

Opdrachtgever:

Projectbureau

Zwakke Schakels Zeeland

## Zeewaartse versterkingen Zeeuwsch-Vlaanderen

Haalbaarheid zeewaartse  
versterkingen ter plaatse van  
Breskens en Cadzand-Bad

Verslag bureaustudie

A1459

Juni 2005

Opdrachtgever **Projectbureau Zwakke Schakels Zeeland**

Titel **Zeewaartse versterkingen Zeeuwsch-Vlaanderen**  
**Haalbaarheid zeewaartse versterkingen**  
**ter plaatse van Breskens en Cadzand-Bad**

Samenvatting Door het Projectbureau Zwakke Schakels Zeeland worden voor de verschillende kustsecties in Zeeuwsch-Vlaanderen de mogelijke oplossingsrichtingen op een rij gezet. Voor een tweetal kustsecties, namelijk bij Breskens en Cadzand-Bad wordt hierbij ook gedacht aan zogenaamde zeewaartse oplossingen. In de voorliggende studie is voor deze secties de haalbaarheid van een dergelijke oplossing onderzocht. Geconcludeerd wordt dat het aanleggen van een breder strand in 'de kom van Breskens', zeker bij enige compartimentering, tot de mogelijkheden behoort. De benodigde opsluitconstructie verdient hierbij nog wel de nodige aandacht. Ook een uitbouw van het strand bij Cadzand-Bad lijkt haalbaar te zijn. In het laatste geval dient, in aanvulling op een volledig zandige uitbouw, overigens ook de uitwerking met enige compartimentering met constructies te worden overwogen. Voor de verdere uitwerking dienen echter eerst berekeningen met een morfologisch kustlijn-model te worden gemaakt.

Referenties Alkyon-offerte met kenmerk A1459P1r0 d.d. 7 maart 2005  
Opdracht met kenmerk 0502641 d.d. 14 maart 2005  
Projectleiding opdrachtgever Ir. J.J.M. Mathijssen  
Projectleider Alkyon: Dr.Ir. H.J. Steetzel

Rev.	Auteur	Datum	Bijzonderh.	Gecontroleerd door	Goedgekeurd door
0	H.J. Steetzel	04-04-05	Voorlopig		
1	H.J. Steetzel	27-05-05	Concept	R.C. Steijn	H.J. Steetzel
2	H.J. Steetzel	17-06-05	Definitief	R.C. Steijn	H.J. Steetzel

Document Specificaties	Inhoud	Status
Rapport nummer: A1459R1 Sleutelwoorden: Breskens, Cadzand-Bad, duinontwerp, waterkering, veiligheid Project nummer: A1459 Bestand: A1459R1r2.doc	tekst pagina's : 20 tabellen : 2 figuren : 25 appendices :-	<input type="checkbox"/> voorlopig <input type="checkbox"/> concept <input checked="" type="checkbox"/> eindrapport

## Samenvatting

Door het Projectbureau Zwakke Schakels Zeeland worden voor de verschillende kustsecties in Zeeuwsch-Vlaanderen de mogelijke oplossingsrichtingen op een rij gezet. Voor een tweetal kustsecties, namelijk bij Breskens en Cadzand-Bad wordt hierbij ook gedacht aan zogenaamde zeewaartse oplossingen.

In de voorliggende studie is voor deze secties de haalbaarheid van een dergelijke oplossing onderzocht.

Hiertoe is in eerste instantie het morfologische systeem in kaart gebracht waardoor meer inzicht is verkregen in de wijze waarop de kust qua vorm en gedrag reageert op de hydraulische condities (getij en golfaanval). Vanuit deze kennis zijn de mogelijke uitwerkingen tegen het licht gehouden.

Geconcludeerd wordt dat het aanleggen van een breder strand in 'de kom van Breskens', zeker bij enige compartimentering, tot de mogelijkheden behoort.

De aan de oostkant langs de havendam benodigde opsluitconstructie verdient hierbij nog wel de nodige aandacht. Ook de aansluiting van het hoge duin op deze dam moet nog nader worden uitgewerkt.

Een uitbouw van het strand bij Cadzand-Bad lijkt ook haalbaar te zijn. In aanvulling op een volledig zandige uitbouw moet hierbij ook de uitwerking met enige compartimentering met constructies worden overwogen.

Hierbij wordt dan gedacht aan twee grotere opsluitconstructies (één aan elke zijde van het plangebied) eventueel ondersteund met enkele voldoende uitgebouwde strandhoofden.

Door de complexiteit van de aanwezige hydraulische condities (golfaanval in combinatie met een groot verticaal en horizontaal getij) zijn de morfologische effecten echter niet voldoende nauwkeurig te kwantificeren.

Voor de verdere uitwerking van de oplossing in Cadzand-Bad dienen dan ook eerst berekeningen met een morfologisch kustlijn-model te worden gemaakt.



# Inhoudsopgave

Lijst van tabellen

Lijst van figuren

Samenvatting

1	Inleiding.....	1
1.1	Achtergrond	1
1.2	Doel	1
1.3	Aanpak	1
1.4	Opzet van het rapport en leeswijzer	3
1.5	Totstandkoming	3
2	Beschrijving huidige situatie en plannen.....	4
2.1	Huidige situatie	4
2.1.1	Breskens	4
2.1.2	Cadzand-Bad	4
2.2	Zeewaartse plannen	5
2.2.1	Breskens	5
2.2.2	Cadzand-Bad	5
3	Analyse morfologische systeem.....	6
3.1	De Zeeuwsch-Vlaamse Noordzeekust	6
3.1.1	Algemeen	6
3.1.2	Kustonderhoud	6
3.1.3	Kustlijnposities (MKL-waarden)	7
3.1.4	Aanwezige trends (erosie-sedimentatie)	7
3.2	Breskens	8
3.2.1	Ontwikkeling dwarsprofielen	8
3.2.2	Morfologisch systeem	9
3.2.3	Conclusies ten aanzien van het ontwerp	9
3.3	Cadzand-Bad	10
3.3.1	Ontwikkeling dwarsprofielen	10
3.3.2	Morfologisch systeem	11
3.3.3	Conclusies ten aanzien van het ontwerp	12
4	Uitwerking mogelijke oplossingen.....	13
4.1	Breskens	13
4.1.1	Algemeen	13
4.1.2	Extra benodigd duinvolume	13
4.2	Cadzand-Bad	15
4.2.1	Algemeen	15
4.2.2	Mogelijkheden zeewaartse uitbouw	15
4.2.3	De zachte oplossing – grootschalige suppletie	16
4.2.4	De harde oplossing – suppletie in combinatie met constructies	17
4.2.5	Vergelijking tussen de uitvoeringsvarianten	18
5	Conclusies en aanbevelingen.....	19



5.1 Conclusies ten aanzien van de haalbaarheid	19
5.2 Aanbevelingen ten aanzien van de keuze	19

Referenties

Tabellen

Figuren



## Lijst van tabellen

- 3.1      Overzicht van alle uitgevoerde suppleties (1988 t/m 2005)
- 3.2      Overzicht BKL-waarden en trends Zeeuwsch-Vlaanderen

## Lijst van figuren

- 2.1 Overzichtskaart Breskens met lokaties oostelijke en westelijke opsluitdam
- 2.2 Overzichtskaart Cadzand-Bad met relevante lokaties
- 2.3 Overzicht plannen voor Breskens (Deelgebied 7) op basis van conceptversie 11 maart 2005
- 2.4 Overzicht plannen voor Cadzand-Bad (Deelgebied 3) op basis van conceptversie 11 maart 2005
  
- 3.1 Overzicht uitgevoerde suppleties als functie van tijd en kilometrering
- 3.2 Overzicht trend in kustlijnontwikkeling voor Noordzeekust van het kustvak Zeeuwsch-Vlaanderen; Overzicht en detail gedeelte ter plaatse van Cadzand-Bad
- 3.3 Overzicht dwarsprofielen Breskens; Overzicht karakteristieke dwarsprofielen raaien 11 (oost), 31, 51 en 71 (west)
- 3.4a Overzicht tijdsontwikkeling dwarsprofielen Breskens voor raai 11 (oost) en 31; Dwarsprofielen 1994 t/m 2004
- 3.4a Overzicht tijdsontwikkeling dwarsprofielen Breskens voor raai 51 en 71 (west); Dwarsprofielen 1994 t/m 2004
- 3.5 Detail ontwikkeling dwarsprofielen Breskens voor raaien 11 (oost), 31, 51 en 71 (west); Vervorming en herverdeling aangebrachte suppletie
- 3.6a Ontwikkeling positie MKL in kustvak Breskens voor raaien 11 (oost), 31, 51 en 71 (west)
- 3.6b Ontwikkeling positie NAP+2 m contour in kustvak Breskens voor raaien 11 (oost), 31, 51 en 71 (west)
- 3.7 Overzicht relevante dwarsprofielen Cadzand-Bad; Oostelijke sectie van centrale deel (raai 1112 – 1214) en westelijke sectie van centrale deel (raai 1262 – 1335)
- 3.8 Overzicht naburige dwarsprofielen Cadzand-Bad; Aanliggend oostelijk deel richting Polder (raai 993 – 1092) en aanliggend westelijk deel richting het Zwin (raai 1354 – 1487)
- 3.9a Overzicht tijdsontwikkeling dwarsprofielen Cadzand-Bad voor oostelijke raaien 1136 en 1191; Dwarsprofielen 1994 t/m 2004
- 3.9b Overzicht tijdsontwikkeling dwarsprofielen Cadzand-Bad voor westelijke raaien 1282 en 1318; Dwarsprofielen 1994 t/m 2004
- 3.10 Detail ontwikkeling dwarsprofielen Cadzand-Bad voor raaien 1136, 1191, 1282 en 1318
- 3.11 Ontwikkeling positie MKL in kustvak Cadzand-Bad voor raaien 1136, 1191, 1282 en 1318
  
- 4.1 Morfologisch systeem Breskens; Overzicht mogelijke maatregelen en aanleg compartimenteringsdam en opsluitconstructie
- 4.2a Voorbeeld afslagprofielen Breskens voor situatie over 50 jaar; Effect verschoven profiel en gebruik grover zand
- 4.2b Voorbeeld afslagprofielen Breskens voor situatie over 200 jaar; Effect verschoven profiel en gebruik grover zand
- 4.3 Morfologisch systeem Cadzand-Bad
- 4.4 Overzicht karakteristieke dwarsprofielen bij 100 m verschoven dwarsprofiel
- 4.5 Voorbeeld afslagprofielen Cadzand bij 100 m zeewaarts voor situatie over 50 en 200 jaar
- 4.6 Overzicht mogelijke maatregelen Cadzand-Bad

# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond

Door het projectbureau Zwakke Schakels Zeeland worden voor de verschillende kustsecties in Zeeuwsch-Vlaanderen de mogelijke oplossingsrichtingen op een rij gezet. Voor een tweetal kustsecties, namelijk bij Breskens en Cadzand-Bad gaat het hierbij, naast consoliderende en landwaartse oplossingen, ook om zogenaamde zeewaartse oplossingen. Bij een dergelijke zeewaartse oplossing wordt de aanwezige waterkering in zeewaartse richting versterkt.

## 1.2 Doel

Het doel van deze studie is het onderzoeken van de haalbaarheid van de voorgestelde zeewaartse versterkingen voor Breskens en Cadzand-Bad.

### Breskens

Voor Breskens is het de bedoeling om, door middel van de aanleg van een nieuw strand, de zeewering tussen de oostelijke havendam van de Veerhaven en de westelijke havendam van de Handelshaven, zeewaarts te verleggen. Daarbij wordt gedacht aan een zeewaartse verlegging van 50 m, 100 m of mogelijk zelfs tot aan het einde van de dammen. Hierbij doet de vraag zich voor in hoeverre een dergelijke situatie stabiel is en welke kosten er (indicatief) zijn verbonden aan aanleg en onderhoud.

### Cadzand-Bad

Voor Cadzand-Bad is het de bedoeling om op het kustdeel tussen de uitwateringssluis (aan de westzijde) en ergens bij camping Hoogduin (aan de oostzijde) met behulp van strekdammen en een zandsuppletie een zeewaartse verlegging van de laagwaterlijn te bewerkstelligen. Hierbij wordt in eerste instantie gedacht aan een damlengte van orde 500 m.

De vraag doet zich voor of dit haalbaar is en of in plaats van twee langere, wellicht meerdere kortere dammen een betere oplossing vormen. Ook hierbij weer de vraag in hoeverre een dergelijke situatie stabiel is en welke kosten er (indicatief) zijn verbonden aan aanleg en onderhoud.

Bovendien moet hierbij worden gekeken naar de meer grootschalige effecten van een dergelijke uitbreiding, te weten de effecten op de westelijk gelegen monding van het Zwin en de oostelijk gelegen Verdronken Zwarte Polder.

## 1.3 Aanpak

In de aanpak van de studie is expliciet aangesloten bij het gewenste karakter van het onderzoek, te weten het verkrijgen van voldoende inzicht in de haalbaarheid van de verschillende uitwerkingen voor beide lokaties.

Dit impliceert dus ook dat er in het kader van deze studie geen gebruik is gemaakt van geavanceerde rekenmodellen. Het geven van een gefundeerd oordeel over het al dan niet haalbaar zijn van bepaalde configuraties vereist echter wel enig fundamenteel uitzoekwerk. Het verzamelen en analyseren van de bij de verschillende instanties aanwezige informatie is daar een onderdeel van.



### **Bezoek aan het studiegebied**

Bij aanvang van de studie is op vrijdag 18 maart 2005 een bezoek gebracht aan het studiegebied en is bij het waterschap (ing. A. Provoost) relevante informatie ingewonnen. Dit bezoek werd gecombineerd met een startoverleg bij de opdrachtgever.

### **Analyse van het huidige morfologische systeem**

Als eerste stap is aan de hand van ingewonnen informatie een beschrijving gegeven van het aanwezige morfologische systeem. Voor deze systeemschets is onder meer gebruik worden gemaakt van:

- Bevindingen tijdens het bezoek aan het studiegebied;
- Ingewonnen informatie;
- Beschikbare resultaten van rekenmodellen van getij en golven;
- Resultaten uit eerdere studies.

Bij deze beschrijving van het aanwezige morfologische systeem ligt de nadruk op de volgende aspecten:

- De karakteristieken van het verticale (waterstanden) en horizontale (stromingen) getij;
- De karakteristieken van het golfklimaat;
- De huidige ontwikkeling van de kust (in termen van erosie en aanzanding) en de in het verleden uitgevoerde onderhoudswerkzaamheden (zowel suppleties als onderhoud aan constructies).

Deze beschrijving vormt vervolgens de basis voor een nadere beschouwing over de mogelijke oplossingen voor het zeewaarts uitbouwen van de kust bij Breskens en Cadzand-Bad.

### **Uitwerking van mogelijke oplossingen**

Door het Projectbureau Zwakke Schakels is reeds een vrij concrete beschrijving gegeven van de geplande ontwikkelingen bij Breskens en Cadzand-Bad. Deze beschrijving is als basis gebruikt voor de nadere uitwerking van mogelijke oplossingen. De geplande ontwikkelingen zijn hiertoe geanalyseerd en er is een uitspraak gedaan over de haalbaarheid van deze plannen.

Uit de analyse zijn conclusies getrokken met betrekking tot de haalbaarheid van de plannen vanuit een technisch oogpunt. Ook zijn de voor- en nadelen van de oplossingen beschreven.

### **Analyse van de effecten**

Aan de hand van de systeemschets zijn vervolgens de effecten van ingrepen in kaart gebracht. Dit omvat:

- De effecten op het Zwin, gelegen aan westzijde van Cadzand-Bad;
- De effecten op de Verdrongen Zwarte Polder, gelegen aan de oostzijde van Cadzand-Bad;
- De effecten van de uitbreidingsplannen op de onderhoudsbehoefte van de betreffende kustvakken.

De beschrijving van de effecten is waar mogelijk kwantitatief uitgedrukt (in termen van damlengtes en de grootte van de onderhoudsbehoefte). Op basis hiervan is ook een globale kostenschatting gegeven van de aanleg en het te verwachten onderhoud. Op basis van deze resultaten is gekomen tot een inschatting van de haalbaarheid van de voorliggende plannen.

## 1.4 Opzet van het rapport en leeswijzer

De opzet van het voorliggende rapport is in overeenstemming met de eerder beschreven aanpak.

In hoofdstuk 2 is een globale beschrijving van het studiegebied gegeven en wordt ook kort ingegaan op de voorliggende plannen.

Hoofdstuk 3 geeft een beschrijving van het morfologische systeem, dit zowel voor de Noordzeekust van Zeeuwsch-Vlaanderen, als de aandachtsgebieden bij Breskens en Cadzand-Bad.

In hoofdstuk 4 worden de mogelijke oplossingen beschreven en komen de effecten van de verschillende varianten uitgebreider aan de orde. Ook wordt een oordeel gegeven over de haalbaarheid van de verschillende oplossingen.

Hoofdstuk 5 geeft een overzicht van de voornaamste conclusies en aanbevelingen. In elk individueel hoofdstuk worden de specifieke aspecten voor beide kustlokaties beschreven.

## 1.5 Totstandkoming

De studie werd uitgevoerd in de periode half maart tot en met half mei door dr.ir. H.J. Steetzel en ir. M.C. Onderwater. Eerstgenoemde was ook verantwoordelijk voor de voorliggende rapportage, alsmede voor de in de aanloop naar deze rapportage geproduceerde onderbouwende memo's. In deze memo's werd ingegaan op verschillende aspecten van de kustverdediging.

Ir. R.C. Steijn was verantwoordelijk voor de interne kwaliteitscontrole.

De (tussen)resultaten van de studie zijn besproken met een door de opdrachtgever samengestelde projectgroep. Hierin hadden zitten ir. J. Mathijssen, ir. E.A. Dekker en drs. M. de Vriend (allen projectbureau) en ing. A. Provoost (Waterschap Zeeuws-Vlaanderen).

## 2 Beschrijving huidige situatie en plannen

### 2.1 Huidige situatie

#### 2.1.1 Breskens

Breskens is een maritieme badplaats, onder meer door de aanwezigheid van een jachthaven (1500 ligplaatsen). De stranden van Breskens zijn enerzijds gelegen tussen de Veerhaven en de handels- en jachthaven en anderzijds strekken zij zich in westelijke richting uit vanaf de Veerhaven tot aan Nieuwvliet. Vanaf de veerhaven richting Nieuwvliet worden de stranden steeds breder. Van Breskens tot Nieuwesluis liggen de stranden duidelijk herkenbaar tegen een Deltadijk aan, die hier deels overstoven is en daardoor een duinachtig karakter heeft.

Figuur 2.1 geeft de situatie rond Breskens weer op een topografische kaart. Het gaat in deze studie met name om het gebied tussen de oostelijke havendam van de Veerhaven (orde 350 m lang) en de westelijke havendam van de handels- en jachthaven (orde 400 m lang). De afstand tussen beide dammen bedraagt orde 900 m. De feitelijke waterkering loopt zeer dicht langs de hier aanwezige bebouwing.

Op het traject bevinden zich vier zogenaamde kustraaie, te weten raai 118 (in het oosten nabij de dam van de handelshaven), raai 318, raai 518 en raai 718 (in het westen nabij de dam van de Veerhaven).

Raai 118 is, aansluitend op de door het waterschap gehanteerde aanduiding, in het vervolg overigens aangegeven als raai 11 (zijnde km 0.11). Deze notatie is ook aangehouden voor de andere raaien.

Verder bevinden zich hier nog twee langere standhoofden, te weten "hoofd B" (in het midden) met een lengte van orde 400 m en het meer westelijk gelegen "hoofd 1" (lengte orde 350 m). Aan beide zijden van deze laatste dam bevinden zich nog twee kortere strekdammen. Genoemde strekdammen zijn aangelegd voor de realisatie van de dammen bij de Veerhaven en hebben in de huidige situatie waarschijnlijk niet veel nut.

In het zogenaamde beheerdersoordeel wordt gemeld dat de waterkering ter hoogte van de raaien 51 en 71 (de twee meest westelijke raaien), welke in feite bestaat uit een duin met een deels overstoven duinvoetverdediging, aan de krappe kant is. In het beheerdersoordeel wordt gemeld dat de waterkering in deze raaien een zeer beperkte restbreedte van het duin te zien geeft. Het in rekening brengen van de extra afslag in langsricting als gevolg van de invloed van de Veerhavendam leverde voor dit kustgedeelte de score 'onvoldoende' op. [Waterschap Zeeuws-Vlaanderen, 2003]. Momenteel (voorjaar 2005) wordt hier dan ook een suppletie aangebracht [Waterschap Zeeuws-Vlaanderen, 2005].

#### 2.1.2 Cadzand-Bad

Cadzand was oorspronkelijk een eiland (landje van Cadzand) dat later door inpolderingen werd verbonden met het vasteland. Cadzand-Bad is thans een grote badplaats vlak achter de duinen met een relatief breed zandstrand. Het strand strekt zich over orde 10 km in oostelijke richting uit en sluit aan op een duingebied. Als gevolg van de Delta werken zijn een deel van deze duinen beschermd door de nieuwe dijken. In westelijke richting sluit dit aan op het natuurgebied het Zwin.

Figuur 2.2 geeft een overzicht van het interessegebied. Het gaat hierbij met name om het kustdeel tussen de westelijke geleidingsdam bij de uitwateringssluis (net westelijk van raai 1335) en de overgang naar de Verdrongen Zwarte Polder (nabij raai 985); een stuk van 3,7 km lang.

In het beheerdersoordeel van 2003 wordt geconcludeerd dat de in rekening te brengen afslag voor de raaien 1363 en 1372 (westelijk van de uitwateringssluis) reikt tot landwaarts van het kritieke afslagprofiel [Waterschap Zeeuws-Vlaanderen, 2003]. Op deze lokatie is de bestaande hotelbebouwing als hoogbouw direct landwaarts van het grensprofiel aanwezig. Ook deze lokatie is in het voorjaar van 2005 van een suppletie voorzien [Waterschap Zeeuws-Vlaanderen, 2005].

## 2.2 Zeewaartse plannen

### 2.2.1 Breskens

In Breskens (deelgebied 7 van de planstudie) is het de bedoeling om, door middel van de aanleg van een nieuw strand, de zeewering tussen de oostelijke havendam van de Veerhaven en de westelijke havendam van de handels- en jachthaven zeewaarts te verleggen (zie Basisdocument [Projectbureau Zwakke Schakels Zeeland, 2005]). Daarbij wordt gedacht aan een zeewaartse verlegging van 50 m, 100 m of mogelijk zelfs tot aan het einde van de dammen.

Deze plannen zijn in meer detail aangegeven in figuur 2.3.

Hierbij is onderscheid gemaakt tussen een aanpassing van de zeedijk in het westelijke deel en de aanleg van een duinmassief in het oostelijke deel. Vooralsnog wordt hierbij gedacht aan een breedte van orde 80 m.

In hoofdstuk 4 komen we hier nog nader op terug.

### 2.2.2 Cadzand-Bad

Voor Cadzand-Bad (deelgebied 3 van de planstudie) is het de bedoeling om op het kustdeel tussen het gemaal (aan de westzijde) en ergens bij camping Hoogduin (aan de oostzijde) met behulp van strekdammen en een zandsuppletie een zeewaartse verlegging van de laagwaterlijn te bewerkstelligen (Basisdocument [Projectbureau Zwakke Schakels Zeeland, 2005]).

Deze plannen zijn in meer detail aangegeven in figuur 2.4. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen de aanpassing/versterking van de zeedijk in het westelijke deel en een zeewaartse versterking van het duin in het oostelijke deel.

De oostelijke begrenzing valt hierbij globaal samen met hoofd nummer 15 (nabij raai 1112). In aanvulling op deze duinversterking wordt hier dus behoorlijke strandverbreding voorzien. Hierbij wordt thans gedacht aan orde 100 tot 200 m.

## 3 Analyse morfologische systeem

### 3.1 De Zeeuwsch-Vlaamse Noordzeekust

#### 3.1.1 Algemeen

Aan dit deel van de Noordzeekust wisselen zowel duin en dijk als erosie en aanzanding elkaar af. Door het jaarlijks uitvoeren van dwarsprofielopnamen wordt de tijdsontwikkeling van individuele posities langs de kust nauwkeurig gevolgd. Deze meetgegevens (de JAarlijkse KUSmetingen) worden opgeslagen in het zogenaamde JARKUS-bestand.

Uit deze gegevens kan zowel de jaarlijkse positie van de kustlijn (de zogenaamde momentane kustlijn positie; zie later), als de ontwikkeling in de tijd van deze positie (de zogenaamde trend; zie later) worden vastgesteld. De noodzaak tot het uitvoeren van kustonderhoud (de suppleties) volgt uit genoemde kustlijnposities en trends.

In de volgende paragrafen komen het uitgevoerde kustonderhoud en de onderliggende kustlijnposities en trends aan de orde. Eerst voor de Zeeuwsch-Vlaamse Noordzeekust, in tweede instantie in meer detail voor de kustsecties bij Breskens en Cadzand-Bad.

#### 3.1.2 Kustonderhoud

Sinds 1990 is, conform het beleid van kustlijn handhaving, op dit kustdeel redelijk intensief gesuppleerd. Dit is nodig vanwege het feit dat er sprake was van een eroderende kust waarbij de kustlijn zich dus gestaag in landwaartse richting wil bewegen.

Het laatst voltooide grotere suppletieprogramma dateert van 2001. In het totaal werd toen ruim 1 miljoen m<sup>3</sup> extra zand aangebracht (zie tabel 3.1). De hierbinnen uitgevoerde suppleties hadden betrekking op de volgende trajecten:

- Breskens (raai 31 - 71);
- Schoneveld (raai 271 - 421);
- Nieuwe Sluis-Adornispolder (raai 512 - 558);
- Adornispolder-Verdronke Zwarte polder (raai 822 - 903);
- Tienhonderdpolder-Cadzand (raai 1046 -1335) en
- Cadzandbad-Zwin (raai 1354 -1487).

De suppletie bij Breskens (orde 200.000 m<sup>3</sup>) had daarbij betrekking op het westelijke deel van het in deze studie beschouwde kustvak.

De suppletie op het traject Tienhonderdpolder-Cadzand (orde 380.000 m<sup>3</sup>) valt geheel binnen het bij Cadzand-Bad onderzochte kustvak. Ook de laatste suppletie op de kust westelijk van de uitwateringssluis valt binnen het aandachtsgebied.

Thans (voorjaar 2005) worden er opnieuw suppleties uitgevoerd. In het totaal gaat het hierbij om 900.000 m<sup>3</sup>. De individuele suppleties hebben betrekking op de volgende kustvakken:

- Breskens (raai 31 - 71);
- Schoneveld (raai 271 - 352);
- Adornispolder (raai 791 - 903);
- Tienhonderdpolder-Cadzand (raai 1037 -1345) en
- Cadzandbad-Zwin (raai 1354 -1467).

Ook hier dus weer specifiek van belang de suppletie in de kom van Breskens (nu orde 120.000 m<sup>3</sup>) en die bij Cadzand (orde 200.000 m<sup>3</sup> voor Kievitte-Oost en 100.000 m<sup>3</sup> voor Kievitte-West).

In het totaal komt hiermee het aantal suppletierreeksen op 12 stuks. De totaal gesuppleerde hoeveelheid sediment in de periode 1988 t/m 2005 bedraagt 6,75 miljoen m<sup>3</sup>. Hiervan is overigens het grootste deel ten goede gekomen aan Breskens en Cadzand.

In tabel 3.1 is een samenvattend overzicht gegeven van het jaar van uitvoering, de hoeveelheden en de vakken. In figuur 3.1 is een en ander ook grafisch weergegeven. Hierin wordt ook melding gemaakt van een in 2003 uitgevoerde suppletie (orde 100.000 m<sup>3</sup>) op het kustvak Kievitte-West (westelijk van de uitwateringsluis). Dit zand was afkomstig van een in november/december 2003 uitgevoerde verdieping van de monding van het Zwin.

### 3.1.3 Kustlijnposities (MKL-waarden)

De JARKUS-gegevens worden gebruikt voor het bepalen van de positie van de kustlijn, de zogenaamde Momentane KustLijn (MKL). Deze moet vervolgens worden vergeleken met een vastgestelde minimale maat, de zogenaamde BasisKustLijn (BKL).

Op het moment van toetsing in 2004 lag in het grootste deel van het kustvak de kustlijn zeewaarts van de BKL. Op slechts 3 plaatsen was dit niet het geval en werd de BKL in één of enkele raaien overschreden met 1 tot 4 meter. Dit was het geval:

- bij Breskens (raai 71);
- bij Nieuwvliet-Bad (raai 877) en
- bij Cadzand (raaien 1354, 1372 en 1401).

Bij Breskens heeft deze overschrijding betrekking op de meest westelijke raai. De lokale BKL ligt hier relatief ver zeewaarts (op 179 m uit het referentiepunt) en geeft welhaast per definitie overschrijdingen. De overschrijdingen bij Cadzand hebben betrekking op het gedeelte westelijk van de uitwateringsluis.

### 3.1.4 Aanwezige trends (erosie-sedimentatie)

Naast de zogenaamde MKL is ook de tijdsontwikkeling van deze positie van belang. De mate waarin deze positie voor of achteruitgaat wordt aangegeven met de zogenaamde trend, uitgedrukt in m/jaar.

Figuur 3.2 geeft een overzicht van de aanwezige trends. Hierin is op de verticale as de trend uitgezet als functie van de positie in het kustvak; het raainummer op de horizontale as. De raainummers zijn hierbij aflopend weergegeven zodat het Zwin links (west) ligt en Breskens rechts (oost).

Voor het gehele kustvak is blijkbaar sprake van een negatieve, landwaarts gerichte, trend over het grootste deel van dit kustvak. Het grootste is deze in de sectie Schoneveld (raai 270 - 300) met maximaal circa 7 meter per jaar en in de secties Tienhonderdpolder en Cadzandbad-Zwin (tussen 2 en 3 meter per jaar).

In dit laatste traject (tussen raai 1046 en 1335) is de handhaving van de BKL niet alleen van belang in het kader van erosiebestrijding, maar ook voor het waarborgen van de veiligheid van het achterland.

Aanzanding vindt alleen plaats ter hoogte van Breskens, in de luwte van het havenhoofd naar de Veerhaven (raai 146 - 188), tussen Nieuwesluis en Nieuwvliet-Bad (raai 584 en 705) en bij Verdrongen- en Herdijkte Zwartepolder (raai 962-979). Hier is de trend van de

kustlijnligging zeewaarts gericht, tussen 0 en 2 meter per jaar. De hier aanwezige (eind)constructies leiden tot een blokkade van het oostwaarts gerichte sedimenttransport.

In aanvulling op de huidige trend (die van 2004) zijn in de grafiek ook de waarden voor 2003 en 2002 opgenomen. Deze sluiten redelijk aan bij de 2004-waarden en bevestigen daarmee het algemene beeld.

In tabel 3.2 zijn de onderliggende getalswaarden samengebracht [RWS, 2005]. In deze tabel zijn ook de BKL-waarden toegevoegd.

## 3.2 Breskens

### 3.2.1 Ontwikkeling dwarsprofielen

Binnen de kom van Breskens zijn vier JARKUS-raaien gedefinieerd, te weten raai 11 (in het oosten), 31, 51 en 71 (in het westen).

In figuur 3.3 is een overzicht gegeven van de in deze raaien aanwezige dwarsprofielen. De bovenste figuur heeft hierbij betrekking op profielen voor 2003, de onderste op de dwarsprofielen van 2004. De profielen zelf vertonen onderling niet erg veel overeenkomst of het moet zijn dat voor alle vier geldt dat er aan de zeezijde (links) sprake is van een vrij abrupte overgang naar een relatief dieper gelegen deel van het dwarsprofiel (met name in raai 11) en aan de rechterzijde de aanwezigheid van een ruim 12 m hoge waterkering.

Op het eerste gezicht lijken de situaties in 2003 en 2004 vergelijkbaar. In hoeverre dit inderdaad zo is, kan worden vastgesteld aan de hand van de in figuur 3.4a/b weer-gegeven dwarsprofielontwikkelingen.

De tijdsontwikkeling in de meest oostelijke raai (raai 11) is gegeven in de bovenste figuur van figuur 3.4a. Hierin valt op dat de overgang naar het diepere stuk als vrij stabiel kan worden aangemerkt. De profielen zijn hier in de periode 1994 t/m 2004 nauwelijks gewijzigd.

De rest van het profiel wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van een relatief vlakke vooroever met een helling van orde 1 : 100. Op het hogere deel blijkt hier sinds 2001 sprake te zijn van een zekere aangroei van het profiel. Deze groei heeft te maken met in 2001 in dit gebied uitgevoerde suppletie. Toen is op het traject km 0,17 – 0,89 (dus westelijk van de beschouwde raai) in totaal bijna 200.000 m<sup>3</sup> gesuppleerd. Het duin lijkt overigens ook enigszins te hebben geprofiteerd van laatstgenoemde aangroei.

De ontwikkeling in raai 31 (onderste figuur) is enigszins vergelijkbaar. Ook hier een stabiele overgang naar het diepere deel. Er is sprake van een nog iets flauwer hellende vooroever (orde 1 : 150 in plaats van 1 : 100) en ook hier is het effect van de in 2001 aangebrachte suppletie duidelijk zichtbaar.

Het dwarsprofiel in raai 51 (zie bovenste plot in figuur 3.4b) laat ook de effecten van de aangebrachte suppletie zien. Voor de rest zijn er eigenlijk geen significante ontwikkelingen waarneembaar.

De figuur voor raai 71 laat ook de in 2001 aangebrachte suppletie duidelijk zien. De meer recente dwarsprofielen laten echter zien dat de aangebrachte suppletie hier geleidelijk weer aan het verdwijnen is. Hier komen we later nog op terug.

Verder is de helling van de vooroever hier weer iets steiler. Deze is, vergelijkbaar met de vooroever in het meest oostelijke dwarsprofiel, orde 1 : 100. De overgang naar het diepere deel kan ook hier als stabiel worden aangemerkt. Er is wel een behoorlijke variatie op de diepere vooroever aanwezig.

### 3.2.2 Morfologisch systeem

In figuur 3.5 zijn de detailontwikkelingen in de verschillende raaien samengebracht. Hierin is duidelijk de migratie van de in 2001 aangebrachte suppletie waarneembaar.

In de onderste figuur is te zien dat de in het westelijk deel aangebrachte suppletie (voor het eerst zichtbaar in de profielopname van 2002) aan erosie onderhevig is. De NAP+2 m contour verplaatst zich in de periode 2002 – 2004 over circa 50 m in landwaartse richting.

Ter plaatse van raai 51 lijkt er weinig aan de hand. Blijkbaar ligt deze raai centraal tussen de eroderende profielen in het westen en de aanzandende dwarsprofielen in het oosten; een soort kantelpunt. In de profielen 31 en 11 is er duidelijk sprake van een afzetting van de uit het westen afkomstige zandaanvoer.

Dit beeld wordt nog eens bevestigd door de in figuur 3.6a gegeven tijdsontwikkeling van de MKL-posities. In deze figuur is de positie van de kustlijn (de MKL-waarde) uitgezet als functie van de tijd. Dit is gedaan voor alle vier raaien.

Het effect van de in 2001 aangebrachte suppletie is duidelijk herkenbaar in de grafiek. Na 2002 is er als gevolg van eerder genoemd verlies echter weer een teruggang in de MKL-positie. Voor de oostelijk gelegen raaien is dit niet zo en resulteert de winst in een zeevaartse verplaatsing van de kustlijn.

Een soortgelijk beeld is gegeven in de bovenste figuur van figuur 3.6b, waarin de ontwikkeling van de NAP+2 m contour is gegeven.

Blijkbaar sluit de vormgeving van de aangebrachte suppletie niet aan bij de karakteristieken van het natuurlijke systeem.

Dit laatste is goed te zien in de onderste figuur van figuur 3.6b waarin de NAP+2 m contour op verschillende tijdstippen is gegeven. De belijning van de 2001-suppletie (gekaracteriseerd door de 2002-contour) wijkt af van de natuurlijke evenwichtsbelijning. Het gevolg is dus dat het verstoorde systeem zich zal herschikken en zal trachten te migreren naar de oorspronkelijke vorm.

### 3.2.3 Conclusies ten aanzien van het ontwerp

Gegeven de resultaten van de morfologische analyse kan worden geconcludeerd dat de grotere morfologische veranderingen binnen het kustvak primair het gevolg zijn van het verstoren van het evenwichtssysteem. Het uitvoeren van een suppletie met een niet op het natuurlijke systeem aansluitende belijning maakt dat het systeem zich zal herschikken.

Voor een toekomstig ontwerp verdient het dan ook aanbeveling om goed rekening te houden met de evenwichtskennmerken van het morfologische systeem. Op deze wijze kan een morfologisch stabiele situatie worden verkregen waarbij er slechts beperkt onderhoud nodig zal zijn.

Dit onderhoud zou hoogstens betrekking moeten hebben op de compensatie van het verlies van materiaal dat door wind richting waterkering wordt verplaatst.

Uit een nadere analyse van de dwarsprofielopnamen, waarbij gekeken is naar de aangroei van het duinprofiel boven de duinvoet, blijkt het hierbij in de afgelopen jaren



ging om orde  $10 \text{ m}^3/\text{m}^1/\text{jaar}$ . In het totaal voor het betrokken kustvak dus enkele duizenden  $\text{m}^3$  per jaar.

### 3.3 Cadzand-Bad

#### 3.3.1 Ontwikkeling dwarsprofielen

Vergelijkbaar met de uitwerking voor Breskens zijn ook voor Cadzand-Bad de gemeten dwarsprofielen aan een nadere analyse onderworpen.

Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de dwarsprofielen in het centrale deel van het kustvak en de dwarsprofielen in de aanliggende secties; westelijk richting het Zwin en oostelijk richting de Verdrongen Zwarte Polder.

In figuur 3.7 zijn de dwarsprofielen (in dit geval uit 2003) gegeven voor het centrale deel van Cadzand-Bad. De bovenste figuur geeft de dwarsprofielen in het oostelijke deel (raaien 1112 – 1214), de onderste figuur die van het westelijk deel (raaien 1262 – 1335). In alle gevallen is er sprake van een op het duin aansluitend strand met een helling van orde 1 : 40. Ter plaatse van raai 1335 (nabij de uitwateringssluis) is dit profiel overigens relatief mager.

De helling van de vooroever bedraagt in het westelijke gedeelte ongeveer 1 : 20. Meer oostelijk is er sprake van een flauwere helling. Het niveau van het diepere kustprofiel bedraagt orde NAP-10 m. Voor de meest oostelijke raai is deze iets lager.

Laatstgenoemde versteiling van de vooroever is ook waarneembaar in de bovenste figuur van figuur 3.8 waarin de dwarsprofielen zijn gegeven voor het aanliggende deel van de kust (raaien 993 - 1092). Hier is het strand relatief smal en gaat het profiel vrij snel over naar een diep gelegen vooroever. Dit sluit ook aan bij de positie van de dieptecontouren zoals deze zijn gegeven in figuur 2.2. De NAP-10 m dieptelijn buigt hier sterk af richting kust.

In de onderste plot van figuur 3.8 zijn de dwarsprofielen gegeven voor het kustdeel westelijk van de uitwateringssluis. Zeker op het eerste stuk zijn de duinen niet robuust (is ook de reden voor het regelmatige suppletieonderhoud).

In de figuren 3.9a/b is voor een viertal dwarsprofielen in het centrale deel de tijdsontwikkeling van de dwarsprofielen gegeven. Het gaat hierbij om de oostelijke raaien 1136 en 1191 en de westelijke raaien 1282 en 1318.

Uit de figuren blijkt dat er geen sprake is van significante ontwikkelingen. Het hoger gelegen kustdeel (strand en duin) oogt redelijk stabiel. Wel valt op dat de incidenteel herkenbare suppleties (feitelijk te zien als een verstoring van het natuurlijke dwarsprofiel) snel worden verspreid over het profiel en daarmee ook niet meer als zodanig herkenbaar zijn.

In de figuren is ook de positie van de voorzijde van de verschillende strandhoofden aangegeven (de koppen van de hoofden). De aanwezigheid van deze standhoofden zorgt in combinatie met het hier uitgevoerde kustonderhoud voor de als gemiddeld stabiel te kenmerken situatie.

In aanvulling op de eerdere dwarsprofielen is in figuur 3.10 ook nog een detail geven van de beschouwde profielen. Deze geeft echter geen aanvullende informatie over het morfologisch systeem.

Figuur 3.11 geeft de tijdsontwikkeling van de MKL. In deze figuur zijn de momenten waarop een suppletie is uitgevoerd (zie tabel 3.1 en figuur 3.1) zeer duidelijk herkenbaar in de positie van de individuele MKL-waarden.

### 3.3.2 Morfologisch systeem

Zoals blijkt uit de in figuur 3.2 weergegeven trends, vertoont de kust bij Cadzand-Bad thans een gemiddelde achteruitgang van 2 tot 4 m per jaar.

Het hiermee samenhangende volumeverlies kan worden berekend als het product van de werkende hoogte van het erosieprofiel (zeg van NAP-8 m tot het duinfront op NAP+5 m; dus orde 13 m), de lengte van het kustvak (tussen Hoogduin en de uitwateringssluis; orde 2,5 km) en het gemiddelde verlies (zeg 3 m/jaar).

Dit levert een gemiddeld verlies op van  $13 \times 2.500 \times 3 = 97.500 \text{ m}^3/\text{jaar}$ ; afgerond dus orde 0,1 miljoen  $\text{m}^3$  per jaar. Per strekkende meter kust bedraagt het verlies orde  $40 \text{ m}^3/\text{m}^1/\text{jaar}$ .

Teneinde deze achteruitgang te compenseren worden regelmatig suppleties uitgevoerd. De totale omvang van de op dit kustvak uitgevoerde suppleties bedraagt (in de periode 1988 tot 2005) 3,8 miljoen  $\text{m}^3$  (zie tabel 3.1).

Hiervan heeft orde 2,0 miljoen  $\text{m}^3$  betrekking op het gedeelte oostelijk van de uitwateringssluis tot Hoogduin. Uitgaande van een nuttig effect van de thans uitgevoerde suppletie tot 2008 (bij een herhalingsstijd 3 a 4 jaar) is er dus 2,0 miljoen  $\text{m}^3$  over een periode van 20 jaar aangebracht: gemiddeld dus  $2,0 / 20 = 0,1$  miljoen  $\text{m}^3$  per jaar. Deze waarde komt overeen met de grootte van het eerder gekwantificeerde verlies.

Indien ook de omgeving van het centrale deel van het kustvak in beschouwing wordt genomen, neemt de absolute grootte van het verlies toe tot orde 0,2 miljoen  $\text{m}^3$  per jaar. Dit verlies hangt samen met de enigszins geprononceerde ligging van dit deel van de kust en het feit dat hier, over het jaar gemiddeld, sprake is van een enigszins scheef invallende golfaanval.

Uit een verkennende studie naar het maatgevende golfklimaat blijkt dat er sprake is van een dominante golfhoogte welke onder een hoek van orde 10 graden de kustlijn bereikt. Ofschoon deze uitwerking feitelijk veel gedetailleerder zou moeten zijn kan deze indicatie wel worden gebruikt voor een eerste verkenning van de hiermee samenhangende effecten.

Een dergelijke scheef invallende golf levert een netto sedimenttransport in noord-oostelijke richting langs de kust. De bijbehorende grootte van het sedimenttransport bedraagt orde  $0,2 \text{ Mm}^3/\text{jaar}$ . Dit getal komt qua orde-van-grootte overeen met het eerder genoemde verlies voor het totale kustvak.

Het echte langtransport is overigens een combinatie van dit golfgedreven transport en het transport onder invloed van het netto horizontale getij. Ten aanzien van de grootte van het netto getijgedreven transport is feitelijk geen bruikbare informatie voorhanden.

In de huidige situatie spelen de aanwezige strandhoofden en paalrijen overigens een belangrijke rol. Door de aanwezigheid van deze constructies wordt de getijstroom enigszins uit de kust gedrukt en daarmee wordt de grootte van het hiermee samenhangende sedimenttransport beperkt. Dit geldt in het bijzonder voor de zogenaamde opwoelcomponent van het getijgedreven transport (het feit dat door de aanwezigheid van de golfwerking extra materiaal in suspensie wordt gebracht dat vervolgens door de netto getijstroom wordt verplaatst).

Indien deze constructies er niet zouden zijn zou het totale netto transport groter zijn. Dit zou kunnen leiden tot een verdubbeling van het netto transport tot orde 0,4

Mm<sup>3</sup>/jaar. Zonder goed inzicht in de werkelijk optredende transporten is een dergelijke schatting echter aan grote onzekerheid onderhevig.

### **3.3.3 Conclusies ten aanzien van het ontwerp**

Uit de morfologische analyses volgt dat er langs dit deel van de kust sprake is van een doorgaande erosie. Ook op termijn zal daarom rekening moeten worden gehouden met het uitvoeren van noodzakelijk kustonderhoud. Het thans optredende verlies bedraagt 0,1 tot 0,2 miljoen m<sup>3</sup> per jaar.

De aanwezige strandhoofden dragen er in feite toe bij dat het verlies niet groter is dan deze waarde. Het verwijderen van de hoofden en/of het zeewaarts uitbouwen van de kust tot voorbij deze hoofden maakt dat deze reducerende bijdrage (deels) verdwijnt en dat daarmee de grootte van het te compenseren verlies zal toenemen. Zoals reeds eerder gemeld neemt het belang van met name het getij-gedreven transport toe en daarmee ook de behoefte om hier meer kwantitatief inzicht in te hebben.

Voor het ontwerp zijn er feitelijk twee categorieën te onderscheiden, namelijk een uitwerking waarbij er rekening wordt gehouden met de verminderde werking van deze constructies en een uitwerking waarbij ook de constructies worden aangepast of uitgebouwd. Genoemde uitwerkingen hebben daarbij respectievelijk betrekking op de zachte (zonder constructies) en de harde variant (met ondersteunende constructies).

## 4 Uitwerking mogelijke oplossingen

### 4.1 Breskens

#### 4.1.1 Algemeen

In figuur 4.1 is het in de kom van Breskens aanwezige morfologische systeem nog eens schetsmatig weergegeven.

Het aanbrengen van een suppletie in het westelijke deel leidt tot een verlies van materiaal in dit deel van het kustvak en daarmee tot een aanvoer van materiaal in het rechterdeel. In deze figuur is ook de stabiele oriëntatie van de lokale kustlijn gegeven.

Een overzicht van de mogelijke maatregelen is gegeven in de onderste figuur. Gezien de evenwichtsoriëntatie van de kustlijn kan onderscheid worden gemaakt tussen maatregelen in het oostelijke en maatregelen in het westelijke deel.

Aanbevolen wordt om een compartimenteringsdam aan te leggen teneinde de harde constructie aan de westzijde te scheiden van de strand/kustuitbouw aan de oostelijke zijde. Op deze wijze kan een versterking van het westelijke deel worden uitgevoerd zonder dat dit direct leidt tot een verlies van materiaal naar het oostelijke deel.

Op het rechterdeel kan aldus een uitwaartse verplaatsing van de waterkering worden verkregen. Op deze wijze kan de wettelijke achterkant van de waterkering over orde 50 m worden opgeschoven en hier bovendien nog een strand worden aangelegd. Verder naar voren schuiven van een en ander zal leiden tot verlies van materiaal richting ingang van de Handelshaven. Teneinde dit tegen te gaan en de kustlijn aan de oostelijke zijde op te sluiten kan hier een opsluitdam worden aangelegd. De vormgeving en hoogte van deze opsluitdam moeten in een vervolgfase nog nader worden vastgesteld.

De totale kosten van de geschetste constructies (dammen) worden geraamd op 1 miljoen euro. Hierbij komen nog de kosten van de uit te voeren zandaanvulling. Voor een aanvulling ter grootte van 500.000 m<sup>3</sup> levert dit, uitgaande van een eenheidsprijs van 2 tot 5 euro per m<sup>3</sup>, een kostenpost van 1,0 tot 2,5 miljoen euro op. De totale kosten komen daarmee op 2,0 tot 3,5 miljoen euro.

In deze situatie lijkt het kustvak morfologisch stabiel, waardoor er slechts beperkt onderhoud nodig zal zijn. Dit beperkte onderhoud is in ieder geval nodig ter compensatie van het verlies richting waterkering (door wind). Dit laatste verlies bedroeg in de afgelopen jaren orde 10 m<sup>3</sup>/m<sup>1</sup>/jaar (in het totaal dus orde enkele duizenden m<sup>3</sup> op jaarbasis).

#### 4.1.2 Extra benodigd duinvolume

Een deel van de oostelijke uitbreiding is nodig voor het opvangen van het, in verband met de verzwaarde randvoorwaarden, op termijn benodigde extra duinvolume.

Er is hierbij overigens een duidelijk verschil tussen de hier benodigde ruimte ten opzichte van de situatie voor Cadzand-Bad. Dit verschil is drieledig, te weten:

- De golfaanval bij Breskens is veel kleiner dan bij Cadzand-Bad en daarmee zijn de afslaghoeveelheden hier dus ook veel kleiner (Bij Breskens is de golfhoogte orde 3 m tegen ruim 5 m bij Cadzand);
- De profielvorm is sterk afwijkend (Bij Breskens is er sprake van een vooroever met een helling van orde 1:100 terwijl

bij Cadzand het profiel via een 1 : 20 helling overgaat in een dieper stuk naar NAP-10 m);

- Omdat het bij Breskens gaat om een nieuw aan te leggen duin, is het te gebruiken materiaal (qua korrelafmeting) in principe vrij. (Het gebruik van relatief grover zand leidt tot minder afslag en vraagt dan ook om een minder omvangrijk duin; zie verderop)

In figuur 4.2a is een voorbeeld gegeven van een verzwaard profiel (aangegeven door de dikkere zwarte lijn). In dit geval voor de situatie ter plaatse van raai 318 (het profiel uit 2004 is toegevoegd in de figuur).

Bij de aanleg is in deze variant uitgegaan van een positie van de teen (op NAP+3 m) op 80 m landwaarts van de referentielijn. Zeewaarts is uitgegaan van een 1 : 40 strand; landwaarts van een 1 : 4 helling tot het niveau van NAP+11,7 m. De afslag is berekend voor de situatie over 50 jaar met een golfhoogte van 2,90 m, een piekperiode van 11,9 s en een rekenpeil van NAP+5,95 m. Ten opzichte van de vigerende HR2001-randvoorwaarden (met  $RP = \text{NAP}+5,65 \text{ m}$  en  $H_s = 2,90 \text{ m}$ ) is hierbij dus alleen een waterstandsverhoging van 0,30 m in rekening gebracht. Deze mutatie is conform het zogenaamde middenscenario voor zeespiegelstijging (0,60 m/ eeuw) [TAW, 2002].

Naast het afslagprofiel en de normale toeslag (behorende bij het standaard rekenmodel) is ook de extra afslag gegeven die in rekening moet worden gebracht voor de periode-mutatie (35% extra afslag). Achter dit profiel is nog ruimte voor het zogenaamde grensprofiel. Het getekende afslagprofiel heeft overigens betrekking op de ongecorrigeerde vorm en dus zonder de met de vergrootte golfperiode samenhangende verflauwing. Omdat het in deze berekening primair gaat om de te verwachten hoeveelheid duinafslag en de daarmee samenhangende achteruitgang van het duinfront is dat in dit geval ook niet nodig.

Uit de figuur blijkt dat er op deze wijze een nieuwe waterkering kan worden verkregen welke ruim zeewaarts van de bestaande waterkering is gelegen.

Bij deze berekening is gebruik gemaakt van relatief fijn zand ( $D = 185 \mu\text{m}$ ). Indien wordt overgegaan tot de toepassing van grover zand, zal de mate van afslag (en daarmee ook de verschillende toeslagen) behoorlijk afnemen. In de figuur is ook het resultaat gegeven voor grover zand met  $D = 250 \mu\text{m}$ .

Zoals blijkt uit de figuur schuift de achterzijde van het afslagprofiel over circa 10 m in zeewaartse richting op. De conclusie is dan ook dat er, zeker bij gebruik van iets grover zand, een behoorlijke zeewaartse verplaatsing van de waterkering kan worden verkregen.

Om deze mogelijkheden ook op een andere manier aan te geven is een berekening gemaakt waarbij het knikpunt in het profiel (overgang 1 : 40 strand naar 1 : 4 duinfront) over 80 m in zeewaartse richting is verplaatst. In dit geval schuift ook de achterzijde van het grensprofiel in gelijke mate zeewaarts op.

In figuur 4.2b zijn vergelijkbare resultaten gepresenteerd voor de situatie over 200 jaar. Hierbij is rekening gehouden met aanpassing van de hydraulische condities volgens het zogenaamde maximum scenario. Dit impliceert een stijging van de zeespiegel met 0,85 m/eeuw in combinatie met een klimaatwijziging welke leidt tot een extra verhoging van de stormvloedpeilen van 0,40 m en een 5%'s toename van de golfaanval [TAW, 2002].

Het rekenpeil komt daarmee op  $\text{NAP}+5,65 \text{ m} + 1,70 \text{ m} + 0,40 \text{ m} = \text{NAP}+7,75 \text{ m}$  en de golfhoogte op  $1,05 \times 2,90 \text{ m} = 3,05 \text{ m}$ .

Een en ander geeft dus aan dat er voldoende mogelijkheden zijn voor het verplaatsen van de waterkering. De ruimte die nodig is voor het veiligstellen van de waterkering is (zeker bij het gebruik van iets grover zand) immers beperkt.

Aandachtpunten hierbij zijn dus nog het ontwerp van de noordoostelijk opsluitconstructie alsmede de aansluiting van het hoge duin op de relatief lage dam van de handelshaven.

## 4.2 Cadzand-Bad

### 4.2.1 Algemeen

Figuur 4.3 geeft een samenvattend beeld van het ter plaatse van Cadzand aanwezige morfologische systeem. De totale balans wordt primair gestuurd door het netto transport dat aan de oostzijde het balansgebied verlaat. Dit verlies wordt geschat op 0,1 tot 0,2 miljoen  $\text{m}^3$  per jaar.

De grootte van de (positief of negatieve) uitwisseling met dieper water (over de NAP-10m dieptelijn) is onduidelijk.

De toevoer van materiaal aan de westelijke zijde lijkt beperkt. Dit wordt onderschreven door de beperkte gevuldheid van het direct oostelijk van de uitwateringsluis gelegen kustvak. De indruk bestaat bovendien dat de westelijk gelegen raaien materiaal richting het Zwin verliezen.

### 4.2.2 Mogelijkheden zeevaartse uitbouw

Zoals eerder aangegeven zijn er voor het zeewaarts uitbouwen van de kust bij Cadzand-Bad in principe twee verschillende mogelijkheden, te weten:

1. Het uitbouwen van de kust door eenvoudigweg extra te suppleren (in feite dus door het zeewaarts verplaatsen van de basiskustlijn)  
Dit betreft de zogenaamde volledig zachte oplossing;
2. Het zeewaarts opschuiven van de huidige kustlijn door het hele profiel (samenhangend geheel van profielvorm en hierin aanwezige constructies) op te schuiven. Dit betreft een zogenaamde harde oplossing.

In figuur 4.4 is een dergelijke zeevaartse uitbouw van het dwarsprofiel weergegeven voor de dwarsprofielen in het oostelijke en het westelijke deel van het centrale kustvak. Hierbij is het zich onder invloed van getij- en golfwerking bevindende gedeelte van het dwarsprofiel over 100 m in zeevaartse richting verschoven. Door ook het duin over deze afstand te versterken ontstaat een meer robuuste waterkering. In de beide figuren is ook een globale schematisatie gegeven van het thans aanwezige duin. Deze is min of meer representatief voor het betreffende kustdeel.

Het schematische profiel voor het westelijke kustdeel (zie figuur 4.4b) is vervolgens gebruikt als uitgangsprofiel voor enkele verkennende duinafslagberekeningen. Afhankelijk van de raai is dit een onder- of overschatting van het aanwezige duinvolume. Raai 1262 heeft immers een relatief robuuster duin terwijl het duin in raai 1318 juist beperkter van omvang is.

In figuur 4.5 zijn, uitgaande van dit over 100 m verschoven dwarsprofiel (als in figuur 4.4b), de resultaten gepresenteerd van een tweetal verkennende duinafslagberekenin-

gen. De berekende duinafslaghoeveelheden hebben respectievelijk betrekking op de situatie over 50 en 200 jaar. Hierbij is overigens geen rekening gehouden met een met de gemiddelde zeespiegelstijging meestijgende bodem en is dus per definitie sprake van een conservatief resultaat.

Voor de rekenwaarde van het aanwezige duinzand is uitgegaan van de in de TAW-leidraad voor raai 12.62 gegeven waarde van  $D = 212 \mu\text{m}$ .

De afslag voor de situatie over 50 jaar is berekend met een golfhoogte van 5,25 m, een piekperiode van 11,9 s en een rekenpeil van NAP+5,70 m. Ten opzichte van de vigerende HR2001-randvoorwaarden (met  $RP = \text{NAP}+5,40 \text{ m}$  en  $H_s = 5,25 \text{ m}$ ) is hierbij dus alleen een waterstandsverhoging van 0,30 m in rekening gebracht. Deze mutatie is conform het zogenaamde middenscenario voor zeespiegelstijging (0,60 m/ eeuw) [TAW, 2002]. Naast het (ongecorrigeerde) afslagprofiel en de normale toeslag (behorende bij het standaard rekenmodel) is ook de extra afslag gegeven die in rekening moet worden gebracht voor de periodemutatie (35% extra afslag). Achter dit profiel is nog ruimte voor het zogenaamde grensprofiel.

In de onderste figuur zijn vergelijkbare resultaten gepresenteerd voor de situatie over 200 jaar. Hierbij is rekening gehouden met aanpassing van de hydraulische condities volgens het zogenaamde maximum scenario. Dit impliceert een stijging van de zeespiegel met 0,85 m/eeuw in combinatie met een klimaatwijziging welke leidt tot een extra verhoging van de stormvloedpeilen van 0,40 m en een 5%'s toename van de golfaanval [TAW, 2002]. Het rekenpeil komt daarmee op  $\text{NAP}+5,40 \text{ m} + 1,70 \text{ m} + 0,40 \text{ m} = \text{NAP}+7,50 \text{ m}$  en de golfhoogte op  $1,05 \times 5,25 \text{ m} = 5,50 \text{ m}$ .

Uit deze figuur blijkt dat, bij een dergelijke verschuiving/versterking van het dwarsprofiel, het tijdens een storm aangesproken deel van het duin beperkt blijft tot de zeewaarts van het huidige duin aangebrachte versterking. Een en ander betekent dus dat het oorspronkelijke duin feitelijk ook voor andere doeleinden zou kunnen worden gebruikt waarmee zich dus expliciet nieuwe inrichtingsmogelijkheden kunnen gaan voordoen. De ruimte die hierbij vrijkomt hangt daarbij af van de breedte van het aanwezige duin (vergelijk dwarsprofielen raaien 1262 en 1318 in figuur 4.5b).

Omdat er steeds wordt uitgegaan van een complete verschuiving van het aanlegprofiel betekent dit in meer algemene zin dat alleen de eerste 100 m nodig is voor de waterkeringsfunctie en dat meer uitbouw (dus meer dan 100 m) derhalve leidt tot een nog bredere, ook voor andere doeleinden te gebruiken duinstrook. De breedte van deze 'vrije duinstrook' is daarbij gelijk aan de som van de extra uitbouw (alles boven de 100 m) en de breedte van het thans aanwezige duin.

### 4.2.3 De zachte oplossing – grootschalige suppletie

Het op een zachte wijze uitbouwen van de kust lijkt in principe goedkoop. De consequentie is natuurlijk wel dat, door het veel minder tot niet meer efficiënt werken van de verschillende constructies, het netto transport zal toenemen en daarmee ook het zijwaartse verlies van sediment groter zal zijn. De benodigde onderhoudsinspanning zal dus per definitie hoger zijn dan de huidige. Ofschoon een deel van dit extra transport ten goede komen aan de BKL-zone in de aangrenzende, meer oostelijk gelegen kustvakken zal dit wel leiden tot afname van het aldaar benodigde onderhoud. Een ander deel van het suppletievolume 'verdwijnt' in het systeem en zal niet ten goede komen aan de kustlijnhandhaving elders. Het zand zal echter wel ten goede komen aan het zogenaamde kustfundament en dus op indirecte wijze alsnog bijdragen aan het kustonderhoud.

De met de initiële aanvulling samenhangende kosten worden geschat op 2500 m (lengte) x 20 m (niveauverschil tussen duin en vooroever) x 2 tot 5 euro per m<sup>3</sup> = 0,10 tot 0,25 miljoen euro per m<sup>1</sup> uitbouw. Een uitbouw van 100 m (met volledige verschuiving van het dwarsprofiel) kost derhalve dus 10 tot 25 miljoen euro. Voor elke 50 m extra uitbouw komt hier 5 tot 12,5 miljoen euro bij.

Hierbij komen nog de aan het onderhoud verbonden kosten. Voor het huidige verlies van 0,2 Mm<sup>3</sup>/jaar bedragen deze 0,4 tot 1,0 miljoen euro per jaar. Dit onderhoud zal (bij geforceerde instandhouding van de uitbouw) vermoedelijk verveelvoudigen. Verliezen van 0,4 tot 0,8 Mm<sup>3</sup>/jaar moeten niet worden uitgesloten, waarbij de onderhoudskosten dus kunnen oplopen tot 1 tot 4 miljoen euro per jaar.

#### **4.2.4 De harde oplossing – suppletie in combinatie met constructies**

In het geval van een harde oplossing en het opschuiven van het totale dwarsprofiel is er morfologisch gezien weinig verschil met de huidige situatie.

De verliezen zijn naar verwachting iets groter dan de huidige waarden in verband met iets grotere zeevaartse verliezen.

In de basisvariant worden in deze optie alle thans aanwezige strandhoofden opgehoogd en in zeevaartse richting uitgebreid. In plaats het aanpassen van alle aanwezige constructies is het ook mogelijk om slechts een beperkt aantal constructies aan te pakken. Deze uitwerking is schetsmatig weergegeven in figuur 4.6.

De blokkade van het transport kan initieel aanleiding geven tot enige extra erosie in het oostelijke kustdeel. Dit lijkt in dit specifieke geval minder erg daar in dit gebied juist een landwaartse verlegging van de waterkering is voorzien.

In deze figuur is ook voorzien in een meer structurele oplossing voor het kustdeel westelijk van de uitwateringsluis. De hier benodigde duinversterking is op vergelijkbare wijze door twee dammen opgesloten. De oostelijke dam, feitelijk een aanpassing van de bestaande geleidingsdam, heeft ten doel het verlies van materiaal richting het uitwateringskanaal tegen te gaan. De westelijke, nieuw aan te leggen dam heeft ten doel verlies van materiaal richting het Zwin te beperken.

De met de uitbouw van het centrale deel gemoeide kosten bedragen (uitgaan van 1,5 a 2,0 miljoen euro per damconstructie) orde van grootte 6 tot 8 miljoen euro, dit uitgaande van een zeevaartse uitbouw van het dwarsprofiel (en de dammen) van orde 100 m (zie figuur 4.4/5).

Gegeven de vorm van het aanwezige dwarsprofiel (waarbij er sprake is van een relatief vlakke vooroever op NAP-10 m) nemen de kosten voor de aanleg van iets langere dam (en daarmee voor het verder in zeevaartse richting verleggen van de kust) beperkt toe. De extra kosten voor 50 m langere dammen worden geschat op 0,5 miljoen euro per dam. Een uitbouw van 150 m (in plaats van 100 m) komt daarmee op orde 10 miljoen euro aan constructieve kosten.

Hierbij komen nog de kosten voor de uit te voeren zandaanvulling. Deze kosten worden geschat op 2500 m (lengte) x 20 m (niveauverschil tussen duin en vooroever) x 2 tot 5 euro per m<sup>3</sup> = 0,10 tot 0,25 miljoen euro per m<sup>1</sup> uitbouw.

Een uitbouw van 100 m (met volledige verschuiving van het dwarsprofiel) kost derhalve dus 10 tot 25 miljoen euro.



In de stabiele eindsituatie zal overigens het jaarlijkse verlies weer langzaam terugkeren naar de thans ook aanwezige (0,1 tot) 0,2 miljoen m<sup>3</sup> per jaar. De kust ligt dan alleen op de gewenste afstand verder zeewaarts.

Hierbij moet overigens worden opgemerkt dat de uitbouw van dergelijke (relatief korte) dammen op deze lokatie geen aanleiding geeft tot een zeer omvangrijke beïnvloeding van het morfologische systeem. Indien er bijvoorbeeld sprake zou zijn van de aanwezigheid van een stroomvoerende geul, dan zou het uitbouwen van constructies kunnen leiden tot een extra stroomcontractie en allerlei ongewenste neveneffecten (verdiepingen bij de hoofden van de dwarsdammen). In een dergelijke situatie verdient een harde oplossing dan ook zeker niet de voorkeur [Alkyon, 2005]. Gezien de vormgeving van de aanwezige vooroever en het ontbreken van een echte geul speelt dit bezwaar hier echter in veel mindere mate en blijft een oplossing met verlengde strandhoofden dan ook expliciet in beeld.

Voor het verkrijgen van een situatie met slechts marginaal onderhoud op het kustvak Cadzand-Bad zijn veel zwaardere en vooral langere constructies (omvangrijke dammen) nodig. Deze grijpen zeer fundamenteel in in het morfologische systeem en moeten dan ook als niet haalbaar/ongewenst worden aangemerkt.

Een verdere uitwerking zal aan de hand van een meer gedetailleerde morfologische studie nog nader moeten worden geformuleerd. Niet alleen de eindsituatie maar ook de fasering van de werkzaamheden (wat, waar, wanneer en in welke volgorde) zal hierin moeten worden meegenomen.

#### **4.2.5 Vergelijking tussen de uitvoeringsvarianten**

Het feit dat er bij de zachte optie geen constructies behoeven te worden aangelegd maakt dat de keuze voor deze optie wellicht meer voor de hand ligt.

Voor het betrokken (vrij geprononceerd gelegen) kustvak betekent dit echter een behoorlijke toename van de verliezen en daarmee ook een negatieve beïnvloeding van de aanzanding van de Verdrongen Zwarte Polder. De aanzanding neemt hier immers toe.

Het ondersteunen van de uitbouw met enkele constructies is initieel duurder, maar levert op termijn wellicht voordelen op en kan een gunstig effect hebben op de naastliggende kustvakken. Er is dan immers sprake van een verminderde zandaanvoer naar deze kustvakken. Daar de waterkering in het aanliggende oostelijke kustvak naar achteren wordt verlegd is erosie hier een minder groot probleem.

Voor het daadwerkelijk meer gedetailleerd in kaart brengen van de effecten van de beide uitvoeringsvarianten is het operationeel maken van een op de lokale situatie toegespitst morfologisch model noodzakelijk. De voorliggende situatie met een groot getijverschil en gedeeltelijk inactieve constructies is immers relatief complex. Aanbevolen wordt dan ook om de selectie en detaillering van de uitvoeringsvariant onderdeel te laten zijn van een volgende projectfase.

## 5 Conclusies en aanbevelingen

### 5.1 Conclusies ten aanzien van de haalbaarheid

Op basis van de uitgevoerde studie kan worden geconcludeerd dat een zeewaartse uitbouw van de waterkering in de kom van Breskens zeer goed mogelijk is. Bij een juiste vormgeving en de aanleg van enige ondersteunende constructies is het zelfs mogelijk om een morfologisch stabiele en onderhoudsarme zeewering te verkrijgen.

Voor Cadzand-Bad is een zeewaartse uitbouw van de kust ook mogelijk. Omdat hier echter sprake is van een geprononceerde ligging van de kustlijn moet ook op de langere termijn rekening worden gehouden met een door middel van de uitvoering van suppleties te onderhouden waterkering. Door de aanleg van ondersteunende constructies is het mogelijk om deze verliezen enigszins te reduceren. Feitelijk moet hier nog een definitieve keuze worden gemaakt tussen een zachte en een (gedeeltelijk) hardere oplossing met verlengde strandhoofden.

Overigens wordt het, mede gezien de nu reeds geprononceerde ligging van het kustvak aanbevolen om de zeewaartse uitbouw te beperken tot circa 200 m. Een veel grotere uitbouw (bijvoorbeeld orde 500 m) zal immers leiden tot een zeer wezenlijke verandering van het morfologische systeem.

### 5.2 Aanbevelingen ten aanzien van de keuze

Aanbevolen wordt om de finale keuze van de uitvoeringsvariant voor het kustvak Cadzand-Bad mede te onderbouwen op basis van de resultaten van een morfologisch model. Op deze wijze kan ook een betere invulling worden gegeven aan het meer definitieve ontwerp van de kustuitbouw.

## Referenties

**Alkyon, 2005.** Verkenning zeewaartse mogelijkheden kustversterking ZW-Walcheren. Mogelijkheden voor geulwandversterking of verlegging Oostgat/Sardijngeul. Verslag bureaustudie maart 2005.

**Projectbureau Zwakke Schakels Zeeland, 2005.** Basisdocument Kust West Zeeuwsch-Vlaanderen, conceptversie maart 2005.

**Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, 2003.** Beheerdersoordeel veiligheidstoetsing waterkering door zwaardere golfbelasting. Samenvatting aanvullende beheerdersoordelen, December 2003.

**Rijkswaterstaat, 2005.** Kustlijnkaart 2004.

**Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, 2002.** Leidraad Zandige Kust. December 2002.

**Waterschap Zeeuws-Vlaanderen, 2003.** Beheerdersoordeel veiligheidstoetsing waterkering door zwaardere golfbelasting. Juni 2003.

**Waterschap Zeeuws-Vlaanderen, 2005.** Beschrijving suppleties voorjaar 2005.

## **Tabellen**

<b>Kust- vak</b>	<b>Breskens</b>	<b>Groede</b>	<b>Nieuwvliet</b>	<b>Cadzand</b>	<b>Totaal</b>
<b>Jaar</b>	<b>in m3</b>	<b>in m3</b>	<b>in m3</b>	<b>in m3</b>	<b>in m3</b>
1988				1,030,000 Kievitte-Oost en Vlamingpolder km 11.260-13.450	1,030,000
1989	660,000 Schoneveld km 1.822-3.170	440,000 Groedse Duintjes km 5.226-6.380			1,100,000
1990				368,000 Tienhonderd km 9.891-11.360 15,000 Kievitte-Oost km 13.299-13.450 319,000 Kievitte-West km 13.513-14.550	702,000
1992				49,000 Kievitte-West km 13.570-14.870	49,000
1993	89,250 Schoneveld km 2.400-3.120 56,800 Breskens-Kom km 0.118-0.718				146,050
1994	37,200 Breskens-Kom km 0.118-0.718		347,733 Adornispolder km 8.060-9.180	560,400 Tienhonderd t/m Kievitte-Oost km 11.575-13.460 91,080 Kievitte-West km 13.639-14.700	1,036,413
1996	60,000 Schoneveld km 3.215-3.565				60,000
1997	177,110 Schoneveld km 2.715-3.415			95,000 Kievitte-West km 13.540-14.500	272,110
1998				314,045 Tienhonderd km 10.370-11.770	314,045
2001	197,028 Breskens-Kom km 0.170-0.890 178,129 Schoneveld - Jong Br. km 2.525-4.260	52,219 Groedse Duintjes km 5.033-5.670	132,081 Adornispolder km 8.069-9.250	123,063 Tienhonderd km 10.372-11.310 255,850 Kievitte-Oost km 12.000-13.440 100,000 Kievitte-West km 13.530-14.500	1,038,370
2003				100,000 Kievitte-West km 13.530-14.500	100,000
2005	120,000 Breskens-Kom km 0.318-0.718 140,000 Schoneveld km 2.715-3.520		245,000 Adornispolder km 7.910-9.035	90,000 Tienhonderd km 10.370-11.237 200,000 Kievitte-Oost en Vlamingpolder km 11.237-13.445 102,000 Kievitte-West km 13.540-14.670	897,000
<b>Totaal</b>	<b>1,715,517</b>	<b>492,219</b>	<b>724,814</b>	<b>3,812,438</b>	<b>6,744,988</b>

Tabel 3.1: Overzicht van alle uitgevoerde suppleties (1988 t/m 2005) [WSZV, 2005]

	Raai	BKL-ligging [m]			2002			2003			2004		
		< 2002	> 2002	mutatie	TKL	TKL-BKL	Trend	TKL	TKL-BKL	Trend	TKL	TKL-BKL	Trend
		Breskens	11	269	243	-26	269	26	-0.3	270	27	0.1	282
	31	208	197	-11				221	24	-2.6	226	29	-1.7
	51	148	157	9				175	18	-5.6	173	16	-5.6
	71	151	179	28				188	9	-2.2	176	-3	-4.1
	146	139	139	0	179	40	1.3	170	31	0.7	176	37	0.6
	161	108	108	0	136	28	1.0	131	23	0.6	136	28	0.8
	171	106	106	0	121	15	-0.2	121	15	-0.1	123	17	0.3
	188	104	104	0	119	15	-0.5	122	18	-0.3	123	19	0.3
	208	85	98	13	106	8	-0.8	104	6	-0.8	109	11	-0.8
	230	65	78	13	96	18	-2.2	96	18	-2.2	99	21	-0.7
	251	61	70	9	95	25	-0.9	97	27	-0.9	101	31	-0.7
	271	69	75	6				110	35	-4.0	107	32	-4.0
	290	61	66	5				65	-1	-6.8	89	23	-6.8
	308	70	76	6				69	-7	-6.3	93	17	-6.3
	324	77	77	0				73	-4	-3.3	87	10	-3.3
	336	86	78	-8				85	7	-2.0	82	4	-2.8
	352	85	75	-10				82	7	-1.0	81	6	-1.0
	373	67	67	0				82	15	-0.5	84	17	-0.5
	396	59	59	0				68	9	-0.6	69	10	-0.6
	413	49	49	0				53	4	-0.6	54	5	-0.6
	421	87	87	0				91	4	-0.2	91	4	-0.2
	441	157	157	0	164	7	-0.1	167	10	-0.7	166	9	-0.7
	461	95	95	0	100	5	-0.3	106	11	-0.3	104	9	-0.1
	483	47	47	0	65	18	-0.4	65	18	-0.3	66	19	0.0
	496	37	37	0	51	14	-1.5	50	13	-1.3	53	16	-0.6
	512	48	48	0				57	9	-2.3	60	12	-0.8
	530	37	66	29				73	7	-2.4	73	7	-1.4
	558	0	33	33				56	23	-1.3	54	21	0.0
	584	-17	13	30	32	19	0.2	33	20	0.4	37	24	1.1
	602	-5	-5	0	32	37	0.4	33	38	0.3	38	43	1.2
	619	-8	-8	0	30	38	0.8	28	36	0.2	29	37	0.5
	638	5	5	0	38	33	1.6	37	32	0.9	38	33	0.9
	663	43	43	0	99	56	-0.7	53	10	0.1	54	11	0.3
	684	64	44	-20	64	20	0.2	64	20	0.2	64	20	0.4
	705	53	33	-20	63	30	0.6	60	27	-0.9	59	26	-0.2
	730	67	37	-30	60	23	-3.1	55	18	-2.4	54	17	-2.2
	751	77	37	-40	65	28	-2.2	63	26	-2.2	61	24	-2.0
	768	112	82	-30	98	16	-0.9	94	12	-1.4	91	9	-1.6
	778	139	109	-30	121	12	-0.6	119	10	-0.9	116	7	-1.1
	791	146	126	-20	142	16	-0.9	142	16	-0.8	142	16	-0.7
	802	183	133	-50	132	-1	-1.0	137	4	-1.0	135	2	-1.0
	822	133	73	-60				84	11	-1.1	81	8	-1.1
	851	50	-3	-53				3	6	-2.6	-1	2	-2.6
	877	-34	-55	-21				-51	4	-6.3	-59	-4	-6.3
	903	-125	-123	2				-99	24	-4.3	-106	17	-3.2
	936	-153	-166	-13	-88	78	-2.3	-66	100	-4.4	-68	98	-4.5
	951	-116	-192	-76				-	-	-	-	-	-
	962	-66	-194	-128	49	243	1.1	54	248	1.8	59	253	2.3
	979	-26	29	55	82	53	0.1	83	54	0.3	85	56	0.6
	985	96	17	-79	-	-	-	99	82	0.0	-	-	-
	993	105	59	-46	105	46	-0.3	106	47	0.1	107	48	0.2
	1007	82	43	-39	89	46	0.4	90	47	0.6	89	46	-0.5
	1021	75	34	-41	87	53	0.6	87	53	0.6	85	51	-0.5
	1032	66	26	-40	86	60	1.4	88	62	1.5	82	56	-2.6
	1046	64	68	4				91	23	-1.9	83	15	-3.0
	1068	65	74	9				98	24	-2.3	92	18	-2.0
	1092	61	77	16				101	24	-2.0	94	17	-2.1
	1112	44	70	26				95	25	-1.8	84	14	-5.0
	1136	46	58	12	80	22	-2.3	77	19	-2.7	73	15	-2.8
	1162	31	45	14	70	25	-2.8	68	23	-2.6	65	20	-2.5
	1191	57	65	8	83	18	-2.4	91	26	-2.9	83	18	-2.1
	1214	66	77	11				100	23	-5.0	96	19	-3.8
	1242	84	104	20				118	14	-6.1	115	11	-4.5
	1262	106	120	14				133	13	-4.7	129	9	-3.4
	1282	102	117	15				135	18	-4.4	128	11	-3.3
	1300	97	111	14				126	15	-2.9	121	10	-2.4
	1318	87	103	16				120	17	-3.5	119	16	-2.2
	1335	77	93	16				108	15	-3.6	106	13	-2.9
	1354	101	113	12				112	-1	-3.0	112	-1	-2.2
	1363	87	97	10				101	4	-3.0	99	2	-2.3
	1372	105	118	13				117	-1	-3.2	116	-2	-2.7
	1381	115	126	11				132	6	-2.9	129	3	-2.7
	1391	121	137	16				138	1	-3.2	139	2	-2.2
	1401	121	143	22				148	5	-3.1	141	-2	-3.2
	1412	120	136	16				138	2	-4.3	139	3	-3.2
	1427	132	133	1				147	14	-1.8	146	13	-1.8
	1450	116	126	10				128	2	-1.8	130	4	-2.2
	1467	65	95	30	113	18	-4.0	120	25	-4.0	124	29	-0.6
	1487	-12	-12	0	103	115	-1.6	120	132	-3.2	121	133	-1.8

Tabel 3.2: Overzicht BKL-waarden en trends Zeeuwsch-Vlaanderen

## Figuren



Overzichtskaart Brekensens met lokaties oostelijke en westelijke opsluitdam

ZEEWAARTSE VERSTERKING BREKSENS EN CADZAND-BAD

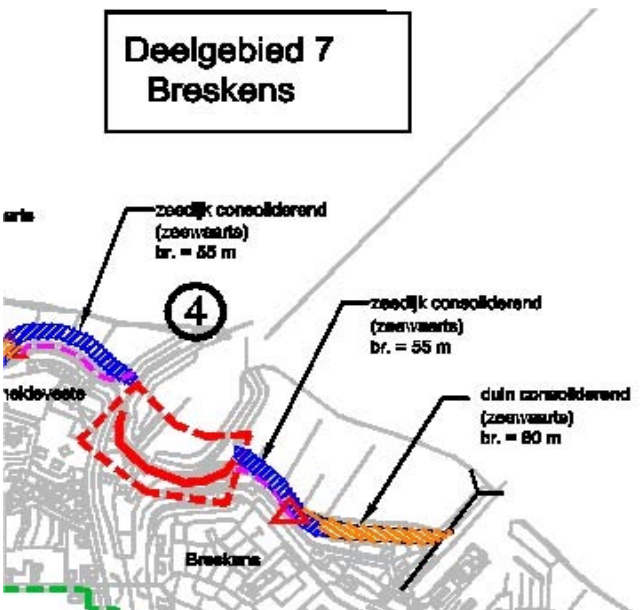
A1459



Fig. 2.1







### Deelgebied 7 Breskens

Overzicht plannen voor Breskens (deelgebied 7)

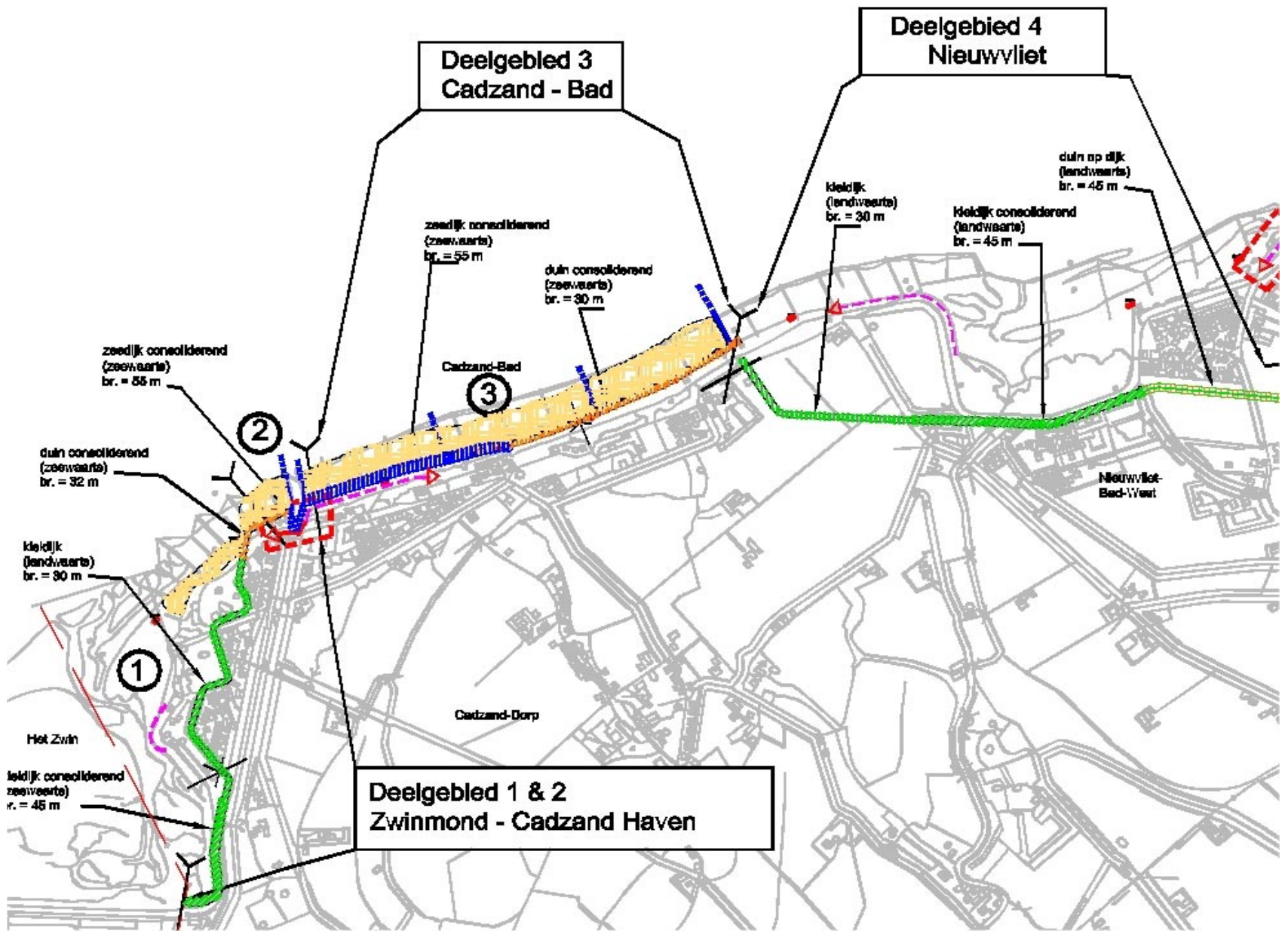
Op basis van conceptversie 11 maart 2005

ZEEWAARTSE VERSTERKING BRESKENS EN CADZAND-BAD

A1459

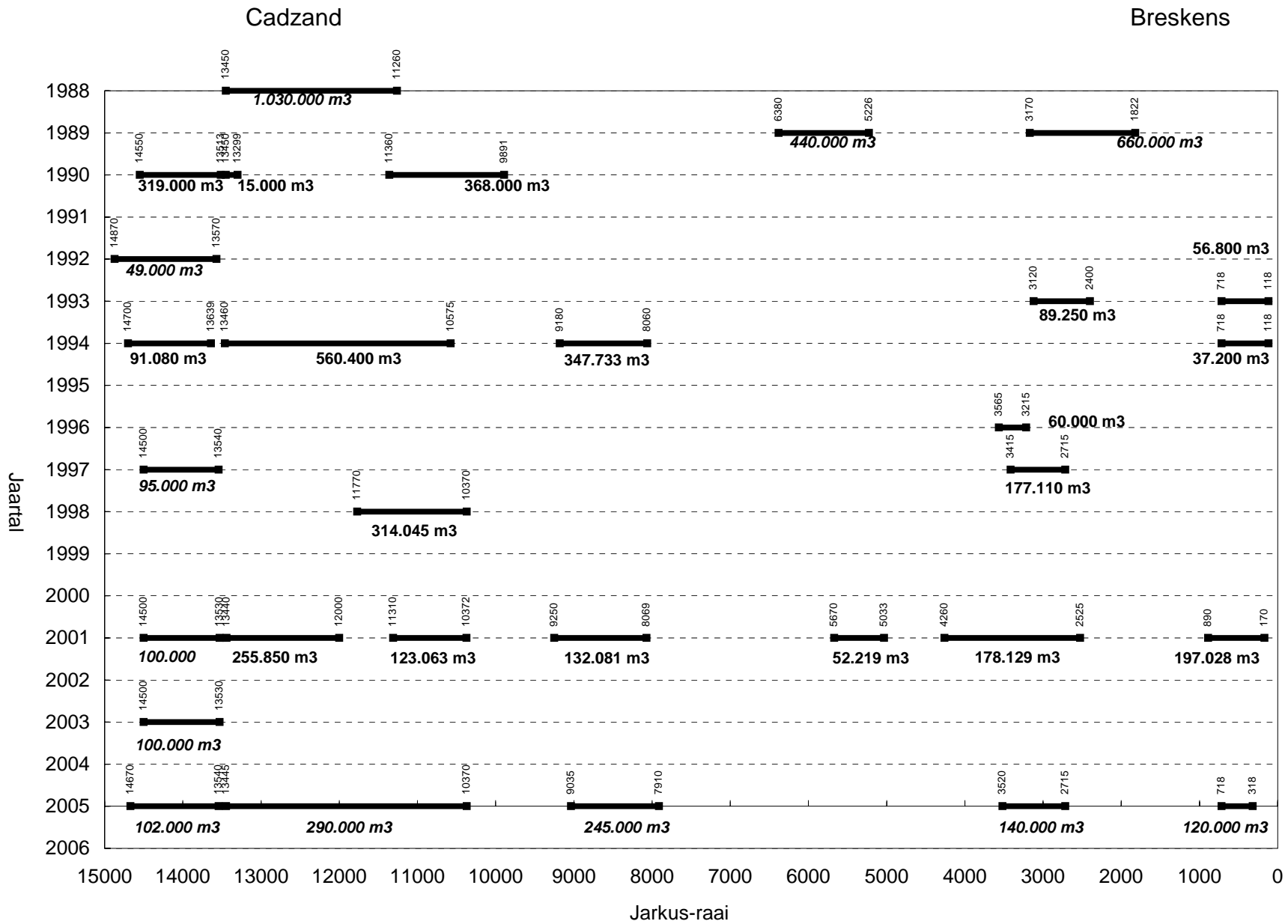
 Alkyon

Fig. 2.3



Overzicht plannen voor Cadzand-Bad (deelgebied 3)

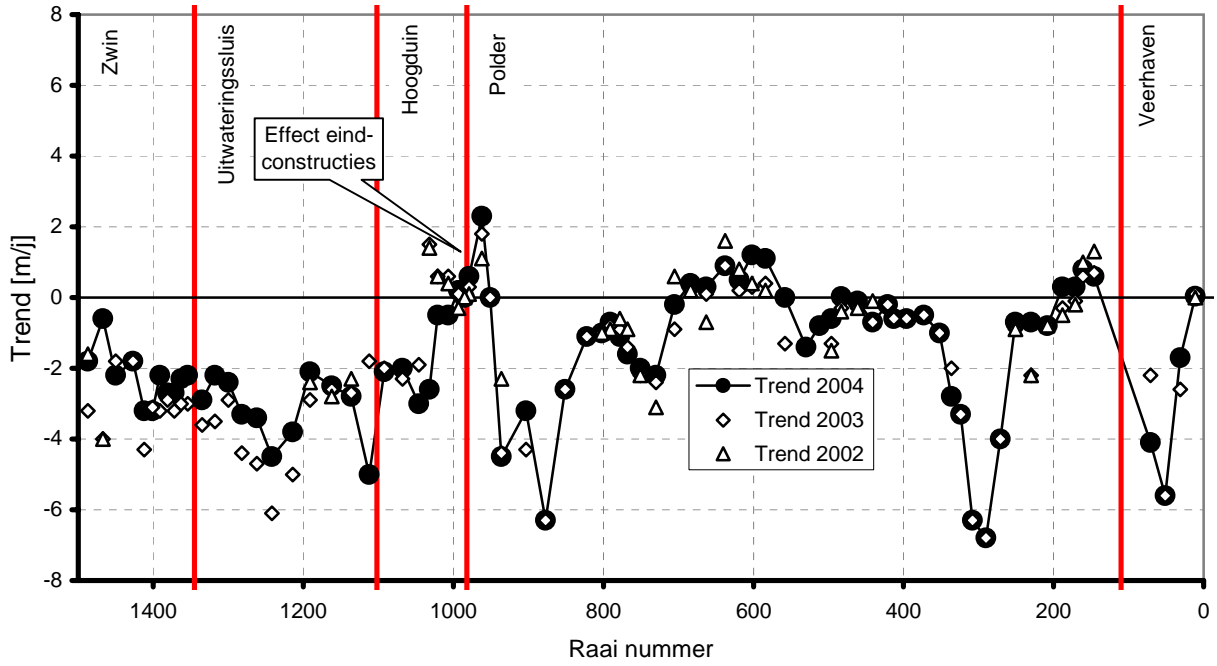
Op basis van conceptversie 11 maart 2005



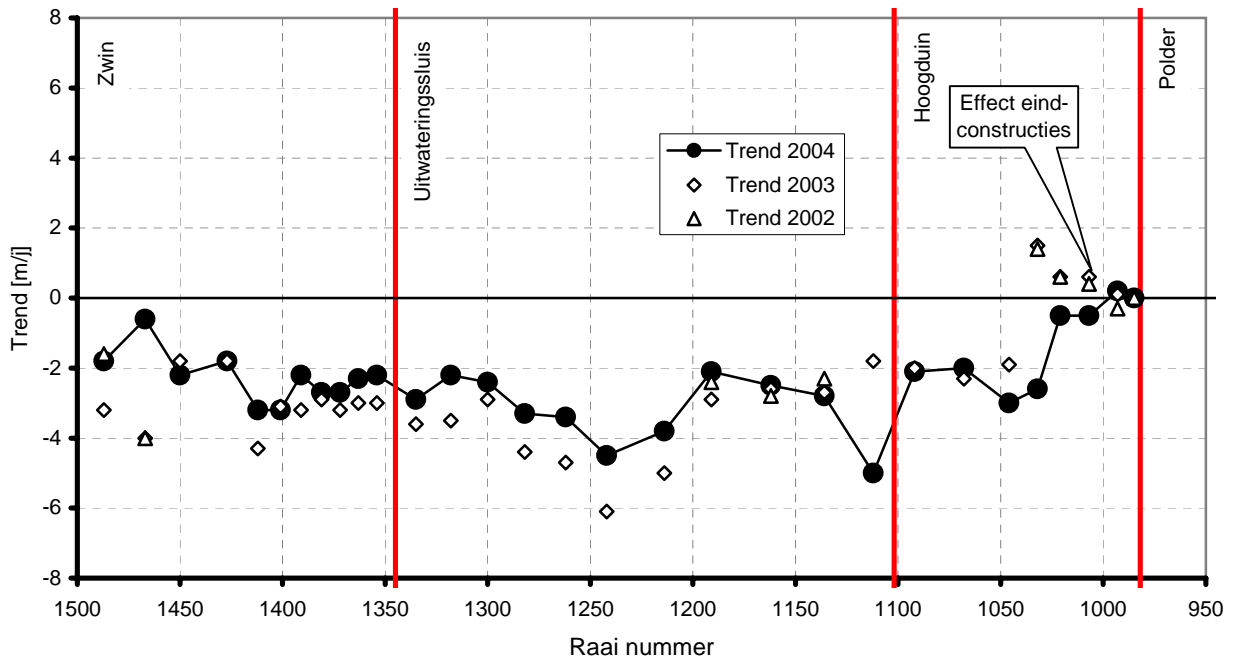
Overzicht uitgevoerde suppleties  
 Als functie van tijd en kilometering

[WSZV, 2005]

### Overzicht trends Noordzeekust Zeeuws-Vlaanderen

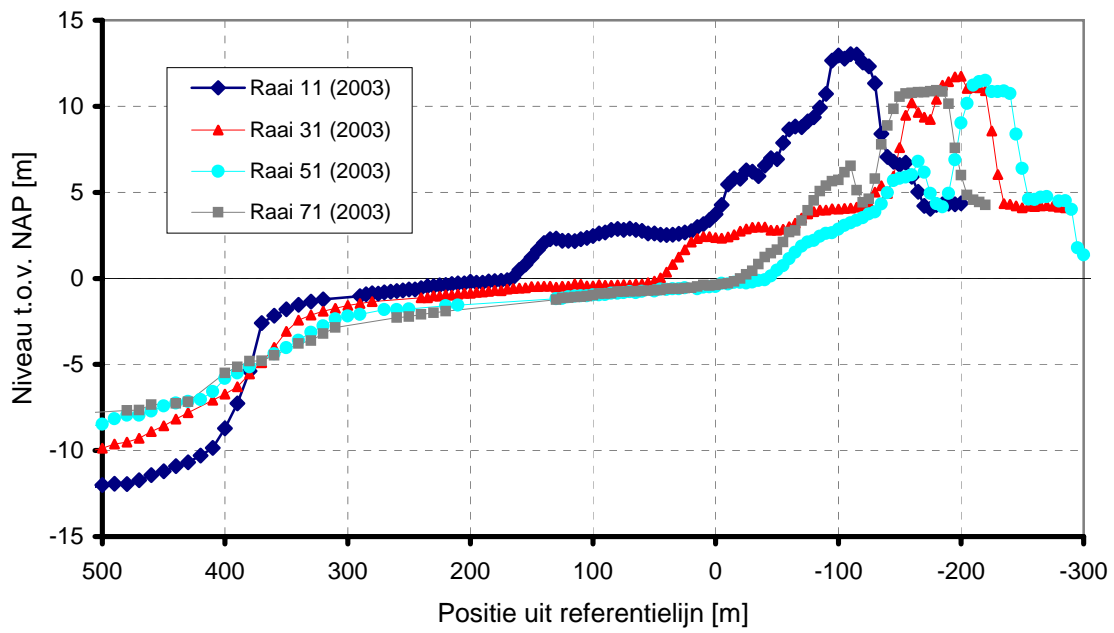


### Detail trends bij Cadzand-Bad

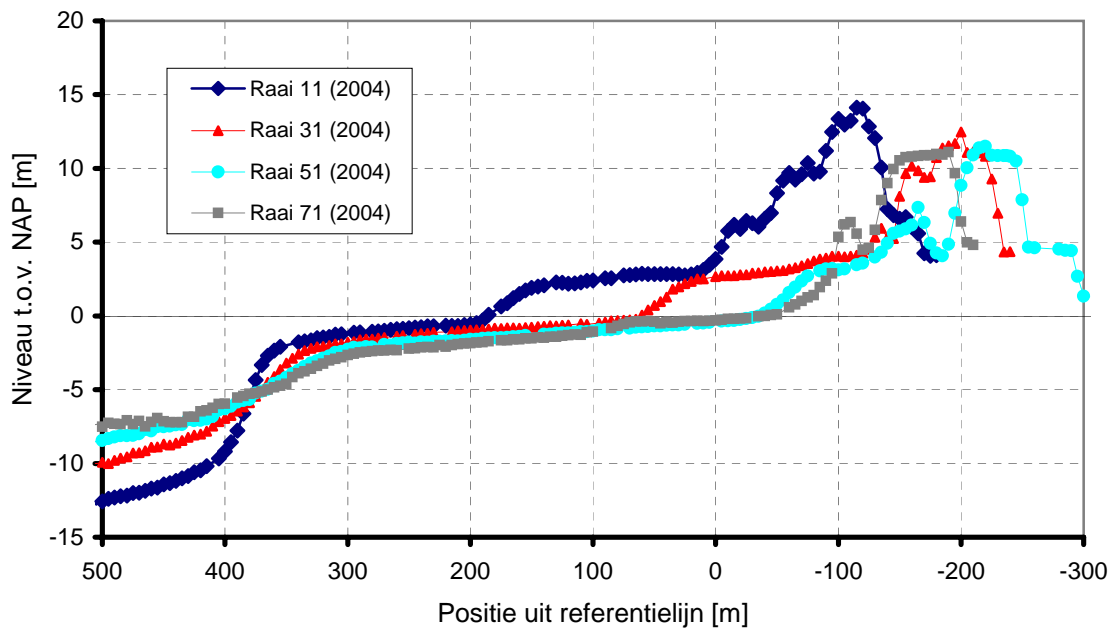


Overzicht trend in kustlijnontwikkeling voor de Noordzeekust van het kustvak Zeeuwsch-Vlaanderen  
 Overzicht en detail gedeelte ter plaatse van Cadzand-Bad

### Karakteristieke dwarsprofielen Breskens (2003)

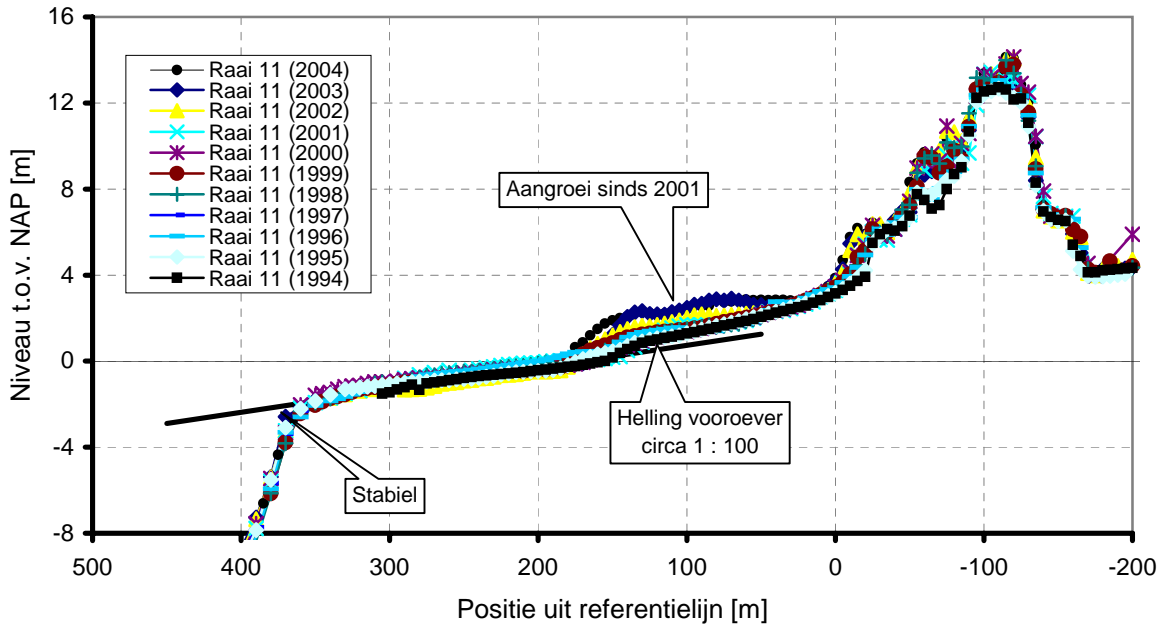


### Karakteristieke dwarsprofielen Breskens (2004)

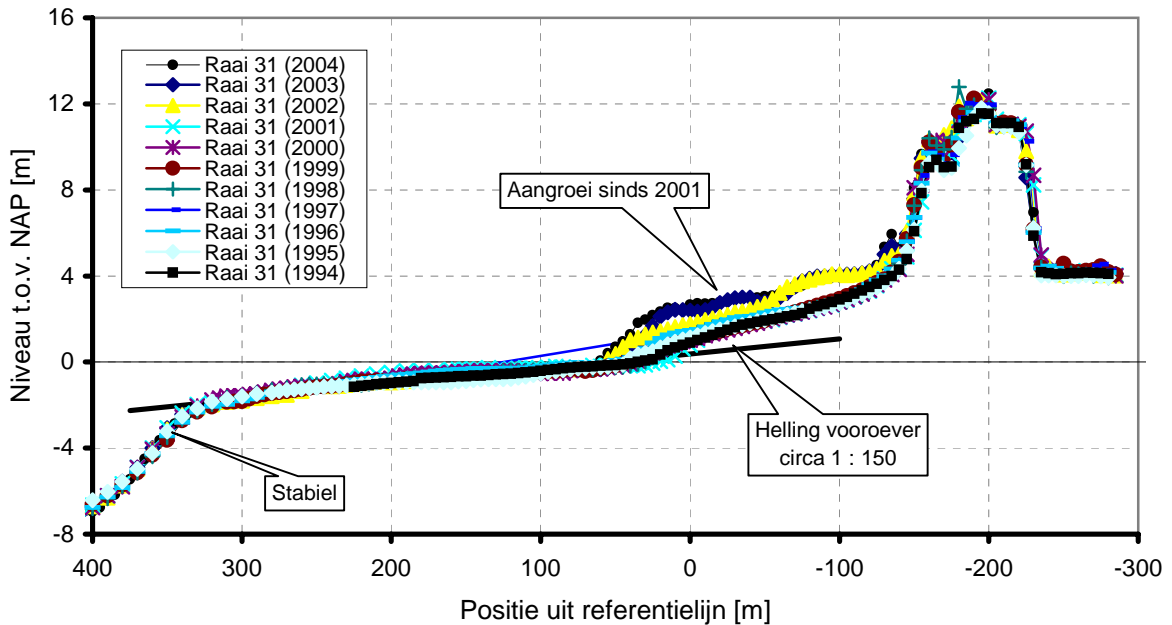


Overzicht dwarsprofielen Breskens  
 Overzicht karakteristieke dwarsprofielen  
 Raaien 11 (oost), 31, 51 en 71 (west)

### Ontwikkeling dwarsprofielen raai 11 (oost)

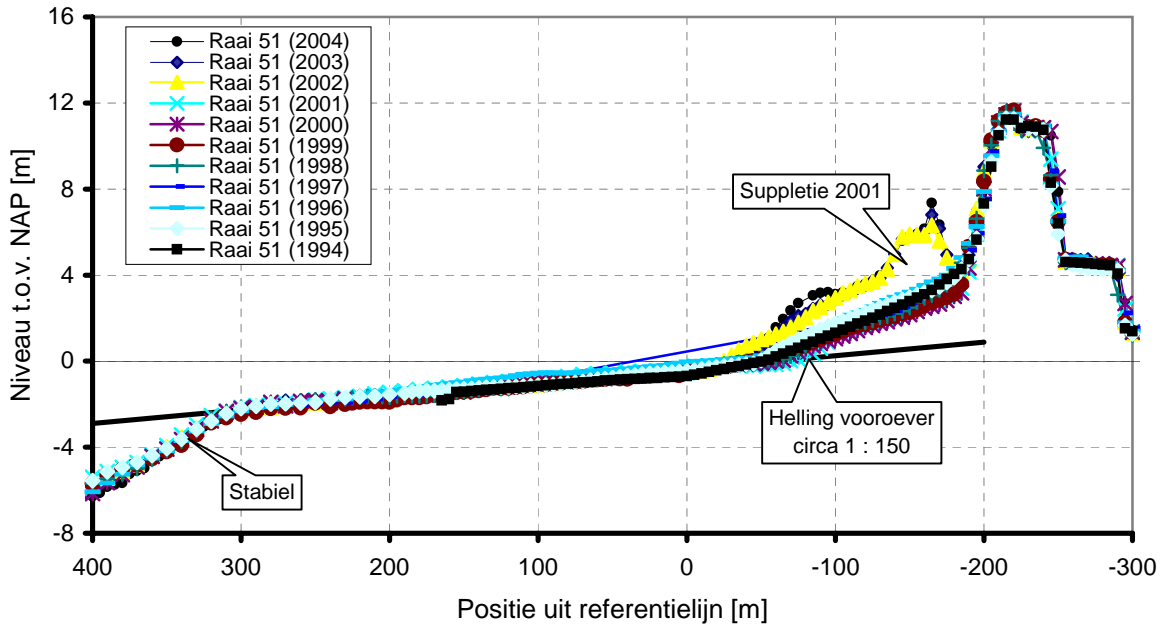


### Ontwikkeling dwarsprofielen raai 31

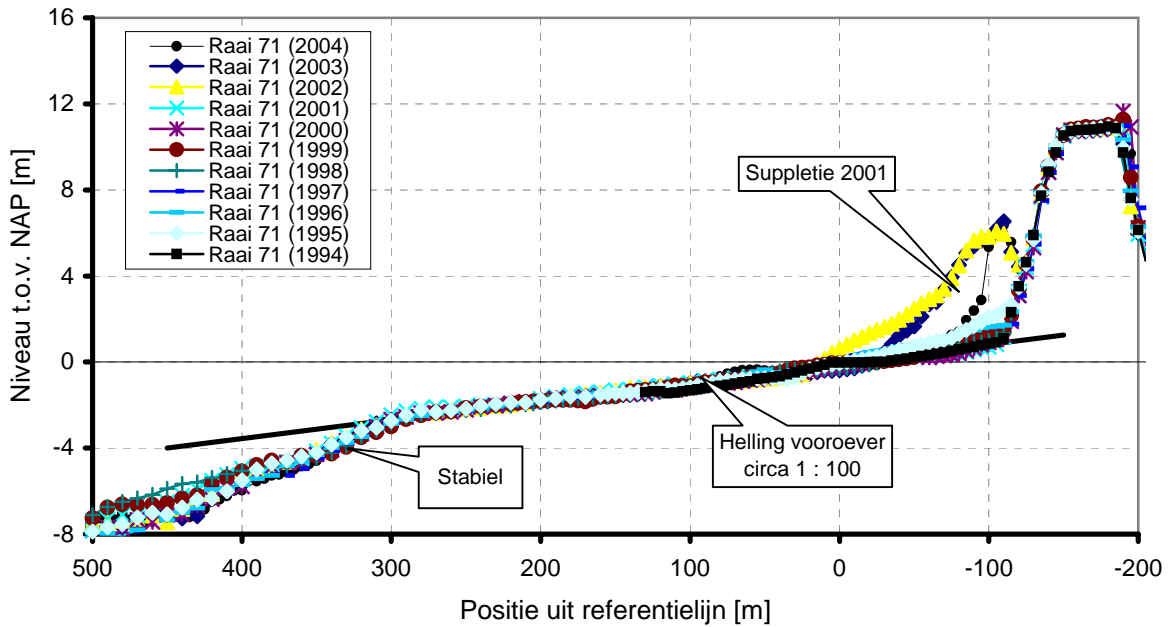


Overzicht tijdsontwikkeling dwarsprofielen Breskens  
 voor raai 11 (oost) en 31  
 Dwarsprofielen 1994 t/m 2004

### Ontwikkeling dwarsprofielen raai 51

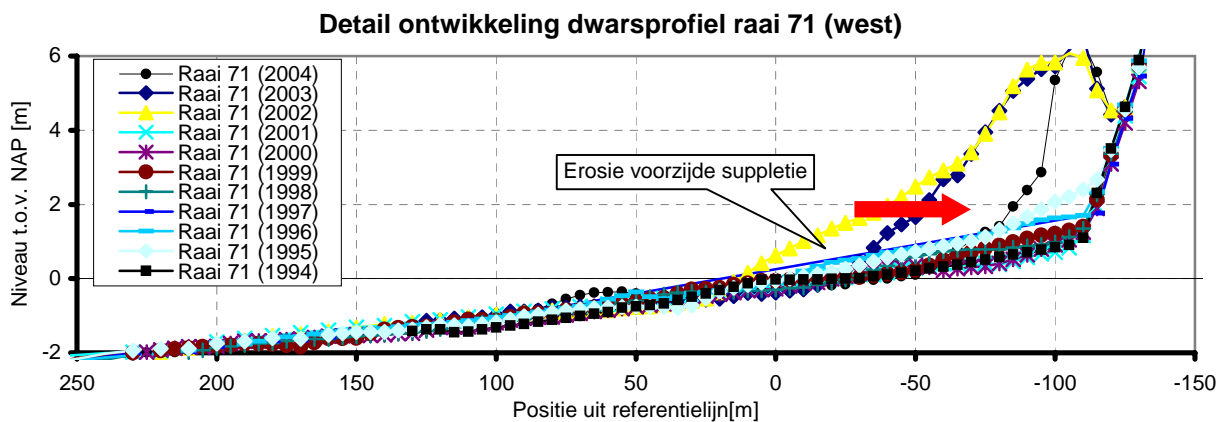
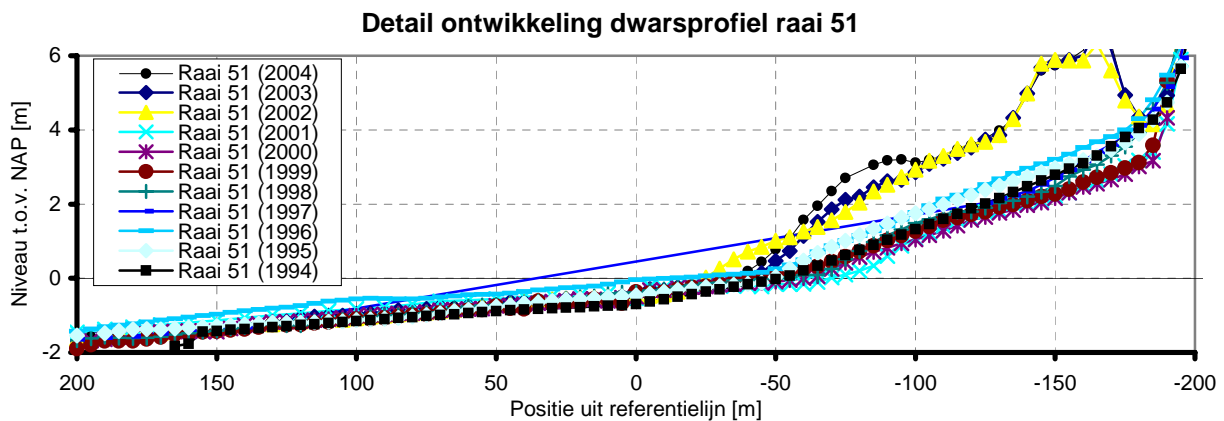
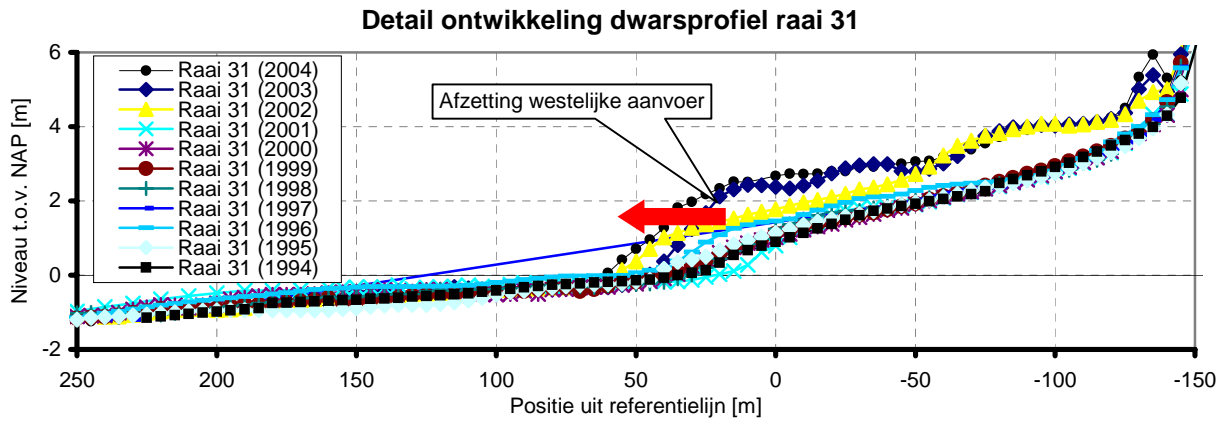
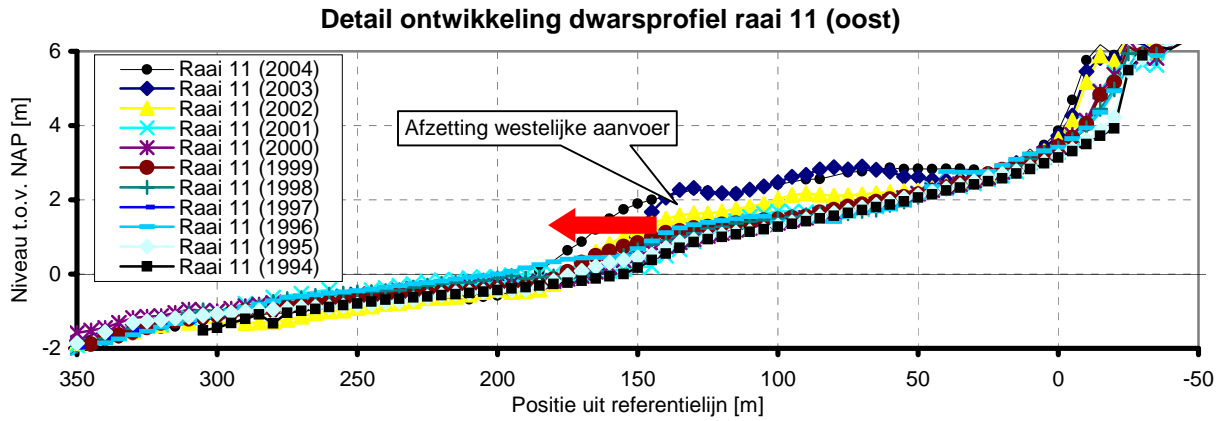


### Ontwikkeling dwarsprofielen raai 71 (west)

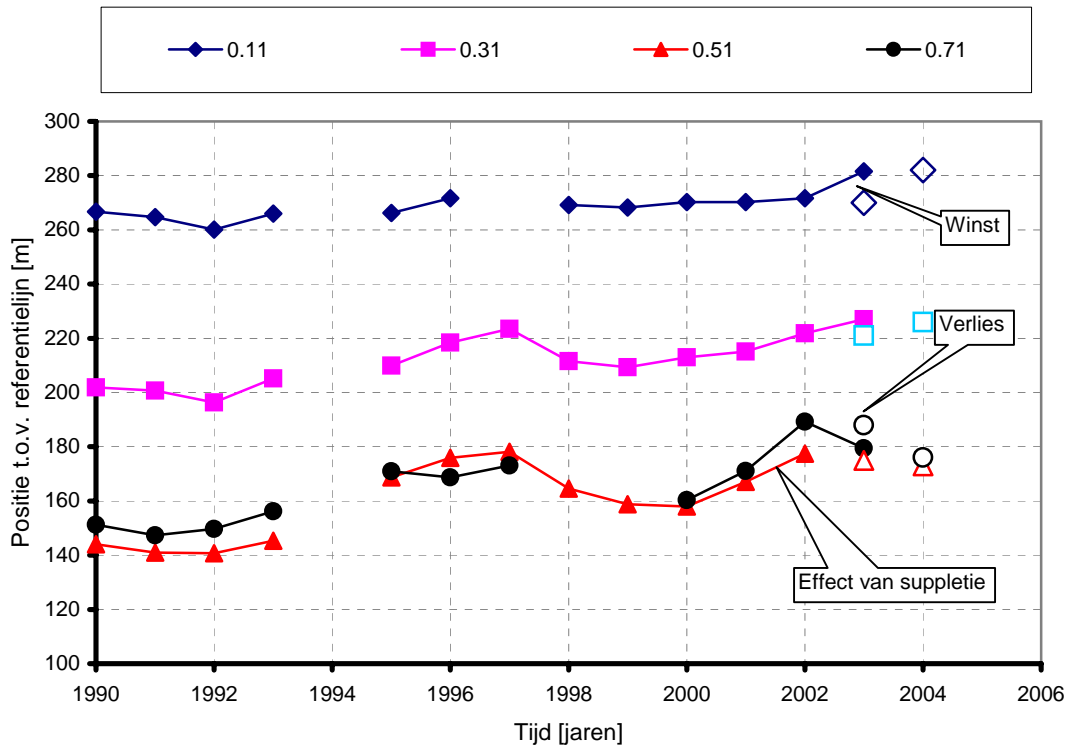


Overzicht tijdsontwikkeling dwarsprofielen Breskens  
 voor raai 51 en 71 (west)  
 Dwarsprofielen 1994 t/m 2004



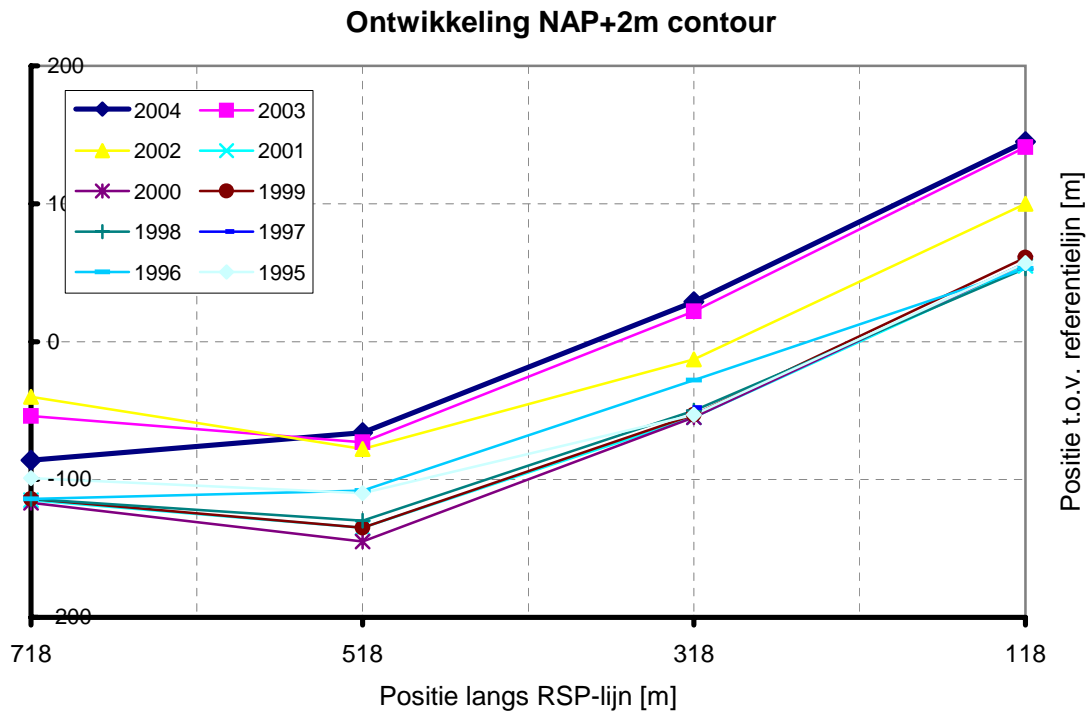
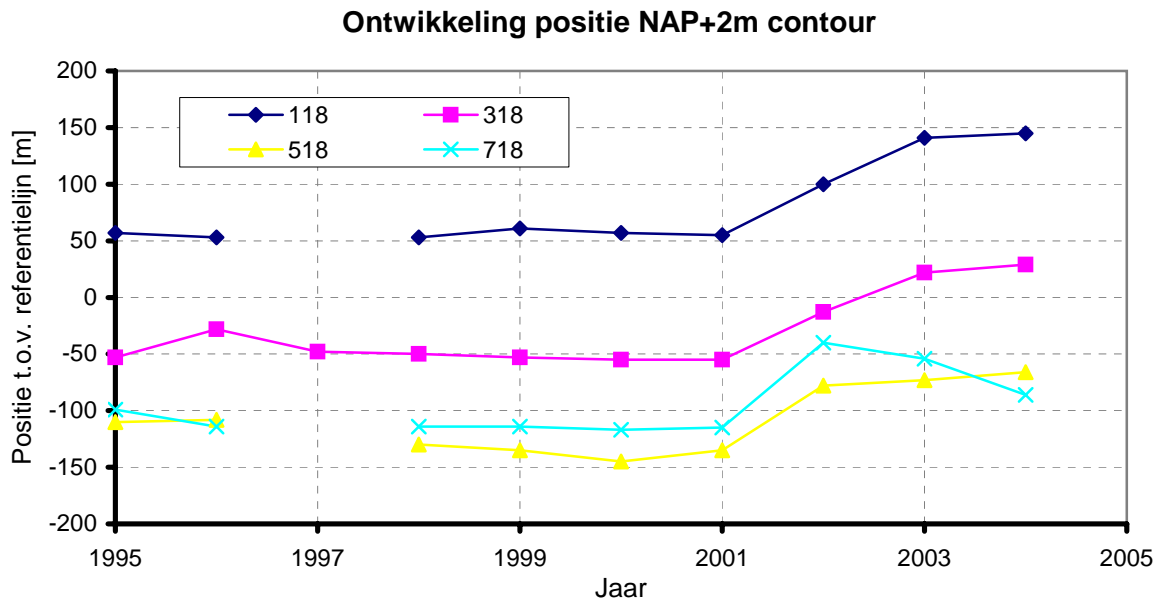


Detail ontwikkeling dwarsprofielen Breskens  
 voor raaien 11 (oost), 31, 51 en 71 (west)  
 Vervorming en herverdeling aangebrachte suppletie



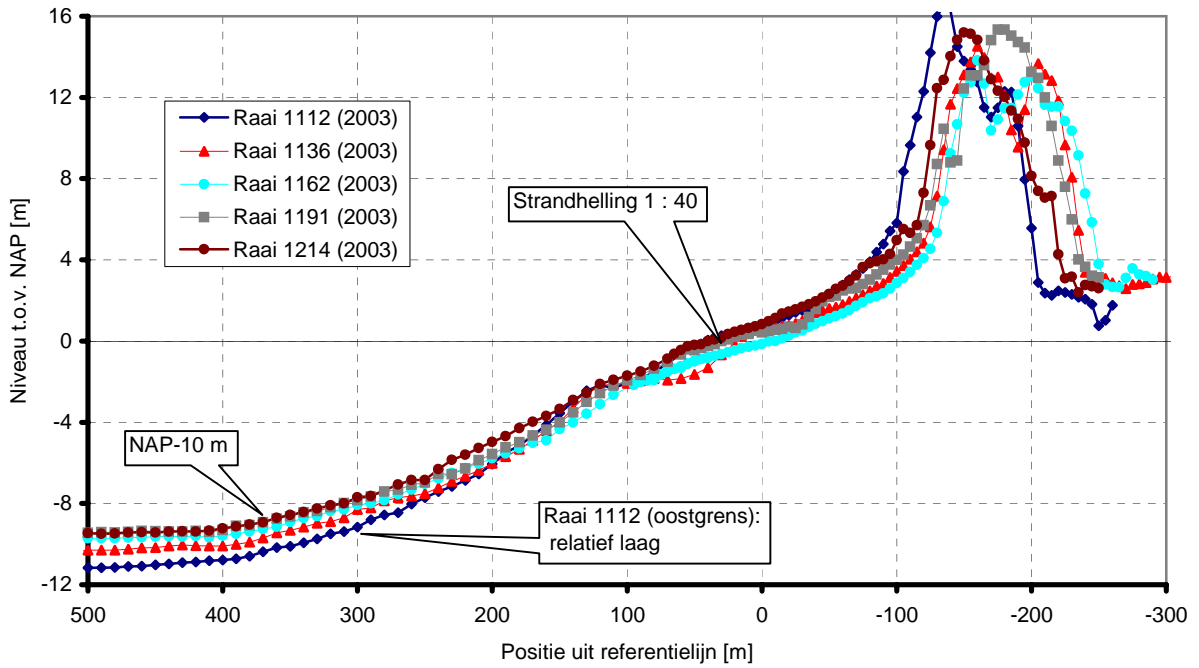
Legenda: Gesloten symbolen hebben betrekking op MKL-waarden  
 Open symbolen hebben betrekking op TKL-waarden (MKL-trend over laatste 10 jaar)

Ontwikkeling positie MKL in kustvak Breskens  
 voor raaien 11 (oost), 31, 51 en 71 (west)

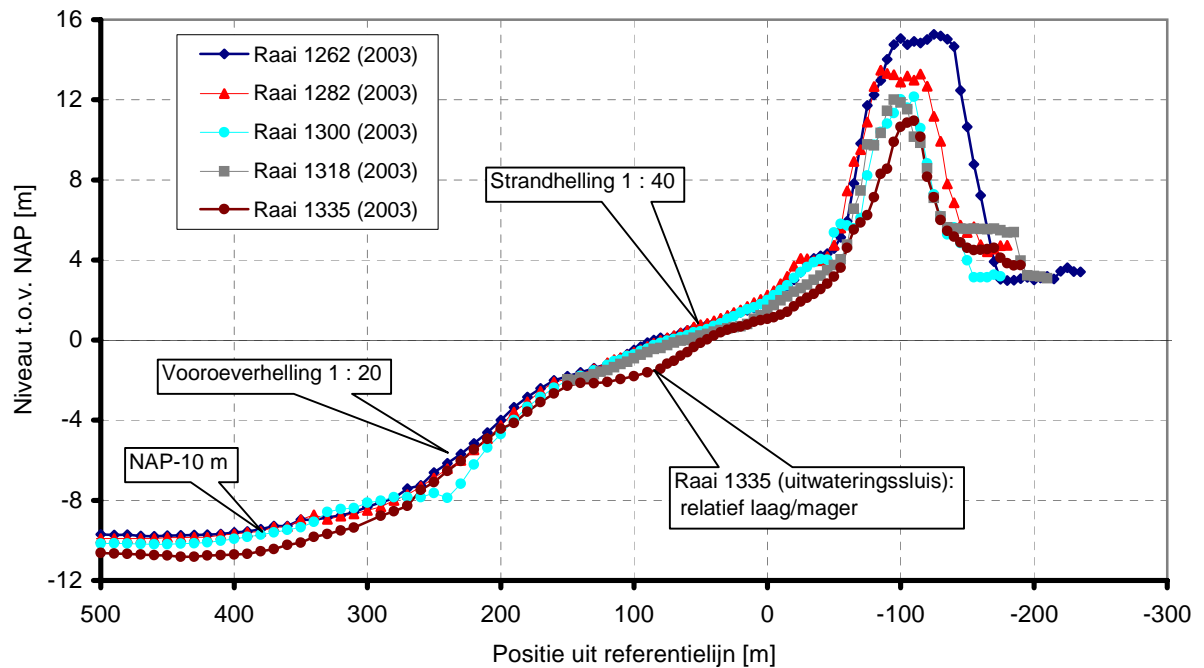


Ontwikkeling positie NAP+2m contour in kustvak Breskens voor raaien 11 (oost), 31, 51 en 71 (west)

### Dwarsprofielen Cadzand-Bad; Centrale deel - oost; Raai 1112-1214



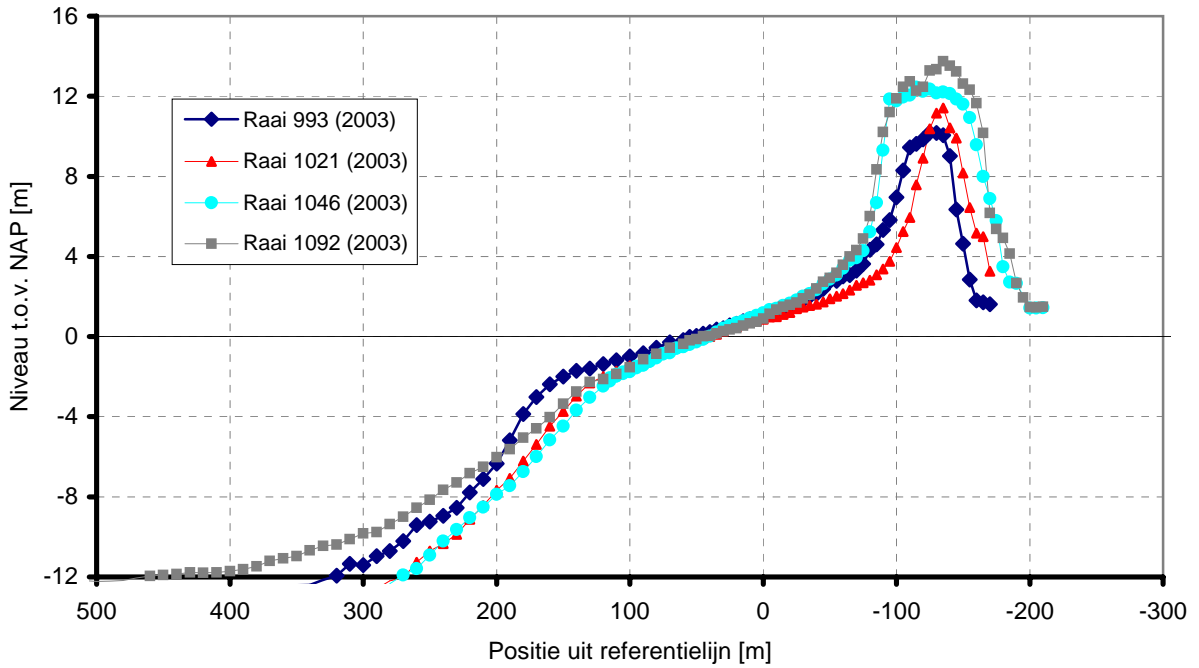
### Dwarsprofielen Cadzand-Bad; Centrale deel - west; Raai 1262-1335



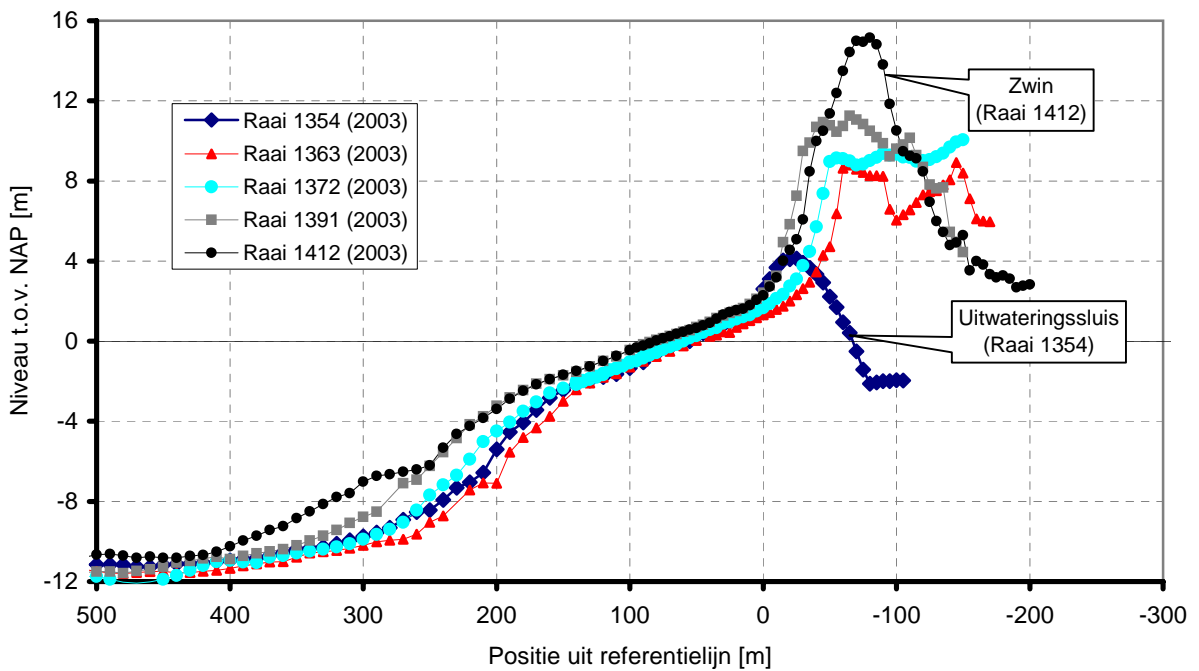
Overzicht relevante dwarsprofielen Cadzand-Bad  
 Oostelijke sectie van centrale deel (raai 1112 - 1214) en  
 westelijke sectie van centrale deel (raai 1262 - 1335)

2003

### Dwarsprofielen Cadzand-Bad; Aanliggend deel - oost; Raai 993-1092



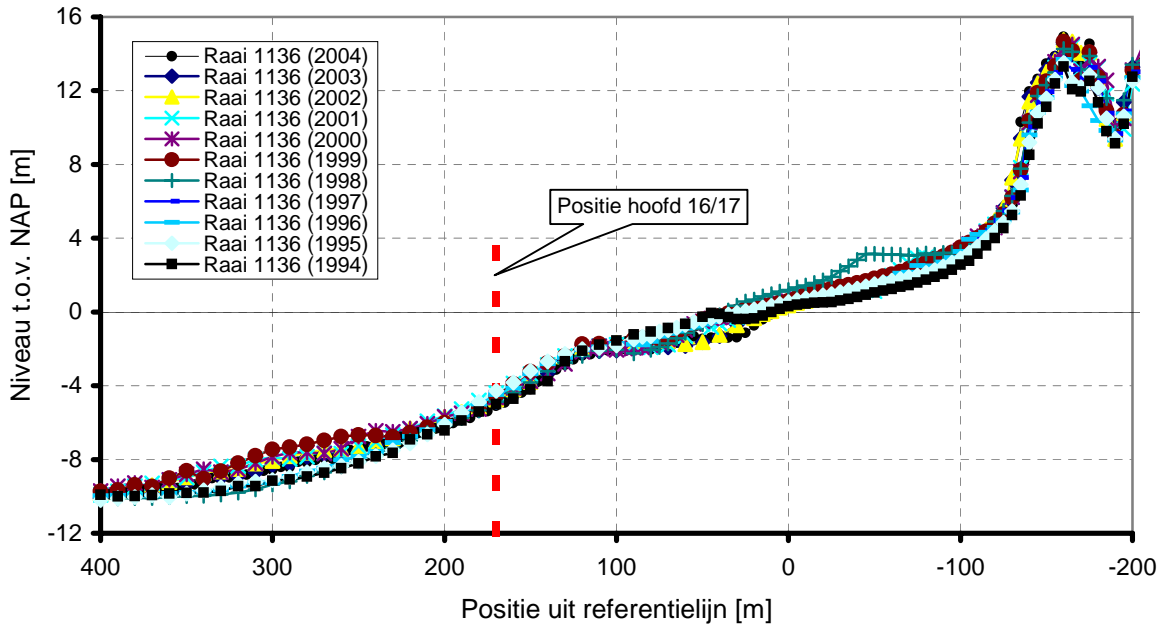
### Dwarsprofielen Cadzand-Bad; Aanliggend deel - west; Raai 1354-1487



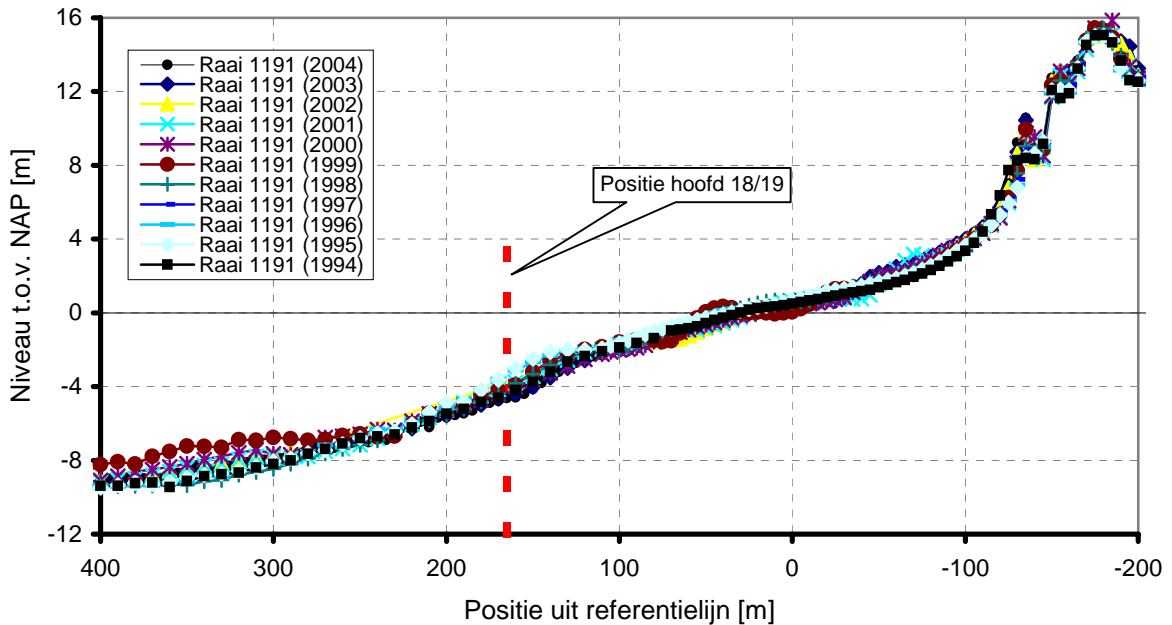
Overzicht naburige dwarsprofielen Cadzand-Bad  
 Aanliggend oostelijk deel richting Polder (raai 993 - 1092) en  
 aanliggend westelijk deel richting Zwin (raai 1354 - 1487)

2003	

### Ontwikkeling dwarsprofielen raai 1136

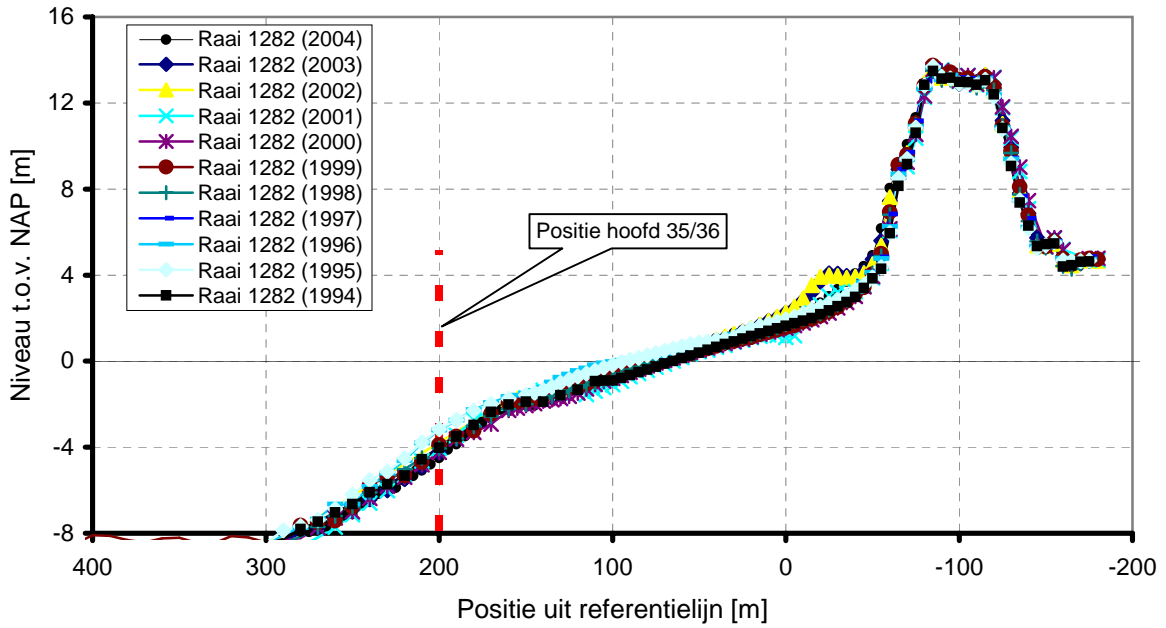


### Ontwikkeling dwarsprofielen raai 1191

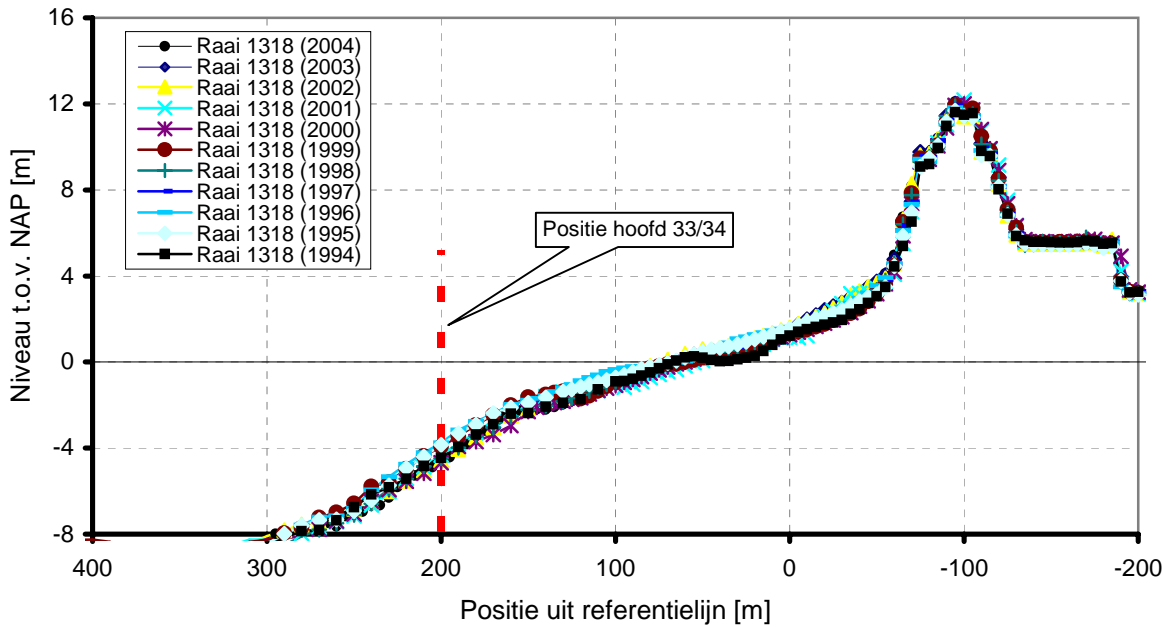


Overzicht tijdsontwikkeling dwarsprofielen Cadzand-Bad  
 voor oostelijke raaien 1136 en 1191  
 Dwarsprofielen 1994 t/m 2004

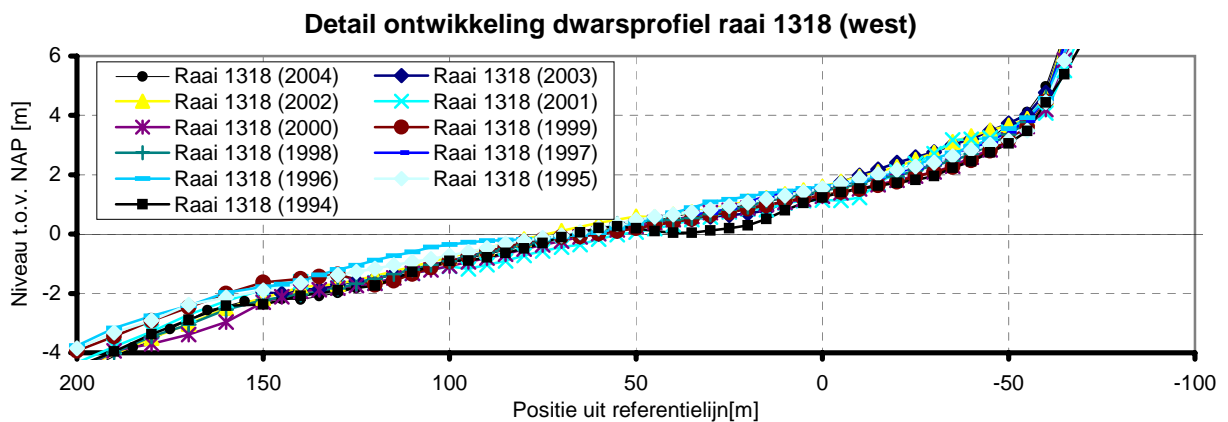
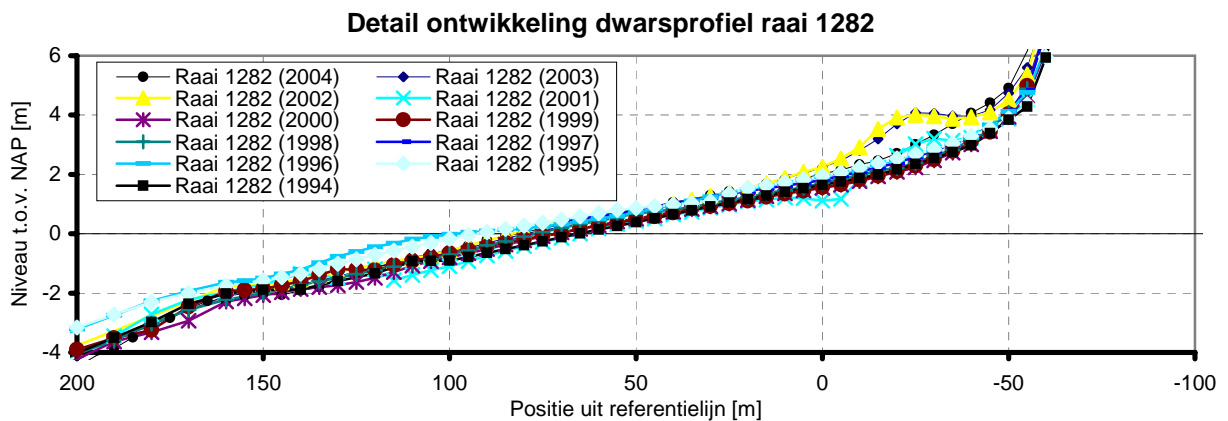
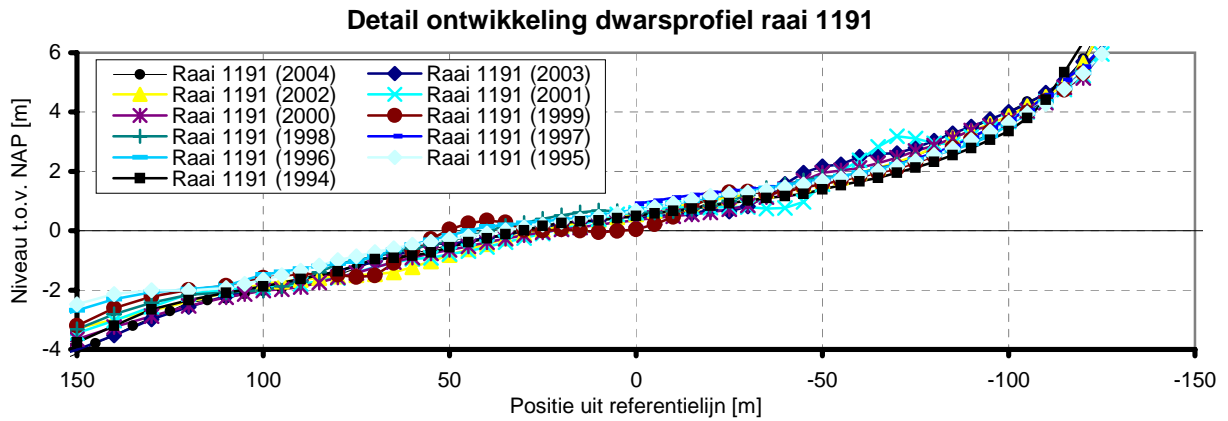
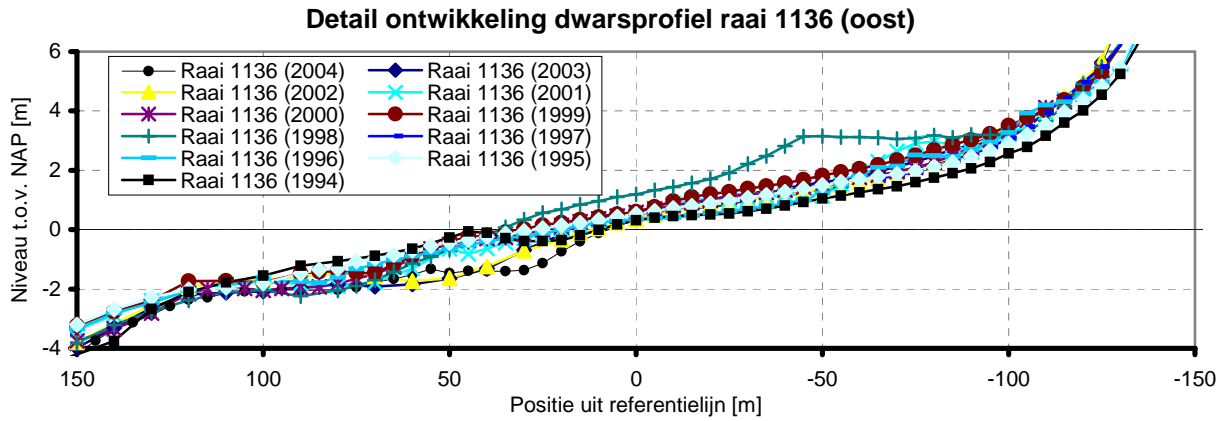
### Ontwikkeling dwarsprofielen raai 1282



### Ontwikkeling dwarsprofielen raai 1318

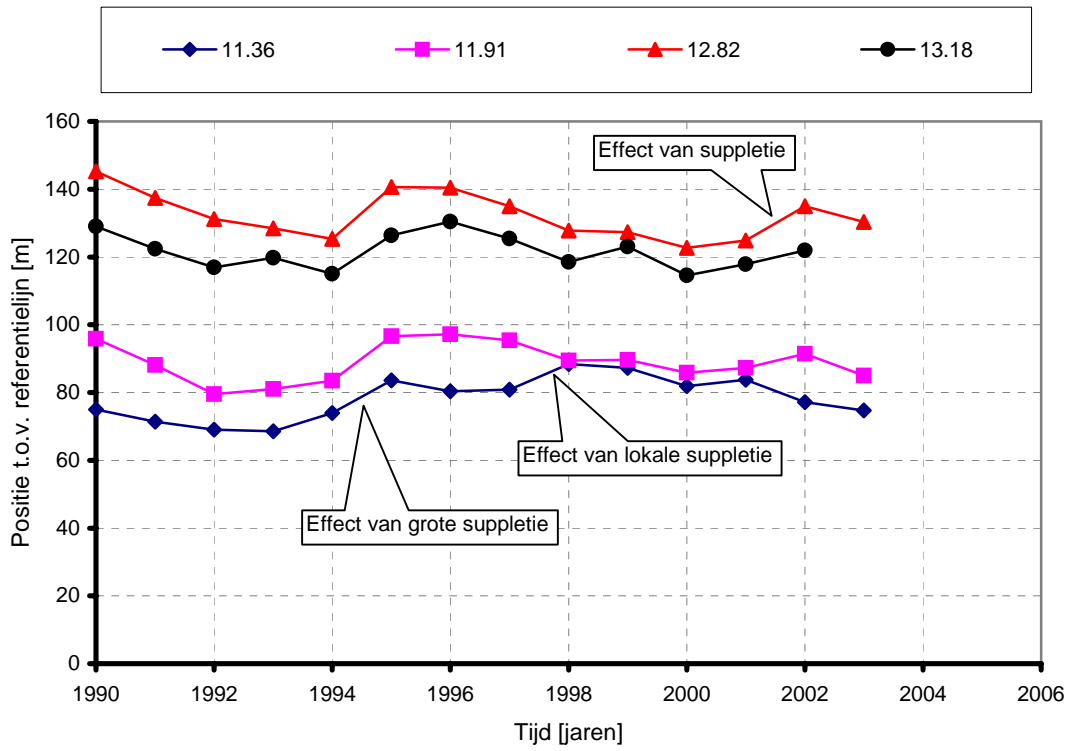


Overzicht tijdsontwikkeling dwarsprofielen Cadzand-Bad  
 voor westelijke raaien 1282 en 1318  
 Dwarsprofielen 1994 t/m 2004

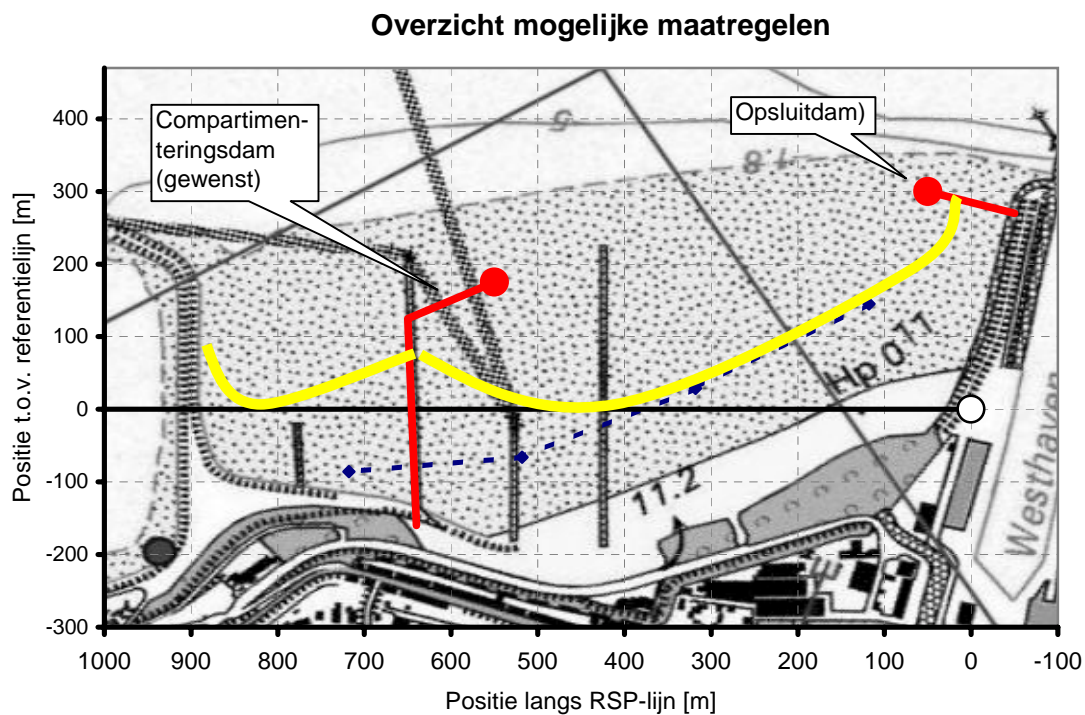
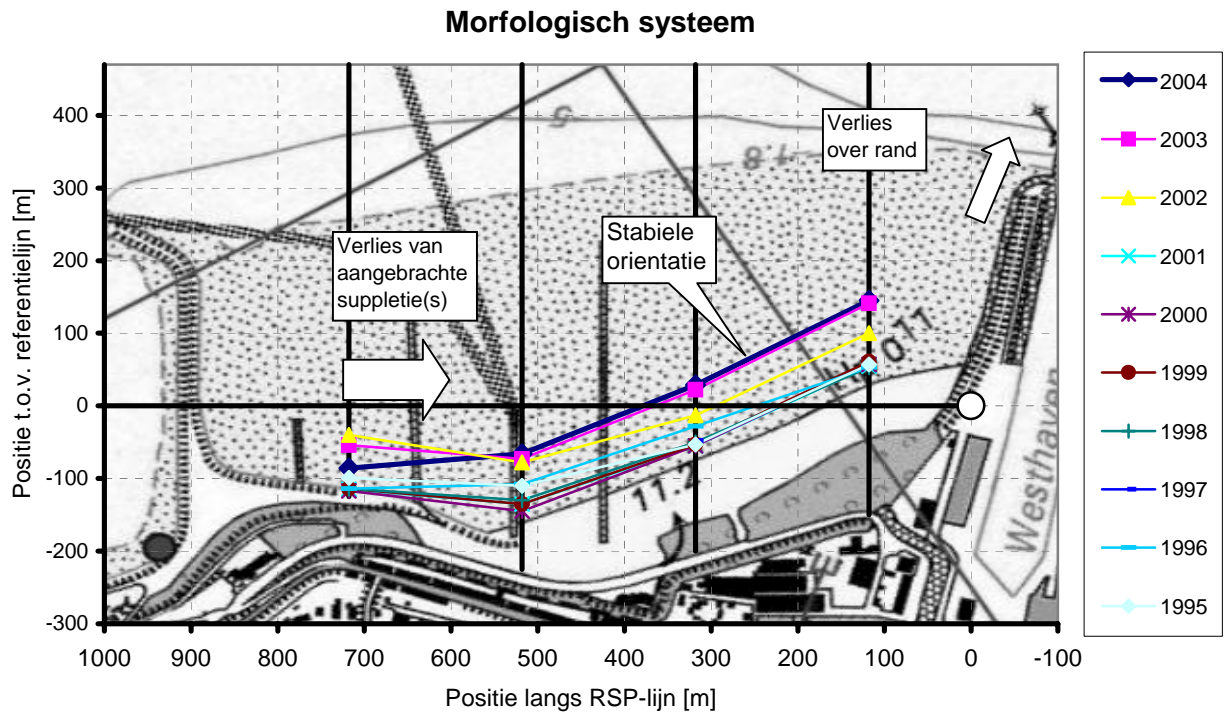


Detail ontwikkeling dwarsprofielen Cadzand-Bad voor raaien 1136, 1191, 1282 en 1318



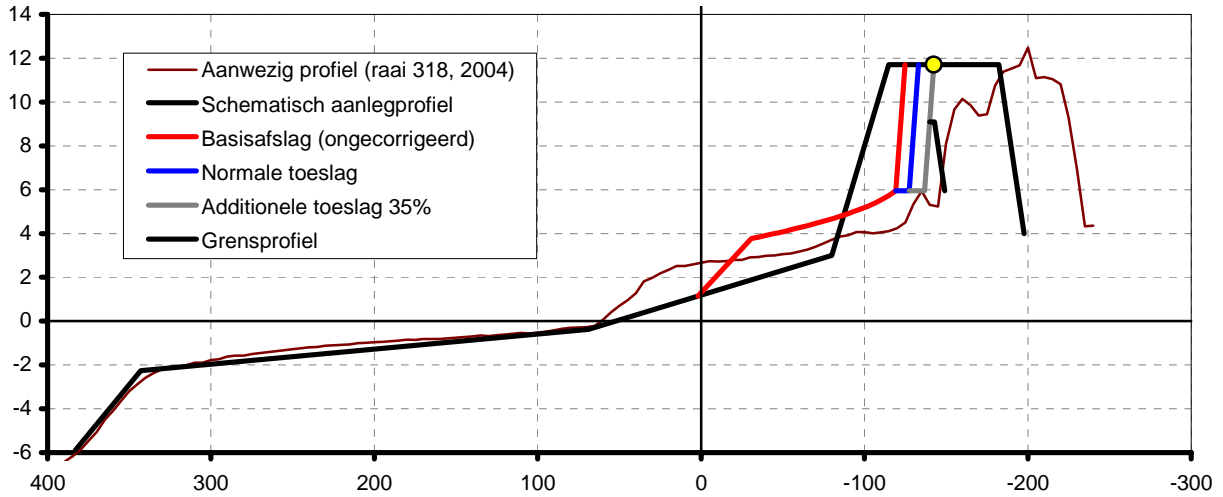


Ontwikkeling positie MKL in kustvak Cadzand-Bad voor raaien 1136, 1191, 1282 en 1318

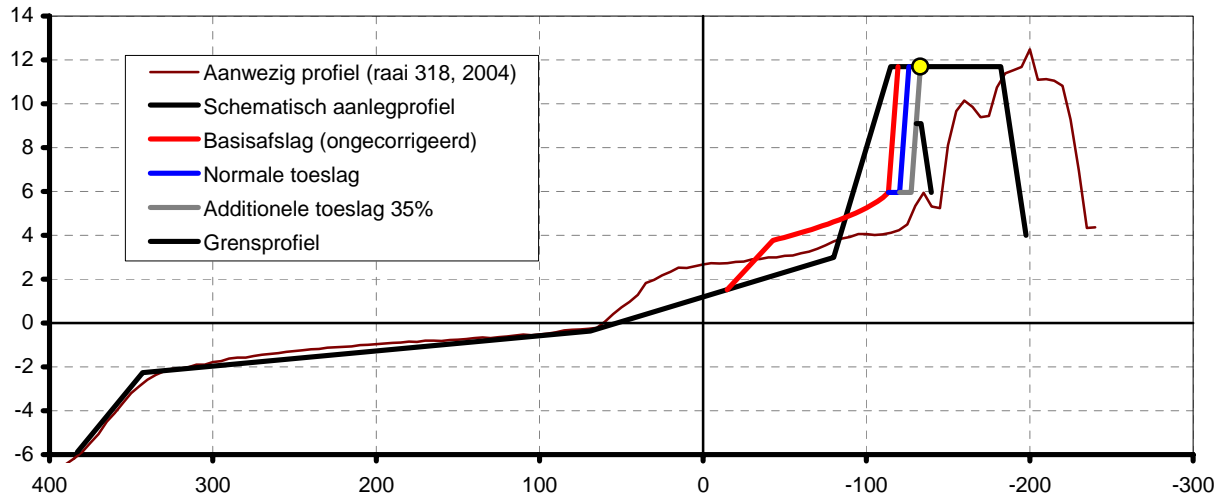


Morfologisch systeem Breskens  
 Overzicht mogelijke maatregelen  
 Aanleg van compartimenteringsdam en opsluitconstructie

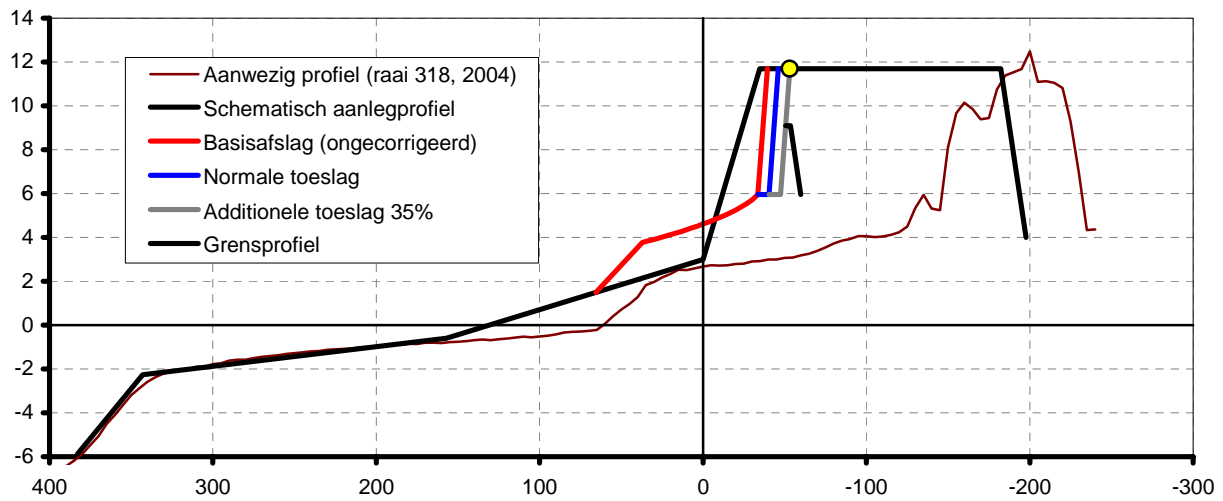
Voorbeeld afslag versterkt profiel



Voorbeeld afslag versterkt profiel (grover zand)



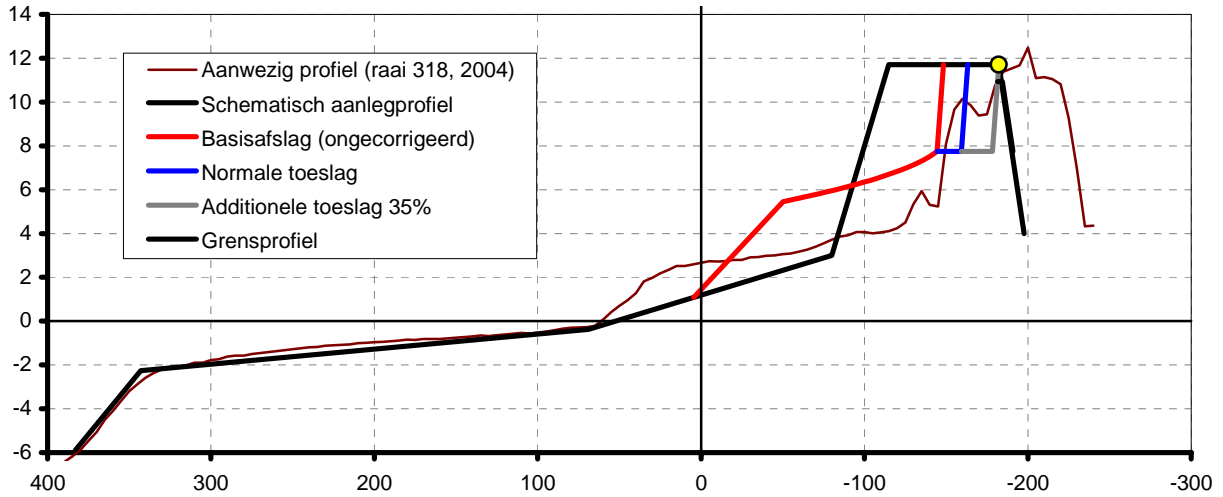
Voorbeeld afslag versterkt verschoven profiel (grover zand)



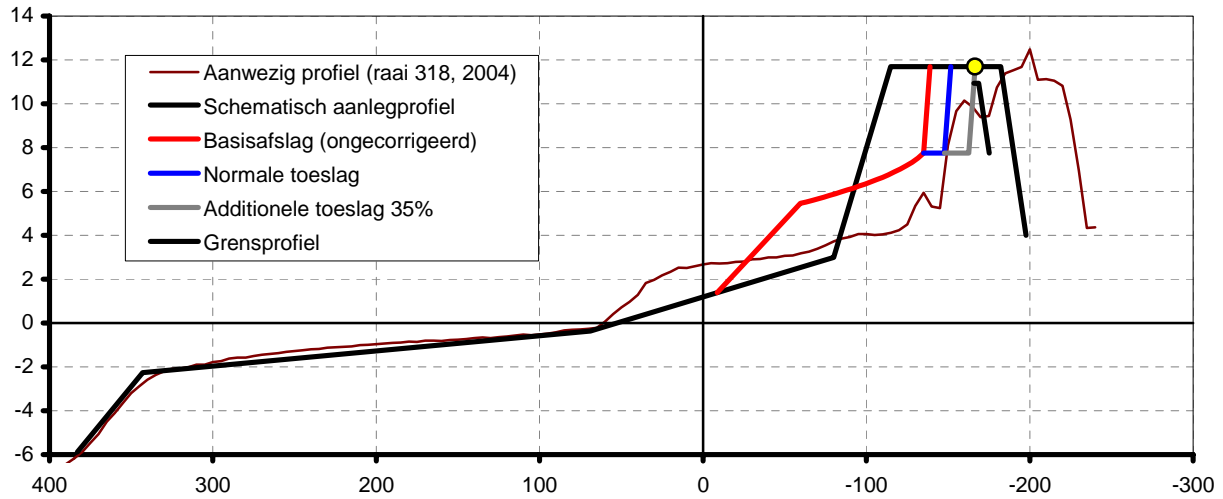
Voorbeeld afslagprofielen Breskens  
 Voor situatie over 50 jaar  
 Effect verschoven profiel en gebruik grover zand

Hs = 2,90 m; RP = NAP+5,95 m

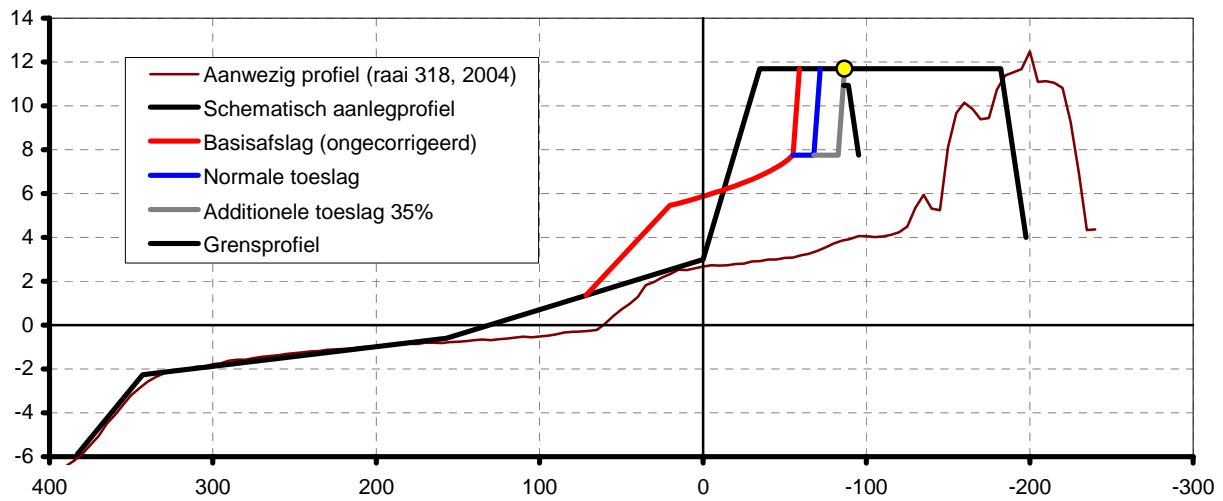
Voorbeeld afslag versterkt profiel



Voorbeeld afslag versterkt profiel (grover zand)

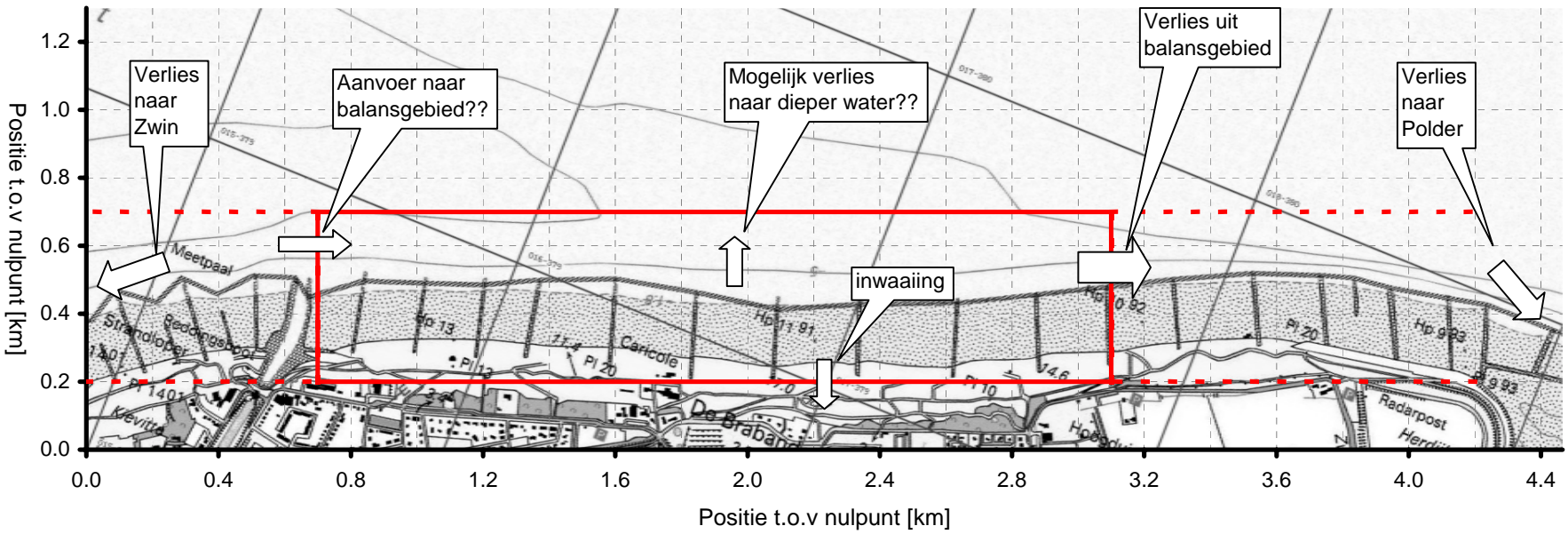


Voorbeeld afslag versterkt verschoven profiel (grover zand)



Voorbeeld afslagprofielen Breskens  
 Voor situatie over 200 jaar  
 Effect verschoven profiel en gebruik grover zand

Hs = 3,05 m; RP = NAP+7,75 m



Morfologisch systeem Cadzand-Bad

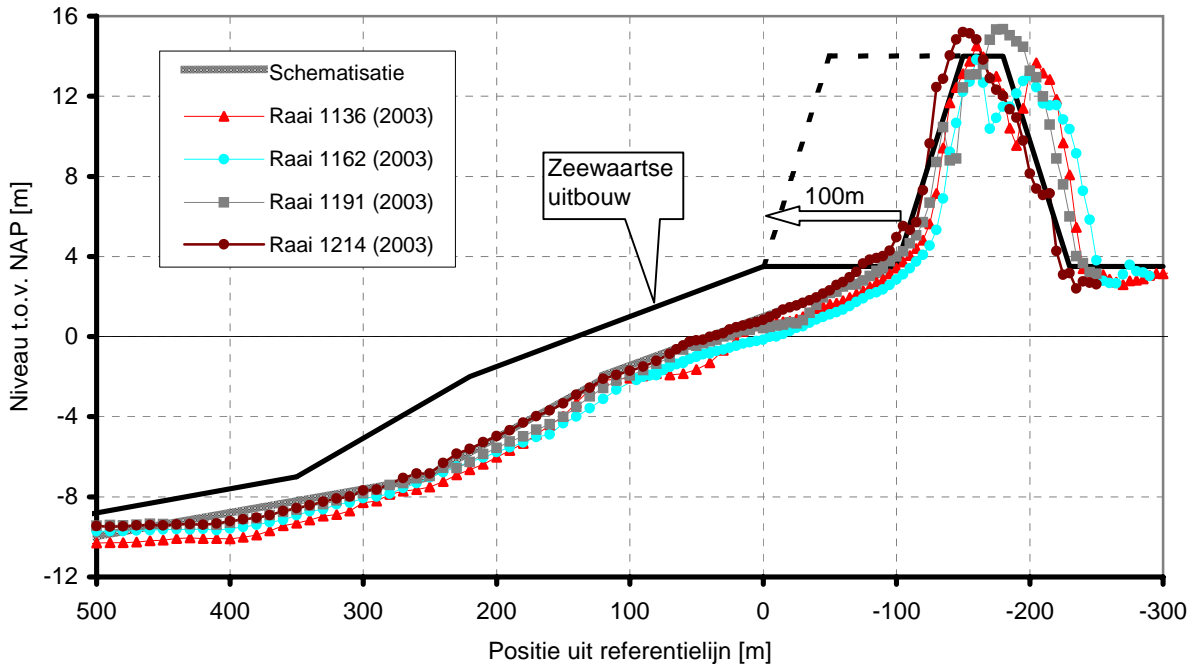
ZEEWAARTSE VERSTERKING BRESKENS EN CADZAND-BAD

A1459

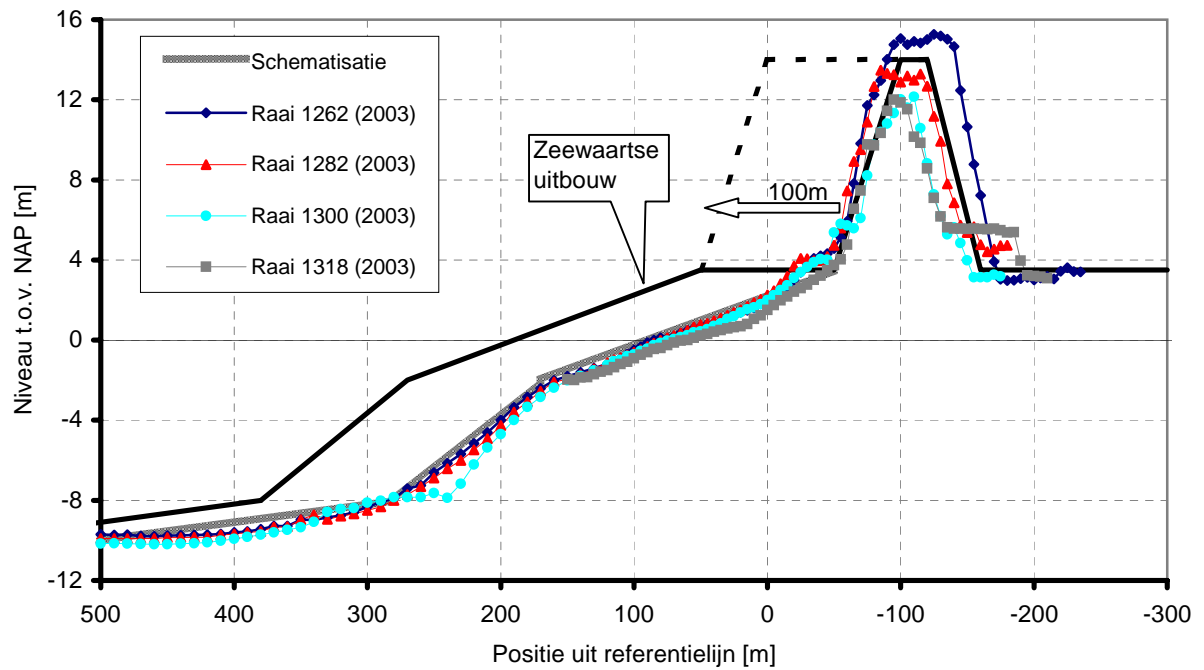


Fig. 4.3

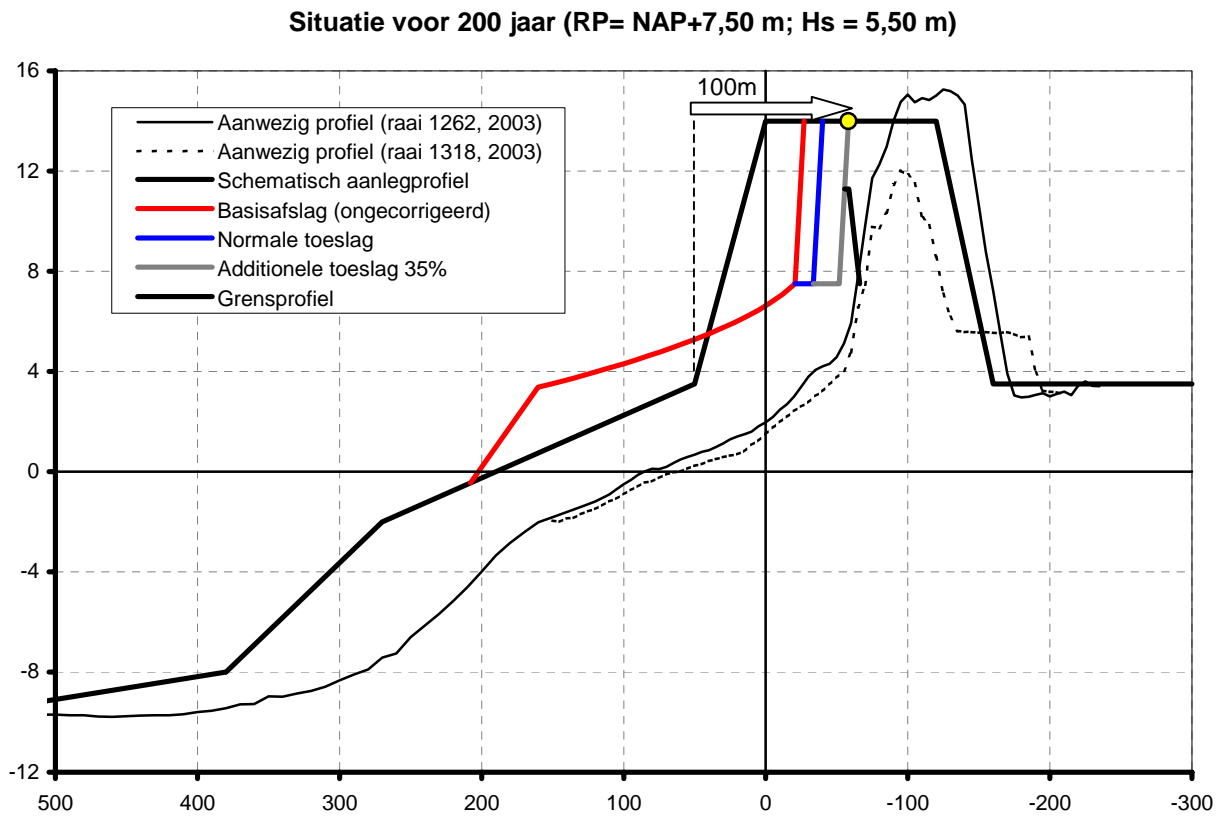
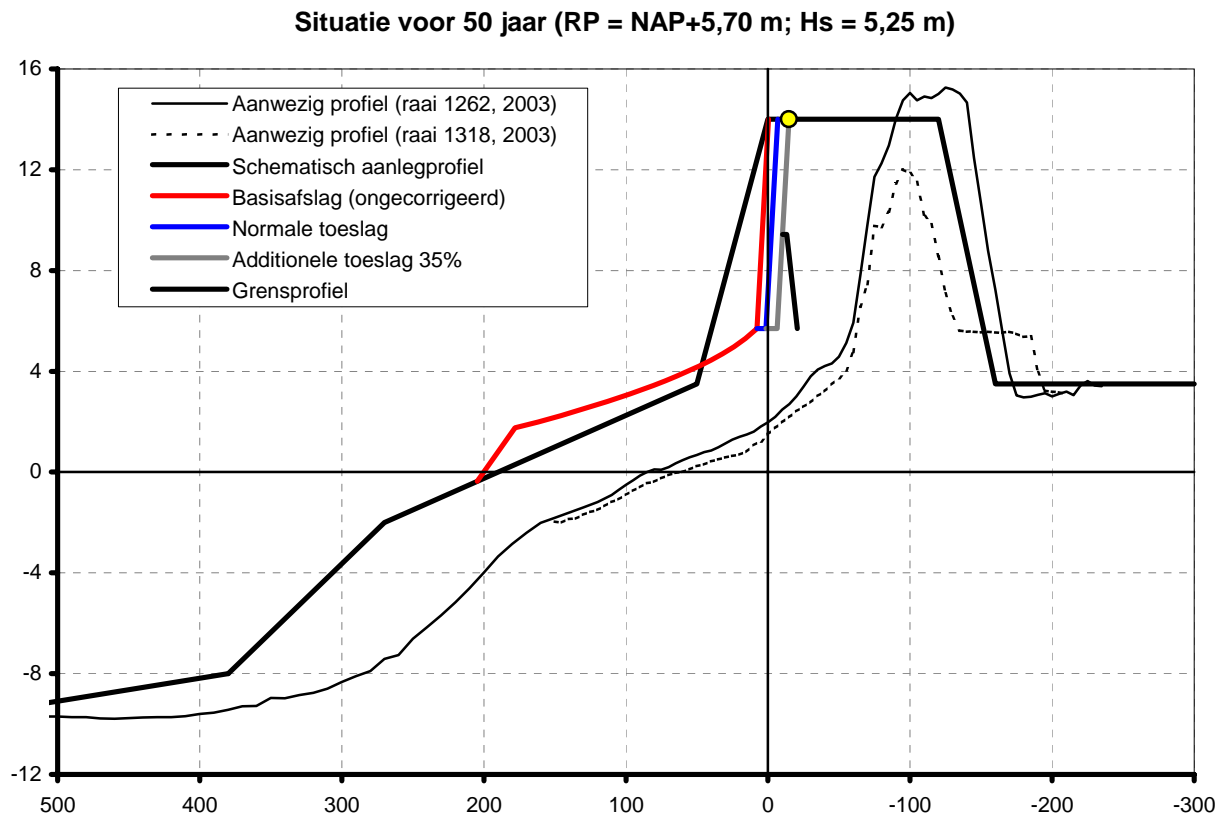
### Dwarsprofielen Cadzand-Bad; Centrale deel - oost



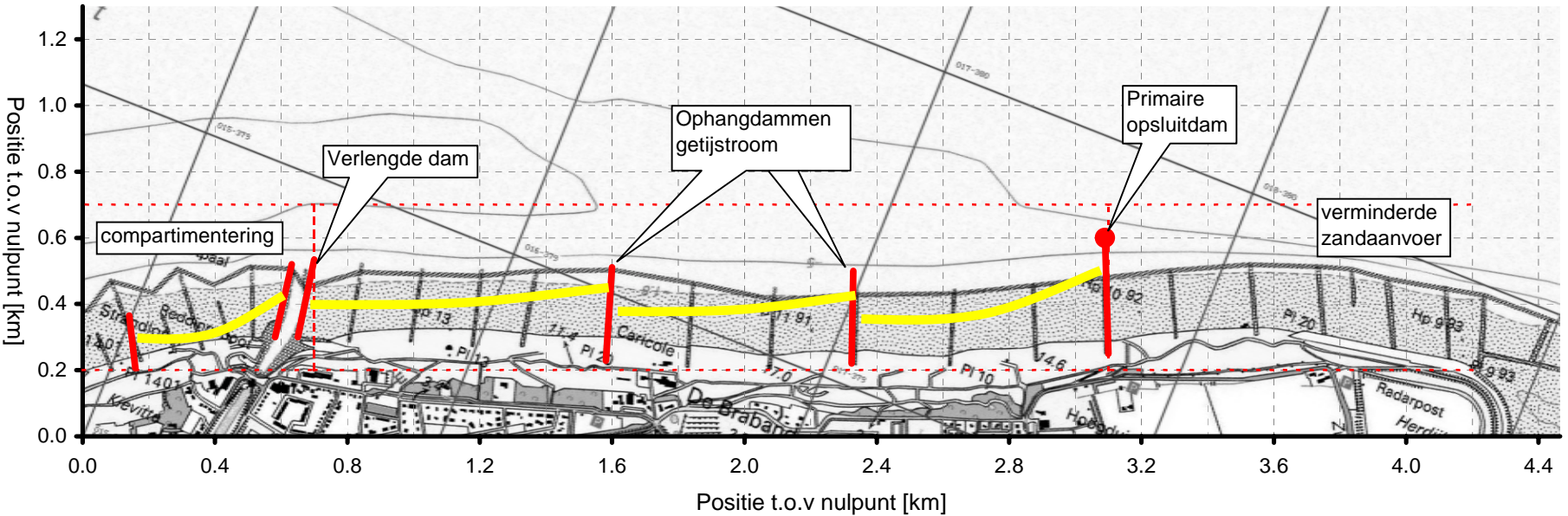
### Dwarsprofielen Cadzand-Bad; Centrale deel - west



Overzicht karakteristieke dwarsprofielen  
bij 100 m verschoven dwarsprofiel



Voorbeeld afslagprofielen Cadzand bij 100 m zeewaarts  
 Voor situatie over 50 en 200 jaar



Overzicht mogelijke maatregelen Cadzand-Bad