

OPTIMALISATIE BASISKUSTLIJN ZEEUWSCH-VLAANDEREN
KUSTVAK CADZAND

Werkdocument RIKZ/AB-96.831x
mei 1996

auteur:
P. Roelse

bijdragen:
D.C. van Maldegem
A. Provoost
J.T.M. van der Sande
T. Walhout

Inhoud

1. Inleiding
2. Aanpak
3. Alternatieven
4. Morfologische aspecten
 - 4.1 *Suppleties en zandverliezen*
 - 4.2 *BKL-verlegging en hoofdenstabiliteit*
5. Kosten
 - 5.1 *Basisgeval*
 - 5.2 *Effect keuze herhalingsstijd*
 - 5.3 *Effect keuze winplaats*
6. Strandbreedte
7. Samenvatting en conclusies

Werkdocument

Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat
Rijksinstituut voor Kust en Zee / RIKZ

Aan
Rijkswaterstaat - directie Zee-
land,
t.a.v. ir. H.A.Q. Verhees.

Van	Doorkiesnummer
P. Roelse	01180-672300
Datum	Bijlage(n)
15 mei 1996	
Nummer	Project
RIKZ/AB-96.831x	KUSTADV
Onderwerp	
Optimalisatie Basiskustlijn Zeeuwsch-Vlaanderen; kustvak Cadzand.	

1. Inleiding.

In de jaren tachtig moest voor grote delen van de Zeeuws-Vlaamse kust worden gekozen tussen aanpassing van de strandhoofden aan de verlaagde stranden, of aanpassing van de strandligging aan de constructie van de hoofden. In de kustvakken Cadzand, Groede en Breskens (figuur 1) werd - mede om redenen van waterkering en recreatie- voor aanpassing van de strandligging gekozen. Een minimaal vereist strandniveau werd destijds echter niet vastgesteld. Om die reden werd de vaststelling van de basiskustlijn (BKL) in 1993 uitgesteld en een studie naar de optimale kustligging werd gestart.

Aan de stabiliteitseis van de strandhoofden kan worden voldaan door een zeewaartse verlegging van de kustlijn¹. Het Zeeuws Overlegorgaan Waterkeringen heeft hiertoe voorstellen gedaan.

Hoe meer de kustlijn zeewaarts ligt, hoe minder de werking van de strandhoofden en hoe groter de zandverliezen na een suppletie. Alvorens

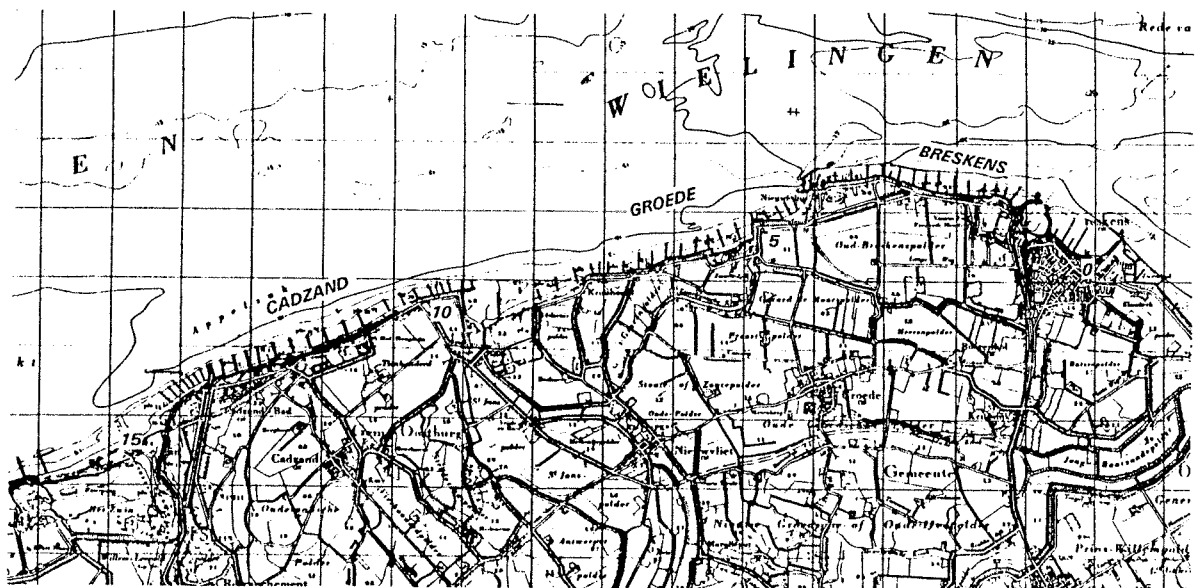
Noot 1

De "kustlijn" wordt gedefinieerd als de gemiddelde ligging van het gedeelte van het kustprofiel tussen NAP -6,80 en +3,00 m. De norm voor het kustbeleid is de basiskustlijn (BKL), die niet landwaarts mag worden overschreden. Jaarlijks wordt aan de hand van profielmetingen de momentane kustlijn (MKL) berekend. Aan de hand van een reeks MKL-waarden wordt vastgesteld of er sprake is van structurele erosie en of de BKL is, dan wel dreigt te worden overschreden.

Vestiging Middelburg
Postbus 8039, 4330 EA Middelburg
Bezoekadres Grenadierweg 31

Telefoon 01180-72200
Telefax 01180-16500

een basiskustlijn vast te stellen moet worden onderzocht welke de consequenties zijn van een zeewaartse verlegging. In opdracht van Rijkswaterstaat-directie Zeeland (brief nr. 12581, dd. 22-12-1993) is door RIKZ een studie uitgevoerd naar "een optimale ligging van de BKL met enerzijds de hoofden-stabiliteit als uitgangspunt en anderzijds een minimalisatie van het zandverlies van het strand als criterium". Hierbij is -in nauwe samenwerking met de betrokken instanties- veelvuldig gebruik gemaakt van "engineering judgement" om het ontbreken van theoretische kennis te ondervangen. Dit werkdocument geeft na een uitleg van de gevolgde aanpak en de keuze van de alternatieven, een beschrijving van de morfologische, financiële en recreatieve aspecten van de BKL-keuze, gevolgd door een samenvatting met de belangrijkste conclusies.



Figuur 1. Noordzeekust Zeeuwsch-Vlaanderen.

2. Aanpak.

Alleen op plaatsen met structurele erosie is zinnig onderzoek mogelijk naar het instabiel worden van strandhoofden en naar minimalisatie van zandverliezen. Van de drie in de inleiding genoemde lokaties is hiervan alleen sprake in het kustvak Cadzand. In het kustvak Groede is de hoofdenstabiliteit inmiddels door de gunstige natuurlijke kustontwikkeling gewaarborgd. In het kustvak Breskens is nauwelijks sprake van erosie. Bij Groede en Breskens wordt de basiskustlijn (BKL) daarom - apart van deze studie- gebaseerd op de voor de Zeeuwsvlaamse kust geldende algemene criteria: de positie van 1-1-1990, indien nodig zeewaarts verlegd op grond van waterkeringseisen of de stabiliteit van de bestaande strandhoofden.

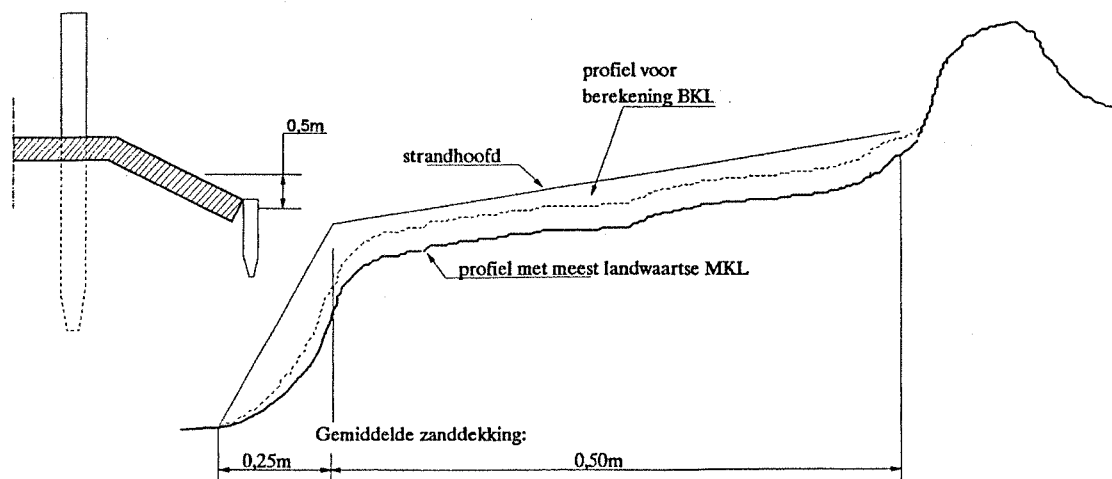
De studie naar minimalisatie zandverlies en financiële optimalisatie is dus alleen gericht op het kustvak Cadzand. Dit kustvak is gelegen tussen de Verdrongen Zwartepolder en het Zwin (km 10 - 14). In de studie worden de volgende trajecten onderscheiden:

Vlamingpolder	(strandvakken 11.360-12.145)
Kievittepolder-Oost (	,, 12.410-13.355)
Kievittepolder-West (	,, 13.540-14.270)

Hoofdenstabiliteit

De theoretische kennis voor de toetsing van de hoofden-stabiliteit schiet nog tekort. Daarom is de methodiek afgestemd op de ervaring van de kustbeheerder. Gebleken is dat de stabiliteit is verzekerd, zolang de onderzijde van de constructie niet door het strand wordt onderschreden. Hiervoor zijn twee methoden gevolgd:

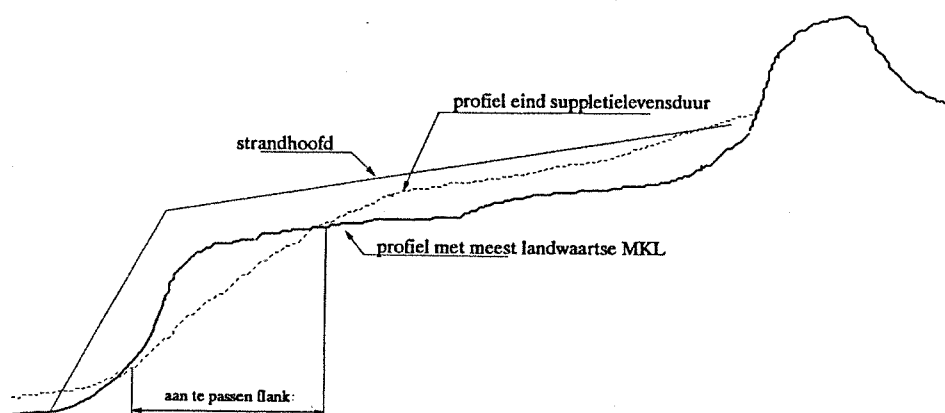
1. Vuistregel.



Figuur 2. Stabiliteitscriterium strandhoofden volgens de vuistregel.

De hoofden zijn in de loop der tijd aangepast aan de laagste strandligging. Uitgangspunt is dat de stabiliteit voldoende is gewaarborgd als de meest landwaartse kustligging van de afgelopen 30 jaar niet wordt overschreden. Om profielfluctuaties te kunnen ondervangen is op het strand een extra zanddekking toegepast van 0,5 meter en op de vooroever van 0,5 m aflopend naar nul bij het einde van de kopbestorting (figuur 2). De BKL is berekend met het aldus verhoogde profiel en komt 8 à 13 meter zeewaarts te liggen van de meest landwaartse momentane kustlijn (MKL). Op een dergelijk criterium is ook het ZOW-voorstel voor de BKL gebaseerd.

2. Rekenmodel.



Figuur 3. Aanpassing hoofd volgens rekenmodel.

In plaats van een zekerheidstelling in de vorm van 0,5 meter zanddekking is aan de hand van de profielveranderingen na het suppleren nagegaan bij welke kustlijnpositie de onderzijde van de hoofdenconstructie wordt overschreden. Hiertoe zijn de enige jaren ná het suppleren gemeten profielen maatgevend gesteld voor de profielvorm, die steeds aan het eind van de suppletielevensduur zal ontstaan. Door dit profiel, behorend bij een gekozen BKL-positie te vergelijken met het meest landwaartse profiel van vóór het suppleren (onderkant hoofd), blijkt over welke lengte de constructie moet worden aangepast (figuur 3). Bij uitbreiding is een minimale lengte van 50 m gesteld. Voorts is onderscheid gemaakt tussen de constructie onder en boven laagwater.

Opmerking:

Het is moeilijk aan te geven welke methode voor de toetsing van de hoofden-stabiliteit het meest betrouwbaar is. De vuistregel geldt voor profielen, waarvan de hoofdvorm vrijwel gelijk blijft. Is sprake van een duidelijke versteiling of verflauwing, dan past een methode die hiermee rekent beter. Omdat de maatgevende

profielvorm op prognoses is gebaseerd, zit hierin tevens de onzekerheid van de berekening.

De onbekendheid met de toekomstige profielontwikkeling is het grootst bij Kievittepolder-West, waar de natuurlijke ontwikkeling verandert, de invloed van Belgische kustwerken merkbaar is en de ervaring met het suppleren enkele jaren korter is dan in de rest van het beschouwde traject.

Uit praktische overwegingen is -overeenkomstig het ZOW voorstel- de vuistregel toegepast als stabiliteitscriterium voor de strandhoofden. Het rekenmodel is gebruikt om de omvang van de hoofdenaanpassing te schatten bij een meer landwaartse BKL-positie. In dat geval is geen sprake van stabiele hoofden.

Minimalisering zandverlies

Bij een eroderende, door strandhoofden verdedigde kust nemen de zandverliezen toe als de werking van de hoofden vermindert. Dit is het geval, als de hoofden door een suppletie geheel, of grotendeels onder het zand verdwijnen. Het effect wordt versterkt als de BKL zeewaarts wordt verlegd. Bij Cadzand was de erosie in de eerste jaren na de suppletie van 1988 ongeveer driemaal zo groot als voor het suppleren.

Om de zandverliezen bij een bepaalde keuze van de BKL te kunnen berekenen is voor elk strandvak het verloop in de tijd gemodelleerd van de kustlijnpositie en van de kustinhoud (figuur 4). Verondersteld zijn lineaire autonome erosie bij volle werking van de hoofden en volgens een e-macht afnemende extra erosie na een zandsuppletie:

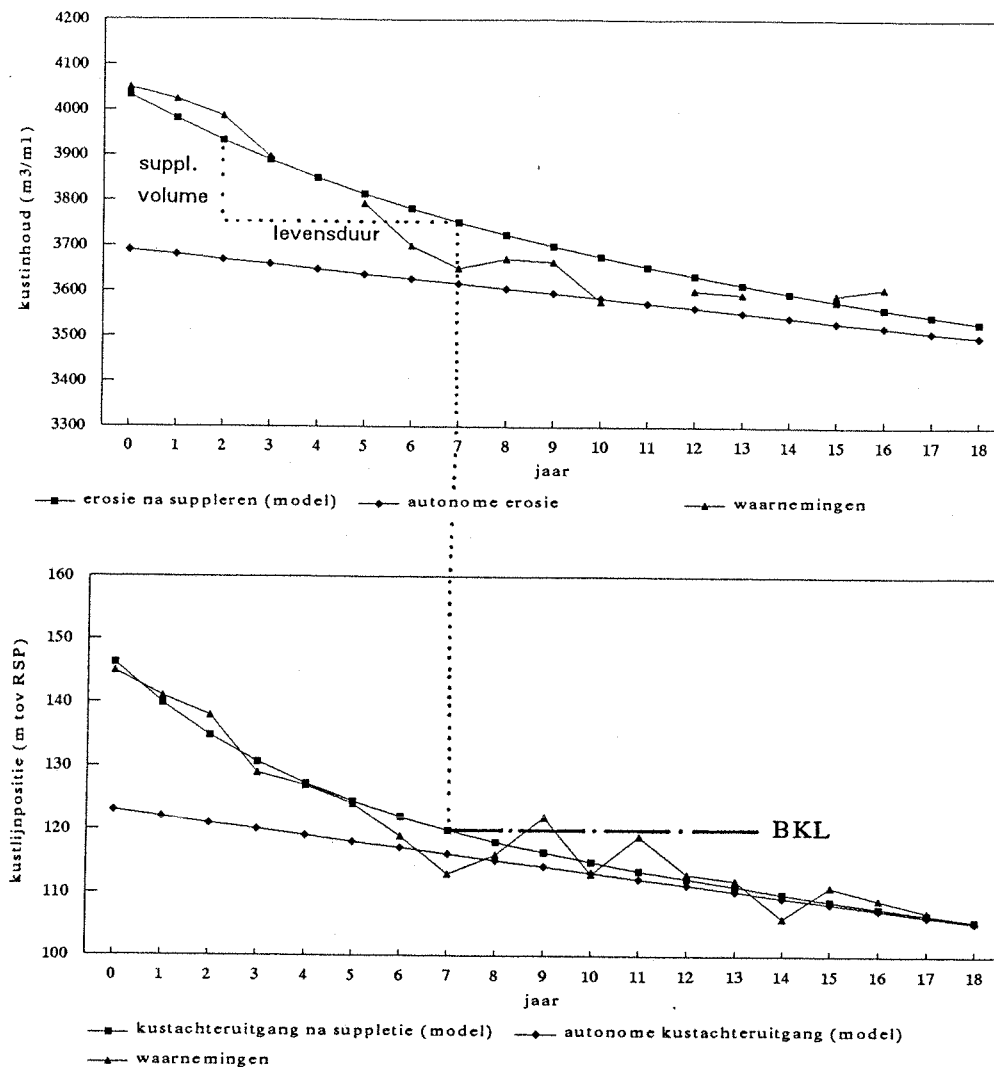
$$y_t = y_{01} - at + y_{02} * e^{ct}$$

waarin:

- y_t = kustlijnpositie of kustvolume in jaar t
- y_{01} = y-intercept autonome erosie
- y_{02} = y-intercept extra erosie
- a = trend lineaire erosie
- c = (negatieve) vormcoëfficiënt

Voor het grootste deel van het kustvak Cadzand is aangenomen dat het effect van de grootschalige kustontwikkeling (zandgolven) op het suppletiegedrag kan worden verwaarloosd. Bij Kievittepolder-West neemt de erosie de laatste jaren sterk af. Daarom is rekening gehouden met de mogelijkheid dat hier geen suppleties meer nodig zijn.

In de onderste grafiek van figuur 4 kan bij een gekozen BKL het jaar van overschrijding worden bepaald. In de bovenste grafiek kan dan het benodigde suppletievolume worden afgelezen bij een gekozen levensduur. De exponentiële functie van de kustinhoud betekent een toenemende erosie bij een meer zeewaartse ligging van de BKL. Minimalisering van het zandverlies staat dus haaks op de stabiliteitseis voor de strandhoofden, die een zeewaartse verlegging van de BKL inhoudt.



Figuur 4. Modellerings kusterosie en kustlijnregressie (voorbeeld raai 12.620).

financiële optimalisatie

Een keuze voor een kustlijn landwaarts van de BKL-eis voor hoofdenstabiliteit betekent een kleinere suppletie-inspanning, doch de hoofden zullen moeten worden aangepast en de onderhoudskosten nemen toe. Daarom zijn de kosten geoptimaliseerd. Als criterium is hierbij gesteld de som van de gekapitaliseerde kosten van kustlijnhandhaving over een periode van 30 jaar. Hierin zijn begrepen de kosten van zandsuppleties, onderhoud van hoofden en aanpassing bij vermeende instabiliteit.

Opmerking:

De aanpassingskosten van de hoofden zijn op nul gesteld bij een

BKL-positie volgens de eerder genoemde vuistregel. Bij een meer landwaartse ligging van de BKL voldoet de vuistregel minder goed. Hierbij wordt namelijk uitgegaan van lage, flauwe strandprofielen na langdurige erosie, terwijl in de toekomst met periodieke suppleties het strand naar verwachting gemiddeld hoger en steiler zal zijn. In dat geval is de aanpassing gebaseerd op het rekenmodel.

Voor de bepaling van de suppletiehoeveelheden is rekening gehouden met de thans (1996) aanwezige zandvoorraad. Deze hangt uiteraard af van de te kiezen BKL-positie.

Bij de studie is nauw samengewerkt met het waterschap Het Vrije van Sluis, de afdeling Milieu en Waterstaat van de provincie Zeeland en Rijkswaterstaat-directie Zeeland.

3. Alternatieven.

Om te bepalen binnen welke grenzen zinvolle keuzemogelijkheden voor de BKL liggen, zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

1. De BKL wordt niet landwaarts gekozen van het eerste rijksvoorstel, gebaseerd op handhaven van de kustlijnpositie op 1-1-1990, c.q. vlak voor het suppleren.
2. Bij de gekozen BKL moet een deltaveilige waterkering kunnen worden onderhouden.
3. De hoofden-stabiliteit moet kunnen worden gewaarborgd.
4. De suppleties voor erosiebestrijding mogen de werking van de strandhoofden niet uitschakelen, dus moeten bij voorkeur binnen de koppenlijn vallen.

In de huidige suppletiepraktijk wordt voor een goede balans tussen de frequentie van verstoring door suppleties en de kosten over het algemeen met een herhalingsstijd van 5 jaar gerekend. Omdat de zandverliezen bij geringere suppletiehoeveelheden afnemen, doch de m³-prijzen toenemen, zijn aanvullende berekeningen gemaakt met een herhalingsstijd van 3 jaar.

De studie-opdracht kan worden vertaald in enkele vragen op grond waarvan rekenalternatieven kunnen worden gedefinieerd:

1. Bij welke BKL zijn de huidige hoofden stabiel en welke zandverliezen treden hierbij op?
2. Bij welke BKL treedt minimaal zandverlies op en in hoeverre moeten de strandhoofden hierbij worden aangepast?
3. Welke BKL vergt minimale kosten van kustlijnhandhaving?
4. Welke strandbreedten kunnen worden verwacht bij een gekozen BKL?

Op grond van de uitgangspunten en de te beantwoorden vragen zijn de volgende alternatieven gekozen:

1. BKL-Veil
De BKL volgens het eerste rijksvoorstel, plaatselijk aangepast voor een deltaveilig kustprofiel. Dit is de meest landwaartse keuzemogelijkheid.
2. BKL-HOOFD
De BKL volgens de vuistregel voor de stabiliteit van de strandhoofden.
3. BKL-VOL
De BKL gebaseerd op het ontwerpcriterium van de suppletie 1988, de ruimte tussen de hoofden vol gesuppleerd. Dit is de meest zeewaartse keuzemogelijkheid.

De BKL-waarden voor de betreffende meettraaien zijn vermeld in tabel 1.

Tabel 1. Specificatie BKL-alternatieven (m zeewaarts van de hoofdraai).

raai	BKL-alternatief			raai	BKL-alternatief			raai	BKL-alternatief		
	VEIL	HOOFD	VOL		VEIL	HOOFD	VOL		VEIL	HOOFD	VOL
11360	46	63	46	12820	102	117	132	13725	105	118	114
11625	31	50	45	13000	97	111	119	13815	115	126	125
11910	57	70	67	13180	87	103	115	*13915	126	137	134
12145	66	82	84	13355	77	93	90	*14015	125	143	139
12410	84	104	108	13540	101	113	121	14125	120	136	151
12620	106	120	127	*13639	90	97	96	14270	132	133	153

* zeewaarts verlegd i.v.m. veiligheid waterkering

Toelichting:

De positie van BKL-VOL in een meetraai wordt bepaald door de (vaste) contouren van de aangrenzende strandhoofden en de ruimte die nodig is om de slijtlaag binnen deze contouren te bergen. Het volume van de slijtlaag is afhankelijk van de kusterosie en van de te kiezen herhalingsstijd. De keuze van de herhalingsstijd bepaalt dus de zeewaartse begrenzing van de zone, waarbinnen de BKL volgens de uitgangspunten van de studie bij voorkeur wordt gekozen.

De in de tabel vermelde waarden voor BKL-VOL gelden voor een herhalingsstijd van 5 jaar. Het blijkt dat bij deze herhalingsstijd BKL-HOOFD niet overal binnen de zeewaartse begrenzing valt. In de betreffende strandvakken is de suppletieruimte tussen de hoofden dus te klein.

4. Morfologische effecten.

4.1 Suppleties en zandverliezen.

De figuren 5 t/m 7 geven voor elk van de gekozen alternatieven de rekenresultaten van het erosiemodel weer.

De bovenste afbeelding geeft in lengterichting van het kustvak Cadzand de verdeling van de jaarlijkse autonome erosie (voor het suppleren) en de erosie na een suppletie. De autonome erosie neemt in oostelijke richting toe (zandgolf-effect). De totale autonome erosie in een periode van 5 jaar bedraagt 330.000 m³. Na een suppletie is de erosie aanvankelijk groter dan de autonome erosie, behalve in de oostelijke strandvakken. Daar wordt veel suppletiezand afgezet, zodat de erosie minder wordt. In de twee westelijke vakken is rekening gehouden met afnemende autonome erosie.

In de onderste afbeelding is de zone aangegeven waarbinnen de kustlijn fluctueert bij suppleties om de 5 jaar. Deze zone wordt aan de landzijde bepaald door de gekozen basiskustlijn (BKL-alt.); aan de zeezijde door de momentane kustlijn net na het uitvoeren van een suppletie met een levensduur van 5 jaar (MKL na suppletie). Tevens is de beschikbare ruimte weergegeven, de strook waarbinnen de zone van de suppleties moet blijven. Aan de landzijde is BKL-VEIL als grens gesteld en aan de zeezijde MKL-KOP, de kustlijn overeenkomend met tot de koppenlijn vol gesuppleerde strandvakken.

Uit figuur 5 blijkt dat bij BKL-VEIL een suppletie met een levensduur van 5 jaar in het gehele kustvak binnen de strandhoofden geborgen kan worden. Bij Kievittepolder-Oost behoeft slechts een klein gedeelte van de beschikbare ruimte te worden benut. De zandverliezen blijven beperkt tot 10 à 50 m³/m¹ per jaar.

Het benodigde suppletievolume bedraagt maximaal ca. 390.000 m³.

Figuur 6 met BKL-HOOFD geeft aan dat over het gehele traject een zeewaartse verlegging van de BKL nodig is voor de hoofden-stabiliteit. BKL-HOOFD moet gemiddeld 14 m zeewaarts liggen van BKL-VEIL. Bij Kievittepolder-Oost is hiervoor wel voldoende ruimte, doch de zandverliezen nemen aanzienlijk toe. Bij de Vlamingpolder en bij Kievittepolder-West is in enkele strandvakken de suppletieruimte binnen de koppen te klein.

Het benodigde suppletievolume bedraagt maximaal ca. 530.000 m³.

Figuur 7 geeft aan dat bij het vol suppleren van de ruimte tussen de hoofden de BKL bij de Vlamingpolder en Kievittepolder-Oost aanzienlijk zeewaarts kan worden verlegd. Bij Kievittepolder-West is deze mogelijkheid veel kleiner.

Bij BKL-VOL wordt de werking van de hoofden aanvankelijk geheel teniet gedaan. De zandverliezen zijn hierdoor nog groter dan bij BKL-HOOFD. Het benodigde suppletievolume bedraagt maximaal ca. 590.000 m³.

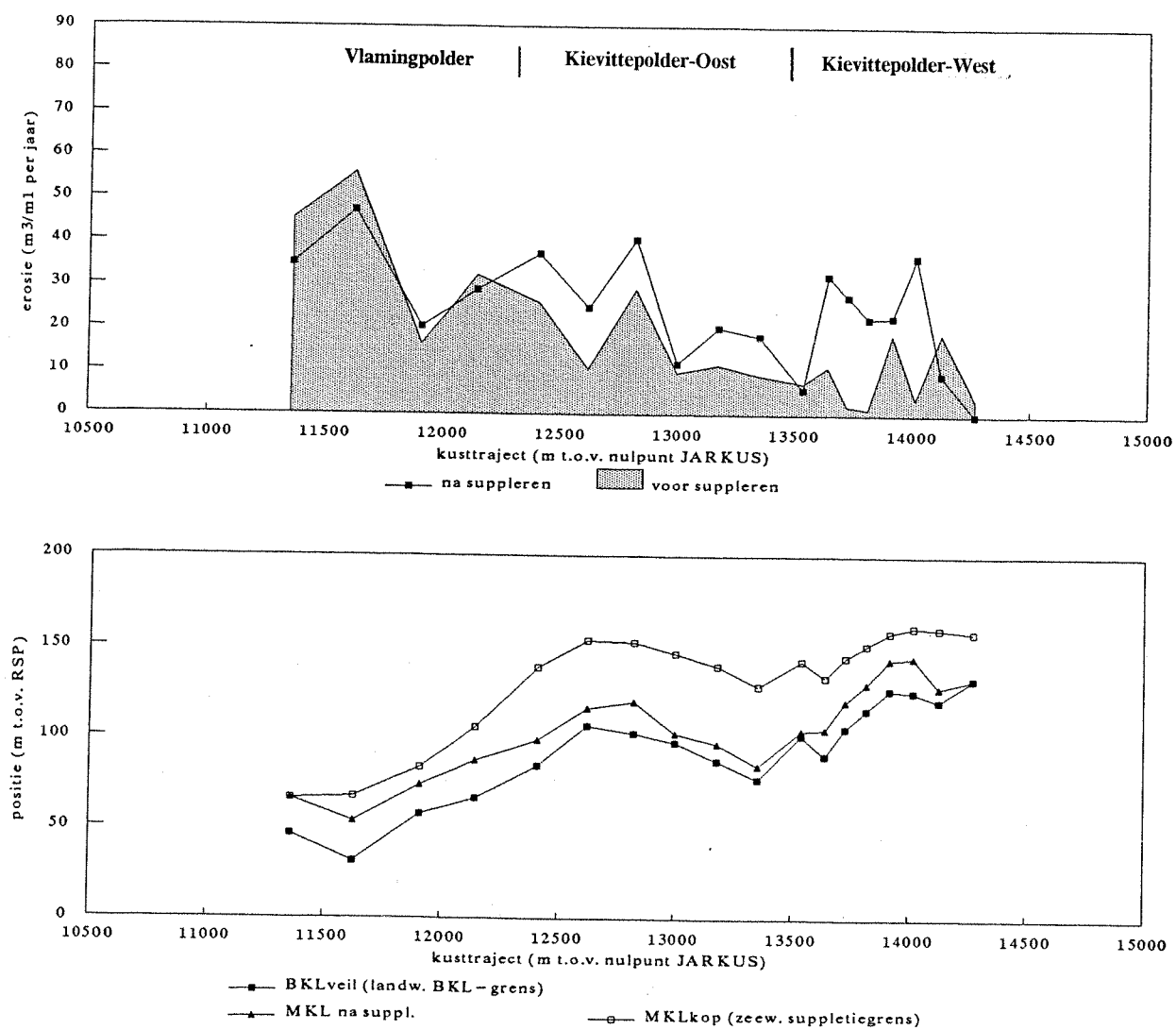
BKLveil

herhalingstijd

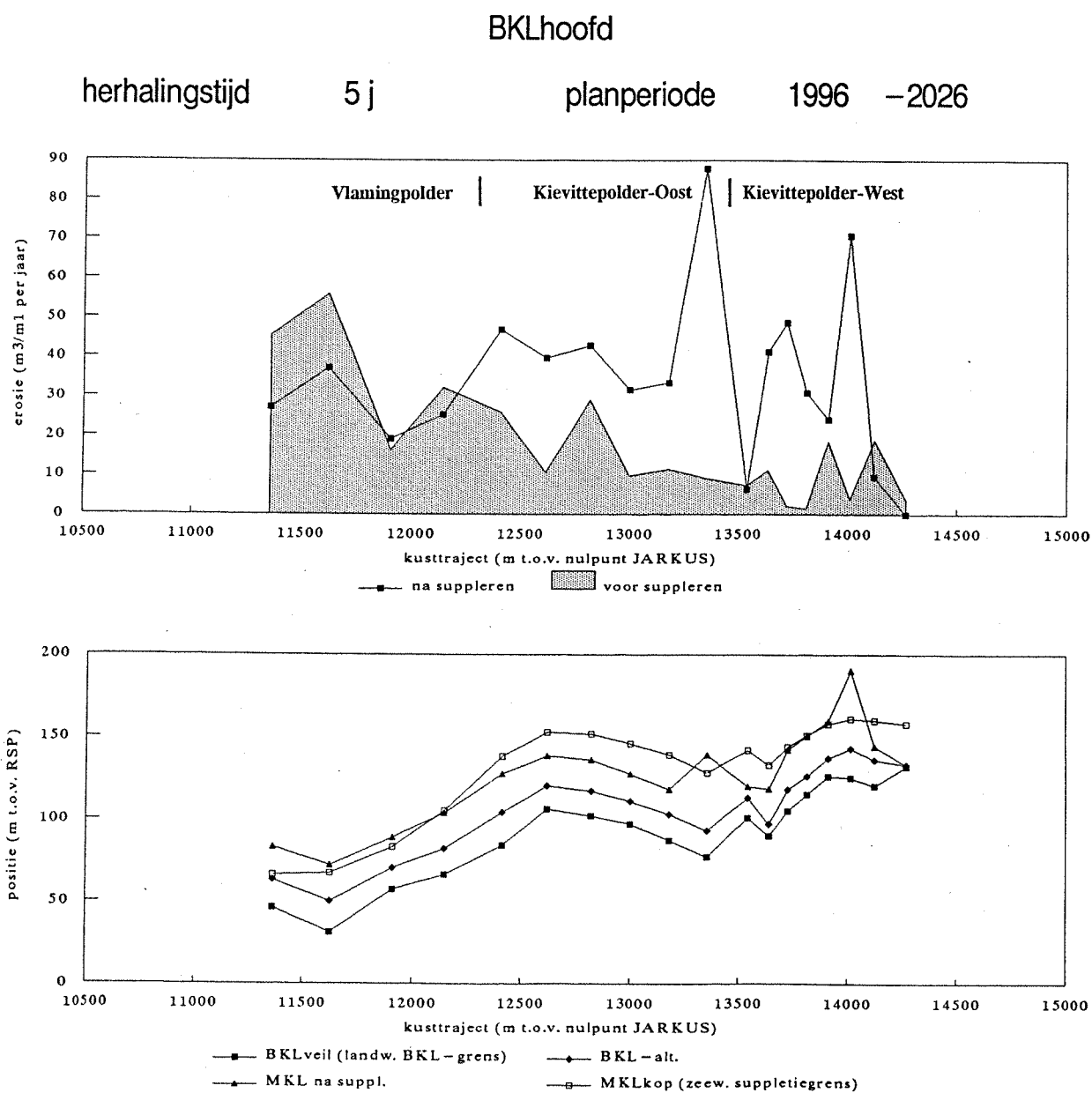
5 j

planperiode

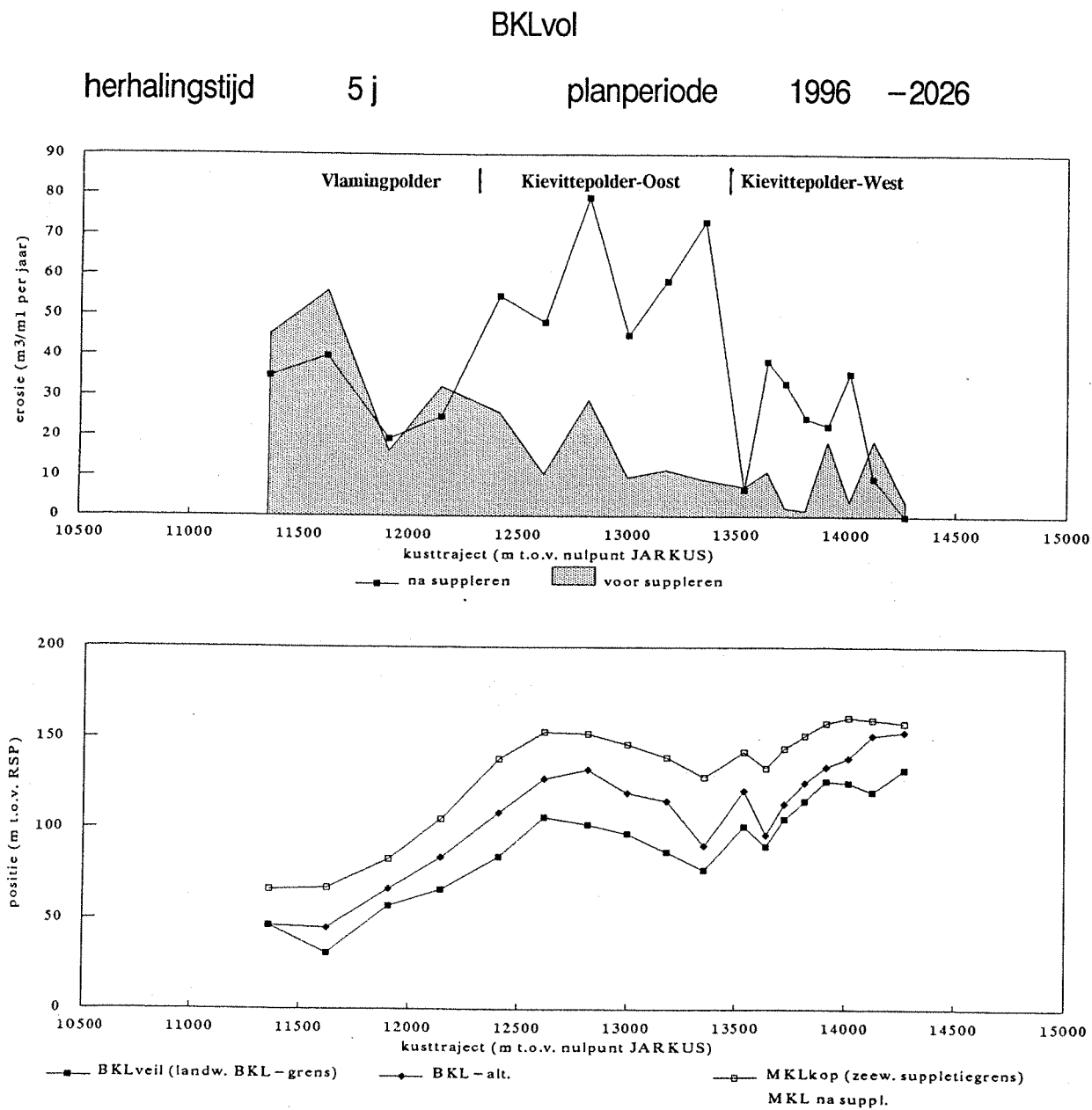
1996 – 2026



Figuur 5. Rekenresultaten alternatief BKL-VEIL.



Figuur 6. Rekenresultaten alternatief BKL-HOOFD.



Figuur 7. Rekenresultaten alternatief BKL-VOL.

4.2 BKL-verlegging en hoofdenstabiliteit.

Figuur 8 schetst de problematiek van de BKL-verleggingen. In lengterichting van de kust zijn uitgezet:

- de beschikbare ruimte voor BKL-verlegging en
- de voor hoofdenstabiliteit vereiste verlegging volgens zowel de vuistregel als het rekenmodel. Hieruit blijkt het volgende:

-Vlamingpolder

Voor zeewaartse BKL-verlegging is gemiddeld maar 10 m beschikbaar, terwijl volgens de vuistregel 16 m benodigd is. In twee van de vier strandvakken is er bovendien een mogelijk risico met de vuistregel.

-Kievittepolder-Oost

De BKL kan hier gemiddeld 23 m zeewaarts worden verlegd, terwijl voor de hoofdenstabiliteit slechts 16 m benodigd is. De vuistregel lijkt hier aan de veilige kant omdat de BKL volgens het rekenmodel duidelijk landwaarts ligt van BKL-HOOFD.

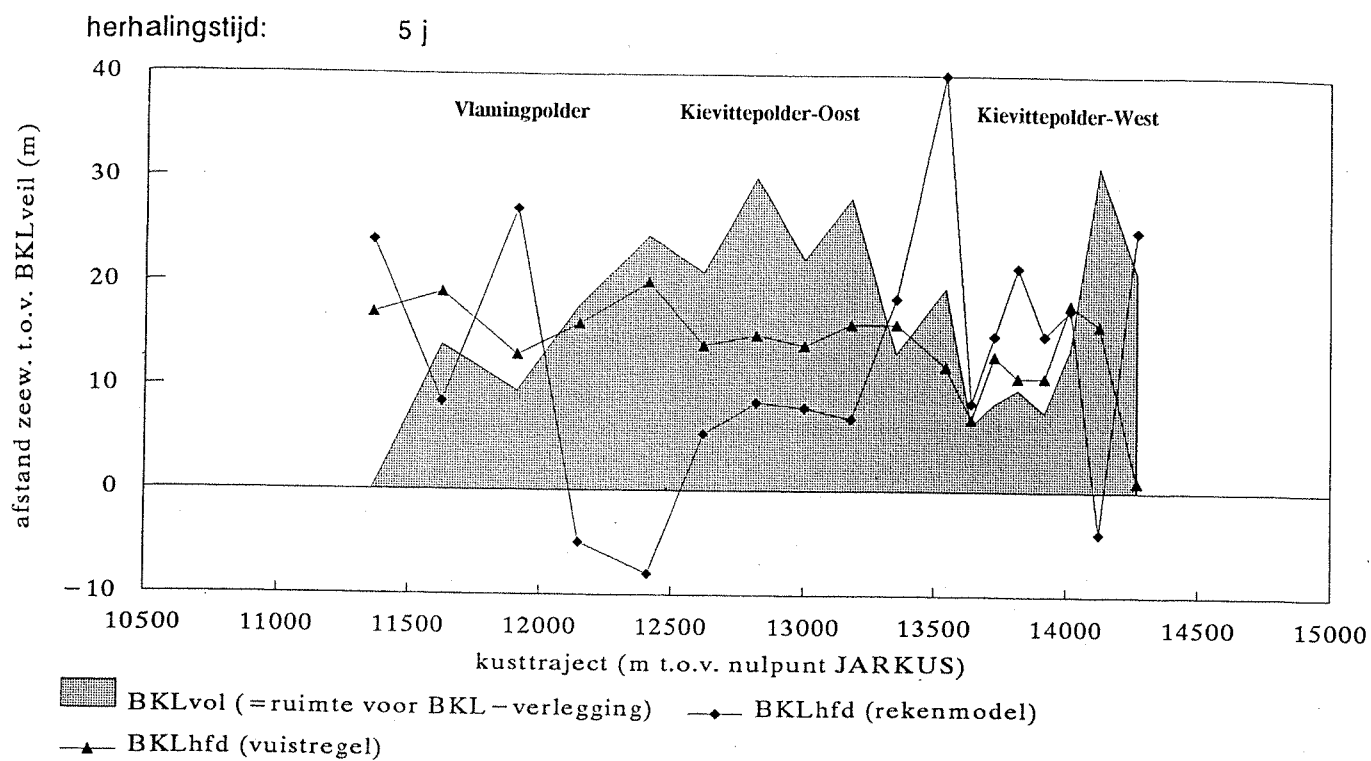
-Kievittepolder-West

Bij BKL-HOOFD kan een 5-jaarlijkse suppletie niet overal binnen de koppenlijn worden geborgen. Het rekenmodel geeft in enkele vakken een meer zeewaartse ligging dan de vuistregel, die daarom wellicht enig risico inhoudt (zie echter opmerking in hoofdstuk 2 over de betrouwbaarheid van de methodiek).

Geconcludeerd kan worden dat bij de Vlamingpolder en bij Kievittepolder-West de suppletieruimte krap wordt, als de BKL zeewaarts wordt verlegd ten behoeve van de hoofdenstabiliteit.

Bij de Vlamingpolder is -na aanvullend veldonderzoek- te overwegen BKL-HOOFD gemiddeld 5 m landwaarts te verleggen. Het risico voor de hoofden valt dan waarschijnlijk mee, omdat de kustlijn hier omstreeks de eeuwwisseling meer landwaarts lag dan in de periode waarvan profielmetingen beschikbaar zijn. De hoofdenconstructie zal dus dieper steken dan verondersteld is bij toepassing van de vuistregel.

Bij Kievittepolder-West is de ruimte krap door de -mede als gevolg van de deltaverzwaring- vooruit geschoven ligging van het duinfront. De gevolgen van een zeewaarts verlegde kustlijn zijn hier minder goed te voorspellen, omdat de ervaringstijd met de suppletie hier 2 jaar korter is dan bij Kievittepolder-Oost/Vlamingpolder. Het erosiemodel is dus minder betrouwbaar. De autonome erosie neemt hier af, zodat in de toekomst waarschijnlijk steeds minder behoeft te worden gesuppleerd en de hoofdenstabiliteit van nature wordt verzekerd.



Figuur 8. BKL-verlegging in verband met hoofdenstabiliteit.

5. Kosten.

5.1 Basisgeval

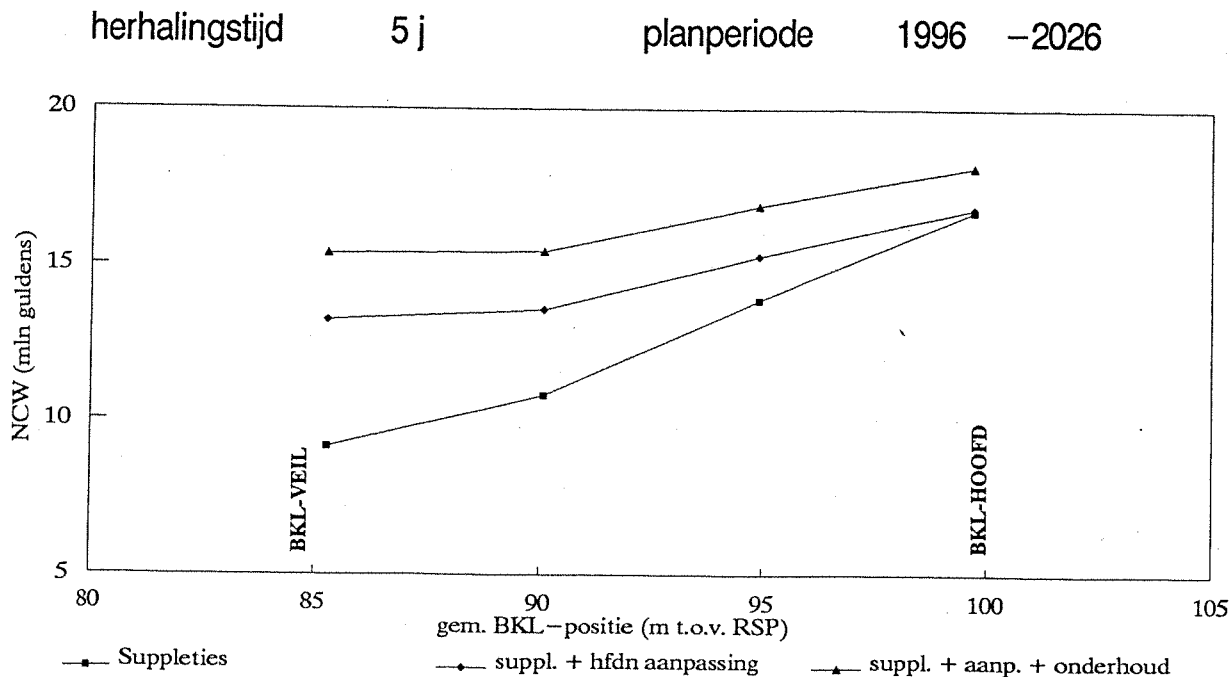
Om het kosten-effect van verschillende BKL-alternatieven aan te geven is een basisgeval gedefinieerd. Dit is in de huidige situatie de meest waarschijnlijke gang van zaken. Kenmerken:

herhalingsstijd: 5 jaar
zandwinplaats: Steenbanken
planperiode: 1996 - 2026
rentevoet: 5%

Figuur 9 illustreert de toename van de kosten bij een zeewaarts verlegde (gemiddelde) BKL. Omdat bij zeewaartse verlegging de kosten van onderhoud en aanpassing van de hoofden juist afnemen, zijn ook de totale kosten van kustlijnhandhaving weergegeven.

Het goedkoopste alternatief is BKL-VEIL. BKL-HOOFD blijkt iets goedkoper dan BKL-HOOFD (de suppletievorm van 1988).

In tabel 2 is een specificatie van de kosten gegeven. Voor de grootste kostenpost, de zandsuppleties, is een kostenmarge vermeld. Deze kostenmarge betreft alleen de onzekerheid in de kustontwikkeling. Het grootste aandeel in de onzekerheid levert de ontwikkeling bij Kievittepolder-West.



Figuur 9. Kosten kustlijnhandhaving in relatie tot BKL-positie.

Tabel 2. Kosten BKL-alternatieven (mln guldens, incl. BTW)

Alternatief	Gem. BKL (m t.o.v. RSP)	Zandsuppleties (5-jaarlijks)		Hoofden		Totaal
		marge	gemiddeld	onderhoud	aanpassing	
BKL-VEIL	85,3	5,1 - 13,2	9,1	2,1	4,1	15,3
BKL-HOOFD	99,7	10,9 - 22,6	16,7	1,3	0,1	18,1
BKL-VOL	99,8	17,9 - 21,3	19,6	1,3	0,1	21,0

5.2 Effect keuze herhalingstijd.

Een kortere herhalingstijd van de zandsuppleties geeft een kleinere kustuitbouw en derhalve geringere zandverliezen. Voorts zijn de investeringen beter gespreid. Bij kleinere suppleties drukken de installatiekosten echter zwaarder op de kubieke-meterprijs en geven gemiddeld een minder breed strand.

Figuur 10 geeft het verloop van de suppletiekosten bij herhalingstijden van 2 tot 7 jaar. Bij BKL-VEIL wegen de installatiekosten net iets zwaarder dan de extra erosie. De suppletiekosten nemen iets af bij toenemende herhalingstijd tussen 2 en 5 jaar. Bij de zeewaarts gelegen BKL-HOOFD blijkt het effect van de erosie duidelijk te overheersen. De suppletiekosten nemen aanzienlijk toe bij een grotere herhalingstijd.

Een kortere herhalingstijd dan 3 jaar ligt niet voor de hand. Tabel 3 geeft daarom de totale suppletiehoeveelheden, de suppletiekosten en de totale handhavingskosten bij een herhalingstijd van 3 jaar in vergelijking met 5 jaar (basisgeval).

Tabel 3. Hoeveelheden en kosten bij herhalingstijden van 3 en 5 jaar (planperiode 1996-2026, winplaats Steenbanken)

Alternatief	suppletiehoeveelheid (mln m ³)			suppletiekosten (mln guldens)			handhavingskosten (mln guldens)		
	t=5 j	t=3 j	verschil	t=5 j	t=3 j	verschil	t=5 j	t=3 j	verschil
BKL-VEIL	1,44	1,44	0 %	9,1	9,4	+ 3 %	15,3	15,6	+ 2 %
BKL-HOOFD	2,37	2,08	-12 %	16,7	15,0	-10 %	18,1	16,4	- 9 %

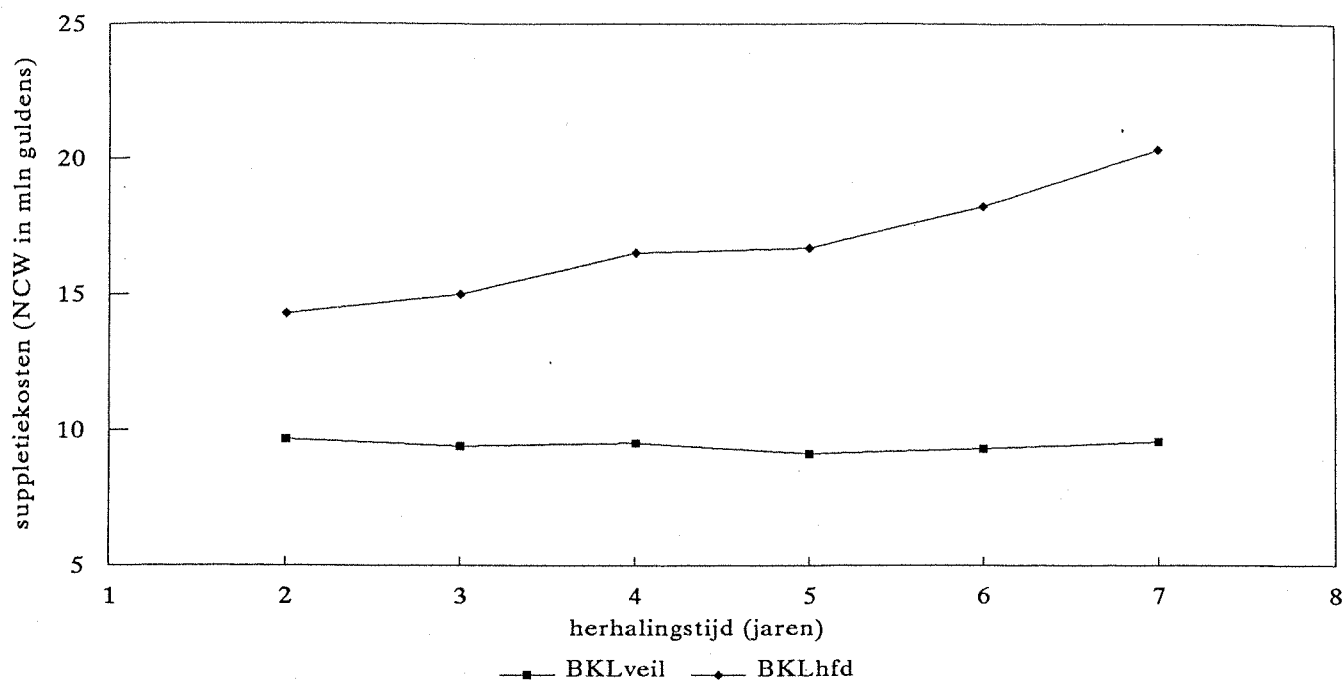
planperiode

1996

-2026

zandwinplaats:

STEENBANKEN



Figuur 10. Effect herhalingstijd op suppletiekosten.

5.3 Effect keuze zandwinplaats.

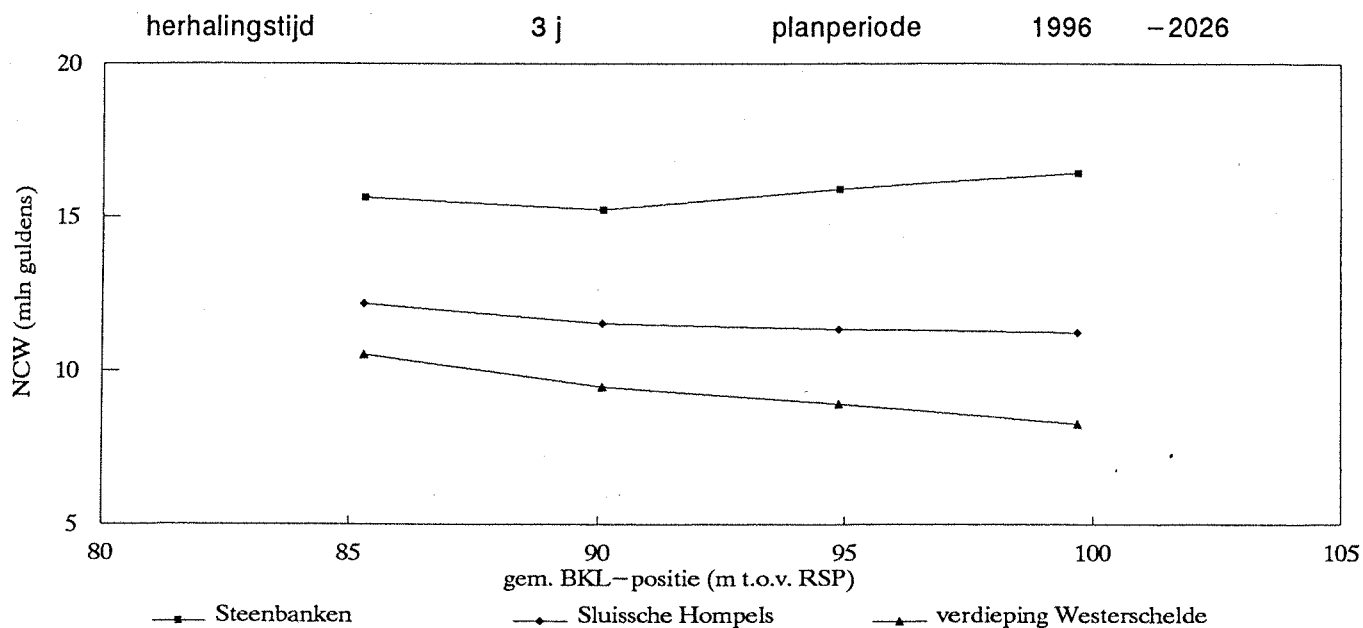
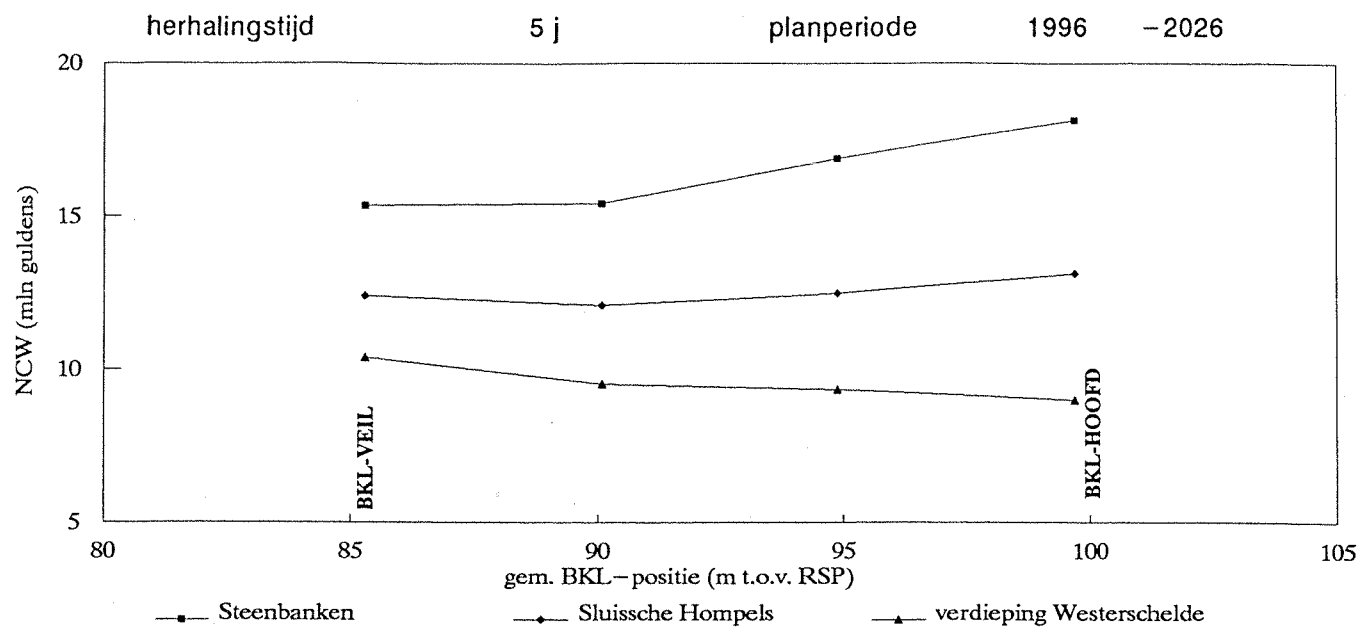
De transportafstand is één van de belangrijkste factoren bij de kosten van zandsuppleties. Daarom zijn drie zandbronnen beschouwd:

1. Steenbanken, transportafstand 40 kilometer, grote sleephoppers;
2. Sluissche Hompels, transport afstand 5 kilometer, kleine sleephoppers en
3. Vaargeul Westerscheldemon, transportafstand 5 tot 15 kilometer, grote sleephoppers.

Bij de laatste bron zijn slechts de meerkosten van suppleren ten opzichte van storten gerekend.

Figuur 11 geeft het effect van de zandwinplaats weer op de totale handhavingskosten, bij herhalingstijden van 3 en 5 jaar.

Een zeewaartse verlegging van de BKL wordt aanmerkelijk duurder als het zand op de Steenbanken wordt gewonnen, met een herhalingstijd van 5 jaar. Bij zandwinning in de omgeving en een herhalingstijd kleiner dan 5 jaar heeft zeewaartse verlegging geen invloed, of wordt zelfs goedkoper.



Figuur 11. Effect zandwinplaats op handhavingskosten.

6. Strandbreedte

Strandrecreatie is een van de belangrijkste functies in het beschouwde kustvak. De breedte van het droge strand is hierbij een criterium voor de fysieke potentie. Door de onzekerheid in de profielvorm is de breedte echter moeilijk te bepalen. In tabel 4 zijn daarom grove schattingen van de strandbreedten vermeld aan het begin en aan het einde van een suppletielevensduur van 5 jaar. Ter vergelijking zijn tevens strandbreedten gegeven in de "natuurlijke" toestand, gemiddeld over een periode van 5 jaar voor het suppleren.

Door te suppleren neemt de strandbreedte -gemiddeld over een suppletieperiode- toe, ook als de BKL niet zeewaarts wordt verlegd. Wordt bij de Vlamingpolder en Kievittepolder-Oost de BKL zeewaarts verlegd, dan zou dat een aanzienlijke strandverbreding inhouden.

Bij Kievittepolder-West kan de oorspronkelijke strandbreedte niet meer worden gerealiseerd. De zeewaartse duinverzwaring van 1990 neemt hiervan ca. 30 % in beslag.

Wordt om de drie jaar gesuppleerd, dan wordt aanzienlijk minder zand aangebracht. Hoeveel het droge strand dan smaller wordt aangelegd zal mede afhangen van het te maken dwarsprofiel.

Tabel 4. Gemiddelde breedten (m) van het droge strand aan begin en eind van suppletielevensduur van 5 jaar.

Alternatief	Vlamingpolder (11360 t/m 12145)		Kievittepolder-Oost (12410 t/m 13355)		Kievittepolder-West *) (13540 t/m 14270)	
	begin	eind	begin	eind	begin	eind
BKL-VEIL	40	20	25	20	20	15
BKL-HOOFD	60	30	70	30	30	20
BKL-VOL	60	30	80	40	30	20
vóór suppleren	25		15		25	

*) met banket tegen duinfront

7. Samenvatting en conclusies.

Voor de stabiliteit van strandhoofden zijn momenteel geen geschikte rekenmodellen voorhanden. Daarom is een vuistregel toegepast voor de berekening van de kustlijn die de stabiliteit van de hoofden moet waarborgen. Deze vuistregel is gebaseerd op de ervaring van de kustbeheerder bij de opgetreden slechtste kustligging.

Indien een basiskustlijn (BKL) wordt gekozen landwaarts van de ligging die hoofdenstabiliteit geeft, moeten de hoofden worden aangepast. Hiervoor is een rekenmodel ontwikkeld op basis van profielontwikkeling na zandsuppletie. De kostenschatting van de aanpassingen is hierop gebaseerd.

In verband met de hoofdenstabiliteit moet de kustlijn die duinveiligheid biedt (BKL-VEIL) zeewaarts worden verlegd. Gerekend met een gemiddelde zanddekking van 0,5 m langs de flanken van de strandhoofden volgens de vuistregel behoeven de door het Zeeuws Overlegorgaan Waterkeringen voorgestelde posities van de basiskustlijn enige bijstelling.

De werking van de strandhoofden neemt af, indien wordt gesuppleerd. De zandverliezen nemen dan toe van 330.000 m³ tot 390.000 m³ in 5 jaar, bij de meest landwaartse kustlijn (BKL-VEIL). Als bovendien de BKL nog zeewaarts wordt verlegd, nemen de zandverliezen verder toe: tot 530.000 m³ bij een op de hoofdenstabiliteit afgestemde kustlijn (BKL-HOOFD). Indien alle ruimte tussen de hoofden wordt vol gesuppleerd wordt het zandverlies geschat op 590.000 m³ in 5 jaar.

Bij de Vlamingpolder is niet voldoende suppletieruimte om het zandvolume voor 5 jaar binnen de koppenlijn te bergen, als de BKL op de hoofden wordt afgestemd. Omdat de hoofden hier zeer waarschijnlijk dieper steken dan de laagste strandligging is te overwegen om de BKL minder zeewaarts te verleggen.

Ook bij Kievittepolder-West is de ruimte niet voldoende. De duinwaterkering en de stabiliteit van de hoofden vereisen hier een zeewaartse verlegging van de BKL, gepaard gaande met grote zandverliezen. Omdat de recente ontwikkelingen aangeven dat wellicht het einde van de erosieperiode in zicht is, zouden de verliezen mee kunnen vallen.

De kosten van suppleties nemen toe bij zeewaartse verlegging van de te handhaven kustlijn. De kosten van aanpassing en onderhoud van de strandhoofden nemen dan juist af.

Gekapitaliseerd over de periode 1994-2024 bedragen de totale kosten van kustlijnhandhaving bij BKL-HOOFD ca. f 18 mln, 20 % duurder dan bij BKL-VEIL. Dit geldt voor 5-jaarlijkse suppleties en zandwinning van de Steenbanken. Tabel 2 geeft een kostenoverzicht.

De keuze van de zandwinplaats en de herhalingsstijd is van grote invloed op de totale kosten. Een zeewaartse verlegging van de BKL wordt aanmerkelijk duurder als het zand op de Steenbanken wordt gewonnen, met een herhalingsstijd van 5 jaar. Bij zandwinning in de omgeving en een herhalingsstijd kleiner dan 5 jaar heeft zeewaartse verlegging geen

invloed, of wordt zelfs goedkoper.

Tabel 2. Kosten BKL-alternatieven (mln guldens)

Alternatief	Gem. BKL (m t.o.v. RSP)	Zandsuppleties (5-jaarlijks)		Hoofden		Totaal
		marge	gemiddeld	onderhoud	aanpassing	
BKL-VEIL	85,3	5,1 - 13,2	9,1	2,1	4,1	15,3
BKL-HOOFD	99,7	10,9 - 22,6	16,7	1,3	0,1	18,1
BKL-VOL	99,8	17,9 - 21,3	19,6	1,3	0,1	21,0

Door de onzekerheden in met name de natuurlijke kustontwikkeling (zandgolven) en de invloed hierop van menselijke ingrepen (Zwin, Belgische kust) hebben de berekende bedragen een grote onzekerheidsmarge. Omdat de marges per alternatief niet veel verschillen is de invloed hiervan op de BKL-keuze echter niet groot.

De eventuele extra kosten voor kustlijnhandhaving bij een zeewaarts verlegde kustlijn leveren wel een grotere strandbreedte op. Bij Kievittepolder-Oost is tussen de hoofden ruimte voor een droog strand van gemiddeld 40 m na 5 jaar erosie. Dit is ca. 2,5 maal de strandbreedte vóór de suppletie van 1988. Bij de Vlamingpolder is er ruimte voor een strandverbreding van ca. 20%. Kievittepolder-West biedt geen mogelijkheden voor een breder strand.