

Opdrachtgever:

Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ)

Definities en kwantificering van 'Coastal State Indicators'

november 2003

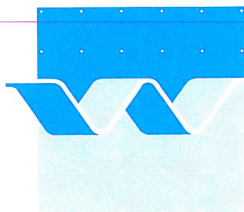
Opdrachtgever:

Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ)

Definities en kwantificering van 'Coastal State Indicators'

drs. C.M. Reintjes en ir. S.G.J. Aarninkhof

november 2003



wl | delft hydraulics

OPDRACHTGEVER: DG Rijkswaterstaat; Rijks-Instituut voor Kust en Zee

TITEL: Definities en kwantificering van 'Coastal State Indicators'

SAMENVATTING:

De rijksoverheid staat voor de opgave om de veiligheid tegen overstroming en de ruimtelijke kwaliteit van het kustgebied nu en in de toekomst te waarborgen en waar mogelijk te versterken. Informatie van de toestand van de kust en kennis van de processen die spelen langs de kust zijn nodig om beleidsstrategische doelstellingen die opgesteld zijn in het kader van deze opgave na te komen. Het Rijksinstituut voor Kust en Zee en WL| Delft Hydraulics hebben het Voortschrijdend Onderzoeksprogramma (VOP) opgesteld teneinde kennis die van belang is voor het kustbeheer te ontwikkelen en uit te wisselen zodat deze bij kan dragen aan een adequaat beheer. De vraag wat interessante informatie is voor de kustbeheerder en hoe deze uitgedrukt dient te worden in een parameter ligt ten grondslag aan dit project en ook aan het EU project Coastview. Binnen Coastview wordt in Europees kader gezocht naar de verbetering van de bruikbaarheid van Argus videowaarnemingen ter ondersteuning van kustbeheer. Hierbij spelen zogenaamde 'Coastal State Indicators' (CSI's) een centrale rol.

Het doel van dit onderzoek is om een aantal geselecteerde CSI's te definiëren en waar mogelijk te kwantificeren met videodata om ze praktisch toepasbaar te maken in het kustbeheer. De CSI's die in dit onderzoek staan beschreven zijn gekwantificeerd met Argus videodata bij Egmond in de periode juni 1999 tot en met augustus 2001. In totaal zijn er negen CSI's uitgewerkt.

De CSI Momentane Kustlijn (MKL) dient de bestaande operationele doelstelling veiligheid handhaving van een stabiele kustlijnpositie.

Met de komst van de moderne videoteknik is het mogelijk om gemakkelijker en met een grotere resolutie data in te winnen. Dit biedt de mogelijkheid om bestaande doelstellingen, veiligheid tegen overstroming respectievelijk handhaving van een stabiele kustlijnpositie, met nieuwe CSI's te ondersteunen. Drie nieuwe CSI's hierbij zijn de Intergetijdje Kustlijn (IKL), het intergetijdje strandvolume en de breker bankhoogte.

De beschikbaarheid van een relatief nieuwe techniek geeft de ruimte om binnen en buiten de bestaande kaders van kustbeheer nieuwe operationele doelstellingen en bijbehorende nieuwe CSI's te formuleren. Een goede implementatie van innovatieve CSI's behoeft intensieve en gestructureerde samenwerking van beheerders, adviseurs en onderzoekers. In dit rapport zijn vijf nieuwe CSI's beschreven: de golfoploop, de kustlangse stroomsnelheid, muilocaties en mui-stroomsnelheid, de strandbreedte en hoogwater overschrijdingslijnen.

REFERENTIES: VOP2003, Deelproject 6, overeenkomst RKZ1329

VER.	AUTEUR	DATUM	OPMERK.	REVIEW	GOEDKEURING
2	C.M.Reintjes	12 november 2003		S.G.J Aarninkhof	T. Schilperoort

PROJECTNUMMER Z3536

TREFWOORDEN: kustbeheer, Coastal State Indicator, veiligheid, stabiliteit, recreatie, kustlijnpositie, strandvolume, strandbreedte, bankhoogte, muien

AANTAL BLADZIJDEN 49

VERTROUWELIJK JA, tot (datum) NEE

STATUS: VOORLOPIG CONCEPT DEFINITIEF

Inhoud

1	Inleiding.....	1—1
1.1	Kustmanagement.....	1—1
1.2	Probleem- en doelstelling.....	1—4
1.3	Selectie CSI's	1—4
1.4	Studiegebied en periode.....	1—6
1.5	Datasets	1—6
1.5.1	Veldmetingen.....	1—6
1.5.2	Videodata.....	1—7
2	Bestaande doelstellingen met bestaande CSI's	2—1
2.1	Stabiliteit en de MKL.....	2—1
2.1.1	Doelstelling handhaving kustlijnpositie	2—1
2.1.2	Definitie MKL.....	2—1
2.1.3	Kwantificering MKL met Argus.....	2—2
2.1.4	Conclusies handhaving kustlijnpositie en de MKL met Argus...	2—4
3	Bestaande doelstellingen met nieuwe CSI's.....	3—1
3.1	Stabiliteit en IKL.....	3—1
3.1.1	Doelstelling handhaving kustlijnpositie	3—1
3.1.2	Definitie IKL.....	3—1
3.1.3	Kwantificering IKL	3—2
3.1.4	Discussie grenzen IKL strandvolume.....	3—2
3.1.5	Conclusies handhaving kustlijnpositie en IKL.....	3—3
3.2	Veiligheid en intergetijde strandvolume	3—3

4.3.4	Conclusies muidichtheid en mui-stroomsnelheid als CSI	4—8
4.4	Recreatie en strandbreedte.....	4—9
4.4.1	Aanleiding analyse strandbreedte.....	4—9
4.4.2	Definitie strandbreedte	4—9
4.4.3	Kwantificering strandbreedte	4—9
4.4.4	Conclusies ruimte voor recreatie en strandbreedte.....	4—11
4.5	Veiligheid strandbebouwing en hoogwater overschrijdingslijn.....	4—11
4.5.1	Aanleiding analyse hoogwater overschrijdingslijn.....	4—11
4.5.2	Definitie hoogwater overschrijdingslijn	4—11
4.5.3	Kwantificering hoogwater overschrijdingslijn	4—11
4.5.4	Conclusies veiligheid strandbebouwing en hoogwater overschrijdingslijn	4—13
5	Conclusies.....	5—1
A	Duinvoet afleiden uit Argusbeelden	A—1
B	Kustlijnpositie uit veldmetingen (MKL) en Argusbeelden (IKL)	B—1
C	Kustlijnpositie t.o.v. juni 1999, MKL uit veldmetingen en IKL uit Argusbeelden.....	C—1
D	Kustlijnpositie MKL en intergetijde kustlijnen (IKL-en) uit veldmetingen ..	D—1
E	Geschaalde strandvolumes uit veldmetingen en Argusbeelden.....	E—1
F	Strandbreedte van landwaartse contouren van 0.9 m NAP en 0 m NAP tot aan de duinvoet (3 m NAP).....	F—1

I Inleiding

I.1 Kustmanagement

Wereldwijd concentreert een groot deel van de bevolking en van de economische activiteiten zich in kustgebieden. Een goed beheer van het kustgebied is daarom van groot belang. De rijksoverheid staat voor de opgave om de veiligheid tegen overstroming en de ruimtelijke kwaliteit van het kustgebied nu en in de toekomst te waarborgen en waar mogelijk te versterken.

In Nederland heeft de veiligheid van het achterland de hoogste prioriteit vanwege de lage ligging van het land. In de Deltawet is de beleidskeuze gemaakt om veiligheid tegen overstroming te handhaven voor de Nederlandse kust. In het Basisrapport Zandige Kust (TAW, 1995) wordt ingegaan op de operationele uitwerking. Hierin is ook de 'Leidraad voor de beoordeling van de veiligheid van duinen als waterkering' (TAW, 1984) opgenomen volgens welke duinafslag berekend wordt en getoetst. Zolang de afslaglijn zeewaarts ligt van de lijn die het kritieke afslagpunt als functie van de tijd aangeeft, voldoet de doorsnede aan de veiligheidsnorm.

Daarnaast is afgesproken dat de positie van de kustlijn stabiel moet worden gehouden. In de eerste kustnota (Min. V&W, 1990) is besloten dat het beleid gericht is op dynamische kustlijnhandhaving. In november 1990 heeft de Tweede Kamer ingestemd met het voorstel van de Minister van Verkeer een Waterstaat om de ligging van de kustlijn van 1 januari 1990 in principe dynamisch te handhaven. Dit beleid wordt verder uitgewerkt in de 'Leidraad Zandige Kust' (TAW, 1995). Voor het beheer van de kust is de zogenaamde Basis Kustlijn als criterium vastgesteld. De BKL is een berekende kustlijn over de jaren 1980-1989. Als de trend over tien jaar van de momentane kustlijn erop wijst dat het jaar daarop de Basis Kustlijn in landwaartse richting overschreden zal worden, dan is dat het signaal om overleg te gaan voeren over een mogelijke suppletie.

Tenslotte moet ook op dieper water het kustfundament in evenwicht gehouden worden. Het kustfundament is de kustzone tussen 3 m NAP en -20 m NAP. Dit grootschalige kustonderhoud werd voor het eerst kenbaar gemaakt in de Tweede Kustnota (Min. V&W, 1996) en is verder uitgewerkt door Mulder (2000).

Informatie van de toestand van de kust en kennis van de processen die spelen langs de kust zijn nodig om deze beleidsstrategische doelstellingen na te komen. Het is bij de uitvoering van het kustbeleid wenselijk de aanwezige kennis van het kustgebied op een adequate manier in te bedden in het beleid en kennisleemtes gericht op te lossen. Intensieve communicatie tussen beleidsmakers, onderzoekers en beheerders is daarbij van cruciaal belang. Van Koningsveld (2003) heeft uitgebreid onderzoek gedaan naar deze communicatie en is in samenwerking met Rijkswaterstaat, de Universiteit Twente en WL| Delft Hydraulics gekomen tot een strategie voor succes in de cycli van beleidsontwikkeling. Hiervoor is het zogenaamde 'Frame of Reference' ontwikkeld (zie figuur 1). Hierin worden de definities van strategische doelen en operationele doelen expliciet gemaakt voor de vier stappen van de besluitvorming bestaande uit (1) concept van de kwantitatieve toestand (quantitative state concept), (2) toetsingsprocedure (bench marking procedure), (3) procedure voor interventie

met CZM (procedure for CZM interventions) en (4) evaluatieprocedure (evaluation procedure).

Het strategische doel 'de veiligheid tegen overstroming waarborgen en behouden van waarden en functies in het duingebied' bijvoorbeeld is uitgewerkt middels de operationele doelstelling 'de kustlijn zal gehandhaafd blijven op de plek waar deze in 1990 lag'. De kwantitatieve toestand was gegeven door de Momentane Kustlijn (MKL) (stap 1) en de toetsing vindt plaats aan de hand van de Basis Kustlijn (BKL) (stap 2). Wanneer nodig wordt er overleg gevoerd over een mogelijke interventie in de vorm van een suppletie (stap 3) en de effectiviteit van een uitgevoerde suppletie wordt iedere vijf jaar geëvalueerd (stap 4).

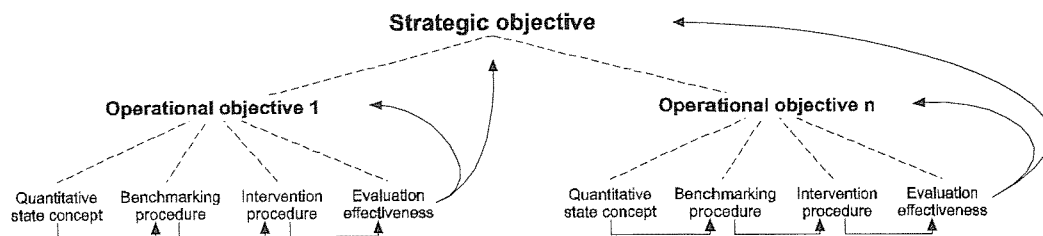


Fig. 1: Basis 'Frame of Reference' dat gebruikt kan worden bij beleidsontwikkeling (naar: Van Koningsveld en Mulder, 2002).

Het Rijksinstituut voor Kust en Zee en WL| Delft Hydraulics hebben een voortschrijdend onderzoeksprogramma opgesteld teneinde kennis die van belang is voor het kustgebied te ontwikkelen en uit te wisselen zodat deze bij kan dragen aan adequaat kustbeleid. Dit rapport handelt over één van de drie onderwerpen binnen deelproject 6 van het Voortschrijdend Onderzoeksproject. Deelproject 6 is genaamd "Verbeteren Argus analysetechnieken en afstemmen op kustbeheer".

De toepassingsmogelijkheden van Argus voor het kustbeheer groeien. Er worden voortdurend nieuwe technieken ontwikkeld om informatie te onttrekken aan de Argusbeelden. De relevante informatie dient in bruikbare parameters gepresenteerd te worden zodat deze direct gebruikt kunnen worden bij het beheer van de kust. De vraag wat relevante informatie is voor de kustbeheerder en hoe deze uitgedrukt dient te worden in een parameter ligt ook ten grondslag aan het EU project Coastview, waar in Europees kader wordt gezocht naar de aansluiting van Argustechnieken bij de kustbeheerder. Binnen WL| Delft Hydraulics is er nog een gerelateerd project. Dit is het Data Model Integratie (DMI) project, waarin een data-gedreven model voor de kustzone op basis van meerjarige, hoge resolutie video remote sensing data (afkomstig van Argus) en geavanceerde hydrodynamische modellen wordt ontwikkeld.

De parameters die gewenst zijn om de toestand van de kust weer te geven zijn de zogenaamde 'Coastal State Indicators' (CSI's). Binnen het EU project Coastview zijn de volgende CSI's opgesteld (zie tabel 1)

Dutch Coastal State Indicators for the EU project Coastview							
Issue	Prio	Questions addressed	Prio	CSI	Possible?	Argus input	Field measurement
Coastal Safety & Maintenance		A. stability of the coastal zone?					
	1	position of coastline ok?	***	MKL beach volume nearshore bathymetry beach width shoreline position rip position and strength		2 intertidal beach profile 2 wave type 3 sub-tidal profiles 1,2 waterlines, dunefoot 1 waterlines 2 pattern detection	beach profiling, sediment fluxes (science driven), nearshore profiling beach surveys, wave set-up beach surveys, wave set-up rip profiles and current velocities
	1	strength of dikes and dunes ok?	*** ** ** ** *	wave height wave run-up wave direction current velocity dune profile (dune height)		3-4? 1,1 waterlines, wave run-up 2-3 spiral pixel series 2 foam patterns 3 shadows of dunes	wave measurements wave run-up, profiles dune surveys
Recreation & Tourism		B. beach suitable for tourism?					
	2	space for beach tourism?	*** *** **	beach width shoreline position density of seaside users		1,2 waterline, dunefoot 1 waterlines 1 shoreline variability 2 no technique	beach surveys beach profiling set-up measurements
		B. Is it safe to swim?					
	2	swimming hazard areas (physical)?	*** *** *** **	longshore current velocities rip current velocities rip location and spacings wave height / wave type		2 longshore array -- foam 2-3 cross-shore array 1 bar and rip locations 3-4/?	current measurements, drifters longshore set-up gradients beach surveys
	3	swimming hazard areas (chemical)?		water quality algae blooms			
Shipping & Navigation		C. safe navigation in the area?					
	2	shipping hazard areas?	*** *** ** * *	longshore current velocities rip current velocities rip location and spacings wave height wave direction number of ships location of ships		2 longshore array -- foam 2-3 cross-shore array 1 bar and rip locations 3-4? 2-3 spiral pixel series	current measurements, drifters longshore set-up gradients beach profiling
	3	navigation traffic queue?					
Natural values		D. unpolluted ecosystem on beach?					
	3	pollution on the beach?		algae coverage oil spill water quality			
	3	human impact stress?		density of seaside users			

Questions with a priority of 1 (highest) or 2 are further elaborated in the other columns.
The CSIs are also ordered to their importance: *** means high priority, * means low priority.
The ARGUS input is classified to its degree of success. 1 means easy to execute and leading to a good result, 4 means difficult to determine (technology not available at present)

A. Rijkswaterstaat
B. Municipality of Bergen, Beach restaurant owners, Local safety guard Questions addressed to Rijkswaterstaat
C. Local safe guard, harbor master Questions addressed to Rijkswaterstaat
D. Nature protection organization, municipality of Bergen Questions addressed to Rijkswaterstaat

Tab. 1: Nederlandse CSI's voor het EU project Coastview (bron De Kruij, RIKZ).

Het onderwerp van dit rapport is het definiëren en kwantificeren van een aantal van deze 'Coastal State Indicators' op basis van Argus videowaarnemingen in de kustzone (zie de gemarkeerde CSI's in tabel 1).

1.2 Probleem- en doelstelling

In het kader van het Voortschrijdend Onderzoeks Programma 2003 (VOP2003) van Rijkswaterstaat en WL | Delft Hydraulics wordt gezocht naar verbetering van de Argus analysetechnieken en afstemming op het kustbeheer. De Argus videotechniek is een relatief nieuwe kustmonitoring techniek waarmee data ingewonnen kan worden ten behoeve van kustbeheer en kustonderzoek. Binnen het VOP en het EU-project CoastView wordt onderzocht in hoeverre de Argus videotechniek een bruikbare aanvulling zou kunnen vormen op traditionele meettechnieken ter ondersteuning van kustbeheer.

In het Argus videosysteem zijn verschillende data verwerkingstechnieken opgenomen die het analyseren en kwantificeren van de toestand van de kust mogelijk te maken. Nieuwe verwerkingstechnieken worden ontwikkeld en geoperationaliseerd om nog beter aan te sluiten bij de wensen van de eindgebruiker van het systeem. Deze aansluiting is optimaal wanneer het mogelijk is om op basis van videowaarnemingen voor de kustbeheerder relevante CSI's (tabel 1) te kwantificeren.

Het is van groot belang voor doelmatig kustbeheer om te beschikken over duidelijk gedefinieerde CSI's en om vast te stellen hoe getoetst wordt en of de bijbehorende operationele doelstelling gehaald wordt. Als uit deze toets blijkt dat de doelstelling niet gehaald zal worden kan een interventieprocedure opgestart worden.

Het doel van dit rapport is een aantal geselecteerde CSI's te definiëren en waar mogelijk te kwantificeren met videodata om ze praktisch toepasbaar te maken in het kustbeheer.

1.3 Selectie CSI's

Voortvloeiend uit de tabel met CSI's die binnen Coastview werd opgesteld is (tabel 1) een lijst samengesteld van CSI's die in de opdracht 'Verbeteren Argus analysetechnieken en afstemmen op kustbeheer'. Deze CSI's dienen te worden voorzien van definities waar mogelijk zullen ze worden gekwantificeerd. In deze lijst worden strandvolume, bathymetrie van de kustnabije zone, strandbreedte, kustlijnpositie, strandcontour (bijvoorbeeld 0 m NAPlijn), golfloop, kustlangse stroomsnelheid, en de stroomsnelheid, locatie en spreiding van muien genoemd.

In overleg met de opdrachtgever zijn voor het doel van deze studie enige aanpassingen gedaan in de lijst met CSI's.

Bathymetrie van de kustnabije zone is uit de lijst verwijderd omdat de bathymetrie op zichzelf niet specifiek genoeg is om als CSI te dienen. De bathymetrie van de kustnabije zone is de basis voor alle andere CSI's met uitzondering van golfloop, kustlangse stroomsnelheid en muistroomsnelheid. Uit de afstand tussen strandcontouren wordt de strandbreedte bepaald, vandaar dat de strandcontour en de strandbreedte samen worden genomen. De lijst is uitgebreid met de CSI bankhoogte omdat er een relatie bestaat tussen bankhoogte en kustlijnerosie. Tenslotte is de CSI hoogwater overschrijdingslijn toegevoegd omdat deze interessant kan zijn voor bijvoorbeeld de veiligheid van bebouwing op het strand.

Er is voor gekozen om de indeling van dit rapport zo te maken dat alle paragrafen in de hoofdstukken 2, 3, en 4 in principe los van elkaar gelezen kunnen worden zodat men direct de CSI van interesse kan lezen. Hieronder staat aangegeven hoe de CSI's over deze drie hoofdstukken verdeeld zijn.

Een aantal CSI's wordt actief toegepast op grond van bestaande operationele doelstellingen. De definities en berekeningen van die CSI's zijn gebaseerd op de mogelijkheden van traditionele technieken om data in te winnen. Echter wellicht kan gebruik gemaakt worden van videotechieken bij de kwantificering. Het betreft hier de kustlijnpositie uitgedrukt als de Momentane Kustlijn (MKL) en zal in hoofdstuk 2 'Bestaande doelstellingen met bestaande CSI's' uitgewerkt worden (zie tabel 2).

Bestaande doelstellingen kunnen met de komst van moderne technieken mogelijk ook met nieuwe CSI's gestaafd worden. Dit geeft de mogelijkheid om CSI's te formuleren die berekend zijn uit makkelijker of vaker in te winnen data, of die beter aansluiten bij de operationele doelstelling. Deze nieuwe CSI's zijn de kustlijnpositie uitgedrukt als de intergetijdse kustlijn, het intergetijdse strandvolume en de hoogteligging van brekerbanken en worden besproken in hoofdstuk 3 'Bestaande doelstellingen met nieuwe CSI's' (zie tabel 2).

De beschikbaarheid van een hoge-resolutie videotechiek biedt de mogelijkheid om binnen én buiten de bestaande kaders van kustbeheer nieuwe operationele doelstellingen en nieuwe CSI's te formuleren. Voor Coastal Zone Management bijvoorbeeld zijn stabiliteit van constructies, ruimte voor recreatie en zwemveiligheid belangrijke aandachtspunten waar gebruikmakend van videotechieken praktische CSI's bij gevonden kunnen worden. Hiervoor zijn nog geen operationele doelstellingen geformuleerd in het huidige kustbeheer. In hoofdstuk 4 'Nieuwe doelstellingen, nieuwe CSI's' worden de golfploop, de kustlangse stroomsnelheid, de muidichtheid, de strandbreedte en de hoogwater overschrijdingslijn nader bekeken.

H 2	<u>Bestaande doelstellingen</u>	<u>Bestaande CSI's</u>
	Stabiele kustlijnpositie	Momentane Kustlijn (MKL)
H 3	<u>Bestaande doelstellingen</u>	<u>Nieuwe CSI's</u>
	Stabiele kustlijnpositie	Intergetijdse Kustlijn (IKL)
	Veiligheid tegen overstroming	Intergetijdse strandvolume
	Veiligheid tegen overstroming	Bankhoogte
H 4	<u>Aanleidingen</u>	<u>Nieuwe CSI's</u>
	Stabiliteit constructies	Golfploop
	Zwemveiligheid	Kustlangse stroomsnelheid
	Scheeps- en zwemveiligheid	Muidichtheid
	Ruimte voor recreatie	Strandbreedte
	Veiligheid strandbebouwing	HW-Overschrijdingslijn

Tab. 2: Overzicht van de CSI's die in dit rapport behandeld worden.

1.4 Studiegebied en periode

De geselecteerde CSI's zijn bedoeld als gereedschap bij het beheer van kusten in het algemeen. In de praktijk zal de relevantie van een CSI en zijn specifieke definitie afhangen van de karakteristieken van de beoogde kust. De overheersende golfperiode en -hoogte, breking van golven op de kust, de getijamplitude, het aan of afwezig zijn van banken voor de kust en het weer bijvoorbeeld kunnen de kwaliteit en de bruikbaarheid van een CSI beïnvloeden. In deze studie is gekozen om de CSI's voor de Nederlandse Noordzeekust te definiëren. De CSI's worden waar mogelijk gekwantificeerd met data uit videobeelden bij Egmond aan Zee waar Argus camera's op de vuurtoren Jan van Speijk staan. Het studiegebied is beperkt tot 650 m ten noorden en zuiden van de camera's om kwaliteitsafname door de grotere strijklengte van 1 pixel bij grotere afstand tot de camera te beperken. De vuurtoren staat kustlangs ter hoogte van de rijksstrandpaal (RSP) 38,000. Het studiegebied strekt zich langs de kust uit van ongeveer 37,350 tot 38,650 km van strandpaal 0 bij Den Helder. Kustdwars reikt het studiegebied van de duinvoet tot en met de zeewaartse rand van de brekerzone.

De studieperiode voor het produceren van tijdseries loopt van juni 1999 tot en met juni 2001. Deze periode is interessant vanwege de implementatie van een gecombineerde strand- en vooroeversuppletie voor de kust van Egmond.. Het effect van deze suppleties wordt geëvalueerd. Vóór deze periode, in april – mei 1999, is er een 1500 m lange strandsuppletie uitgevoerd tussen RSP 37,250 en RSP 38,750. De vooroeversuppletie is aangelegd tussen 23 juni en 8 september 1999 aan de zeezijde van de tweede brekerbank, tussen RSP 36,875 en 39,125. In juli 2000 is een extra strandsuppletie aangelegd in het zuiden van het studiegebied tussen RSP 38,000 en 38,800 (dit komt overeen met de Argus kustlangse y-coördinaten 0 tot 800 m). De studieperiode omvat 2 hele jaren zodat seizoensfluctuaties tweemaal worden meegenomen en uitschieters gerelativeerd worden. Bovendien is de studieperiode dezelfde als voor voorgaande studies in hetzelfde gebied die van belang (kunnen) zijn voor CSI's (Nipius, 2002; Caljouw, 2000; Van Duin en Wiersema, 2002; Reintjes, 2002) zodat extra informatie en vergelijkingsmateriaal beschikbaar is.

1.5 Datasets

1.5.1 Veldmetingen

De veldmetingen die zijn uitgevoerd in het studiegebied in de studieperiode zijn in de onderstaande tabel weergegeven (zie tabel 3). Er zijn monitoringen en JARKUS metingen uitgevoerd. Het eerste type meting zij ingewonnen met de Water en Strand Profiler (WESP) en de JARKUS metingen zijn zowel met boten als met vliegtuigen ingewonnen. Bij alle metingen is de diepteligging van de kust in raaien vastgelegd. De afstand tussen de raaien was 50 tot 250 m voor alle monitoringen en 250 m voor JARKUS metingen. De dieptegegevens voor één kustmeting of monitoring zijn meestal verspreid over meerdere dagen binnengehaald (zie tabel 3). Deze dieptegegevens zijn lineair geïnterpoleerd in de ruimte wat gebiedsdekkende bathymetrieën van het studiegebied opleverde.

Egmond 36.875 - 39.125		
Opnamedata	Aanduiding	Type meting
10/11/12/17-05-99	Mei 99	WESP
25-06-99	Jun 99	JARKUS
14/15-09-99	Sep 99	WESP
30/31-03-2000	Mrt 00	WESP
12/16-05-00	Mei 00	JARKUS
21/22/31-09-00	Sep 00	WESP
16/20-03-01	Mrt 01	WESP
12/19-06-01	Jun 01	WESP

Tab. 3: Beschikbare dieptemetingen van de diepte tussen mei 1999 en juni 2001.

De positie van de duinvoet (3 m NAP contour) speelt een belangrijke rol in de wereld van het kustbeheer. Op deze hoogte is er kustdwars meestal een duidelijke versteiling van de kust richting het land waar te nemen. In het kader van deze studie is de locatie van de 3 m NAP contour bepaald uit de zes beschikbare WESP metingen over de periode mei 1999 – juni 2001. Indien de veldmetingen onvoldoende hoog reiken is het strandprofiel in landwaartse richting lineair geëxtrapolerd onder een helling van 1:40. Dit levert voor iedere dwarsraai een zestal duinvoetposities gedurende de studieperiode, welke lineair zijn geïnterpoleerd in de tijd voor gebruik met de dataset van maandelijkse intergetijdgebodems uit videodata.

1.5.2 Videodata

De bodemligging op het intergetijdestrand is in kaart gebracht met behulp van de Intertidal Beach Mapper (IBM, Aarninkhof et al., 2003), door bepaling van een aantal strandcontouren op verschillende momenten gedurende een getijcyclus. Op basis van het visuele contrast tussen het droge en het natte strand extraheert IBM de horizontale positie van de kustlijn uit tijdgemiddelde videobeelden. De bijbehorende hoogteligging van de kustlijn wordt geschat aan de hand van de getij- en golfcondities ten tijde van de inwinning van het videobeeld. Aarninkhof et al. (2003) hebben IBM gevalideerd op basis van een kustlijn-dataset, ingemeten met behulp van een GPS-systeem. Hieruit bleek dat de gemiddelde, verticale fout in Egmond minder dan 15 cm bedraagt langs 85% van het 2 km lange studiegebied. De variabiliteit van de modelafwijkingen is in de orde van 15 tot 20 cm.

Toepassing van IBM op een bepaalde dag levert een set kustlijnen die, afhankelijk van het moment binnen de springtij-doodtij cyclus en de golfopzet, een variabele boven- en ondergrens kennen. De kustlijnen die gebruikt zijn voor deze studie zijn bepaald door Caljouw (2000) en Nipius (2002). Zij hebben gezocht naar beelden tijdens springtij met een goede beeldkwaliteit, wat leidde tot datasets van maandelijkse opnames. De Caljouw dataset voor de periode juni 1999 tot juni 2000 beslaat een zone tussen de 0 m NAP en +1 m NAP strandcontouren en strekt zich uit tot 700 m aan weerszijden van het videostation. De Nipius dataset (juni 2000-augustus 2001) reikt van de -0.4 m NAP contour tot een hoogte van +1 m NAP en strekt zich uit tot 1000 m aan weerszijden van het videostation. Kustlijngegevens zijn geïnterpoleerd naar een rechthoekig grid met een gridafstand van 2 m kustdwars en 20 m kustlangs. Hierbij heeft Caljouw (2000) gebruik gemaakt van lineaire interpolatie, terwijl

Nipius (2002) de interpolatie heeft uitgevoerd met behulp van een geavanceerde LOESS interpolator (Plant et al, 2002).

De resultaten (figuur 2) laten zien dat de kustlijn bij Egmond aan Zee geen rechte lijn is, maar in het centrale deel van het studiegebied verder zeewaarts ligt dan richting de randen. De randen liggen beide op 700 meter van de camera, waarbij de noordelijke rand op $y = -700$ m en de zuidelijke rand op $y = 700$ m. Deze kustvorm wordt hier kustuitbouw genoemd. Dit kustlangse verschil is het grootst in de maanden april, mei en juni 2000 wanneer de kustlijn een grote uitwijking heeft bij de kustuitbouw. Hierna dempt het verschil en ligt de kust over een breder deel van het centrale tot noordelijke studiegebied relatief ver zeewaarts.

Het kustlangse gemiddelde van de kustlijn (tussen $y = 700$ en $y = -700$) verschuift tussen juni 1999 en februari 2000 enkele tientallen meters landwaarts en ligt in het eerste halfjaar van 2001 een tiental meters verder zeewaarts dan in juni 1999. In juni 1999 ligt het kustlangse gemiddelde (tussen $y = 700$ en $y = -700$) van de 0 m NAP contourlijn ongeveer op $x = 50$ m, dit verschuift kustwaarts tot rond $x = 25$ m in februari 2000. In juli 2000 ligt dit kustlangse gemiddelde ver zeewaarts, rond $x = 70$ m. Dit is het resultaat van een strandsuppletie in het zuiden van het studiegebied. Van januari 2001 tot augustus 2001 ligt met name het gebied tussen $y = 200$ en $y = -700$ ver zeewaarts waardoor het kustlangse gemiddelde van de 0 m NAP contourlijn rond $x = 60$ á 70 m ligt.

De kustuitbouw is in november 2000 asymmetrisch naar het noorden en in december 2000 asymmetrisch naar het zuiden. In november 2000 ligt de 0 m NAP contour relatief het verst zeewaarts in het noordelijke deel bij $y = -400$ tot $y = -650$, in december 2000 is het meest zeewaartse deel van de kustuitbouw gemigreerd naar het midden van het studiegebied bij $y = 50$ tot $y = -50$.

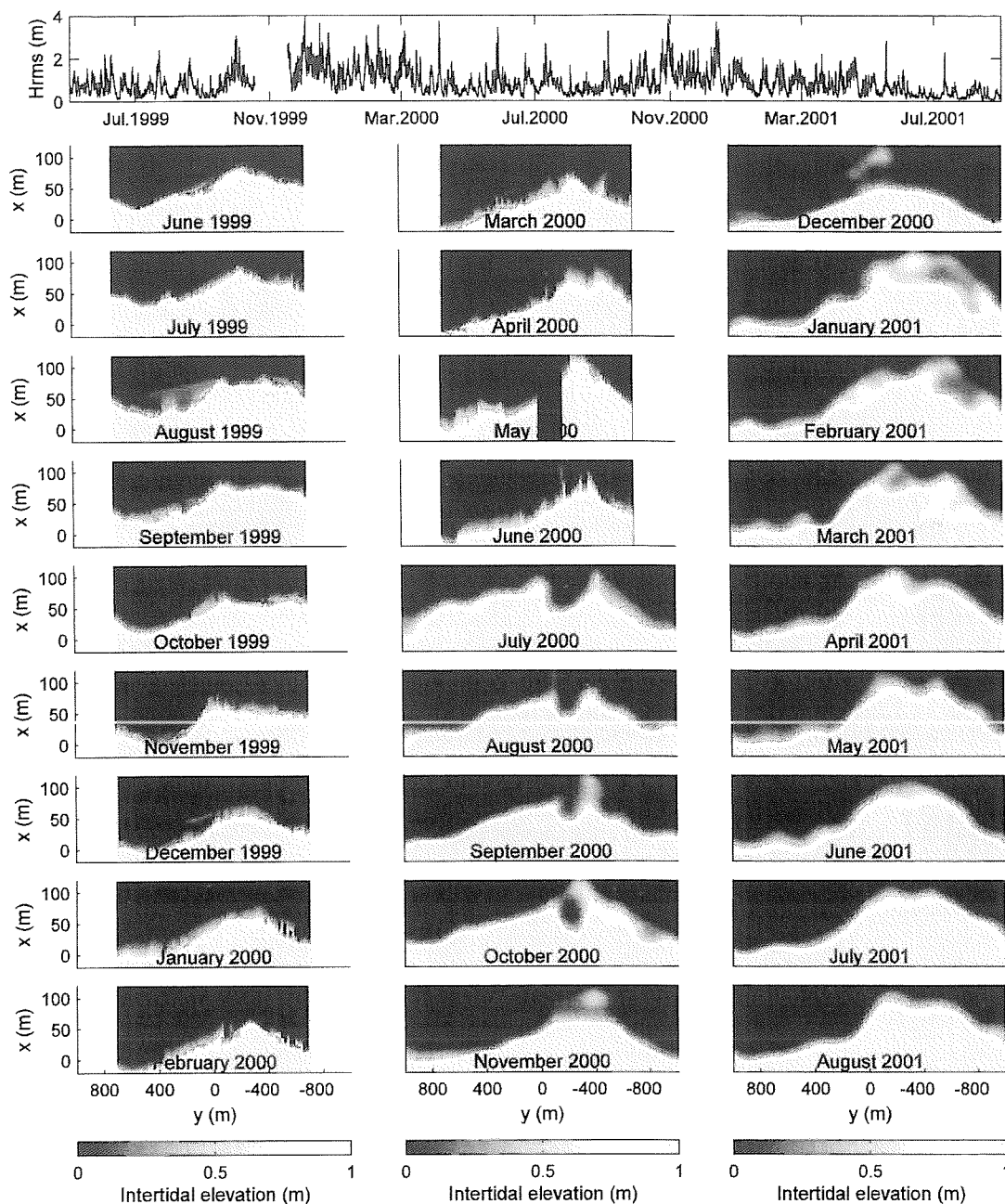


Fig. 2: Met video waargenomen evolutie van de intergetijd bathymetrie bij Egmond over de periode juni 1999 – augustus 2001. Maandelijksse bovenaanzichten van het strand tussen 0 en 1 m boven NAP. Strandhoogtes lager dan 0 of hoger dan 1 zijn handmatig op 0 respectievelijk 1 gezet. De horizontale as is de kustlangse Argus y-as met het noorden aan de rechter (negatieve) zijde. De verticale as is de Argus x-as en geeft de kustdwarse afstand tot de kustlangse as in meters aan. In de balk bovenaan zijn de golfhoogtes (Hrms) in dezelfde periode weergegeven.

Voor en gedurende de studieperiode zijn er suppleties uitgevoerd om de kustlijnpositie te handhaven (zie tabel 4). Met name de strandsuppletie van eind juni 2000 is goed te herkennen in de dataset.

Start constructie	Eind constructie	Type suppletie	Transect (RSP)	Transect (Argus y)	Volume per strekkende meter (m ³ /m)	Totaal volume (10 ³ m ³)
Apr 1999	Mei 1999	Strand	37.250 - 38.750	-750 – 750	200	300
23 jun 1999	8 sep 1999	Vooroever	36.875 - 39.125	-1125 – 1125	400	900
30 jun 2000	5 jul 2000	Strand	38.000 - 38.800	0 – 800	258	207

Tab. 4: Overzicht suppleties Egmond aan Zee (bron: Nipius, 2002 en database RIKZ)

2 Bestaande doelstellingen met bestaande CSI's

De CSI Momentane Kustlijn (MKL) die beschreven is in dit hoofdstuk wordt actief toegepast op grond van een bestaande operationele doelstelling, namelijk handhaving van de kustlijnpositie. De definitie en berekening van deze CSI is gebaseerd op de mogelijkheden van traditionele technieken om data in te winnen. Deze CSI kan met behulp van videotechieken gekwantificeerd worden en hetzelfde type informatie leveren. In dit hoofdstuk wordt gekeken hoe goed de met videodata gekwantificeerde CSI overeenkomt met de CSI die gekwantificeerd is met velddata.

2.1 Stabiliteit en de MKL

2.1.1 Doelstelling handhaving kustlijnpositie

Een doelstelling in het huidige beleid is handhaving van de kustlijnpositie. De kustlijn moet gehandhaafd blijven op de plaats waar deze in 1990 lag. De actuele kustlijnpositie wordt weergegeven door de CSI Momentane Kustlijn (MKL) wat een maat is voor de integrale gemiddeld laagwater (GLW) kustcontour.

2.1.2 Definitie MKL

De MKL is gedefinieerd als de kustlijnpositie ten opzichte van een vaste referentie, berekend uit het volume per strekkende meter onder het strandprofiel van 3 m NAP (duinvoet) op een hoogte H boven GLW (bij benadering -0.8 m NAP bij Egmond) tot de diepte H beneden GLW gedeeld door de totale hoogte $2H$ (zie figuur 3).

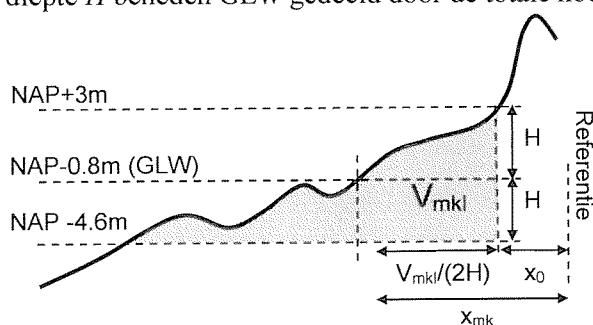


Fig. 3: Definitie schets MKL.

Voor het beheer van de kust is de zogenaamde Basis Kustlijn (BKL) vastgesteld als referentie om de MKL te toetsen. De BKL is een berekende trend uit de Momentane Kustlijnen over de jaren 1980-1989. Bij de vaststelling van de BKL wordt ook rekening gehouden met plaatselijke eisen aan het overstromingsrisico. Als de tien jaar trend van de jaarlijks berekende momentane kustlijn erop wijst dat de BKL binnen een jaar in

landwaartse richting overschreden zal worden is dat het signaal om overleg te gaan voeren over een ingreep.

2.1.3 Kwantificering MKL met Argus

De MKL wordt traditioneel berekend uit dieptegegevens afkomstig uit jaarlijkse bodemlodingen (JARKUS), maar het is ook mogelijk om de bodemligging in de brandingszone te bepalen uit video. Aarninkhof (2003) heeft daartoe een tweetal modellen ontwikkeld. De Intertidal Beach Mapper (IBM) bepaalt de hoogteligging van het intergetijdestrand op basis van een serie kustlijnen, verzameld gedurende een getijcyclus (zie Paragraaf 1.5.2). De Subtidal Beach Mapper (SBM) beoogt de morfologische ontwikkelingen langs een kustdwarse raai te simuleren door een vergelijking van modelberekeningen en videowaarnemingen van brekende golven. Hoewel complementair wat betreft het deel van het kustprofiel dat ze beslaan, zijn de twee modellen vooralsnog niet geïntegreerd in één overall model. Door de complementaire modellen SBM en IBM te integreren zou een groter deel van het kustprofiel meegenomen kunnen worden in de kwantificering van de MKL met Argus. Aangezien de MKL echter in hoge mate bepaald wordt door bodemveranderingen in de brandingszone zijn de analyses in deze paragraaf gebaseerd op SBM resultaten.

Toepassing van SBM over de periode september 1999 – oktober 2000 langs een tweetal kustdwarse raaien in Egmond levert een tijdserie van bodemprofielen met een resolutie in de tijd van orde 700 tot 1000 profielen per jaar (Aarninkhof, 2003). De toegevoegde waarde van SBM ligt dan ook met name in de hoge resolutie in tijd. Met een gemiddelde verticale afwijking van 10 tot 20 cm levert SBM nauwkeurige resultaten op de zeewaartse flank van de brekerbanken. Rond de banktop bedraagt de gemiddelde verticale afwijking 20 tot 40 cm, terwijl in de troggen de afwijkingen toenemen tot zo'n 80 cm. Dat laatste wordt veroorzaakt door de afwezigheid van brekende golven in de troggen. Daarmee is SBM in staat om de dominante morfologische veranderingen in de brandingszone op tijdschalen van weken tot maanden en ruimteschalen in de orde van honderden meters te reproduceren. Dit houdt in dat de door het model gegenereerde fouten relatief klein zijn ten opzichte van de morfologische veranderingen op deze schalen.

De aldus verkregen data zijn gebruikt om de ontwikkeling van de MKL positie in de tijd voor de centrale raai $y = -130$ m en de noordelijke raai $y = -1500$ m te bepalen (figuur 4). Opgemerkt moet worden dat de berekende MKL ontwikkeling uitsluitend gebaseerd is op morfologische veranderingen in de brandingszone; bodemveranderingen op het hogere deel van het intergetijdestrand en het droge strand worden vooralsnog verwaarloosd. Morfologische veranderingen op het hogere deel van het strand (tussen de 1 m NAP en 3 m NAP contouren) worden gestuurd door bodemtransport en suspensief transport tijdens extreme storm condities, en eolische transport wanneer het strand droog ligt. Om het effect van deze verwaarlozing goed te kunnen inschatten is meer inzicht nodig in de orde grootte van eolisch sediment transport. Dit kan worden verkregen uit de analyse van de gedetailleerde, maandelijkse strandlodingen die de Universiteit Utrecht in de persoon van Susanne Quartel gedurende de afgelopen 2 jaar verzameld heeft, uit een literatuurstudie of uit de toepassing van een eenvoudig eolisch sediment transport model. Deze analyse valt buiten de scope van deze studie. Vooralsnog wordt volstaan met de constatering dat de huidige analyses geen rekening houden met morfologische veranderingen op het supragetijdestrand.

De ontwikkeling van de MKL positie in de tijd toont een zeewaartse verschuiving van 15 respectievelijk 35 m voor de noordelijke ($y = -1500$ m) en de centrale ($y = -130$ m) raai, wat duidt op een netto aanzanding van de kust. Beide raaien vertonen een snelle aanzanding gedurende de eerste zes maanden na aanleg van de gecombineerde strand- en vooroeversuppletie. Langs de centrale raai $y = -130$ m wordt deze fase gevolgd door een periode van stabilisatie gedurende de lente, waarna opnieuw aanzanding optreedt tijdens de daaropvolgende zomermaanden. De ontwikkeling van de MKL positie van de noordelijke raai $y = -1500$ m duidt op een lichte erosie gedurende de lente van 2000, gevolgd door stabilisatie tijdens de zomermaanden. Met name langs de centrale raai $y = -130$ komt de berekende MKL ontwikkeling goed overeen met de gemeten ontwikkeling.

Binnen het VOP wordt momenteel gewerkt aan het uitbreiden van het SBM model tot een 2DH gebiedsdekkend model zodat de opnameraai niet persé meer binnen het beeld van één camera hoeft te liggen.

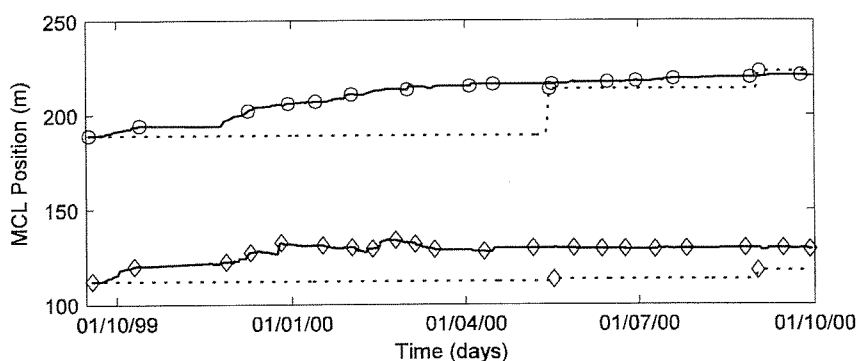


Fig. 4: De uit video afgeleide ontwikkeling van de MKL positie in de tijd voor de centrale raai $y = -130$ m (o) en de noordelijke raai $y = -1500$ m (◊) van het Argus station Jan van Speijk. De getrokken lijn geeft de berekeningen uit video weer met markers op elk 50° punt. De gestippelde lijn geeft de berekening uit veldmetingen aan met markers op het tijdstip van meting.

De ontwikkeling van technieken om de hoogteligging van het droge strand te bepalen uit video is onderdeel van voortgaand onderzoek op Oregon State University (gebruik makend van schaduwen op het strand). Daarnaast is het ook mogelijk om met behulp van IBM het hogere deel van het strand (zeg tussen 1 m NAP en 3 m NAP) in kaart te brengen. Dit vereist echter de combinatie van een zeer hoge waterstand (a.g.v. stormopzet én springtij én golfopzet) en goede beeldkwaliteit (geen regendruppels op de behuizing). Deze combinatie van condities treedt slechts zelden op. Een eerste inventarisatie van de beschikbare beelden laat zien dat alleen op 28 december 2001 er sprake is van kwalitatief goede Argusbeelden in combinatie met een waterstand boven 3 m NAP. Een voorbeeldtoepassing van IBM (zie Bijlage A) suggereert dat het model in staat is om ook onder extreme condities de positie van de kustlijn te bepalen. Hierbij wordt opgemerkt dat zelfs een enkele IBM meting tijdens stormcondities (orde 1 keer per jaar) overigens nog steeds dezelfde temporele resolutie biedt als de traditionele JARKUS metingen. Daarnaast is het zo dat onder deze extreme condities het waterpeil over het algemeen niet zakt tot aan de gemiddeld laagwaterlijn op -0.8 m NAP, zodat het niet mogelijk is om met behulp van IBM binnen één enkele getijcyclus het gehele strandprofiel van -0.8 m NAP tot 3 m NAP in kaart te brengen.

2.1.4 Conclusies handhaving kustlijnpositie en de MKL met Argus

Ondanks de verwaarlozing van morfologische veranderingen op het droge strand blijkt SBM redelijk goed in staat te zijn om de ontwikkeling van de MKL positie te berekenen uit video. Er zijn nog technieken in ontwikkeling om de hoogteligging van het droge strand te bepalen (Oregon State University). Daarnaast is het tijdens bijzondere condities (combinatie zeer hoge waterstand en goede beeldkwaliteit) mogelijk om het hoge strand met behulp van IBM te bepalen. Deze uitzonderlijke metingen tijdens stormcondities hebben desondanks een vergelijkbare temporele resolutie als de traditionele JARKUS veldmetingen, namelijk orde één keer per jaar.

In de nabije toekomst zal naar verwachting het SBM model uitgebreid worden naar twee horizontale dimensies, waardoor de bathymetrie van de brekerzone gebiedsdekkend in kaart gebracht kan worden.

3 Bestaande doelstellingen met nieuwe CSI's

Bestaande doelstellingen kunnen met de komst van moderne technieken mogelijk ook met nieuwe CSI's gestaafd worden. Dit geeft de mogelijkheid om CSI's te formuleren die berekend kunnen worden met behulp van bestaande analyse technieken, met als bijkomend voordeel een hogere resolutie in tijd en ruimte.

In dit hoofdstuk komen aan bod:

<u>Bestaande doelstellingen</u>	<u>Nieuwe CSI's</u>
Stabiele kustlijnpositie	Intergetijde Kustlijn (IKL)
Veiligheid tegen overstroming	Intergetijde strandvolume
Veiligheid tegen overstroming	Bankhoogte

3.1 Stabiliteit en IKL

3.1.1 Doelstelling handhaving kustlijnpositie

Een operationele doelstelling in het huidige beleid is stabiliteit van de kustlijn. De kustlijn moet gehandhaafd blijven op de plaats waar deze in 1990 lag. De stabiliteit van de kustlijn wordt normaliter getoetst met behulp van de MKL. In plaats van de MKL kan wellicht een nieuwe CSI, de Intergetijde Kustlijn (IKL) gebruikt worden. Deze IKL wordt bepaald uit Argus videobeelden, met als voordeel een aanzienlijk hogere resolutie in tijd en ruimte.

3.1.2 Definitie IKL

De Intergetijde Kustlijn (IKL) is een geaggregeerde maat voor de locatie van de kustlijn. Hij is gedefinieerd als de kustlijnpositie ten opzichte van een vaste referentie, berekend uit het volume per strekkende meter onder het Argus strandprofiel tussen 1 m NAP (Hh) tot 0 m NAP (Hl) gedeeld door de hoogte hiertussen ($Hh - Hl$) (zie figuur 5).

De MKL wordt officieel uitgedrukt in meters tot de RSP lijn (vaste referentie). In feite kan elke willekeurige vaste referentielijn gekozen worden als het gaat om het vergelijk van de kustlijnen onderling. Bij de vergelijking van de IKL met de MKL zal de kustlangse as (y-as) van het Argus-coördinatensysteem bij de vuurtoren van Egmond aan Zee als referentielijn dienen.

De IKL wordt net als de MKL bepaald uit een strandvolume per strekkende meter gedeeld door de hoogte. Beide worden uitgedrukt in meters ten opzichte van de kustlangse as van het Argus coördinatenstelsel. Het verschil van de IKL ten opzicht van de MKL is dat bij de IKL het volume onder een kleiner deel van het strandprofiel wordt meegenomen. De IKL ligt hierdoor nabij de integrale 0.5 m NAP kustcontour, terwijl de MKL nabij de integrale gemiddeld laagwater kustcontour (-0.8 m NAP) ligt.

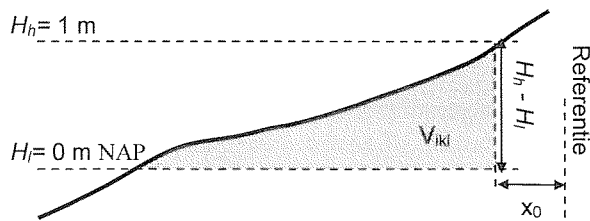


Fig. 5: Definitie schets IKL.

3.1.3 Kwantificering IKL

De IKL is voor iedere maand berekend voor de periode juni 1999 tot en met juni 2001 langs 15 raaien met een onderlinge afstand van 100 meter. De MKL is berekend langs dezelfde 15 raaien voor de zes maanden waarin veldmetingen gedaan zijn (zie Bijlage B). De IKL profielen zijn rechtstreeks bepaald uit de dataset van intergetijde bathymetrieën als besproken in Paragraaf 1.5.1.

De IKL ligt nabij de 0.5 m NAP kustcontour, waardoor de IKL minder ver van de duinvoet ligt dan de MKL die nabij de -0.8 m NAP kustcontour ligt. De MKL ligt meestal tussen de 100 en 200 m zeewaarts van de kustlangse Argus y-as en de IKL tussen de 0 en 100 m (ongeveer 100 m landwaarts van de MKL) (zie Bijlage B).

Om de veranderingen van de MKL in de tijd beter te kunnen vergelijken met de veranderingen in de IKL, is de positie van de kustlijn van juni 1999 in mindering gebracht, dus: Relatieve MKL(t) = MKL(t) - MKL(t = juni 1999) en Relatieve IKL(t) = IKL(t) - IKL(t = juni 1999) (zie Bijlage C).

Landwaartse en zeewaartse verplaatsingen van de MKL worden redelijk goed weerspiegeld door de IKL, met name voor de raaien $y = -650$; -550 ; -350 ; 250 ; 350 ; 550 en 650 voor de periode van juni 1999 tot februari 2001. De IKL biedt extra informatie door de hoge resolutie in de tijd. Voorbeelden van de extra informatie die duidelijk naar voren komt bij de maandelijkse IKL zijn (1) het ver landwaarts liggen van de IKL in de winter van 1999/2000, (2) de strandsuppletie in juli 2000 en (3) de verandering in asymmetrie van de kustuitbouw tussen november en december 2000 (zie paragraaf 1.5.2). Deze kleinschalige, maar desalniettemin belangrijke, morfologische veranderingen worden door de lagere resolutie veldmetingen niet meegenomen.

In de figuren van bijlage C is in september 2000 een verschil waar te nemen tussen de MKL en de IKL. Dit verschil is te verklaren uit een belangrijke morfologische verandering van het strand. De afstand van de MKL tot de Argus kustlangse as in september 2000 bij de raaien $y = -350$ tot en met $y = 150$ is meer toegenomen ten opzichte van 1999 dan de IKL. Dit is te verklaren uit het feit dat het strand bij deze raaien $y = -350$ tot en met $y = 150$ zich uitbouwt in deze periode (zie paragraaf 1.5.2). De aanzanding in de ondiepe brandingszone (tussen $z = -4.6$ en 0 m NAP) zorgt voor een relatief veel groter volume voor de berekening van de MKL dan voor de IKL die uit het volume boven de 0 m NAP wordt berekend.

3.1.4 Discussie grenzen IKL strandvolume

De IKL zoals gedefinieerd in paragraaf 3.1.2 dekt slechts een deel van het strandprofiel, namelijk het profiel tussen 0 m en 1 m NAP. Bij een grotere getijslag en bij extra hoogwater

zou een groter gebied gedekt kunnen worden. De gevoeligheid van de IKL voor een ruimere dekking van het strandprofiel is getest met velddata voor de horizonten (1) $z=0$ m tot $z=1$ m NAP, (2) $z=-0.5$ m tot $z=1.5$ m NAP en (3) $z=-1$ m tot $z=2$ m NAP (zie Bijlage D). Deze drie alternatieve IKL-en berekend uit velddata laten zien dat er nauwelijks verschil is tussen de drie alternatieven.

Op basis van dit gevoeligheidsonderzoek wordt geconcludeerd dat de huidige IKL definitie (zie paragraaf 3.1.2.) een goede maat biedt voor de kwantificering van morfologische veranderingen op het intergetijdestrand.

3.1.5 Conclusies handhaving kustlijnpositie en IKL

De Intergetijde Kustlijn (IKL) is goed te kwantificeren met videodata. De overeenkomst met trends in de MKL is redelijk.

De IKL levert extra informatie op doordat de IKL met deze dataset iedere maand berekend kan worden. Hierdoor kan de toestand van de kust met een hogere resolutie gevolgd worden. In principe kan de IKL ieder getij berekend worden, wat ruimte schept voor een verdere verbetering van de temporele resolutie van de dataset.

De IKL die berekend wordt uit het volume tussen 0 en 1 m NAP levert een bruikbare maat ter beschrijving van morfologische veranderingen op het intergetijdestrand. De IKL die berekend zou kunnen worden uit het volume van een hoger groter deel van het strand levert, zo blijkt uit een test met velddata, niet meer informatie dan de IKL die berekend is uit het strandvolume tussen 0 en 1 m NAP welke gedefinieerd is in paragraaf 3.1.2..

3.2 Veiligheid en intergetijde strandvolume

3.2.1 Doelstelling veiligheid

Een doelstelling van het kustbeheer die is veiligheid waarborgen. Het achterland moet beschermd zijn tegen overstromingen door de zee. De CSI strandvolume is hierbij van belang vanwege de bufferende werking bij golfaanval. Hieronder zal ingegaan worden op het intergetijde strandvolume dat met Argus bepaald kan worden als benadering voor de bestaande CSI strandvolume.

3.2.2 Definitie intergetijde strandvolume

Het intergetijde strandvolume uit Argus videodata (V_v) is opgebouwd uit (1) het volume V_p per strekkende meter (m^3/m) onder het Argus intergetijdeprofiel en (2) een aanvullend volume V_a tussen de landwaartse begrenzing van het Argus profiel en de duinvoet (zie figuur 6). De verticale begrenzingen van V_v zijn de 1 m NAP (H_h) en 0 m NAP (H_l) hoogtelijnen. De tijdsafhankelijke positie van de duinvoet wordt bepaald door lineaire interpolatie in de duinvoetposities afgeleid uit de veldmetingen (Paragraaf 1.5.1).

Het intergetijde strandvolume afgeleid uit video (V_v) wordt vergeleken met het strandvolume uit veldmetingen (V_M) dat gebruikt wordt bij de berekening en toetsing van duinafslag (zie paragraaf 1.1). Het strandvolume uit veldmetingen (V_M) is gedefinieerd als het volume tussen GLW en duinvoet.

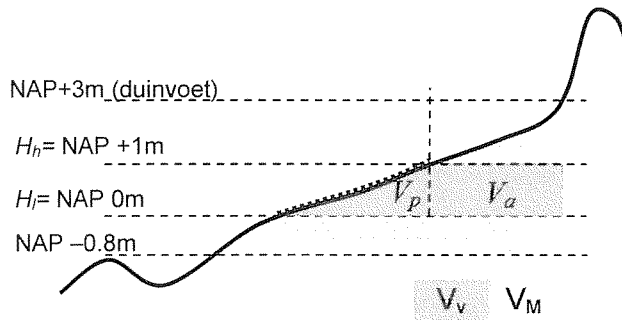


Fig. 6: Definitieschets intergetijde strandvolume.

3.2.3 Kwantificering intergetijde strandvolume

Het gemeten strandvolume (V_M) is natuurlijk groter dan het intergetijde strandvolume uit videodata (V_v). Dit bemoeilijkt een rechtstreekse vergelijking tussen beide volumina. Om een vergelijking mogelijk te maken zijn de berekende ontwikkeling van V_v geschaald met de verhouding van V_v en V_M in juni 1999, volgens:

$$V_{v,g}(t) = V_v(t) * V_M(t=0) / V_v(t=0)$$

In deze vergelijking is $V_{v,g}$ is het geschaalde intergetijde strandvolume uit videodata.

Over het algemeen komen de geschaalde strandvolumes uit videodata redelijk overeen met de volumes uit velddata (zie Bijlage E). Afwijkingen liggen in de orde van 0 tot 50 m³/m en een in uitzonderlijke gevallen tot 100 m³/m. Deze uitzonderlijke gevallen komen voor in mei 2000 en augustus 2000. In de meeste gevallen is het intergetijde strandvolume uit videodata (V_v) gelijk of groter dan het gemeten strandvolume (V_M).

Het uit videodata berekende intergetijde strandvolume biedt voordelen boven de uit velddata berekende intergetijde strandvolumes door de hogere resolutie in tijd. Het uit videodata berekende intergetijde strandvolume laat ook zien dat (1) dit volume in de winter van 1999/2000 kleiner is, (2) de strandsuppletie in juli 2000 voor de raaien $y=-50$ tot $y=-650$ een vergroting van dit volume oplevert en (3) het volume voor de raaien $y=-650$ tot $y=-250$ relatief klein is. Dit is het gevolg van de verandering in asymmetrie van de kustuitbouw tussen november en december 2000 (zie paragraaf 1.5.2).

3.2.4 Conclusies veiligheid en intergetijde strandvolume

Het intergetijde strandvolume is redelijk goed te kwantificeren met videodata. De veranderingen in het geschaalde intergetijde strandvolume uit videodata ($V_{v,g}$) sluiten goed aan bij de veranderingen in het strandvolume uit velddata (V_M). Op grond hiervan kan geconcludeerd worden dat het intergetijde strandvolume bij kan dragen aan de berekening van duinafslag.

Het intergetijde strandvolume uit videodata levert waardevolle extra informatie op doordat deze iedere maand berekend kan worden. Hierdoor kan de toestand van de kust continu gevolgd worden en kan er in perioden dat de veiligheid tegen overstroming in het geding is in detail naar de CSI intergetijde strandvolume gekeken worden.

3.3 Veiligheid en bankhoogte

3.3.1 Doelstelling veiligheid

Een doelstelling van het kustbeheer die al twee keer eerder aangehaald werd is het waarborgen van de veiligheid van het achterland tegen overstromingen. In dit opzicht spelen het duin en het droge strand, welke een zandbuffer bieden om de erosie tijdens een storm op te vangen, een belangrijke rol. Daarnaast echter draagt ook de morfologie van de brandingszone z'n steentje bij. Zandbanken voor de kust zorgen ervoor dat golven breken, waardoor de erosiekracht van de golven op de kustlijn afneemt. Zo heeft recent onderzoek laten zien dat er een rechtstreekse relatie bestaat tussen de configuratie van zandbanken in de brandingszone en erosie van de kustlijn tijdens stormen (Kannan et al., 2003), alsmede de ligging van de kustlijn en erosie van het duin (Thornton et al., 2003). Een goede maat om de morfologie in de brandingszone te karakteriseren is de hoogte van de zandbanken ten opzichte van NAP. Deze hoogte is veelal gekoppeld aan de afstand van de zandbank uit de kust en bepaalt, afhankelijk van de waterstand boven de bank, de hoeveelheid golfenergie die wordt doorgelaten richting kustlijn. Bankhoogte zou derhalve een geschikte CSI kunnen zijn bij de evaluatie van de doelstelling kustveiligheid.

3.3.2 Definitie bankhoogte

De bankhoogte is gedefinieerd als hoogteligging van de top van de brekerbank ten opzichte van NAP (figuur 7). Er wordt naar de bankhoogte van zowel de binnenste als de buitenste brekerbank gekeken.

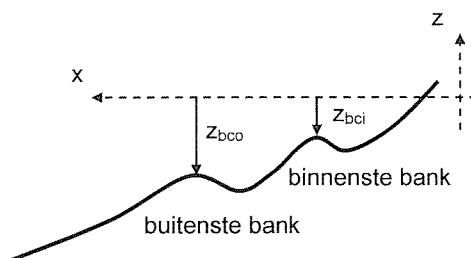


Fig. 7: Definitieschets bankhoogte.

3.3.3 Kwantificering bankhoogte en bankpositie

Op basis van de dataset van met SBM berekende kustprofielen over de periode september 1999 – oktober 2000 (zie Paragraaf 2.1.3) is de ontwikkeling van de bankhoogte in de tijd gekwantificeerd voor de centrale raai $y = -130$ m en de noordelijke raai $y = -1500$ m. Het resultaat is getoond in figuur 8.

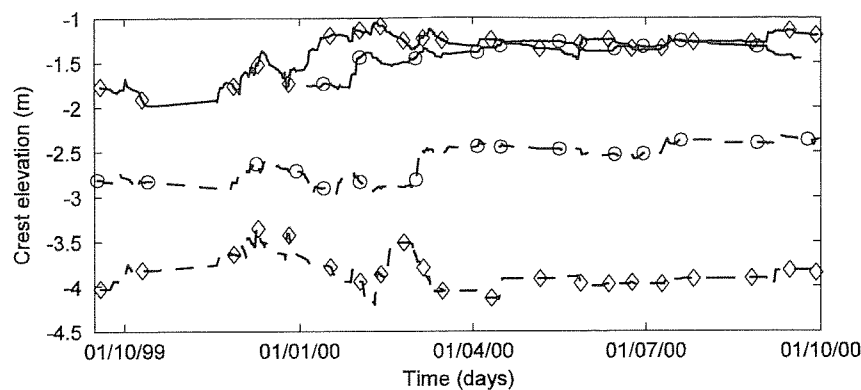


Fig. 8: Ontwikkeling van de bankhoogte in de tijd gekwantificeerd voor de centrale raai $y = -130$ m (o) en de noordelijke raai $y = -1500$ m (◊) van het Argusstation op de Jan van Speijk in Egmond met behulp van SBM over de periode september 1999 – oktober 2000. De gebroken lijn geeft de ontwikkeling van de buitenste bank weer en de getrokken lijn van de binnenste bank. Markers geven ieder 50^e datapunt aan.

Gedurende de eerste zes maanden na het aanbrengen van de gecombineerde strand- en vooroeversuppletie neemt, de hoogteligging van zowel de binnenste als de buitenste brekerbank over het algemeen toe, wat overeenkomt met een kustwaartse verplaatsing van beide zandbanken. Na deze initiële periode is de hoogteligging van de binnenste bank relatief stabiel voor beide raaien. Gedurende de tweede helft van de studieperiode vertoont de buitenste bank langs de centrale raai $y = -130$ m een lichte tendens tot verdere verhoging, terwijl langs de noordelijke raai $y = -1500$ m juist sprake is van een afname van de bankhoogte. Tenslotte valt op dat er sprake is van een aanzienlijk verschil in hoogteligging van de buitenste bank tussen beide raaien.

3.3.4 Conclusies veiligheid en bankhoogte

Gelet op de vermoede relatie tussen de brekerbank-configuratie in de brandingszone en erosie van de kustlijn wordt geconcludeerd dat de CSI bankhoogte relevante informatie levert voor kustbeheer. Bijkomend voordeel is dat het model dat gebruikt wordt om de bankhoogte te berekenen vooral goede resultaten levert op en rond de banktop. De inbedding van de CSI bankhoogte binnen een referentiekader-systematiek voor kustbeheer vergt nader onderzoek.

4 Nieuwe doelstelling met nieuwe CSI's

De moderne Argus videotechiek maakt frequente bepaling van nieuwe CSI's mogelijk zoals de IKL, het intergetijde strandvolume en de hoogteligging van brekerbanken. Deze CSI's bedienen bestaande doelstellingen (namelijk stabiliteit van de kustlijn en veiligheid van het achterland waarborgen) binnen het kustbeheer. Bij Coastal Zone Management heeft men te maken met een breed scala aan functies die toegekend worden aan de kustzone. Om aan al deze functies ruimte te geven worden er naast stabiliteit en veiligheid nog meer doelstellingen nagestreefd. Voor veiligheid en stabiliteit, recreatie en toerisme, scheepvaart en natuurwaarden is er gebruikmakend van videotechiek de mogelijkheid om innovatieve doelstellingen en bijbehorende CSI's te formuleren ten behoeve van goed management in de kustzone. Interessant voor bijvoorbeeld zwemveiligheid is dat Argus elk uur CSI's kan berekenen, waardoor direct gereageerd en ingegrepen kan worden.

In dit hoofdstuk wordt de kwantificeerbaarheid van de volgende CSI's nader bekeken:

<u>Aanleidingen</u>	<u>Nieuwe CSI's</u>
Stabiliteit constructies	Golfoploop
Zwemveiligheid	Kustlangse stroomsnelheid
Zwemveiligheid	Muillocatie
Ruimte voor recreatie	Strandbreedte
Veiligheid strandbebouwing	HW-Overschrijdingslijn

Verdere uitwerking en toepassing van deze CSI's ten behoeve van kustbeheer vereist hun inbedding in de bekende referentiekader systemetiek (Van Koningsveld, 2003) De aanzet voor toepassingen van vijf nieuwe uit video af te leiden CSI's is in de volgende paragrafen beschreven.

4.1 Stabiliteit constructies en golfoploop

4.1.1 Aanleiding analyse golfoploop

Golfoploop en golfoverslag zijn belangrijke mechanismen, die verantwoordelijk kunnen zijn voor het falen van zware waterbouwkundige constructies zoals havendammen en zeeweringen, waarbij de veiligheid van het achterland of de scheepvaart in het geding is. Het kustbeleid richt zich op het behoud van stabiliteit van waterbouwkundige constructies, en daarmee vormt golfoploop een relevante parameter voor kustbeheer.

4.1.2 Definitie golfoploop

De oscillerende beweging van een turbulente laag water op een talud als gevolg van brekende golven met verschillende frequenties heet golfoploop. Het grootste deel van het opgelopen water keert terug naar zee, een klein deel infiltreert in de constructie of slaat in een slecht geval over de constructie heen. Cruciaal voor waterbouwkundige constructies is het hoogste waterniveau langs het talud gedurende de storm, en de frequentie waarmee dat

niveau bereikt wordt. Dit niveau wordt bepaald door de getijwaterstand, de storm- en golfopzet en de oscillerende waterbeweging op de tijdschaal van golven en golfgroepen.

4.1.3 Kwantificering golfoploop

Op dit moment zijn voor de Nederlandse kust nog geen Argus videowaarnemingen van golfoploop op constructies beschikbaar, en de CSI golfoploop is derhalve nog niet gekwantificeerd. Desalniettemin is in het buitenland al wel gewerkt aan de kwantificering van swash processen (en andere hydrodynamische parameters) op basis van intra-wave videowaarnemingen.

Tijdseries van de golfoploop (Holland en Holman, 1997) zijn toegepast om de karakteristieken van golfoploop op natuurlijke stranden (Holland et al., 1995) en de hydro- en morfodynamiek in de swash zone (Holland en Puleo, 2001) te bestuderen. In uitbreiding hierop hebben Puleo et al. (2000) en Holland et al. (2001) 'particle image velocimetry' (PIV) technieken gebruikt om op kleine schaal het stroomveld in de swash regio te kwantificeren. De beschikbaarheid van dit type technieken biedt een bruikbaar aanknopingspunt voor de kwantificering van golfoploop op constructies.

Kwantificering van hydrodynamische processen uit video is afhankelijk van de zichtbaarheid van individuele golfkammen en stromingskarakteristieken aan het wateroppervlak. Deze zichtbaarheid is afhankelijk zijn van de locale pixel resolutie (lens karakteristieken en de afstand tot de lens), het dominante golfklimaat (waarbij regelmatige golven met lange golfperiode (deining) het beste afgelezen worden met video) en de atmosferische condities (frequente neerslag en mist hinderen de visuele analyse). Tot dusver zijn de algoritmen om de hydrodynamische processen te kwantificeren voornamelijk ontwikkeld en getest in Duck, VS. Hun geschiktheid voor kusten met sterk afwijkende hydrodynamische en atmosferische karakteristieken wordt momenteel onderzocht (bijvoorbeeld Cohen, 2003).

4.1.4 Conclusies stabiliteit constructies en golfoploop

De Argus videoteknik is vooralsnog niet toegepast voor het kwantificeren van de golfoploop op constructies. Binnen het Argus onderzoeksnetwerk zijn echter swash analyse technieken ontwikkeld, die bruikbaar lijken voor toepassing in de context van constructies. Aanbevolen wordt om de bruikbaarheid van Argus ter ondersteuning van kustbeheer gericht op de stabiliteit van constructies nader te verkennen.

4.2 Zwemveiligheid en kustlangse stroomsnelheid

4.2.1 Aanleiding analyse kustlangse stroomsnelheid

Kustlangse stromingen veroorzaken veranderingen in de morfologie in de kustzone en kunnen een gevaar vormen voor zwemmers. Wanneer men zich tot doel stelt om het potentiële kustlangse transport van sediment te kwantificeren of de veiligheid voor zwemmers te garanderen is er vraag naar efficiënte technieken om het kustlangse stroompatroon te kwantificeren en naar concrete CSI's.

4.2.2 Definitie kustlangse stroomsnelheid

De kustlangse stroomsnelheid is gedefinieerd als de stroomsnelheid langs de kust in het intergetijdegebied. In het intergetijdegebied zijn veldmetingen gedaan door Cohen (2003) voor het onderzoek naar met video waargenomen kustlangse stroming.

4.2.3 Kwantificering kustlangse stroomsnelheid

Traditionele in-situ methoden om stroomsnelheden te meten zoals de 'Electro Magnetic Flowmeter' (EMF) zijn duur, tijdrovend, onveilig om tijdens ruw weer te gebruiken en niet gebiedsdekkend. Recentelijk is er een nieuwe techniek ontwikkeld om stroomsnelheden in de kustnabije zone te kwantificeren uit video (Chickadel et al., 2003). Dit betreft de 'Optical Current Meter' (OCM). Deze meet de verplaatsingssnelheid van schuim dat overblijft na het breken van golven. De OCM is ontwikkeld en met goed gevolg getest in Duck, VS, waar het strand intermediair tot reflectief is en waar deining domineert.

Cohen (2003) heeft onderzoek gedaan naar de toepasbaarheid van de OCM op de Nederlandse kust bij Egmond en Noordwijk, die gekarakteriseerd wordt door korte golven, flauwe strandhelling en matige atmosferische condities. Uit het onderzoek komt naar voren dat de toepasbaarheid van OCM in de ruimte beperkt is doordat ver van de camera de pixel dimensie te groot wordt voor OCM (kustlangse pixel dimensie van 2 m is te groot). Dit zou deels ondervangen kunnen worden door camera's op strategische plekken langs de kust op te stellen of door zoomlenzen te gebruiken. Uit een vergelijking van stroomsnelheden bepaald uit video met tegelijkertijd gemeten stroomsnelheden kwam naar voren dat de absolute nauwkeurigheid van de techniek vooralsnog onvoldoende is (afwijkingen in de orde van 20-30 cm/s). Hierbij moet opgemerkt worden dat er tijdens de veldexperimenten sprake was van extreem lage golfcondities, waardoor het stroming signaal relatief zwak was ten opzichte van de ruis. Er kan mogelijk verbetering aangebracht worden door toegenomen analyse- en filtermethoden te gebruiken. Daarnaast wordt geconstateerd dat het OCM model de stroomsnelheid aan het oppervlak schat, terwijl de meetinstrumenten snelheden meten nabij de bodem.

Dit alles leidt ertoe dat OCM (nog) niet geschikt is om in operationele zin kwantitatief stroomsnelheden langs de kust te bepalen. Ook kan in de praktijk niet iedere dag met OCM de stroomsnelheid bepaald worden omdat aan de Nederlandse kust de aanwezigheid van veel brekende golven, die het gewenste schuim produceren, vaak gepaard gaan met neerslag waardoor het zicht wordt beperkt en waterdruppels op de lens het beeld verstoren. Cohen (2003) laat echter ook zien dat het model in relatieve zin wel bruikbare informatie levert. Simulane toepassing van OCM op meerdere locaties in kustdwarse zin levert een ruimtelijk beeld van de kustlangse stroming. Op identieke wijze zou het mogelijk zijn om de aanwezigheid van muien aan te tonen. Immers, wanneer in een trog de stroming op twee locaties naar elkaar toe gericht is, dan is het waarschijnlijk dat zich tussen deze twee locaties een mui bevindt. De bruikbaarheid van dit type toepassingen ter ondersteuning van kustbeheer behoeft nader onderzoek.

4.2.4 Conclusies zwemveiligheid en kustlangse stroming

Als het doel is de zwemveiligheid in kaart te brengen dan kan een nuttige CSI daarbij de ruimtelijke spreiding van kustlangse stroomsnelheden zijn. Hierbij gaat het om de verschillen in richting en relatieve grootte en niet om de absolute stroomsnelheid. Wanneer in een trog de stroming op twee locaties naar elkaar toe gericht is, dan is het waarschijnlijk dat zich tussen deze twee locaties een mui bevindt. In combinatie met het dissipatiepatroon op time exposure beelden kan de mui gelocaliseerd worden (zie volgende paragraaf). Vervolgens moet vastgesteld worden of de stroomsnelheid van deze mui zo groot is dat deze een gevaar oplevert voor zwemmers. Hier zal verder op ingegaan worden in de volgende paragraaf.

4.3 Zwemveiligheid en muien

4.3.1 Aanleiding analyse muilocaties en mui-stroomsnelheid

Van muien wordt verondersteld dat ze gevaarlijk zijn voor zwemmers. Wanneer in een mui een sterke stroming staat worden zwemmers zeewaarts getransporteerd waardoor paniek kan ontstaan. Met name in de buurt van constructies zoals pieren kunnen gevaarlijke muien voorkomen. Muien worden echter ook juist benut door reddingsmaatschappijen wanneer een reddingsboot vanaf het strand uit moet varen naar een schip in nood op zee. Door de diepgang van het reddingsschip kan het alleen via de muien door de brandingszone komen zonder schade op te lopen op de banken.

Muien zijn dus van belang voor de veiligheid van zwemmers én van schepen op zee. Om de veiligheid van beiden te waarborgen is het gewenst om de Coastal State Indicators de muilocaties (spreiding van muien) en de stroomsnelheid in de muien te kunnen kwantificeren.

Muien kunnen ter plaatse worden waargenomen vanwege de stroomversnelling of op het oog herkend worden aan de lokale variatie in het brekerpatroon als gevolg van de mui. Voor de laatste methode is het nodig om vanaf een hoogte enige tijd het brekerpatroon van golven op de bank waar te nemen en te analyseren. Met videotechniek kunnen tijdsgemiddelde beelden gemaakt worden die de herkenning van muien vergemakkelijken. Daarbij kan met video continu een groot gebied overzien worden en kan de informatie via internet overal beschikbaar gesteld worden. Mui-stroomsnelheden zijn lastig in het veld te meten vanwege hoge stroomsnelheid en de migratie van muien.

4.3.2 Definitie muilocaties en mui-stroomsnelheid

Muien zijn stromingen dwars op de kust die deel uitmaken van de horizontale circulatie in de brandingszone. Een muilocatie is gedefinieerd als een lokale verlaging in de brekerbank waar een geconcentreerde stroming richting zee staat die onderdeel is van een horizontale circulatie in de brandingszone (figuur 9). Op Argus videobeelden kunnen muien in de eerste brekerbank goed gelocaliseerd worden omdat daar frequent golven breken en muien te herkennen zijn aan het patroon van brekende golven.

Mui-stroomsnelheid is gedefinieerd als de snelheid van deze geconcentreerde stroming richting zee.

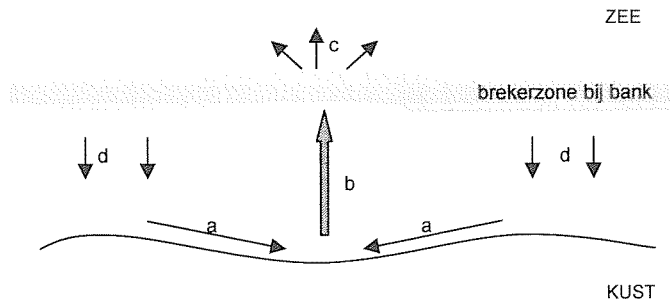


Fig. 9: Horizontale celcirculatie in de kustnabije zone. De muistroom is de geconcentreerde, zeewaartse stroom bij 'b'. 'a' is de toevoerende stroom, 'b' de muistroom, 'c' de verspreiding van de muistroom voorbij de brekerzone en 'd' de landwaarts gerichte stroom als gevolg van 'shoalen'.

4.3.3 Kwantificering muilocaties en mui-stroomsnelheid

Bij de kwantificering van muien is gebruik gemaakt van het brekerpatroon op videobeelden. Op tijdsgemiddelde videobeelden zijn brekende golven op een bank te zien als een lichte band langs de kust. In een mui is er variatie in dit brekerpatroon. Deze variatie is gelegen in ten eerste de grotere diepte waardoor golven niet of minder breken, ten tweede in de uitgaande muistroom waar golven op breken en ten derde in de ondiepte die ontstaan kan ter plaatse van afnemende mui-stroomsnelheid (meegevoerd materiaal sedimenteert) (bij 'c' in figuur 9) waar golven op breken.

In een onderzoek naar muilocaties voor de kust bij Egmond aan Zee (Reintjes, 2002) zijn muilocaties op videobeelden gedetecteerd met als doel de relatie tussen muilocaties en strandvolume veranderingen te onderzoeken. Uit dit onderzoek is de spreiding van muien in tijd en ruimte af te leiden waar hieronder verder op ingegaan zal worden.

Bij de kwantificering van mui-stroomsnelheid kan gebruik gemaakt worden van het wegdrijven van schuim op de stroming. Dit schuim wordt geproduceerd door brekende golven. In Amerika is een model ontwikkeld voor de kwantificering van kustdwarse stroomsnelheden uit videobeelden. Ter aanvulling zijn voorkomende mui-stroomsnelheden gegeven uit literatuur.

4.3.3.1 Muilocaties

In de studie van Reintjes (2002) zijn er in twee jaar, van 31 mei 1999 tot juni 2001, in totaal 825 muien gelocaliseerd in een gebied van 1.8 km lang aan de hand van Argus videobeelden. In een gebied tot 900 meter aan beide zijden van de camera zijn de muien opgenomen.

Er waren ongeveer 346 dagen van de twee jaar gebruikt voor het detecteren van deze 825 muien in het studiegebied. Gemiddeld zijn er dus 1.3 muien per strekkende kilometer per dag waargenomen. Het aantal muien op een dag lag tussen de 0 en 9 (zie figuur 10). Op 70 dagen verspreid door de tijd zijn er géén muien gevonden terwijl de bank goed zichtbaar was door brekende golven.

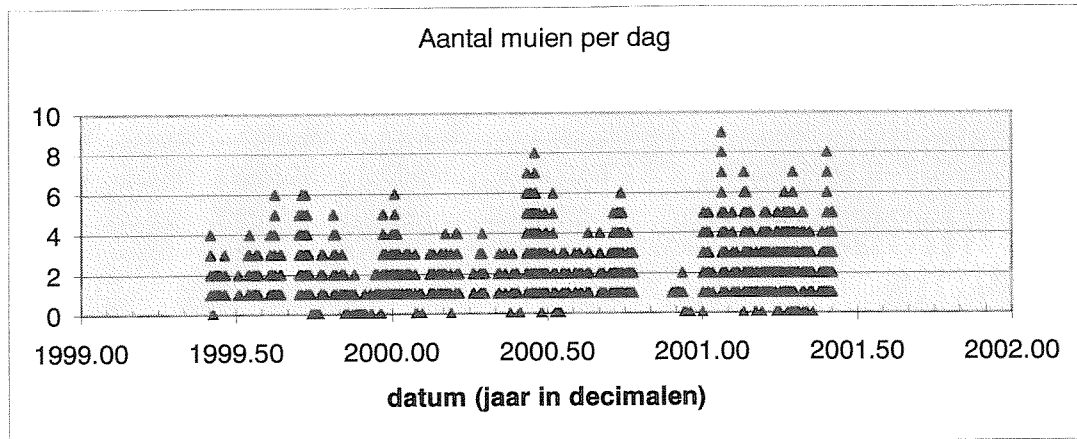


Fig. 10: Het aantal muien per dag dat in een gebied van 1800 meter lengte voor de kust van Egmond voorkwam in de periode van 31 mei 1999 tot en met 1 juni 2001.

De spreiding van de muien langs de kust varieert in de ruimte en in de tijd.

Een overzicht van de spreiding van de muien in ruimte en tijd is gegeven in figuur 11. Uit het onderzoek kwam naar voren dat er in een gebied van ongeveer 500 meter lang drie keer een periode van enkele maanden is voorgekomen waarin geen muien aanwezig waren. De muieloze zone in deze periodes ligt grofweg tussen RSP 38000 en RSP 37500 (in Argus coördinaten tussen $y=0$ en $y=-500$), dus over een lengte van ongeveer 500 m kustlangs. De eerste muieloze periode voor deze zone is van eind mei tot half september 1999. De tweede is van half januari tot begin juni 2000 en de derde van half juli tot half september 2000.

Daarnaast zijn er vier zones van 100 tot 200 meter langs de kust gevonden waar muien relatief vaker voorkomen.

Tenslotte hebben muien in de zomermaanden mei tot en met september een stabielere ligging dan in de wintermaanden. Dit is te zien aan de kustlangse positie van de muien die soms weken tot maanden achter elkaar rond dezelfde plek blijft schommelen (zie figuur 11). Meesen (1999) constateerde eveneens een grotere stabiliteit voor muien tijdens de zomermaanden bij lage energetische golfcondities. Vanwege deze lage energetische condities is het mogelijk dat de stroomsnelheid van deze muien laag is en de muien geen gevaar opleveren voor zwemmers (zie paragraaf 4.3.3.2).

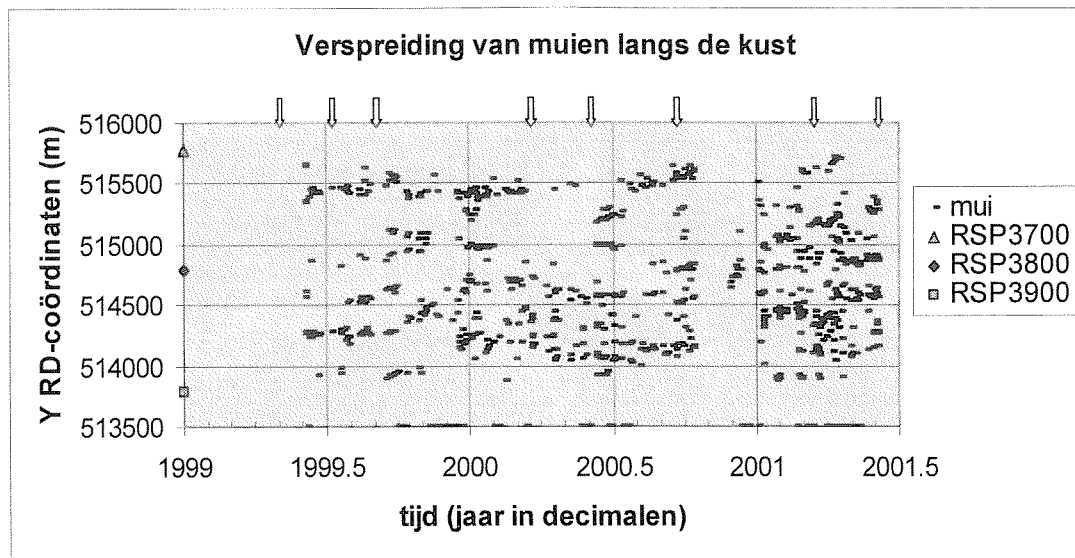


Fig. 11: De verspreiding van de muien langs de kust gedurende twee jaar. Bij RSP 3800 ligt een Argus station. De verticale pijlen bovenaan de grafiek geven aan op welke momenten er veldmetingen uitgevoerd zijn. Markeringen op $Y=513500.00$ geven aan dat er op deze dagen nul muien zijn waargenomen. De verticale as maakt een hoek van 8 graden met de kustlijn. Bij deze figuur moet aangetekend worden dat de grote hoeveelheid muien in 2001 deels te wijten is aan het feit dat muien vaak op twee banken opgenomen zijn omdat niet duidelijk was welke van de twee de eerste brekerbank was.

De diepte evenals de breedte van de muien kan temporeel (in orde van dagen) variëren (Brander, 1999). Kroon en Wijnberg (1997) observeren insnijding en versmalling van de mui in de eerste brekerbank tijdens de overgang van lage naar hoge energetische condities.

Met de informatie over de spreiding van muien kunnen strandwachten en reddingswerkers gericht te werk gaan. De videobeelden zouden ieder uur geanalyseerd kunnen worden waardoor in een noodsituatie bekend is waar de muien zich bevinden.

4.3.3.2 Muistroomsnelheid

In Amerika is een techniek in ontwikkeling om kustdwarse bewegingen met lage frequentie (kustdwarse stroomsnelheden) in de surf-zone optisch te meten (Chickadel en Holman, 2002b) als aanvulling op de eerder ontwikkelde techniek om kustlangse snelheden te meten. Kustdwarse stroming kan onderdeel zijn van een verticale of een horizontale circulatie in de kustnabije zone, terwijl een mui een specifieke kustdwarse stroming is die onderdeel uitmaakt van een horizontale circulatie. Bij de toepassing van een videoteknik voor muistroomsnelheden moet dus rekening gehouden worden met de locatie van de mui.

Er geldt net als voor de optische meting van kustlangse snelheid dat slechts voor een beperkt bereik de kwaliteit van het videobeeld geschikt is voor deze techniek (Chickadel en Holman, 2002b). Videobeelden van de Argusstations in Noordwijk en Egmond zijn tot 200 m afstand tot de camera geschikt voor optische meting van de kustlangse stroomsnelheid met het Optical Current Meter (OCM) model (Cohen, 2003).

Het optisch meten van kustdwarse stroomsnelheden is veel lastiger dan voor kustlangse stroomsnelheden omdat het optische signaal (de intensiteit van kustdwars verplaatsend

schuim) en de voorplanting van brekende golven gelijk gericht zijn en daarom lastiger van elkaar te scheiden zijn. De nauwkeurigheid van het OCM model bij toepassing op de kust bij Noordwijk is niet goed genoeg voor de kwantificering van kustlangse stroomsnelheden (Cohen, 2003). Vooral nog wordt niet voorzien dat het model ter kwantificering van kustdwarse stroomsnelheden aanzienlijk betere resultaten zal leveren.

Voor de toepassing van muistroomsnelheid als CSI is het van belang om de referentiekader systematiek (Van Koningsveld, 2003) verder in te vullen. Wanneer is het waarschijnlijk dat er muien voor de kust liggen die een gevaar opleveren voor zwemmers? Hoe sterk moet bijvoorbeeld de muistroom zijn om een gevaar op te leveren voor zwemmers en hoe breed moeten muien zijn om reddingsschepen veilig door te laten? Het voordeel bij gebruikmaking van videotechneek is dat elk uur muien gemakkelijk gelocaliseerd kunnen worden waardoor actuele informatie direct beschikbaar is bij noodsituaties.

De activiteit van muisystemen onder verschillende energetische condities wordt door meerdere onderzoekers omschreven (Shepard et al., 1941; Short, 1985 en McKenzie in Meesen, 2000) en is hieronder kort samengevat.

Bij laagenergetische condities zijn er enkel persistente muigeulen aanwezig die het water uit het landwaartse bekken draineren. De golfenergie is te laag om morfologische aanpassingen te genereren. Deze muien zijn waarschijnlijk tijdens hoogenergetische condities gevormd en het kan zijn dat de stroomsnelheid in deze muien te laag is om een gevaar op te leveren voor zwemmers. Bij gematigde tot hoogenergetische condities ontstaan eerst veel meer kleine actieve muien die voor zeewaarts transport van water en sediment zorgen. Bij lagere waterstanden zouden deze actieve muien gevaarlijk kunnen zijn voor zwemmers. Wanneer de waterdiepte toeneemt wordt de retourstroming belangrijker en verdwijnen muien (Reintjes, 2002).

Welke mui-stroomsnelheid als gevaarlijk wordt aangeduid, zal vastgelegd moeten worden binnen de referentiekader systematiek. Er worden muistroomsnelheden tussen de 0.2 m/s en 2.5 m/s gevonden. Sonu (1972) vond een stroomsnelheid in de orde van 0.2 tot 0.3 m/s in de naar de kust gerichte stroom en tot 2 m/s in de muistroom richting zee (met $H_b=0,4$ en $T=5,0$ s). Smith en Largier (1995) hebben muien waargenomen met een lengte van 150 m en een gemiddelde stroomsnelheid van 0,5 m/s en een maximum van 0,7 m/s. Davidson-Arnott en Greenwood (1974) maken melding van een muistroomsnelheid van 0,5 tot 0,75 m/s voor een kust met banken en golven met $H=3-4$ m en $T=4-5$ s. Onder rustige condities liggen er banken voor de kust en is de muistroom snelheid tussen de 0,25 en 0,55 m/s. Volgens Van Noort (1997) en De Graaff (1995) komen muistroomsnelheden van meer dan 1 m/s bij Noordwijk voor.

4.3.4 Conclusies muidichtheid en mui-stroomsnelheid als CSI

De spreiding van muilocaties is goed te kwantificeren uit videodata. In een gebied tot 900 meter aan beide zijden van de camera zijn de muien op te nemen. Het voordeel bij gebruikmaking van videotechneek is dat elk uur muien gemakkelijk gelocaliseerd kunnen worden.

Het kwantificeren van mui-stroomsnelheden uit video is voornog niet succesvol langs de Nederlandse kust.

4.4 Recreatie en strandbreedte

4.4.1 Aanleiding analyse strandbreedte

Het strand is van recreatief en economisch belang. Het biedt ruimte aan vele activiteiten die allen een deel van de ruimte op het strand eisen. Welk deel van het strand ingenomen wordt is afhankelijk van de activiteit. Ter illustratie: boardsurfers gebruiken vooral de brandingszone, strandsurfers het natte strand tijdens eb, zonaanbidders het droge strand niet ver van de waterlijn. Op een aantal stranden in Nederland willen gemeenten de activiteiten op het strand in verband met overlast of ruimtegebrek reguleren. De horeca maakt vooral gebruik van het hogere strand en is gebaat bij een breed strand voor de klanten en een veilige ligging van de uitspanning in verband met overstroming. Kennis van de afstand van de hoogwater strandcontour tot de uitspanning is hierbij van belang. Mogelijk is er uit de kustlangse variatie in deze strandcontour op te maken op welke punten erosie te verwachten is. Informatie over de beschikbare ruimte op het strand is dus gewenst voor de recreatie en de economie. De beschikbare ruimte op het strand in zijn geheel of van een bepaald deel van het strand kan uitgedrukt worden in de CSI strandbreedte.

4.4.2 Definitie strandbreedte

Er zijn twee strandbreedtes gedefinieerd, namelijk de supra-getijdde strandbreedte en de supra-NAP strandbreedte. Deze strandbreedtes zijn gekozen omdat die delen van het strand intensief gebruikt worden voor recreatie.

De Supra-getijdde Strandbreedte is het horizontale afstandsverschil tussen het punt op 0.9 m NAP en het punt op de duinvoet (3 m NAP) in een dwarsprofiel dat loodrecht op de kustlangse Argus y-as ligt (zie figuur 12).

De Supra-NAP Strandbreedte is het horizontale afstandsverschil tussen het punt op NAP (0 m NAP) en het punt op de duinvoet (3 m NAP) in een dwarsprofiel dat loodrecht op de kustlangse Argus y-as ligt (zie figuur 12).

Het kan voorkomen dat het niveau 0 m NAP meerdere malen voorkomt in een kustdwars profiel. Daarom is de strandbreedte vanaf de meest landwaartse positie van de 0 m NAP contourlijn berekend.

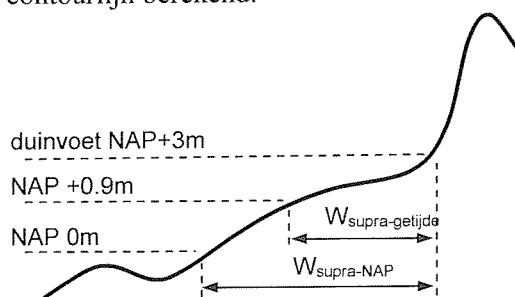


Fig. 12: Definitieschets supra-getijdde strandbreedte en supra-NAP strandbreedte.

4.4.3 Kwantificering strandbreedte

De gemeten en uit video afgeleide gemiddelde supra-getijdde en supra-NAP strandbreedtes hebben vergelijkbare gemiddelde waarden (zie Bijlage F).

De supra-getijde strandbreedte is gemiddeld over twee jaar (juni 1999 tot juni 2001) in het noorden van het studiegebied (tussen $y = -650$ tot $y = -50$) ongeveer 80 m en in het zuiden kleiner, ongeveer 50 m.

De gemiddelde supra-NAP strandbreedte (over juni 1999 tot juni 2001) laat kustlangs meer variatie zien. In het noorden ($y = -650, -550, -450$) is deze breedte gemiddeld 120 m, in het centrale deel ($y = -350$ tot $y = -150$) ongeveer 135 m breed en verder naar het zuiden toe neemt deze breedte af tot ongeveer 50 m.

De verschillen tussen strandbreedtes berekend met velddata en uit video liggen in de orde van 0 tot 10 m. Dit is binnen de foutenmarge van de kustdwarse afstand die met Argus Intertidal Beach Mapper berekend wordt (5-10 m, vgl. Paragraaf 1.5.2).

De trends van de verandering van de strandbreedtes voor de gemeten en uit video afgeleide data zijn gedurende de twee jaar zeer vergelijkbaar. Echter de strandbreedtes uit videodata geven meer informatie.

Zo is uit videodata op te maken dat de supra-getijde strandbreedte over het algemeen relatief klein is in de wintermaanden. In de wintermaanden zijn geen veldmetingen uitgevoerd, daarom komt deze relatief smallere strandbreedte niet aan het licht bij gebruikmaking van alleen deze veldmetingen.

Ten tweede wordt door het gebrek aan veldmetingen in de winter van 2000/2001 een verschil in strandontwikkeling in het centrale deel ten opzicht van het zuidelijke deel van het studiegebied niet waargenomen. De velddata geven voor alle raaien tussen $y = -50$ tot $y = 650$ een lichte afname van de strandbreedtes tussen de metingen van september 2000 en maart 2001. De uit video afgeleide strandbreedtes tussen deze metingen laten zien dat de supra-NAP strandbreedte in die tussenliggende periode bij de raaien in het centrale deel ($y = -50$ tot $y = 150$) tientallen meters groter is geweest, terwijl het strand in het zuiden ($y = 350$ tot $y = 550$) juist tientallen meters smaller is geweest (zie Bijlage F en paragraaf 1.5.2).

Tenslotte is de aanleg en het verdwijnen van de strandsuppletie in het zuiden van het studiegebied eind juni 2000 duidelijk te volgen met de strandbreedte uit videodata, terwijl met de veldmetingen het effect van de strandsuppletie op de strandbreedte niet zo goed te volgen is omdat veldmetingen niet iedere maand plaatsvinden. Bij de raaien $y = 50$ tot $y = 650$ is de supra-getijde en supra-NAP strandbreedte in juli 2000 zo'n 30 tot 40 m groter dan in de maand ervoor. Duidelijk is te zien dat deze strandbreedtes in de maanden direct na de suppletie sterk afnemen.

De praktische toepasbaarheid van de hierboven gekwantificeerde strandbreedtes hangt af van voor welk doel de CSI strandbreedte ingezet wordt. Om te kunnen bepalen of het strand breed genoeg is voor een bepaald doel, moet de gewenste strandbreedte gekwantificeerd worden. Vervolgens kan met een bepaalde toets (eventueel met behulp van trendlijnen) vastgesteld worden of de strandbreedte te smal is of dreigt te worden in de nabije toekomst. Op grond van die toets kan dan bepaald worden of er ingegrepen moet worden. Wanneer het strand breder is dan gewenst voor die activiteit, dan kunnen er wellicht meerdere activiteiten naast elkaar plaatsvinden. Kortom, de referentiekader systematiek zoals beschreven door Van Koningsveld (2003) zou ingevuld moeten worden. Daarna kan beoordeeld worden hoe goed de strandbreedte als CSI fungeren kan.

4.4.4 Conclusies ruimte voor recreatie en strandbreedte

Met data uit video kan de strandbreedte op tijdschalen van maanden tot jaren goed bepaald worden. Door de continuïteit van deze dataset kunnen veranderingen in strandbreedte worden waargenomen die niet uit de discontinue veldmetingen te halen zijn. Voor de praktische toepasbaarheid van de CSI's supra-getijde strandbreedte en supra-NAP strandbreedte moet nog vastgesteld worden voor welk operationeel doel deze CSI gewenst is. De strandbreedte uit videodata heeft gezien de goede resultaten ten opzichte van gemeten strandbreedte zeker potentie als CSI.

4.5 Veiligheid strandbebouwing en hoogwater overschrijdingslijn

4.5.1 Aanleiding analyse hoogwater overschrijdingslijn

Wanneer er op het strand gebouwd wordt wil men graag weten hoe groot de kans is dat het gebouw overstroomd zal worden door de zee. Ten tweede kan het van belang zijn om te weten hoe vaak en op welke locaties de duinvoet overstroomd wordt in verband met bescherming van de duinen omdat er verband kan bestaan tussen de hoogwater overschrijdingslijn en duinafslag op een locatie. De CSI overschrijdingslijn zou ingezet kunnen worden bij ten eerste de risicobepaling voor strandbebouwing en ten tweede de bescherming van duinen tegen afslag. Hijma (2003) heeft in samenwerking met A.Kroon (Universiteit Utrecht) onderzoek gedaan naar hoogwater overschrijdingslijnen bij Noordwijk.

4.5.2 Definitie hoogwater overschrijdingslijn

De hoogwater overschrijdingslijn $l_{n\%}(x,y)$ is de kustlangse lijn die tijdens hoogwater in $n\%$ van de gevallen in landwaartse richting overschreden wordt.

4.5.3 Kwantificering hoogwater overschrijdingslijn

Hijma (2003) heeft met behulp van Argus tijdgemiddelde videobeelden (timex images) van Noordwijk een inventarisatie gemaakt van de dagelijkse hoogwaterlijnen in 2001 en 2002. De positie van de hoogste hoogwaterlijn op een dag is opgenomen langs drie kustdwarse raaien met een onderlinge afstand van 250 meter. Hiervoor zijn de 'Argus Merge Tool' (AMT) en de 'Intertidal Beach Mapper' (IBM) gebruikt.

Het bleek niet mogelijk om van iedere dag de hoogwaterlijnen te bepalen vanwege hoogwater gedurende de nacht, slechte atmosferische condities of mensen en objecten nabij de waterlijn. De overschrijdingslijnen langs een aantal lijnen op het strand van Noordwijk zijn weergegeven in figuur 13. De bebouwing op het strand ligt rond de 0 % overschrijdingslijn, wat betekent dat gedurende de studieperiode de bebouwing niet in gevaar is geweest tijdens hoogwater.

De ruimtelijke resolutie van de CSI hoogwater overschrijdingslijn kan verbeterd worden door langs meer kustdwarse raaien met een kleinere onderlinge afstand (bijvoorbeeld 100 m) de positie van de hoogste hoogwaterlijn op een dag te bepalen.

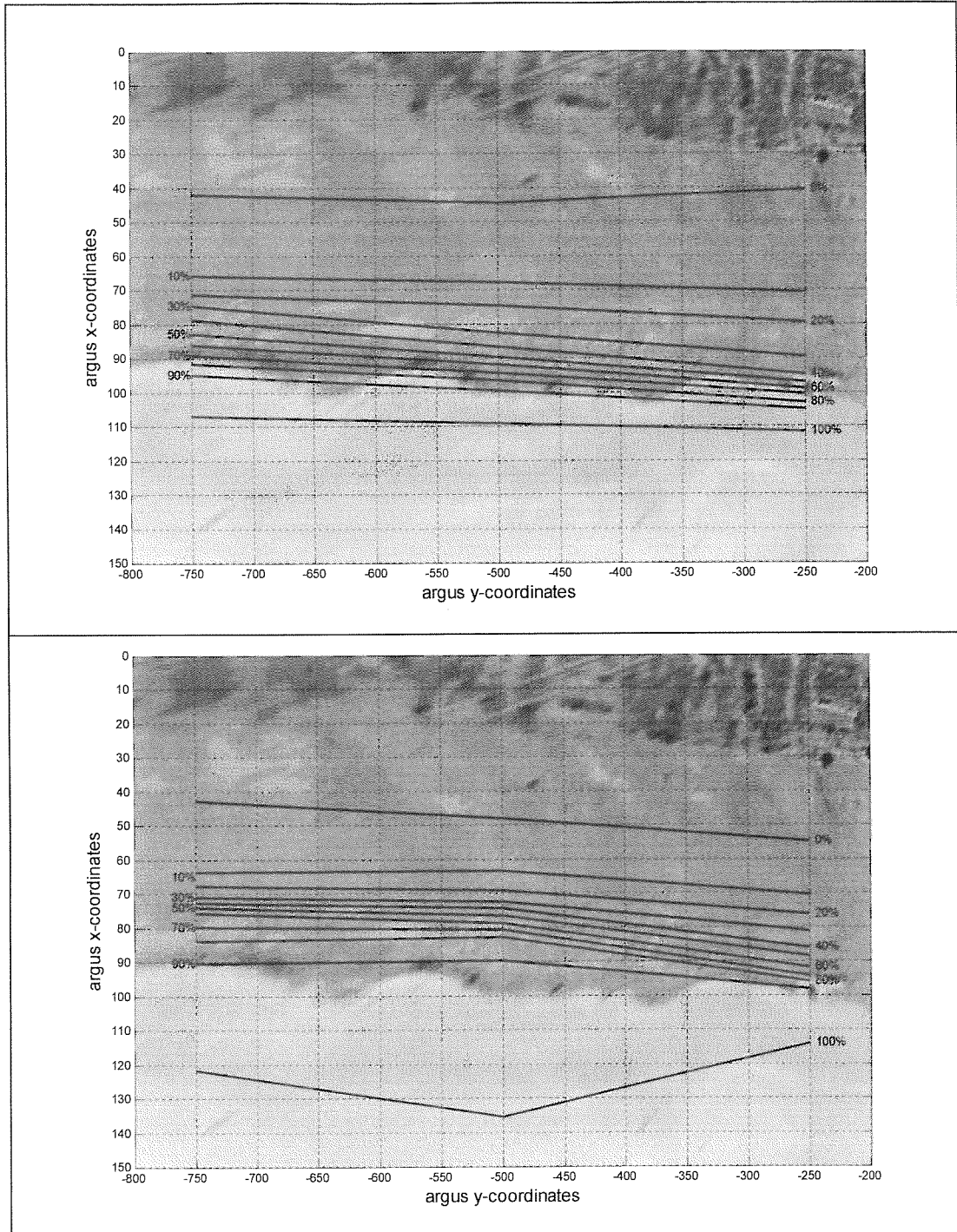


Fig. 13: Hoogwater overschrijdingslijnen gedurende hoogwater in 2001 (boven) en 2002 (onder). De lijnen zijn over een Argusbeeld op 14-09-2001, 9u GMT van Noordwijk heen gelegd. De zee ligt aan de onderzijde van de beelden en het droge strand aan de bovenzijde. Per hoogwater overschrijdingslijn is aangegeven wat het overschrijdingspercentage is.

4.5.4 Conclusies veiligheid strandbebouwing en hoogwater overschrijdingslijn

Hoogwater overschrijdingslijnen kunnen gekwantificeerd worden uit Argus videobeelden. Het overstromingspercentage kan ruimtelijk weergegeven worden waardoor het een potentieel waardevolle CSI is voor de veiligheid van strandbebouwing.

5 Conclusies

De rijksoverheid staat voor de opgave om de veiligheid tegen overstroming en de ruimtelijke kwaliteit van het kustgebied nu en in de toekomst te waarborgen en waar mogelijk te versterken. Informatie van de toestand van de kust en kennis van de processen die spelen langs de kust zijn nodig om beleidsstrategische doelstellingen die opgesteld zijn in het kader van deze opgave na te komen. Het Rijksinstituut voor Kust en Zee en WL| Delft Hydraulics hebben het Voortschrijdend Onderzoeksprogramma (VOP) opgesteld teneinde kennis die van belang is voor het kustbeheer te ontwikkelen en uit te wisselen zodat deze bij kan dragen aan een adequaat beheer. De vraag wat interessante informatie is voor de kustbeheerder en hoe deze uitgedrukt dient te worden in een parameter ligt ten grondslag aan dit project en ook aan het EU project Coastview. Binnen Coastview wordt in Europees kader gezocht naar de verbetering van de bruikbaarheid van Argus videowaarnemingen ter ondersteuning van kustbeheer. Hierbij spelen de zogenaamde 'Coastal State Indicators' (CSI's) een centrale rol.

Het doel van dit onderzoek is om een aantal geselecteerde CSI's te definiëren en waar mogelijk te kwantificeren met videodata om ze praktisch toepasbaar te maken in het kustbeheer. De CSI's zijn in dit onderzoek gekwantificeerd met Argus videodata bij Egmond in de periode juni 1999 tot en met augustus 2001. In totaal zijn er negen CSI's uitgewerkt.

De Momentane Kustlijn (MKL) dient de bestaande operationele doelstelling handhaving van een stabiele kustlijnpositie.

(1) Met Argus videoteknik kan redelijk goed de ontwikkeling van de *MKL* positie berekend worden, ondanks de voorsnog buiten beschouwing gelaten morfologische veranderingen op het droge strand.

Met de komst van de moderne videoteknik is het mogelijk om gemakkelijker en met een grotere resolutie data in te winnen. Dit biedt de mogelijkheid om bestaande doelstellingen, veiligheid tegen overstroming respectievelijk handhaving van een stabiele kustlijnpositie, met nieuwe CSI's te ondersteunen. Drie nieuwe CSI's bij bestaande doelstellingen zijn de Intergetijde Kustlijn (IKL), het intergetijde strandvolume en de breker bankhoogte.

(2) De *Intergetijde Kustlijn (IKL)* is redelijk te kwantificeren met videodata. De trends in de ontwikkeling van de IKL komen overeen met de trends die de MKL vertoont. Daarbij levert de IKL extra informatie doordat de IKL met een grote resolutie in tijd bepaald kan worden ten opzichte van traditionele veldmetingen.

(3) Het *intergetijde strandvolume* is redelijk goed te kwantificeren met Argus videodata. Ook dit uit video bepaalde intergetijde strandvolume levert extra informatie ten opzicht van bepaling uit velddata door de grotere resolutie in tijd en ruimte.

(4) Op basis van de waargenomen vermoedelijke relatie tussen bank-configuratie in de brandingszone en erosie van de kust wordt geconcludeerd dat de *bankhoogte* relevante informatie biedt voor kustbeheer. Kwantificering van de bankhoogte uit videodata levert goede resultaten.

De beschikbaarheid van een relatief nieuwe techniek geeft de ruimte om binnen en buiten de bestaande kaders van kustbeheer nieuwe operationele doelstellingen en bijbehorende nieuwe CSI's te formuleren. Een goede implementatie van innovatieve CSI's behoeft intensieve en

gestructureerde samenwerking van beheerders, adviseurs en onderzoekers. In dit rapport zijn vijf nieuwe CSI's beschreven: de golfoploop, de kustlangse stroomsnelheid, muilocaties en mui-stroomsnelheid, de strandbreedte en hoogwater overschrijdingslijnen.

(5) Er zijn in Amerika goede resultaten geboekt voor de kwantificering van *golfoploop* uit videodata. De geschiktheid van de gebruikte analysetechnieken voor kusten met sterk afwijkende hydrodynamische en atmosferische karakteristieken wordt momenteel nog onderzocht. Informatie over golfoploop is van belang als het gaat om stabiliteit van constructies zoals bijvoorbeeld dijklichamen.

(6) De ruimtelijke spreiding van *kustlangse stroomsnelheden* kan kwalitatief bepaald worden uit videodata. Deze CSI zou ingezet kunnen worden bij het bewaken van de veiligheid op het gebied van recreatie (zwemveiligheid) of het bepalen van zandverplaatsingen langs de Nederlandse kust.

(7) *Muilocaties* kunnen gevonden worden op videobeelden door de lokale variatie in het brekerpatroon ter plaatse van muien. De muilocaties kunnen ieder uur gelocaliseerd worden met de videoteknik, wat deze CSI geschikt maakt voor bijvoorbeeld het bewaken van de zwemveiligheid. Het kwantificeren van *mui-stroomsnelheden* is vooralsnog niet succesvol langs de Nederlandse kust.

(8) Het strand is van recreatief en economisch belang vanwege de vele activiteiten die op het strand plaats hebben met de daaraan gerelateerde hoge bezoekersaantallen. De beschikbare ruimte op het strand in zijn geheel of van een bepaald deel van het strand kan uitgedrukt worden in de CSI *strandbreedte*. De strandbreedte kan goed bepaald worden uit videodata op tijdschalen van maanden tot jaren en heeft hiermee een hogere resolutie in tijd dan wanneer de strandbreedte uit reguliere veldmetingen bepaald zou worden.

(9) *Hoogwater overschrijdingslijnen* kunnen gekwantificeerd worden uit Argus videobeelden. Het overstromingspercentage kan ruimtelijk weergegeven worden waardoor het een potentieel waardevolle CSI is voor de veiligheid van strandbebouwing en stabiliteit van de duinvoet.

Referenties

- Aarninkhof, S.G.J. (2003). *Nearshore bathymetry derived from video imagery*. PhD. Thesis, Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Delft University of Technology.
- Aarninkhof, S.G.J., Turner, I.L., Dronkers, T.D.T., Caljouw, M., Nipius, L., 2003. *A video-based technique for mapping intertidal beach bathymetry*. Coastal Engineering 49, pp. 275 – 289.
- Brander, R.W., 1999. *Field observations on the morphodynamic evolution of a low-energy rip current system*. Marine Geology, 157: pp. 199-217.
- Caljouw, M., 2000. *Video-based monitoring of the Egmond beach- and shoreface nourishments*. M.Sc. thesis, Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Delft University of Technology.
- Chickadel, C.C., Holman, R.A. en Freilich, M.H., 2003. *An optical technique for measurement of longshore currents*. Journal of Geographical Research.
- Chickadel, C.C. en Holman, R.A., 2002b. *Optical measurements of low frequency cross-shore flows*. In: EOS Trans. AGU, 83(47), Najaarsbijeenkomst supplement
- Cohen, A.B., 2003. *Video-derived observations of longshore currents*. M.Sc. thesis, Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Delft University of Technology. Rapport z3536 WL| Delft Hydraulics.
- Davidson-Arnott, R.G.D. en Greenwood, B., 1974. *Bedforms and structures associated with bar topography in the shallow-water wave environment, Kouchibouguac Bay, New Brunswick, Canada*. Department of Geography and Scarborough College, University of Toronto.
- De Graaff, R.F., 1995. *Rip current observations*. Report of practical period Noordwijk '95 field campaign, Department of Physical Geography, Utrecht University.
- Duin, van M.J.P. en Wiersma, N.R., 2002. *Evaluation of the Egmond shoreface nourishment*. Z3054/Z3148, WL Delft Hydraulics.
- Hijma, M., 2003. *High tide exceedence curves at Noordwijk*. Internal report, Department of Physical Geography, Utrecht University.
- Holland, K.T. en Holman, R.A., 1997. *Video estimation of foreshore topography using trinocular stereo*. Journal of Coastal Research 13.
- Holland, K.T. en Puleo, J.A., 2001. *Variable swash motions associated with foreshore profile change*. Journal of Geophysical Research 106, pp. 4613-4623.
- Holland, K.T., Puleo, J.A. en Kooney, T.N., 2001. *Quantification of swash flows using video-based particle image velocimetry*. Coastal Engineering 44, pp. 65-77.
- Holland, K.T., Raubenheimer, B, Guza, R.T. en Holman, R.A., 1995. *Runup kinematics on a natural beach*. Journal of Geophysical Research 100, pp. 4985-4993.
- Kannan, S., Lippmann, T.C. en List, J.H., 2003. *The relationship of nearshore sandbar configuration to shoreline change*. In: Proc.Coastal Sediments 2003, New York: ASCE.
- Koningsveld, van, M., 2003. *Matching specialist knowledge with end users needs*. Ph.D. Thesis, Water Engineering and Management, Universiteit Twente.
- Koningsveld, van M. en Mulder, J.P.M., 2002. *Sustainable coastal policy in The Netherlands. A small and large scale approach*. In: Proc. 28th Int. Conf. on Coastal Engineering, New York, ASCE, pp. 3594-3605.
- Kroon, A. en Wijnberg, K. (1997). *The morphological behaviour of a rip channel system*. Contribution International Conference Coastal Research through large scale experiments, University of Plymouth.
- Meesen, B., 2000. *Banken en muistromen in het intergetijd gebied van Egmond aan Zee*. Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen, Universiteit Utrecht, pp 52.
- Min. V&W, 1990. *Kustbescherming na 1990, een beleidskeuze voor kustbescherming*. Eerste Kustnota, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag.
- Min. V&W, 1996. *Kustbalans - 1995*. Tweede Kustnota, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag.
- Mulder, J.P.M., 2000. *Zandverliezen in het Nederlandse kuststelsel; Advies voor Dynamisch Handhaven in de 21^e eeuw*. Rapport RIKZ-2000.36, Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ), Den Haag.
- Nipius, L.J., 2002. *Evaluation of nourishments at Egmond with Argus video monitoring and Delft3D-MOR.*. M.Sc.. thesis, Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Delft University of Technology.

- Noort, van, J.C., 1997. *Rip currents, Morphodynamic simulations*. M.Sc. Thesis, Faculty of Civil Engineering, Delft University of Technology.
- Plant, N.G., Holland, K.T., Puleo, J.A. ,2002. *Analysis of the scale of errors in nearshore bathymetric data*. Marine Geology 191, pp. 71-86.
- Puleo, J., Holland, K.T., Kooney, T.N. en Sallenger Jr, A.H., 2000. *Field observations of swash zone flow patterns and 3d morphodynamics*. In: Proc. 27th Int. Conf. on Coastal Engineering, ASCE, pp.637-650.
- Reintjes, C.M., 2002. *Muilocaties voor de kust bij Egmond aan Zee. Relatie tussen muilocaties en volumeveranderingen*. Instituut voor Marien en Atmosferisch Onderzoek Utrecht (IMAU), Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen, Universiteit Utrecht.
- Shepard, F.P., Emery, K.O., La Fond, E.C., 1941. *Rip currents: A process of geological importance*. Journal of Geology, 49: 337-369.
- Smith, J.A. en Largier, J.L., 1995. *Observations of nearshore circulation: Rip currents*. Journal of Geophysical Research, 100: 10967-10975.
- Sonu, C.J., 1972. *Field observation of nearshore circulation and meandering currents*. Journal of Geophysical Research, 77: pp. 3232-3247.
- TAW (Technische Adviescommissie van de Waterkeringen), 1995. *Basisrapport zandige kust, behorende bij de leidraad zandige kust*.
- TAW (Technische Adviescommissie van de Waterkeringen), 1984. *Leidraad voor de beoordeling van de veiligheid van duinen als waterkering*.
- Thornton, E.B., Egley, L.A., Sallenger, A. en Parsons, R., 2003. *Erosion in southern Monterey Bay during the 1997-98 El Nino*. In: Proc. Coastal Sediments 2003, New York: ASCE.

A Duinvoet afleiden uit Argusbeelden

Voor de 'Coastal State Indicators' (CSI's) strandvolume, Momentane Kustlijn (MKL), strandbreedte en hoogwater overschrijdingslijn is informatie van de bathymetrie van het hoge strand tot aan de duinvoet nodig. De duinvoet is gedefinieerd op 3 m NAP. Bovendien is de bathymetrie van het (hoge) strand tijdens extra hoge waterstanden van belang voor de evaluatie van morfologische veranderingen. De bathymetrie kan niet met traditionele meetmethoden opgenomen worden tijdens storm, maar mogelijk wel met Argus videotechneek.

Daarom wordt in deze bijlage een voorbeeldtoepassing van 'Intertidal Beach Mapper' (IBM) op het hoge strand tot rond de duinvoet onderzocht. Het is een eerste inventarisatie naar de mogelijkheid om het hoge strand tot rond de duinvoet uit video te bepalen.

In gevallen van een combinatie van springtij én hoge golven én stormopzet kan met Argus IBM de duinvoet gelocaliseerd worden omdat de waterstand een hoge waarde bereikt. Wanneer de waterstand niet geheel tot aan de duinvoet komt, maar bijvoorbeeld tot de 2.5 m NAP, kan extrapolatie van het profiel een uitkomst bieden.

Hieronder volgen enkele voorbeelden (zie figuur A1 tot en met A4) van extra hoge waterlijnen die met IBM te bepalen zijn op Argus videobeelden van het station Jan van Speijk in Egmond in 1999 tot 2002.

Op 28 december 2001 het hoge strand tot voorbij de duinvoet opgenomen worden met IBM (zie figuur A1). De beeldkwaliteit is echter slecht als gevolg van regen op de behuizing van de camera.

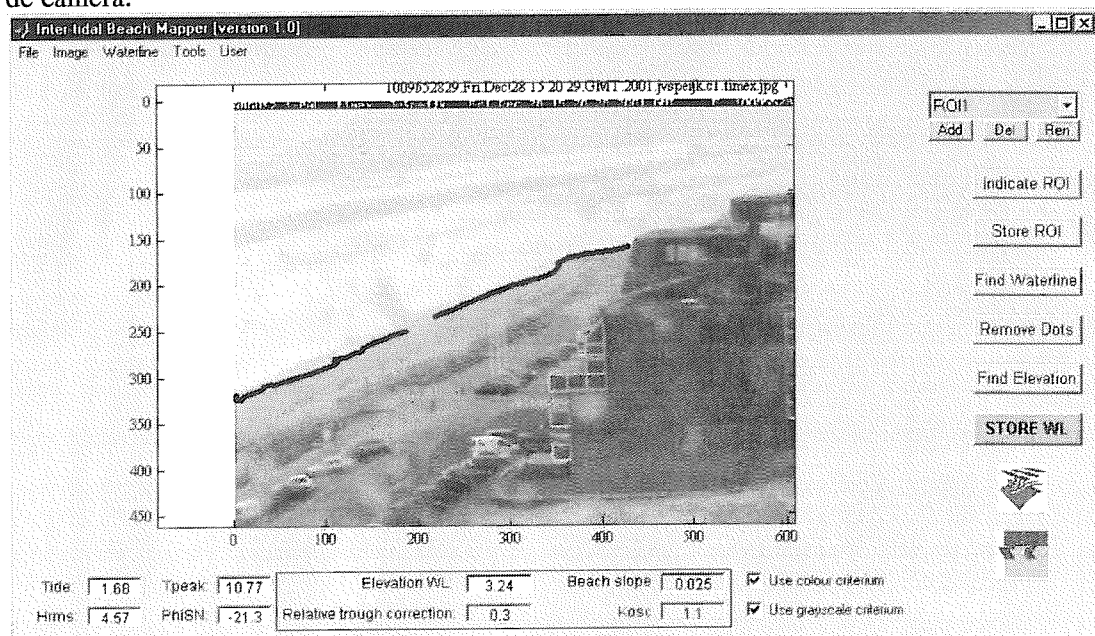


Fig. A1: IBM kustlijn op 28 december 2001, 15.20 u GMT (Tide 1.68m; Hrms 4.57m; Elevation 3.24m; Wave set-up at shoreline: 0.67; Vertical swash height: 1.61).

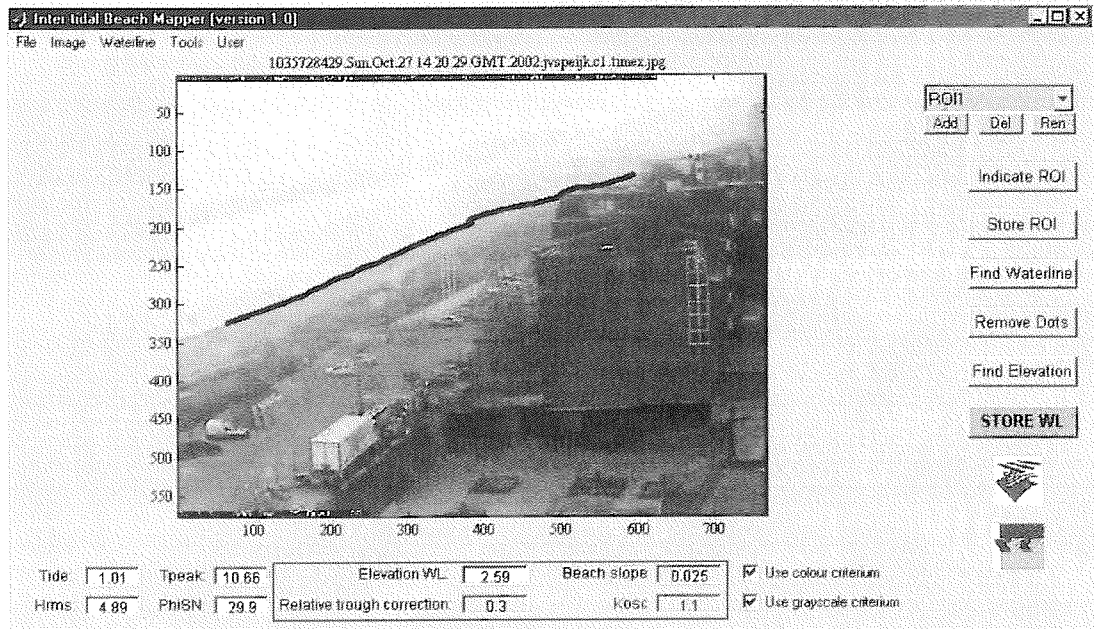


Fig. A2: IBM kustlijn op 27 oktober 2002, 14.20 u GMT (Wave set-up at shoreline: 0.67; Vertical swash height: 1.65; Elevation waterline: 2.59).

Bij een getijniveau op zee van 1.01 m NAP en golven met Hrms= 4.89 op 27 oktober 2002 wordt de hoogte van de waterlijn (2.59 m NAP) op het strand berekend met inachtneming van wave set-up en swash hoogte door een hoogtemodel (Aarninkhof et al., 2003) (zie figuur A2). Eén uur na de opname van het beeld in figuur A2 kan een waterlijn van bóven de duinvoet bepaald worden (zie figuren A3). Ook op het beeld van nog een uur later (16.20 u GMT) kan ondanks de invallende duisternis een waterlijn gelocaliseerd worden die op 3.45 m boven NAP ligt (zie figuur A4).

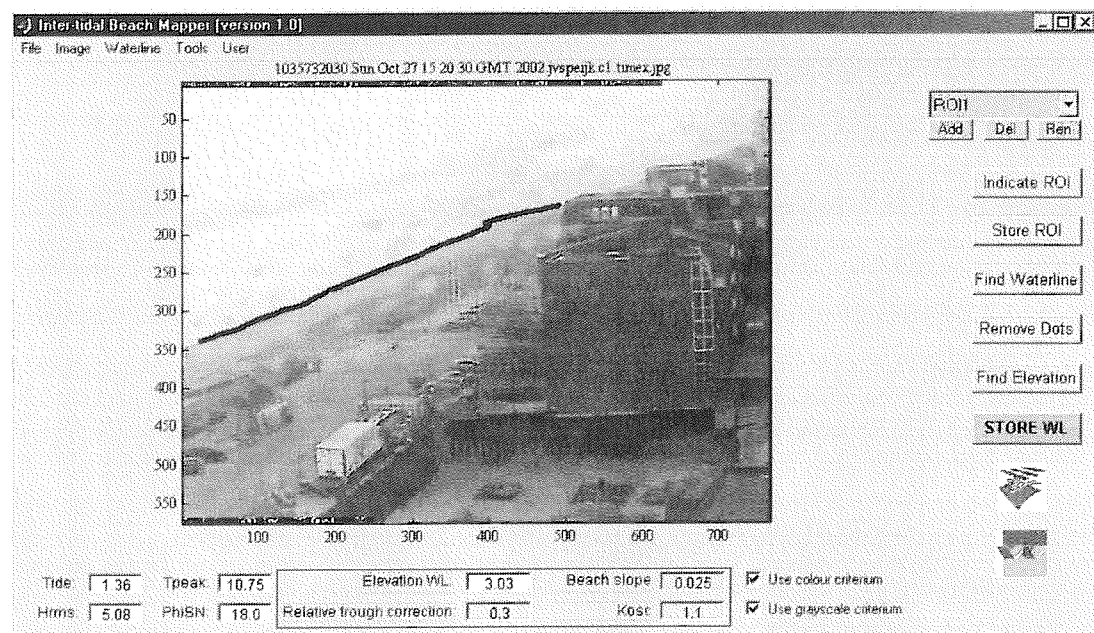


Fig. A3: IBM kustlijn op 27 oktober 2002, 15.20 u GMT (Wave set-up at shoreline: 0.74; Vertical swash height: 1.70; Elevation waterline: 3.03).

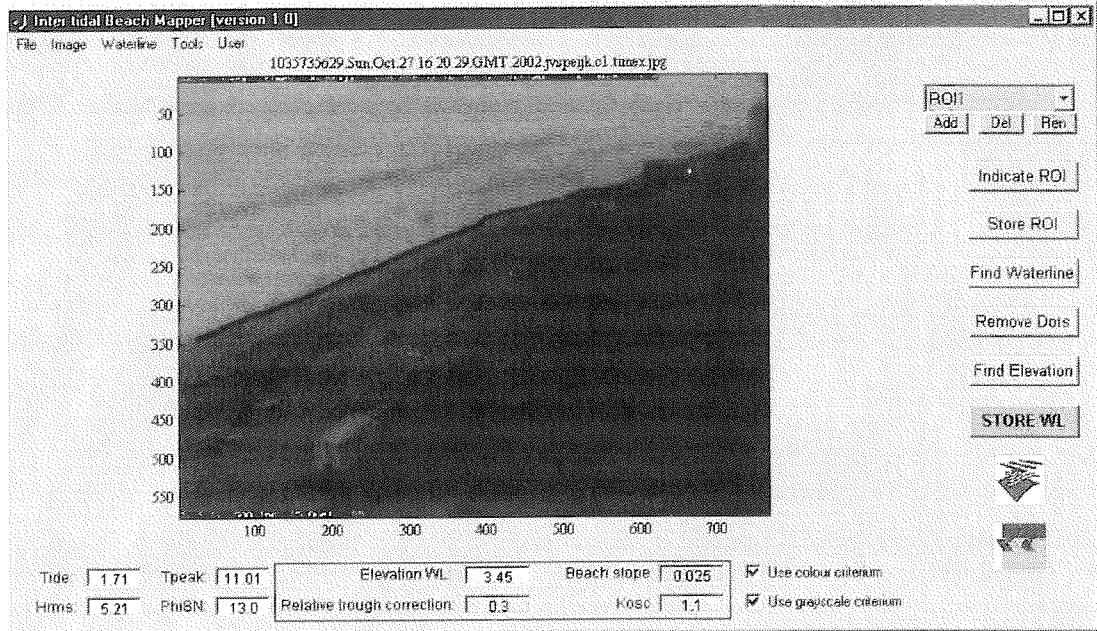
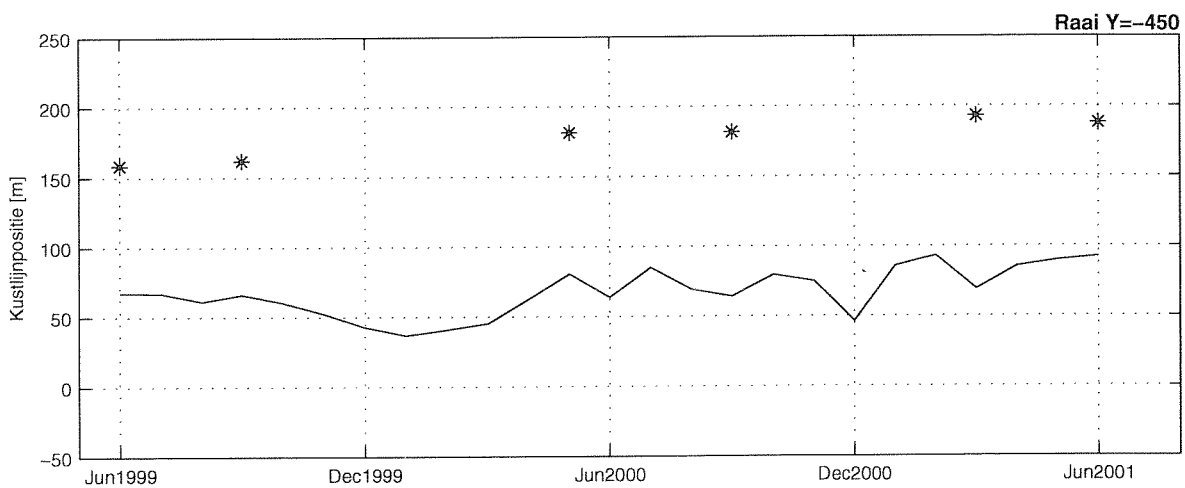
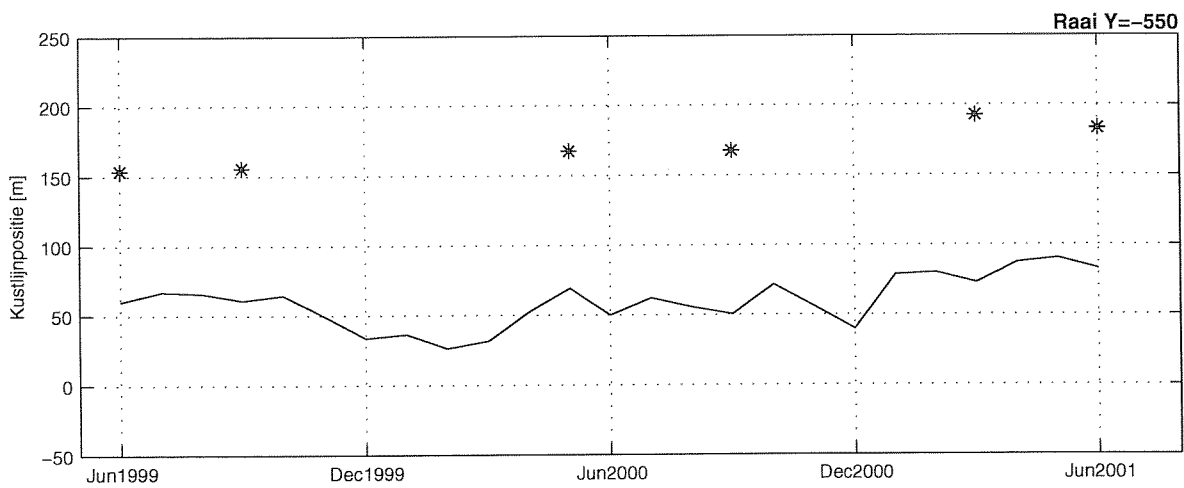
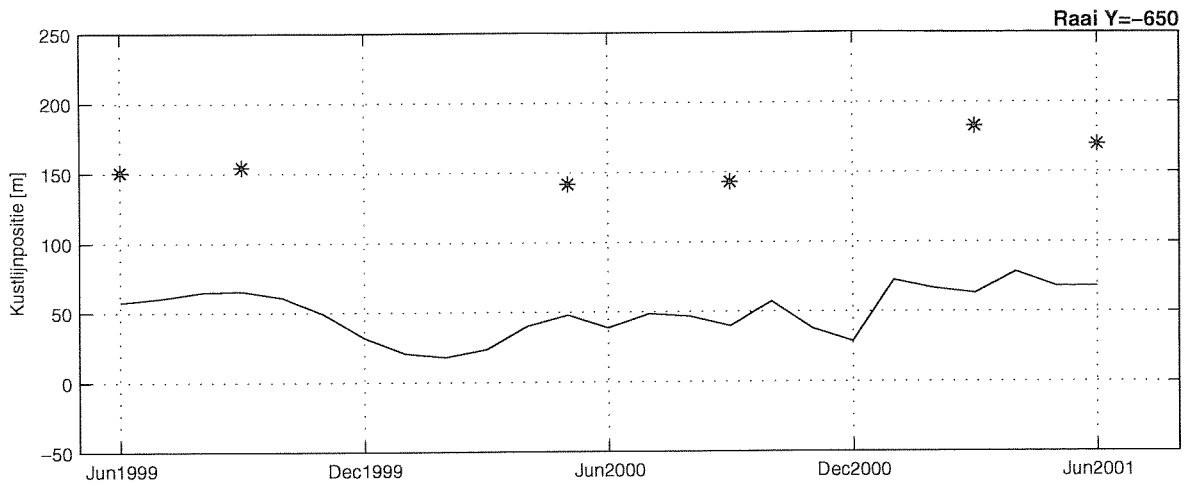


Fig. A4: IBM kustlijn op 27 oktober 2002, 16.20 u GMT (Wave set-up at shoreline: 0.77; Vertical swash height: 1.76; Elevation waterline: 3.45).

Deze eerste inventarisatie naar de mogelijkheid om het hoge strand tot rond de duinvoet uit video te bepalen laat zien dat, afhankelijk van het voorkomen van condities met extra hoge waterstand, het hoge strand tot rond de duinvoet in de orde van grofweg eens per 1 à 2 jaar met IBM bepaald kan worden.

B Kustlijnpositie uit veldmetingen (MKL) en Argusbeelden (IKL)



— Argus
* Veldmeting

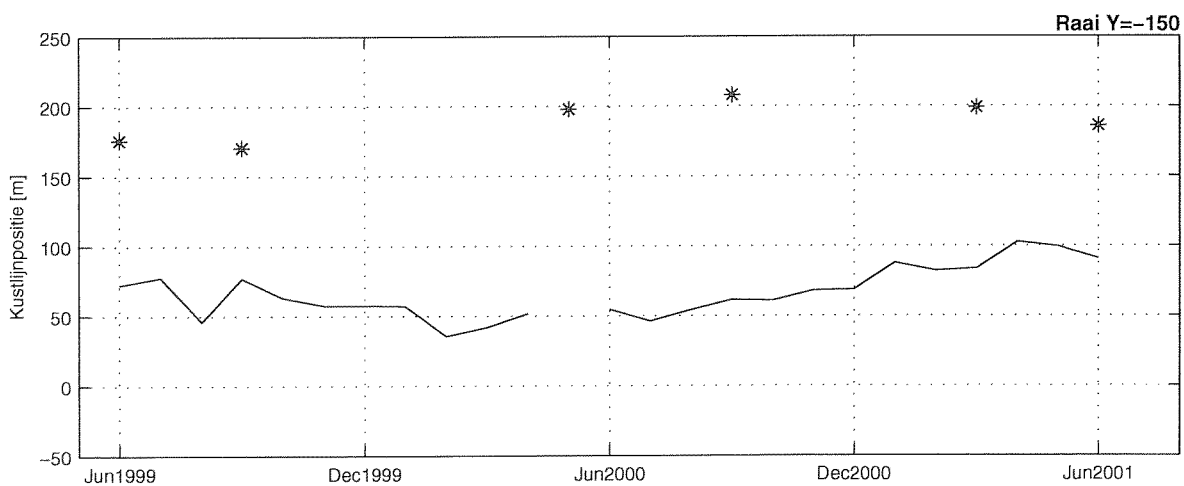
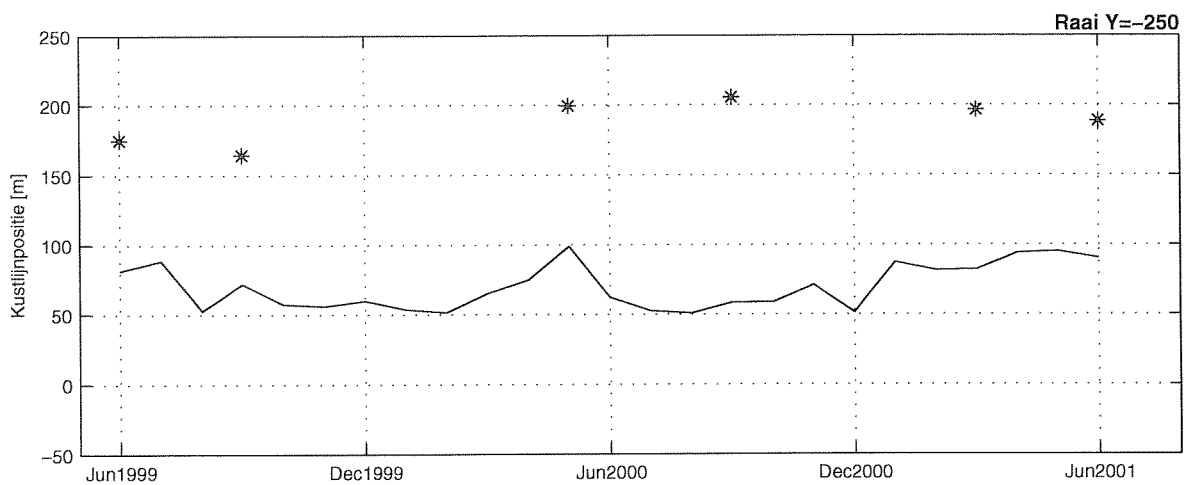
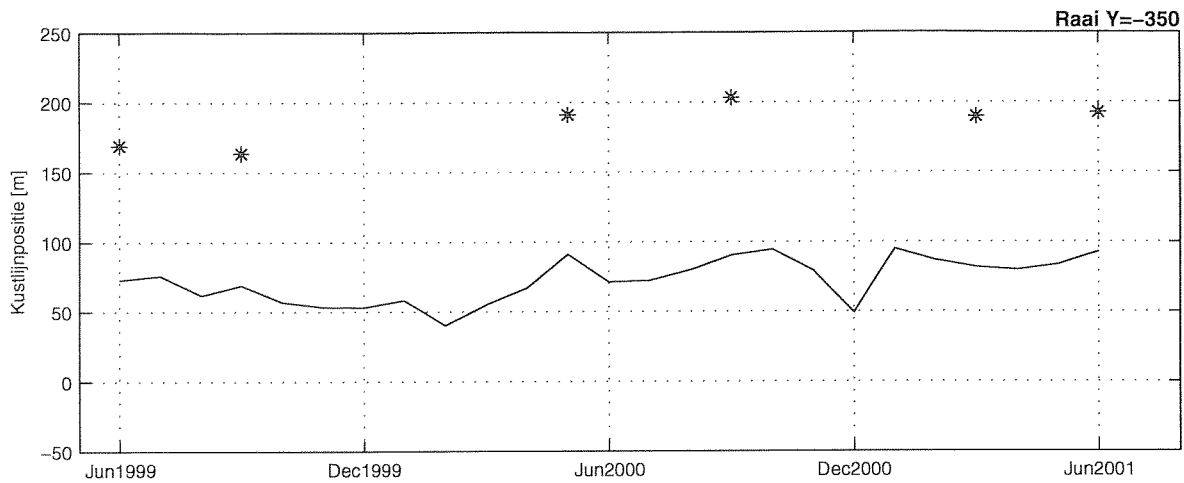
Kustlijnpositie (x)
uit veldmetingen (MKL) en uit Argusbeelden (IKL)

Bijlage B

jun 1999 – aug 2001

WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. B.1

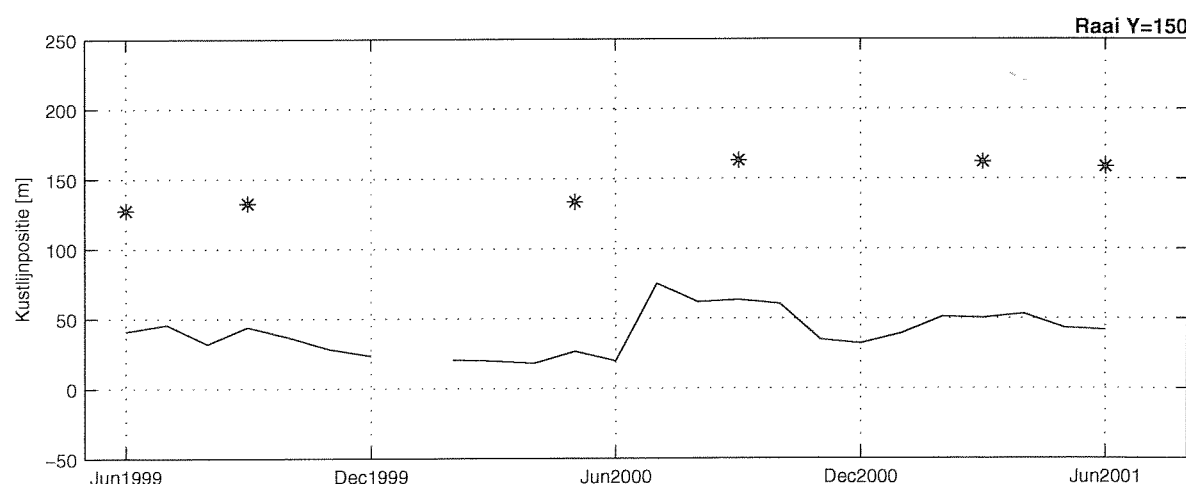
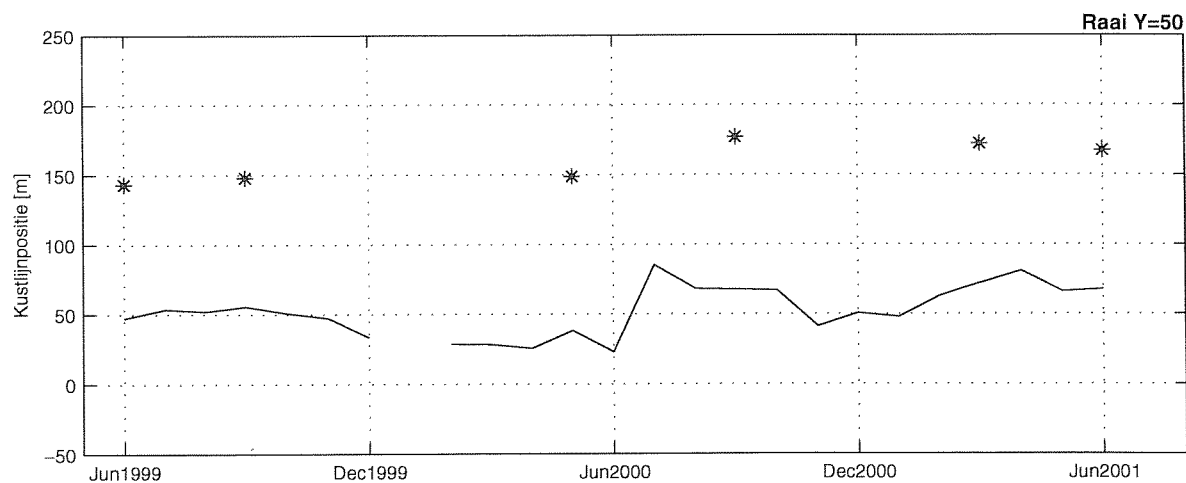
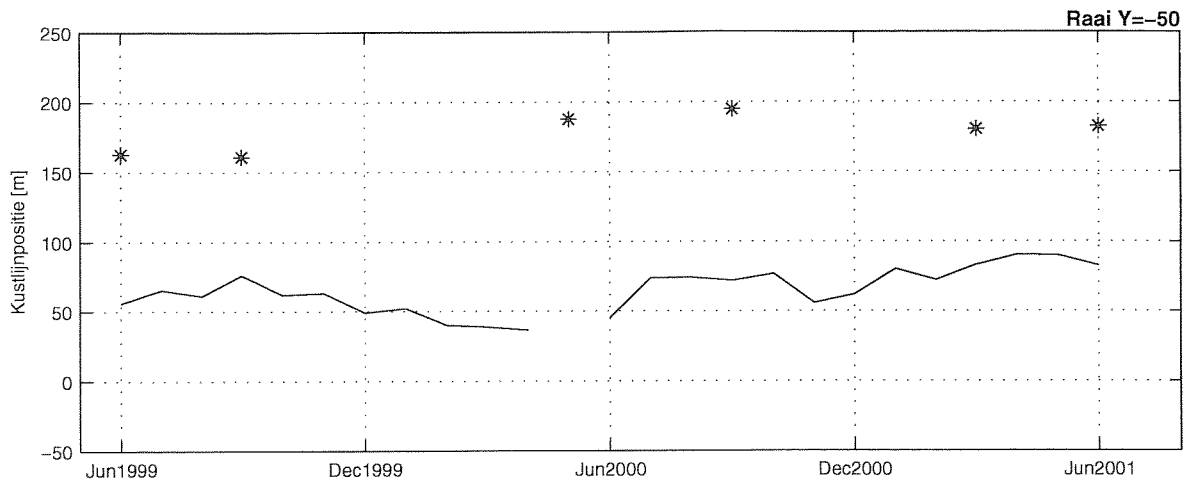


— Argus
* Veldmeting

Kustlijnpositie (x)
uit veldmetingen (MKL) en uit Argusbeelden (IKL)

Bijlage B

jun 1999 – aug 2001



— Argus
* Veldmeting

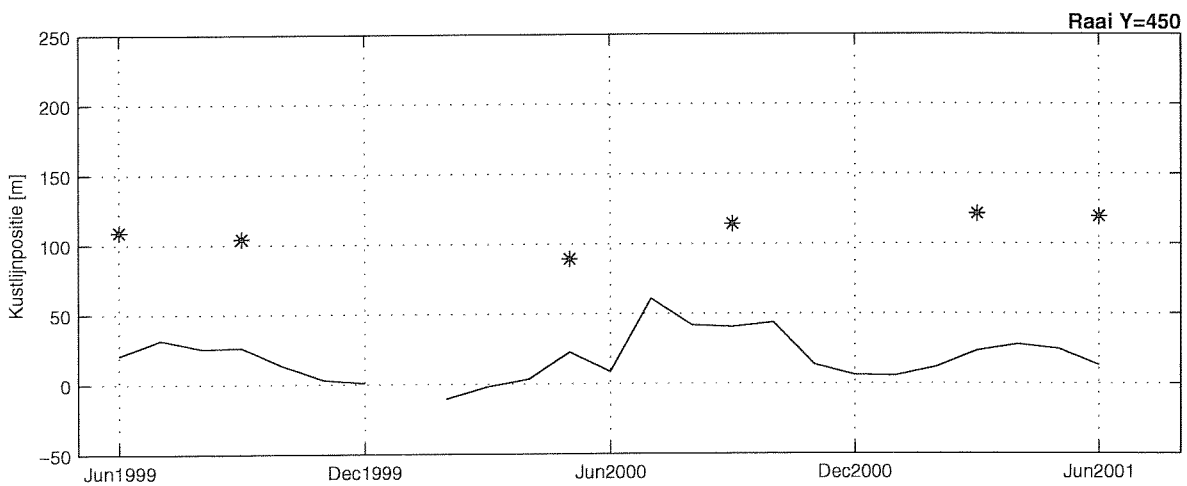
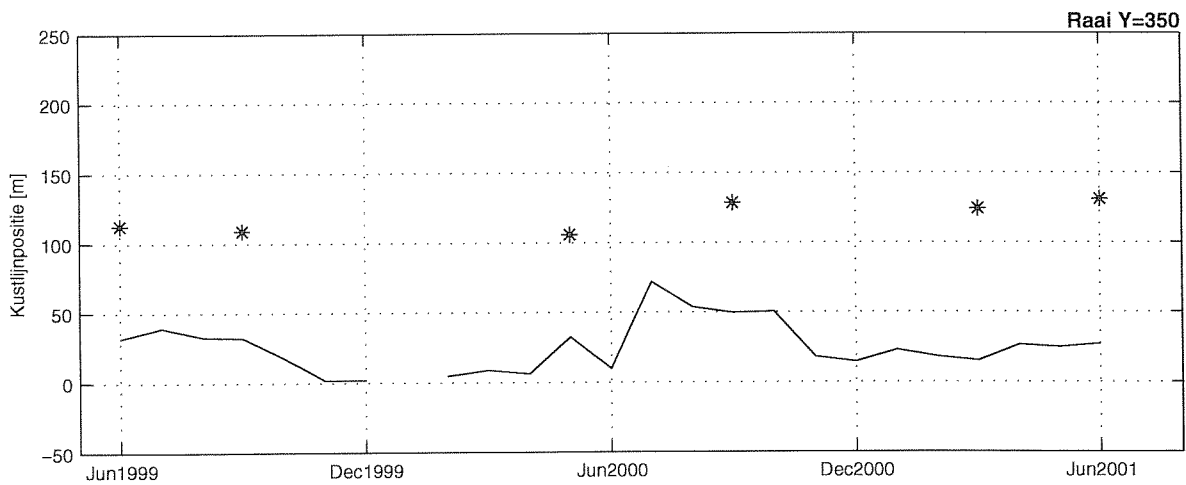
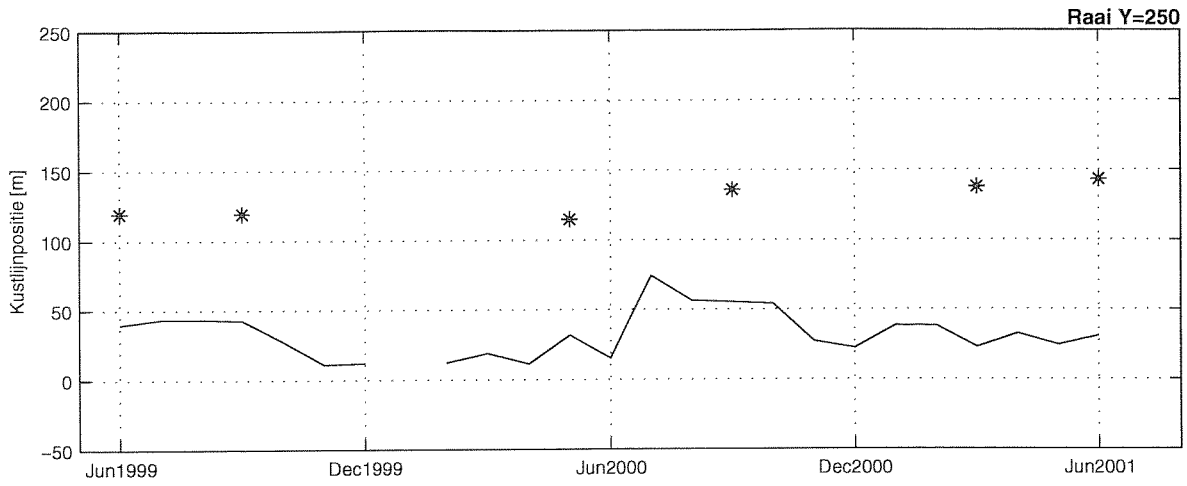
Kustlijnpositie (x)
uit veldmetingen (MKL) en uit Argusbeelden (IKL)

Bijlage B

jun 1999 – aug 2001

WL | DELFT HYDRAULICS

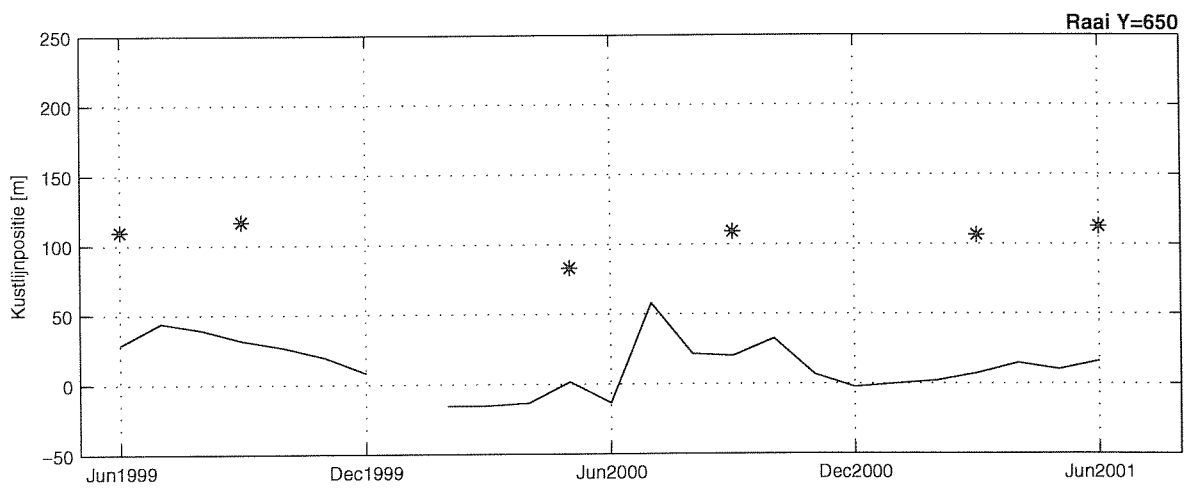
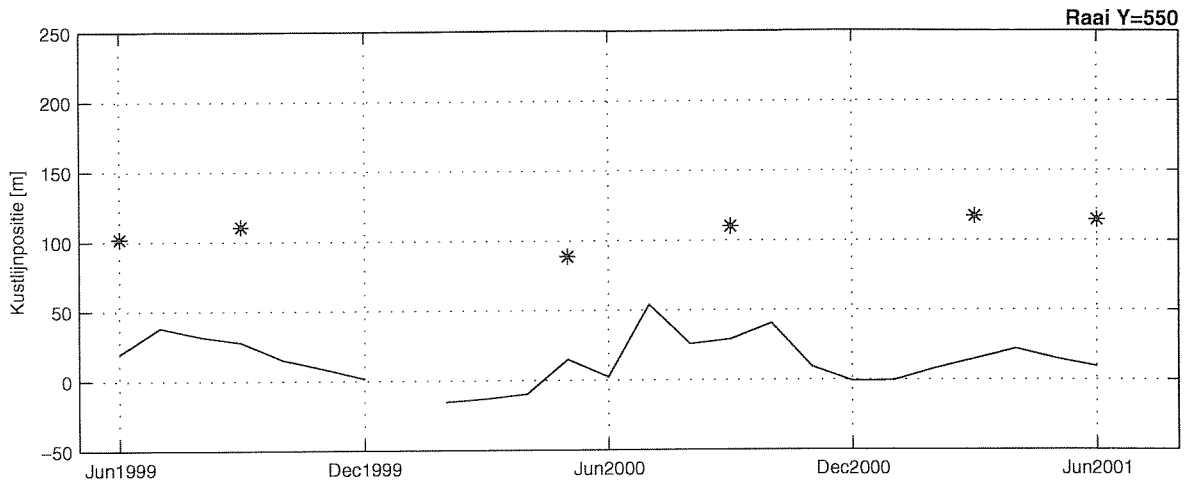
Fig. B.3



— Argus
* Veldmeting

Kustlijnpositie (x)
uit veldmetingen (MKL) en uit Argusbeelden (IKL)

jun 1999 – aug 2001



— Argus
* Veldmeting

Kustlijnpositie (x)
uit veldmetingen (MKL) en uit Argusbeelden (IKL)

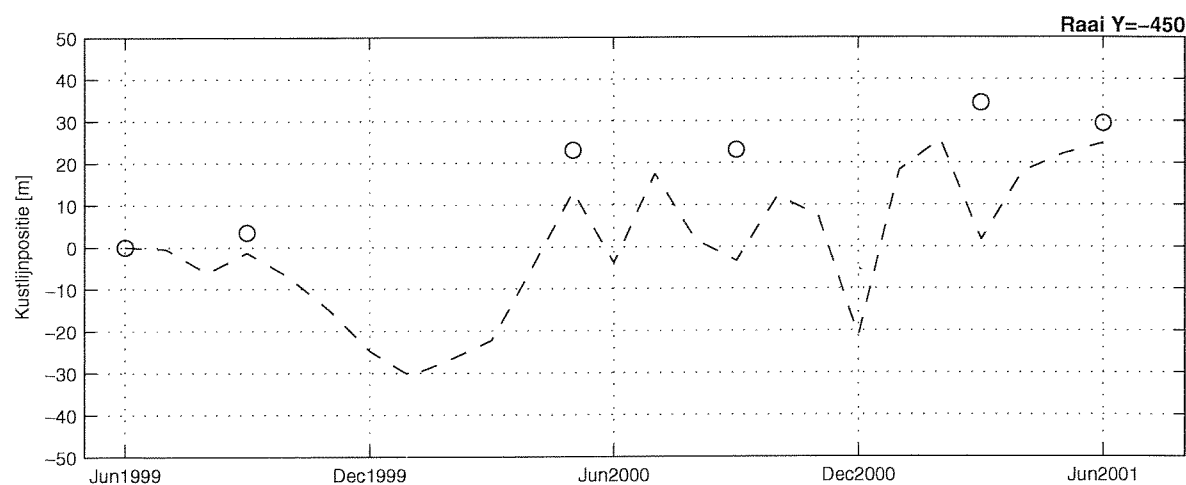
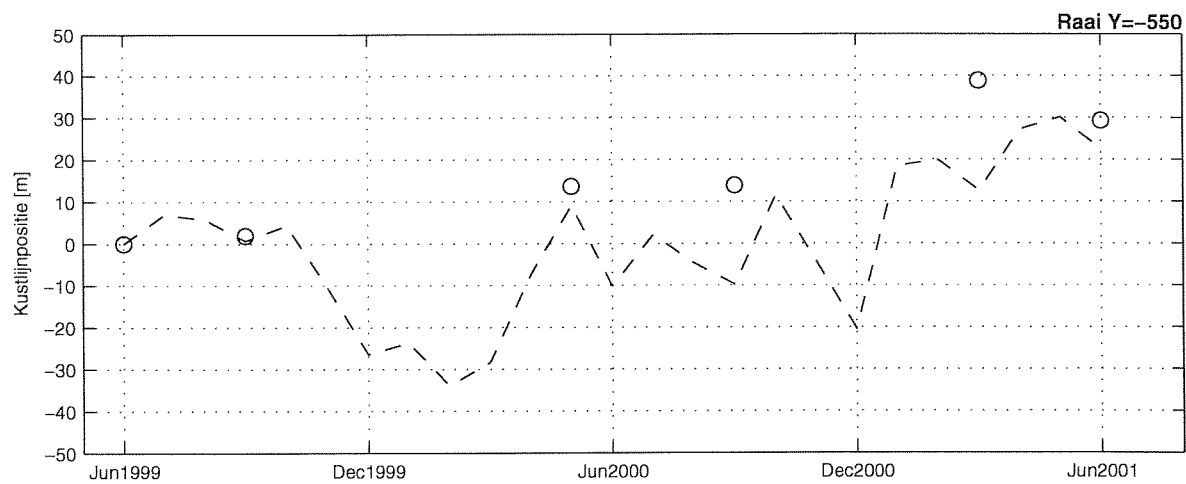
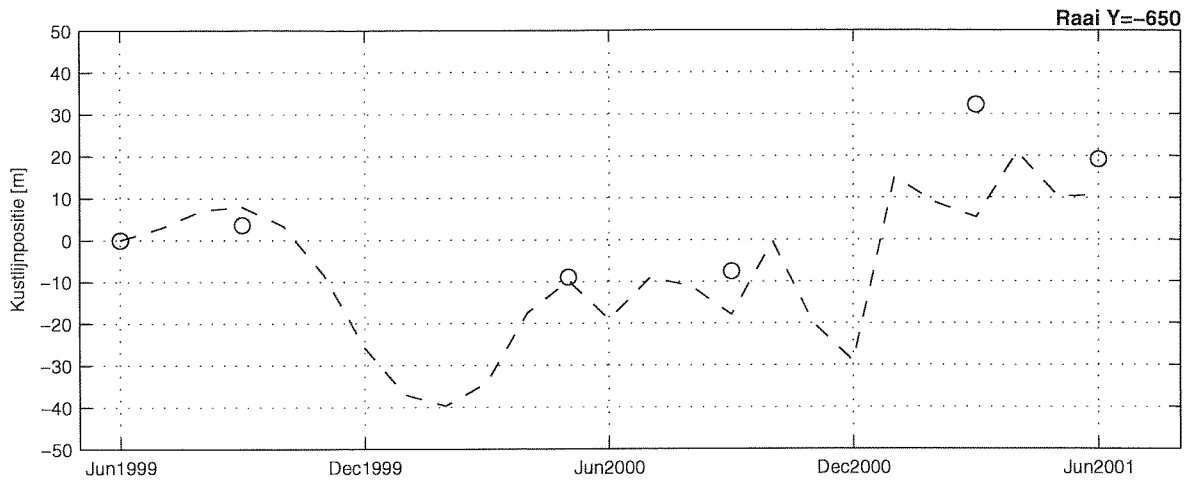
Bijlage B

jun 1999 – aug 2001

WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. B.5

C Kustlijnpositie t.o.v. juni 1999, MKL uit veldmetingen en IKL uit Argusbeelden



- - Argus
 O Veldmeting

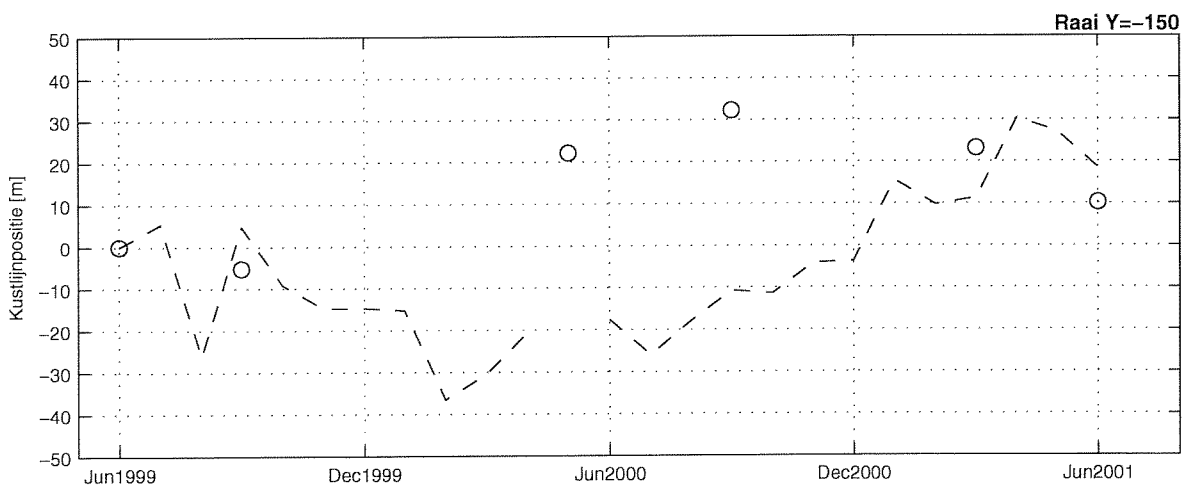
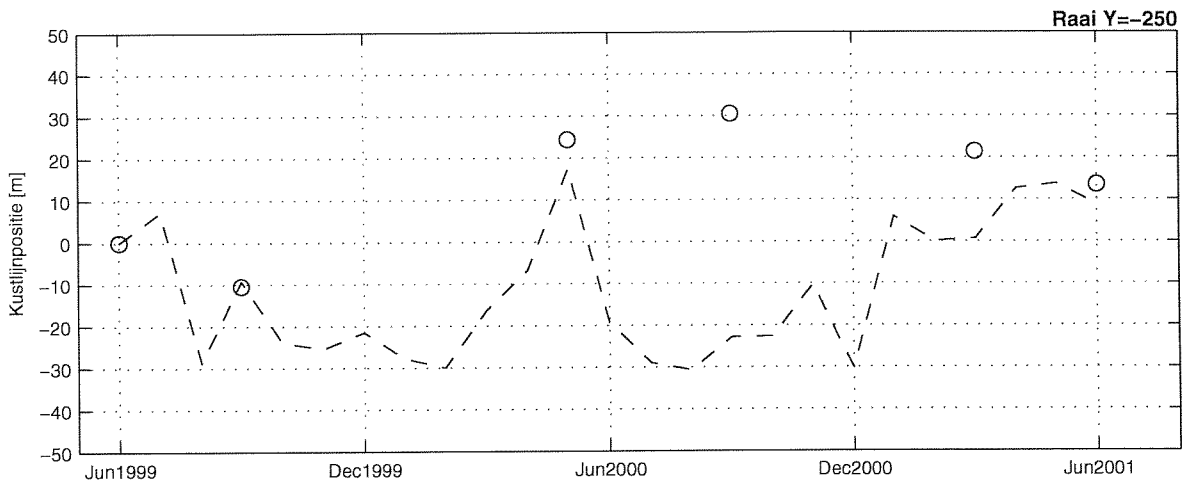
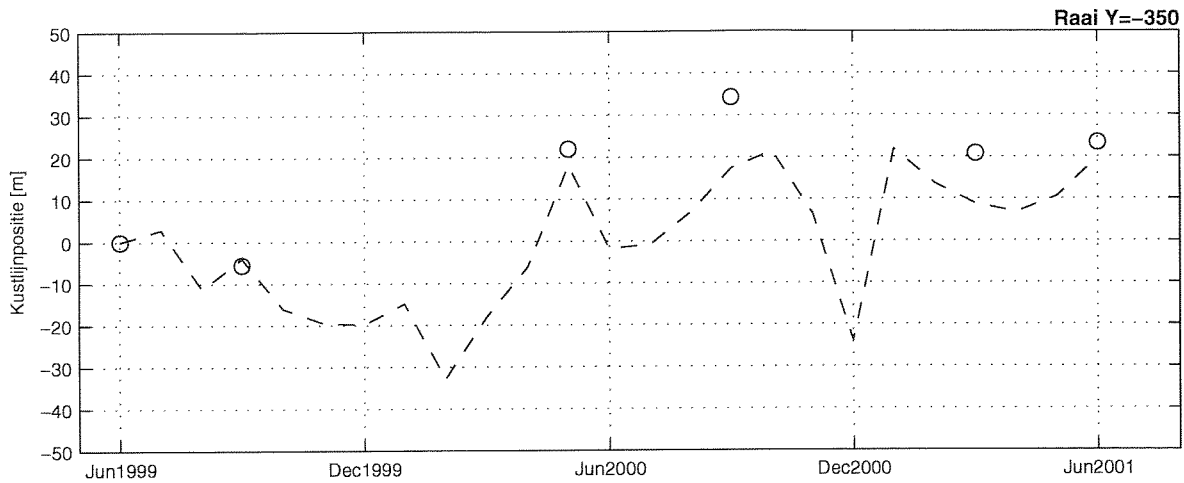
Kustlijnpositie (x) t.o.v. juni 1999,
MKL uit veldmetingen (WESP) en IKL uit Argusbeelden

jun 1999 – aug 2001

WL | DELFT HYDRAULICS

Bijlage C

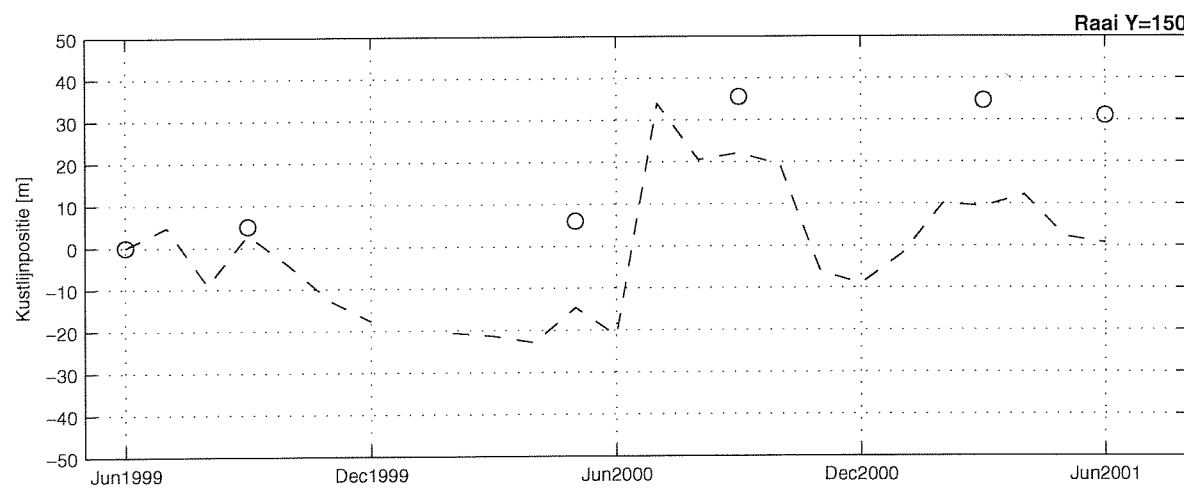
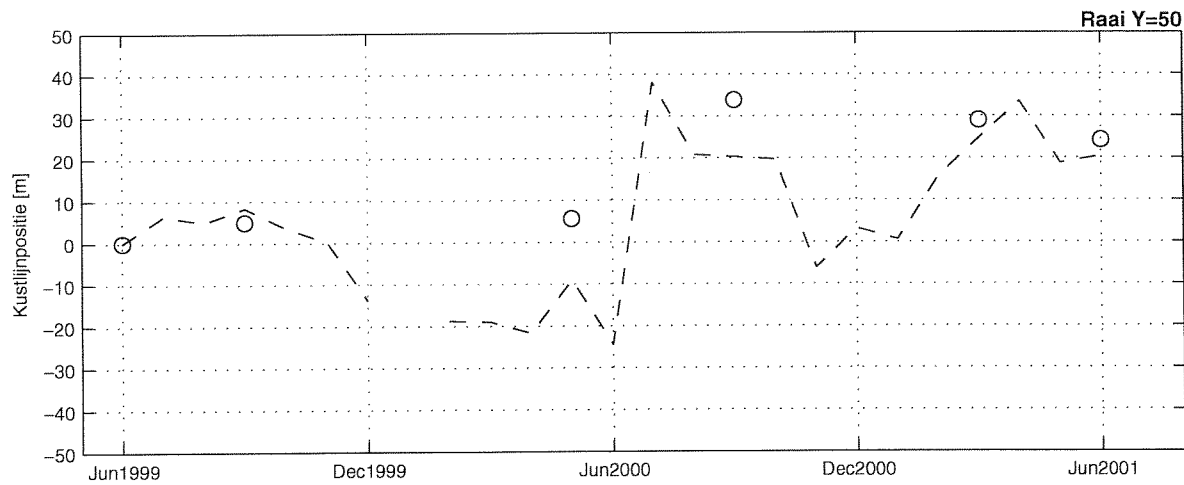
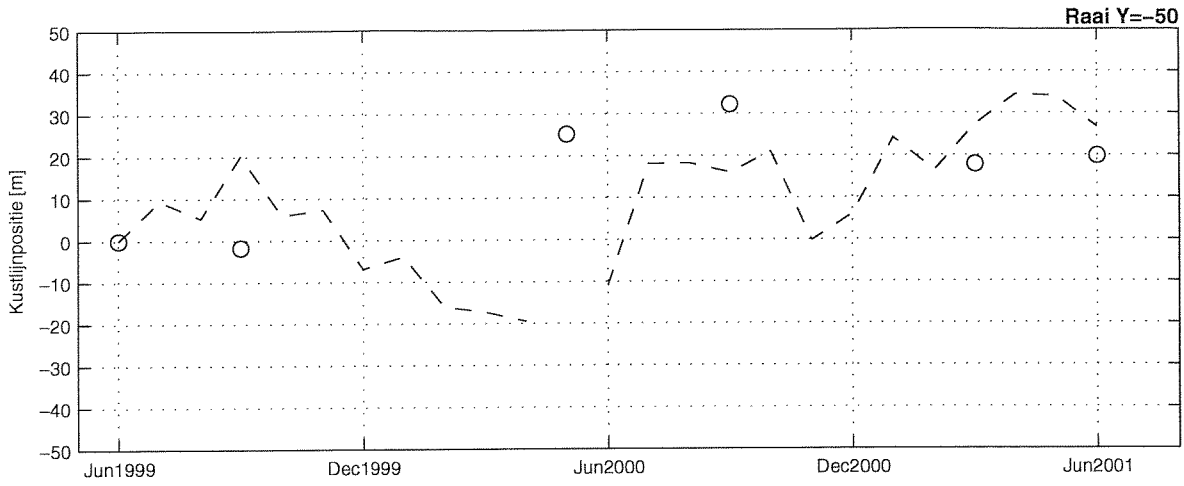
Fig. C.1



- - Argus
 ○ Veldmeting

Kustlijnpositie (x) t.o.v. juni 1999,
MKL uit veldmetingen (WESP) en IKL uit Argusbeelden

jun 1999 – aug 2001



- - Argus
 ○ Veldmeting

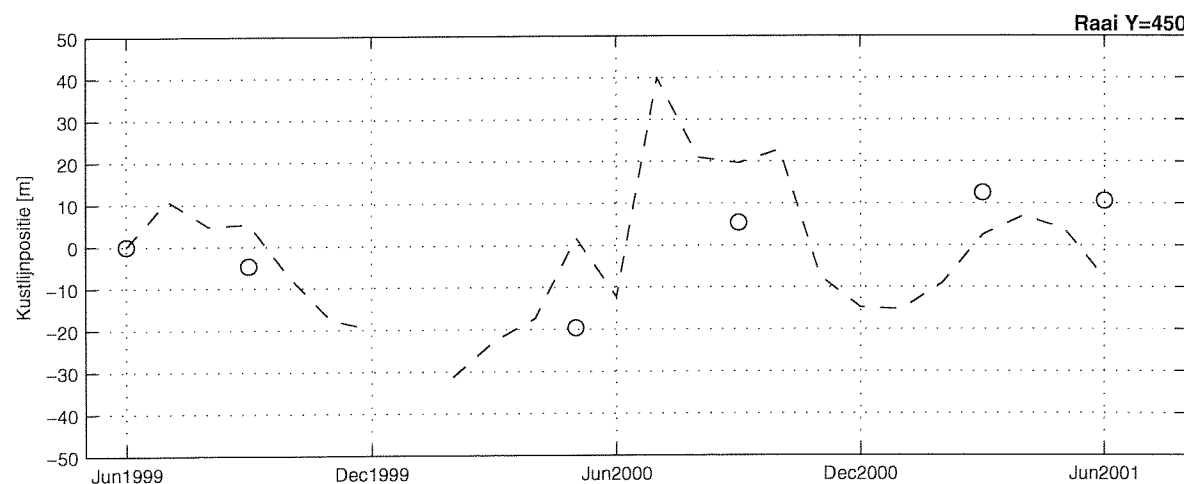
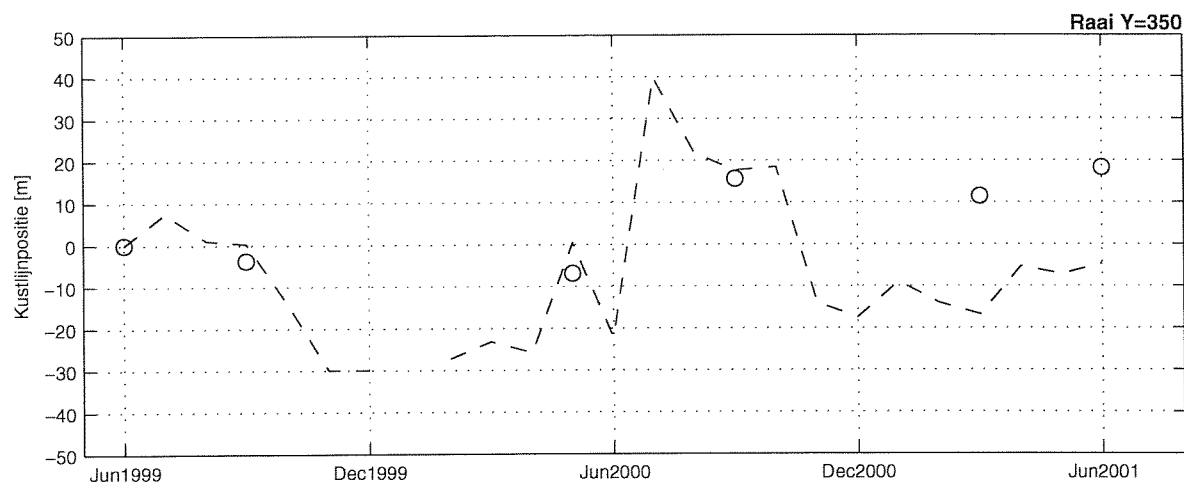
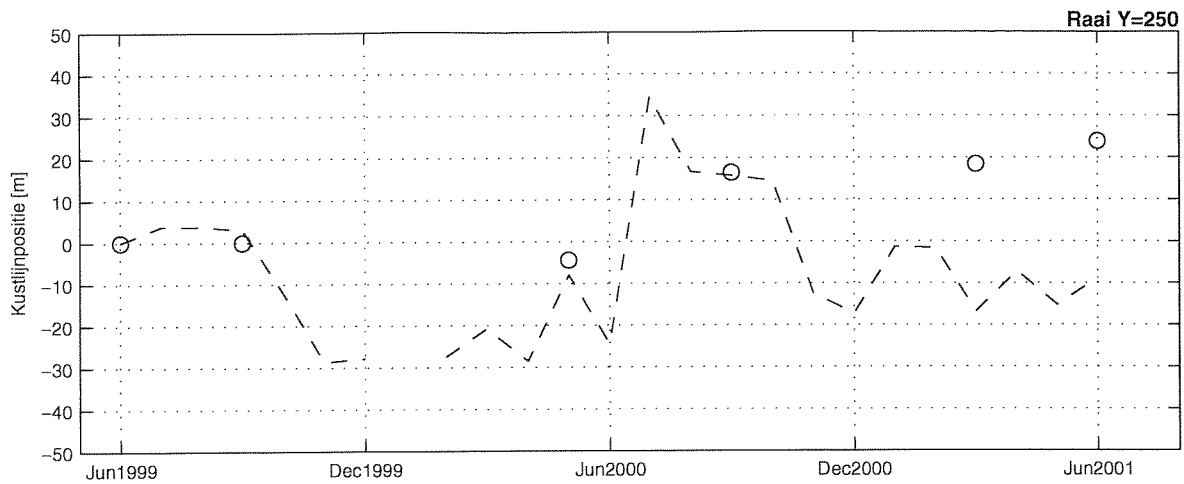
Kustlijnpositie (x) t.o.v. juni 1999,
MKL uit veldmetingen (WESP) en IKL uit Argusbeelden

Bijlage C

jun 1999 – aug 2001

WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. C.3

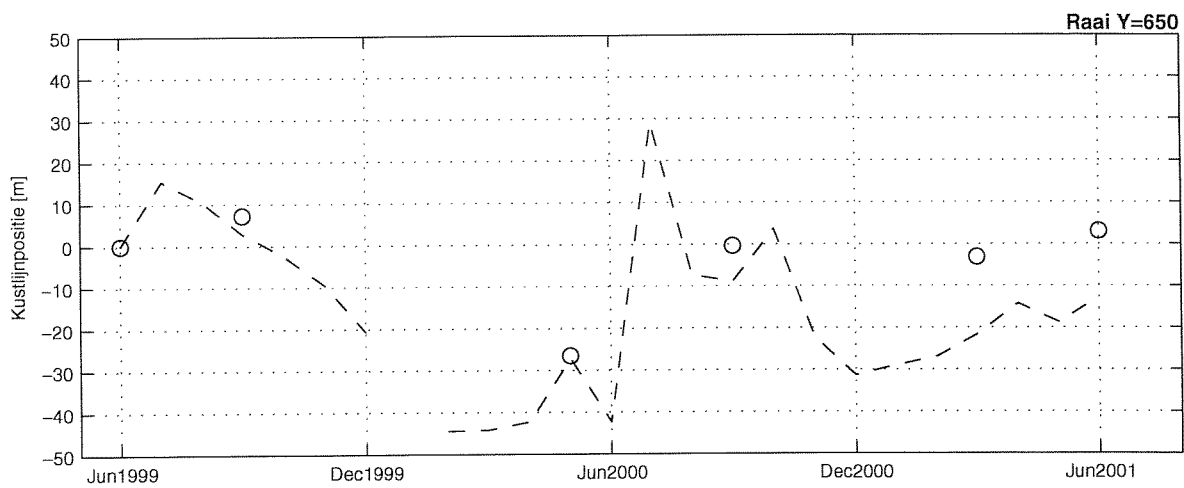
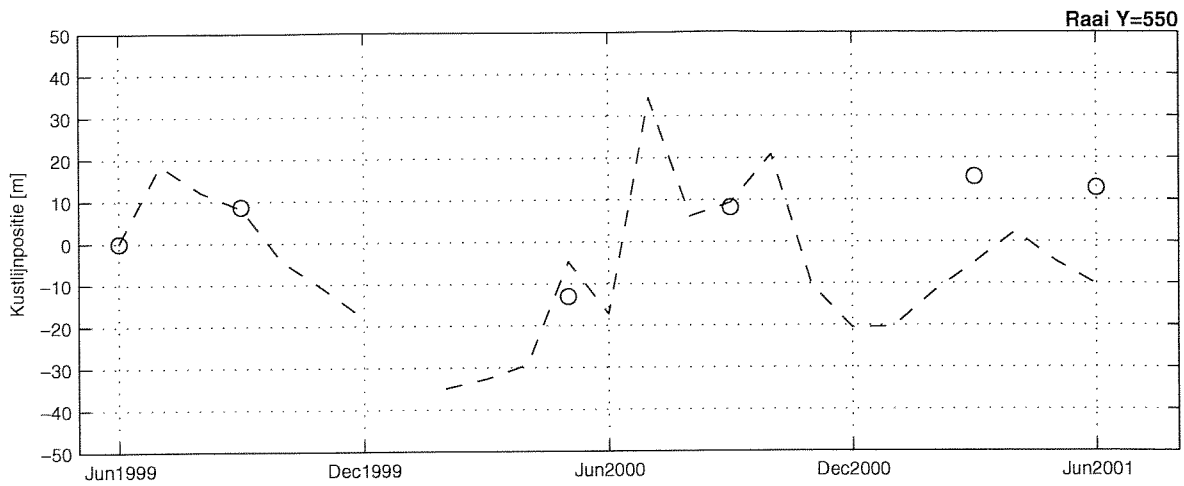


- - Argus
 ○ Veldmeting

Kustlijnpositie (x) t.o.v. juni 1999,
MKL uit veldmetingen (WESP) en IKL uit Argusbeelden

jun 1999 – aug 2001

Bijlage C



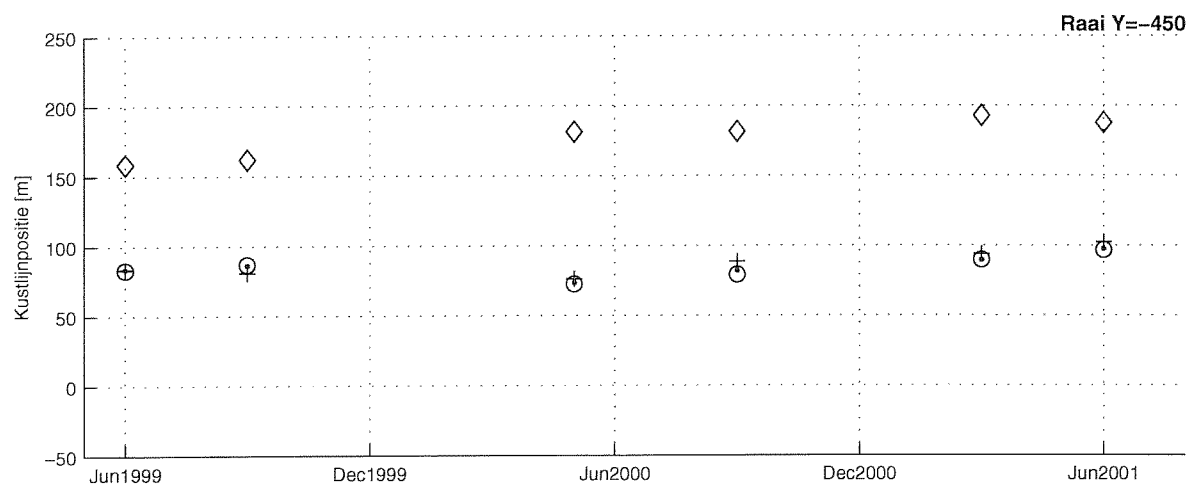
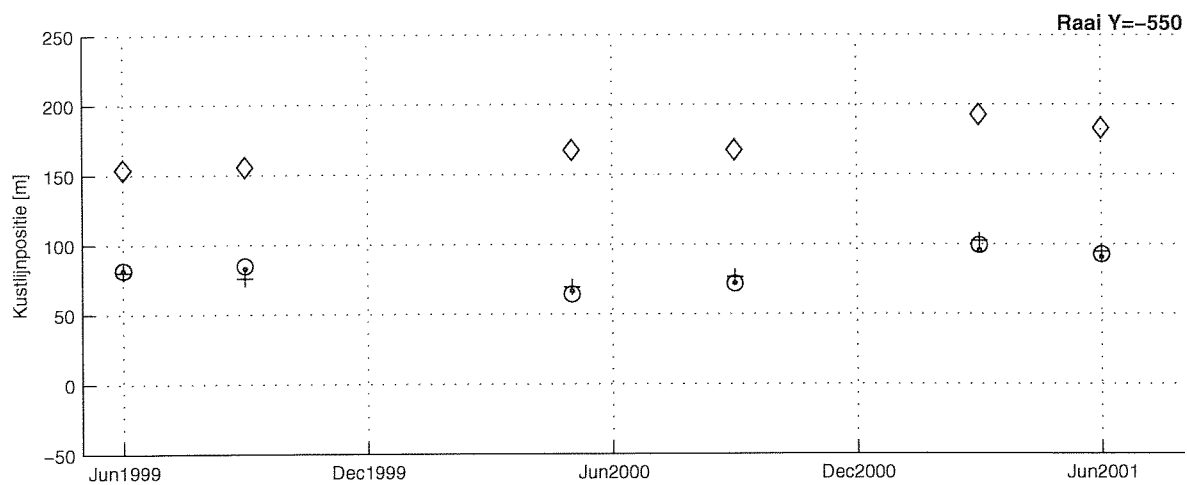
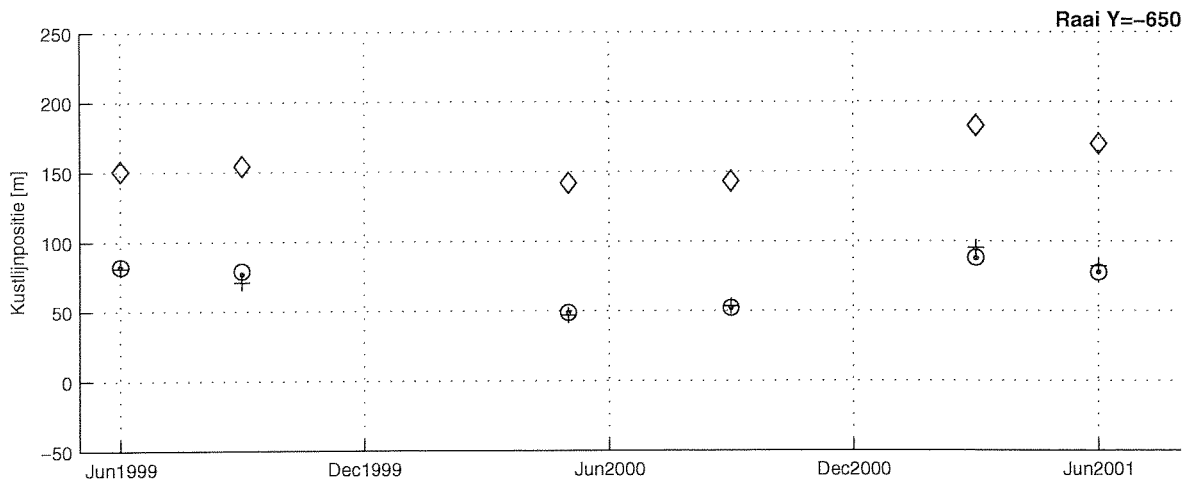
- - Argus
 ○ Veldmeting

Kustlijnpositie (x) t.o.v. juni 1999,
 MKL uit veldmetingen (WESP) en IKL uit Argusbeelden

jun 1999 – aug 2001

Bijlage C

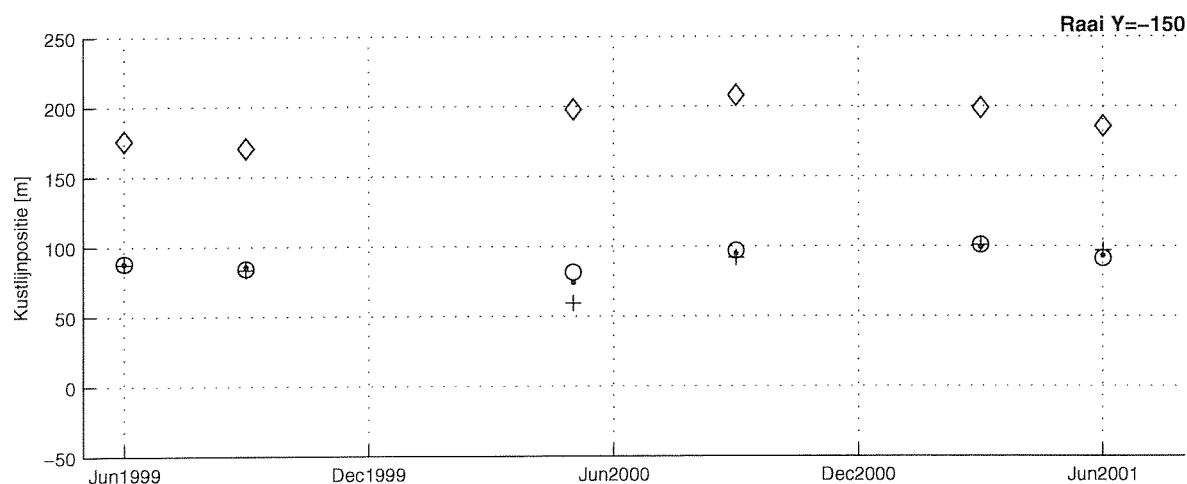
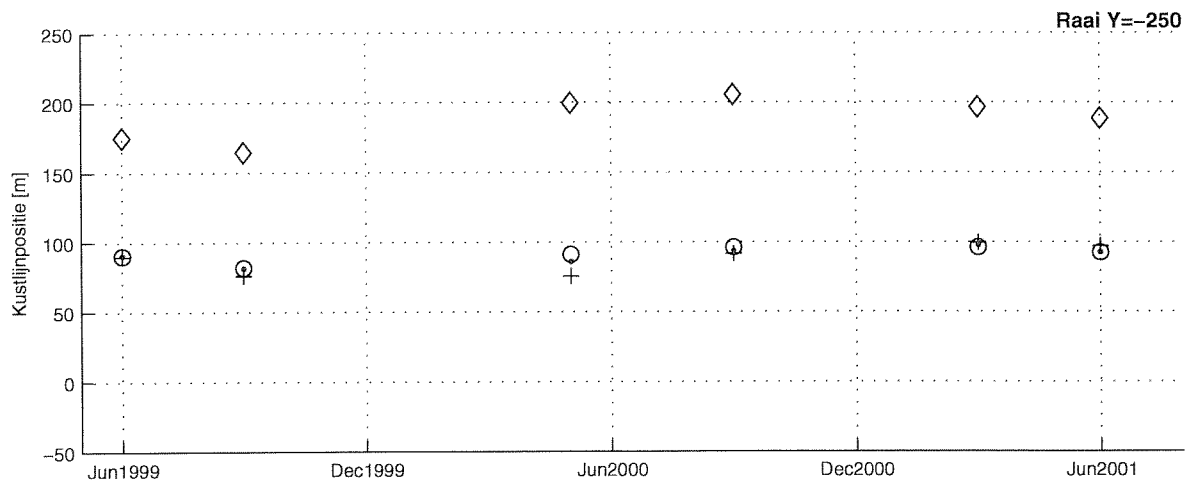
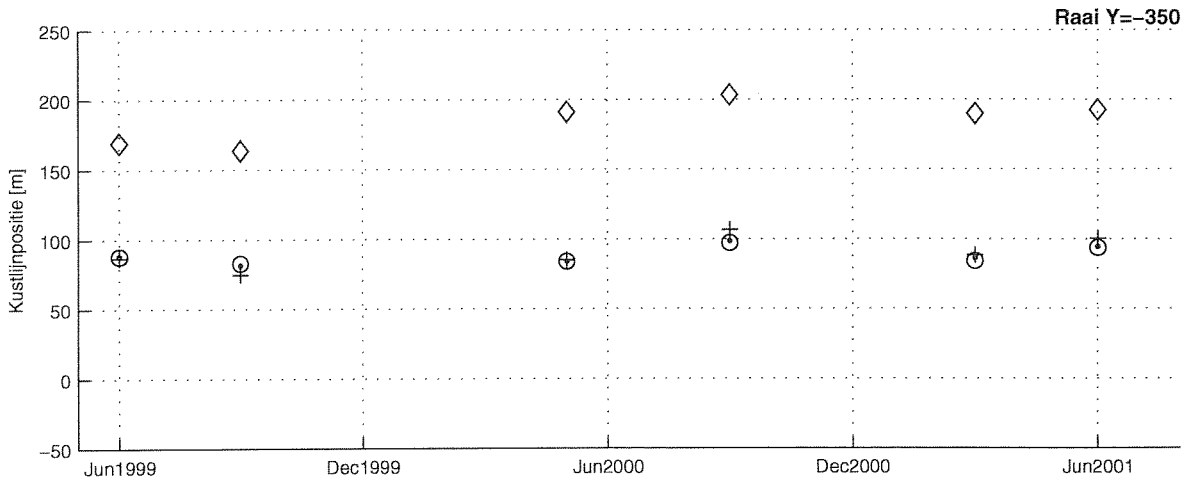
D Kustlijnpositie MKL en intergetijde kustlijnen (IKL-en) uit veldmetingen



- ◇ Veldmeting MKL
- + Veld z=0 m tot z=1 m NAP
- Veld z=-0.5 m tot z=1.5 m NAP
- Veld z=-1 m tot z=2 m NAP

Kustlijnpositie (x),
MKL en IKL-en uit veldmetingen

jun 1999 – aug 2001



- ◇ Veldmeting MKL
- + Veld z=0 m tot z=1 m NAP
- Veld z=-0.5 m tot z=1.5 m NAP
- Veld z=-1 m tot z=2 m NAP

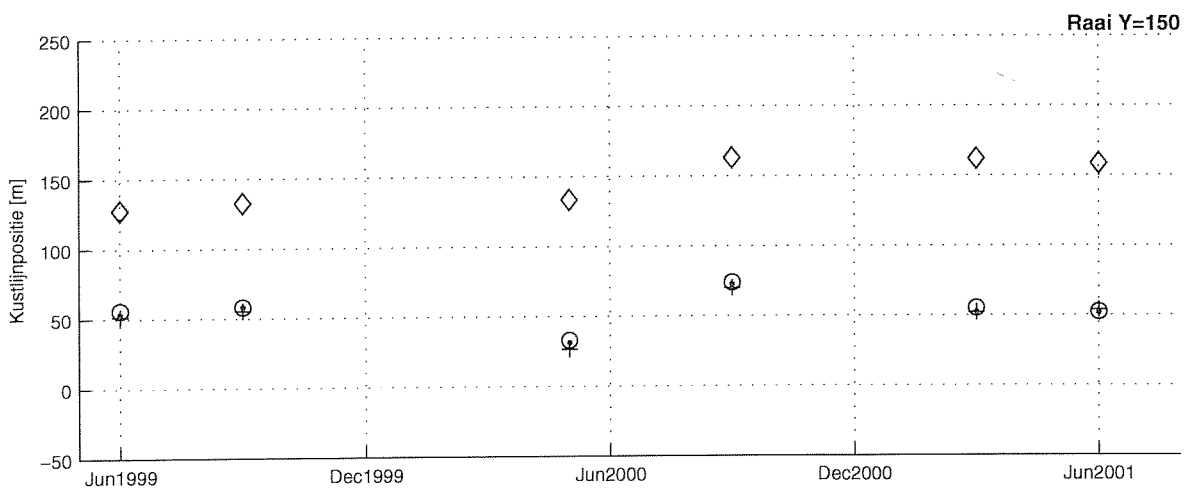
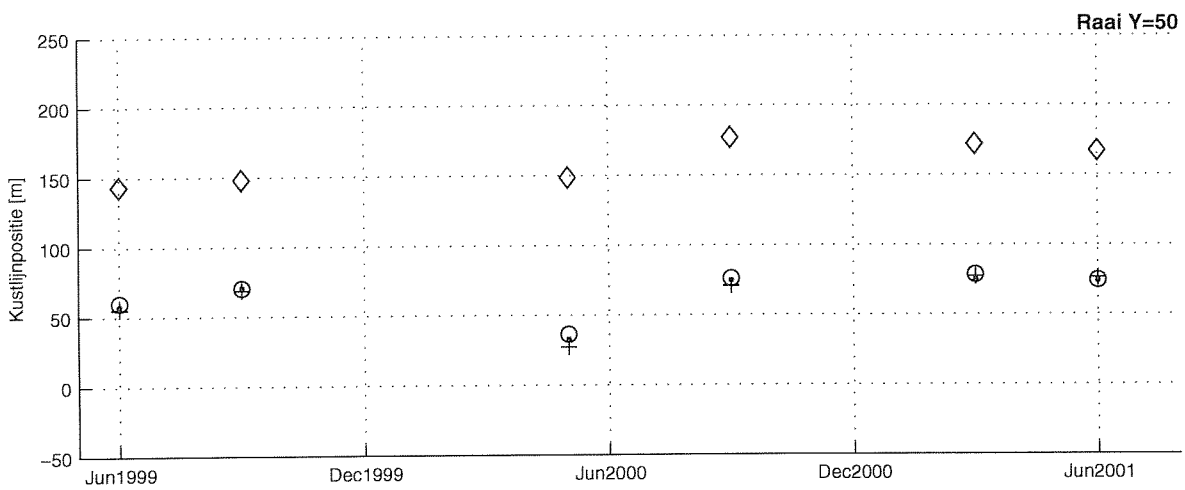
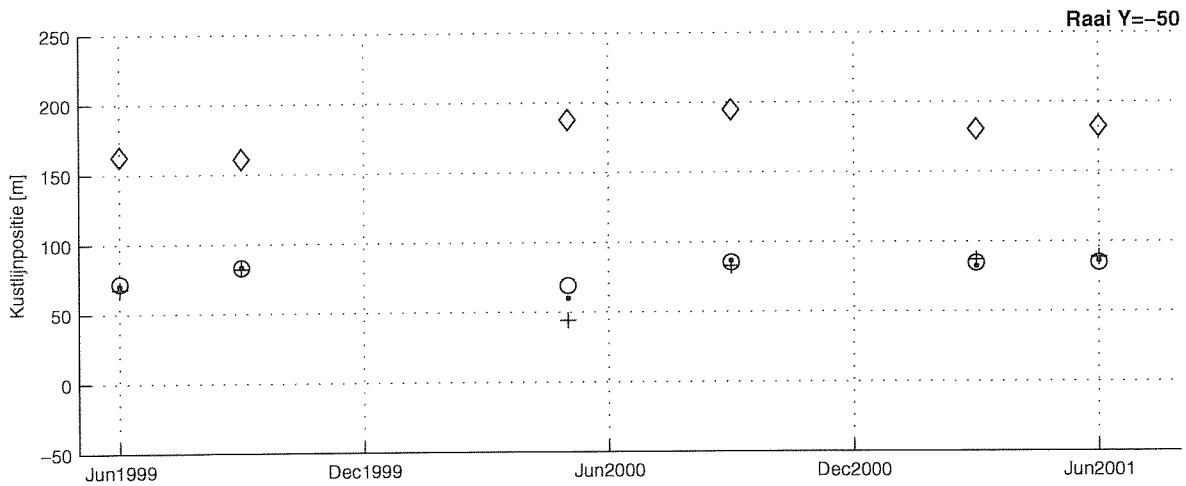
Kustlijnpositie (x),
MKL en IKL-en uit veldmetingen

Bijlage D

jun 1999 – aug 2001

WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. D.2



- ◇ Veldmeting MKL
- + Veld z=0 m tot z=1 m NAP
- Veld z=-0.5 m tot z=1.5 m NAP
- Veld z=-1 m tot z=2 m NAP

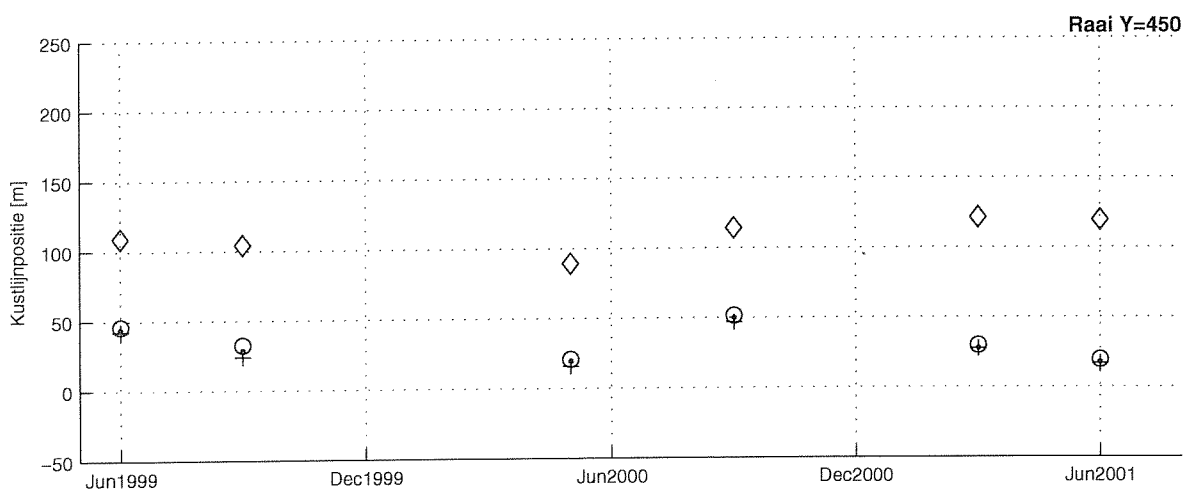
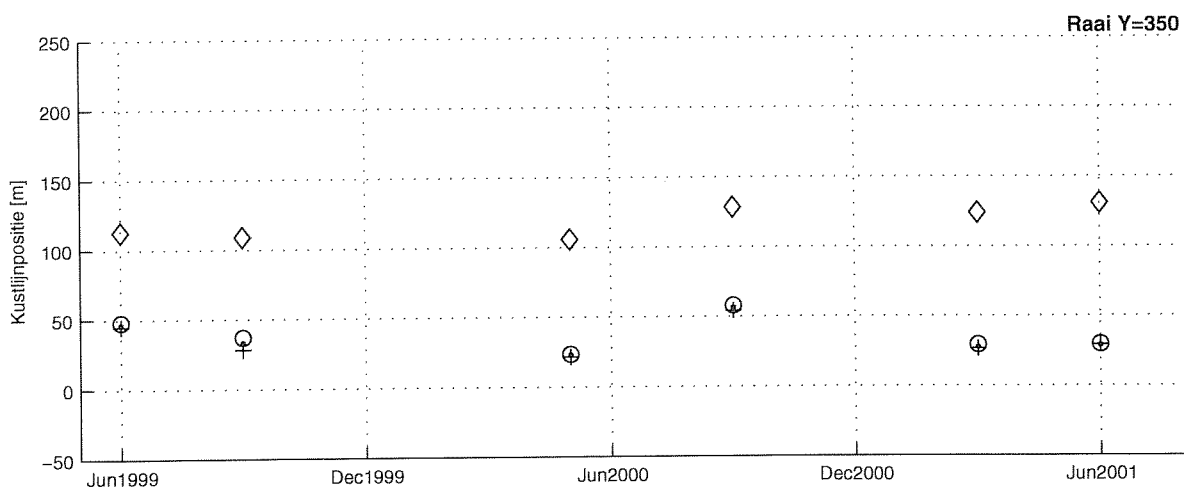
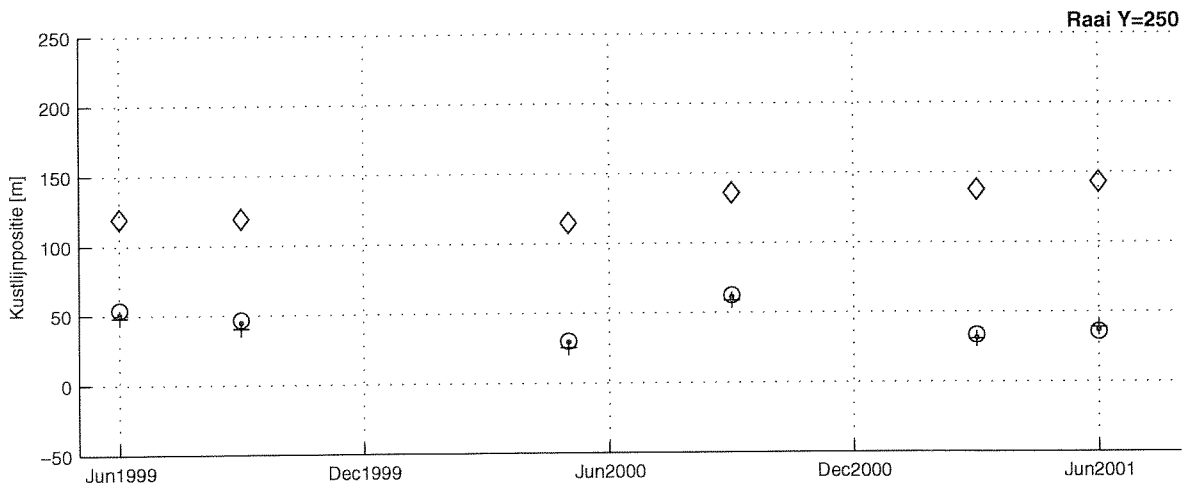
Kustlijnpositie (x),
MKL en IKL-en uit veldmetingen

Bijlage D

jun 1999 – aug 2001

WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. D.3



- ◇ Veldmeting MKL
- + Veld z=0 m tot z=1 m NAP
- Veld z=-0.5 m tot z=1.5 m NAP
- Veld z=-1 m tot z=2 m NAP

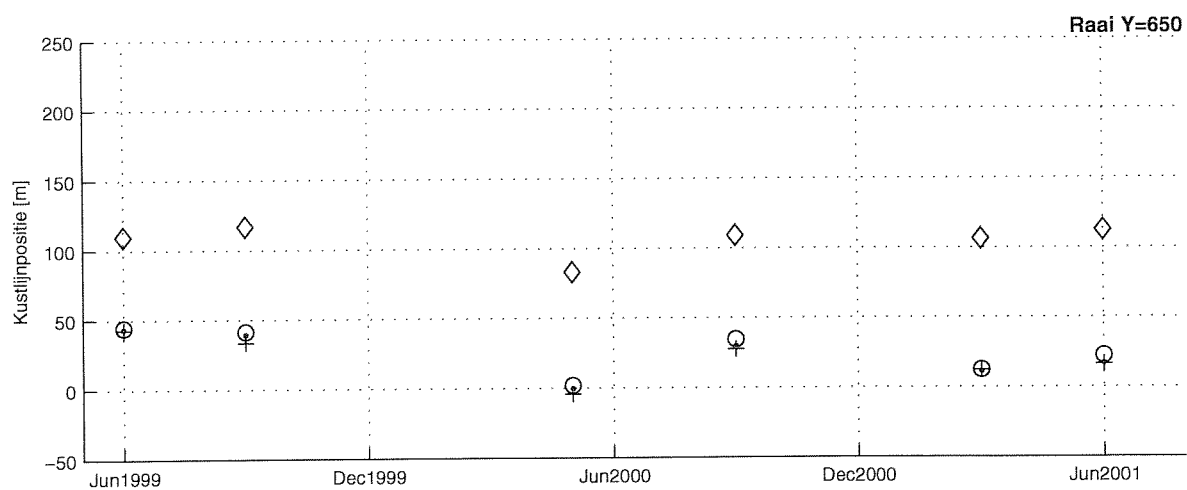
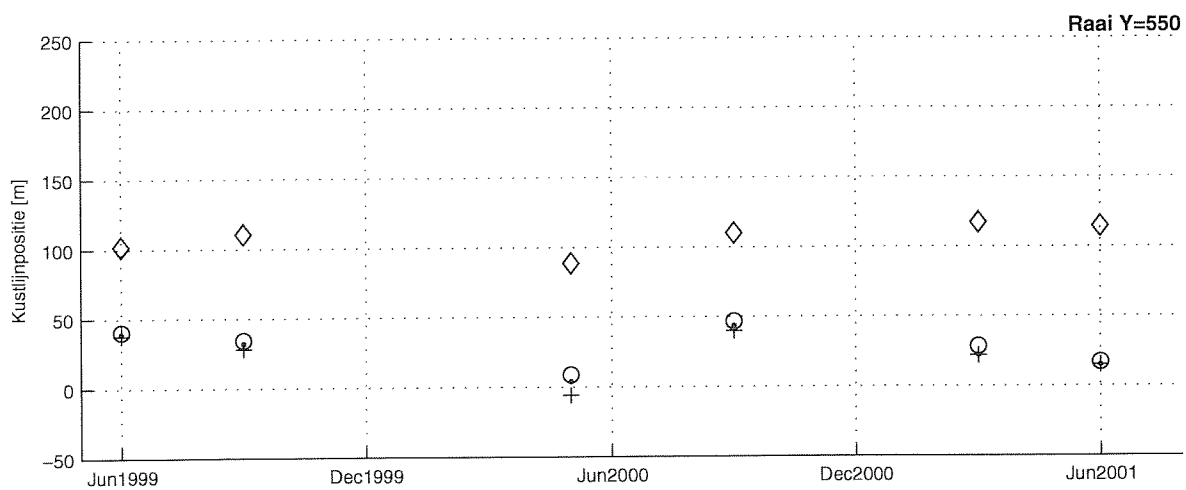
Kustlijnpositie (x),
MKL en IKL-en uit veldmetingen

Bijlage D

jun 1999 – aug 2001

WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. D.4



- ◇ Veldmeting MKL
- + Veld z=0 m tot z=1 m NAP
- Veld z=-0.5 m tot z=1.5 m NAP
- Veld z=-1 m tot z=2 m NAP

Kustlijnpositie (x),
MKL en IKL-en uit veldmetingen

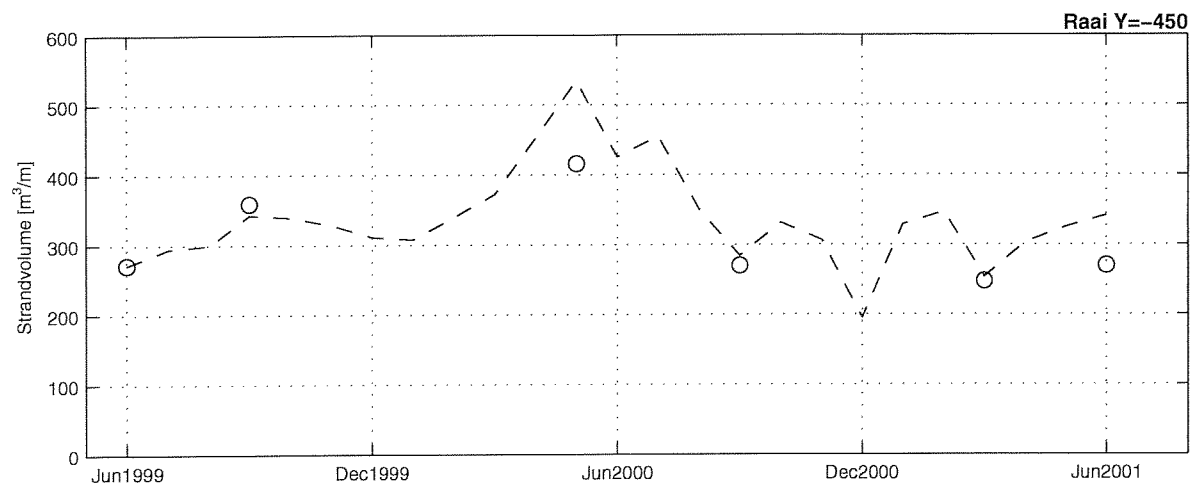
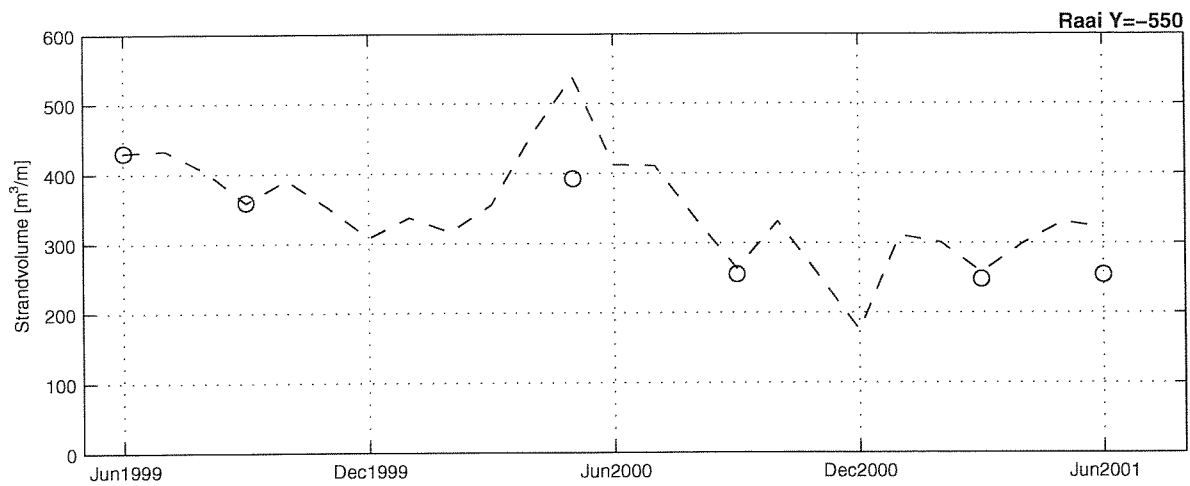
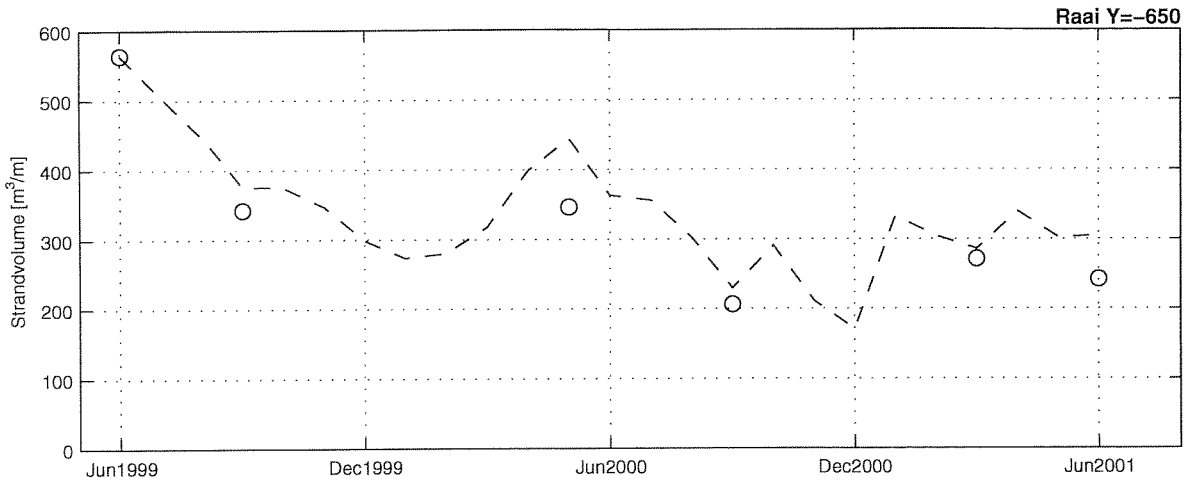
Bijlage D

jun 1999 – aug 2001

WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. D.5

E Geschaalde strandvolumes uit veldmetingen en Argusbeelden



- - Argus
 ○ Veldmeting

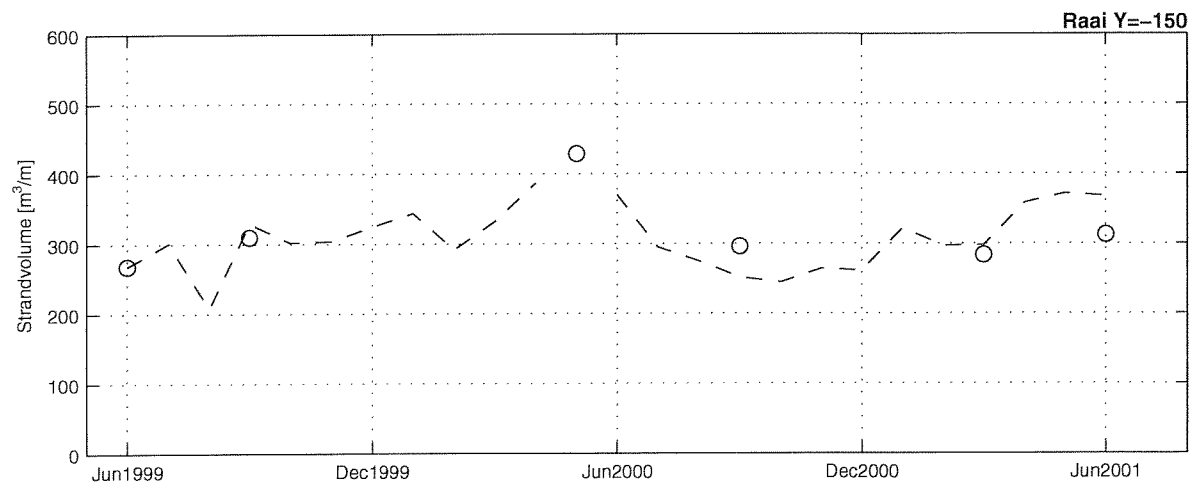
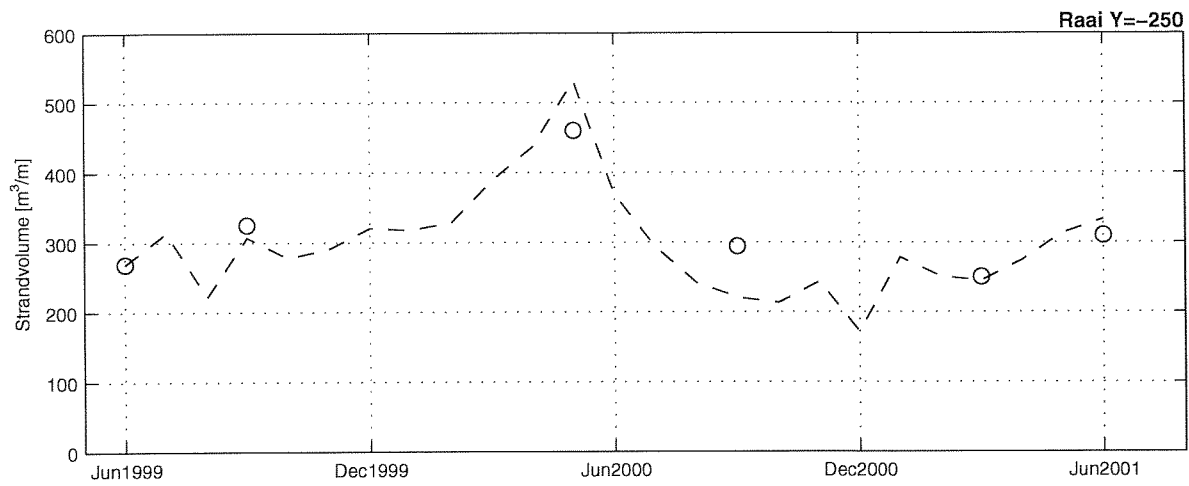
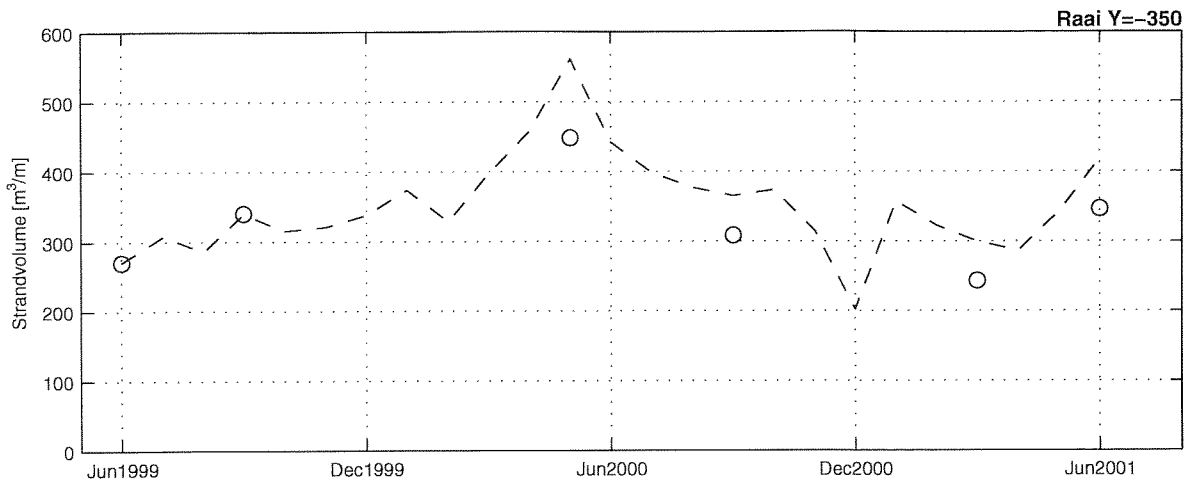
Geschaalde strandvolumes
 uit veldmetingen ($z=-0.8$ tot $z=3$ m NAP) en Argusbeelden ($z=0$ tot $z=1$ m NAP)

Bijlage E

jun 1999 – aug 2001

WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. E.1



- - Argus
 ○ Veldmeting

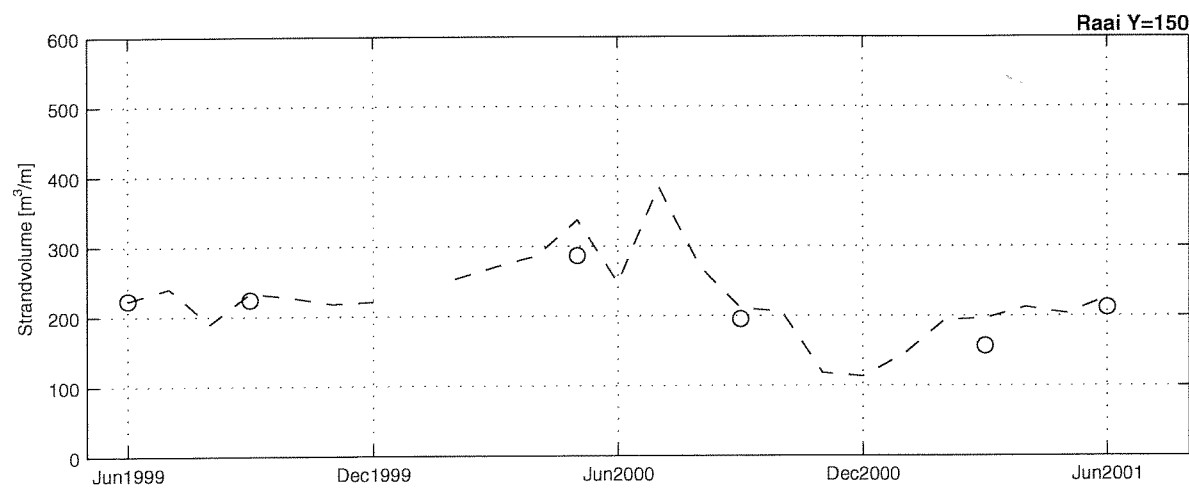
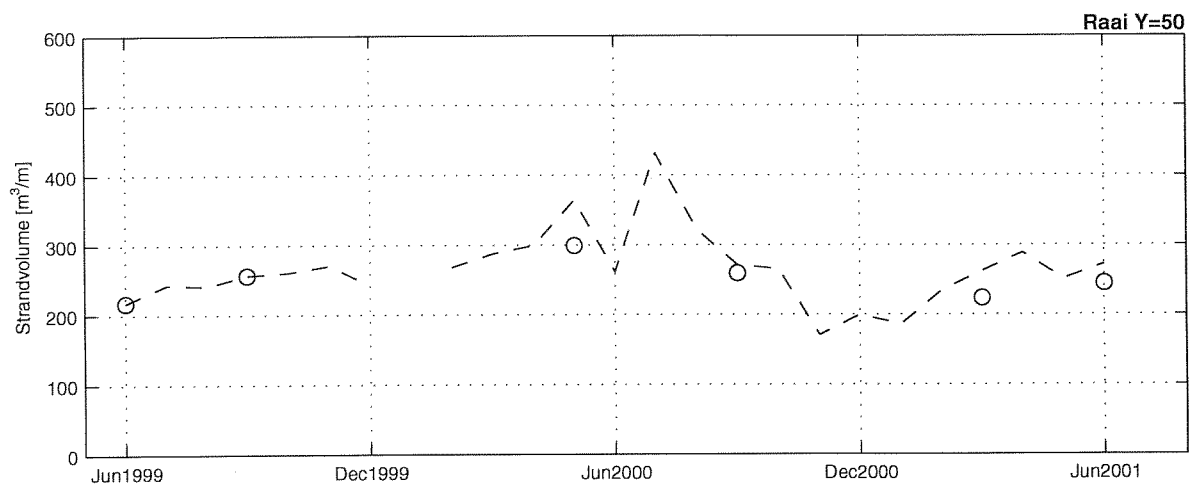
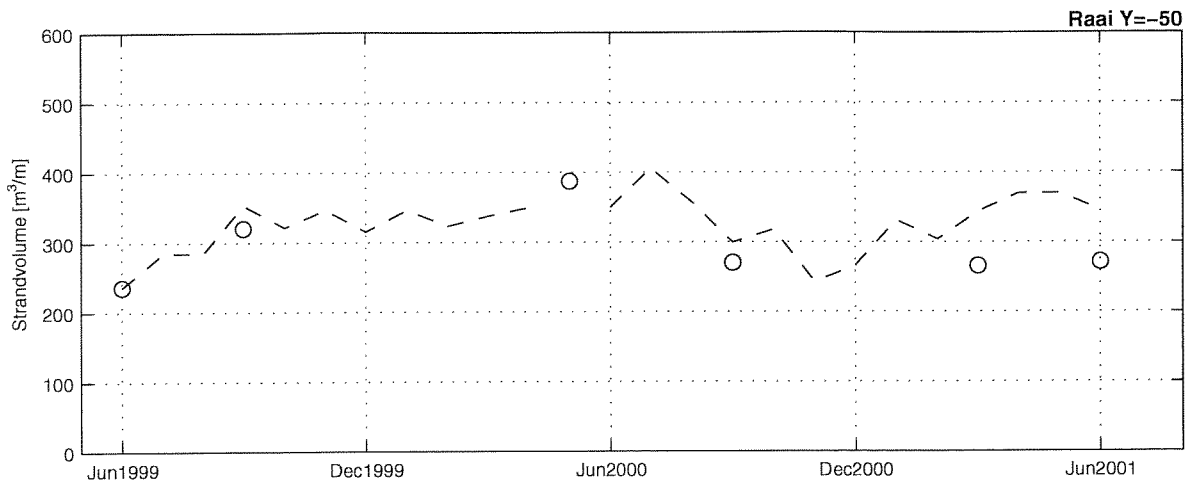
Geschaalde strandvolumes
 uit veldmetingen (z=-0.8 tot z=3 m NAP) en Argusbeelden (z=0 tot z=1 m NAP)

Bijlage E

jun 1999 – aug 2001

WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. E.2



- - Argus
 ○ Veldmeting

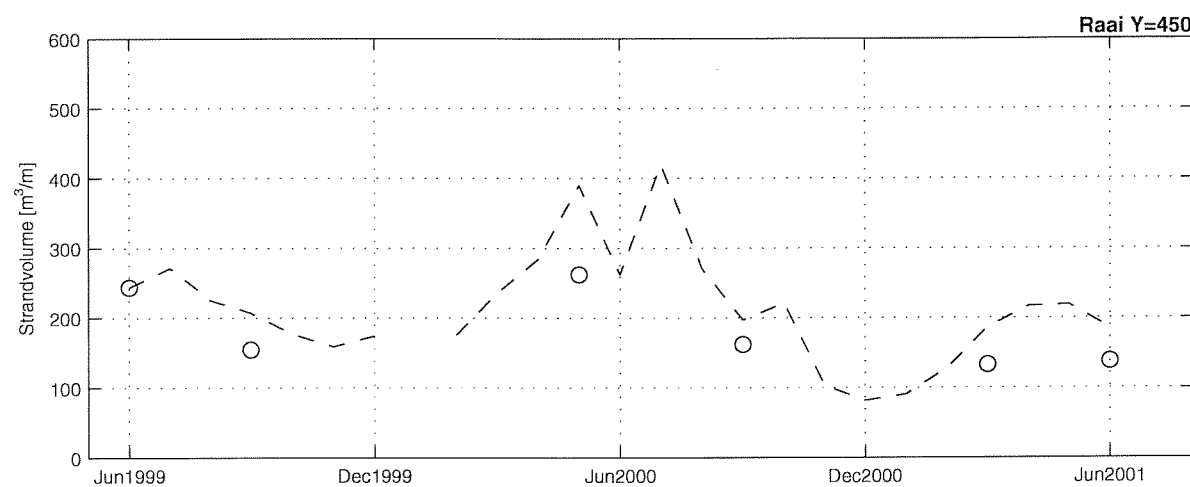
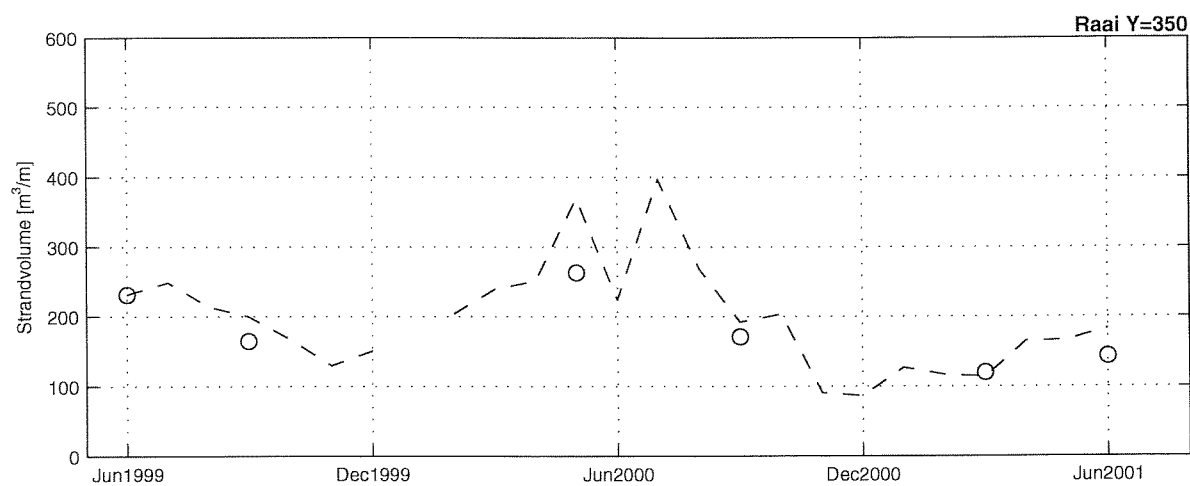
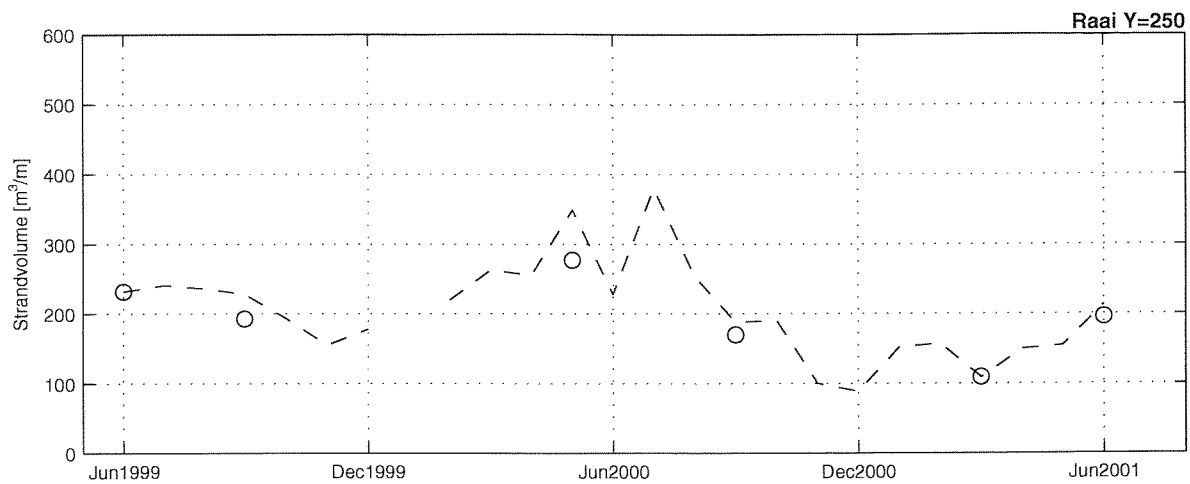
Geschaalde strandvolumes
 uit veldmetingen ($z=-0.8$ tot $z=3$ m NAP) en Argusbeelden ($z=0$ tot $z=1$ m NAP)

Bijlage E

jun 1999 – aug 2001

WL | DELFT HYDRAULICS

Fig. E.3

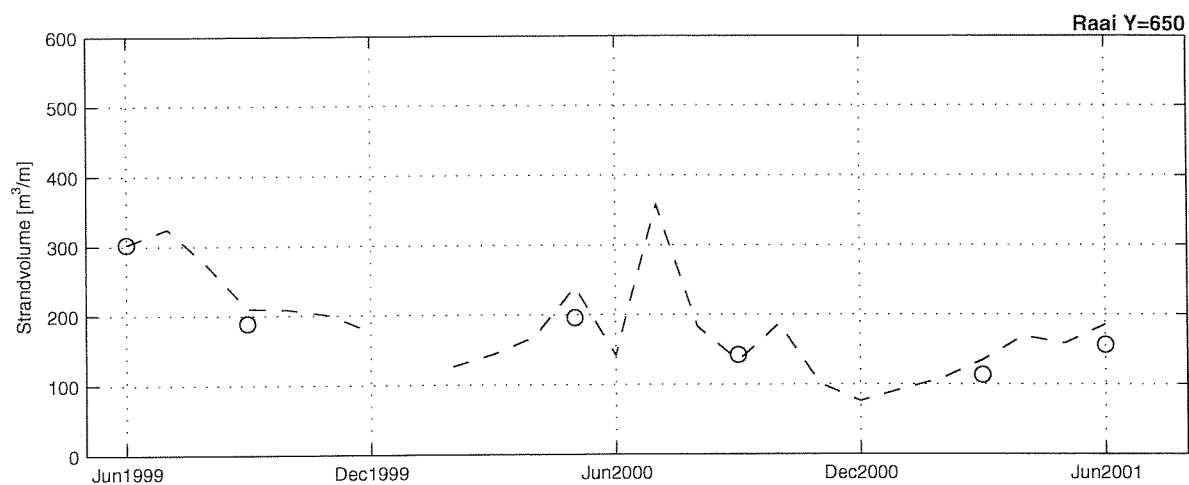
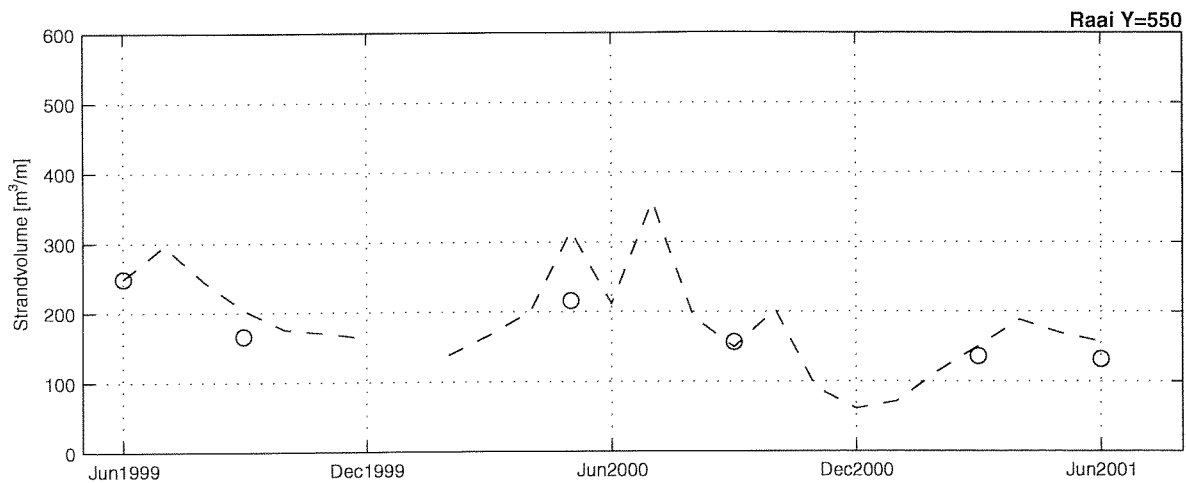


- - Argus
 ○ Veldmeting

Geschaalde strandvolumes
uit veldmetingen (z=-0.8 tot z=3 m NAP) en Argusbeelden (z=0 tot z=1 m NAP)

Bijlage E

jun 1999 – aug 2001

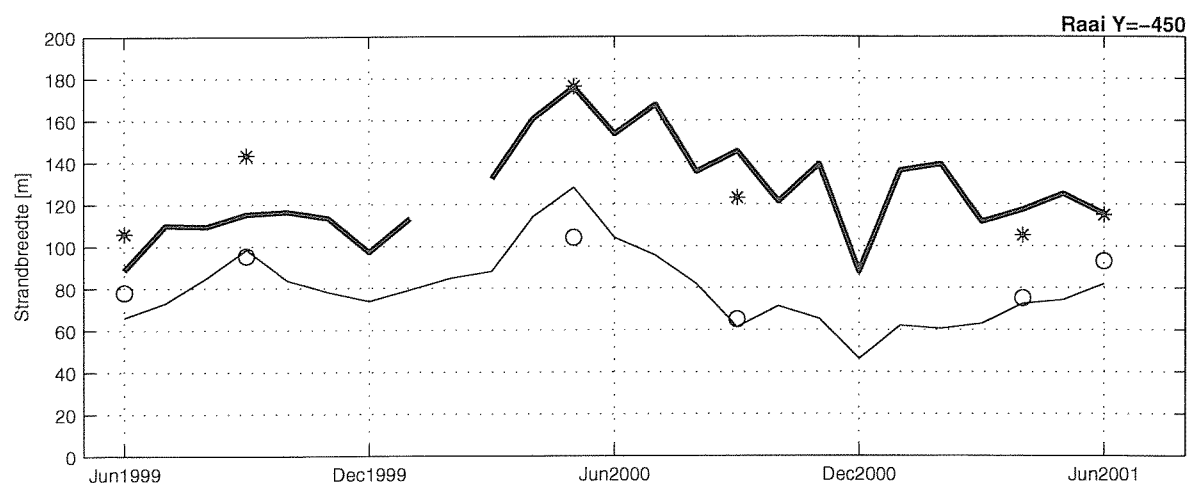
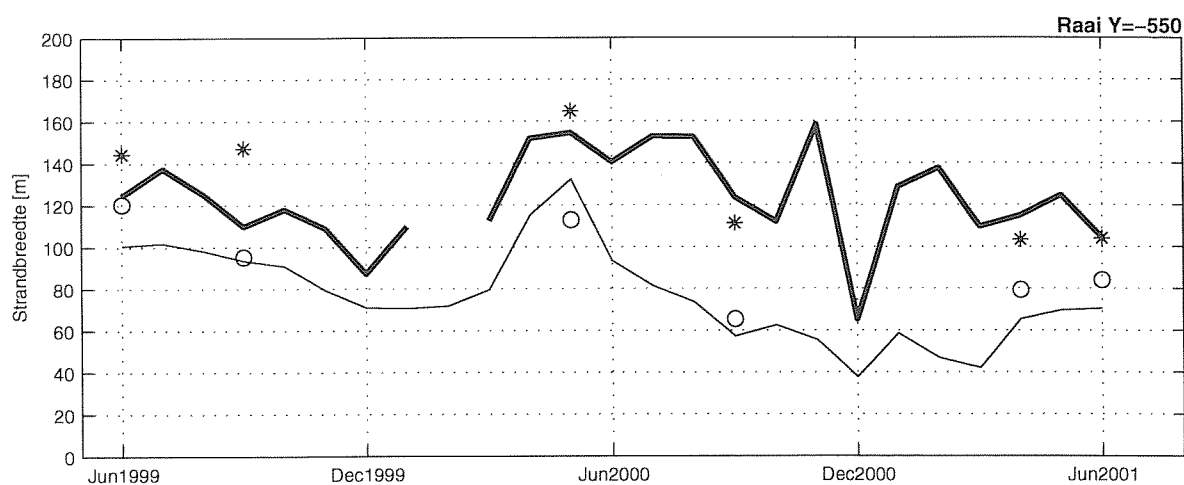
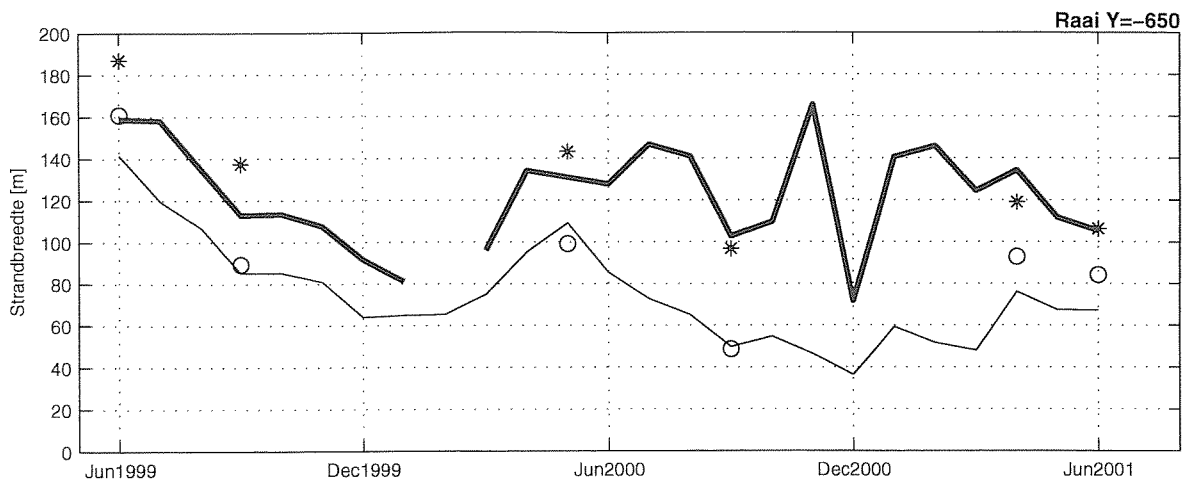


- - Argus
 ○ Veldmeting

Geschaalde strandvolumes
 uit veldmetingen ($z=-0.8$ tot $z=3$ m NAP) en Argusbeelden ($z=0$ tot $z=1$ m NAP)

jun 1999 – aug 2001

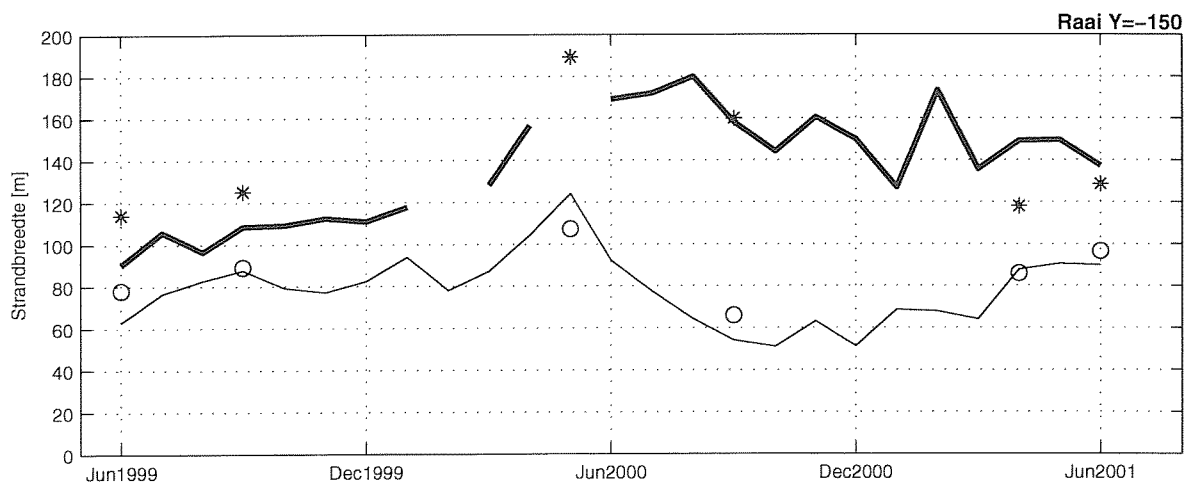
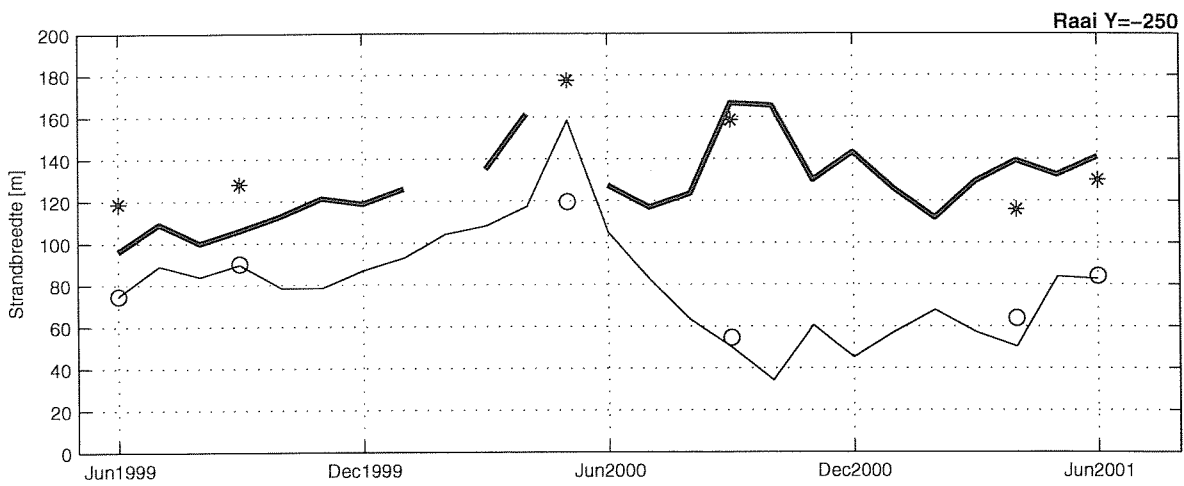
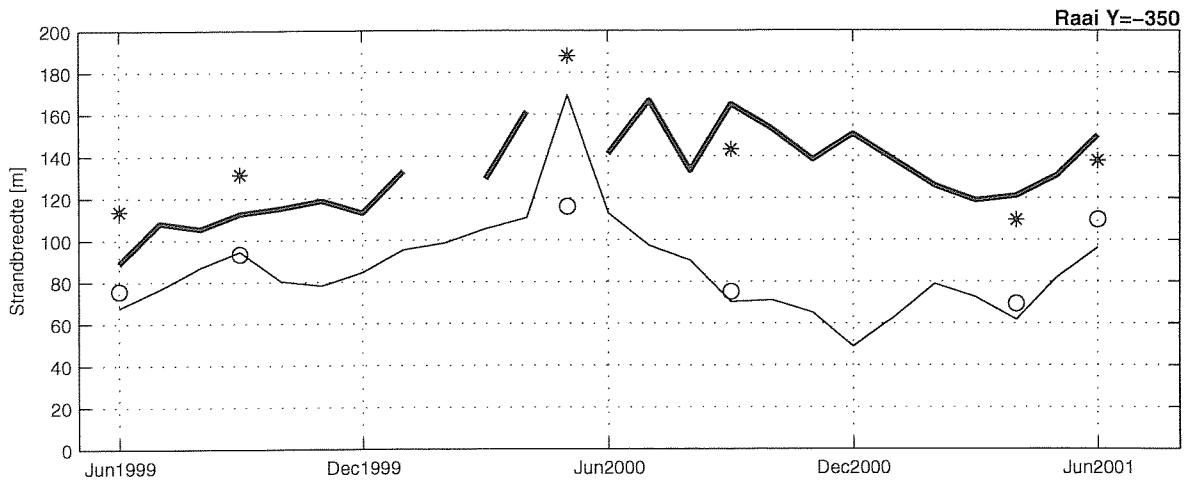
F Strandbreedte van landwaartse contouren van 0.9 m NAP en 0 m NAP tot aan de duinvoet (3 m NAP)



- HWland-duinvoet
- NAPland-duinvoet
- * veld NAP-duinvoet
- O veld HW-duinvoet

Strandbreedte: van landwaartse contouren van
 HW= 0.9 m NAP, NAP= 0 m NAP tot aan de duinvoet (3 m NAP)

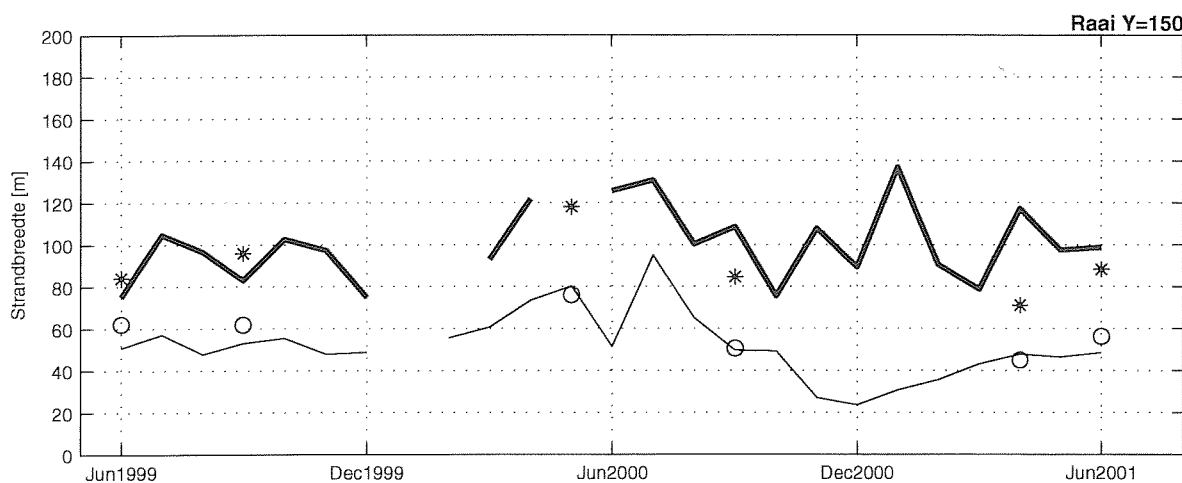
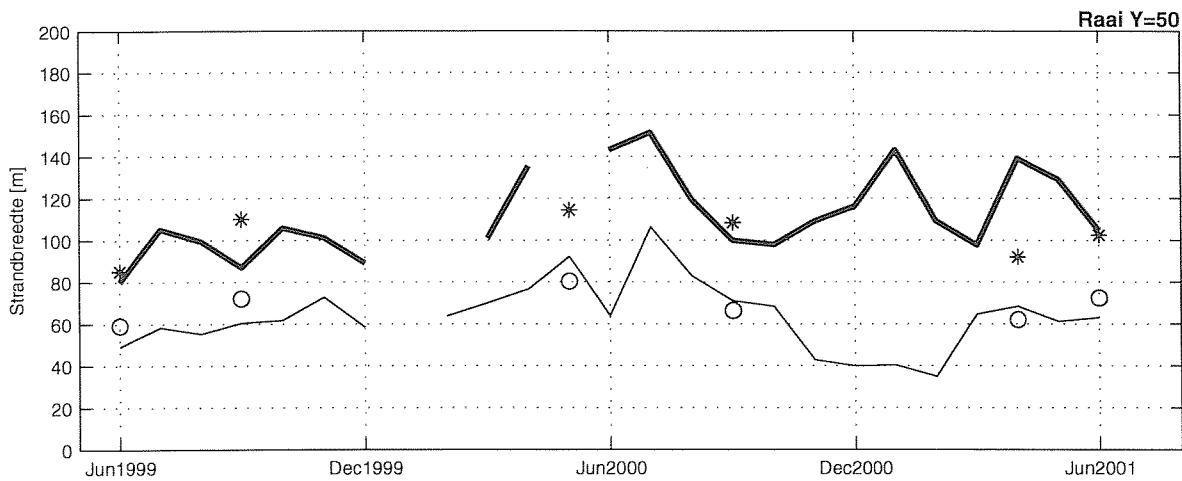
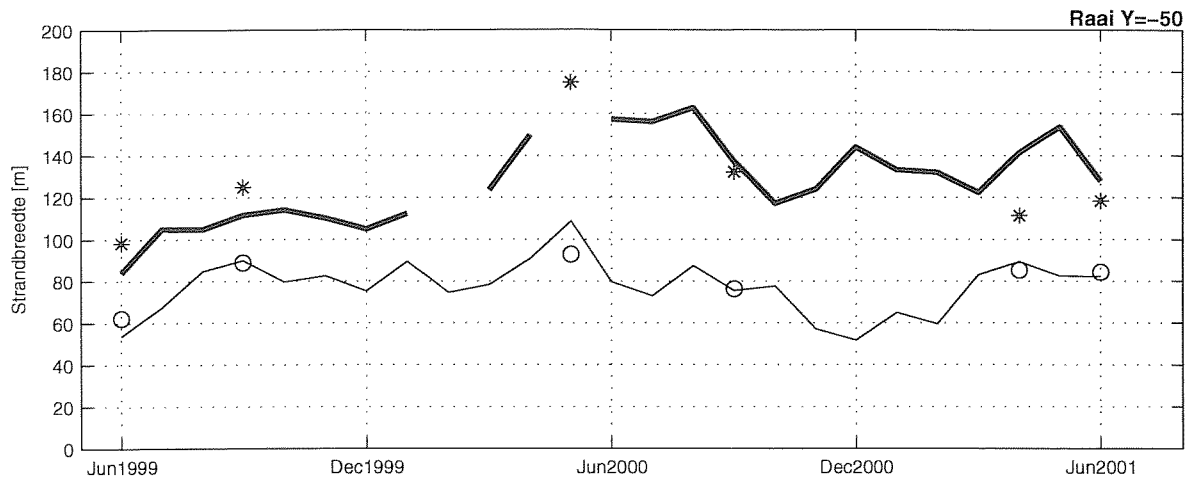
jun 1999 – aug 2001



- HWland-duinvoet
- NAPland-duinvoet
- * veld NAP-duinvoet
- veld HW-duinvoet

Strandbreedte: van landwaartse contouren van
HW= 0.9 m NAP, NAP= 0 m NAP tot aan de duinvoet (3 m NAP)

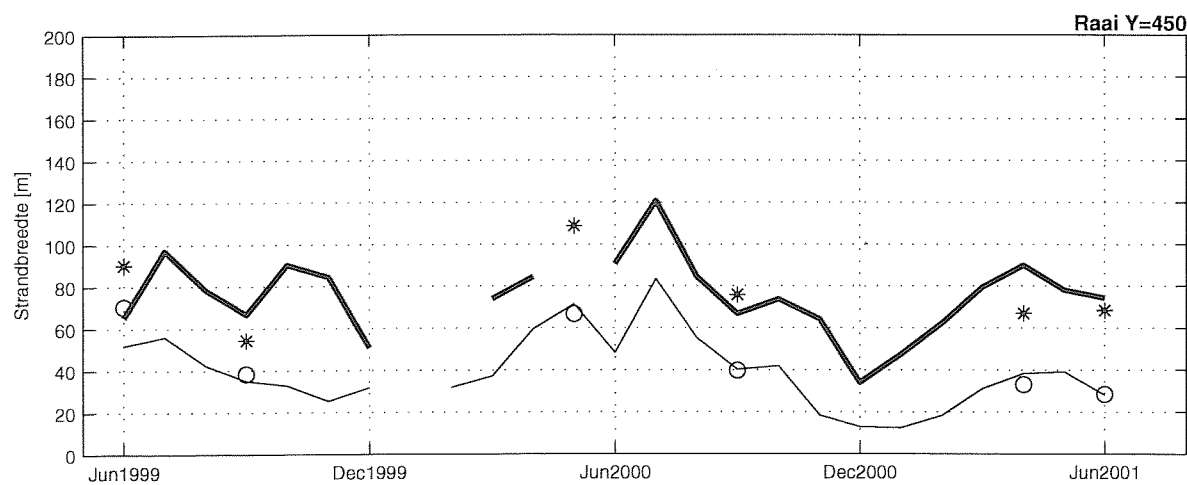
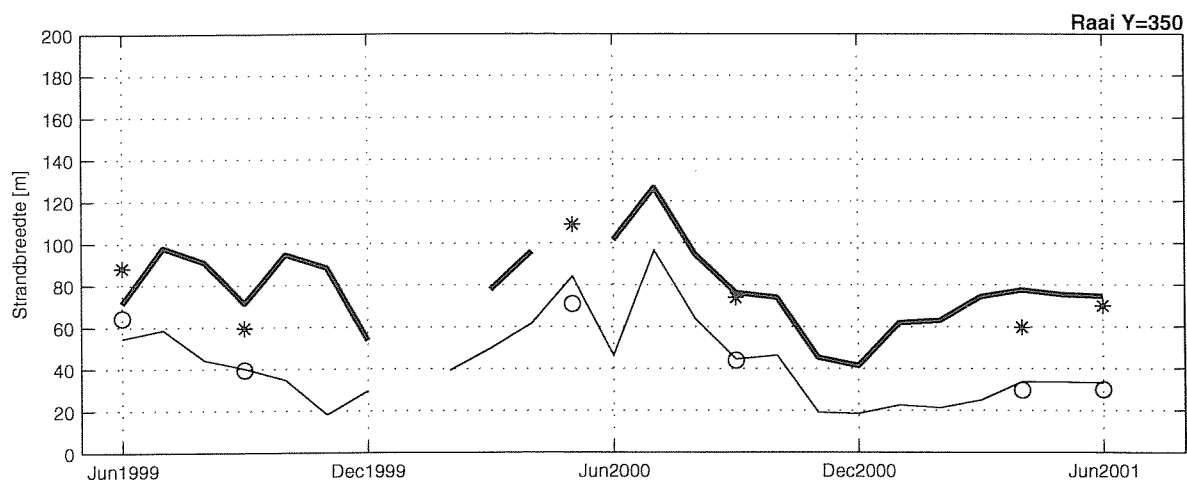
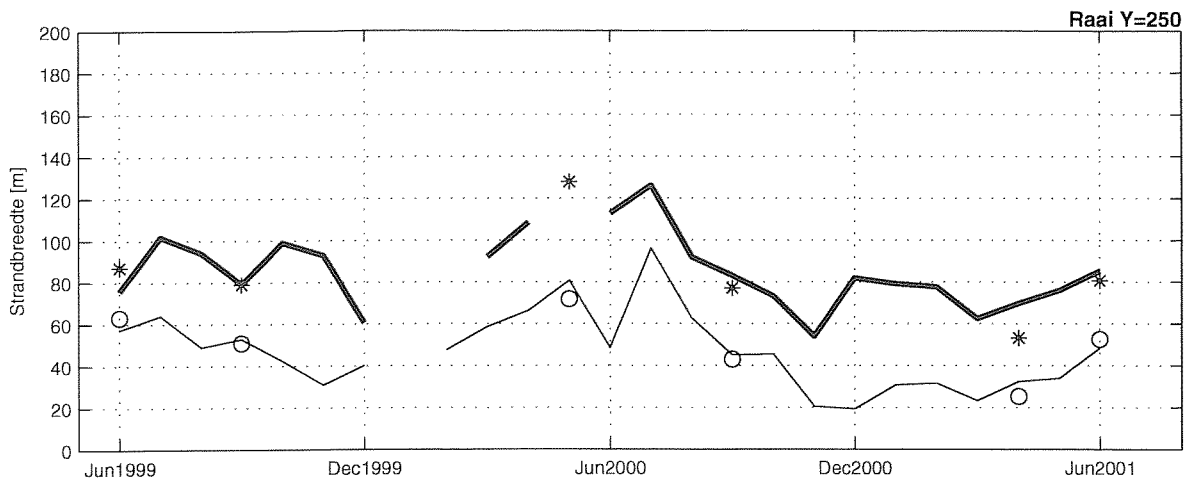
jun 1999 – aug 2001



- HWland-duinvoet
- NAPland-duinvoet
- * veld NAP-duinvoet
- veld HW-duinvoet

Strandbreedte: van landwaartse contouren van
HW= 0.9 m NAP, NAP= 0 m NAP tot aan de duinvoet (3 m NAP)

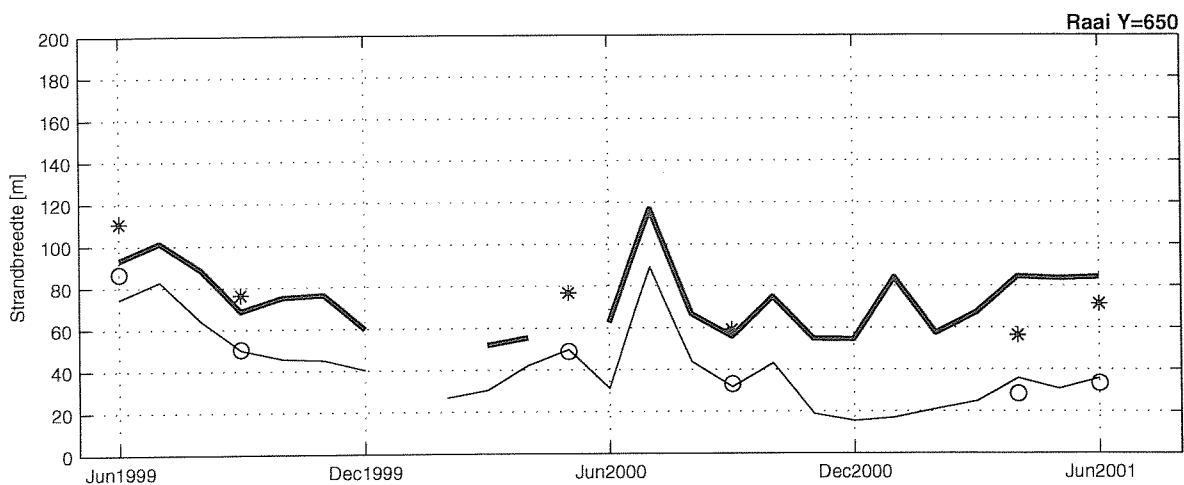
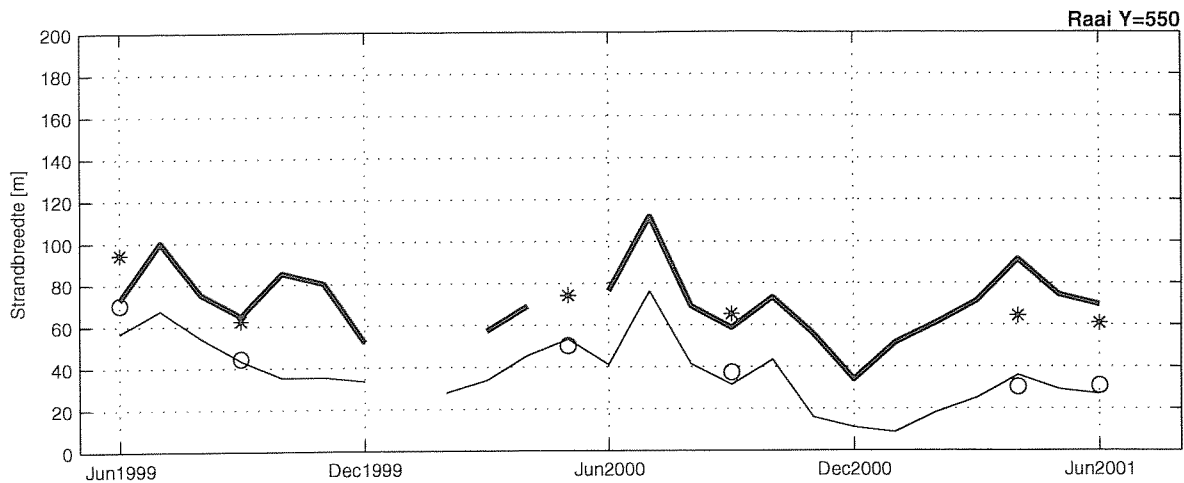
jun 1999 – aug 2001



- HWland-duinvoet
- NAPland-duinvoet
- * veld NAP-duinvoet
- veld HW-duinvoet

Strandbreedte: van landwaartse contouren van
 HW= 0.9 m NAP, NAP= 0 m NAP tot aan de duinvoet (3 m NAP)

jun 1999 – aug 2001



- HWland-duinvoet
- NAPland-duinvoet
- * veld NAP-duinvoet
- veld HW-duinvoet

Strandbreedte: van landwaartse contouren van
 HW= 0.9 m NAP, NAP= 0 m NAP tot aan de duinvoet (3 m NAP)

Bijlage F

jun 1999 – aug 2001



WL | Delft Hydraulics

**Rotterdamseweg 185
postbus 177
2600 MH Delft
telefoon 015 285 85 85
telefax 015 285 85 82
e-mail info@wldelft.nl
internet www.wldelft.nl**

**Rotterdamseweg 185
p.o. box 177
2600 MH Delft
The Netherlands
telephone +31 15 285 85 85
telefax +31 15 285 85 82
e-mail info@wldelft.nl
internet www.wldelft.nl**

