen). Dit rapport bracht ook de recentste lineaire trend in m³ per meter per jaar voor elke sectie. Nadien werden de volumecijfers en trends nog bijgewerkt tot 2009 (zie rapport "Geïntegreerd kustveiligheidsplan. D04: Morfologische evolutie van de Vlaamse kust ingedeeld in morfologisch homogene kuststroken, vanaf de eerste meetvlucht tot 2009, rekening houdend met de aangevoerde zandhoeveelheden", dd. 21 oktober 2010, van IMDC i.s.m. Rik Houthuys in opdracht van de afdeling Kust, ref. I/RA/11310/10.161/ABO).

In het onderhavige rapport worden de volumecijfers en trends voor strand en duinaanzet verder bijgewerkt tot 2011. Bovendien worden ook de historische tijdreeksen met volumes per sectie van vooroever en zeebodem bijgewerkt met de beschikbare vooroeverlodingen tot 2011. De methode die daartoe werd uitgewerkt, is beschreven in dit rapport. Er worden op analoge wijze als voor het strand lineaire trends bepaald per sectie, voor vooroever en zeebodem.

Tevens worden de volume-evoluties gegroepeerd per relevante kuststrook, zoals gedaan in het rapport IMDC (2010). De reden voor het groeperen is dat aangrenzende secties zich per morfologisch relevante kuststrook op dezelfde manier gedragen en dezelfde morfologische trend vertonen. Bovendien wordt hier gepoogd om een autonome trend te bepalen. Daartoe worden de door de mens aangevoerde zandhoeveelheden weggerekend uit de volume-evolutie, en cijfers van de zandaanvoer zijn vaak slechts per kuststrook beschikbaar. Van de aldus gecorrigeerde volumereeks per kuststrook worden eveneens de recentste lineaire trends bepaald. In dit rapport worden die cijfergegevens en trends uitgebreid tot 2011 en bovendien wordt dezelfde verwerkingswijze nu ook toegepast voor de vooroever en de zeebodem.

In de tekst van dit rapport wordt in de tekst de komma als decimaal teken gebruikt en de punt als scheidingsteken voor de duizendtallen. In de tabellen en figuren komt de punt als decimaal teken voor. Dit rapport werd aangemaakt in nauw overleg met ir. Tina Mertens en Annelies Geldof van de afdeling Kust en met ir. Koen Trouw van Fides Engineering bvba.

2

Update tabellen met volume-evolutie strand en duinaanzet per sectie naar 2010 en 2011

Dit onderdeel sluit methodologisch volledig aan bij het aanmaken van tabellen en grafieken met de evolutie van het volume van strand en vooroever, aangemaakt tot 2007, en nadien bijgewerkt tot 2009 (zie rapport Vito, 2009). Thans worden de cijferreeksen aangevuld met volumes berekend op basis van de meetvluchten 64, 28 mei 2010, en 65, 17 april 2011, uitgevoerd in opdracht van de afdeling Kust door Eurosense.

De gegevens worden ter beschikking gesteld door de afdeling Kust als tekstbestanden met "maaiveldpunten". Deze zijn het resultaat van een filtering door de leverancier van de laserscan-opnamen van het strand waarbij punten die niet tot het grondoppervlak behoren, zoals op water of de bovenkant van vegetatie, door een semi-automatische procedure worden verwijderd en enkel de punten die op het grondoppervlak liggen worden behouden. De punten zijn geleverd met X, Y in Lambert 72 en Z in TAW, en worden zo ook verder verwerkt. De punten worden gegeorefereerd via hun X, Y-coördinaat en worden via onregelmatige-driehoek (TIN-) interpolatie op de Z-waarde omgezet naar een geografisch datarooster (grid) met eenheidsafstand 2 meter. De roosterwaarden zijn de hoogte in meter TAW. Door roosterwaardesommatie binnen vakken (de secties) wordt een maat voor het volume binnen de sectie verkregen. Vermenigvuldiging van de somwaarde met de celoppervlakte (4 m²) levert het volume op tussen het terreinoppervlak en het nulvlak. Driehoeksinterpolatie, aanmaak van dataroosters en sommatie van roosterwaarden binnen geografisch begrensde gebiedjes (secties) gebeuren in

een GIS. Door de 2x2 m-grids in hoogte te verschuiven met respectievelijk -1,39 m, -4,39 m en -6,89 m, en de hoogtewaarden die na deze verschuiving nog kleiner zijn dan 0 gelijk te stellen aan 0, kan men via sommatie van de celwaarden binnen de sectiegrenzen en vermenigvuldiging met de oppervlakte van de eenheidscel de volumes bepalen die gelegen zijn tussen het terreinoppervlak en de genoemde hoogtevlakken. Uit deze waarden kan men dan de volumes per hoogteschijf "natstrand", "droogstrand" en "duin" afleiden (methode beschreven in Vito, 2009). Bij de thans verwerkte meetvluchten is nog het volgende te vermelden.

Opname 2010 : de opname gebeurde met een hoge puntendichtheid, gemiddeld 1 tot 1,35 punten per m². De dichtheid werd verlaagd door per 2 punten 1 punt te behouden (sequentieel volgens de volgorde van de punten in de tekstbestanden). Op die manier was het mogelijk een verwerking in 5 kuststroken door te voeren om de hele Vlaamse kust te bedekken. De behouden dichtheid is meer dan voldoende met het oog op een verwerking tot een 2x2 m-rooster.

Opname 2011 : er werden buiten alle strandsecties ook 4 secties opgenomen die de havenmondingen bevatten. Ook deze werden verwerkt, zodat de secties naast de havenmondingen volledig met punten bedekt zijn. De opname gebeurde met een hoge puntendichtheid, gemiddeld 1,5 tot 3,5 punten per m². De dichtheid werd verlaagd door per 2 tot 5 punten (afhankelijk van de strook) 1 punt te behouden (sequentieel volgens de volgorde

van de punten in het tekstbestand). Op die manier was het mogelijk een verwerking in 5 kuststroken door te voeren om de hele Vlaamse kust te bedekken. De behouden dichtheid is meer dan voldoende met het oog op een verwerking tot een 2x2 m-rooster.

Er werd voor beide opnames gecontroleerd of de punten de secties volledig bedekken, wat inderdaad het geval was.

Na het berekenen van de volumeverschillen met de scharnierdataset van 2001 werden de bestanden in Excel met de tijdreeksen van volumeverschillen sectie 2 tot 259 aangevuld met de getallen tot 2011. Tevens werd de grafiek aangepast zodat alle volumecijfers worden weergegeven. Vervolgens werd nagegaan wat de recentste lineaire trend per sectie voor de hoogtezones "strand" (natstrand + droogstrand) en "duinaanzet" is. De periode waarover de recentste trend werd berekend, werd zo mogelijk gelijk gehouden aan de vorige levering met bijwerking tot 2009. Enkel wanneer de trend duidelijk veranderd was (bv. bij strandsuppletie), werd de begindatum van de periode waarover de trend werd berekend, aangepast. Indien in het laatste of voorlaatste jaar een strandsuppletie werd uitgevoerd, kon geen trend worden bepaald voor de periode na de werken, omdat er nog niet voldoende meetpunten beschikbaar zijn. In dat geval werd de laatste trend voor de strandsuppletie bepaald.

De motivatie van de keuzen voor de periode waarover de recentste trend werd bepaald, werd beknopt omschreven in het

Excelbestand "OverzichtTrendsTot2011.xls" (zie verder in hoofdstuk 3.8).

De 2x2 m-grids die gediend hebben om de volumes per hoogteschijf en per sectie te berekenen voor 2010 en 2011 zijn in het formaat "Esri-grid" en hebben de naam "G_JJJJ_a" tot "G_JJJJ_e" met JJJJ = 2010, 2011 en a, b, c, d en e vijf aaneensluitende kuststroken die samen de Vlaamse kust bedekken.

Alle genoemde bestanden werden aan de afdeling Kust geleverd.

De tabel op p.12 tot 21 bevat de trends per sectie en de gegevens i.v.m. de periode waarover de trend berekend werd.

					Duin		Droog- en natstrand	
Sectie	Kustlengte [m]	Van	Tot	Aantal pten	Trend [m³/m/j]	r2	Trend [m³/m/j]	r2
2	230	18-05-1983	17-04-2011	39	2.46	0.898	9.29	0.827
3	250	18-05-1983	17-04-2011	39	1.90	0.868	8.06	0.839
4	250	18-05-1983	17-04-2011	39	-0.36	0.082	5.89	0.791
5	250	18-05-1983	17-04-2011	39	-0.72	0.146	4.28	0.514
6	250	18-05-1983	17-04-2011	39	0.40	0.122	3.03	0.448
7	250	18-05-1983	17-04-2011	39	0.71	0.568	1.36	0.193
8	250	18-05-1983	17-04-2011	39	0.29	0.195	-0.18	0.004
9	250	18-05-1983	17-04-2011	39	0.64	0.322	-1.22	0.166
10	250	18-05-1983	17-04-2011	39	0.58	0.296	-2.10	0.334
11	210	18-05-1983	17-04-2011	39	1.72	0.748	-3.92	0.719
12	210	18-05-1983	17-04-2011	39	3.82	0.940	-2.66	0.559
13	245	18-05-1983	17-04-2011	38	2.15	0.809	-3.93	0.609
14	250	18-05-1983	17-04-2011	38	0.58	0.341	-1.78	0.245
15	245	18-05-1983	17-04-2011	38	0.98	0.490	-0.02	0.000
16	250	18-05-1983	17-04-2011	38	1.21	0.581	-0.50	0.021
17	250	18-05-1983	17-04-2011	38	1.48	0.705	0.62	0.033
18	260	18-05-1983	17-04-2011	38	1.62	0.813	2.65	0.421
19	265	18-05-1983	17-04-2011	38	3.49	0.913	3.90	0.643
20	260	18-05-1983	17-04-2011	38	2.68	0.793	3.70	0.576
21	260	01-10-1988	17-04-2011	31	3.97	0.948	2.17	0.397
22	260	01-10-1988	17-04-2011	31	1.06	0.616	0.52	0.026
23	250	01-10-1988	17-04-2011	31	0.47	0.369	1.10	0.134
24	250	01-06-1994	17-04-2011	20	2.23	0.918	2.38	0.336
25	250	16-06-2000	17-04-2011	12	2.34	0.888	3.51	0.346
26	250	16-06-2000	17-04-2011	12	5.35	0.685	8.26	0.661
27	180	16-06-2000	17-04-2011	12	6.21	0.722	7.87	0.851
28	180	16-06-2000	17-04-2011	12	3.72	0.962	6.75	0.763
29	190	16-06-2000	17-04-2011	12	2.26	0.697	11.06	0.858
30	210	18-05-1983	17-04-2011	38	1.35	0.697	17.13	0.982
31	115	18-05-1983	17-04-2011	38	0.50	0.338	15.34	0.959
32	240	18-05-1983	17-04-2011	38	2.90	0.931	16.99	0.958
33	240	18-05-1983	17-04-2011	38	4.27	0.919	14.24	0.944
34	240	18-05-1983	17-04-2011	38	5.22	0.893	7.48	0.748
35	265	18-05-1983	17-04-2011	38	3.47	0.739	0.53	0.028
36	275	12-10-1990	17-04-2011	27	-14.36	0.929	-4.46	0.537
37	270	12-10-1990	17-04-2011	27	-3.19	0.741	-5.17	0.611
38	265	18-05-1983	17-04-2011	38	2.56	0.631	-4.68	0.576
39	270	18-05-1983	17-04-2011	38	3.39	0.942	-0.44	0.015
40	270	18-05-1983	17-04-2011	38	6.47	0.941	3.53	0.451
41	225	18-05-1983	17-04-2011	38	5.69	0.942	5.93	0.699
42	250	18-05-1983	17-04-2011	38	6.22	0.946	7.37	0.773
43	220	18-05-1983	17-04-2011	38	2.45	0.597	6.12	0.668
44	295	18-05-1983	17-04-2011	38	5.57	0.887	7.99	0.766
45	260	18-05-1983	17-04-2011	38	8.83	0.979	9.65	0.817
46	270	18-05-1983	17-04-2011	38	8.56	0.987	12.25	0.865
47	280	18-05-1983	17-04-2011	38	8.93	0.979	11.46	0.913
48	250	18-05-1983	17-04-2011	30	7.51	0.985	10.46	0.880
49	235	18-05-1983	17-04-2011	30	6.98	0.960	11.30	0.913
50	235	18-05-1983	17-04-2011	30	8.59	0.984	10.87	0.931
51	225	18-05-1983	17-04-2011	30	8.38	0.989	10.46	0.933
52	190	18-05-1983	17-04-2011	30	4.98	0.956	12.31	0.962
53	235	18-05-1983	17-04-2011	30	5.90	0.969	11.67	0.959
54	220	18-05-1983	17-04-2011	30	4.91	0.978	11.44	0.936

[illegible]

					Duin		Droog- en natstrand	
Sectie	Kustlengte [m]	Van	Tot	Aantal pten	Trend [m³/m/j]	r2	Trend [m³/m/j]	r2
55	225	18-05-1983	17-04-2011	30	5.21	0.966	9.69	0.885
56	235	18-05-1983	17-04-2011	30	7.56	0.991	10.29	0.917
57	350	18-05-1983	17-04-2011	30	9.11	0.987	13.67	0.802
58	300	18-05-1983	17-04-2011	30	7.17	0.987	10.96	0.835
59	340	18-05-1983	17-04-2011	30	3.95	0.963	9.07	0.949
60	165	18-05-1983	19-06-2008	31	0.37	0.405	-3.96	0.506
61	200	24-05-2009	17-04-2011	3	4.62	0.674	-3.75	0.162
62	225	24-05-2009	17-04-2011	3	4.62	0.869	-76.93	0.885
63	225	24-05-2009	17-04-2011	3	6.25	0.908	-56.08	0.976
64	360	18-05-1983	19-06-2008	31	0.37	0.154	0.03	0.000
65	360	09-01-1999	17-04-2011	15	5.40	0.938	6.06	0.395
66	145	09-01-1999	17-04-2011	15	7.59	0.966	4.30	0.511
67	205	09-01-1999	17-04-2011	15	7.42	0.954	5.92	0.735
68	255	09-01-1999	17-04-2011	15	6.18	0.927	7.61	0.813
69	250	09-01-1999	17-04-2011	15	8.82	0.907	10.09	0.877
70	250	09-01-1999	17-04-2011	15	4.17	0.870	8.46	0.872
71	260	09-01-1999	17-04-2011	15	7.29	0.945	6.19	0.775
72	150	09-01-1999	17-04-2011	15	-1.64	0.329	3.80	0.637
73	185	09-01-1999	17-04-2011	15	5.10	0.925	2.86	0.522
74	365	09-01-1999	17-04-2011	15	4.05	0.882	6.50	0.715
75	335	09-01-1999	17-04-2011	15	1.57	0.702	3.10	0.470
76	345	09-01-1999	17-04-2011	15	0.23	0.046	0.92	0.176
77	345	09-01-1999	17-04-2011	15	0.36	0.079	2.84	0.751
78	345	09-01-1999	17-04-2011	15	2.36	0.861	3.82	0.592
79	310	06-06-1999	17-04-2011	13	2.58	0.965	4.09	0.704
80	300	06-06-1999	17-04-2011	13	0.59	0.956	5.45	0.816
81	350	06-06-1999	17-04-2011	13	1.15	0.801	6.12	0.897
82	350	06-06-1999	17-04-2011	13	1.24	0.660	5.22	0.789
83	385	06-06-1999	17-04-2011	13	1.08	0.538	3.65	0.690
84	360	06-06-1999	17-04-2011	13	0.99	0.346	2.81	0.560
85	340	06-06-1999	17-04-2011	13	0.54	0.297	1.76	0.346
86	310	06-06-1999	17-04-2011	13	0.54	0.306	1.48	0.297
87	350	06-06-1999	17-04-2011	13	0.76	0.324	1.83	0.326
88	335	18-05-1983	17-04-2011	30	0.29	0.361	1.57	0.321
89	320	18-05-1983	17-04-2011	30	0.00	1.000	2.13	0.544
90	320	18-05-1983	17-04-2011	30	0.00	1.000	5.31	0.828
91	320	18-05-1983	17-04-2011	30	0.00	1.000	5.38	0.920
92	320	18-05-1983	17-04-2011	30	0.00	1.000	4.39	0.901
93	335	18-05-1983	17-04-2011	30	0.00	1.000	3.86	0.884
94	160	18-05-1983	17-04-2011	30	0.00	1.000	3.27	0.773
95	160	16-06-2000	17-04-2011	12	0.00	1.000	1.81	0.265
96	325	16-06-2000	17-04-2011	12	0.00	1.000	2.87	0.585
97	325	16-06-2000	17-04-2011	12	1.19	0.723	6.00	0.634
98	225	17-04-2004	17-04-2011	8	5.03	0.923	12.71	0.834
99	200	17-04-2004	17-04-2011	8	3.16	0.785	8.31	0.740
100	220	17-04-2004	17-04-2011	8	4.68	0.907	15.66	0.857
101	220	17-04-2004	17-04-2011	8	1.94	0.698	13.56	0.837
102	445	17-04-2004	17-04-2011	8	0.00	1.000	3.30	0.399
103	430	17-04-2004	17-04-2011	8	0.24	0.071	8.67	0.723
104	390	19-06-2008	17-04-2011	4	1.22	0.655	-7.83	0.783
105	485	19-06-2008	17-04-2011	4	3.07	0.615	-7.25	0.886
106	210	19-06-2008	17-04-2011	4	5.27	0.642	-7.32	0.567
107	275	19-06-2008	17-04-2011	4	3.41	0.625	-5.14	0.495

	Beschrijving trend	Motivatie keuze trendberekening
	linarie aangroei sinds 1983, strand stabiel sinds 2002	sinds eerst beschikbare meting
	linarie aangroei sinds 1983, strand stabiel sinds 2002	sinds eerst beschikbare meting
	linarie aangroei sinds 1983, strand stabiel sinds 2002	sinds eerst beschikbare meting
	linarie aangroei sinds 1983, strand stabiel sinds 2002	sinds eerst beschikbare meting
	lineaire aangroei sinds 1983	sinds eerst beschikbare meting
	lineaire afslag sinds 1983	tot voor suppletie 2008-2009
	lineaire afslag sinds 1983	evolutie na suppletie 2008-2009
	lineaire afslag sinds 1983	evolutie na suppletie 2008-2009
	lineaire afslag sinds 1983	evolutie na suppletie 2008-2009
	vrij stabiel sinds 1987	tot voor suppletie 2008-2009
	grote aangroei tot 1999, dan stabiel	sinds eind effect strandhoofden 7-9
	grote aangroei tot 1999, dan lichtere aangroei	sinds eind effect strandhoofden 7-9
	grote aangroei tot 1999, dan lichtere aangroei	sinds eind effect strandhoofden 7-9
	grote aangroei tot 1999, dan lichtere aangroei	sinds eind effect strandhoofden 7-9
	grote aangroei tot 1999, dan lichtere aangroei	sinds eind effect strandhoofden 7-9
	grote aangroei tot 1999, dan lichtere aangroei	sinds eind effect strandhoofden 7-9
	grote aangroei tot 1999, dan lichtere aangroei	sinds eind effect strandhoofden 7-9
	grote aangroei tot 1999, dan stabiel	sinds eind effect strandhoofden 7-9
	lichte aangroei sinds 1999	recentste lineaire trend
	lichte aangroei sinds 1999	recentste lineaire trend
	lichte aangroei sinds 1999	recentste lineaire trend
	lichte aangroei sinds 1999	recentste lineaire trend
	lichte aangroei sinds 1999	recentste lineaire trend
	lichte aangroei sinds 1999	recentste lineaire trend
	lichte aangroei sinds 1999	recentste lineaire trend
	lichte aangroei sinds 1999	recentste lineaire trend
	lichte aangroei sinds 1999	recentste lineaire trend
	lichte aangroei in duin en droogstrand (zandaanvoer)	recentste lineaire trend
	lichte aangroei in duin en droogstrand (zandaanvoer)	recentste lineaire trend
	lichte aangroei in duin en droogstrand (zandaanvoer)	recentste lineaire trend
	lichte aangroei in duin en droogstrand (zandaanvoer)	recentste lineaire trend
	lichte aangroei in duin en droogstrand (zandaanvoer)	recentste lineaire trend
	geleidelijke aangroei	sinds eerst beschikbare meting
	geleidelijke aangroei	sinds eerst beschikbare meting
	geleidelijke aangroei	sinds eerst beschikbare meting
	geleidelijke aangroei	sinds eerst beschikbare meting
	geleidelijke aangroei	sinds eerst beschikbare meting
	geleidelijke aangroei	sinds eerst beschikbare meting
	geleidelijke aangroei	sinds eerst beschikbare meting
	lichte aangroei voor 2000, dan stabiel	recentste lineaire trend
	grote aangroei in laatste jaren ingevolge zandaanvoer	recentste lineaire trend
	grote aangroei in laatste jaren ingevolge zandaanvoer	recentste lineaire trend
	grote aangroei in laatste jaren ingevolge zandaanvoer	recentste lineaire trend
	grote aangroei in laatste jaren ingevolge zandaanvoer	recentste lineaire trend
	grote aangroei in laatste jaren ingevolge zandaanvoer	recentste lineaire trend
	grote aangroei in laatste jaren ingevolge zandaanvoer	recentste lineaire trend
	grote aangroei in laatste jaren ingevolge zandaanvoer	recentste lineaire trend
	grote aangroei in laatste jaren ingevolge zandaanvoer	recentste lineaire trend
	lichte afslag na suppletie 2006-2007	evolutie na suppletie 2006-2007
	lichte afslag na suppletie 2006-2007	evolutie na suppletie 2006-2007
	lichte afslag na suppletie 2006-2007	evolutie na suppletie 2006-2007
	lichte aangroei na suppletie 2006-2007	evolutie na suppletie 2006-2007

					Duin		Droog- en natstrand	
Sectie	Kustlengte [m]	Van	Tot	Aantal pten	Trend [m³/m/j]	r2	Trend [m³/m/j]	r2
108	410	19-06-2008	17-04-2011	4	2.31	0.400	1.22	0.093
109	410	19-06-2008	17-04-2011	4	1.99	0.738	8.11	0.805
110	180	19-06-2008	17-04-2011	4	1.94	0.822	20.27	0.861
111	245	23-08-2005	17-04-2011	7	1.85	0.400	23.35	0.966
112	345	23-08-2005	17-04-2011	7	1.62	0.811	12.76	0.867
113	170	23-08-2005	17-04-2011	7	6.19	0.869	2.84	0.041
114	181	23-08-2005	17-04-2011	7	0.04	0.175	0.22	0.000
115	182	23-08-2005	17-04-2011	7	0.10	0.628	1.22	0.007
116	215	23-08-2005	17-04-2011	7	0.22	0.131	4.56	0.076
117	224	23-08-2005	17-04-2011	7	2.72	0.861	19.49	0.839
118	182	19-06-2008	17-04-2011	4	0.00	1.000	-0.52	0.013
119	347	27-03-1996	17-04-2011	20	0.04	0.572	4.22	0.691
120	270	27-03-1996	17-04-2011	20	0.00	0.077	3.09	0.623
121	354	27-03-1996	17-04-2011	20	0.00	1.000	4.34	0.802
122	360	27-03-1996	17-04-2011	20	0.02	0.307	3.70	0.631
123	352	27-03-1996	17-04-2011	20	0.00	1.000	3.67	0.651
124	352	27-03-1996	17-04-2011	20	0.16	0.488	7.76	0.920
125	281	27-03-1996	17-04-2011	20	5.37	0.906	5.75	0.752
126	250	27-03-1996	17-04-2011	20	7.32	0.930	6.27	0.853
127	250	27-03-1996	17-04-2011	20	5.88	0.854	7.11	0.827
128	250	27-03-1996	17-04-2011	20	6.48	0.905	7.67	0.902
129	252	27-03-1996	17-04-2011	20	4.93	0.880	4.90	0.805
130	251	27-03-1996	17-04-2011	20	4.86	0.881	2.45	0.551
131	240	27-03-1996	17-04-2011	20	4.65	0.896	1.69	0.278
132	276	12-11-1995	17-04-2011	21	6.28	0.848	-0.89	0.111
133	220	27-03-1996	17-04-2011	20	4.65	0.835	-5.92	0.743
134	153	12-11-1995	17-04-2011	21	2.12	0.574	-6.91	0.682
135	148	12-11-1995	17-04-2011	21	6.06	0.851	-6.50	0.595
136	161	12-11-1995	17-04-2011	21	2.14	0.539	-6.35	0.661
137	249	12-11-1995	17-04-2011	21	1.84	0.555	-5.81	0.613
138	200	12-11-1995	17-04-2011	21	2.60	0.641	-4.94	0.485
139	199	12-11-1995	17-04-2011	21	4.35	0.525	-9.07	0.751
140	200	12-11-1995	17-04-2011	21	1.84	0.150	-11.31	0.853
141	250	12-11-1995	17-04-2011	21	4.56	0.600	-7.96	0.811
142	249	12-11-1995	17-04-2011	21	5.65	0.793	-7.68	0.928
143	250	12-11-1995	17-04-2011	21	5.43	0.880	-4.81	0.746
144	249	12-11-1995	17-04-2011	21	4.01	0.721	-3.76	0.621
145	250	12-11-1995	17-04-2011	21	3.37	0.622	-3.67	0.464
146	249	12-11-1995	17-04-2011	21	3.80	0.799	-4.45	0.601
147	251	12-11-1995	17-04-2011	21	4.61	0.905	-1.92	0.294
148	249	12-11-1995	17-04-2011	21	5.07	0.876	-1.19	0.106
149	250	12-02-2002	17-04-2011	10	2.71	0.188	-5.38	0.607
150	265	12-02-2002	17-04-2011	10	4.10	0.826	-7.89	0.724
151	200	16-06-2000	17-04-2011	12	-0.09	0.005	-8.72	0.835
152	200	16-06-2000	17-04-2011	12	-0.67	0.215	-9.81	0.915
153	200	16-06-2000	17-04-2011	12	-0.38	0.026	-9.34	0.804
154	200	16-06-2000	17-04-2011	12	1.53	0.582	-7.98	0.699
155	206	16-06-2000	17-04-2011	12	1.13	0.392	-6.74	0.623
156	200	16-06-2000	17-04-2011	12	9.79	0.921	-2.83	0.385
157	200	14-01-1997	17-04-2011	19	14.29	0.960	0.42	0.008
158	200	14-01-1997	17-04-2011	19	13.10	0.964	-1.97	0.219
159	200	14-01-1997	17-04-2011	19	11.67	0.948	-4.50	0.577
160	200	14-01-1997	17-04-2011	19	14.66	0.951	-5.22	0.578

	Beschrijving trend	Motivatie keuze trendberekening
	lichte aangroei na suppletie 2006-2007	evolutie na suppletie 2006-2007
	lichte aangroei na suppletie 2006-2007	evolutie na suppletie 2006-2007
	lichte aangroei na suppleties in omgeving	evolutie na suppleties in omgeving
	sterke aangroei na suppleties in omgeving	evolutie na suppleties in omgeving
	lichte aangroei na suppleties in omgeving	evolutie na suppleties in omgeving
	suppletie in 2004 + onderhoudssuppleties sindsdien	evolutie na suppletie noodstrand 2004
	suppletie in 2004 + onderhoudssuppleties sindsdien	evolutie na suppletie noodstrand 2004
	suppletie in 2004 + onderhoudssuppleties sindsdien	evolutie na suppletie noodstrand 2004
	suppletie in 2004 + onderhoudssuppleties sindsdien	evolutie na suppletie noodstrand 2004
	suppletie in 2004 + onderhoudssuppleties sindsdien	evolutie na suppletie noodstrand 2004
	invloed werken aan havengeul	recentste lineaire trend
	sinds 1983 vrij stabiel, sinds 1996 aangroei	recentste lineaire trend
	sinds 1983 vrij stabiel, sinds 1996 aangroei	recentste lineaire trend
	sinds 1983 vrij stabiel, sinds 1996 aangroei	recentste lineaire trend
	sinds 1983 vrij stabiel, sinds 1996 aangroei	sinds 1996, na stormenperiode
	sinds 1983 vrij stabiel, sinds 1996 aangroei	sinds 1996, na stormenperiode
	sinds 1983 vrij stabiel, sinds 1996 aangroei	sinds 1996, na stormenperiode
	sinds 1983 vrij stabiel, sinds 1996 aangroei	sinds 1996, na stormenperiode
	sinds 1983 vrij stabiel, sinds 1996 aangroei	sinds 1996, na stormenperiode
	sinds 1983 vrij stabiel, sinds 1996 aangroei	sinds 1996, na stormenperiode
	sinds 1983 vrij stabiel, sinds 1996 aangroei	sinds 1996, na stormenperiode
	sinds 1983 vrij stabiel, sinds 1996 aangroei	sinds 1996, na stormenperiode
	gesuppleerd in 1995, nadien matige maar continue afslag	sinds 1995, na strandsuppletie
	gesuppleerd in 1995, nadien matige maar continue afslag	sinds 1995, na strandsuppletie
	gesuppleerd in 1995, nadien matige maar continue afslag	sinds 1995, na strandsuppletie
	gesuppleerd in 1995, nadien matige maar continue afslag	sinds 1995, na strandsuppletie
	gesuppleerd in 1995, nadien matige maar continue afslag	sinds 1995, na strandsuppletie
	gesuppleerd in 1994-1995, sindsdien matige continue afslag	sinds 1995, na strandsuppletie
	gesuppleerd in 1994-1995, sindsdien matige continue afslag	sinds 1995, na strandsuppletie
	gesuppleerd in 1994-1995, sindsdien matige continue afslag	sinds 1995, na strandsuppletie
	gesuppleerd in 1994-1995, sindsdien matige continue afslag	sinds 1995, na strandsuppletie
	gesuppleerd in 1994-1995, sindsdien matige continue afslag	sinds 1995, na strandsuppletie
	gesuppleerd in 1994-1995, sindsdien matige continue afslag	sinds 1995, na strandsuppletie
	gesuppleerd in 1994-1995, sindsdien matige continue afslag	sinds 1995, na strandsuppletie
	gesuppleerd in 1995, nadien matige maar continue afslag	sinds 1995, na strandsuppletie
	gesuppleerd in 1995, nadien matige maar continue afslag	sinds 1995, na strandsuppletie
	gesuppleerd in 1995, nadien matige maar continue afslag	sinds 1995, na strandsuppletie
	gesuppleerd in 1995, nadien matige maar continue afslag	sinds 1995, na strandsuppletie
	gesuppleerd in 1995, nadien matige maar continue afslag	sinds 1995, na strandsuppletie
	matige lineaire afslag na recentste suppletie in 2000	sinds 2002, begin van de afslagtrend
	matige lineaire afslag na recentste suppletie in 2000	sinds 2002, begin van de afslagtrend
	matige lineaire afslag na recentste suppletie in 2000	sinds 2000, na recentste suppletie
	matige lineaire afslag na recentste suppletie in 2000	sinds 2000, na recentste suppletie
	matige lineaire afslag na recentste suppletie in 2000	sinds 2000, na recentste suppletie
	matige lineaire afslag na recentste suppletie in 2000	sinds 2000, na recentste suppletie
	matige lineaire afslag na recentste suppletie in 2000	sinds 2000, na recentste suppletie
	gesuppleerd in 1992 en 1996	sinds 1997, na strandsuppletie
	gesuppleerd in 1992 en 1996	sinds 1997, na strandsuppletie
	gesuppleerd in 1996, nadien zeer lichte afslagtrend	sinds 1997, na strandsuppletie
	gesuppleerd in 1996, nadien zeer lichte afslagtrend	sinds 1997, na strandsuppletie

					Duin		Droog- en natstrand	
Sectie	Kustlengte [m]	Van	Tot	Aantal pten	Trend [m³/m/j]	r2	Trend [m³/m/j]	r2
161	199	14-01-1997	17-04-2011	19	14.50	0.949	-1.80	0.220
162	200	14-01-1997	17-04-2011	19	13.43	0.967	-1.72	0.145
163	220	14-01-1997	17-04-2011	19	13.46	0.929	-1.08	0.068
164	200	14-01-1997	17-04-2011	19	10.66	0.940	-2.03	0.176
165	200	14-01-1997	17-04-2011	19	12.35	0.961	-0.02	0.000
166	199	14-01-1997	17-04-2011	19	14.19	0.940	0.71	0.030
167	217	14-01-1997	17-04-2011	19	11.84	0.943	-0.01	0.000
168	230	14-01-1997	17-04-2011	19	0.91	0.268	-2.86	0.374
169	230	14-01-1997	17-04-2011	19	1.00	0.178	-4.20	0.551
170	205	14-01-1997	17-04-2011	19	2.04	0.529	-4.65	0.637
171	137	14-01-1997	17-04-2011	19	2.33	0.620	-0.04	0.000
172	242	14-01-1997	17-04-2011	19	0.15	0.085	-0.87	0.029
173	230	27-03-1996	17-04-2011	20	1.00	0.717	6.64	0.795
174	170	27-03-1996	17-04-2011	20	1.74	0.787	8.78	0.875
175	223	27-03-1996	17-04-2011	20	1.59	0.728	9.78	0.912
176	227	27-03-1996	17-04-2011	20	2.21	0.846	8.41	0.895
177	256	27-03-1996	17-04-2011	20	3.23	0.910	7.39	0.866
178	229	27-03-1996	17-04-2011	20	3.33	0.878	6.62	0.852
179	261	27-03-1996	17-04-2011	20	2.84	0.841	5.18	0.824
180	264	27-03-1996	17-04-2011	20	3.04	0.910	5.40	0.785
181	207	27-03-1996	17-04-2011	20	4.45	0.954	6.99	0.867
182	245	27-03-1996	17-04-2011	20	4.48	0.963	7.60	0.821
183	185	15-04-1982	17-04-2011	48	3.51	0.923	2.56	0.444
184	207	15-04-1982	17-04-2011	48	4.08	0.950	5.28	0.813
185	202	06-06-1999	17-04-2011	14	0.23	0.142	-3.26	0.042
186	230	06-06-1999	17-04-2011	14	-0.14	0.177	-8.70	0.550
187	230	06-06-1999	17-04-2011	14	0.71	0.358	-7.25	0.619
188	229	06-06-1999	17-04-2011	14	0.86	0.477	-5.75	0.512
189	205	06-06-1999	17-04-2011	14	1.56	0.712	-3.97	0.215
190	185	06-06-1999	17-04-2011	14	0.61	0.370	1.36	0.140
191	214	06-06-1999	17-04-2011	14	0.62	0.233	3.59	0.403
192	197	06-06-1999	17-04-2011	14	1.65	0.646	4.96	0.475
193	203	06-06-1999	17-04-2011	14	0.29	0.022	6.42	0.630
194	180	06-06-1999	17-04-2011	14	5.33	0.712	6.80	0.324
195	199	06-06-1999	17-04-2011	14	6.46	0.923	3.77	0.442
196	239	06-06-1999	17-04-2011	14	7.81	0.902	-4.15	0.386
197	184	06-06-1999	17-04-2011	14	1.33	0.334	-10.57	0.489
198	228	06-06-1999	17-04-2011	14	0.60	0.072	-11.41	0.600
199	151	06-06-1999	17-04-2011	14	0.06	0.001	-10.76	0.475
200	132	06-06-1999	17-04-2011	14	1.63	0.413	-4.80	0.170
201	131	06-06-1999	17-04-2011	14	4.47	0.917	-0.36	0.002
202	130	06-06-1999	17-04-2011	14	4.68	0.951	11.14	0.762
203	122	06-06-1999	17-04-2011	14	5.03	0.970	16.38	0.829
204	143	06-06-1999	17-04-2011	14	5.52	0.977	21.42	0.890
205	129	01-06-1994	17-04-2011	24	5.49	0.937	29.15	0.964
206	115	01-06-1994	17-04-2011	24	7.66	0.968	31.21	0.966
207	127	01-06-1994	17-04-2011	24	8.85	0.981	32.28	0.976
208	128	01-06-1994	17-04-2011	24	8.80	0.977	32.36	0.974
209	114	01-06-1994	17-04-2011	24	7.05	0.959	37.49	0.968
210	100	18-06-1979	17-04-2011	51	5.42	0.974	22.42	0.909
211	145	18-06-1979	17-04-2011	51	0.24	0.387	28.59	0.937
212	102	18-06-1979	17-04-2011	51	0.01	0.002	33.82	0.928
213	156	18-06-1979	17-04-2011	51	0.07	0.049	31.72	0.902

	Beschrijving trend	Motivatatie keuze trendberekening
	gesuppleerd in 1996, nadien zeer lichte afslagtrend	sinds 1997, na strandsuppletie
	gesuppleerd in 1996, nadien zeer lichte afslagtrend	sinds 1997, na strandsuppletie
	gesuppleerd in 1996, nadien zeer lichte afslagtrend	sinds 1997, na strandsuppletie
	gesuppleerd in 1996, nadien zeer lichte afslagtrend	sinds 1997, na strandsuppletie
	gesuppleerd in 1996, nadien zeer lichte afslagtrend	sinds 1997, na strandsuppletie
	gesuppleerd in 1996, nadien zeer lichte afslagtrend	sinds 1997, na strandsuppletie
	gesuppleerd in 1996, nadien zeer lichte afslagtrend	sinds 1997, na strandsuppletie
	gesuppleerd in 1996, nadien zeer lichte afslagtrend	sinds 1997, na strandsuppletie
	gesuppleerd in 1996, nadien zeer lichte afslagtrend	sinds 1997, na strandsuppletie
	gesuppleerd in 1996, nadien zeer lichte afslagtrend	sinds 1997, na strandsuppletie
	afslag voor 1996, nadien sterke aangroei (ook door aanvoer)	sinds 1996, na stormenperiode
	afslag voor 1996, nadien sterke aangroei (ook door aanvoer)	sinds 1996, na stormenperiode
	afslag voor 1996, nadien sterke aangroei (ook door aanvoer)	sinds 1996, na stormenperiode
	afslag voor 1996, nadien sterke aangroei (ook door aanvoer)	sinds 1996, na stormenperiode
	stormafslagen voor 1996, nadien aangroei	sinds 1996, na stormenperiode
	stormafslagen voor 1996, nadien aangroei	sinds 1996, na stormenperiode
	stormafslagen voor 1996, nadien aangroei	sinds 1996, na stormenperiode
	stormafslagen voor 1996, nadien aangroei	sinds 1996, na stormenperiode
	stormafslagen voor 1996, nadien aangroei	sinds 1996, na stormenperiode
	stormafslagen voor 1996, nadien aangroei	sinds 1996, na stormenperiode
	stormafslagen voor 1996, nadien aangroei	sinds eerst beschikbare meting
	stormafslagen voor 1996, nadien aangroei	sinds eerst beschikbare meting
	aangroei tot 1999 door strandhoofdeffect, dan afslag	sinds 2000, einde effect strhoofd 14 en 22
	aangroei tot 1999 door strandhoofdeffect, dan afslag	sinds 2000, einde effect strhoofd 14 en 22
	aangroei tot 1999 door strandhoofdeffect, dan afslag	sinds 1999, einde effect strhoofd 14 en 22
	aangroei tot 1999 door strandhoofdeffect, dan afslag	sinds 1999, einde effect strhoofd 14 en 22
	aangroei tot 1999 door strandhoofdeffect, dan afslag	sinds 1999, einde effect strhoofd 14 en 22
	geleidelijk aangroei, sinds 1999 tragere aangroei	sinds 1999, kentering in aangroei
	geleidelijk aangroei, sinds 1999 tragere aangroei	sinds 1999, kentering in aangroei
	geleidelijk aangroei, sinds 1999 tragere aangroei	sinds 1999, kentering in aangroei
	geleidelijk aangroei, sinds 1999 tragere aangroei	sinds 1999, kentering in aangroei
	geleidelijk aangroei, sinds 1999 tragere aangroei	sinds 1999, kentering in aangroei
	geleidelijk aangroei, sinds 1999 tragere aangroei	sinds 1999, kentering in aangroei
	afslag tot suppletie 1999. Duingroei en standafslag na 1999	sinds duinvoetsuppletie 1999
	afslag tot suppletie 1999. Duingroei en standafslag na 1999	sinds duinvoetsuppletie 1999
	afslag tot suppletie 1999. Duingroei en standafslag na 1999	sinds duinvoetsuppletie 1999
	afslag tot suppletie 1999. Duingroei en standafslag na 1999	sinds duinvoetsuppletie 1999
	afslag tot suppletie 1999. Duingroei en standafslag na 1999	sinds duinvoetsuppletie 1999
	afslag tot suppletie 1999. Duingroei en standafslag na 1999	sinds duinvoetsuppletie 1999
	afslag tot suppletie 1999. Sterke aangroei sindsdien	invloed van nabije suppletie 1999
	afslag tot suppletie 1999. Sterke aangroei sindsdien	invloed van nabije suppletie 1999
	afslag tot suppletie 1999. Sterke aangroei sindsdien	invloed van nabije suppletie 1999
	afslag tot en met zware stormen. Aangroei sinds 1994	sinds 1994, einde van stormenperiode
	afslag tot en met zware stormen. Aangroei sinds 1994	sinds 1994, einde van stormenperiode
	afslag tot en met zware stormen. Aangroei sinds 1994	sinds 1994, einde van stormenperiode
	afslag tot en met zware stormen. Aangroei sinds 1994	sinds 1994, einde van stormenperiode
	stabiel tot 1994, nadien aangroei	sinds 1994, einde van stormenperiode
	lineaire aangroei sinds 1979	sinds eerst beschikbare meting
	lineaire aangroei sinds 1979	sinds eerst beschikbare meting
	lineaire aangroei sinds 1979	sinds eerst beschikbare meting
	lineaire aangroei sinds 1979	sinds eerst beschikbare meting

					Duin		Droog- en natstrand	
Sectie	Kustlengte [m]	Van	Tot	Aantal pten	Trend [m³/m/j]	r2	Trend [m³/m/j]	r2
214	130	18-06-1979	17-04-2011	51	-0.11	0.118	39.03	0.870
215	173	18-06-1979	17-04-2011	51	-0.44	0.425	49.87	0.918
216	131	18-06-1979	17-04-2011	51	8.01	0.802	39.12	0.841
217	182	26-09-1986	17-04-2011	39	0.52	0.280	-22.73	0.803
218	164	26-09-1986	17-04-2011	39	0.41	0.310	-21.94	0.732
219	184	18-10-1997	17-04-2011	17	-0.04	0.006	10.00	0.677
220	174	27-10-1991	17-04-2011	28	2.98	0.822	8.30	0.846
221	268	27-10-1991	17-04-2011	28	3.88	0.913	10.09	0.911
222	271	18-06-1979	17-04-2011	50	5.05	0.974	4.10	0.456
223	283	11-01-2000	17-04-2011	13	9.66	0.939	6.56	0.708
224	419	11-01-2000	17-04-2011	13	6.50	0.878	0.78	0.025
225	469	11-01-2000	17-04-2011	13	2.48	0.802	9.64	0.896
226	231	11-01-2000	17-04-2011	13	1.44	0.594	7.24	0.860
227	235	11-01-2000	17-04-2011	13	2.04	0.492	3.62	0.560
228	258	11-01-2000	17-04-2011	13	1.68	0.375	0.83	0.061
229	212	11-01-2000	17-04-2011	13	4.10	0.736	0.43	0.015
230	235	11-01-2000	17-04-2011	13	3.58	0.851	1.48	0.171
231	235	11-01-2000	17-04-2011	13	3.89	0.819	3.83	0.692
232	235	23-08-2005	17-04-2011	7	4.89	0.968	5.51	0.515
233	246	23-08-2005	17-04-2011	7	1.45	0.981	1.60	0.095
234	200	23-08-2005	17-04-2011	7	1.19	0.925	3.27	0.285
235	232	23-08-2005	17-04-2011	7	2.34	0.897	6.00	0.708
236	280	23-08-2005	17-04-2011	7	0.91	0.232	5.02	0.521
237	258	23-08-2005	17-04-2011	7	-0.92	0.424	0.00	0.000
238	259	23-08-2005	17-04-2011	7	-1.31	0.366	-1.93	0.055
239	262	23-08-2005	17-04-2011	7	0.87	0.522	-2.65	0.197
240	259	23-08-2005	17-04-2011	7	-0.60	0.291	-0.70	0.052
241	241	23-08-2005	17-04-2011	7	2.35	0.809	-4.22	0.753
242	240	23-08-2005	17-04-2011	7	0.52	0.579	-5.54	0.562
243	251	23-08-2005	17-04-2011	7	2.14	0.859	-3.79	0.367
244	235	23-08-2005	17-04-2011	7	3.57	0.883	0.73	0.050
245	243	23-08-2005	17-04-2011	7	0.91	0.439	6.41	0.749
246	243	19-05-1991	17-04-2011	29	3.63	0.967	0.26	0.005
247	375	19-05-1991	17-04-2011	29	4.17	0.862	0.97	0.083
248	372	19-05-1991	17-04-2011	29	2.37	0.790	-0.95	0.069
249	351	19-05-1991	17-04-2011	29	3.30	0.917	0.90	0.078
250	312	19-05-1991	17-04-2011	29	2.89	0.802	1.17	0.112
251	200	19-05-1991	17-04-2011	29	2.50	0.746	-1.93	0.349
252	252	19-05-1991	17-04-2011	29	1.70	0.776	0.39	0.021
253	265	22-05-1995	17-04-2011	21	1.68	0.650	0.18	0.001
254	261	22-05-1995	17-04-2011	21	1.94	0.708	3.68	0.255
255	300	19-05-1991	17-04-2011	29	0.40	0.133	0.54	0.002
256	110	22-05-1995	17-04-2011	21	0.19	0.855	4.51	0.072
257	199	22-05-1995	17-04-2011	21	-2.02	0.240	-4.57	0.133
258	200	18-06-1979	17-04-2011	50	8.88	0.970	4.26	0.445
259	259	18-06-1979	17-04-2011	50	3.67	0.874	4.33	0.273

	Beschrijving trend	Motivatie keuze trendberekening
	lineaire aangroei sinds 1979	sinds eerst beschikbare meting
	lineaire aangroei sinds 1979	sinds eerst beschikbare meting
	lineaire aangroei sinds tot 1999, nadien stabiel	sinds eerst beschikbare meting
	lineaire afslag na opspuiting 1986	sinds 1986
	lineaire afslag na opspuiting 1986	sinds 1986
	afslag na opspuiting 1986 tot 1997, dan weer aangroei	sinds 1997
	afslag tussen 1979 en 1989. Sinds 1991 aangroei	sinds 1991
	afslag tussen 1979 en 1989. Sinds 1991 aangroei	sinds 1991
	lineaire aangroei sinds 1979	sinds eerst beschikbare meting
	lineaire aangroei sinds 1979	recentste lineaire trend
	lineaire aangroei sinds 1979	recentste lineaire trend
	duinaangroei sinds 1979; strandafslag gevolgd door aangroei	recentste lineaire trend
	duinaangroei sinds 1979; strandafslag gevolgd door aangroei	recentste lineaire trend
	duinaangroei sinds 1979; strandafslag gevolgd door aangroei	recentste lineaire trend
	duinaangroei sinds 1979; strandafslag gevolgd door aangroei	recentste lineaire trend
	duinaangroei sinds 1979; strandafslag gevolgd door aangroei	recentste lineaire trend
	duinaangroei sinds 1979; strandafslag gevolgd door aangroei	recentste lineaire trend
	duinaangroei sinds 1979; strandafslag gevolgd door aangroei	recentste lineaire trend
	na suppletie 2004 lichte aangroei, mede door zandaanvoer	na 2004, vierde suppletie Knokke
	na suppletie 2004 lichte aangroei, mede door zandaanvoer	na 2004, vierde suppletie Knokke
	na suppletie 2004 lichte aangroei, mede door zandaanvoer	na 2004, vierde suppletie Knokke
	na suppletie 2004 lichte aangroei, mede door zandaanvoer	na 2004, vierde suppletie Knokke
	na suppletie 2004 lichte aangroei, mede door zandaanvoer	na 2004, vierde suppletie Knokke
	na suppletie 2004 minder sterke afslag, mede door zandaanvoer	na 2004, vierde suppletie Knokke
	na suppletie 2004 minder sterke afslag, mede door zandaanvoer	na 2004, vierde suppletie Knokke
	na suppletie 2004 minder sterke afslag, mede door zandaanvoer	na 2004, vierde suppletie Knokke
	na suppletie 2004 minder sterke afslag, mede door zandaanvoer	na 2004, vierde suppletie Knokke
	na suppletie 2004 minder sterke afslag, mede door zandaanvoer	na 2004, vierde suppletie Knokke
	sterke afslag voor naburige suppletie, aangroei erna	na 2004, vierde suppletie Knokke
	sterke afslag voor naburige suppletie, aangroei erna	na 2004, vierde suppletie Knokke
	afslag strand tot 1991, dan vrij stabiel	sinds 1991, recentste periode met lineaire trend
	afslag strand tot 1991, dan vrij stabiel	sinds 1991, recentste periode met lineaire trend
	afslag strand tot 1991, dan vrij stabiel	sinds 1991, recentste periode met lineaire trend
	afslag strand tot 1991, dan vrij stabiel	sinds 1991, recentste periode met lineaire trend
	afslag strand tot 1991, dan vrij stabiel	sinds 1991, recentste periode met lineaire trend
	afslag strand tot 1991, dan vrij stabiel	sinds 1991, recentste periode met lineaire trend
	afslag strand tot 1991, dan vrij stabiel	sinds 1991, recentste periode met lineaire trend
	afslag voor 1995; dan vrij stabiel	sinds 1995, recentste periode met lineaire trend
	afslag voor 1995; dan vrij stabiel	sinds 1995, recentste periode met lineaire trend
	afslag voor 1995; dan vrij stabiel	sinds 1995, recentste periode met lineaire trend
	afslag voor 1995; dan vrij stabiel	sinds 1995, recentste periode met lineaire trend
	afslag voor 1995; dan vrij stabiel	sinds 1995, recentste periode met lineaire trend
	afslag voor 1995; dan vrij stabiel, mede door zandaanvoer	sinds 1995, recentste periode met lineaire trend
	stabiel strand en duinaangroei, mede door zandaanvoer	sinds eerst beschikbare meting
	stabiel strand en duinaangroei, mede door zandaanvoer	sinds eerst beschikbare meting

3

Evolutietabellen vooroever en zeebodem tot 2011

3.1 Toelichting over de “historische data” en data gebruikt na 2000

Volumes voor de vooroever en zeebodem werden in de periode 1986-2000 bepaald op vooroeverlodingen d.m.v. singlebeam echoloding. Hierbij werd op de raai in het sample-venster de gemiddelde diepte genomen. Er werd gewerkt met de reflecties op 210 kHz.



Het bemonsteringsvenster was wellicht van de orde 10-15 m. Voor de aanvulling van de tabellen naar 2011 maakt de historische werkwijze niet echt uit omdat er enkel volumeverschillen werden berekend en geleverd.

Voor secties 1-47 is de loding van najaar 1987 de eerst beschikbare opname. Voor secties 48-131 is dit de loding voorjaar 1992. Voor 132-181 is het de loding najaar 1987. Voor secties 182-216 is het de loding

voorjaar 1987. Voor secties 217-259 (en ook nog tot Cadzand-Oost, sectie 277) is het de loding voorjaar 1986.

De vooroeverloding van 2000 is geografisch beschikbaar als X, Y, Z puntenbestand. Deze dataset wordt de scharnierdataset genoemd en wordt gebruikt om de tabellen met volumeverschillen aan te vullen met recentere volumes. Tot 2011 zijn de vooroeverlodingen beschikbaar zoals in de volgende tabel. De gebruikte datasets worden in de laatste kolom aangeduid met een “V”. Het zijn, naast de scharnierdataset, de opnames van 2003, 2004 (geen volledige bedekking), 2007, 2008, 2009, 2010 en 2011. Er werd zoveel mogelijk gebruik gemaakt van de punten op hun werkelijke positie.

jaar	dataleverancier	bedekt gebied	aantal bestanden	benaderde punt dichtheid	X, Y referentie	Z referentie	lodings-frequentie	filtermethode	gebruikt voor update tabellen met volumeverschillen
2000 vj	Eurosense	hele kust	11	100 m x 12.5 m	UTM31(ED50)	diepten in dm tov Z	wellicht 210 kHz	gemiddelde diepte	aansluiting met historische tabellen
2003 vj	Thales Geosolutions bv	hele kust	18	100 m x 1.5 m	UTM31(ETRS89)	TAW	wellicht 210 kHz	gemiddelde diepte	V
2004 vj	Eurosense met Fugro en Thales	60-65, 72-88, 99-124, 151-155, 170-175, 233-255	13	100 m x 0.5 (1) m	UTM31 (ETRS89=WGS84)	TAW	lf en hf	waarschijnlijk werkelijke positie	V
2007 vj	Eurosense	hele kust	8	100 m x 12.5 m	waarschijnlijk UTM31(ETRS89)	TAW	wellicht 200 kHz	minimum diepte	-
2007 vj	Eurosense	hele kust	ca. 30	100 m x 0.25 m	waarschijnlijk UTM31(ETRS89)	TAW	lf en hf (ruw en lrk)	werkelijke positie	V
2008 vj	Eurosense	hele kust	25	100 m x 0.25 m	UTM31(ETRS89)	TAW	hf (lrk)	werkelijke positie	V
2009 vj	Eurosense	hele kust	8	100 m x 12.5 m	UTM31(ETRS89)	TAW	wellicht 200 kHz	gemiddelde diepte	-
2009 vj	Eurosense	hele kust	8	100 m x 0.4 m	L72	TAW	wellicht 200 kHz	werkelijke positie	V
2010 vj	Eurosense	hele kust	8	100 m x 0.2 m	UTM31(ETRS89)	TAW	wellicht 200 kHz	minimum diepte	-
2010 vj	Eurosense	hele kust	8	100 m x 0.33 m	L72	TAW	wellicht 200 kHz	werkelijke positie	V
2011 vj	Eurosense	hele kust	8	100 m x 12.5 m	UTM31(ETRS89)	TAW	wellicht 200 kHz	minimum diepte	-
2011 vj	Eurosense	hele kust	8	100 m x 0.25 m	L72	TAW	hf	werkelijke positie	V

3.2 Toelichting van de methode die de continuïteit met de historische tabellen bewaart

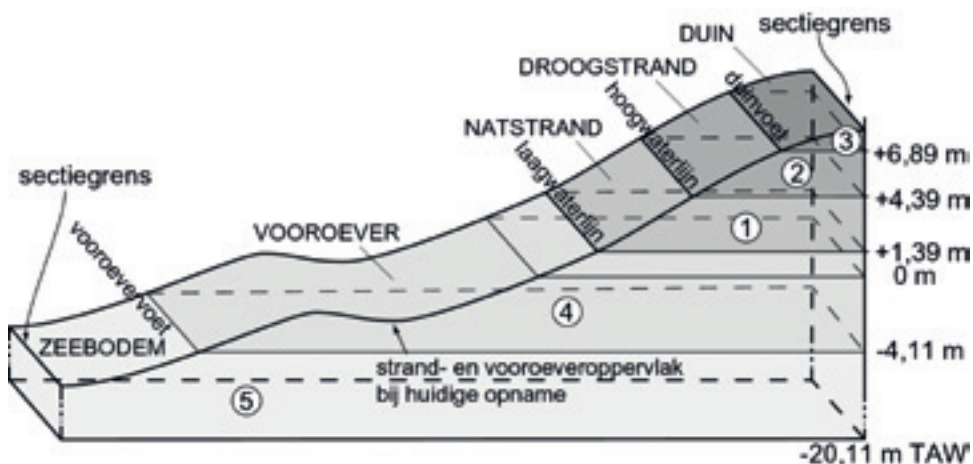
De volumeverschillen worden gerapporteerd in horizontale schijven genoemd "vooroever" en "zeebodem" die zijdelings begrensd worden door de sectiegrenzen, het terreinoppervlak en door horizontale vlakken met hoogte in TAW :

- ▶ voor de vooroever: bovenvlak op +1,39 m en ondervlak op -4,11 m;
- ▶ voor de zeebodem: bovenvlak op -4,11 m en ondervlak op -20,11 m (deze waarde is een uiterste ondergrens die nergens aan het grondoppervlak bereikt wordt in het vak van de vooroeverlodingen).

In de figuur hieronder is het "vooroevervolume" van het referentiejaar aangeduid als volumeschijf "4". Het volumeverschil van de vooroever tussen een volgend jaar en het referentiejaar stemt overeen met het cijfer "4" van het volgend jaar min het cijfer "4" van het referentiejaar.

Op analoge manier hebben we voor het zeebodemvolumeverschil het cijfer "5" van alle jaren nodig.

Om de volumes van schijven "4" en "5" te bepalen stellen we van een vooroeverloding een 10x10 m-grid op. Dit wordt verkregen door alle lodingspunten in te lezen en er een TIN-oppervlak van te maken. De X, Y-coördinaten worden eerst geconverteerd naar Lambert 72. Hiertoewordt gebruik gemaakt van het programma cConvert v500 dat door het NGI op zijn website ter beschikking wordt gesteld. De Z-coördinaat wordt omgezet naar TAW (diepten worden dus negatieve getallen). De tussenstap met TIN is nodig om een terreindekkend model te verkrijgen. Aan de randen van het TIN komen vaak, indien de omlijning van het datagebied hol is, extrapolaties voor. Deze worden verwijderd door manueel een omhullingscontour aan te maken (= omlijning van het door meetpunten bedekte gebied), deze een hoogtecoördinaat mee te geven van de eerste versie van het TIN, en er daarna het TIN hard aan te knippen (met behoud van de hoogte van de omlijning). Het "hard knippen" is nodig omdat er nieuwe verkeerde interpolaties kunnen worden



gemaakt tussen punten op opeenvolgende raaien in de nabijheid van de omgrenzing van het datagebied.

Nadien wordt dit oppervlak geïnterpoleerd tot een grid met eenheidscel 10 m. Buiten de omlijnning van het datagebied bevat het grid geen waarden. De grootte van de eenheidscel vloeit voort uit de aard van de singlebeam loding. Op de lodingsraaien zijn vaak punten op korte afstand beschikbaar, maar de raaien liggen zelf meestal op 100 m tussenafstand. Het heeft geen zin het grote detail in de raairichting te behouden terwijl er tussen de raaien geen enkel detail aanwezig is. De celgrootte van 10 m is een goed compromis om een redelijke beschrijving van het terreinoppervlak te bekomen, die op schaal van de secties nog voldoende morfologisch detail biedt. Het 10x10 meter-grid is ook een goed werkbaar afmeting die toelaat in één dataset de hele Vlaamse kust te bevatten.

Dit grid wordt beurtelings met de gepaste hoogte (-1,39 m, +4,11 m en +20,11 m) verticaal verschoven

Maar de bedekking van het 10x10 m-grid is aan de landwaartse zijde niet volledig (zie onderstaande figuur) en bovendien is de afsnede van jaar tot jaar verschillend. Daarom moet er gewerkt worden naar de vaste zeewaartse sectiegrens, waar de bedekking met datapunten wel volledig is.

Hiertoe bepalen we de volumes onder het vlak van TAW+1,39 m ("7" + "6") en onder het vlak van TAW-4,11 m ("6"). Deze volumes worden verkregen door het 10x10 m-hoogtegrid eerst met 1,39 m te verlagen en daarbij de waarden die positief blijven gelijk te stellen aan nul. Vervolgens worden de celwaarden met negatieve hoogtewaarden gesommeerd en vermenigvuldigd met de celoppervlakte (100 m²) wat het getal "A" oplevert. Daarna wordt het grid nogmaals verticaal verschoven, ditmaal door bij alle waarden 4,11 op te tellen en opnieuw worden alle waarden die positief zijn gelijk aan nul gesteld. Vermenigvuldiging met 100 levert getal "B" op. Dan vindt men :

$$"6" = "B" = ("6" + "5") - "5" = (V_{\text{sectie in}}$$

$$\text{hoogteschijf zeebodem} - V_{\text{zb}})$$

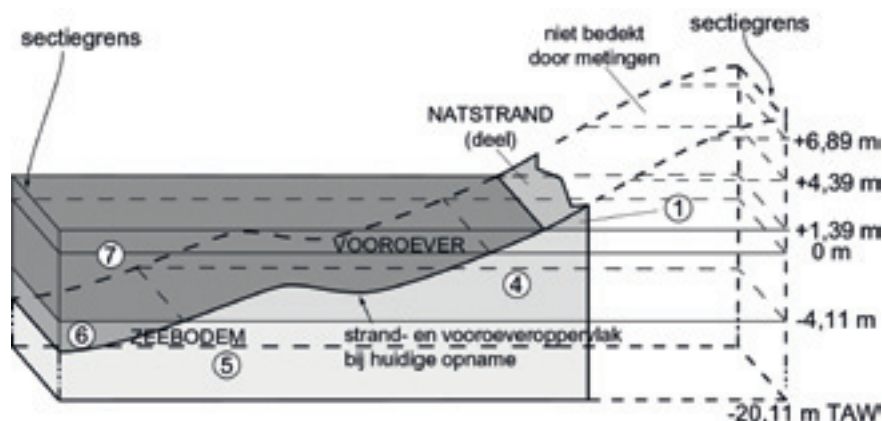
$$"7" = "A" - "6" = ("7" + "4") - "4" = (V_{\text{sectie in}}$$

$$\text{hoogteschijf vooroever} - V_{\text{vo}})$$

In beide gelijkheden is V_{sectie} een constant getal per sectie gelijk aan het volume van de balk tussen de verticale sectiegrensvlakken en horizontale hoogteschijfvlakken. Men heeft nu weliswaar twee negatieve cijfers die het complement van het volume tussen de horizontale grensvlakken en het bodemoppervlak geven, maar we zoeken enkel de volumeverschillen t.o.v. de referentie of scharnierdataset. Het gezochte volumeverschil is dan (de term V_{sectie} valt weg bij het bepalen van het volumeverschil tussen twee vooroeverlodingen) :

$$\Delta V_{\text{zb}} = "6" \text{ huidige vooroeverloding} - "6" \text{ scharnierdataset}$$

$$\Delta V_{\text{vo}} = "7" \text{ huidige vooroeverloding} - "7" \text{ scharnierdataset}$$



3.3 Invoeren historische tabelgegevens

Deze bevinden zich in de op papier geleverde rapporten "Kustmorfologie. Gecombineerde resultaten. Voorjaar 2000." ref. KUST 2000.121 en 122. Alle chronologische tabellen werden overgetikt

en voor zover mogelijk nagezien op consistentie. Hiertoe werden alle getallen ook in grafiek gezet en vergeleken met de plots in de papieren rapporten.

3.4 Sectiegrenzen voor de gekoppelde hoogtemodellen

De secties worden begrensd door vaste contouren. De grenzen tussen aanpalende secties zijn zeewaarts verlengd in de richting van de gemeenschappelijke sectiegrens tot aan de zeewaartse grens van het vooroeverlodingsgebied. De

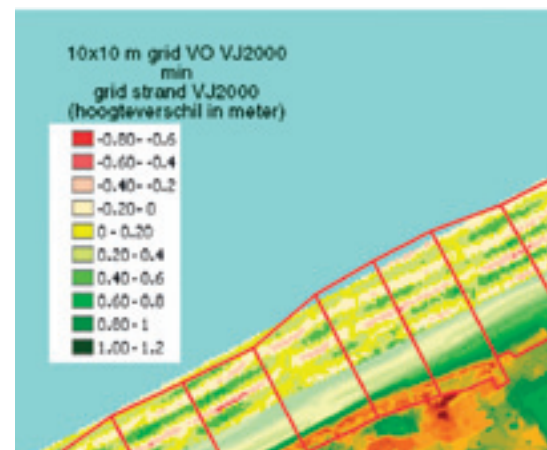
oppervlakte van de verlengde secties werd ter controle vergeleken met de oppervlakte in de tabellen van de rapporten "Kustmorfologie". De omlijning van de secties is beschikbaar in het GIS-bestand "Secties_koppeling.shp".

3.5 Algemene opmerkingen voor ieder DTM op basis van lodingen

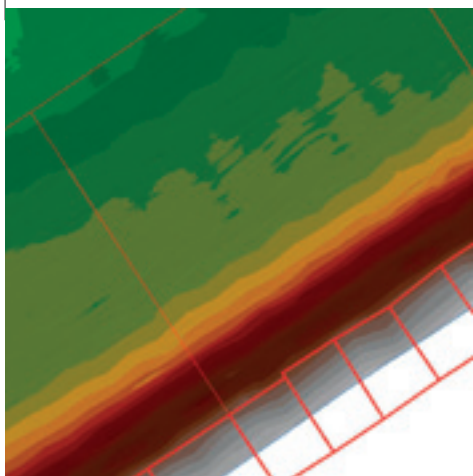
3.5.1 Verschillen ten gevolge van verschillende meetdatum

Idealiter geven de vooroeverloding van het onderwaterstrand, bij hoogwater, en de meetvlucht van het droogvallend strand, bij laagwater, in het overlapgebied tussen beide opnamen dezelfde morfologie weer. Vaak zijn de datums van opname verschillend. De meetvlucht gebeurt binnen één à twee uur voor de hele Vlaamse kust. Voor de lodingen zijn vaak een tiental lodingsdagen nodig. Bovendien moet voldoende hoogwater overdag vallen en moet de zee voldoende vlak zijn om metingen te doen. Een hoogteverschilgrid van de overlapzone tussen de voorjaarslodging en de voorjaarsvlucht 2000 levert stroken op, parallel met het strand, waarin het hoogteverschil weliswaar gelijk gespreid is rond de waarde 0, maar toch makkelijk tot 2-4 dm en meer kan oplopen.

De parallelle hoogteverschilstroken zijn in belangrijke mate toe te schrijven aan het feit dat de lodingsraaien op 100 m van elkaar loodrecht op de kust liggen en dat er voor het TIN van raai naar raai wordt geïnterpoleerd. De zones zijn binnen een profiel wel verbonden met de strandmorfologie. Er zijn in de brede overlapzone van het uittreksel in de figuur vier strandbanken aanwezig, die telkens overeenstemmen met lage waarden in het verschilgrid. Het is mogelijk en zeer waarschijnlijk dat tussen de loding en de vlucht de strandbanken net een halve golflengte zijn verplaatst. In sommige gevallen verstreken er tot twee maanden tussen de loding en de meetvlucht of andersom. De symmetrische verdeling van de hoogteverschillen rond de waarde nul, geeft wel enig vertrouwen in de nauwkeurigheid van de lodingsdata t.o.v. de Lidardata.



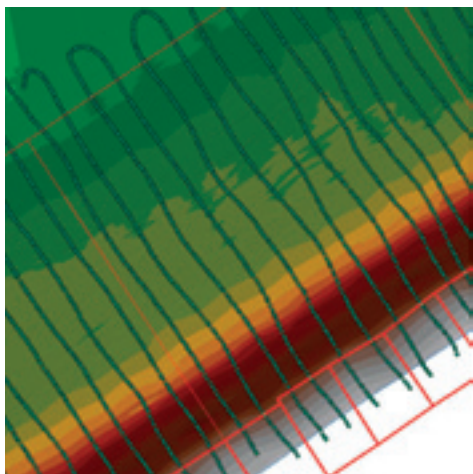
Hoogteverschil tussen DTM op basis van de vooroeverloding en Lidar voorjaar 2000, hier vergeleken voor secties 6 tot 14.



3.5.2 Richtingsafhankelijke systematische lodingsfouten

Het hoogtemodel 2000 op basis van vooroeverlodingen toont vaak golvingen in de hoogtezones die rechtstreeks gelinkt zijn met de raailijnen. Blijkbaar liggen de meetpunten in raaien waar het meetplatform naar de kust bewoog stelselmatig te hoog (of laag) ten opzichte van de tegengestelde beweging. Dit is een afwijking die in alle lodingen zit en dus is "ingebakken" in de cijfers van de volumes vooroever en zeebodem tot 2000. Het fenomeen komt bij de recentere

lodingen niet meer voor, of toch veel minder uitgesproken. Het kan worden overwogen om de oorzaak en grootte van de invloed van dit fenomeen op de kuberingen, in te schatten. In de onderhavige verwerking is er niets aan gedaan en worden de punten van de datasets verwerkt zoals ze destijds zijn geleverd. Naar alle waarschijnlijkheid is de invloed op het volume van hoogteschijven binnen een sectie te verwaarlozen, omdat de effecten van aangrenzende raaien elkaar teniet doen.



DTM op basis van de vooroeverlodingen voorjaar 2000. De hoogtezones vertonen golvende omgrenzingen, waarbij de "golfenlengte" in de omgrenzing overeenstemt met het dubbel van de raailijnafstand. Het hier getoonde gebied is het kustdeel "Raversijde-Oost". Afgebeeld gebied ongeveer 1350 m breed en 1750 m hoog.

3.5.3 Interpolatie doorheen harde structuren

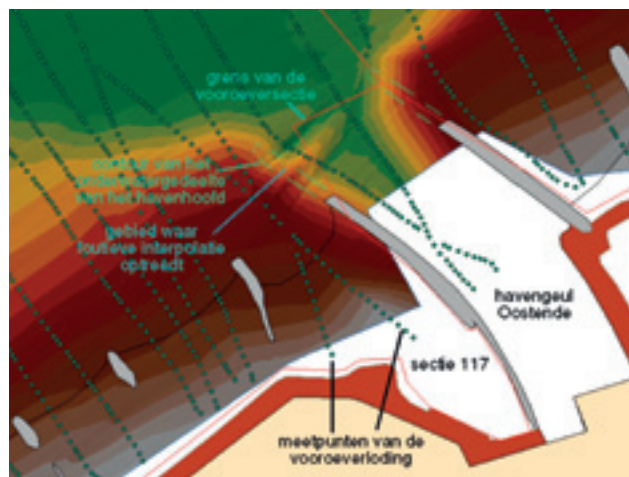
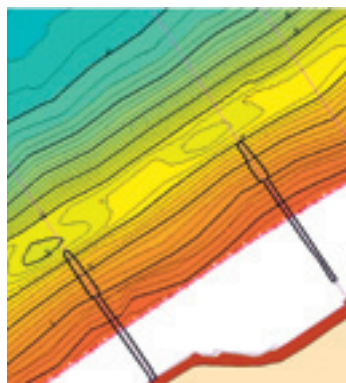
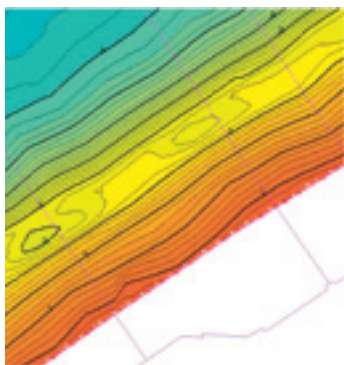
Zo ook wordt in de vooroeverlodingen geïnterpoleerd "doorheen" de strandhoofden. Op de grenzen van de secties in de figuur hiernaast zijn strandhoofden aanwezig die doorlopen tot op de hogere vooroever. Het hoogtemodel vult het vooroeveroppervlak af alsof er geen strandhoofden aanwezig zijn. Ook dit is "ingebakken" in de volumereeksen tot 2000 en het is best om op dezelfde manier verder te werken. Indien de morfologie tussen opeenvolgende opnamen niet teveel verandert, is er van deze veralgemening geen invloed op de volumeverschilcijfers.

Vooraf ter hoogte van de havenhoofden is deze foutieve interpolatie doorheen de aanwezige objecten van belang. Ter illustratie de ingang van de haven

van Oostende (situatie 2000). De onderwatercontour van de havendammen is niet ingemeten. Het hoogtemodel interpoleert doorheen de constructie en maakt daardoor een gedeelte van de vooroeverssectie dieper dan in werkelijkheid.

Ook dit probleem heeft zich altijd voorgedaan en in eerste instantie ligt het voor de hand om op dezelfde manier verder te werken.

Het kan worden overwogen om de grootte van de aldus aanwezige fout te begroten, op basis van modellen of betere opmetingen van de constructies. De invloed wordt niet zeer wezenlijk geacht en de fout is in onderhavig rapport niet begroot.



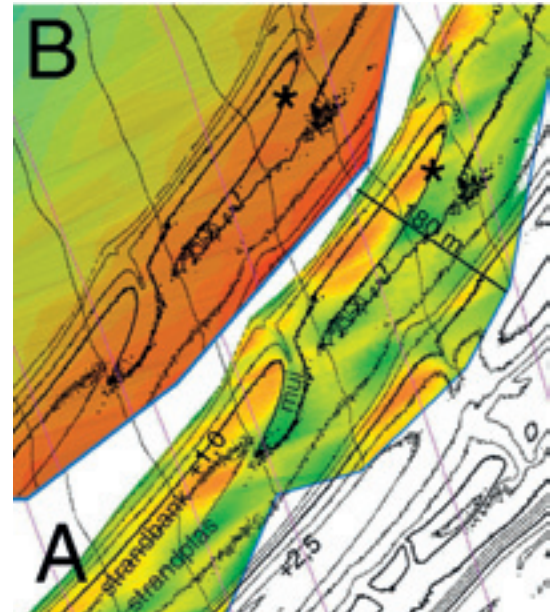
Voorbeeld van foutieve interpolatie bij de opbouw van het dtm op basis van vooroeverlodingen, ter hoogte van de westelijke havendam van Oostende (dtm voorjaar 2000 en situatie havendammen in 2000).

3.5.4 Foutieve interpolatie bij onregelmatige kustvorm

De figuur hiernaast geeft het lodings-dtm en de hoogteverschillen t.o.v. het Lidar-dtm weer voor de voorjaarsopname 2011 op het strand van Zeebrugge. De lodingen in dit gebied vonden plaats op 20 mei, een maand na de lidarvlucht. De strandbanken zijn inmiddels van plaats veranderd. Ter hoogte van de raailijnen ziet men in de figuur rechts dat de loding lager ligt dan de lidaropname waar strandbanken aanwezig zijn. Bij de strandplassen is het juist andersom. Ook zijn de muien veranderd of alleszins niet weergegeven in het terreinoppervlak op basis van de lodingspunten. Naast mogelijk veranderde morfologie speelt hier een tweede effect veroorzaakt door de vorm van de kustlijn. Deze verloopt hier in een hoek t.o.v. de lodingsraaien. Daardoor is het strandoppervlak bij iedere volgende raai (gaande naar het oosten) wat hoger gelegen. De TIN-interpolatie van de lodingspunten houdt hiermee geen rekening en interpoleert volgens de kortste afstand tussen de raaien (zie

streeprichting in de hoogten in figuur B). Ter hoogte van de asterisk in de figuur verbinden de TIN-driehoeken twee lage zones in aangrenzende raaien. Deze zones zijn ook laag in de lidaropname, maar door de hogere gegevensdichtheid zien we dat de lage zones tot twee verschillende strandplassen horen. De driehoeken op basis van de lodingspunten snijden dus door de tussenliggende strandbank, waardoor het lodingsraster hier te laag ligt. Het feit dat het lodingsmodel gemiddeld hoger ligt (in de overlapzone) dan het lidarmodel wordt dus gedeeltelijk verklaard door de concave vorm (in planzicht) van de hoogtelijnen. Interpolatievlakken tussen naburige raaien liggen daardoor over het algemeen iets te hoog in de zone halverwege de raaien.

Dit effect is eigen aan het werken met lodingen op raaien. We kunnen veronderstellen dat het in dezelfde mate optreedt in alle lodingen en dat het effect op volumeverschillen verwaarloosbaar is.

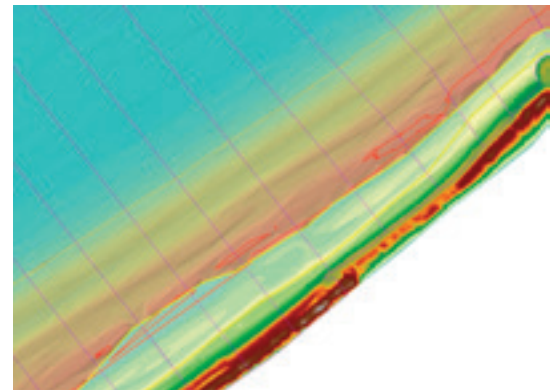


Uittreksel van het overlapgebied tussen lodingen en lidar ter hoogte van secties 209-212 te Zeebrugge-Strand. A = hoogteverschilkaart ingekleurd in stappen van 2,5 cm. B = hoogtekaart in stappen van 25 cm van het TIN op basis van de vooroeverlodingen. De hoogtelijnen in beide kaartjes zijn hoogtelijnen op basis van het lidar-hoogtemodel, om de 25 cm. Beide uittreksels geven hetzelfde gebied weer. De tekst "mui" ligt in sectie 211.

3.5.5 Onvolledige bedekking tot de laagwaterlijn

In alle opnamen zijn er gebieden waar datapunten ontbreken in de zone beneden de hoogtelijn van +1,39 m. Het is nochtans essentieel dat er ook punten hoger dan de laagwaterlijn aanwezig zijn, zoniet is de zeebodem- en vooroeverzone niet volledig bedekt en levert de sommering van hoogtewaarden over minder cellen dan de volledige oppervlakte van het deel beneden de laagwaterlijn, vermenigvuldigd met de oppervlakte van de gridcel, foutieve volumes op (zie tweede figuur in hoofdstuk 3.2). Daarom werden alle opnamen aangevuld met een dunne strook langs de hele kust met punten afkomstig uit de

lidaropname van hetzelfde jaar. Omwille van de veel lagere bedekkingsdichtheid in de lodingsdataset, wordt een beperkt aantal punten uit de Lidar-dataset overgenomen om de zone rond de laagwaterlijn in de lodingsdataset aan te vullen (doorgaans een vijfde of een tiende van de beschikbare punten, sequentieel gefilterd). Er werd geen geleidelijke overgang gecreëerd tussen de Lidar- en lodingspunten. Er kan dus een kunstmatige, abrupte sprong aanwezig zijn in de zone rond de laagwaterlijn.



Weergave van het TIN vooroeverloding voorjaar 2008 (bovenaan, blauwe naar rode kleuren volgens hoogte) en het 2x2 m-grid op basis van de laserscanning 2008. De hoogtelijn van TAW+1,39m berekend op het lodingsTIN is weergegeven in dikke rode streep. Er gebeuren extrapolaties omdat de bedekking met lodingspunten in de richting van het strand niet volledig was. Deze zone (hier aangeduid met een gele contour) werd aangevuld met laserscanpunten.

3.6 Specifieke opmerkingen bij de verwerking van de datasets 2000-2011

3.6.1 2000 (scharnierdataset)

Deze dataset bevat diepten t.o.v. het Z-vlak van Bruggen en Wegen. De conversie van diepten in dm naar hoogten in TAW gebeurde met de formule $-0.11 + (-0.1) \times Z$.

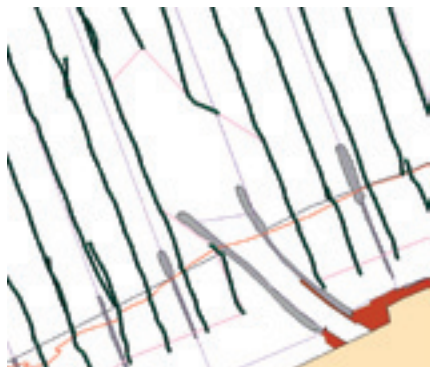
De scharnierdataset is cruciaal voor de continuïteit van de chronologische tabellen. Er werd met veel zorg gecontroleerd dat ze een coherente dataset is.

3.6.2 2003

Er is geen strandopname (X, Y, Z-puntenbestanden) beschikbaar voor 2003 en er kan in het overlapgebied dus niet vergeleken worden naar morfologie. In sectie 83 bevinden zich twee punten met niet-mogelijke hoogte +39.688 m en +7.128 m. Deze punten werden verwijderd.

meetpunten, zeker ook in de vlakke stukken van de zeebodem. De lodingen 2000, 2003 en 2007 liggen ook te ver uit elkaar in de tijd om verwerkingsfouten onafhankelijk van de morfologische evolutie te kunnen bestuderen. De differentiële hoogtekaarten 2000-2003 (p.29) en 2003-2007 (p.29) zijn niet volledig elkaars spiegelbeeld.

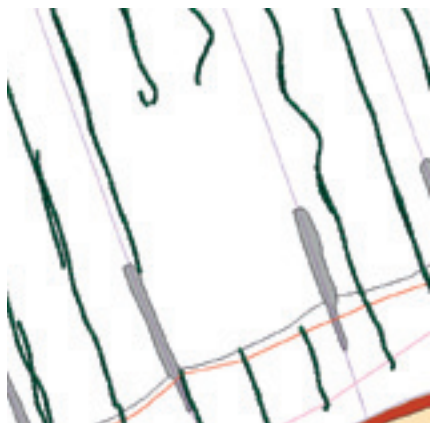
De afwijkend lage ligging van het dtm 2003 is waarschijnlijk een combinatie van een systematische verwerkings- of conversiefout en werkelijk opgetreden morfologische veranderingen. De opname 2003 is intern coherent, en levert zelfs vloeiender en werkelijkheidsgetrouwer contouren op dan de opname 2000. Sommige onmiskenbare trends, zoals de continue aangroei van de vooroever ten westen van Zeebrugge, zijn geloofwaardig vervat in de opname. Daarom, en omdat de periode 2000-2007 anders voor de meeste secties door geen enkele opname wordt ondersteund, wordt 2003 toch verwerkt. Bij de interpretatie van de berekende tijdreeksen en trends, dient men met een mogelijk systematisch te diepe ligging van 2003 rekening te houden.



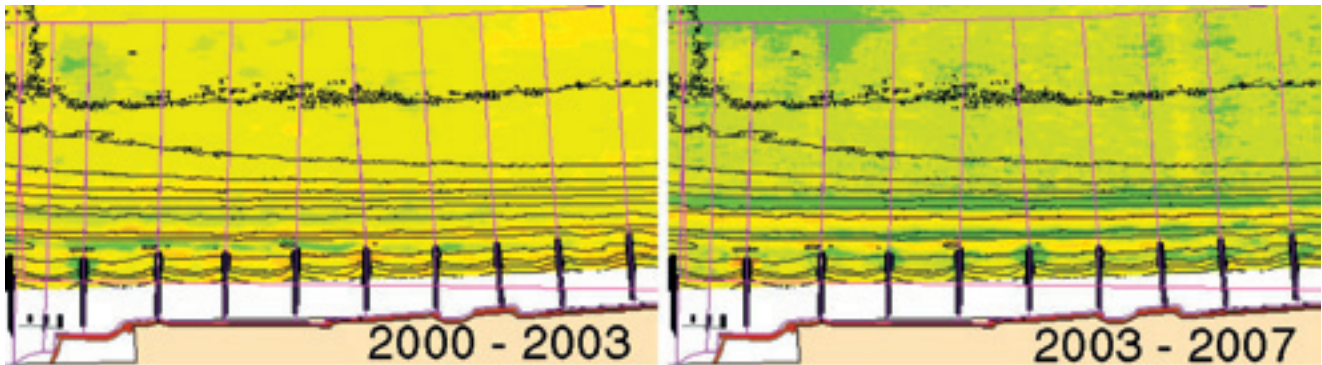
Secties 184 en 185 langs weerszijden van de havengeul van Blankenberge zijn niet volledig bedekt en het is onmogelijk om deze lacune aan te vullen. Voor deze secties kan voor 2003 geen vooroevertvolume worden bepaald.



Ook voor secties 217-219 is er geen volledige bedekking en geen mogelijkheid tot aanvullen.



Sectie 233 : lacune in de data voor 2003. Geen mogelijkheid om vooroevert- of zeebodemvolume te bepalen.



Uittreksel van de differentiële hoogtekaart 2000-2003 (links) en 2003-2007 (midden), ter hoogte van Westende, secties 72 tot 81. Hoogteverschillen in exponentiële schaal, zie rechts.

3.6.3 2004

Deze vooroeverloding bedekt 6 zones, nl. secties 60-64 (65 is 2/3 bedekt), 72-87 (88 is 2/3 bedekt), 100-124 (99 is 2/3 bedekt), 151-155, 171-175 (170 is 2/3 bedekt), 233-254 (255 is 2/3 bedekt). Enkel voor de volledig bedekte secties kunnen volumecijfers worden bepaald. In Oostende-Centrum is de loding 2004 uitgevoerd vóór (2 april) en de laserscanning ná (17 april) de noodsuppletie; toch is de bedekking tot boven +1,39 m niet gerealiseerd. Maar we beschikken wel over de "T0" meting uitgevoerd door Gems in de periode 1-15 april. Deze metingen worden toegevoegd. De sets integreren goed en omdat de

extra meting van Gems ook vrij goed de strandhoofden weergeeft, wordt de set integraal in het TIN voor vooroever 2004 behouden.

Sectie 233 te Knokke-Zoute is net niet bedekt aan zijn westelijke grens. Omdat deze sectie in een bijzonder op te volgen kuststrook valt, werd een "kunsttrucje" uitgehaald om de bedekking te vervolledigen : nl. de meest westelijke raai met lodingspunten wordt gedupliceerd op 30 m ten westzuidwesten (kustparallel) van de raai. Op die manier wordt, uitgaande van een kustparallel egale morfologie, een volledige bedekking gerealiseerd.



Legende bij de twee hoogteverschilkaarten. Hoogteverschil recentste min oudste dtm. Hoogteverschil in m.

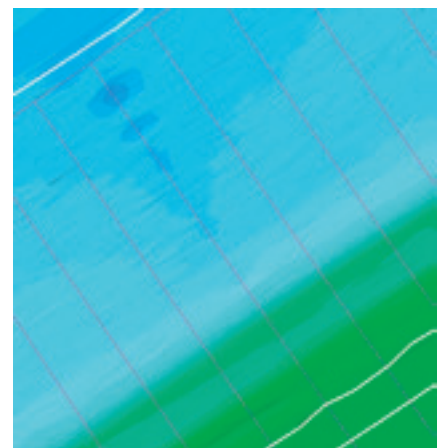
3.6.4 2007

In deze opname liggen de lodingspunten om de 12-15 cm op raaien, die zelf 100 m uit elkaar liggen. De punt dichtheid in raairichting is onevenredig hoog t.o.v. de raai afstand en er wordt slechts 1 punt om de 5 behouden (in sequentiële orde van de punten in het tekstbestand). Dat brengt de gemiddelde punt afstand binnen de raai op 0.6-0.75 m, wat afdoende is om een 10x10 m-grid te maken.

Op de grens van secties 153 en 154 (De

Haan) ligt een trog loodrecht op de kust. Dit lijkt een werkelijk fenomeen, want de vorm strekt zich over verschillende raaien uit en de morfologie is consistent. Ook in 2003 en 2004 was de bodem hier afwijkend dieper, terwijl er in 2000 niets was. Oorzaak niet bekend.

Overigens ziet de dataset er morfologisch coherent uit.



Centraal in de figuur : trog loodrecht op de kust op de grens van secties 153 en 154. De zeebodem en lagere vooroever zijn tot een meter dieper dan de omgeving. (TIN ingekleurd in klassen van 44 cm)

3.6.5 2008

In deze opname liggen de lodingspunten om de 20 cm op raaien, die zelf 100 m uit elkaar liggen. De punt dichtheid in raairichting is onevenredig hoog t.o.v. de raai afstand en er wordt slechts 1 punt om de 5 behouden (in sequentiële orde van de punten in het tekstbestand). Dat brengt de gemiddelde puntafstand binnen de raai op

1 m, wat afdoende is om een 10x10 m-grid te maken.

Morfologische bijzonderheid : in sectie 108 ligt op de zeebodem een ondiepe geul : een morfologisch effect van de aanwezigheid van een leiding voor een suppletie ? Overigens ziet de dataset er morfologisch coherent uit.

3.6.6 2009

Deze dataset ziet er morfologisch coherent uit.

3.6.7 2010

Deze dataset ziet er morfologisch coherent uit.

3.6.8 2011

In deze opname liggen de lodingspunten om de 25-30 cm op raaien, die zelf 100 m uit elkaar liggen. De punt dichtheid in raairichting is onevenredig hoog t.o.v. de raai afstand en er wordt slechts 1 punt om de 4 behouden (in sequentiële orde van

de punten in het tekstbestand). Dat brengt de gemiddelde puntafstand binnen de raai op ongeveer 1 m, wat afdoende is om een 10x10 m-grid te maken.

Deze dataset ziet er morfologisch coherent uit.

3.7 Beschouwingen over de nauwkeurigheid van de volumes van vooroever en zeebodem

Verschillende factoren dragen er toe bij dat de nauwkeurigheid van de volumes van vooroever en zeebodem, t.o.v. deze van strand en duinaanzet, lager is en er bijgevolg meer onzekerheid is op de DTM's en de berekende volumes.

1. de absolute nauwkeurigheid is iets minder goed dan bij meetvluchten. Zeer veralgemenend en zonder te beweren dat deze cijfers op nauwkeurig onderzoek gebaseerd zijn, kan men de fout op de hoogte bij stereofotogrammetrie zoals ze toegepast werd bij de bepaling van de hoogteligging en zandvolumes aan de Vlaamse kust tot 1999 schatten op 5 à 10 cm, voor laserscanning op 5 à 7 cm, voor singlebeam echoloding met gebruik van een peilschaal op het strand voor de reductie van de dieptes naar een absoluut referentievlak

op 10 à 15 cm en voor singlebeam echoloding met gebruik van dGPS aan boord van de meetvlet op ongeveer 10 cm;

2. zeker tot 2003 werd een selectiemethode gehanteerd die mogelijk leidde tot een systematische verschuiving in de richting van ondieper. Voor de opname 2009 zijn bestanden ter beschikking die enerzijds alle punten op hun werkelijke positie bevatten en anderzijds een selectie in een venster langs de meetraai van 12,5 m lengte via de selectiemethode "gemiddelde diepte". De vergelijking tussen de beide verwerkingswijzen wordt toegelicht in bijlage 1. Die opname gaf aan dat het verschil in verwerkingswijze volumeverschillen kan opleveren van gemiddeld 12 m³/meter kustlengte voor de vooroever en

3 m³/m voor de zeebodem. Rekening houdend met een gemiddelde lengte van 500 m loodrecht op de kust voor de zeebodem en 500 m voor de vooroever zou alleen al de verwerkingswijze een supplementaire onnauwkeurigheid op de hoogte van 0,5 à 2,5 cm kunnen opleveren;

3. het aantal meetpunten om het oppervlak te beschrijven is bij echolodging kleiner en er dient geïnterpoleerd te worden tussen raaien die meestal 100 m van elkaar liggen. Zeker wanneer er variatie in de bodemmorfologie is in de langsrichting kunnen daardoor vrij grote interpolatiefouten optreden (hoogteoverschatting bij concave vormen en onderschatting bij convexe vormen);
4. de oppervlakte waarover deze fout zich voortplant bij volumeberekeningen is groter omdat de lengte van vooroever en zeebodem in de richting loodrecht op de kust groter is dan die van het strand.

Schatten we de absolute fout op de hoogteligging ten gevolge van al deze factoren nog vrij conservatief op 10 cm, dan kan in een 250 m brede sectie met een zeebodem van 700 m breed en een vooroever van 400 m de fout op het volume oplopen tot 17500 m³ of 70 m³/m voor de zeebodem en 10000 m³ of 40 m³/m voor de vooroever.

Een mogelijk gevolg van deze vrij grote onzekerheid is de grote schommeling van vooroeverloding tot vooroeverloding in de volumes, zoals deze in de grafieken van vele secties tot uiting komt. De mate van variatie is belangrijker op het deel van de lodingen dan in het deel van de meetvluchten, hoewel de schommelingen van het natstrand van jaar tot jaar toch ook aanzienlijk kunnen zijn.

Ter afronding kunnen we stellen dat een gemiddelde absolute fout van 5 cm voor de hoogteligging van het strand en 10 cm voor de hoogteligging bij lodingen realistisch is. Houden we er ook rekening mee dat de oppervlaktes van de zeebodem en vooroever steeds groter zijn dan die van strand en duin, dan is de onzekerheid op volumes voor het deel onder laagwater tussen 2 en 5 keer groter dan voor het deel boven laagwater.

3.8 Tabellen per sectie met tijdreeks volumeverschillen strand en vooroever, grafiek en trendberekening

De volumes berekend op de DTM's op basis van de vooroeverlodingen werden toegevoegd aan de tabellen per sectie die reeds de tijdreeks met de volumes voor natstrand, droogstrand en duinaanzet bevatten. Onderaan werd een datazone toegevoegd met vergelijkbare structuur als de data voor het gedeelte van de sectie boven laagwater.

De datum van de vooroeverloding valt in een periode die twee, zelfs drie maanden kan beslaan. Het duurt immers verschillende weken voor de hele Vlaamse kust bedekt is met lodingen. Zoals in het verleden werd een gemiddelde datum bepaald midden in de lodingsperiode. Deze werd als tijdstip genomen om de volumes te dateren, en geldt als tijdstip in de grafische voorstelling en de trendberekeningen.

De recentste lineaire trend per sectie voor de hoogtezones "strand" (natstrand + droogstrand) en "duinaanzet" (hoofdstuk 2) werd overgenomen. Op vergelijkbare wijze werd de recentste lineaire trend voor de hoogtezones "vooroever" en "zeebodem" toegevoegd. Deze werd zoveel mogelijk over dezelfde periode als de trend voor de zone boven laagwater berekend, met dien verstande dat de eerste vooroeverloding meestal een aantal jaren later werd uitgevoerd dan de eerste meetvlucht. De trendcijfers per sectie, een beknopte beschrijving, de trendperiode en motivatie van de keuzen voor de periode waarover de recentste trend werd bepaald, werden voor het deel boven en onder laagwater samengebracht in het Excelbestand "OverzichtTrendsTot2011.xls".

De Excelbestanden met de tijdreeksen en

grafieken van volumeverschillen per sectie hebben als naam "Sectie###.xls" met ### het nummer van de sectie (van 2 tot 259). De 10x10 m-grids van vooroever en zeebodem die gediend hebben om de volumes per hoogteschijf en per sectie te berekenen voor 2000, 2003, 2004, 2007, 2008, 2009, 2010 en 2011 zijn in het formaat "Esri-grid" en hebben de naam "G_VO_VJ####" met #### het jaar.

Alle genoemde bestanden zijn beschikbaar op de afdeling Kust.

De tabel hieronder bevat de trends van vooroever en zeebodem per sectie en de gegevens i.v.m. de periode waarover de trend berekend werd.

Sectie	Kustlengte	Van	Tot	Aantal	Trend	
	[m]			pten	[m ³ /m/j]	
2	230	20-10-1987	24-05-2011	22	16.60	
3	250	20-10-1987	24-05-2011	22	14.03	
4	250	20-10-1987	24-05-2011	22	15.21	
5	250	20-10-1987	24-05-2011	22	11.39	
6	250	20-10-1987	24-05-2011	22	9.61	
7	250	20-10-1987	24-05-2011	22	6.56	
8	250	20-10-1987	24-05-2011	22	0.57	
9	250	20-10-1987	24-05-2011	22	1.09	
10	250	20-10-1987	24-05-2011	22	-3.35	
11	210	20-10-1987	24-05-2011	22	-4.23	
12	210	20-10-1987	24-05-2011	22	-7.88	
13	245	20-10-1987	24-05-2011	21	-8.25	
14	250	20-10-1987	24-05-2011	21	-6.33	
15	245	20-10-1987	24-05-2011	21	-7.34	
16	250	20-10-1987	24-05-2011	21	-7.72	
17	250	20-10-1987	24-05-2011	21	-6.79	
18	260	20-10-1987	24-05-2011	21	-3.24	
19	265	20-10-1987	24-05-2011	21	-0.02	
20	260	20-10-1987	24-05-2011	21	1.18	
21	260	20-10-1987	24-05-2011	21	-7.29	
22	260	20-10-1987	24-05-2011	21	-16.18	
23	250	20-10-1987	24-05-2011	21	-17.78	
24	250	20-05-1994	24-05-2011	14	-0.24	
25	250	07-04-2000	24-05-2011	7	-18.94	
26	250	07-04-2000	24-05-2011	7	-10.89	
27	180	07-04-2000	24-05-2011	7	9.24	
28	180	07-04-2000	24-05-2011	7	28.29	
29	190	07-04-2000	24-05-2011	7	27.57	
30	210	20-10-1987	24-05-2011	21	51.80	
31	115	20-10-1987	24-05-2011	21	46.70	
32	240	20-10-1987	24-05-2011	21	31.75	
33	240	20-10-1987	24-05-2011	21	17.45	
34	240	20-10-1987	24-05-2011	21	14.62	
35	265	20-10-1987	24-05-2011	21	12.13	
36	275	20-10-1987	24-05-2011	21	5.66	
37	270	20-10-1987	24-05-2011	21	2.31	
38	265	20-10-1987	24-05-2011	21	3.63	
39	270	20-10-1987	24-05-2011	21	0.52	
40	270	20-10-1987	24-05-2011	21	1.31	
41	225	20-10-1987	24-05-2011	21	1.27	
42	250	20-10-1987	24-05-2011	21	3.07	
43	220	20-10-1987	24-05-2011	21	5.50	
44	295	20-10-1987	24-05-2011	21	7.11	
45	260	20-10-1987	24-05-2011	21	7.14	
46	270	20-10-1987	24-05-2011	21	8.80	
47	280	20-10-1987	24-05-2011	21	7.99	

r2	Trend	r2	Beschrijving trend	Motivatatie keuze trendberekening
	[m³/m/j]			
0.899	1.55	0.021	vooroever groeit aan, zeebodem stabiel	sinds eerst beschikbare koppeling
0.889	1.74	0.037	vooroever groeit aan, zeebodem stabiel	sinds eerst beschikbare koppeling
0.901	2.12	0.056	vooroever groeit aan, zeebodem stabiel	sinds eerst beschikbare koppeling
0.837	3.57	0.148	vooroever groeit aan, zeebodem stabiel	sinds eerst beschikbare koppeling
0.792	7.36	0.415	aangroei op vooroever en zeebodem	sinds eerst beschikbare koppeling
0.624	9.07	0.512	aangroei op vooroever en zeebodem	sinds eerst beschikbare koppeling
0.015	10.70	0.552	vooroever stabiel, zeebodem groeit aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.044	12.94	0.607	vooroever stabiel, zeebodem groeit aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.364	11.45	0.547	vooroever licht erosief, zeebodem groeit aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.438	10.68	0.493	vooroever licht erosief, zeebodem groeit aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.747	7.28	0.365	vooroever erosief, zeebodem groeit aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.783	5.97	0.287	vooroever erosief, zeebodem groeit aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.729	7.69	0.245	vooroever erosief, zeebodem groeit lichtjes aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.833	6.04	0.195	vooroever erosief, zeebodem groeit lichtjes aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.887	7.18	0.223	vooroever erosief, zeebodem groeit lichtjes aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.826	5.96	0.161	vooroever erosief, zeebodem groeit lichtjes aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.496	4.99	0.145	vooroever erosief, zeebodem groeit lichtjes aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.000	-1.31	0.013	vooroever en zeebodem stabiel	sinds eerst beschikbare koppeling
0.085	-6.92	0.341	vooroever stabiel, zeebodem erosief	sinds eerst beschikbare koppeling
0.498	2.70	0.111	vooroever erosief, zeebodem groeit lichtjes aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.772	6.82	0.524	vooroever erosief, zeebodem groeit lichtjes aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.749	5.83	0.505	vooroever erosief, zeebodem groeit lichtjes aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.000	6.93	0.691	vooroever en zeebodem stabiel	recentste lineaire trend
0.253	1.56	0.207	vooroever aanvankelijk erosief, dan vrijwel stabiel	recentste lineaire trend
0.133	0.05	0.179	vooroever aanvankelijk erosief, dan vrijwel stabiel	recentste lineaire trend
0.025	0.00	1.000	vooroever aanvankelijk erosief, dan vrijwel stabiel	recentste lineaire trend
0.408	0.00	1.000	vooroever aanvankelijk erosief, dan vrijwel stabiel	recentste lineaire trend
0.414	0.00	1.000	vooroever aanvankelijk erosief, dan vrijwel stabiel	recentste lineaire trend
0.838	0.00	1.000	vooroever groeit aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.749	0.00	1.000	vooroever groeit aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.855	0.39	0.689	vooroever groeit aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.767	1.98	0.661	vooroever groeit aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.681	0.35	0.209	vooroever groeit aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.557	0.05	0.046	vooroever groeit aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.253	0.11	0.048	vooroever groeit lichtjes aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.068	0.32	0.115	vooroever groeit lichtjes aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.142	0.38	0.124	vooroever groeit lichtjes aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.003	0.68	0.199	vooroever en zeebodem stabiel	sinds eerst beschikbare koppeling
0.015	0.25	0.034	vooroever en zeebodem stabiel	sinds eerst beschikbare koppeling
0.009	-0.07	0.003	vooroever en zeebodem stabiel	sinds eerst beschikbare koppeling
0.074	0.12	0.005	vooroever groeit lichtjes aan, zeebodem stabiel	sinds eerst beschikbare koppeling
0.225	0.56	0.105	vooroever groeit lichtjes aan, zeebodem stabiel	sinds eerst beschikbare koppeling
0.361	2.63	0.354	vooroever groeit lichtjes aan, zeebodem stabiel	sinds eerst beschikbare koppeling
0.248	0.52	0.086	vooroever groeit lichtjes aan, zeebodem stabiel	sinds eerst beschikbare koppeling
0.549	0.86	0.150	vooroever groeit lichtjes aan, zeebodem stabiel	sinds eerst beschikbare koppeling
0.612	0.67	0.124	vooroever groeit lichtjes aan, zeebodem stabiel	sinds eerst beschikbare koppeling

Sectie	Kustlengte	Van	Tot	Aantal	Trend	
	[m]			pten	[m³/m/j]	
48	250	02-05-1992	24-05-2011	14	7.28	
49	235	02-05-1992	24-05-2011	14	6.13	
50	235	02-05-1992	24-05-2011	14	6.41	
51	225	02-05-1992	24-05-2011	14	7.26	
52	190	02-05-1992	24-05-2011	14	7.42	
53	235	02-05-1992	24-05-2011	14	7.01	
54	220	02-05-1992	24-05-2011	14	5.86	
55	225	02-05-1992	24-05-2011	14	4.76	
56	235	02-05-1992	24-05-2011	14	3.44	
57	350	02-05-1992	24-05-2011	14	-0.99	
58	300	02-05-1992	24-05-2011	14	-0.33	
59	340	02-05-1992	24-05-2011	14	10.58	
60	165	02-05-1992	12-05-2009	18	-14.91	
61	200	02-05-1992	12-05-2009	18	-15.22	
62	225	02-05-1992	12-05-2009	18	-3.92	
63	225	02-05-1992	12-05-2009	18	-0.93	
64	360	02-05-1992	24-05-2011	20	2.74	
65	360	02-05-1992	24-05-2011	19	2.08	
66	145	02-05-1992	24-05-2011	18	3.32	
67	205	02-05-1992	24-05-2011	18	3.96	
68	255	02-05-1992	24-05-2011	18	7.77	
69	250	02-05-1992	24-05-2011	18	6.85	
70	250	02-05-1992	24-05-2011	18	8.18	
71	260	02-05-1992	24-05-2011	18	5.88	
72	150	02-05-1992	24-05-2011	19	6.49	
73	185	02-05-1992	24-05-2011	19	5.09	
74	365	02-05-1992	24-05-2011	19	2.99	
75	335	02-05-1992	24-05-2011	19	0.54	
76	345	02-05-1992	24-05-2011	19	1.68	
77	345	02-05-1992	24-05-2011	19	1.32	
78	345	02-05-1992	24-05-2011	19	2.00	
79	310	02-05-1992	24-05-2011	15	3.19	
80	300	02-05-1992	24-05-2011	15	4.95	
81	350	02-05-1992	24-05-2011	15	3.02	
82	350	02-05-1992	24-05-2011	15	1.62	
83	385	02-05-1992	24-05-2011	15	2.12	
84	360	02-05-1992	24-05-2011	15	1.39	
85	340	02-05-1992	24-05-2011	15	0.22	
86	310	02-05-1992	24-05-2011	15	-1.63	
87	350	02-05-1992	24-05-2011	15	-2.13	
88	335	02-05-1992	24-05-2011	14	-1.44	
89	320	02-05-1992	24-05-2011	14	0.09	
90	320	02-05-1992	24-05-2011	14	0.12	
91	320	02-05-1992	24-05-2011	14	0.52	
92	320	02-05-1992	24-05-2011	14	2.19	
93	335	02-05-1992	24-05-2011	14	2.51	
94	160	02-05-1992	24-05-2011	14	1.83	
95	160	02-05-1992	24-05-2011	14	0.51	
96	325	02-05-1992	24-05-2011	14	-0.94	
97	325	02-05-1992	24-05-2011	14	-2.00	
98	225	02-05-1992	24-05-2011	14	-2.66	
99	200	02-05-1992	24-05-2011	14	-1.57	
100	220	02-05-1992	24-05-2011	15	-1.50	
101	220	02-05-1992	24-05-2011	15	0.89	
102	445	02-05-1992	24-05-2011	15	-1.06	
103	430	02-05-1992	24-05-2011	14	-0.39	
104	390	02-05-1992	24-05-2011	14	-0.02	
105	485	06-04-2004	24-05-2011	6	11.60	
106	210	06-04-2004	24-05-2011	6	9.76	
107	275	06-04-2004	24-05-2011	6	7.42	

r2	Trend	r2	Beschrijving trend	Motivatatie keuze trendberekening
	[m³/m/j]			
0.477	1.50	0.391	vooroever groeit lichtjes aan, zeebodem stabiel	sinds eerst beschikbare koppeling
0.428	1.70	0.227	vooroever groeit lichtjes aan, zeebodem stabiel	sinds eerst beschikbare koppeling
0.380	1.61	0.184	vooroever groeit lichtjes aan, zeebodem stabiel	sinds eerst beschikbare koppeling
0.407	1.55	0.152	vooroever groeit lichtjes aan, zeebodem stabiel	sinds eerst beschikbare koppeling
0.455	1.85	0.177	vooroever en zeebodem groeien lichtjes aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.454	2.47	0.315	vooroever en zeebodem groeien lichtjes aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.315	2.98	0.309	vooroever en zeebodem groeien lichtjes aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.213	4.41	0.420	vooroever en zeebodem groeien lichtjes aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.111	4.83	0.414	vooroever en zeebodem groeien lichtjes aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.013	2.77	0.231	vooroever stabiel, zeebodem groeit lichtjes aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.001	0.89	0.027	vooroever en zeebodem stabiel	sinds eerst beschikbare koppeling
0.656	-4.28	0.047	vooroever groeit aan, zeebodem licht erosief	sinds eerst beschikbare koppeling
0.426	-13.60	0.262	vooroever en zeebodem erosief tot suppletie 2009	tot voor suppletie 2008-2009
0.675	-4.77	0.146	vooroever en zeebodem erosief tot suppletie 2009	tot voor suppletie 2008-2009
0.225	-1.20	0.013	vooroever en zeebodem erosief tot suppletie 2009	tot voor suppletie 2008-2009
0.023	2.18	0.050	licht erosieve trend tot suppletie 2009	tot voor suppletie 2008-2009
0.175	8.07	0.432	lichte aangroei trend bij vooroever en zeebodem	sinds eerst beschikbare koppeling
0.090	7.32	0.347	lichte aangroei trend bij vooroever en zeebodem	sinds eerst beschikbare koppeling
0.181	6.47	0.280	lichte aangroei trend bij vooroever en zeebodem	sinds eerst beschikbare koppeling
0.343	7.06	0.299	lichte aangroei trend bij vooroever en zeebodem	sinds eerst beschikbare koppeling
0.678	7.72	0.360	lichte aangroei trend bij vooroever en zeebodem	sinds eerst beschikbare koppeling
0.646	8.57	0.456	lichte aangroei trend bij vooroever en zeebodem	sinds eerst beschikbare koppeling
0.729	9.13	0.460	lichte aangroei trend bij vooroever en zeebodem	sinds eerst beschikbare koppeling
0.514	9.43	0.474	lichte aangroei trend bij vooroever en zeebodem	sinds eerst beschikbare koppeling
0.509	10.39	0.531	lichte aangroei trend bij vooroever en zeebodem	sinds eerst beschikbare koppeling
0.389	14.83	0.764	vooroever groeit licht aan, zeebodem groeit sterk aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.191	18.97	0.826	vooroever stabiel zeebodem groeit sterk aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.009	15.00	0.739	vooroever stabiel zeebodem groeit sterk aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.077	12.62	0.582	vooroever stabiel zeebodem groeit sterk aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.067	9.56	0.563	vooroever stabiel zeebodem groeit sterk aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.153	12.96	0.636	vooroever stabiel zeebodem groeit sterk aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.437	12.06	0.800	vooroever groeit licht aan, zeebodem groeit sterk aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.646	10.76	0.634	vooroever groeit licht aan, zeebodem groeit sterk aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.424	8.27	0.424	vooroever groeit licht aan, zeebodem groeit sterk aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.137	8.48	0.441	vooroever groeit licht aan, zeebodem groeit sterk aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.334	11.10	0.757	vooroever groeit licht aan, zeebodem groeit sterk aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.146	10.40	0.682	vooroever stabiel, zeebodem groeit sterk aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.005	8.66	0.559	vooroever stabiel, zeebodem groeit sterk aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.206	7.62	0.461	vooroever licht erosief, zeebodem groeit sterk aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.262	8.33	0.469	vooroever licht erosief, zeebodem groeit aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.085	9.55	0.525	vooroever licht erosief, zeebodem groeit aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.001	9.00	0.461	vooroever stabiel, zeebodem groeit aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.001	9.54	0.585	vooroever stabiel, zeebodem groeit aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.024	7.97	0.496	vooroever stabiel, zeebodem groeit aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.347	6.75	0.414	vooroever groeit lichtjes aan, zeebodem groeit aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.347	7.59	0.471	vooroever groeit lichtjes aan, zeebodem groeit aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.252	9.06	0.553	vooroever groeit lichtjes aan, zeebodem groeit aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.025	9.28	0.568	vooroever stabiel, zeebodem groeit aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.052	10.01	0.521	vooroever stabiel, zeebodem groeit aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.217	10.34	0.420	vooroever licht erosief, zeebodem groeit licht aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.340	7.02	0.311	vooroever licht erosief, zeebodem groeit licht aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.100	5.87	0.171	vooroever licht erosief, zeebodem groeit licht aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.092	4.72	0.128	vooroever licht erosief, zeebodem groeit licht aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.028	5.83	0.187	vooroever stabiel, zeebodem groeit licht aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.071	5.04	0.138	vooroever stabiel, zeebodem groeit licht aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.010	3.24	0.057	vooroever stabiel, zeebodem groeit licht aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.000	3.85	0.039	vooroever stabiel, zeebodem groeit licht aan	sinds eerst beschikbare koppeling
0.820	49.16	0.764	eerst lichte erosie, dan sterke zeebodemaangroei sinds 2004	trendverandering in 2004
0.594	43.04	0.755	eerst lichte erosie, dan sterke zeebodemaangroei sinds 2004	trendverandering in 2004
0.454	49.49	0.854	eerst lichte erosie, dan sterke zeebodemaangroei sinds 2004	trendverandering in 2004

Sectie	Kustlengte	Van	Tot	Aantal	Trend	
	[m]			pten	[m³/m/j]	
108	410	06-04-2004	24-05-2011	6	6.39	
109	410	06-04-2004	24-05-2011	6	9.55	
110	180	06-04-2004	24-05-2011	6	10.25	
111	245	06-04-2004	24-05-2011	6	12.16	
112	345	06-04-2004	24-05-2011	6	15.53	
113	170	06-04-2004	24-05-2011	6	20.48	
114	181	06-04-2004	24-05-2011	6	30.26	
115	182	06-04-2004	24-05-2011	6	53.64	
116	215	06-04-2004	24-05-2011	6	95.65	
117	224	06-04-2004	24-05-2011	6	74.58	
118	182	10-05-2007	24-05-2011	5	-205.88	
119	347	06-04-2004	24-05-2011	6	29.60	
120	270	06-04-2004	24-05-2011	6	11.21	
121	354	06-04-2004	24-05-2011	6	18.41	
122	360	02-05-1992	24-05-2011	22	0.33	
123	352	02-05-1992	24-05-2011	22	0.99	
124	352	06-04-2004	24-05-2011	6	1.36	
125	281	14-04-2003	24-05-2011	6	3.91	
126	250	14-04-2003	24-05-2011	6	4.64	
127	250	14-04-2003	24-05-2011	6	6.31	
128	250	14-04-2003	24-05-2011	6	7.74	
129	252	14-04-2003	24-05-2011	6	7.28	
130	251	14-04-2003	24-05-2011	6	7.69	
131	240	14-04-2003	24-05-2011	6	9.85	
132	276	14-04-2003	24-05-2011	6	8.74	
134	153	14-04-2003	24-05-2011	6	9.61	
135	148	14-04-2003	24-05-2011	6	9.49	
136	161	14-04-2003	24-05-2011	6	5.61	
137	249	14-04-2003	24-05-2011	6	2.09	
138	200	14-04-2003	24-05-2011	6	-4.22	
139	199	14-04-2003	24-05-2011	6	-7.93	
140	200	14-04-2003	24-05-2011	6	-7.61	
141	250	14-04-2003	24-05-2011	6	-6.11	
142	249	14-04-2003	24-05-2011	6	-4.72	
143	250	14-04-2003	24-05-2011	6	-4.37	
144	249	14-04-2003	24-05-2011	6	-2.00	
145	250	14-04-2003	24-05-2011	6	4.56	
146	249	14-04-2003	24-05-2011	6	2.77	
147	251	14-04-2003	24-05-2011	6	2.84	
148	249	14-04-2003	24-05-2011	6	0.51	
149	250	10-06-1992	24-05-2011	23	-4.76	
150	265	10-06-1992	24-05-2011	23	-3.75	
151	200	10-06-1992	24-05-2011	24	-1.59	
152	200	10-06-1992	24-05-2011	24	-2.57	
153	200	10-06-1992	24-05-2011	24	-1.97	
154	200	10-06-1992	24-05-2011	24	-0.34	
155	206	10-06-1992	24-05-2011	24	-3.14	
156	200	10-06-1992	24-05-2011	23	-4.43	
157	200	05-10-1996	24-05-2011	14	-6.57	
158	200	05-10-1996	24-05-2011	14	-10.05	
159	200	05-10-1996	24-05-2011	14	-9.02	
160	200	14-04-2003	24-05-2011	6	2.17	
161	199	14-04-2003	24-05-2011	6	2.53	
162	200	14-04-2003	24-05-2011	6	2.53	
163	220	14-04-2003	24-05-2011	6	1.17	
164	200	14-04-2003	24-05-2011	6	1.67	
165	200	14-04-2003	24-05-2011	6	-1.29	
166	199	14-04-2003	24-05-2011	6	-0.40	
167	217	14-04-2003	24-05-2011	6	-3.30	
168	230	18-04-1999	24-05-2011	9	-7.45	

r2	Trend	r2	Beschrijving trend	Motivatie keuze trendberekening
	[m³/m/j]			
0.308	51.54	0.935	eerst lichte erosie, dan sterke zeebodemaangroei sinds 2004	trendverandering in 2004
0.540	55.38	0.892	eerst lichte erosie, dan sterke zeebodemaangroei sinds 2004	trendverandering in 2004
0.742	55.85	0.849	eerst lichte erosie, dan sterke zeebodemaangroei sinds 2004	trendverandering in 2004
0.581	55.62	0.824	eerst lichte erosie, dan sterke zeebodemaangroei sinds 2004	trendverandering in 2004
0.423	51.62	0.856	eerst lichte erosie, dan sterke zeebodemaangroei sinds 2004	trendverandering in 2004
0.356	49.39	0.821	eerst lichte erosie, dan sterke zeebodemaangroei sinds 2004	trendverandering in 2004
0.443	58.70	0.711	eerst lichte erosie, dan sterke aangroei sinds 2004	trendverandering in 2004
0.571	100.50	0.668	eerst lichte erosie, dan sterke aangroei sinds 2004	trendverandering in 2004
0.859	115.66	0.693	eerst lichte erosie, dan sterke aangroei sinds 2004	trendverandering in 2004
0.860	53.81	0.541	eerst stabiel, dan sterke aangroei sinds 2004	trendverandering in 2004
0.942	-605.93	0.889	eerst stabiel, dan grote afname sinds 2007 (havenwerken)	invloed van havenwerken sinds 2007
0.891	-39.06	0.338	vooroeveraangroei en zeebodemosie sinds 2004	invloed van werken in Oostende
0.659	-30.00	0.364	vooroeveraangroei en zeebodemosie sinds 2004	invloed van werken in Oostende
0.914	-12.48	0.202	vooroeveraangroei en zeebodemosie sinds 2004	invloed van werken in Oostende
0.004	-4.92	0.119	vooroever stabiel, zeebodem kent lichte afslag	sinds eerst beschikbare koppeling
0.050	-3.28	0.057	vooroever stabiel, zeebodem kent lichte afslag	sinds eerst beschikbare koppeling
0.022	41.46	0.756	vooroever stabiel, zeebodem groeit sterk aan sinds 2004	trendverandering in 2004
0.370	26.73	0.527	vooroever stabiel, zeebodem groeit sterk aan sinds 2004	trendverandering in 2004
0.464	30.92	0.720	vooroever stabiel, zeebodem groeit sterk aan sinds 2004	trendverandering in 2004
0.423	28.46	0.699	vooroever stabiel, zeebodem groeit sterk aan sinds 2004	trendverandering in 2004
0.578	26.14	0.784	vooroever stabiel, zeebodem groeit sterk aan sinds 2004	trendverandering in 2004
0.465	14.82	0.534	vooroever stabiel, zeebodem groeit sterk aan sinds 2004	trendverandering in 2004
0.815	8.61	0.375	vooroever stabiel, zeebodem groeit aan sinds 2004	trendverandering in 2004
0.900	6.89	0.437	vooroever stabiel, zeebodem groeit aan sinds 2004	trendverandering in 2004
0.429	7.43	0.103	eerst geleidelijke erosie, dan lichte aangroei	trendverandering in 2003
0.582	10.45	0.357	eerst geleidelijke erosie, dan lichte aangroei	trendverandering in 2003
0.432	7.97	0.273	eerst geleidelijke erosie, dan lichte aangroei	trendverandering in 2003
0.552	7.84	0.292	eerst geleidelijke erosie, dan lichte aangroei	trendverandering in 2003
0.112	6.49	0.255	eerst geleidelijke erosie, dan lichte aangroei	trendverandering in 2003
0.332	7.45	0.266	vooroever na voedingsberm weer erosief, zeebodem groeit aan	trendverandering in 2003
0.650	10.30	0.488	vooroever na voedingsberm weer erosief, zeebodem groeit aan	trendverandering in 2003
0.696	13.06	0.485	vooroever na voedingsberm weer erosief, zeebodem groeit aan	trendverandering in 2003
0.502	16.87	0.770	vooroever na voedingsberm weer erosief, zeebodem groeit aan	trendverandering in 2003
0.286	13.78	0.407	vooroever na voedingsberm weer erosief, zeebodem groeit aan	trendverandering in 2003
0.213	6.26	0.048	vooroever na voedingsberm weer erosief, zeebodem groeit aan	trendverandering in 2003
0.285	9.07	0.271	vooroever na voedingsberm licht erosief, zeebodem groeit aan	trendverandering in 2003
0.346	10.40	0.288	vooroever en zeebodem lichte aangroei na effect voedingsberm	trendverandering in 2003
0.194	4.63	0.133	vooroever en zeebodem lichte aangroei na effect voedingsberm	trendverandering in 2003
0.153	8.12	0.406	vooroever en zeebodem lichte aangroei na effect voedingsberm	trendverandering in 2003
0.011	11.03	0.634	vooroever en zeebodem lichte aangroei na effect voedingsberm	trendverandering in 2003
0.525	-2.45	0.080	lichte afslag na toename ingevolge aanleg voedingsberm	sinds aanleg voedingsberm
0.465	-2.38	0.113	lichte afslag na toename ingevolge aanleg voedingsberm	sinds aanleg voedingsberm
0.096	-4.79	0.312	lichte afslag na toename ingevolge aanleg voedingsberm	sinds aanleg voedingsberm
0.132	-8.46	0.486	lichte afslag na toename ingevolge aanleg voedingsberm	sinds aanleg voedingsberm
0.092	-10.90	0.540	lichte afslag na toename ingevolge aanleg voedingsberm	sinds aanleg voedingsberm
0.003	-14.08	0.527	lichte afslag na toename ingevolge aanleg voedingsberm	sinds aanleg voedingsberm
0.175	-11.38	0.518	lichte afslag na toename ingevolge aanleg voedingsberm	sinds aanleg voedingsberm
0.394	-2.00	0.027	lichte afslag na toename ingevolge aanleg voedingsberm	sinds aanleg voedingsberm
0.572	0.16	0.000	na voedingsberm lichte afslag op vooroever, zeebodem stabiel	sinds aanleg voedingsberm
0.677	3.53	0.161	na voedingsberm lichte afslag op vooroever, zeebodem stabiel	sinds aanleg voedingsberm
0.753	3.83	0.155	na voedingsberm lichte afslag op vooroever, zeebodem stabiel	sinds aanleg voedingsberm
0.249	14.49	0.887	na effect voedingsberm vrij stabiel	trendverandering in 2003
0.418	12.79	0.878	na effect voedingsberm vrij stabiel	trendverandering in 2003
0.250	11.43	0.943	na effect voedingsberm vrij stabiel	trendverandering in 2003
0.038	6.59	0.737	na effect voedingsberm vrij stabiel	trendverandering in 2003
0.090	4.74	0.263	na effect voedingsberm vrij stabiel	trendverandering in 2003
0.132	-0.80	0.007	na effect voedingsberm vrij stabiel	trendverandering in 2003
0.004	-1.85	0.064	na effect voedingsberm vrij stabiel	trendverandering in 2003
0.110	-5.10	0.498	na effect voedingsberm vrij stabiel	trendverandering in 2003
0.770	4.06	0.392	na voedingsberm lichte afslag op vooroever, zeebodem stabiel	sinds aanleg voedingsberm

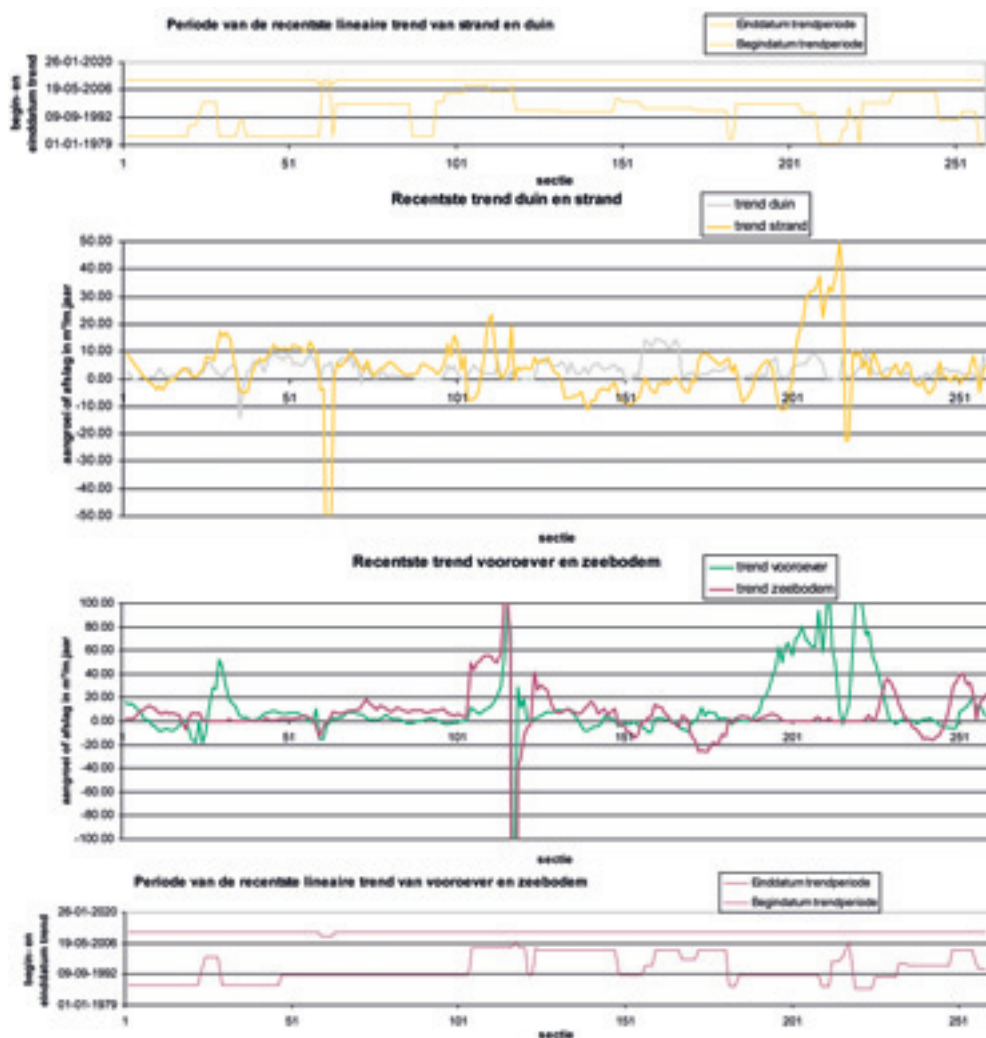
Sectie	Kustlengte	Van	Tot	Aantal	Trend	
	[m]			pten	[m ² /m/j]	
169	230	18-04-1999	24-05-2011	9	-6.96	
170	205	18-04-1999	24-05-2011	9	-8.70	
171	137	18-04-1999	24-05-2011	10	-1.51	
172	242	18-04-1999	24-05-2011	10	-0.13	
173	230	14-04-2003	24-05-2011	7	4.77	
174	170	14-04-2003	24-05-2011	7	11.10	
175	223	14-04-2003	24-05-2011	7	4.16	
176	227	14-04-2003	24-05-2011	6	7.80	
177	256	14-04-2003	24-05-2011	6	7.26	
178	229	14-04-2003	24-05-2011	6	7.28	
179	261	14-04-2003	24-05-2011	6	2.18	
180	264	14-04-2003	24-05-2011	6	2.22	
181	207	14-04-2003	24-05-2011	6	2.75	
182	245	20-10-1987	24-05-2011	32	-0.12	
183	185	20-05-1987	24-05-2011	33	-2.23	
184	207	20-05-1987	24-05-2011	32	2.96	
185	202	02-05-1992	24-05-2011	22	0.88	
186	230	02-05-1992	24-05-2011	23	0.36	
187	230	02-05-1992	24-05-2011	23	0.39	
188	229	02-05-1992	24-05-2011	23	0.28	
189	205	02-05-1992	24-05-2011	23	0.14	
190	185	02-05-1992	24-05-2011	23	5.11	
191	214	02-05-1992	24-05-2011	23	7.83	
192	197	02-05-1992	24-05-2011	23	17.72	
193	203	02-05-1992	24-05-2011	23	20.88	
194	180	02-05-1992	24-05-2011	23	26.13	
195	199	02-05-1992	24-05-2011	23	35.81	
196	239	02-05-1992	24-05-2011	23	46.01	
197	184	02-05-1992	24-05-2011	23	62.39	
198	228	02-05-1992	24-05-2011	23	49.76	
199	151	02-05-1992	24-05-2011	23	63.30	
200	132	02-05-1992	24-05-2011	23	66.00	
201	131	02-05-1992	24-05-2011	22	55.46	
202	130	02-05-1992	24-05-2011	22	70.02	
203	122	02-05-1992	24-05-2011	22	72.64	
204	143	02-05-1992	24-05-2011	22	80.91	
205	129	02-05-1992	24-05-2011	22	69.09	
206	115	02-05-1992	24-05-2011	22	66.33	
207	127	02-05-1992	24-05-2011	22	63.01	
208	128	02-05-1992	24-05-2011	22	64.08	
209	114	02-05-1992	24-05-2011	22	93.58	
210	100	20-05-1987	24-05-2011	32	58.33	
211	145	20-05-1987	24-05-2011	32	89.78	
212	102	20-05-1987	24-05-2011	32	117.20	
213	156	04-04-1998	24-05-2011	11	61.53	
214	130	04-04-1998	24-05-2011	11	48.32	
215	173	04-04-1998	24-05-2011	11	9.98	
216	131	07-04-2000	24-05-2011	7	-2.56	
218	164	10-05-2007	24-05-2011	5	14.24	
219	184	05-10-1996	24-05-2011	13	52.38	
220	174	20-05-1986	24-05-2011	34	110.57	
221	268	20-05-1986	24-05-2011	34	104.44	
222	271	20-05-1986	24-05-2011	34	96.85	
223	283	20-05-1986	24-05-2011	34	73.71	
224	419	20-05-1986	24-05-2011	34	75.71	
225	469	20-05-1986	24-05-2011	34	54.13	
226	231	27-05-1991	24-05-2011	24	48.16	
227	235	27-05-1991	24-05-2011	23	37.44	
228	258	27-05-1991	24-05-2011	23	26.12	
229	212	27-05-1991	24-05-2011	23	11.13	

r2	Trend	r2	Beschrijving trend	Motivatatie keuze trendberekening
	[m²/m/j]			
0.609	3.42	0.298	na voedingsberm lichte afslag op vooroever, zeebodem stabiel	sinds aanleg voedingsberm
0.747	0.20	0.001	na voedingsberm lichte afslag op vooroever, zeebodem stabiel	sinds aanleg voedingsberm
0.065	-12.52	0.632	sterke variaties, voor en na voedingsberm erosieve trend	sinds aanleg voedingsberm
0.001	-17.18	0.639	sterke variaties, voor en na voedingsberm erosieve trend	sinds aanleg voedingsberm
0.258	-25.40	0.810	sterke variaties, meestal erosie, maar vooroever groeit na 2003	trendverandering in 2003
0.831	-25.10	0.827	sterke variaties, meestal erosie, maar vooroever groeit na 2003	trendverandering in 2003
0.568	-25.54	0.808	sterke variaties, meestal erosie, maar vooroever groeit na 2003	trendverandering in 2003
0.637	-25.72	0.712	sterke variaties, meestal erosie, maar vooroever groeit na 2003	trendverandering in 2003
0.792	-18.68	0.544	sterke variaties, meestal erosie, maar vooroever groeit na 2003	trendverandering in 2003
0.637	-18.56	0.563	sterke variaties, meestal erosie, maar vooroever groeit na 2003	trendverandering in 2003
0.141	-20.45	0.598	sterke variaties, meestal erosie, maar vooroever groeit na 2003	trendverandering in 2003
0.186	-11.38	0.457	sterke variaties, meestal erosie, maar vooroever groeit na 2003	trendverandering in 2003
0.098	-12.81	0.228	sterke variaties, meestal erosie, maar vooroever groeit na 2003	trendverandering in 2003
0.000	1.34	0.010	sterke variaties, op lange termijn vrij stabiel	sinds eerst beschikbare koppeling
0.097	0.63	0.002	sterke variaties, op lange termijn vrij stabiel	sinds eerst beschikbare koppeling
0.044	-1.27	0.003	sterke variaties, op lange termijn vrij stabiel	sinds eerst beschikbare koppeling
0.018	3.40	0.033	sterke variaties, op lange termijn vrij stabiel	sinds 1992
0.005	4.80	0.204	sterke variaties, op lange termijn vrij stabiel	sinds 1992
0.007	3.49	0.199	sterke variaties, op lange termijn vrij stabiel	sinds 1992
0.002	3.70	0.201	sterke variaties, op lange termijn vrij stabiel	sinds 1992
0.000	-0.16	0.001	sterke variaties, op lange termijn vrij stabiel	sinds 1992
0.365	0.77	0.009	sterke variaties, op lange termijn vrij stabiel	sinds 1992
0.615	1.65	0.116	sterke variaties, vooroever groeit sinds 1992 sterk aan	sinds 1992
0.872	3.72	0.358	sterke variaties, vooroever groeit sinds 1992 sterk aan	sinds 1992
0.893	3.81	0.404	sterke variaties, vooroever groeit sinds 1992 sterk aan	sinds 1992
0.900	5.34	0.394	sterke variaties, vooroever groeit sinds 1992 sterk aan	sinds 1992
0.940	6.36	0.577	sterke variaties, vooroever groeit sinds 1992 sterk aan	sinds 1992
0.976	5.11	0.556	sterke variaties, vooroever groeit sinds 1992 sterk aan	sinds 1992
0.982	3.35	0.471	sterke variaties, vooroever groeit sinds 1992 sterk aan	sinds 1992
0.979	1.06	0.330	sterke variaties, vooroever groeit sinds 1992 sterk aan	sinds 1992
0.974	0.38	0.106	sterke variaties, vooroever groeit sinds 1992 sterk aan	sinds 1992
0.970	0.25	0.319	sterke variaties, vooroever groeit sinds 1992 sterk aan	sinds 1992
0.969	0.09	0.466	sterke variaties, vooroever groeit sinds 1992 sterk aan	sinds 1992
0.869	0.14	0.389	sterke variaties, vooroever groeit sinds 1992 sterk aan	sinds 1992
0.964	0.08	0.389	sterke variaties, vooroever groeit sinds 1992 sterk aan	sinds 1992
0.966	-0.03	0.389	sterke variaties, vooroever groeit sinds 1992 sterk aan	sinds 1992
0.970	0.04	0.389	sterke variaties, vooroever groeit sinds 1992 sterk aan	sinds 1992
0.962	0.16	0.389	sterke variaties, vooroever groeit sinds 1992 sterk aan	sinds 1992
0.957	0.38	0.023	sterke variaties, vooroever groeit sinds 1992 sterk aan	sinds 1992
0.944	2.38	0.017	sterke variaties, vooroever groeit sinds 1992 sterk aan	sinds 1992
0.939	3.75	0.017	sterke variaties, vooroever groeit sinds 1992 sterk aan	sinds 1992
0.953	0.11	0.001	lineaire sterke aangroei vooroever sinds 1987	sinds eerst beschikbare koppeling
0.975	1.26	0.152	lineaire sterke aangroei vooroever sinds 1987	sinds eerst beschikbare koppeling
0.981	2.68	0.270	lineaire sterke aangroei vooroever sinds 1987	sinds eerst beschikbare koppeling
0.955	0.06	0.565	sterke aangroei vooroever, minder sterk sinds 1998	trendverandering in 1998
0.956	0.00	0.000	sterke aangroei vooroever, minder sterk sinds 1998	trendverandering in 1998
0.507	0.13	0.101	sterke aangroei vooroever, minder sterk sinds 1998	trendverandering in 1998
0.608	0.00	1.000	lichte erosie sinds 2000	trendverandering in 2000
0.661	0.00	1.000	sterke variaties oiv havendam, lichte aangroei sinds 2007	trendverandering in 2007
0.981	0.00	1.000	gestage aangroei sinds 1996, begin aangroei zandplaat	trendverandering in 1996
0.985	-0.01	0.002	gestage aangroei vooroever sinds 1986	sinds eerst beschikbare koppeling
0.983	0.11	0.672	gestage aangroei vooroever sinds 1986	sinds eerst beschikbare koppeling
0.947	0.23	0.671	gestage aangroei vooroever sinds 1986, laatste jaren afnemend	sinds eerst beschikbare koppeling
0.892	1.41	0.463	gestage aangroei vooroever sinds 1986, laatste jaren afnemend	sinds eerst beschikbare koppeling
0.915	5.24	0.679	gestage aangroei vooroever sinds 1986, laatste jaren afnemend	sinds eerst beschikbare koppeling
0.939	0.31	0.456	gestage aangroei vooroever sinds 1986	sinds eerst beschikbare koppeling
0.919	3.38	0.592	gestage aangroei vooroever sinds 1991	trendverandering in 1991
0.901	13.41	0.659	gestage aangroei vooroever sinds 1991	trendverandering in 1991
0.835	24.02	0.735	gestage aangroei vooroever sinds 1991	trendverandering in 1991
0.758	36.46	0.767	lichte aangroei vooroever sinds 1991	trendverandering in 1991

Sectie	Kustlengte	Van	Tot	Aantal	Trend	
	[m]			pten	[m³/m/j]	
230	235	27-05-1991	24-05-2011	23	0.48	
231	235	27-05-1991	24-05-2011	23	-0.42	
232	235	27-05-1991	24-05-2011	23	-2.71	
233	246	26-04-1997	24-05-2011	13	-0.32	
234	200	26-04-1997	24-05-2011	14	1.33	
235	232	26-04-1997	24-05-2011	14	1.88	
236	280	05-10-1996	24-05-2011	15	1.01	
237	258	05-10-1996	24-05-2011	15	1.23	
238	259	05-10-1996	24-05-2011	15	-1.59	
239	262	05-10-1996	24-05-2011	15	-0.57	
240	259	05-10-1996	24-05-2011	15	1.77	
241	241	05-10-1996	24-05-2011	15	0.73	
242	240	05-10-1996	24-05-2011	15	2.38	
243	251	05-10-1996	24-05-2011	15	0.56	
244	235	05-10-1996	24-05-2011	15	-1.20	
245	243	05-10-1996	24-05-2011	15	-3.80	
246	243	05-10-1996	24-05-2011	15	-4.48	
247	375	05-10-1996	24-05-2011	15	-5.41	
248	372	05-10-1996	24-05-2011	15	-5.72	
249	351	14-04-2003	24-05-2011	7	-6.44	
250	312	14-04-2003	24-05-2011	7	-5.71	
251	200	14-04-2003	24-05-2011	7	8.31	
252	252	14-04-2003	24-05-2011	7	9.97	
253	265	14-04-2003	24-05-2011	7	12.00	
254	261	14-04-2003	24-05-2011	7	16.50	
255	300	14-04-2003	24-05-2011	6	20.37	
256	110	04-04-1998	24-05-2011	11	9.72	
257	199	16-05-1995	24-05-2011	16	14.48	
258	200	16-05-1995	24-05-2011	15	6.68	
259	259	16-05-1995	24-05-2011	15	3.16	

r2	Trend	r2	Beschrijving trend	Motivatatie keuze trendberekening
	[m³/m/j]			
0.020	34.36	0.780	vooroever stabiel; zeebodem groeit aan sinds 1991	trendverandering in 1991
0.013	29.53	0.756	vooroever stabiel; zeebodem groeit aan sinds 1991	trendverandering in 1991
0.487	23.35	0.719	vooroever stabiel; zeebodem groeit aan sinds 1991	trendverandering in 1991
0.017	13.74	0.373	vooroever stabiel; zeebodem groeit aan sinds 1997	trendverandering in 1997
0.175	6.44	0.135	vooroever stabiel; zeebodem groeit aan sinds 1997	trendverandering in 1997
0.252	2.10	0.020	vooroever en zeebodem groeien lichtjes aan sinds 1997	trendverandering in 1997
0.072	0.37	0.001	eerst erosie; vrij stabiel sinds 1996	trendverandering in 1996
0.142	-4.90	0.173	eerst erosie; vrij stabiel sinds 1996	trendverandering in 1996
0.191	-6.31	0.219	eerst sterke erosie; minder intense erosie sinds 1996	trendverandering in 1996
0.027	-10.66	0.395	eerst sterke erosie; minder intense erosie sinds 1996	trendverandering in 1996
0.194	-14.66	0.579	eerst sterke erosie; minder intense erosie sinds 1996	trendverandering in 1996
0.046	-14.59	0.541	eerst sterke erosie; minder intense erosie sinds 1996	trendverandering in 1996
0.309	-15.33	0.457	eerst sterke erosie; minder intense erosie sinds 1996	trendverandering in 1996
0.041	-16.32	0.508	eerst sterke erosie; minder intense erosie sinds 1996	trendverandering in 1996
0.183	-13.32	0.451	eerst sterke erosie; minder intense erosie sinds 1996	trendverandering in 1996
0.659	-11.68	0.377	eerst sterke erosie; minder intense erosie sinds 1996	trendverandering in 1996
0.689	-4.88	0.085	eerst sterke erosie; minder intense erosie sinds 1996	trendverandering in 1996
0.768	1.08	0.004	vooroever slaat licht af; zeebodem sterk en minder intens na 1996	trendverandering in 1996
0.793	11.50	0.373	vooroever slaat licht af; zeebodem sterk en groeit aan na 1996	trendverandering in 1996
0.498	30.52	0.435	vooroever slaat licht af en zeebodem groeit sterk sinds 2003	trendverandering in 2003
0.378	33.57	0.610	vooroever slaat licht af en zeebodem groeit sterk sinds 2003	trendverandering in 2003
0.450	39.20	0.544	vooroever slaat licht af en zeebodem groeit sterk sinds 2003	trendverandering in 2003
0.559	40.91	0.608	vooroever slaat licht af en zeebodem groeit sterk sinds 2003	trendverandering in 2003
0.723	30.92	0.493	vooroever groeit licht aan en zeebodem groeit sterk sinds 2003	trendverandering in 2003
0.903	32.60	0.559	vooroever groeit licht aan en zeebodem groeit sterk sinds 2003	trendverandering in 2003
0.854	22.75	0.530	vooroever en zeebodem groeien sterk sinds 2003	trendverandering in 2003
0.887	2.10	0.875	vooroever groeit sterk aan en zeebodem groeit licht sinds 1998	trendverandering in 1998
0.776	14.86	0.595	vooroever en zeebodem groeien aan sinds 1995	trendverandering in 1995
0.691	19.51	0.706	vooroever groeit licht aan en zeebodem groeit sterk sinds 1995	trendverandering in 1995
0.458	23.86	0.730	vooroever groeit licht aan en zeebodem groeit sterk sinds 1995	trendverandering in 1995

3.9 Korte evaluatie van de waargenomen trends langsheen de Vlaamse kust



De vier figuren tonen gegevens i.v.m. de waargenomen trend tot 2011 per sectie, links is sectie 1 aan de Franse grens en rechts sectie 255 ter hoogte van de Nederlandse grens. Van boven naar onder: periode waarover de trend van strand en duin berekend werd (onderste curve is het begin en bovenste lijn het einde van de periode); trend van strand en duin (grafische voorstelling van tabel op het einde van hoofdstuk 2); trend van vooroever en zeebodem (grafische voorstelling van tabel in hoofdstuk 3.8); periode waarover de trend van vooroever en zeebodem berekend werd (onderste curve is het begin en bovenste lijn het einde van de periode).

De figuur hiernaast geeft een overzicht van de waargenomen trends per sectie langsheen de kust.

Voor de meeste secties is de waargenomen trend dicht bij de nultrend (constante evolutie) gelegen. Hierbij wordt opgemerkt dat ook een kleine trend, als die over vele jaren aanhoudt, overeenkomt met structurele aangroei of afslag. De meest in het oog springende trends karakteriseren vaak een korte periode.

Op p. 146 - 149 vindt men de ligging van de secties langs de Vlaamse kust weer. Ze zijn genummerd van west naar oost. De trend voor duin en strand loopt meestal in dezelfde richting. Een zone waar de evolutie voor duin en strand vrij systematisch in tegengestelde zin verloop, is de zone van de grootschalige zandaanvoerwerken tussen Bredene en Wenduine: het strand slaat (vaak lichtjes) af, terwijl de duinvoet aangroei kent. De evolutie van vooroever en zeebodem is meer onafhankelijk, dit wil zeggen dat vooroever en zeebodem zich eerder als gescheiden component van het kustmorfologisch systeem voordoen. De meest in het oog springende trends voor dit gebied beneden de laagwaterlijn zijn de vooroeveraangroei in Koksijde, de zeebodemaangroei in Oostende, en de vooroeveraangroei ten westen en ten oosten van Zeebrugge. Een meer volledige bespreking van de waargenomen morfologische ontwikkelingen vindt men in het volgende hoofdstuk, waar ook de autonome trends per kuststrook worden achterhaald.

4

Morfologische evolutie van de Vlaamse kust

ingedeeld in morfologisch homogene
kuststroken, vanaf de eerste meetvlucht
tot 2011, rekening houdend met de
aangevoerde zandhoeveelheden

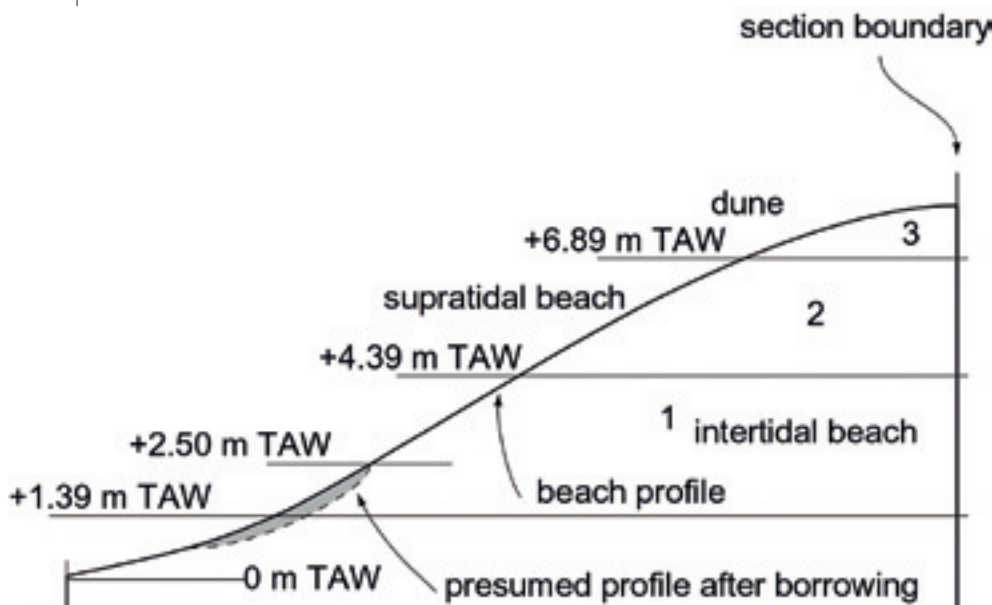
In dit hoofdstuk wordt getracht de **autonome** morfologische evolutie van de kust te achterhalen. In de meeste badplaatsen wordt reeds sinds decennia zand aangevoerd. Elders wordt op beperkte schaal zand gewonnen. De hoeveelheden die aldus werden afgevoerd of aangevoerd, worden zo zorgvuldig mogelijk verdeeld over de kuststroken (groepen van aangrenzende secties) waarin de Vlaamse kust opgedeeld werd. Men vindt deze stroken in afwisselende kleuren aangeduid

in het overzichtskaartje op p.146 - p. 149. Door deze volumes van de waargenomen volumeverschillen af te trekken of bij te tellen, wordt een gecorrigeerde tijdreeks van volumes verkregen. Hierop wordt zoals bij de waargenomen volumes een trend bepaald d.m.v. lineaire regressie. Van deze trend wordt aangenomen dat hij de autonome evolutie van de kust weergeeft, dit is de ontwikkeling die de kust zou doormaken zonder ingrijpen van de mens.

4.1 Algemene opmerkingen

De tabellen "Strook##.xls" werden aangemaakt door de tabellen met tijdreeksen van volumeverschillen voor strand en duinaanzet enerzijds en vooroever en zeebodem anderzijds, beschikbaar per sectie, samen te tellen per kuststrook. Er werden bij het aanmaken van het rapport (zie rapport IMDC 2010) 51 kuststroken gedefinieerd op basis van de gemeenschappelijke trend van de evolutie van volumeverschillen in aangrenzende secties. Meestal komen deze stroken overeen met zones waar zandaanvoerwerken, of net geen aanvoerwerken, gebeuren. De indeling in stroken wordt ook kort gemotiveerd bij de toelichting per strook. Bij de onderhavige uitbreiding van de gegevens tot 2011 en met de volumes van vooroever en zeebodem worden dezelfde stroken aangehouden.

Indien in een onderdeel van een bepaalde kuststrook voor een vlucht of vooroeverloding in het verleden geen opname werd gedaan, en in het ander onderdeel wel, werden de cijfers voor die vlucht of loding weggelaten (zij zouden immers aanleiding geven tot een onvolledige bedekking van de strook en tot foutieve cijfers per meter kustlengte). Volumecijfers in m³ worden afgerond op honderdtallen gezien de beperking op de nauwkeurigheid op de hoogtemeting (dit gebeurt al zo sinds 1977). De volumecijfers zijn beschikbaar per hoogtezone (zeebodem, vooroever, natstrand, droogstrand en duin, zie figuur p.23). Zij worden per hoogtezone bekomen door een van de twee opnametechnieken samengeteld. Zo worden de cijfers verkregen uit lodingen (hieronder systematisch genoemd "zone onder de laagwaterlijn", afgekort tot "onder LW") samengeteld. Op analoge manier worden de cijfers verkregen uit



meetvluchten (verder genoemd "zone boven de laagwaterlijn", afgekort tot "boven LW") samengeteld. Hier wordt met "LW" niets anders bedoeld dan het hoogtevlak van +1,39 m TAW. Op die manier wordt gewerkt met globale volumecijfers voor de hele strook. Dat cijfer wordt op zijn beurt gedeeld door de kustlengte van de beschouwde kuststrook, zodat vergelijkbare cijfers van strook tot strook worden verkregen. De reden waarom volumecijfers van hoogteschijven samengeteld worden, is dat het vaak moeilijk of niet mogelijk is om precies aan te duiden in welke hoogtezona (bv. natstrand, droogstrand) de zandaanvoer plaatsgevonden heeft. In de praktijk gebeurt de aanvoer over verschillende hoogtezones of op de grens van hoogtezones. Ook zouden de tabellen en grafieken op den duur te onoverzichtelijk worden en niet meer goed leesbaar of interpreteerbaar zijn.

Er wordt rekening gehouden met de aangevoerde hoeveelheden zand. Door deze volumes af te trekken van (of, bij zandwinnings- of baggerwerken, bij te tellen bij) de totale cijfers wordt een gecorrigeerde volumereeks verkregen. Wat de badstrandophogingen betreft, deze houden meestal een vergroting in van het droogstrand. Een klein maar moeilijk te schatten deel kan ook een volumeverhoging op het natstrand

en in de duinvoet betekenen. Wat de strandsuppleties betreft, deze veroorzaken een volumetoename in alle hoogtezones van het strand. Er werd zo goed mogelijk nagegaan of de suppletie ook de vooroever aanvulde, en hoeveel.

Voor badstrandophogingen waarbij zand wordt gewonnen op het strand geldt de instructie aan de uitvoerder van de werken dat er zand mag worden gewonnen tot TAW +2,5 m en vandaar zeewaarts tot de waterlijn. Er wordt niet opgelegd dat bij springtij moet worden gewerkt. Er mag per plaats maximaal 40 cm uitgediept worden. In de praktijk zal dan wel het merendeel uit de zone net onder +2,5 m worden gewonnen en dus nog binnen de zone "natstrand". Omdat echter de volumes berekend worden in horizontale schijven en dus begrensd door het hoogtevlak van +1,39 m, nemen we aan dat 50% van het gewonnen zand afkomstig is uit het profiel boven LW en 50% van de bovenste vooroever (zie grijs gekleurde zone in schets).

Voor het jaar 2002 zijn voor de Oostkust geen gegevens bewaard over de badstrandophogingen. Uit de totale hoeveelheden en budgetten, die wel bewaard gebleven zijn, kunnen we met zekerheid afleiden dat er wel degelijk badstrandophogingen hebben plaatsgevonden, en dit aan ongeveer dezelfde hoeveelheden van de havengeul en binnen de haven als de vorige jaren. Daarom wordt een geschat cijfer ingevoerd op basis van de vorige jaren en de totale hoeveelheid voor 2002.

De recente cijfers zijn rechtstreeks beschikbaar van de afdeling Kust. Ook de cijfers voor 2010 en 2011 werden overgemaakt.

Voor de hoeveelheden baggerspecie in de toegangen tot de havengeulen werd contact opgenomen met de afdeling Kust (districtwerking) en met de afdeling Maritieme Toegang. In het verleden werd minder gedetailleerd bijgehouden wanneer er gebaggerd werd en welk gedeelte eventueel voor suppletie op het strand werd aangewend. De

bevoegdheden waren zowel in de tijd als in de ruimte verdeeld over verschillende diensten. Tot 19 mei 2006 vielen alle baggerwerken onder de bevoegdheid van de afdeling Maritieme Toegang. Vanaf dan was er een ruimtelijke verdeling: de toegangsgeulen op zee (met inbegrip van de vooroeverzone, "voorplein") vielen onder Maritieme Toegang en de geulen tussen de havendammen en alle bekkens en dokken onder de afdeling Kust. Sinds 1 januari 2012 valt het baggeren van het volledige gebied (voorplein, geul en dokken) onder de bevoegdheid van de afdeling Kust. De gebaggerde hoeveelheden van de havengeul en binnen de haven worden als volumes bepaald en bijgehouden op basis van voor- en napeilingen. Het baggeren van de toegangsgeulen valt onder afdeling Maritieme Toegang. De gebaggerde volumes worden aan boord van het baggerschip gemeten en omgezet in tonnen droge stof (TDS). Voor de omzetting naar originele hoeveelheid in situ wordt gerekend met een gemiddelde dichtheid van 1,6 t/m³ voor het baggeren. Hieronder wordt strook per strook de bron van de cijfers betreffende zandaanvoer en eventuele afvoer vermeld. Tevens worden de cijfers zelf gegeven, zodat de verwerking in de gecorrigeerde cijferreeks gedocumenteerd is. Indien er aannames dienden te gebeuren omtrent de verdeling over de verschillende deelzones, worden deze telkens volledig vermeld.

Er werd per kuststrook een trend voor het volume berekend, zowel voor de cijferreeks zonder als met correctie voor de aangevoerde hoeveelheden zand, en afzonderlijk voor de hoogteschijf onder en boven LW. De trend is steeds berekend op cijfers per kustlengte, zodat de trendcijfers van strook tot strook vergelijkbaar zijn. De trend werd berekend door lineaire regressie. Indien tijdens de meetperiode een verandering in trend waargenomen wordt, wordt steeds de recentste lineaire trend gerapporteerd, maar in de toelichtende tekst worden ook voorbijetrends vermeld. Indien in een strook geen zandaanvoer plaatsvindt, wordt soms in de gecorrigeerde cijferreeks een trend voor een vorige periode weergegeven, zodat

geen dubbele gegevens worden verstrekt en de ruimte voor de berekeningen in de tabellen nuttig gebruikt wordt. Men kan de periode waarover de regressietrend is berekend aflezen in de tabellen. In de onderstaande tekst per kuststrook wordt de trend, en waar van toepassing, de trendverandering, toegelicht en wordt een aanzet tot interpretatie gegeven. De cijfergegevens en grafieken worden geleverd in bestanden in Excel-formaat, met naam "Strook##.xls", met ## het nummer van de strook. Deze bestanden bevatten onder elkaar drie figuren met grafieken. De bovenste geeft de evolutie van de volumes na correctie voor zandaanvoer (of -afvoer). De middelste geeft de waargenomen volumes en de hoeveelheden aan- of afvoer bij suppleties, badstrandophogingen, afgravingen, enz. De onderste geeft alle grafieken (waargenomen en gecorrigeerd) in één figuur. In alle figuren zijn de trendlijnen weergegeven en wordt de trend in m³ per meter kustlengte en per jaar ook in cijfers weergegeven (helling van de regressielijn).

De periode 2000-2007 bevat voor de meeste kuststroken maar één tussenliggende vooroeveropname, nl. 2003 (in enkele stroken is ook een opname voor 2004 beschikbaar). Zoals gemeld in hoofdstuk 3.6.2 levert de opname van 2003 vrijwel steevast lage volumes voor vooroever en zeebodem op. Indien beschikbaar, liggen de volumes voor 2004 ook laag in de algemene trend. De opnames zijn wel intern consistent. Er zijn geen onafhankelijke opnames beschikbaar om uit te maken of er een systematische afwijking gebeurd zou zijn (wat aannemelijk lijkt) dan wel of deze opname valt binnen de mogelijk morfologische schommelingen van de vooroever. Men dient met deze opmerking rekening te houden bij het lezen van de onderstaande commentaren per kuststrook. Sommige elementen in de bespreking van de morfologie per kuststrook zijn gebaseerd op de individuele grafieken per sectie, en op de grafische weergave in GIS-omgeving van de beschikbare DTM's, hoogtelijnen en hoogteverschilkaarten. De bespreking is dus ruimer dan enkel een commentaar bij grafieken per kuststrook.

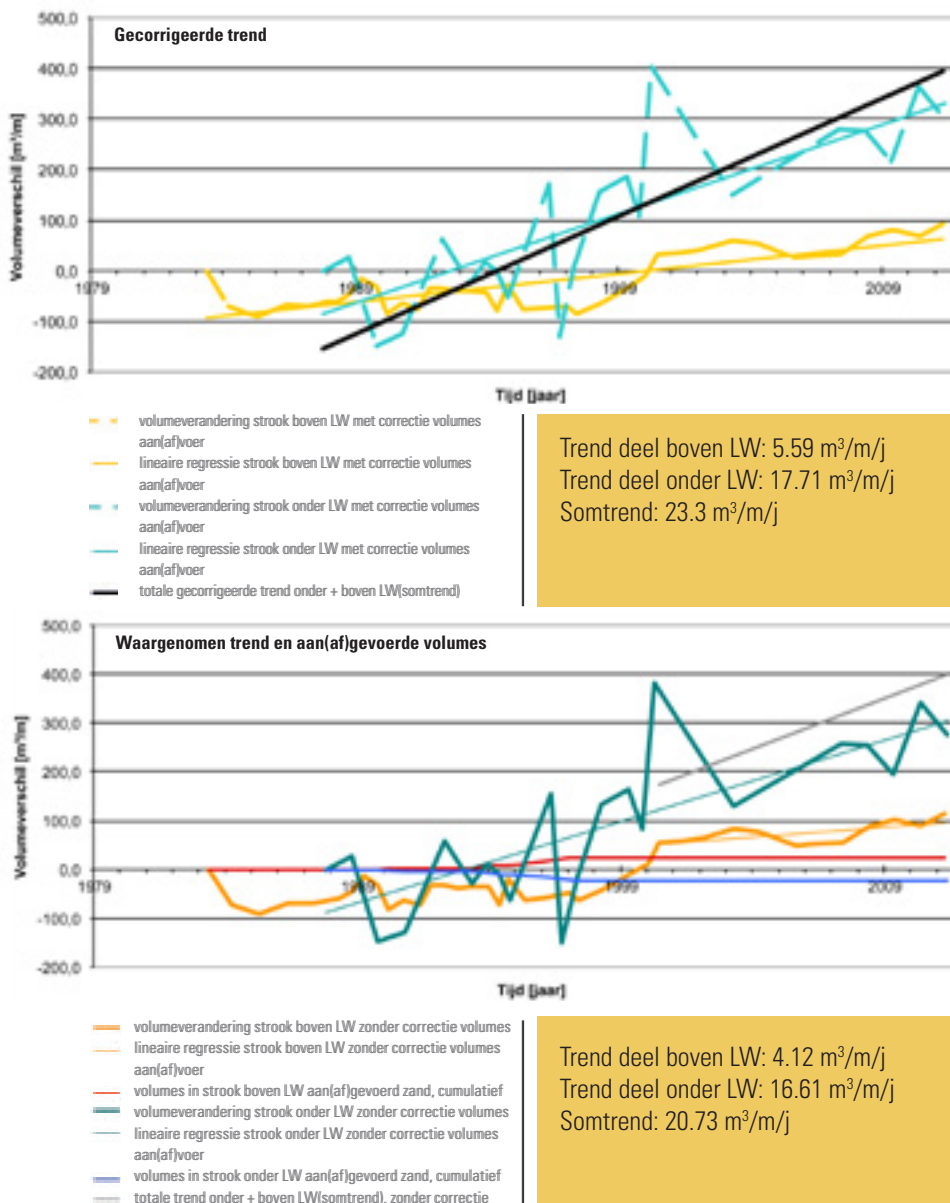
4.2 Strook 1 (secties 2-6) : De Panne, natuurreserveaat Westhoek

Motivering van de strook : deze strook valt samen met het kustdeel "Natuurreserveaat Westhoek". Deze strook kende in het verleden intense duinvoetafslag bij storm. Bunkers uit de Tweede Wereldoorlog, destijds gebouwd aan de duinvoet, bevonden zich in de periode 1970-1975, toen ze werden opgeruimd, 30-40 m van de duinvoet op het strand. Omdat de duinvoet steeds verder werd aangetast, is er een betonnen duinvoetversterking aangelegd in de periode 1976-1979. Bij de zware stormen van 1990 en 1993 liep het water boven op de betonnen glooiing.

Er werd na die stormen van begin 1990, van 14 november 1993, van 26-28 januari 1994, 1-2 januari 1995, 19 februari 1996, 29 augustus 1996 en 29 oktober 1996 telkens bij hoogdringendheid zand aangevoerd van nabij de laagwaterlijn. Er zijn geen volumes bekend. Enigszins arbitrair, maar toch realistisch ingeschat, wordt hier telkens de hoeveelheid in de kuststrook op 8.000 m³ geraamd, zodat het gedeelte invoer in de sectie (boven 1,39 m TAW) op 4.000 m³ geraamd wordt en het gedeelte afvoer uit de vooroever (onder 1,39 m TAW) op -4.000 m³. Men dient er bij de interpretatie van de

gecorrigeerde cijferreeks rekening mee te houden dat de volumes in werkelijkheid wel anders konden geweest zijn.

Samenvatting van de **morfologische evolutie** : het deel boven LW vertoonde een stabiele trend over de periode 1983-1997 (+0,5 m³/m/jaar) en eveneens in de periode 2000-2011 (+4 m³/m/jaar). Tussen 1997 en 2000 kenden het strand en de duinaanzet aangroei (+36 m³/m/j). Deze aangroei is voor zover bekend natuurlijk. De zandopvoerwerken na stormafslag situeren zich vóór 1997. Over de hele observatieperiode bedraagt de groei +6 m³/m/jaar. De aangroei situeert zich voornamelijk in de duinaanzet en is op het terrein goed zichtbaar doordat een jonge zeereep de betonnen duinvoet overstuift. De duinvoetaangroei is enkel mogelijk doordat ook het nat- en droogstrand aangroei kennen. Ook de vooroever en zeebodem kennen aangroei (+18 m³/m/jaar). De jaarlijkse schommelingen zijn intenser dan op het strand.



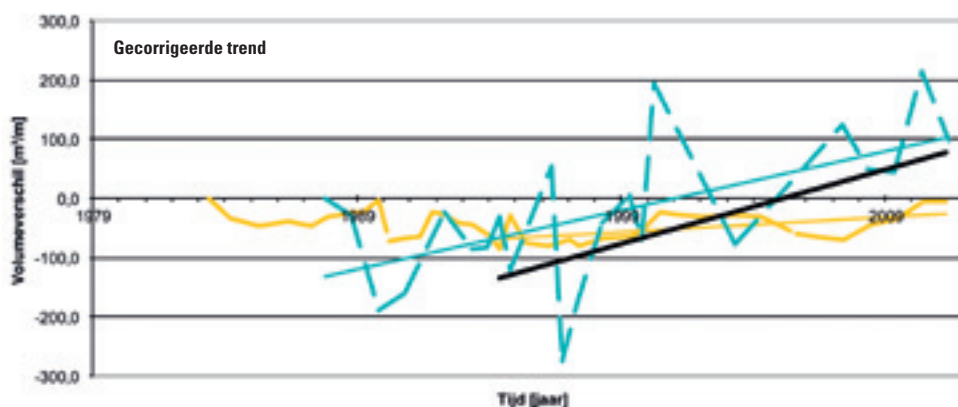
4.3 Strook 2 (secties 7-12) : De Panne, verkaveling Westhoek

Motivering van de strook : deze strook valt samen met het kustdeel "Verkaveling Westhoek". Deze strook kende in het verleden intense duinvoetafslag bij storm. Voor de kustveiligheid werd er een betonnen duinvoet aangelegd in de periode 1976-1979, die nog eens verlengd werd aan de oostkant in 1990, na de zware stormafslag toen.

In de kuststrook werd vrij belangrijke stormafslag opgelopen bij de zware stormen van begin 1990 en bij de stormen in de periode 1993-1994. In

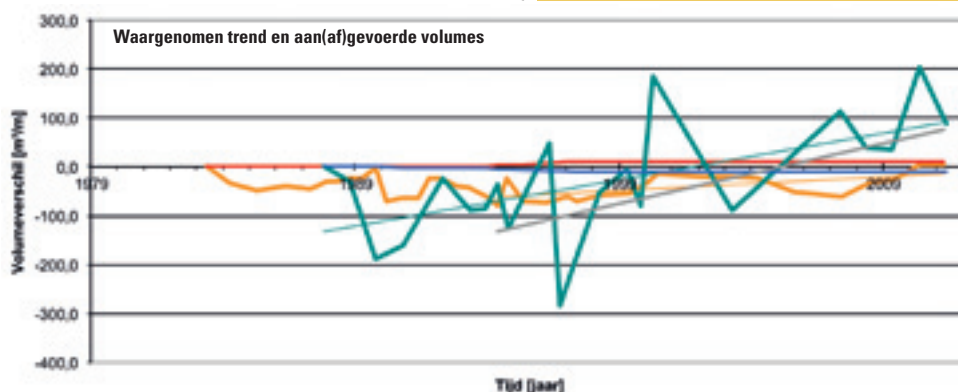
sectie 7 en een deel van sectie 8 werd in 1994 een betonnen muurtje boven de duinvoetversterking opgericht. Hierbij werd ook zand boven de duinvoet aangebracht van bij de laagwaterlijn. Er werd nogmaals zand aangevoerd na de stormen van 1-2 januari 1995, 19 februari 1996, 29 augustus 1996 en 29 oktober 1996. Er zijn geen volumes bekend, maar ze worden hier geraamd op 4.000 m³, wat overeenkomt met een invoer van 2.000 m³ in de sectie boven LW en een uitvoer van 2.000 m³ in de sectie onder LW, per keer.

Morfologische evolutie : het deel boven LW kende een licht dalende trend tot 1994 (-3 m³/m/jaar) en nadien een licht aangroeiende trend (+3 m³/m/jaar). Er is weinig invloed van de zandopvoeringen uit de stormenrijke periode 1990-1996. Het gedeelte onder LW vertoont grote schommelingen in volume. Er is een aangroei-trend van +10 m³/m/jaar. De schommelingen tussen twee opeenvolgende lodingen kunnen groter zijn dan de trend.



- volumeverandering strook boven LW met correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook boven LW met correctie volumes aan(af)voer
- volumeverandering strook onder LW met correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook onder LW met correctie volumes aan(af)voer
- totale gecorrigeerde trend onder + boven LW(somtrend)

Trend deel boven LW: 2.6 m³/m/j
Trend deel onder LW: 9.98 m³/m/j
Somtrend: 12.57 m³/m/j



- volumeverandering strook boven LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook boven LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- volumes in strook boven LW aan(af)gevoerd zand, cumulatief
- volumeverandering strook onder LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook onder LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- volumes in strook onder LW aan(af)gevoerd zand, cumulatief
- totale trend onder + boven LW(somtrend), zonder correctie

Trend deel boven LW: 2.82 m³/m/j
Trend deel onder LW: 9.5 m³/m/j
Somtrend: 12.32 m³/m/j

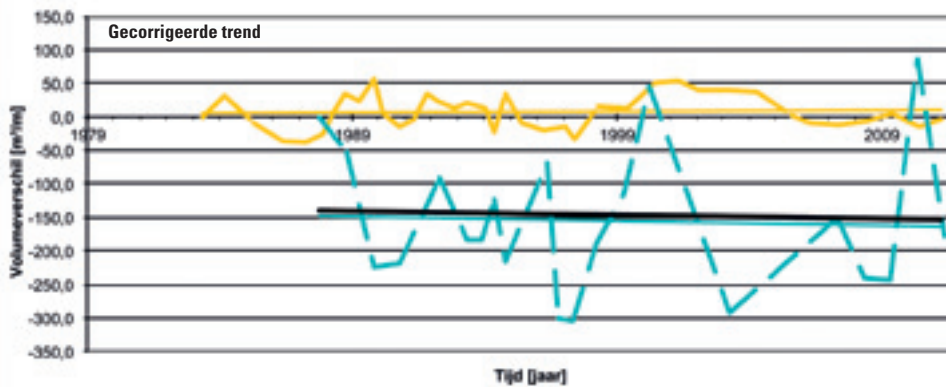
4.4. Strook 3 (secties 13-17) : De Panne-Centrum

Motivering van de strook : deze strook bevat 5 van de 6 secties van het kustdeel "De Panne". De meest oostelijke sectie, 18, kent, net als de nog meer oostelijk gelegen secties 19 tot 21 van het kustdeel "Sint-Idesbald", aangroei en hoort daarom morfologisch bij die secties. De secties 13 tot en met 17 daarentegen kennen een vrijwel constant zandvolume in de tijd, met wel sterke schommelingen van jaar tot jaar. In De Panne vonden tot 2011 geen zandaanvoerwerken plaats. In oktober-november 2011 werd een "kleine

strandsuppletie" uitgevoerd in secties 13-18 die een aanvoer met vrachtwagens van 39.185 m³ zeezand behelsde. Deze ingreep situeert zich na de hier beschouwde trendperiode.

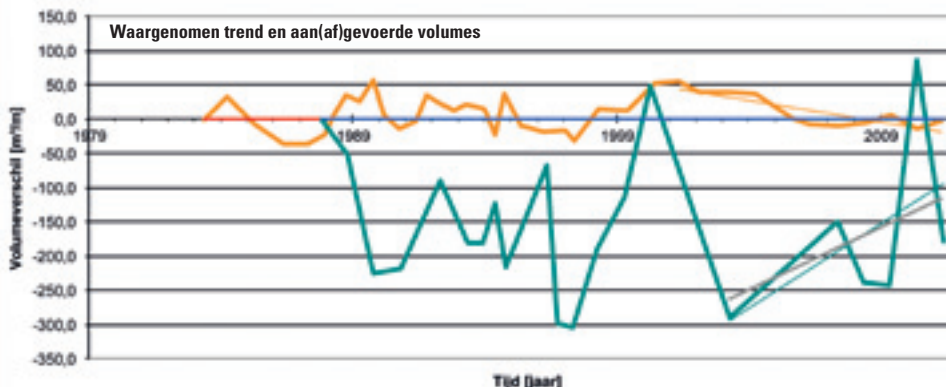
Morfologische evolutie : de waargenomen tijdreeks toont een constante evolutie, zowel voor het deel boven LW (gemiddelde trend is +0,16 m³/m/jaar) als onder (-0,7 m³/m/jaar). Er zijn sterke jaarlijkse schommelingen. Voor het deel boven LW waren de schommelingen

groot in de periode 1983-1998, toen meer stormafslag waargenomen werd dan in het volgende decennium. Er is ook een cycliciteit te merken, met maxima in 1984, 1989 en 2001. Tussen 2001 en 2011 is de strandtrend een lichte afslag, -6 m³/m/jaar. De schommelingen op de vooroever en zeebodem zijn veel groter. Ook hier kan men een cycliciteit bespeuren. De correlaties zijn veel te onzeker om over de cycli morfologisch gefundeerde uitspraken over te doen. Voor de kust ligt hier de getijgeul Het Potje. Er doen zich hier belangrijke veranderingen voor van opname tot opname. Er is echter, ook geografisch bekeken, geen trend in te zien. Het is niet onmogelijk dat een deel van de grote variaties eerder aan de verwerking van de echolodgingen ligt dan aan werkelijke morfologische veranderingen.



- volumeverandering strook boven LW met correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook boven LW met correctie volumes aan(af)voer
- volumeverandering strook onder LW met correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook onder LW met correctie volumes aan(af)voer
- totale gecorrigeerde trend onder + boven LW(somtrend)

Trend deel boven LW: 0,16 m³/m/j
Trend deel onder LW: -0,17 m³/m/j
Somtrend: -0,55 m³/m/j



- volumeverandering strook boven LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook boven LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- volumes in strook boven LW aan(af)gevoerd zand, cumulatief
- volumeverandering strook onder LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook onder LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- volumes in strook onder LW aan(af)gevoerd zand, cumulatief
- totale trend onder + boven LW(somtrend), zonder correctie

Trend deel boven LW: -6,36 m³/m/j
Trend deel onder LW: 24,73 m³/m/j
Somtrend: 18,37 m³/m/j

4.5 Strook 4 (secties 18-21) : De Panne camping Zeepark en duinen ten westen van Sint-Idesbald

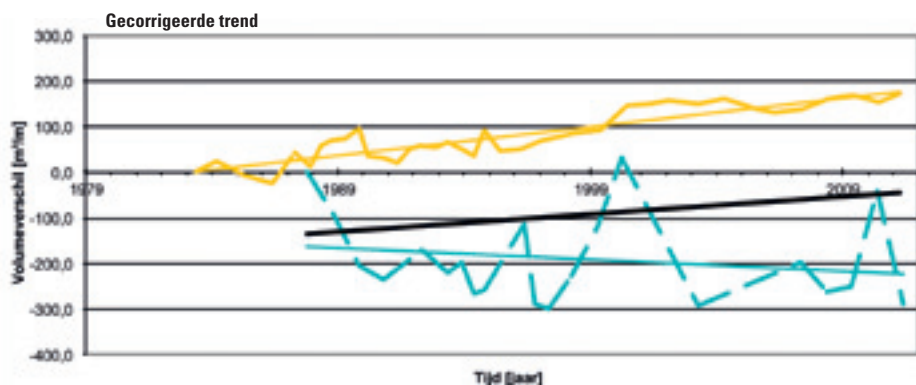
De meest oostelijke sectie, 18, van het kustdeel "De Panne" kent, net als de nog meer oostelijk gelegen secties 19 tot 21 van het kustdeel "Sint-Idesbald", aangroei en deze strook vormt daarom morfologisch een eenheid. Sectie 18 ligt voor de bebouwing van De Panne, aan het oostelijk uiteinde van de wandelboulevard; de rest van deze strook ligt tussen de bebouwing van De Panne en de versterkte zeeduinglooiingsvoet in Sint-Idesbald.

Er is nergens een versterking aan de duinvoet aanwezig. Er werd (tot najaar 2011) geen zand aangevoerd.

Morfologische evolutie : het gedeelte boven LW toont sinds de eerste meting een aangroei-trend met $6,3 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$. De aangroei is natuurlijk. Sinds 2000 is de aangroei echter afgevlakt, en de evolutie over 2000-2011 is nog een kleine aangroei met $1,1 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$. Het gedeelte onder LW is eveneens over de meetperiode vrij constant

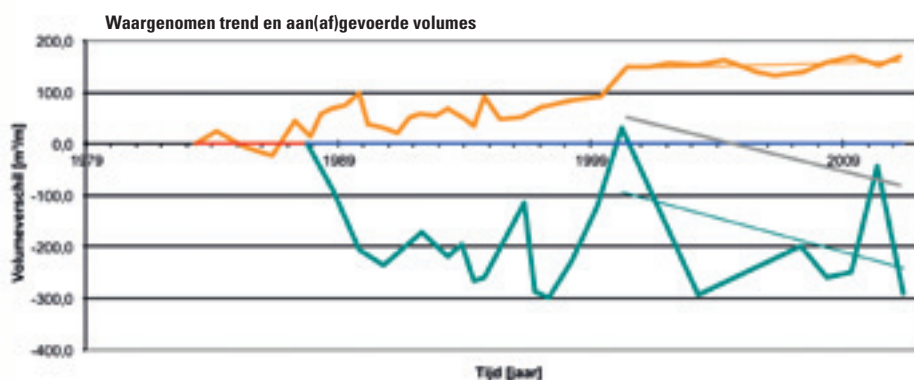
($-2,5 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$). De schommelingen in volume tussen de opeenvolgende opnamen zijn veel belangrijker dan de trend.

Ook hier hebben ze te maken met de dynamiek van de getijgeul Het Potje. Er is echter, ook geografisch bekeken, geen eenduidige trend in te zien. Het westelijk uiteinde van de Broers Bank bevindt zich in deze kuststrook. Dit gebied lijkt systematisch te eroderen. Het is niet onmogelijk dat een deel van de grote variaties eerder aan de verwerking van de echolodgingen ligt dan aan werkelijke morfologische veranderingen.



- volumeverandering strook boven LW met correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook boven LW met correctie volumes aan(af)voer
- volumeverandering strook onder LW met correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook onder LW met correctie volumes aan(af)voer
- totale gecorrigeerde trend onder + boven LW(somtrend)

Trend deel boven LW: $6.34 \text{ m}^3/\text{m}/\text{j}$
 Trend deel onder LW: $-2.47 \text{ m}^3/\text{m}/\text{j}$
 Somtrend: $3.87 \text{ m}^3/\text{m}/\text{j}$



- volumeverandering strook boven LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook boven LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- volumes in strook boven LW aan(af)gevoerd zand, cumulatief
- volumeverandering strook onder LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook onder LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- volumes in strook onder LW aan(af)gevoerd zand, cumulatief
- totale trend onder + boven LW(somtrend), zonder correctie

Trend deel boven LW: $1.1 \text{ m}^3/\text{m}/\text{j}$
 Trend deel onder LW: $-13.2 \text{ m}^3/\text{m}/\text{j}$
 Somtrend: $-12.1 \text{ m}^3/\text{m}/\text{j}$

4.6 Strook 5 (secties 22-25) : Sint-Idesbald

Motivering van de strook : de tijdsevolutie van de volumes in de vier meest oostelijke secties van het kustdeel "Sint-Idesbald" wordt bepaald door de jaarlijkse badstrandophogingen. De meest oostelijke sectie 25 ondervindt ook aangroei ingevolge de uitbouw van krib 10 in de periode 1986-1988 tot een volwaardig, 400 m lang strandhoofd. De volumes aangebracht bij de badstrandophogingen vindt men op p.52

In oktober-november 2011 werd in secties 22-26 een grote strandsuppletie met opspuiting van 139.000 m³ uitgevoerd (dit volume is gebaseerd op metingen in situ). De suppletie komt na de hier beschouwde meetperiode.

Morfologische evolutie : het deel boven LW vertoont een trendverandering in 1994. Voordien was er continue aangroei aan een ritme van 12 m³/m/jaar, maar de hele aangroei werd verklaard door de zandaanvoerwerken; de gecorrigeerde trend over 1983-1994 is +1 m³/m/jaar. Sinds 1994 kent het volume in de sectie nog een kleine aangroei aan 4 m³/m/jaar, maar corrigeert men voor de zandaanvoer, dan is de trend sinds 1994 afslag (-5 m³/m/jaar). Het meeste van het aangevoerde zand is zeezand, afkomstig van buiten de kuststrook.

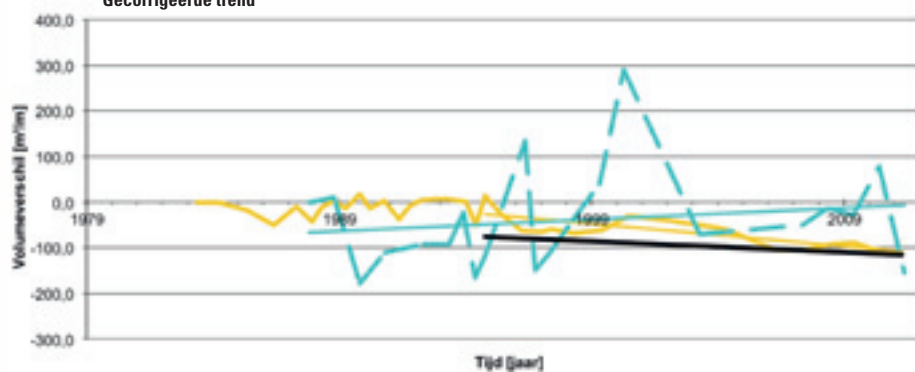
Vooroever en zeebodem vertonen een licht aangroeiende trend (+2,5 m³/m/jaar) die kleiner is dan de afslagtrend van het strand. Ook in deze kuststrook zijn de schommelingen in volume van vooroever en zeebodem van opname tot opname groot. Er is wel een eenduidige geografische trend waar te nemen : het onderwaterstrand vertoont een tendens tot aangroeien, en de dieper in zee gelegen landwaartse flank van de Broers Bank vertoont een tendens tot afslag. De aangroeistrook is geografisch gelinkt aan de verlengde strandhoofden 6 en 10 in Koksijde-Bad. De tendens is dus geïnduceerd door de uitbouw van de strandhoofden in 1986-1988.

	West van sanitair gebouw (sectie 22)		Oost van sanitair gebouw (sectie 23)		Oost Strandlaan (secties 23-25)		Hele strook (secties 22-25)	
Jaar	zeezand (m ³)	strandzand (m ³)	zeezand (m ³)	strandzand (m ³)	zeezand (m ³)	strandzand (m ³)	gedeelte aangebracht boven LW	gedeelte weggenomen onder LW
1983	2500	2300	0	0	0	0	3700	-1200
1984	2000	5100	0	900	0	10900	10500	-8500
1985	5000	2600	0	0	4100	5300	13100	-4000
1986	4000	1400	0	0	3200	2100	9000	-1800
1987	3500	2500	4500	2500	4500	0	15000	-2500
1988	3971	0	304	0	5836	0	10100	0
1989	4000	0	0	0	4750	0	8800	0
1990	8100	0	0	0	6700	0	14800	0
1991	3000	0	1000	0	6500	0	10500	0
1992	3400	0	500	0	6300	0	10200	0
1993	7100	0	1100	0	7300	0	15500	0
1994	6100	0	1200	0	6900	0	14200	0
1995	0	3827	0	1017	0	6423	5600	-5600
1996	3960	0	600	0	2300	0	6900	0
1997	4650	0	400	0	4100	0	9200	0
1998	5000	0	500	0	3900	0	9400	0
1999	5328	0	258	0	3548	0	9100	0
2000	4540	0	530	0	4852	0	9900	0
2001	4837	0	0	0	3655	0	8500	0
2002	3116	0	441	0	4988	0	8500	0
2003	3974	0	409	0	3872	0	8300	0
2004	3922	0	585	0	4900	0	9400	0
2005	4089	0	498	0	4965	0	9600	0
2006	4425	0	0	0	4245	0	8700	0
2007	0	0	0	0	8822	0	8800	0
2008	3494	0	228	0	2970	0	6700	0
2009							7900*	0
2010							8940*	0
2011							9240*	0

Bron : periode 1985-1998 : rapport KUST2004.112, periode 1999-2007 : afdeling Kust, Jan Goderis, sinds 2008 : afdeling Kust, Annelies Geldhof.

*globaal cijfer voor hele zone (aanvoer van zeezand). De badstrandophogingen vinden doorgaans in de periode april-mei plaats.

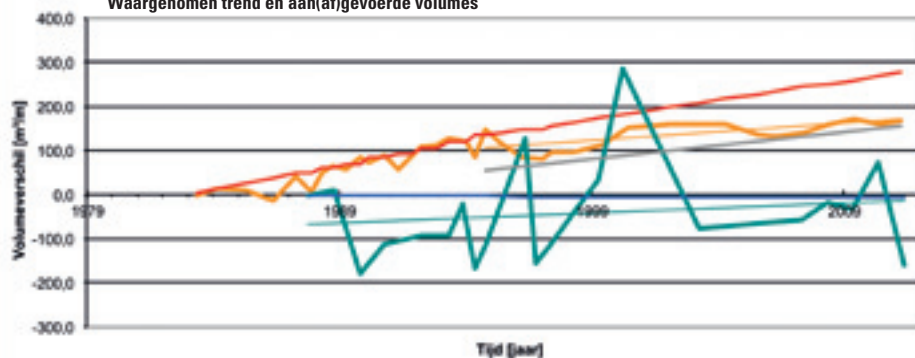
Gecorrigeerde trend



- volumeverandering strook boven LW met correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook boven LW met correctie volumes aan(af)voer
- volumeverandering strook onder LW met correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook onder LW met correctie volumes aan(af)voer
- totale gecorrigeerde trend onder + boven LW(somtrend)

Trend deel boven LW: $-4.9 \text{ m}^3/\text{m}/\text{j}$
 Trend deel onder LW: $2.54 \text{ m}^3/\text{m}/\text{j}$
 Somtrend: $-2.36 \text{ m}^3/\text{m}/\text{j}$

Waargenomen trend en aan(af)gevoerde volumes



- volumeverandering strook boven LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook boven LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- volumes in strook boven LW aan(af)gevoerd zand, cumulatief
- volumeverandering strook onder LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook onder LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- volumes in strook onder LW aan(af)gevoerd zand, cumulatief
- totale trend onder + boven LW(somtrend), zonder correctie

Trend deel boven LW: $3.83 \text{ m}^3/\text{m}/\text{j}$
 Trend deel onder LW: $2.25 \text{ m}^3/\text{m}/\text{j}$
 Somtrend: $6.07 \text{ m}^3/\text{m}/\text{j}$

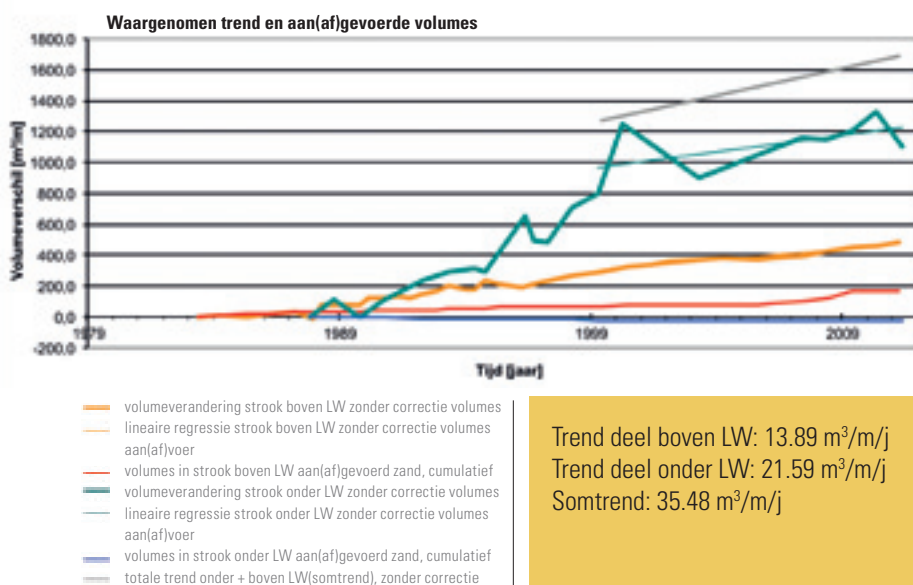
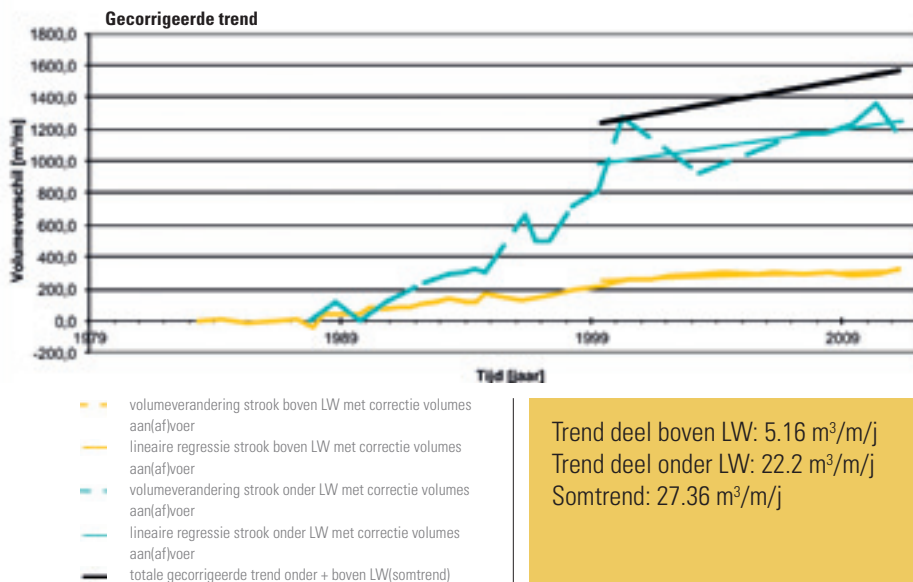
4.7 Strook 6 (secties 26-31) : Koksijde-Bad

Motivering van de strook : de vijf meest westelijke secties van het kustdeel "Koksijde-Bad" gedragen zich wat tijdsevolutie van de volumes betreft gelijkaardig en enigszins verschillend van de rest van het kustdeel Koksijde-Bad. De hoofdreden is de uitbouw van de kribben 6 en 10 in de periode 1986-1988 tot volwaardige, 400 m lange strandhoofden. Er is onmiddellijk en langdurig aangroei van de vooroever en het natstrand opgetreden. Door badstrandophogingen werd ook een droogblijvend strand aangelegd en onderhouden tegen de zeedijk. Wellicht

door de aangroei van het natstrand werd bij de badstrandophogingen geleidelijk overgeschakeld naar winning van zand nabij de laagwaterlijn. Sinds 2006 werd echter opnieuw zeezand aangevoerd (zie tabel op p. 54 links).

Morfologische evolutie : deze kuststrook kent aangroei, een sterkere aangroei voor 1999 en een geringere na 1999. Voor 1999 maakt de zone boven LW aangroei mee met $+19 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$ (gecorrigeerd voor de zandaanvoer, $+15 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$) en de zone onder LW met $+67 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$ (gecorrigeerd

voor het opvoeren van zand rond de laagwaterlijn, $+69 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$). Nadien (1999-2011) bedraagt de groei $+14 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$ (gecorrigeerd $-5 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$) voor het gedeelte boven LW en $+22 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$ voor het gedeelte onder LW. De aangroei wordt (buiten de zandaanvoer uit zee) verklaard door aanwas rond de uitgebouwde strandhoofden 6 en 10. De afname van het aangroeiritmef vanaf 1999 kan verklaard worden door te veronderstellen dat het strand uiteindelijk aangepast is aan de uitbouw van de strandhoofden en zich in een nieuwe evenwichtstoestand bevindt. Ruimtelijk situeert de aangroei van de vooroever zich op het onderwaterstrand ter hoogte van de zeewaartse uiteinden van de strandhoofden 6 en 10, maar ook bovenop de Broers Bank ter hoogte van strandhoofd 6. Deze bank is dus verondiept ingevolge de veranderde stromingen rond het strandhoofd. De westzijde van de Broers Bank heeft echter erosie gekend. Je zou het ook kunnen zien alsof de grotere strandhoofden de getijgeul Het Potje zeewaarts geduwd hebben, en ook wel het stromingsregime op het smalst van de geul (net ter hoogte van de strandhoofden 6 en 10) verminderd hebben, met sedimentatie op de top van de Broers Bank als gevolg.



Jaar	Plaats	zeezand (m³)	strandzand (m³)	gedeelte aangebracht boven LW	gedeelte weg-genomen onder LW
1983	sectie 29-31	1991	1732	2900	-900
1984	sectie 29-31	2000	8400	6200	-4200
1985	sectie 29-31	8400	3600	10200	-1800
1986	sectie 29-31	4100	1500	4900	-800
1987	sectie 29-31	5300	1500	6100	-800
1988	sectie 29-31	0	8731	4400	-4400
1989	sectie 29-31	5000	0	5000	0
1990	sectie 29-31	6700	0	6700	0
1991	sectie 29-31	0	7000	3500	-3500
1992	sectie 29-31	3800	0	3800	0
1993	sectie 29-31	7400	0	7400	0
1994	sectie 29-31	0	10000	5000	-5000
1995	sectie 29-31	4602	0	4600	0
1996	sectie 29-31	0	5150	2600	-2600
1997	sectie 29-31	0	3800	1900	-1900
1998	sectie 29-31	0	4200	2100	-2100
1999	sectie 29-31	0	6373	3200	-3200
2000	sectie 29-31	0	4034	2000	-2000
2001	sectie 29-31	0	2721	1400	-1400
2002	sectie 29-31	0	2552	1300	-1300
2003	sectie 29-31	0	2562	1300	-1300
2004	sectie 29-31	0	2587	1300	-1300
2005	sectie 29-31	0	2469	1200	-1200
2006	sectie 26-31*	5500	0	5500	0
2007	sectie 26-27**	17736	0	17700	0
2008	sectie 26-33	25125	0	25100	0
2009	sectie 26-33	50124	0	50100	0
2010	sectie 29-31	0	0	0	0
2011	sectie 29-31			0	0

*eind 2006 werd een "veiligheidssuppletie" uitgevoerd van 10.600 m³. Het cijfer is bij dat van 2007** geteld. Dit cijfer bevat bovendien een gedeelte van de badstrandophoging van 10.181 m³ dat over de strook van sectie 26 tot en met 33 werd uitgevoerd. De aanvoerwerken voor 2008 en 2009 vallen onder de noemer "kleine strandsuppletie met zeezand". In 2009 werd in twee fasen gewerkt. De volumes werden hier samengeteld.

Bron : periode 1985-1998 : rapport KUST2004.112, periode 1999-2011 : afdeling Kust. De badstrandophogingen hebben doorgaans plaats in april-mei.

Jaar	Plaats	zeezand (m³)	strandzand (m³)	gedeelte aangebracht boven LW	gedeelte weggenomen onder LW
1988	sectie 32-33	5331	2260	6500	-1100
1989	sectie 32-33	0	7200	3600	-3600
1990	sectie 32-33	0	13000	6500	-6500
1991	sectie 32-33	0	8000	4000	-4000
1992	sectie 32-33	0	7800	3900	-3900
1993	sectie 32-33	15600	0	15600	0
1994	sectie 32-33	10400	0	10400	0
1995	sectie 32-33	0	6783	3400	-3400
1996	sectie 32-33	0	0	0	0
1997	sectie 32-33	4800	0	4800	0
1998	sectie 32-33	4700	0	4700	0
1999	sectie 32-33	4722	0	4700	0
2000	sectie 32-33	5461	0	5500	0
2001	sectie 32-33	5170	0	5200	0
2002	sectie 32-33	4677	0	4700	0
2003	sectie 32-33	5923	0	5900	0
2004	sectie 32-33	5964	0	6000	0
2005	sectie 32-33	5032	0	5000	0
2006	sectie 32-33	5543	0	5500	0
2007	sectie 32-33*	1903	0	1900	0
2008	sectie 32-33	4282	0	4300	0
2009	sectie 32-33	5625	0	5600	0
2010	sectie 32-33	4600	0	4600	0
2011	sectie 32-33	5275	0	5300	0

*gedeelte over 300 m kustlengte van de aanvoer in secties 26 tot 33. Bron : tot 1998 rapport KUST 2004.111. 1999-2011 : afdeling Kust. De badstrandophogingen vinden doorgaans plaats in de maanden april-mei.

4.8 Strook 7 (secties 32-34) : Koksijde-Bad, oostzijde van de bebouwing

Motivering van de strook : de drie meest oostelijke secties van het kustdeel "Koksijde-Bad" gedragen zich wat tijdsevolutie van de volumes betreft gelijkaardig en enigszins verschillend van de rest van het kustdeel Koksijde-Bad. Er is geen zeedijk, maar wel een wandelboulevard, weliswaar lokaal met schanskorven versterkt. In het verleden kende Koksijde-Bad, inclusief deze kuststrook, intense erosie. In sectie 34 werden op een gegeven moment (jaren 1970 ?) op 100 m zeewaarts van de wandelboulevard bunkerresten uit

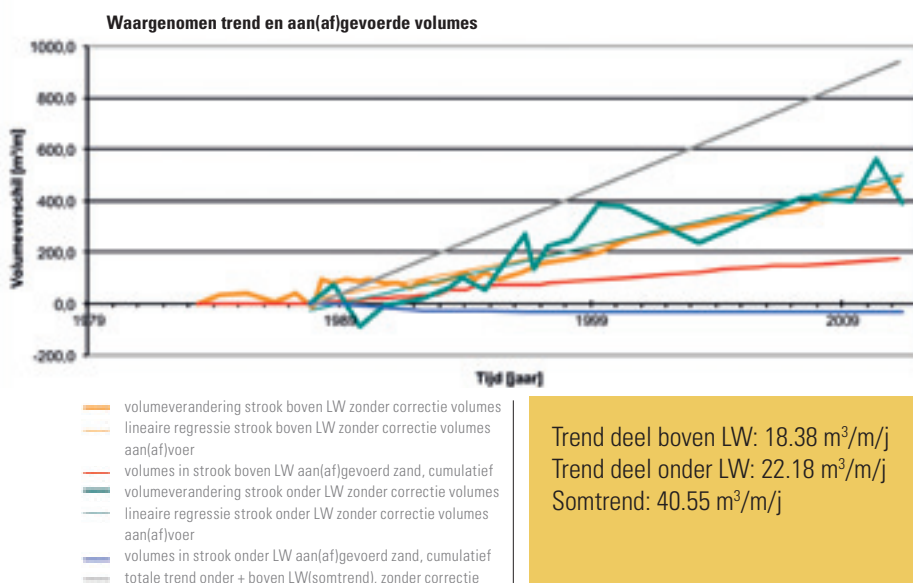
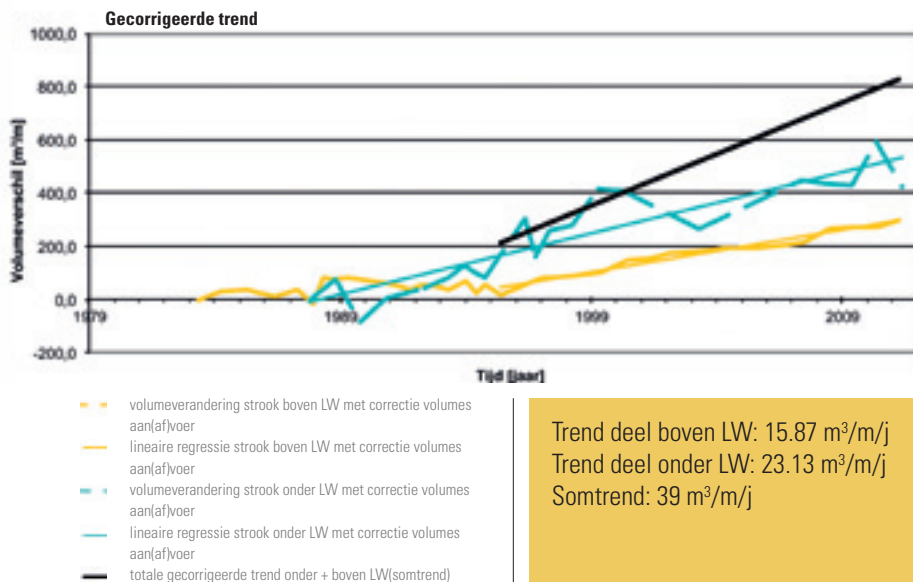
Wereldoorlog 2 opgeruimd.

Na het uitbouwen van de strandhoofden 6 en 10 in 1986-1988 kende ook deze kuststrook een belangrijke aangroei. Toch werden er nog badstrandophogingen uitgevoerd sinds 1988, aanvankelijk door het opvoeren van strandzand, later door het aanvoeren van zeezand : zie tabel p.54

Morfologische evolutie van deze kuststrook : voor het deel boven LW wordt in een eerste deelperiode (1983-1995) lichte aangroei vastgesteld (+9 m³/m/jaar in de gemeten volumereeks en +2 m³/m/

jaar in de gecorrigeerde volumereeks).

In de volgende deelperiode, van 1995 tot 2011, wordt een opmerkelijke groei waargenomen (+22 in de gemeten volumereeks en +16 m³/m/jaar in de gecorrigeerde volumereeks). Wat vooroever en zeebodem betreft is er een lineaire aangroei met +22 m³/m/jaar en, gecorrigeerd voor de opgevoerde volumes, +23 m³/m/jaar. Hier zien we voornamelijk de invloed van de aangroeizone in Koksijde-Bad rond strandhoofden 6 en 10. Ook de top van de Broers Bank kent in deze kuststrook aangroei. De toename blijft lineair in de tijd. Een derde van de gemeten aangroei op het strand wordt echter ook verklaard door de badstrandophogingen.



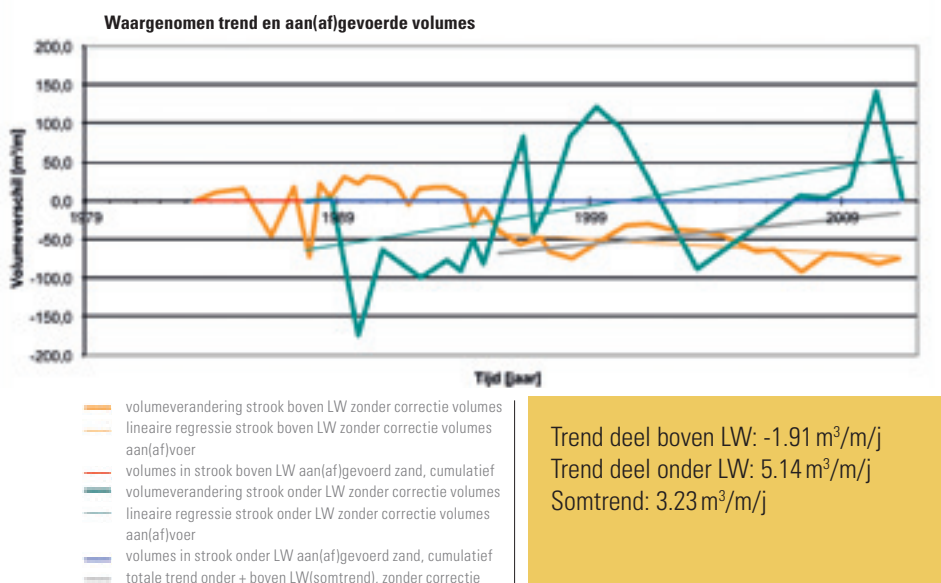
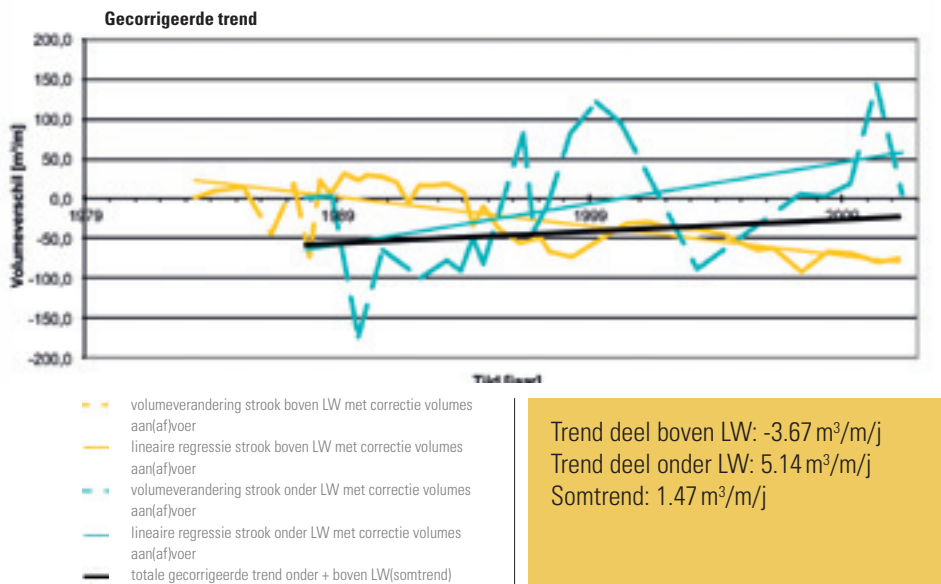
4.9 Strook 8 (secties 35-39) : Koksijde-Oost (Schipgatduinen)

Motivering van de strook : ze valt samen met het kustdeel "Koksijde-Oost". Dit is een duinstrook waar geen badstrandophogingen gebeuren. Er is een duinsuppletie van 1800 m³ gepland voor sectie 39, aan de strandtoegang "Sint-André". Deze heeft op het ogenblik van deze rapportage nog niet plaatsgevonden.

Morfologische evolutie van de kuststrook : het gedeelte boven LW kent geleidelijk afslag. Op initiële afslag van het natstrand volgde afslag van het droogstrand en de zeeduinglooiing.

Maar het deel van de zeereep dat nog binnen de secties valt, groeit eolisch aan, waardoor de duinvolumes resulterend ongeveer onveranderd blijven. De gemiddelde afslag van het deel boven LW is -4 m³/m/jaar sinds 1983. Sinds 1995 is de afslagintensiteit wat afgenomen en bedraagt de gemiddelde afslagtrend -2 m³/m/jaar. De vooroever en zeebodem kennen een geleidelijke, lichte aangroei (+5 m³/m/jaar). De schommelingen in volume van opname tot opname zijn groot.

De vooroever bevat een geleidelijke verderzetting met een lichte helling van het strand onder water, bekend als "Den Oever". Er bevinden zich wel 6 brekerbanken op deze uitgestrekte vooroever. Er is een ruimtelijke trend waar te nemen waarbij de brekerbanken enigszins richting strand verschoven in de tijd, waarbij de vooroever wat uitgehold werd. Deze veranderingen worden nog steeds verbonden met de invloed van strandhoofden 6 en 10 en de veranderingen in de stroomgeul Het Potje, in Koksijde-Bad. Blijkbaar wordt de "kaap" die de kustlijn in deze kuststrook vormt aangetast en wordt een nieuwe toestand gecreëerd waarbij onder- en bovenwaterstrand iets meer landwaarts liggen dan in het begin van de opnamen.



4.10 Strook 9 (secties 40-43) : Oostduinkerke-Bad, westelijk deel

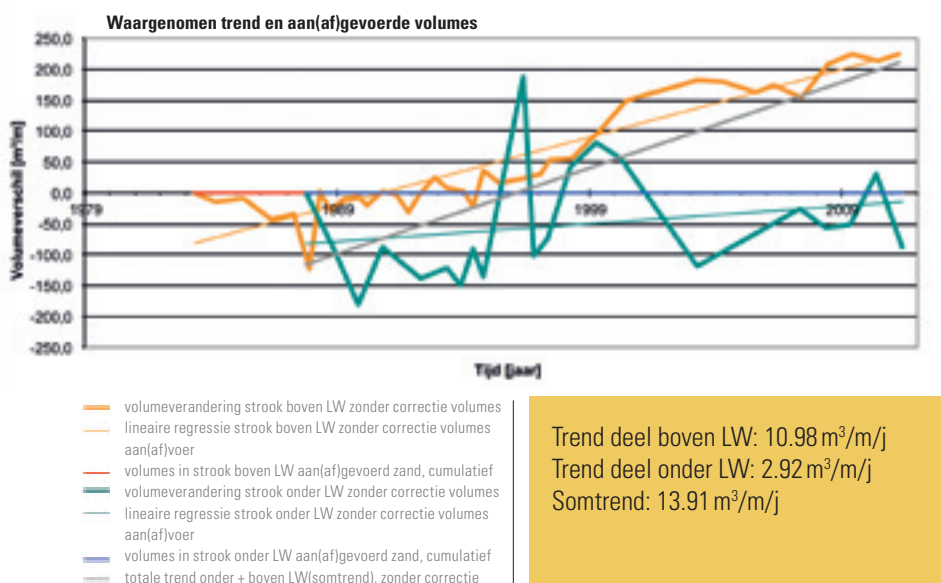
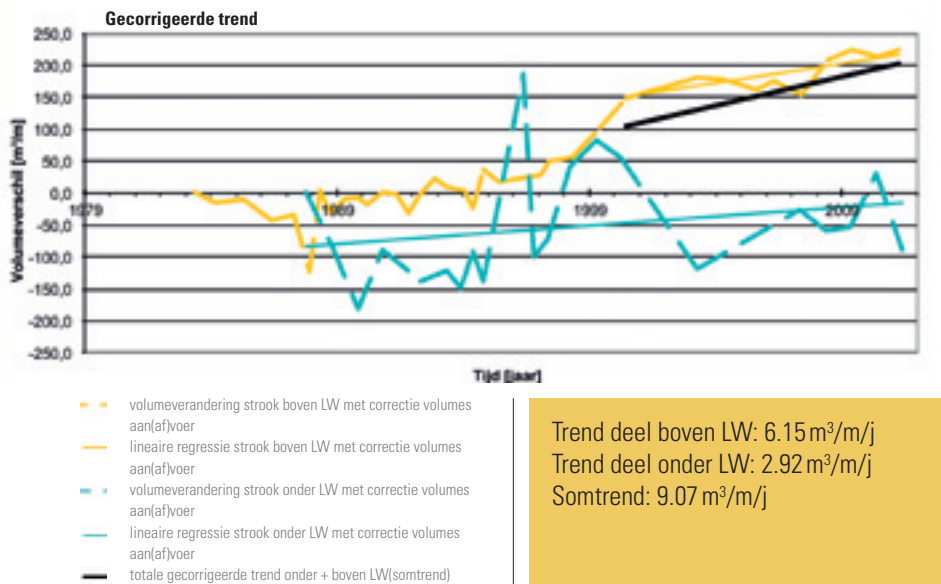
Motivering van de strook : de vier meest westelijke secties van het kustdeel "Oostduinkerke-Bad" kennen een aparte morfologische evolutie.

Dit is een duinstrook, waar geen badstrandophogingen gebeuren. De "zeedijk" in Oostduinkerke is een weg aangelegd in de duinen, zonder zeedijkvlooiing.

Morfologische evolutie van de kuststrook : de kuststrook groeit geleidelijk aan. Het gedeelte boven LW kent sinds

1983 een gemiddelde aangroei met $+11 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$. De periode sinds 1983 kan ingedeeld worden in drie deelperioden: tussen 1983 en 1997, met ongeveer constante zandvolumes; tussen 1997 en 2000, met een belangrijke aangroei ($+33 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$); en tussen 2000 en 2011, met opnieuw een kleinere aangroei ($+6 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$). Vooroever en zeebodem tonen globaal gezien een zeer lichte aangroeitrend ($+3 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$). De volumeschommelingen van jaar tot jaar zijn veel groter dan de trend, zeker op de vooroever. In deze kuststrook

geldt hetzelfde voor de vooroever als wat in Koksijde-Oost werd opgemerkt : de vooroever is de verderzetting onder water van het strand onder een zeer lichte helling. Er bevinden zich een vijftal brekerbanken op deze brede vooroever, die "Den Oever" wordt genoemd. Deze zijn sinds 1987 enigszins richting strand verplaatst waarbij de voet van het onderwaterstrand wat uitgehold werd. Dit blijkt een vrij systematisch proces.



4.11 Strook 10 (secties 44-53) : Oostduinkerke-Bad, oostelijk deel, en Groenendijk-Bad

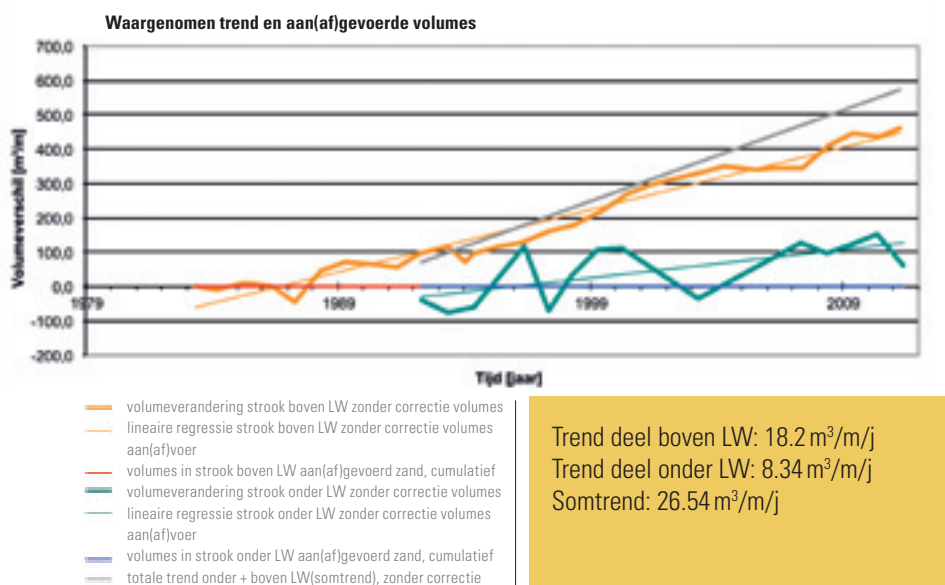
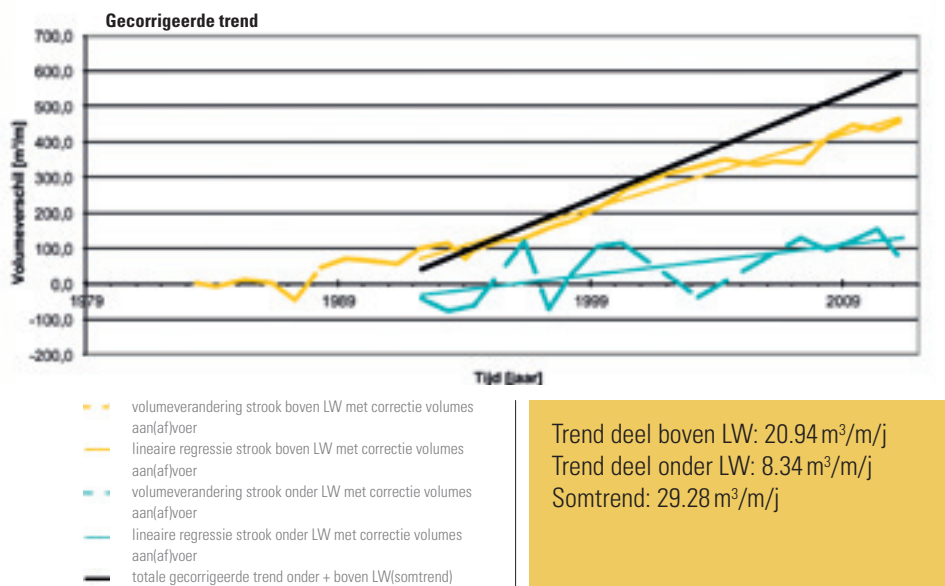
Motivering van de strook : de vier meest oostelijke secties van het kustdeel "Oostduinkerke-Bad" en de zes meest westelijke secties van het kustdeel "Groenendijk-Bad" kennen een homogene morfologische evolutie.

Dit is een duinstrook, waar geen badstrandophogingen gebeuren. De wandelweg te Oostduinkerke is niet aangelegd als een zeedijk, maar is een weg in de duinstrook.

Morfologische evolutie van de kuststrook : de kuststrook groeit sterk

aan, vooral het deel boven LW. Sinds 1983 bedraagt de groeitrend voor dit deel $+18 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$. De aangroei is nog toegenomen sinds 1992 en over de periode 1992-2011 is het trendcijfer $+21 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$. De vooroever groeit eveneens aan, over diezelfde periode met $+8 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$. De volumeschommelingen tussen de opeenvolgende opnamen van de vooroever zijn groter dan de trend. Ruimtelijk gezien treedt ook hier, op dit gedeelte van "Den Oever", een (zeer lichte) versteiling van het profiel onder water op, waarbij de vijf brekerbanken richting kustlijn verschuiven

en de voet van de vooroever uitdiept. In het westelijk deel van deze kuststrook bevindt zich het uiteinde van een zone aan de voet van de vooroever die uitdiept. Nabij de grens met de volgende kuststrook (richting Nieuwpoort-Bad) is er geen erosie meer aan de vooroevervoet. Het deel boven LW is een van de zones aan de Vlaamse kust met de hoogste aangroei cijfers. Ingevolge de aangroei van vooroever, natstrand en droogstrand kan ook de duingordel zeewaarts en verticaal aangroeien. De aangroei lijkt een natuurlijk proces.



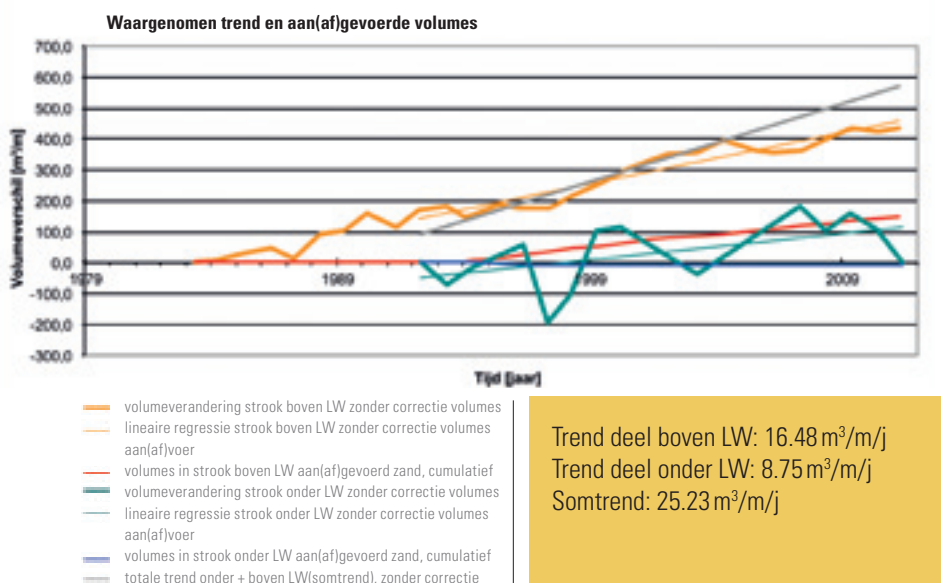
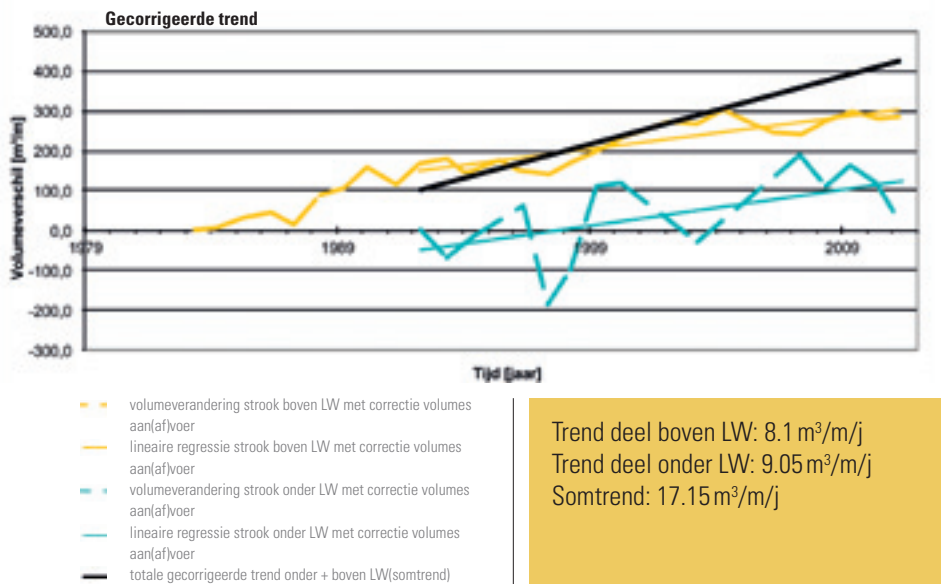
4.12 Strook 11 (secties 54-56) : westelijk gedeelte van de zeedijk in Nieuwpoort-Bad

Motivering van de strook : de meest oostelijke sectie van het kustdeel "Groenendijk-Bad" kent samen met secties 55 en 56 van het kustdeel "Nieuwpoort-Bad" een eigen morfologische evolutie. Er is een zeedijk maar in deze strook zijn geen strandhoofden.

Er gebeuren badstrandophogingen, doorgaans in de maanden april en mei: tabel zie p.60

Morfologische evolutie van de kuststrook : de kuststrook groeit geleidelijk aan. We onderscheiden een sterkere groei tussen 1983 en 1992, gemiddeld met $+19 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$; gevolgd door een periode van kleinere groei tussen 1992 en 2011 (gemiddeld $+16,5 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$, maar gecorrigeerd voor de aangevoerde volumes $+8 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$). Sinds 2000 lopen de grafieken voor het deel boven LW van waargenomen volumes en aangevoerde

volumes parallel. In deze kuststrook is er dus sinds het begin van de jaren 2000 een einde aan de groei gekomen. Het deel onder LW toont een geringe aangroei van $+9 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$. De jaarlijkse schommelingen in volume zijn groot. In 2011 was het volume van de vooroever en zeebodem vrijwel gelijk aan dat bij de eerste opname, van 1992.



Jaar	Plaats	zeezand (m³)	strandzand (m³)	gedeelte aangebracht boven LW	gedeelte weg-genomen onder LW
1994	sectie 56 en 57*	8900	0	3600	0
1995	secties 54-56	0	9840	4900	-4900
1996	secties 54-56	7750	0	7800	0
1997	secties 54-56	7250	0	7300	0
1998	secties 54-56	7200	0	7200	0
1999	secties 54-56	6241	0	6200	0
2000	secties 54-56	5563	0	5600	0
2001	secties 54-56	7132	0	7100	0
2002	secties 54-56	4350	0	4400	0
2003	secties 54-56	5148	0	5100	0
2004	secties 54-56	5091	0	5100	0
2005	secties 54-56	5040	0	5000	0
2006	secties 54-56	4397	0	4400	0
2007	secties 54-56	8377	0	8400	0
2008	secties 54-56	4117	0	4100	0
2009	secties 54-56	5398	0	5400	0
2010	secties 54-56	5025	0	5000	0
2011	secties 54-56	4800	0	4800	0

*het gedeelte voor sectie 56 is berekend op basis van de kustlengte.

Bron : rapport KUST 2004.111 voor 1994-1998; afdeling Kust voor 1999-2011.

4.13 Strook 12 (secties 57-59) : oostelijk gedeelte van de zeedijk in Nieuwpoort-Bad

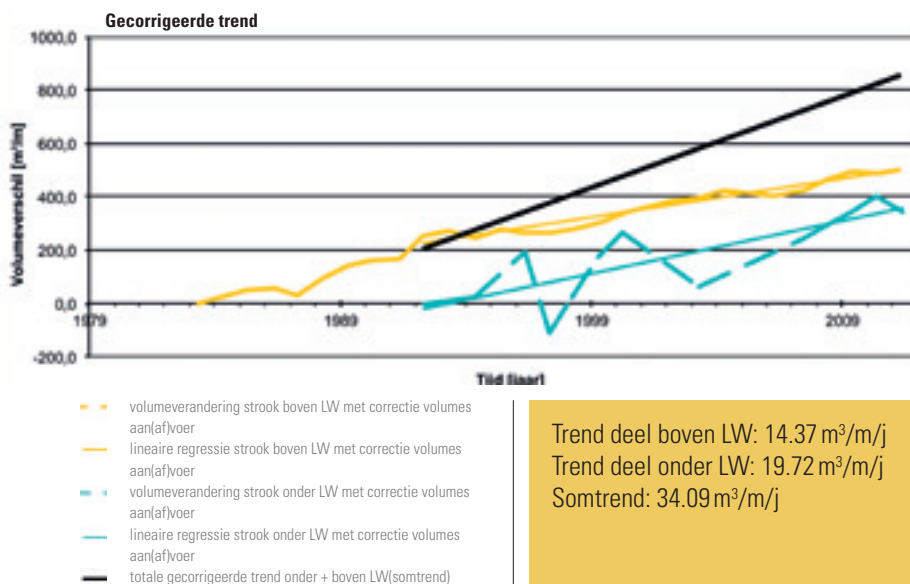
Motivering van de strook : de meest oostelijke secties van het kustdeel "Nieuwpoort-Bad" kennen een eigen morfologische evolutie. Er is een zeedijk en in deze strook zijn strandhoofden aanwezig. Deze werden uitgebouwd tot lange strandhoofden in 1978-1979.

Er gebeuren geen badstrandophogingen. Enkel werd een gedeelte van de ophoging met zeezand van 1994 ook in sectie 57 uitgevoerd. Op basis van de kustlengte wordt deze hoeveelheid op 5300 m³

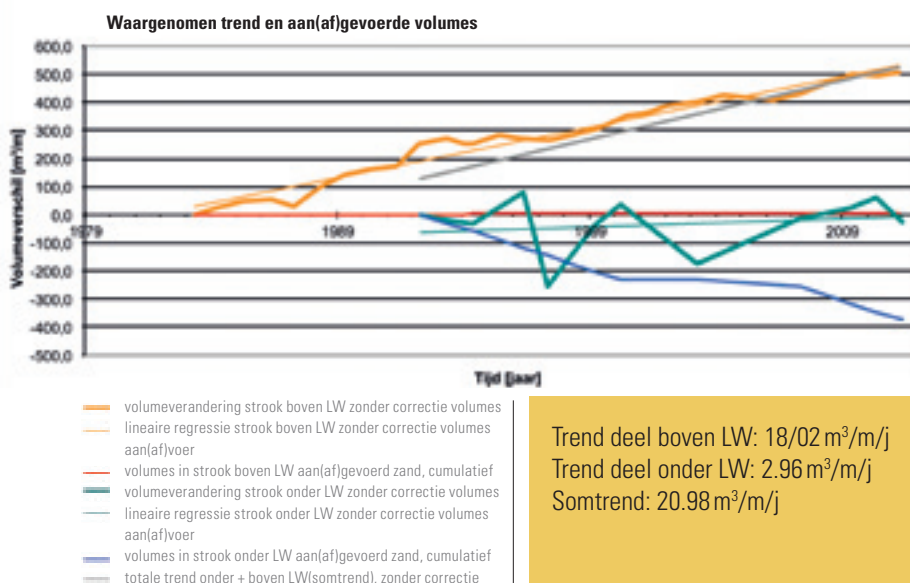
geraamd.

De toegang tot de havengeul en de havengeul zelf (zone tussen de dammen) wordt voortdurend en volgens de noodzaak uitgebaggerd. De specie is overwegend zandig. Indien er slib wordt gebaggerd, wordt dit op een loswal in zee gestort. De zandige specie wordt gestort in een loswal op de vooroever van secties 72-82, ter hoogte van Westende-Bad. De hoeveelheden vindt men bij de volgende kuststrook. De laatste jaren bedroeg de

gemiddelde hoeveelheid gebaggerd in de toegangszone en de havengeul tussen de dammen 36.000 m³ per jaar. Nemen we aan dat 80 % afkomstig is uit het voorplein, dat integraal behoort tot de vooroeverzone van sectie 59, en dat de hoeveelheden sinds 1992 ongeveer constant waren en gelijk gespreid in de tijd, dan kunnen we de volumereeks "corrigeren" voor deze gebaggerde hoeveelheden. Deze correctie is vrij arbitrair. Tussen 2001 en 2004 zou er niets gebaggerd zijn (bron : afdeling Maritieme Toegang).



Morfologische evolutie van de kuststrook : het gedeelte boven LW in deze kuststrook kende belangrijke aangroei tussen 1983 en 1992, gemiddeld met +25 m³/m/jaar; gevolgd door een periode van minder intense, maar toch nog significante aangroei tussen 1992 en 2011 (+14 m³/m/jaar). Het gedeelte onder LW vertoont een zeer lichte, niet-significante aangroei (+3 m³/m/jaar). In 2011 was het volume omzeggens gelijk aan dat bij de eerste vooroeverloding van 1992. Corrigeren we voor de hoeveelheden gebaggerd in de toegangszone tot de havengeul van Nieuwpoort, dan komen we op een "autonome" trend van +20 m³/m/jaar. Deze trend moet wel als een overschatting van de werkelijkheid gezien worden, want mocht er niet gebaggerd worden, dan zou de toegang dichtzanden en nadien in een morfologisch evenwicht treden.



4.14 Strook 13 (secties 60-64) : Nieuwpoort oost IJzermonding en Militair Domein Lombardsijde

Motivering van de strook : het strand ten oosten van de IJzermonding kent structurele erosie. Allerhande maatregelen werden doorgevoerd om hieraan te verhelpen.

In 1981 werd een stelsel van Longardbuizen op het strand aangelegd in secties 62-66. Toen werd ook zand aangebracht tussen de buizen. Er werd zowel strand- als zeezand aangebracht. Het strandzand werd aangebracht tussen de buizen en het grof zeezand ter afdekking van de aanvulling in een halve meter dikke laag (rapport KUST 2004.111). Er werd 20 à 30 m³/m aangevoerd. De meeste Longardbuizen werden weer verwijderd in 1994-1995. De betonnen zeeduinglooiingsvoet in secties 62-64 werd aangebracht in 1992-1995.

In secties 60, 61 en 62 werd vroeger baggerspecie opgespoten afkomstig van het uitbaggeren van de monding van de IJzer. Het meeste werd op de vooroever gespoten, maar ook het strand werd op onregelmatige tijdstippen opgehoogd. De betreffende hoeveelheden vindt men voor de periode 1984-2001 in rapport KUST 2004.111. Het zand afkomstig van de aanloop naar de havengeul en het gedeelte tussen de staketsels werd gedeeltelijk op de vooroever en het strand opgespoten. Er werd jaarlijks gemiddeld 100.000 m³ zand gebaggerd. Hoeveel hiervan op het strand werd gespoten, kan moeilijk nog bepaald worden. We nemen voor onze gecorrigeerde tijdreeks het volgende aan :

1. de hoeveelheid opgespoten op het strand is evenredig met de hoeveelheden die gebaggerd werden;
2. de hoeveelheid die op strand werd aangebracht is ongeveer een tiende tot een twintigste van de gebaggerde hoeveelheden;
3. de opspuitingen hadden plaats op het einde van het pachtseizoen, ca. maart-april;
4. men is gestopt met opspuitingen op het strand in 1999.

Al deze aannames zijn realistisch maar het blijven veronderstellingen. Het detail van de werkelijke verrichtingen is wellicht

niet meer te achterhalen. Volgens deze hypothese komt men dan tot de volgende cijfers aangebracht zand:

Baggerperiode	Baggerhoeveelheid zand in m ³	Raming zand hiervan aangebracht in de kuststrook
1984-1985	90900	5000
1985-1986	90600	5000
1986-1987	94500	5000
1987-1988	90500	5000
1988-1989	81000	5000
1989-1990	47000	2500
1990-1991	28000	2500
1991-1992	148000	7500
1992-1993	81000	5000
1993-1994	154000	10000
1994-1995	119000	7500
1995-1996	179000	10000
1996-1997	221708	12500
1997-1998	29000	2500
1998-1999	85000	5000
1999-2000	0	0
2000-2001	150000	0

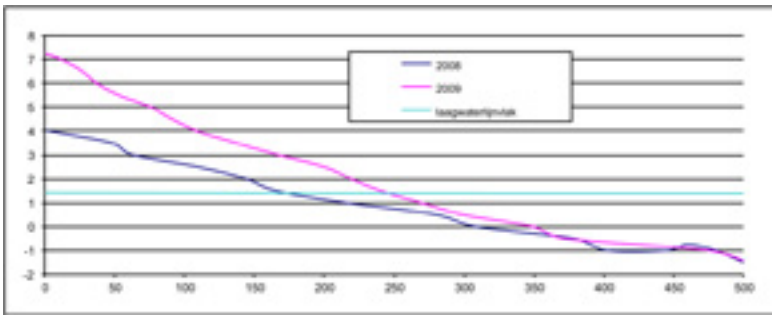
Ook sinds 2001 werd er wellicht geen zand meer op het strand ten oosten van de havengeul opgespoten (informatie van Geert Alderweireldt, afdeling Kust). In de periode 2001-2004 zou er geen onderhoudsbaggerwerk hebben plaatsgevonden (bron : afdeling Maritieme Toegang).

Voor de volledigheid rapporteren we de hoeveelheden gebaggerd in de haven van Nieuwpoort. Binnen de havengeul en de dokken wordt gewerkt met een cutterzuiger en wordt voornamelijk slibrijke specie gebaggerd.

Deze wordt gelost op een loswal "Bruggen en Wegen" in zee. Enkel in de toegang tot de havengeul (op de vooroever van sectie 59) en in het deel van de havengeul tussen de lage dammen wordt zandige specie gebaggerd. Dit wordt weggenomen met een sleepopperzuiger. Het zandige deel wordt gelost op de vooroever ter hoogte van secties 73-76.

	cutterzuiger	sleepopper	sleepopper	sleepopper	
(Kalender)jaar	Totaal m ³ binnenhaven (slib)	Totaal TDS toegang (slib)	Totaal TDS toegang (zand)	Totaal m ³ toegang (zand)	Gedeelte gelost binnen de vooroeverloswal thv secties 73-76
2003	56118		0	0	0
2004	243887		0	0	0
2005	239303		8886	5600	3700
2006	110789	64135	0	0	0
2007	295268	27227	37496	23400	15600
2008	173599	11808	58149	36300	24200
2009	216332	55507	58457	36500	24400
2010	240542	41916	58916	36800	24500
2011	288781	21169	55865	34900	23300
2012*		14644	57978	36200	24200

Bron : Geert Alderweireldt, toezichter baggerwerken, afdeling Kust. *cijfer tot maart 2012. Cijfers in cursief : slaan op baggerpachtaar dat eindigt in het genoemde kalenderjaar, bron afdeling Maritieme Toegang.



Profiel in sectie 62 van de strandsuppletie. Afstand t.o.v. betonnen dijk en hoogte in TAW, in m. In dit profiel is 88,6 % van de suppletie boven en 11,4 % onder het laagwaterlijnvlak aanwezig. Deze verhoudingen stemmen overeen met de profielen in IMDC, 2010 (fig. 6-4 tot 6-7).

In 2006 werd aan de voet van de versterkte zeeduinglooiing 500 m³ zand opgevoerd van nabij de laagwaterlijn. Deze ingreep levert naar schatting een invoer van 300 m³ zand in de sectie op.

In 2008-2009 werd een strandsuppletie met opspuiting van zand uitgevoerd in deze kuststrook. Er werd gewerkt vanaf de IJzermonding oostwaarts. De uitvoering startte op 31 oktober 2008 en was beëindigd op 28 juni 2009 (IMDC,

2010). Het zand was afkomstig van baggerwerken voor de verbreding van de havengeul van Oostende. Er werd gewerkt met tussenpozen, maar het meeste van het zand werd opgespoten in het najaar van 2008 en het voorjaar van 2009. De laserscanningvlucht van 2009 had op 24 mei plaats. De gemiddelde datum van de vooroeverlodingen van 2009 is 12 mei. Volgens tabel 4-3 en figuur 4-2 van IMDC (2010) was dan ongeveer 73 % van het opgespoten volume voor de opname van

2009 aangebracht, en de overige 27 % kort nadien. Het totale aangevoerde volume bedroeg, in beun, 606.349 m³. Uit figuur 5-32 van IMDC (2010) kan men opmaken dat medio augustus 2009 een netto volumetoename in het suppletiegebied van ca. 510.000 m³ werd opgemeten, zodat men van een "rendement" van 510.000 / 606.349 = 84,1 % kan spreken. Uit figuur 5-30 van IMDC (2010) blijkt dat de opspuiting geheel gelokaliseerd is in de strook van secties 60 tot en met 64. Na de beëindiging werd een klein gedeelte uitgespreid met bulldozers tot in sectie 65 (figuur 5-31 van IMDC, 2010). Uit de hoogteverschillen blijkt dat het hooguit om enkele percenten van het totale volume zandtoevoer gaat. In onderhavige trendbepaling wordt ervan uitgegaan dat de aanvoer in zijn totaliteit in de kuststrook 13 plaatsgevonden heeft.

Uit de hoogtelijnkaarten gemaakt met de lodingen en lidaropnames van 2008 en 2009 is af te leiden dat een gedeelte van de suppletie zich uitstreckte beneden het vlak van +1,39 m TAW.

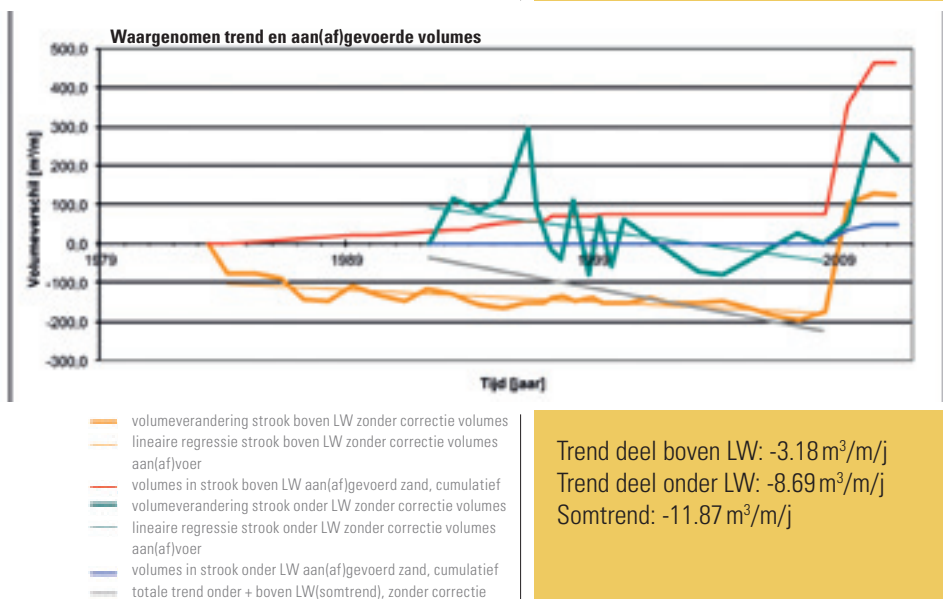
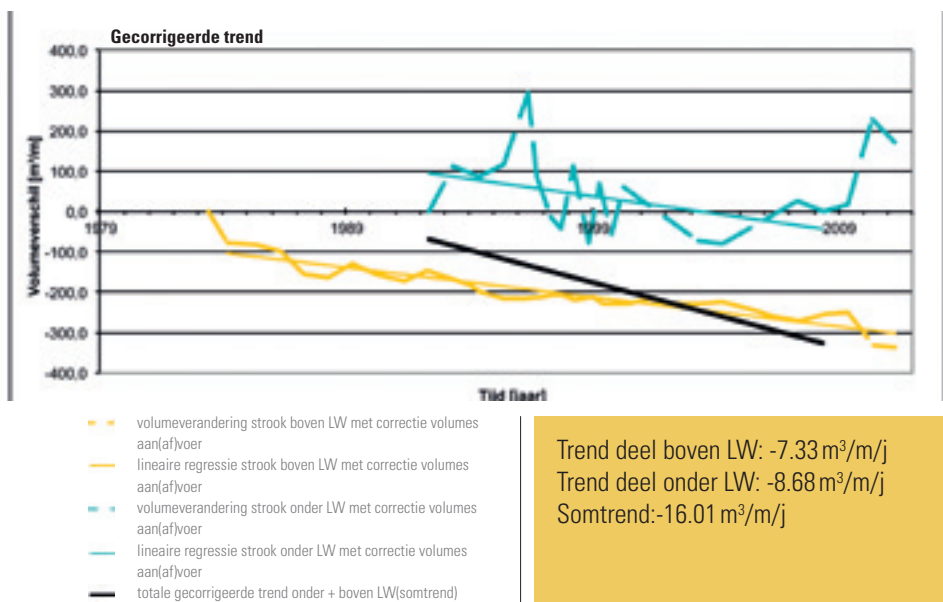
	m ³ in beun	% van totaal	% rendement	m ³ aanvoer in morfologie	m ³ boven LW	m ³ onder LW
Hoeveelheid opgespoten voor opname 2009	439889	72.5	84.1	369900	327800	42200
Hoeveelheid opgespoten na opname 2009	166460	27.5	84.1	140000	124000	16000
Totale hoeveelheid	606349			509900	451800	58200

Morfologische evolutie : rekt men in het deel boven LW de geschatte hoeveelheden toevoer uit de baggerwerken in de havengeul van Nieuwpoort uit de meetreeks, dan toont de periode 1984-2008 een gemiddelde jaarlijkse afslag van $-7 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$. Dit cijfer is onder voorbehoud van een correcte aanname m.b.t. de baggerwerken en het aandeel opgespoten op het strand. In 2008-2009

werd een strandsuppletie uitgevoerd. De eerste metingen na de strandsuppletie geven aan dat de voorheen bestaande erosietrend doorloopt. Rekt men de gesuppleerde volumes uit de cijfers voor het deel boven LW, dan loopt de bestaande afslagtrend door. Het deel onder LW toont een afslagtrend van $-9 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$ over 1992-2008. In de jaren met een voor- en najaarsloding vertoont

het volume van vooroever en zeebodem grote schommelingen. Mogelijk is er een verband met de baggerwerken aan de toegang naar de haven van Nieuwpoort en de opspuitingen die men in die periode nog deed ten oosten van de haven. Sinds 2008 is er een grote toename van het volume. De strandsuppletie van 2008-2009 is er deels een verklaring voor.

(Referentie : IMDC, 2010. Evaluatie strandsuppletie Lombardsijde. Rapport nr. I/RA/11213/10.040/ABO in opdracht van afdeling Kust, 231 pp.)



4.15 Strook 14 (secties 65-70) : campings Lombardsijde en duinstrook ten westen van Sint-Laureinsstrand

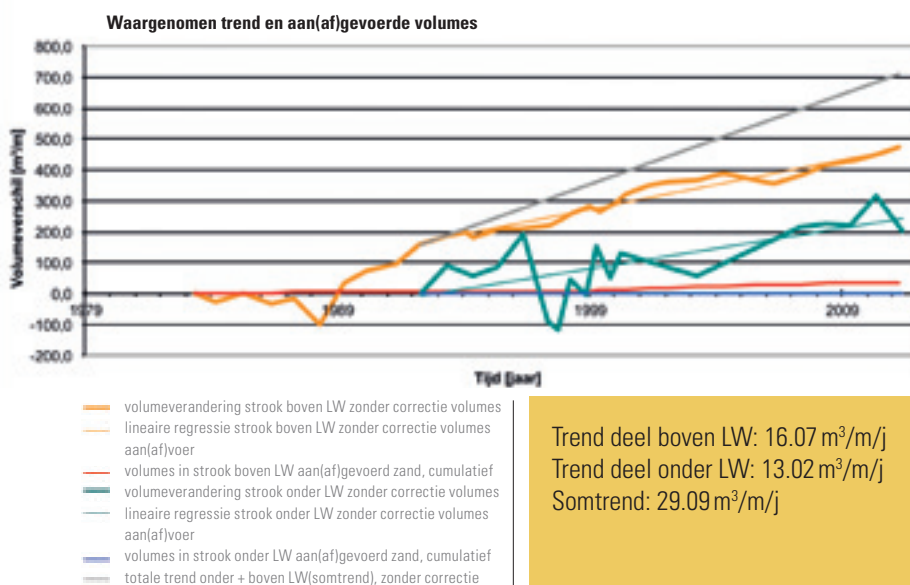
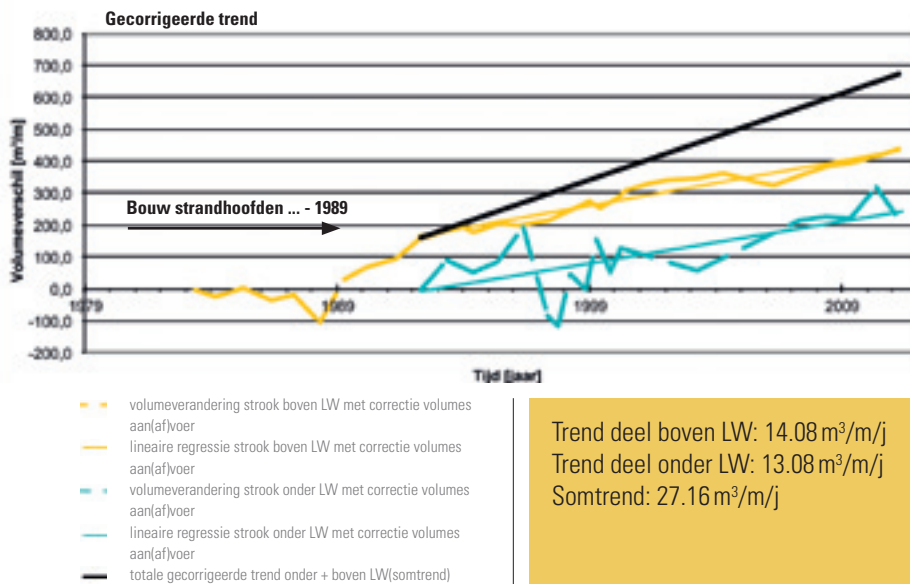
Motivering van de strook : de secties kennen alle een vergelijkbare aangroei. De reden voor de aangroei werd in de rapporten Kustmorfologie (KUST 2004.111) gezien in een morfologische aanpassing aan de bouw van de grote strandhoofden: strandhoofd 9 in sectie 65 in 1989, en meer oostelijk de strandhoofden 8, 7 en 6 in de jaren ervoor.

Lokaal wordt zand aangevoerd (zie tabel p. 66). Dit is het geval in sectie 65, tussen de afrit van het militair domein en de versterkte zeeduinglooiingsvoet, over een

kustlengte van 185 m. De aanvoerwerken gebeurden, met uitzondering van 1987, sinds 1996. In 2007 en 2009-2011 werd geen ophoging uitgevoerd.

Morfologische evolutie : gelet op de kleine aangevoerde hoeveelheden is de waargenomen trend ongeveer gelijk aan de gecorrigeerde. Deze kuststrook kende een sterke aangroei in de periode 1988-1992, in het gedeelte boven LW met gemiddeld $+57 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$. Het verband met de bouw van grote strandhoofden is duidelijk, temeer

daar geografisch de aangroeizones duidelijk rond de strandhoofden gesitueerd zijn. Nadien, in 1992-2011, ging de aangroei door, maar aan een lager ritme : gemiddeld $+16 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$ (gecorrigeerd voor de zandaanvoer in sectie 65 : $+14 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$). Het gedeelte onder LW vertoont een vergelijkbare aangroei-trend : $+13 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$. Op de vooroever bevinden zich twee brede brekerbanken zeewaarts van de strandhoofden. Deze verplaatsen zich van opname tot opname. Er is een kleine erosieve zone lager op de vooroever, in een gebied dat overeenstemt met de landwaartse flank van de getijgeul Kleine Rede. De zeebodem kende een belangrijke sedimentatie.



Jaar	Plaats	Zeezand	Strandzand	Gedeelte aangebracht boven LW	Gedeelte weg-genomen onder LW
1987	sectie 65	6539		6500	
1996	sectie 65		hoeveelh. onbekend	2000	-2000
1998	sectie 65	4600		4600	
1999	sectie 65	4481		4500	
2000	sectie 65	3315		3300	
2001	sectie 65	2533		2500	
2002	sectie 65	3689		3700	
2003	sectie 65	4354		4400	
2004	sectie 65	5132		5100	
2005	sectie 65	4980		5000	
2006	sectie 65	3409		3400	
2007	sectie 65	0		0	
2008	sectie 65	5102		5100	
2009-2011	sectie 65	0		0	

In 1996 werd zand opgevoerd van aan de laagwaterlijn, maar de hoeveelheid is niet meer bekend. Het cijfer van 2000 m³ als aandeel gewonnen onder de laagwaterlijn is een aanname.
Bron : 1987-1998 : rapport KUST2004.111. 1999-2011 : afdeling Kust.

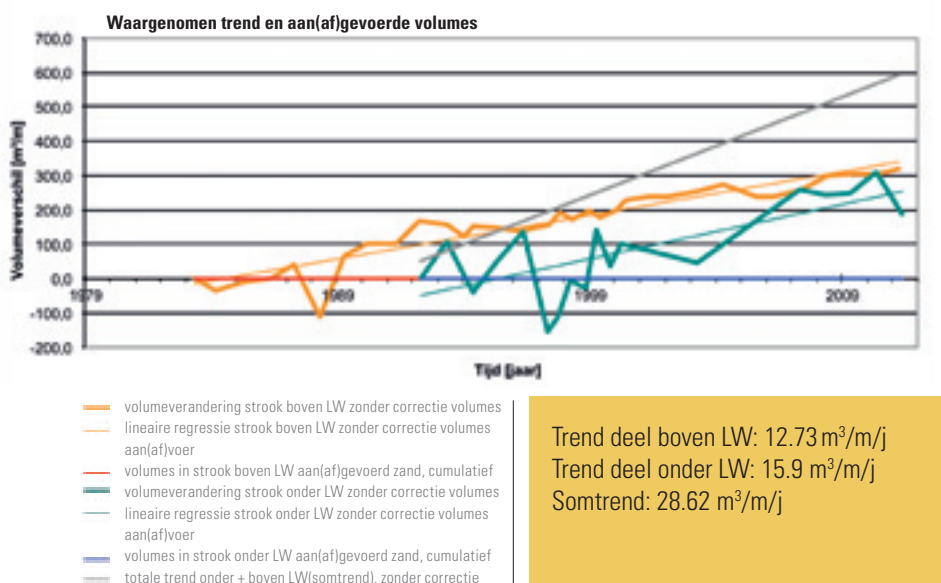
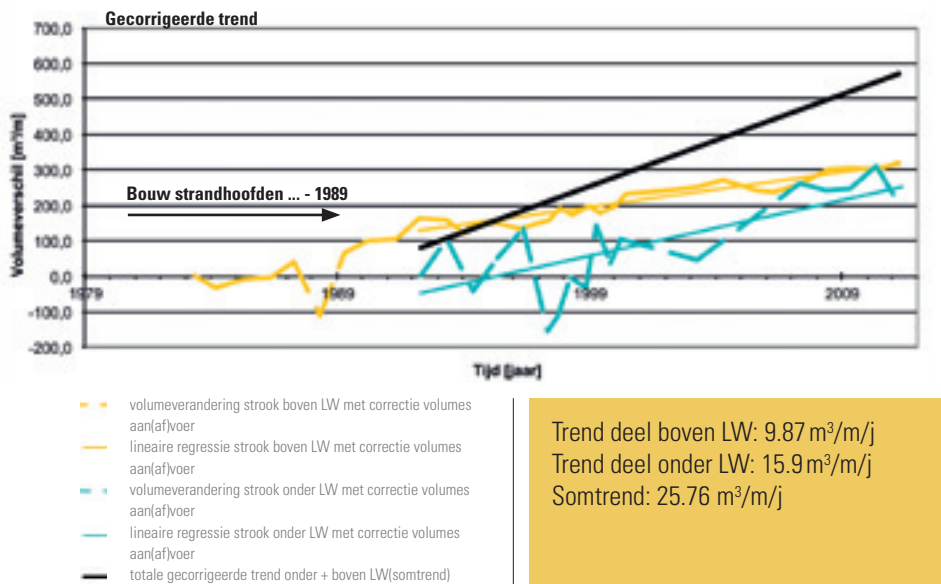
4.16 Strook 15 (secties 71-72) : Duinen Sint-Laureinsstrand

Motivering van de strook : de twee secties van deze kuststrook kennen aangroei, zoals in de vorige kuststrook, maar in tegenstelling tot de vorige strook situeert zich hier een groot aandeel van de aangroei in de duinaanzet. Op het strand is de aangroei die vooral in de jaren 1984-1992 optrad, wellicht ook toe te schrijven aan de invloed van de toen aangelegde strandhoofden.

Er zijn geen badstrandophogingen in deze strook.

Morfologische evolutie : de waargenomen tijdreeks toont voor de zone boven LW een gestage aangroei; aanvankelijk, in de periode 1983-1992, met gemiddeld $+19 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$, daarna, in de periode 1992-2011, met gemiddeld $+10 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$. De sterke initiële aangroei is

het effect van de toen gebouwde nieuwe strandhoofden in en rond deze kuststrook. Nadien nam het aangroeiritme af, enkel de duinaanzet blijft voort aangroeien. Het gedeelte onder LW groeit eveneens gestaag, gemiddeld met $+16 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$. Er zijn grotere schommelingen in volume dan in de zone boven LW. Vooral de laatste jaren was er aangroei, zowel op de voorreever als op de zeebodem.



4.17 Strook 16 (secties 73-76) : Westende-Bad

Motivering van de strook : deze strook bevat de meest oostelijke sectie 73 van het kustdeel "Sint-Laureinsstrand" en 3 van de 5 secties van het kustdeel "Westende-Bad". Deze sectiegroep gedraagt zich morfologisch homogeen. Enkel in sectie 74 worden badstrandophogingen uitgevoerd, en daarin slechts over een ca. 200 m lange strook tussen strandhoofd 3 en de afrit van de Zeedijk rechtover de Oceaanlaan. M.a.w., in het grootste deel van deze strook gebeuren geen badstrandophogingen. De badstrandophogingen startten in 1993. Vanaf 2006 werden zgn. "veiligheidssuppleties" of "kleine strandsuppleties" uitgevoerd in secties 74 en 75, 78 en de aansluiting met secties 77 en 79. Het aandeel in de onderhavige kuststrook wordt berekend op basis van de kustlengte.

Jaar	Plaats	Zeezand (m³)
1988		0
1989		0
1990		0
1991		0
1992		0
1993	sectie 74	1200
1994	sectie 74	1700
1995	sectie 74	1868
1996	sectie 74	1100
1997	sectie 74	2400
1998	sectie 74	3000
1999	sectie 74	2989
2000	sectie 74	3923
2001	sectie 74	3858
2002	sectie 74	3204
2003	sectie 74	3483
2004	sectie 74	3577
2005	sectie 74	2966
2006	sectie 74	2922
2007	sectie 74, 75, 76 (veiligheidssuppletie)	6300
2008	sectie 74, 75, 76 (veiligheidssuppletie)	15400
2009	sectie 74, 75, 76 (veiligheidssuppletie)	54800
2010	sectie 74, 75 (330 m)	1400
2011		0

Bron : 1988-1998: rapport KUST2004.111. 1999-2007 : afdeling Kust, Jan Goderis. Sinds 2008 : afdeling Kust, Annelies Geldhof.

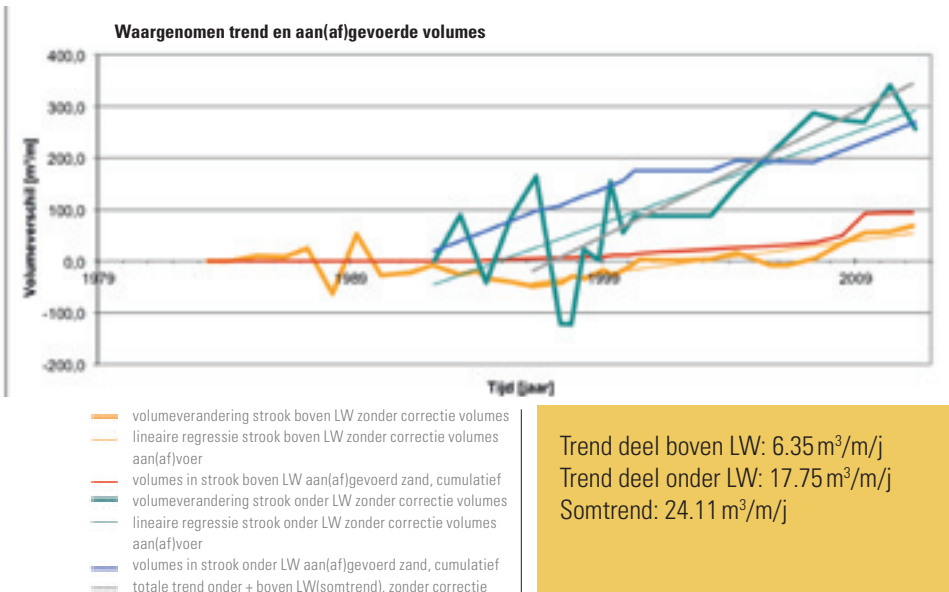
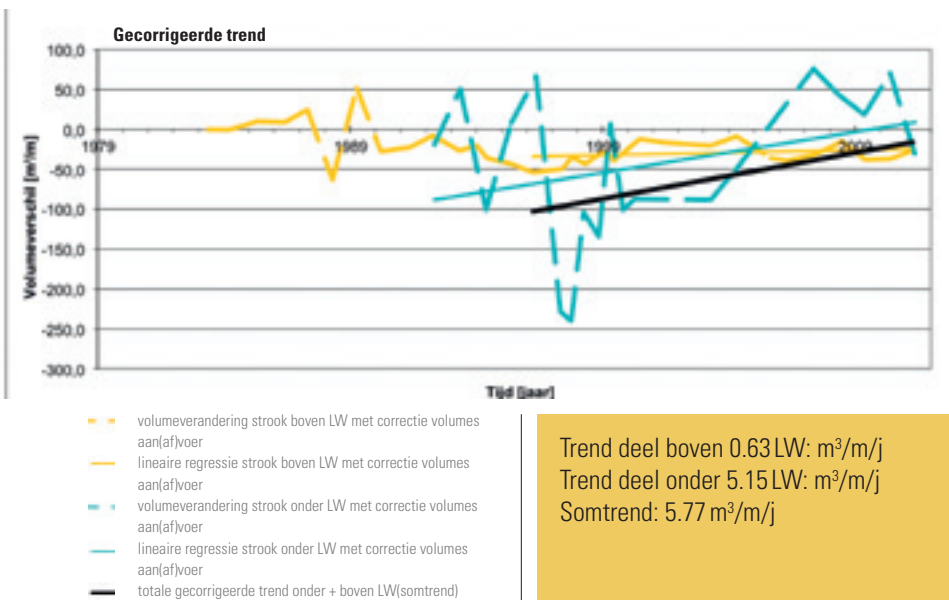
Eind 2006 werd een veiligheidsophoging met zeezand uitgevoerd in secties 75, 76 en 78. Er werd 9.500 m³ aangebracht. Het deel in deze kuststrook (secties 75 en 76) kan op basis van de kustlengte geschat worden op $9500 \times 680 / 1025 = 6300 \text{ m}^3$. Dit cijfer wordt in rekening gebracht bij de meting in 2007. Eind 2007 werd een veiligheidsophoging met zeezand uitgevoerd in secties 74 en 78 met 29.900 m³. Het deel in deze kuststrook (sectie 74) kan op basis van de kustlengte geschat worden op $29.900 \times 365 / 710 = 15.400 \text{ m}^3$. Dit cijfer wordt pas in rekening gebracht bij de meting van 2008. In 2008 werd een kleine strandsuppletie met zeezand uitgevoerd in delen van secties 74, 75, 77, 78 en 79 over een geschatte totale kustlengte van 375 m in secties 74 en 75 en 410 m in secties 77, 78 en 79. Op basis van die lengtes kan de aangevoerde hoeveelheid van 35.622 m³ gereduceerd worden tot 17.000 m³ in deze kuststrook. Dit cijfer wordt pas in rekening gebracht bij de meting van 2009. In 2009 werd eveneens een kleine strandsuppletie met zeezand uitgevoerd in delen van secties 74, 75, 77, 78 en 79 over een geschatte totale kustlengte van 375 m in secties 74 en 75 en 410 m in secties 77, 78 en 79. Op basis van die lengtes kan de aangevoerde hoeveelheid van 79.131 m³ gereduceerd worden tot 37.800 m³ in deze kuststrook. Dit cijfer wordt hier eveneens in rekening gebracht bij de meting van 2009, al kan de suppletie deels na de meetvlucht van 2009 plaats gevonden hebben.

In 2010 werd een kleine strandsuppletie met zeezand uitgevoerd in delen van secties 74 tot 78. Het aandeel in deze kuststrook wordt op basis van de kustlengte geraamd op 1400 m³. In het vooroever- en zeebodemgebied van de kuststrook van secties 72 tot en met 82 strekt zich de vooroeverloswal van de baggerwerken in de toegang tot de haven van Nieuwpoort uit. De opeenvolgende differentiële hoogtekaarten geven aan dat de lossingen van zandige specie blijkbaar hoofdzakelijk in het zeebodemgebied van secties 73 tot en met 76 gebeuren, dus in deze kuststrook. De zone die aangroei kent strekt zich uit ter hoogte van de zeewaartse grens van de vooroeverlodgingen, waarbij we kunnen ramen dat 1/3 van de effectieve loswal zeewaarts van de vooroeverlodgingen ligt en 2/3 binnen de sectiegrens. De lossingen vinden verspreid over het jaar plaats. Het vermoeden bestaat, op grond van de hoeveelheden van het baggerwerk te Nieuwpoort voor 2000, dat vrij grote hoeveelheden zijn gelost op de loswal. We konden er geen cijfers over terugvinden. Er zou niets gebaggerd zijn in 2001-2003 (?). Vanaf 2003 zijn de hoeveelheden wel gemeld, zie tabel bij kuststrook 14. Voor de periode vóór 2000 werden cijfers als gestorte hoeveelheden aangenomen, die enigszins arbitrair gebaseerd zijn op de jaren met de meeste activiteit na 2003. Er is dus veel onzekerheid omtrent deze hoeveelheden.

Morfologische evolutie : de trend over de periode 1983-1996 is voor het deel boven LW een lichte, geleidelijke afslag ($-4 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$). Over 1996-2011 wordt een aangroei-trend van $+6 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$ waargenomen. Het is duidelijk dat de zandaanvoer, die sinds 1993 begon, de natuurlijke afslagtrend heeft gecounterd. De lichte aangroei-trend sinds 1996 is volledig door de zandaanvoer te verklaren; de gecorrigeerde trend is $+0,6 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$.

jaar. Het gedeelte onder LW vertoont een belangrijke aangroei over de periode 1992-2011, de trend is $+18 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$. Voordien waren er sterke schommelingen, maar de gemiddelde trend was vrijwel nul. De aangroei doet zich zowel voor op de vooroever, waar er zich twee brede brekerbanken bevinden, als op de zeebodem. Op de lagere vooroever is er enige erosie in een gebied dat overeenstemt met de landwaartse flank

van de getijgeul Kleine Rede. De aangroei op de zeebodem kan voor een groot deel worden toegeschreven aan de lossingen van zandige baggerspecie afkomstig uit de haven van Nieuwpoort. Gaan we ervan uit dat deze lossingen reeds sinds 1992 plaatsvinden en dat de hoeveelheden hierbij betrokken vóór 2000 vergelijkbaar waren met de hoeveelheden in 2008-2011, dan verkleint de aangroei-trend in de zone onder LW tot $+5 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$.



4.18 Strook 17 (secties 77-82) : Westende-Bad en De Krokodille

Motivering van de strook : de secties kennen qua zandvolumes een gestage stijging in de tijd. Er zijn cijfers voor badstrandophogingen sinds 1988. Tegen Westende-Bad gaat het eerder om opvoeringen van op het laatste deel van het strand gewonnen zand, tegen Middelkerke-Bad betreft het eerder aanvoer van zeezand. De laatste jaren worden ook kleine strandsuppleties uitgevoerd met zeezand.

Eind 2006 werd een veiligheidsophoging met zeezand uitgevoerd in secties 75, 76 en 78. Er werd 9.500 m³ aangebracht. Het deel in deze kuststrook (secties 75 en 76) kan op basis van de kustlengte geschat worden op $9500 \times 345 / 1025 = 3200$ m³. Dit cijfer wordt in rekening gebracht bij de meting in 2007. Eind 2007 werd een veiligheidsophoging met zeezand uitgevoerd in secties 74 en 78 met 29.900 m³. Het deel in deze kuststrook (sectie 74) kan op basis van de kustlengte geschat worden op $29.900 \times 345 / 710 = 14.500$ m³. Dit cijfer wordt pas in rekening gebracht bij de meting van 2008.

Evenzo werd eind 2007 een veiligheidsophoging met zeezand uitgevoerd in secties 79-82. Het betrokken volume was 34.700 m³. Dat cijfer wordt eveneens pas in rekening gebracht bij de meting van 2008.

In 2008 werd een kleine strandsuppletie met zeezand uitgevoerd in delen van secties 74, 75, 77, 78 en 79 over een geschatte totale kustlengte van 375 m in secties 74 en 75 en 410 m in secties 77, 78 en 79. Op basis van die lengtes kan de aangevoerde hoeveelheid van 35.622 m³ gereduceerd worden tot 18.600 m³ in deze kuststrook. Dit cijfer wordt pas in rekening gebracht bij de meting van 2009.

In 2009 werd eveneens een kleine strandsuppletie met zeezand uitgevoerd in delen van secties 74, 75, 77, 78 en 79 over een geschatte totale kustlengte van 375 m in secties 74 en 75 en 410 m in secties 77, 78 en 79. Op basis van die lengtes kan de aangevoerde hoeveelheid van 79.131 m³ gereduceerd worden tot 41.300 m³ in deze kuststrook. Dit cijfer wordt hier eveneens in rekening gebracht bij de meting van 2009, al kan de suppletie deels na de meetvlucht van 2009 plaats gevonden hebben.

In 2010 werd een veiligheidsophoging met zeezand uitgevoerd in secties 74-75 en 77-78. Het aandeel in deze kuststrook wordt op basis van de kustlengte geraamd op 1825 m³.

In 2011 werd geen veiligheidsophoging uitgevoerd.

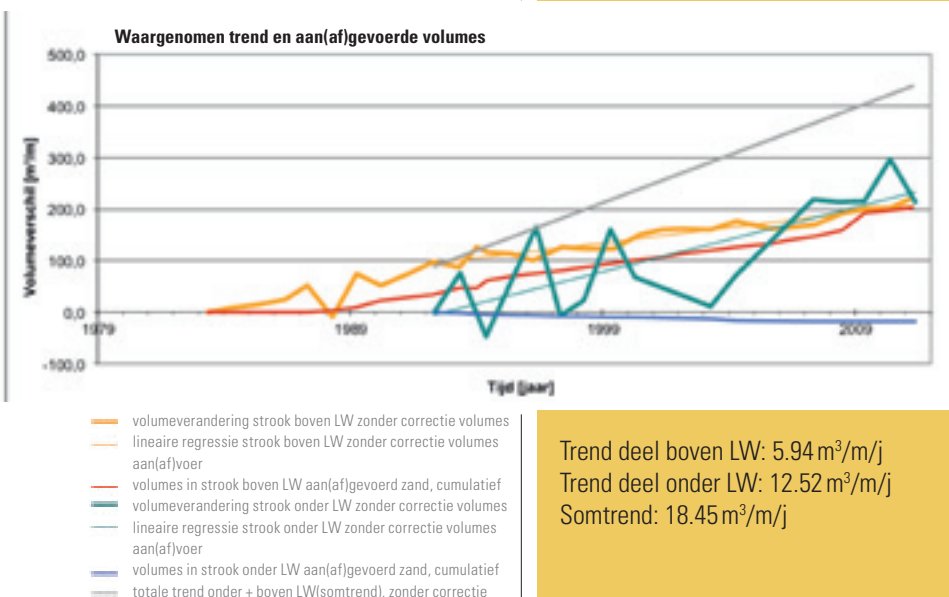
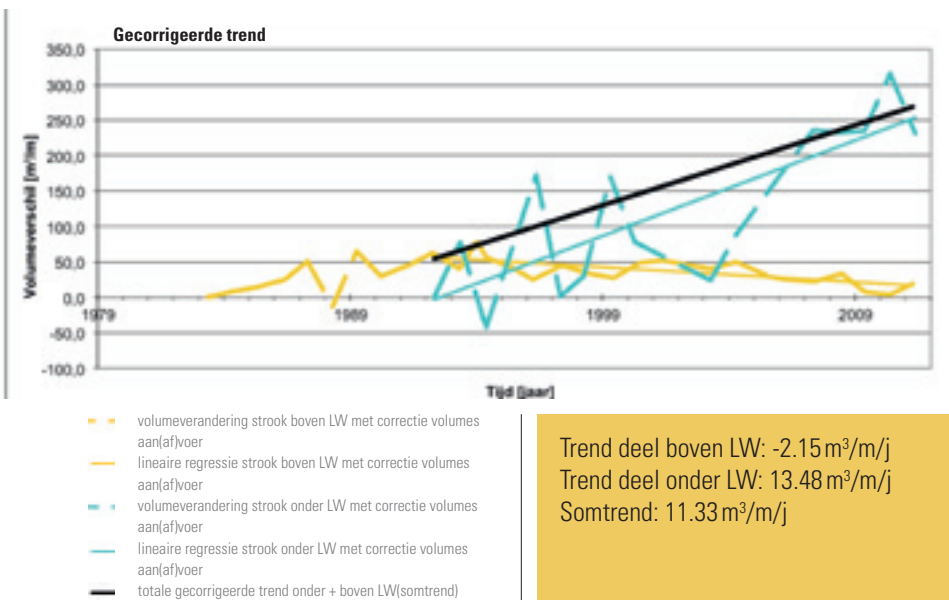
	Sectie 77	Sectie 78	Secties 79-80	Secties 81-82		
Jaar	Strandzand (m³)	Zeezand (m³)	Strandzand (m³)	Zeezand (m³)	gedeelte aangebracht boven LW	gedeelte weggenomen onder LW
1988	2200	0	0	6682	7800	-1100
1989	0	0	3750	8700	10600	-1900
1990	1200	8100	6800	13300	25400	-4000
1991	0	3000	5000	9500	15000	-2500
1992	0	3800	5100	3200	9600	-2600
1993	0	9400	9100	12000	26000	-4600
1994	0	6700	11400	15300	27700	-5700
1995	0	5739	0	12897	18600	0
1996	0	0	5200	4500	7100	-2600
1997	0	5900	5250	5900	14400	-2600
1998	0	6500	3050	5900	13900	-1500
1999	0	5582	4288	6479	14200	-2100
2000	0	4464	3999	6453	12900	-2000
2001	0	3338	3467	6457	11500	-1700
2002	0	4162	3481	6399	12300	-1700
2003	0	3533	4045	6763	12300	-2000
2004	0	3425	4074	8262	13700	-2000
2005	0	2558	3960	7901	12400	-2000
2006	0	2639	3508	7764	12200	-1800
2007	0	6940	3918	7478	16400	-2000
2008	0	14500	2289	7100*	22700	-1100
2009	0	59900	2978	8300*	69700	-1500
2010	0	1825	2300	4700*	8800	0
2011	0	0	2835	6900*	9700	0

Bron : 1988-1998 : rapport KUST2004.111; 1999-2011 : afdeling Kust. *berekend uit het cijfer voor de zone sectie 81-87 volgens de kustlengte (700 m / 2445 m). Cijfers in cursief bevatten de hoeveelheden aangebracht bij kleine strandsuppleties of veiligheidsophogingen met zeezand.

Morfologische evolutie : de hele aangroei van het strand sinds de eerste opname in 1983 kan worden toegeschreven aan de uitgevoerde suppleties en badstrandophogingen. Hierbij is er een trendomkeer rond 1992. Tussen 1983 en 1992 was de waargenomen evolutie voor het deel boven LW +10 en de gecorrigeerde +6 m³/m/jaar. De

waargenomen trend over 1992-2011 is +6 en de gecorrigeerde -2 m³/m/jaar. De vooroever en zeebodem vertonen een trend sinds 1992 van +13 m³/m/jaar (de invloed van de nabij de laagwaterlijn verwijderde volumes is verwaarloosbaar). Er zijn grote schommelingen in het volume van vooroever en zeebodem. Tot 2003 kenden zeebodem en lagere vooroever

(in een gebied dat overeenstemt met de landwaartse flank van de getijgeul Kleine Rede) eerder erosie. Na 2003 werd de uitholling van deze geulflank minder uitgesproken en kende de zeebodem een verspreide aangroei. Op de vooroever bevindt zich één brede brekerbank zeewaarts van de strandhoofden. Deze groeide ook aan.



4.19 Strook 18 (secties 83-87) : Middelkerke-Bad

Motivering van de strook : ze stemt overeen met het kustdeel "Middelkerke-Bad". De secties kennen een gelijklopende evolutie in de tijd. Er zijn cijfers voor badstrandophogingen sinds 1988. Aanvankelijk gebeurden er ook opvoeringen van strandzand, maar de laatste tijd is volledig overgeschakeld naar aanvoer van zeezand.

Morfologische evolutie: de waargenomen volumecijfers voor het gedeelte boven LW tonen een duidelijke correlatie met de zandaanvoerwerken.

Na een afslag in de periode 1983-1988 is er een geleidelijke groei (gemiddelde trend is +3,5 m³/m/jaar over 1988-2011). De badstrandophogingen namen pas wezenlijke proporties aan vanaf 1989, voorheen werd strandzand opgevoerd. Het totaal bij badstrandophogingen aangevoerde volume belooft al 497.500 m³ of 285 m³/m. Rekent men de aangevoerde volumes uit de tijdreeks weg, dan slaat het kustdeel met -9 m³/m/jaar af. Dit is een stabiele trend sinds de eerste meting van 1983. Zonder de jaarlijkse zandaanvoerwerken zou het strand hier

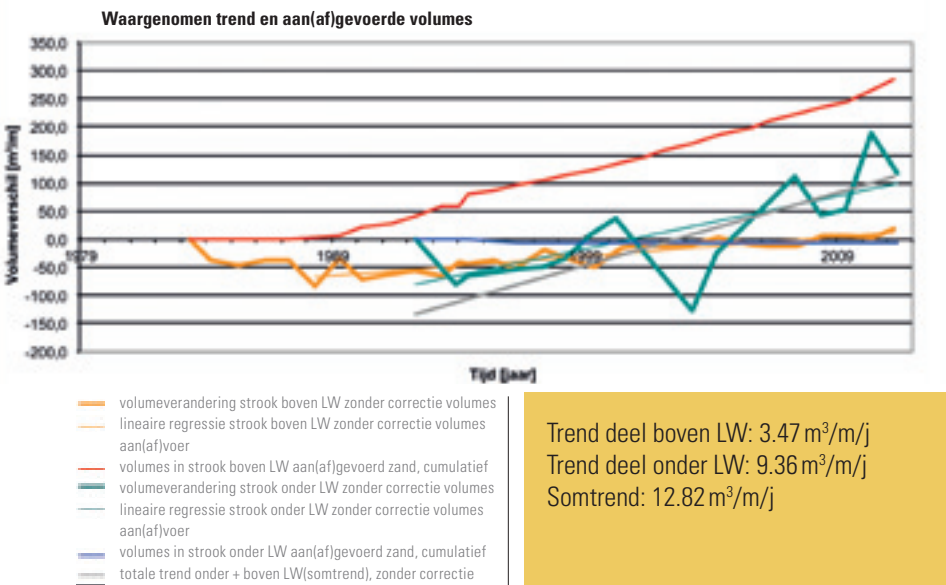
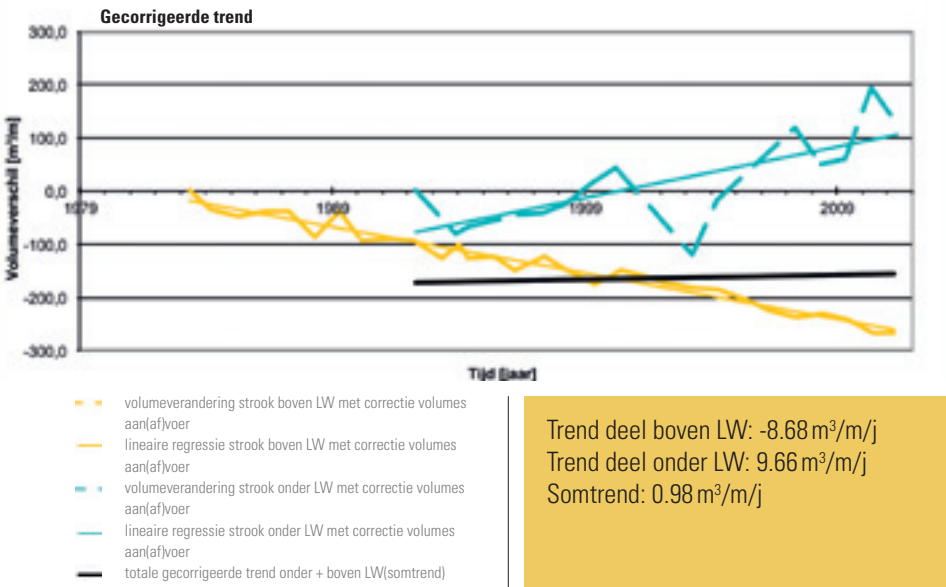
afslaan. Voor vooroever en zeebodem wordt een aangroeitrend gemeten met +10 m³/m/jaar. Er zijn sterke schommelingen van opname tot opname; de trend is niet significant. Vooral de laatste jaren is de aangroei groot. Hij situeert zich op de brede brekerbank zeewaarts van de strandhoofden, en over een grote zone van de zeebodem. De lagere vooroever kent erosie, in een gebied dat overeenstemt met de landwaartse flank van de getijgeul Kleine Rede, maar deze trad voornamelijk voor 2000 op.

Jaar	Plaats	Zeezand	Strandzand	Gedeelte aangebracht boven lw	Gedeelte weggenomen onder lw
1983	secties 85-87	6800	5000	9300	-2500
1987	secties 85-87	0	3400	1700	-1700
1988	secties 85 en 86	0	3698	1800	-1800
1989	secties 85 en 86	6400	0	6400	0
1990	secties 85-87	18800	18000	27800	-9000
1991	secties 85-87	7500	7500	11300	-3800
1992	secties 83-87	19900	0	19900	0
1993	secties 83-87	34400	0	34400	0
1994	secties 83-87	37800	0	37800	0
1995	secties 83-87	0	25037	12500	-12500
1996	secties 83-87	15350	0	15400	0
1997	secties 83-87	16150	0	16200	0
1998	secties 83-87	16230	0	16200	0
1999	secties 83-87	17336	0	17300	0
2000	secties 83-87	17962	0	18000	0
2001	secties 83-87	19511	0	19500	0
2002	secties 83-87	20638	0	20600	0
2003	secties 83-87	22182	0	22200	0
2004	secties 83-87	23673	0	23700	0
2005	secties 83-87	24570	0	24600	0
2006	secties 83-87	19742	0	19700	0
2007	secties 83-87	23936	0	23900	0
2008*	secties 83-87	17600	0	17600	0
2009*	secties 83-87	20700	0	20700	0
2010**	secties 83-87	37600	0	37600	0
2011**	secties 83-87	30700	0	30700	0

Volumes in m³.

Het cijfer voor 1991 is een globaal cijfer dat strand- en zeezand omvat. Het werd gelijk verdeeld over de twee types zand.

Bron : 1988-1998 : rapport KUST2004.111; 1999-2011 : afdeling Kust. *berekend uit het cijfer voor de zone sectie 81-87 volgens de kustlengte (1745 m / 2445 m). **idem voor badstrandophogingen plus het gedeelte "kleine strandsuppletie" uit het cijfer voor de zone secties 83-88 volgens de kustlengte (1745 m / 2080 m).



4.20 Strook 19 (secties 88-92) : Middelkerke-Oost

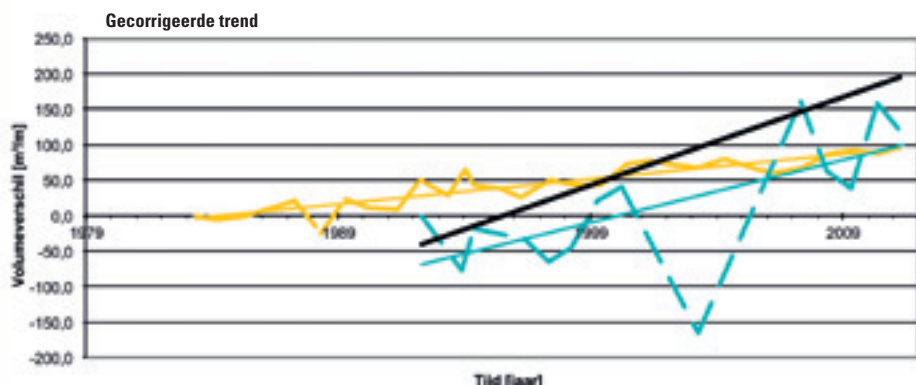
Motivering van de strook : deze kuststrook stemt overeen met het kustdeel "Middelkerke-Oost". De meest westelijke sectie 88 sluit eerder nog aan bij het kustdeel Middelkerke-Bad. Er werden in het verleden ook badstrandophogingen uitgevoerd. Omdat zulks gedurende meerdere jaren niet meer gebeurde, werd ervoor geopteerd de sectie bij de overige secties van het kustdeel Middelkerke-Oost te behouden. Nochtans werd sectie 88 bij de recentste kleine strandsuppleties van 2010 en 2011 te Middelkerke-Bad opnieuw betrokken. De hoeveelheden zeezand aldus

aangevoerd in sectie 88 vindt men in de tabel hiernaast.

Middelkerke Oost, sectie 88	
Jaar	Zeezand(m³)
1992	700
1993	1200
1994	1600
1996	2750
2010*	5200
2011*	3000

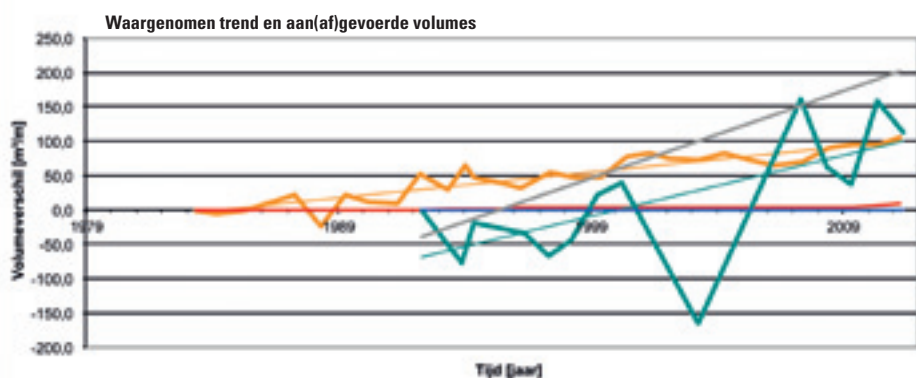
Bron : 1992-1996 : rapport KUST 2004.111. 2010-2011 : afdeling Kust. *hoeveelheid afgeleid van de totale hoeveelheid betrokken bij de kleine strandsuppletie, op basis van de kustlengte van sectie 88.

Morfologische evolutie : het gedeelte boven LW van deze kuststrook kent een lichte aangroei (waargenomen aangroei +3,8 m³/m/jaar; gecorrigeerd cijfer +3,55 m³/m/jaar) tussen 1983 en 2011. Het gedeelte onder LW heeft een aangroei-trend van +9 m³/m/jaar tussen 1992 en 2011. De schommelingen in volume van vooroever en zeebodem zijn zeer groot. Toch is er vooral de laatste jaren resulterend aangroei geweest. Op de vooroever situeert de aangroei zich op de brekerbank zeewaarts van de strandhoofden. De helling naar de zeebodem (landwaartse flank van de getijgeul Kleine Rede) kent echter erosie. Deze erosie is doorgegaan tot bij de recentste meting. De geulbodem zelf vertoont aangroei.



- volumeverandering strook boven LW met correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook boven LW met correctie volumes aan(af)voer
- volumeverandering strook onder LW met correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook onder LW met correctie volumes aan(af)voer
- totale gecorrigeerde trend onder + boven LW(somtrend)

Trend deel boven LW: 3.55 m³/m/j
Trend deel onder LW: 8.85 m³/m/j
Somtrend: 12.4 m³/m/j



- volumeverandering strook boven LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook boven LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- volumes in strook boven LW aan(af)gevoerd zand, cumulatief
- volumeverandering strook onder LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook onder LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- volumes in strook onder LW aan(af)gevoerd zand, cumulatief
- totale trend onder + boven LW(somtrend), zonder correctie

Trend deel boven LW: 3.8 m³/m/j
Trend deel onder LW: 8.85 m³/m/j
Somtrend: 12.65 m³/m/j

4.21 Strook 20 (secties 93-97) : Raversijde-West

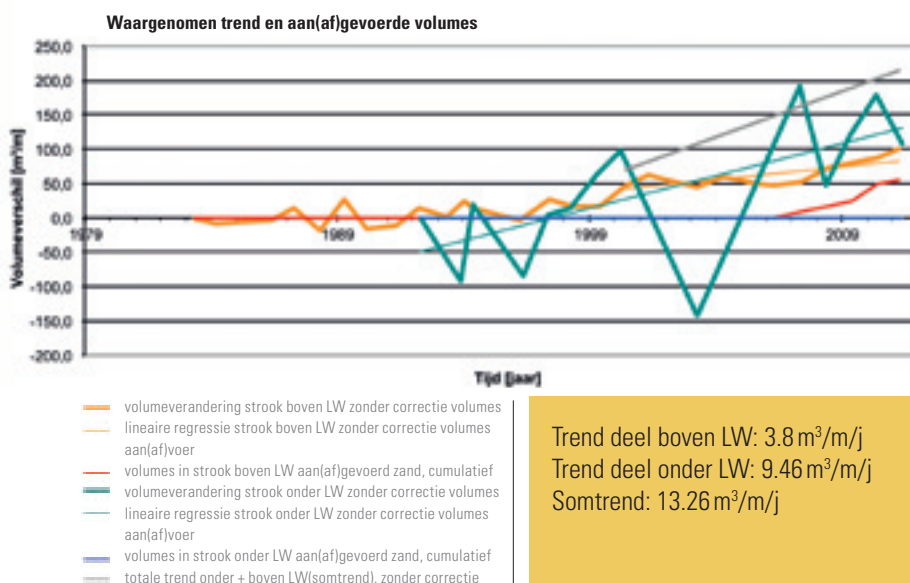
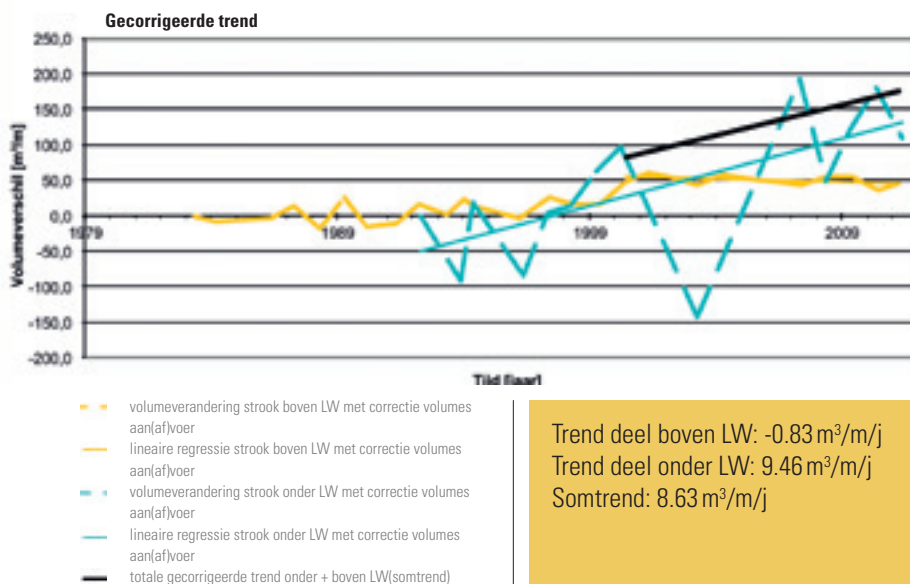
Motivering van de strook : deze kuststrook stemt overeen met het kustdeel "Raversijde-West". De secties kennen wat volume-evolutie betreft, een gelijkaardige ontwikkeling. Met uitzondering van de meest oostelijke sectie 97 is in deze kuststrook geen droogblijvend strand aanwezig. Hierdoor kunnen de golven bij hoogwater rechtstreeks de zeedijk bereiken.

De meest oostelijke sectie 97 is deel van de zone ter hoogte van Raversijde waar sinds 2006 veiligheidsophogingen (kleine strandsuppleties) met zeezand

Wanneer	Waar?	Totaal aangevoerd zeezand (m³)	Deel in sectie 97	Secties 98-101
eind 2006	secties 97-101	45000	12300	32700
eind 2007	secties 97-101	30600	8400	22200
eind 2008	secties 97-100	37776	12700	25100
eind 2009	secties 97-100	68966	23100	45900
2010	secties 97-100	26850	9000	17900
2011	secties 97-100	17235	5800	11400

worden uitgevoerd. Het gedeelte dat van het aangevoerde zand in sectie 97 wordt aangebracht, wordt op basis van de kustlengte (325 m van 970 m) bepaald.

Morfologische evolutie : het gedeelte van deze kuststrook boven LW kent na een periode zonder veel veranderingen tussen 1983 en 2000 thans een lichte aangroei (gemiddelde aangroei +4 m³/m/jaar) tussen 2000 en 2011. De gecorrigeerde trend voor die laatste periode is -1 m³/m/jaar. Het gedeelte onder LW toont een geleidelijke aangroei. De globale trend over 1992-2011 is +9,5 m³/m/jaar voor vooroever en zeebodem samen. Er zijn sterke schommelingen in volume tussen de opeenvolgende opnamen. Vooral de laatste jaren is er aangroei opgetreden. Deze situeert zich op de brekerbank zeewaarts van de strandhoofden en verspreid over de zeebodem. De lagere vooroever, die overeenstemt met de landwaartse flank van de getijgeul Kleine Rede, toont echter erosie. Deze erosie is eveneens recent. Het maximum van deze uitschuring situeert zich in deze kuststrook en Raversijde-Oost.



4.22 Strook 21 (secties 98-102) : het kustdeel Raversijde-Oost

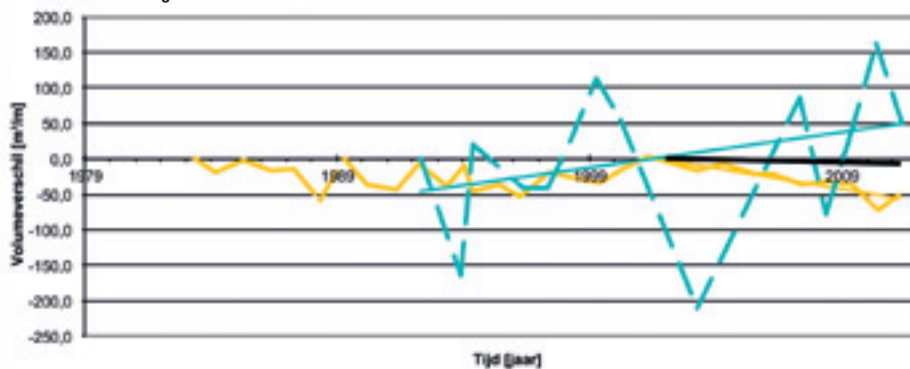
Motivering van de strook : ze valt samen met het kustdeel Raversijde-Oost. De morfologische evolutie van de secties is vrij gelijklopend, al springen secties 100 en 101 wat in het oog omdat ze eerder wat aangroeien sinds 1983 terwijl secties 98, 99 en 102 eerder licht afslaan. Sinds een paar decennia wordt jaarlijks zand aangevoerd in sectie 99.

Sinds 2006 worden veiligheidsophogingen of kleine strandsuppleties uitgevoerd met zeezand. De betrokken hoeveelheden zijn bij de vorige kuststrook vermeld.

Raversijde-Oost, sectie 99			
Jaar	Strandzand (m³)	Zeezand (m³)	Gedeelte boven 1,39 m (m³)
1983		3500	3500
1987		1500	1500
1989		1500	1500
1993		7000	7000
1994		7800	7800
1995	2356		1200
1996		1900	1900
1997		3150	3200
1998		3200	3200
1999		3086	3100
2000		3058	3100
2001		3038	3000
2002		2104	2100
2003		2538	2500
2004		2523	2500
2005		2525	2500
2006		2438	2400

Bron : 1983-1999 : rapport KUST2004.111; vanaf 1999 : afdeling Kust, Jan Goderis, Annelies Geldhof.

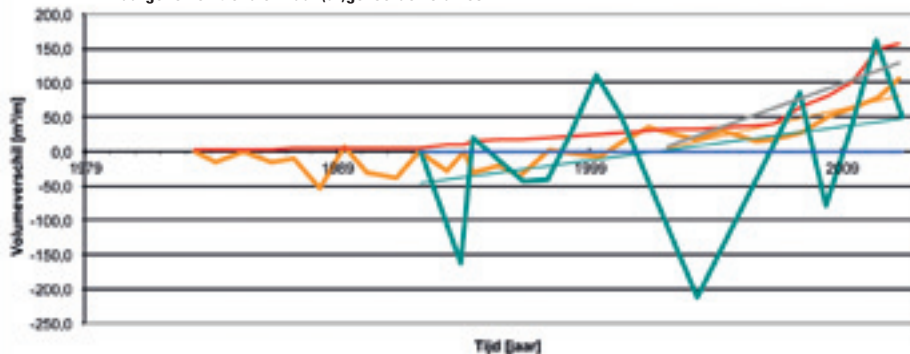
Gecorrigeerde trend



- volumeverandering strook boven LW met correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook boven LW met correctie volumes aan(af)voer
- volumeverandering strook onder LW met correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook onder LW met correctie volumes aan(af)voer
- totale gecorrigeerde trend onder + boven LW(somtrend)

Trend deel boven LW: $-5.96 \text{ m}^3/\text{m/j}$
 Trend deel onder LW: $5 \text{ m}^3/\text{m/j}$
 Somtrend: $-0.95 \text{ m}^3/\text{m/j}$

Waargenomen trend en va(a)fgevoerde volumes



- volumeverandering strook boven LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook boven LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- volumes in strook boven LW aan(af)gevoerd zand, cumulatief
- volumeverandering strook onder LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook onder LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- volumes in strook onder LW aan(af)gevoerd zand, cumulatief
- totale trend onder + boven LW(somtrend), zonder correctie

Trend deel boven LW: $8.34 \text{ m}^3/\text{m/j}$
 Trend deel onder LW: $4.96 \text{ m}^3/\text{m/j}$
 Somtrend: $13.3 \text{ m}^3/\text{m/j}$

Morfologische evolutie : de volumes zand in deze kuststrook in het gedeelte boven LW namen aanvankelijk af, tot ca 1991. Nadien neemt het volume toe. Deze toename kan volledig aan de aanvoer van zand toegeschreven worden. Rekent men de aangevoerde hoeveelheden af, dan is de autonome trend lineaire afslag van $-6 \text{ m}^3/\text{m/jaar}$ sinds 2002. Vanaf 2006 worden de aanvoerhoeveelheden aanzienlijk groter. Door deze grotere aanvoer is het volume in de kuststrook thans groter dan op enig eerder tijdstip in de meetreeks. Het volume van vooroever en zeebodem vertoont een lichte, niet-significante aangroei met $+5 \text{ m}^3/\text{m/jaar}$ sinds 1992. Er zijn grote schommelingen in het volume van opname tot opname. De laatste jaren is er enige aangroei opgetreden. Deze situeert zich op de brekerbank zeewaarts van de strandhoofden en verspreid over de zeebodem. De lagere vooroever, die overeenstemt met de landwaartse flank van de getijgeul Kleine Rede, toont echter erosie. Deze erosie is eveneens recent. Het maximum van deze uitschuring situeert zich in deze kuststrook en Raversijde-West.

4.23 Strook 22 (secties 103-105) : kustdeel “Mariakerke”

Motivering van de strook : ze valt samen met het kustdeel Mariakerke. De evolutie van de volumeverschillen in de secties is gelijklopend. Er gebeuren ophogingen en aanvullingen in alle secties, zij het niet overal in ieder jaar.

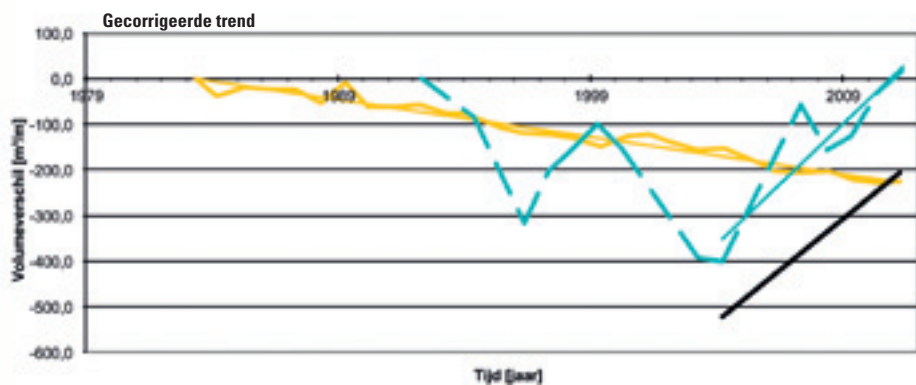
De cijfers tot 1999 zijn afkomstig uit KUST 2004.111 en de cijfers nadien van de afdeling Kust. In 2007 gebeurde geen aanvulling. De cijfers worden zo nodig volgens de kustlengte afgeleid uit de globale gerapporteerde aanvoervolumes. Indien er meer dan een aanvulling gebeurt tussen twee opeenvolgende opnames, worden die cijfers samengeteld.

jaar	plaats	zeezand (m³)	strandzand (m³)	opvoer/aanvoer in gedeelte boven 1,39 m (m³)
1988	sectie 104	1178		1200
1990	secties 103 t/m 105	21200	13200	27800
1991	secties 104 en 105	7000		7000
1992	secties 104 en 105	10700		10700
1993	secties 104 en 105	13000		13000
1994	secties 104 en 105	11500	9300	16200
1995	secties 103 t/m 105	17327		17300
1996	secties 103 t/m 105	13000		13000
1997	secties 103 t/m 105	14050		14100
1998	secties 103 t/m 105	12900		13500
1999	secties 103 t/m 105	13199		13200
2000	secties 103 t/m 105	13032		13000
2001	secties 103 t/m 105	13954		14000
2002	secties 103 t/m 105	12338		12300
2003	secties 103 t/m 105	15590		15600
2004	secties 103 t/m 105	16057		16100
2005	secties 103 t/m 105	15963		16000
2006	secties 103 en 104	15000		15000
2007				0
2008	secties 103 t/m 105	68700		54000
2009	secties 103 t/m 105	15400		15400
2010	secties 103 t/m 105	7100		7100
2011	secties 103 t/m 105	6500		6500

Morfologische evolutie : op het gedeelte boven LW wordt een lichte aangroei waargenomen (+4 m³/m/jaar sinds 1983). Er wordt in deze kuststrook veel zand aangevoerd. De aangevoerde volumes zijn groot en lopen in 2011 al op tot 408.000 m³ sinds 1988. De autonome trend (gecorrigeerd voor de zandaanvoer) is lineaire afslag met -8

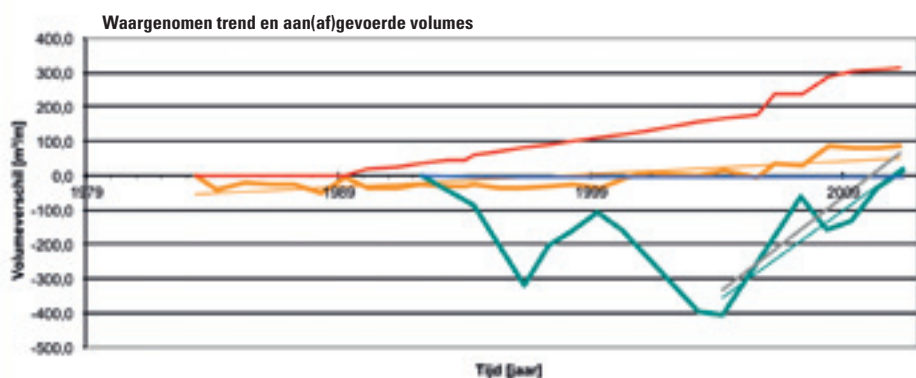
m³/m/jaar. Het gedeelte onder LW kent grote volumeschommelingen. Men zou van een vrij grote afslagtrend kunnen spreken tussen 1992 en 2004 (-28 m³/m/jaar) gevolgd door een nog grotere aangroei tussen 2004 en 2011 (+53 m³/m/jaar). De omslag van erosie naar aangroei is alleszins reëel. Ruimtelijk gezien trad er erosie op aan de helling op de vooroever

(landwaartse flank van de getijgeul Kleine Rede). Deze erosie was maximaal in 2004, nadien groeide deze geulflank opnieuw wat aan. De grootste aangroei trad op de zeebodem op tussen 2007 en 2011. Er wordt een invloed verondersteld van de grote zandaanvoerwerken in en nabij deze kuststrook.



- volumeverandering strook boven LW met correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook boven LW met correctie volumes aan(af)voer
- volumeverandering strook onder LW met correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook onder LW met correctie volumes aan(af)voer
- totale gecorrigeerde trend onder + boven LW(somtrend)

Trend deel boven LW: -8.19 m³/m/j
 Trend deel onder LW: 53.05 m³/m/j
 Somtrend: 44.86 m³/m/j



- volumeverandering strook boven LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook boven LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- volumes in strook boven LW aan(af)gevoerd zand, cumulatief
- volumeverandering strook onder LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook onder LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- volumes in strook onder LW aan(af)gevoerd zand, cumulatief
- totale trend onder + boven LW(somtrend), zonder correctie

Trend deel boven LW: 3.68 m³/m/j
 Trend deel onder LW: 53.05 m³/m/j
 Somtrend: 56.73 m³/m/j

4.24 Strook 23 (secties 106-108) : kustdeel “Oostende-West” (ter hoogte van de Wellingtonrenbaan)

Motivering van de strook : ze valt samen met het kustdeel “Oostende-West”. De evolutie van de volumever verschillen in de secties is gelijklopend. Er gebeuren ophogingen en aanvullingen in alle secties, zij het niet overal in ieder jaar.

jaar	plaats	zeezand (m³)	strandzand (m³)	opvoer/aanvoer in gedeelte boven 1,39 m (m³)
1983	secties 106 en 107	17356		17400
1985	secties 106 en 107	12760		12800
1987	secties 106 en 107	6550		6600
1988	secties 105-107	7931		7900
1989	secties 106 en 107	7800	4100	9900
1990	secties 106 en 107	9100	6000	12100
1991	secties 106-108	5000		5000
1992	secties 106 en 107	6100		6100
1993	secties 106-108	15300		15300
1994	secties 106 en 107	12000		12000
1995	secties 106 en 107	6431		6400
1996	secties 106-108	4500		4500
1997	secties 106 en 107	3100		3100
1998	secties 106 en 107	5100		5100
1999	secties 106 en 107	6257		6300
2000	secties 106 en 107	6010		6000
2001	secties 106 en 107	7030		7000
2002	secties 106 en 107	8065		8100
2003	secties 106 en 107	7119		7100
2004	secties 106 en 107	7527		7500
2005	secties 106 en 107	6456		6500
2006	secties 106-108	15000		15000
2007	sectie 108		8000	4000+56700
2008	secties 106 t/m 108	47100		47100
2009	secties 106 t/m 108	10600		10600
2010	secties 107 en 108	21300		21300
2011	secties 106 en 107	6500		6500

De cijfers tot 1998 zijn afkomstig uit KUST 2004.111 en de cijfers nadien rechtstreeks van de afdeling Kust.

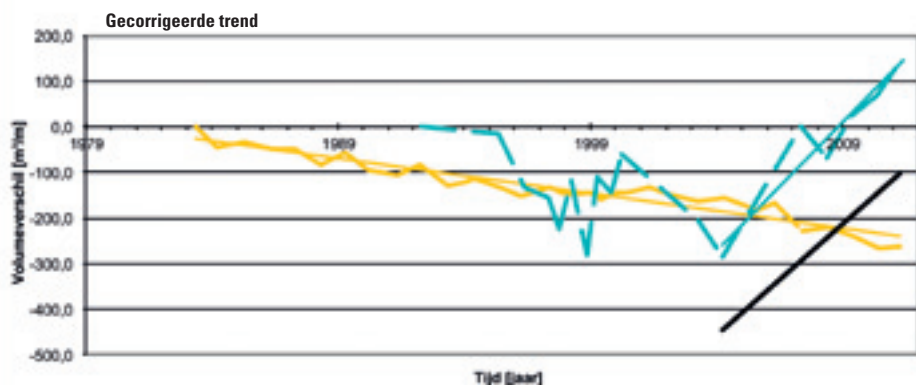
De cijfers worden zo nodig volgens de kustlengte afgeleid uit de globale gerapporteerde aanvoervolumes. Indien er meer dan een aanvulling gebeurt tussen twee opeenvolgende opnames, worden die cijfers samengeteld.

Er wordt tevens volgens de noodwendigheden zand aangevoerd van het Groot Strand, wanneer daar eolisch zand gevangen wordt. Deze hoeveelheden kunnen moeilijk begroot worden. In 2006 gebeurde een “veiligheidssuppletie” met zeezand. De suppletie vond op het einde van het jaar plaats en wordt pas in rekening gebracht voor de meting van 2007. Er werd 56.700 m³ zeezand aangevoerd in de secties 106 tot en met 108.

Morfologische evolutie : op het gedeelte boven LW wordt een lichte aangroei waargenomen (+4 m³/m/jaar sinds 1983). Er wordt in deze kuststrook veel zand aangevoerd. De aangevoerde volumes zijn groot en lopen in 2011 al op tot 334.000 m³ sinds 1983. De autonome trend (gecorrigeerd voor de zandaanvoer) is lineaire afslag met -8

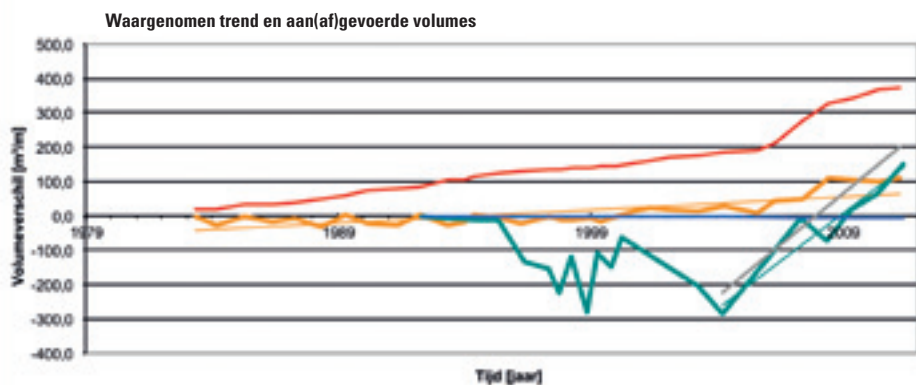
m³/m/jaar. Het gedeelte onder LW kent grote volumeschommelingen. Men zou van een vrij grote afslagtrend kunnen spreken tussen 1992 en 2004 (-21 m³/m/jaar) gevolgd door een nog grotere aangroei tussen 2004 en 2011 (+57 m³/m/jaar). De omslag van erosie naar aangroei is alleszins reëel. Ruimtelijk gezien trad er erosie op aan de helling op de vooroever

(landwaartse flank van de getijgeul Kleine Rede). Deze erosie was maximaal in 2004, nadien groeide deze geulflank opnieuw wat aan. De grootste aangroei trad op de zeebodem op tussen 2007 en 2011. Er wordt een invloed verondersteld van de grote zandaanvoerwerken in en nabij deze kuststrook.



- volumeverandering strook boven LW met correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook boven LW met correctie volumes aan(af)voer
- volumeverandering strook onder LW met correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook onder LW met correctie volumes aan(af)voer
- totale gecorrigeerde trend onder + boven LW(somtrend)

Trend deel boven LW: -7.69 m³/m/j
Trend deel onder LW: 57.01 m³/m/j
Somtrend: 49.32 m³/m/j



- volumeverandering strook boven LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook boven LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- volumes in strook boven LW aan(af)gevoerd zand, cumulatief
- volumeverandering strook onder LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook onder LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- volumes in strook onder LW aan(af)gevoerd zand, cumulatief
- totale trend onder + boven LW(somtrend), zonder correctie

Trend deel boven LW: 3.88 m³/m/j
Trend deel onder LW: 56.41 m³/m/j
Somtrend: 60.3 m³/m/j

4.25 Strook 24 (secties 109-112) : kustdeel “Oostende-Centrum-West” (Groot Strand)

Motivering van de strook : ze valt samen met het kustdeel “Oostende-Centrum-West”. Dit is het Groot Strand waar de zeedijk landwaarts terugspringt en het strand veel breder is dan ten oosten en westen. Op dit brede strand wordt vaak eolisch aangevoerd zand gevangen, dat nadien d.m.v. bulldozers wordt uitgespreid en gedeeltelijk herverdeeld naar de secties ten westen. De hoeveelheden hierbij betrokken kunnen moeilijk geschat worden. Er kan wel vermoed worden dat de invloed op de volumebalans over vele jaren klein is. De secties kennen een gelijkaardige morfologische evolutie, maar sinds 1999 wordt enkel in sectie 109 zand aangevoerd, en de evolutie van sectie 112 wordt sterk meebepaald door de noodsuppletie en erop volgende aanvullende suppleties in Oostende-Centrum. Deze suppleties reiken immers net tot in sectie 112, ten westen van het casino. Omwille van de sterk met de overige secties van het kustdeel gelijklopende volume-evolutie, werd ervoor geopteerd deze sectie bij de secties 109-111 te voegen voor de tijdsreeks.

strandsuppleties in de meer westelijke secties 103-108 komt nog tot in sectie 109. In 2010 werd een badstrandophoging uitgevoerd, in 2011 niet. De meest oostelijke sectie 112 is betrokken in de noodsuppletie van 2004 en sommige van de erop volgende aanvullingssuppleties van Oostende-Centrum. In 2004 werd 718.300 m³ aangebracht in de kuststrook van sectie 112 tot en met 117. Bij deze suppletie waren strand- en vooroevermetingen beschikbaar onmiddellijk voor en na de werken. Het aandeel aangebracht in sectie 112, rekening houdend met een “efficiëntie” van 86 % (zie toelichting bij de volgende kuststrook), kan op 77.300 m³ geraamd worden. Dit volume strekt zich, wat betreft horizontale volumeschijven, uit op het strand en de vooroever, de zone onder TAW + 1,39 m. In Oostende-Centrum was voor de suppletie vrijwel geen strand aanwezig en was meer dan de helft van de suppletie een aanvulling van het hoogste deel van de vooroever (zie volgende strook).

(23.200 m³) wordt geteld als aanvoer op de vooroever. De opname van de vooroever had op 6 april 2004 plaats en valt net vóór de aanleg van de onderwaterberm. De volumetoename in de gecorrigeerde volumereeks wordt echter toch reeds bij de opname 2004 in rekening gebracht, omdat de eerstvolgende vooropname pas deze van 2007 is.

Er werd ook op de vooroever een berm aangelegd, zie bij de volgende kuststrook. Deze berm strekte zich niet uit tot in de strook tot sectie 112.

In 2005 werd in secties 113-117 een aanvulling verricht met 159.000 m³ (zie aldaar).

In 2006 werd in sectie 117 een aanvulling verricht (zie aldaar).

In 2007 werd aan aanvulling uitgevoerd in de strook van sectie 112 tot en met 116. Het aandeel aangebracht in sectie 112 kan geraamd worden op basis van de kustlengte ($x345/1039$) op 43.000 m³. Dit volume werd echter grotendeels pas aangebracht na de meetvlucht van 3 juni 2007 en wordt daarom pas verrekend bij de meetvlucht van 2008.

Van de aanvullingen in 2005-2007 kan aangenomen worden dat ze zich volledig in de zone boven TAW + 1,39 m uitstrekten. In 2008 werd een “grote strandsuppletie” uitgevoerd (aanvoer met schepen) van 70.000 m³ in de strook van sectie 112 tot en met 117. Op basis van de kustlengte en rekenend met een rendement van 85 % bedraagt de aanvoerhoeveelheid in sectie 112 $70.000 \text{ m}^3 \times 0,85 \times 345 \text{ m} / 1317 \text{ m} = 15.600 \text{ m}^3$. Op basis van de opeenvolgende hoogtekarten wordt aangenomen dat 90 % van de suppletie in de zone boven LW terecht kwam (+14.000 m³) en 10 % in de zone onder LW (+1.600 m³).

In 2009, 2010 en 2011 werd in sectie 112 geen zand aangevoerd, wel in de aangrenzende secties 113-117.

Jaar	Plaats	Zeezand (m ³)	Strandzand (m ³)	Opvoer/aanvoer in gedeelte boven 1,39 m (m ³)
juni 1999	sectie 109	4029	0	4000
eind 1999	sectie 109	3784	0	3800
2000	sectie 109	1052	0	1100
2001	sectie 109	6475	0	6500
2002	sectie 109	5275	0	5300
2003	sectie 109	6112	0	6100
2004	sectie 109	5028	0	5000
2005	sectie 109	6384	0	6400
2006	sectie 109	6500	0	6500
2007	sectie 109	0	0	0
2008	sectie 109	0	0	0
2009	sectie 109	0	0	0
2010	sectie 109	12100	0	12100
2011	sectie 109	0	0	0

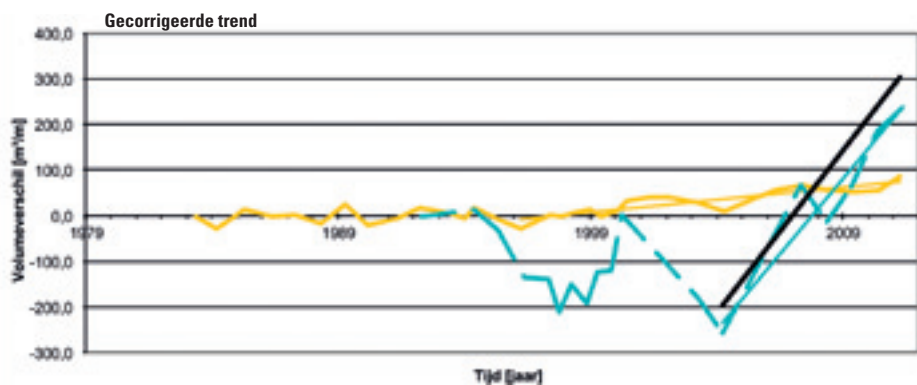
De cijfers zijn verzameld door de afdeling Kust. Het cijfer voor eind 1999 komt pas morfologisch tot uiting bij de opname van 2000 en wordt in dat jaar verrekend. In 2008 en 2009 werden geen badstrandophogingen uitgevoerd in sectie 109, enkel de aansluiting met het bestaande profiel van de kleine

In sectie 112 kunnen we het gedeelte aangebracht boven +1,39 m TAW op 70 % ramen en onder dat hoogtevlak op 30 % (in deze sectie was al een vrij breed strand aanwezig vóór de suppletie). Aldus kan het aangevoerde volume voor het deel boven LW hier geraamd worden op $77.300 \text{ m}^3 \times 70 \% = 54.100 \text{ m}^3$. De overige 30 %

Morfologische evolutie : de waargenomen evolutie van het deel boven LW is stabiliteit tot 1996 (trend 0) en vanaf dan een vrij grote groei met gemiddeld $+17 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$. Corrigeert men voor de hoeveelheden zandaanvoer dan is de trend $+5 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$. Opmerkelijk is dat de gecorrigeerde aangroei al startte rond 1996. Wellicht ontving het Groot Strand zand van het naburige Mariakerke, waar al jarenlang vrij veel zand wordt aangevoerd. Volgend op de suppletie van 2004 trad een vrij grote natuurlijke aanvoer (uitspreiding vanuit Oostende-Centrum) richting west naar secties 110 en 111 op; dit kan men opmaken uit de differentiële hoogtekaarten.

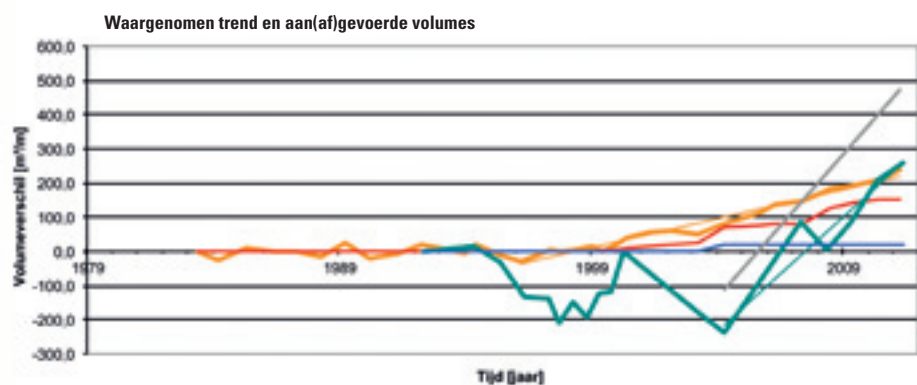
Deze evolutie vertaalt zich in de aangroei boven de aangevoerde hoeveelheden vanaf 2005. De gecorrigeerde tijdreeks voor deze kuststrook is moeilijk te interpreteren, omdat de aanvoer zeer ongelijk was in de verschillende secties. Alles bijeen is echter wel duidelijk dat de aangroei sinds 1996 voor ongeveer $2/3$ verklaard kan worden door aanvoerwerken in de kuststrook zelf en voor ongeveer $1/3$ door uitspreiding uit aangrenzende gesuppleerde stroken. Het deel onder water kende in volume grote schommelingen voor 2004. Er is een trend van $-18 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$, maar deze is niet significant. Tussen 2004 en 2011 trad een grote aangroei op ($+66 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$). In 2007

bevond zich een smalle aangroeistrook in het verlengde van de vooroeverberm in sectie 112. Ook was er sinds 2004 verspreide aangroei op de zeebodem opgetreden. In 2011 is er vrij veel aangroei te merken op het deel van de vooroever net onder laagwaterlijn, aansluitend bij maar ook ten westen van de zone van de noodsuppletie. Maar ook op de verdere zeebodem, op 1 km van de laagwaterlijn, is er in een brede zone verticale aangroei, vaak met 0,5 m, opgetreden na 2004. Er lijkt hier aanvoer uit de verschillende suppletiezones op het strand, met in het bijzonder de noodsuppletie, te zijn opgetreden.



- volumeverandering strook boven LW met correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook boven LW met correctie volumes aan(af)voer
- volumeverandering strook onder LW met correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook onder LW met correctie volumes aan(af)voer
- totale gecorrigeerde trend onder + boven LW(somtrend)

Trend deel boven LW: $5.43 \text{ m}^3/\text{m}/\text{j}$
 Trend deel onder LW: $66.12 \text{ m}^3/\text{m}/\text{j}$
 Somtrend: $71.54 \text{ m}^3/\text{m}/\text{j}$



- volumeverandering strook boven LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook boven LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- volumes in strook boven LW aan(af)gevoerd zand, cumulatief
- volumeverandering strook onder LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook onder LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- volumes in strook onder LW aan(af)gevoerd zand, cumulatief
- totale trend onder + boven LW(somtrend), zonder correctie

Trend deel boven LW: $17 \text{ m}^3/\text{m}/\text{j}$
 Trend deel onder LW: $66.35 \text{ m}^3/\text{m}/\text{j}$
 Somtrend: $83.35 \text{ m}^3/\text{m}/\text{j}$

4.26 Strook 25 (secties 113-117) : kustdeel “Oostende-Centrum” (Casino tot en met Klein Strand)

Motivering van de strook : ze valt samen met het kustdeel “Oostende-Centrum”. Historisch was hier vrijwel geen strand aanwezig, in feite reikte de vooroever tot de zeedijk. Sectie 113 omvatte nog een stukje van het Groot Strand nabij het casino, waar wel een droogblijvend, hoger gelegen stranddeel aanwezig is. Sectie 117 is het Klein Strand, waar vaak eolisch aangevoerd zand voor overlast zorgt op de aangrenzende wandelwegen. Het overtollige zand wordt uitgespreid over het lagere deel van het strand. Hier hebben nooit badstrandophogingen plaatsgevonden. Op de zeebodem van deze kuststrook bevond zich de toegangseul naar de haven van Oostende. Voor het behoud van de vaardiepten was onderhoudsbaggerwerk nodig. Dit gebeurde rond 2000 met de emmerbaggermolen “Volkracht II” onder de bevoegdheid van de afdeling Maritieme Toegang. Alle specie werd gestort op zee, op de loswal “Bruggen en Wegen Oostende”. In 2009 – begin 2010 werd de nieuwe eul gebaggerd, die meer oostelijk gelegen is in sectie 118. De oude eul werd na de ingebruikname aan haar lot overgelaten, zodat zij op natuurlijke wijze kan dichtsedimenteren. Ook voor de nieuwe vaargeul is onderhoudsbaggerwerk nodig.

In 2004 werd het “noodstrand” aangelegd, dat Oostende-Centrum een beter niveau van veiligheid wat betreft zeekering biedt. Middels opspuiting van een zand-water mengsel werd een nat- en droogstrand gecreëerd. Hierbij werd 718.300 m³ aangebracht in de kuststrook van sectie 112 tot en met 117. In het kader van het project “INSHORE” voor de afdeling Kust werd een gekoppeld 5x5 m-hoogtemodel gemaakt met metingen, uitgevoerd net vóór en net na de aanleg van de strand- en vooroeversuppletie.

De meting vóór de werken (T0) werd opgebouwd uit

- ▶ een opmeting gedaan op het strand tussen 1 en 15 april 2004 in secties 113 tot 117;
- ▶ de voorjaarsloding van vooroever en zeebodem in dit gedeelte van de kust uitgevoerd op 1 en 2 april 2004;
- ▶ de rest van het droogvallende strand werd overgenomen uit de laserscanopname van 17 april 2004.

De meting na de suppletie (Te) werd opgebouwd uit

- ▶ een opmeting gedaan op het strand en in de zone van de vooroeversuppletie tussen 1 en 15 juni 2004 in secties 112 tot 117;
- ▶ de rest van vooroever en zeebodem werd aangevuld met de vooroeverloding uitgevoerd op 1 en 2 april 2004;
- ▶ de rest van het droogvallende strand werd overgenomen uit de laserscanopname van 17 april 2004.

Er werd niet (volledig) gemeten in sectie 112 bij de nameting. Een “efficiëntie” kan dus enkel geraamd worden in de strook van secties 113 tot 117. Hiertoe werd aangenomen dat het gesuppleerde deel in sectie 112 een lengte van 278 m en in secties 113-117 een lengte van 972 m hadden (totale lengte van de suppletie 1250 m). Op basis van het lengte-aandeel zou dan 78 % van het opgespoten zand in de strook van secties 113-117 terecht gekomen zijn. Maar het profiel werd in secties 113-117 veel sterker verzaamd dan in sectie 112, dat de aansluiting naar het bestaande strand bevat. Er wordt daarom aangenomen dat per meter kustlengte in secties 113-117 tweemaal zoveel zand werd opgespoten als in sectie 112. Op basis van die aanname is van het opgespoten zand 87,5 % of 628.500 m³ in de onderhavige strook aangebracht. De gemeten toename (Te – T0) is 540.725 m³. Dit levert een efficiëntie op van 86 %. De in secties 113-117 gemeten volumetoename moet, wat betreft horizontale volumeschijven, verdeeld worden over strand en vooroever, de

zone onder TAW + 1,39 m. Op basis van fig. 2.1 in rapport RA05076 “Onderhoud noodsuppletie Oostende-Centrum 2005 – v2” kan het gedeelte boven 1,39 m geschat worden op 45 % van het volledige gerealiseerde profiel (zonder de vooroeverberm, zie figuur op p. 84). Aldus moet het aangevoerde volume hier geraamd worden op 540.725 m³ x 45 % = 243.300 m³ voor het strand en (x 55 %) 297.400 m³ voor de vooroever. De meetvlucht van 2004 (17 april) had echter plaats voor de aanvang van de suppletie. Daarom wordt het aangebracht volume voor het deel boven LW pas als aanvoer gerekend bij de meetvlucht van 2005. Voor het deel onder LW wordt echter wel de opname van 2004 aangevuld, omdat de eerstvolgende opname pas die van 2007 is.

Op de vooroever werd een berm aangelegd met grof zand. Er werd 145.000 m³ zand gedumpt. De Te-T0 kaart toont een toename met 113.200 m³. Hieruit kan men een efficiëntie van 78% afleiden. Er is geen hoogtemodel gemaakt in deze trendbepaling voor de toestand net na de aanleg van de noodsuppletie en de onderwatersuppletie. Het is echter mogelijk om een volumepunt in de tijdreeks met volumes tussen te voegen, waarbij op het einde van de zandaanvoerwerken (30 juni 2004) het “waargenomen” volume gelijk is aan het volume net voor de suppletie (17 april 2004 voor de laserscanningopname en 6 april 2004, gemiddelde datum voor de vooroeverloding) plus de gemeten toename, zoals hierboven vermeld. In de tabel met de volumereeks voor strook 25 werden deze beide geconstrueerde waarden in cursief geplaatst. Op die manier kan een correctere trend na de aanleg van de noodsuppletie worden berekend. Inderdaad, zonder dit extra punt zou alle toevoer op het gedeelte boven LW pas in 2005 geteld worden, terwijl er inmiddels reeds afslag en aanvullingen gebeurden. Voor het gedeelte onder LW zijn er geen metingen beschikbaar tussen 2004 en 2007, zodat het onduidelijk zou zijn waar men de aanvoer dan dient af te rekenen van de gemeten

waarden om een gecorrigeerde tijdreeks te verkrijgen.

In 2005 werd in secties 113-117 een aanvulling verricht met 159.000 m³.

In 2006 werd in sectie 117 een aanvulling verricht met 34.300 m³.

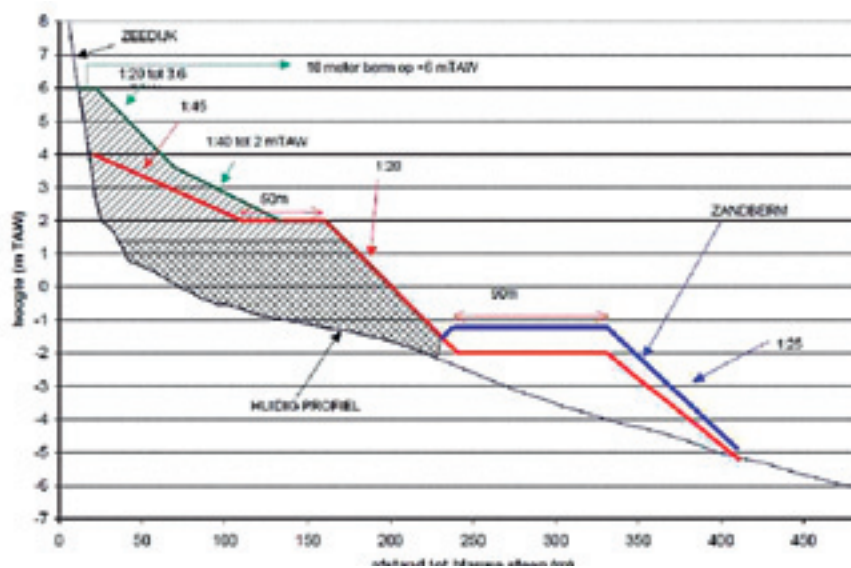
In 2007 werd aan aanvulling uitgevoerd in de strook van sectie 112 tot en met 116, in het totaal met 136.200 m³. Het aandeel aangebracht in secties 113-116 kan geraamd worden op basis van de kustlengte ($\times 748/1039$) op 93.200 m³. Dit volume werd echter grotendeels pas aangebracht na de meetvlucht van 3 juni 2007 maar toch wordt ook hier het volume al geplaatst bij de meetvlucht van 2007, om het onderscheid met de latere aanvullingen nog te kunnen maken.

Van de aangebrachte hoeveelheden in 2005-2007 kan verondersteld worden dat ze volledig in de zone hoger dan TAW + 1,39 m plaatsvonden.

In 2008 werd een "grote strandsuppletie" uitgevoerd (aanvoer met schepen) van 70.000 m³ in de strook van sectie 112 tot en met 117. Op basis van de kustlengte en rekenend met een rendement van 85 % bedraagt de aanvoerhoeveelheid in sectie 113-117 $70.000 \text{ m}^3 \times 0,85 \times 972 \text{ m} / 1317 \text{ m} = 43.900 \text{ m}^3$. Op basis van de opeenvolgende hoogtekarten wordt aangenomen dat 90 % van de suppletie in de zone boven LW terecht kwam (+39.500 m³) en 10 % in de zone onder LW (+4.400 m³). In 2008 werd tevens 5629 m³ zand verplaatst van sectie 117 (Klein Strand) naar de droogstrandberm van secties 113-116. Deze verplaatsing binnen de kuststrook beïnvloedt de volumes van de strook in zijn geheel niet.

Ook in 2009 werd 12.800 m³ zand verplaatst van sectie 117 (Klein Strand) naar de droogstrandberm van secties 113-116. Deze verplaatsing binnen de kuststrook beïnvloedt de volumes van de strook in zijn geheel niet.

In 2010 werd in secties 113-117 een grote strandsuppletie verricht, waarbij 71.850 m³ werd opgespoten. We rekenen telkens met een "efficiëntie" van 85 % en komen zo op een aanvoer van 61.100 m³. Ook hier schatten we op basis van de hoogtekarten



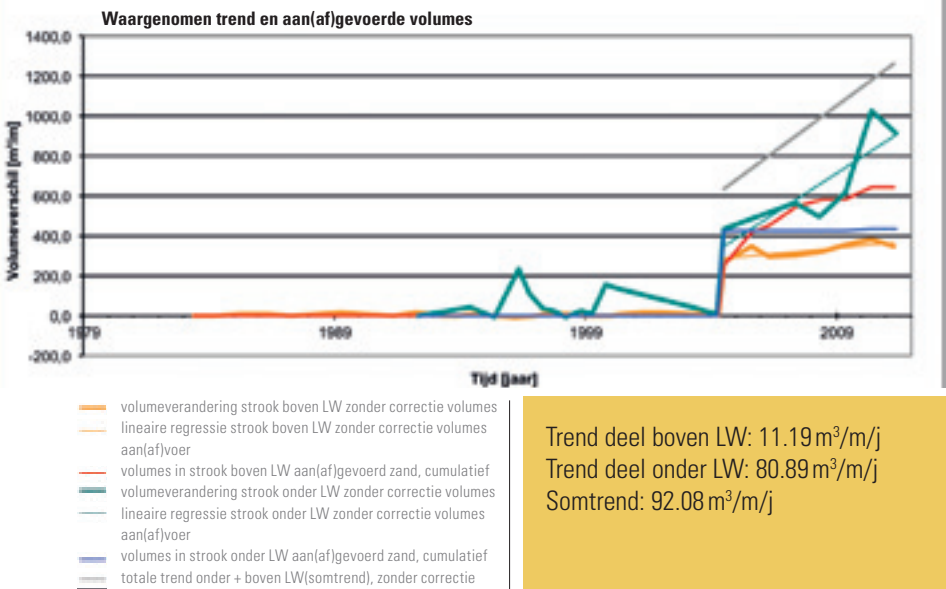
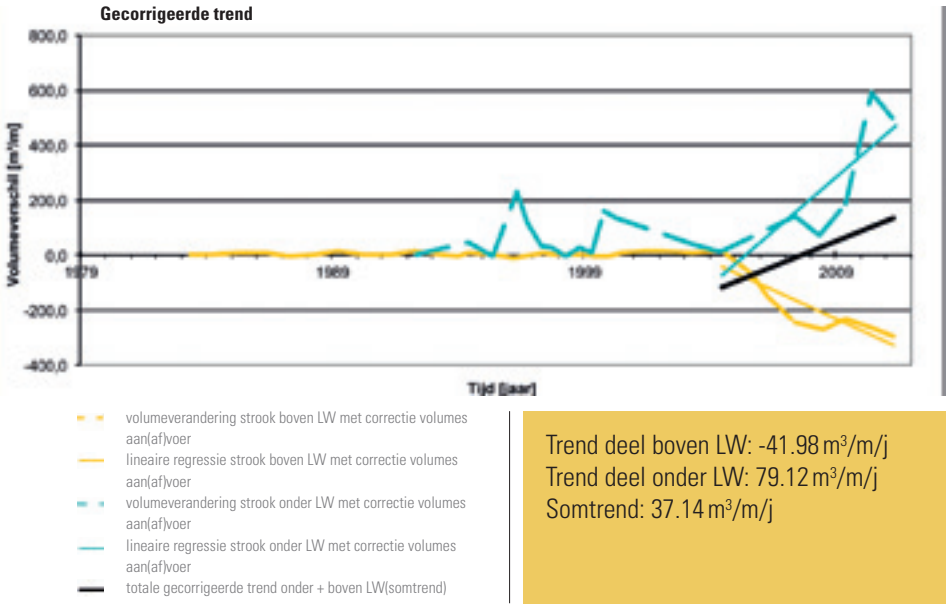
Het gedeelte van de noodsuppletie boven TAW + 1,39 m (enkel gearceerd) kan geraamd worden op 45 % van het totaal volume van de noodsuppletie (enkel en dubbel gearceerd).

dat 90 % (+55.000 m³) boven en 10 % onder LW (+6.100 m³) is aangebracht.

In oktober-december 2011 werd nogmaals in secties 113-117 een grote strandsuppletie uitgevoerd, waarbij 229.840 m³ werd opgespoten. We kunnen ook ditmaal rekenen met een efficiëntie van 85 %. Deze aanvoer had plaats na de opname van 2011.

Morfologische evolutie : de waargenomen evolutie van het deel boven LW is stabiliteit tot 2003 (trend 0). Deze "stabiliteit" is louter een technische beschrijving van de evolutie van de kleine stukjes strand; in werkelijkheid bestond er vrijwel geen strand boven 1,39 m. Het deel onder LW evolueerde eveneens stabiel (+4 m³/m/jaar). Er waren wel grote schommelingen in volume tussen de opeenvolgende opnames. Na de noodsuppletie kende het deel boven LW een lichte aangroei (+11 m³/m/jaar), ondanks de grote bijna jaarlijkse aanvullingen. De gecorrigeerde trend over de periode 30 juni 2004-2011 is -42 m³/m/jaar. Dit is een afslagritme vergelijkbaar met de suppleties in Knokke-Zoute. De evolutie van vooroever en zeebodem is nog drastischer. De waargenomen trend over de periode 30 juni 2004-2011 is +81 m³/m/

jaar en de gecorrigeerde trend +79 m³/m/jaar. De differentiële hoogtekarten tonen waar de aangroei optrad : aanvankelijk ter hoogte van de vooroeverberm en de zone tussen de laagwaterlijn en de vooroeverberm (dit deels ingevolge de aanleg en deels ingevolge natuurlijke herverdeling van het zand van de noodsuppletie en de eerste aanvullingen). Bij de opname van 2011 blijkt alle materiaal tussen de laagwaterlijn en de berm nog ter plaatse te zijn. De berm is omzeggens verdwenen in secties 113 en 114, dus aan de westzijde. De berm is ook wat uitgespreid in de zone naar het diepere, vooral in secties 115 en 116. Dieper in zee, op meer dan 1 km van de laagwaterlijn, heeft de zeebodem tussen 2007 en 2011 een belangrijke aangroei gekend in een uitgestrekte zone. De bodem is er op vele plaatsen een halve meter ondieper geworden. Ten slotte moet ook gemeld dat de vaargeul zeer belangrijke sedimentatie vertoont. Dit is wel het gevolg van het stopzetten van het onderhoudsbaggerwerk in de oude vaargeul naar de haven van Oostende, maar de sedimentatie is van nature opgetreden. En ook de zone waar de nieuwe westdam komt, ligt in 2011 veel ondieper dan voorheen.



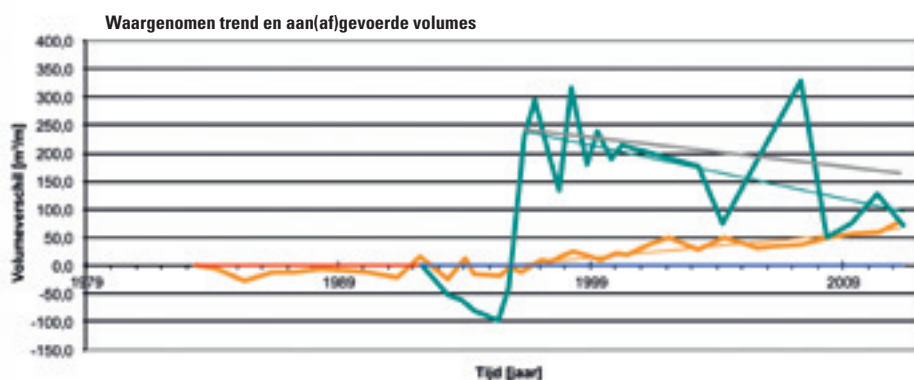
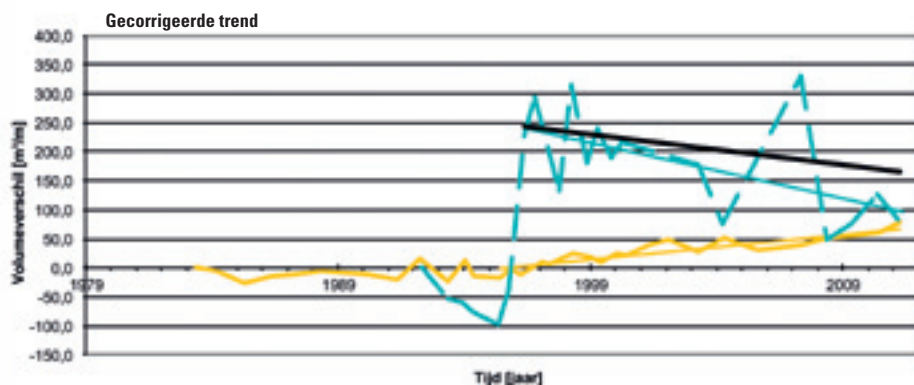
4.27 Strook 26 (secties 119-121) : Oostende ten oosten van de havengeul

Motivering van de strook : de secties van deze strook stemmen overeen met het kustdeel "Oostende-Oost". Enkel de sectie 118 is uit de strook weggelaten. Deze sectie maakt sinds het verbreden van de haventoeegang deel uit van de havengeul en bevat nauwelijks nog een strand. De andere secties hebben geen "duin" zone voor de zeedijk.

Hoewel de havengeul regelmatig gebaggerd wordt, is in deze strook nooit zand van baggerwerken opgespoten. Er zijn geen badstrandophogingen in deze kuststrook.

Morfologische evolutie : de volumes in het deel boven LW in deze kuststrook waren constant tot 1995, waarna er een lichte aangroei van $+4 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$ wordt waargenomen. De reden voor deze verandering is niet bekend. Er is geen trendverandering te bespeuren die zou kunnen worden gecorreleerd met de suppletiewerken in Oostende-Centrum sinds 2004. Het deel onder LW kent belangrijke schommelingen in volume. Op de opeenvolgende differentiële hoogtekaarten is te zien dat

dit verband houdt met de geul naar de haveningang, en mogelijke stortingen van baggerspecie ten oosten van de geul, in deze kuststrook. Er trad een belangrijke toename in zeebodenvolume op in de winter 1995-1996. Hiervoor hebben we geen verklaring. Ook navraag bij Peter De Wolf en de afdeling Maritieme Toegang (Luc Van Damme) leverde geen verklaring op. Weliswaar hadden voor 1996 de grote suppletiewerken tussen Bredene en Wenduine plaats, maar het is moeilijk voorstelbaar dat deze een grote en plotse aanvoer op de zeebodem in Oostende-Oost zouden hebben veroorzaakt. Nadien is er overwegend een lichte, niet-significante afslagtrend van $-9,5 \text{ m}^3/\text{m}/\text{j}$. Vooral de zeebodem is aan erosie onderhevig. De aanleg van de nieuwe Oostdam van de haven van Oostende heeft weliswaar sedimentatie (mogelijk uitgaand van gestort zand, in 2009, bij de aanleg van de dam) in een kustparallelle strook ten oosten van de dam veroorzaakt, maar tegelijk is de erosie zeewaarts van de nieuwe dam toegenomen. Lokaal is er tot iets minder dan een meter uitdieping t.o.v. 1997.



4.28 Strook 27 (secties 122-125) : Bredene-West

Motivering van de strook : deze kuststrook komt overeen met het kustdeel "Bredene-West". Secties 122-124 hebben een zeedijk en er is geen "duin"zone zeewaarts van de zeedijk. Sectie 125 heeft een duinaanzet. Er worden badstrandophogingen uitgevoerd in sectie 124 (de meest oostelijke 250 m van deze sectie) en sectie 125 en verder naar het oosten. De aanwas van de volumes doet zich dan ook vooral in secties 124 en 125 voor.

De volgende tabel geeft een overzicht van de volumes betrokken bij de badstrandophogingen en de verdeling ervan

over de kuststroken berekend op basis van de kustlengte. Hierbij werd voor sectie 124 rekening gehouden met het feit dat in deze sectie slechts gedeeltelijk, palend aan sectie 125, aanvoer gebeurt. Voor 2000-2002 zijn geen cijfers bewaard. Er werd een redelijke aanname gedaan van het aangevoerde volume zeezand. Voor 2000-2003 is de zone waar de aanvoer verricht werd, niet bewaard. Er werd redelijkerwijze verondersteld dat dit in de secties 124-129 was, dezelfde zone als in de jaren erna. In sectie 129 werd vanaf 2004, en vermoedelijk ook vanaf 2000,

slechts in de oostelijke 75 m van de 252 m kustlengte zand aangebracht. Ook hiermee werd rekening gehouden bij de verdeling over de kuststroken.

Voor de onderhavige kuststrook kan het totaal volume aangevoerd over de hele periode en rekening houdend met de herverdeling binnen het profiel voor de perioden waarin strandzand werd gewonnen nabij de laagwaterlijn op ruim 100.000 m³ geraamd worden.

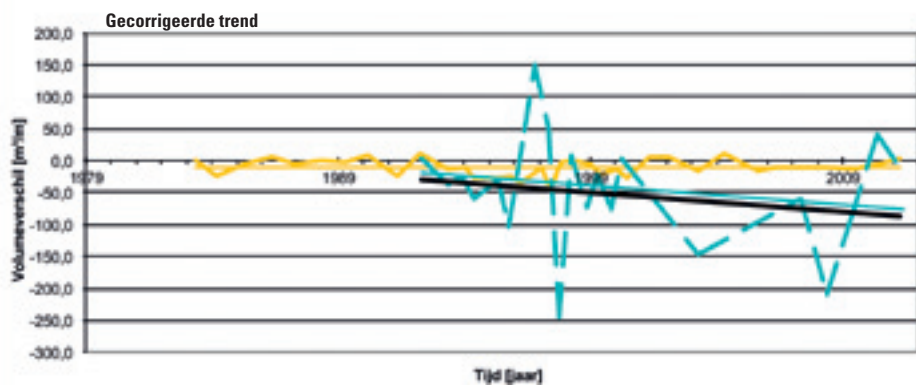
Jaar	Plaats	zeezand (m ³)	strand-zand (m ³)	Gedeelte aangevoerd boven LW in secties 124-125	Gedeelte afgevoerd onder LW in secties 124-125	Gedeelte aangevoerd boven LW in secties 126-131	Gedeelte afgevoerd onder LW in secties 126-131	Gedeelte aangevoerd boven 1,39 m in secties 132-133	Gedeelte afgevoerd onder LW in secties 132-133
1990	secties 125-127, 129, 131	7378		1600		5800			
1992	secties 124-127, 131		13910	2900	-2900	4100			
1993	secties 124-128		31040	6400	-6400	9100			
1994	secties 124-131		44956	5900	-5900	16600			
1995	secties 124-133		72921	7700	-7700	21600	-21600	7200	-7200
1996	secties 124-132		34746	4000	-4000	11300	-11300	2100	-2100
1997	secties 124-131		40998	5400	-5400	15100	-15100		
1998	secties 125-130	19294		3500		15800			
1999	secties 125-127	17681		6400		11300			
2000	secties 124-129	15000		5900		9100			
2001	secties 124-129	15000		5900		9100			
2002	secties 124-129	15000		5900		9100			
2003	secties 124-129	10814	5684	5300	-1100	8400	-2500		
2004	secties 124-129	14951		5900		9100			
2005	secties 124-129	22040		8600		13400			
2006	secties 124-129	18203		7100		11100			
2007	secties 124-129	24856		9700		15200			
2008	secties 124-129	31445		11400		20000			
2009	secties 124-129	34974		12700		22300			
2010	geen ophoging	0	0						
2011	secties 124-128	32090		13400		18690			

Bron : rapport 2004.111 voor 1990-1999; redelijke aanname voor 2000-2002; afdeling Kust, voor 2003-2011.

Morfologische evolutie : de waargenomen tijdreeks van het deel boven LW toont constante volumes over de periode 1983-1997, gevolgd door een toename over 1997-2011 met gemiddeld $+6 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$. De badstrandophogingen begonnen reeds in 1990 en toen werd er geen aangroei in deze kuststrook waargenomen. Wellicht werden de ophogingen aanvankelijk curatief doorgevoerd, om stormafslag te compenseren. Vanaf 1998 houdt de waargenomen aangroei ongeveer gelijke tred met de zandaanvoer. De gecorrigeerde

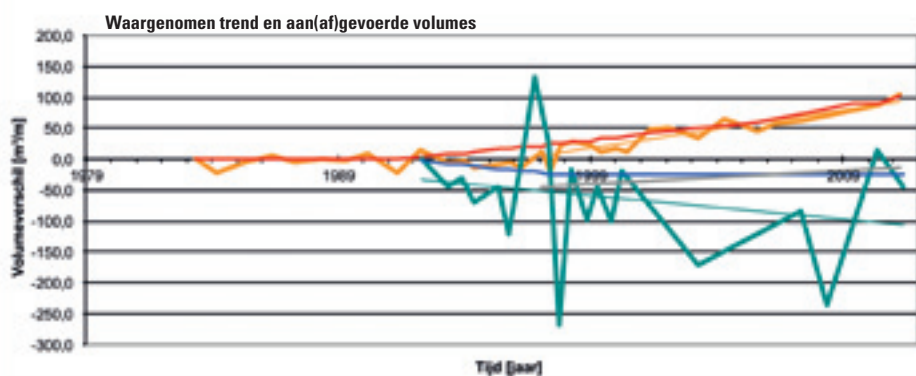
tijdreeks van het deel boven LW toont een constante evolutie (trend 0). De aangroei in de kuststrook wordt volledig door de zandaanvoerwerken verklaard. Het deel onder LW vertoont grote schommelingen. De algehele trend is negatief, $-3 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$, maar het cijfer is niet significant. Het globale cijfer verbergt verschillen per zone. Het volume van de zeebodem kende in deze kuststrook een eenmalige piek in 1996. Mogelijk heeft hier eenmalige doorvoer richting Oostende-Oost plaatsgevonden vanuit de zone met grootschalige zandaanvoerwerken tussen Bredene en

Wenduine, hoe onwaarschijnlijk dit ook klinkt (zie ook vorige kuststrook). Tot enkele jaren geleden was er een strook op de vooroever, overeenkomend met de helling naar de getijgeul Kleine Rede, erosief. Deze trend is gekeerd sinds 2009. Dit heeft te maken met de uitbouw van de Oostdam van Oostende. Tegelijkertijd is er een aangroeizone, parallel met de kust, verschenen op ongeveer 400 m van de laagwaterlijn. Nog verder zeewaarts kent de geulbodem van de getijgeul Kleine Rede de laatste jaren erosie. Lokaal bedraagt de uitdieping t.o.v. 1997 tot een halve meter.



- volumeverandering strook boven LW met correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook boven LW met correctie volumes aan(af)voer
- volumeverandering strook onder LW met correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook onder LW met correctie volumes aan(af)voer
- totale gecorrigeerde trend onder + boven LW(somtrend)

Trend deel boven LW: $-0.02 \text{ m}^3/\text{m}/\text{j}$
 Trend deel onder LW: $-3.02 \text{ m}^3/\text{m}/\text{j}$
 Somentrend: $-3.04 \text{ m}^3/\text{m}/\text{j}$



- volumeverandering strook boven LW zonder correctie volumes
- lineaire regressie strook boven LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- volumes in strook boven LW aan(af)gevoerd zand, cumulatief
- volumeverandering strook onder LW zonder correctie volumes
- lineaire regressie strook onder LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- volumes in strook onder LW aan(af)gevoerd zand, cumulatief
- totale trend onder + boven LW(somtrend), zonder correctie

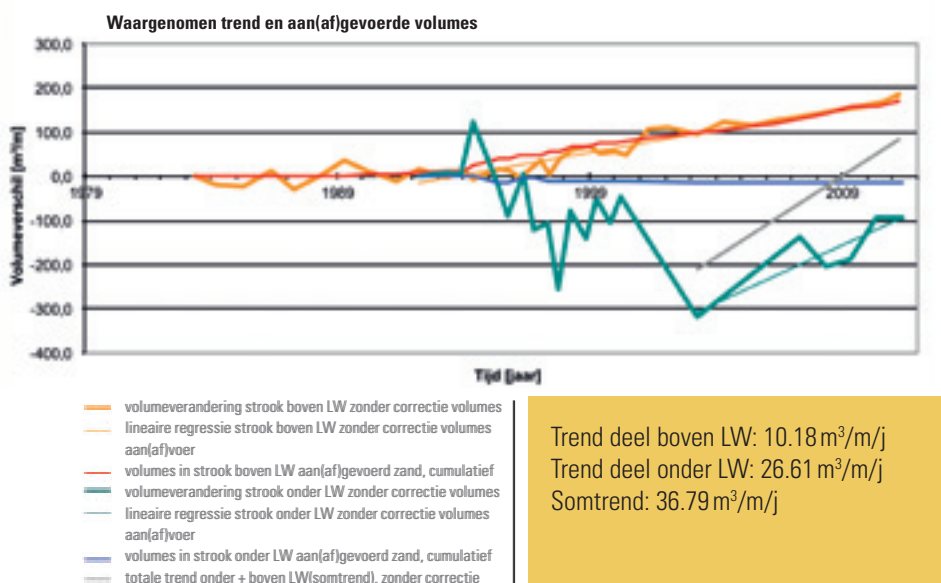
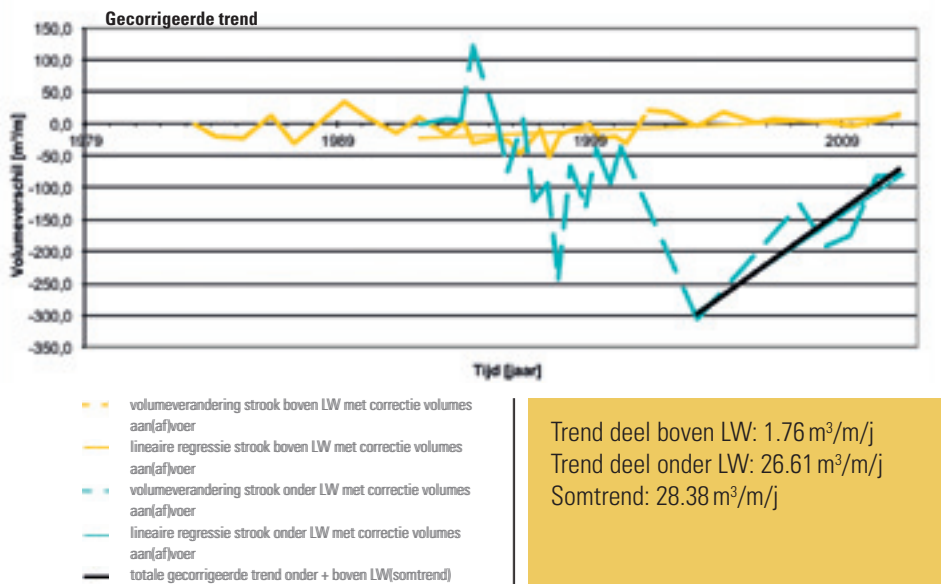
Trend deel boven LW: $6.12 \text{ m}^3/\text{m}/\text{j}$
 Trend deel onder LW: $-3.85 \text{ m}^3/\text{m}/\text{j}$
 Somentrend: $2.28 \text{ m}^3/\text{m}/\text{j}$

4.29 Strook 28 (secties 126-131) : Bredene-Oost

Motivering van de strook : deze strook stemt overeen met het kustdeel "Bredene-Oost". Hier worden sinds 1990 badstrandophogingen uitgevoerd. Meestal blijkt dit nodig te zijn in de meest westelijke secties van het kustdeel, hoewel soms alle secties betrokken werden, en soms zelfs nog de secties van het aangrenzende kustdeel "Hippodroom". De hoeveelheden betrokken bij de badstrandophogingen staan in de tabel

bij strook 27 (122-125). Hier staat ook het aandeel dat in deze kuststrook werd aangebracht. De totale hoeveelheid aangevoerd in het kustdeel, rekening houdend met herverdelingen binnen het profiel ingevolge het opvoeren van strandzand, wordt aldus geraamd op ruim 200.000 m³ sinds 1990. Sectie 131 was ook nog betrokken bij de aanleg van een onderwatersuppletie (fase 2a) op ongeveer 300 m zeewaarts van de

laagwaterlijn in 1995-1996. De volledige gegevens en aannames over de bepaling van de volumetoename op de vooroever vindt men bij de volgende kuststrook. Volgens de betrokken kustlengte kan men berekenen dat er tussen de koppelingen najaar 1995 en voorjaar 1996 30.100 m³ werd aangebracht.



Morfologische evolutie :

de waargenomen tijdreeks van het deel boven LW was constant tot 1992 en kent nadien een aangroei-trend met $+10 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$.

De aangroei is volledig het gevolg van de zandaanvoer. Rekent men deze uit de cijfers, dan is er enkel nog een zeer licht stijgende trend van $+1,8 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$ sinds 1992.

De periode met de sterkste groei volgde met enkele jaren vertraging op een verhoging in de inspanningen om zand aan te voeren met badstrandophogingen. Men kan hieruit, zoals voor Bredene-West, afleiden dat de eerste badstrandophogingen een "noodingreep"

waren om afslag bij stormen in 1989 en het begin van de jaren 1990 te herstellen.

De aangroei-periode volgt echter ook op de grote suppleties in de kustdelen ten oosten van Bredene en men mag ook enige natuurlijke spreiding westwaarts vanuit de gesuppleerde zones veronderstellen. Dit effect nam af na 2001.

Over het geheel genomen dient heel de aangroei van het zandvolume in deze kuststrook toegeschreven te worden aan de zandaanvoerwerken.

Het deel onder LW kende een erosietrend tussen 1992 en 2003 (-26 en, gecorrigeerd voor de afvoer van zand nabij de laagwaterlijn, $-22 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$). Het volume

van de zeebodem kende in deze kuststrook een eenmalige piek in 1996. Mogelijk heeft hier eenmalige doorvoer richting Oostende-Oost plaatsgevonden vanuit de zone met grootschalige zandaanvoerwerken tussen Bredene en Wenduine, hoe onwaarschijnlijk dit ook klinkt (zie ook vorige twee kuststroken). Na 2003 is er een aangroei-trend : $+27 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$. Ruimtelijk gezien zijn er belangrijke verschillen. De zeebodem kende een dalende trend tot 2003. Vanaf 2009 is de aangroei-zone op 400 m van de laagwaterlijn, die gerelateerd wordt met de nieuw aangelegde Oostdam van Oostende, tot in deze kuststrook ontwikkeld. Hierbij is ook een sterk erosieve zone, die overeenkwam met de landwaartse flank van de getijgeul Kleine Rede, in omvang verkleind. Waarom de omslag in 2003 plaatsvond is moeilijk te zeggen, maar hadden er meer vooroeverlodingen plaatsgevonden, dan was misschien aan het licht gekomen dat de omslag later in de tijd optrad.

4.30 Strook 29 (secties 132-139) : Bredene-Hippodroom

Motivering van de strook : de secties van deze strook stemmen overeen met het kustdeel "Hippodroom". De secties kennen een gelijkaardige volume-evolutie en waren alle betrokken in de strandsuppletie van 1995.

In 1978-1980 werd langs de kust in secties 133-150 een Longardsysteem aangebracht. Het gedeelte in secties 133 tot halverwege sectie 142 dateert uit 1978. Bij de aanleg van dit gedeelte werd ook 558.230 m³ zand opgespoten. Deze aanvoer dateert van vóór de eerste meetvlucht voor de kuststrook. De Longardbuizen werden gedeeltelijk verwijderd in 1990 en 1993. Een ander deel is echter nog steeds aanwezig onder de suppletie van 1995-1996.

Er zijn beperkt badstrandophogingen uitgevoerd na de zware stormen van het begin van de jaren 1990. De hoeveelheden die aansluiten bij de badstrandophogingen van Bredene staan in de tabel bij de kuststrook 27 (122-125). Ze hebben enkel betrekking op de secties 132 en 133 in 1995 en sectie 132 in 1996.

Maar tevens waren in die stormenrijke periode dringende opvoerwerken noodzakelijk.

Zo werd in maart 1993 bij dringende noodzaak ca. 40.000 m³ zand opgevoerd van nabij de laagwaterlijn over ca. 3500 m kustlengte in secties 133-148. Het aandeel in deze kuststrook kan op basis van de kustlengte worden geraamd op $1131/3527 \times 40.000 / 2$ (deel beneden de laagwaterlijn) = 6.400 m³.

In december 1993 was opnieuw dringende opvoer noodzakelijk in de kuststrook vanaf de strandtoegang "Hippodroom" (sectie 134) tot de tunnel van het Zeepreventorium (sectie 149). Er werd ca. 20.000 m³ opgevoerd in de hier behandelde kuststrook, wat geraamd kan worden op een invoer in het sectievolumen van 10.000 m³.

Ongeveer eenzelfde hoeveelheid werd opgevoerd na de storm van 26-28 januari 1994.

In dit kustdeel en de vier volgende zijn gefaseerd strandsuppleties uitgevoerd. De aangevoerde hoeveelheden zijn bekend als "volumes in beun" = volume aanwezig in het ruim van de baggerschepen vóór het opspuiten.

Timing	Wat	Waar?	Kustlengte	Volume in beun (m ³)
feb-jul 1991 en dec91-mrt92	voedingsberm fase 1	secties 148-157	2170	661787
apr-mei 1992	strandsuppletie fase 1	secties 149-158	2200	794365
nov93-sep94 en okt-dec95	voedingsberm fase 2a	secties 131-148	4043	649128
nov94-nov95	strandsuppletie fase 2a	secties 132-149	3250	1439964
jan96-feb98	voedingsberm fase 2b	secties 158-169	2400	471493
mrt-okt96	strandsuppletie fase 2b	secties 157-172	3200	1002385
feb98-aug99	bijstorting voedingsberm	secties 132-150	4318	94989
mei-jun 2000	aanvullingssuppletie strand	secties 150-156	1200	260493

Voor alle suppleties wordt hier aangenomen dat het "rendement" (= volumetoename van het strand / volume aanwezig in beun voor de opspuiting) 0,85 bedraagt. Het destijds tengevolge van de suppletie gemeten rendement bedroeg 69 à 74 %. Dit lagere cijfer is het gevolg van verschillende factoren:

- ▶ de zetting van het zand op het strand
- ▶ het feit dat een deel van het zand uitspoelt en afgevoerd wordt in het water
- ▶ het feit dat een klein deel mogelijk onder de laagwaterlijn tot profielaanwas leidt
- ▶ het feit dat de voor- en nameting niet onmiddellijk voor en na de suppletie plaatsvonden. Intussentijd kan nieuwe erosie plaatsgevonden hebben

Bij de noodsuppletie in Oostende van 2004 werden voor- en nametingen verricht die beter bij de werken aansloten en werd gekubeerd in enkel de zone waar de suppletie plaatsvond. Het rendement bedroeg daarbij 86 %. Omdat de techniek hetzelfde is gebleven zullen we hier een gemiddeld rendement aannemen van 85 %. In de rapporten Kustmorfologie uit de jaren 1990 werd gesteld dat kuberingscijfers van de vooroever ook "aangroei van de hogere vooroever die gevolgd is op de strandsuppletie" omvatten. Er werd toen geen splitsing over horizontale schijven "duin", "droogstrand",

"natstrand" en "vooroever" uitgevoerd. De strandsuppleties beoogden essentieel het herstel van de duinvoet. Toch werd enige aangroei in de zone rond de laagwaterlijn veroorzaakt door de strandsuppleties. We nemen, op basis van eigen waarnemingen op het strand in die periode, aan dat bij de

fases 2a en 2b (1994-1996) 90 % van het aangevoerde zand in de volumeschijf boven het laagwatervlak en 10 % in de schijf onder het laagwatervlak terecht kwam. Bij fase 1 (1992) en de aanvullingssuppletie van 2000 in en nabij De Haan-Centrum kunnen we een verdeling 80 % - 20 % veronderstellen.

Ook de voedingsberm op de vooroever werd in fases aangelegd. Er werden schattingen verricht van de efficiëntie ten tijde van de aanleg, op basis van de laatste vooroeverloding voor en de eerste na de uitvoering van de diverse fases. De rendementscijfers lopen uiteen van 0,44 tot 0,85. De grote spreiding is toe te schrijven aan de slechte aansluiting van de lodingen bij de uitvoeringsfases. In het hoge cijfer 0,85, dat bepaald werd voor fase 1 in De Haan-Centrum, is ook een bijdrage van het deel van de strandsuppletie onder laagwaterlijn verrekend. In Oostende sloten de voor- en nametingen wel goed aan bij de aanleg van de voedingsberm en werden kuberingscijfers enkel gedaan in de zone zelf van de onderwatersberm. Hier vonden we een "rendement" van 78 %. We nemen voor de aanleg in de periode 1991-1999 aan dat het rendement ook telkens 78 % bedroeg. Het tijdstip van aanleg verschilt van plaats tot plaats omdat de aanleg gefaseerd en over verschillende jaren verliep, tussen 1991 en 1999. De fasen zijn gedocumenteerd en de spreiding

over de secties binnen de fasen wordt afgeleid uit de individuele grafieken van het vooroeervolume per sectie.

Bijgevolg komen we aan de hoeveelheden aanvoer (werkelijke toename op het oppervlak) bij de suppleties in deze kuststrook, weergegeven in de onderstaande tabel.

Het bij de strandsuppletie van 1995 aangevoerde zand kan geraamd worden op 529.900 m³, waarvan de secties 137 en 138 (of volgens de kustlengte 169.100 m³) reeds gerealiseerd werden in mei 1995 en de overige 360.800 m³ in secties 132-136 afgewerkt waren bij de meetvlucht van november 1995.

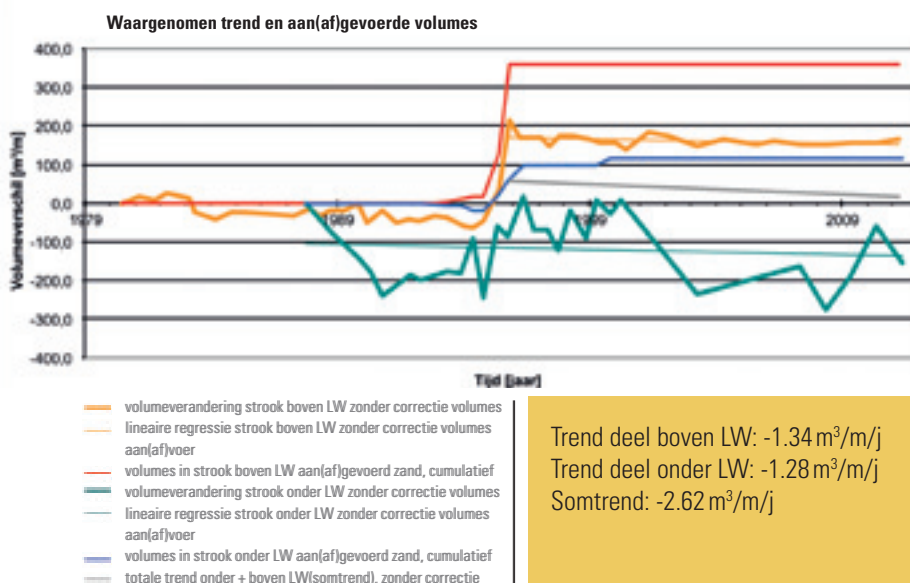
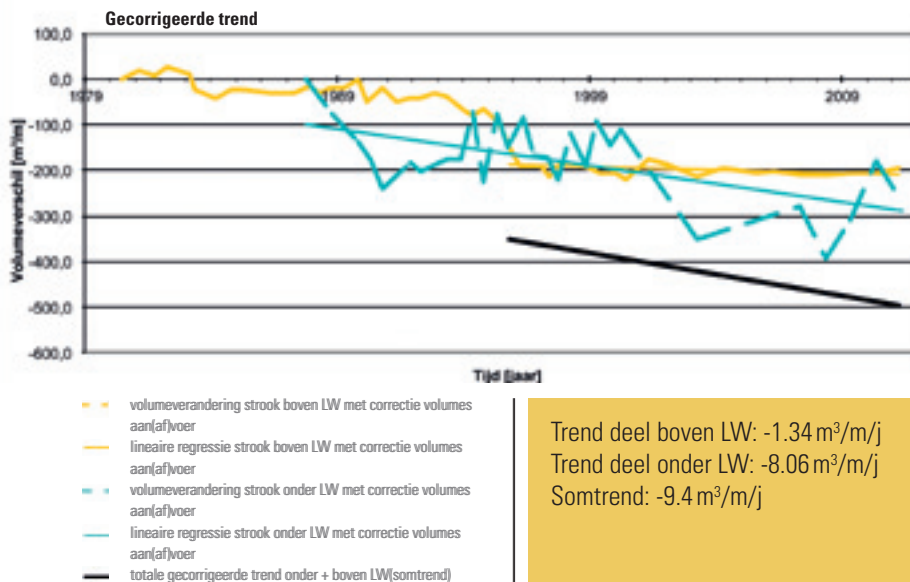
Het bij de aanleg van de voedingsberm aangevoerde zand kan geraamd worden op 176.200 m³. De stortingen vonden in secties 137-138 plaats tussen koppelingen najaar 1994 en voorjaar 1995, in secties 135-136 grotendeels tussen voorjaar 1995 en najaar 1996, en in secties 132-134 tussen de koppelingen najaar 1995 en voorjaar 1996. De volumetoename wordt daarom verdeeld in drie fases volgens deze tijdvakken. Na 1995 werd er geen zand meer aangevoerd.

Suppletie rond de haan : verdeling over de kuststroken			Kust-lengte [m]	Hoeveelheid [m ³] x rendement x kustlengte	Hoeveelheid [m ³] boven lw	Hoeveelheid [m ³] onder lw
Strook 126-131						
	voedingsberm fase 2a	sectie 131	240	30100		30100
Strook 132-138						
hele strook	strandsuppletie fase 2a		1407	529900		
	strandsuppletie fase 2a	sectie 137 en 138	449	169100	152200	16900
	strandsuppletie fase 2a	secties 132-136	958	360800	324700	36100
	voedingsberm fase 2a	secties 132-138	1407	176200		176200
	bijstorting voedingsberm	secties 132-138	1407	24100		24100
Strook 139-145						
hele strook	strandsuppletie fase 2a		1647	620300		
	strandsuppletie fase 2a	secties 139-144	1272	479100	431200	47900
	strandsuppletie fase 2a	secties 144-145	375	141200	127100	14100
	voedingsberm fase 2a	secties 139-145	1647	206300		206300
	bijstorting voedingsberm	secties 132-138	1647	28300		28300
Strook 146-150						
	strandsuppletie fase 1	secties 149-150	515	163900	131100	32800
	voedingsberm fase 1	secties 148-150	764	181700		181700
	strandsuppletie fase 2a	secties 146-149	800	301300	271200	30100
	aanvullingssuppletie strand	sectie 150	95	15500	12400	3100
	voedingsberm fase 2a	secties 146-148	749	93800		93800
	bijstorting voedingsberm	secties 132-138	749	12900		12900
Strook 151-155						
	strandsuppletie fase 1	secties 151-155	1006	320300	256200	64100
	voedingsberm fase 1	secties 151-155	1006	239300		239300
	aanvullingssuppletie strand	secties 151-155	1006	185600	148500	37100
Strook 156-160						
	strandsuppletie fase 1	secties 156-158	600	191000	152800	38200
	voedingsberm fase 1	secties 156-157	400	95200		95200
	strandsuppletie fase 2b	secties 157-160	800	213000	191700	21300
	voedingsberm fase 2b	secties 158-160	600	91900		91900
	aanvullingssuppletie strand	sectie 156	100	18500	14800	3700
Strook 161-167						
	strandsuppletie fase 2b	secties 161-167	1435	382100	343900	38200
	voedingsberm fase 2b	secties 161-167	1435	219900		219900
Strook 168-172						
	strandsuppletie fase 2b	secties 168-172	965	256900	231200	25700
	voedingsberm fase 2b	secties 168-169	365	55900		55900

Morfologische evolutie : voor 1995 kende het deel boven LW van dit kustdeel afslag, gemiddeld met $4 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$ tussen 1980 en 1994. Bij de strandsuppletie van 1995 is de gemeten aangroei wel kleiner dan de berekende aangroei volgens de aangebrachte hoeveelheden, wat zou kunnen wijzen op afslag tijdens de suppletie (of te hoog ingeschat rendement

van de aangevoerde volumes). Na 1995 is de gemiddelde afslag $-1 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$, het strand is dus vrijwel op het niveau van de suppletie gebleven. Speelt hier de invloed van de onderwaterberm ? Het volume van vooroever en zeebodem kent over de waarnemingsperiode sinds 1992 een lichte afname met $-1 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$. Corrigeert men voor de toevoer bij de

suppletie en onderwatersuppletie, dan is de trend $-8 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$. De laatste jaren is er een lichte aangroei opgetreden. Deze situeerde zich vooral op het bovenste deel van de vooroever. Het laagste deel hoort morfologisch tot de geulflank van de getijgeul Kleine Rede. Deze kent erosie. De geulbodem blijft ongeveer stabiel.



4.31 Strook 30 (secties 139-145) : Vosseslag

Motivering van de strook : deze kuststrook komt overeen met het kustdeel "Vosseslag". De secties kennen een gelijkaardige volume-evolutie en waren alle betrokken in de strandsuppletie van 1995.

In 1978-1980 werd langs de kust in secties 133-150 een Longardsysteem aangebracht. Het gedeelte in secties 133 tot halverwege sectie 142 dateert uit 1978. Bij de aanleg van dit gedeelte werd ook 558.230 m³ zand opgespoten. Een tweede gedeelte werd in 1980 uitgevoerd van sectie 142 tot 150 over een lengte van 2100 m. Bij dit gedeelte van de uitvoering werd in het totaal 686.370 m³ zand opgespoten. De aanvoer van het eerste gedeelte dateert van vóór de eerste meetvlucht voor de kuststrook. De aanvoer van het tweede gedeelte gebeurde na de eerste meetvlucht en wordt dus in rekening gebracht bij de aangevoerde hoeveelheden zand, volgens de kustlengte in deze kuststrook (873 m /2137 m) en met een geschat "rendement" van 75 %. Aldus bedroeg de aanvoer in deze kuststrook in 1980 210.300 m³. De Longardbuizen werden gedeeltelijk verwijderd in 1990 en 1993. Een ander deel is echter nog steeds aanwezig onder de suppletie van 1995-1996.

Er zijn beperkt badstrandophogingen uitgevoerd na de zware stormen van het begin van de jaren 1990. De hoeveelheden vindt men in onderstaande tabel.

Badstrandophogingen in sectie 142, toegang Vosseslag	
Jaar	Zeezand (m ³)
1990	5152
1992	4979
1993	8500
1994	11820

Bron : rapport KUST 2004.112.

Rond dezelfde periode waren bij stormafslag aan de duinvoet dringende opvoerwerken noodzakelijk.

Zo werd in maart 1993 bij dringende noodzaak ca. 40.000 m³ zand opgevoerd van nabij de laagwaterlijn over ca. 3500 m kustlengte in secties 133-148. Het aandeel in deze kuststrook kan op basis

van de kustlengte worden geraamd op $1647/3527 \times 40.000 / 2$ (deel beneden de laagwaterlijn) = 9.300 m³.

In december 1993 was opnieuw dringende opvoer noodzakelijk in de kuststrook vanaf de strandtoegang "Hippodroom" (sectie 134) tot de tunnel van het Zeepreventorium (sectie 149). Er werd ca. 41.000 m³ opgevoerd in dit kustdeel, wat geraamd kan worden op een invoer in het sectievolume van 20.500 m³.

Ongeveer eenzelfde hoeveelheid werd opgevoerd na de storm van 26-28 januari 1994.

Gegevens en aannames over de verdeling van de aangevoerde hoeveelheden zand vindt men bij de vorige kuststrook.

Het bij de suppletie van 1995 aangevoerde zand kan in dit kustdeel geraamd worden op 620.300 m³, waarvan de secties 139 - half 144 (of volgens de kustlengte 479.100 m³) reeds gerealiseerd werden in mei 1995 en de overige 141.200 m³ in secties half 144-145 afgewerkt waren bij de meetvlucht van november 1995.

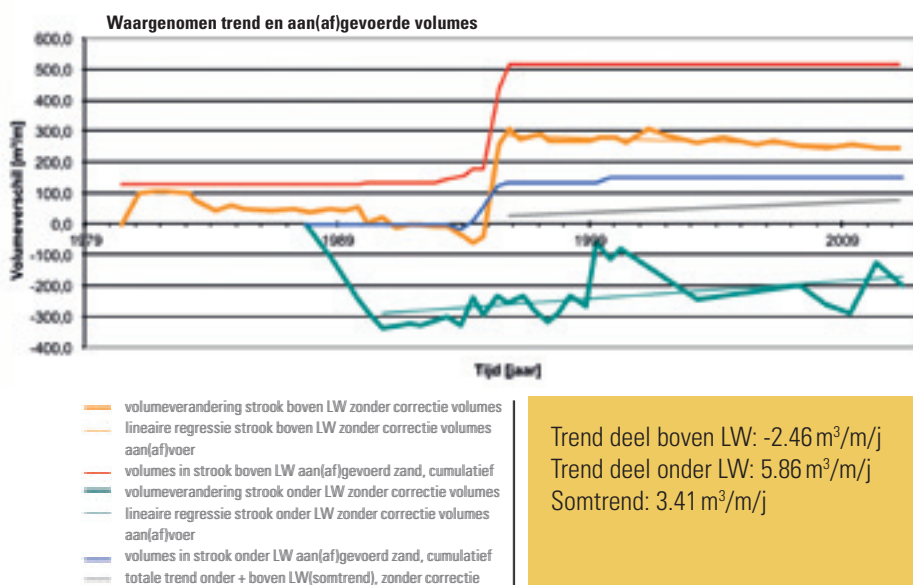
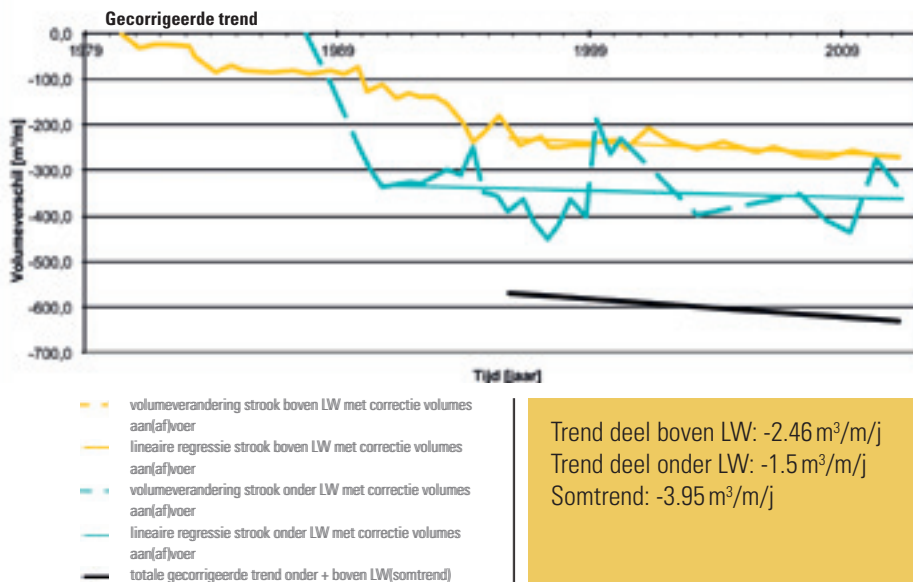
10 % van deze aanvoer wordt bij de hogere vooroever geteld.

De aanleg van de voedingsberm in deze kuststrook omhelsde een volumetoevoer van 206.300 m³ verdeeld over de periode tussen najaar 1993 en voorjaar 1995. Er gebeurden ook nog eens bijstortingen met 28.300 m³ tussen voor- en najaar 1999.

Morfologische evolutie : de gecorrigeerde tijdreeks van het gedeelte boven LW toont een gemiddelde afslagtrend van $-12,5 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$ over de periode 1980-1995. Het deel onder LW maakte een zeer sterke erosie mee tussen 1987 (eerst beschikbare vooroeverloding in deze kuststrook) en 1990 : $-114 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$. De bodem van de ondiepte op de grens van de getijgeulen Kleine Rede en Grote Rede verdiepte en ook de geulflank aan de zijde van het strand kende erosie. Na 1990 is de waargenomen trend tot heden $+6 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$. Merkwaardig is dat de onderwatersuppletie van de periode 1994-1995 weinig tot uiting komt in de

waargenomen volumes. Dit komt doordat er tegelijkertijd, door de suppletie, aangroei optrad op de vooroever terwijl de zeebodemerrosie nog doorging. Deze stopte pas rond het jaar 2000. De gecorrigeerde trend over de periode 1990-2011 is $-1,5 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$. Dit cijfer maskeert grote schommelingen. Sinds de suppletiewerken bleef het volume van de zone tussen de vooroeverberm en het strand ongeveer constant, kende de helling naar de geulbodembodem afslag en groeide de ondiepe zone tussen de getijgeulen Kleine en Grote Rede wat aan. Het deel boven LW kent na de strandsuppletie van 1995 slechts een zeer

lichte afslag (gemiddeld $-2,5 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$). Aldus is de evolutie in vergelijking met de eerste, kleinere suppletie van 1980, veel milder in termen van zandverlies. Het afslagcijfer is hetzelfde als in Hippodroom. De vraag stelt zich of de aanwezigheid van de onderwater-voedingsberm de stranderosie beperkt helpt houden. De grootschalige evolutie van de getijgeul voor de kust lijkt ook een belangrijke rol te spelen. Deze kende sterke uitdieping in de jaren 1987-1990, mogelijk ook al voordien. Misschien lag deze evolutie wel ten grondslag aan de sterke erosie van het strand in de eerste helft van de jaren 1990.



4.32 Strook 31 (secties 146-150) : De Haan-West

Motivering van de strook : deze kuststrook komt overeen met het kustdeel “De Haan-West”. De secties kennen een gelijkaardige volume-evolutie. Weliswaar werden de verschillende fases van de strandsuppletie in en rond De Haan niet in alle secties gelijktijdig doorgevoerd, maar zoals uiteengezet in de toelichting bij kuststrook 29 wordt zo nauwkeurig mogelijk ingeschat wanneer de diverse toevoerfases deze kuststrook beïnvloedden. Hierbij zou het te onoverzichtelijk worden de secties in telkens andere stroken afzonderlijk te bestuderen.

In 1978-1980 werd langs de kust in secties 133-150 een Longardsysteem aangebracht. Een tweede gedeelte werd in 1980 uitgevoerd van sectie 142 tot 150 over een lengte van 2100 m. Bij dit gedeelte van de uitvoering werd in het totaal 686.370 m³ zand opgespoten. De aanvoer van het tweede gedeelte gebeurde na de eerste meetvlucht en wordt dus in rekening gebracht bij de aangevoerde hoeveelheden zand, volgens de kustlengte in deze kuststrook (1264 m / 2137 m) en met een geschat “rendement” van 75 %. Aldus bedroeg de aanvoer in deze kuststrook in 1980 304.500 m³. De Longardbuizen werden gedeeltelijk verwijderd in 1990 en 1993. Een ander deel is echter nog steeds aanwezig onder de latere suppleties.

In deze kuststrook vinden geen badstrandophogingen plaats. Na de intense afslag bij de zware voorjaarsstormen van 1990 werden in en rond De Haan grootschalige opspuitingswerken noodzakelijk. In 1991 werd gestart met de aanleg van een voedingsberm op de vooroever. Deze berm werd in verschillende jaren uitgebreid tot hij zich voor de hele kuststrook van sectie 132 tot 169 uitstrekte. De hoeveelheden hierbij betrokken zijn ruwweg de helft van de volumes die bij de opeenvolgende fases van de strandsuppleties op het strand werden aangebracht.

In de eerste fase van de grote kustverdedigingswerken rond De Haan werd over een kustlengte van 2100 m, van sectie 149 tot 158, in april-mei 1992 794.365 m³ opgespoten. Het aandeel in deze kuststrook op basis van de kustlengte en rekening houdende met een “rendement” van 85 % is 163.900 m³. Dit volume wordt voor de correctie van de cijfergegevens gespreid over het deel onder en boven LW volgens de verhouding 20%-80%. Bij de voedingsberm fase 1 wordt tussen najaar 1990 en najaar 1991 in dit kustdeel 181.700 m³ aangebracht (geraamde effectieve toename).

Kort nadien waren bij stormafslag aan de duinvoet dringende opvoerwerken noodzakelijk.

Zo werd in maart 1993 bij dringende noodzaak ca. 40.000 m³ zand opgevoerd van nabij de laagwaterlijn over ca. 3500 m kustlengte in secties 133-148. Het aandeel in deze kuststrook kan op basis van de kustlengte worden geraamd op $749/3527 \times 40.000 / 2$ (deel beneden de laagwaterlijn) = 4.200 m³.

In december 1993 was opnieuw dringende opvoer noodzakelijk in de kuststrook vanaf de strandtoegang “Hippodroom” (sectie 134) tot de tunnel van het Zeepreventorium (sectie 149). Er werd ca. 25 m³/m opgevoerd, wat voor deze kuststrook geraamd kan worden op een invoer in het sectievolume van $25 \text{ m}^3/\text{m} \times 800 \text{ m} \times 0,5$ (deel afkomstig onder laagwaterlijn) = 10.000 m³.

Ongeveer eenzelfde hoeveelheid werd opgevoerd na de storm van 26-28 januari 1994.

Inmiddels ging de aanleg van fase 2a van de onderwaterberm verder. Tussen najaar 1992 en voorjaar 1994 werd een ingeschat effectief volume van 93.800 m³ in dit kustdeel aangebracht.

Het bij de suppletie van oktober 1995 aangevoerde zand kan in dit kustdeel geraamd worden op 301.300 m³. Dit zand werd aangebracht in de secties 146-148 met een overgang in sectie 149 naar het in 1992 opgespoten deel. Het wordt verdeeld over de volumes onder LW – boven LW als 90%-10%.

In 1999 werden bijstortingen verricht aan de onderwaterberm. De effectieve volumes hierbij in dit kustdeel aangebracht belopen 12.900 m³.

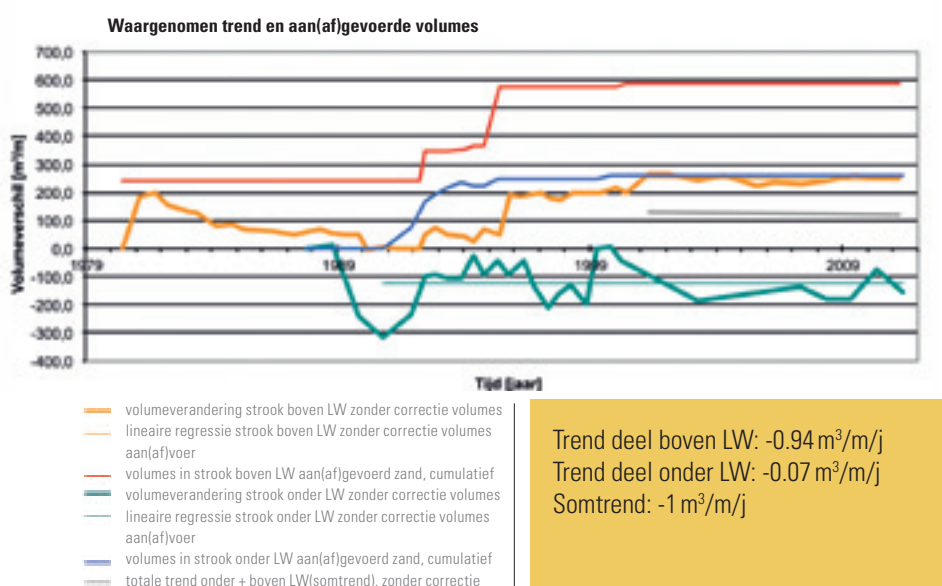
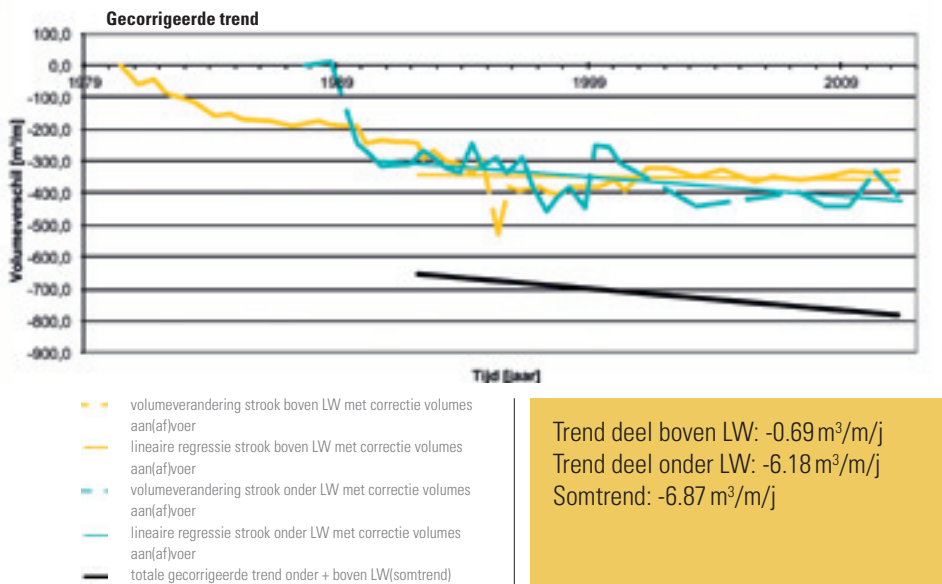
In mei-juni 2000 werd in De Haan-Centrum een aanvullingssuppletie uitgevoerd over een strook van 1200 m lengte. Een deel van deze kuststrook, nl. de meest oostelijke 95 m van sectie 150, werd in deze suppletie betrokken. Het hier aangebrachte volume kan geraamd worden op 15.500 m³.

Sindsdien is er niets meer bijgevoerd.

Morfologische evolutie : tussen 1981 en 1992 toont de gemeten volumereeks van het deel boven LW een continue afname met gemiddeld $-16 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$. Het deel onder LW wordt pas gemeten sinds 1987. Er trad een zeer sterke erosie op tussen najaar 1988 en 1990. Zowel zeebodem als vooroever kenden toen algemene erosie. Bij de diverse strandsuppleties sinds 1992 nam het volume boven LW in deze kuststrook toe. De gecorrigeerde tijdreeks toont quasi-stabiliteit (trend is $-0,7 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$). De erosietrend is hier dus gekeerd. Door de milde erosie tot

zelfs periodische aangroei volgend op de grootschalige suppletiewerken blijft het zandvolume in deze strook in het laatste decennium boven het niveau aangelegd bij de suppletie van 1980. De vraag stelt zich of de aanwezigheid van de onderwater-voedingsberm de stranderosie beperkt houdt. De waargenomen trend van vooroever en zeebodem sinds 1990 is eveneens stabiel. Na correctie voor de diverse fasen van aanleg van de voedingsberm is de trend over de periode 1990-2011 $-6 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$. Dit cijfer maskeert ruimtelijke verschillen. Sinds

de suppletiewerken bleef het volume van de zone tussen de vooroeverberm en het strand ongeveer constant, kende de helling naar de geulbodem afslag en groeide de bodem van de getijgeul Grote Rede wat aan. De grootschalige evolutie van de getijgeul voor de kust lijkt een belangrijke rol te spelen. Deze kende sterke uitdieping in de jaren 1987-1990, mogelijk ook al voordien. Misschien lag deze evolutie wel ten grondslag aan de sterke erosie van het strand in de eerste helft van de jaren 1990.



4.33 Strook 32 (secties 151-155) : De Haan-Centrum

Motivering van de strook : deze kuststrook komt overeen met het kustdeel "De Haan-Centrum". De secties kennen een gelijkaardige volume-evolutie en werden op hetzelfde ogenblik onderworpen aan strandsuppleties.

In het verleden werden er badstrand-ophogingen uitgevoerd in De Haan-Centrum.

Onderstaande tabel geeft de hoeveelheden weer. De badstrandophogingen hadden plaats in secties 151 tot en met 156. Sectie 156 hoort tot het kustdeel "Vlissegem". De badstrandophogingen hadden echter enkel plaats in het kleine stukje van ongeveer 35m lang waar de afrit van de zeedijk zich bevindt. Daarom worden deze hoeveelheden hier volledig bij de kuststrook De Haan-Centrum geteld.

Na de grote afslag bij de zware voorjaarsstormen van 1990 werden in en rond De Haan grootschalige opspuitingswerken noodzakelijk. Zolang de strandsuppletie niet uitgevoerd was, werden de badstrandophogingen voortgezet, maar om de verliezen bij de stormafslag te compenseren werden de hoeveelheden opgedreven (zie tabel). Tevens werd een voedingsberm gestort op de vooroever. De aannames om te komen tot de gecorrigeerde volumes zijn vermeld bij kuststrook 29.

Op het strand werd over een kustlengte

van 2100 m, van sectie 149 tot 158, in april-mei 1992 794.365 m³ opgespoten. Het aandeel in deze kuststrook op basis van de kustlengte en rekening houdende met een "rendement" van 85 % is 320.300 m³. Deze hoeveelheid wordt volgens een verdeling 80%-20% gespreid over de volumeschijven boven en onder LW.

De hoeveelheid aangebracht bij de aanleg van de voedingsberm op de vooroever wordt op 239.300 m³ geraamd en vond plaats tussen najaar 1990 en najaar 1991. In mei-juni 2000 werd in De Haan-Centrum een aanvullingssuppletie uitgevoerd over een strook van 1200 m lengte. Het in dit kustdeel aangebrachte volume kan geraamd worden op 185.600 m³, opnieuw gespreid volgens 80%-20% in het deel boven en onder LW.

Na 2000 is er niets meer aangevoerd.

Morfologische evolutie: Morfologische evolutie : in deze kuststrook werd heel wat zand aangevoerd en de grafieken zijn complex. De gecorrigeerde grafieken tonen zowel voor het deel onder als boven LW in het begin van de meetperiode belangrijke afslag. De gecorrigeerde afslagcijfers bedroegen voor het deel boven LW -33 m³/m/jaar (1981 – najaar 1991) en voor het deel onder LW -52 m³/m/jaar (1987 – najaar 1990).

Na de beëindiging van de eerste fase van de grootschalige zandaanvoerwerken (strandsuppletie en aanleg onderwaterberm

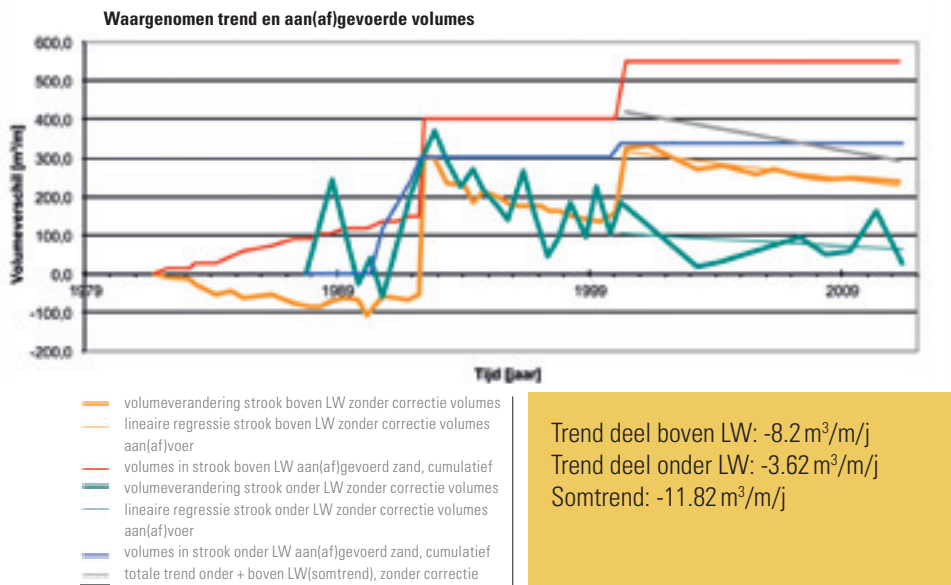
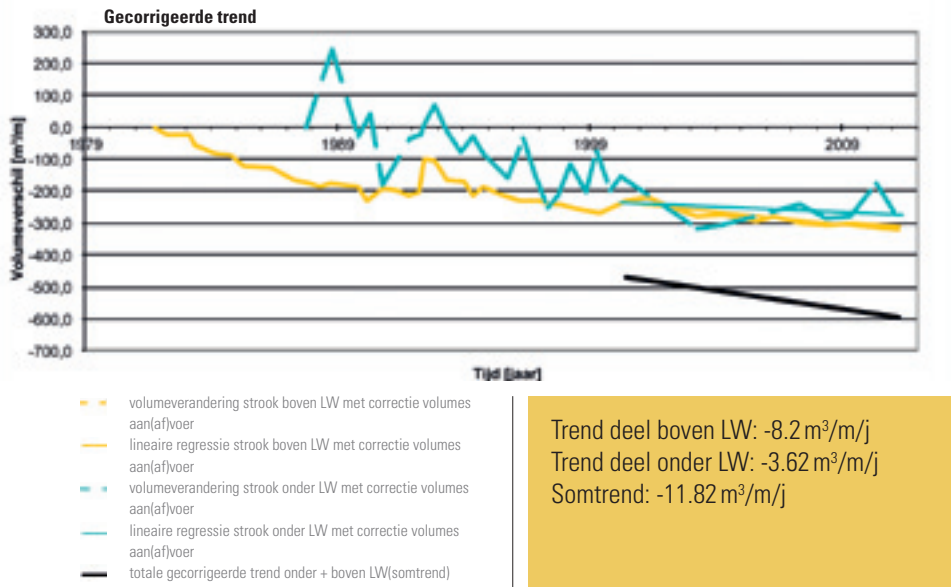
voor De Haan-Centrum) waren de gecorrigeerde afslagcijfers bijna gehalveerd: voor het deel boven LW -19 m³/m/jaar (juni 1992 – najaar 1999) en voor het deel onder LW -25 m³/m/jaar (voorjaar 1992 – voorjaar 2000). In deze periode traden nog enkele belangrijke stormen op (bv. 1993, 1995 en 1996) maar anderzijds werden toen ook de latere fasen van de kustverdedigingswerken uitgevoerd ten westen en oosten van De Haan, en er werd toen ook zandaanvoer door natuurlijke processen uit die aangrenzende zones richting De Haan waargenomen.

De globale cijfers maskeren ruimtelijke verschillen. Zo is de vooroever sinds 1997 vrijwel stabiel gebleven, terwijl de helling naar de zeebodem (de geulflank van de getijgeul Grote Rede) erosie kende. De zeebodem blijft op hetzelfde peil.

Na de aanvullingssuppletie van 2000 waren de gecorrigeerde trends beduidend afgeplat. Voor het deel boven LW bedroeg het afslagcijfer dan -8 m³/m/jaar (voorjaar 2000 – voorjaar 2011) en voor het deel onder LW -4 m³/m/jaar (zelfde periode). De sterk erosieve trend die De Haan kenmerkte lijkt rond 2000 te zijn gekanteld. De grote zandaanvoer zal een rol gespeeld hebben. Zware noordwesters die aan de basis lagen van de sterke kustafslag in het begin van jaren 1990 zijn sindsdien ook niet meer voorgekomen.

Jaar	Zeezand (m ³)	Strandzand (m ³)	Totaal (m ³)	opvoer/aanvoer in gedeelte boven 1,39 m (m ³)	gedeelte weggenomen onder LW	verhouding zeezand/totale hoeveelheid
1982	15900	13300	29247	22600	-6700	
1983	25700	21800	47455	36600	-10900	
1984	20600	17400	38000	29300	-8700	
1985	12300	8200	20500	16400	-4100	0.600
1986	8200	16400	24600	16400	-8200	0.333
1987	12000	10000	22000	17000	-5000	0.545
1988	19354	15196	34550	27000	-7600	0.560
1989	21000	17062	38062	29500	-8500	0.552
1990	55800	26300	82100	69000	-13200	0.680
1991	23422	21002	44424	33900	-10500	0.527
						0.543 (gemiddelde)

Hoeveelheden betrokken bij de jaarlijkse badstrandophogingen in De Haan-Centrum in de periode 1982-1991. Bron : rapport VOSS 93.001 (Eurosense, in opdracht van afdeling Kust). De cijfers voor 1982-1984 zijn niet verdeeld in hoeveelheden gewonnen op het strand nabij de laagwaterlijn en hoeveelheden aangevoerd zeezand. Ook in die periode werden beide types badstrandophoging uitgevoerd. De globale hoeveelheden werden verdeeld volgens het gemiddelde aandeel zeezand in de periode 1985-1991 (rechtse kolom). Cijfers in cursief omdat het om een schatting gaat.



4.34 Strook 33 (secties 156-160) : Vlissegem

Motivering van de strook : deze kuststrook komt overeen met het kustdeel "Vlissegem". De secties kennen een gelijkaardige volume-evolutie. Weliswaar werden verschillende fases van de grootschalige strandsuppletiewerken uit 1992-2000 in de verschillende secties op verschillende ogenblikken uitgevoerd, maar opsplitsen in ruimtelijke gebieden per fase zou tot te veel fragmentatie in het overzicht leiden. De juiste timing en locatie van de opeenvolgende zandaanvoerwerken en de aannames bij de bepaling van de effectief aangevoerde volumes vindt men bij kuststrook 29.

De zware voorjaarsstormen van 1990 hadden in dit kustdeel vooral de zeedinglooiing aanzienlijk aangetast. Na die stormen werden in en rond De Haan grootschalige opspuitingswerken noodzakelijk.

Bij de aanleg van de voedingsberm fase 1 (1991) werd in deze kuststrook 95.200 m³ aangebracht. Voor de eerste fase van de strandsuppletie (1992) bedroegen de hoeveelheden op het deel boven LW 152.800 m³ en onder LW 38.200 m³.

De uitbreiding van de voedingsberm (fase 2b) (voor deze kuststrook in 1996) bracht een

toegevoerde hoeveelheid van 91.900 m³ met zich mee.

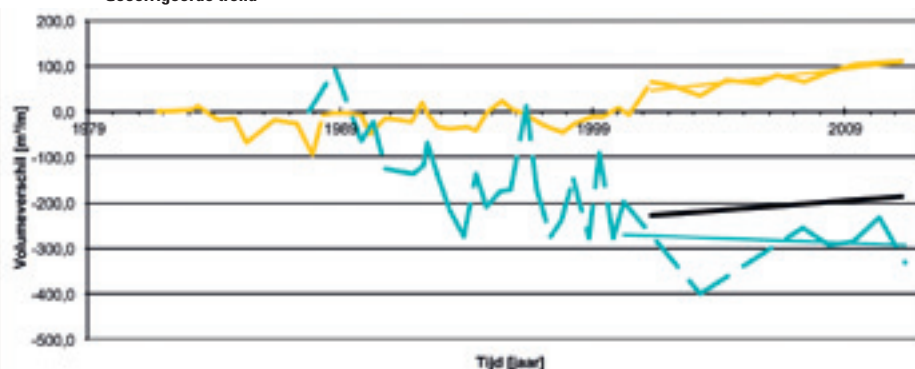
Het uitvoeren van de tweede fase van de strandsuppletie vergrootte eind 1996 het strand (deel boven LW) met 191.700 m³ en het deel van de vooroever onder LW met 21.300 m³. In 2000 werd in De Haan een aanvullingssuppletie uitgevoerd. Deze strekte zich uit tot in deze kuststrook. Hierbij nam het deel boven LW in deze kuststrook met 14.800 m³ toe en het deel onder LW met 3.700 m³. Dit was de laatste aanvoer van zand in deze kuststrook.

Morfologische evolutie : in de eerste deelperiode 1981-1992 bedroeg de waargenomen afslagtrend van het deel boven LW -2 m³/m/jaar, weliswaar minder dan in De Haan zelf, maar de duinvoet was zwaar aangetast bij opeenvolgende stormen. Het deel onder LW kende sterke erosie. Tussen 1987 en 1993 werd een afslagcijfer van -16 m³/m/jaar waargenomen, en dit ondanks de uitvoering van de eerste fase van de voedingsberm op de vooroever. De gecorrigeerde trend is dan ook nog erosiever, -45 m³/m/jaar. De kuststrook kende een belangrijke kentering ingevolge de diverse fases van de kustverdedigingswerken. Het volume in het deel boven LW is groter dan ooit. Het volume van het deel onder LW is na 1993 stabiel gebleven.

De recentste trend na 2000 (beëindiging van de aanvullingssuppletie) is verdere aangroei van het deel boven LW (+6 m³/m/jaar), en quasi stabiliteit -2 m³/m/jaar in het deel onder LW, zonder dat er nog verdere aanvullingen gebeuren. Ruimtelijk gezien zijn er belangrijke verschillen tussen vooroever en zeebodem. De zeebodem is ongeveer stabiel, zelfs lichtjes aangegroeid na 1997. Het hogere deel van de vooroever, ongeveer tussen de voedingsberm en de laagwaterlijn, is eveneens niet meer veranderd na 1997. Het lagere deel van de vooroever, morfologisch gesproken de landwaartse geulflank van de getijgeul Grote Rede, heeft rond 2000 erosie gekend en die is niet meer hersteld.

Samenvattend kan men stellen dat de grootschalige zandaanvoer in de periode 1991-2000 een kentering teweeggebracht heeft. Hierdoor is het zandvolume in het deel boven LW veel toegenomen. De getijgeul Grote Rede kende uitdieping tot ongeveer 2000 en bleef nadien op nagenoeg een constant peil.

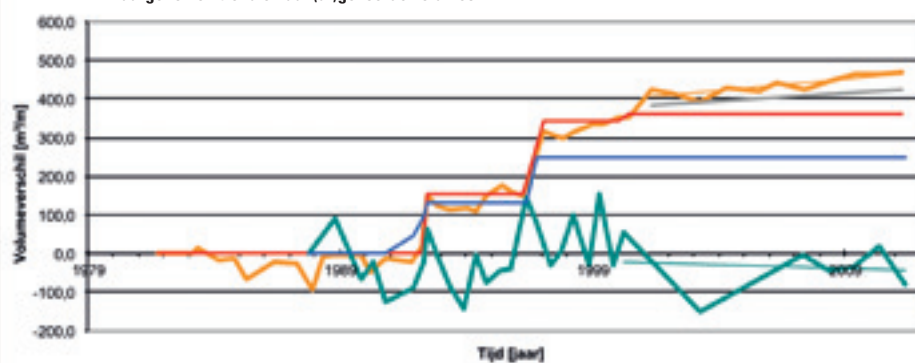
Gecorrigeerde trend



- volumeverandering strook boven LW met correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook boven LW met correctie volumes aan(af)voer
- volumeverandering strook onder LW met correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook onder LW met correctie volumes aan(af)voer
- totale gecorrigeerde trend onder + boven LW(somtrend)

Trend deel boven LW: 6.13 m³/m/j
Trend deel onder LW: -1.95 m³/m/j
Somentrend: 4.18 m³/m/j

Waargenomen trend en aan(af)gevoerde volumes



- volumeverandering strook boven LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook boven LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- volumes in strook boven LW aan(af)gevoerd zand, cumulatief
- volumeverandering strook onder LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook onder LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- volumes in strook onder LW aan(af)gevoerd zand, cumulatief
- totale trend onder + boven LW(somtrend), zonder correctie

Trend deel boven LW: 6.13 m³/m/j
Trend deel onder LW: -1.95 m³/m/j
Somentrend: 4.18 m³/m/j

4.35 Strook 34 (161-167) : Nieuwmunster

Motivering van de strook : deze kuststrook komt overeen met het kustdeel "Nieuwmunster". De secties kennen een gelijkaardige volume-evolutie. De kuststrook maakt deel uit van de zone met grootschalige strandsuppletiewerken in en rond De Haan in 1992-1996. Men vindt de aannames gemaakt bij het bepalen van de hoeveelheden effectief aangebracht in deze kuststrook bij kuststrook 29.

De zware voorjaarsstormen van 1990 hadden in dit kustdeel vooral de zeeduinglooiing aanzienlijk aangetast.

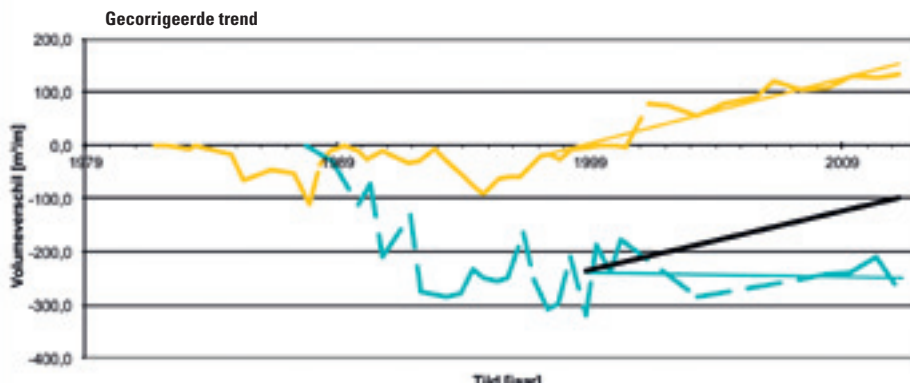
Na die stormen werden in en rond De Haan grootschalige opspuitingswerken noodzakelijk. In 1991 werd gestart met de aanleg van een voedingsberm op de vooroever. Deze berm werd in verschillende jaren uitgebreid tot hij zich voor de hele kuststrook van sectie 132 tot 169 uitstrekte. De hoeveelheden hierbij betrokken zijn ruwweg de helft van de volumes die bij de opeenvolgende fases van de strandsuppleties op het strand werden aangebracht.

In 1996 werd fase 2b van de strandsuppletie uitgevoerd, waarbij in deze kuststrook voor en na de zomeronderbreking van 1996 343.900 m³ in het deel boven LW en 38.200 m³ in het deel beneden de laagwaterlijn werd aangebracht. Bij de aanleg van de voedingsberm fase 2b werd tussen voorjaar 1996 en voorjaar 1998 219.900 m³ toegevoegd aan de vooroever. Na 1998 is er niets meer aangevoerd.

Morfologische evolutie : in een eerste deelperiode voor de start van de kustverdedigingswerken in De Haan, 1981-1992, bedroeg de waargenomen afslagtrend van het deel boven LW -2 m³/m/jaar, een zeer gematigd cijfer in vergelijking met De Haan-Centrum, maar de duinvoet was zwaar aangetast bij opeenvolgende stormen, vooral de zware voorjaarsstormen van 1990. Na de strand- en onderwatersuppletie van 1996-1998 wordt een opmerkelijke aangroei waargenomen in het deel boven LW. Het volume bevindt zich op het hoogste peil sinds de eerste waarneming. Na de strandsuppletie bleef het volume aangroeien met +12 m³/m/jaar (periode 1997-2011), terwijl er geen zand meer werd aangevoerd bij werken.

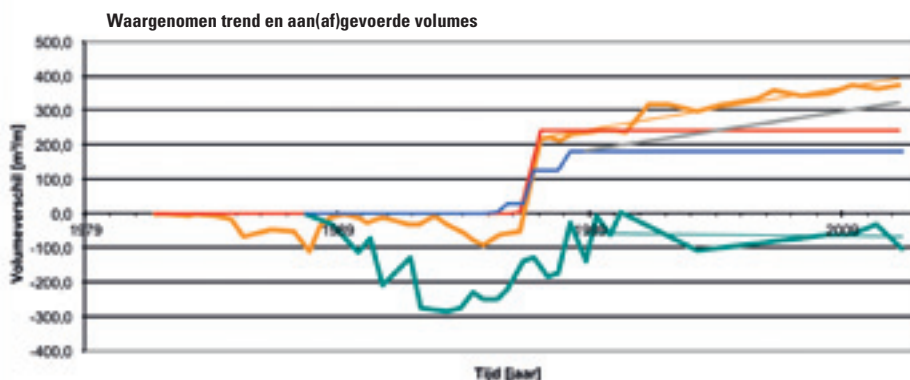
Vooroever en zeebodembodem samen kenden een sterke afslag (-52 m³/m/jaar) tussen 1987 en 1992. Het was vooral de zeebodembodem die een vrij grote uitdieping kende in deze periode. Het betreft hier de bodem van de getijgeul Grote Rede, die lokaal tot een halve meter dieper werd. De grootschalige zandaanvoerwerken binnen vooral het volume van de vooroever doen toenemen. Na het beëindigen van de werken bleef het volume van vooroever en zeebodembodem samen ongeveer constant. T.o.v. 1997 is wel erosie opgetreden aan de landwaartse flank van de getijgeul Grote Rede.

Samenvattend is vooral het strand en het hogere deel van de vooroever significant aangegroeid ingevolge de kustverdedigingswerken van 1991-1998.



- volumeverandering strook boven LW met correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook boven LW met correctie volumes aan(af)voer
- volumeverandering strook onder LW met correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook onder LW met correctie volumes aan(af)voer
- totale gecorrigeerde trend onder + boven LW(somtrend)

Trend deel boven LW: 12.07 m³/m/j
Trend deel onder LW: -0.84 m³/m/j
Somtrend: 11.23 m³/m/j



- volumeverandering strook boven LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook boven LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- volumes in strook boven LW aan(af)gevoerd zand, cumulatief
- volumeverandering strook onder LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook onder LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- volumes in strook onder LW aan(af)gevoerd zand, cumulatief
- totale trend onder + boven LW(somtrend), zonder correctie

Trend deel boven LW: 12.07 m³/m/j
Trend deel onder LW: -0.84 m³/m/j
Somtrend: 11.23 m³/m/j

4.36 Strook 35 (secties 168-172) : Wenduine, strand ten westen van de rotonde

Motivering van de strook : deze kuststrook komt overeen met het gedeelte van het kustdeel "Wenduine-West" dat ten westen van de rotonde in de zeedijk is gelegen (tot het strandhoofd in het centrum van de rotonde). Er is een zeedijk aanwezig. De secties kennen een gelijkaardige volume-evolutie. De kuststrook maakt deel uit van de zone met grootschalige strandsuppletiewerken in en rond De Haan uit 1992-1996.

Vóór 1996 werden jaarlijkse opvoeringen van strandzand van de laagwaterlijn naar de droogstrandberm gedaan in secties 171-173. Voor de volumes in secties 171-172 werden de volumes van tabel 4 in het rapport "Kustmorfologie KUST 2004.112" vermenigvuldigd met 2/3 (om rekening te houden met de kustlengte)

en dan nogmaals met ½ omdat het ging op zand gewonnen rond de laagwaterlijn (zie tabel hieronder). De gewonnen volumes worden voor de vooroever afgetrokken.

In september-oktober 1996 werd een profielsuppletie uitgevoerd. De volumes en de aannames gemaakt om effectieve volumetoenames per strook te berekenen vindt men bij kuststrook 29. In deze kuststrook werd bij fase 2b van de strandsuppletie 231.200 m³ aangebracht in het deel boven LW en 25.700 m³ in het deel onder LW. De strandsuppletie had hier in het vroege najaar van 1996 plaats. Voor de aanleg van de voedingsberm werd 59.900 m³ aangebracht tussen de lodingen van najaar 1997 en voorjaar 1998.

Jaar	Secties 171 tot 173, m ³	Secties 171 en 172, gedeelte boven 1,39 m, afgerond op 100 m ³	Sectie 173, gedeelte boven 1,39 m, afgerond op 100 m ³
1983	12078	4000	2000
1984	6000	2000	1000
1985	5500	1800	900
1986	1000	300	200
1987	5100	1700	900
1988	5419	1800	900
1989	0	0	0
1990	12807	4300	2100
1991	6602	2200	1100
1992	8328	2800	1400
1993	8521	2800	1400
1994	18175	6100	3000
1995	8018	2700	1300
1996	10500	3500	1800

In 2008 en 2009 werden badstrandophogingen uitgevoerd in een zone van ongeveer 1000 m langs de Westdijk in Wenduine (secties 168-172).

Wenduine-West, ten westen van de rotonde (secties 168 tot 172)	
Jaar	Zeezand (m ³)
2008	10956
2009	22913

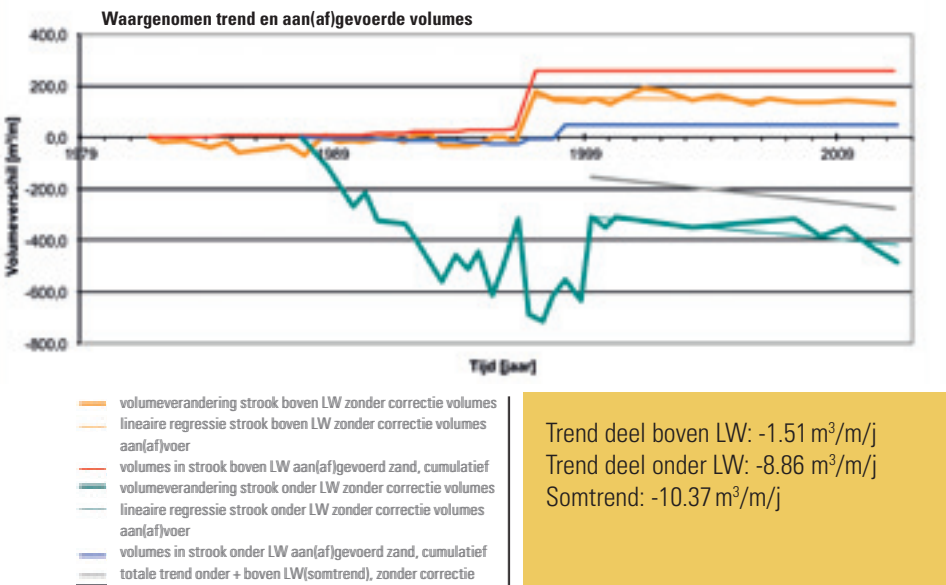
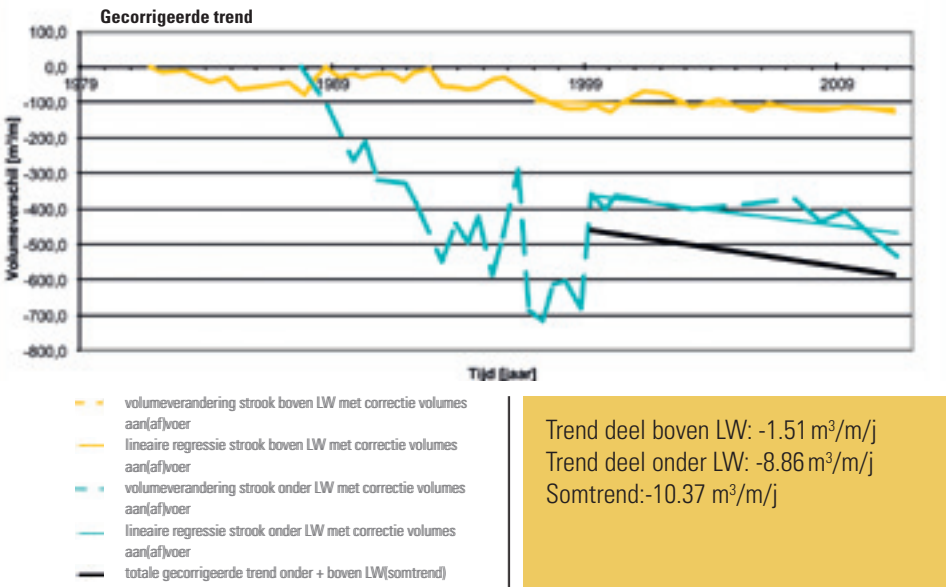
Uit de omschrijving van dit werk ("afgraven ter hoogte van de Westdijk") is niet duidelijk dat het om een klassieke badstrandophoging gaat. Er is ook geen effect in de evolutiegrafiek. Voorlopig wordt aangenomen dat het om een herverdeling gaat van zand binnen de kuststrook, waarbij overtollig opgehoopt zand tegen de dijk of de rotonde wordt uitgespreid over de sectie. Indien deze aanname juist is, beïnvloeden deze werken de zandvolumes in de kuststrook niet. Er moeten ook geen correcties binnen de hoogtezones voor worden aangebracht.

Beschrijving van de evolutie voor deze kuststrook : de trend voor de periode vóór de strandsuppletie van 1996 was erosie. Het deel boven LW kende over 1981-1987 een waargenomen afslag van $-8,5 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$ (gecorrigeerd : $-10 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$), een belangrijke aangroei in 1987-1989, en opnieuw erosie (gecorrigeerde trend : $-6 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$) over 1988-1997. Het deel onder LW maakte zeer sterke erosie mee in 1987-1993 (waargenomen trend : -90 , gecorrigeerd : $-88 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$). Deze afname was volledig gesitueerd op de zeebodem, waar de geulbodem van de getijgeul Grote Rede uitdiepte. Tussen 1993 en 1997 ging

de erosie door, maar aan een lager ritme (waargenomen trend : -33 , gecorrigeerd : $-36 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$). Deze erosie was eveneens op de zeebodem gesitueerd. Tussen najaar 1998 en voorjaar 1999 kenden vooroever en zeebodem een belangrijke aangroei. Het verband met de suppletiewerken in de zone Bredene-Wenduine is duidelijk. Nadien stelde zich opnieuw (matige) erosie in. Het deel onder LW vertoont een waargenomen trend van $-9 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$ over 1999-2011 en het deel boven LW $-1,5 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$. De erosie is gelijk verspreid over natstrand, vooroever en zeebodem. Samenvattend hebben de grootschalige

zandaanvoerwerken een belangrijk herstel van de zandvolumes teweeggebracht, maar de erosietrend van voorheen lijkt zich weer ingesteld te hebben.

Conclusie voor de hele zone van de strandsuppletiewerken van 1992-1996 : de hoeveelheden zand, vooral in het deel boven LW, zijn aanzienlijk toegenomen door de suppletiewerken. De erosie na de werken is opmerkelijk mild, in vergelijking met andere gesuppleerde zones aan de Vlaamse kust. De stroken in de oostelijke helft ondervinden in de periode na de werken zelfs aangroei.



4.37 Strook 36 (secties 173-176): Wenduine-West, ten oosten van de rotonde

Motivering van de strook : deze strook bevat de meest oostelijke secties 173 tot 176 van het kustdeel "Wenduine-West". Het is het gedeelte ten oosten van de rotonde, voor de bebouwing van Wenduine. In het verleden vonden regelmatig badstrandophogingen plaats voor de zeedijk. Sinds 2005 worden er "veiligheidsophogingen" of "kleine strandsuppleties" uitgevoerd.

Wat betreft de jaarlijkse opvoeringen van strandzand van de laagwaterlijn naar de droogstrandberm gedaan in secties 171-173: om het gedeelte te verkrijgen dat in sectie 173 werd opgevoerd, werden de volumes van tabel 4 in het rapport "Kustmorfologie KUST 2004.112" vermenigvuldigd met 1/3 (om rekening te houden met de kustlengte) en dan nogmaals met 1/2 omdat het ging op zand gewonnen rond de laagwaterlijn (zie tabel bij strook 168-172, rechtse

kolom). Deze hoeveelheden werden van het vooroevertvolume afgetrokken in de gecorrigeerde reeks. Er bleven opvoeringen gebeuren na de suppletie tussen De Haan en Wenduine. De volumes staan in de tabel hieronder.

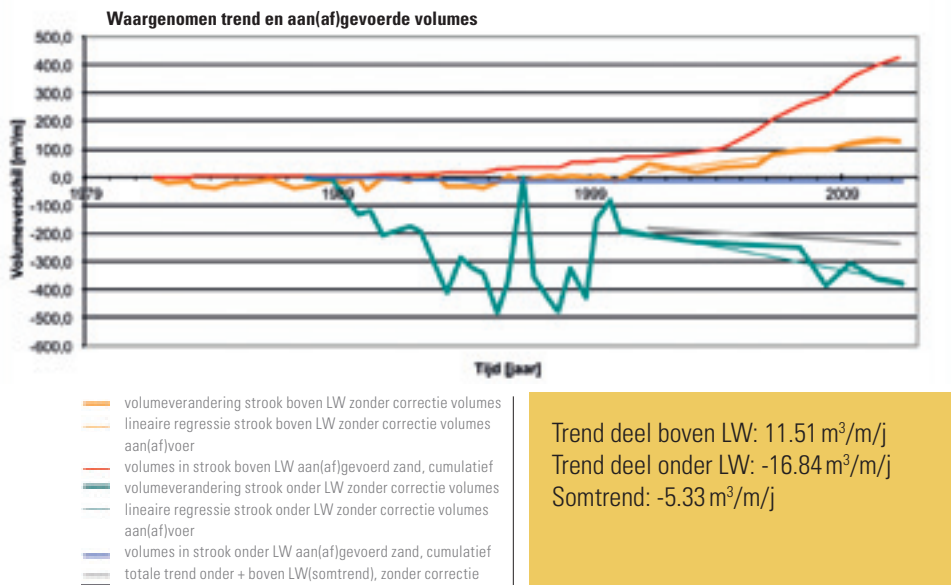
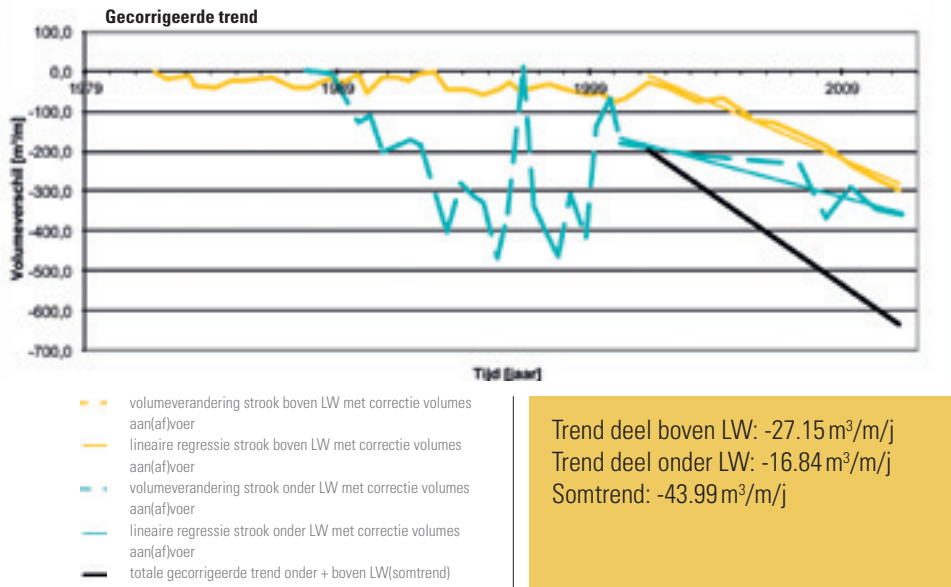
De zandaanvoerwerken gebeuren doorgaans in het voorjaar (april-mei). De zone die opgehoogd wordt is in aansluiting met de zeedijk gelegen.

Conclusie voor deze kuststrook: op het deel boven LW is de waargenomen trend een constant zandvolume in de periode 1981-2001 (trend +1,5 m³/m/jaar; gecorrigeerd : -2 m³/m/jaar). Het deel onder LW kende sterke erosie (trend over 1987-2000 is -18 m³/m/jaar; gecorrigeerd : -17 m³/m/jaar). Het was vooral de zeebodem (geulbodem van de getijgeul Grote Rede) die uitdieping meemaakte. De volumes schommelen sterk van

opname tot opname. In 1996 was er op de zeebodem een kortstondige, zeer sterke aangroei. Men kan aannemen dat de grote zandaanvoerwerken tussen Bredene en Wenduine hiermee te maken hebben. Hij deed zich ook in de kuststrook 37 (secties 177-181) voor. Een trendverandering deed zich voor in 2001. Het deel boven LW groeit over de periode 2001-2011 aan met +11,5 m³/m/jaar, maar de trend gecorrigeerd voor de zandaanvoer is afslag met -27 m³/m/jaar. Vooroever en zeebodem kennen over 2000-2011 een afslagtrend van -17 m³/m/jaar. De afslag is exclusief gesitueerd op de zeebodem, de vooroever kent zelfs aangroei. De conclusie is dan ook dat deze kuststrook structureel erosie kent, wellicht omwille van de kaapligging in de Vlaamse kust. De grootschalige zandaanvoerwerken in de jaren 1990 hebben de erosie van de getijgeul Grote Rede tijdelijk stilgelegd. De erosie op het strand wordt volledig gecompenseerd door de strandsuppleties.

Jaar	Secties 173-176, strandzand	Secties 173-176, zeezand	Secties 173-176, gedeelte boven 1,39m	Secties 173-176, gedeelte onder LW
1995	19717		9900	-9900
1997	9681		4800	-4800
1998	25204		12600	-12600
1999	12191		6100	-6100
2000	16743		8400	-8400
2001	7497		3700	-3700
2002	8000		4000	-4000
2003	10106	4753	9800	-5100
2004	8069	6670	10700	-4000
2005	10212	48047	53200	-5100
2006	0	37938	37900	0
2007	0	39700	39700	0
2008	0	25378	25400	0
2009	0	60304	60300	0
2010	0	38250	38300	0
2011	0	19220	19200	0

(bron : rapport KUST 2004.112 voor gegevens tot 2001. De gegevens voor 2002 zijn geïnterpoleerd. Gegevens vanaf 2003 rechtstreeks afkomstig van afdeling Kust.



4.38 Strook 37 (secties 177-181): Wenduine-Oost tot Harendijke

Motivering van de kuststrook : dit is het meest westelijke deel van het kustdeel "Wenduine-Oost". In dit gedeelte wordt geen zand aangevoerd, met uitzondering van sectie 181 waar het strandpaviljoen "Harendijke" gelegen is. Deze sectie was ook betrokken bij een eenmalige "kleine strandsuppletie" in 2008. Er werd tevens eenmalig zand aangevoerd in de hele strook in 2007. Dit zand was afkomstig uit de havengeul van Blankenberge.

Bij de zandaanvoer van 2007 werd tussen 15 januari en 15 maart 59.931 m³ aangebracht in de strook van sectie 177 tot 184. Op basis van de kustlengte kan de aanvoer in de strook van 177 tot 181 op $1217 / 1854 \times 59.931 = 39.300 \text{ m}^3$ geraamd worden. Tevens werd tussen 5 november 2007 en 17 februari 2008 29.038 m³ van zelfde herkomst in dezelfde kuststrook aangebracht. Het deel in de strook van 177 tot 181 bedraagt dan ongeveer $1217 / 1854 \times 29.038 \text{ m}^3 = 19.100 \text{ m}^3$.

De suppletie van 2008 werd uitgevoerd in de strook van sectie 181 tot en met 184 en behelsde de aanvoer met vrachtwagens van 69.526 m³ zeezand. Op basis van de kustlengte kan de in sectie 181 aangebrachte hoeveelheid op 17.100 m³ geraamd worden.

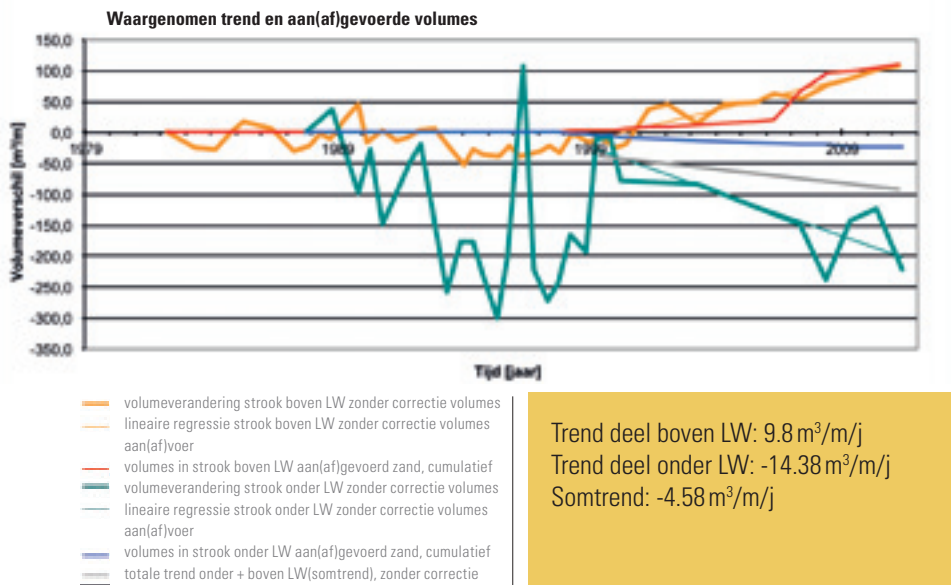
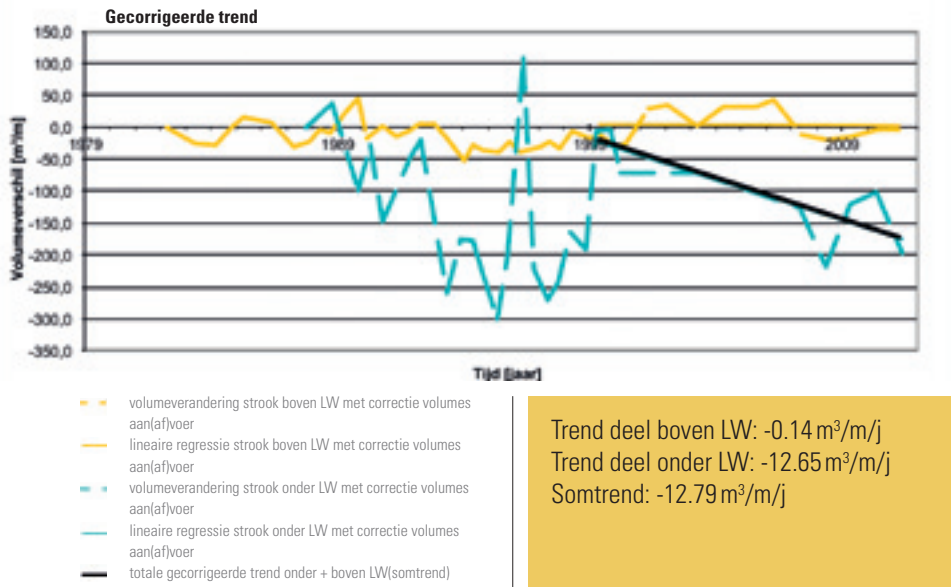
In de tabel hieronder zijn alle hoeveelheden samengevat. De aanvoer gebeurt in sectie 181 aan de strandtoegang Harendijke.

Morfologische evolutie van deze kuststrook : op het deel boven LW is de waargenomen trend een constant zandvolume in de periode 1982-1995 (trend -1,7 m³/m/jaar). Het deel onder LW kende sterke erosie (trend over 1987-1995 is -37 m³/m/jaar). Het was vooral de zeebodem (geulbodem van de getijgeul Grote Rede) die uitdieping meemaakte. De volumes schommelen sterk van opname tot opname. In 1996 was er op de zeebodem een kortstondige, zeer sterke aangroei, die

bij de volgende loding alweer verdwenen was. Men kan aannemen dat de grote zandaanvoerwerken tussen Bredene en Wenduine hiermee te maken hebben. Hij deed zich ook in de kuststrook 36 (Wenduine voor de badplaats) voor. Nadien, rond 1999, kenden zowel zeebodem als vooroever in dezelfde kuststrook een belangrijke aangroei. Hierdoor kwam het zandvolume opnieuw op het peil van de eerste vooroeverloding. Wellicht moet dit "herstel" ook gezien worden als een gevolg van de zandaanvoerwerken ten westen van Wenduine. Tussen 1999 en 2011 maakte het deel boven LW gestage aangroei mee met +10 m³/m/jaar. Deze aangroei komt volledig op rekening van de zandaanvoer. De gecorrigeerde trend is -0,14 m³/m/jaar. Het deel onder LW verloor de aangroei van voor 1999. De waargenomen trend is -14 en de gecorrigeerde -13 m³/m/jaar. Het volledige verlies is op de zeebodem gesitueerd.

jaar	Sectie 181, strandpaviljoen				
	strandzand (m ³)	zeezand (m ³)	aanvoer in gedeelte boven LW	afvoer in gedeelte onder LW	afvoer uit sectie 184
1997	270		100	-100	
1998	5401		2700	-2700	
1999	5093		2500	-2500	
2000	5000		2500	-2500	
2001	5000		2500	-2500	
2002	5000		2500	-2500	
2003	5136		2600	-2600	
2004	5400		2700	-2700	
2005	6706		3400	-3400	
2006	6288		3100	-3100	
2007		18000	18000	0	
2008*		17100	17100	0	
2009	7931		4000	-4000	
2010**	5750		5800	0	-5800
2011**	7375		7400	0	-7400

Bron : 1997-1999 : rapport KUST 2004.112. 2003-2009 : afdeling Kust. Gegevens niet meer beschikbaar voor 2000-2002, de ingevulde cijfers zijn een redelijke veronderstelling. *de "kleine strandsuppletie" van 2008 werd uitgevoerd in secties 181 tot en met 184. Hier is het deel voor sectie 181 vermeld. **er werd zand gewonnen nabij de lage dam van de havengeul van Blankenberge in sectie 184. Deze volumes zijn dus netto-invoer voor de kuststrook.



4.39 Strook 38 (secties 182-184): Wenduine-Harendijke tot havengeul van Blankenberge

Motivering van de kuststrook : deze meest oostelijke secties van het kustdeel “Wenduine-Oost” kennen meer aangroei dan het westelijke deel. Er zijn voor deze drie secties metingen beschikbaar sinds 1982 voor het deel boven LW.

In deze kuststrook is de zone die gebaggerd wordt om de toegang tot de havengeul van Blankenberge op diepte te houden, het “voorplein”, gelegen, op de vooroever van secties 183 en 184.

In de rapporten “Kustmorfologie” werden de hoeveelheden in m³ gebaggerd in de periode 1980-1997 gerapporteerd. Deze hoeveelheden zijn per baggerpachtjaar (1 april – 31 maart) en zijn globaal voor het voorplein en het gedeelte met zand tussen de havendammen. Dat laatste gedeelte valt buiten de vooroeverzone van sectie 184. In de rapporten “Kustmorfologie” werd vermeld dat jaarlijks gemiddeld 25.000 à 30.000 m³ zand op het strand ten oosten van de havengeul werd aangebracht. Er werd een redelijke aanname gedaan per jaar, in functie van de globale hoeveelheid gebaggerd zand (“cijfer eerste reeks”). Dat cijfer werd vervolgens afgetrokken van het totaal gerapporteerd cijfers gebaggerd zand. Aldus werd voor de periode 1980-1997 ook de hoeveelheid gereconstrueerd die op het voorplein werd onttrokken. Men vindt de hoeveelheden in de tabel rechts. Ze staan in cursief omdat de onzekerheid op de hoeveelheden toch wel groot is.

Vanaf 1997 worden de hoeveelheden per baggerzone afzonderlijk gerapporteerd. Deze cijfers zijn in ton droge stof (TDS). Deze grootheid wordt aan boord van het baggerschip gemeten met behulp van het Hopper Well Densimeter systeem. In overleg met de betrokken diensten wordt aangenomen dat voor zandige baggerspecie de hoeveelheid TDS door 1,6 ton/m³ moet worden gedeeld om een schatting te verkrijgen van het oorspronkelijk op de bodem aanwezige zand in m³. Eenmalig werd zand afkomstig van baggerwerken in de havengeul van Blankenberge in de kuststrook ten westen van de havengeul aangevoerd. Dat

gebeurde in 2007. Bij de zandaanvoer van 2007 werd tussen 15 januari en 15 maart 59.931 m³ aangebracht in de strook van sectie 177 tot 184. Op basis van de kustlengte kan de aanvoer in de strook van 182 tot 184 op $637 / 1854 \times 59.931 = 20.600$ m³ geraamd worden. Tevens werd tussen 5 november 2007 en 17 februari 2008 29.038 m³ van zelfde herkomst in dezelfde kuststrook aangebracht. Het deel in de strook van 182 tot 184 bedraagt dan ongeveer $637 / 1854 \times 29.038 \text{ m}^3 = 10.000 \text{ m}^3$.

In 2008 werd een “kleine strandsuppletie” uitgevoerd in de strook van sectie 181 tot en met 184. Zij behelsde de aanvoer met vrachtwagens van 69.526 m³ zeezand. Op basis van de kustlengte kan de aangebrachte hoeveelheid in secties 182-184 op 52.500 m³ geraamd worden. De aanvullingen in sectie 181 rond het strandpaviljoen Harendijke hielden in 2010 en 2011 aanvoer in van nabij de laagwaterlijn in sectie 184 aan de lage dammen van de havengeul. Het gaat dus om uitvoer uit deze kuststrook, die half verdeeld wordt over het strand en de vooroever. De hoeveelheden vindt men in de tabel bij kuststrook 37.

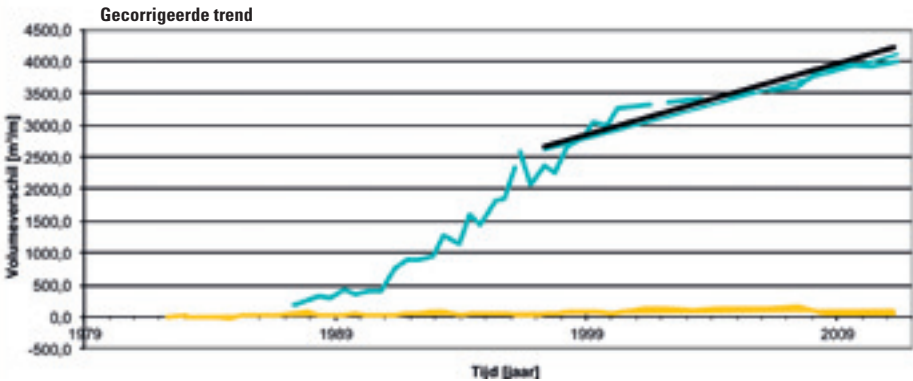
Jaar (telkens tot voorjaars-opname)	Baggerhoeveelheden in m ³ op voorplein (secties 183-184)	Hoeveelheid in m ³ gestort op vooroever van secties 187-189
1981	-102 000	102 000
1982	-102 000	102 000
1983	-102 000	102 000
1984	-102 000	102 000
1985	-159 000	159 000
1986	-51 000	51 000
1987	-119 000	119 000
1988	-118 000	118 000
1989	-85 000	85 000
1990	-43 000	43 000
1991	-186 000	186 000
1992	-140 000	140 000
1993	-173 000	173 000
1994	-126 000	126 000
1995	-211 000	211 000
1996	-343 600	343 600
1997	-150 500	150 500
1998	-58 400	58 400
1999	-89 900	89 900
2000	-67 400	67 400
2001	-72 300	72 300
2002	-60 000	60 000
2003	-119 400	119 400
2004	-37 200	37 200
2005	-114 200	114 200
2006	-45 100	45 100
2007	-71 000	71 000
2008	-79 000	79 000
2009	-30 200	30 200
2010	-19 700	19 700
2011*	-27 400	62 400

Bron : rapporten “Kustmorfologie” tot 1997. Cijfers in cursief omdat de aannames om tot de cijfers te komen aanleiding geven tot heel wat onzekerheid. Vanaf 1998 : afdeling Maritieme Toegang. *in 2011 werd eenmalig ook de zandige baggerspecie afkomstig uit de havengeul op de vooroever gestort.

Morfologische evolutie in deze kuststrook : het deel boven LW kent een gestage aangroei sinds de eerste meting : +6 m³/m/jaar over de periode 1982-2011. Gecorrigeerd voor de aangevoerde hoeveelheden is de trend +4 m³/m/jaar. Opmerkelijk is dat de vrij grote zandaanvoer

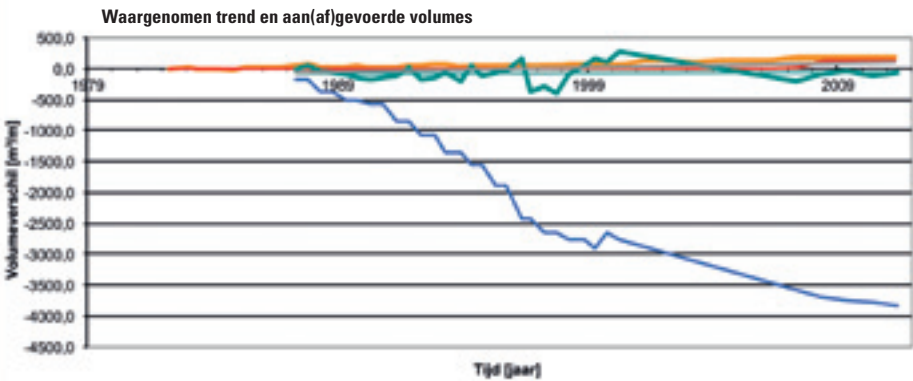
van de laatste jaren geen overeenkomstige grote waargenomen groei oplevert. Het deel onder LW kent een stabiele ontwikkeling : de waargenomen trend sinds 1987 is +0,5 m³/m/jaar. Corrigeert men voor de gebaggerde hoeveelheden, dan zou de trend over 1987-1997 +223 m³/m/

jaar zijn en over 1997-2011 +107 m³/m/jaar. Bij het baggeren wordt een “kuil” voor de ingang van de havengeul gecreëerd. Deze zandt telkens snel toe. Vandaar de hoge aangroeiritmes na “correctie”. De natuurlijke evolutie zou stabiliteit zijn.



- volumeverandering strook boven LW met correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook boven LW met correctie volumes aan(af)voer
- volumeverandering strook onder LW met correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook onder LW met correctie volumes aan(af)voer
- totale gecorrigeerde trend onder + boven LW(somtrend)

Trend deel boven LW: 3.7 m³/m/j
Trend deel onder LW: 106.88 m³/m/j
Somtrend: 110.58 m³/m/j



- volumeverandering strook boven LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook boven LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- volumes in strook boven LW aan(af)gevoerd zand, cumulatief
- volumeverandering strook onder LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook onder LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- volumes in strook onder LW aan(af)gevoerd zand, cumulatief
- totale trend onder + boven LW(somtrend), zonder correctie

Trend deel boven LW: 6.32 m³/m/j
Trend deel onder LW: 0.47 m³/m/j
Somtrend: 6.8 m³/m/j

4.40 Strook 39 (secties 185-189) : Blankenberge, westelijk deel

Motivering van de strook : het strand van de vijf meest westelijke secties van het kustdeel Blankenberge gedraagt zich wat tijdsevolutie van de volumes betreft gelijkaardig en enigszins verschillend van de rest van het kustdeel Blankenberge. Dit heeft vooral te maken met het feit dat de drie strandhoofden ten oosten van de havengeul verzaagd en zeewaarts verlengd werden. Er worden suppleties verricht met zand, afkomstig van onderhoudsbaggerwerk in de havengeul, op het strand palend aan de zeedijk. Op de vooroever bevindt zich de loswal "Blankenberge". Hier wordt de zandige specie gelost van baggerwerken in de aanloop naar de havengeul, het "voorplein". Weliswaar ligt deze loswal in een gebied van sectie 187 tot en met 196, maar de opeenvolgende vooroeverlodingen

en differentiële hoogtekarten tonen aan dat vrijwel uitsluitend in secties 187 tot 189 specie gelost wordt.

De cijfers van de lossingen op de vooroever vindt men in de tabel bij kuststrook 38. Strikt genomen kunnen de lossingen zich soms ook uitstrekken in de andere secties ten oosten van 189, maar hier wordt om praktische redenen aangenomen dat de lossingen op ongeveer 500 m van de laagwaterlijn ter hoogte van secties 187-189 plaatsvinden. Wel wijzen de differentiële hoogtekarten van de vooroeverlodingen uit dat de gestorte specie snel verspreid wordt, en hoofdzakelijk in oostelijke richting. Het zou dan ook moeilijk zijn op die plaats een scheiding te maken tussen storting en aangroei volgend op storting in de zone in secties 187-189.

Het meeste van het zand dat bij onderhoudsbaggerwerk uit de havengeul van Blankenberge wordt opgehaald, wordt gestockeerd in sectie 185, net ten oosten van de havengeul. Vandaar wordt het verspreid over de secties 185 tot 193 in een strook aansluitend bij de zeedijk. Die hoeveelheden kunnen, op basis van de kustlengte van de secties, verdeeld worden over deze en de volgende kuststrook. De aldus verkregen hoeveelheden zijn weergegeven in de onderstaande tabel. Hierin zijn de cijfers tot 1996 vrij ruwe ramingen. Er werden toen geen afzonderlijke hoeveelheden bijgehouden en gerapporteerd.

Jaar (telkens tot voorjaarsopname)	Hoeveelheid (m ³) afkomstig uit de haven- geul en aangebracht in secties 185-193	Deel daarvan in secties 185-189	Deel daarvan in secties 190-193
1981	25 000	14 500	10 500
1982	25 000	14 500	10 500
1983	25 000	14 500	10 500
1984	25 000	14 500	10 500
1985	30 000	17 400	12 600
1986	20 000	11 600	8 400
1987	25 000	14 500	10 500
1988	25 000	14 500	10 500
1989	25 000	14 500	10 500
1990	20 000	11 600	8 400
1991	30 000	17 400	12 600
1992	25 000	14 500	10 500
1993	25 000	14 500	10 500
1994	25 000	14 500	10 500
1995	30 000	17 400	12 600
1996	47 400	27 400	20 000
1997	43 100	24 900	18 200
1998	45 400	26 300	19 100
1999	76 500	44 200	32 300
2000	10 500	6 100	4 400
2001	79 600	46 000	33 600
2002	12 300	7 100	5 200
2003	79 700	46 100	33 600
2004	46 200	26 700	19 500
2005	126 500	73 200	53 300
2006	23 800	13 800	10 000
2007	0	0	0
2008	18 700	10 800	7 900
2009	40 500	23 400	17 100
2010	21 400	12 400	9 000
2011	0	0	0

Bron : rapport KUST2004.112 tot 1996. Baggerpachtjaar 2003-2004 : afdeling Maritieme Toegang. Andere en recentste cijfers : afdeling Kust. In de recentste jaren zijn cijfers per maand of baggercampagne beschikbaar. De cijfers werden gegroepeerd zodat ze de periode tot de voorjaarsvlucht omvatten.

In deze kuststrook werd tijdens de periode waarover metingen voorhanden zijn, aan de strandhoofden gewerkt. Strandhoofd 14 op de grens van secties 185 en 186 werd uitgebouwd en zeewaarts verlengd in 1985-1986. In sectie 187 werd begin 1991 gestart met de aanleg van het nieuw strandhoofd 15/16 en werd het oude strandhoofd 15, op de grens van secties 186 en 187, afgebroken. Nadien, tussen mei 1991 en oktober 1991, werd begonnen met de aanleg van het nieuwe strandhoofd 17 in sectie 188, en het afbreken van de oude strandhoofden 16 en 17, op de grenzen van secties 187, 188 en 189. Deze werken waren vrijwel voltooid in de eerste helft van 1992. Vooral de aanleg van strandhoofd 14 stond vermoedelijk in voor een kentering van afslag tot 1984 naar een periode met strandaangroei.

Verder vonden hier en in de volgende kuststrook ook badstrandophogingen plaats. Het gedeelte aangebracht in de kuststrook van secties 185-189 wordt geschat op basis van de kustlengte (zie onderstaande tabel). De hoeveelheden die opgevoerd worden van nabij de laagwaterlijn worden voor de helft als een invoer in de horizontale volumeschijf van de strandsectie gezien en als uitvoer uit de hoogteschijf van de vooroever.

Morfologische evolutie : de waargenomen evolutie vertoont een kentering rond 1999-2002. Het deel boven LW groeide tussen 1979 en 2002 aan met gemiddeld +12 m³/m/jaar. De aangroei wordt volledig verklaard door de zandaanvoerwerken. De gecorrigeerde trend is -8 m³/m/jaar. Tussen 2002 en 2011 is ook de waargenomen trend afslag : -8 m³/m/jaar. Na correctie bedraagt de trend zelfs -31 m³/m/jaar. Een groot deel van de aangroei voor 2002 bevond zich voornamelijk in de omgeving van de strandhoofden 14, 15/16 en 17 en kan wellicht gezien worden als een morfologische aanpassing aan de uitbouw van de strandhoofden, waarbij een nieuw evenwicht rond 2002 bereikt zou zijn.

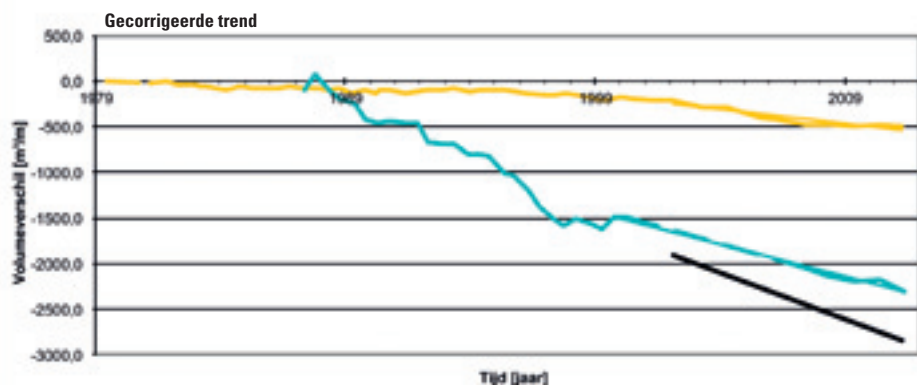
Jaar	Plaats (sectie)	Volume strandzand (m ³)	Gedeelte gewonnen boven 1,39 m TAW (m ³)	Gedeelte in secties 185-189 (m ³)	Gedeelte in secties 190-195 (m ³)
1985	188-190	9900	5000	3500	1500
1986	188-191	5000	2500	1300	1200
1987	187-188	30000	15000	15000	0
1988	187-188, 191-192	26358	13200	7000	6200
1989	187-192	25000	12500	6600	5900
1990	187, 189-192	30346	15200	6400	8800
1991	187, 189, 190	16981	8500	6000	2500
1992	186-188, 190-192	20919	10500	5600	4900
1993	186-188, 190-192	32790	16400	8800	7600
1994	186-193	45965	23000	12100	10900
1995	186-187, 189-193	35170	17600	8000	9600
1996	189-192	10405	5200	1300	3900
1997	186-191	25551	12800	8900	3900
1998	189-192	5623	2800	700	2100
1999	189-192	8637	4300	1100	3200
2000	186-192	9909	5000	3000	2000
2001	186-192	2599	1300	800	500
2002	186-192	8500	4300	2600	1700
2003	186-192	8366	4200	2500	1700
2004	186-192	9579	4800	2900	1900
2005	186-192	11550	5800	3500	2300
2006	186-192	21776	10900	6500	4400
2007	186-192	16625	8300	5000	3300
2008	186-192	7761	3900	2300	1600

Badstrandophogingen in Blankenberge. Voor 2000-2003 is geen zone vermeld, aangenomen wordt dat deze dezelfde is als in de latere jaren. Het cijfer voor 2002 is een schatting, er is geen cijfer terug te vinden in de bronnen. Bron : periode 1985-2001 : rapport KUST2004.112, periode 2003-2008 : afdeling Kust. Na 2008 worden geen badstrandophogingen met strandzand meer uitgevoerd, enkel nog suppleties met zand afkomstig uit de havengeul.

Het deel onder LW bleef constant in volume tussen 1987 en 1999. Er zijn wel sterke schommelingen in volume tussen de opeenvolgende opnamen. Rond 1990-1992 kende de vooroever een grote toename in volume, vooral in secties 187-189. In die jaren waren de gebaggerde en gestorte hoeveelheden groter, wellicht in relatie met grotere sedimentverplaatsingen bij de zware stormen van die periode. De zeebodem

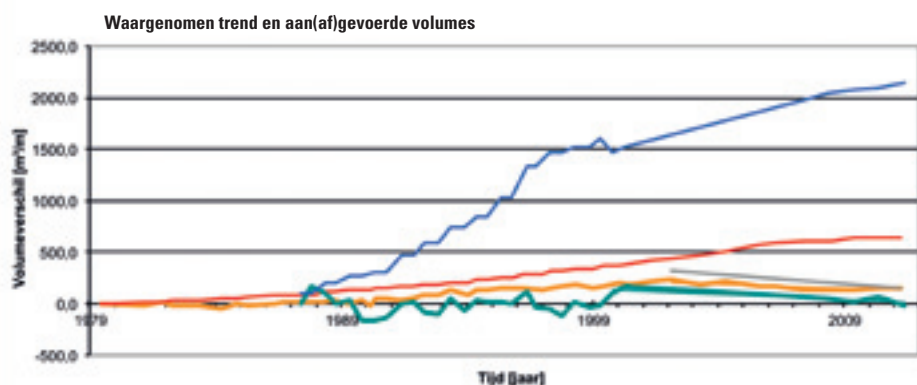
nam rond die tijd echter ongeveer evenveel in volume af. Resultierend is er dus een trend van ongeveer nul ($+0,1 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$) over 1987-1999. Gecorrigeerd voor de baggerspeciellossingen is er echter een sterk erosieve trend, $-137 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$. Dit sterk erosief cijfer is artificieel, omdat het verklaard wordt door de lossingen en de erop volgende uitspreiding van het sediment in de omgeving. Rond 2002 verandert ook in het deel onder

LW de trend. Er wordt over 2002-2011 een gemiddelde afslag met $-11 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$ waargenomen. Gecorrigeerd voor de baggerspeciellossingen bedraagt de trend nu $-71 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$. De lossingen op de vooroever zorgen dus ieder keer voor aangroei ter hoogte van de loswal, maar deze wordt snel weggeruimd. Op die manier zorgen de natuurlijke transportprocessen voor een morfologisch evenwicht.



- volumeverandering strook boven LW met correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook boven LW met correctie volumes aan(af)voer
- volumeverandering strook onder LW met correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook onder LW met correctie volumes aan(af)voer
- totale gecorrigeerde trend onder + boven LW(somtrend)

Trend deel boven LW: $-31.21 \text{ m}^3/\text{m}/\text{j}$
 Trend deel onder LW: $-70.7 \text{ m}^3/\text{m}/\text{j}$
 Somtrend: $-101.91 \text{ m}^3/\text{m}/\text{j}$



- volumeverandering strook boven LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook boven LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- volumes in strook boven LW aan(af)gevoerd zand, cumulatief
- volumeverandering strook onder LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook onder LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- volumes in strook onder LW aan(af)gevoerd zand, cumulatief
- totale trend onder + boven LW(somtrend), zonder correctie

Trend deel boven LW: $-8.45 \text{ m}^3/\text{m}/\text{j}$
 Trend deel onder LW: $-11.06 \text{ m}^3/\text{m}/\text{j}$
 Somtrend: $-19.51 \text{ m}^3/\text{m}/\text{j}$

4.41 Strook 40 (secties 190-195) : Blankenberge, oostelijk deel (Pier)

Motivering van de strook : de vijf meest oostelijke secties van het kustdeel Blankenberge (met in sectie 194 de pier) gedragen zich wat tijdsevolutie van de volumes betreft, samen met sectie 195 van het kustdeel Pier-Zeebrugge, gelijkaardig en enigszins verschillend van de rest van het kustdeel Blankenberge.

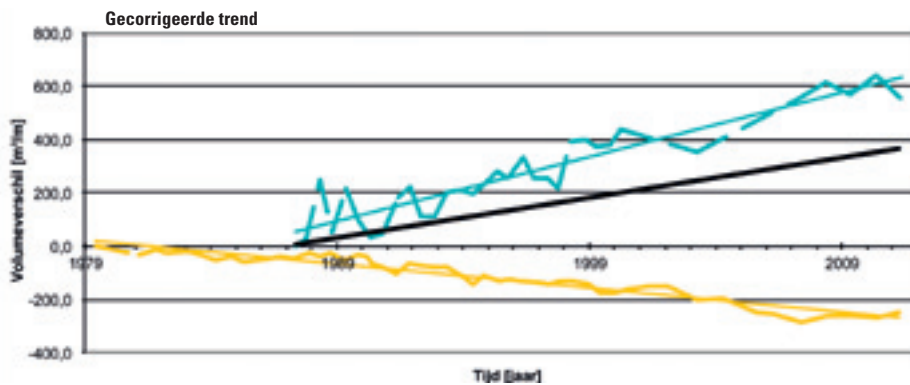
Het strandhoofd 22, op de grens van secties 193 en 194 nabij de pier, werd zeewaarts verlengd en versterkt in de periode maart 1985 - mei 1986.

Deze kuststrook kende tot 2008 jaarlijks badstrandophogingen met strandzand.

De hoeveelheden van het kustdeel en het gedeelte voor deze kuststrook zijn vermeld in de tabel bij de kuststrook 185-189. Bovendien werd in 1990, het jaar van de zware voorjaarsstormen, in secties 191-193 nog eens 15.000 m³ zeezand aangebracht. In secties 190-193 wordt eveneens jaarlijks, zoals in de kuststrook ten westen, zand uitgespreid afkomstig van het onderhoudsbaggerwerk in de havengeul van Blankenberge. Dit zand wordt nabij de zeedijk aangebracht. De betrokken hoeveelheden vindt men eveneens bij de bespreking van kuststrook 39.

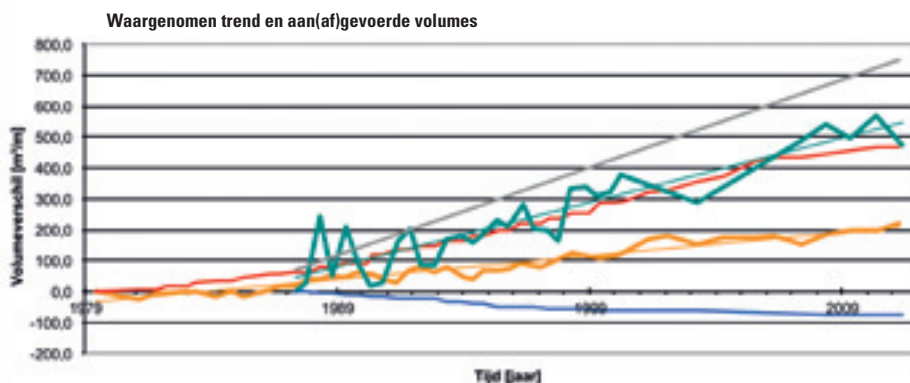
De loswal van de baggerspecie afkomstig uit baggerwerken op het voorplein strekt zich ook in deze kuststrook uit. De differentiële hoogtekarten tonen echter aan dat het merendeel van de specie gelost wordt in de naburige secties 187-189. De groei die periodiek op de vooroever van de onderhavige kuststrook wordt gemeten, wordt toegeschreven aan uitspreiding van het geloste sediment door de stroming en de golfwerking.

Morfologische evolutie : de globale waargenomen trend voor het deel boven LW is +8 m³/m/jaar sinds 1979 en voor het deel onder LW +21 m³/m/jaar sinds 1987. Na correctie voor zandaanvoer (en -afvoer op de vooroever, voor de badstrandophogingen) bedraagt de trend voor het deel boven LW -9 m³/m/jaar en voor het deel onder LW +24 m³/m/jaar. Men kan dus stellen dat alle strandaangroei hier aan de zandaanvoer toe te schrijven is. De aangroei van het deel onder LW is ruimtelijk gesitueerd in het verlengde van de loswal van Blankenberge. De laatste jaren maakt de aangroeizone echter ook aansluiting met de grote aangroeizone op de vooroever ten westen van Zeebrugge. Tenminste een deel van de aangroei bevindt zich dus in de morfologische aanpassingszone ten westen van Zeebrugge (zie volgende kuststroken). Over vrij grote oppervlaktes loopt de verticale aangroei sinds 1997 op tot bijna één meter.



- volumeverandering strook boven LW met correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook boven LW met correctie volumes aan(af)voer
- volumeverandering strook onder LW met correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook onder LW met correctie volumes aan(af)voer
- totale gecorrigeerde trend onder + boven LW(somtrend)

Trend deel boven LW: -9.08 m³/m/j
Trend deel onder LW: 24.22 m³/m/j
Somtrend: 15.14 m³/m/j



- volumeverandering strook boven LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook boven LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- volumes in strook boven LW aan(af)gevoerd zand, cumulatief
- volumeverandering strook onder LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook onder LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- volumes in strook onder LW aan(af)gevoerd zand, cumulatief
- totale trend onder + boven LW(somtrend), zonder correctie

Trend deel boven LW: 7.67 m³/m/j
Trend deel onder LW: 20.83 m³/m/j
Somtrend: 28.5 m³/m/j

4.42 Strook 41 (secties 196-201) : Blankenberge, Duinse Polders

Motivering van de strook : de op sectie 195 na vijf meest westelijke secties van het kustdeel Pier-Zeebrugge gedragen zich wat tijdsevolutie van de volumes betreft gelijkaardig en waren ook de plaats van ernstige duinafslag, vooral bij de stormen van 1990, 1993 en 1995, en van de duinvoetsuppletie van 1999.

Na de duinvoetafslag werd in het voorjaar van 1996 een aanvulling gedaan rond de toenmalige trap die de strandtoegang vormde van de Duinse Polders, met 5787 m³ zand, gewonnen op het strand. Na de

storm van 29 augustus 1996 diende nog eens dringend zand te worden opgevoerd vanaf de laagwaterlijn, ditmaal ca. 16.000 m³. In het voorjaar van 1997 werd 3986 m³ opgevoerd. Beide aanvullingen hadden in sectie 199 en 200 plaats.

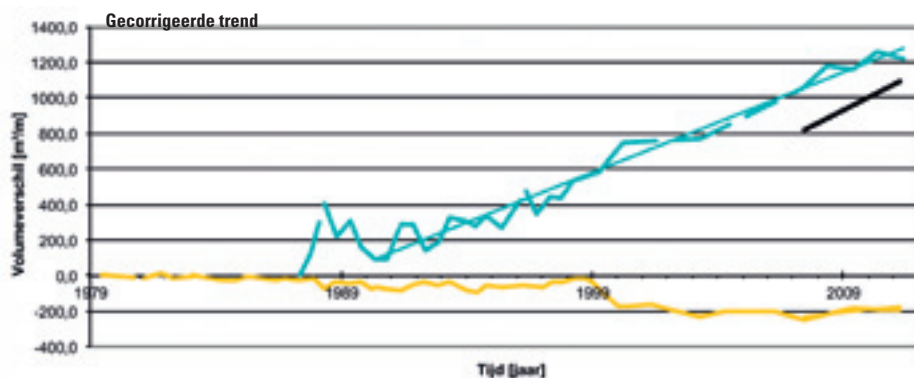
Tussen oktober 1998 en april 1999 werd een duinvoetsuppletie met zeezand uitgevoerd in secties 196-201 over een kustlengte van ruim 900 m. De aangevoerde hoeveelheden bedragen 486.291 m³. Dit volume is naar alle waarschijnlijkheid een hoeveelheid in beun. Rekenen we

opnieuw met een "rendement" van 85 %, dan is de netto toevoer op het strand naar raming 413.400 m³. Dit cijfer wordt dan nog verdeeld voor 1/5 of 82.700 m³ vóór de vlucht van 9 januari 1999 en 4/5 of 330.700 m³ na die vlucht. De volledige toename werd op het strand en in de duinaanzet gerealiseerd.

Sindsdien is er niets meer aangevoerd.

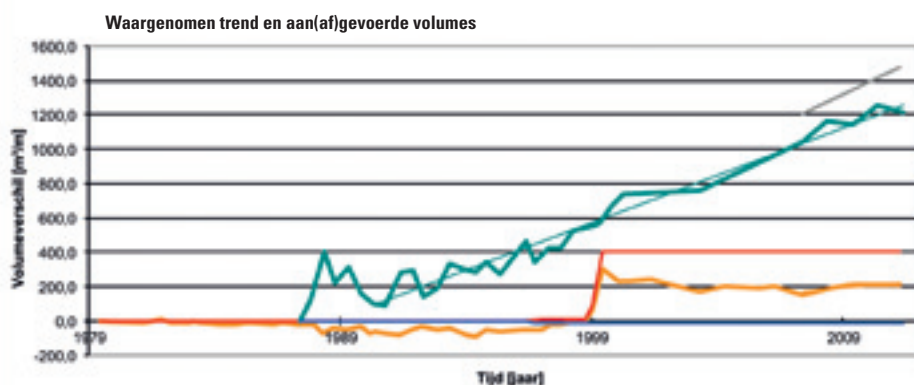
Morfologische evolutie : het strand en vooral de duinvoet kenden geleidelijk afslag tussen 1979 en 1996. De gemiddelde afslag voor het hele sectievolume bedroeg over deze periode -5 m³/m/jaar. Er werd een lichte aangroei gemeten tussen 1996 en 1998. Toch was de duinvoet structureel aangetast en werd deze hersteld met een duinvoetsuppletie eind 1998 – begin 1999. Na de afwerking van de duinvoetsuppletie kende het deel boven LW een sterkere lineaire afslag met gemiddeld -12 m³/m/jaar over de periode 1999-2007. In 2007 was ongeveer de helft van het in 1999 aangebrachte zand opnieuw verdwenen. Na 2007 is er opnieuw aangroei : +15 m³/m/jaar. Deze trend sluit aan bij de zich uitbreidende aangroeizone op het strand ten westen van Zeebrugge.

Het deel onder LW kent sinds 1990 ononderbroken aangroei. De waargenomen trend is +55 en de gecorrigeerde +56 m³/m/jaar. Ruimtelijk gezien treedt er enerzijds sterke aangroei op de hogere vooroever op (het onderwaterdeel van het strand) en anderzijds iets minder intense, maar ruimtelijk uitgestrekte, aangroei op het vlakke deel van de lagere vooroever. Beide tendensen sluiten aan bij de morfologische aanpassing van vooroever en strand ten westen van de voorhaven van Zeebrugge. Dit proces is nog niet ten einde gekomen.



- volumeverandering strook boven LW met correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook boven LW met correctie volumes aan(af)voer
- volumeverandering strook onder LW met correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook onder LW met correctie volumes aan(af)voer
- totale gecorrigeerde trend onder + boven LW(somtrend)

Trend deel boven LW: 14.82 m³/m/j
Trend deel onder LW: 56.17 m³/m/j
Somtrend: 70.99 m³/m/j



- volumeverandering strook boven LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook boven LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- volumes in strook boven LW aan(af)gevoerd zand, cumulatief
- volumeverandering strook onder LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook onder LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- volumes in strook onder LW aan(af)gevoerd zand, cumulatief
- totale trend onder + boven LW(somtrend), zonder correctie

Trend deel boven LW: 14.82 m³/m/j
Trend deel onder LW: 55.43 m³/m/j
Somtrend: 70.25 m³/m/j

4.43 Strook 42 (secties 202-210) : Blankenberge, De Fonteintjes

Motivering van de strook : de negen meest oostelijke secties van het kustdeel Pier-Zeebrugge gedragen zich wat tijdsevolutie van de volumes betreft gelijkaardig. In deze strook hebben geen zandaanvoerwerkzaamheden plaatsgevonden. Wel werden de strandhoofden 25, 26, 28 en 29 verstevigd en voorzien van stortsteen in de periode 1994-1996.

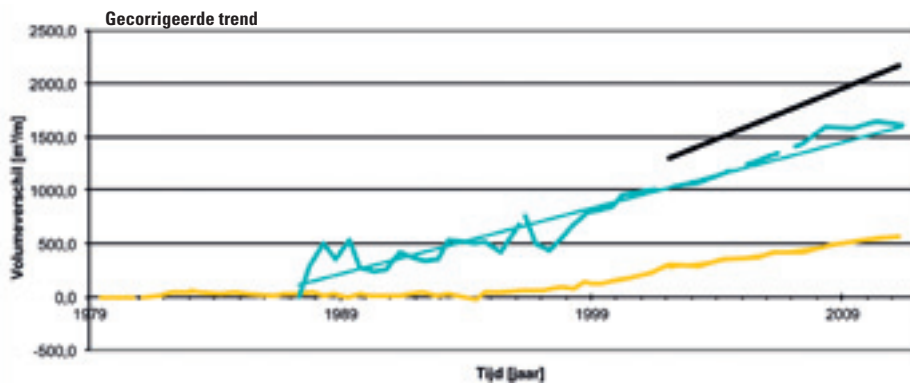
In 2006 werd er zand afgegraven in de secties 208-210 (zie bij volgende kuststrook). De afgegraven hoeveelheid voor deze kuststrook wordt geraamd op

25.000 m³ en wordt voor de gecorrigeerde trend in rekening gebracht voor de opname 2007.

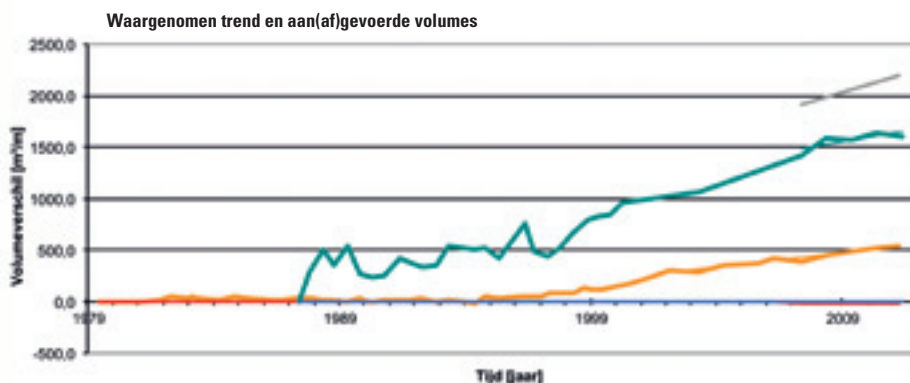
Morfologische evolutie van deze kuststrook : in de ontwikkeling van het deel boven LW kan men drie perioden onderscheiden. Tussen 1979 en 1994 bleef het volume in de kuststrook omzeggens stabiel (de trend was -1,5 m³/m/jaar). Tussen 1994 en 2002 was er een sterke aangroei. De gemiddeld trend was +33 m³/m/jaar. Men kan een invloed zien van de werken aan de strandhoofden en

wellicht vanaf 1999 aanvoer vanuit het gesuppleerde gebied in de strook "Duinse Polders". Na 1999 gaat de aangroei verder, maar aan een iets minder intens ritme van +28 m³/m/jaar. Dit is toch een cijfer dat bij de hoogste gemeten waarden voor de Vlaamse kust hoort. De opeenvolgende differentiële hoogtekaarten maken duidelijk dat de grote aangroeizone van Zeebrugge-Strand zich uitgebreid heeft tot de meest oostelijke secties van het kustdeel "Pier-Zeebrugge" en nu mogelijk ook het strand ter hoogte van de Duinse Polders bereikt heeft.

Het deel onder LW groeit continu aan. Sinds de eerste vooroeverloding, 1987, bedraagt het aangroei cijfer +62 m³/m/jaar. Mogelijk is de groei de laatste jaren wat afgenomen. Berekend over 2007-2011 is het cijfer +41 m³/m/jaar. Ruimtelijk gezien treedt er enerzijds sterke aangroei op de hogere vooroever op (het onderwaterdeel van het strand) en anderzijds iets minder intense, maar ruimtelijk uitgestrekte, aangroei op het vlakke deel van de lagere vooroever. Beide tendensen sluiten aan bij de morfologische aanpassing van vooroever en strand ten westen van de voorhaven van Zeebrugge. Dit proces loopt nog steeds door.



Trend deel boven LW: 31.74 m³/m/j
Trend deel onder LW: 61.88 m³/m/j
Somtrend: 93.62 m³/m/j



Trend deel boven LW: 38.39 m³/m/j
Trend deel onder LW: 41.21 m³/m/j
Somtrend: 69.6 m³/m/j

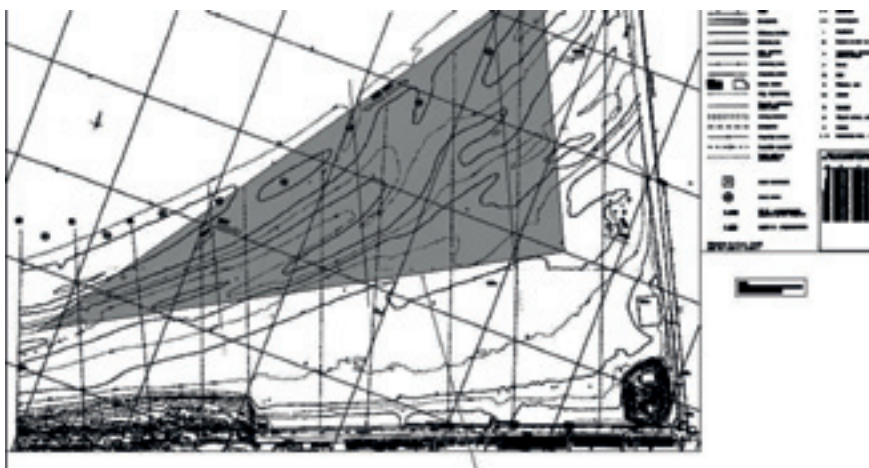
4.44 Strook 43 (secties 211-216) : Zeebrugge-Strand

Motivering van de strook : deze kuststrook valt samen met het kustdeel Zeebrugge-Strand. Na de uitbouw van de westelijke strekdam van Zeebrugge in de periode 1977-1986 is een zeer sterke aangroei op het strand van deze kuststrook opgetreden. De aangroei heeft ook op de vooroever plaats. Men kan de aangroei beschouwen als een morfologische aanpassing aan de bouw van de voorhaven van Zeebrugge.

In april-december 1999 heeft men op dit alsmat groeiende strand zand gewonnen. De hoeveelheid beliep 450.000 m³ en werd gewonnen in secties 211-214. Het zand werd aangewend als bouwzand en kwam dus niet het strand van de kust ten goede. Daarom gaat het hier om een netto uitvoer. De hoeveelheid wordt naar schatting verdeeld in een eerste afgraving van ca. 100.000 m³ vóór de meetvlucht van 6 juni 1999 en de rest erna.

Tegen de westelijke strekdam van de haven van Zeebrugge heeft in 2006 een grootschalige afgraving plaats gevonden ter compensatie van de aanzanding tegen de strekdam. De winningszone is in grijs aangeduid in onderstaande figuur en strekt zich dus uit in secties 207 tot en met 215. De werken gebeurden in opdracht van de afdeling Maritieme Toegang. De volledige oppervlakte van de winningszone bedraagt ongeveer 296.500 m². Men heeft hier 0,85 m weggegraven met een helling van 8/4 aan de rand naar het bestaande strand.

De gewonnen volumes kan men ramen op $296.500 \text{ m}^3 \times 0,85 \text{ m} = 252.025 \text{ m}^3$ of, met inachtnaam aansluitingstalud, 250.000 m³. Voor de kust is het een netto uitvoer. Ze wordt voor 10 % gesitueerd in secties 207-210 van de vorige kuststrook en voor 90 % in de onderhavige kuststrook. Aldus wordt in de gecorrigeerde volumereeks 225.000 m³ afvoer in rekening gebracht bij het volume van voorjaar 2007 (de waargenomen cijfers geven aan dat de afgraving na de opname voorjaar 2006 plaatsgevonden heeft).

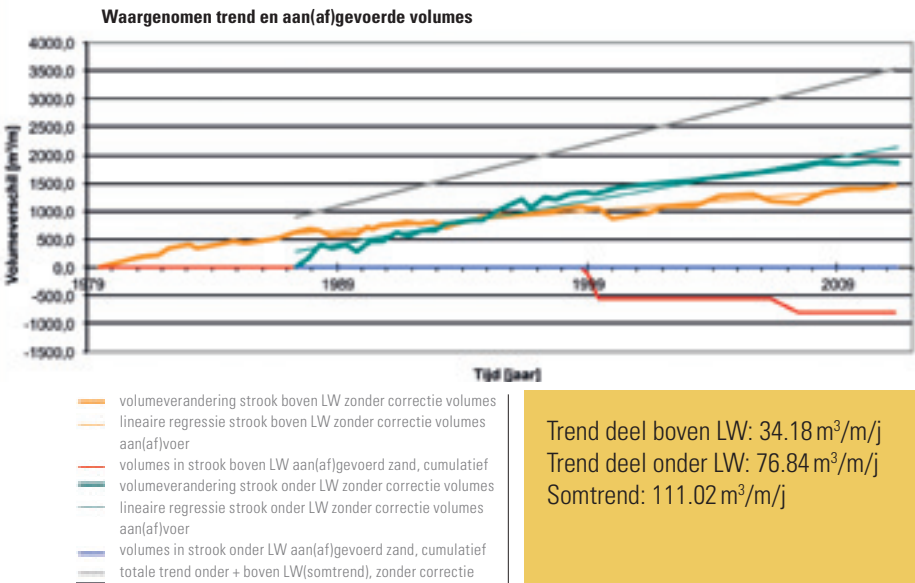
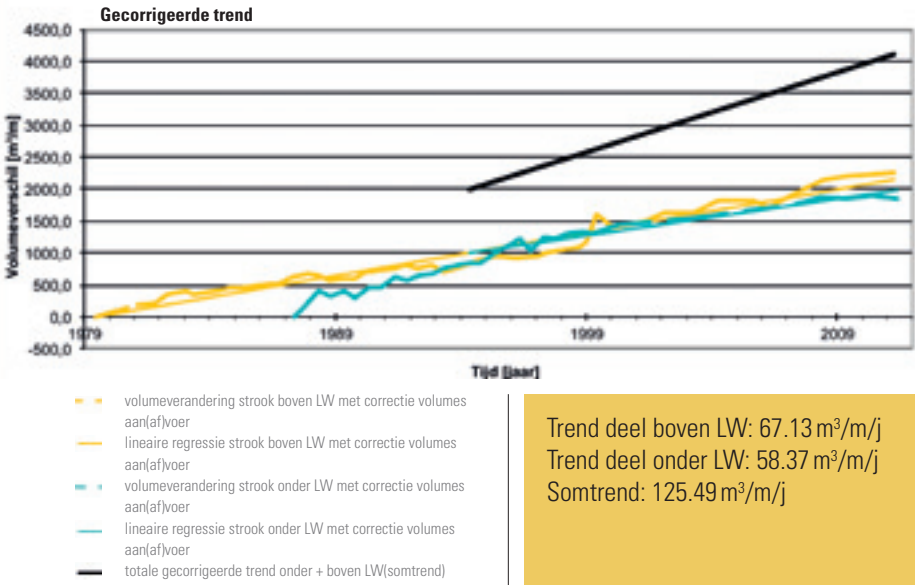


Bron : afdeling Kust.

Morfologische evolutie van deze kuststrook : de toename van de volumes is lineair in de tijd. De gecorrigeerde tijdreeks geeft voor het deel boven LW een gemiddelde aangroei-trend van $+67 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$ ($r^2 = 0,95$). De waargenomen trend is slechts $+34 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$ over de periode 1987-2011. De lagere waargenomen trend wordt volledig verklaard door de zandwinningen van 1999 en 2006. Het deel onder LW groeit lineair in de tijd aan met $+77 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$ ($r^2 = 0,94$). Beschouwt men de recentste periode 1994-2011, dan is de trend wat afgenomen ($+58 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$).

Men kan de grote aangroei beschouwen als een morfologische aanpassing aan de bouw van de voorhaven van Zeebrugge. Procesmatig gesproken kan men de aangroei beschouwen als het afvangen van het langtransport door de westelijke strekdam. Dit geldt wellicht voor de volledige strandaangroei, gelet op de aanwezige korrelgroottes. Het is echter niet uitgesloten dat er enige bypass rond de havendam optreedt van het west-naar-oost langtransport. En evenzo kan er aanvoer door de oost-naar-west component van het langtransport plaatsvinden, en aanvoer

door het golfgedomineerd dwarstransport. Dit zou een bijdrage kunnen leveren aan het fijne zand op de vooroever. Daarom kan men de aangroei-cijfers niet zonder meer gelijkstellen aan het totale netto west-naar-oost littoraal langtransport. Enkel voor het strand, dat uit grover zand bestaat dan de vooroever, kan men stellen dat het volledig wordt opgebouwd door het west-naar-oost langtransport. Het ziet ernaar uit dat de aangroei nog een hele tijd zal voortduren. De aangroeizone breidt zich uit naar het westen en reikt reeds tot Blankenberge.



4.45 Strook 44 (secties 217-218) : Heist, palend aan de Oostdam van Zeebrugge

Motivering van de strook : deze strook bevat de meest westelijke secties 217 en 218 van het kustdeel "Heist". De secties kennen een aparte volume-evolutie, afwijkend van de andere secties van het kustdeel "Heist".

De reden is de ligging palend aan de Oostdam van de haven van Zeebrugge. Zoals de andere secties ten oosten van Zeebrugge werd deze kuststrook betrokken in de grote strandsuppletie van 1977-1979. Hierbij werd over een kuststrook van ca. 9 km ca. 8,5 miljoen m³ zand opgespoten. Deze grote zandaanvoer valt net voor de eerste waarneming van de zandvolumes. In 1977 werd begonnen met de uitbouw van de Oostdam. Deze werd in 1980-1982 verlengd met het "LNG-schiereiland". In 1986 was de oostelijke strekdam voltooid. In de zomer 1986 werd het strand van enkel de secties palend aan de Oostdam opgespoten met zand afkomstig van baggerwerken in de Zeebrugse voorhaven. De opgespoten volumes zijn vrij groot, maar het slib spoelt weg tijdens de opspuiting en enkel de zandfractie blijft liggen. Tussen 26 mei 1986 en 25 september 1986 werd op het strand in secties 217 en 218 een volumetoename van meer dan 340.000 m³ gemeten. De volledige toename wordt toegeschreven aan de opspuiting, waarvan de exacte volumes niet meer gekend zijn.

Op de vooroever van sectie 218 werd in dezelfde periode een volumetoename van 16.600 m³ gemeten, die ook volledig beschouwd wordt als toe te schrijven aan de zandaanvoer. Op de vooroever strekte de suppletie zich ook nog uit in de volgende secties 219-221, waar een toename met 162.100 m³ gemeten werd. De in totaal meer dan 500.000 m³ volumetoename wordt aan de opspuiting toegeschreven (zie rapport BERM 93.001).

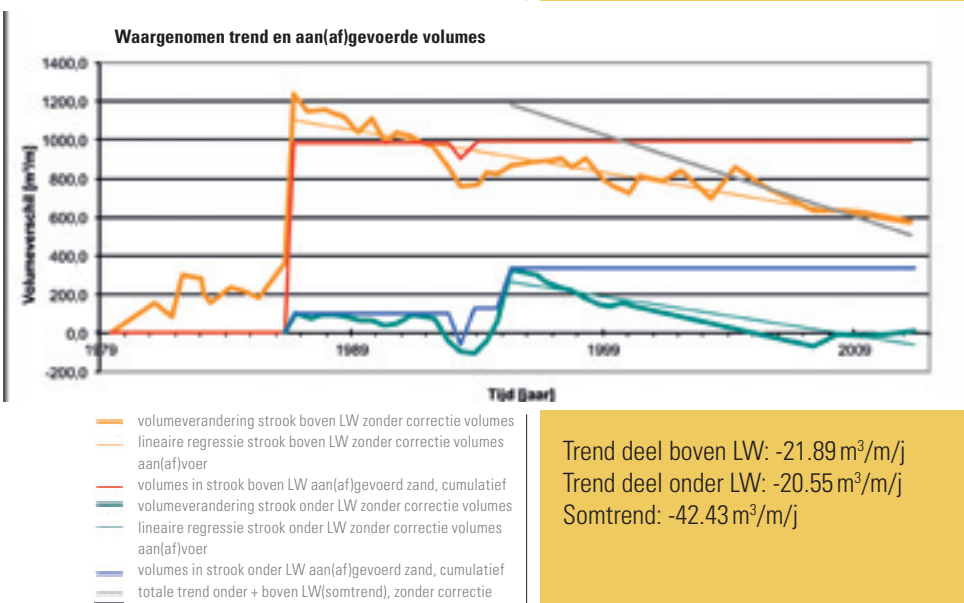
Tussen 4 november 1992 en 30 april 1993 nam het natstrand- en vooroevertvolume in secties 217 en 218 af. Deze afname is een morfologische weerslag van winningen op het strand en de vooroever nabij de laagwaterlijn, verricht bij werken bij het aanbrengen van de landval van de aardgasleiding "Zeepipe". Ook in de voorgaande jaren, tot het intrekken van de concessie in 1993, werd er af en toe zand gewonnen nabij de laagwaterlijn van secties 217 en 218, bestemd voor verkoop (bron: rapport BERM 93.001). De hoeveelheden gewonnen zand zijn niet meer te achterhalen, maar werden in het genoemde rapport geraamd op 53.200 m³, verdeeld over natstrand en vooroever. In onze gecorrigeerde tijdreeks verdelen we deze hoeveelheid voor de helft op de vooroever en de helft op het natstrand. Nadien ontstond hier een dik pakket ongeconsolideerd slib. Omdat

deze laag een gevaar betekende voor strandwandelaars, werd dit pak afgegraven en werd 72.047 m³ (volume in beun) of naar raming met een rendement van 85% 61.200 m³ zand opgespoten in juli 1993. Ook dit volume wordt voor de helft op het natstrand en voor de helft op de vooroever gesitueerd voor de opbouw van de gecorrigeerde volumereeks. Omdat er zich vers slib bleef afzetten, werd in oktober 1994 nogmaals baggerspecie afkomstig uit de haven van Zeebrugge opgespoten, naar schatting 123.616 m³ specie x 85 % zandfractie = 105.100 m³ zand. Dit volume kwam uitsluitend op de vooroever beneden de laagwaterlijn terecht en wordt naar beste raming voor 1/3 meegeteld in de aangevoerde volumes van de vooroever voor deze kuststrook en voor 2/3 in de vooroever van kuststrook 45. Na 1995 werd het grootste deel van deze kuststrook een natuurreservaat, genoemd "Baai van Heist". Er werden geen grootschalige ingrepen meer verricht.

Morfologische evolutie van deze kuststrook : tussen 1979 en 1985 kende het strand van de strook aangroei met $30 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$. Het gaat om aangroei volgend op de uitbouw van de oostelijke strekdam van de haven van Zeebrugge. Deze aangroei kan mee het gevolg zijn van aanvoer van zand (opspuitingen), waarvan we geen gegevens meer hebben. In 1986 werd een grote suppletie uitgevoerd, waarbij het brede strand, nu gekend als

“Baai van Heist”, werd gecreëerd. Nadien kent het strand in deze kuststrook continu afslag, met een gemiddeld ritme van $-22 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$. Rekent men de aangevoerde en gewonnen zandvolumes uit, dan meet men $-23 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$. Als reden wordt de onderbreking van het langstransport in de strandzone door de voorhaven van Zeebrugge gezien. Hierdoor is dit deel van het strand verstoken van aanvoer van strandzand. Ook de vooroever verminderde

in volume, wanneer men corrigeert voor de aangevoerd hoeveelheden : $-16 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$ over 1986-2007. Sinds 2007 is de trend van de vooroever omgeslagen, en treedt er aangroei op ($+14 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$). Aldus sluit deze ontwikkeling aan bij die van de volgende kuststrook, en kan men concluderen dat de aangroeizone op de vooroever van die strook uitgebreid is tot hier.



4.46 Strook 45 (secties 219-221) : Heist, tegenover Heldenplein

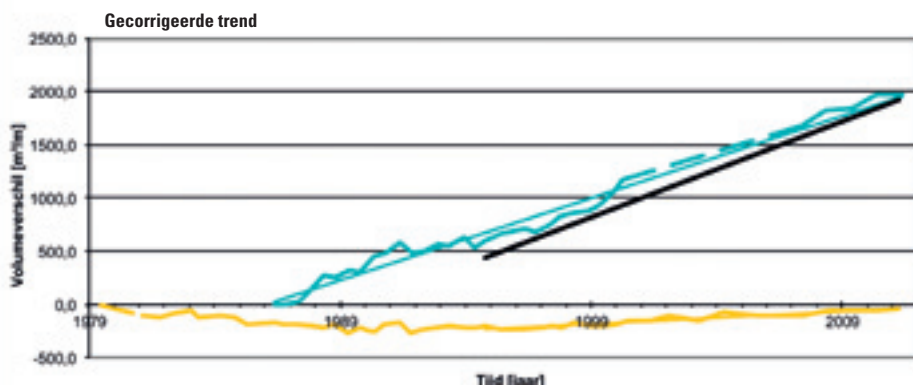
Motivering van de strook : deze strook bevat de meest oostelijke secties 219 tot 221 van het kustdeel "Heist". De secties kennen een gelijkaardige volume-evolutie, afwijkend van de andere secties van het kustdeel "Heist".

Deze kuststrook was een deel van de grote strandsuppletie van 1977-1979. Hierbij werd over een kuststrook van ca. 9 km ca. 8,5 miljoen m³ zand opgespoten. Dit werk situeert zich vóór de eerst beschikbare opmeting. In 1986 werd het strand van enkel de

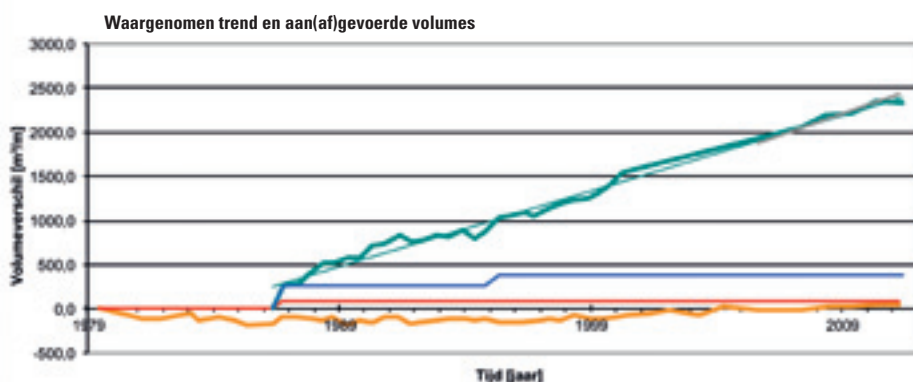
secties palend aan de Oostdam opgespoten met zand afkomstig van baggerwerken in de Zeebrugse voorhaven. De opgespoten volumes zijn vrij groot, maar het slib spoelt weg tijdens de opspuiting en enkel de zandfractie blijft liggen. Een gedeelte van de invloed van deze zandaanvoer strekte zich uit tot in sectie 219 van deze kuststrook. Tussen 24 mei 1985 en 25 september 1986 werd op het strand in sectie 219 een volumetoename van 55.000 m³ gemeten. Ook op de vooroever werd een grote aangroei gemeten, nl. met 162.100 m³. Die toenames worden volledig

toegeschreven aan de opspuiting, waarvan de exacte volumes niet meer gekend zijn. In oktober 1994 vond nogmaals een opspuiting plaats (zie vorige kuststrook). De toename voor deze kuststrook wordt op 70.000 m³ geraamd, enkel op de vooroever. Sindsdien hebben in deze kuststrook geen badstrandophogingen of andere belangrijke aanvoerwerken plaatsgevonden.

Morfologische evolutie van deze kuststrook : de gecorrigeerde volumereeks voor het deel boven LW is in twee trends op te splitsen : afslag met gemiddeld -13 m³/m/jaar tussen 1979 en 1994, gevolgd door aangroei met 12 m³/m/jaar tussen 1994 en 2011. De gecorrigeerde volumereeks van het deel onder LW toont gestage aangroei met 77 m³/m/jaar sinds 1986. De aangroei van de vooroever is begonnen na de afwerking van de Oostdam van de voorhaven van Zeebrugge. Op de vooroever heeft zich hier een zandplaat ontwikkeld. Deze blijft nog steeds aangroeien. Mogelijk is de trendomkeer van het strand rond 1994 geïnduceerd door de aanwezigheid van de zandplaat op de vooroever.



Trend deel boven LW: 12.01 m³/m/j
Trend deel onder LW: 77.41 m³/m/j
Somtrend: 89.43 m³/m/j



Trend deel boven LW: 12.91 m³/m/j
Trend deel onder LW: 85.27 m³/m/j
Somtrend: 98.18 m³/m/j

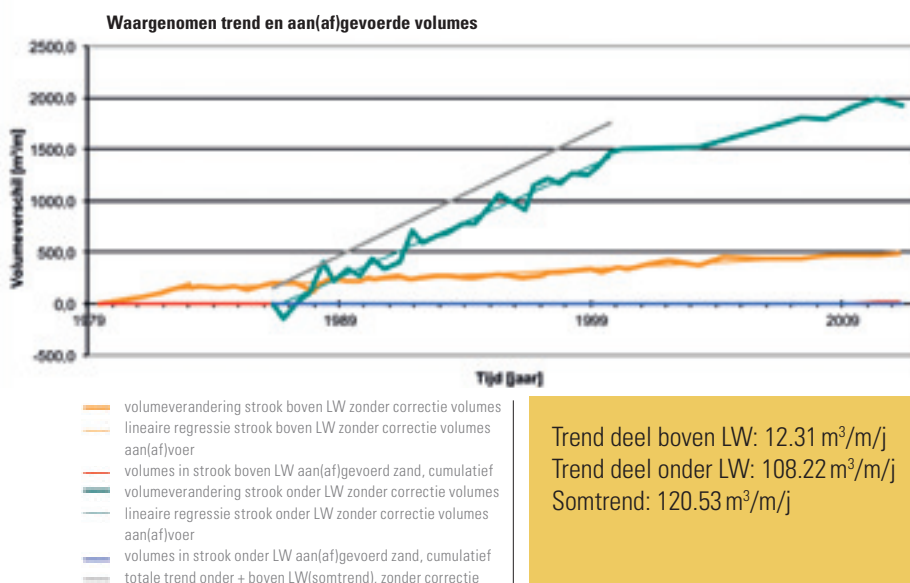
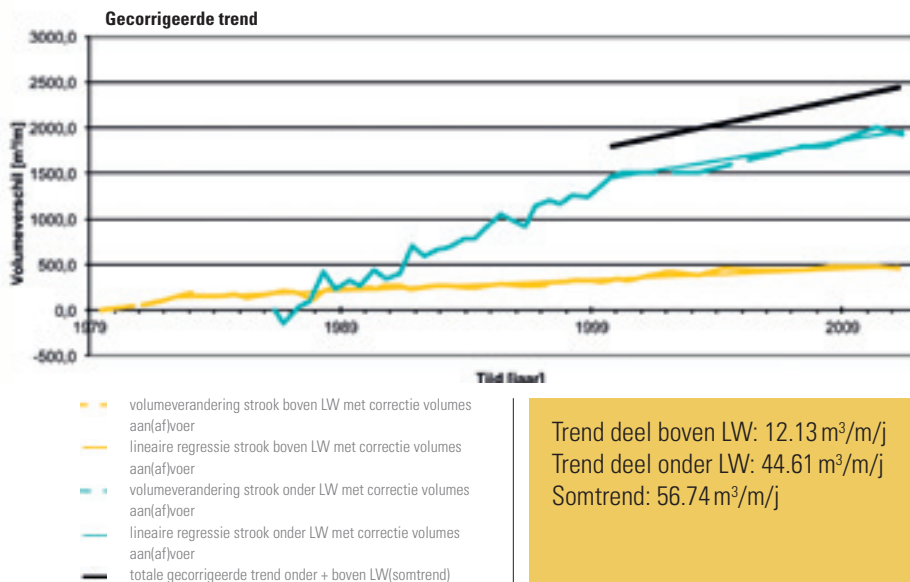
4.47 Strook 46 (secties 222-224) : duinstrook tussen Heist en Duinbergen

Motivering van de strook : dit deel van het kustdeel "Duinbergen" werd afgescheiden van secties 225-226 omdat zijn evolutie totaal anders is. Hier springt de zeedijk landwaarts terug. In deze ruimte is een duinmassief ontwikkeld, dat steeds aangroeit. Ook wordt vermoed dat deze secties zich in de zone bevinden waar de stroming die rond Zeebrugge gedwongen wordt, zich opnieuw aanhecht aan het strand, waardoor er een langjarige netto landwaartse transportcomponent zou zijn. Het strand groeit alleszins van nature aan sinds de uitbouw van Zeebrugge.

In Duinbergen-centrum worden badstrandophogingen uitgevoerd. Een deel daarvan strekt zich sinds 2008 ook nog uit in de 200 m van sectie 224 die aansluit bij Duinbergen-centrum. Op basis van de kustlengte kan men de aangevoerde hoeveelheid zeezand in sectie 224 ramen op 3200 m³ in 2008, 2200 m³ in 2009, 4200 m³ in 2010 en 6200 m³ in 2011.

Morfologische evolutie van deze kuststrook : het deel boven LW kent aangroei, continu in de tijd. Na een grotere aangroei in de periode 1979-1982 bedraagt

het aangroeiritme +12 m³/m/jaar. De sinds 2008 aangevoerde hoeveelheden in de meest oostelijke 200 m van sectie 224 beïnvloeden de tijdreeks nauwelijks. De evolutie van het deel onder LW is sterke aangroei, maar we kunnen twee periodes onderscheiden : tussen 1986 en 1999 is de trend +108 m³/m/jaar en tussen 1999 en 2011 is het ritme teruggevallen tot +45 m³/m/jaar. De aangroei op de vooroever is het gevolg van morfologische aanpassingen na de uitbouw van de voorhaven van Zeebrugge. De nieuwe zandplaat van Heist strekt zich tot in deze kuststrook uit. Waarom het aangroeiritme op de vooroever rond 1999 afnam, is niet meteen duidelijk.



4.48 Strook 47 (secties 225-226): Duinbergen-centrum

Motivering van de strook : dit deel van het kustdeel "Duinbergen" werd afgescheiden van de secties 222-224 omdat het een aparte ontwikkeling kent die eerder gelijkloopt met het aan de oostzijde gelegen kustdeel Albertstrand, maar omdat hier een droogstrandberm wordt aangelegd voor de zeedijk, worden de secties apart gehouden.

In deze zone werden voor het eerst zandopvoerwerken gedaan in 1997. Het zand was afkomstig van een strook bij de laagwaterlijn. De informatie voor de periode 1998-1999 is aanwezig in KUST

2004.112. Voor 2000-2002 is er geen informatie maar vrijwel zeker werd toen eveneens zand opgevoerd. Daarom wordt hier de aanname gedaan dat jaarlijks ca. 12.000 m³ werd opgevoerd. In 2003 werd 4855 m³ zeezand en 13.597 m³ strandzand aangebracht. In 2004-2011 werd telkens zeezand aangevoerd (bron : gegevens van afdeling Kust).

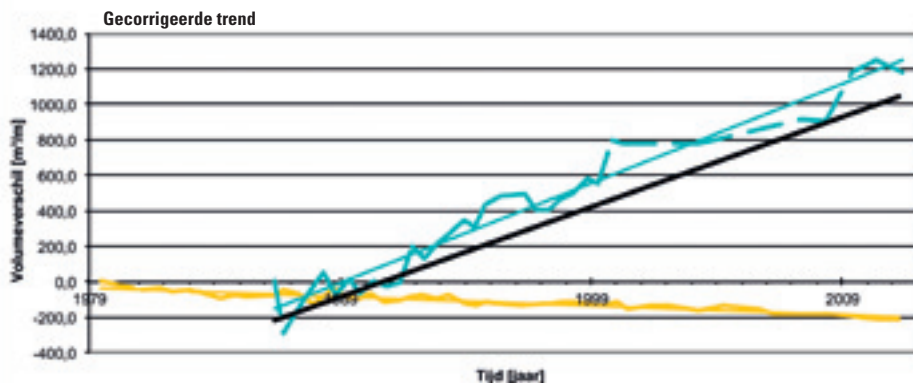
Jaar	Strandzand	Zeezand	Gedeelte boven lw	Gedeelte onder lw
1997	7049		3500	-3500
1998	10617		5300	-5300
1999	12411		6200	-6200
2000	<i>12000</i>		<i>6000</i>	<i>-6000</i>
2001	<i>12000</i>		<i>6000</i>	<i>-6000</i>
2002	<i>12000</i>		<i>6000</i>	<i>-6000</i>
2003	13597	4855	11700	-6800
2004		13124	13100	0
2005		18146	18100	0
2006		19372	19400	0
2007		14000	14000	0
2008*		11400	11400	0
2009*		7800	7800	0
2010*		14700	14700	0
2011*		21600	21600	0

Overzicht van de zandaanvoerwerken in secties 225 en 226 te Duinbergen. In cursief: veronderstelling. *de badstrandophogingen van sinds 2008 strekten zich ook nog uit over 200 m van sectie 224. Die hoeveelheden zijn hier weggelaten, op basis van de kustlengte.

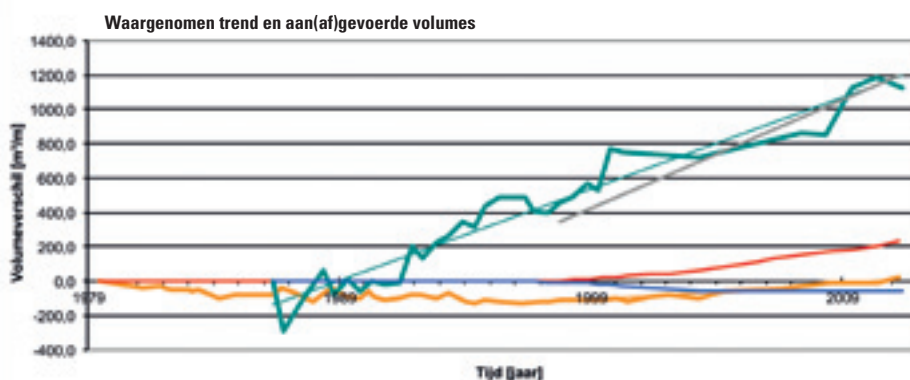
Morfologische evolutie van deze kuststrook : het strand van deze secties kent sinds 1997 een omslag van erosie naar aangroei. Het is evenwel duidelijk dat de morfologische omslag in deze secties volledig verklaard wordt door de badstrandophogingen. Rekent men de aangevoerde hoeveelheden uit de tijdreeks, dan blijkt de erosie lineair dezelfde te zijn sinds de grote suppletie van 1977-1979, nl. een meerjarig gemiddelde erosie van $-5 \text{ m}^3/\text{jaar}$ voor

het geheel van de kuststrook. Dankzij de zandaanvoer is er sinds 1997 gemiddeld $+10 \text{ m}^3/\text{jaar}$ waargenomen aangroei. De zandaanvoer gebeurt sinds 2003 met in zee gewonnen zand. De vooroever kent sterke schommelingen in volume tussen opeenvolgende opnamen, maar de gemiddelde trend is aangroei. De waargenomen trend over 1986-2011 is $+53$, de gecorrigeerde $+56 \text{ m}^3/\text{jaar}$. Ruimtelijk gezien bevinden zich enkele aangroeizones op de vooroever. Het sterkst groeien de

voortzetting van het strand onder water en een aanhangsel van de zandplaat van Heist op 900 m van de laagwaterlijn aan. Tussen beide belangrijke aangroeizones ligt een kustparallelle strook in het verlengde van de Appelzak getijgeul, die meer oostwaarts wordt aangetroffen. Deze strook groeit de laatste jaren ook aan, maar minder intens. Wellicht houdt de ebstroming deze zone enigszins open.



Trend deel boven LW: $-5.27 \text{ m}^3/\text{m/j}$
 Trend deel onder LW: $56.04 \text{ m}^3/\text{m/j}$
 Somtrend: $50.77 \text{ m}^3/\text{m/j}$



Trend deel boven LW: $9.73 \text{ m}^3/\text{m/j}$
 Trend deel onder LW: $53.28 \text{ m}^3/\text{m/j}$
 Somtrend: $63.01 \text{ m}^3/\text{m/j}$

4.49 Strook 48 (secties 227-232): het kustdeel Albertstrand

Motivering van de strook : ze valt samen met het kustdeel "Albertstrand". Dit was wel betrokken in de grote suppletie van 1977-1979, maar nadien vonden er geen aanvoerwerken of suppleties meer plaats. Enkel werd een stukje van sectie 232, palend aan het kustdeel Knokke-Zoute, mee betrokken in de suppleties van 1986, 1999, 2004 en 2007. Buiten 1986 was de toevoer hier klein. In 2009 werden secties 231 en 232 mee betrokken in de kleine strandsuppletie die verder ook nog secties 233-237 en delen van 239-240 betrof. In 2010 en 2011 was sectie 232 nog mee

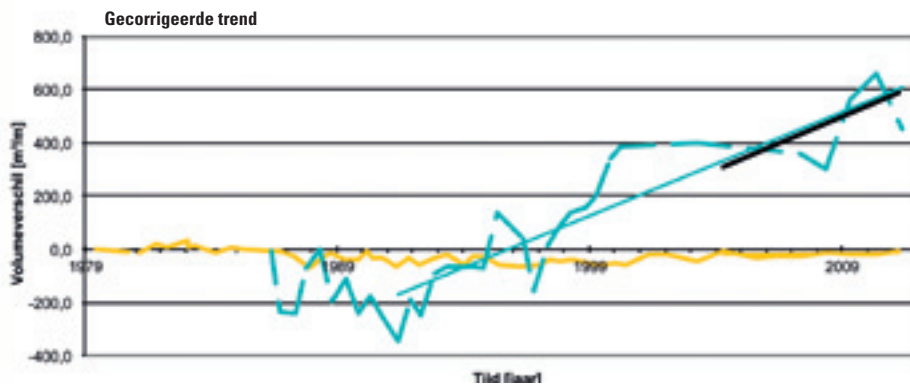
Periode	Plaats	Kustlengte	Effectief volume	Deel boven LW	Deel onder LW
voorjaar 1986	sectie 232	235	67400	57300	10100
juni 2004	sectie 232	76	9000	7700	1400
2007	sectie 232	235	8500	8500	0
2007	sectie 232	118	1400	1400	0
2009	secties 231-232	470	14800	14800	0
2010	sectie 232	118	7300	7300	0
2011	sectie 232	118	3600	3600	0

betrokken in de kleine strandsuppleties te Knokke-Zoute.

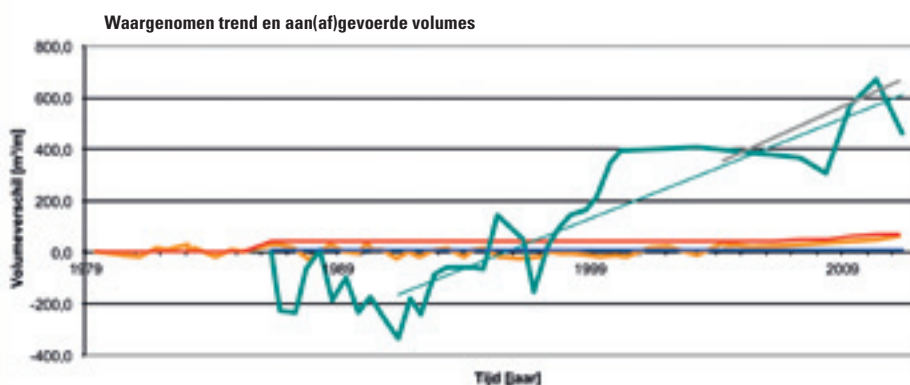
Het overzicht van de aangevoerde hoeveelheden en de aannames die leiden tot de verdeling onder en boven LW, vindt

men bij kuststrook 49, Knokke-Zoute. De consequenties voor deze kuststrook staan in de bovenstaande tabel.

Morfologische evolutie van deze kuststrook : de gemiddelde meerjarige aangroei van de duinzone (strook langs de zeedijk) is even groot als de gemiddelde meerjarige afslag van nat- en droogstrand, waardoor de netto-evolutie van het deel boven LW over de periode 1979-2004 in zijn geheel nul is. De laatste jaren, sinds 2004, is er wel een aangroeitendens met als gemiddelde trend $+5 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$. Deze wordt verklaard door de strandsuppleties en aanvullingen van de laatste jaren. Rekent men met de gecorrigeerde tijdreeks, dan is de trend voor het deel boven LW $+0,6 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$ over de periode 2004-2011. Het deel onder LW kent zeer grote schommelingen van opname tot opname. Maakt men daarvan abstractie, dan kan men globaal spreken van enige daling van de volumes over 1986-1991 en aangroei sindsdien. De gemiddelde trend over 1991-2011 is $+39 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$, maar het gaat niet om een eenduidige trend. In de secties 227 en 228 is het eerder de vooroever die aangroeit, in de secties 230-232 gaat het om de zeebodem. We kunnen de aangroei ook hier nog ruimtelijk verbinden met de invloed van de voorhaven van Zeebrugge. Tussen de aangroeistroken bevindt zich de getijgeul Appenzak. De ebstroming lijkt deze geul te willen openhouden, maar vanuit de richting van Zeebrugge wordt het westelijk uiteinde van deze stroomgeul stilaan opgevuld. Deze trend was al merkbaar in de jaren 1990 en heeft thans de kuststrook Albertstrand bereikt.



Trend deel boven LW: $0.6 \text{ m}^3/\text{m}/\text{j}$
Trend deel onder LW: $38.84 \text{ m}^3/\text{m}/\text{j}$
Somtrend: $39.44 \text{ m}^3/\text{m}/\text{j}$



Trend deel boven LW: $5.18 \text{ m}^3/\text{m}/\text{j}$
Trend deel onder LW: $38.9 \text{ m}^3/\text{m}/\text{j}$
Somtrend: $44.08 \text{ m}^3/\text{m}/\text{j}$

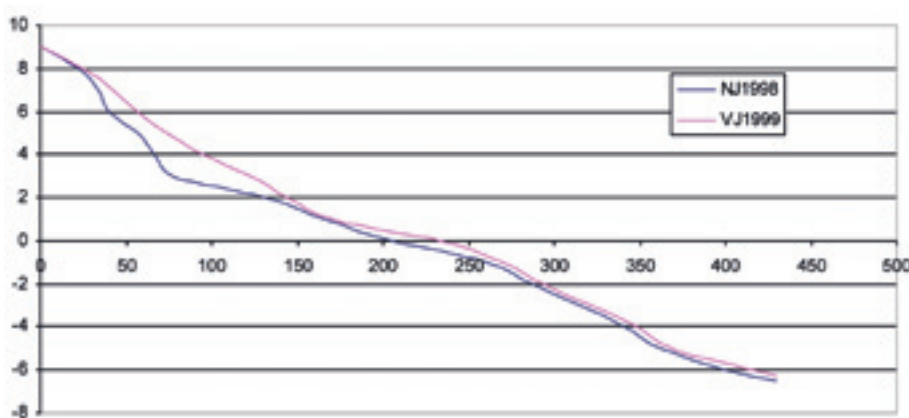
4.50 Strook 49 (secties 233-241): het kustdeel Knokke-Zoute

Motivering van de strook : ze komt overeen met het kustdeel "Knokke-Zoute". Het is een van de plaatsen met de grootste afslag aan de Vlaamse kust. De strook was deel van de grote suppletie van 1977-1979. Er vonden verschillende aanvullingssuppleties plaats, de meeste d.m.v. opspuiting. Teneinde de aangebrachte volumes goed te kunnen inschatten, wordt hier telkens een "rendement" van 85 % verondersteld. Bij metingen rond de eerste aanvullingssuppletie van 1986 werd op basis van voor- en nametingen geschat dat er een efficiëntie van 77 % gehaald werd. De metingen vielen niet meteen net voor of na de uitvoering van de suppletie, waardoor er enige onzekerheidsmarge op dit "rendement" is. Een recente suppletie in Oostende in 2004 had beter aansluitende voor- en nametingen en haalde 86 %. Het deel dat wegvloeit, bezinkt natuurlijk ook op de vooroever. In de onderhavige studie worden de vooroevervolumes mee in rekening gebracht (zie ook onderstaand profiel). Op grond van deze beschouwingen, en overwegend dat de techniek van opspuiting niet wezenlijk gewijzigd is sinds de jaren 1980, wordt voor Knokke nu ook met een oorspronkelijk rendement van 85 % gewerkt, dat zal toegepast worden op alle opspuitingen.

Jaar	Plaats	Kustlengte	Volume in beun (m³)	"rendement"	Effectief volume	Deel boven LW	Deel onder LW
voorjaar 1986	secties 232-243	2963	1000000	85%	850000	85%	15%
maart-mei 1999	secties 233-243	2728	486418	85%	413500	85%	15%
juni 2004	secties 232-243	2800	389940	85%	331400	85%	15%
2006	secties 236-240	1318	(vrachtwagens)	100%	55500	100%	
2007	secties 232-237 en 239-240	1517	(vrachtwagens)	100%	55076	100%	
2007	secties 232(helft)-236	1076	(vrachtwagens)	100%	12435	100%	
2009	secties 231-237 en 239-240	1770	(vrachtwagens)	100%	55785	100%	
2010	232-237, deel 239-240	1651	(vrachtwagens)	100%	101600	100%	
2010	234-236, deel 239-240	1052	(vrachtwagens)	100%	15400	100%	
2011	232-237, deel 239-240	1651	(vrachtwagens)	100%	50920	100%	
2011	233-237, delen 239-240	1533	(vrachtwagens)	100%	60810	100%	

Periode	Plaats	Kustlengte	Effectief Volume	Deel boven LW	Deel onder LW
voorjaar 1986	secties 233-241	2237	641700	545400	96300
maart-mei 1999	secties 233-241	2237	339100	288200	50900
juni 2004	secties 233-241	2237	264800	225100	39700
2006	secties 236-240	1318	55500	55500	0
2007	sectie 233-237 en 166m	1282	46500	46500	0
2007	sectie 233-236	958	11100	11100	0
2009	secties 233-237 en 170m	1300	41000	41000	0
2010	233-237, deel 239-240	1533	94300	94300	0
2010	234-236, deel 239-240	1052	15400	15400	0
2011	233-237, deel 239-240	1533	47300	47300	0
2011	233-237, delen 239-240	1533	60800	60800	0

Profiel sectie 235



Profiel voor en na de strandsuppletie van 1999 in sectie 235 te Knokke. Noot : de strandvlucht en vooroeverloding hebben niet meteen onmiddellijk voor en na de suppletie plaats. Dit profiel wordt enkel gebruikt om de verdeling over strand en vooroever in te schatten.

Enkel van de suppletie van 1999 beschikken we over de data om een profiel voor en na de suppletie te maken. Hiernaast een profiel midden in sectie 235.

Het hele profiel onder LW lijkt te zijn aangegroeid, tot op de bodem van de Appellakgeul toe. We rekenen daarom met een "aanbrengen van zand bij de suppletie" verdeeld over 85% op duin, droogstrand en natstrand en 15% op vooroever en zeebodem. Deze verdeling wordt bij de drie aanvullingssuppleties die in deze kuststrook plaatsvonden, toegepast.

Hierboven staat het overzicht met de aannames en de tabel met de volumes die volgens deze aannames in rekening moeten worden gebracht voor de gecorrigeerde tijdreeksen.

In de onderste tabel op p. 125 worden de volumes opgelijst die aldus voor deze kuststrook als aanvoer moeten worden beschouwd.

Daarbuiten zijn er nog enkele beperkte ingrepen gebeurd :

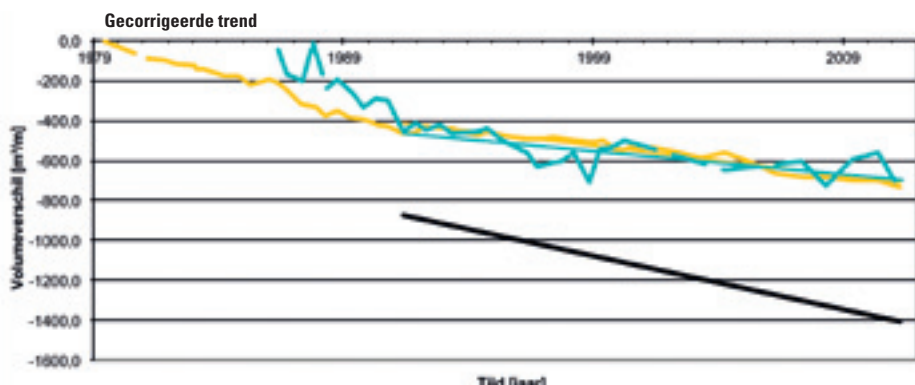
1995-1996 : beperkte opvoeringen van zand ter hoogte van de strandcabines, binnen het profiel (geen cijfers bekend).

1997 : badstrandophoging in secties 234-237 met 12.300 m³ zand gewonnen bij de laagwaterlijn. Dit wordt geteld als een netto invoer in het deel boven LW van de sectie met de helft, of 6.200 m³, en een netto uitvoer van het deel onder LW.

Morfologische ontwikkeling van deze kuststrook : zowel voor het deel onder als boven LW zijn de volumes sinds 1986 verminderd en hebben ze het peil van 1986 niet meer bereikt. Sinds 1999 zijn de volumes wel ongeveer op hetzelfde peil gebleven. De trend 1999-2011 van het deel boven LW is zeer lichte aangroei met +1,2 m³/m/jaar, en van het deel onder LW afslag met -12 m³/m/jaar. Deze waargenomen stabiliteit wordt met regelmatige zandaanvoer in stand gehouden. Bekijken we de gecorrigeerde tijdreeksen, dan merken we constant afslag. In een initiële periode was de afslag intenser : het deel boven LW heeft een trend van -38 m³/m/

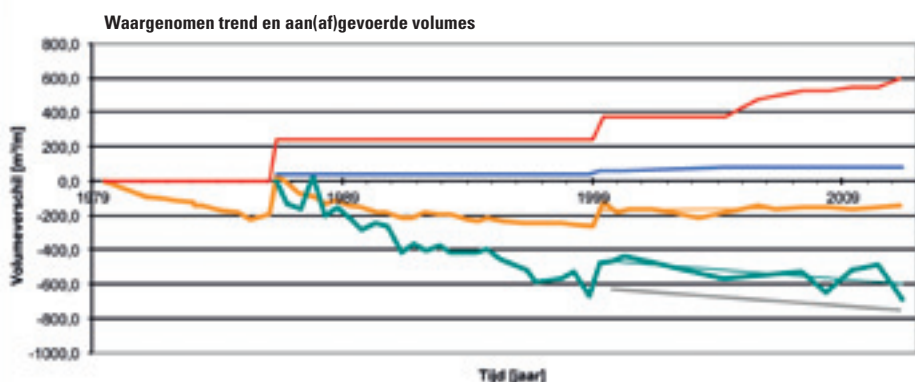
jaar over 1979-1991 en het deel onder LW -64 m³/m/jaar over 1986-1991. In 1991 is er een trendverandering gebeurd naar mildere afslagcijfers. Sindsdien bedraagt het afslagcijfer -15 m³/m/jaar voor het deel boven LW en -12 m³/m/jaar voor het deel onder LW.

Ruimtelijk gezien bevindt er zich een aangroeilichaam op ongeveer 750 m van de laagwaterlijn in de meest westelijke secties van deze kuststrook. Het sluit aan bij de aangroeizones ten oosten van de voorhaven van Zeebrugge. Tussenin is de ebgeul Appenzak gelegen. Deze kent uitdieping van de bodem en vooral van de vooroevervoet. Dit proces van uitdieping loopt nog steeds door.



- volumeverandering strook boven LW met correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook boven LW met correctie volumes aan(af)voer
- volumeverandering strook onder LW met correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook onder LW met correctie volumes aan(af)voer
- totale gecorrigeerde trend onder + boven LW(somtrend)

Trend deel boven LW: -14.87 m³/m/j
 Trend deel onder LW: -11.72 m³/m/j
 Somtrend: -26.6 m³/m/j



- volumeverandering strook boven LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook boven LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- volumes in strook boven LW aan(af)gevoerd zand, cumulatief
- volumeverandering strook onder LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- lineaire regressie strook onder LW zonder correctie volumes aan(af)voer
- volumes in strook onder LW aan(af)gevoerd zand, cumulatief
- totale trend onder + boven LW(somtrend), zonder correctie

Trend deel boven LW: 1.22 m³/m/j
 Trend deel onder LW: -12.05 m³/m/j
 Somtrend: -10.83 m³/m/j

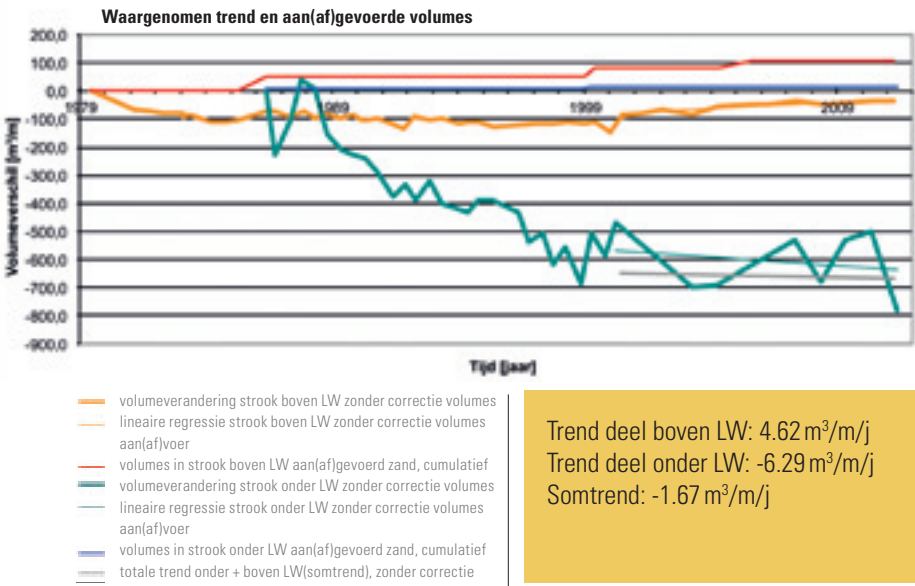
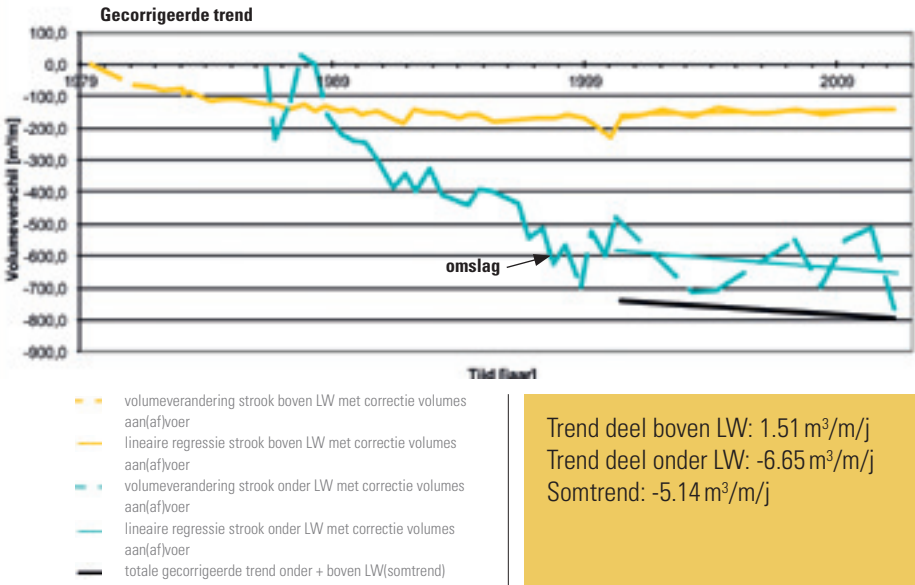
4.51 Stroom 50 (secties 242-249) : het kustdeel Lekkerbek

Motivering van de stroom : ze stemt overeen met het kustdeel “Lekkerbek”. Dit was deel van de grote suppletie van 1977-1979, die plaatsvond voor het begin van de meetreeks. Nadien hadden er enkel in de zone palend aan Knokke-Zoute nog een drietal aanvullingssuppleties plaats. De cijfers i.v.m. zandaanvoer en de aannames gemaakt om de aanvoer ruimtelijk te verdelen vindt men bij kuststrook 49. Concreet werd er in deze kuststrook zand aangebracht zoals in de tabel rechts.

Periode	Plaats	Kustlengte	Effectief volume	Deel boven LW	Deel onder LW
voorjaar 1986	secties 242-243	491	140900	119800	21100
maart-mei 1999	secties 242-243	491	74400	63200	11200
juni 2004	secties 242-243	491	58100	49400	8700

Daarbuiten werd ook nog, na de storm van 29 augustus 1996, 5000 m³ strandzand opgevoerd in sectie 242 (wordt voor de helft beschouwd als invoer in het deel boven LW en uitvoer uit het deel onder LW). Sinds 2004 is er niets meer aangevoerd.

Morfologische evolutie van deze kuststrook : de volumes van het deel boven LW zijn nog steeds kleiner dan bij de eerste meting, na de grote strandsuppletie van 1977-1979. De waargenomen ontwikkeling van het deel boven LW was vrij sterke afslag tussen 1979 en 1984 (-19 m³/m/jaar), een constante trend tussen 1984 en 2000 (-2 m³/m/jaar) en lichte aangroei tussen 2000 en 2011 (+4,6 m³/m/jaar). Het deel onder LW kende zeer sterke erosie tussen 1986 en 2000 (-40 m³/m/jaar), gevolgd door veel mildere erosie tussen 2000 en 2011 (-6 m³/m/jaar). De gecorrigeerde cijfers zijn voor het deel boven LW : -19, -4 en +1,5 m³/m/jaar voor de drie genoemde perioden, en voor het deel onder LW : -40 en -7 m³/m/jaar voor de twee genoemde perioden. Er is niet meteen een verklaring voor de markante omslag van het jaar 2000. De geulbodem van de Appelzak diept continu verder uit, en vooral aan de voet van het onderwaterstrand, net zeewaarts van de strandhoofden, bevindt zich een uitschuringszone met sinds 1997 vaak tot een meter uitdieping.



4.52 Strook 51 (secties 250-255) : het kustdeel Zwin

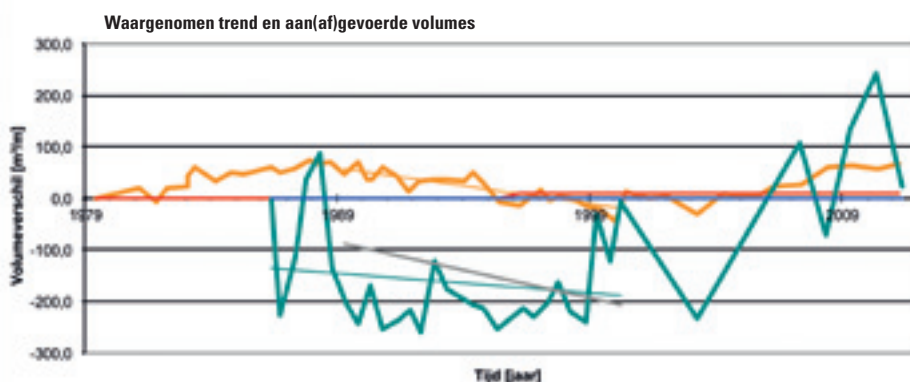
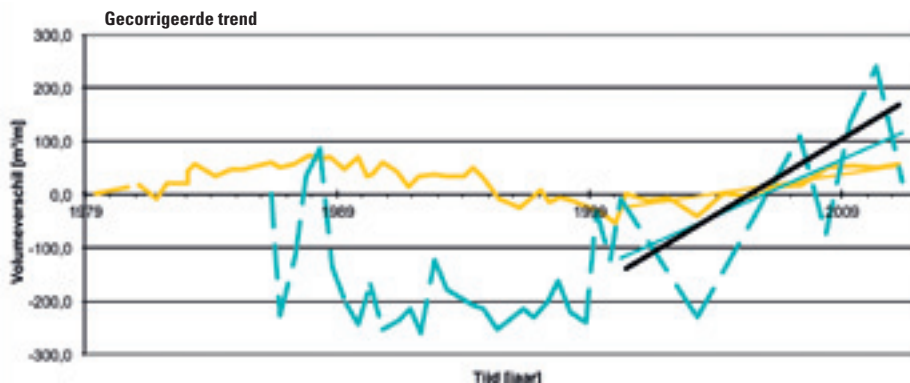
Motivering van de strook : ze stemt overeen met het kustdeel "Zwin". De meest westelijke sectie 250 maakte nog deel uit van de grote suppletie van 1977-1979.

Er vinden geen badstrandophogingen plaats. In sectie 255 (en 256) bevindt zich de monding van de Zwingeel. Doordat deze zich vrij verplaatst, kent de sectie grote jaarlijkse schommelingen in zandvolume. Volgend op belangrijke duinafslag in 1993-1995 werd ter gelegenheid van onderhoudswerken in oktober-november 1995 aan de monding van de

Zwingeel een aanvulling verricht aan de zeeduinglooiing in secties 252 en 253. Omdat het zand afkomstig was van het Zwinmondingsgebied, wordt het beschouwd als een netto aanvoer van zand. Er werd 13.930 m³ zand aangevoerd over een lengte van 530 m.

Morfologische evolutie van deze kuststrook : er was op het deel boven LW aangroei tussen 1979 en 1987, met +7 m³/m/jaar. Men kan hierin de invloed zien van de grote suppletie van 1977-1979 te Knokke-Heist, die gevolgd

werd door snelle erosie aldaar. Blijkbaar profiteerde dit gebied net ten oosten van de suppletiestrook van die erosie. Nadien, tussen 1987 en 2000, keerde de trend om en trad er erosie op. Gemiddeld bedroeg het afslagcijfer -7 m³/m/jaar. Op die manier ging alle winst van de vorige periode verloren. Op het deel onder LW is de trend over 1986-2000 -4 m³/m/jaar. Er zijn wel grote schommelingen in volume van opname tot opname. Sindsdien is de tendens in de hele kuststrook een lichte aangroei : gemiddeld +7 m³/m/jaar tussen 2000 en 2011 voor het deel boven LW en +21 m³/m/jaar voor het deel onder LW. De trendomslag in 2000 sluit aan bij de evolutie in het kustdeel "Lekkerbek". Wat het deel onder LW betreft diept de as van de ebgeul Appelzak, op ongeveer 900 m van de laagwaterlijn, uit in de tijd, maar tussen die geulas en de laagwaterlijn bevindt er zich op de vooroever een aangroeizone.



5

Conclusies

5.1 Voornaamste morfologische conclusies voor de kust, gaande van west naar oost

Deze samenvatting is gebaseerd op de gecorrigeerde trends per kuststrook en rekening houdend met de huidige kennis inzake sedimenttransport en morfologische ontwikkeling van de Vlaamse kustzone.

- ▶ Na decennia met afslag kent de Westhoek nu natuurlijke aangroei;
- ▶ de uitbouw van de strandhoofden 6 en 10 in Koksijde tot in het uiteinde van de getijgeul Het Potje lijkt de oorzaak te zijn van morfologische aanpassingen in de geulflanken en de geulas ten westen van Koksijde;
- ▶ een deel van de Broers Bank verplaatst zich lichtjes oostwaarts;
- ▶ tussen Koksijde en Nieuwpoort is de vooroever breed. De brekerbanken evolueren landwaarts maar de vooroevervoet holt uit. Dit is een langzaam en voor zover na te gaan, een natuurlijk proces. Hierbij wordt het strand ook breder waardoor de zeereep kan aangroeien;
- ▶ de loswal op de vooroever te Westende is wellicht een bron van zand voor de geulbodem van de Kleine Rede, met aangroei tot Middelkerke en verder;
- ▶ mocht er geen belangrijke zandaanvoer d.m.v. badstrandophogingen of kleine strandsuppleties plaatsvinden, dan zouden de stranden van Westende, Middelkerke, Raversijde en Mariakerke afslaan. Nu is de waargenomen evolutie lichte aangroei;
- ▶ van Westende tot Mariakerke trad vooroevervoeterosie op, maar wellicht heeft afslag uit de gesuppleerde stranden van de badplaatsen deze tendens sinds enkele jaren gestopt;
- ▶ ter hoogte van Oostende en ook Mariakerke trad wellicht zeer sterke voeding van de zeebodem op uit de zone van het noodstrand;
- ▶ de afslag van het noodstrand te Oostende is in intensiteit vergelijkbaar met Knokke kort na suppleties;
- ▶ het strand van Bredene groeit dankzij badstrandophogingen;
- ▶ het is niet onmogelijk dat er, ten tijde van de grootschalige zandaanvoerwerken op strand en vooroever tussen Bredene en Wenduine, in 1996 een eenmalige doorvoer van zand over de zeebodem richting havengeul van Oostende heeft plaatsgevonden. Dit klinkt onwaarschijnlijk in het licht van onze kennis inzake sedimenttransport nabij de kust, maar een andere verklaring voor de evolutie van de volume van vooroever en zeebodem in deze omgeving is vooralsnog niet voorhanden;
- ▶ de zeebodem ten westen van De Haan diepte sterk uit in 1988-1990 en ten oosten van De Haan en vooral in en rond Wenduine was er eveneens sterke uitdieping van de geulbodems tussen 1988 en 1993;
- ▶ recent treedt er een verschuiving van de drempels tussen de geulen Kleine en Grote Rede op naar het oosten. Dit is wellicht een natuurlijk proces, maar een invloed van de havenwerken te Oostende is mogelijk;
- ▶ de zone van de strandsuppleties 1991-1997 te Bredene – De Haan – Wenduine is in een morfologisch evenwicht, enkel in De Haan-Centrum is er lichte erosie, maar tussen De Haan en Wenduine treedt aangroei op;
- ▶ de geulbodem ter hoogte van Wenduine onderging na de suppleties tijdelijke aangroei, maar die verdween (transit);
- ▶ het strand in Wenduine kent structurele afslag;
- ▶ na strandaangroei door het "strandhoofdeffect" wordt opnieuw erosie waargenomen in Blankenberge;
- ▶ het strand in Zeebrugge groeit aan door langtransport en de aangroei breidt uit naar het westen;

- ▶ het onderwaterstrand en de grote plaat op de vooroever ten westen van Zeebrugge blijven groeien;
- ▶ tussen Heist en het Zwin slaan de meest vooruit stekende stranden continu af (Duinbergen en Knokke-Zoute);
- ▶ in Knokke diepen de flank en bodem

van de getijgeul Appelzak, en vooral de vooroevervoet, nog uit;

- ▶ elders bereiken aangroeizones van Zeebrugge de zeebodem ter hoogte van Knokke. Mogelijk verklaart dit ook een omslag van intensere naar minder intense afslag te Knokke en Lekkerbek rond 2000.

5.2 Resultaten inzake de autonome trends sinds de eerst beschikbare opmeting per strook

Langs de hele Vlaamse kust bekeken, gaande van west naar oost, is er een algemene tendens waarbij de trends, zowel voor de kustzone boven LW als onder LW, overgaan van aangroei naar erosie. Het gaat hier om de voor zandaanvoer of -afvoer gecorrigeerde trends, en enkel de recentste lineaire trend (de periode kan verschillen van badplaats tot badplaats, zoveel mogelijk werd een trend genomen over een zo lang mogelijke periode, zie hoofdstuk 4).

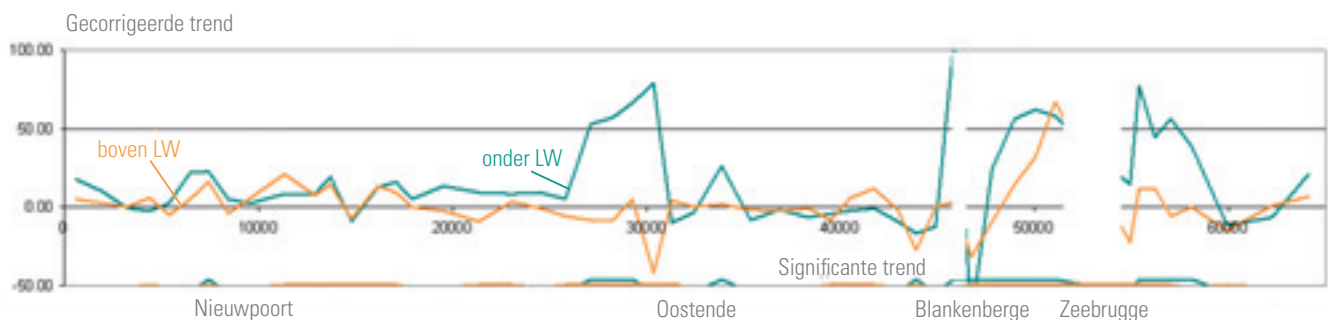
Wat het deel strand en duinaanzet ("deel boven LW") betreft, stelt men in verband met de grootte en richting van de trends het volgende vast :

- ▶ de stranderosie is het grootst te Oostende, Blankenberge en Heist;
- ▶ minder grote erosie komt voor in Lombardsijde, Middelkerke-Mariakerke en Knokke;
- ▶ er is zeer grote aangroei in Zeebrugge;
- ▶ er is minder grote aangroei in Oostduinkerke, Sint-Laureinsstrand, Nieuwmunster en Duinbergen.

En voor het deel vooroever en zeebodem ("deel onder LW") gelden volgende conclusies :

- ▶ de aangroei is zeer groot te Oostende en rond Zeebrugge;
- ▶ er is lichte aangroei te Koksijde en Westende;
- ▶ er is lichte erosie te Sint-Idesbald, De Haan-Wenduine en Appelzak.

De meeste grote trends houden rechtstreeks verband met grootschalige werken inzake infrastructuur of zandaanvoer. In de onderhavige studie werden deze trends gekwantificeerd zodat ze nu ook kwantitatief onderling vergelijkbaar zijn.



5.3 Conclusies inzake de methodiek

Deze studie betekent een nuttige valorisatie van 30 jaar volumecijfers. Bij het interpreteren van waargenomen en gecorrigeerde trends en trendomslagen bleek het nodig terug te grijpen naar de basisgegevens en ruimtelijke patronen. Deze werden in een GIS-omgeving weergegeven. Het nuttigst werd gebruik gemaakt van verschuivingen van hoogtelijnen en van differentiële hoogtekarten. Die gegevens zijn echter maar beschikbaar vanaf 1997 voor zeebodem en vooroever en vanaf 2000 voor strand en duinaanzet. Het blijft daarom te

overwegen om ook oudere gegevens te digitaliseren en om te zetten naar bruikbare ruimtelijke data.

De thans aangeleverde dataset maakt budgetevaluaties van grotere stroken en rekening houdend met de aangevoerde hoeveelheden langsheen de Vlaamse kust mogelijk.

De inhoudelijke conclusies brengen belangrijke inzichten in de kustmorfologie, en het is aangewezen de benadering ook verder te zetten wanneer nieuwe metingen worden uitgevoerd.

6

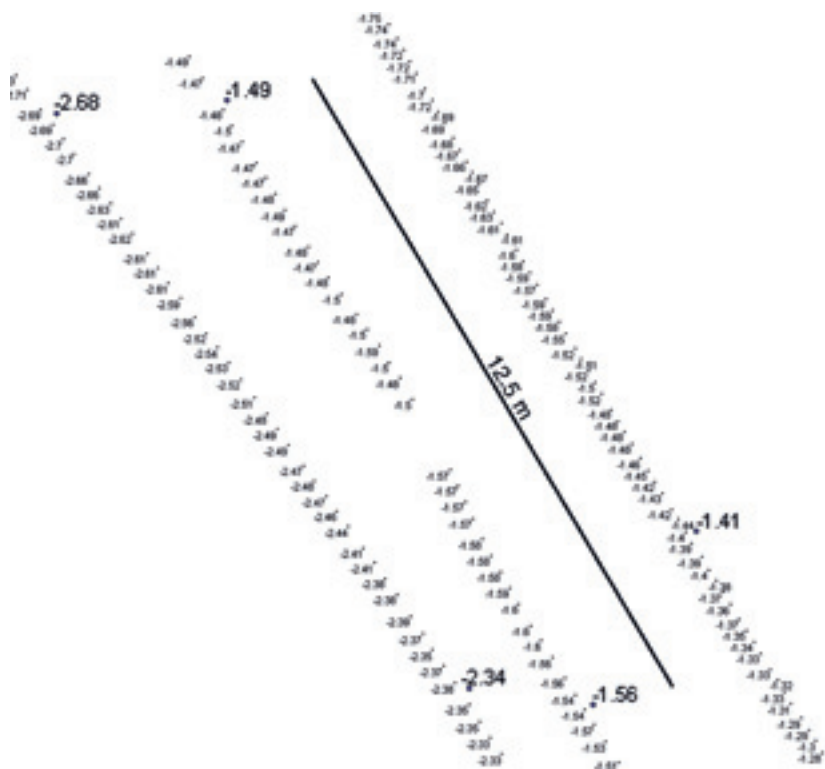
Bijlage 1. Onderzoek :

invloed van selectie van vooroeverlodingspunten volgens de methode “gemiddelde diepte” op de volumes van vooroever en zeebodem

In het verleden werd steeds gewerkt met vereenvoudigde puntenbestanden om het volume van vooroever en zeebodem te berekenen (zie hoofdstuk 3). Hier wordt onderzocht of de vereenvoudiging (reductie van het aantal lodingspunten via de methode “gemiddelde diepte”) van het aantal vooroeverlodingspunten een invloed heeft op de volumecijfers van “vooroever” en “zeebodem”. De selectiemethode “gemiddelde diepte” houdt in dat tijdens een bepaald bemonsteringsvenster in de raairichting enkel de gemiddelde diepte van alle punten gemeten in dit venster wordt weggeschreven op de gemiddelde

positie van het venster. Op deze manier wordt de grootte van de puntbestanden gereduceerd. De selectiemethode kan een instelling zijn van het echoloodapparaat, maar de recentste jaren worden alle punten geregistreerd en wordt de selectie na correctie, reductie naar een absoluut referentievlak en omzetting naar een coördinatenstelsel uitgevoerd. Dit onderzoek wordt gevoerd op de vooroeverlodingen van voorjaar 2009, waarvan zowel “gemiddelde dieptes” en “punten op de werkelijke positie” (“ruwe data”) beschikbaar zijn.

6.1 Is er een verschil in geografische ligging van de punten bij de selectiemethode “gemiddelde dieptes” ten opzichte van de punten in de “ruwe data”?



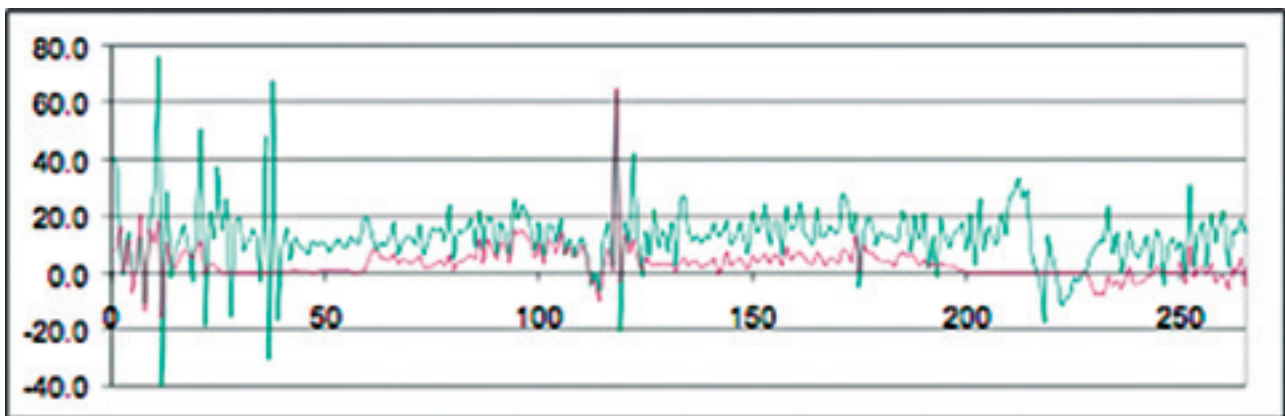
De figuur hiernaast toont enkele raaien, willekeurig gelegen, en bij elkaar geplakt om meer raaien in de figuur te krijgen. In werkelijkheid liggen de raaien 100 m van elkaar. De punten liggen in raairichting op 12,5 m (gemiddelde diepte, grote cijfers in de figuur) en op ongeveer 45 cm (voor de punten op ware positie).

De punten uit de set “gemiddelde diepte” blijken ongeveer 30 cm uit de raai aan de noordoostzijde te liggen. De reden van deze afwijking is onbekend, wellicht heeft het te maken met een andere conversiemethode van UTM naar Lambert 72, of een afrondingsverschijnsel in de coördinaten. Projecteert men deze punten op de raai met de “ware positie” dan blijken zij wel in hoogte overeen te komen met het profiel op die plaats. In de getoonde voorbeelden is de hoogte ongeveer gelijk tot een drietal cm verschillend t.o.v. het profiel met de vele punten.

6.2 Wat zijn de volumeverschillen van de hoogteschijven vooroever en zeebodem tussen beide hoogtemodellen ?

De volumes onder de hoogtevlakken van TAW +1.39 en -4.11 m werden berekend voor het 10x10 m-grid voorjaar 2009 enerzijds gemaakt met alle punten op hun werkelijke posities en anderzijds met de vereenvoudigde bestanden op basis van de selectiemethode "gemiddelde dieptes". Volgens deze methode worden, als bij de verwerking van de DTM's van vooroever en zeebodem, de volumes berekend per hoogteschijf "zeebodem" en "vooroever". Er blijkt een aanzienlijk volumeverschil voort te vloeien uit het werken met de twee types data. Het gemiddelde volumeverschil voor de hoogteschijf "vooroever" is 12,4 m³/m (standaarddeviatie 12,3). Voor de zeebodem is dit 3,2 m³/m +/- 6,2 m³/m. De volumes voor de vooroever

liggen systematisch en significant te hoog wanneer men werkt met de selectiemethode "gemiddelde diepte". Om dit volumeverschil te kaderen: in een sectie met belangrijke morfologische veranderingen op de vooroever kunnen de volumeverschillen per meter kustlengte doorheen de tijd oplopen tot 100 à 200 m³. Bij werken met "gemiddelde dieptes" krijgen we al gauw een overschatting van het volume met 5 à 10 %. Onderstaande figuur geeft een overzicht van de volumeverschillen "gemiddelde diepte" min "werkelijke positie", per sectie gedeeld door de kustlengte.



Volumeverschil tussen vooroevertvolume (groen) en zeebodenvolume (paars) bepaald op basis van selectie van lodingspunten volgens de methode "gemiddelde diepte" min "ware positie" per sectie, in m³/m.

6.3 Is er een geografisch of morfologisch interpreteerbaar gedrag van de volume- en hoogteverschillen?

Er is een duidelijke afhankelijkheid van het hoogteverschil "gemiddelde diepte" min "ware positie" van de morfologie. Men kan deze als volgt omschrijven :

- ▶ op hellingen die dalen naar zee is de hoogte overschat
- ▶ op hellingen die stijgen richting zee is de hoogte onderschat
- ▶ de mate van over- en onderschatting is functie van de hellingsgraad : hoe steiler, hoe groter de afwijking.

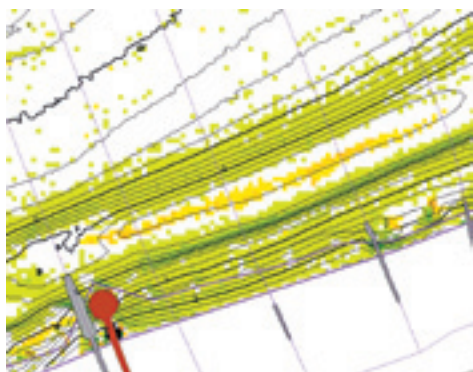
Op plaatsen met een morfologische variatie in de langsrichting van de kust treden eigenaardige effecten op (zie ter hoogte van strandhoofd 10 te Koksijde, op de Broers Bank). Dit kan te maken hebben met de lichte verschuiving met 30 cm naar het noordoosten van de punten "gemiddelde diepte" t.o.v. de "ware posities".

Deze afwijkingen kunnen enkel verklaard worden door een systematisch foutief positioneren van de punten "gemiddelde diepte" t.o.v. de punten "alle data".

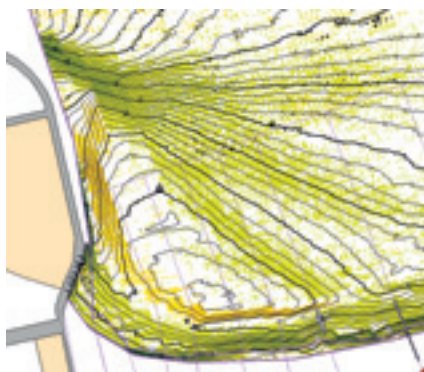
Dit resultaat is enigszins onverwacht.

Wanneer men de puntendichtheid vermindert, dan heeft dit op de beschrijving van de morfologie normaal gezien het volgende effect :

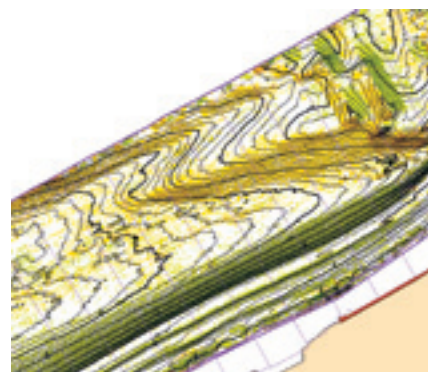
- ▶ geen verschil op horizontale vlakken of vlakken met een effen helling
- ▶ in de vereenvoudigde dataset liggen ruggen te laag en troggen worden "opgevuld"
- ▶ in de vereenvoudigde dataset worden convexe (zoals aan de rand van een rug) hellingen te laag en concave (zoals aan de rand van een trog) hellingen te hoog beschreven



Hoogteverschil tussen het vooroevermodel 2009 met data volgens de selectiemethode "gemiddelde diepte" min "alle datapunten". Hoogteverschillen ingekleurd in trappen van 2,5 cm. Verschillen tussen +2,5 en -2,5 cm zijn wit gelaten. Hoogtelijnen op vooroevermodel met alle datapunten. Hoogtelijnen om de 0,25 m; de hoogtelijnen om de meter zijn in vet en met een label. Groene kleur wil zeggen "gemiddelde diepte" hoger gelegen dan "alle datapunten", rode kleur lager gelegen. Hier een voorbeeld bij de Pier van Blankenberge.



Hoogteverschillen zoals in vorige figuur, hier ter hoogte van de Baai van Heist (secties 217-225).



Hoogteverschillen zoals in vorige figuur, hier ter hoogte van het "Het Potje" (helemaal rechts strandhoofd 10 te Koksijde-Bad).



Morfologie type	Plaatsen aan de kust waar deze morfologie voorkomt	Aantal secties	Gem Dvvo/kl (M ³ /m)	Stdev Dvvo/kl (M ³ /m)	Gem Dvzb/kl (M ³ /m)	Stdev dvzb/kl (M ³ /m)
1 brekerbank, dan concave geulwand	Middelkerke, Raversijde, Oostende, Wenduine	76	12.5	9.3	5.3	5.0
2 brekerbanken, dan concave geulwand	Westende, Bredene-Oost	22	13.5	6.5	3.3	1.8
3 brekerbanken, dan concave geulwand	De Panne, Sint-Idesbald, Lombardsijde, De Haan, Zeebrugge-Strand	78	14.3	14.0	3.9	5.5
3 brekerbanken, concave geulwand + zandbank	Sint-Idesbald	4	21.4	11.5	1.5	1.3
zandbank raakt strand	Koksijde-Bad	3	11.3	3.8	-0.1	0.2
4 brekerbanken op convexe vooroever	Oostduinkerke	20	10.7	19.8	0.3	0.3
concave geulwand + loswal	Blankenberge ten W van Pier	7	14.5	7.9	4.8	2.1
concave geulwand + zandbank	Koksijde-Bad, Heist	11	2.1	15.3	0.0	0.0
gelijkmatige geulwand + zandbank	Duinbergen	6	-1.2	4.7	-0.6	1.4
steile, convexe geulwand	Knokke-Zoute, Lekkerbek, Cadzand-West	31	11.0	6.5	-1.5	3.7
1 brekerbank op convexe vooroever	Nieuwpoort-Bad	5	10.3	1.5	0.3	0.3
havengeul	Nieuwpoort, Oostende, Blankenberge	3	31.1	28.3	23.6	35.9

Het waargenomen hoogteverschil kan hier enkel verklaard worden door een systematische positioneringsfout bij het aanmaken van de vereenvoudigde dataset t.o.v. de dataset met alle punten.

Deze morfologische verschillen uiteten zich ook in de cijfers van volumeverschillen, waarbij een onderscheid wordt gemaakt tussen morfologisch type voor de vooroever. Hiertoe werd vooral in functie van de morfologie van de vooroever een onderscheid gemaakt volgens het algemeen hellingsprofiel in de sectie. Het aantal brekerbanken werd geteld vanaf TAW +2 m (en lager).

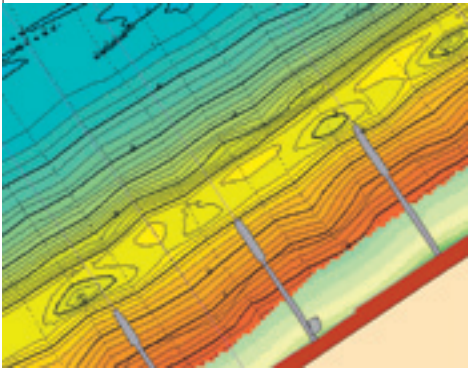
Concave helling betekent : met afnemende hellingsgraad gaande van het strand naar de zee. Met "geulwand" wordt bedoeld een opnieuw wat steilere helling in het profiel waar het onderwaterstrand overgaat in de flank van een kustparallelle geul. Typische hellingswaarden voor deze geulwand zijn 2% à 5%; met "steil" (te Knokke-Zoute en Cadzand) wordt bedoeld 10 à 15%. Op enkele plaatsen ligt er een zandbank dicht bij het strand. De helling aan de landwaartse flank van de zandbank compenseert voor de fout in volume aan de helling op het onderwaterstrand. In deze secties is er (omzeggens) geen zeebodem, omdat de zandbank in de hoogteschijf "vooroever" valt.

Vooreerst maakt men uit deze tabel op dat de invloed van de selectiemethode van lodingspunten op het volume van

de zeebodem klein is. Men zou kunnen overwegen geen correctie toe te passen op de volumeverschillen voor de hoogteschijf "zeebodem".

Voor de vooroever is er wel een significante invloed. Er lijkt een lichte toename in volume-overschatting bij gebruik van "gemiddelde diepte" te zijn naarmate er meer brekerbanken op de vooroever liggen. Het hogere aantal brekerbanken betekent ook een breder vooroeverprofiel. De volumeverschillen liggen, rekening houdend met de standaarddeviatie, dicht bij elkaar. Het gemiddelde volumeverschil op plaatsen met een zeer steile vooroever is van dezelfde orde als op plaatsen met brekerbanken. Op het eerste zicht is dit tegen de verwachting, omdat de hoogteverschillen veel groter zijn bij een steile vooroever. Maar de vooroever is op die steile plaatsen ook veel korter in dwarsprofiel, en wellicht compenseert de kleinere lengte voor het grotere hoogteverschil.

Slechts enkele secties wijken af in volumeverschil tussen de beide selectiemethoden: het zijn de secties waar een zandbank dicht bij het strand gelegen is. Hier zou er geen correctie hoeven te gebeuren. De reden is dat de fout, gemaakt op de zeewaarts duikende helling van het onderwaterstrand, gecompenseerd wordt op de landwaartse helling van de zandbank. Het gaat om 17 secties in het totaal, gelegen te Koksijde-Bad, Heist en Duinbergen.



Hoogtelijnen om de 0,25 m en hoogtes ingekleurd om de 0,5 m van het vooroever-hoogtemodel 2000 in secties 94-97. De hoogtes vertonen een "zaagtandpatroon" in functie van de meetraaien (fijne puntjes), wat doet vermoeden dat de selectie van de lodingspunten afhankelijk was van de vaarrichting.

De drie secties met een havengeul vertonen grote volumeverschillen tussen de beide werkmethoden. Hier moet men opmerken dat de volumeverschillen in de tijd, onder meer wegens onderhouds- of verdiepingsbaggerwerken, ook al zeer groot zijn.

Laat men deze drie secties weg uit de berekening van het algemeen gemiddelde volumeverschil tussen de twee werkmethoden voor de hele kust, dan vinden we $+12,2 \text{ m}^3/\text{m}$ (standaarddeviatie 12,0) voor de vooroever en $+2,9 \text{ m}^3/\text{m}$ (standaarddeviatie 4,9) voor de zeebodem. Men zou er dan ook toe kunnen besluiten om één correctie over alle secties toe te passen op de cijfers die bepaald zijn met lodingspunten op de ware posities, zodat volumeverschillen worden verkregen die volledige continuïteit garanderen met de tijdreeksen uit de periode 1986-2000. Hiertoe dienen dus volumeverschillen bepaald op datasets met dieptes op de ware positie gecorrigeerd te worden met

$+12,2 \text{ m}^3/\text{m}$ voor de vooroever en $+2,9 \text{ m}^3/\text{m}$ voor de zeebodem.

Dit voorstel is echter gebaseerd op een enkele dataset (2009) en er blijft onzekerheid bestaan over de selectiemethode van de oude datasets (tot 2003). De hoogtelijnen bepaald op de dataset van 2000, de scharnierdataset, vertonen een "zaagtandpatroon". Dit doet vermoeden dat de selectie van de lodingspunten afhankelijk was van de vaarrichting, wat in 2009 niet het geval was.

De onzekerheid, of het patroon in de afwijking vastgesteld voor 2009, dezelfde was in de oudere lodingen tot 2003, is te groot. Daarom wordt beslist om **geen systematische correcties op de volumes van vooroever en zeebodem toe te passen in functie van het al dan niet vereenvoudigd zijn van de lodingspuntenbestanden.**

7

Bijlage 2 : Onderzoek

naar de overlapzone tussen vooroever- lodingen en lidaropnamen van het strand met het oog op het opbouwen van een gekoppeld hoogtemodel

In de rand van de bepaling van de kusttrends werd ook deelgenomen aan het intern overleg binnen afdeling Kust ter voorbereiding van de opbouw van een GIS-databank van alle metingen van de kustzone. De hier gerapporteerde analysetaak is een bijdrage m.b.t. het aaneenkoppelen van de onder- en bovenwateropnamen van het strand.

7.1 Toelichting problematiek

De Vlaamse overheid wil de morfologie (hoogteligging, strandbanken, muiën, zwinen, ...) van het strand in de aansluitingszone met de vooroever (= de voortzetting van het strand onder water) zo getrouw mogelijk weergeven en opslaan ten behoeve van morfologisch onderzoek. De morfologie van het strand wordt jaarlijks in kaart gebracht d.m.v. vliegtuiglaserscanning (= lidar). De morfologie van de vooroever en de aansluitende geulbodems wordt in kaart gebracht d.m.v. singlebeam-echolodging met vaartuigen die een zeer ondiepe diepgang hebben en bij hoogwater een deel van het natstrand kunnen meten. Bij lidaropnamen wordt het strand in één vlucht die ongeveer een uur duurt bij laagwater overvlogen. Afhankelijk van de gewenste nauwkeurigheid en punt dichtheid zijn een tiental vliegstroken nodig om het hele strand te bedekken. Een strook wordt in enkele minuten gerealiseerd. Het resultaat na correcties, geometrische inpassing en filtering is een aantal tekstbestanden met X, Y – coördinaten in Lambert 72 en Z in m TAW. De echolodgingen gebeuren op verschillende dagen rond het tijdstip van de lidarvlucht. Er is hoogwater nodig zodat een overlap met de lidarmetingen kan worden gerealiseerd. Er zijn doorgaans een tiental meetdagen nodig om de gehele Vlaamse kust te kunnen bedekken. De

lodingen op de vooroever vereisen kalme zee. In de praktijk kunnen er plaatselijk tot acht weken verlopen zijn tussen de lidarvlucht en de echolodging, hoewel voor de meeste plaatsen het tijdsverloop tussen de beide types opnamen kleiner is. Het resultaat van de echolodgingen is een reeks tekstbestanden, per kaartstrook, met punten in hetzelfde referentiestelsel als bij de lidaropname. Er wordt geen filtering toegepast op de punten : alle meetpunten binnen de vaarlijn (raai) worden behouden. Beide opnametechnieken bedekken dus een overlappend stuk van het strand, rond de laagwaterlijn. Deze overlapzone is afhankelijk van de lokale omstandigheden tussen 50 en 150 m breed. Tussen de hoogtemodellen gemaakt op basis van de twee opnamesoorten afzonderlijk bestaan opmerkelijke hoogteverschillen. De redenen daarvoor zijn :

- ▶ verschillende tijdstippen van opname, waarbij de morfologie van het strand inmiddels veranderd is
- ▶ verschillende methoden van conversie van de metingen naar het referentiestelsel van de levering
- ▶ effecten te wijten aan filtering van hoge naar lagere punt dichtheden
- ▶ effecten te wijten aan de verschillende punt dichtheden en het feit dat lodingen op raaien worden uitgevoerd

In het verleden was de conversie naar het referentiestelsel een belangrijke oorzaak van onnauwkeurigheid van de echolodingen. Vooral de getijreductie, dit is het terugrekenen van de diepte t.o.v. het gemiddeld momentaan waterniveau naar een absoluut referentievlak. Met het gebruik van nauwkeuriger GPS- en attitudemetingen van de meetplatforms is deze component in de absolute onnauwkeurigheid sterk verminderd. Ten behoeve van de scheepvaart worden bij echolodingen routinematig de ondiepste punten in een bepaald meetvenster

geselecteerd. Hierdoor ontstaat in feite een omhullend oppervlak van de zeebodem dat, wat morfologie betreft, een te ondiep liggende en enigszins gegeneraliseerde morfologie beschrijft. De laatste jaren worden de volledige lodingsbestanden geleverd en worden hoogtemodellen aangemaakt met alle punten. De andere oorzaken blijven tot verschillen in de overlapzone leiden. In het onderhavig onderzoek wordt nagegaan welke effecten overblijven in de huidige verwerkingswijze van de metingen, en worden aanbevelingen gedaan naar een uniforme verwerking.

7.2 Aanpak van het onderzoek

Dit onderzoek volgt de volgende aanpak :

- ▶ aanmaak van een gekoppeld hoogtemodel (grid met resolutie 1x1 m) met de lidar en vooroeverloding van 2011. Hierbij wordt eerst afzonderlijk van de lodingen en de lidar een TIN gemaakt. Dat TIN wordt afgesneden via een interactief aangemaakte begrenzing waarbij de strandhoofden in de lidarzone en uit de vooroeverzone komen te liggen. De grenslijn wordt 3D gemaakt met elk TIN zodat de hoogte op de afsnijdingslijn behouden blijft. De afgeknipte TINs worden omgezet naar 1x1 m grids. De twee grids worden met de GIS-methode "mosaic - blend" aan elkaar gevoegd;
- ▶ er worden aldus 3 gekoppelde grids gemaakt van ca. 12-15 secties in 3 stroken die de morfologische variatie aan de kust weerspiegelen. Deze methode wordt geografisch geëvalueerd met het oog op eventuele inzet van de methode in de toekomst voor standaardverwerking;
- ▶ via verschilgrids tussen het lidar- en vooroevergrid in de overlapzone wordt de afwijking tussen loding en lidar geografisch onderzocht

en via "zonal statistics" van dit verschilgrid in de overlapzone worden kengetallen (gemiddeld hoogteverschil, standaardafwijking) van de hoogte-afwijking bepaald. De evaluatie van de hoogteverschillen houdt rekening met verschillende meetdatums, punt dichtheden en de interactie met de morfologie.

Selectie gebieden voor onderzoek :

- 1.** secties 2-18 te De Panne (datum loding 14 of 20 juni 2011) : een breed strand zonder strandhoofden en met een morfologie van kustparallelle banken en plassen;
- 2.** secties 103-115 te Mariakerke en Oostende (datum loding 25 mei, 7 en 27 juni) : smal strand met effen morfologie tussen strandhoofden die doorlopen onder de laagwaterlijn;
- 3.** secties 199-216 van Duinse Polders tot de Westdam van Zeebrugge (datum loding 20 mei 2011) : breed strand met nabij de haven van Zeebrugge strandbanken die in planvorm een holle curve volgen.

De datum van de lidarvlucht is 17 april 2011.

7.3 Aanmaak van een 1x1 m-raster per opnamesoort

Voor de loding worden “alle punten” op hun werkelijke positie gebruikt. De conversie naar Lambert 72 en TAW is reeds gebeurd. De punt dichtheid binnen de raaien bedroeg ongeveer 3 à 4 punten per meter. De raaien liggen gemiddeld 100 m van elkaar.

Voor de lidar worden alle punten geklasseerd als “grondpunten” gebruikt. Ook hier is de conversie naar Lambert 72 en TAW reeds gebeurd. De punt dichtheid gerealiseerd in de opname van 2011 is ongeveer 1,5 à 3,5 punten per m² binnen elke strook. Wanneer verschillende stroken overlappen kan de einddichtheid heel wat hoger zijn. Dit is het geval in strook I, Blankenberge-Zeebrugge. Hier werd voor de verwerking in dit onderzoek de punt dichtheid verlaagd door sequentieel 1 punt om de 2 te behouden.

Van de puntenwolken van beide opnamesoorten wordt in GIS een TIN gemaakt. Dit TIN wordt automatisch begrensd door de omhullende lijn van de puntenwolk. De TIN-tussenstap is nodig om een volledig interne dekking van de morfologie te realiseren. Een TIN-benadering geeft bij willekeurig gelegen punten doorgaans een getrouwe weergave van het terreinoppervlak. Indien er scherpe knikken in de morfologie van het oppervlak voorkomen, moeten deze echter ook gedekt zijn door meetpunten of “harde lijnen” (dit zijn lijnen met een hoogtecoördinaat, waar geen driehoeken doorheen worden gecreëerd bij het aanmaken van het TIN). De automatische omhulling is in vorm convex. Indien het datagebied concave grensdelen bevat (dit is bijna steeds het geval bij het strand en de vooroever), wordt hier geïnterpoleerd tussen ver van elkaar gelegen datapunten om driehoeken op te bouwen. In feite wordt hier dus geëxtrapoleerd. Daarom moet het TIN vervolgens afgesneden worden aan een begrenzing van het door datapunten bedekte gebied. In GIS-termen heet deze begrenzing een “clip polygon”.

De omgrenzing wordt manueel aangemaakt. In de meeste gevallen kunnen lange rechte lijnstukken in de omgrenzing worden ingelast : bv. zeewaarts of landwaarts van de sectiegrenzen, aangezien deze vaak als het correct te bedekken gebied worden beschouwd. Er moet hier enkel op worden gelet dat tussen de knooppunten van de grenslijn het gebied volledig door datapunten is bedekt. Aan de aansluitingsnaad tussen beide types opmeting moet er worden geïnterpreteerd. Voor de lidardata worden automatisch geïnterpoleerd tussen de meest zeewaartse beschikbare punten. Dit zijn bv. punten op strandbanken of op strandhoofden en het gaat dan ook om vrij hoog gelegen punten. Daardoor wordt tussen die punten ten onrechte een oppervlak geïnterpoleerd dat boven het strandoppervlak ligt. Er dient hier dus een grenslijn te worden gecreëerd die het datagebied volgt en punten die op het wateroppervlak van de zee bij laagwater liggen, buitensluit. Het tekenen van een omlijn is een langdurig werk, en door het hoge aantal punten loopt de omgeving waarin gewerkt wordt sterke vertraging op. In de praktijk volstaat het echter om het oorspronkelijk aantal punten te “verdunnen” (door bv. 1 punt om de 20 te behouden) en hierop te werken. Voor de vooroeverloding worden de meest landwaartse punten van elke raai verbonden. Ter hoogte van de strandhoofden wordt een insnijding in de grenslijn gecreëerd, waardoor alle punten van de strandhoofden die al beschikbaar waren uit de lidaropname, buiten het datagebied van de loding gehouden worden. Zoniet zou de interpolatie tussen de lodingspunten een terreinoppervlak creëren dat de punten van de beide raaien ter weerszijden van het strandhoofd verbindt, doorheen het oppervlak van het strandhoofd. De omgrenzingen mogen geen gebiedjes creëren die niet in een van beide opnames vallen, m.a.w. de omgrenzingen moeten elkaar minstens raken. Het manueel aanmaken van de omgrenzing is een vrij langdurig werk. Bovendien dient het voor iedere opname opnieuw te

gebeuren, want de bedekking is steeds verschillend.

Zeker bij de omgrenzing van de loding is het van belang dat er een hoogte gegeven wordt aan de omgrenzing, afkomstig van een eerste versie van het TIN. in GIS-terminen heet dit de omgrenzing converteren naar een 3D-polygon. Wanneer daarna het TIN wordt afgeknijpt aan de omgrenzing, wordt de hoogte op de grenslijn behouden. In het andere geval, wanneer de omgrenzing geen Z-coördinaat zou

hebben, zou de afsnijding gebeuren volgens de methode "soft clip polygon". Daarbij worden de driehoeken nabij de omgrenzing hertekend, en kunnen er interpolaties optreden langsheen de grenslijn die het oorspronkelijke oppervlak minder goed weergeven.

De TINs worden vervolgens omgezet tot raster. Er werd gekozen voor rasters met eenheidscel 1m om het maximum aan morfologische informatie, aanwezig in de lidaropnamen, te behouden.

7.4 Onderzoek van het hoogteverschil in het overlapgebied tussen de vooroeverloding en de lidaropname

Sectie	Aantal pixels	Minimum hoogteverschil (m)	Maximum hoogteverschil (m)	Gemiddeld hoogteverschil (m)	Standaarddeviatie van de hoogteverschillen
Gebied 1 : Westhoek - De Panne					
1	20671	-0.31	0.43	0.021	0.13
2	37836	-0.36	0.49	-0.015	0.16
3	42961	-0.30	0.32	0.006	0.11
4	42547	-0.29	0.31	0.008	0.12
5	42065	-0.41	0.26	-0.012	0.14
6	40915	-0.34	0.47	0.026	0.14
7	35059	-0.38	0.35	0.014	0.11
8	37165	-0.36	0.34	-0.006	0.14
9	40720	-0.39	0.47	-0.007	0.15
10	30701	-0.48	0.35	0.000	0.14
11	35489	-0.49	0.29	-0.026	0.12
12	26941	-0.43	0.25	-0.032	0.11
13	30907	-7.19	0.21	-0.023	0.14
14	31747	-0.29	0.29	-0.013	0.08
15	31967	-0.21	0.28	-0.009	0.08
16	32548	-0.31	0.28	0.000	0.08
17	37099	-0.34	0.28	-0.004	0.10
18	38974	-0.34	0.27	-0.024	0.08
19	3567	-0.34	1.02	0.013	0.13
Totaal	649461	-0.48	0.49	0.006	0.12
Gebied 2 : Mariakkerke - Oostende					
103	23522	-0.25	0.29	0.013	0.08
104	19876	-0.33	0.31	0.045	0.07
105	26648	-0.37	0.32	0.019	0.08
106	10108	-0.56	0.30	0.075	0.06
107	15068	-0.26	0.25	0.006	0.06
108	17434	-0.57	0.28	0.067	0.08
109	26225	-0.41	0.35	0.000	0.07
110	13383	-0.48	0.21	0.023	0.07
111	17152	-0.21	0.34	0.087	0.06
112	20121	-0.55	0.32	0.046	0.06
113	9574	-0.63	0.24	0.052	0.03
114	9129	-0.65	0.31	0.033	0.04
115	9413	-0.58	0.19	0.052	0.04
Totaal	217673	-0.63	0.35	0.047	0.07
Gebied 3 : Duinse Polders - Zeebrugge-Strand					
197	1769	-0.08	1.20	0.222	0.07
198	15189	-0.25	0.73	0.252	0.23
199	13907	-0.27	0.60	0.049	0.16
200	11772	-0.11	0.51	0.083	0.13
201	8921	-0.10	0.62	0.105	0.12
202	11333	-0.24	0.66	0.077	0.14
203	11475	-0.34	0.63	0.079	0.14
204	13009	-0.04	0.43	0.132	0.07
205	8799	-0.09	0.61	0.104	0.11
206	9994	-0.12	0.63	0.097	0.12
207	11794	-0.29	0.71	0.069	0.15
208	16066	-0.23	0.70	0.104	0.18
209	21368	-0.22	0.63	0.082	0.12
210	12763	-0.27	0.55	0.065	0.16
211	30695	-0.33	0.47	0.073	0.16
212	31175	-0.32	0.55	0.074	0.12
213	24023	-0.31	0.60	0.119	0.15
214	24302	-0.19	0.61	0.071	0.08
215	18219	-0.37	0.55	0.004	0.12
216	1487	-0.26	0.52	-0.002	0.10
Totaal	296904	-0.37	1.20	0.088	0.15

Het raster op basis van

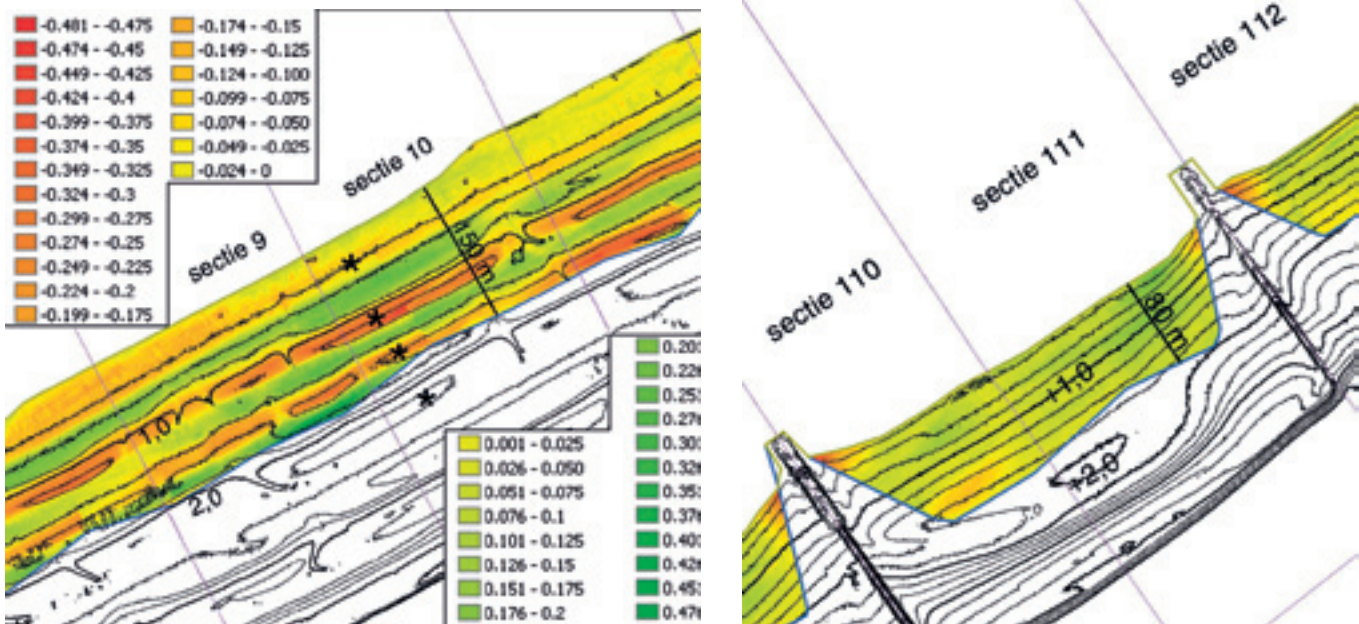
lidarpunten wordt als het meest nauwkeurige en volledig dekkende beschouwd. Voor de overlapzone in de drie studiegebieden wordt een nieuw raster opgesteld dat de hoogteverschillen weergeeft tussen het raster op basis van vooroeverlodingen en dat op basis van de lidaropname (in het GIS : gebruik "Raster Calculator").

Het hoogteverschilraster bevat waarden in de buurt van 0. In de figuren op p. 141 worden de waarden ingekleurd in stappen van 2,5 cm, zodat zeer kleine hoogteverschillen reeds kunnen worden weergegeven. Rode kleuren betekenen: lodingsraster ligt lager dan lidarraster, groene kleuren geven een hogere ligging aan. Gele kleuren worden gebruikt rond het hoogteverschil 0. De ingekleurde hoogteverschilrasters laten toe de spreiding van de hoogteverschillen ruimtelijk te interpreteren.

Men kan per zone (bv. een studiegebied of een sectie) statistische kengetallen bepalen die de hoogteverschillen beschrijven (in het GIS : gebruik "Zonal Statistics"). De tabel links geeft de statistische kengetallen van de hoogteverschillen weer per sectie en deelgebied.

De gemiddelde hoogteverschillen per gebied zijn in de orde van enkele centimeter.

In gebied 1 varieert het gemiddeld hoogteverschil tussen -2 en +2 centimeter. Er is geen systematische trend van sectie naar sectie.



Hoogteverschillen van het hoogtemodel op basis van de vooroeververloodingen en dat op basis van de lidarvlucht in gebied 1. De legende geldt ook voor de volgende hoogteverschillen. De inkleuring gebeurde in stappen van 2,5 cm. Rood = lodingsmodel ligt lager dan lidarmodel. Hoogtelijnen om de 25 cm bepaald op het lidarmodel. De asterisken geven de ligging van strandbanken aan bij de lidaropname.

Morfologisch gezien hangen de hoogteverschillen hier samen met een veranderde morfologie tussen het tijdstip van de lidarvlucht (17 april) en de loding (14 of 20 juni).

Tussen deze tijdstippen zijn de strandbanken van plaats veranderd. De figuur links boven, ingekleurd in stappen van 2,5 cm, het hoogteverschil tussen de vooroeverloding en de lidaropname in het overlapgebied voor secties 9 en 10. Het overlapgebied is ongeveer 150 m breed. De asterisken geven de positie van de strandbanken weer bij de lidaropname; de hoogtelijnen zijn deze (om de 25 cm) van de lidaropname. Op de plaats van de strandbanken ligt het hoogtemodel van de vooroeverlodingen stelselmatig dieper, en ter hoogte van de plassen, ondieper. We concluderen dat de veranderde morfologie in de periode tussen de lidarvlucht en de vooroeverloding de hoofdoorzaak is van de hoogteverschillen in de overlapzone.

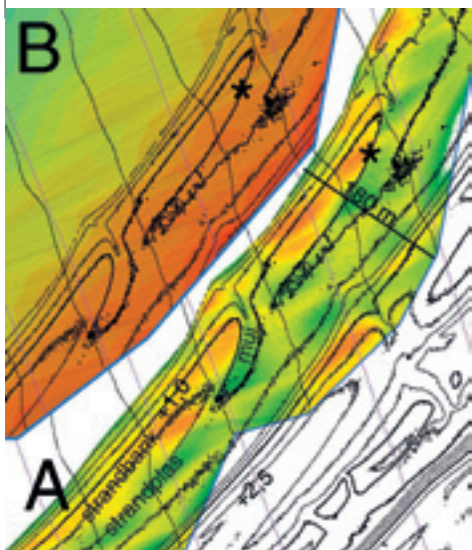
In gebied 2 (figuur rechts boven) ligt de vooroeverloding algemeen ongeveer 5 cm hoger dan de lidaropname. Rond de strandhoofden ligt het hoogtemodel gebaseerd op de vooroeverlodingen te laag. Dit komt door de ligging van de raaien, op voldoende afstand van de strandhoofden, en door het feit dat het strand nabij de strandhoofden telkens wat in zee uitsteekt. Ondanks dat effect ligt de vooroeverloding hoger dan de lidaropname. De vooroeverloding gebeurde op 25 mei, 7 juni en 27 juni. Er was dus al een maand, mogelijk twee maanden verstreken. Het is goed mogelijk dat onder invloed van de lokale badstrandophogingen of de natuurlijke strandaan groei in de inmiddels verstreken weken het strand wat hoger lag.

In gebied 3 zijn de hoogteverschillen groter, gemiddeld ligt het hoogtemodel op basis van de lodingen 9 cm hoger dan dat op basis van de lidaropname (met ongeveer spreiding van 0 tot 20 afhankelijk van de sectie).

Hier speelt het gecombineerd effect van (a) een inmiddels veranderde morfologie en (b) de vorm van de kustlijn en het feit dat de lodingsraaien hier lokaal niet loodrecht op de kustlijn verlopen.

De lodingen in dit gebied vonden plaats

op 20 mei, een maand na de lidarvlucht. De strandbanken zijn inmiddels van plaats veranderd. Ter hoogte van de raailijnen ziet men in de figuur op p. 142 dat de loding lager ligt dan de lidaropname waar strandbanken aanwezig zijn. Bij de strandplassen is het juist andersom. Ook zijn de muilen veranderd of alleszins niet weergegeven in het terreinoppervlak op basis van de lodingspunten. Maar hier speelt een tweede effect veroorzaakt door de vorm van de kustlijn. Deze verloopt hier in een hoek t.o.v. de lodingsraaien. Daardoor is het strandoppervlak bij iedere volgende raai (gaande naar het oosten) wat hoger gelegen. De TIN-interpolatie van de lodingspunten houdt hiermee geen rekening en interpoleert volgens de kortste afstand tussen de raaien (zie lijnerigheid in hoogten in figuur B). Ter hoogte van de asterisk in de figuur verbinden de TIN-driehoeken twee lage zones in aangrenzende raaien. Deze zones zijn ook laag in de lidaropname, maar door de hogere gegevensdichtheid zien we dat de lage zones tot twee verschillende strandplassen horen. De driehoeken op basis van de lodingspunten snijden dus door de tussenliggende strandbank, waardoor het lodingsraster hier te laag ligt. Het feit dat het lodingsmodel gemiddeld hoger ligt (in de overlapzone) dan het



Uittreksel van het overlapgebied tussen lodingen en lidar ter hoogte van secties 209-212 te Zeebrugge-Strand. A = hoogteverschilkaart in stappen van 2,5 cm. B = hoogtekaart in stappen van 25 cm van het TIN op basis van de vooroeverlodingen. De hoogtelijnen in beide kaartjes zijn hoogtelijnen op basis van het lidar-hoogtemodel, om de 25 cm. Beide uittreksels geven hetzelfde gebied weer. De tekst "muis" ligt in sectie 211.

lidarmodel wordt gedeeltelijk verklaard door de concave vorm (in planzicht) van de hoogtelijnen.

Interpolatievlakken tussen naburige raaien liggen daardoor over het algemeen iets te hoog in de zone halverwege de raaien.

Conclusie : de lodingen liggen in de drie uitgewerkte voorbeelden voor 2011 ongeveer gelijk met tot systematisch en significant enkele centimeter ondieper dan de lidaropname. Hoofdrede lijkt het in het algemeen later in het voorjaar uitgevoerd zijn van de vooroeverloding in 2011. De lodingen leveren een onvolledige opname van het strandoppervlak omdat de meetraaien 100 meter uit elkaar liggen. Op plaatsen waar de algemene morfologie niet zijn grootste gradiënt heeft parallel met de

raaien, levert dit onvolmaakte interpolaties op : bij strandbanken die niet parallel verlopen met de algemene kustrichting, bij muilen, bij strandhoofden. Het eerste effect is variabel van jaar tot jaar. Zo kan de lidarvlucht ook later dan de gemiddelde lodingsdatum plaatsvinden, waarbij het strand mogelijk lager lag bij de loding. Het tweede effect is plaatsafhankelijk. Er bestaat geen algemene methode om hieraan te verhelpen, maar het gemiddeld hoogteverschil per lodingszone (kaartstrook) en de spreiding van de hoogteverschilwaarden kunnen als metadata bepaald en bewaard worden. Op die manier kan men de variatie van de gekoppelde hoogtemodellen van jaar tot jaar beter interpreteren. Indien een van beide opnamesoorten in het overlapgebied mag doorwegen, is het de lidaropname.

7.5 Evaluatie van het mozaïeken van rasters met overlap

Er zijn verschillende manieren denkbaar om over te gaan tot de aanmaak van een gekoppeld hoogtemodel. Hier wordt enkel een mogelijkheid uitgetest die kant en klaar door het GIS ter beschikking wordt gesteld : het mozaïeken van rasters. Hiermee bedoelt men het integreren van verschillende rasters tot één nieuw raster. In de gebieden waar de invoerrasters overlappen, kan men kiezen voor verschillende methoden om de overgang te maken. In dit onderzoek werd de voor deze toepassing voor de hand liggende methode "blend" onderzocht. Hierbij wordt in de overlapzone tussen de verschillende inputrasters een geleidelijke overgang gecreëerd afhankelijk van de afstand van de rand van de overlapzone.

De volgende instellingen werden gebruikt voor het aanmaken van het mozaïekraster met ArcToolbox – Data Management Tools – Raster – Mosaic to New Raster :

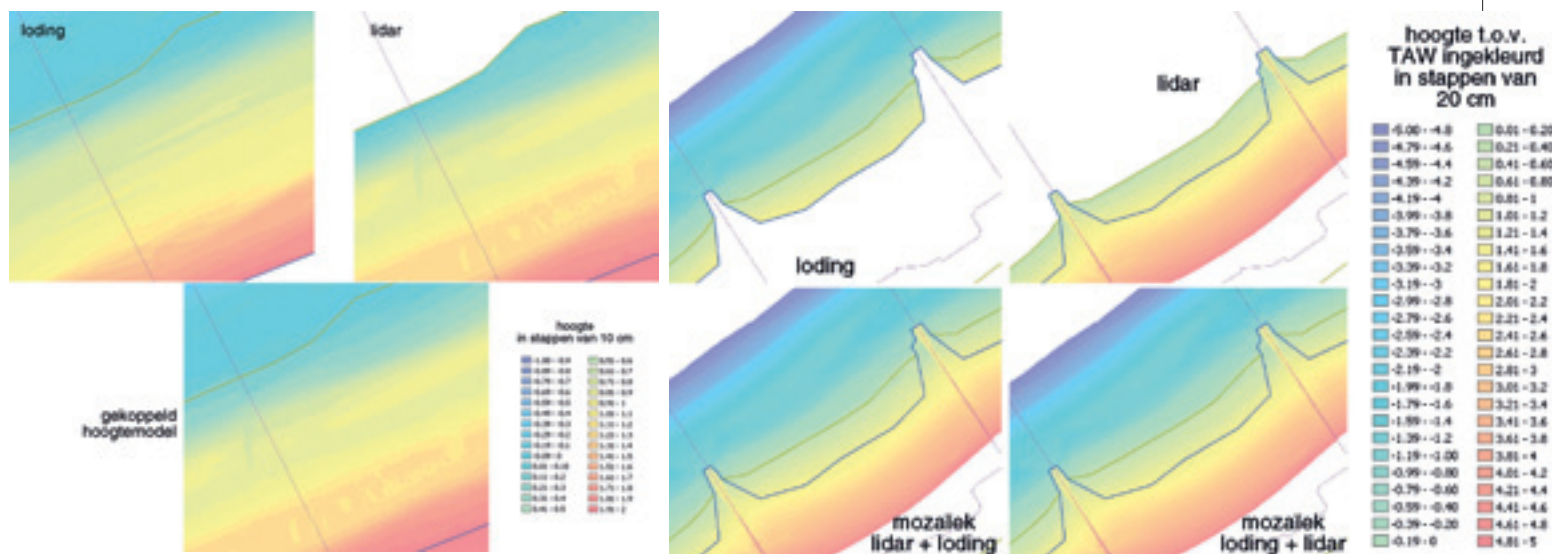
- ▶ Input raster : uit droplist : kies het lodingsraster en het lidarraster
- ▶ Output Location : kies map waar de mozaïek inkomt
- ▶ Raster dataset name : geef een naam voor het rastermozaïek
- ▶ Coordinate system : overslaan
- ▶ Pixel_type : 32_Bit_signed
- ▶ Cellsize : 1 m
- ▶ Number of bands : 1

- ▶ Mosaic method : BLEND
- ▶ Mosaic Colormap Mode : First

De bewerking levert een behoorlijk resultaat van gekoppeld hoogtemodel op. In de figuren op p. 143 worden enkele uittreksels getoond van naar hoogte ingekleurde gekoppelde hoogtemodellen die aldus werden aangemaakt.

In gebied 2 zijn strandhoofden aanwezig. Er werd voor gezorgd dat de hoogtegegevens uit de lidaropname, die de strandhoofden bijna volledig beschrijven, integraal en zonder overgang werden overgenomen in het gekoppeld hoogtemodel. De vorm van de strandhoofden is nog steeds afgekapd aan de waterlijn. Het moet mogelijk zijn een volledige morfologie d.m.v. terrestrische opmetingen van de zeewaartse uiteinden van de strandhoofden op te nemen. In het ideale geval wordt er een multibeam-opname verricht rond de uiteinden van de strandhoofden, maar dan spreken we al over een belangrijke kost van de monitoring.

Het resultaat van de "blend" methode bij mozaïeken is zeer behoorlijk. Er wordt een continu en goed interpreteerbaar beeld van de hoogteligging, ook in de overlapzone tussen lidar en loding, gecreëerd.



Vergelijking van het hoogtemodel 2011 op basis van de vooroeverlodingen (links boven), de lidarvlucht (rechts boven) en de koppeling van beide d.m.v. de methode "Mosaic; blend" (onderaan). Het uittreksel is gelegen op de grens van secties 2 en 3 (dunne paarse lijn is sectiegrens). De andere lijnen in de figuur begrenzen het datagebied van respectievelijk vooroeverlodingen en lidargegevens. De overlapzone is hier 160 m breed.

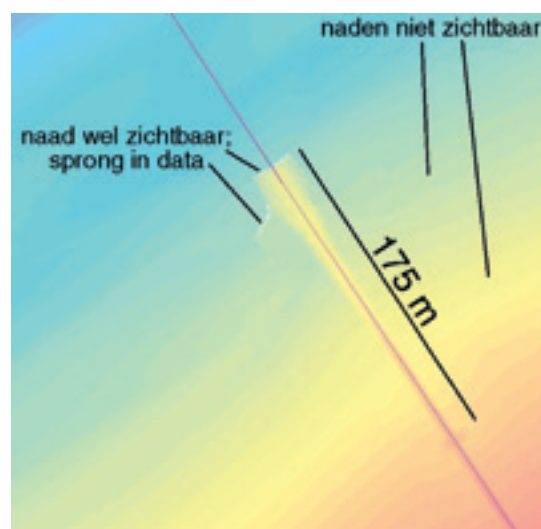
Vergelijking van het hoogtemodel 2011 op basis van de vooroeverlodingen (links boven), de lidarvlucht (rechts boven) en de koppeling van beide d.m.v. de methode "Mosaic; blend" (onderaan links : eerste invoerraster is "lidar", tweede is "loding"; onderaan rechts : eerste invoerraster is "loding", tweede is "lidar"). Het resultaat van beide volgorden lijkt sterk open. Uittreksel ter hoogte van sectie 105 (sectie is 480 m breed). In alle figuren is het overlapgebied tussen vooroeverloding en lidaropname begrensd door een dikke lijn. In sectie 105 is het overlapgebied ongeveer 65 m breed.

De "blend"-methode fungeert wel als een zwarte doos. In dit onderzoek trachtten we te achterhalen hoe de methode werkt en of er bepaalde (eventueel best te vermijden) eigenschappen optreden bij het toepassen van de methode. Hiertoe werden verschilrasters gemaakt als volgt. Van het mozaïekraster trokken we in twee bewerkingen beide invoerrasters af, nl. het raster met het hoogtemodel op basis van de vooroeverlodingen en dat op basis van de lidaropnamen. De aldus verkregen hoogteverschilrasters werden ingekleurd zoals hierboven in stappen van 2,5 cm. Op p. 144 volgen enkele uittreksels van de aldus ingekleurde hoogteverschilrasters. Buiten de overlapgebieden worden de celwaarden van de invoerrasters overgenomen. In het overlapgebied blijft een ruimtelijke dominantie van één raster, nl. het laatst ingevoerde (onderaan in de lijst van input rasters).

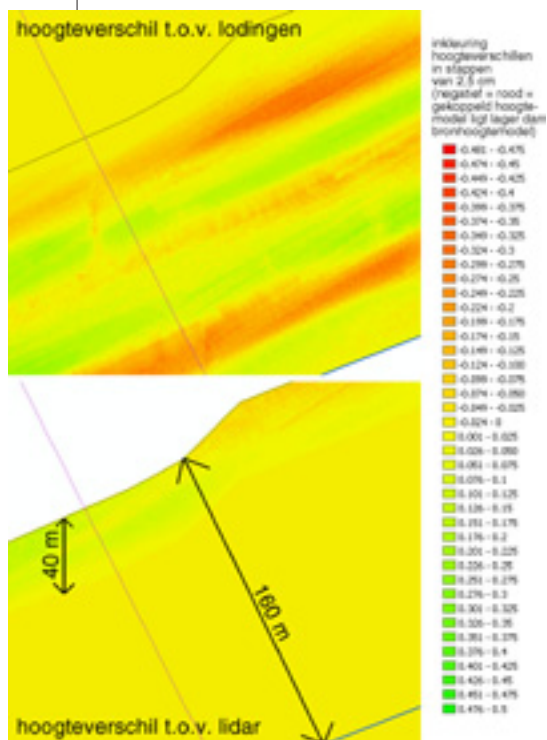
De verschilgrids tussen het gekoppeld grid en de oorspronkelijke grids (loding en lidar) tonen aan dat Lidar het meest overgenomen is. In het gekoppeld grid van gebied 1 is er aan de zeezijde van de overlapzone een geleidelijke overgang van 40 m breed in Y-richting. Bepaalt het programma deze breedte automatisch op

grond van geometrische karakteristieken van het overlapgebied? Hierop hebben we vooralsnog geen antwoord. Deze geleidelijke overgang is over de hele lengte van de mozaïek gemaakt voor gebied 1 even breed. In de vergelijking met de lodingen is er ook enkel overgang naar de lodingen in de meest zeewaartse meters van het overgangsgebied. En in vergelijking met de lidar is er in de overlapzone een geleidelijke overgang in het "gekoppelde" hoogtemodel nabij de zeewaartse grens van de overlapzone. We stellen ons de vraag of dit komt door de volgorde van het invoeren van grids bij de tool "Mosaic", en onderzoeken dat hieronder.

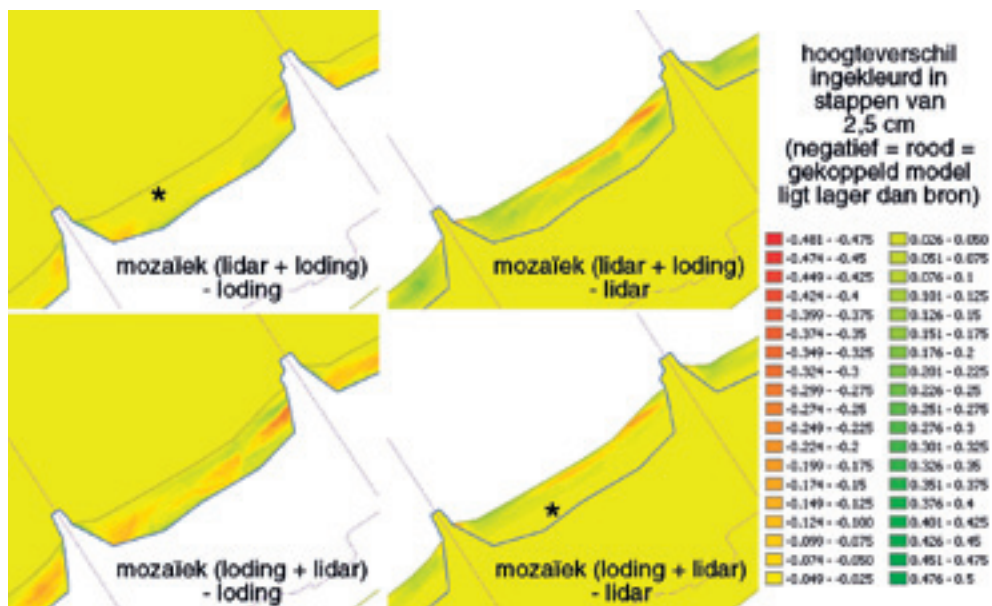
De volgorde van invoeren van rasters in de Mosaic operator van ArcGIS werd uitgetest in gebied 2 (Mariakerke-Oostende). De inputwaarden van het laatst gespecificeerde raster blijken te primeren (in de lijst van invoerrasters staat het laatste onderaan). De "blend"-zone blijkt hier eerder 35 m in de X- of Y-richting groot te zijn. De grootte en richting van de blend zone wordt wellicht in functie van de algemene vorm en grootte van de overlap bepaald. Voor gebied 2 is de gemiddelde overlap, tussen de strandhoofden in, 65 à 75 m breed.



Detail van mozaïek-hoogtemodel "loding + lidar" ter hoogte van het strandhoofd tussen sectie 105 en 106. Op de plaatsen waar de overlap voldoende breed is, vertoont de mozaïek geen naden. Rond het strandhoofd is geen overlap aanwezig en is een naad zichtbaar.

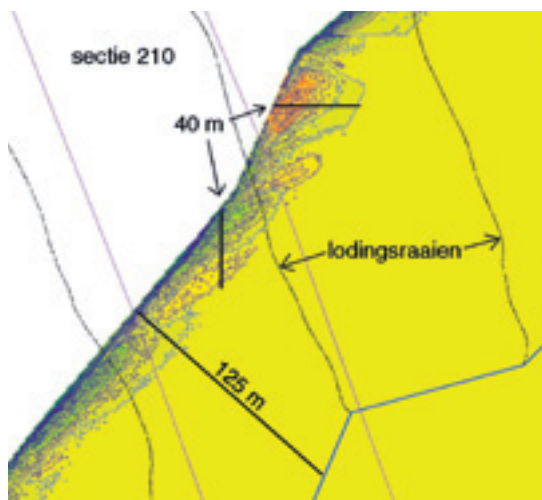


Hoogteverschil in sectie 3 tussen het gemozaïekt (gekoppeld) hoogtemodel en de twee bron-hoogtemodellen : lodingen (bovenaan) en lidar (onderaan). Het mozaïekproces maakt een geleidelijke overgang in een zone die in Y-richting 40 m breed is. Uittreksel ter hoogte van het overlapgebied dat hier 160 m breed is.



De conclusies voor gebied 3 zijn gelijkaardig. De overlap tussen vooroverlodingen en lidaropnamen is gemiddeld 125 m breed. Bij toepassing van mozaïek met optie "blend" met het lidar-raster als laatste input wordt voornamelijk de data van de lidaropname in het gekoppeld raster overgenomen. Er is een overgangszone aan de zeewaartse rand van het overlapgebied van ofwel 40 m lang (in X-richting) of 40 m hoog (in Y-richting).

Conclusie : de bewerking "Mosaic to new raster" met de methode "blend" levert snel een aantrekkelijk gekoppeld hoogtemodel op. De overgang in de overlapzone tussen de twee invoerrasters is enigszins ondoorzichtig. De overgangsbands blijkt minder breed te zijn dan de hele of gemiddelde breedte van de overlapzone. De ene keer lijkt de breedte van de overgangszone genomen te worden in de X-richting, dan in de Y-richting. Deze manier van werken draagt allicht bij tot de snelheid van uitvoeren van de rasterbewerking.



Hoogteverschil gekoppelde mozaïek min lidaropname ter hoogte van sectie 210 (Zeebrugge-Strand). De overgangszone blijkt 40 m in de X- of Y-richting breed te zijn. Inkleuring hoogteverschillen in stappen van 2,5 cm zoals bij hogere figuren.

7.6 Aanbevelingen voor het maken van een gekoppeld hoogtemodel

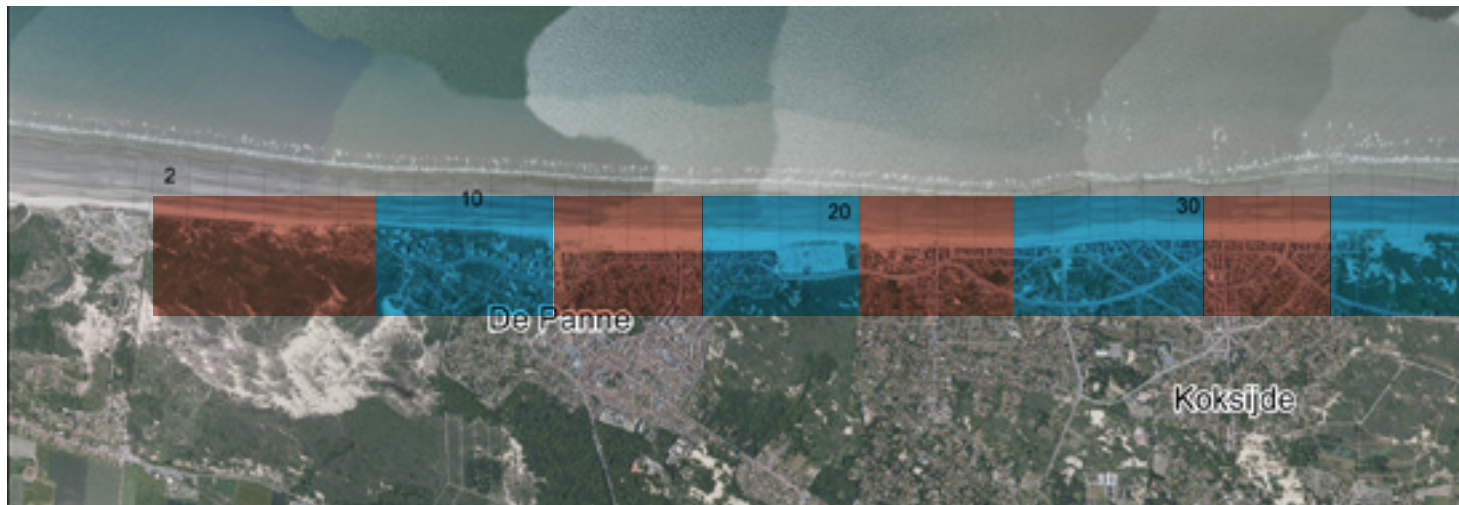
De methode, waarbij eerst afzonderlijke rasters gemaakt worden alleen op basis van de vooroverlodingen enerzijds en op basis van de lidaropnamen anderzijds, waarna beide rasters gemozaïekt worden tot een gekoppeld hoogtemodel met een geleidelijke overgang van hoogten in de overlapzone, is werkbaar en levert een goed interpreteerbaar beeld op van de strandmorfologie in de aansluitingszone met de voorover.

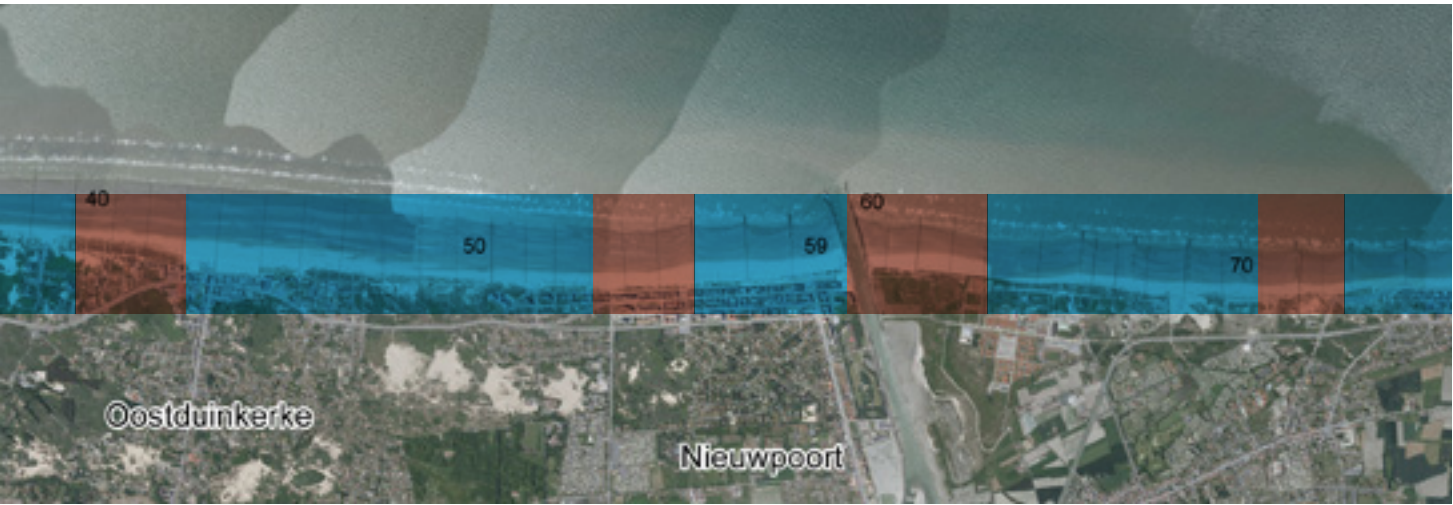
Teneinde lacunes en hoogtesprongen in de aansluitingszone te voorkomen, dient

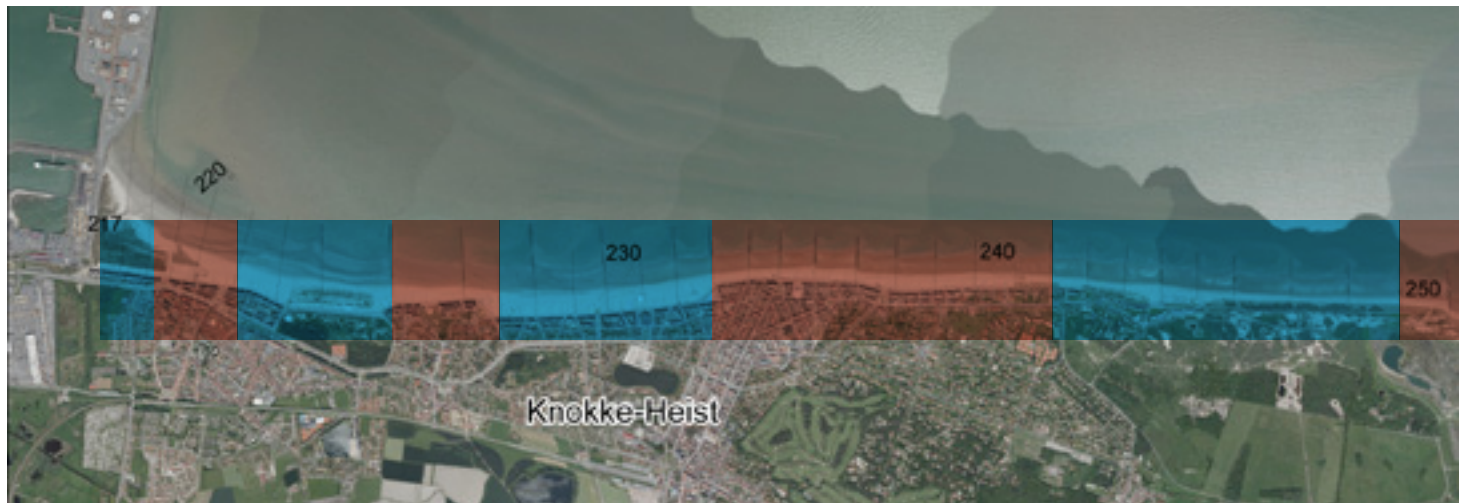
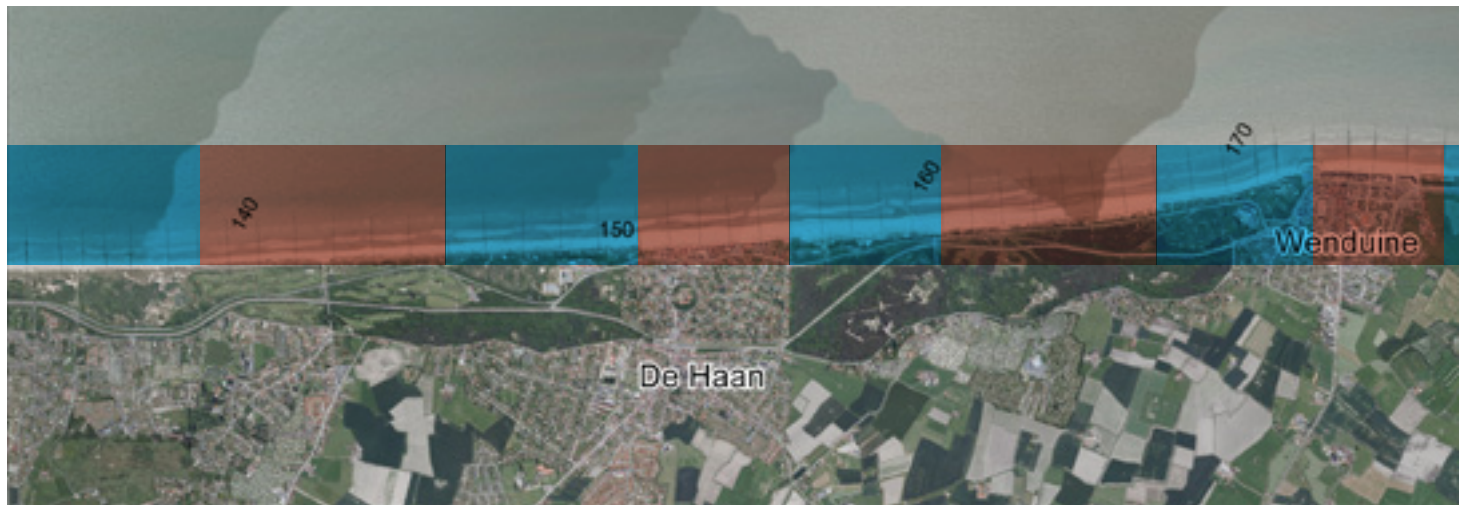
een gefundeerde omlijning van het met puntgegevens bedekt gebied in beide opnamedatasets te worden aangemaakt. Dit is een vrij tijdrovende bezigheid en bovendien dient ze voor elke opname opnieuw te worden uitgevoerd. De zones met veel morfologisch detail, in het bijzonder de strandhoofden, dienen volledig in het datagebied van de lidar te worden gelegd. Er mag geen lacune voorkomen tussen de begrenzing van de lidar- en de lodingsdata. Het overlapgebied wordt bij voorkeur zo groot mogelijk genomen, zodat

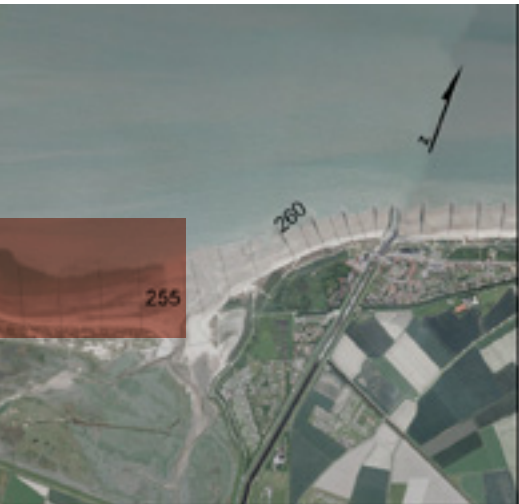
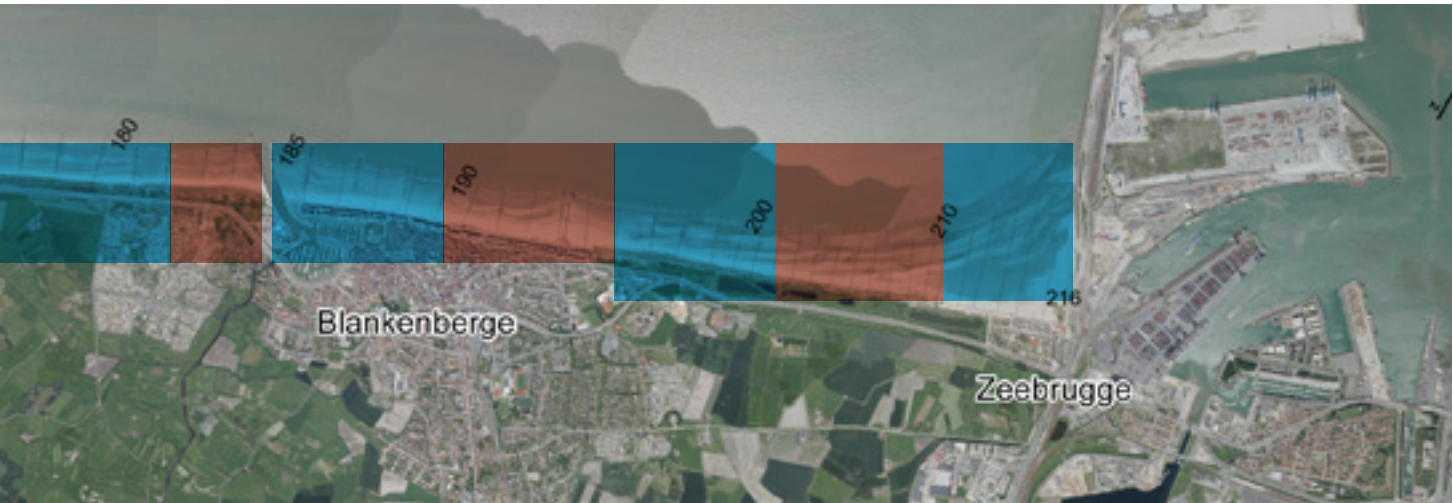
de overgang zo geleidelijk mogelijk zal worden uitgevoerd in de mozaïek. Het gebruik van een celafmeting van 1 meter garandeert het volledige behoud van het morfologisch detail aanwezig in de lidaropnamen. Het gevolg is wel dat alle geografische bewerkingen zwaar zijn. Zeker het manueel intekenen van de omgrenzing van het met datapunten bedekt gebied wordt er sterk door vertraagd. Ook alle rasterbewerkingen verlopen trager. Men kan overwegen om voor archiefdoeleinden een product ter beschikking te stellen met een grotere celafmeting en dus een kleinere resolutie. Mogelijk kan het omlijnen van het datagebied geautomatiseerd worden. Er is echter enige morfologische kennis van het terrein nodig en het afbakenen van het datagebied gebeurt bij voorkeur op een eerste, desnoods wat minder fijn gedetailleerde versie van een hoogtemodel. Automatisering lijkt dan ook niet evident. Aangezien de lidardata het meest detail bevatten van de strandmorfologie, en wellicht over het algemeen nog iets nauwkeuriger zijn dan de lodingen, is het wenselijk is om in de overlapzone de lidardata te laten overwegen. Dat kan door bij het mozaïeken van de rasters het

lidarraster als laatste in te voeren. Zelfs bij aldus met de meeste zorg samengestelde mozaïeken blijven nog zichtbare naden en hoogtesprongen aanwezig, vooral ter hoogte van de onderwateruiteinden van de strandhoofden. Het is mogelijk deze terrestrisch op te meten, daarvan een dataset te maken, en deze steeds toe te voegen aan de mozaïek. Het best vormt men de opmeting om tot een stel harde kniklijnen die men enkel invoert in de zone die niet door de lidardataset wordt bedekt. Het gekoppeld hoogtemodel bevat een overgangszone die nooit met een werkelijke terreintoestand overeen gekomen heeft. De hoogteverschillen tussen lidar en lodingen worden onder meer in grootte bepaald door het tijdsverloop tussen de lidaropname en de vooroeverloding. Daarom lijkt het aangewezen voor iedere lodingsdag of lodingskaartstrook een hoogteverschilraster met het lidar-terreinmodel te maken en in de overlapzone enkele kengetallen (gemiddeld hoogteverschil, spreidingswaarde van de hoogteverschillen, tijdsverloop tussen de beide opnamen) als metadata te verbinden aan het gekoppeld hoogtemodel.









OVERZICHTSKAART MET
AANDUIDING VAN DE
SECTIES

