Deltares

Evaluatie strandsuppletie bij Hoek van Holland 2007

een studie met behulp van hoogtemetingen en korrelgroottes

Laura Vonhögen
Pieter Doornenbal

1202344-000

© Deltares, 2011

Deltares

Titel
Evaluatie strandsuppletie bij Hoek van Holland 2007

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Rijkswaterstaat Waterdienst	1202344-000	1202344-000-ZKS-0012	81

Trefwoorden
Evaluatie, strandsuppletie, Hoek van Holland, korrelgroottes, hoogtemetingen

Samenvatting
In mei 2007 is ten noorden van de havendam van Hoek van Holland, over de lengte van circa 1.5 kilometer, een strandsuppletie uitgevoerd. Op ditzelfde strand werd op 16 juli 2007 een zwemverbod ingesteld, omdat het strand als gevolg van de suppletie onveilig zou zijn geworden. Tussen 18 en 19 juli hebben twee bulldozers in opdracht van het Waterdistrict van de Dienst Zuid-Holland (DZH) en Dienst Noordzee (DNZ) het intergetijde strand afgevlakt.

Voor het ontstaan van deze situatie waren direct meerdere, mogelijke oorzaken aan te wijzen, waaronder de samenstelling van het gebruikte zand, het grote volume dat gesuppleerd was en het ontwerp van de strandsuppletie. Besloten werd de gelegenheid aan te grijpen om te onderzoeken welke invloed dergelijke, afwijkende kenmerken op het systeem en de suppletie zelf hebben gehad.

Om tot een antwoord te komen op de vragen die rondom de aanleiding, aanleg en ontwikkeling van deze suppletie spelen, zijn concrete evaluatievragen gesteld. Deze vragen zijn beantwoord met behulp van de beschikbare jarkus metingen, extra hoogtemetingen en korrelgroottemetingen. Met deze gegevens en met behulp van indicatoren is de lange termijn ontwikkeling beschreven, met daarop volgend de beschrijving van het effect van de uitgevoerde strandsuppletie. Aanvullend zijn volumeveranderingen berekend en zijn korrelgrootteverdelingen beschouwd.

Het volume, de vorm en de aanleghoogte waren vergelijkbaar met eerdere suppleties in het gebied. De verwachting is dat de suppletie van 2007 net als deze anderen na vele jaren nog impact heeft. De vorm van het strand is door de aanleg veranderd en gedurende het jaar na de aanleg van de strandsuppletie vonden weinig structurele veranderingen in deze profielvorm plaats. De golven kunnen door deze nieuwe vorm dichter en met meer energie op de kust naderen. Door het grovere en hoekigere zand blijft de steilere helling van het strand makkelijker in stand. De genoemde situatie (het zwemverbod) ontstond aldus door een combinatie van factoren.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	aug. 2011	Laura Vonhögen		Ad van der Spek		Tom Schilperoort	
		Pieter Doornenbal		Ankie Bruens			

Status
definitief

Inhoudsopgave

1 INLEIDING 3

1.1 AANLEIDING VOOR DE EVALUATIE 3
1.2 GEBIEDSBESCHRIJVING 4
1.3 DE SUPPLETIES 7

2 AANPAK 13

2.1 EVALUATIE VRAGEN 13
2.2 BESCHIKBARE MEETGEGEVENS 13
2.3 METHODIEK 20

3 RESULTATEN 25

3.1 LANGETERMIJN MORFOLOGISCHE ONTWIKKELING 25
3.2 ONTWIKKELING STRANDSUPPLETIE 2007 28
3.3 KORRELGROOTTEVERDELINGEN 32
3.4 KLEINSCHALIGE STRANDMORFOLOGIE 37

4 CONCLUSIES 39

5 AANBEVELINGEN 43

6 LITERATUUR 45

Bijlage(n)

A Kustlijnkaarten boek 2006 A-1
B Kustlijnkaarten boek 2007 B-1
C Loswal C-1
D Analyse van de korrelgroottemonsters D-1
E Extra figuren E-1
F Foto's van Rijkswaterstaat, Directie Zuid-Holland F-1
G Memo van bezoek Hoek van Holland, RIKZ G-1

1 Inleiding

1.1 Aanleiding voor de evaluatie

In mei 2007 is ten noorden van de havendam van Hoek van Holland, over een lengte van circa 1,5 kilometer, een strandsuppletie uitgevoerd.

Op ditzelfde strand werd op 16 juli 2007 een zwemverbod ingesteld, omdat het strand als gevolg van de suppletie onveilig zou zijn geworden. De argumentatie voor dit verbod waren:

1. bij hoogwater werd het water snel dieper.
2. de reddingbrigade had slecht zicht op de recreanten door het hoge strand. Daarbij kwam dat het water lastig bereikbaar was met de reddingsboot (Figuur 1.1).
3. recreanten zakten tot hun enkels weg in het grove zand.
4. grote golfklappen op het strand.

Figuur 1.1 Slecht zicht op recreanten door hoog strand (bron: RWS DZH)

Tussen 18 en 19 juli hebben twee bulldozers in opdracht van het Waterdistrict van de Dienst Zuid-Holland (DZH) en Dienst Noordzee (DNZ) het intergetijde strand in de directe nabijheid van de Badweg (tussen km 118.0 en km 118.25) afgevlakt. Hierna kon het strand weer gebruikt worden om te zwemmen.

Voor het ontstaan van deze situatie waren direct meerdere, mogelijke oorzaken aan te wijzen, waaronder de samenstelling van het gebruikte zand, het grote volume dat gesuppleerd was en het ontwerp van de strandsuppletie. Besloten werd de gelegenheid aan te grijpen om te onderzoeken welke invloed dergelijke, afwijkende kenmerken op het systeem en de suppletie zelf hebben gehad. Daarnaast kan door een evaluatie mogelijk de belangrijkste factor voor het ontstaan van de situatie worden aangewezen.

Leeswijzer:
Deze rapportage is opgesteld naar aanleiding van bovengenoemde evaluatievraag. Deze vraag is opgesplitst in een aantal deelvragen, welke vervolgens aan de hand van de

ontwikkeling van een aantal indicatoren zijn beantwoord. Deze rapportage omvat een beschrijving van het gebied en de kenmerken van de uitgevoerde suppletie, de ontwikkeling van de suppletie en de antwoorden op de evaluatievragen.

1.2 Gebiedsbeschrijving

De Hollandse kust strekt zich uit van Den Helder tot Hoek van Holland en is 118.5 km lang. Er zijn geen zeearmen of zeegaten aanwezig waardoor de invloed van getij op morfologische processen een minder belangrijke rol speelt. De Hollandse kust wordt beschouwd als een golfgedomineerde kust. Civieltechnische constructies en andere menselijke ingrepen, zoals de havendammen van IJmuiden en Hoek van Holland, strekdammen en suppleties beïnvloeden in grote mate het kustgedrag.

Van Dixhoorndriehoek:
In het begin van de jaren 70 werden de diepe havens van de eerste Maasvlakte bij Rotterdam aangelegd. De circa negentien miljoen kubieke meters zand die hierbij vrijkwamen, werden in opdracht van ir. J. van Dixhoorn (de latere directeur-generaal van Rijkswaterstaat) ten noorden van de Noorderdam gesuppleerd. Het zand werd opgebracht in een driehoek met een korte zijde van 800 m en een lange zijde van enkele kilometers (zie Figuur 1.2). Sindsdien (1972) ligt er de zogenaamde Van Dixhoorndriehoek met o.a. 100 hectare extra duingebied (de zogenaamde kapittelduinen).

Figuur 1.2 De Van Dixhoorndriehoek ten noorden van de Noorderdam bij Hoek van Holland (bron: R.E.Waterman)

Suppletiegeschiedenis:
Sinds de aanleg van de Van Dixhoorndriehoek, wordt in het kustvak Delfland met enige regelmaat zand gesuppleerd. Vlak na de aanleg vonden suppleties plaats die er specifiek op gericht waren, de vorm van de Van Dixhoorndriehoek te onderhouden.

Later werd met de gemeente Rotterdam officieel geregeld dat vanaf 1988 jaarlijks 200.000 m^3 op het strand gesuppleerd zou worden en vanaf 1997 200.000 m^3 per twee jaar. Hiervoor mocht voor 10 jaar zand uit de Euro-Maasgeul op het strand gebracht worden. Tabel 1.1 geeft deze strandsuppleties weer, zoals deze sinds de aanleg zijn uitgevoerd. In de tabel is duidelijk te zien dat er sinds 1997 onregelmatig op het strand gesuppleerd is, maar dat de

cyclus gemiddeld uitkomt op eens in de twee jaar. Vanaf 1986 wordt ook elders langs de Delflandse kust gesuppleerd in het kader van het reguliere kustonderhoud, maar dit soort suppleties vindt niet in de Van Dixhoorndriehoek plaats (zie Figuur 1.3).

Tabel 1.1 Strandsuppleties Hoek van Holland; onderscheid tussen suppleties in het kader van kustlijnzorg of andere doeleinden is niet gemaakt (bron: suppletiedatabase Rijkswaterstaat).

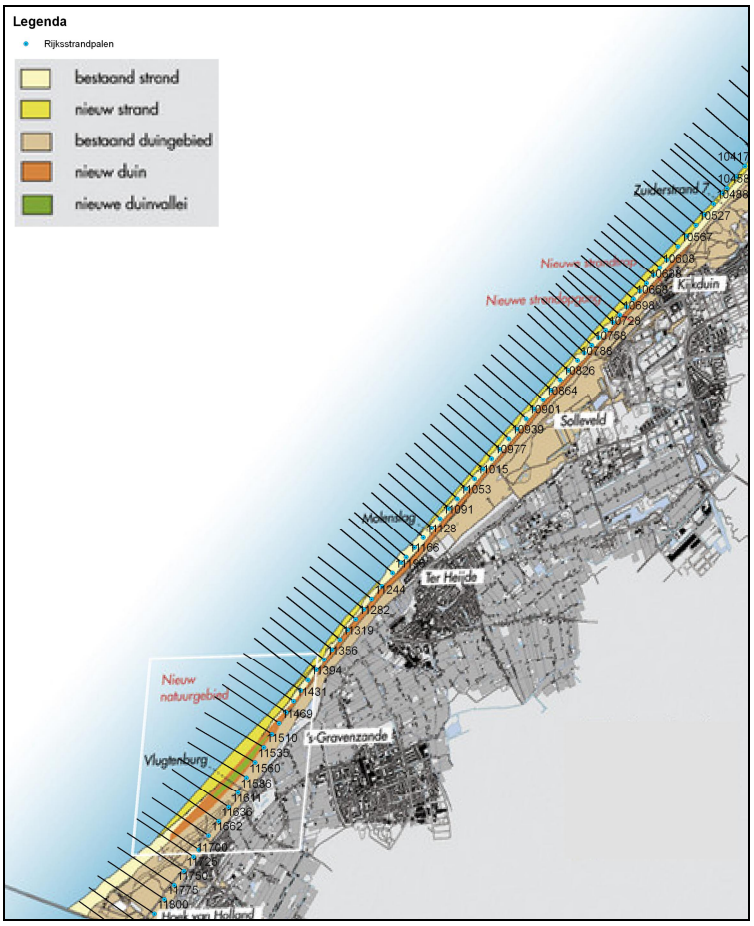
Plaatsnaam	eind jaar	begin raai	eindraai	lengte	volume [m^3]	m^3/m	bron zand, opmerking
Hoek van Holland	2007	117.25	118.70	1270	855743	673.8	
Hoek van Holland	2004	117.50	118.50	1000	230000	230	
Hoek van Holland	2003	117.50	118.50	1000	213606	213.6	
Hoek van Holland	2000	117.50	118.50	1000	200000	200	onderhoudscontract
Hoek van Holland	1999	117.75	118.50	750	200680	267.6	onderhoudscontract (kosten: 50% rijk; 50% R'dam)
Hoek van Holland	1997	117.75	118.75	1000	200000	200	Euro-Maasgeul, onderhoudscontract
Hoek van Holland	1996	117.75	118.75	1000	200000	200	Euro-Maasgeul, onderhoudscontract
Hoek van Holland	1995	117.75	118.75	1000	200000	200	Euro-Maasgeul, onderhoudscontract
Hoek van Holland	1994	117.75	118.75	1000	200000	200	Euro-Maasgeul, onderhoudscontract
Hoek van Holland	1993	114.00	118.75	4750	463000	97.47	Euro-Maasgeul, onderhoudscontract
Hoek van Holland	1992	117.75	118.75	1000	560000	560	Euro-Maasgeul, onderhoudscontract
Hoek van Holland	1991	117.75	118.75	1000	223000	223	Euro-Maasgeul, onderhoudscontract
Hoek van Holland	1990	117.75	118.75	1000	183000	183	Euro-Maasgeul, onderhoudscontract
Hoek van Holland	1989	118.00			100000		Maasgeul (zuidtalud)
Hoek van Holland	1988	118.00	118.50	500	200000	400	Maasgeul (zuidtalud)
Hoek van Holland	1977	115.70	118.75	3050	870000	285.2	Oude en Nieuwe Maas en Maasgeul
Hoek van Holland	1976	115.70	119.00	3300	1500000	454.5	
Hoek van Holland	1972	115.70	118.75	3050	18940000	6210	Euro-Maasgeul en havenbekkens, aanleg driehoek

Figuur 1.3 Uitgevoerde suppleties, periode 1986 - 2007, Delflandse kust ten noorden van de Van Dixhoorndriehoek

Zwakke Schakels en duincompensatie

Langs de kust van Zuid-Holland zijn zes locaties die op termijn niet voldoen aan de veiligheidsnorm; dit zijn Noordwijk, Katwijk, Scheveningen, de Delflandse Kust, Voorne en het Flaauwe Werk. Langs de Delflandse kust zijn de zwakste delen de smalle zeereep tussen de Van Dixhoorndriehoek en Kijkduin, de lage duinen van Solleveld en de badplaats Kijkduin. In februari 2009 is er gestart met de versterking van deze zogenaamde Zwakke Schakels.

Voorafgaand aan bovengenoemde kustversterking is aan de Delflandse kust, tussen Hoek van Holland en Ter Heijde (grofweg tussen kilometer 114 en 117), een nieuw natuurgebied aangelegd. De aanleg van dit gebied is nodig om de nadelige effecten van de aanleg van Maasvlakte 2 te compenseren en wordt daarom ook wel duincompensatie genoemd (zie ook Figuur 1.4; locatie Vlugtenburg). De duincompensatie is aangelegd tussen najaar 2008 en april 2009.



Figuur 1.4 Positie Zwakke Schakel Delfland en duincompensatie Maasvlakte 2 (locatie Vlugtenburg)

1.3 De suppleties

Aanleiding voor de suppletie:

Onderstaand kader laat zien dat er vanuit de BKL-handhaving geen directe aanleiding was voor een strandsuppletie in het meest zuidelijke deel (vanaf raai 115.1 t/m 118.5), wel voor de meer noordelijk gelegen raaien (vanaf raai 112.82 t/m 115.1).
De kust heeft in deze regio echter recreatie als belangrijkste functie. Het handhaven van de strandbreedte en/of het tegengaan van erosie van het strand is derhalve van belang voor de gemeente. De gemeente Rotterdam, waar Hoek van Holland deel van uitmaakt, heeft daarom het verzoek ingediend de geplande onderwatersuppletie te wijzigen in een strandsuppletie.

In goed overleg is besloten dat de gemeente mee zou betalen om een deel van het zandvolume, bedoelt voor de onderwatersuppletie, te gebruiken voor een strandsuppletie in het zuidelijke deel van het gebied. Daarmee wijzigde de oorspronkelijke locatie van de onderwatersuppletie en werden zandvolumes zuidelijker neergelegd dan op basis van de BKL overschrijdingen noodzakelijk was.
Rijkswaterstaat heeft hiermee ingestemd, omdat:

1. het zuidelijke deel van de Van Dixhoorndriehoek behoort tot hetzelfde kustvak als de locatie van de onderwatersuppletie. Een strandsuppletie draagt dus ook bij aan het volumebehoud van het kustfundament in dit kustvak.
2. Men verwachtte dat het sediment van deze strandsuppletie zich noordwaarts zou verplaatsen. Daarmee kwam het alsnog ten goede aan het gebied met de overschrijdingen.
3. Het zuidelijk deel van de Van Dixhoorndriehoek wordt regelmatig gesuppleerd. In dit geval kon een onderhoudssuppletie gecombineerd worden met de aanleg van de onderwatersuppletie.

In het kustlijnkaartenboek van 2006 (zie ook bijlage A) :

- zijn in het zuidelijke deel van het kustvak 9 (Delfland), vanaf raai 112.82 t/m raai 118.5:
  - 3 raaien waarin de TKL landwaarts van de BKL ligt, maar de trend zeewaarts gericht is.
  - 6 raaien waarin de TKL zeewaarts van de BKL ligt, maar de trend landwaarts gericht is.
- Er zijn in dit gebied **geen** raaien waarin de TKL landwaarts van de BKL ligt en de trend landwaarts gericht is; hiervan zijn er maar twee in het hele kustvak.

In het kustlijnkaartenboek van 2007 (zie ook bijlage B):

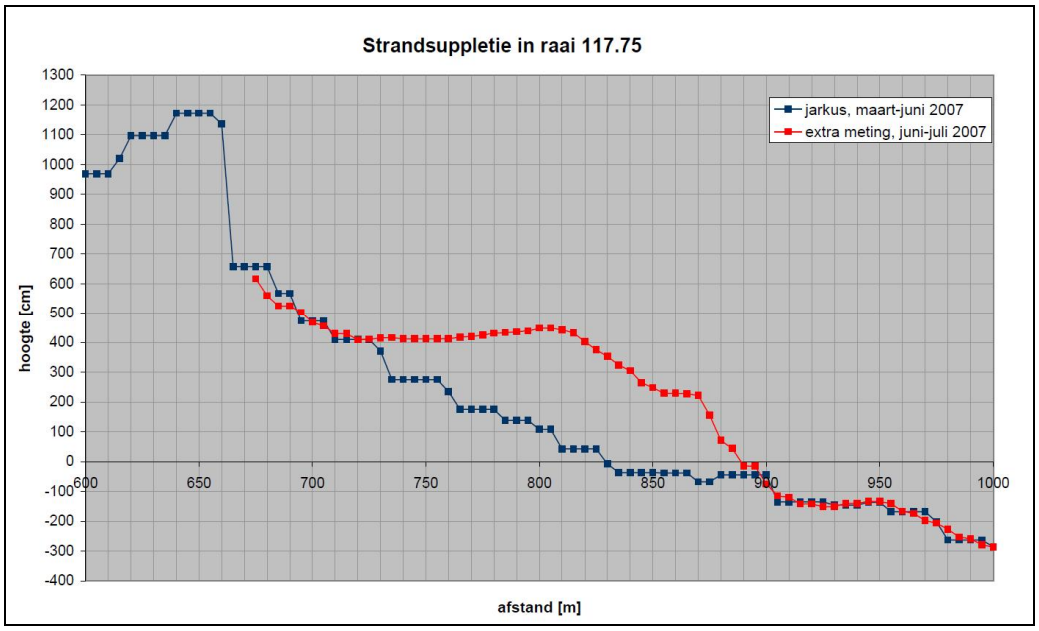
- zijn in het zuidelijke deel van het kustvak 9 (Delfland), vanaf raai 112.82 t/m raai 118.5:
  - 2 raaien waarin de TKL landwaarts van de BKL ligt en de trend landwaarts gericht is.
  - 2 raaien waarin de TKL landwaarts van de BKL ligt, maar de trend zeewaarts gericht is.
  - 6 raaien waarin de TKL zeewaarts van de BKL ligt, maar de trend landwaarts gericht is.
- Er stond een onderwatersuppletie gepland voor 2007 van raai 11301 t/m raai 11800.

Ontwerp van de suppleties:

Het volume dat in 2007 op dit kleine, zuidelijke stuk strand gesuppleerd is, is opvallend groot (zie onderstaand kader); dientengevolge is het aantal m^3/m kustlijn ook groot. Dit komt omdat de gemeente, als betaler, de vrijheid had om aan te geven hoeveel zand ze op het strand wilden hebben. Voor deze hoeveelheden is vervolgens door Directie Noordzee het ontwerp gemaakt.

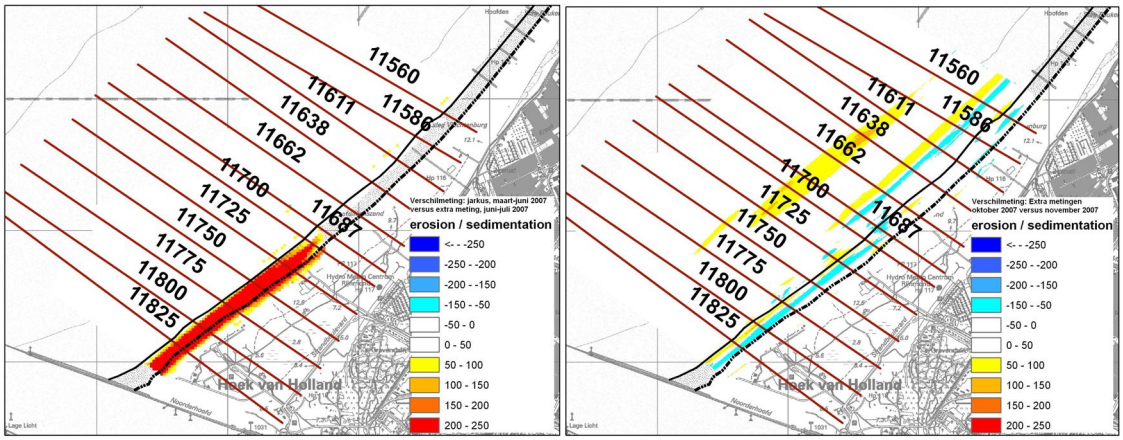
- strandsuppletie uitgevoerd van raai 117.25 t/m raai 118.7
  - 2 mei 2007 gerealiseerd
  - aan te brengen volume van 750.000 m^3 of 595 m^3/m (in situ).
  - volgens MARS aangebrachte hoeveelheid is 855.743 m^3 (beunkuubs).
  - ontwerphoogte: +4.00m NAP
- onderwatersuppletie van raai 113.0 t/m raai 118.0
  - 23 november 2007 gerealiseerd
  - aan te brengen volume van 862.500 m^3 of 172.5 m^3/m (in situ).
  - volgens MARS aangebrachte hoeveelheid is 866.269 m^3 (beunkuubs).
  - ontwerphoogte -6m NAP

In Figuur 1.5 zijn twee dwarsdoorsneden te zien, van de situatie vlak voor en vlak na de aanleg van de strandsuppletie. De suppletie sluit aan landwaartse zijde op +4m NAP aan op het oude profiel, maar is aan zeewaartse zijde hoger. De hoogte van de suppletie is maximaal +5m NAP; dit is 3 meter ophoging ten opzichte van het originele profiel. Bij de gemiddeld laagwaterlijn (-0.63m NAP) sluit de suppletie weer aan op het originele profiel.



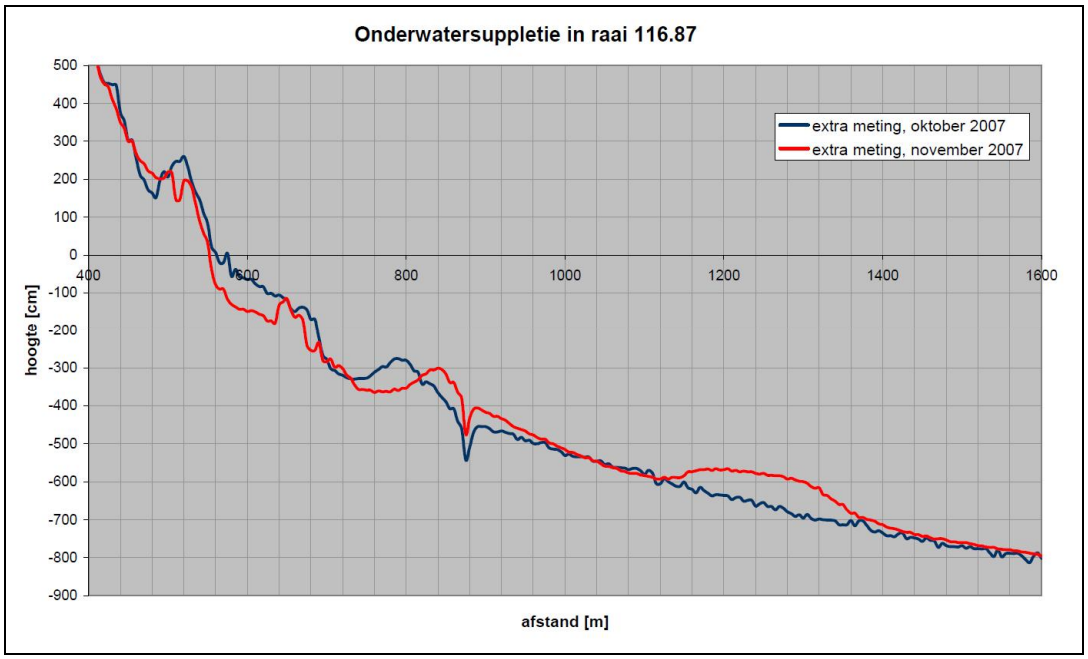
Figuur 1.5 Dwarsdoorsneden van de strandsuppletie vlak voor en vlak na de aanleg.

In de erosie-/sedimentatiefiguur (Figuur 1.6a) is de strandsuppletie duidelijk zichtbaar als een groot positief verschil. De positieve waardes blijven landwaarts van de doorgetrokken lijn, welke de 'gemiddeld laagwaterlijn' is. Beneden de laagwaterlijn zijn de hoogtes van de jarkusmeting en de extra meting van juni-juli identiek.



Figuur 1.6 Erosie/sedimentatie plots van de strandsuppletie (a) en onderwatersuppletie (b)

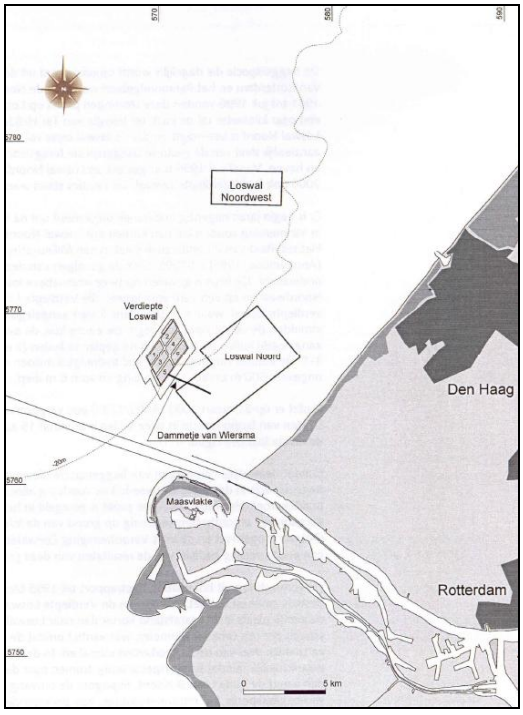
In de erosie-/sedimentatiefiguur (Figuur 1.6b) is de onderwatersuppletie een stuk minder goed zichtbaar. De hoeveelheden m^3/m zijn dan ook aanzienlijk lager dan die van de strandsuppletie. Bij het ontwerp is een aanleghoogte van -6m NAP aangehouden; dit is de hoogte waarop de onderwatersuppletie aan landwaartse zijde aansluit op het oude profiel. In de dwarsdoorsnede (Figuur 1.7) is de onderwatersuppletie zeewaarts van dit punt terug te vinden.



Figuur 1.7 Dwarsdoorsneden van de onderwatersuppletie vlak voor en vlak na de aanleg. NB de extra meting van november is na een middelbare stormvloedgenomen (zie Tabel 1.2)

Het gebruikte zand:

Als zandwingebied is voor beide suppleties de 'verdiepte loswal' benut, welke sinds augustus 2000 in gebruik is. De locatie van de loswal (zie Figuur 1.8) ligt 10 kilometer uit de kust van Hoek van Holland, net buiten de -20m dieptelijn. Ze bestaat uit 6 putten, van 500 bij 1250 meter, met een diepte van 8 tot 10 meter onder de zeebodem. Er zijn altijd twee putten actief: één in aanleg en één voor het bergen van specie. Zand dat vrijkomt bij de aanleg van de putten wordt verhandeld.



Figuur 1.8 Locatie loswallen; loswal Noord, loswal Noordwest en de verdiepte loswal.

De verdiepte loswal (Q16C, put 2) is voor de strandsuppletie, door middel van zandwinning, verdiept tot een diepte van ca. –32,00 m NAP (zie ook bijlage C)

Samenstelling van het zand:

Het materiaal dat is aangetroffen in boringen in en nabij de verdiepte loswal kan verdeeld worden in drie categorieën: natuurlijk afgezet Holoceen zand, natuurlijk afgezet Pleistoceen sediment en gestort sediment.
Het Holocene sediment vormt de toplaag en bestaat uit zwak tot matig siltig, zeer fijn tot matig grof zand (105-300 µm) met een 0-1% schelpfragmenten en schelpen. Het Pleistocene sediment ligt aan de basis van dit Holocene pakket. Deze oudere, Pleistocene sedimenten zijn daar door rivieren neergelegd en worden daarom ook wel fluviatiele afzettingen genoemd. In en nabij de verdiepte loswal worden de fluviatiele afzettingen uit het Pleistoceen gerekend tot de Kreftenheye formatie.

De afzettingen van deze Kreftenheye formatie zijn neergelegd door (voorlopers van) de Rijn, soms gemengd met omgewerkte mariene (door de zee afgezette) afzettingen. De afzettingen bestaan uit zand, matig grof tot uiterst grof (210 - 2000 µm), met grind (>2mm) en schelpen. De zandkorrels van deze fluviatiele afzettingen zijn over het algemeen minder afgerond dan die van mariene afzettingen. Het is dit Pleistocene rivierzand dat in 2007 op het strand van Hoek van Holland is gesuppleerd.

+

2 Aanpak

Om tot een antwoord te komen op de vragen die rondom de aanleiding, aanleg en ontwikkeling van deze suppletie spelen, worden in paragraaf 2.1 concrete evaluatievragen gesteld. Hoe deze vragen beantwoord gaan worden volgt in de rest van hoofdstuk 2. De genoemde evaluatievragen zijn opgesteld om de vragen, gesteld door Rijkswaterstaat, te beantwoorden.

2.1 Evaluatie vragen

De negatieve effecten van de strandsuppletie (zoals beschreven is in §1.1) waren aanleiding tot deze evaluatie. Concrete vragen zijn:

i. Welke invloed hebben de samenstelling van het gebruikte zand, het volume van de suppletie en het ontwerp gehad op het strand en de onderwateroever en op de ontwikkeling van de suppletie zelf?
ii. Kan de belangrijkste factor aangewezen worden die tot het ontstaan van de genoemde situatie (zwemverbod) leidde?

Vragen die voortkomen uit de aanleiding tot suppleren:

iii. Draagt de suppletie bij aan het kustfundament; vind er volumespreiding plaats?
iv. Verplaatst het zand van de suppletie zich noordwaarts, waardoor het ten goede komt aan de raaien met overschrijding?
v. Hoe ontwikkelt de strandbreedte zich?
vi. Wat is de levensduur van de suppletie?

Additionele vragen:

vii. Welk effect heeft het bulldozeren van het strand gehad? (ontstaan van een berm na het bulldozeren, verdwijnen beach cusps)
viii. Welk effect heeft slecht weer gehad op uitspoeling en versteiling van het strand?

2.2 Beschikbare meetgegevens

Hoogtemetingen
Voor de evaluatie zijn jaarlijkse kustmetingen beschikbaar, bestaande uit geïnterpoleerde monitoringsdata (20*20m grid) en originele dwarsprofielen. Deze zogenaamde jarkus metingen zijn hoogtemetingen die sinds 1965 jaarlijks worden uitgevoerd, op vaste kustlangse locaties met een onderlinge afstand van 125-250 m.

Daarnaast zijn voor dit onderzoek extra hoogtemetingen gedaan, in totaal tien, die door Rijkswaterstaat (RWS) geïnterpoleerd zijn naar 5*5, 10*10 en 20*20 m grids; voor dit onderzoek is gebruikt gemaakt van de 5*5 meter grids. Zowel de jarkus metingen als de extra metingen bestaan uit hoogte opnamen van het strand en bathymetrische opnamen van

de onderwateroever. De eerste wordt met laseraltimetrie of dGPS gemeten, de tweede met singlebeam echolood vanaf een boot.
Tabel 2.1 geeft een overzicht van de opnamen[1] zoals die in de tijd zijn uitgevoerd. Meestal zit er nogal wat tijd tussen de hoogte- en bathymetrische opname; bij de jarkus metingen tot wel drie maanden. Voor sommige metingen[2] zijn geen verschillende tijdstippen voor de hoogte- en bathymetrische opnamen bekend. De meting van januari 2008 bestaat alleen uit een hoogteopname van het strand; vanwege een te hoge zeegang is er geen bathymetrische opname uitgevoerd. De meting van februari 2008 is in eerste instantie niet uitgeleverd, omdat de hoogteopname niet goed aansloot op de bathymetrische opname. Later is er toch nog een geclassificeerd grid geleverd met klassen van een meter in de verticaal; dit grid is vanwege deze afwijkende resolutie niet gebruikt in de analyses. Bij de extra meting van mei 2008 hebben de opnamen dezelfde datums als de opnamen van de jarkus meting van 2008. Vergelijking van beide grids laat dan ook vergelijkbare hoogtes zien, maar dan wel op een andere resolutie. Tot slot bevat het grid van juni/juli 2007 alleen hoogteopnamen tussen de raaien 118.5 en 117.0.

Korrelgroottemetingen
Naast de uitgevoerde hoogtemetingen zijn ook korrelgroottemonsters verzameld. Op negen locaties, verdeeld over 3 raaien (116.36, 117.5 en 118.25), zijn op zeven momenten monsters van telkens 10 cm^3 aan het maaiveld genomen (zie Tabel 2.1en Figuur 2.1). Op deze monsters zijn in het Waterdienst-laboratorium in Lelystad (voormalig RIZA) korrelgrootteanalyses uitgevoerd, gebruikmakend van deelmonsters van 20 gram. Voor nadere informatie betreffende de analyse en voorbehandeling zie bijlage D.

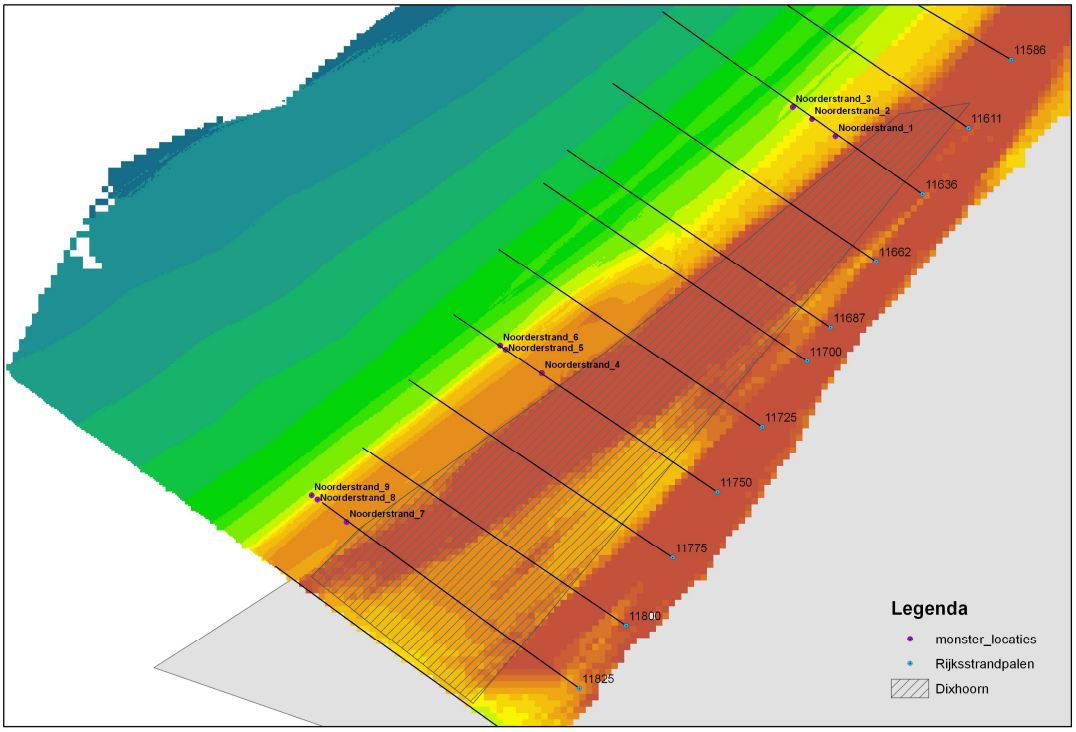
De meeste korrelgroottebemonsteringen zijn tegelijk met de extra hoogtemetingen uitgevoerd. Een zogenaamde t0 meting is niet beschikbaar, daar men met de monstername is gestart nadat de suppletie was neergelegd. Één van de raaien, 116.36, ligt buiten het suppletiegebied en kan daarmee als referentie dienen.

De korrelgroottemonsters zijn zoveel mogelijk op dezelfde locaties genomen. Van de eerste 5 monsteropnames zijn de exacte locaties (x-/y-coördinaten) en hoogtes vastgelegd. Hieruit komt naar voren dat er in het horizontale vlak tot maximaal 4 meter in x-richting en 2 meter in de y-richting variatie tussen ‘dezelfde’ meetlocaties zit. Daarnaast varieert de hoogte en daarmee de positie van de monsters in het dwarsprofiel door sedimentatie en erosie. Dit loopt op tot verticale verschillen van meer dan een meter (zie Figuur 2.2). Van de laatste twee opnames zijn deze gegevens niet bekend. Volgens mededeling van de Waterdienst zijn deze monsters op dezelfde locaties als de eerdere monsterseries verzameld.

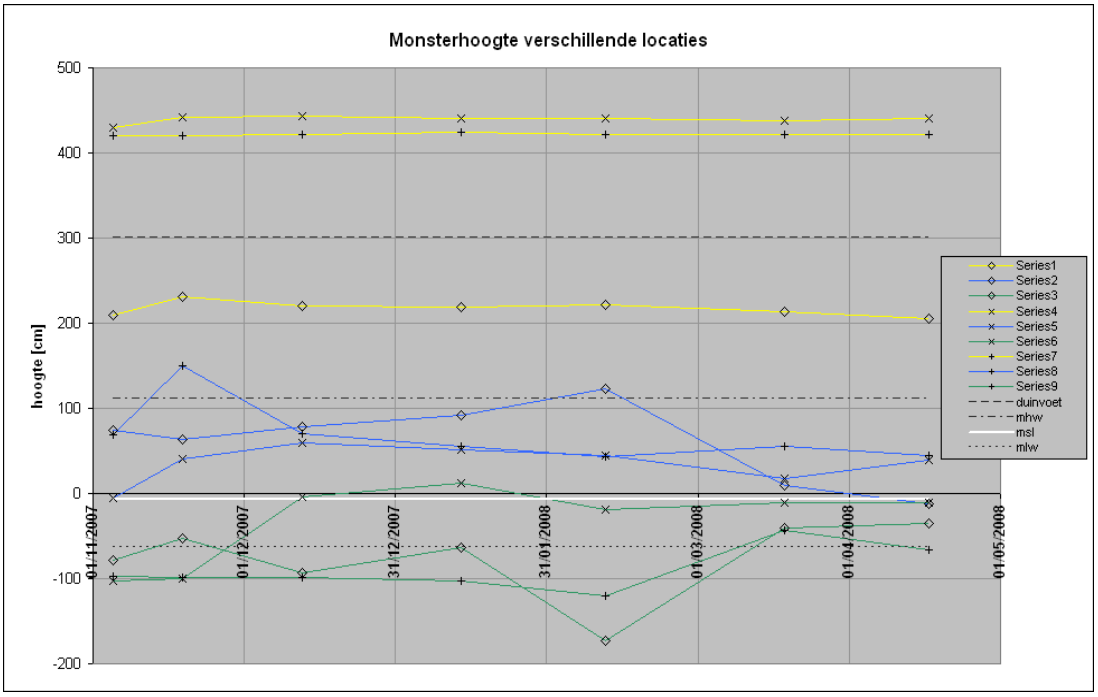
1 opname = hoogteopname van het strand of bathymetrische opname van de onderwateroever

2 meting = combinatie van bovengenoemde opnamen tot een grid en/of profiel.

3 De monsters zijn verzameld aan het oppervlak van het strand, omdat Rijkswaterstaat daar de meeste veranderingen verwachtte. Er zijn verschillende bemonsteringstechnieken toegepast: er is met een perspex steekbuis bemonsterd maar ook met een spade (schep), omdat het vaak niet mogelijk was om in het intergetijdegebied een bodemmonster te nemen. De omtrek/omvang van de monsternamepunten is door deze verschillende technieken ook enigszins variabel geweest.



Figuur 2.1 Namen en locaties korrelgroottemetingen



Figuur 2.2 Hoogte (cm) van korrelgroottemetingen in de tijd.
Raai 116.36: serie 1, 2, 3
Raai 117.50: serie 4, 5, 6
Raai 118.25: serie 7, 8, 9

		2006	2007											
		*	januari	februari	maart	april	mei	Juni	juli	augustus	september	oktober	november	December
suppleties:	SS						2							
	OWS												23	
bulldozers events	-								18-19					
storm	-		11-12, 18-19		17-21								08-09[5]	
jarkus:	hoogte	5 april			9									
	bathy	2 mei						3						
extra hoogtemetingen	hoogte								17 *[1]			12	19	18
	bathy							3,4,10 *[0]				12	19	13
korrelmetingen	-												5, 19	13

		2008												2009
		januari	februari	maart	april	mei	juni	Juli	augustus	september	oktober	november	december	*
suppleties:	SS													
	OWS													
bulldozer events	-													april
storm	-		29 - 01	21										
jarkus:	hoogte					21								1 januari
	bathy					1								25 mei
extra hoogtemetingen	hoogte	14[2]	11[3]		10 **, 21	22[4]					14,15			
	bathy	-	11	31 **	16	1,13					13			
korrelmetingen	-	14	12	19	17									

Tabel 2.1 Overzicht van alle metingen en ingrepen in het suppletiegebied

[0] tijdstip van bathymetrische opname hetzelfde als jarkus 2007.
[1] hoogte opname alleen uitgevoerd tussen 118.5 en 117.0
[2] geen bathymetrische opname vanwege een te hoge zeegang.
[3] slechts een geclassificeerd grid beschikbaar.
[4] tijdstip van meting hetzelfde als jarkus 2008.
[5] hoogste stormvloed

15	De grijze kleur geeft aan dat in die maand opnamen o.i.d. zijn uitgevoerd, het getal geeft de datum
*	opnamen met dezelfde aantal *, zijn één meting

Slecht weer

In het betreffende gebied zijn in de loop van 2007 en 2008 enkele dagen met hoge waterstanden opgetreden. In vier gevallen (waarvan 2 op dezelfde dag) was het hoogwaterpeil van dusdanige hoogte dat de Stormvloedwaarschuwingsdienst (SVSD), een waarschuwing afgaf. Van deze vier stormvloeden was er één dusdanig hoog dat zij als middelbare stormvloed werd geclassificeerd. In Tabel 2.2 staan de stormvloeden, met de voorspelde en opgetreden waterstanden.

Tabel 2.2 In najaar 2007 en winter 2008 opgetreden stormvloeden. De rode kleur is een middelbare stormvloed, oranje zijn lage stormvloeden(bron: website svsd)

datum	astronomisch tijd	astronomisch stand	verwachting SVSD	opgetreden tijd	opgetreden stand	scheve opzet op HW
09-nov-2007	2h15	131	290	2h40	316	185
09-nov-2007	14h29	124	250	15h20	243	119
01-mrt-2008	9h06	79	280	8h50	234	155
21-mrt-2008	14h45	126	275	14h30	275	149

Bulldozers:

Vlak na de aanleg van de suppletie, op 18 en 19 juli 2007, is het profiel tussen gemiddeld hoogwater en gemiddeld laagwater (intergetijde strand) uitgevlakt met behulp van bulldozers (Figuur 2.3). Later is het strand, in eerste instantie zonder overleg, door de deelgemeente nogmaals uitgevlakt in april 2009 en april 2010. Gegeven de initiële problemen in 2007 wilde men waarschijnlijk voorkomen dat het strand wederom, in het badseizoen, gesloten zou moeten worden.

Figuur 2.3 Uitvlakking van het strand m.b.v. bulldozers, voor meer foto's zie bijlage F (bron: RWS DZH)

Beach cusps:

Naast de uitgevoerde hoogte- en korrelgroottemetingen zijn verschillende medewerkers van RWS RIKZ na aanleg van de strandsuppletie op het strand gaan kijken. Hierbij werden in juni 2007, aan de rand van de swashzone, beach cusps gesignaleerd. In september 2007 waren deze beach cusps in het uitgevlakte deel (rond de Badweg) volledig verdwenen terwijl ze in het niet uitgevlakte deel slechts minder geprononceerd waren (zie ook bijlage G).

2.3 Methodiek

In de volgende paragraaf zal een morfologische beschrijving worden gegeven van het strand en de onderwateroever bij Hoek van Holland. Aan de hand van jarkus profielen en met behulp van indicatoren (verderop in deze paragraaf) zal eerst de lange termijn ontwikkeling worden beschreven, met daarop volgend de beschrijving van het effect van de uitgevoerde strandsuppletie. De gebruikte indicatoren zijn:

1. verplaatsing van verschillende ijkpunten in het dwarsprofiel,
2. strandbreedte,
3. hellingshoek,
4. volumeberekeningen van verschillende deelgebieden.

Deze indicatoren zullen ook beschouwd worden in het licht van enkele andere morfodynamisch relevante gebeurtenissen te weten: storm en het bulldozeren van het strand. De indicatoren zijn bepaald voor dezelfde drie raaien waar de korrelgrootte monsters op zijn genomen; raaien 116.36 (buiten het suppletiegebied), 117.5 en 118.25 (binnen het suppletiegebied). Al het bovenstaande zal tot slot wordt uitgezet tegen de informatie uit de korrelgrootteanalyses. Daarnaast is de ontwikkeling van de 2007 suppletie vergeleken met eerdere suppleties van vergelijkbare omvang in dit gebied.

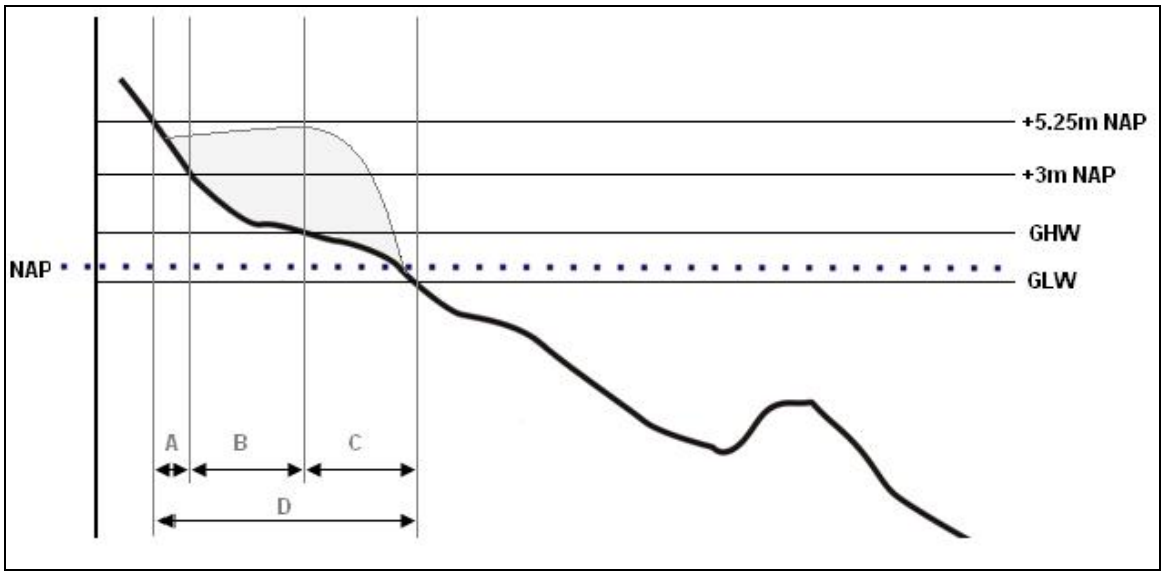
IJkpunten in het dwarsprofiel

De gekozen ijkpunten zijn de duinvoet, de gemiddeld hoogwaterlijn (GHW) en de gemiddeld laagwaterlijn (GLW). In andere studies ligt de gehanteerde duinvoet op een hoogte van +3m NAP (Nourtec, 1997). Daar de strandsuppletie een ontwerphoogte had van +4m NAP, kwam een ijkpunt op +3m NAP ongeveer halverwege de suppletie. De hoogte van de duinvoet is daarom voor deze studie gekozen op +5.25m NAP; dit is boven de maximale aanleghoogte van +5m NAP. De hoogte van +3m NAP is als extra ijkpunt toegevoegd, om daarmee de ontwikkeling van de strandsuppletie in detail te kunnen volgen. Onderstaande tabel 4 geeft de verticale waardes van deze ijkpunten voor de kust bij Hoek van Holland:

Tabel 2.3 NAP hoogten ijkpunten (http://www.eseas.org/products/eda/stations/hoek.html)

IJkpunt	**Waarde [tov NAP]**
“Duinvoet”	+ 5.25m
Extra punt	+ 3m
GHW	+ 1.11m
GLW	- 0.63m

Door vast te stellen hoe de positie van deze ijkpunten ten opzichte van het eerste jaar in de analyse zijn veranderd is het mogelijk een beeld te krijgen van de zeewaartse dan wel kustwaartse beweging van de kust.



Figuur 2.4 Strandbreedte gedefinieerd als verschillende horizontale afstanden tussen ijkpunten

Strandbreedte en positie
De strandbreedte is gedefinieerd als de horizontale afstand (zie Figuur 2.4) tussen de verschillende ijkpunten in het dwarsprofiel (Nourtec 1997). Dit zijn de horizontale afstanden tussen:

A. de duinvoet (+5.25m NAP) en het extra ijkpunt (+3m NAP)
B. het extra ijkpunt (+3m NAP) en de gemiddeld hoogwaterlijn (GHW)
C. de gemiddeld hoogwaterlijn (GHW) en de gemiddeld laagwaterlijn (GLW)
D. de duinvoet en de gemiddeld laagwaterlijn (GLW)

De uitkomsten van deze analyse geven aan of een zone breder of smaller geworden is in de tijd.

Hellingshoek
Over de verschillende delen van het kustprofiel zijn ook de hellingshoeken berekend. Dit is om te zien of deze hellingen door de suppletie zijn veranderd en hoe deze hellingen zich na de suppletie hebben aangepast. De hellingshoek wordt berekend door het hoogteverschil te delen door de strandbreedte.

Volumeveranderingen
Om inzicht te krijgen in de mogelijke netto verplaatsing van sediment en om inzicht te krijgen in de termijn waarin het volume van de suppletie zich over dit kustvak herverdeeld, zijn volumeveranderingen berekend.

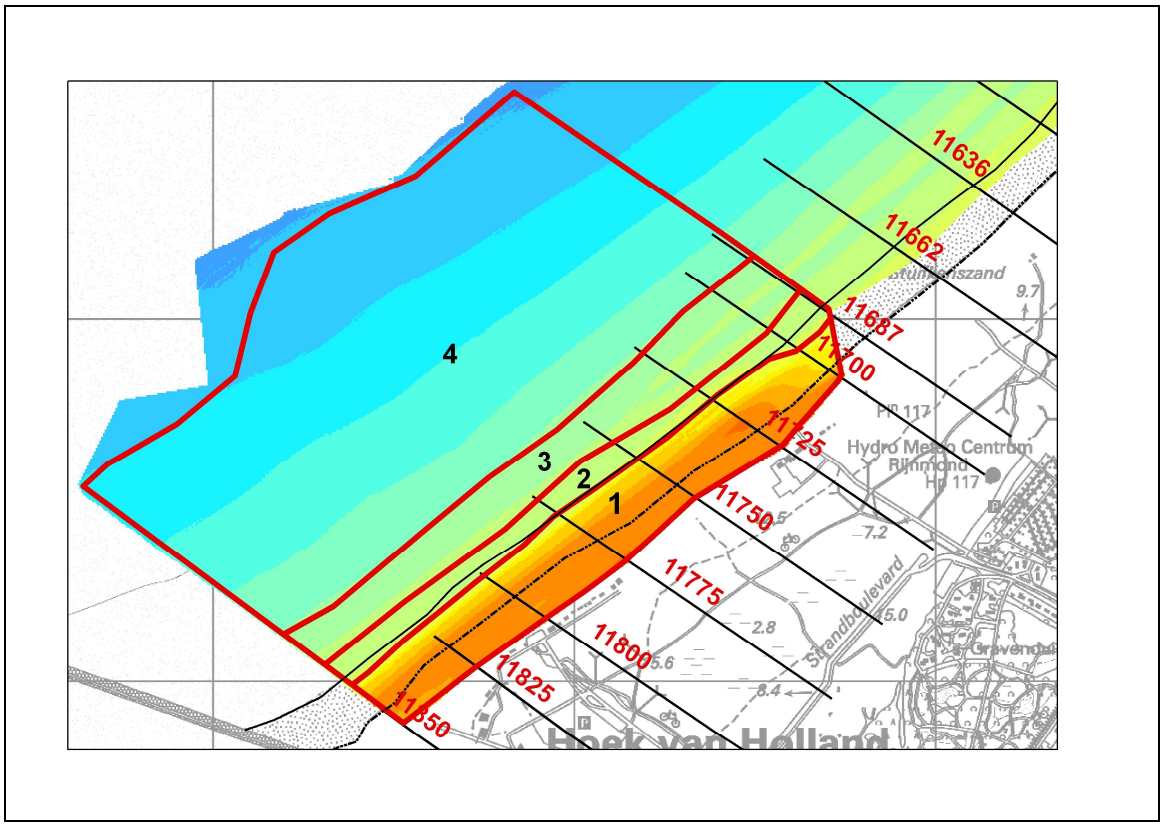
Voor het bepalen van de volumeveranderingen is het gebied opgedeeld in vier deelgebieden (Figuur 2.5):

1. het suppletiegebied
2. het ondiepe gebied (GLW tot -1.5m NAP)
3. het binnenbanken gebied (van -4m NAP tot -1.5m NAP)
4. dieper water; zeewaarts begrenst door de beschikbaarheid van de grids (van -8m NAP tot -4m NAP).

Tabel 2.4 Oppervlaktes deelgebieden

deelgebied	Oppervlak [m^2]
1 suppletie	305.371
2 swashzone	124.507
3 binnenbanken	237.090
4 dieper water	1.247.316

In Tabel 2.4 staan de oppervlaktes van de verschillende gebieden. De volumeveranderingen zijn berekend door het gemiddelde verschil[4] te berekenen tussen twee grids; dit levert voor ieder deelgebied een verschil. Dit gemiddelde verschil is daarna vermenigvuldigd met het oppervlak van het betreffende deelgebied om tot een volume te komen.



Figuur 2.5 vier deelgebieden waarvoor volumeveranderingen berekend zijn (zie tabel 2.4)

4 Totaal verschil gedeeld door het aantal gevulde gridcellen; dit maakt de uitkomsten vergelijkbaar.

Korrelgrootteverdelingen

De korrelgrootteverdeling van een monster wordt verkregen door het gewichtspercentage van de verschillende korrelgroottefracties te bepalen, berekend op de 'minerale delen'. Onder minerale delen verstaat men dat deel van het monster waarvan de korrels kleiner zijn dan 2mm. Dit deel van het monster is gedroogd bij 105ºC en ontdaan van organische stof en koolzure kalk[5].

Om de korrelgrootteverdeling te karakteriseren wordt gebruik gemaakt van korrelgrootteparameters. De onderstaande parameters worden in deze evaluatie gebruikt:

1. De mediane korrelgrootte (D50): de korrelgrootte waarbij 50% van het gewicht van de zandfractie fijner is
2. Percentielen (pn): die korrelgrootte, waarbij (100-n) % van het materiaal grover en n % fijner is. De D waardes geven het gewichtspercentage van de korreldiameter weer, dus bij D10 is 10% van het monster kleiner en 90% groter dan de gegeven waarde.
3. Sortering: D60/D10: hoe dichter bij de waarde 1, hoe steiler de curve, hoe kleiner de spreiding en beter de sortering.
4. Percentages grind en kalk[6]

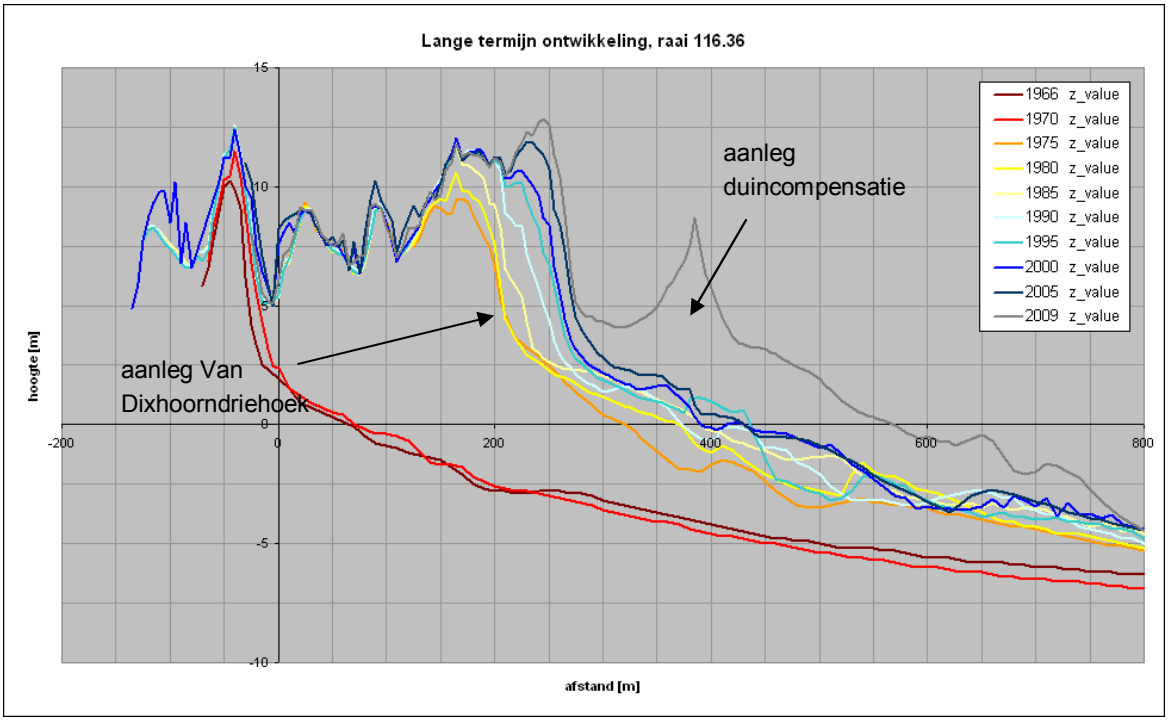
5 De monsters zijn voorbehandeld met waterstofperoxide en zoutzuur om achtereenvolgens humus en kalk op te lossen. Na iedere behandeling is het monster gewogen en het gewichtsverlies vergeleken met het startgewicht om de fractie te bepalen (zie bijlage 4)

6 Kalk gebonden aan de minerale delen en schelpen.

3 Resultaten

3.1 Langetermijn morfologische ontwikkeling

De langetermijn ontwikkeling van het strand van Hoek van Holland wordt voor een groot deel beïnvloed door de aanleg van de Van Dixhoorndriehoek en de suppleties die daarop volgden. In de dwarsprofielen van raai 116.36 (Figuur 3.1[7]) is duidelijk de zeewaartse verplaatsing van meer dan 200 meter tussen 1970 en 1975 te zien als gevolg van de aanleg van de Van Dixhoorndriehoek. Sindsdien zijn het strand en de duinen in deze raaien gestaag zeewaarts uitgebouwd. In het jarkus profiel van 2009 is de aanleg van de duincompensatie duidelijk zichtbaar.

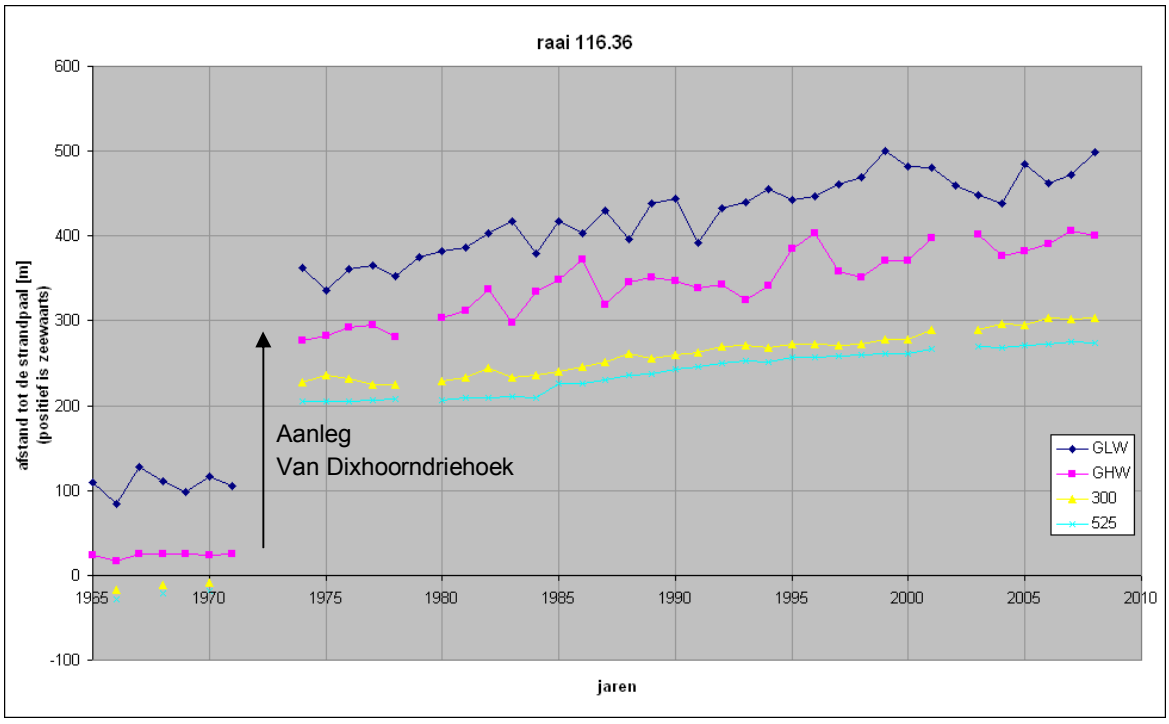


Figuur 3.1 jarkus dwarsprofielen raai 116.36, 1966 – 2009, iedere 5 jaar (voor alle dwarsprofielen zie bijlage E, figuren 12, 13, 14)

Onderwater loopt het profiel in dit deel van de kust geleidelijk af naar dieper water en vertoont weinig dynamiek in vergelijk met b.v. de Noord-Hollandse kust. Ook ontbreken prominente banksystemen, meestal is in het dwarsprofiel maar één bank en trog te vinden met een breedte van circa 100m.

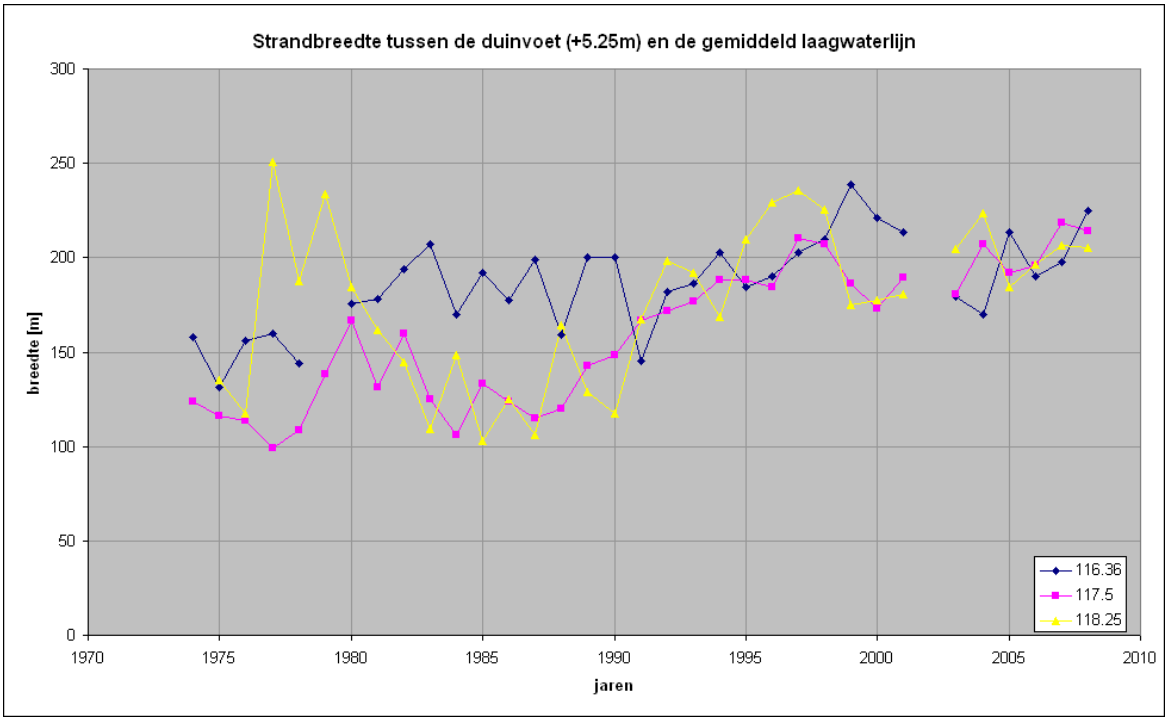
7. *De overige dwarsprofielen zijn te vinden in bijlage E*

De in §2.3 genoemde indicatoren zijn bepaald voor drie raaien; raai 116.36, 117.50 en raai 118.25. Deze drie raaien zijn karakteristiek voor het gedrag van de kust van noord naar zuid. Het zuidelijke deel is veel dynamischer dan het noordelijke deel. Bovendien hebben rond de Badweg (in de nabijheid van raai 118.25) veel meer kleinschalige menselijke verstoringen op het strand plaatsgevonden, in de vorm van bv strandtenten en (onderhouds-)suppleties, dan in het noordelijke deel (in de nabijheid van raai 116.36). De overgangen in langsrichting verlopen geleidelijk en kunnen daarom goed beschreven worden aan de hand van de drie genoemde raaien. De ontwikkeling in dwarsrichting wordt geïllustreerd door Figuur 3.2. Deze figuur laat zien dat de kust zeewaarts uitbouwt. De duinvoet laat een geleidelijke uitbouw zien, terwijl de strandbreedte een grilliger verloop vertoont.



Figuur 3.2 Jarkus ijkpunten raai 116.36, 1965 – 2008 (voor overige ijkpunten zie bijlage E, figuren 16 en 17). De strandbreedte is de afstand tussen de duinvoet (+5.25m NAP) en de gemiddeld laagwaterlijn.

Deze laatste liggen in het gedeelte van de kust dat het meest aan morfologische verandering onderhevig is. De dynamiek is hier zo groot dat tussen de hoogte opname van het strand en de bathymetrische opname van de onderwateroever het profiel al veranderd kan zijn. In de loop van de tijd zijn de stranden meer op elkaar gaan lijken. Vlak na de aanleg van de Van Dixhoorndriehoek waren de stranden in het zuiden (rond raai 118.25) smaller dan die in het noorden (raai 116.36). Tussen 1985 en 1990 worden de zuidelijke stranden breder door een zeewaartse verplaatsing van de gemiddeld hoog- en laagwaterlijn. Rond 1990 hebben alle stranden een vergelijkbare breedte (Figuur 3.3).



Figuur 3.3 Strandbreedte tussen de duinvoet (+5.25m NAP) en de gemiddeld laagwaterlijn, raaien 116.36, 117.5 en 118.25, 1974 – 2008 (voor helling zie bijlage E, figuur 18b).

Suppleties

In het gebied zijn 14 onderhoudssuppleties van beperkte omvang uitgevoerd (zie paragraaf 2.1). Deze zijn in de jarkus profielen niet als dusdanig terug te vinden. Ze hebben wel bijgedragen aan de dynamiek van het gebied, speciaal in de nabijheid van raai 118.25, welke middenin het gebied ligt dat veelvuldig gesuppleerd is. Echter ontbreekt iedere kennis over de kustdwarse positionering van deze onderhoudssuppleties (aanleghoogte) en de wijze van aanleg. Dit maakt de onderhoudssuppleties zelfs met behulp van de indicatoren (bv ijkpunten) lastig aan te tonen. De dwarsprofielen (bijlage E, figuren 13b en 14b) laten een aanzienlijke profielverandering zien in 1992 (raai 118.25), 1994 (raai 117.50) en 2008 (in beide raaien). Deze profielveranderingen zijn het gevolg van strandsuppleties. Deze laatste is de te evalueren strandsuppletie, hier komen we in paragraaf 3.2 op terug.

Detailbestudering van de jarkus metingen in meerdere raaien en bestudering van de ijkpunten (bijlage E, figuur 16 en 17) wijst uit dat er twee grotere suppleties zijn: een suppletie tussen de raaien 117.75 en 118.25, aangebracht tussen 1990 en 1991en een suppletie tussen de raaien 116.62 en117.50, aangebracht tussen 1993 en 1994. Daarnaast is in raai 117.75 tussen 1992 en 1993 een kleinere verandering te zien, die te groot is voor natuurlijke dynamiek.

De volumes en positie van deze suppleties wijken af van het overzicht in Tabel 1.1. Het lijkt erop dat de suppletie tussen de raaien 117.75 en 118.25, aangebracht tussen 1990 en 1991 de suppletie van 1991 uit de tabel is, maar dan neergelegd in een kleiner gebied, wat in plaats van 223 m^3/m, 446 m^3/m oplevert. De suppletie tussen de raaien 116.62 en 117.50, aangebracht tussen 1993 en 1994 en het verschil in raai 117.75 tussen 1992 en 1993 zijn samen de suppletie van 1993. Deze suppletie is in twee verschillende jarkus metingen terecht gekomen, omdat de suppletie in maart/april werd neergelegd terwijl de hoogteopname van het strand van 1993 plaats vond op 23 maart; middenin de aanlegperiode. De suppletie is

aangelegd tussen raai 116.62 en 117.75 in plaats van tussen 114.00 en 118.75. Dit is dus een veel kleiner gebied, wat bij gelijkblijvend volume 410 m^3/m oplevert in plaats van de 97 m^3/m uit Tabel 1.1.
Het grote volume dat volgens het suppletieoverzicht in 1992 zou zijn neergelegd is in de dwarsprofielen niet duidelijk terug te vinden. Het kan zijn dat deze suppletie niet op het strand is neergelegd, over een groter oppervlak is uitgespreid of van een veel kleiner volume was. In dat laatste geval zou hij net als de kleinere onderhoudssuppleties niet zichtbaar zijn in de jarkus profielen.

Dit alles levert voor 1991 t/m 1993 onderstaande nieuwe suppletietabel op:

eind jaar	begin raai	eindraai	lengte	volume [m^3]	m^3/m
1991	117.75	118.25	500	223000	446
1992 (?)	117.75	118.75	1000	560000	560
1993	116.62	117.75	1130	463000	410

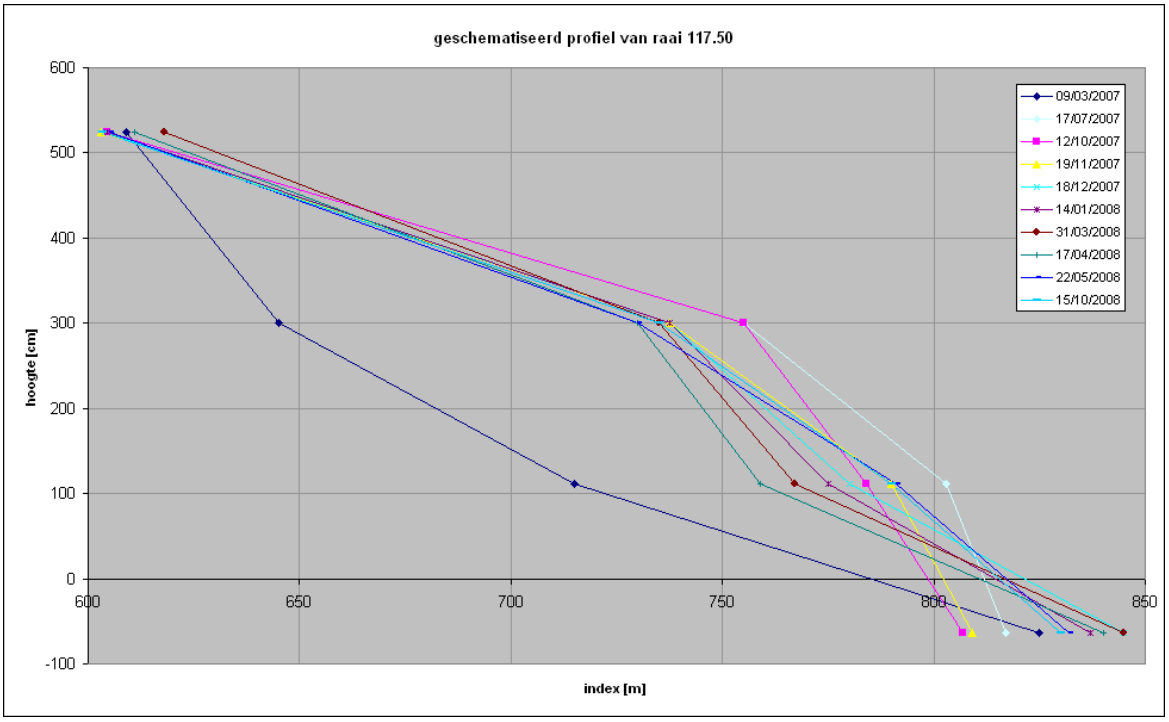
De suppleties van 1991 en 1993 waren aldus aanzienlijk wat betreft volumes en hadden beiden een aanleghoogte van ongeveer +5m NAP. De aanleghoogte is daarmee vergelijkbaar met de strandsuppletie van 2007, welke een groter volume had.
De impact van deze twee suppleties op het dwarsprofiel is groot geweest. Het strand tussen de duinvoet (+5.25m NAP) en de +3m NAP wordt in raai 117.50 ongeveer 60 meter breder. Als gevolg daarvan groeit het duin en verplaatst de duinvoet (+5.25m NAP) zich geleidelijk zeewaarts (bijlage E, figuur 16). Hetzelfde gebeurt ter hoogte van raai 118.25, na de suppletie van 1991 (bijlage E, figuur 17).

3.2 Ontwikkeling strandsuppletie 2007

Strandprofiel
De strandsuppletie van 2007 is tot een hoogte van circa +5m NAP aangebracht om het grote volume zand te kunnen plaatsen. Dat is hoger dan normaal. Hierdoor nam de breedte tussen “de duinvoet” (+5.25m NAP) en het extra ijkpunt op +3m NAP toe met gemiddeld 100 meter (115m in raai 117.50 en 90m in raai 118.25). Tegelijkertijd nam de breedte van het strand tussen de gemiddeld hoogwater- en gemiddeld laagwaterlijn af met gemiddeld 80 meter (95m in raai 117.50 en 70m in raai 118.25). (Figuur 3.4).

De helling van de verschillende delen van het strand wijzigde daardoor ook. Waar vóór de suppletie het strand het steilst was tussen +5.25m NAP en de gemiddeld hoogwaterlijn, was ná de suppletie het strand het steilst tussen de gemiddeld hoogwater- en gemiddeld laagwaterlijn. De vorm van het strand is door het aanbrengen van de strandsuppletie veranderd van hol naar bol (zie Figuur 3.4).

Hoge waterstanden en golven met veel energie vlakken het kustprofiel af. Na de stormvloed van 9 november 2007 was een dergelijke verflauwing dan ook te verwachten. Dit effect is, in de raai buiten het suppletiegebied, niet zichtbaar (bijlage E, figuur 19b). In de raaien 117.5 en 118.25 zijn na de middelbare stormvloed zandvolumes verdwenen tussen +3m NAP en de gemiddeld hoogwaterlijn (bijlage E, figuur 20a en 21a). Ook de schematische profielen van deze raaien (bijlage E, figuur 20b en 21b) zijn de hellingen tussen deze ijkpunten flauwer geworden.

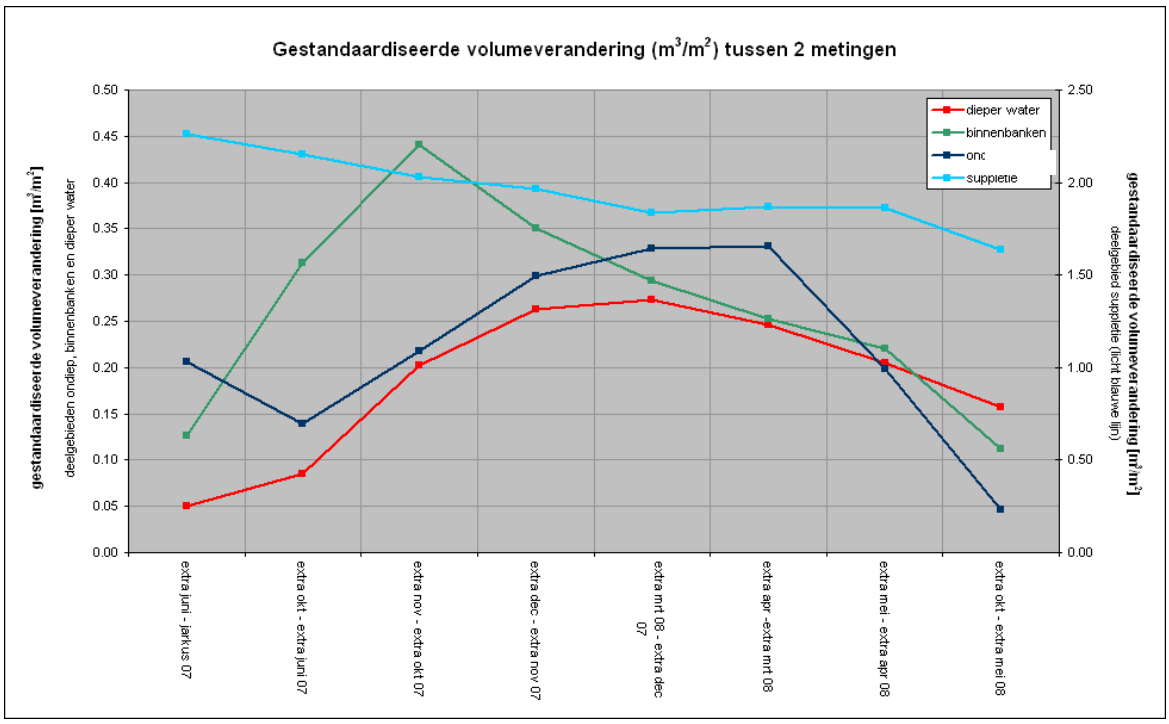


Figuur 3.4 Geschematiseerd profiel aan de hand van ijkpunten van raai 117.50 (voor alle schematische profielen zie bijlage E, figuren 19b, 20b en 21b)

Volume

Van het totale aangebrachte volume van 855.743 m^3 (opgave van de aannemer, gebaseerd op inhoud baggerschepen) is circa 81% terug te vinden in de volumes van de extra meting van juni '07 (691.456 m^3). Van de overige 19% is minimaal 10% het gevolg van compactie van het zand na aanbrengen op het strand. De overige 9 % is waarschijnlijk geërodeerd tussen de aanleg van de suppletie en de eerste meting erna. Ook de vorm (strandbreedtes en helling) van het dwarsprofiel moet daarom met enige terughoudendheid worden bestudeerd.

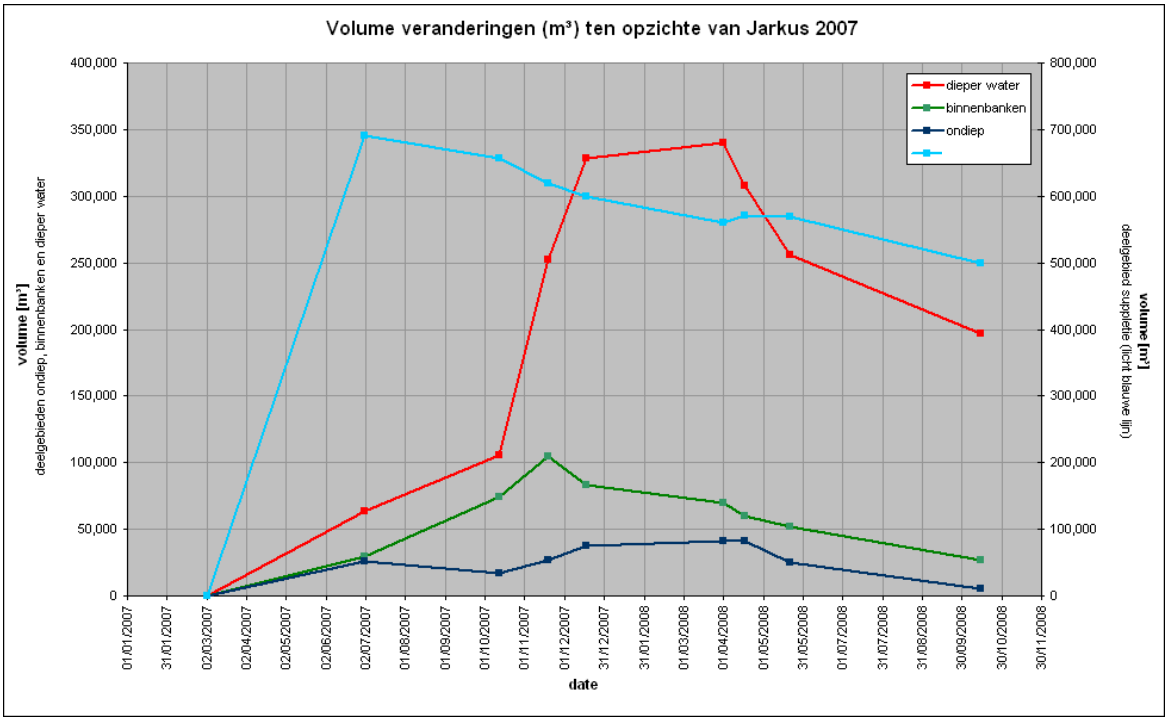
Sinds de aanleg van de strandsuppletie neemt het volume van de suppletie gestaag af. Uit de volumeveranderingen blijkt geen duidelijk kustdwarse transportrichting, anders zouden de patronen in Figuur 3.5 en Figuur 3.6 elkaar opvolgen in de verschillende deelgebieden (zie Figuur 2.5 voor de locaties). Het meeste suppletiezand wordt direct na de aanleg geërodeerd tussen +3m NAP en de gemiddeld hoogwaterlijn. Vanaf november komt er veel sediment bij rond de gemiddeld laagwaterlijn, waar een trog langzaam opvult. Deze morfologische ontwikkeling wijkt af van het gebied buiten de suppletie. Hier is nauwelijks verandering van het profiel rond de gemiddeld hoogwaterlijn en +3m NAP waar te nemen, zelfs niet na de hoge waterstanden van november 2007 (bijlage E, figuur 19a).



Figuur 3.5 De volumeverandering (m^3) tussen twee opeenvolgende metingen gedeeld door het oppervlak van het betreffende deelgebied (m^2) (tabel 5)

De volumeveranderingen beneden de gemiddeld laagwaterlijn zijn klein. Het ondiepe gebied tussen de gemiddeld laagwaterlijn en -1,5m NAP lijkt vooral te fungeren als doorgeefluik voor sediment. De volumetoename op dieper water (-4m tot -8m NAP; Figuur 3.6) in november en december 2007 wordt veroorzaakt door de onderwatersuppletie die in dat gebied is aangebracht. In Tabel 3.1 Volume ontwikkeling (*103 m3) is te zien dat het totale sedimentvolume in het beschouwde gebied tot en me december 2007 nog met circa 200.000 m^3 toeneemt, terwijl na de aanleg van de strandsuppletie uit het suppletievak alleen maar sediment verdwijnt.

Tijdens de extra opname in juni/juli 2007 is het strand van raai 118.5 tot en met raai 117 ingemeten. Hierdoor is het niet mogelijk de volumeveranderingen van het gebied ten noorden van deze raaien te volgen vanaf het moment van aanleg.



Figuur 3.6 Volume veranderingen (m^3), per deelgebied (Tabel 2.4), ten opzichte van jarkus 2007.

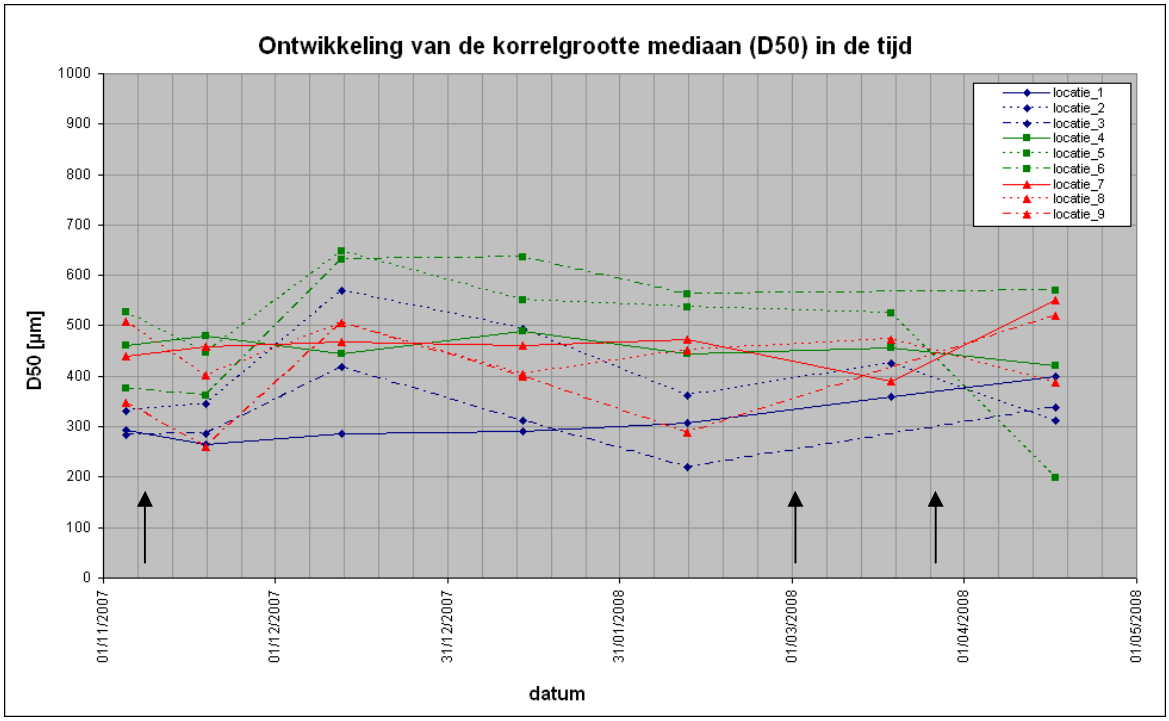
Tabel 3.1 Volume ontwikkeling (10^3 m^3)*

Deelgebied		juni/juli 2007		okt 2007		nov 2007		dec 2007		mrt 2008		apr 2008		mei 2008		okt 2008
suppletie		690	-35	655	-35	620	-20	600	-40	560	10	570	0	570	-70	500
ondiep		25	-10	15	10	25	10	35	5	40	0	40	-15	25	-20	5
binnenbanken		30	45	75	30	105	-20	85	-15	70	-10	60	-10	50	-25	25
dieper water		65	40	105	145	250	80	330	10	340	-35	305	-50	255	-60	195
Totaal (SS = 855)	-45	810	40	850	150	1000	50	1050	-40	1010	-35	975	-75	900	-175	725

3.3 Korrelgrootteverdelingen

De gemiddelde korreldiameter D_{50} bij Hoek van Holland varieert tussen 125 en 250 µm (van Alphen, 1987). Volgens Van Bemmelen (1988) varieert de gemiddelde korreldiameter rond de gemiddeld hoogwaterlijn hier tussen de 195 en 380 µm, met een gemiddelde van 262 µm. Op het gemiddeld laagwaterniveau varieert deze tussen de 185 en 420 µm, met een gemiddelde van 286 µm. Rond gemiddeld laagwater vertoont de korrelverdeling dus iets meer spreiding rond gemiddeld hoogwater

De korrelgrootte op een strand wordt bepaald door het bronmateriaal en de golf-energie. De bron van het sediment is voor de gesuppleerde raaien duidelijk; het suppletiezand. Het gesuppleerde zand was matig grof tot uiterst grof (210 - 2000 µm), hoekig, met grind (>2mm) en schelpen. Helaas is er geen korrelgroottemeting uitgevoerd vlak na de suppletie, maar de eerste monsteropname geeft een indicatie van een D_{50} van 400-550 µm (Figuur 3.7). De mediaan van dit suppletiesediment is gemiddeld dus ongeveer 200 µm grover dan het originele zand op het strand.



Figuur 3.7 Ontwikkeling korrelgroottemediaan (D50) na aanleg van de suppletie. Pijlen geven opgetreden stormvloeden weer (Tabel 2.2). Raai 116.36: serie 1, 2, 3 / Raai 117.50: serie 4, 5, 6 / Raai 118.25: serie 7, 8, 9

Er is een directe relatie tussen de grootte en afronding van de zandkorrels en de hellingshoek van het strand. Als het strand bestaat uit grof, hoekig materiaal, is de hellingshoek groter dan als het strand bestaat uit fijn, afgerond materiaal. Hoekige (=slecht afgeronde) korrels grijpen meer in elkaar dan afgeronde korrels, hebben daardoor meer onderlinge contactpunten en kunnen onder een grotere rusthoek blijven liggen.

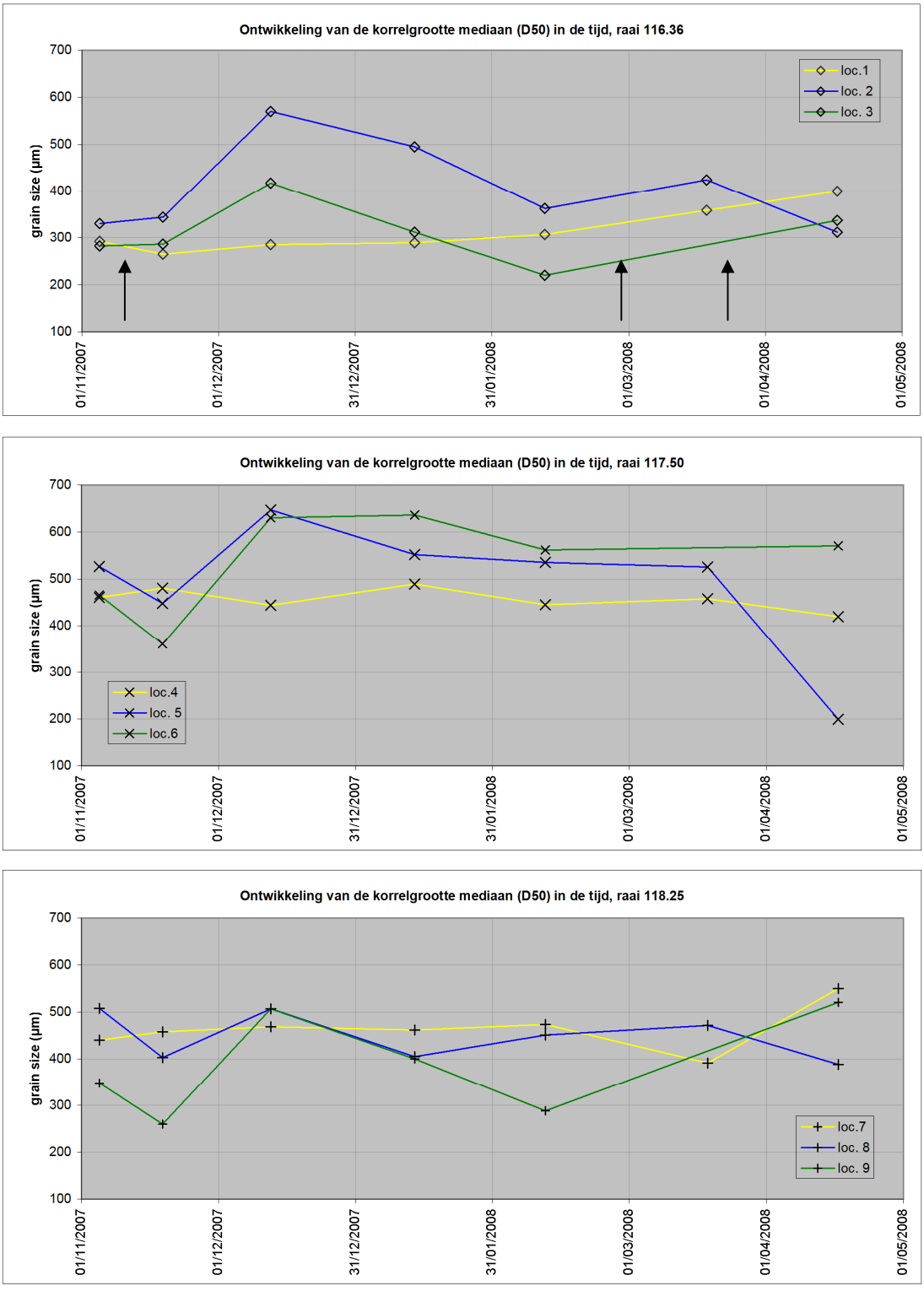
Figuur 3.8 Ontwikkeling percentages grind, klei, kalk en humus. Pijlen geven opgetreden stormvloeden weer (Tabel 2.2).

Percentage grind en kalk
In raai 116.36 is geen suppletiezand aangebracht. Het hier aanwezige zand bevat nauwelijks grind en heeft een relatief hoog kalkpercentage. Dit komt doordat het strandzand rijk is aan schelpen.

In de monsters van het suppletiegebied is duidelijk wel grind aanwezig. In het hoogste monsterpunt nemen de grindpercentages eerst toe, om na januari af te nemen en in maart zelfs helemaal uit de monsters te verdwijnen. De toename van de grindfractie zou een gecombineerd effect van een hoger golfenergieniveau in de winter en de stormvloed van 9 november 2007 kunnen zijn. Hoog-energetische omstandigheden, zoals tijdens deze stormvloed, leveren een grovere korrelgrootteverdeling op. De daarop volgende afname van de gemiddelde korrelgrootte komt wellicht door het inspoelen c.q. inwaaien van fijner materiaal, waardoor het zand gemiddeld minder grof wordt. Er is dan sprake van een relatieve afname van de grindfractie, doordat het aandeel zand toeneemt. Het ligt niet voor de hand dat de afname het gevolg is van een zeewaarts transport van het grind. Dit materiaal zou dan lager in het profiel, dus in het middelste of onderste monsterpunt, aanwezig moeten zijn. Dit is niet uit Figuur 3.8 af te leiden; het grindgehalte neemt in het middelste monsterpunt van raai 118.5 al toe in december terwijl dan ook het grindgehalte in het bovenste monsterpunt nog toeneemt. De laagste monsterpunten van zowel raai 117.5 als 118.25 liggen net zeewaarts van de aangelegde suppletie. Hierdoor is er initieel geen tot weinig grind in de monsters te vinden. In het onderste monsterpunt van raai 117.5 komt in januari grind in de monsters. Dit is mogelijk afkomstig uit het zuiden (raai 118.5), uit de bovenkant van hetzelfde profiel of van allebei. Dit onderscheid is niet te maken.

Het is opmerkelijk dat in raai 117.5, tijdens opname 3 opeens alle grind is verdwenen, zeker gezien deze raai verder dezelfde ontwikkeling in grindgehalte vertoont als raai 118.25. Mogelijk was het grind bedekt met een zandlaag waardoor alleen het zand werd bemonsterd, of is het grind tijdens de analyse wel afgezeefd zonder dat dit vermeld werd. Ook ontbreekt monsteropname 6 voor de onderste monsterpunten in alle drie de raaien; de reden hiervoor is onbekend.

D_{50}
Van Bemmelen (1988) beschrijft dat de gemiddelde korrelgrootte van zand in een natuurlijke situatie in kustdwarse richting fijner wordt van het intergetijdestrand naar het duin. De D_{50} van het hoogste monsterpunt (gele lijn in Figuur 3.9) zou, om aan deze verachting te voldoen, altijd een kleinere D50 moeten hebben dan het middelste (blauwe lijn) en onderste monsterpunt (groene lijn). Dit geldt voor geen van de raaien. Waarschijnlijk zal het met de variabiliteit van monsters en de dynamiek van systeem te maken hebben. Bovendien heeft de bemonstering in twee van de raaien na de suppletie plaatsgevonden en is de natuurlijke situatie verstoord. Duidelijk is wel dat de korrelgroottemedianen minder variëren in de hoogste monsterpunten dan in de lagere punten. Daarom is de toename van de korrelgroottemediaan in het hoogste monsterpunt van raai 116.36 opvallend. Mogelijk waait in deze raai grover materiaal uit de suppletie in, maar waarschijnlijker is dat het fijne materiaal juist uit deze raai wegwaait. Het onderste en middelste monsterpunt liggen wat betreft de korrelgroottemediaan in alle raaien dicht bij elkaar. Dit komt omdat deze monsters beide uit de zone tussen de gemiddeld hoogwater- en gemiddeld laagwaterlijn genomen zijn. Hier zijn vergelijkbare morfologische omstandigheden te verwachten.

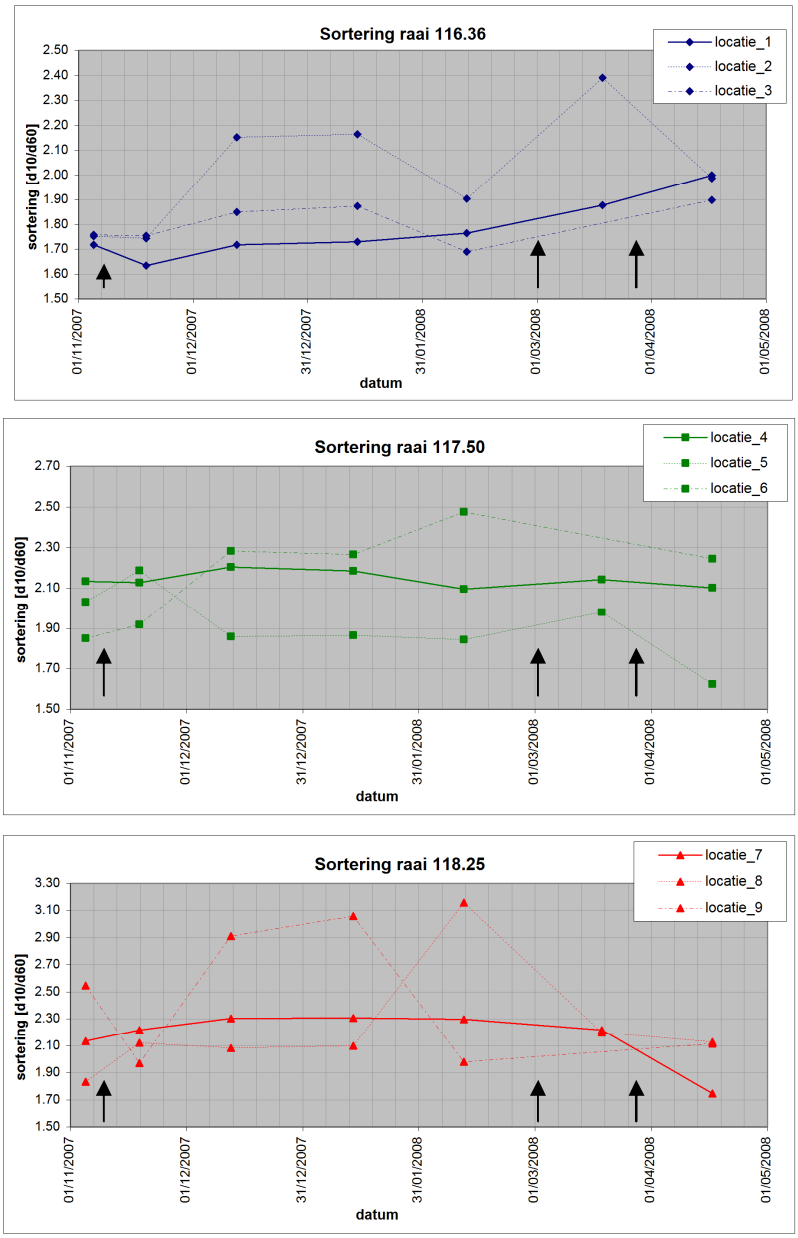


Figuur 3.9 Ontwikkeling van de korrelgroottemediaan (D50) na aanleg van de suppletie. De gele lijn is de ontwikkeling van het hoogste monsterpunt, de groene lijn de ontwikkeling van het laagste monsterpunt. Pijlen geven opgetreden stormvloeden weer (Tabel 2.2).

Sortering

De verwachting is dat het hoogste monsterpunt het beste gesorteerd is. Dit is initieel het geval in raai 116.36 (Figuur 3.10), maar niet in de andere raaien. De monsters van raai 116.36 laten de beste sortering zien, de monsters van raai 118.25 de slechtste. Dit is te verwachten aangezien de bemonstering van raaien 117.50 en 118.25 na de suppletie plaatsvond, waardoor de sortering verstoord is.

In het bovenste monsterpunt van raai 116.36 verslechtert de sortering geleidelijk aan. Dit komt waarschijnlijk doordat ander, grover materiaal uit de suppletie naar deze raai getransporteerd wordt. Dit aangevoerde zand verandert de oorspronkelijke samenstelling van het zand op deze plek.



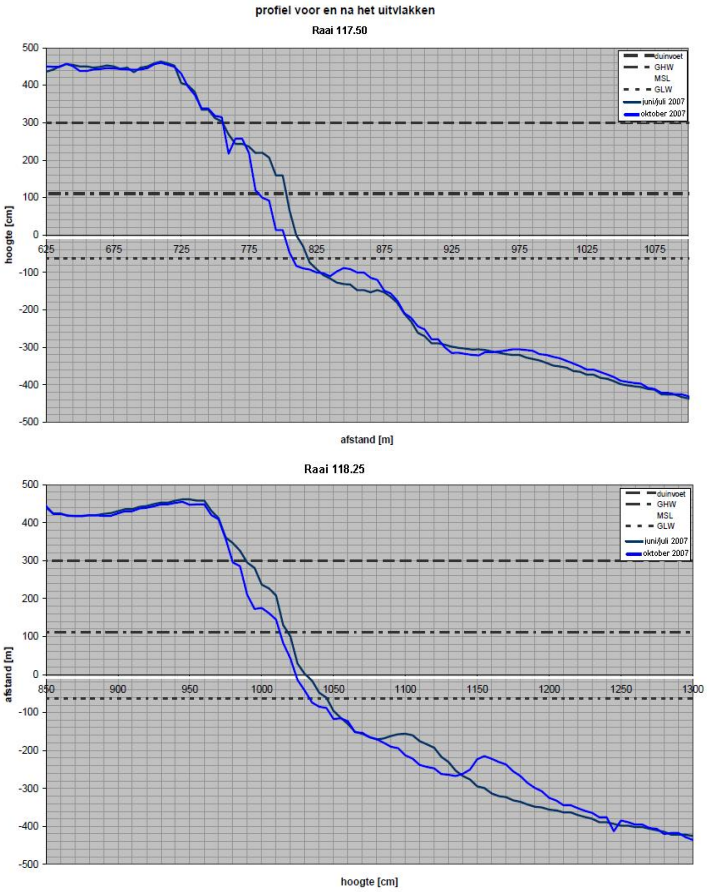
Figuur 3.10 Ontwikkeling van de sortering (D10/ D60) na aanleg van de suppletie. Locaties 1, 4 en 7 geven de ontwikkeling van het hoogste monsterpunt, locaties 3, 6 en 9 de ontwikkeling van het laagste monsterpunt. Pijlen geven opgetreden storm-vloeden weer (Tabel 2.2).

Monstername
De korrelgroottemonsters zijn in principe op dezelfde locaties genomen. Van de eerste 5 monsternames zijn de exacte locaties (x-/y-coördinaten) en hoogtes vastgelegd. Hieruit komt echter naar voren dat de variatie in het horizontale vlak tussen 'dezelfde' meetlocaties maximaal 4 meter in oost-west-richting en maximaal 2 meter in noord-zuid-richting is. Daarnaast varieert de hoogte en de daarmee de positie van de monsterpunten in het dwarsprofiel door sedimentatie en erosie. Dit kan oplopen tot verticale verschillen van meer dan een meter. Dit betekent dat de monsters door de tijd uit verschillende kustzones komen (zie Figuur 2.2), waar andere processen een rol spelen. Dit voegt dus een extra bron van variatie aan de korrelgroottemonsters toe.

3.4 Kleinschalige strandmorfologie

Bulldozers
Het uitvlakken van het strand heeft plaatsgevonden op 18 en 19 juli 2007 rond de Badweg (opgang tussen raai 118 en 118.25). Dit uitvlakken vond plaats op het gedeelte van het strand waar ook hoogteopnamen plaatsvonden. De dag vóór de werkzaamheden, 17 juli, is het strand ingemeten (extra meting juni/juli '07). De eerstvolgende meting ná de uitvlakking was op 12 oktober 2007, bijna 3 maanden na dato. Op deze dwarsprofielen is de uitvlakking niet meer zichtbaar. Er zijn wel verschillen tussen de profielen te zien (zie Figuur 3.11), maar deze zijn eerder toe te schrijven aan natuurlijke morfologische veranderingen, dan aan de uitvlakking. Later, in april 2009 en april 2010, is het strand, in eerste instantie zonder overleg met Rijkswaterstaat, door de deelgemeente Hoek van Holland nogmaals uitgevlakt. Daar de steilheid van het strand een structureel probleem is, is mogelijk ook in 2008 het strand uitgevlakt. Hier zijn in de dwarsprofielen echter geen aanwijzingen voor te vinden.

Beach cusps
De effecten van het uitvlakken op de kleinschalige morfologie, het ontstaan van een berm en het verdwijnen van 'beach cusps' zijn door de lange periode tussen aanleg van de suppletie en de eerste hoogtemeting niet vast te stellen. Beach cusps' ontstaan over het algemeen op relatief smalle en steile stranden, welke zijn samengesteld uit grof zand, en met beperkt langstransport en een smalle brandingszone. De vorming en het verdwijnen van 'beach cusps' wordt gestuurd door o.a. de hoogte en invalshoek van de golven. De levensduur kan daardoor variëren van enkele uren tot vele dagen. Bovendien zijn 'beach cusps' over het algemeen maar een paar meter breed (2 meter bij kleine golven, tot 50 meter bij grote storm golven). Door deze kleine afmetingen zijn de geobserveerde 'beach cusps' in de hoogtemetingen en jarkus metingen niet te onderscheiden.



Figuur 3.11a en b Dwarsdoorsneden van voor en na de uitvlakking van 18 en 19 juli 2007

4 Conclusies

De uitgevoerde analyse geeft de volgende antwoorden op de vragen van de Waterdienst:

i. Welke invloed hebben de samenstelling van het gebruikte zand, het volume van de suppletie en het ontwerp gehad op het systeem en de ontwikkeling van de suppletie zelf?

→ Eerder zijn op dezelfde locatie ook grotere strandsuppleties van 446 en 410 m^3/m neergelegd. De vorm en de aanleghoogte van deze strandsuppleties waren vergelijkbaar. Deze suppleties waren na vele jaren nog te zien in de profielen. Een dergelijke impact is derhalve ook te verwachten van de strandsuppletie van 2007

→ Na de aanleg van de suppletie is het strand tussen de gemiddeld hoogwater- en gemiddeld laagwaterlijn steiler en smaller geworden, terwijl het strand tussen de duinvoet en gemiddeld hoogwaterlijn breder en flauwer is geworden. Dit resulteerde in een ander strand profiel. Gedurende het jaar na de aanleg van de strandsuppletie vonden weinig structurele veranderingen in deze profielvorm plaats. De golven konden door dit steilere profiel wel dichter en met meer energie de kust naderen.

→ Het grove en hoekige zand heeft een grotere rusthoek, waardoor de steilere helling makkelijker in stand blijft. Of de suppletie bij aanleg al deze hellingshoek had of deze is ontstaan tussen aanleg en de eerste hoogtemeting is niet te achterhalen.

ii. Kan de belangrijkste factor aangewezen worden die tot het ontstaan van de genoemde situatie (zwemverbod) leidde?

→ Nee, dit was een combinatie van factoren. Het grote aan te brengen volume resulteerde in een hoge ontwerphoogte (+4m NAP). Daarbij werd de suppletie aan zeewaartse zijde tot maximaal +5m NAP aangelegd. Hierdoor was de laagwaterlijn vanaf het strand niet goed zichtbaar en had de reddingsbrigade slecht zicht op de recreanten.

→ De korrelgrootteverdeling en hoekigheid van het gebruikte zand en het ontwerp van de strandsuppletie hebben de vorm van het kustprofiel veranderd waardoor golven met meer energie op het profiel klappen. Bovendien loopt hierdoor de bodem bij hoogwater steiler af.

iii. Draagt de suppletie bij aan het kustfundament; vind er volumespreiding plaats?

→ De suppletie is in het kustfundament aangebracht er draagt daarom, per definitie, bij aan het kustfundament.

→ Er vindt volumespreiding plaats; uit de volumebeschouwingen blijkt dat het zand uit de suppletie langzaam verdwijnt, wat impliceert dat het zand over het systeem wordt verspreid. Of deze spreiding in kustdwarse richting plaatsvindt, is niet duidelijk, in dat geval zouden de verschillende deelgebieden achtereenvolgens dezelfde patronen (volume toename c.q. afname) moeten laten zien. De periode waarover de analyse is uitgevoerd is echter beperkt (20 maanden), waardoor dergelijke patronen nog niet zichtbaar zijn.

iv. Verplaatst het zand van de suppletie zich noordwaarts, waardoor het ten goede komt aan de raaien met overschrijding?

→ Zand wordt op het droge strand door de wind ook in noordwaarts richting verplaatst. Deze verplaatsing is in de beschouwde periode beperkt. De transportrichting van grover zand en grind is niet met zekerheid vast te stellen. Ook hiervoor was de geanalyseerde periode te kort.

v. Hoe ontwikkelt de strandbreedte zich?

→ Door aanleg van de suppletie is het strand tussen de gemiddeld hoogwater- en gemiddeld laagwaterlijn smaller geworden, terwijl het strand tussen de duinvoet en gemiddeld hoogwaterlijn breder is geworden. De totale breedte, tussen de duinvoet (+5.25m NAP) en de gemiddeld laagwaterlijn is door de aanleg weinig tot niets veranderd. Er vinden na de aanleg wel fluctuaties in de strandbreedte plaats. Zo is, circa een jaar na aanleg, het strand tussen de duinvoet en het extra ijkpunt (+3m NAP) iets smaller geworden ten opzichte van de situatie direct na de aanleg. Het strand is echter nog veel breder dan voor de aanleg van de suppletie. Het strand tussen de gemiddeld hoogwater- en gemiddeld laagwaterlijn is iets breder geworden, maar is nog steeds smal ten opzichte van hoe het was voor de aanleg.

vi. Wat is de levensduur van de suppletie?

→ Het volume van de suppletie is na een jaar nog lang niet verdwenen. Uitgaande van een lineaire trend in de erosie van het suppletievolume, zou de suppletie in maart 2012 volledig geërodeerd zijn. Kijkend naar de levensduur van de grote strandsuppleties in 1991 en 1993 in dit gebied, is het echter niet te verwachten dat het suppletievolume volledig zal verdwijnen. Het profiel zal zich voornamelijk aanpassen aan de lokale condities zoals o.a. het golfklimaat. Zeewaarts van de strandsuppletie, onder de gemiddeld laagwaterlijn, blijken de volumeveranderingen na een jaar gering te zijn. Het kustprofiel heeft zich hier snel aangepast.

vii. Welk effect heeft het bulldozeren van het strand gehad?

→ Het uitvlakken van het strand in 2007 is niet in de dwarsprofielen terug te vinden. Bovendien zijn ‘beach cusps’ te klein om waar te nemen op jarkus profielen. Daarmee is het ook lastig de effecten van het uitvlakken op de kleinschalige morfologie te verklaren. ‘Beach cusps’ ontstaan over het algemeen wel op relatief smalle en steile stranden, samengesteld uit grof zand, met beperkt langstransport en een smalle brandingszone.

viii. Welk effect hebben hoge waterstanden gehad op uitspoeling en versteiling van het strand?

→ Hoge waterstanden en golven met veel energie vlakken het profiel af. Dit effect is ten noorden van het suppletiegebied niet zichtbaar. De schematische profielen van raai 117.5 en 118.25 zijn, na de stormvloed van 9 november 2007, tussen +3m NAP en de gemiddeld hoogwaterlijn flauwer geworden; ook is in deze zone het zandvolume kleiner geworden.

→ Er werd grind getransporteerd onder invloed van de hoogenergetische omstandigheden tijdens de winter en de stormvloed van 9 november 2007. Na januari 2008 spoelde en waaide onder minder energetische condities juist fijner materiaal in, waardoor het percentage grind afnam.

5 Aanbevelingen

Suppletievolumes

- Gegeven de volumeveranderingen die vastgesteld worden bij een evaluatie, is het van belang de exacte suppletievolumes te weten. Hierbij moet een duidelijk onderscheid gemaakt worden tussen de geplande aan te brengen volume en het werkelijk aangebrachte volume.

Suppletie geometrie

- Er zaten drie maanden tussen de hoogtemeting vóór de uitvoering en na de uitvoering van de suppletie. Hierdoor is de exacte vorm en het volume van de suppletie onzeker. De uitvoerder meet voor en na de aanleg van de suppletie het profiel in. Dergelijke informatie moet bij een volgende evaluatie meegenomen worden.
- Bij de aanleghoogte moet aangegeven worden of dit de maximale hoogte van de suppletie is of de hoogte waarom de suppletie op het oude profiel aansluit.

Suppletiegeschiedenis

- Correcte en gedetailleerde informatie over eerder uitgevoerde suppleties in het studiegebied helpt om de locatiespecifieke morfologische ontwikkelingen beter te begrijpen.
- Ook andere werkzaamheden aan de kust, zoals het aanpassen van het strand met bulldozers of onderhoudssuppleties horen hierbij.

Frequentie metingen

- De extra hoogtemetingen zijn met een hoge frequentie uitgevoerd in een relatief korte periode (zie Tabel 2.1). Tot het uitvoeren van korrelgrootteanalyses en bijbehorende hoogtemetingen werd pas besloten naar aanleiding van het zwemverbod. Het tegelijkertijd uitvoeren van beide metingen was zinvol, doch voor een (morfologische) analyse van de suppletie was een langere periode (bijv. 3 tot 5 jaar) met lagere frequentie wenselijker geweest (3 tot 4 metingen/jaar).

Metadata metingen

- De tijdstippen waarop de bathymetrische opnamen en hoogteopnamen van het strand zijn uitgevoerd zouden bij verstrekking van deze gegevens moeten worden vermeld.
- Indien voor een evaluatie meerdere extra grids worden verstrekt is het zinvol te vermelden welke celgrootte nog betrouwbaar is, gegeven de inwindichtheid van de originele bathymetrische en hoogteopnamen.
- De jarkus metingen zouden gescheiden moeten blijven van de extra hoogtemetingen. Het samenvoegen van beiden ten behoeve van het genereren van een gebiedsdekkend grid, wekt bij berekeningen de indruk dat er in een deel van het gebied morfologisch geen verandering is opgetreden.

6 Literatuur

Alphen, J., Van,1987. De morfologie en histologie van de brandingszone tussen Terheijde en Egmond aan Zee. Rijkswaterstaat, notitie NZN87.28, 22 pp

Bemmelen, C.E., Van, 1988. De korrelgrootte-samenstelling van het strandzand langs de Nederlandse Noordzee-kust. Rijksuniversiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie, Report Geopro 1988-01, Utrecht.

Komar, P.D., 1998. Beach Processes and Sedimentation. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

Langeveld, C.R., 2005. Verdiepte Loswal, fysisch onderzoek naar het gedrag van baggerspecie. MSc thesis, Delft University of Technology, Delft.

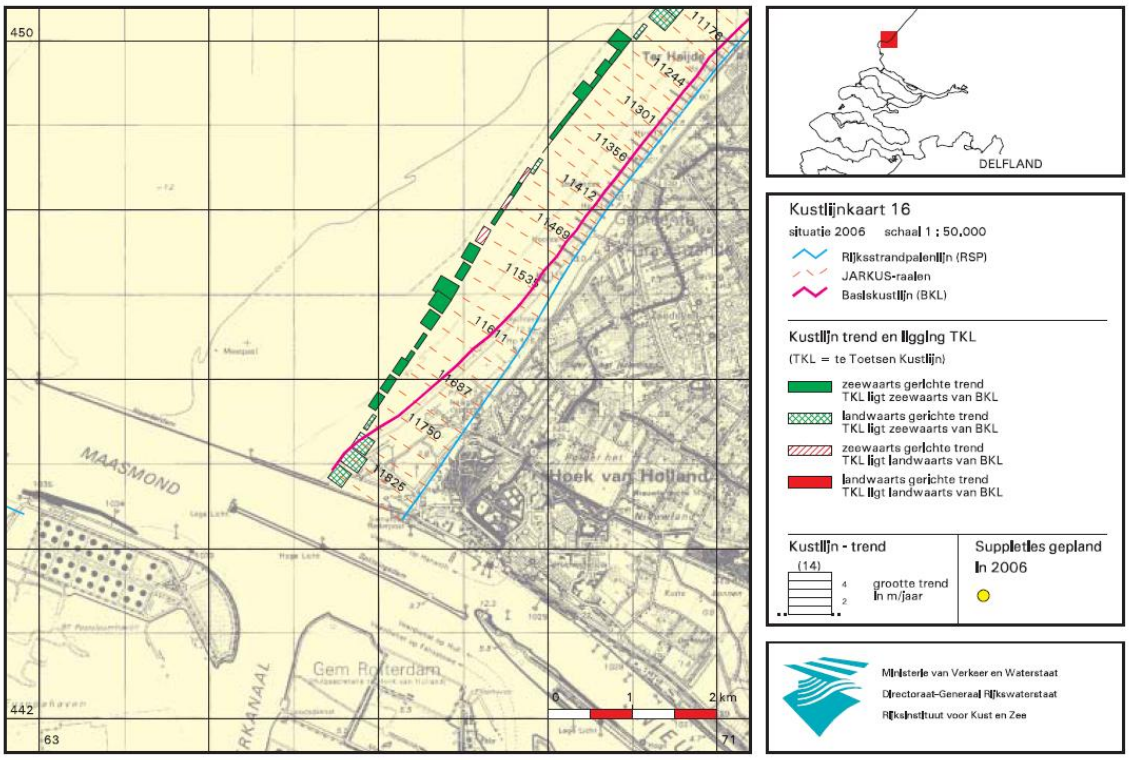
NOURTEC, 1997. Innovative Nourishment Techniques Evaluation, Final Report. National Institute for Coastal and Marine Management, RIKZ, Den Haag.

Rest, P., van der, 2004. Morfodynamica en hydrodynamica van de Hollandse kust, MSc thesis, Delft University of Technology, Delft.

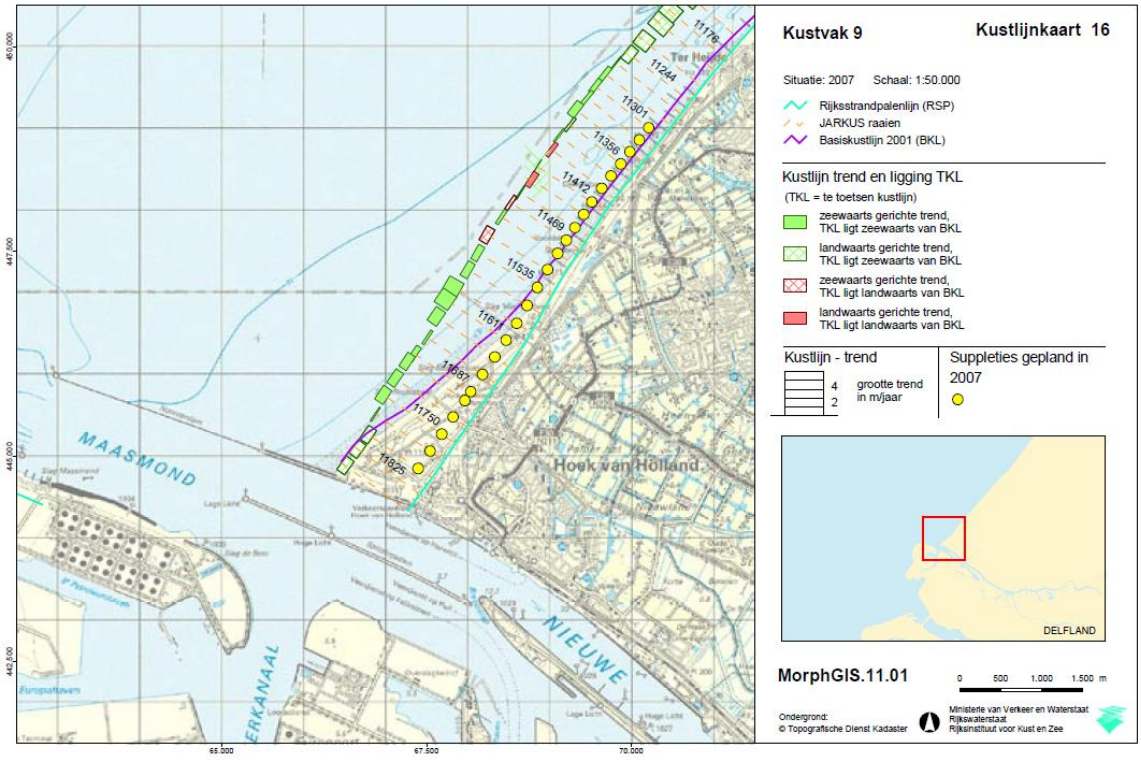
Short, A.D., 1999. Handbook of beach and shoreface morphodynamics. John Wiley and Sons, England, p. 173- 203.

Short, A.D., 1992. Beach systems of the central Netherlands coast: Processes, morphology and structural impacts in a storm driven multi-bar system. Marine Geology Volume 107, Issues 1-2, Pages 103-132.

A Kustlijnkaarten boek 2006

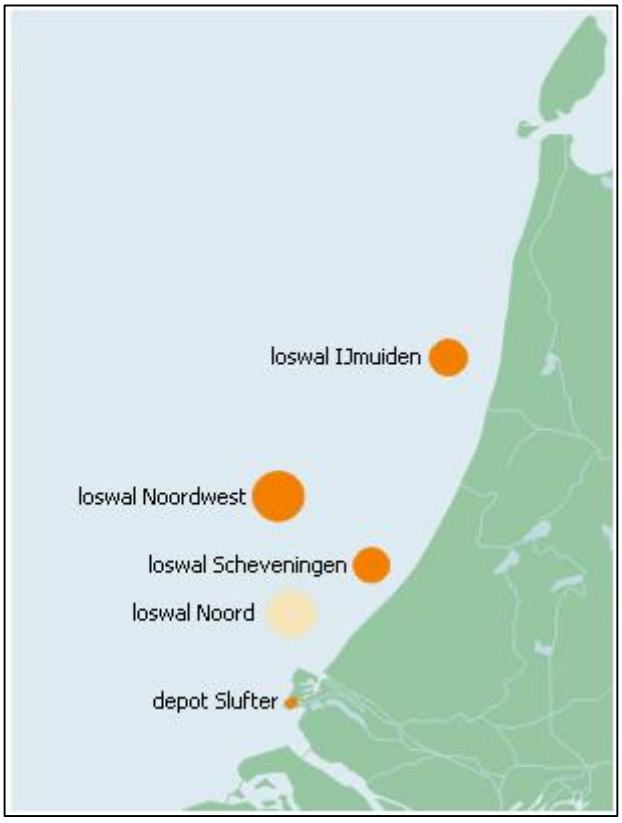


B Kustlijnkaarten boek 2007



C Loswal

Jaarlijks worden vele kubieke meters sediment uit de havens en vaarwegen in de regio Rijnmond opgebaggerd; zogenaamde baggerspecie. Een groot deel hiervan is schoon genoeg om op de Noordzee te mogen worden verspreid. Dit materiaal wordt gedumpt op losplaatsen nabij de havens van Rotterdam/Europoort (loswal Noord-West), Scheveningen en IJmuiden. De Loswal Noord, welke binnen kustfundament gelegen is, werd tot 1996 gebruikt om materiaal te storten. Ze werd hierna vervangen door de loswal Noord-West

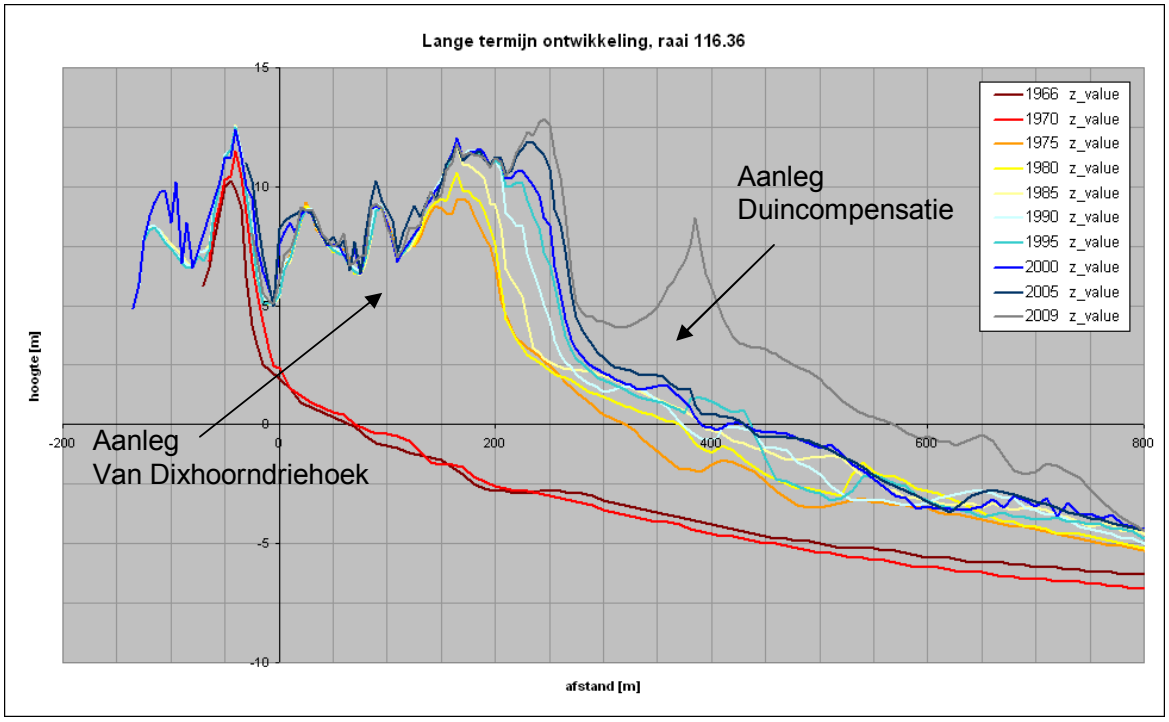


D Analyse van de korrelgroottemonsters

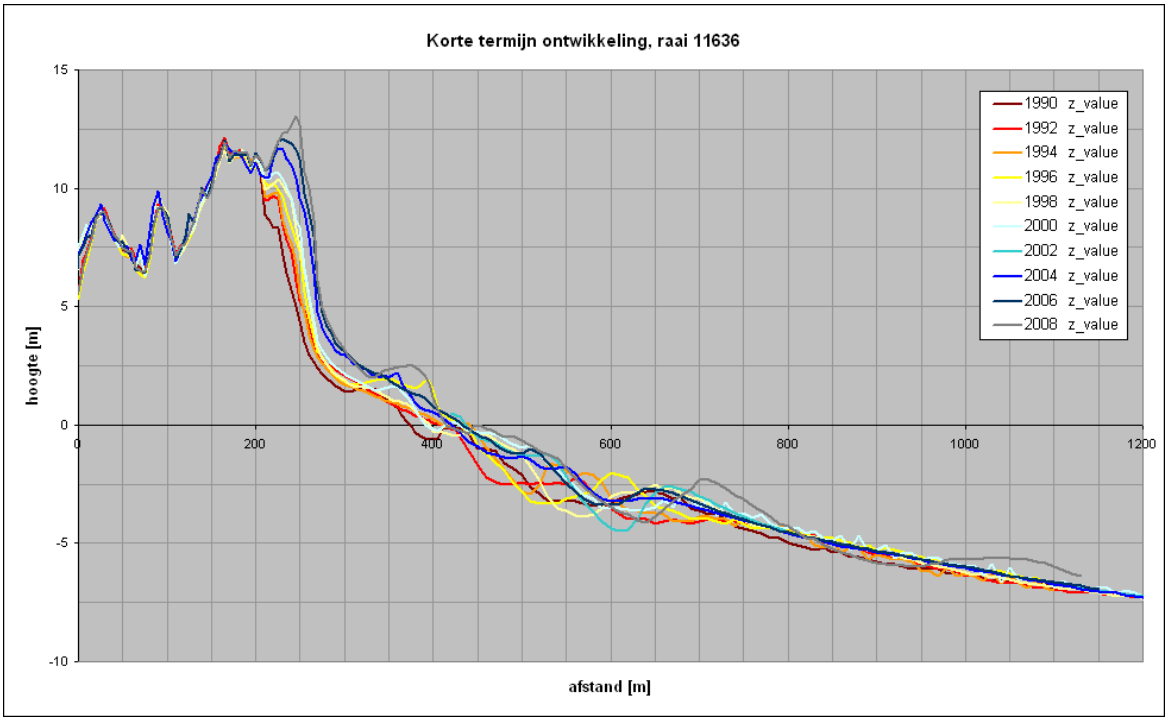
De analysemonsters zijn achtereenvolgens:

1. voorbehandeld met waterstofperoxide en zoutzuur om achtereenvolgens humus en kalk op te lossen. Na iedere behandeling is het monster gewogen en het gewichtsverlies vergeleken met het startgewicht om de fractie te bepalen.
2. de minerale fractie <16 µm is bepaald door sedimentatie en pipetteren.
3. de minerale fractie > 2000 µm is bepaald door het zeven van het monster door een zeef met een maaswijdte van 2000 µm. Wat achterblijft, is gewogen en wederom vergeleken met het startgewicht.
4. Het overgebleven deel van het monster, het minerale deel van 16 – 2000 µm, is vervolgens geanalyseerd met behulp van de Malvern Mastersizer. De Malvern maakt gebruik van laserdiffractie, en meet het verstrooiingspatroon verkregen door het beschijnen van deeltjes met een laserstraal. Dit patroon bevat informatie over deeltjesgrootte en de korrelgrootteverdeling. Daaruit zijn de percentielen (D10 t/m D90) en de fractie van het monster in een tweetal exacte korrelgrootte klassen bepaald (16-53 en 16-63 µm).

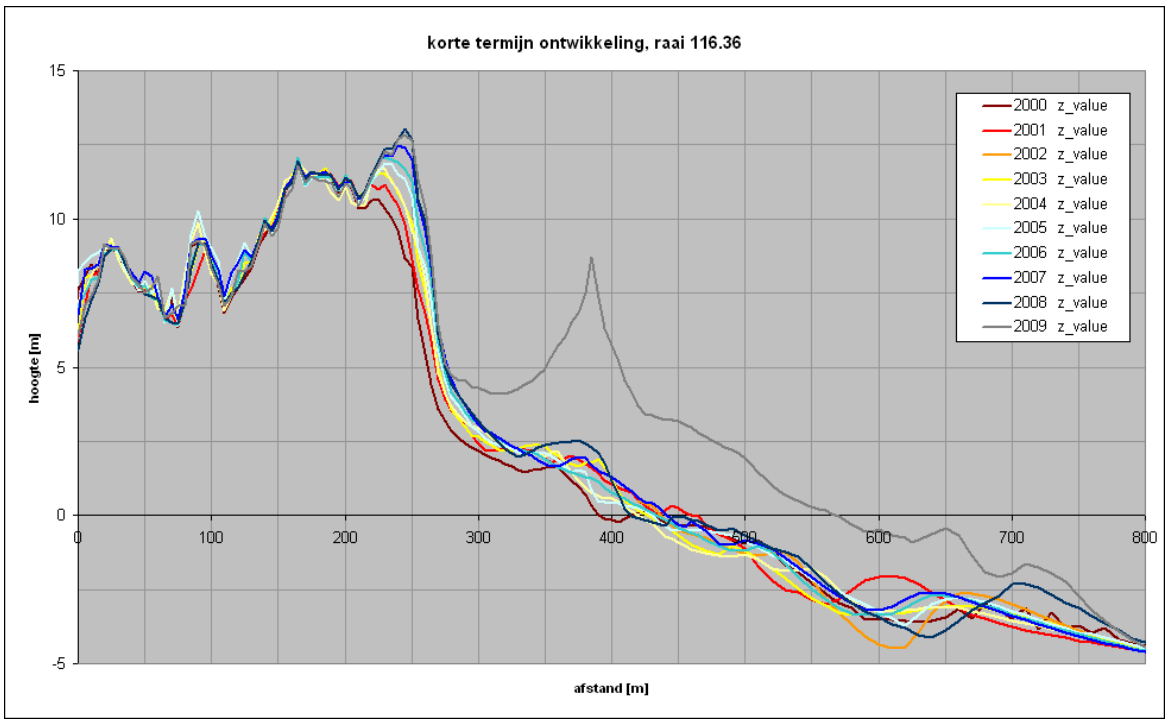
E Extra figuren



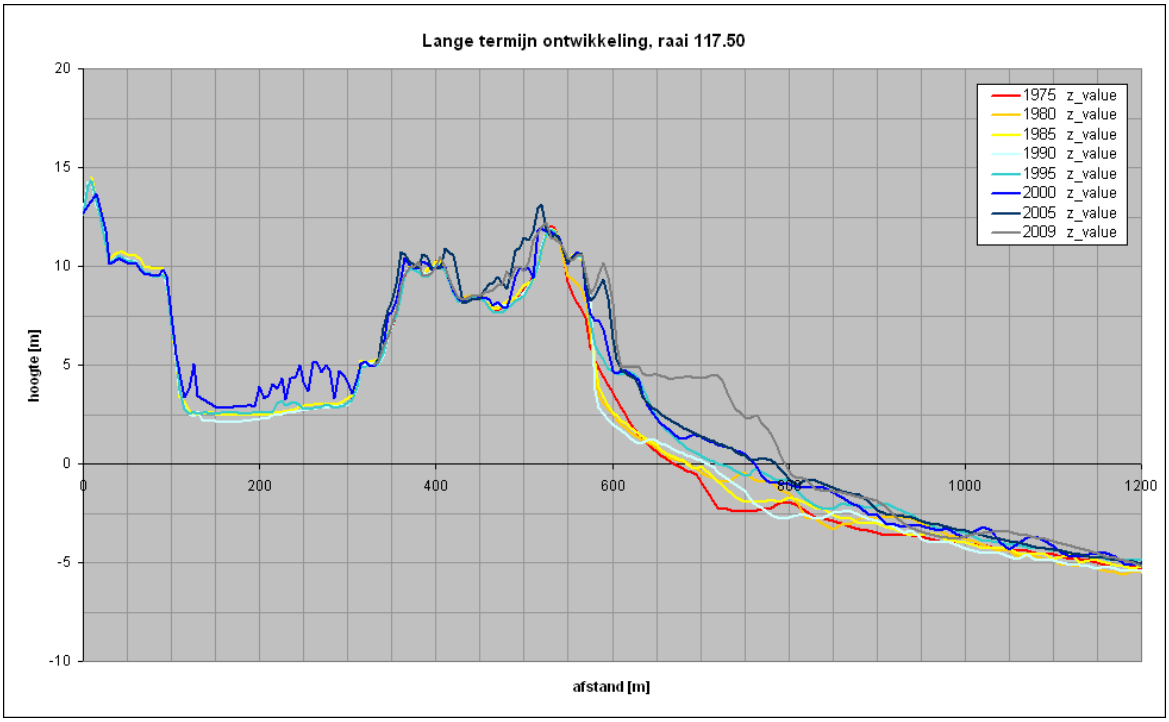
Figuur 12a: jarkus dwarsprofielen raai 116.36, 1966 – 2009, iedere 5 jaar



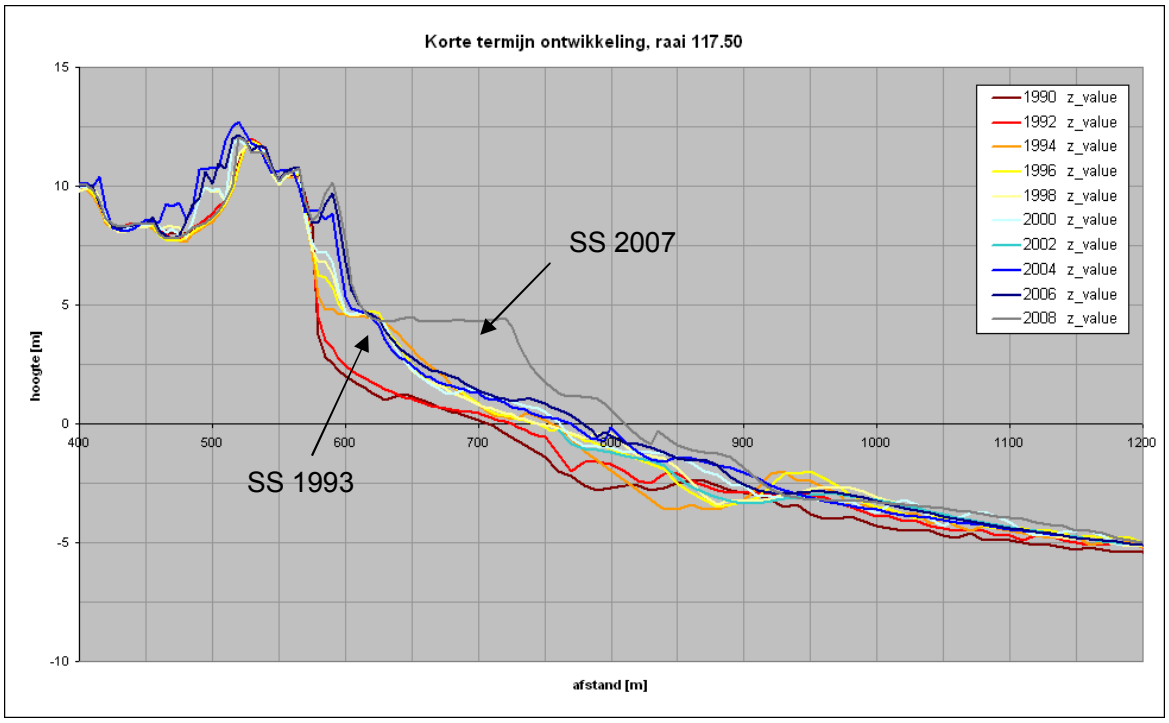
Figuur 12b: jarkus dwarsprofielen raai 116.36, 1990 – 2008, iedere 2 jaar



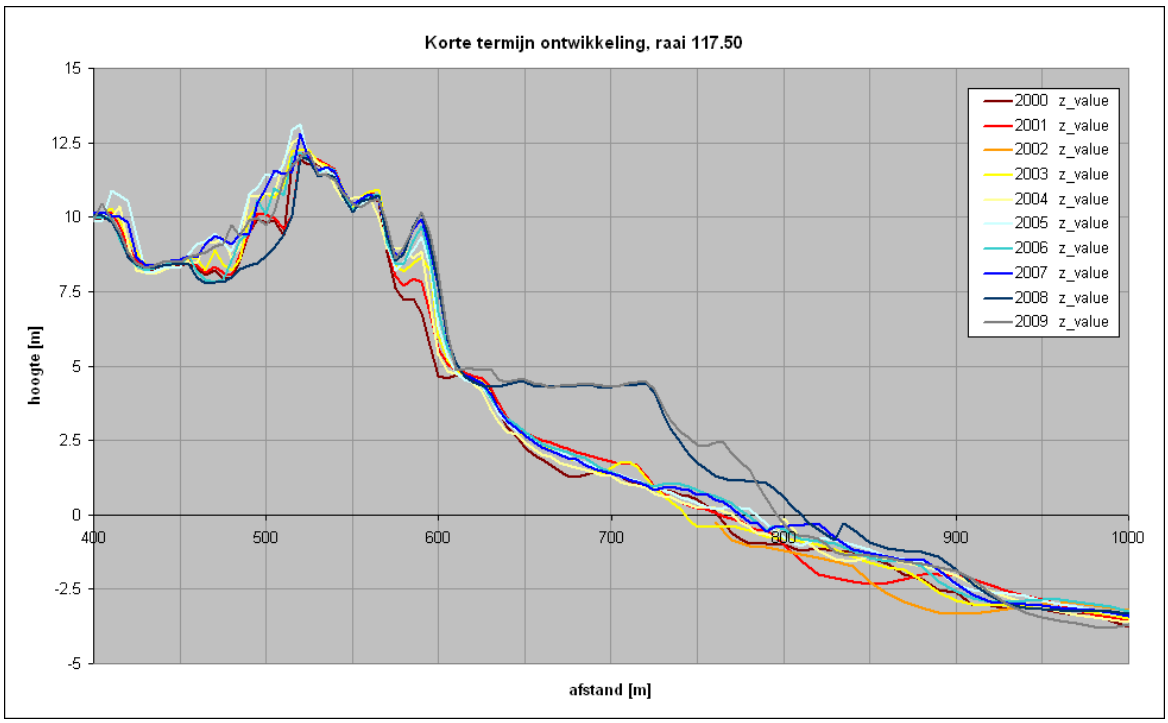
Figuur 12c: jarkus dwarsprofielen raai 116.36, 2000 – 2009, ieder jaar



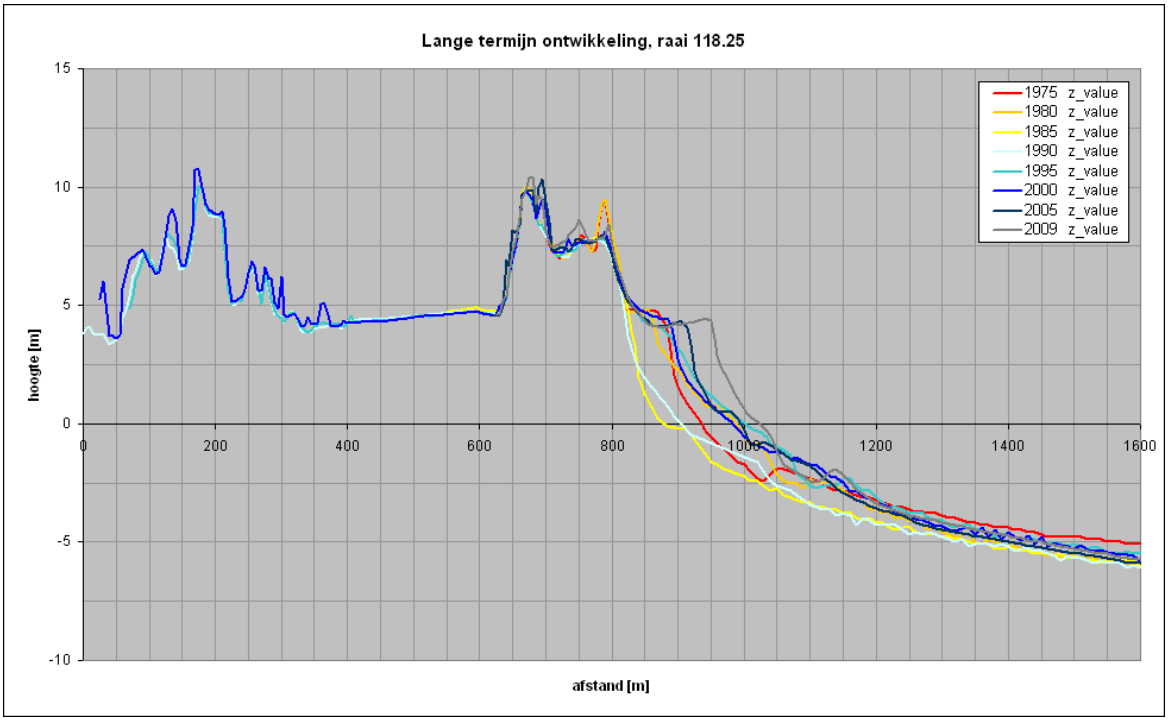
Figuur 13a: jarkus dwarsprofielen raai 117.50, 1966 – 2009, iedere 5 jaar



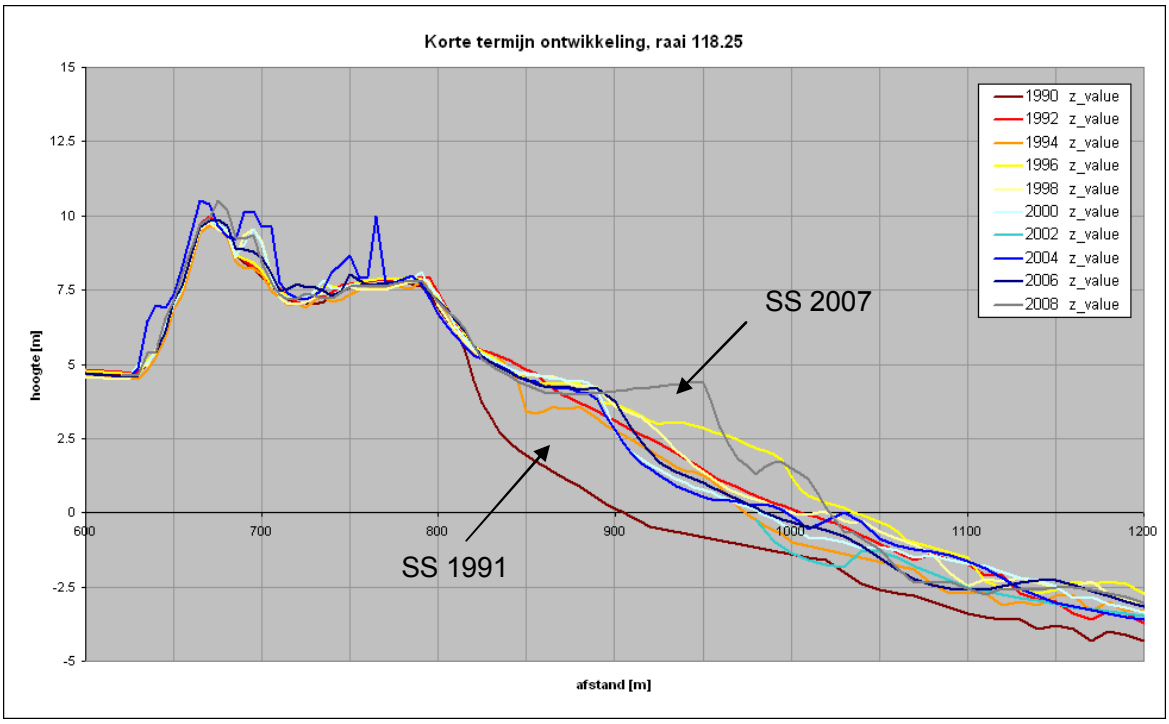
Figuur 13b: jarkus dwarsprofielen raai 117.50, 1990 – 2008, iedere 2 jaar



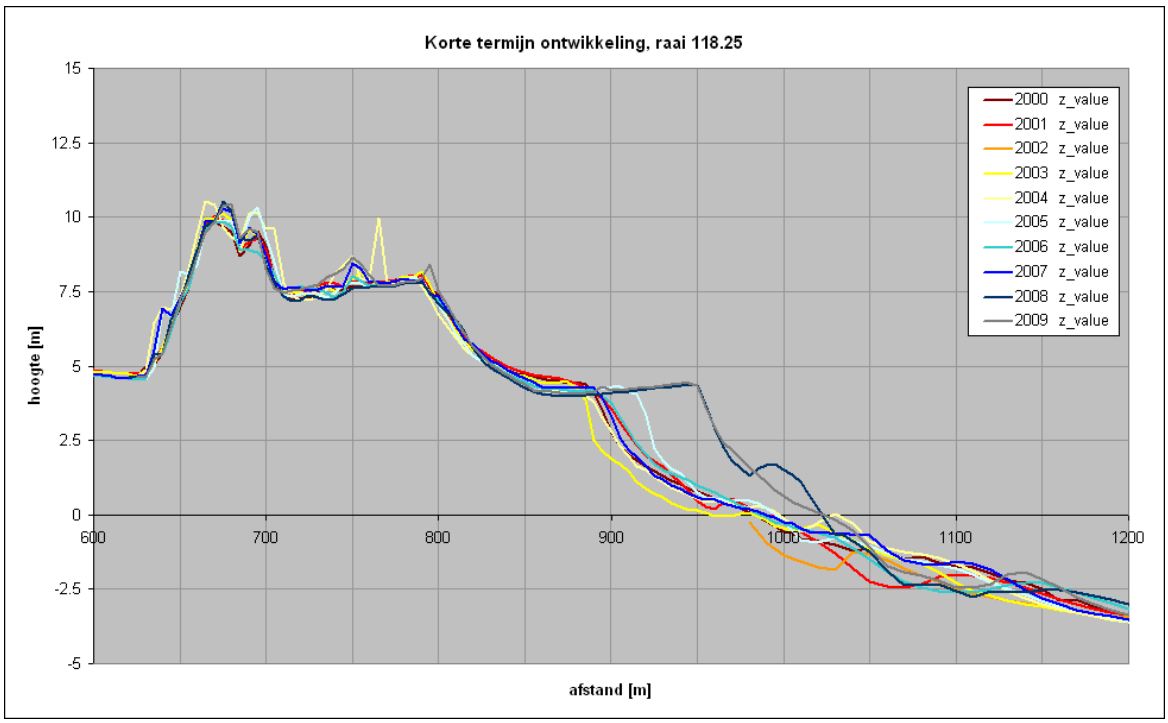
Figuur 13c: jarkus dwarsprofielen raai 117.50, 2000 – 2009, ieder jaar



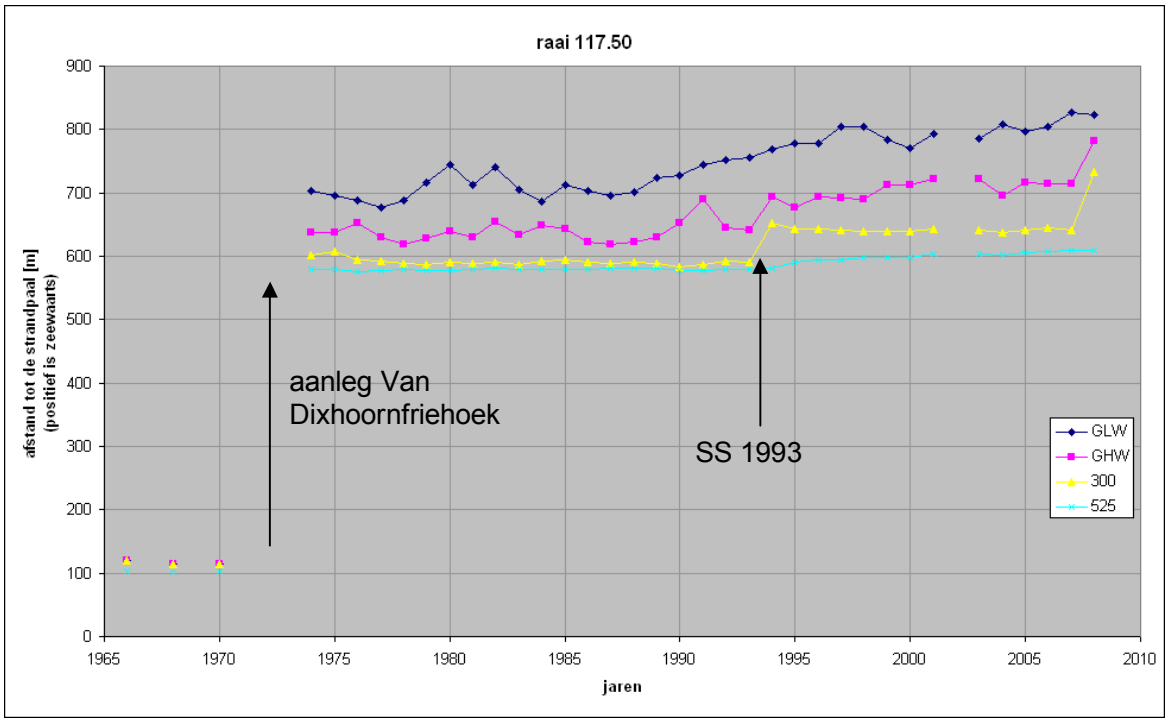
Figuur 14a: jarkus dwarsprofielen raai 118.25, 1966 – 2009, iedere 5 jaar



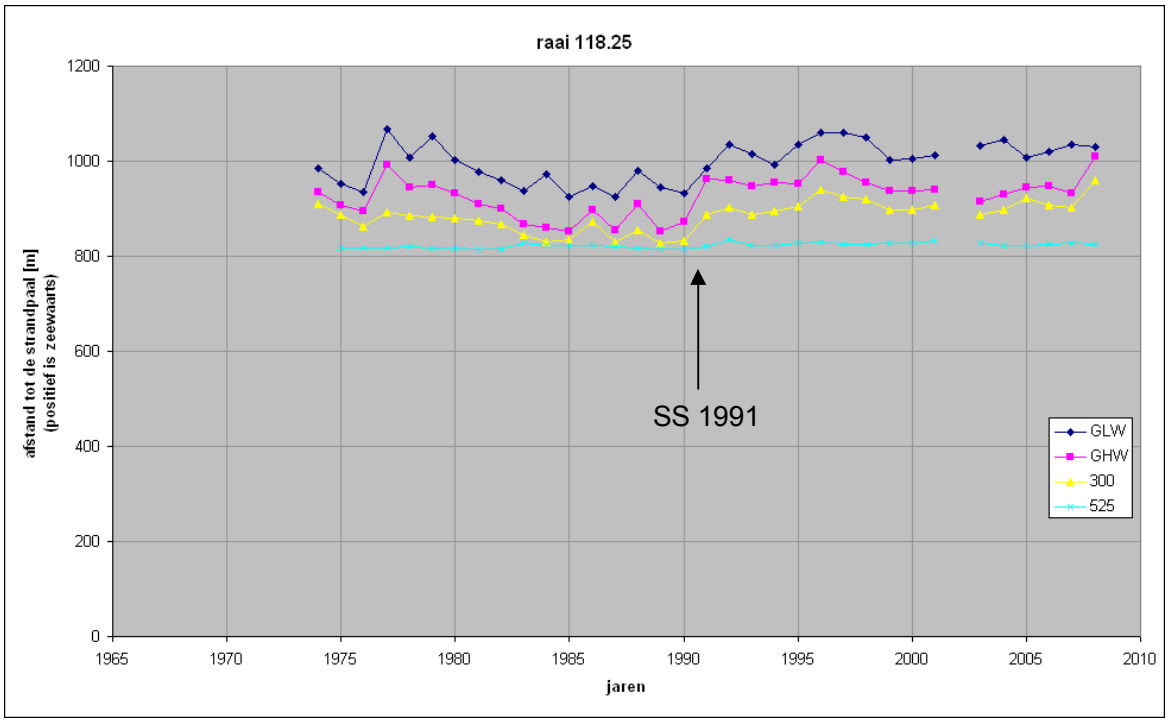
Figuur 14b: jarkus dwarsprofielen raai 118.25, 1990 – 2008, iedere 2 jaar



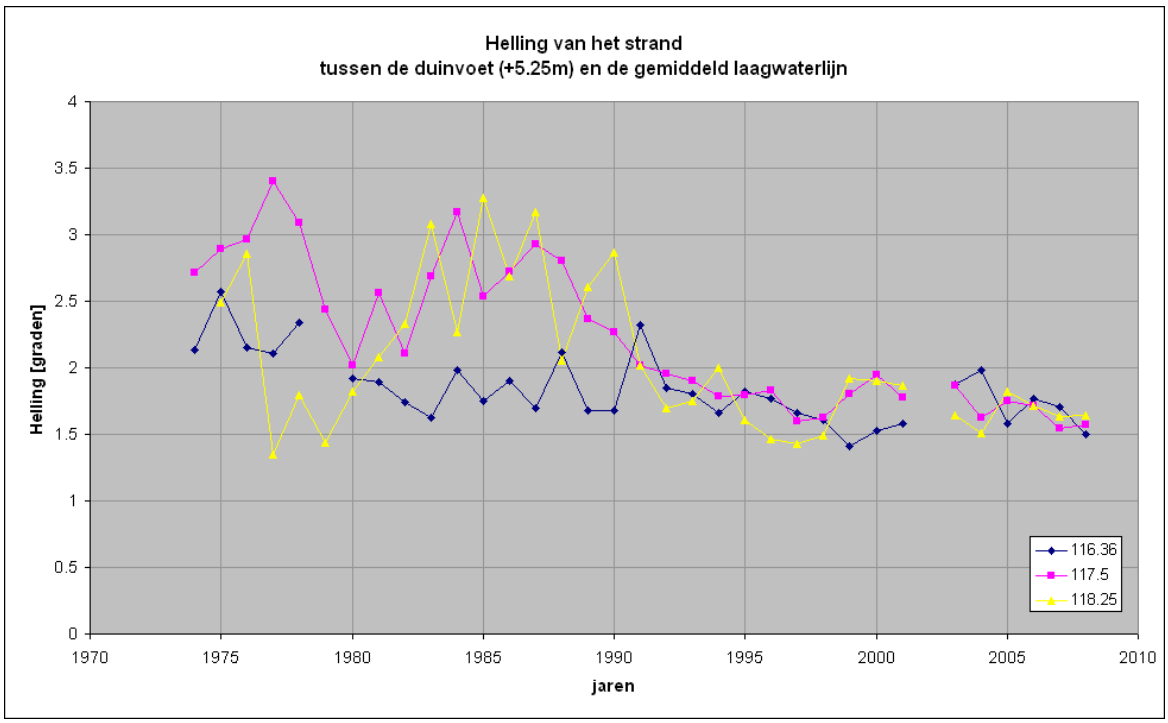
Figuur 14c: jarkus dwarsprofielen raai 118.25, 2000 – 2009, ieder jaar



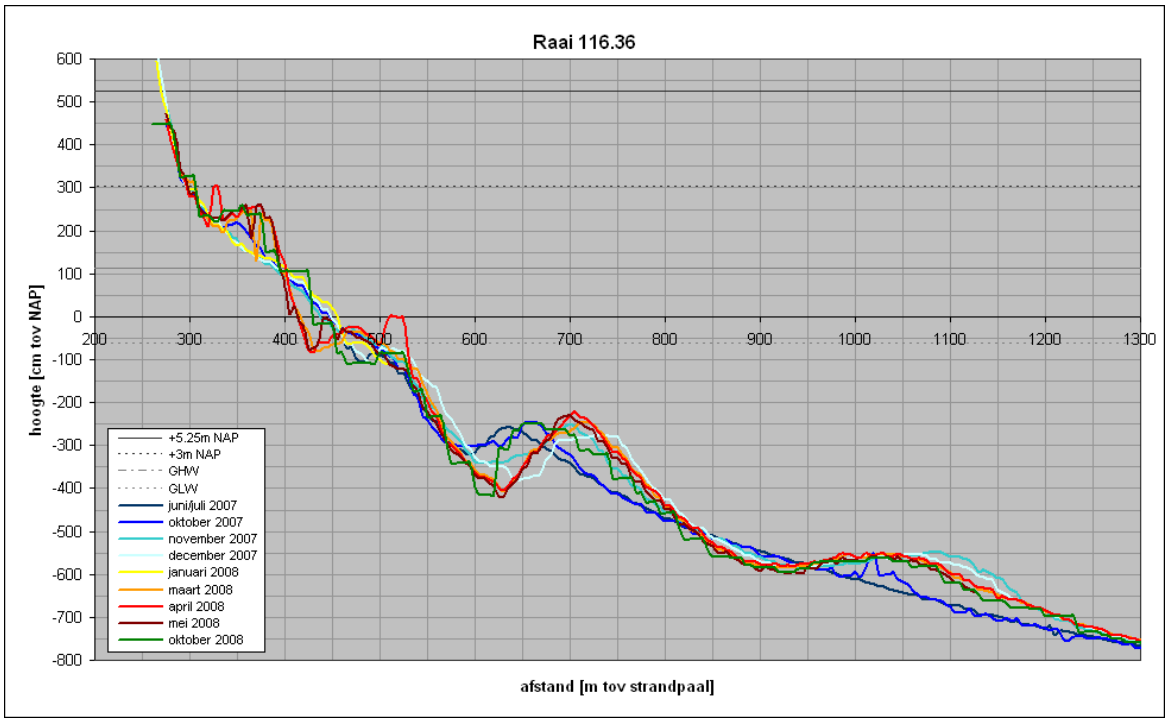
Figuur 16: jarkus ijkpunten raai 117.50, 1965 – 2008



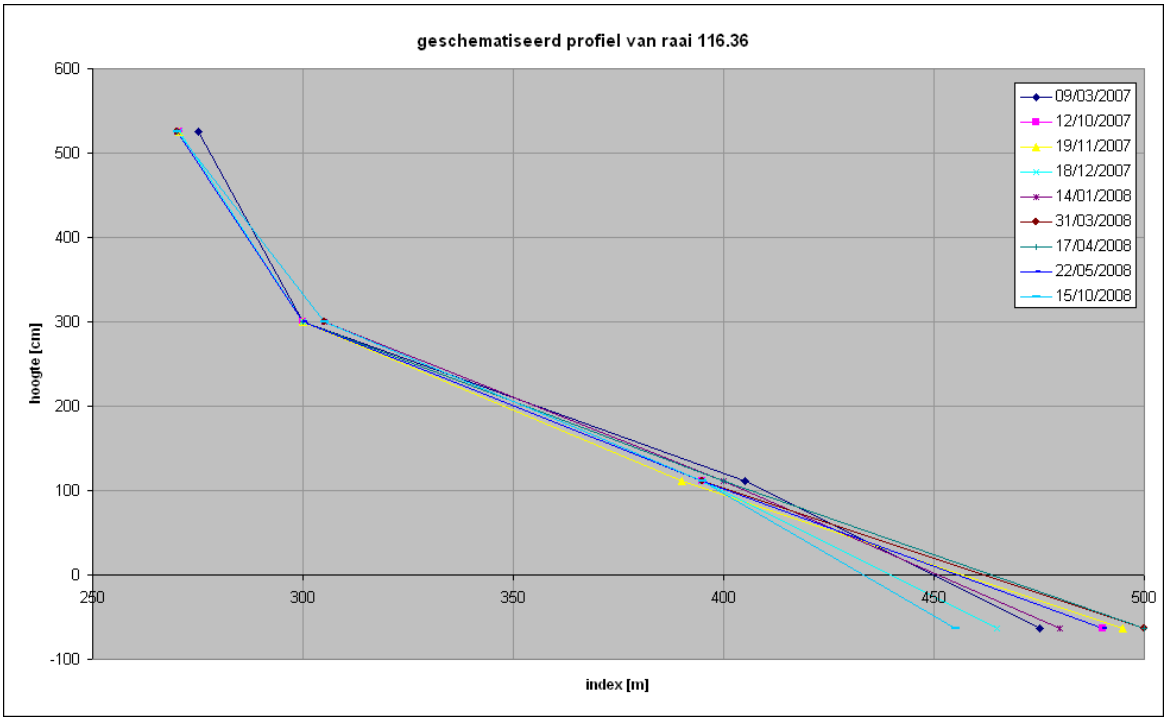
Figuur 17: jarkus ijkpunten raai 118.25, 1965 – 2008



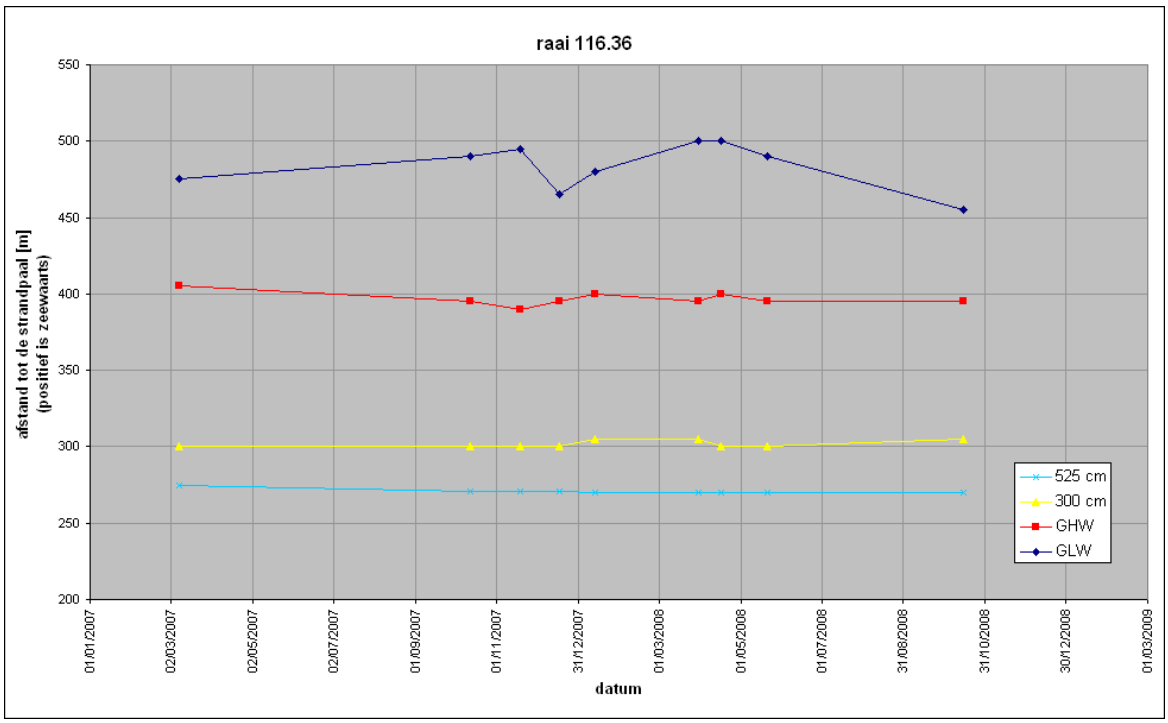
Figuur 18b: strandhelling tussen de duinvoet (+5.25m NAP) en de gemiddeld laagwaterlijn, raaien 116.36, 117.5 en 118.25, 1974 – 2008



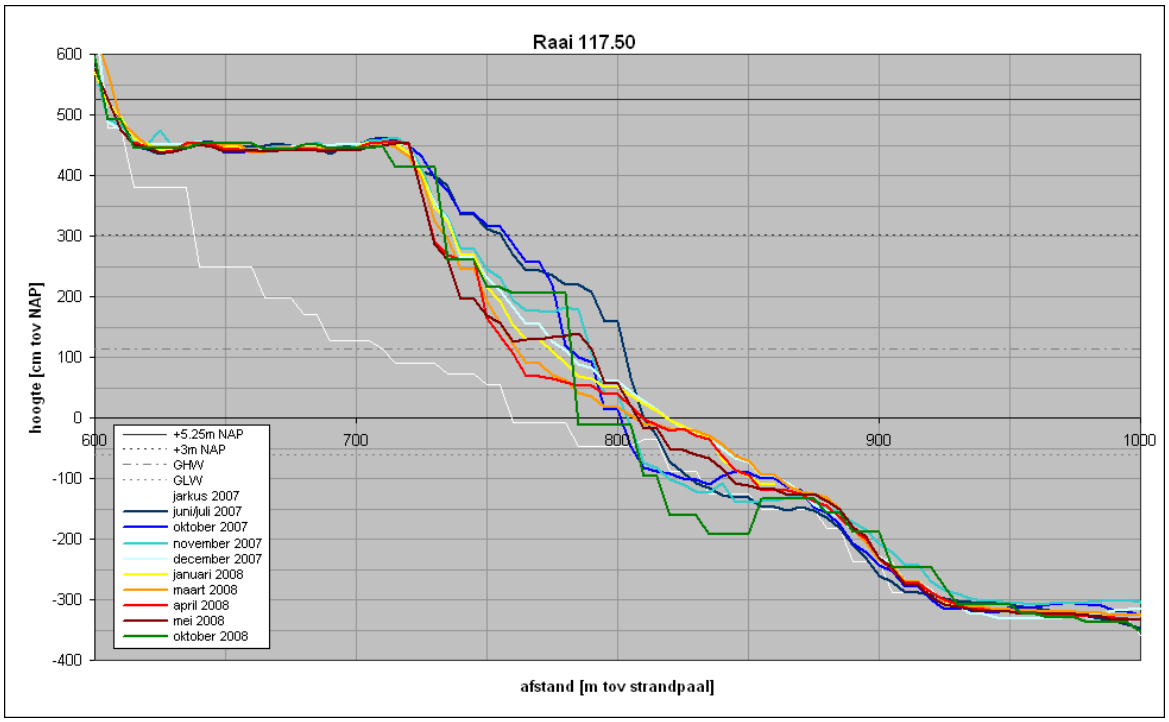
Figuur 19a: dwarsprofielen extra metingen raai 116.36



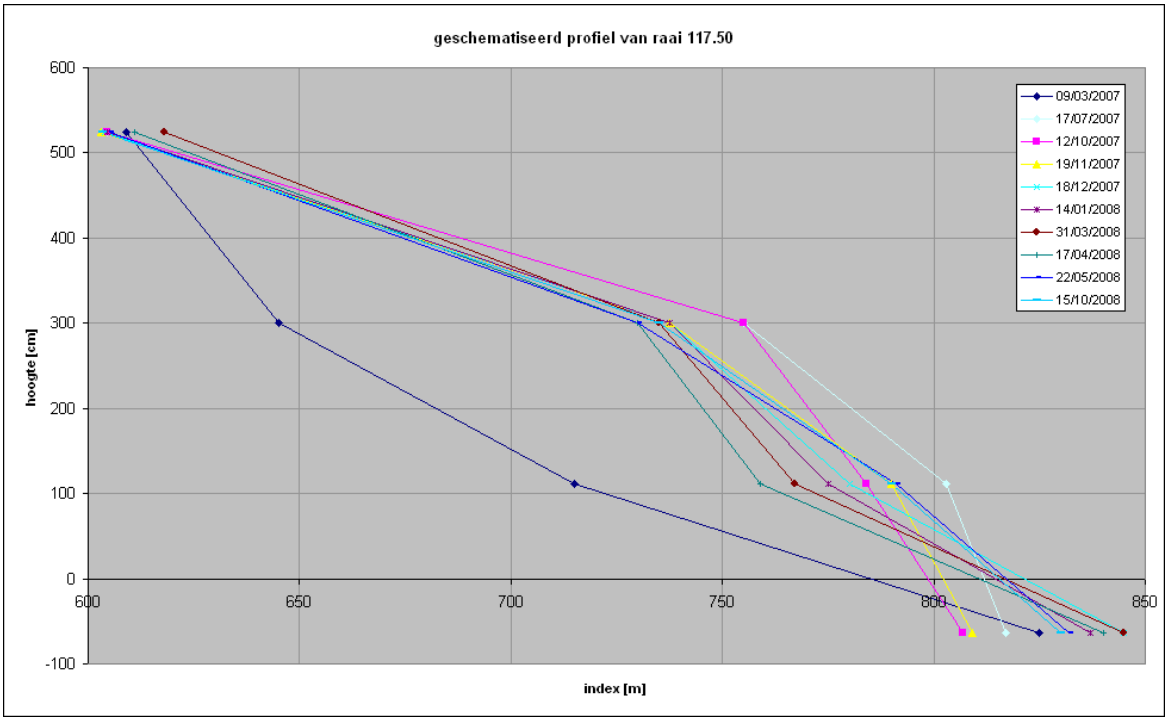
Figuur 19b: geschematiseerd profiel aan de hand van ijkpunten van raai 116.36 (extra metingen)



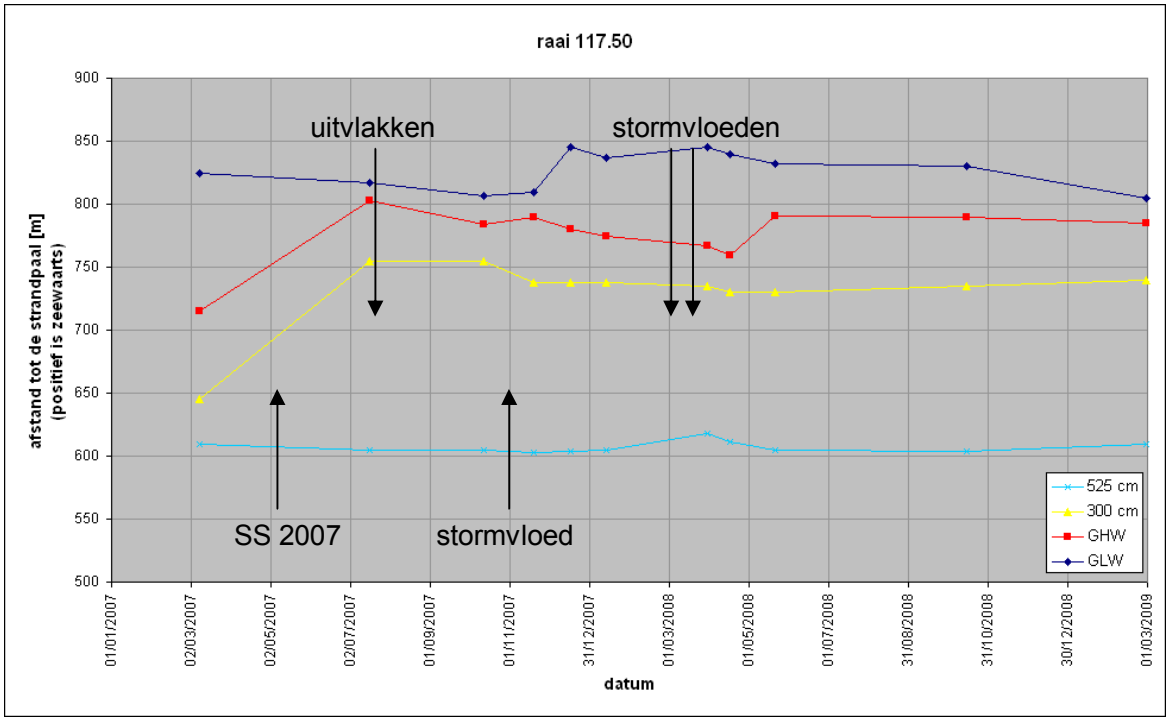
Figuur 19c: ijkpunten extra metingen raai 116.36



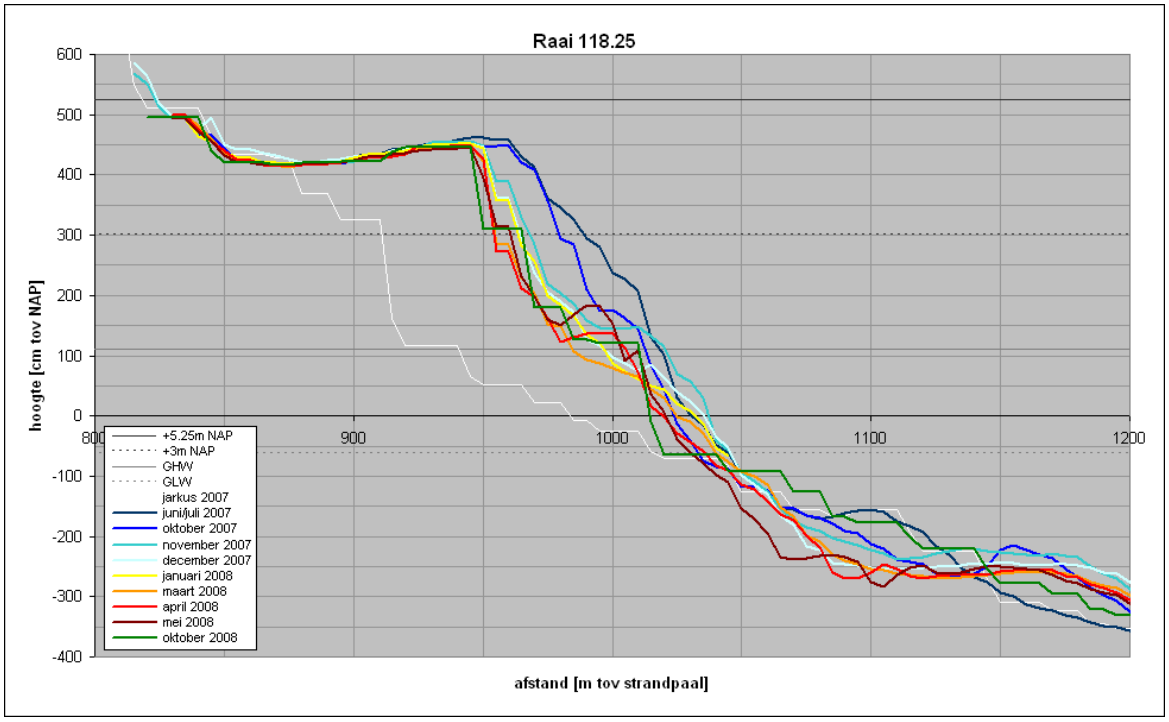
Figuur 20a: dwarsprofielen extra metingen raai 117.50



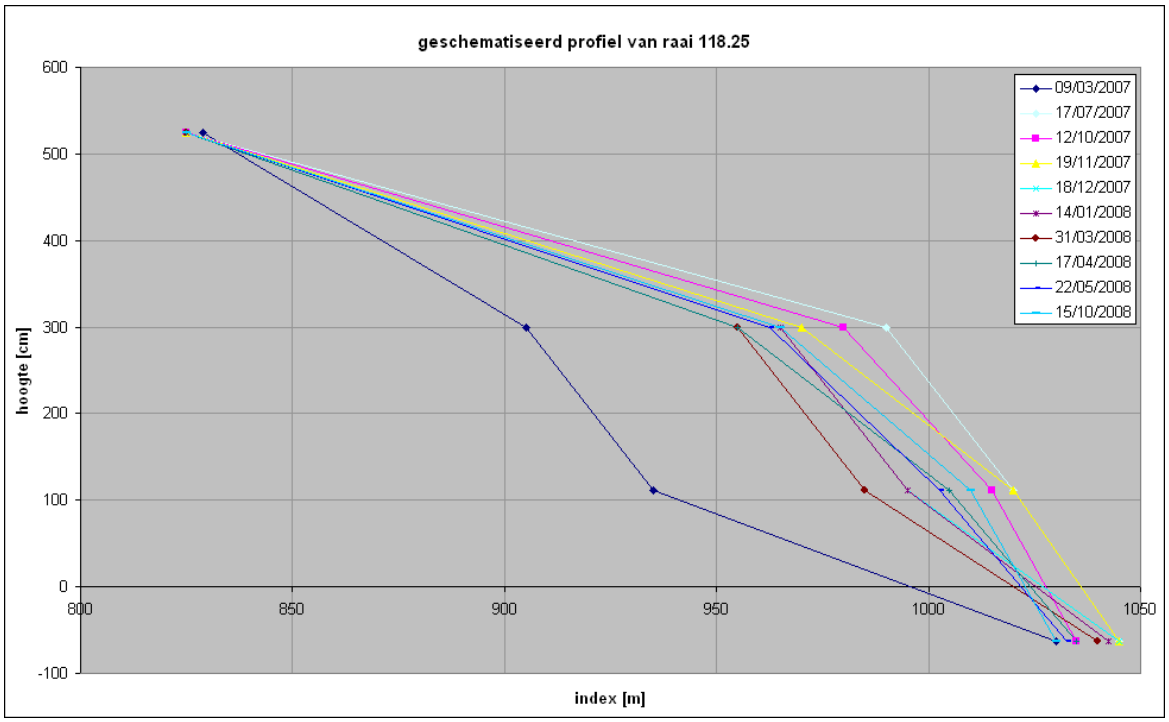
Figuur 20b: geschematiseerd profiel aan de hand van ijkpunten van raai 117.50, (extra metingen)



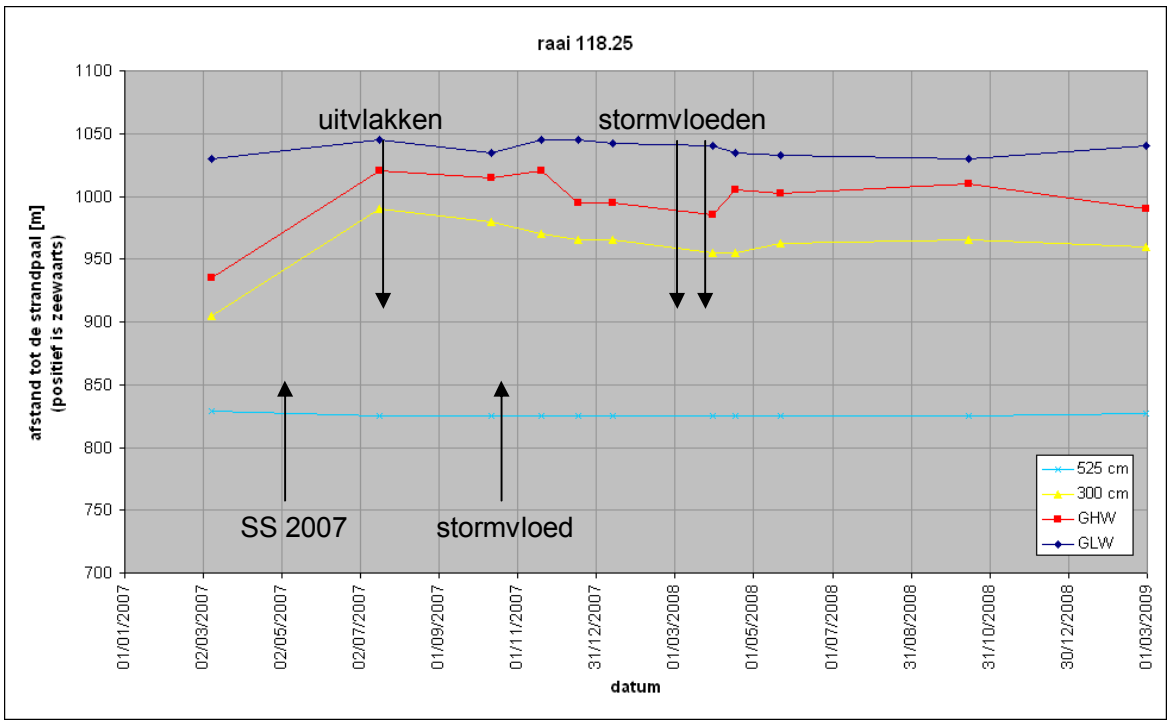
Figuur 20c: ijkpunten extra metingen raai 117.50



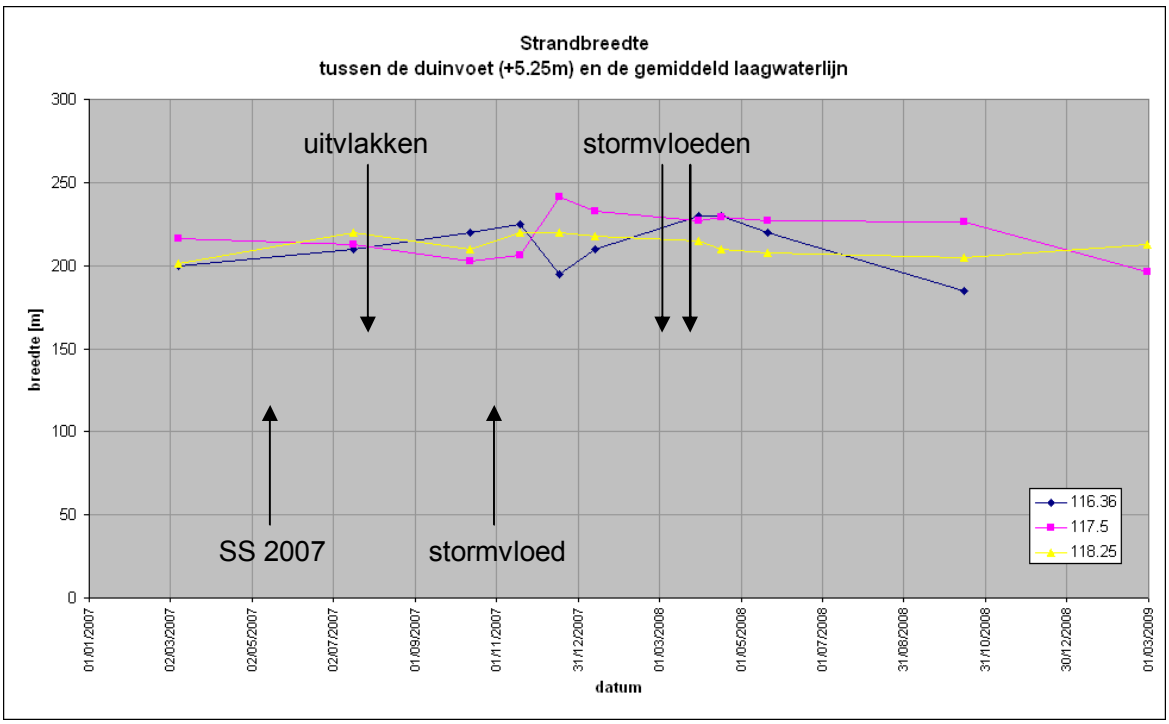
Figuur 21a: dwarsprofielen extra metingen raai 118.25



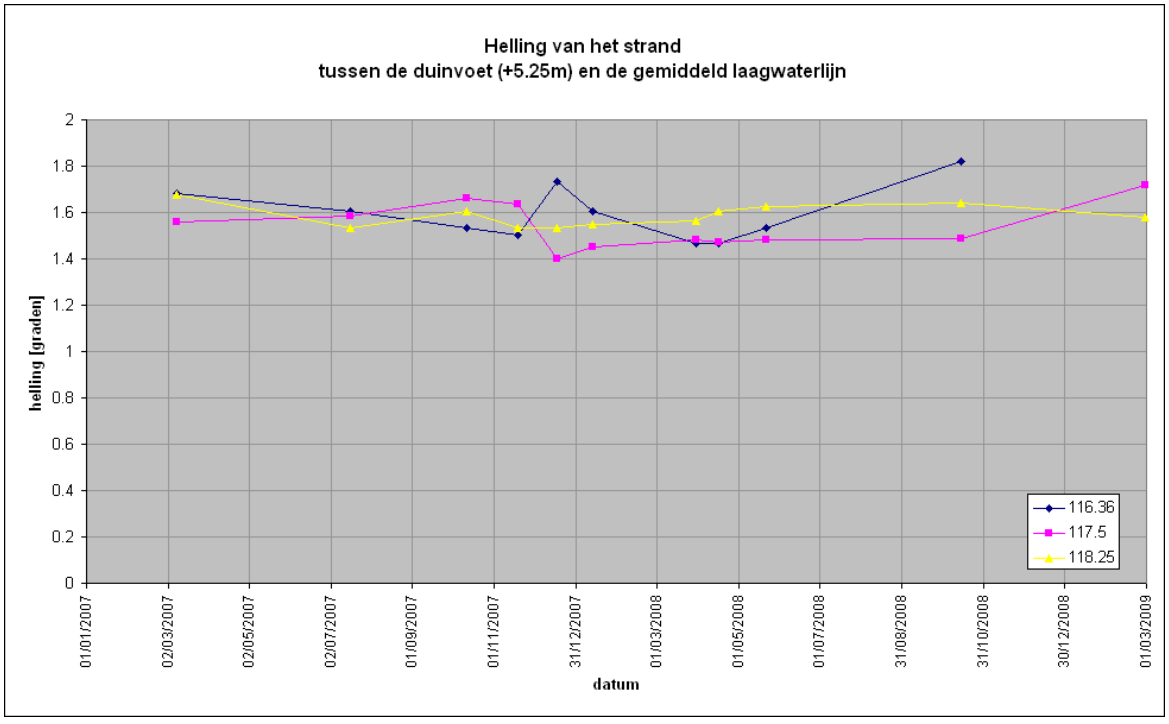
Figuur 21b: geschematiseerd profiel aan de hand van ijkpunten van raai 118.25, (extra metingen)



Figuur 21c: ijkpunten extra metingen raai 118.25



Figuur 22a: strandbreedte tussen de duinvoet (+5.25m NAP) en de gemiddeld laagwaterlijn, raaien 116.36, 117.5 en 118.25, extra metingen



Figuur 22b: strandhelling tussen de duinvoet (+5.25m NAP) en de gemiddeld laagwaterlijn, raaien 116.36, 117.5 en 118.25, extra metingen

F Foto's van Rijkswaterstaat, Directie Zuid-Holland

G Memo van bezoek Hoek van Holland, RIKZ

Memo

Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Rijkswaterstaat

Aan
-

Van
Quirijn Lodder
Datum
5 september 2007
Onderwerp
Verslag Bezoek Strandsuppletie Hoek van Holland

Doorkiesnummer
4229
Bijlage(n)
-

Inleiding
In mei 2007 is over een lengte van 1.5 kilometer ten noorden van de havendam van Hoek van Holland een strandsuppletie uitgevoerd. De suppletie had een volume van 750.000 m^3 of wel 500 m^3/m. De hoeveelheid gesuppleerde kuubs zand per strekkende meter is erg hoog voor een strandsuppletie (100-300 m^3/m is normaal). Door de suppletie is het strand 75 meter breder geworden. Het strand is uitzonderlijk hoog aangelegd, 4.5 meter als hoogste punt lokaal tot +5 meter NAP. De suppletie is uitgevoerd van 18 april tot 2 mei 2007.
In Juli beoordeelde de provincie het gebied als te onveilig om te zwemmen. Oorzaken hiervoor waren:

- bij hoogwater wordt het water snel diep als gevolg van een steil zeewaarts talud.
- de golfenergie wordt op een kleiner stuk strand "opgevangen" wat resulteert in grotere golfklappen en sterkere terugstroming;
- het grove matig gesorteerde zand is (nog) niet gecompacteerd (geconsolideerd?) waardoor het minder houvast geeft aan de zwemmer;

Als gevolg van het door de provincie ingesteld zwemverbod (13 juli) is van 18 tot en met 30 juli in het gebied met 2 grote (D8) bulldozers gewerkt om het intergetijdestrand te verflauwen. Hierbij is gewerkt van af de badweg naar het noorden en het zuiden. (tussen ongeveer raai RDI0117.000 en RDI0118.000). Het meeste is gebulldozerd nabij de badweg. Hierdoor is in het gebulldozerde gebied het strand inmiddels voldoende veilig om zwemmen weer toe te staan.

De grote vraag nu hoe het strand zich de komende maanden zal gedragen en of de situatie met een steil zeewaarts talud zich (snel) hersteld.

RWS Rijksinstituut voor Kust en Zee Den Haag
Postadres Postbus 20907, 2500 EX Den Haag
Bezoekadres Kortenaerkade 1

Telefoon +31(0)70 3114311
Fax +31(0)70 3114 321
E-mail Quirijn.Lodder@rws.nl

Bereikbaar met lijnen 24, 10 en 22 vanaf station CS, lijnen 1 en 10 vanaf station HS (halte Maurikskade)

Monitoring
In september zal gestart worden met een monitoringsprogramma waarin profielen worden gemeten en korrelgrootte monsters worden genomen. Naast dit monitoringsprogramma zijn verschillende medewerkers was RWS RIKZ op verschillende momenten na de suppletie en het bulldozerwerk ter plaatste wezen kijken. Op 4 september ik wezen kijken. In de onderstaande paragrafen zijn mijn observaties weergegeven.

Bezoek 4 september 2007
Tijdens het bezoek van 4 september is het strand bekeken op de overgang tussen het gebulldozerde stuk en het niet aangepaste stuk strand. Observaties zijn:

- Door de wind wordt het fijnere zand uit het suppletiezand geblazen in de richting van de duinen. Aan de oppervlakte blijft het grind achter en vormt zicht een grindlaagje. Op het strand vind veel zandtransport door de wind plaats. Getuigen hiervan zijn de uitgegraven duinpaadjes en de duintje die voor de strandtenten zijn gevormd. Figuur 1 laat het verschil in korrelgrootte zien tussen het oppervlak en het dieper gelegen (10 cm) zand zien.
- In of op het gebulldozerde deel van het strand is een berm ontstaan. De hellingshoek van de swashzone wordt geschat op 1 op 9. Dat is relatief steil voor Nederlandse stranden. Het zand van de berm is uniform van sortering en bevat geen grind, wat aangeeft dat het grind ergens anders (branding?) is achtergebleven. Een foto van de berm is gegeven in figuur 2. In figuur 3 is een foto gegeven van het zand van de berm.
- In het niet gebulldozerde deel van het strand is geen berm ontstaan. De hellingshoek van de swashzone wordt geschat op 1 op 5. Een foto van dit deel van de swash zone is gegeven in figuur 4.
- In de swashzone (zowel niet als wel gebulldozerd) is sprake van lichte "fining upwarts". Het toplaagje (1 cm) van het zand is fijner dan het onderliggende zand. Deze korrelgrootte verdeling weerspiegelt de hydraulische condities van het laatste etmaal. Het is waarschijnlijk niet correct om hier andere conclusies uit te trekken.
- In juni 2007 waren er zogeheten beach cups aanwezig aan de rand van de swashzone. Deze beach cups waren in het gebulldozerde deel volledig verdwenen. In het niet gebulldozerde deel waren ze nog wel aanwezig maar minder geprononceerd.
- Voor zwemmers en recreanten is het gebulldozerde stuk van het strand aantrekkelijker en waarschijnlijk ook veiliger. Het bulldozeren heeft een positief effect gehad.

Verwachte ontwikkelingen
Mijn verwachting is dat het strand van Hoek van Holland in de loop der tijd zal vergrinden, op het strand door de wind en in de brandingszone door golfwerking. De berm zal altijd weinig grind bevatten omdat de golven het grind niet zo hoog op het profiel brengen. Ik verwacht dat de swashzone steiler blijft dan gebruikelijk langs de Nederlandse Kust. Tot slot verwacht ik dat het strand met één keer per jaar bulldozeren

te onderhouden is en dus open kan blijven voor zwemmers en recreanten. Of mijn laatste veronderstelling juist is zal moeten blijken uit de monitoring.

Figuur 1, het zand aan de oppervlakte en het zand van circa 10 cm diep. Het oppervlakte zand is duidelijk grover.

Figuur 2, de nieuw ontstane berm in het gebulldozerde deel van het strand. Landwaarts van de berm ligt een kleine zwin.

Figuur 3, zand van de berm oppervlakte en zand van 5 tot 10 cm diep.

Figuur 4, Swashzone van het niet gebulldozerde deel van het strand. Er is geen berm aanwezig.