



8.2.2 MER-varianten

Versterkingsalternatieven

Ten opzichte van deze referentiesituatie (de nul-variant) zijn een aantal versterkingsalternatieven onderscheiden.

Deze hebben (in toenemende mate van omvang) betrekking op:

- Versterkte duindijk;
- Maatwerk (bij Waterdunen);
- Zeewaarts duin (of deels zeewaarts in het geval van de Herdijkte Zwarte Polder);
- Zeewaarts met bouwzone (met name voor Cadzand-Bad).

Voor elk van deze alternatieven is sprake van een specifieke zeewaartse uitbouw per deeltraject. Hierbij kunnen de volgende zes deeltrajecten worden onderscheiden:

- Westelijk Zwin (zonder aanvullende versterkingen);
- Cadzand (met versterkingen voor km raai 12.14 – 13.35 of 13.63);
- Herdijkte Zwarte Polder (met versterkingen voor km raai 9.85 – 10.32);
- Verdrongen Zwarte Polder (geen versterkingen voorzien);
- Groede (met versterkingen voor km raai 6.36 – 7.91);
- De aansluiting bij Nieuwvlietbad-Groede op Waterdunen;
- Waterdunen (met versterkingen voor km raai 4.61 – 5.58);

alsmede:

- Breskens-West (zonder aanvullende versterking)
- Breskens-Veste (met een versterkte dijk met 17 m zeewaartse uitbouw);
- Breskens-Oost (met verschillende varianten van zeewaartse uitbouw).

Deze laatste drie trajecten maken echter geen onderdeel uit van het morfologische model.

Door te rekenen varianten

Binnen het morfologische model moet dus onderscheid worden gemaakt tussen vier verschillende versterkingstrajecten, te weten:

- Cadzand (met versterkingen voor km raai 12.14 – 13.35 of 13.63);
- Herdijkte Zwarte Polder (met versterkingen voor km raai 9.85 – 10.32);
- Groede (met versterkingen voor km raai 6.36 – 7.91);
- De aansluiting bij Nieuwvlietbad-Groede op Waterdunen;
- Waterdunen (met versterkingen voor km raai 4.61 – 5.58);

Ten behoeve van de morfologische berekeningen zijn de verschillende combinaties van drie soorten versterkingen en deze vier versterkingsgebieden gecombineerd tot een drietal basisalternatieven, te weten alternatief A tot en met alternatief C.

Het idee hierachter is dat verwacht mag worden dat naast elkaar gelegen trajecten een vergelijkbare versterkingsoptie zullen hebben. Dit is met name van belang voor een meer extreme zeewaartse uitbouw. Het hiertoe benodigde extra onderhoud zal immers deels ten goede komen aan het naastgelegen kustvak.

Variant A is gedefinieerd als de combinatie waarbij voor de vier versterkingstrajecten de het versterkingsalternatief 'Versterkte duindijk' is aangebracht.

Variant B heeft betrekking op de combinatie van de vier zeewaartse oplossingen met een 'Zeewaarts duin'.

Variant C is overeenkomstig variant B, met dien verstande dat voor het versterkingstraject Cadzand het versterkingsalternatief 'Zeewaarts duin met bouwzone' is gebruikt.

Tabel 8.1 geeft een overzicht van de beschouwde varianten.

Variant	Aanduiding	Opmerkingen
0	Referentiesituatie	Huidige 2006-situatie
A	Versterkte duindijk	
B	Zeewaarts duin	
C	Zeewaarts duin met bouwzone	Afwijkend van variant B voor Cadzand-Bad

Tabel 8.1: Overzicht beschouwde varianten voor morfologische berekeningen.

8.2.3 Nadere definitie varianten

De in beschouwing te nemen varianten zijn beschouwd als mutaties op deze referentiesituatie.

De kustlijn wordt hierbij over een locatie- en versterkingsalternatief afhankelijke afstand ΔY in zeewaartse richting verplaatst. Omdat hierbij een nette verschuiving van het evenwichtsprofiel wordt nagestreefd, heeft deze verschuiving betrekking op alle lagen boven de NAP-7 m. In modeltermen schuiven daarmee zowel de duinlaag (Y_0), de strandlaag (Y_1) als de brekerzonelaag (Y_2) over deze afstand in zeewaartse richting.

In tabel 8.2 is een overzicht gegeven van de gehanteerde mutaties per deeltraject.

Variant	Cadzand	Herdijkte Zwarte Polder	Groede	Waterdunen
	Km 12.14 – 13.63	Km 9.85 – 10.32	Km 6.38 – 7.91	Km 4.61 – 5.58
	X = 5.85 – 7.35	X = 9.20 – 9.65	X = 11.50 – 13.05	X = 13.80 – 14.80
0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
A	0 tot 22 m	21 m	10 tot 35 m	0 tot 25 m
B (Bc)	0 tot 68 m	20 tot 40 m	30 tot 60 m	10 m
C (Cc)	10 tot 131 m	20 tot 40 m	30 tot 60 m	10 m

Tabel 8.2: Overzicht mutaties ten opzichte van referentievariant.

In deze tabel zijn de verschillende deeltrajecten zowel gespecificeerd aan de hand van de km raaien als de in het rekenmodel gehanteerde kilometrering (X-bereik).

In figuur 8.2 is een meer gedetailleerd langsverloop gegeven van deze mutaties.

Verschuiving BKL

Op basis van deze zeewaartse verschuiving van de kustlijn is ook de verschuiving van de modelrepresentant van de BKL in zeewaartse zin aangepast. Feitelijk betekent dit dus dat de vooruitgeschoven positie van de kustlijn ook zal leiden tot extra kustonderhoud.

Additionele constructies

In aanvulling op de aanpassingen van de kustlijn en de hiermee samenhangende zeewaartse verplaatsing van de BKL in het rekenmodel zijn er ook additionele constructies toegevoegd. De varianten waarbij deze constructies zijn meegenomen zijn respectievelijk aangeduid als variant Bc en variant Cc.

In zowel variant Bc als variant Cc is ter plaatse van de Herdijkte Zwarte Polder de oostelijke opsluitdam met 50 m verlengd en zanddicht gemaakt (verhoogd in het model). Hierdoor ontstaat een situatie waarbij de zeewaartse uitbouw zijdelings ('bovenstrooms') wordt opgesloten.



Het effect hiervan is overigens dat er na realisatie van deze constructie de onderhoudsbehoefte hier verregaand zal reduceren.

8.3 Extra onderhoudsbehoeftes (t.b.v. MER)

8.3.1 Algemeen

Ten behoeve van de vergelijking tussen de verschillende alternatieven is de grootte van het extra benodigde onderhoud bepaald aan de hand van de verschillen tussen de berekende onderhoudsinspanningen.

De extra onderhoudsinspanning voor variant A volgt daarbij rechtstreeks uit het verschil tussen het onderhoud bij variant A en het onderhoud in het referentiegeval. Hierbij is dus steeds het verschil in de grootte van het berekende onderhoud in het betreffende balansvak in beschouwing genomen.

In het volgende worden de resultaten per versterkingsgebied besproken.

8.3.2 Versterkingen traject Cadzand-Bad

Bij Cadzand-Bad is onderscheid gemaakt tussen drie verschillende versterkingsalternatieven (zie ook figuur 8.2), te weten:

- Scenario A (versterkte duindijk) met maximaal 22 m verschuiving van het dwarsprofiel;
- Scenario B (optie zeewaarts) met een over maximaal 68 m verschoven dwarsprofiel;
- Scenario C (optie zeewaarts met bouwzone) met een over maximaal 131 m verschoven dwarsprofiel.

Zoals reeds eerder aangegeven is de omvang van het extra benodigde onderhoud bepaald aan de hand van het verschil in benodigd onderhoud met het referentiealternatief.

Hiertoe is voor de verschillende alternatieven het onderhoud in zowel het centrale vak (balansvak 2 direct oostelijk van de oostelijke opsluitdam) als de beide aanliggende vakken (balansvak 1 aan de westzijde en balansvak 3 aan de oostzijde) gekwantificeerd. Het controlevak omvat daarbij dus de balansvakken 1 t/m 3.

Zoals reeds aangegeven sluit het toekomstige onderhoud in de referentiesituatie goed aan bij de reeds gerealiseerde onderhoudsbehoefte. De onderhoudsbehoefte voor de overige scenario's is echter groter. De berekende omvang van het extra onderhoud is samengebracht in tabel 8.3.

Uit deze tabel blijkt (logischerwijze) dat de extra onderhoudsbehoefte toeneemt met een toenemende omvang van de uitbouw.

Tijdsinterval [jaren]	A	B	B
	Versterkte duindijk	Zeewaarts	Zeewaarts duinzone
	0 tot 22 m	0 tot 68 m	10 tot 131 m
0 - 5	10	40	60
5 - 10	5	15	30
10 - 15	5	10	25
15 - 20	5	10	20
20 - 25	0	5	15
25 - 35	..	..	..
35 - 50	..	..	..

Tabel 8.3: Overzicht *extra* onderhoud (in 1.000 m³/jaar) versterkingsopties Cadzand-Bad.

De omvang van het extra kustlijnonderhoud bij een marginale uitbouw van 22 m (versterkte duindijk) is natuurlijk beperkt. Bij een zeewaartse uitbouw neemt het onderhoud significant toe, zeker bij de meer extreme variant.

In het laatste geval verdubbelt het onderhoud ten opzichte van de huidige situatie.

Deze onderhoudscijfers kunnen door het aan de oostzijde opsluiten van het versterkingsgebied (door het verhogen/uitbouwen van een enkel strandhoofd) potentieel nog verder worden gereduceerd. Deze optie kan worden gezien als een nadere optimalisatie en is thans (in de MER-fase) nog niet verder uitgewerkt.

8.3.3 Versterkingen traject Herdijkte Zwarte Polder

Ter plaatse van de Herdijkte Zwarte Polder is sprake van een tweetal versterkingsalternatieven (zie ook figuur 8.2), te weten:

- Scenario A (versterkte duindijk) met 21 m verschuiving van het dwarsprofiel;
- Scenario B (en C; deze is overeenkomstig) met een over 20 tot 40 m verschoven dwarsprofiel (optie deels zeewaarts).

Indien er met het oog op zowel de beperking van het directe verlies van materiaal naar de Verdrongen Zwarte Polder, als de opsluiting van de zeewaartse uitbouw een opsluitconstructie (conform scenario Bc/Cc) wordt aangebracht zal zich in het betreffende gebied een min of meer stabiele kustboog ontwikkelen.

Op het moment dat deze boog zeewaarts ligt van de (verschoven) kritieke positie van de kustlijn, zal er geen noodzaak zijn tot het uitvoeren van aanvullend onderhoud.

In de gevallen waarbij een dergelijke constructie ook in het model aangebracht wordt (door een combinatie van ophogen en verlengen van het meest oostelijk strandhoofd), is dan ook geen onderhoud op dit interval noodzakelijk.

Indien geen constructie wordt aangebracht neemt het onderhoud natuurlijk zeer significant toe, waarmee bovendien het gebied van de Verdrongen Zwarte Polder extra wordt belast.

8.3.4 Versterkingen traject Groede

Ter plaatse van de Groede is, oostelijk van het Kruishoofd, onderscheid gemaakt tussen een tweetal versterkingsalternatieven (zie ook figuur 8.2), te weten:

- Scenario A (versterkte duindijk) met 10 tot 35 m verschuiving van het aanwezige dwarsprofiel;
- Scenario B (en C; deze is overeenkomstig) met een over 30 tot 60 m verschoven dwarsprofiel (optie zeewaarts).

De resultaten van de uitgevoerde berekeningen zijn samengebracht in tabel 8.4.

Tijdsinterval [jaren]	A	B (&C)
	Versterkte duindijk	Zeewaarts
	10 tot 35 m	30 tot 60 m
0 - 5	10	60
5 - 10	10	50
10 - 15	10	30
15 - 20	10	30
20 - 25	10	25
25 - 35	..	..
35 - 50	..	..

Tabel 8.4: Overzicht extra onderhoud (in 1.000 m³/jaar) versterkingsopties Groede.

Door het beperkt uitbouwen van de kustlijn aan de lijzijde van het kruishoofd ontstaat een min of meer continue extra onderhoudsbehoefte. Deze onderhoudsbehoefte meent sterk toe bij een ten opzichte van de kop van het Kruishoofd meer omvangrijke zee-waartse verschuiving van het dwarsprofiel. Voor het zeewaartse alternatief is de maximale uitbouw aansluitend op het Kruishoofd bijna twee maal zo groot (60 in plaats van 35 m), hetgeen (initieel maar ook op langere termijn) leidt tot een significante toename van het extra onderhoud.

Deze onderhoudscijfers kunnen door het aan de oostzijde opsluiten van het versterkingsgebied (door het verhogen/uitbouwen van een enkel strandhoofd) potentieel nog verder worden gereduceerd. Deze optie kan worden gezien als een nadere optimalisatie en is thans (in de MER-fase) nog niet verder uitgewerkt.

8.3.5 Versterkingen traject Waterdunen (west)

Bij Waterdunen is feitelijk sprake van een tweetal versterkingsopties (zie ook figuur 8.2), te weten:

- Scenario A met lokaal (over orde 250 m) 25 m verschuiving van het dwarsprofiel;
- Scenario B (en C; deze is overeenkomstig) met over orde 800 m breedte 10 m verschuiving van het dwarsprofiel.

Feitelijk zijn beide ingrepen beperkt van omvang, iets wat ook naar voren komt uit de resultaten van de uitgevoerde berekeningen. Deze zijn samengebracht in tabel 8.5.

Tijdsinterval [jaren]	A	B (&C)
	Versterkte duindijk	Zeewaarts
	0 tot 25 m	10 m
0 - 5	5	5
5 - 10	1	2
10 - 15	0	0
15 - 20	0	0
20 - 25	..	..
25 - 35	..	..
35 - 50	..	..

Tabel 8.5: Overzicht extra onderhoud (in 1.000 m³/jaar) versterkingsopties Waterdunen.

Het initiële extra onderhoud is met name geconcentreerd rond de kopse einden van de aanvulling. Daar de versterking plaats vindt in een relatief goed opgesloten kustsectie zijn de onderhoudcijfers nauwelijks significant te noemen.

8.4 Nadere analyses en overwegingen

8.4.1 Morfologie niet gemodelleerde secties

Zoals al eerder aangegeven is alleen voor het westelijke deel van het Westkust van West Zeeuwsch-Vlaanderen een morfologisch model ingezet. Voor de overige kustdelen met zeewaartse varianten, te weten Breskens-Oost en Breskens-Veste zijn aanvullende beschouwingen gegeven.

Breskens-Oost

De situatie bij Breskens-Oost laat zich kenschetsen als een min of meer gesloten morfologische eenheid. Bij een geschikte vormgeving van de verschillende opsluitconstructies zal er feitelijk geen significant verlies van materiaal uit het kustvak optreden. In deze zin zal het verwachte onderhoud dus zeer beperkt zijn. De nadere detaillering van deze constructies maakt onderdeel uit van het versterkingsplan.

Breskens-Veste

Bij Breskens-Veste is zeer lokaal sprake van een beperkte zeewaartse verplaatsing van de voorzijde van de dijk. De morfologische consequenties van deze ingreep zijn beperkt. Enerzijds vanwege het feit dat de 'ingreep' alleen in het hoger gelegen deel van het dwarsprofiel plaatsvindt, maar bovenal omdat de lokale morfologie met name wordt bepaald door de aanwezigheid van de westelijke havendam bij de Veerhaven. De ingreep leidt per definitie wel tot een reductie in de thans aanwezige strandbreedte. Voor het eventueel geforceerd op breedte houden van het strand lijkt een constructieve ingreep meer robuust dan het uitvoeren van suppletieonderhoud. Voor deze laatste oplossingsrichting is de locatie vanwege de zeer nabij gelegen diepe geul veel minder geschikt.

8.4.2 Uitvoerbaarheid verre zeewaartse versterkingen (tot 200 jaar)

In het volgende wordt ingegaan op de mogelijke verdere zeewaartse uitbreiding bij de twee meest ingrijpende versterkingen, te weten Cadzand-Bad en Breskens-Oost, dit in het licht van de beoordeling van de robuustheid van de oplossingsrichting.

Cadzand-Bad

Omdat de uitbouw bij Cadzand-Bad feitelijk betrekking heeft op een reguliere zeewaartse verplaatsing van het volledige dwarsprofiel zitten er feitelijk geen echte grenzen aan de omvang van de zeewaartse uitbouw. Feitelijk betekent dit dat er bij Cadzand-Bad zonder meer mogelijkheden aanwezig zijn voor het verder zeewaarts versterken van de kustlijn tot een situatie die ook over 200 jaar voldoet. Dit geldt zeker in het geval van de uitvoering van extra ondersteunende constructies. De extra uitbouw (van 50 jaar naar 200 jaar) is overigens relatief beperkt van omvang.

Breskens-Oost

Bij Breskens-Oost (het gebied tussen de beide opsluitdammen) zitten er wel grenzen aan de mogelijke versterkingshorizon, dit vanwege het feit dat hierbij de positie van de opsluitdam op de rand van de geul gefixeerd is. Een verdere zeewaartse uitbouw van



het strand en duin zal dan ook vragen om een verdere opsluiting aan de geulrand (verlenging opsluitdam), maar op een gegeven moment wordt hierbij een situatie bereikt waarbij er wel degelijk steeds meer materiaal uit het balansgebied verdwijnt. In tegenstelling tot de situatie bij Cadzand-Bad is hierbij dus de situatie bij Breskens-Oost minder goed tot niet uitbreidbaar en dus ook minder robuust.

8.4.3 Zeewaartse uitbouw in relatie tot verlenging strandhoofden

Bij de verschillende ontwerpen is er voor gekozen om uit te gaan van een zeewaartse verplaatsing van het volledige dwarsprofiel, dus inclusief het ophogen en uitbouwen van de eventueel aanwezige strandhoofden. Het idee hierachter is dat in een dergelijk geval de morfologische werking feitelijk niet wijzigt en alles dus gelijk blijft, zij het nu op een meer zeewaarts gelegen positie.

Het nut en noodzaak van het daadwerkelijk uitbouwen van de strandhoofden hangt natuurlijk wel samen met de omvang van de zeewaartse uitbouw. Helder mag zijn dat een uitbouw van bijvoorbeeld circa 20 m in verhouding tot de lengte van de strandhoofden van circa 250 m geen grote invloed zal hebben. In een dergelijk geval wordt dan ook aanbevolen om de kop van de strandhoofden niet in zeewaartse richting te verplaatsen.

Overigens zou dit tot effect kunnen hebben dat het strand relatief iets steiler wordt. Dit kan echter door het uitvoeren van beperkt extra onderhoud eenvoudig worden opgevangen.

Deze beperkte extra inspanning weegt niet op tegen de kosten welke gemoeid zijn met het zeewaarts uitbouwen van de kop van de strandhoofden.

9 Uitwerkingen t.b.v. definitief versterkingsplan

9.1 Algemeen

In dit hoofdstuk komt de definitieve vormgeving van het gekozen alternatief aan de orde. Hiertoe zijn de resultaten van een aantal speciaal ten behoeve van de detaillering uitgevoerde deelstudies samengebracht.

9.2 Kustverdediging Waterdunen

9.2.1 Aanleiding en achtergrond

heel, deels zeewach!

Ter plaatse van het Waterdunen-traject wordt een landwaartse versterking van de waterkering voorgesteld. De hierbij aanwezige dijk (zie foto in bijgevoegde figuur 9.1) is in de uitwerkingen als volledige zachte waterkering in beschouwing genomen. De dijk functioneert daarbij dus als zandig duin.

Omdat er tijdens stormvloedomstandigheden afgeslagen zand over de rand van de aanliggende geul kan verdwijnen zou dit implicaties kunnen hebben voor het beheer van de waterkering. In het volgende is aan de hand van een aantal figuren deze problematiek nader geconcretiseerd.

9.2.2 Aanwezige dwarsprofielen

In figuur 9.2 zijn de dwarsprofielen (jaaropname 2005) samengebracht voor de vier JARKUS-raaien die op dit traject aanwezig zijn. Km 3.52 heeft hierbij betrekking op de meest oostelijke locatie.

Het voor de verdere uitwerkingen gebruikte dwarsprofiel is hierin dik aangegeven. De ligging van dit profiel is in figuur 9.1 weergegeven met de gele stippellijn.

In de onderste afbeelding van figuur 9.2 zijn de JARKUS-profielen zodanig verschoven dat de voorkant van de dijk samenvalt. Hiertoe is gebruik gemaakt van de doorsnijding met de NAP+3 m contour.

Hierbij valt op dat de profielen redelijk vergelijkbaar zijn. Alleen de hoeveelheid strand op de eerste 150 m uit de teen van de dijk neemt in oostelijke richting (van km 4.13 naar km 3.52) toe. Het geselecteerde profiel (km 3.96) bevat relatief weinig zand.

Op circa 200 m uit de dijk bevindt zich de (omcirkelde) overgang naar de diepe getijgeul. Het is deze steile overgang die de feitelijke aanleiding is tot deze notitie.

9.2.3 Karakteristieke dwarsprofiel en duinafslag bij normconditie

De bovenste afbeelding in figuur 9.3 geeft een overzicht van het gebruikte karakteristieke dwarsprofiel (km 3.96). Dit profiel is ten behoeve van de uitgevoerde duinafslagberekeningen op een niveau van NAP+11 m in landwaartse richting versterkt. Aan de zeewaartse zijde is op +150 m uit de hoofdgraai om rekentechnische redenen de geul uit het aanwezige dwarsprofiel verwijderd, dit om er volledig zeker van te zijn dat er geen materiaal de geul in verdwijnt. Het gebruikte dwarsprofiel is zeewaarts van deze geulrand weergegeven met een stippellijn.

In de onderste afbeelding is het resultaat gegeven van de toetsberekening voor de huidige situatie ($RP = \text{NAP}+5,6 \text{ m}$; $H_s = 3,8 \text{ m}$ en $T_p = 11,4 \text{ s}$). In deze berekening is rekening gehouden met een extra afslag van 35% boven het rekenpeil (conform de zogenaamde crash-randvoorwaarden).

In de figuur is naast het profiel het maatgevende afslagprofiel met de bijbehorende toeslag gegeven. Ook is het rekenpeil weergegeven.

Het maatgevende afslagpunt (aangeduid met de rechter gele cirkel) bevindt zich op circa 150 m landwaarts van de hoofdraai (oftewel de RSP-lijn); de voorzijde van het afslagprofiel op circa 55 m landwaarts van deze lijn.

Hierbij moet worden opgemerkt dat het rekenmodel primair bedoeld is voor de kwantificering van de ligging van het landwaartse afslagpunt. De ligging van de teen van de afzetting is aan veel meer onzekerheid onderhevig.

9.2.4 Duinafslag in huidige situatie

In figuur 9.4 is het afslagprofiel gegeven voor een aantal stormcondities zoals dat is berekend met het reguliere TAW-1984-model (met natuurlijk de van toepassing zijnde crash-toeslag). De bovenste afbeelding heeft hierbij weer betrekking op de normconditie en komt dus overeen met de laatst besproken afbeelding van figuur 9.3. In aanvulling op deze situatie is in figuur 9.4 ook het resultaat gegeven voor minder extreme omstandigheden.

De hiertoe gehanteerde condities zijn samengevat in de onderstaande tabel.

Kans	Rekenpeil [m tov NAP]	Golfhoogte [m]	Golfperiode [s]
1 / 4.000	5.60	3.80	11.4
1 / 1.000	6.00	3.55	11.0
1 / 100	6.85	2.95	10.0
1 / 10	7.70	2.00	8.3

Tabel 9.1: Hydraulische condities bij lagere overschrijdingskansen.

Voor het bepalen van de rekenpeilen is gebruikt gemaakt van de zogenaamde decimeringshoogte. Deze maat geeft het waterstandsverschil aan dat behoort bij een factor 10 in de overschrijdingskans. De bijbehorende golfhoogte is bepaald door gebruik te maken van de lokale relatie tussen de waterstand en de golfhoogte. De golfperiode is gebaseerd op een voor alle omstandigheden gelijke waarde van de golfsteilheid.

Voor minder extreme condities (met een lager rekenpeil en minder zware golfaanval; zie tabel 9.1):

- neemt de hoeveelheid afslag af,
- schuift het landwaartse afslagpunt meer zeewaarts en
- schuift de teen van de afzetting meer landwaarts.

De profielveranderingen spelen zich in toenemende mate af in een beperkter gebied rond de teen van de (als duin beschouwde) dijk.

In ieder geval leidt dit tot de conclusie dat bij minder extreme omstandigheden de kans op een zekere hoeveelheid verlies over de geulrand afneemt.

9.2.5 Duinafslag in de toekomst

Hydraulische condities

In de toekomst nemen zowel de waterstand (en dus ook het rekenpeil), de golfhoogte als de golfperiode toe. Hiervoor zijn een tweetal scenario's van belang, namelijk het midden- en het maximumscenario.

De hierbij behorende hydraulische condities zijn samengebracht in tabel 9.2.

Scenario	Tijdstip [jaren]	Rekenpeil [m tov NAP]	Golfhoogte [m]	Golfperiode [s]
H - Huidig		5.60	3.80	11.40
A - Midden	0	5.60	3.80	11.40
	50	5.90	3.80	11.40
	100	6.20	3.80	11.40
	200	6.80	3.80	11.40
B - Maximum	0	6.00	3.99	11.69
	50	6.43	3.99	11.69
	100	6.85	3.99	11.69
	200	7.70	3.99	11.69

Tabel 9.2: Hydraulische condities voor toekomstige omstandigheden.

Resultaten voor middenscenario

In figuur 9.5 is voor 0, 50, 100 en 200 jaar het resultaat gegeven voor het middenscenario. Door het geleidelijk toenemen van de waterstand schuift het maatgevende afslagpunt tot circa 25 m in landwaartse richting op. Omdat bij een landwaartse versterking het op termijn extra benodigde zand achter het duin is aangebracht, blijft de teen van de afzetting min of meer op de plaats liggen (rond +50 m uit de hoofdraai). Van een toenemend mogelijk verlies van afslagmateriaal naar de getijgeul lijkt derhalve geen sprake.

Resultaten voor maximumscenario

In figuur 9.6 is een soortgelijk resultaat gegeven voor het maximumscenario. Ook hier wijzigt de positie van de teen van het afslagprofiel niet. Voor 200 jaar wordt de meest extreme landwaartse ligging van de aanvulling gevonden. Deze laatste situatie is ook maatgevend verondersteld voor de dimensionering van de landwaartse versterking.

Conclusie: Toepassing van het standaard rekeninstrumentarium laat zien dat er (bij een landwaartse versterking) nu en op termijn geen verlies van materiaal naar de geul te verwachten is.

9.2.6 Profielontwikkeling berekend met DUROSTA

In werkelijkheid zal er sprake zijn van een geleidelijke op- en afbouw van een storm. De hiermee samenhangende profielontwikkeling zal dus afwijken van de profielvorm zoals deze volgt uit de toepassing van het reguliere toetsmodel (TAW-1984).

In het volgende zijn de resultaten beschreven voor een drietal verschillende dwarsprofielen, te weten:

- Een volledig zandig duin;
- Een deels verdedigd duin met een duinvoetverdediging toet NAP+7,3 m);
- Een dijk overeenkomend met een volledig verdedigd duinfront.

Daarbij zijn twee situaties onderscheiden, namelijk een situatie met een gedurende 5 uur constante golfaanval en een situatie waarbij een echt stormvloedverloop is doorgerekend.

In alle gevallen is overigens de huidige situatie in beschouwing genomen (vergelijk bovenste afbeelding van figuur 9.5).

Resultaten voor vaste condities

In de bovenste afbeelding van figuur 9.7 is het resultaat gegeven van de met DUROSTA berekende profielontwikkeling. In dit geval is hiervoor nog steeds gerekend met 5 uur constante golfaanval waarbij de condities gelijk zijn genomen aan de voor de berekening met het TAW-1984 model gehanteerde rekenwaarden.

De berekende positie van het afslagpunt komt hierbij globaal overeen met het eerdere TAW-1984-resultaat. Enigszins afwijkend is de vervorming van de vooroever. De teen ligt hierbij nu circa 50 m verder zeewaarts.

Effect verdedigd duinfront

Met het DUROSTA-model is het ook mogelijk om de profielontwikkeling bij een (deels) verdedigde talud (dijk) te berekenen. Het resultaat voor een dijk is hierbij gegeven in de onderste afbeelding van figuur 9.7. Vlak voor de dijk ontstaat een ontgrondingskuil met een daar op aansluitende afzetting. Omdat het 'omgezette volume' nu minder groot is, ligt de teen van de afzetting relatief gezien iets verder landwaarts.

In de middelste afbeelding is het resultaat gegeven van een berekening waarbij de bovenzijde van de verdediging is gelegen op NAP+7,3 m. Hierbij treedt enige afslag boven de verdedigingsconstructie op waardoor de teen van de afzetting marginaal in zeewaartse richting verschuift.

Voor lagere verdedigingsniveau's schuift de teen van de afzetting in principe steeds verder zeewaarts tot de in de bovenste afbeelding gegeven positie. Afhankelijk van de omvang van de verdedigingsconstructie ligt de teen ten opzichte van de 'duinsituatie' dus tot circa 50 m verder landwaarts.

In deze (nog steeds academische) gevallen is er dus ook nog geen verlies over de geulrand aanwezig.

9.2.7 Effect 'echte' stormvloed berekend met DUROSTA

In het voorafgaande is steeds gewerkt met een vaste hydraulische conditie. In figuur 9.8 zijn vergelijkbare resultaten gegeven voor een situatie waarbij er sprake is van een meer reëel stormverloop (32 uren stormvloed waarbij de maximale condities weer aansluiten op de eerder gebruikte constante condities).

De bovenste afbeelding geeft hierbij het resultaat voor de duinwaterkering. Hierin vallen twee zaken op, te weten:

- de min of meer ongewijzigde positie van het afslagpunt en
- de afzetting die voor een deel ook in de geul terecht komt.

Het feit dat de mate van afslag gelijkwaardig is aan dat van figuur 9.7, is feitelijk conform de verwachting. De aanvalsduur bij constante condities (5 uur) is hier ook oorspronkelijk op afgeregeld.

Door de tijdens de storm variërende condities verdwijnt een deel van het afgeslagen zand over de rand de geul in. Dit is eveneens conform de verwachting en feitelijk ook de aanleiding om dit probleem nader te onderzoeken. Volgens de berekening zou het hierbij gaan om circa 190 m³/m¹.

In de onderste afbeelding van figuur 9.8 is het resultaat gegeven voor het dijkprofiel. Ook hier weer de ontwikkeling van een ontgrondingskuil, maar bovenal ook een verlies van materiaal over de geulrand. In vergelijking tot de duinsituatie (bovenste afbeelding)

is het volume zelfs enigszins vergelijkbaar van omvang (circa $130 \text{ m}^3/\text{m}^1$ in plaats van $190 \text{ m}^3/\text{m}^1$).

In de middelste afbeelding is het resultaat gegeven voor een niet volledig beschermd duinfront. In dit geval is zit de afzetting over de geulrand ergens tussen de onderste en de bovenste situatie (dus tussen de $130 \text{ m}^3/\text{m}^1$ en de $190 \text{ m}^3/\text{m}^1$).

9.2.8 Conclusies en implicaties

Verlies over de geulrand

Op basis van met name de laatste resultaten kan de conclusie worden getrokken dat het verlies van materiaal uit het profiel over de geulrand feitelijk onafhankelijk is van de mate van verdediging van het duinfront. De mate van verdediging van het duinfront lijkt hier dus een marginaal effect op te hebben. Het verdedigen van het duinfront kan dus niet worden gezien als de oplossing om dit verlies tegen te gaan.

Effect aanwezige dijkconstructie

De thans aanwezige dijkconstructie heeft een faalkans van circa 1/500 per jaar. Inmiddels is besloten deze constructie qua sterkte op dit niveau te consolideren. Feitelijk betekent dit dat de in de onderste twee afbeeldingen van figuur 9.4 gegeven situaties (voor 1/100 en 1/10 per jaar) niet zullen optreden. De bovenste twee natuurlijk wel, daar in deze gevallen de dijkconstructie als bezwaken kan worden verondersteld.

Ontwikkeling toekomstige veiligheid

In de berekeningen is, conform de hierover gemaakte afspraken, uitgegaan van het niet met de gemiddelde zeespiegel meestijgen van strand en vooroever. Feitelijk betekent dit dat ten dele rekening wordt gehouden met het zogenaamde BKL-onderhoud. Er wordt immers wel verondersteld dat er (ondanks het zogenaamde Bruun-effect) geen netto erosie van het duinfront zal plaatsvinden. Het strand komt echter niet mee omhoog.

In de huidige situatie bevindt zich het maatgevende afslagpunt op circa 150 m uit de hoofdraai. Deze positie zal in de loop van de tijd, afhankelijk van het gehanteerde scenario, in landwaartse richting verplaatsen. Deze ontwikkeling is voor de beide scenario's weergegeven in de bovenste afbeelding van figuur 9.9. De individuele posities zijn daarbij dus ontleend aan de in de figuren 9.5 en 9.6 gepresenteerde afslagprofielen.

Voor het middenscenario met een zeespiegelstijgingssnelheid van 0,60 m/eeuw leidt dit tot een achteruitgang van het maatgevende afslagpunt met gemiddeld 0,14 m/jaar. Voor het maximumscenario met een zeespiegelstijgingssnelheid van 0,85 m/eeuw en zwaardere golfaanval is deze snelheid circa 50% hoger, namelijk gemiddeld 0,21 m/jaar.

Indien er wel rekening zou worden gehouden met de effecten van volledig BKL-onderhoud en dus ook met een meestijgend strand, dan leidt dit tot een minder snelle teruggang van het afslagpunt.

Een ondergrens voor deze reductie kan worden afgeschat uit het quotiënt van het extra effectieve volume op het strand en de werkende hoogte.

Het extra strandvolume binnen de afslagzone is hiertoe gelijk gesteld aan een strookbreedte van 100 m (zie figuren 9.5 en 9.6 als afstand tussen de teen van de afzetting en het dijk/duinfront), vermenigvuldigd met de absolute stijging van de zeespiegel Δh .

De werkende hoogte is gelijk aan het verschil tussen de duintop op NAP+11 m en het niveau van de teen van de afzetting op NAP-1,5 m, met 12,5 m als resultaat. In werkelijkheid zal deze werkende hoogte in de tijd afnemen (het strand komt immers omhoog) en heeft deze uitwerking dus ook betrekking op een ondergrens van de mutatie.

Voor 200 jaar zeespiegelstijging met 0,6 m/eeuw (middenscenario) leidt dit tot een mutatie van het afslagpunt van $200 \text{ jaar} \times 0,6 \text{ m/eeuw} \times 100 \text{ m} / 12,5 \text{ m}$ is afgerond 10 m. Voor het meer extreme scenario is dit verschil iets groter. Grofstoffelijk is de verplaatsingssnelheid van het afslagpunt (eerder gekwantificeerd als respectievelijk 0,14 en 0,21 m/jaar) nu dus 0,05 m/jaar tot 0,07 m/jaar minder groot.

Deze reductie leidt tot de in onderste afbeelding van figuur 9.9 gegeven ontwikkeling. Nu blijft het maatgevende afslagpunt voor 200 jaar maximumscenario nog minimaal 10 m zeewaarts van de kritieke positie liggen. De kritieke situatie wordt nu pas over 250 tot 300 jaar bereikt.

Ontwikkeling toekomstig kustlijnonderhoud

Zoals reeds aangegeven zal er tijdens stormen sprake zijn van een verlies van materiaal over de geulrand. Verwacht mag worden dat dit materiaal onder invloed van de getijstrooming uit het dwarsprofiel en dus ook uit de BKL-schijf zal verdwijnen. Indien er sprake is van duinafslag zal een storm initieel resulteren in een toename van het droge strand. Natuurlijk (windgedreven) herstel zal vervolgens leiden tot een verplaatsing van zand van het strand naar het duin. Hierdoor zal de initiële winst in het bovenste deel van de BKL-zone weer teniet worden gedaan.

Het netto effect zal zijn dat er materiaal uit de BKL-zone is verdwenen (namelijk het volume dat in de geul terecht is gekomen). Dit volume zal in het kader van de BKL-handhaving dus moeten worden aangevuld. Omdat aanvulling buiten de geulrand niet voor de hand ligt zal dit volume dus noodzakelijkerwijze op het droge en/of natte strand moeten plaatsvinden. Feitelijk komt hiermee dus (versneld) het strand omhoog en wordt minimaal de situatie bereikt als aangegeven de onderste afbeelding van figuur 9.9.

Conclusie: Door de aanwezigheid van de geul zal er sprake zijn van een extra component aan het door het Rijk gefinancierde BKL-onderhoud, waardoor de netto veiligheid zelfs in positieve zin wordt beïnvloed.

9.3 Toepassing slijtlaag

9.3.1 Aanleiding en achtergrond

In het kader van de zeewaartse versterking van delen van de kust van West Zeeuwsch-Vlaanderen was er enige discussie over de noodzaak tot het aanbrengen van een zogenaamde slijtlaag. De bedoeling van een dergelijke slijtlaag kan feitelijk gezien worden als het enigszins in de tijd uitstellen van het reguliere kustonderhoud.

Omdat dit alles te maken heeft met zowel de positie van de BKL als de ontwikkeling van de MKL, is in het kader van het nader beschouwen van deze problematiek aan de hand van een aantal figuren een en ander enigszins ingeleid.

9.3.2 Posities vastgestelde BKL en opgetreden MKL

In figuur 9.10 is een beeld gegeven van de positie van de BKL (zoals deze in 2001 is vastgesteld) en de positie van de jaarlijks bepaalde MKL. Zoals uit de figuur blijkt, ligt de MKL in de meeste gevallen zeewaarts van de BKL. Dit hoort natuurlijk ook zo.

In figuur 9.11 is dit nog beter te zien door het uitzetten van het momentane verschil tussen de MKL en de BKL-positie. Slechts op een beperkt aantal plaatsen is er sprake van een onderschrijding van de BKL-positie (negatief verschil).

Uit deze figuur blijkt ook dat de MKL-positie van jaar tot jaar wijzigt. Dit is het gevolg van een combinatie van natuurlijke processen en kustonderhoud. Juist door het uitvoeren van suppleties is er 'gemiddeld genomen' sprake van een stabiele situatie.

9.3.3 Ontwikkeling MKL-posities

In figuur 9.12 is de jaarlijkse mutatie in de MKL-ligging voor alle raaien en alle jaren gegeven. Deze is ook een maat voor de tijdsgemiddelde verplaatsingssnelheid van de MKL. Zoals onmiskenbaar uit de figuur naar voren komt is er over de jaren sprake van een zeer grote variatie, met zowel positieve (aangroei) als negatieve (erosie) uitschieters.

Figuur 9.13 geeft opnieuw deze jaarlijkse mutatie edoch nu enkel voor de jaren 2001 (MKL verschil 2001 en 2000) t/m 2006. De hierbij vet aangegeven lijnen hebben betrekking op de jaren zonder (significante) suppletieinspanning. In deze gevallen is er veelal sprake van een negatieve (erosie) trend.

9.3.4 MKL-ontwikkeling Cadzand-Bad

De meer gedetailleerde ontwikkeling van de MKL-posities op voor het kustdeel Cadzand-Bad (oostelijk van de uitwateringssluits) is gegeven in figuur 9.14. Hierin is duidelijk het effect van de in 2001 en 2005 uitgevoerde suppleties zichtbaar. Als gevolg van het uitvoeren van de 2001-suppletie schuift de MKL-positie circa 10 m in zeewaartse richting op. De 2005-suppletie leidt tot een zeewaartse verschuiving van 3 tot 5 m.

In figuur 9.15 is de gemiddelde jaarlijkse mutatie per individuele raai als functie van de tijd weergegeven. De cirkels geven de vakgemiddelde waarde. Als gevolg van het uitvoeren van de 2001-suppletie is er sprake van een gemiddelde zeewaartse aanpassing van 4,7 m/jaar. Na uitvoering van de suppletie 'slijt' de kust weer. Initieel is de 'slijtsnelheid' 4,6 m/jaar. De erosie gaat daarna natuurlijk door maar de snelheid van erosie neemt enigszins af. Van 2,7 m/jaar na zo'n 2 jaar naar 1,4 m/jaar een jaar later. Door het uitvoeren van de 2005-suppletie wordt de erosie tijdelijk weer omgezet in een geforceerde aangroei van de kustlijn.

Op basis hiervan kan worden geconcludeerd dat de te verwachten erosie na de uitvoering van een suppletie initieel circa 5 m/jaar bedraagt en vervolgens langzaam afneemt tot minder grote waarden.

9.3.5 Ontwikkeling bij versterkte kust (met robuust verschoven BKL)

Deze getalswaarden zijn in figuur 9.16 gebruikt om het principe van een versterkte en middels suppleties onderhouden kust te verduidelijken.

In de linker figuur is de positie van zowel de BKL als de MKL als functie van de tijd uitgezet. Het 'nulpunt' op de tijdas is daarbij genomen aan het moment van kustversterking. Voor de positie in dwarsrichting is de huidige BKL-positie als referentie gebruikt.

Tot het moment van de versterking volgt de MKL-positie voor de specifieke situatie in Cadzand-Bad, het karakteristieke zaagtand-gedrag. Dit is ook in algemene zin beschreven in de 'Leidraad Zandige Kust'.

Voor de versterking is in dit voorbeeld uitgegaan van een directe zeewaartse verplaatsing van de kustlijn van 30 m. Deze dimensie is daarbij dus bepaald door de op een termijn van 50 jaar benodigde omvang van de versterking uit te rekenen. Teneinde deze laatste situatie ook formeel in stand te kunnen houden is ook de BKL over deze afstand in zeewaartse richting verplaatst. Feitelijk wordt hiermee dus vastgelegd dat de versterkte zeewering ook op de versterkingsmaat zal worden onderhouden. Komt de MKL op enig moment landwaarts van de (vershoven) BKL te liggen dan zou dat aanleiding moeten zijn tot het uitvoeren van een onderhoudssuppletie.

In het linker geval (met de slijtlaag) wordt aan deze versterking de grootte van een reguliere onderhoudssuppletie toegevoegd. Het gevolg hiervan is dat de regulier in de eerste jaren te verwachten erosie hierbij kan plaatsvinden zonder dat er direct tot de uitvoering van een onderhoudssuppletie behoeft te worden overgegaan. Het zaagtand-patroon wordt hierbij dus per definitie zeewaarts van de verschoven BKL gehouden.

In de rechter afbeelding figuur 9.16 is de versterking marginaal uitgevoerd. De consequentie hiervan is dat de MKL reeds in het eerste jaar landwaarts van de verschoven BKL zal komen te liggen. Een en ander vraagt dus vrij spoedig na het uitvoeren van de versterkingswerkzaamheden om de uitvoering van een reguliere onderhoudssuppletie. Afgezien van het hiermee samenhangende communicatieve probleem brengt een dergelijke werkwijze vermoedelijk ook veel meer kosten met zich mee (toename mobilisatiekosten).

Het mag duidelijk zijn dat het reeds bij de versterking aanbrengen van een slijtlaag de voorkeur verdient.

9.3.6 Ontwikkeling bij versterkte kust met geleidelijk verschoven BKL

Overwogen zou nog kunnen worden om de BKL niet direct over de volledige afstand naar buiten te verplaatsen. De bij de eerdere 30 m behorende uitbouw bestaat in principe immers uit twee onderdelen, te weten:

- De voor de huidige situatie direct benodigde versterking van de kust;
- De extra versterking van de kust benodigd omdat de daadwerkelijk aan te brengen versterking wordt bepaald voor de situatie over 50 jaar.

Omdat de volledige versterking reeds bij aanvang wordt aangebracht is er initieel feitelijk sprake van enige 'overruimte'. De grootte van deze 'overruimte' neemt in de tijd gezien langzaam af tot 'nul' na 50 jaar.

Omdat het grootste deel van de versterking betrekking heeft op het creëren van de initieel benodigde versterking, is de 'overruimte' beperkt van omvang.

In figuur 9.17 is de hiermee samenhangende ontwikkeling schetsmatig weergegeven. In de linker figuur opnieuw de ook in figuur 9.16 gegeven situatie met een slijtlaag. In dit geval dus met een robuuste BKL-verschuiving (met beide onderdelen in een keer). In de rechter figuur is de positie van de BKL geleidelijk aangepast. Hierin is dus ook de initieel aanwezige 'overruimte' herkenbaar. Het zaagtand-patroon wordt ook hierbij weer zeewaarts van de zich in zeewaartse richting verplaatsende BKL gehouden.

Omdat de 'overruimte'-bijdrage aan de totale versterking relatief beperkt is wordt aanbevolen om uit te gaan van een robuuste BKL-mutatie zoals aangegeven in de linker afbeelding. Bij het gebruik van de in de rechter afbeelding gegeven werkwijze wordt in feite niet de situatie over 50 jaar aangelegd, maar slechts de thans benodigde versterking aangebracht.

9.3.7 Robuustheid in relatie tot nieuwe rekenregel

In de thans gehanteerde uitwerkingen is uitgegaan van het gebruik van de in het kader van de crash-actie gedefinieerde uitgangspunten, randvoorwaarden en interim-rekenregel.

Inmiddels is de formulering van de nieuwe rekenregel bekend en blijkt dat er de met deze nieuwe rekenregel berekende duinversterkingen beperkter van omvang zijn dan volgde uit de toepassing van de eerder genoemde interim-rekenregel.

Een en ander zal in het kader van het voorliggende project echter niet leiden tot het hernieuwd doorrekenen van de verschillende ontwerpen maar slechts tot de constatering dat de geplande versterkingen impliciet robuuster zijn dan tijdens het ontwerpproces werd voorzien. Feitelijk betekent dit dus dat een duinversterking die oorspronkelijk was gedimensioneerd op de over 50 jaar voorziene toetscondities, nu waarschijnlijk gedurende een langere tijd zonder aanvullende versterkingen zal voldoen.

De aanwezige 'basis-robustheid' (in dit voorbeeld dus 50 jaar) wordt daarmee dus enigszins opgerekt. Een en ander betekent overigens niet dat de versterkingsplannen nu een overdaad aan robustheid hebben. De eerder genoemde 'basis-robustheid' is in de uitgewerkt oplossingen immers slechts beperkt van omvang.

9.4 Herdijkte Zwarte Polder

9.4.1 Inleiding

De thans aanwezige dijk bij de HZP voldoet niet aan de te stellen eisen qua overslag en bekleding (zie [Haskoning, 2007a] voor meer informatie). Teneinde dit sterkteprobleem te tackelen zijn er meerdere mogelijkheden waaronder het regulier versterken van de dijk (aanpassen van de taludbekleding en eventueel het verhogen van het kruinniveau) of het zodanig reduceren van de grootte van de maatgevende golfaanval dat de huidige dijkconstructie alsnog voldoet.

Dit laatste kan door het aanbrengen van en rekening houden met een zogenaamde zandige steunberm. Deze uit zand bestaande aanvulling zal, ondanks de vervorming van de zandmassa leiden tot een reductie van de grootte van de feitelijke golfaanval op het dijktafval ten opzichte van de situatie zonder extra zandaanvulling.

De lagere golf zal vragen om een minder zware bekleding en een minder grote golfoploop.

De mate van reductie hangt daarbij natuurlijk af van de vorm en met name de omvang van het aangebrachte zandvolume. De benodigde reductie van de golfaanval hangt af van de kwaliteit van de aanwezige dijkconstructie (zie [Haskoning, 2007a]).

In het volgende zijn enkele 'ondersteunende' berekeningen gemaakt voor km raai 10.07 (dwarsprofiel nr. 52).

9.4.2 Dijk als duin

Figuur 9.18 geeft het resultaat van de in eerste instantie uitgevoerde basisberekeningen waarbij het dijksprofiel als duin is beschouwd. In dit geval blijkt het aanwezige waterkeringsvolume te klein om zonder verdere versterking als duin te kunnen dienen. Teneinde het maatgevende afslagpunt net voldoende ver zeewaarts van het binnentalud te positioneren dient er aan de zeewaartse zijde een aanvulling plaats te vinden.

Indien het aanwezige dwarsprofiel (in de sommen het 'huidige' 2005-profiel) 'in zijn geheel' zeewaarts wordt opgeschoven, moet deze uitbouw afhankelijk van de gebruikte zichttermijn 30 tot 40 m bedragen (zie respectievelijk de bovenste en onderste afbeelding van figuur 9.18).

Een dergelijke verschuiving van (tenminste het bovenste deel van) het dwarsprofiel geeft morfologisch de minste complicaties.

In dit geval moet er in verband met het mogelijk lokaal bezwijken van de bekleding overigens ook nog rekening worden gehouden met het ontstaan van een bres. Om ongewenste effecten te voorkomen dient hierbij dus een brestoeslag achter de dijk te worden aangebracht. Deze bestaat uit een achterwaartse versterking met een breedte van 20 m. Voor de onderbouwing van deze brestoeslag kan worden verwezen naar een eerder opgeleverde notitie.

Overigens is de brestoeslag in principe afgeleid voor landwaartse versterkingen. In dit geval komt de dijkconstructie al snel tijdens de storm bloot en kan het dan lokaal bezwijken van de blootgekomen bekleding alsnog tot ongewenste effecten leiden.

In de figuur is overigens ook nog een mager dwarsprofiel toegevoegd. In dit geval het 2006-profiel dat op basis van de ontwikkeling van de MKL-waarde (zie figuur 9.19) als maatgevend mag worden beschouwd. Het gebruik van dit laatste uitgangsprofiel leidt voor wat betreft deze uitwerking niet tot een significant andere versterking.

9.4.3 Dijk als dijk

De huidige bekleding bij de Herdijkte Zwarte Polder is instabiel en moet derhalve worden aangepast. In een "dijk als dijk"-geval wordt de dijk regulier versterkt teneinde aan zowel de eisen ten aanzien van de bekleding als de overslag te voldoen. Dit vereist een zeer grote inspanning en is thans ook niet als oplossing in beeld.

In de volgende uitwerking wordt de dijkbekleding gehandhaafd of zelfs beperkt versterkt via conserverende maatregelen (zie [Haskoning, 2007a]). De hierbij nog toelaatbare golfaanval wordt mede bepaald door de omvang van het voor de dijk aangebrachte steunduin.

9.4.4 Duin voor dijk

De maximale golfaanval op de dijk kan worden vastgesteld door gebruik te maken van het tijdsafhankelijke dwarstransportmodel DUROSTA. Met dit model kan de profielontwikkeling tijdens een maatgevende storm worden gesimuleerd. Ook kan op deze wijze de maatgevende golfaanval op de dijk worden vastgesteld. Het model maakt immers gebruik van een opeenvolging van transportberekeningen over het in de tijd veranderende dwarsprofiel. De aandrijving van dit transport wordt daarbij mede bepaald door het golfhoogteverloop over het dwarsprofiel. De maatgevende golfaanval op de dijk is in deze uitwerkingen gebaseerd op de golfaanval op een locatie op 50 m uit de teen van de dijk, in dit geval op 30 m landwaarts van de hoofdraai.

In de bovenste afbeelding van figuur 9.20 is deze situatie weergegeven. In dit specifieke geval is wederom gebruik gemaakt van een situatie met 30 m zeewaartse aanvulling. In deze figuur is ook het met DUROSTA berekende afslagprofiel gegeven voor de situatie dat de aanwezige dijk volledig als duin is beschouwd. Feitelijk is er in dit geval dus uitgegaan van een instabiele verdedigingsconstructie die verder geen effect heeft op het reguliere duinafslagproces.

Bij deze berekening is gebruik gemaakt van een standaard 32-uurs stormverloop met een maximale waterstand op het rekenpeil en een maximale golfaanval conform de ook bij het rekenpeil behorende golfconditie.

Het uit deze simulatie volgende afslagprofiel is in de bovenste afbeelding weergegeven (grijze lijn).

De positie van het DUROSTA-duinfront komt in dit geval globaal overeen met het resultaat van de volgens de reguliere methodiek (VTV-model) bepaalde positie, zijnde ter plaatse van de binnenkruinrand. Op basis hiervan is geconstateerd dat de beide modellen in dit specifieke geval vergelijkbare resultaten opleveren. Wel is duidelijk dat de positie van de afzetting sterk afwijkend is. Verwacht mag worden dat de schematische hoge afzetting op het strand in werkelijkheid niet zal optreden en dat (conform het DUROSTA-resultaat) een deel van de afzetting ook in zeewaartse richting over de geulrand zal verdwijnen.

In de onderste afbeelding is het resultaat gegeven van een DUROSTA-berekening waarbij de verdedigingsconstructie (het dijktafsluitingsprofiel) niet instabiel wordt en de oorspronkelijke dijk dus als dijk blijft functioneren. In dit geval slaat het 30 m brede duin voor de dijk volledig weg maar blijft de dijk zelf intact. Wel ontstaat er nu aan de zeezijde van de constructie een ontgrondingskuil. Ook ligt het eindprofiel iets lager dan in het vorige geval.

Uiteindelijk is bij een beschouwing over de stabiliteit van de dijk de golfaanval in een locatie 50 m zeewaarts van de teen van de dijk van belang.

In figuur 9.21 is het (deels berekende) verloop van de golfaanval grafisch weergegeven. De bovenste relatie heeft betrekking op het verloop van de golfaanval op diep water met een maximale golfhoogte van 4,75 m (feitelijk de invoer van het rekenmodel).

De onderste twee relaties hebben betrekking op het golfhoogte verloop in de randvoorwaarde-locatie. De onderste (de blauwe) lijn geeft het verloop zoals dat optreedt bij de duinvariant. De rode lijn geeft het resultaat voor de dijkvariant. Door het lager gelegen afslagprofiel is de golfaanval in de eindfase iets groter. De maximale golfhoogte voor de dijk bedraagt circa 3,5 m.

Deze laatste waarde heeft dus betrekking op een situatie met een 30 m brede aanvulling.

Voor afwijkende waarden van de zeewaartse aanvulling worden ook andere waarden voor deze maximale golfaanval gevonden.

In figuur 9.22 is het verloop van de golfaanval gegeven voor een groot aantal aanvullingswaarden. Bij afwezigheid van de enige uitbouw treedt er een behoorlijke strandverlaging op en neemt dus ook de golfaanval op de dijk toe. Bij een zeer grote aanvulling wordt de aanval significant minder.

In figuur 9.23 zijn voor een aantal uitbouwwaarden de bijbehorende afslagprofielen gegeven.

Overigens moet worden opgemerkt dat bij het vaststellen van de maatgevende golfaanval op een dijk (conform HR-boeken) geen rekening wordt gehouden met de veranderende morfologie voor de dijk. In een dergelijk geval wordt dus gewoon het aanwezige dwarsprofiel gebruikt voor deze bepaling. In dit geval dus een bodemligging op NAP+1 m hetgeen bij een stormvloedpeil (rekenpeil) van NAP+5,75 m dus leidt tot een lokale waterdiepte van 4,75 m. Rekening houdend met een brekingscoëfficiënt van 0,6 zou dit leiden tot een maatgevende golfhoogte van circa 2,9 m. Deze waarde sluit aan op de bij de dijkberekeningen gebruikte waarde (zie [Haskoning, 2007a]).

Uit figuur 9.23 blijkt overigens ook dat bij een zeer grote aanvulling, het post-storm afslagfront nog zeewaarts van het dijktafsluit komt te liggen (zie profiel voor 60 m uitbouw).

Figuur 9.24 geeft tenslotte de relatie tussen de omvang van de zeewaartse aanvulling en de maatgevende golfaanval op de dijk. Bij toenemende uitbouw neemt de aanval af. Omdat in dit geval rekening wordt gehouden met de morfologische ontwikkeling van de vooroever en omdat er in deze specifieke situatie veel materiaal over de geulrand verdwijnt (is hier dus feitelijk het grote probleem!), wordt er voor aanvullingen tot 40 m feitelijk meer golfaanval gevonden dan waar regulier (conform normale procedure circa 3 m) rekening mee moet worden gehouden.

Enige beperking van de aanval treedt pas op een meer omvangrijke aanvulling (tenminste 50 m). In een dergelijk geval reikt het afslagprofiel echter niet tot het dijktafsluit en moet er dus feitelijk een compleet duin voor de dijk worden aangelegd om de golfaanval op de dijk tot een voldoende kleine waarde te beperken.

9.4.5 Vergelijking opties

Feitelijk leidt dit tot de conclusie dat er twee opties aanwezig zijn, te weten:

- A) een situatie met beperkte golfaanval (veel minder dan 3 m) te realiseren door het aanbrengen van een compleet duin voor de dijk;
- B) het instabiel beschouwen van de dijk en daarmee het als duin uitvoeren van de versterking (conform figuur 9.18).

In het geval A) moet de zeewaartse aanvulling orde 50 m zijn. Ook kan een vergelijkbaar volume op het strand worden aangebracht.

Bij B) kan worden volstaan met een 30 m brede uitbouw aan de voorzijde in combinatie met 20 m brestoeslag aan de achterzijde. Beide opties zijn weergegeven in figuur 9.25.

Onderlinge vergelijking van de alternatieven leidt tot de conclusie dat in beide gevallen 50 m extra nodig is maar dat het extra benodigde volume in de "dijk als duin" variant minder groot is. Verder is er natuurlijk ook nog een extra inspanning nodig om de dijkbekleding in de "duin voor dijk" variant op orde te krijgen.

Overigens kunnen ook andere vormen van een steunduin worden bekeken. Omdat het hierbij steeds gaat om het benodigde volume geven dergelijke berekeningen (bijvoorbeeld de situatie waarbij het tegen de dijk aangelegde zandvolume op het strand wordt aangebracht) echter vergelijkbare resultaten.

9.4.6 Opsluitdam op hoek Herdijkte Zwarte Polder

Het doel van deze dam is het vasthouden/opsluiten van het voor de golfreductie benodigde zandberm. De aanwezigheid van de dam moet er mede voor zorgen dat het

materiaal van de steunberm tijdens met name de de maatgevende omstandigheden niet zijdelings (en met name in oostelijke richting naar de Verdrongen Zwarte Polder) kan wegvloeien.

Dit vraagt om een hoogte en uitbouw van de dam die tenminste de omvang van de minimaal benodigde steunberm omvat.

Daarnaast heeft deze dam nog een algemeen doel namelijk het beperken van de hoeveelheid vrij sediment transport in oostelijke richting tijdens meer dagelijkse condities.

Dit heeft een tweeledig nut, namelijk:

- Het opsluiten van het zand aan de westelijke zijde van de constructie, niet alleen voor het vasthouden van het steunbermzand, maar ook voor het verkrijgen van meer strand;
- Het tegengaan van de verzanding van de Verdrongen Zwarte Polder.

Ten aanzien van de sedimentbeweging tijdens maatgevende omstandigheden blijkt uit de in de vorige paragraaf gepresenteerde uitwerkingen dat er met name veel materiaal in dwarsrichting zal verdwijnen. De zijdelingse opsluiting zal tijdens deze omstandigheden niet veel effect hebben.

In figuur 9.26 zijn de eerder beschreven opties weergegeven.

In het geval van een "dijk als duin" optie, lijkt "1 m hoger dan het afslagprofiel" een bruikbare edocht robuuste maat. Deze is ook gegeven in de bovenste afbeelding. Daar verwacht mag worden dat het daadwerkelijke afslagprofiel veel lager ligt (zie resultaat DUROSTA-som) is dit een veilige aanname. In dit geval reikt het niveau van de dam dus tot circa 3 m boven het uitgangprofiel (van 2005).

Ten aanzien van de sedimentbeweging tijdens maatgevende omstandigheden mag verwacht worden dat er met name veel materiaal in dwarsrichting zal verdwijnen. Een extra hoge zijdelingse opsluiting zal tijdens deze omstandigheden niet veel effect hebben. Een niveau vlak boven het afslagprofiel lijkt in deze dan ook voldoende.

Voorgesteld wordt de dam 1 m hoger dan het aanlegprofiel aan te leggen, zijnde 2 m boven het DUROSTA-afslagprofiel. De dam komt daarmee dus 1 m lager in vergelijking tot de eerdere zeer veilige aanname. Dit niveau lijkt afdoende.

9.5 Duin-voor-dijk bij Nieuwvliet

9.5.1 Inleiding

In het volgende is de toepassing van een steunberm als gedeeltelijke afscherming van de thans aanwezige dijk uitgewerkt voor Nieuwvliet nader uitgewerkt.

Daarbij is in eerste instantie gekeken naar de 'kwaliteit' van de huidige dijk (als uitgewerkt in [Haskoning, 2007a]). Uit de thans dus nog toelaatbare golfaanval kan dan in principe de omvang van de benodigde omvang van de steunberm worden bepaald. In de beschouwingen is gekeken naar twee verschillende Jarkusraaien, te weten km raai 5.30 (nr. 27) en km raai 6.84 (nr 34).

Overigens is deze uitwerking in principe vergelijkbaar met de in paragraaf 9.2 gepresenteerde uitwerking voor de Herdijkte Zwarte Polder. Het grote verschil zit hierbij in de vorm van de vooroever welke in dit specifieke geval 'gunstiger' is door het ontbreken van de steile geulwand.

9.5.2 Huidig beschermingsniveau

In een notitie van Haskoning de mate van bescherming bepaald voor golfcondities met een lagere frequentie van voorkomen [Haskoning, 2007a]. Dit is gedaan voor een twee verschillende raaien, te weten:

- km raai 5.300 (Zwartgatsekreek);
- km raai 6.780 (Nieuwvliet – Clementspolder).

Waarbij de laatste raai niet samenvalt met een JARKUS-raai.

Het profiel t.p.v. km raai 5.300 bestaat uit een 0,30 m dikke basaltzetting tot NAP+3 m. Bij Nieuwvliet-Clementspolder is gebruik gemaakt van 0,25 m diaboolblokken tot NAP+5 m. De taludhelling bedraagt in beide profielen 1 : 4.

In beide gevallen voldoet de bekleding niet, zowel niet onder de maatgevende omstandigheden als ook niet ter bescherming tegen beheer en onderhoud. Het eerstgenoemde profiel met de basaltzetting is nog het minst slecht maar voldoet zelfs niet onder omstandigheden met een overschrijdingskans van 1/50 per jaar.

Er wordt in de notitie geen directe uitspraak gedaan over de omstandigheden en de golfaanval onder welke de dwarsprofielen nog wel voldoen.

In deze notitie is ook de vaststelling van de maatgevende hydraulische condities beschreven, iets wat gedaan is voor verschillende overschrijdingsfrequenties: 1/4.000, 1/1.000, 1/500, 1/100 en 1/50.

Ten aanzien van de maatgevende waterstand leiden deze (voor beide doorsneden) tot een waterstand van NAP+5,80 m voor de 1/4.000 omstandigheden voor de situatie over 100 jaar.

De decimeringshoogte bedraagt hier 0,55 m zodat een factor 10 grotere overschrijdingskans leidt tot een 0,55 m lagere waterstand. Uitgaande van NAP+5,80 m voor de 1/4.000 omstandigheden leidt dit tot NAP+5,25 m voor 1/500 en NAP+4,80 m voor de 1/50 (alsmede NAP+5,50 m voor 1/1.000 en NAP+4,95 m voor 1/100). Een en ander overigens conform tabel 3 in [Haskoning, 2007a].

De maatgevende golfaanval is bepaald voor een aantal waterstanden en laat zien dat bij gegeven waterstand de golfaanval slechts marginaal afhankelijk is van de overschrijdingsfrequentie. Voor een niveau rond de maatgevende waterstand (NAP+6 m) is deze gelijk aan de 2,5 m. De feitelijke waarde hangt met name af van de waterstand waarbij een 2 m lagere waterstand leidt tot een 1 m lagere golf (dus $H_g = 1,5$ m i.p.v. 2,5 m).

Een en ander betekent ook dat de golfhoogte bij de 1/50 condities (met een 1 m lagere waterstand dan het ontwerppeil) zal leiden tot een golfhoogte van $2,5 - 0,5 = 2,0$ m.

De condities voor de meer westelijke raai (km 6.78) zijn hierbij marginaal zwaarder (circa 0,05 m) dan die voor de Zwartegatskreek (km 5.30).

9.5.3 Toelaatbare condities

In [Haskoning, 2007a] is slechts het beschermingsniveau (voor een situatie over 100 jaar) bepaald.

Voor de basaltglooing bij de Zwartegatskreek (km raai 5.300) blijkt de stabiliteitsparameter F voor de 1/50 omstandigheden ($F = 6,4$) net boven de stabiele grens van $F = 6$ te zitten (zie tabel 6 in [Haskoning, 2007a]).

Een en ander betekent ook dat de eerder afgeleide golfhoogte van 2,0 m feitelijk dus nog te laag is. Via extrapolatie volgt dat de net toelaatbare golfhoogte circa 1,8 m bedraagt bij een huidige faalkans van circa 1/20 per jaar. Dit is overigens wel een golfhoogte die toelaatbaar is bij een waterstand van circa NAP+4,3 m en dus 1,5 m onder de maatgevende waterstand.

In alle gevallen is er een probleem met het niveau van de bovenzijde van de verdedigingsconstructie, daar de aanwezige basaltglooiing slechts reikt tot NAP+3 m. Daarboven zit een grasbekleding^{*)}.

Het (boven)talud zal dus sowieso in opwaartse richting moeten worden opgetrokken. Indien daarbij gebruik zal worden gemaakt van vergelijkbare bekleding mag de effectieve golfhoogte dus hooguit 1,8 m zijn.

De situatie bij Nieuwvliet-Clementspolder is nog veel beroerder (o.a. vanwege minder dikke en minder zware bekleding). In dit geval is de grootte van de stabiliteitsparameter in absolute zin circa 4 groter (voor 1/50 condities 10,7 i.p.v. 6,4). De nog aanvaardbare golfhoogte valt feitelijk buiten het bereik van een nog betrouwbare extrapolatie maar zal slechts in de orde van 1 m zijn.

Ook hier geldt de noodzaak tot het optrekken van de bovenzijde van de constructie als tenminste noodzakelijke ingreep.

Samenvattend leidt dit tot de conclusie dat er in alle gevallen noodzaak is tot het optrekken van de thans aanwezige (te lage) verdedigingsconstructie. Indien daarvoor een vergelijkbare bekleding wordt gebruikt zal de golfaanval behoorlijk moeten worden beperkt. Voor Zwartegatskreek mag deze dan de 1,8 m niet overtreffen en voor bij Nieuwvliet-Clementspolder is 1 m nog net toelaatbaar.

Daar komt nog bij dat niet alleen de effectieve golfaanval voor wat de bekleding zal moeten worden beperkt, maar ook dat de golfoverslag veel te hoog is. Uit de in [Haskoning, 2007b] gegeven informatie valt af te leiden dat er sprake is van een kruinhoogtetekort van 2 tot 3 m. Verwacht mag worden dat bij een dergelijke, voor de bekleding benodigde, reductie van de golfaanval het 'golfoverslag-probleem' is verdwenen.

Alles overziend zijn er nu feitelijk de volgende opties (beginnende bij een echte dijk overgaand in een regulier duin):

- 1) Maak de dijk echt als dijk in orde en versterk de bekleding (vervangen door zwaardere constructie) in combinatie met het verhogen van de kruin (opdat ook aan het overslagcriterium wordt voldaan);
- 2) Maak alleen de bekleding in orde door het vervangen en uitbreiden van de aanwezige bekleding door iets wat wel voldoende stabiel is en doe daarbij nog niets aan de kruinhoogte maar beperk de golfaanval door het aanbrengen van een steunberm opdat de golfoverslag niet te groot wordt;
- 3) Als 2) maar dan een meer geoptimaliseerde vorm waarbij de voor de golfoverslag bepalende kritieke waarde van de golfhoogte ook wordt gebruikt voor de dimensionering van de benodigde bekleding;
- 4) Breid de bekleding in opwaartse uit door gebruik te maken van hetzelfde materiaal (in dat geval dient de golfaanval dus tot de eerder genoemde waarde te worden beperkt en moet er een forse steunberm worden aangebracht).

^{*)} Volgens informatie van het Waterschap d.d. 22/5 zit hier (tussen NAP+3 m en NAP+7,5 m) geen gras maar asfaltbeton, hetgeen dus veel beter lijkt dan enkel gras. De consequentie hiervan is dat de sterkte toeneemt en daarmee ook de nog net acceptabele golfbelasting hoger wordt dan initieel op basis van deze uitwerkingen voorgesteld.

- 5) Doe helemaal niets met de thans aanwezige bekleding en laat de dijk onderdeel zijn van een aan de zeewaartse zijde uitgebouwd duin. In dit geval kunnen de aanwezige bekledingsresten hooguit de afslag in de eindfase van de storm nog enigszins beperken. Dit is de zogenaamde "dijk als duin" oplossing.

9.5.4 Nadere uitwerkingen

In de figuren 9.27 en 9.28 is het resultaat gegeven van de basisuitwerkingen waarbij het profiel aan de zeewaartse zijde is versterkt. Deze versterking is zodanig vormgegeven dat het afslagpunt samenvalt met de binnenkruinrand. Afhankelijk van de locatie en de zichttermijn bedraagt de aldus benodigde uitbouw 15 tot 30 m.

Door het nog enigszins landwaarts laten opschuiven van het grensprofiel kan deze versterkingsomvang overigens nog met 5 tot 10 m worden beperkt.

In de voorliggende uitwerkingen is overigens gebruik gemaakt van het 2005-profiel. Zoals blijkt uit het in figuur 9.29 gegeven MKL-verloop is er in beide gevallen sprake van een relatief mager jaar. Voor km raai 5.30 wordt de BKL (op 66 m uit de hoofdraai) al bijna onderschreden. De BKL voor km raai 6.84 ligt thans nog veel verder landwaarts.

Vergelijkbaar met de in paragraaf 1 gepresenteerde uitwerkingen is zijn ook hier de resultaten van DUROSTA-berekeningen gepresenteerd. De uitgevoerde berekeningen hebben in dit geval slechts betrekking op km raai 5.30 (de resultaten voor de andere locatie zijn waarschijnlijk vergelijkbaar). De bovenste afbeelding van figuur 9.30 heeft betrekking op de situatie met 15 m uitbouw. Als gevolg van de storm slaat het duin voor de constructie weg en wordt het grootste deel van dit volume op de vooroever afgezet. Het niveau van het strand blijft hierbij min of meer gelijk.

Dit laatste is niet het geval bij een onversterkte dijk als gegeven in de onderste afbeelding. In dit geval ontstaat er een diepe ontgrondingskuil en treedt ook een verlaging van het strand op. Hierdoor zal er ook sprake zijn van een relatieve toename van de golfaanval op de dijk.

In figuur 9.31 zijn nog een tweetal voorbeelden gegeven van een grotere versterking, te weten een uitbouw van 30 en 45 m.

In het laatste geval komt de dijk niet bloot tijdens de storm, ofschoon er tijdens hoogwater nog wel sprake zal zijn van golfwerking op de randvoorwaardenlocatie.

Het voor de vier besproken gevallen berekende verloop van de golfhoogte in de randvoorwaardenlocatie is gegeven in figuur 9.32.

Ook hier blijkt wederom dat een toename van het zandvolume voor de dijk leidt tot een afname van de hoeveelheid golfaanval.

De situatie waarbij het bodemniveau van het strand feitelijk niet wijzigt (bij 15 m uitbouw als gegeven in de bovenste afbeelding van figuur 9.30) is de maximale golfhoogte gelijk aan circa 2,7 m en komt daarbij overeen met de regulier in rekening gebracht waarde van 2,5 m.

Figuur 9.33 geeft tenslotte de relatie tussen de omvang van de zeewaartse aanvulling en de maatgevende golfaanval op de dijk. Bij toenemende uitbouw neemt de aanval af. Voor een uitbouw van meer dan 30 m blijft het duinfront zeewaarts van het dijktaalud waardoor er feitelijk geen sprake is van enige aanval op de dijk.

9.5.5 Conclusies

Op basis van dit resultaat kan worden geconcludeerd dat er door het aanbrengen van een steunberm feitelijk slechts een beperkt reductie van de maximale golfaanval op de dijk mogelijk is. Met het verder ophogen van het aangebrachte volume wordt al snel een situatie bereikt waarbij de afslag zich volledig zeewaarts van de dijkconstructie bevindt. Feitelijk moet hiertoe dan een volledig duin voor de dijk worden aangelegd. Deze zware beperking in de maatgevende golfaanval is nodig omdat de stabiliteit van de aanwezige bekleding zeer beperkt is, waardoor er voor deze locatie (km raai 5.30) slechts 1,8 m mag worden toegestaan.

Ook hier dient er dus feite de keuze te worden gemaakt tussen:

- A) een situatie met zeer beperkte (tot geen) golfaanval op het dijktralud te realiseren door het aanbrengen van een compleet duin voor de dijk;
- B) het instabiel beschouwen van de dijk en daarmee het als duin uitvoeren.

De eindconclusie zou kunnen zijn dat de laatste "dijk als duin" variant ook in dit geval wellicht de beste optie is.

9.6 Duin-achter-dijk

In een aantal gevallen wordt de bestaande dijk aan de achterzijde versterkt door het aanbrengen van een achterliggend duin: de zogenaamde duin-achter-dijk-variant. Ter voorkoming van ongewenste effecten bij het lokaal bezwijken van de dijkbekleding wordt een brestoeslag gehanteerd. Deze bestaat uit 20 m extra landwaartse uitbouw van het achterliggende duin.

Indien de aanwezige dijk robuust van omvang is en er thans ook geen kruinhoogte-tekort aanwezig is zou een situatie kunnen ontstaan waarbij de als duin te beschouwen dijk al voldoet en dus de achterliggende duinversterking dus feitelijk alleen bestaat uit de eerder genoemde brestoeslag.

In figuur 9.34 is een voorbeeld gegeven van een dergelijk dwarsprofiel, te weten km raai 6.19 (nr. 31) op het traject Nieuwvliet-Bad – Groede.

Indien dit dijkprofiel als duin wordt beschouwd, dan blijkt deze in de huidige situatie reeds voldoende robuust.

Conform de ook in de achtergrondrapportage gepresenteerde berekeningen is er pas op langere termijn noodzaak tot het aanbrengen van een duinversterking. In het geval van een zeewaartse versterking is deze noodzaak er pas op een termijn van 200 jaar (rekening houdend met bodemverhoging als gevolg van zeespiegelstijging). Deze termijn geldt ook bij een landwaartse versterking.

Zoals dan ook blijkt uit de in figuren 9.34 (overzicht) en 9.35 (details) gepresenteerde afslagprofielen past het maatgevende afslagpunt na zowel 50 als 100 jaar nog ruim binnen het aanwezige dijkprofiel. Een versterking is dus feitelijk niet nodig. Door de extra bresgroei-toeslag achter de dijk te 'plakken' ontstaat een situatie die voldoende robuust is en waarbij het plaatselijk bezwijken van de dijk dus zeker geen aanleiding zal geven tot het daadwerkelijk bezwijken van de waterkering.

In figuur 9.35 is naast het 'huidige' dwarsprofiel tevens een mager dwarsprofiel toegevoegd.

Dit betreft het dwarsprofiel uit 2000, het jaar waarin de MKL relatief ver landwaarts lag (zie figuur 9.36).

Er zou overigens ook voor kunnen worden gekozen om de voorzijde van de brestoeslag samen te laten vallen met de positie van het maatgevende afslagpunt.

In dat geval maakt het achterste deel van de dijk nog onderdeel uit van de brestoeslag en hoeft er dus minder materiaal daadwerkelijk te worden toegevoegd. Aanbevolen wordt echter om de minder risicovolle, robuustere uitwerking te volgen.

9.7 Zeewaartse uitwerking Nieuwvliet-Groede

Ten aanzien van het verlies van materiaal in oostelijke richting zou kunnen worden overwogen om over te gaan tot het 'upgraden' van een of meerdere standhoofden. Hierdoor kan een situatie worden gecreëerd waarbij er oostelijk van het Kruishoofd meerdere kleinschalige stabiele kustboogjes ontstaan. Het gebruik van dergelijke constructies levert echter ook weer lijzijde-problemen op en de vraag doet zich voor of het wel verstandig is de huidige nagenoeg volledig zachte kustsectie, van allerlei constructies te voorzien.

Desalniettemin zou een soort van maatwerkuitvoering wel voordelig kunnen zijn. Aanbevolen wordt om dit laatste echter naar 'bevind van zaken' te doen en gewoon te beginnen met de zeewaartse uitbouw en de ontwikkelingen goed te monitoren.

Het lijkt in deze overigens niet verstandig om het Kruishoofd 'dicht te zetten' omdat daarmee ook de eventuele aanvoer van sediment uit westelijke richting volledig wordt geblokkeerd.

Mocht er alsnog significant verlies van materiaal naar het westen optreden dan kan ook hier naar bevind van zaken worden gehandeld.

De met deze ingrepen te maken kosten kunnen overigens per definitie worden betaald uit de besparing op het uit te voeren onderhoud.

9.8 Compartimenteringsdam kustvak Breskens-Oost

Voor het kustdeel Breskens-Oost wordt zeer sterk aanbevolen om het kustvak op te delen in twee deeltrajecten door ter plaatse van de thans aanwezige resten van het strandhoofd een zanddichte constructie aan te leggen.

Door deze ingreep wordt voorkomen dat het strand binnen het kustvak zich als vanouds gaat gedragen. Op dit thans aanwezige gedrag is reeds uitgebreider ingegaan in de achtergrondrapportage (zie paragraaf 6.2 alsmede figuur 6.5 in het betreffende rapport).

Door het aanbrengen van een dergelijke constructie wordt bereikt dat:

- De voor het westelijke deel aangebrachte kustversterking beter blijft liggen en dus niet zoals 'vroeger' wegvloeit naar het oostelijke deel;
- Het strand aan de oostelijke zijde (zeker het stranddeel direct aanliggend tegen deze dam) ook in stabiliteit toeneemt;
- De omvang van het totale onderhoud op het kustvak daarmee zeer sterk reduceert;
- Het verlies van zand aan de oostzijde richting de ingang van de handelshaven dus ook minder wordt;
- De eventuele aanzanding in deze laatste haveningang daarmee wordt beperkt.



In de huidige situatie is sprake van een vierjaarlijkse aanvulling van 100 tot 200 duizend m³ (in 2001 circa 200.000 m³ en in 2005 120.000 m³). Het jaarlijkse onderhoud komt daarmee thans dus op circa 40 duizend m³/jaar.

Dit laatste zal bij aanleg van een compartimenteringsdam zeer sterk reduceren. Het toekomstige onderhoud zal daarbij (natuurlijk afhankelijk van de uitvoering) vermoedelijk tussen 0 en (maximaal) 20 duizend m³/jaar bedragen.



Referenties

- Cleveringa, J. 2006.** Morfodynamische ontwikkeling Voordelta, Alkyon rapport A1698.
- Groot, T. 1964.** Nota Cadzand; verbetering strandverdediging ten westen van de uitwateringsgeul te Cadzand, Rijkswaterstaat directie Waterhuishouding en waterbeweging, studiedienst Vlissingen Nota 64.2.
- Haskoning, 2007a.** Conserverende maatregelen Zeeuws-Vlaanderen', 28 maart 2007 (*concept*).
- Haskoning, 2007b.** Aanvulling conserverende maatregelen Zeeuws-Vlaanderen', 2 mei 2007 (*concept*).
- Projectbureau Zwakke Schakels Zeeland, 2005.** Basisdocument kustversterking West Zeeuwsch-Vlaanderen – Boetseren van veiligheid rond ruimtelijke kwaliteit, Juni 2005.
- Projectbureau Zwakke Schakels Zeeland, 2005.** Startnotitie milieueffectrapportages zwakke schakel Kust West Zeeuwsch-Vlaanderen & project Waterdunen (definitief), november 2005.
- Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, 2003.** Beheerdersoordeel veiligheidstoetsing waterkering door zwaardere golfbelasting. Samenvatting aanvullende beheerdersoordelen, December 2003.
- Rijkswaterstaat, 1993.** Zeewaartse Kustverdediging Zeeuws-Vlaanderen; studie naar alternatieve methoden om de kust bij de Tienhonderdpolder te verdedigen, brochure Rijkswaterstaat directie Zeeland.
- Rijkswaterstaat, 2005.** Kustlijnkaarten 2005. Rapport RIKZ-2005.009, april 2005.
- Rijkswaterstaat, 2006.** Kustlijnkaarten 2006. Rapport RIKZ-2006.001, maart 2006.
- Roelse, P. en J.W. Maranus, 1985.** De lange termijn ontwikkeling van de Belgische oostkust en het aangrenzende kustgedeelte van Zeeuwsch Vlaanderen, Rijkswaterstaat directie Waterhuishouding en waterbeweging, Nota WWKZ-85.v010.
- Roelse, P., 1996.** Optimalisatie Basiskustlijn Zeeuwsch-Vlaanderen Kustvak Cadzand, Rijkswaterstaat RIKZX, werkdocument RIKZ/AB-96.831x, 22 p.
- Ruig, J.H.M. de en P. Roelse, 1992.** Zeewaartse kustverdediging Zeeuwsch-Vlaanderen; gevoeligheidsonderzoek voor en praktijkproef "Tienhonderdpolder", Rijkswaterstaat dienst Getijdewateren, Rapport DGW-92.017.
- Steezel, H.J., 1994.** Effect bebouwing op de mate van duinafslag, deel II, Nadere kwantificering effecten. Waterloopkundig Laboratorium, Rapport H1696, april 1994.
- Steezel, 2005.** Haalbaarheid zeewaartse versterkingen Breskens en Cadzand-Bad. Verslag bureaustudie A1459, juni 2005.
- Steijn, R.C. en A.J.F. van der Spek, 2005.** Mogelijkheden voor geulwandversterking of verlegging Oostgat / Sardijngeul. Alkyon, rapport A1431.
- Slikke, M.J. van der, 1999.** Morfogische ontwikkeling Westerscheldemonding tot 2020; een fenomenologische visie, Universiteit Utrecht IMAU, rapport R99.16, 43 p.
- Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, 2002.** Leidraad Zandige Kust. December 2002.



- Verhagen, , H.J. en H. Van Rossum, 1990.** Technisch Rapport nr 12 strandhoofden en paalrijen,; technische evaluatie en hun werking, Rijkswaterstaat, Rapportenserie Kustverdediging na 1990, 40 p.
- Waterschap Zeeuws-Vlaanderen, 2005.** Beheerdersoordeel 2006 "Zwakke Schakels Noordzeekust" – Toetsing op zwaardere golfbelasting (definitief). December 2005.
- Waterschap Zeeuws-Vlaanderen, 2005.** Beschrijving suppleties voorjaar 2005.

Tabellen

Tabellen

Nr.	Km-raai	X RSP [m]	Y RSP [m]	dir. tov N	duin/dijk	Opmerkingen
1	0.11	28 016	380 443	31.5	duin	
2	0.31	27 845	380 546	31.5	duin	
3	0.51	27 674	380 649	30.6	duin	
4	0.71	27 502	380 752	30.6	duin	
5	1.46	26 859	381 139	30.6		
6	1.61	26 731	381 216	30.6		
7	1.71	26 639	381 249	8.1		
8	1.88	26 473	381 274	9.0		
9	2.08	26 281	381 304	9.0	duin	
10	2.30	26 063	381 337	9.0	duin	
11	2.51	25 850	381 369	9.0	duin	
12	2.71	25 653	381 399	9.0		
13	2.90	25 470	381 427	9.0		
14	3.08	25 287	381 455	9.0		
15	3.24	25 129	381 479	9.0		
16	3.36	25 015	381 496	8.1		
17	3.52	24 856	381 503	356.4		
18	3.73	24 642	381 489	356.4		
19	3.96	24 412	381 475	356.4		
20	4.13	24 239	381 465	356.4		
21	4.21	24 176	381 428	329.4		
22	4.41	24 004	381 326	329.4		
23	4.61	23 832	381 225	329.4	duin	
24	4.83	23 642	381 112	329.4		
25	4.96	23 530	381 047	329.4		
26	5.12	23 392	380 965	329.4		
27	5.30	23 237	380 874	329.4		
28	5.58	22 980	380 771	342.9		
29	5.84	22 726	380 692	342.9		
30	6.02	22 562	380 641	342.9		
31	6.19	22 392	380 589	342.9		
32	6.38	22 216	380 534	342.9		
33	6.63	21 977	380 460	342.9		
34	6.84	21 771	380 397	342.9		
35	7.05	21 571	380 335	342.9		
36	7.30	21 337	380 262	342.9		
37	7.51	21 139	380 201	342.9		
38	7.68	20 973	380 150	342.9		
39	7.78	20 873	380 119	342.9		
40	7.91	20 754	380 082	342.9		
41	8.02	20 645	380 048	342.9	duin	
42	8.22	20 442	380 018	353.7	duin	
43	8.51	20 163	379 985	353.7	duin	
44	8.77	19 905	379 955	353.7		
45	9.03	19 642	379 924	353.7		
46	9.36	19 319	379 886	353.7		
47	9.51	19 167	379 868	353.7		
48	9.62	19 056	379 855	353.7		
49	9.79	18 892	379 836	353.7		
50	9.85	18 831	379 829	342.0		
51	9.93	18 753	379 820	334.8		
52	10.07	18 609	379 803	333.9		
53	10.21	18 470	379 787	334.8		
54	10.32	18 366	379 775	334.8		
55	10.46	18 234	379 731	334.8		
56	10.68	18 030	379 636	334.8	duin	
57	10.92	17 818	379 536	334.8	duin	
58	11.12	17 632	379 450	334.8	duin	
59	11.36	17 419	379 350	334.8	duin	
60	11.62	17 179	379 238	334.8	duin	
61	11.91	16 920	379 117	334.8	duin	
62	12.14	16 708	379 018	334.8	duin	
63	12.42					
64	12.62	16 265	378 845	340.2		
65	12.82	16 077	378 777	340.2		
66	13.00	15 908	378 716	340.2		
67	13.18	15 739	378 654	340.2		
68	13.35	15 574	378 595	340.2		
69	13.54	15 400	378 532	340.2		
70	13.63	15 307	378 498	331.2		
71	13.72	15 239	378 446	322.2	duin	
72	13.81	15 167	378 391	322.2	duin	
73	13.91	15 088	378 330	322.2	duin	
74	14.01	15 008	378 270	322.2	duin	
75	14.12	14 921	378 203	322.2	duin	
76	14.27	14 806	378 115	322.2	duin	
77	14.50	14 623	377 975	322.2	duin	
78	14.67	14 488	377 872	322.2		
79	14.87	14 329	377 751	323.1		

Tabel 2.1: Overzicht raailocaties westkust Zeeuwsch-Vlaanderen

Locatie		Huidige situatie			Opmerkingen
Nr.	Km-raai	RP [m tov NAP]	H _s [m]	T _p [s]	
1	0.11	5.60	3.00	11.40	
2	0.31	5.60	3.00	11.40	
3	0.51	5.60	3.00	11.40	
4	0.71	5.60	3.00	11.40	
5	1.46	5.60	3.48	11.40	
6	1.61	5.60	3.58	11.40	
7	1.71	5.60	3.64	11.40	
8	1.88	5.60	3.75	11.40	
9	2.08	5.60	3.80	11.40	
10	2.30	5.60	3.80	11.40	
11	2.51	5.55	3.80	11.40	
12	2.71	5.55	3.80	11.40	
13	2.90	5.55	3.80	11.40	
14	3.08	5.55	3.80	11.40	
15	3.24	5.55	3.80	11.40	
16	3.36	5.55	3.80	11.40	
17	3.52	5.55	3.80	11.40	
18	3.73	5.55	3.80	11.40	
19	3.96	5.55	3.80	11.40	
20	4.13	5.55	3.80	11.40	
21	4.21	5.55	3.80	11.40	
22	4.41	5.55	3.80	11.40	
23	4.61	5.55	3.80	11.40	
24	4.83	5.55	3.84	11.40	
25	4.96	5.54	3.86	11.40	
26	5.12	5.54	3.89	11.40	
27	5.30	5.54	3.92	11.40	
28	5.58	5.54	3.97	11.40	
29	5.84	5.53	4.02	11.40	
30	6.02	5.53	4.05	11.40	
31	6.19	5.53	4.08	11.40	
32	6.38	5.52	4.11	11.40	
33	6.63	5.52	4.16	11.40	
34	6.84	5.52	4.19	11.40	
35	7.05	5.51	4.23	11.40	
36	7.30	5.51	4.28	11.40	
37	7.51	5.51	4.31	11.40	
38	7.68	5.50	4.34	11.40	
39	7.78	5.50	4.36	11.40	
40	7.91	5.50	4.38	11.40	
41	8.02	5.50	4.40	11.40	
42	8.22	5.50	4.40	11.40	
43	8.51	5.45	4.45	11.40	
44	8.77	5.45	4.50	11.40	
45	9.03	5.45	4.55	11.40	
46	9.36	5.45	4.61	11.40	
47	9.51	5.45	4.64	11.40	
48	9.62	5.45	4.66	11.40	
49	9.79	5.45	4.70	11.40	
50	9.85	5.45	4.71	11.40	
51	9.93	5.45	4.72	11.40	
52	10.07	5.45	4.75	11.40	
53	10.21	5.45	4.78	11.40	
54	10.32	5.45	4.80	11.40	
55	10.46	5.45	4.83	11.40	
56	10.68	5.45	4.85	11.40	
57	10.92	5.45	4.90	11.40	
58	11.12	5.45	4.95	11.40	
59	11.36	5.45	5.00	11.40	
60	11.62	5.45	5.05	11.40	
61	11.91	5.45	5.10	11.40	
62	12.14	5.40	5.15	11.40	
63	12.42	5.40	5.20	11.40	
64	12.62	5.40	5.20	11.40	
65	12.82	5.40	5.22	11.40	
66	13.00	5.40	5.27	11.40	
67	13.18	5.40	5.31	11.40	
68	13.35	5.40	5.36	11.40	
69	13.54	5.40	5.40	11.40	
70	13.63	5.40	5.43	11.40	
71	13.72	5.40	5.45	11.40	
72	13.81	5.40	5.45	11.40	
73	13.91	5.40	5.45	11.40	
74	14.01	5.40	5.50	11.40	
75	14.12	5.40	5.50	11.40	
76	14.27	5.40	5.55	11.40	
77	14.50	5.40	5.63	11.40	
78	14.67	5.40	5.69	11.40	
79	14.87	5.40	5.76	11.40	

Tabel 2.5: Overzicht huidige hydraulische randvoorwaarden per locatie

Locatie		Situatie over 50 jaar			Situatie over 100 jaar			Situatie over 200 jaar		
Nr.	Km-raai	RP [m tov NAP]	H _s [m]	T _p [s]	RP [m tov NAP]	H _s [m]	T _p [s]	RP [m tov NAP]	H _s [m]	T _p [s]
1	0.11	5.95	3.00	11.40	6.30	3.00	11.40	7.90	3.15	11.90
2	0.31	5.95	3.00	11.40	6.30	3.00	11.40	7.90	3.15	11.90
3	0.51	5.95	3.00	11.40	6.30	3.00	11.40	7.90	3.15	11.90
4	0.71	5.95	3.00	11.40	6.30	3.00	11.40	7.90	3.15	11.90
5	1.46	5.95	3.48	11.40	6.30	3.48	11.40	7.90	3.66	11.90
6	1.61	5.95	3.58	11.40	6.30	3.58	11.40	7.90	3.76	11.90
7	1.71	5.95	3.64	11.40	6.30	3.64	11.40	7.90	3.83	11.90
8	1.88	5.95	3.75	11.40	6.30	3.75	11.40	7.90	3.94	11.90
9	2.08	5.95	3.80	11.40	6.30	3.80	11.40	7.90	3.99	11.90
10	2.30	5.95	3.80	11.40	6.30	3.80	11.40	7.90	3.99	11.90
11	2.51	5.90	3.80	11.40	6.25	3.80	11.40	7.85	3.99	11.90
12	2.71	5.90	3.80	11.40	6.25	3.80	11.40	7.85	3.99	11.90
13	2.90	5.90	3.80	11.40	6.25	3.80	11.40	7.85	3.99	11.90
14	3.08	5.90	3.80	11.40	6.25	3.80	11.40	7.85	3.99	11.90
15	3.24	5.90	3.80	11.40	6.25	3.80	11.40	7.85	3.99	11.90
16	3.36	5.90	3.80	11.40	6.25	3.80	11.40	7.85	3.99	11.90
17	3.52	5.90	3.80	11.40	6.25	3.80	11.40	7.85	3.99	11.90
18	3.73	5.90	3.80	11.40	6.25	3.80	11.40	7.85	3.99	11.90
19	3.96	5.90	3.80	11.40	6.25	3.80	11.40	7.85	3.99	11.90
20	4.13	5.90	3.80	11.40	6.25	3.80	11.40	7.85	3.99	11.90
21	4.21	5.90	3.80	11.40	6.25	3.80	11.40	7.85	3.99	11.90
22	4.41	5.90	3.80	11.40	6.25	3.80	11.40	7.85	3.99	11.90
23	4.61	5.90	3.80	11.40	6.25	3.80	11.40	7.85	3.99	11.90
24	4.83	5.90	3.84	11.40	6.25	3.84	11.40	7.85	4.03	11.90
25	4.96	5.89	3.86	11.40	6.24	3.86	11.40	7.84	4.06	11.90
26	5.12	5.89	3.89	11.40	6.24	3.89	11.40	7.84	4.08	11.90
27	5.30	5.89	3.92	11.40	6.24	3.92	11.40	7.84	4.12	11.90
28	5.58	5.89	3.97	11.40	6.24	3.97	11.40	7.84	4.17	11.90
29	5.84	5.88	4.02	11.40	6.23	4.02	11.40	7.83	4.22	11.90
30	6.02	5.88	4.05	11.40	6.23	4.05	11.40	7.83	4.25	11.90
31	6.19	5.88	4.08	11.40	6.23	4.08	11.40	7.83	4.28	11.90
32	6.38	5.87	4.11	11.40	6.22	4.11	11.40	7.82	4.32	11.90
33	6.63	5.87	4.16	11.40	6.22	4.16	11.40	7.82	4.37	11.90
34	6.84	5.87	4.19	11.40	6.22	4.19	11.40	7.82	4.40	11.90
35	7.05	5.86	4.23	11.40	6.21	4.23	11.40	7.81	4.44	11.90
36	7.30	5.86	4.28	11.40	6.21	4.28	11.40	7.81	4.49	11.90
37	7.51	5.86	4.31	11.40	6.21	4.31	11.40	7.81	4.53	11.90
38	7.68	5.85	4.34	11.40	6.20	4.34	11.40	7.80	4.56	11.90
39	7.78	5.85	4.36	11.40	6.20	4.36	11.40	7.80	4.58	11.90
40	7.91	5.85	4.38	11.40	6.20	4.38	11.40	7.80	4.60	11.90
41	8.02	5.80	4.40	11.40	6.15	4.40	11.40	7.70	4.62	11.90
42	8.22	5.80	4.40	11.40	6.15	4.40	11.40	7.70	4.62	11.90
43	8.51	5.75	4.45	11.40	6.10	4.45	11.40	7.65	4.67	11.90
44	8.77	5.75	4.50	11.40	6.10	4.50	11.40	7.65	4.73	11.90
45	9.03	5.75	4.55	11.40	6.10	4.55	11.40	7.65	4.78	11.90
46	9.36	5.75	4.61	11.40	6.10	4.61	11.40	7.65	4.84	11.90
47	9.51	5.75	4.64	11.40	6.10	4.64	11.40	7.65	4.87	11.90
48	9.62	5.75	4.66	11.40	6.10	4.66	11.40	7.65	4.90	11.90
49	9.79	5.75	4.70	11.40	6.10	4.70	11.40	7.65	4.93	11.90
50	9.85	5.75	4.71	11.40	6.10	4.71	11.40	7.65	4.94	11.90
51	9.93	5.75	4.72	11.40	6.10	4.72	11.40	7.65	4.96	11.90
52	10.07	5.75	4.75	11.40	6.10	4.75	11.40	7.65	4.99	11.90
53	10.21	5.75	4.78	11.40	6.10	4.78	11.40	7.65	5.02	11.90
54	10.32	5.75	4.80	11.40	6.10	4.80	11.40	7.65	5.04	11.90
55	10.46	5.75	4.83	11.40	6.10	4.83	11.40	7.65	5.07	11.90
56	10.68	5.75	4.85	11.40	6.10	4.85	11.40	7.65	5.09	11.90
57	10.92	5.75	4.90	11.40	6.10	4.90	11.40	7.65	5.15	11.90
58	11.12	5.75	4.95	11.40	6.10	4.95	11.40	7.65	5.20	11.90
59	11.36	5.75	5.00	11.40	6.10	5.00	11.40	7.65	5.25	11.90
60	11.62	5.75	5.05	11.40	6.10	5.05	11.40	7.65	5.30	11.90
61	11.91	5.75	5.10	11.40	6.10	5.10	11.40	7.65	5.36	11.90
62	12.14	5.70	5.15	11.40	6.05	5.15	11.40	7.60	5.41	11.90
63	12.42	5.70	5.20	11.40	6.05	5.20	11.40	7.60	5.46	11.90
64	12.62	5.70	5.20	11.40	6.05	5.20	11.40	7.60	5.46	11.90
65	12.82	5.70	5.22	11.40	6.05	5.22	11.40	7.60	5.48	11.90
66	13.00	5.70	5.27	11.40	6.05	5.27	11.40	7.60	5.53	11.90
67	13.18	5.70	5.31	11.40	6.05	5.31	11.40	7.60	5.58	11.90
68	13.35	5.70	5.36	11.40	6.05	5.36	11.40	7.60	5.62	11.90
69	13.54	5.70	5.40	11.40	6.05	5.40	11.40	7.60	5.67	11.90
70	13.63	5.70	5.43	11.40	6.05	5.43	11.40	7.60	5.70	11.90
71	13.72	5.70	5.45	11.40	6.05	5.45	11.40	7.60	5.72	11.90
72	13.81	5.70	5.45	11.40	6.05	5.45	11.40	7.60	5.72	11.90
73	13.91	5.70	5.45	11.40	6.05	5.45	11.40	7.60	5.72	11.90
74	14.01	5.70	5.50	11.40	6.05	5.50	11.40	7.60	5.77	11.90
75	14.12	5.70	5.50	11.40	6.05	5.50	11.40	7.60	5.78	11.90
76	14.27	5.70	5.55	11.40	6.05	5.55	11.40	7.60	5.83	11.90
77	14.50	5.70	5.63	11.40	6.05	5.63	11.40	7.60	5.91	11.90
78	14.67	5.70	5.69	11.40	6.05	5.69	11.40	7.60	5.97	11.90
79	14.87	5.70	5.76	11.40	6.05	5.76	11.40	7.60	6.04	11.90

Tabel 2.7: Overzicht toekomstige hydraulische randvoorwaarden per locatie

Nr.	Km-raai	duin/dijk	BKL-jaar	D _{ref} [m]	Opmerkingen
1	0.11	duin	1992	187	
2	0.31	duin	1992	187	
3	0.51	duin	2000	187	
4	0.71	duin	1997	187	
5	1.46			187	
6	1.61			187	
7	1.71			187	
8	1.88			187	
9	2.08	duin	1991	187	
10	2.30	duin	1991	187	
11	2.51	duin	1992	187	
12	2.71			187	
13	2.90			187	
14	3.08			187	
15	3.24			187	
16	3.36			187	
17	3.52			187	
18	3.73			187	
19	3.96			187	
20	4.13			187	
21	4.21			187	
22	4.41			187	
23	4.61	duin	1991	187	
24	4.83			188	
25	4.96			189	
26	5.12			189	
27	5.30			190	
28	5.58			191	
29	5.84			192	
30	6.02			193	
31	6.19			194	
32	6.38			195	
33	6.63			196	
34	6.84			197	
35	7.05			198	
36	7.30			199	
37	7.51			200	
38	7.68			201	
39	7.78			201	
40	7.91			202	
41	8.02	duin	2000	202	
42	8.22	duin	1991	202	
43	8.51	duin	2000	202	
44	8.77			204	
45	9.03			205	
46	9.36			207	
47	9.51			208	
48	9.62			208	
49	9.79			209	
50	9.85			210	
51	9.93			210	
52	10.07			211	
53	10.21			212	
54	10.32			212	
55	10.46			213	
56	10.68	duin	1993	214	
57	10.92	duin	1992	215	
58	11.12	duin	1992	217	
59	11.36	duin	1989	219	
60	11.62	duin	1992	221	
61	11.91	duin	1992	222	
62	12.14	duin	1997	225	
63	12.42		2000	226	
64	12.62		2000	213	
65	12.82		2000	214	
66	13.00			216	
67	13.18			218	
68	13.35			220	
69	13.54			222	
70	13.63		2001	223	
71	13.72	duin	2003	223	
72	13.81	duin	2001	228	
73	13.91	duin	2002	233	
74	14.01	duin	2001	238	
75	14.12	duin	2002	243	
76	14.27	duin	1990	248	
77	14.50	duin		256	
78	14.67			262	
79	14.87			269	

Tabel 2.9: Overzicht aanvullende informatie per locatie

Nr	Km raai	duin/dijk	Versterking volumes [m³/m]		Breedte versterking [m]		Opmerkingen
			1 - landwaarts	2 - zeewaarts	1 - landwaarts	2 - zeewaarts	
1	0.11	duin					
2	0.31	duin					
3	0.51	duin					
4	0.71	duin					
5	1.46						
6	1.61		252	200	-37	35	
7	1.71		381	271	-51	42	
8	1.88						
9	2.08	duin					
10	2.30	duin					
11	2.51	duin					
12	2.71		117	100	-26	13	
13	2.90		95	232	-18	55	
14	3.08		521	619	-76	73	
15	3.24		528	1956	-83	148	
16	3.36		746	2769	-120	153	
17	3.52		1208	3134	-173	147	
18	3.73		496	2539	-112	154	
19	3.96		534	2247	-86	155	
20	4.13		1026	3330	-162	146	
21	4.21		934	3353	-141	167	
22	4.41		71	2440	-18	194	
23	4.61	duin					
24	4.83						
25	4.96						
26	5.12		25	34	-7	7	
27	5.30						
28	5.58		19	41	-13	8	
29	5.84						
30	6.02						
31	6.19						
32	6.38						
33	6.63		90	126	-25	25	
34	6.84		163	160	-27	37	
35	7.05						
36	7.30		102	121	-25	20	
37	7.51		209	234	-37	40	
38	7.68		94	104	-21	14	
39	7.78		293	352	-49	51	
40	7.91		57	67	-17	17	
41	8.02	duin					
42	8.22	duin					
43	8.51	duin					
44	8.77						
45	9.03						
46	9.36		129	148	-24	39	
47	9.51		114	93	-27	27	
48	9.62		75	108	-21	31	
49	9.79						
50	9.85						
51	9.93		67	121	-12	32	
52	10.07		88	166	-20	34	
53	10.21		155	210	-25	41	
54	10.32		106	209	-25	42	
55	10.46						
56	10.68	duin					
57	10.92	duin					
58	11.12	duin					
59	11.36	duin					
60	11.62	duin					
61	11.91	duin					
62	12.14	duin					
63	12.42						
64	12.62						
65	12.82						
66	13.00						
67	13.18						
68	13.35		107	293	-34	54	
69	13.54						
70	13.63		75	102	10	14	
71	13.72	duin					
72	13.81	duin					
73	13.91	duin					
74	14.01	duin					
75	14.12	duin					
76	14.27	duin					
77	14.50	duin					
78	14.67						
79	14.87						

Tabel 3 1: Resultaten huidige situatie

Nr.	Km-raai	duin/d.k.	Versterkingvolumes [m ³ /m]				Breedte versterking [m]				Opmerkingen
			A - 0 jaar	B - 50 jaar	C - 100 jaar	D - 200 jaar	A - 0 jaar	B - 50 jaar	C - 100 jaar	D - 200 jaar	
1	0.11	duin				178				-44	
2	0.31	duin				586				-87	
3	0.51	duin		13	73	535		-3	-16	-51	
4	0.71	duin				716		-7	-20	-68	
5	1.46			22	124	1051		-47	-52	-93	
6	1.61		252	362	437	1161	37	-47	-52	-103	
7	1.71		381	464	535	557	51	-57	-61	-77	
8	1.88					669				-70	
9	2.08	duin				688				-70	
10	2.30	duin				715				-74	
11	2.51	duin				975				-102	
12	2.71		117	238	340	948	-26	-41	-50	-86	
13	2.90		95	201	285	1336	-18	-30	-38	-129	
14	3.08		521	588	674	1385	-76	-80	-86	-140	
15	3.24		528	593	670	1781	-83	-87	-91	-178	
16	3.36		746	825	914	2251	-120	-122	-125	-213	
17	3.52		1208	1284	1376	1526	-173	-171	-171	-169	
18	3.73		496	563	632	1434	-112	-115	-117	-138	
19	3.96		534	585	653	2211	-86	-86	-89	-222	
20	4.13		1026	1115	1225	2036	-162	-170	-172	-209	
21	4.21		934	1019	1123	1427	-141	-160	-162	-136	
22	4.41		71	164	693	554	-18	-32	-94	-67	
23	4.61	duin				590				-106	
24	4.83			88	144	766		-36	-64	-81	
25	4.96				79	958				-87	
26	5.12		25	164	264	858	-7	-25	-39	-82	
27	5.30			77	198	704		-14	-28	-89	
28	5.58		19	119	202	746	-13	-30	-42	-78	
29	5.84			13	111	706		-7	-24	-84	
30	6.02					666				-74	
31	6.19				54	646			-15	-68	
32	6.38				13	964			-10	-100	
33	6.63		90	199	295	1043	-25	-38	-47	-98	
34	6.84		163	283	342	742	-27	-41	-45	-78	
35	7.05			18	136	900		-7	-22	-97	
36	7.30		102	189	255	1112	-25	-39	-46	-106	
37	7.51		209	280	326	973	-37	-46	-53	-110	
38	7.68		94	193	279	1185	-21	-38	-47	-114	
39	7.78		293	360	433	931	-49	-55	-62	-89	
40	7.91		57	181	289	194	-17	-34	-45	-59	
41	8.02	duin				189				-41	
42	8.22	duin				539				-58	
43	8.51	duin				164				-42	
44	8.77					247				-53	
45	9.03					880				-73	
46	9.36		129	203	305	810	-24	-30	-39	-70	
47	9.51		114	150	236	826	-27	-28	-36	-72	
48	9.62		75	140	236	579	-21	-26	-35	-78	
49	9.79				28	753			-14	-79	
50	9.85			16	95	986		-10	-24	-91	
51	9.93		67	122	286	1019	-12	-25	-35	-82	
52	10.07		88	251	349	1064	-20	-31	-40	-93	
53	10.21		155	260	350	1074	-25	-35	-43	-98	
54	10.32		106	252	352	604	-25	-35	-44	-71	
55	10.45					720				-85	
56	10.68	duin			12	554			-9	-57	
57	10.92	duin				414				-43	
58	11.12	duin				264				-30	
59	11.36	duin				317				-55	
60	11.62	duin				199				-33	
61	11.91	duin				280				-50	
62	12.14	duin									
63	12.42					278				-35	
64	12.62					513				-64	
65	12.82				59	732			-18	-79	
66	13.00				134	632		-22	-40	-101	
67	13.18			64	139	936		-41	-49	-101	
68	13.35		107		223		-34				
69	13.54										
70	13.63		75	119	177	961	10	-77	-83	-128	
71	13.72	duin			0	487			-82	-31	
72	13.81	duin			36	742			-81	-121	
73	13.91	duin				576				-97	
74	14.01	duin				592				-96	
75	14.12	duin				460				-71	
76	14.27	duin				97				-13	
77	14.50	duin				146				-57	
78	14.67					547				-60	
79	14.87			81	190	747		-13	-26	-73	

Tabel 3.2a: Resultaten voor langwaarse versterkingen (zonder bodemstijging)

Nr.	Km-raai	duin/gk	Versterking/volumes [m³/m]				Breedte versterking [m]				Opmerkingen
			A - 0 jaar	B - 50 jaar	C - 100 jaar	D - 200 jaar	A - 0 jaar	B - 50 jaar	C - 100 jaar	D - 200 jaar	
1	0.11	duin				127				-37	
2	0.31	duin				272				-70	
3	0.51	duin			15	360			-3	-28	
4	0.71	duin				579			-13	-59	
5	1.46				65	692	-37	-38	-39	-63	
6	1.61		252	278	310	771	-51	-50	-49	-70	
7	1.71		381	400	420	328				-57	
8	1.88					352				-44	
9	2.08	duin				324				-41	
10	2.30	duin				324				-43	
11	2.51	duin				490	-26	-30	-34	-73	
12	2.71		117	149	191	581	-18	-23	-28	-65	
13	2.90		95	135	174	795	-76	-75	-74	-92	
14	3.08		521	527	532	853	-83	-81	-80	-102	
15	3.24		528	526	538	1187	-120	-116	-114	-143	
16	3.36		746	745	758	1706	-173	-167	-162	-183	
17	3.52		1208	1208	1213	1100	-112	-109	-106	-134	
18	3.73		496	540	577	838	-86	-80	-77	-100	
19	3.96		534	515	509	1703	-162	-165	-162	-189	
20	4.13		1026	1040	1070	1536	-141	-155	-152	-179	
21	4.21		934	941	961	541	-18	-23	-29	-65	
22	4.41		71	102	148	272				-42	
23	4.61	duin				454		-28	-53	-82	
24	4.83			58	94	508				-61	
25	4.96					611	-7	-14	-22	-62	
26	5.12		25	78	134	469		-4	-13	-59	
27	5.30			7	65	461	-13	-19	-26	-61	
28	5.58		19	55	105	395			-8	-57	
29	5.84				18	515				-68	
30	6.02					406				-55	
31	6.19					397				-52	
32	6.38					511	-25	-28	-33	-68	
33	6.63		90	122	168	498	-27	-31	-33	-68	
34	6.84		163	194	220	444			-7	-57	
35	7.05				16	534	-25	-30	-34	-69	
36	7.30		102	140	182	665	-37	-38	-39	-72	
37	7.51		209	221	234	432	-21	-29	-32	-68	
38	7.68		94	124	152	574	-49	-48	-48	-74	
39	7.78		293	295	304	432	-17	-23	-27	-52	
40	7.91		57	98	138	134				-45	
41	8.02	duin				21				-9	
42	8.22	duin				129				-28	
43	8.51	duin									
44	8.77					117				-29	
45	9.03					720	-24	-26	-30	-66	
46	9.36		129	165	213	736	-27	-23	-31	-66	
47	9.51		114	114	191	703	-21	-22	-29	-66	
48	9.62		75	107	182	300				-51	
49	9.79					364			-11	-51	
50	9.85				18	572	-12	-18	-24	-58	
51	9.93		67	99	127	582	-20	22	-26	-47	
52	10.07		88	170	207	665	-25	27	-31	-60	
53	10.21		155	188	235	650	-25	-28	-31	-64	
54	10.32		106	187	217	184				-35	
55	10.46					211				-41	
56	10.68	duin				68				-14	
57	10.92	duin									
58	11.12	duin									
59	11.36	duin									
60	11.62	duin									
61	11.91	duin									
62	12.14	duin									
63	12.42					120				-24	
64	12.62					297				-42	
65	12.82					313		-12	-23	-61	
66	13.00			28	62	451	-34	-35	-35	-61	
67	13.18		107	131	149						
68	13.35										
69	13.54										
70	13.63		75	113	156	439	10	-70	-68	-86	
71	13.72	duin				265				-13	
72	13.81	duin				269				-80	
73	13.91	duin				149				-56	
74	14.01	duin				157				-54	
75	14.12	duin				77				-24	
76	14.27	duin									
77	14.50	duin									
78	14.67										
79	14.87			27	60	420		-6	-11	-52	

Tabel 3.2b: Resultaten voor landwaarde versterkingen (met bodemstijging)

Nr.	Km-raai	duin/dijk	Versterkingsvolumes [m³/m]				Breedte versterking [m]				Opmerkingen
			A - 0 jaar	B - 50 jaar	C - 100 jaar	D - 200 jaar	A - 0 jaar	B - 50 jaar	C - 100 jaar	D - 200 jaar	
1	0.11	duin				254				46	
2	0.31	duin				820				85	
3	0.51	duin		23	83	746		1	10	96	
4	0.71	duin				1108				143	
5	1.46			32	167	1905		10	34	180	
6	1.61		200	335	515	2394	35	51	69	199	
7	1.71		271	410	575	1112	42	56	71	132	
8	1.88					1008				107	
9	2.08	duin				681				74	
10	2.30	duin				797				81	
11	2.51	duin				1572				144	
12	2.71		100	194	304	3231	13	25	37	257	
13	2.90		232	426	603	4274	55	80	98	256	
14	3.08		619	1029	1873	5255	73	110	170	250	
15	3.24		1956	2345	2709	6377	148	160	171	256	
16	3.36		2769	3184	3584	6551	153	165	176	240	
17	3.52		3134	3196	3625	6057	147	147	159	251	
18	3.73		2539	2727	3164	5832	154	158	170	260	
19	3.96		2247	2467	2916	7475	155	160	172	252	
20	4.13		3330	3858	4359	4669	146	160	173	257	
21	4.21		3353	3419	3490	1070	167	167	167	111	
22	4.41		2440	2552	2638	1967	194	195	195	201	
23	4.61	duin				1218				135	
24	4.83			135	308	1438		21	43	139	
25	4.96	duin				1442				153	
26	5.12		34	136	244	1417	7	23	36	136	
27	5.30			97	219	1174				109	
28	5.58		41	148	267	961	8	24	38	122	
29	5.84			42	155	1078		13	31	123	
30	6.02					1043				147	
31	6.19				96	1498			20	151	
32	6.38				31	1503			8	145	
33	6.63		126	240	396	1283	25	39	57	149	
34	6.84		160	319	468	1448	37	57	72	155	
35	7.05			58	224	1662		27	51	133	
36	7.30		121	252	401	1735	20	38	64	207	
37	7.51		234	426	607	2492	40	62	79	136	
38	7.68		104	235	378	1394	14	31	47	175	
39	7.78		352	563	758	1222	51	73	91	40	
40	7.91		67	166	282	339	17	30	43	56	
41	8.02	duin				504				37	
42	8.22	duin				312				64	
43	8.51	duin				513				298	
44	8.77					1554				181	
45	9.03		148	215	325	915	39	51	71	203	
46	9.36		93	184	263	1044	27	43	57	195	
47	9.51		108	188	288	1696	31	46	64	252	
48	9.62				132	2631			32	253	
49	9.79			87	280	3184		25	53	249	
50	9.85		121	279	443	2648	32	54	73	263	
51	9.93		166	313	486	3459	34	52	73	252	
52	10.07		210	377	578	2263	41	61	81	169	
53	10.21		209	381	620	1840	42	62	87	146	
54	10.32					860				84	
55	10.46	duin			70	539			1	58	
56	10.68	duin				499				51	
57	10.92	duin				621				62	
58	11.12	duin				311				42	
59	11.36	duin				465				52	
60	11.62	duin				368				40	
61	11.91	duin				1462				140	
62	12.14	duin				2408				210	
63	12.42				185	2542			35	212	
64	12.62				315	2948		22	43	248	
65	12.82				721		54	75	95		
66	13.00		293	492		4335				303	
67	13.18		102	792	1376	2393	14	94	148	284	
68	13.35	duin			9	2741			23	222	
69	13.54	duin			52	2309			12	205	
70	13.63	duin				2039				169	
71	13.72	duin				931				89	
72	13.81	duin				172				21	
73	13.91	duin				426				68	
74	14.01	duin				421				46	
75	14.12	duin				640		8	20	75	
76	14.27	duin									
77	14.50	duin									
78	14.67	duin									
79	14.87			64	161						

Tabel 3.3a: Resultaten voor zeegwaarste versterkingen (zonder bodemstijging)

Nr.	Km-raai	duin/dijk	Versterkingsvolumes (m³/m)				Breedte versterking (m)				Opmerkingen
			A - 0 jaar	B - 50 jaar	C - 100 jaar	D - 200 jaar	A - 0 jaar	B - 50 jaar	C - 100 jaar	D - 200 jaar	
1	0.11	duin				153				33	
2	0.31	duin				412				49	
3	0.51	duin			27	348			1	67	
4	0.71	duin				594			20	92	
5	1.46				87	950			56	129	
6	1.61		200	253	350	1090	35	43	61	134	
7	1.71		271	332	423	502	42	50		78	
8	1.88					311				41	
9	2.08	duin				236				29	
10	2.30	duin				274				31	
11	2.51	duin				775				92	
12	2.71		100	138	174	2148	13	18	22	244	
13	2.90		232	330	408	3016	55	69	78	245	
14	3.08		619	762	992	4004	73	88	111	241	
15	3.24		1956	2192	2371	5038	148	159	168	247	
16	3.36		2769	3019	3248	5260	153	164	174	232	
17	3.52		3134	3183	3295	4731	147	151	157	243	
18	3.73		2539	2590	2824	4496	154	158	168	252	
19	3.96		2247	2300	2543	5236	155	159	169	250	
20	4.13		3330	3678	3994	3614	146	159	171	245	
21	4.21		3353	3400	3427	319	167	171	174	250	
22	4.41		2440	2504	2578	1078	194	198	202	40	
23	4.61	duin				529				153	
24	4.83			61	168	683		9	25	72	
25	4.96					688				80	
26	5.12		34	76	119	727	7	13	18	93	
27	5.30			26	93	568		8	20	87	
28	5.58		41	84	139	525	8	14	21	72	
29	5.84				53	485			14	58	
30	6.02					798				70	
31	6.19					767				67	
32	6.38					310	25	31	38	101	
33	6.63		126	170	227	612	37	47	56	99	
34	6.84		160	235	310	719			27	86	
35	7.05				70	972			45	92	
36	7.30		121	173	243	896	20	27	63	120	
37	7.51		234	319	411	1139	40	51	31	112	
38	7.68		104	160	216	608	14	23	76	134	
39	7.78		352	465	552	393	51	65	29	77	
40	7.91		67	109	154	37	17	23		86	
41	8.02	duin				126				1	
42	8.22	duin								12	
43	8.51	duin									
44	8.77					153				19	
45	9.03					1344				277	
46	9.36		148	179	256	810	39	46	62	164	
47	9.51		93	150	229	972	27	38	53	196	
48	9.62		108	148	238	599	31	39	56	96	
49	9.79					727				115	
50	9.85				98	2138			26	239	
51	9.93		121	202	284	1735	32	44	56	236	
52	10.07		166	233	306	2457	34	43	55	251	
53	10.21		210	283	372	2421	41	50	60	240	
54	10.32		209	293	377	396	42	52	62	39	
55	10.46					299				29	
56	10.68	duin				82				9	
57	10.92	duin									
58	11.12	duin									
59	11.36	duin									
60	11.62	duin									
61	11.91	duin									
62	12.14	duin									
63	12.42					235				31	
64	12.62					1323				162	
65	12.82					1348				158	
66	13.00					1797				211	
67	13.18			61	123			9	18		
68	13.35		293	396	499		54	66	77		
69	13.54										
70	13.63		102	515	1021	3187	14	68	130	288	
71	13.72	duin				1276				242	
72	13.81	duin				1731				202	
73	13.91	duin				894				127	
74	14.01	duin				538				66	
75	14.12	duin				132				18	
76	14.27	duin									
77	14.50	duin									
78	14.67										
79	14.87			21	58	451		2	7	59	

Tabel 3.3b: Resultaten voor zeewaarse versterkingen (met bodemstijging)

Nr.	Km-raai	duin/dijk	Veiligheidsprobleem				Opmerkingen
			A - 0 jaar	B - 50 jaar	C - 100 jaar	D - 200 jaar	
1	0.11	duin					
2	0.31	duin					
3	0.51	duin					
4	0.71	duin					
5	1.46						
6	1.61						
7	1.71						
8	1.88						
9	2.08	duin					
10	2.30	duin					
11	2.51	duin					
12	2.71						
13	2.90						
14	3.08						
15	3.24						
16	3.36						
17	3.52						
18	3.73						
19	3.96						
20	4.13						
21	4.21						
22	4.41						
23	4.61	duin					
24	4.83						
25	4.96						
26	5.12						
27	5.30						
28	5.58						
29	5.84						
30	6.02						
31	6.19						
32	6.38						
33	6.63						
34	6.84						
35	7.05						
36	7.30						
37	7.51						
38	7.68						
39	7.78						
40	7.91						
41	8.02	duin					
42	8.22	duin					
43	8.51	duin					
44	8.77						
45	9.03						
46	9.36						
47	9.51						
48	9.62						
49	9.79						
50	9.85						
51	9.93						
52	10.07						
53	10.21						
54	10.32						
55	10.46						
56	10.68	duin					
57	10.92	duin					
58	11.12	duin					
59	11.36	duin					
60	11.62	duin					
61	11.91	duin					
62	12.14	duin					
63	12.42						
64	12.62						
65	12.82						
66	13.00						
67	13.18						
68	13.35						
69	13.54						
70	13.63						
71	13.72	duin					
72	13.81	duin					
73	13.91	duin					
74	14.01	duin					
75	14.12	duin					
76	14.27	duin					
77	14.50	duin					
78	14.67						
79	14.87						

Tabel 3.4a: Overzicht veiligheidshorizon (zonder bodemstijging)

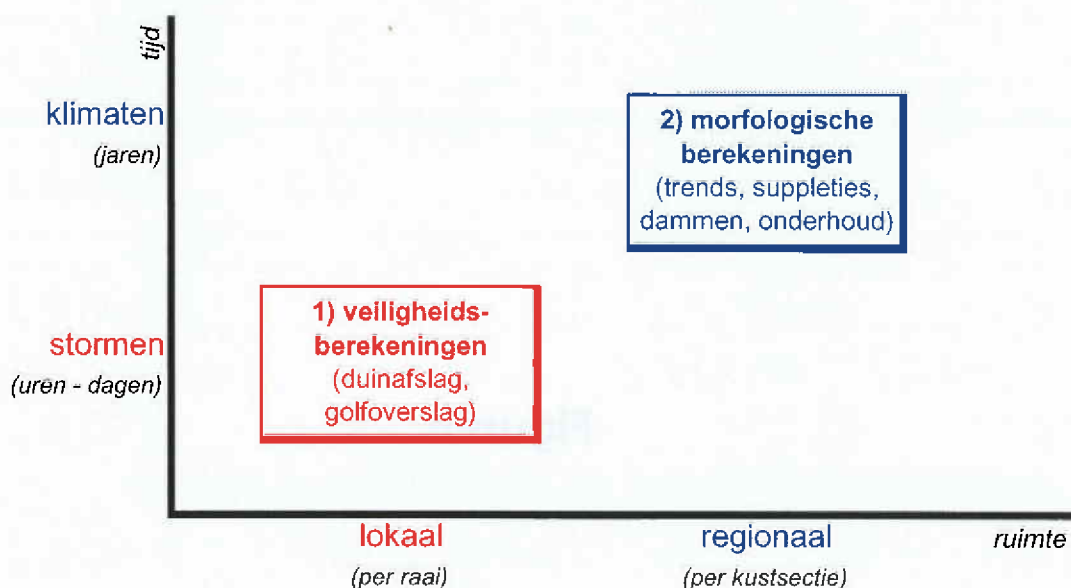
Nr.	Km-raai	duin/dijk	Veiligheidsprobleem				Opmerkingen
			A - 0 jaar	B - 50 jaar	C - 100 jaar	D - 200 jaar	
1	0.11	duin					
2	0.31	duin					
3	0.51	duin					
4	0.71	duin					
5	1.46						
6	1.61						
7	1.71						
8	1.88						
9	2.08	duin					
10	2.30	duin					
11	2.51	duin					
12	2.71						
13	2.90						
14	3.08						
15	3.24						
16	3.36						
17	3.52						
18	3.73						
19	3.96						
20	4.13						
21	4.21						
22	4.41						
23	4.61	duin					
24	4.83						
25	4.96						
26	5.12						
27	5.30						
28	5.58						
29	5.84						
30	6.02						
31	6.19						
32	6.38						
33	6.63						
34	6.84						
35	7.05						
36	7.30						
37	7.51						
38	7.68						
39	7.78						
40	7.91						
41	8.02	duin					
42	8.22	duin					
43	8.51	duin					
44	8.77						
45	9.03						
46	9.36						
47	9.51						
48	9.62						
49	9.79						
50	9.85						
51	9.93						
52	10.07						
53	10.21						
54	10.32						
55	10.46						
56	10.68	duin					
57	10.92	duin					
58	11.12	duin					
59	11.36	duin					
60	11.62	duin					
61	11.91	duin					
62	12.14	duin					
63	12.42						
64	12.62						
65	12.82						
66	13.00						
67	13.18						
68	13.35						
69	13.54						
70	13.63						
71	13.72	duin					
72	13.81	duin					
73	13.91	duin					
74	14.01	duin					
75	14.12	duin					
76	14.27	duin					
77	14.50	duin					
78	14.67						
79	14.87						

Tabel 3.4b: Overzicht veiligheidshorizon (met bodemstijging)

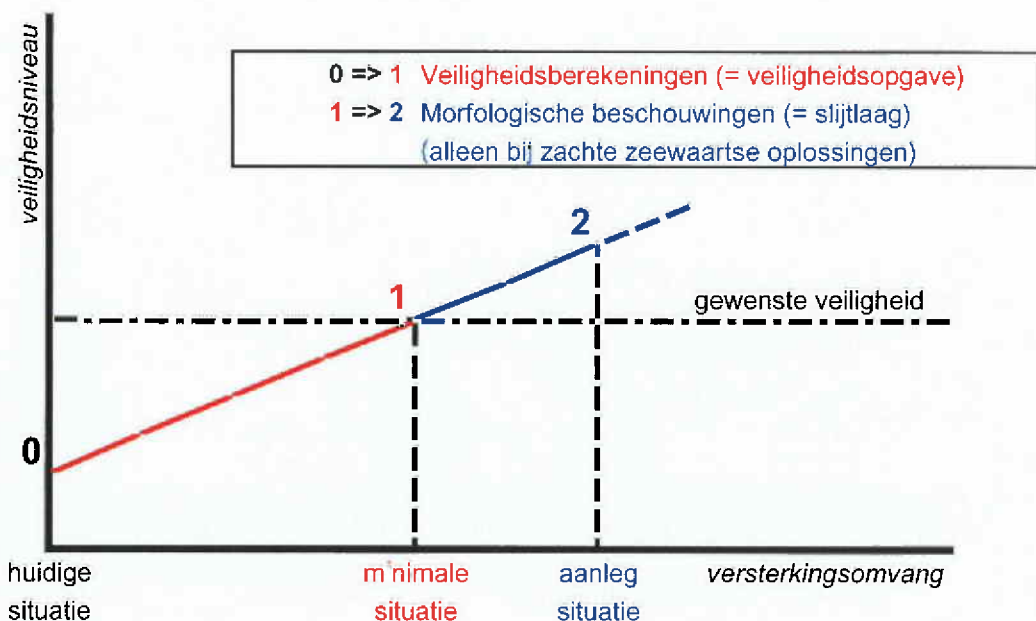
Raz.	K_mod	BCL-1 (m) [m]		morfologie	2002		2003		2004		2005		2006	
		< 2002	> 2002		TKL	TKL-BKL	TKL-BKL	TKL	TKL-BKL	TKL	TKL-BKL	TKL	TKL-BKL	Trend
Broskens	1	16357	268	-26	268	27	0.1	257	35	259	36	258	36	-1.1
	2	18141	205	97	221	24	-2.6	226	29	233	26	233	26	-4.8
	3	18024	148	157	175	18	-5.6	173	16	172	15	172	15	-6.7
	4	17302	158	28	188	9	-2.2	176	3	171	8	171	8	-10.9
	5	17514	139	139	180	31	0.7	176	37	176	37	176	37	0.4
	6	17437	108	108	131	23	0.6	136	28	136	27	136	27	0.6
	7	17378	105	105	121	15	-0.1	123	17	123	17	123	17	0.2
	8	17195	104	104	122	18	-0.3	123	19	123	19	123	19	0.2
	9	17025	85	98	104	6	-0.8	105	11	100	2	107	5	-6.8
	10	16837	78	78	96	18	-2.2	99	21	98	20	100	22	0.5
	11	16652	61	61	97	27	-0.9	101	3	100	30	99	28	-3.7
	12	16480	59	75	110	35	-0.6	107	32	108	34	108	34	-2.0
	13	16324	51	66	65	11	-0.8	69	23	68	28	68	28	-1.6
	14	16181	71	77	69	4	-3.3	65	17	65	18	65	18	-3.3
Polder - Broskens	15	15959	86	78	73	4	-2.0	87	10	86	5	86	5	-3.3
	16	15857	86	78	85	7	-1.0	82	4	82	3	82	3	-0.5
	17	15815	67	75	82	7	-0.5	81	7	81	7	81	7	-1.1
	18	15712	59	48	82	5	-0.6	82	5	82	5	82	5	-1.1
	19	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	20	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	21	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	22	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	23	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	24	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	25	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	26	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	27	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	28	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
Hoogduin - Polder	29	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	30	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	31	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	32	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	33	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	34	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	35	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	36	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	37	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	38	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	39	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	40	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	41	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	42	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	43	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
Hoogduin - Hoogduin	44	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	45	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	46	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	47	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	48	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	49	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	50	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	51	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	52	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	53	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	54	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	55	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	56	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	57	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	58	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
Gemaal - gemaal	59	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	60	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	61	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	62	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	63	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	64	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	65	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	66	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	67	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	68	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	69	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	70	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	71	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	72	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	73	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
Zwin - gemaal	74	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	75	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	76	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	77	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	78	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	79	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	80	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	81	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	82	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	83	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	84	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	85	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	86	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	87	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6
	88	15735	49	48	88	4	-0.6	84	5	84	5	84	5	-0.6

Tabel 5.1: Overzicht BKL- en trendwaarden

Figuren

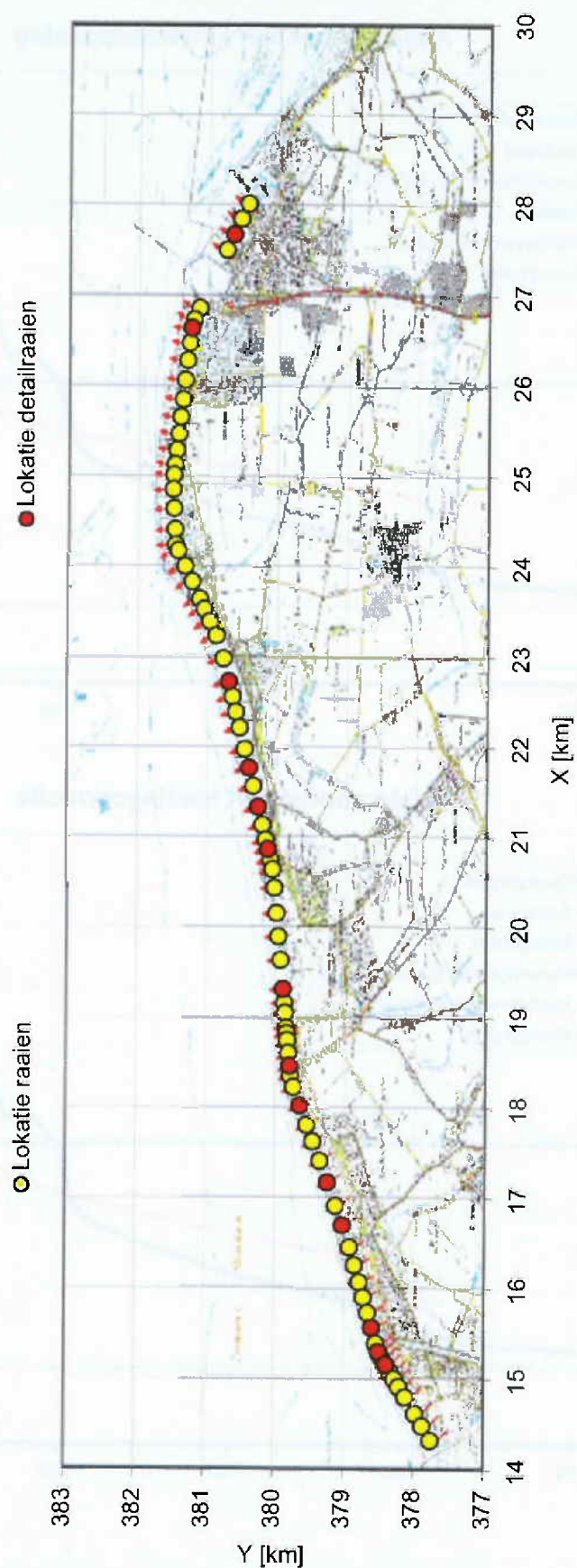


a) Onderzochte aspecten in tijd en ruimte: veiligheid en morfologie

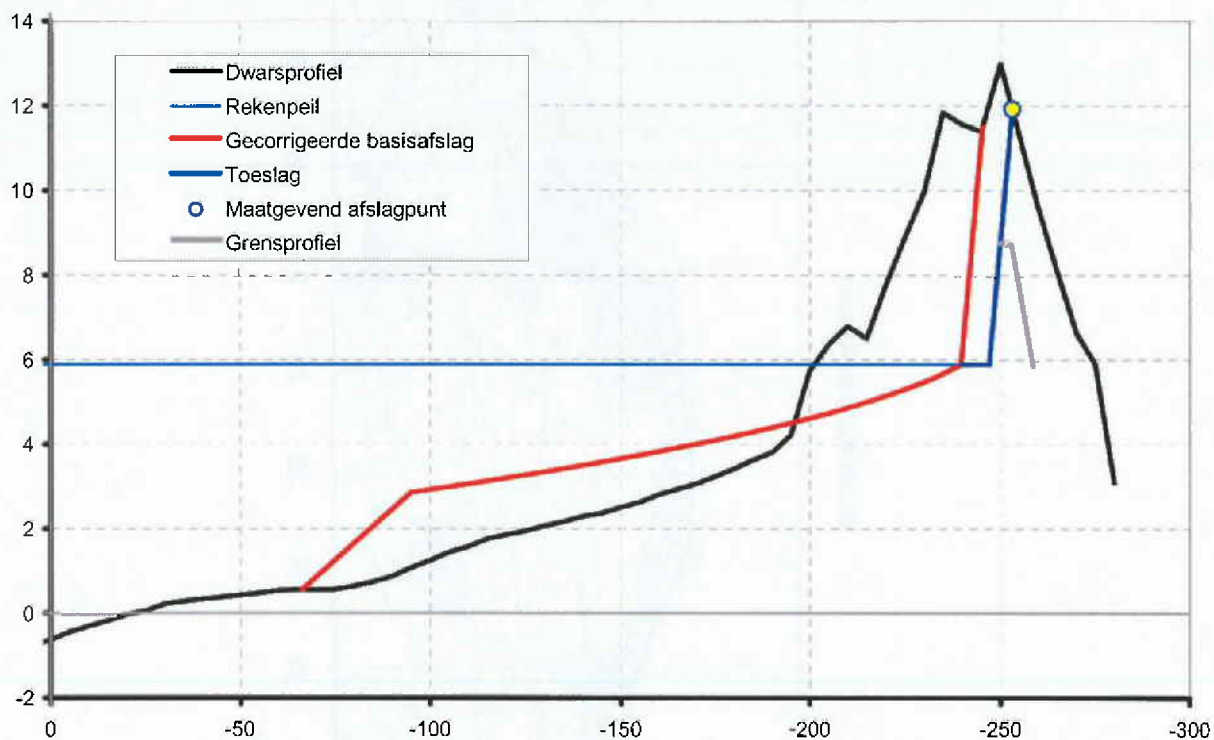
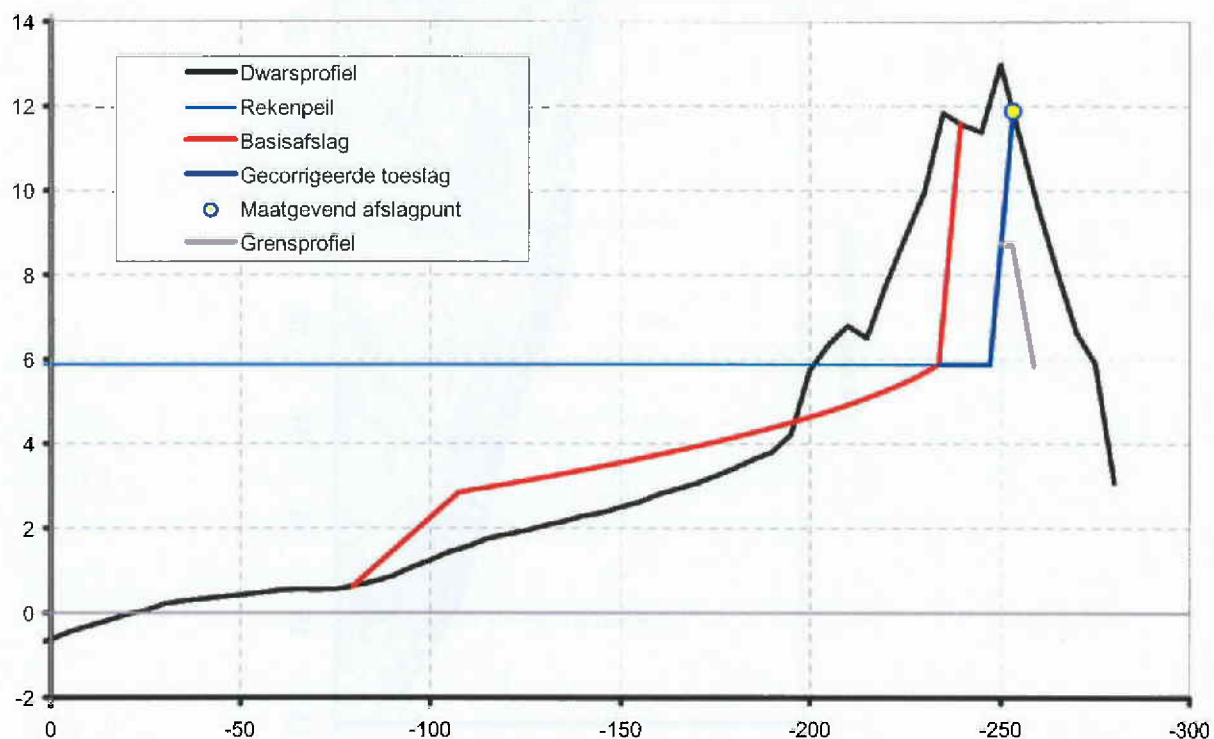


b) Relatie tussen omvang kustversterking en veiligheidsniveau

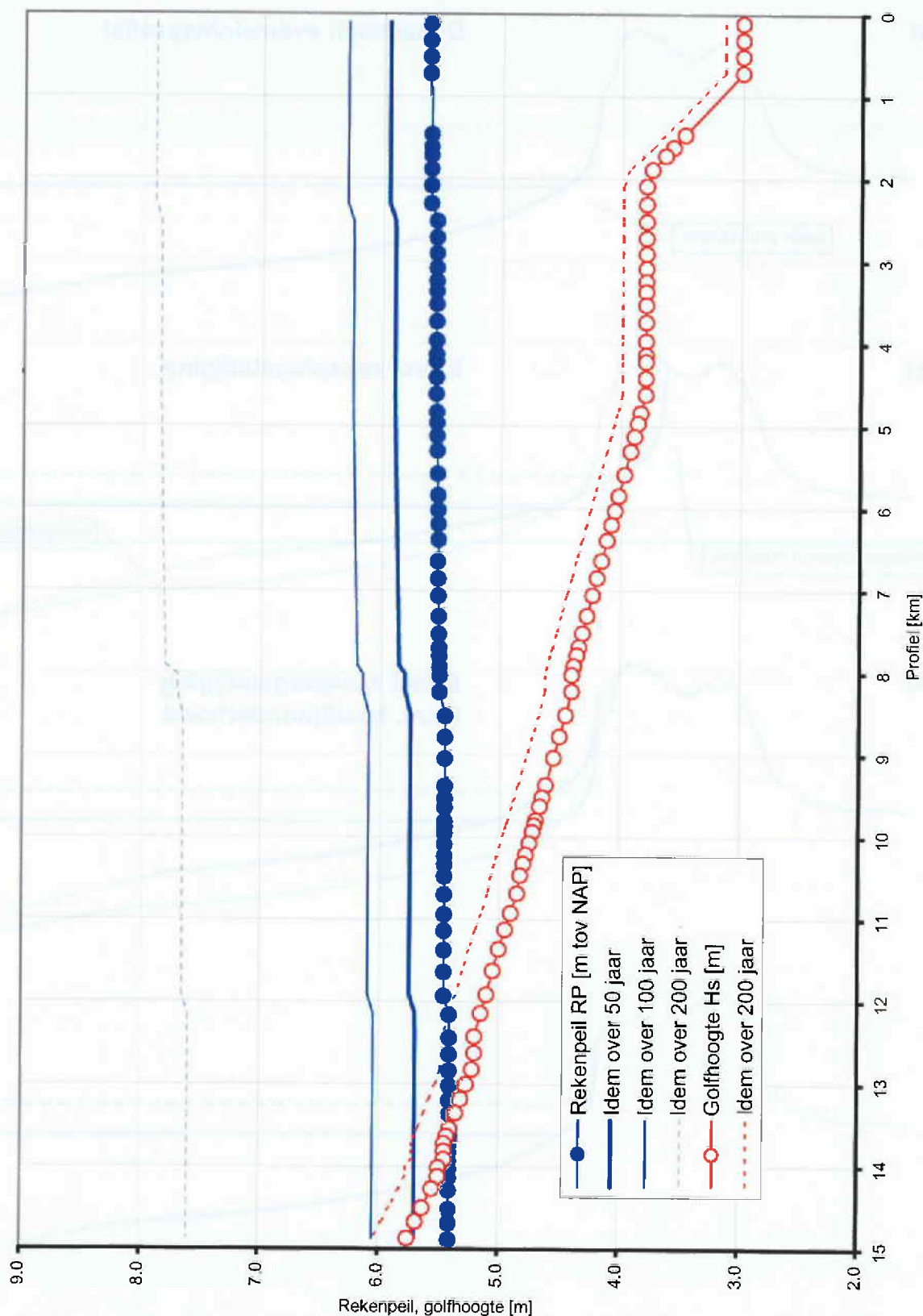
Onderzochte aspecten in tijd en ruimte: veiligheid en morfologie
 Relatie tussen omvang kustversterking en veiligheidsniveau



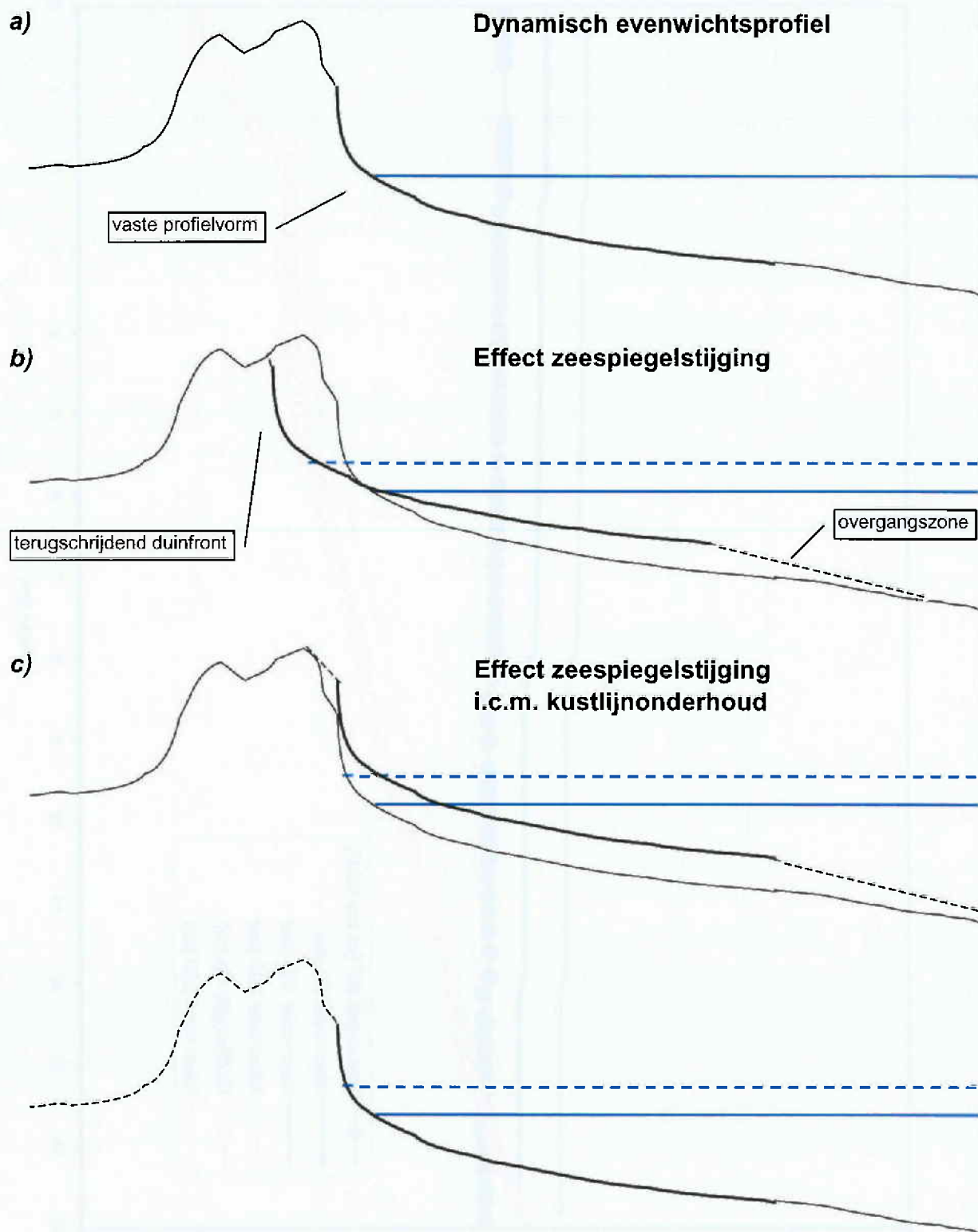
Overzicht westkust Zeeuwsch-Vlaanderen
Locatie beschouwde raaien inclusief detailraaien

Afslagmodel met korrelaanpassing**Afslagmodel met toeslagcorrectie**

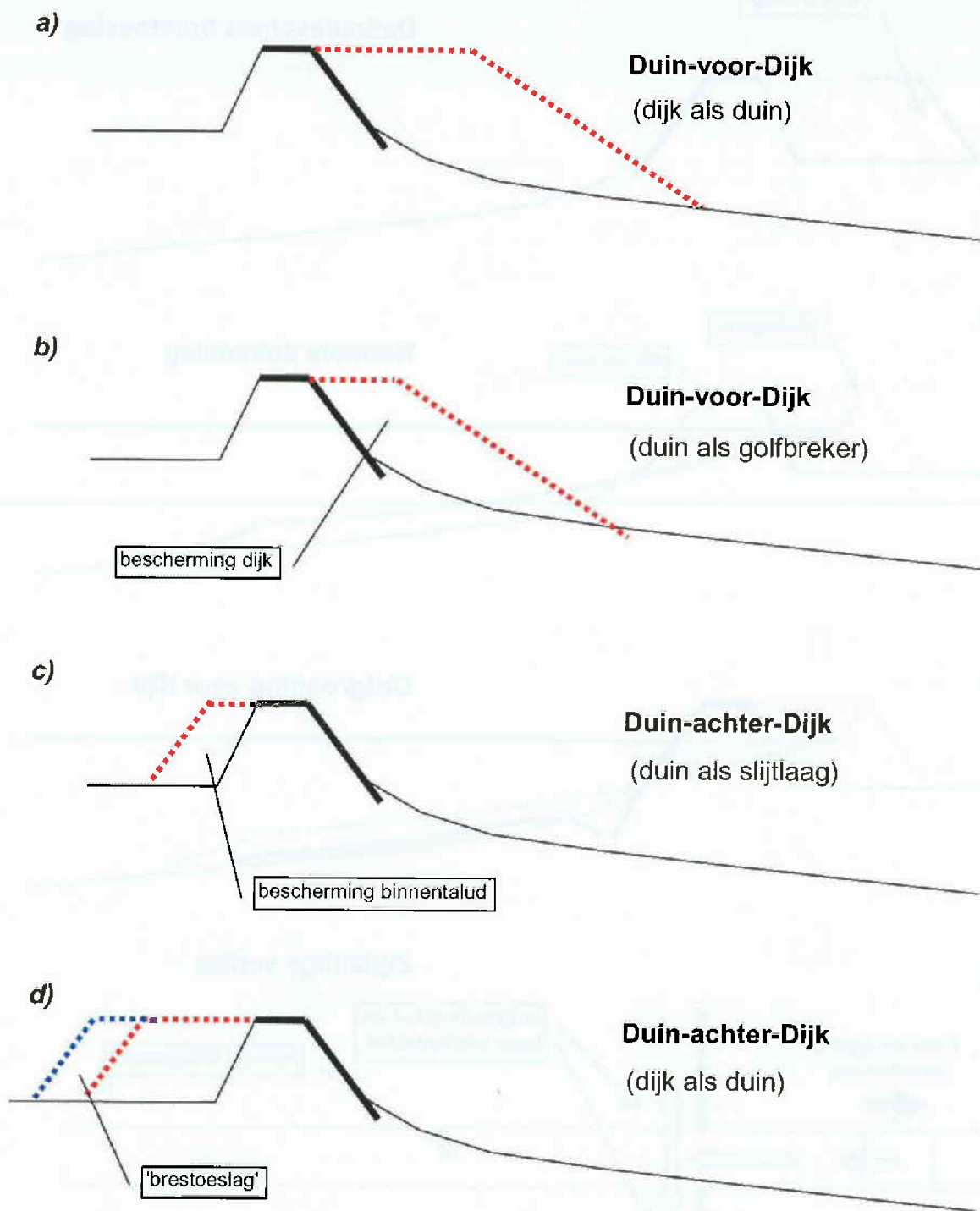
Vergelijking principe gehanteerde duinafslagmodellen
 Afslagmodel met korrelcorrectie en afslagmodel met toeslagcorrectie



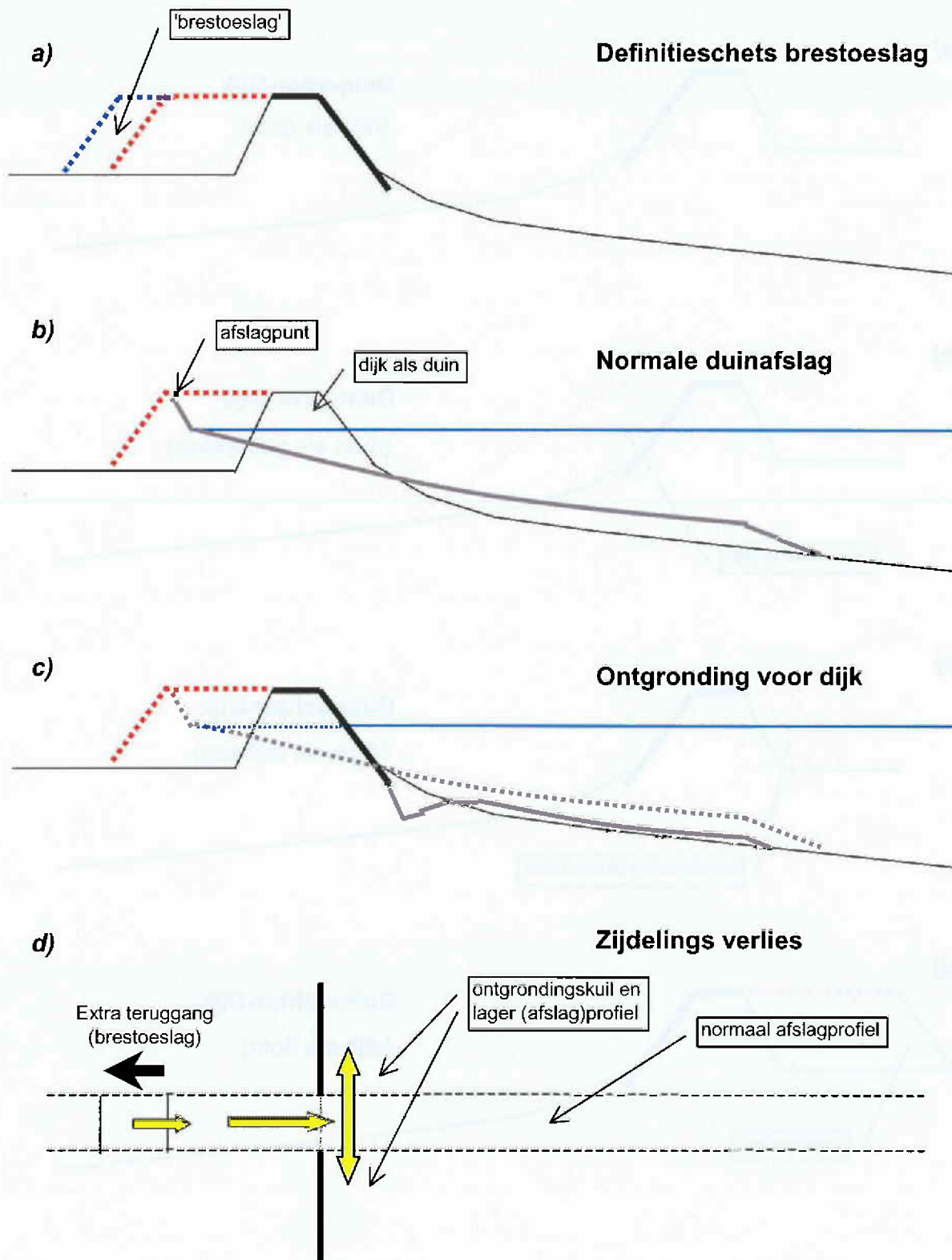
Overzicht langsverdeling rekenpeil en golfhoogte
 Voor huidige situatie en situatie over 50, 100 en 200 jaar



Overzicht mogelijke profielaanpassingen
bij stijgende zeespiegel en kustlijnonderhoud



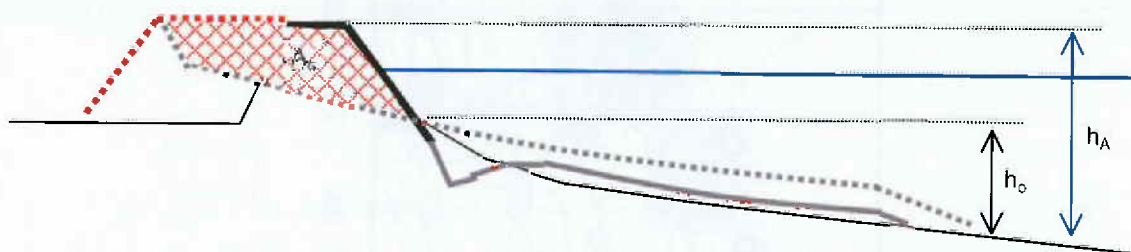
Overzicht mogelijke versterkingsopties bij een (te zwak) dijkprofiel



Brestoeslag' bij een (te zwak) dijkprofiel

a)

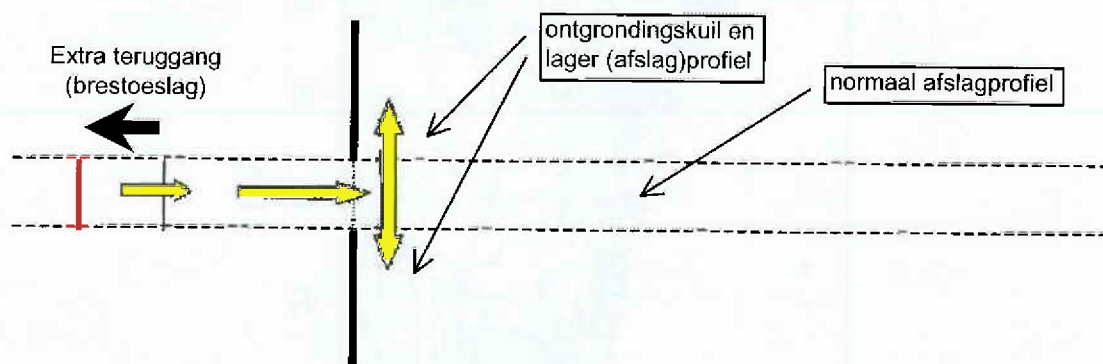
Definities



b)

Achterwaartse aanvoer

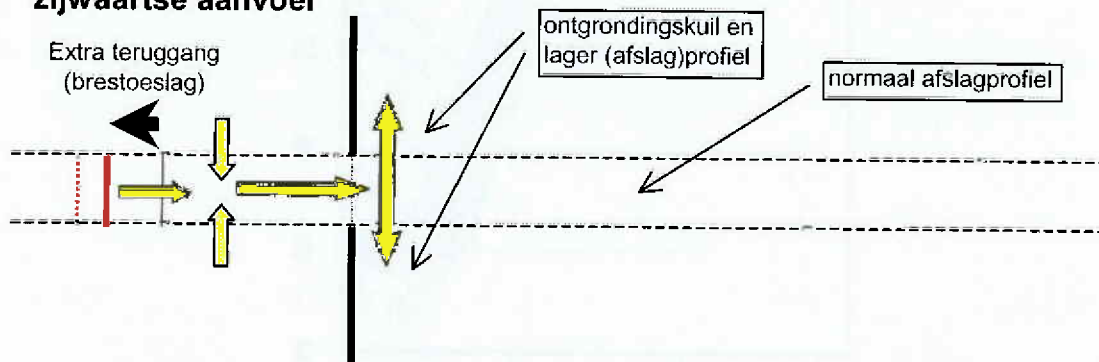
Zijdelingse afvoer



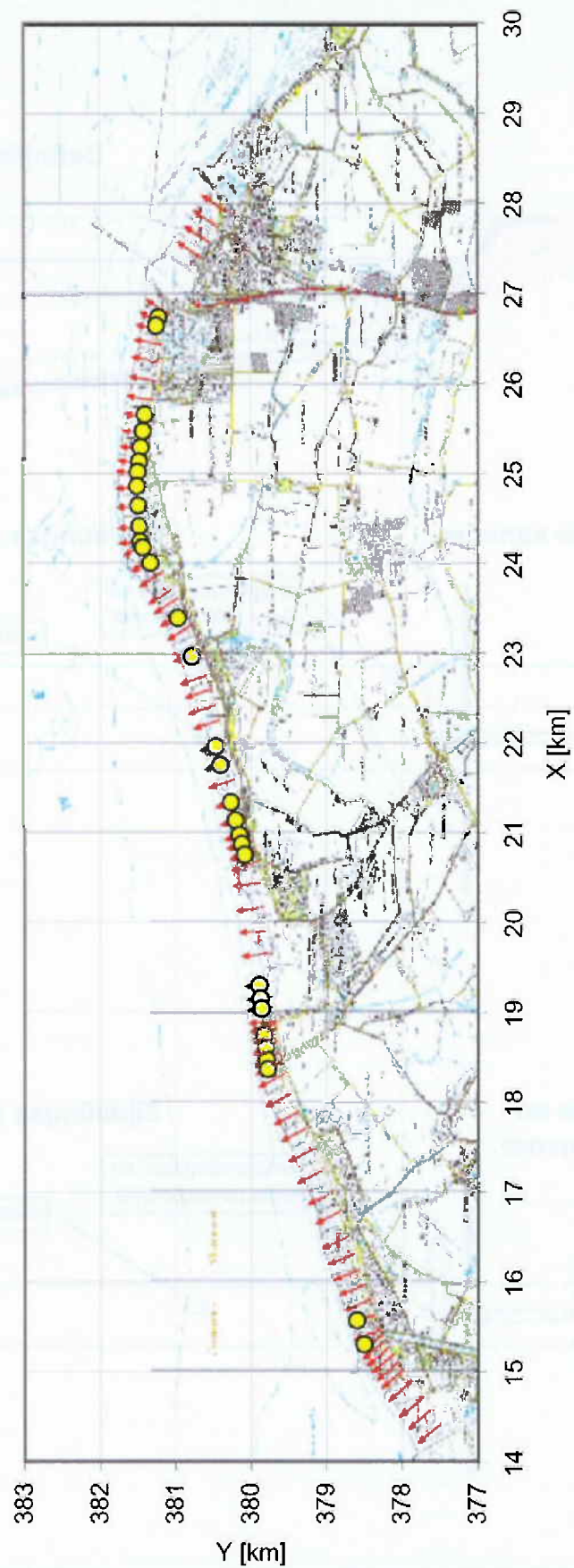
c)

Achterwaartse en zijwaartse aanvoer

Zijdelingse afvoer



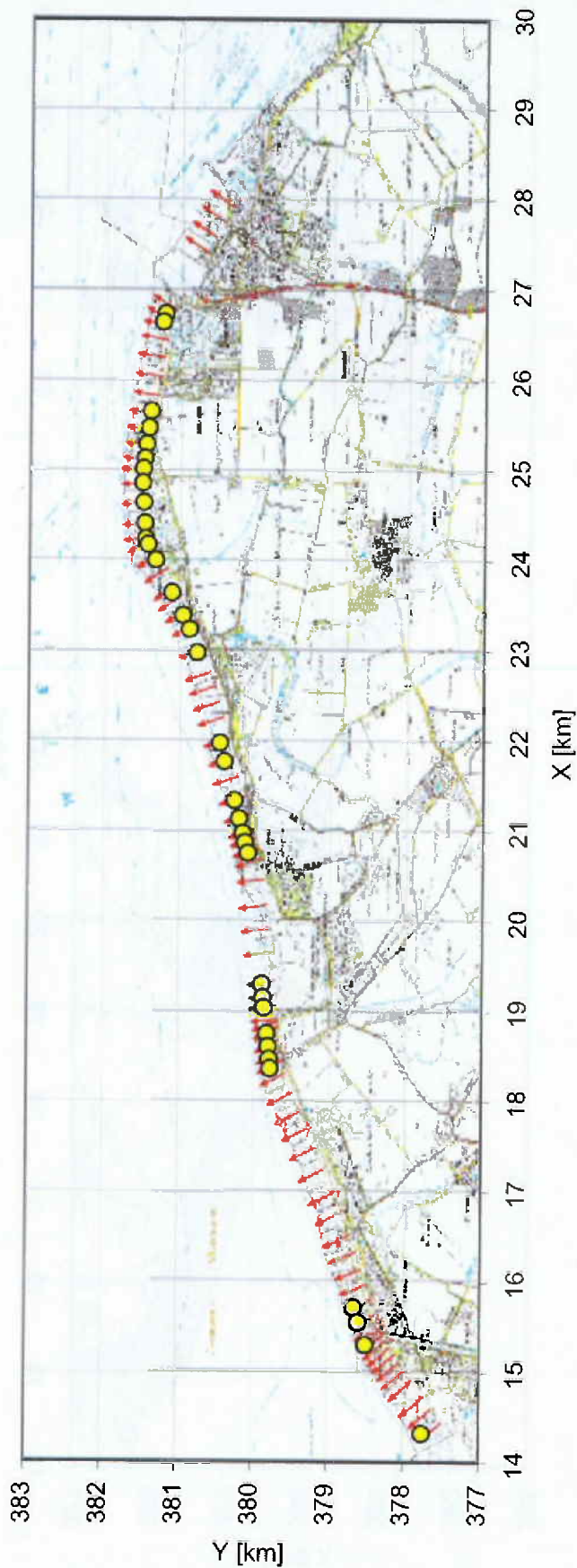
Kwantificering 'brestoeslag'



Overzicht veiligheidsproblematiek

Overzicht zwakke dwarsprofielen huidige situatie

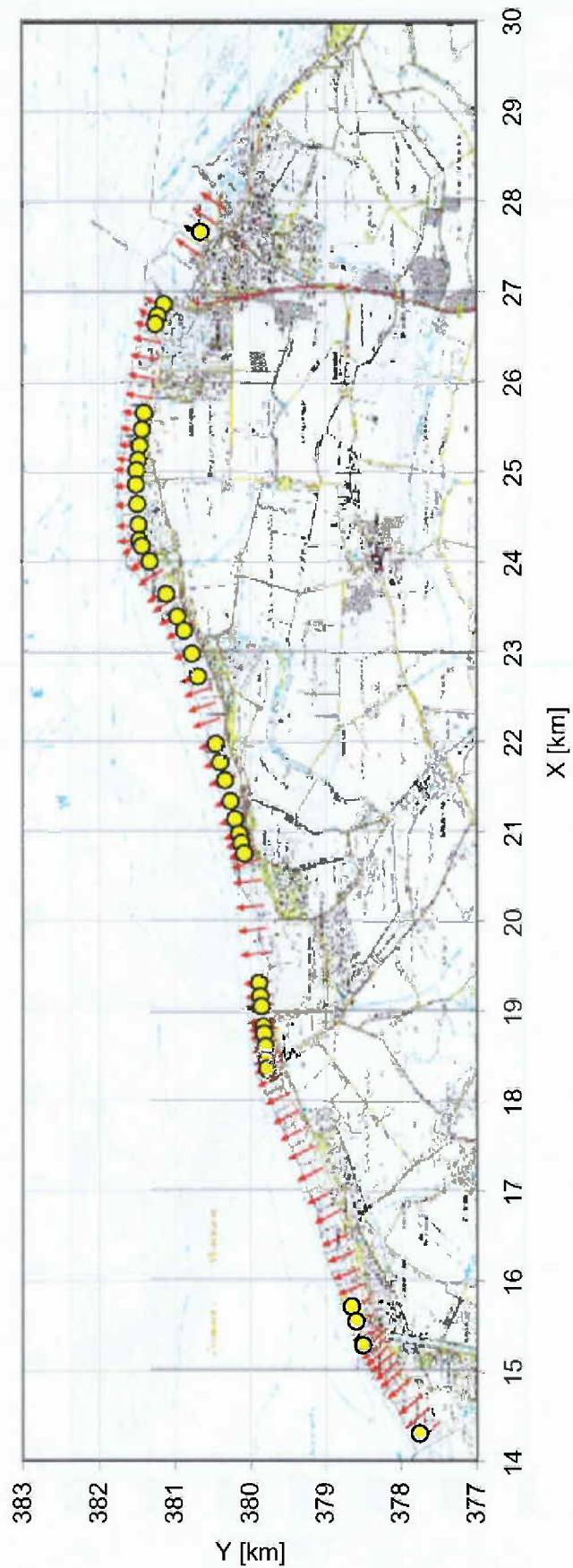
0 jaar



Overzicht veiligheidsproblematiek

Overzicht zwakke dwarsprofielen situatie na 50 jaar

50 jaar



Overzicht veiligheidsproblematiek

Overzicht zwakke dwarsprofielen situatie na 100 jaar

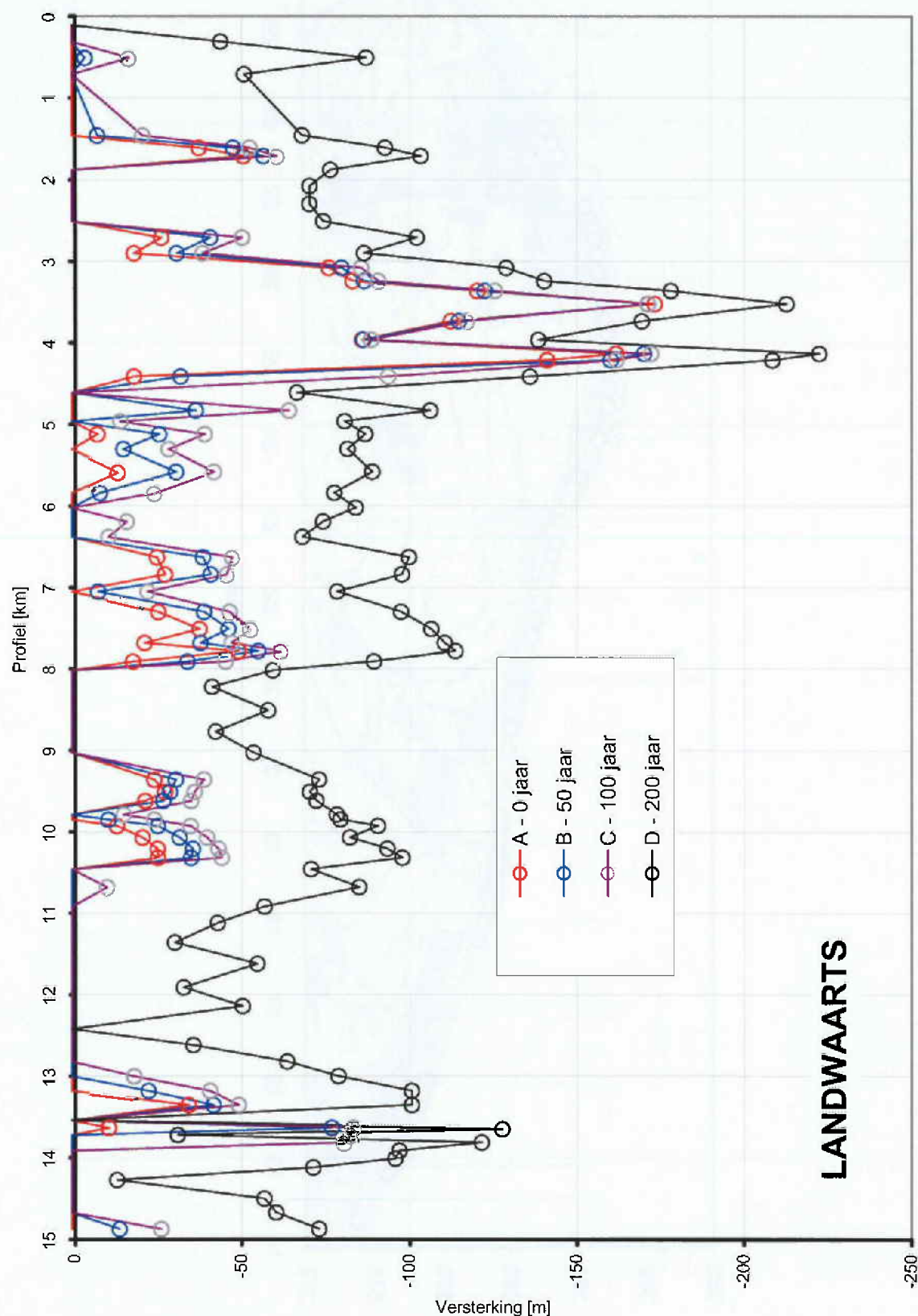
100 jaar



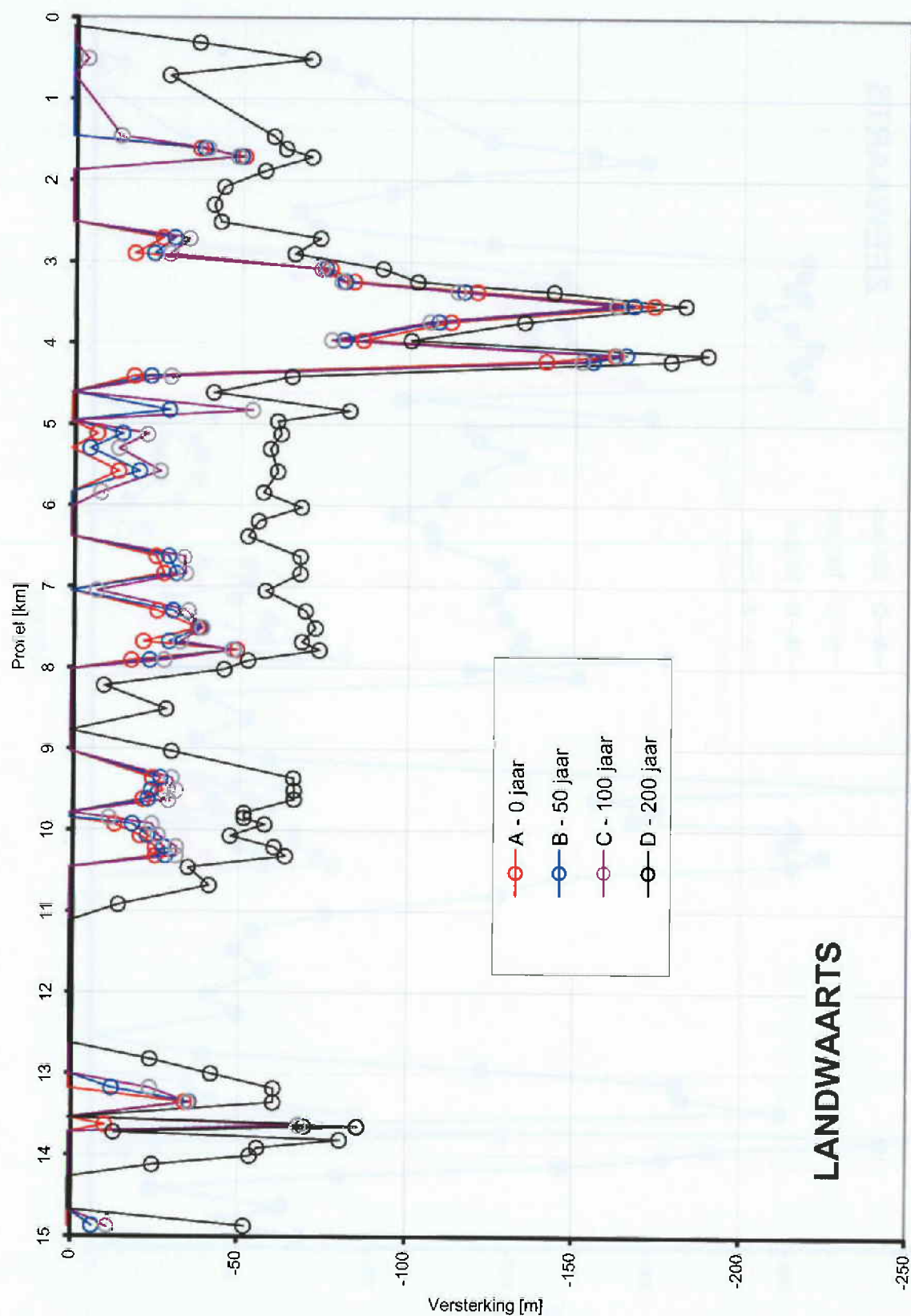
Overzicht veiligheidsproblematiek

Overzicht zwakke dwarsprofielen situatie na 200 jaar

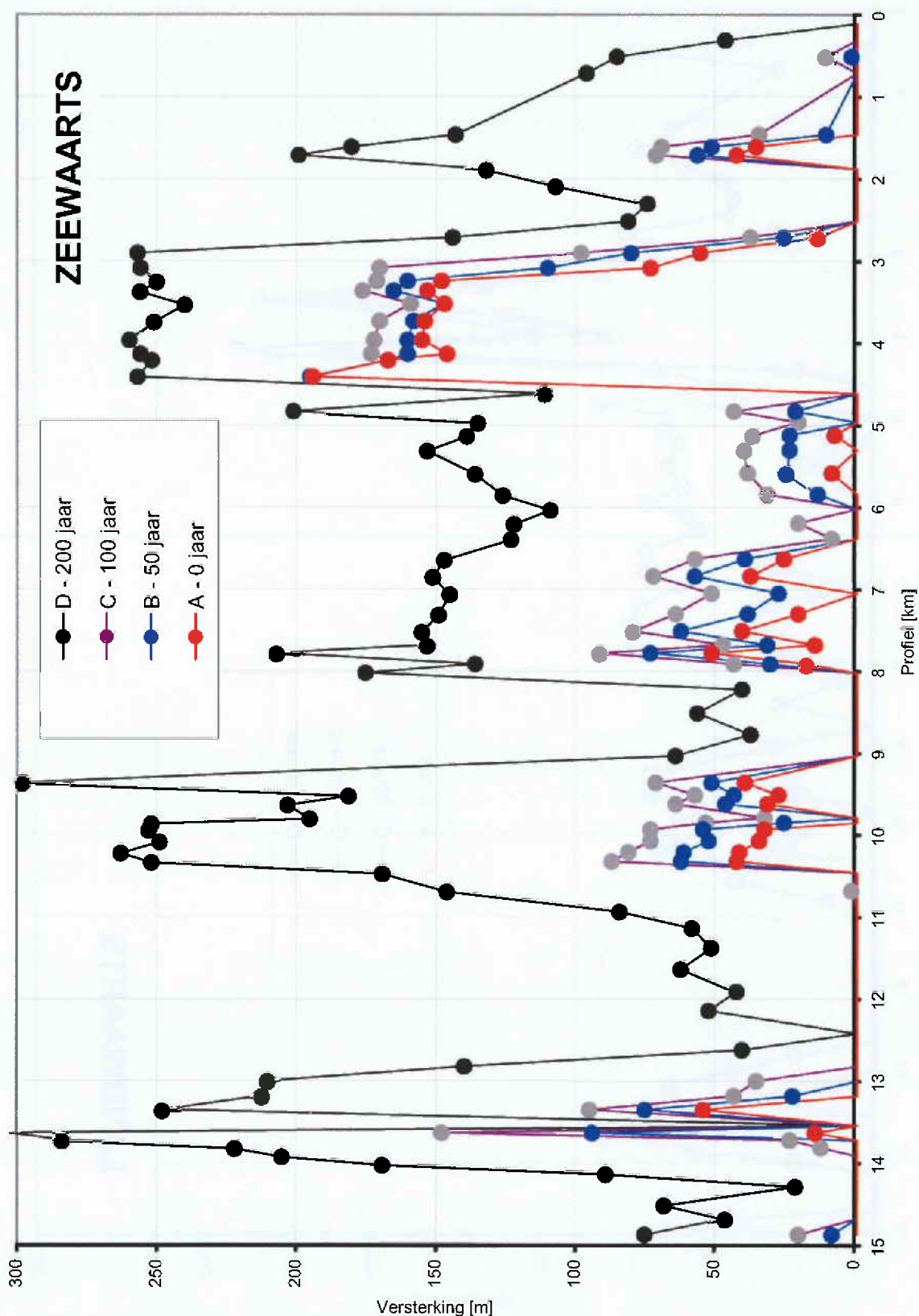
200 jaar



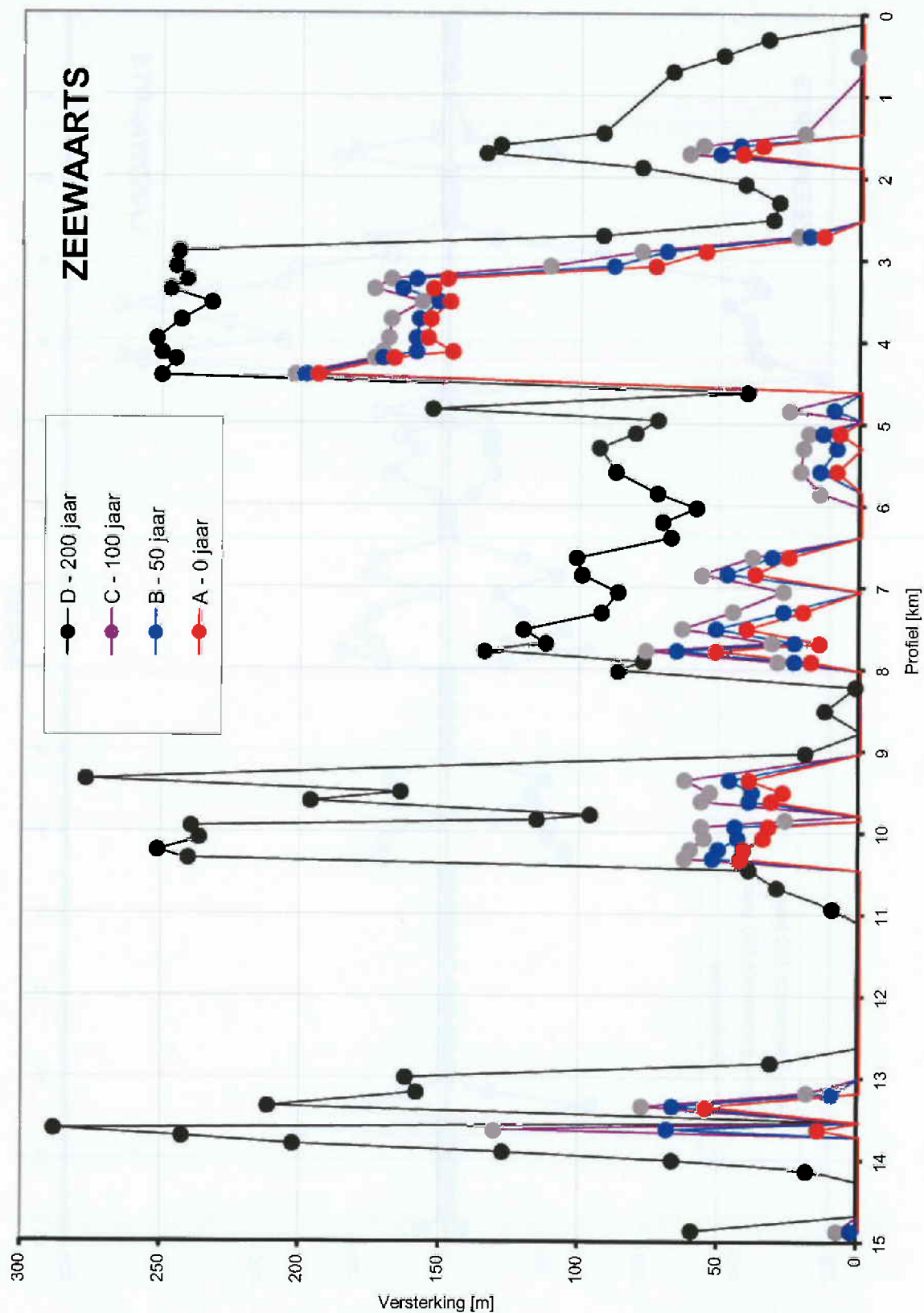
Overzicht omvang landwaartse versterking
 Huidige situatie en na 50, 100 en 200 jaar
 Zonder bodemstijging



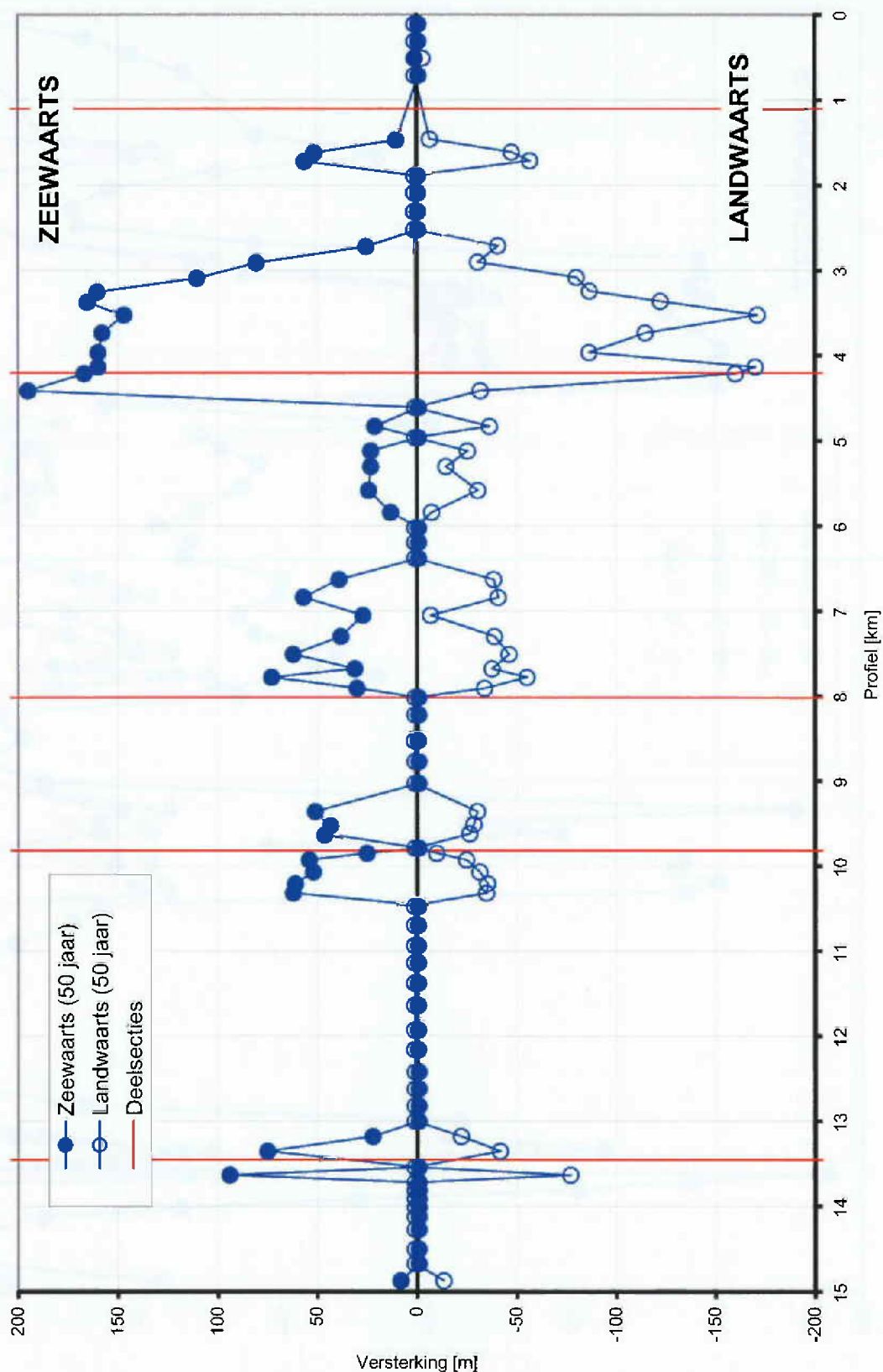
Overzicht omvang landwaartse versterking
 Huidige situatie en na 50, 100 en 200 jaar
 Met bodemstijging



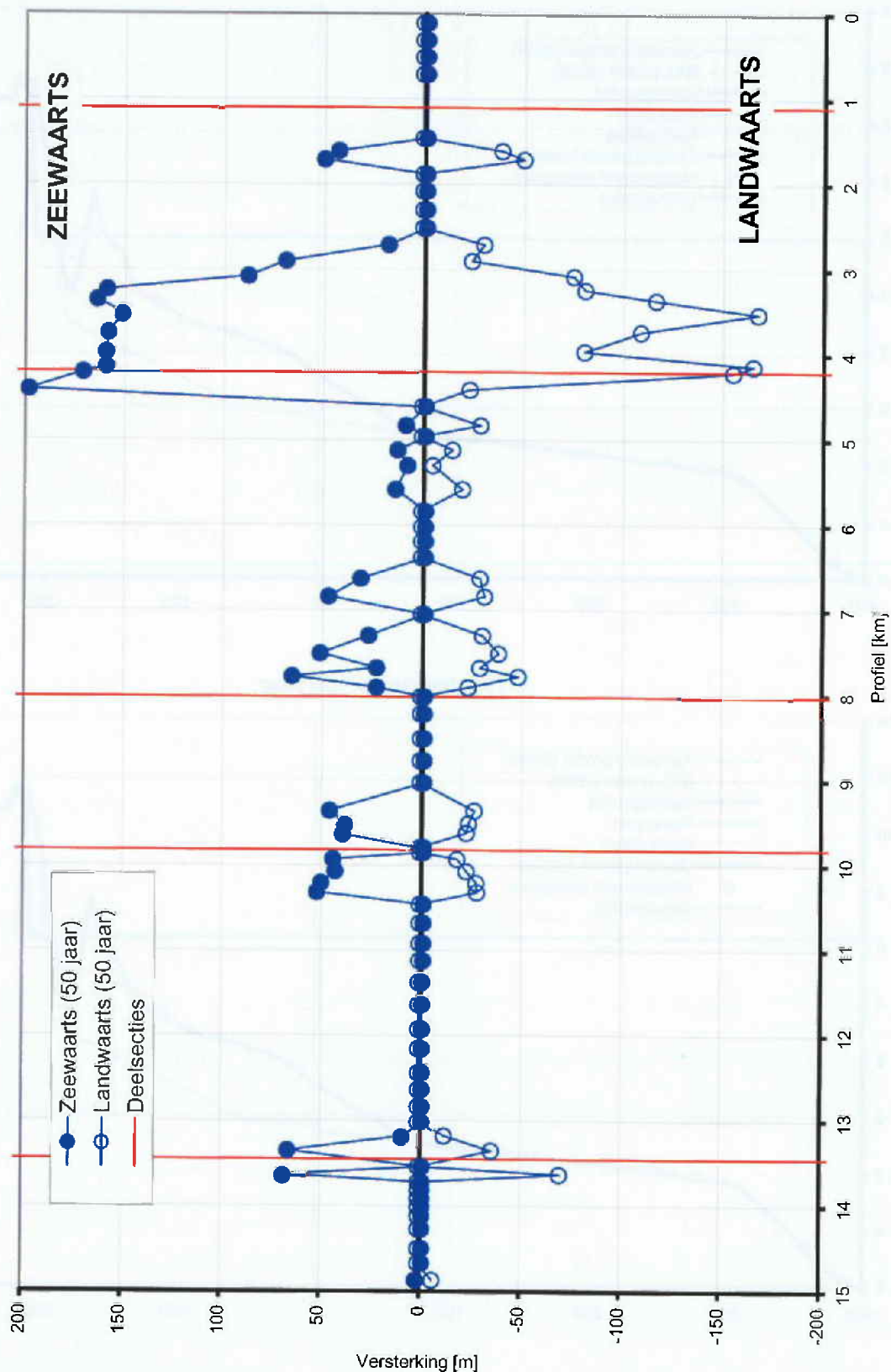
Overzicht omvang zeewaartse versterking
 Huidige situatie en na 50, 100 en 200 jaar
 Zonder bodemstijging



Overzicht omvang zeewaartse versterking
 Huidige situatie en na 50, 100 en 200 jaar
 Met bodemstijging

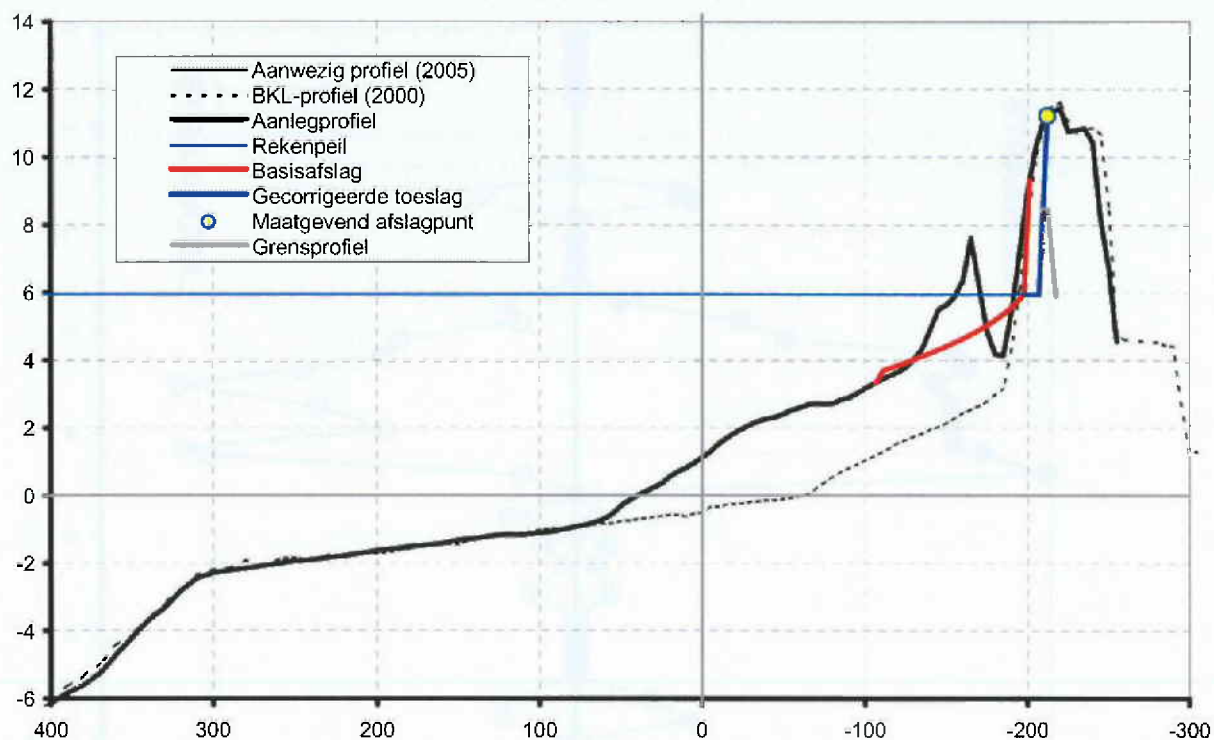


Overzicht zeewaartse versterking (50 jaar) en
landwaartse versterking (50 jaar)
Zonder bodemstijging

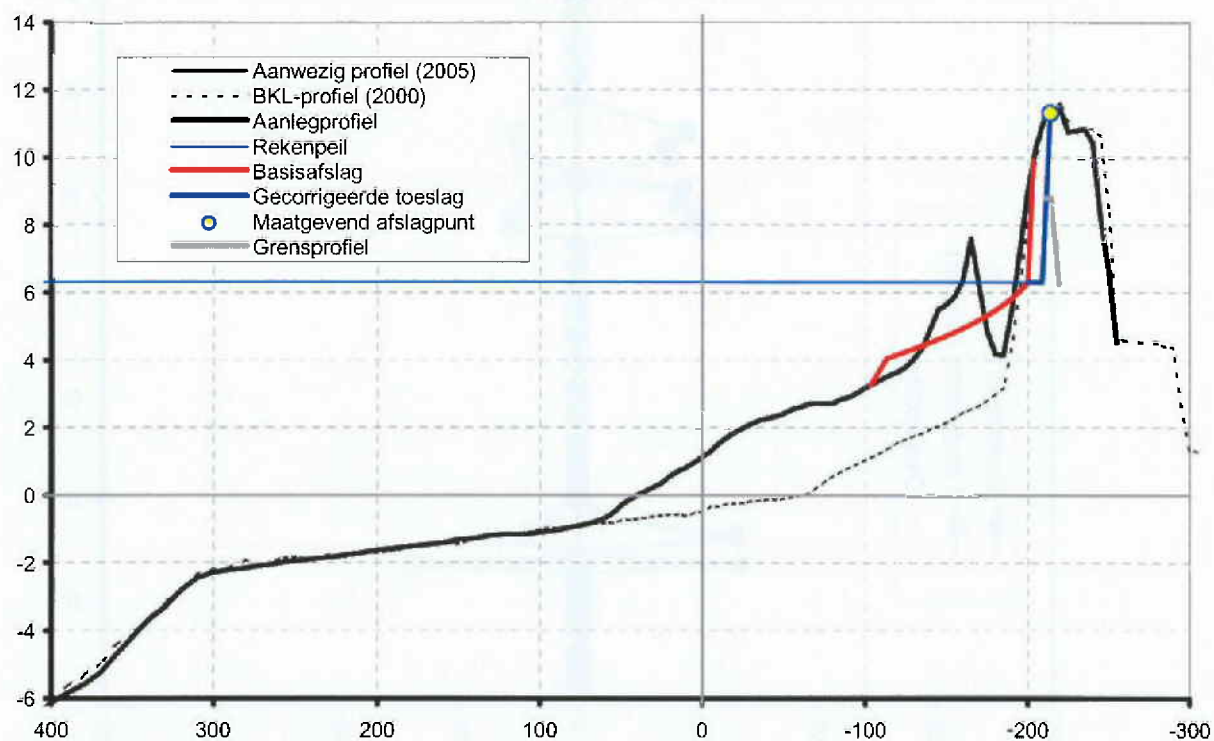


Overzicht zeewaartse versterking (50 jaar) en
landwaartse versterking (50 jaar)
Met bodemstijging

Zichtperiode 50 jaar



Zichtperiode 100 jaar

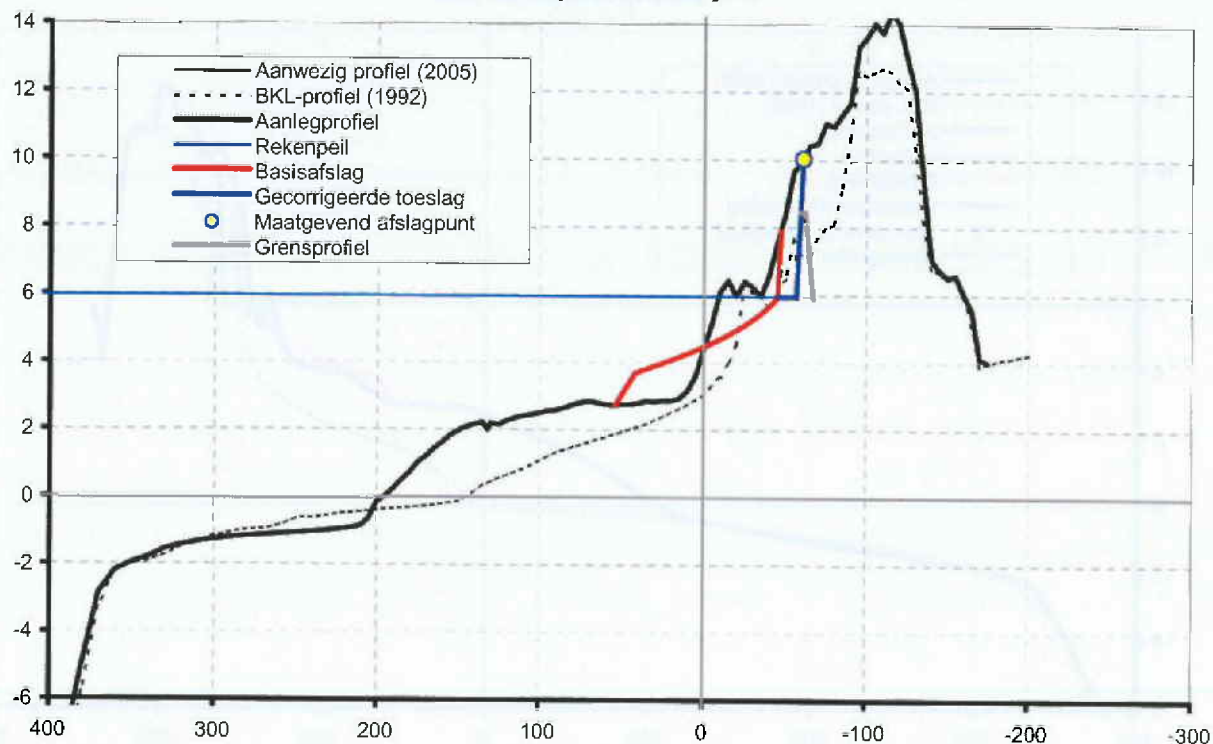


Resultaat duinafslagberekeningen versterkte waterkering
 Traject Breskens-Oost
 Situatie voor 50 en 100 jaar

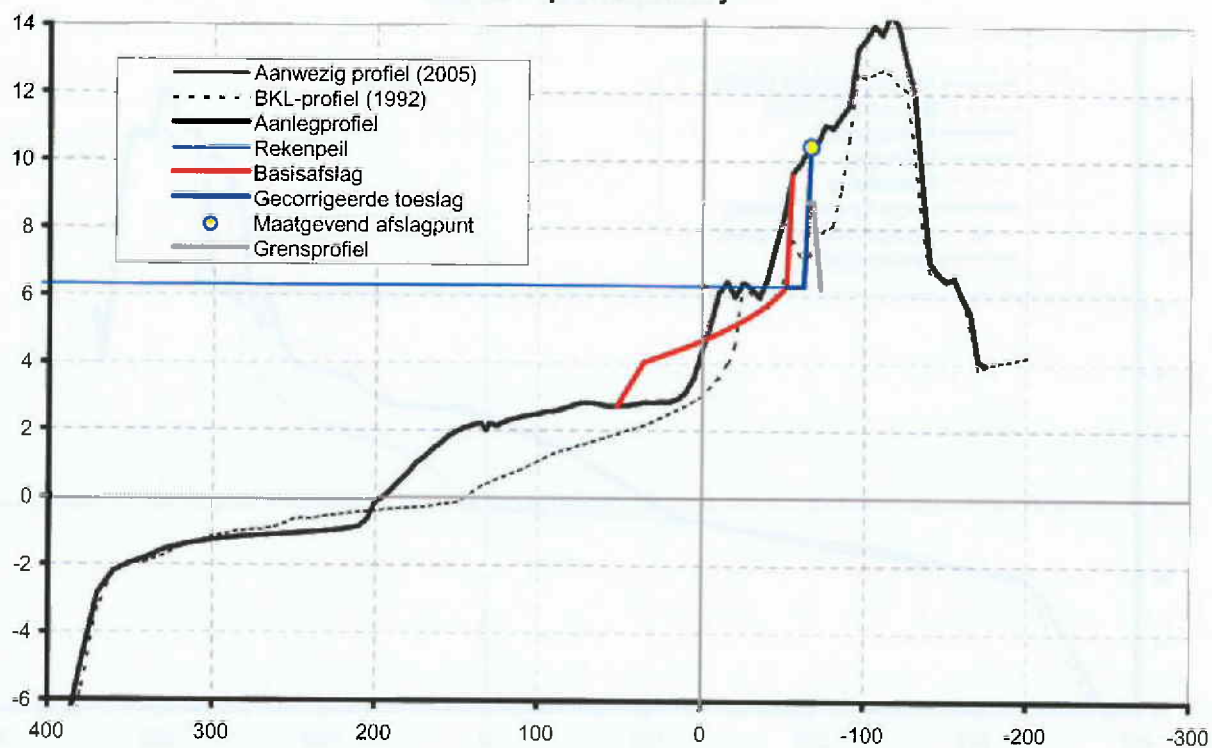
Nr. 3

Km raai 0.51

Zichtperiode 50 jaar



Zichtperiode 100 jaar

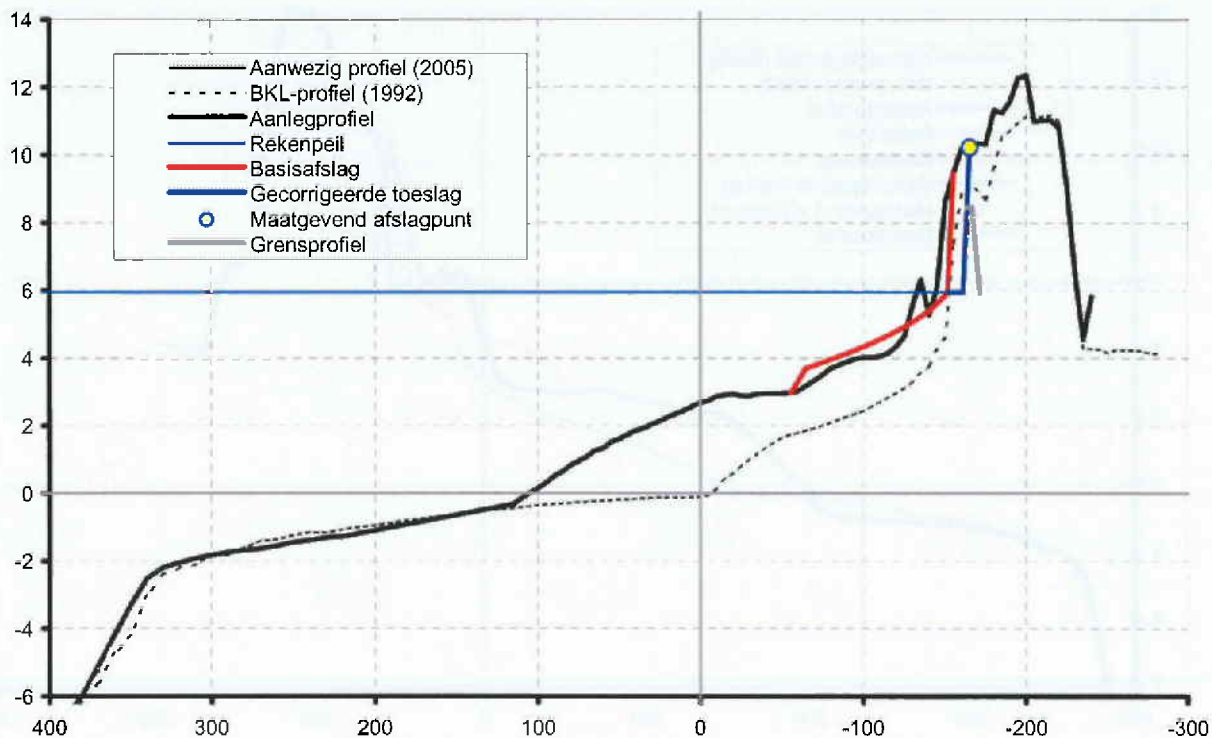


Resultaat duinafslagberekeningen versterkte waterkering
 Traject Breskens-Oost
 Situatie voor 50 en 100 jaar

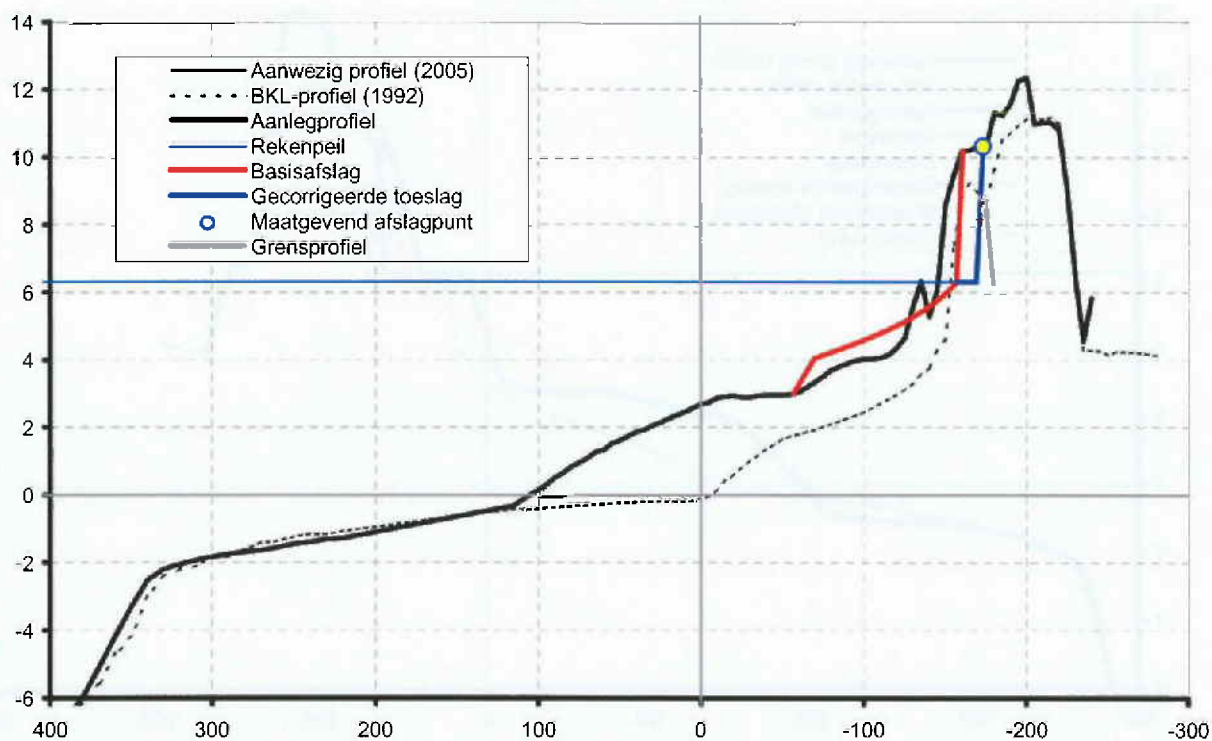
Nr. 1

Km raai 0.11

Zichtperiode 50 jaar



Zichtperiode 100 jaar

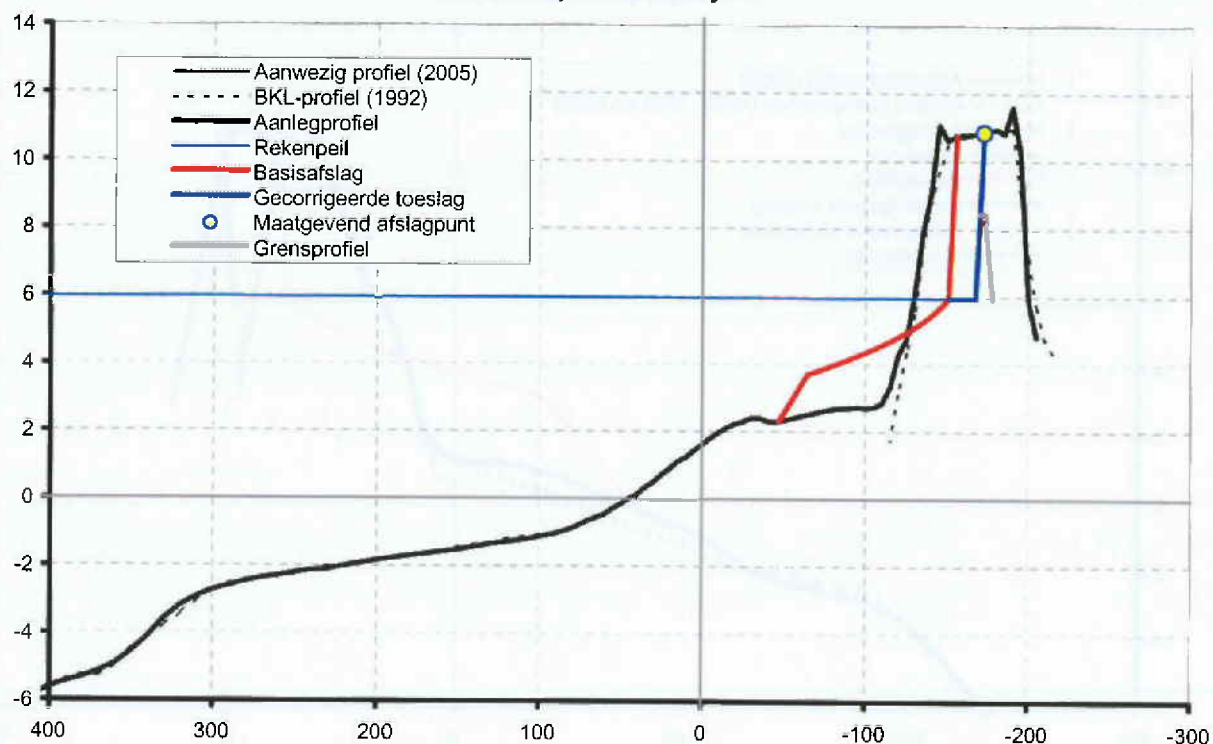


Resultaat duinafslagberekeningen versterkte waterkering
 Traject Breskens-Oost
 Situatie voor 50 en 100 jaar

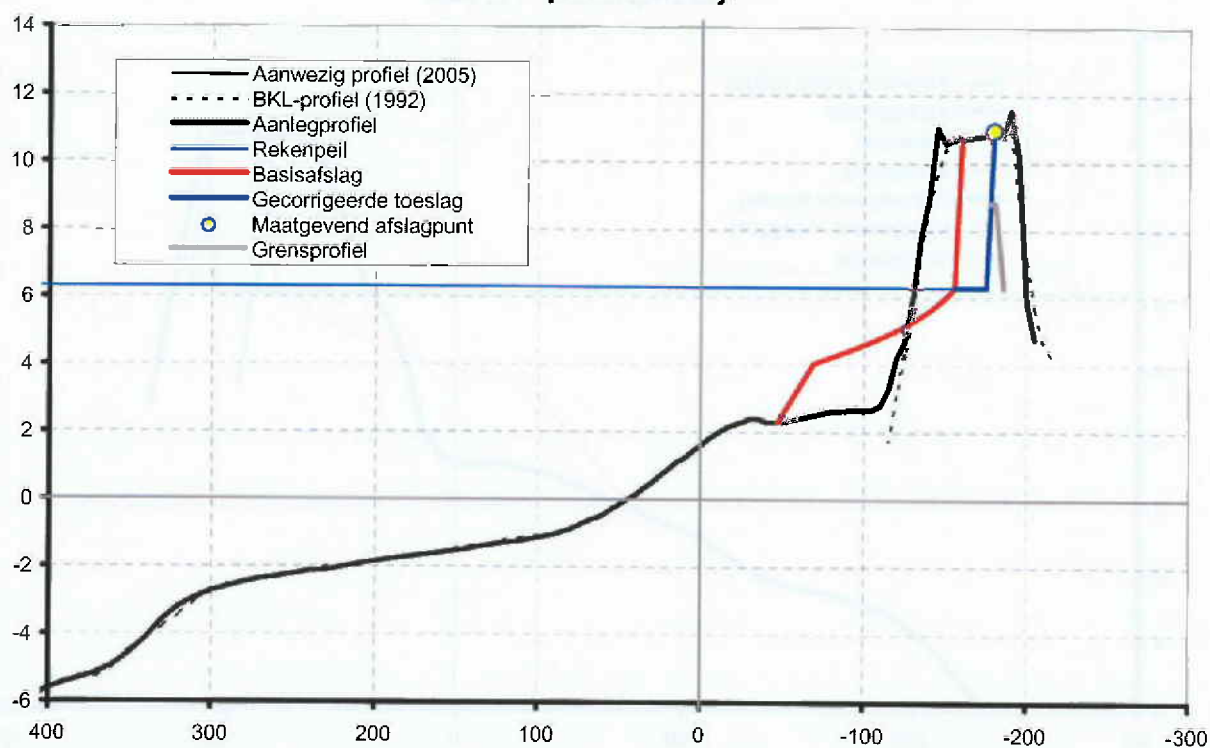
Nr. 2

Km raai 0.31

Zichtperiode 50 jaar



Zichtperiode 100 jaar

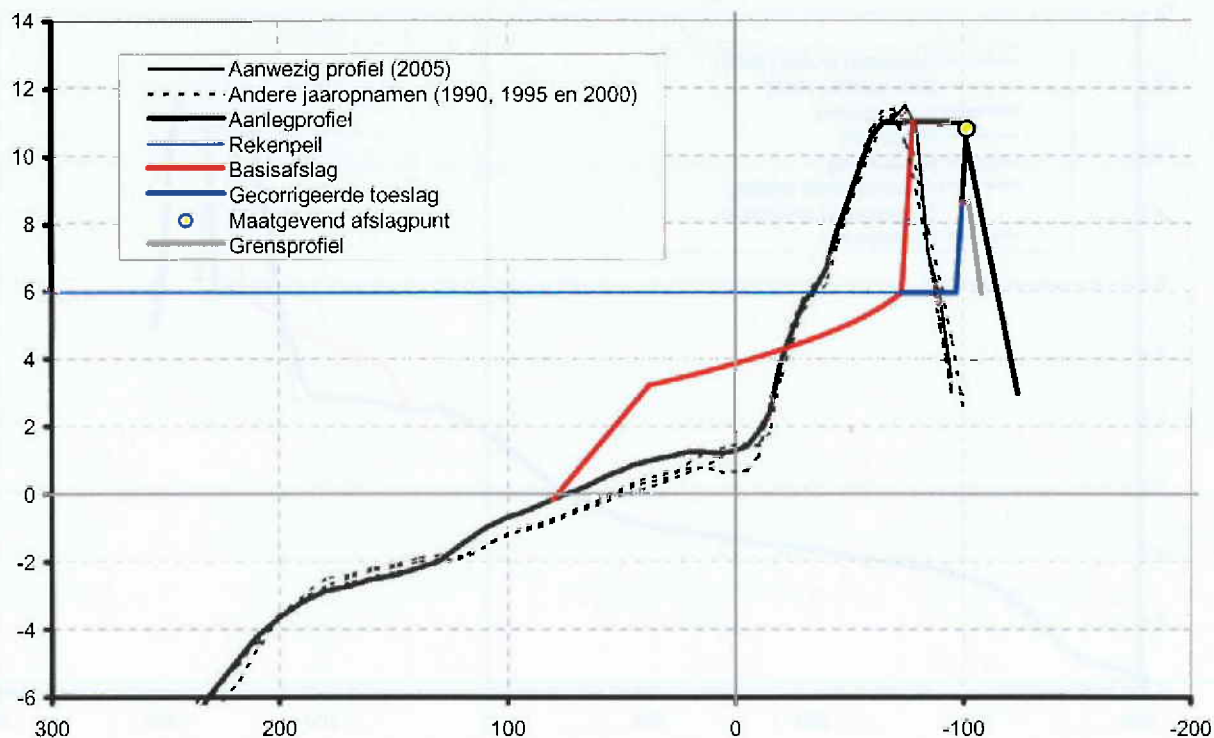


Resultaat duinafslagberekeningen versterkte waterkering
 Traject Breskens-Oost
 Situatie voor 50 en 100 jaar

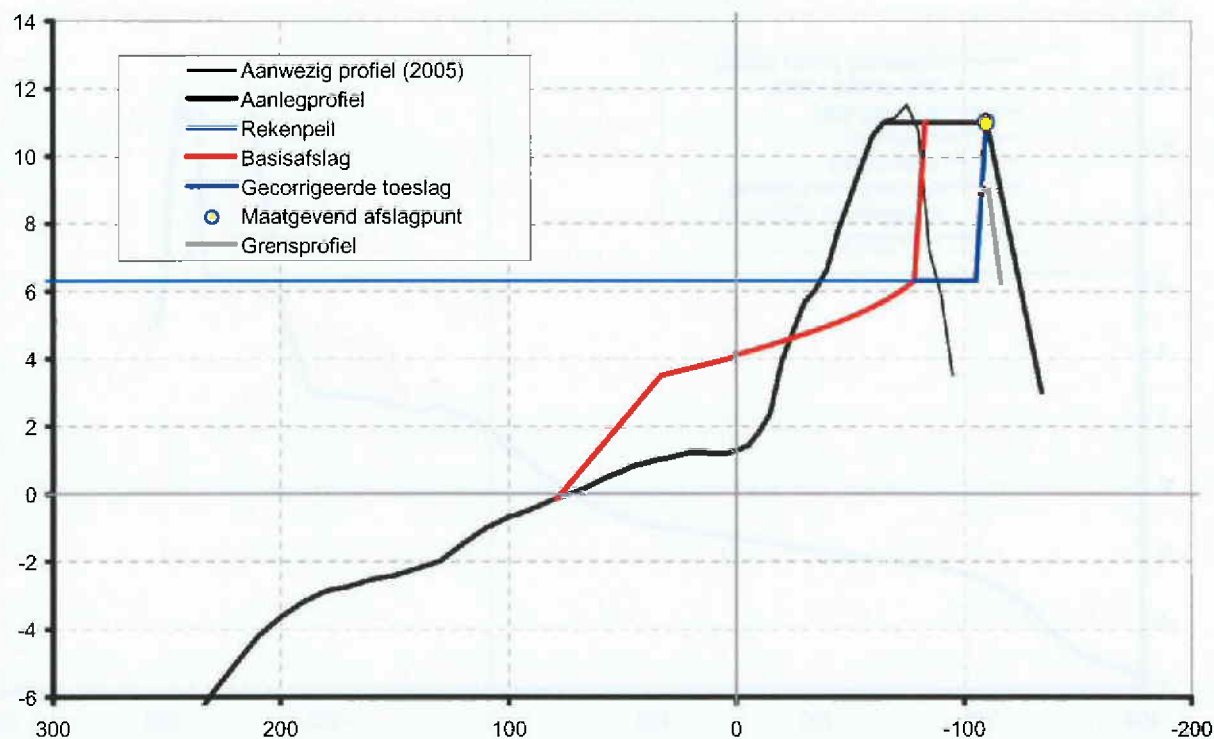
Nr. 4

Km raai 0,71

Zichtperiode 50 jaar



Zichtperiode 100 jaar

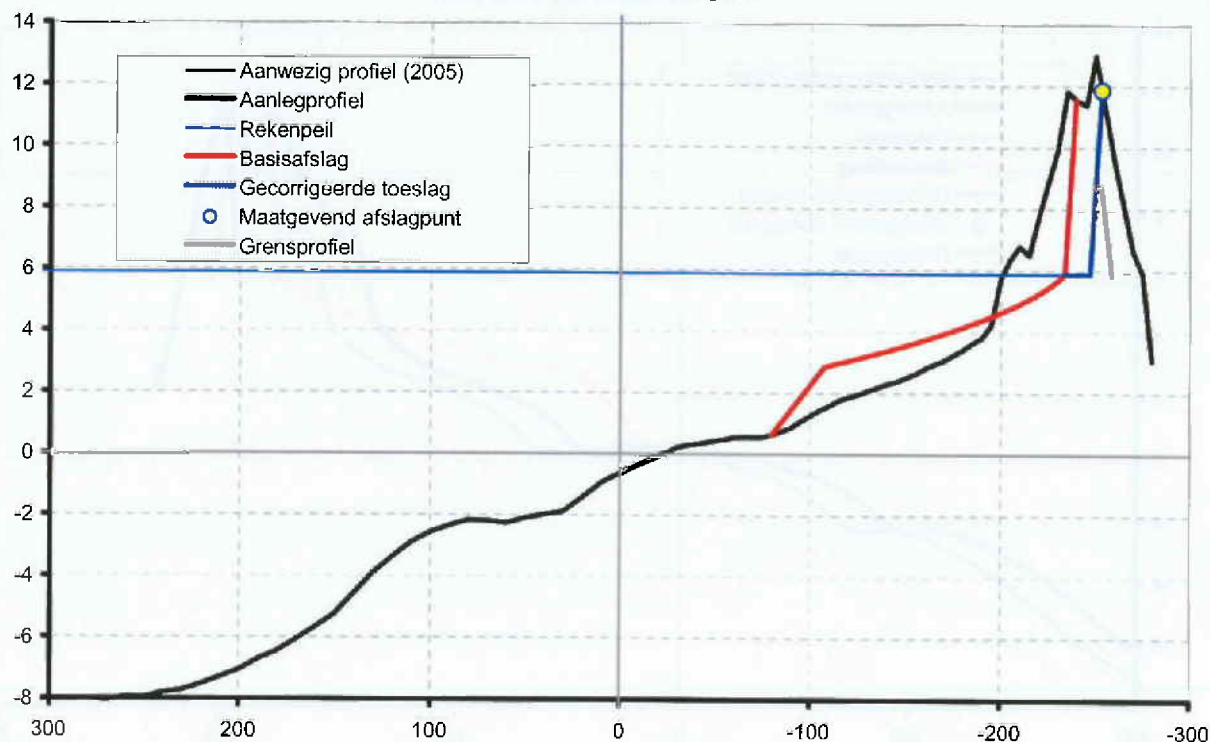


Resultaat duinafslagberekeningen versterkte waterkering
 Traject Scheldeveste
 Situatie voor 50 en 100 jaar

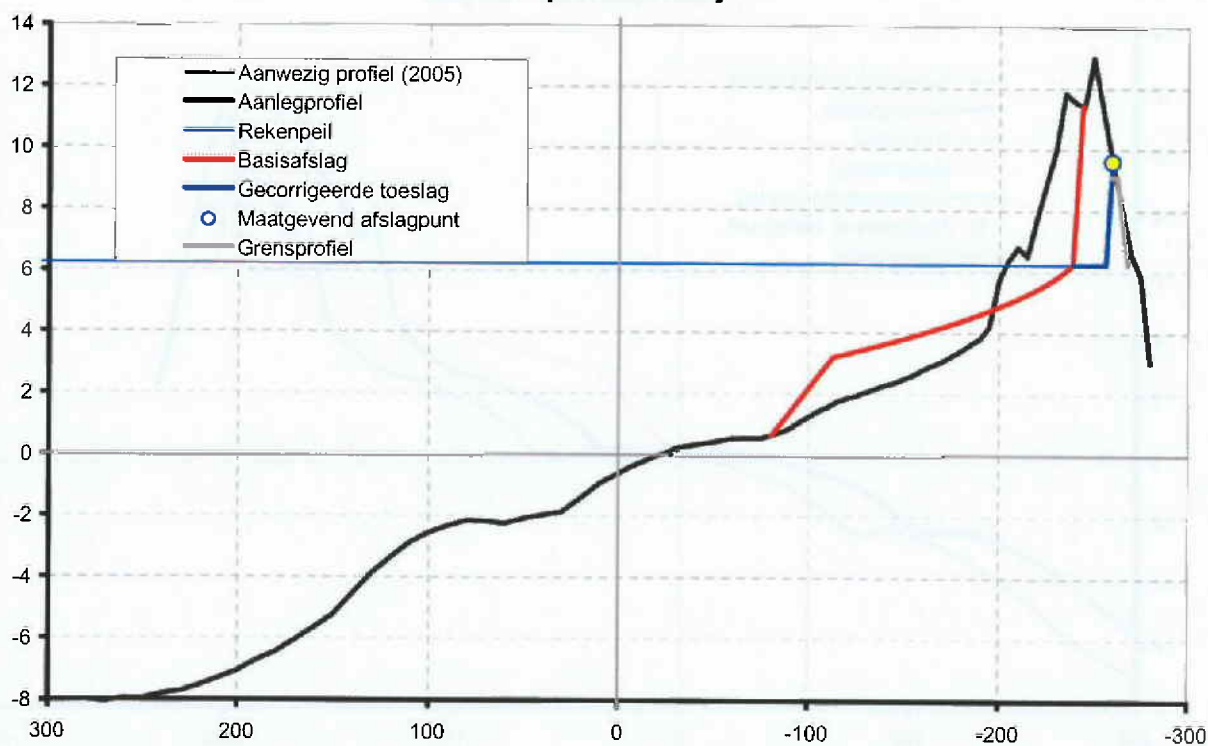
Nr. 7

km raai 1.71

Zichtperiode 50 jaar



Zichtperiode 100 jaar

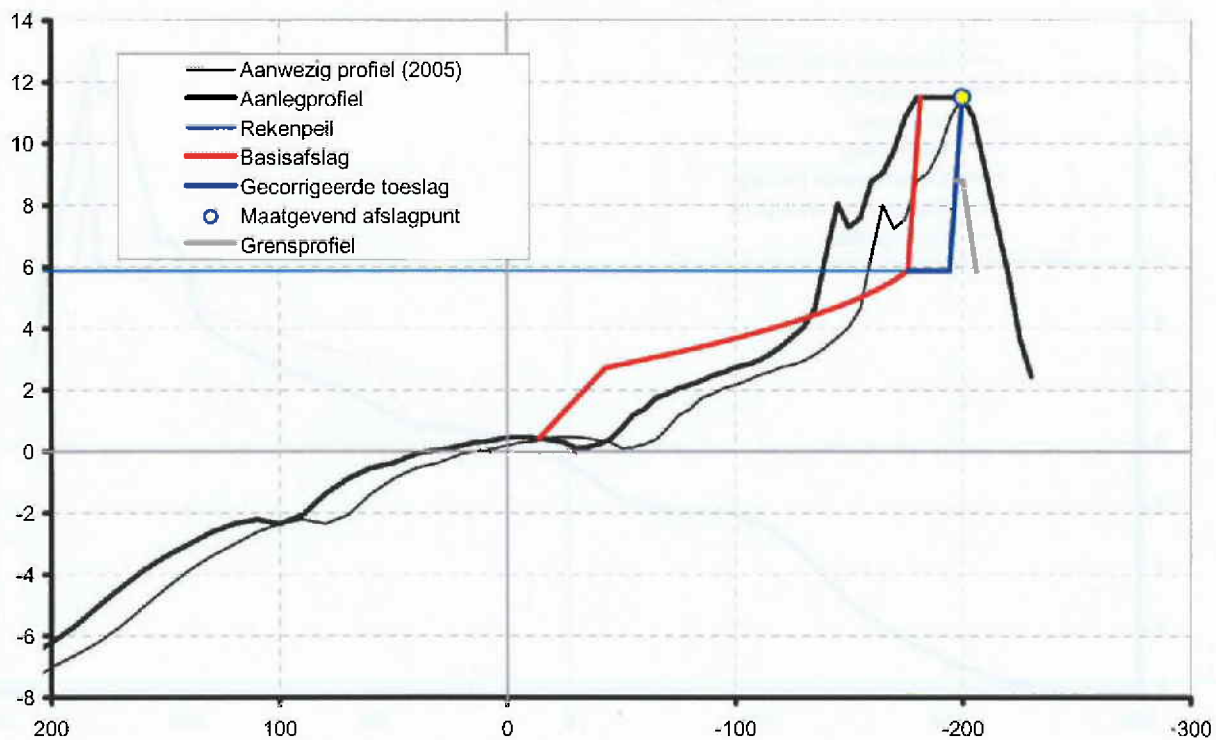


Resultaat duinafslagberekeningen versterkte waterkering
 Traject Nieuwvliet-Bad - Groede
 Situatie voor 50 en 100 jaar

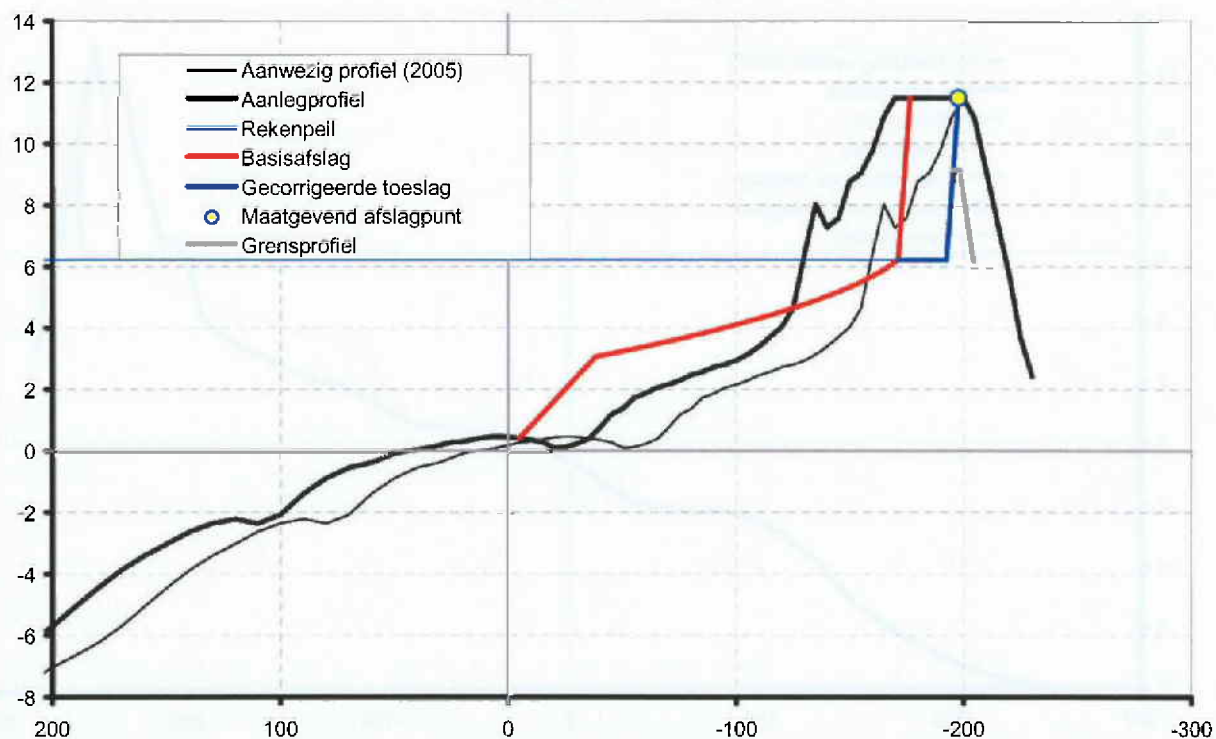
Nr. 29

km raai 5.84

Zichtperiode 50 jaar



Zichtperiode 100 jaar

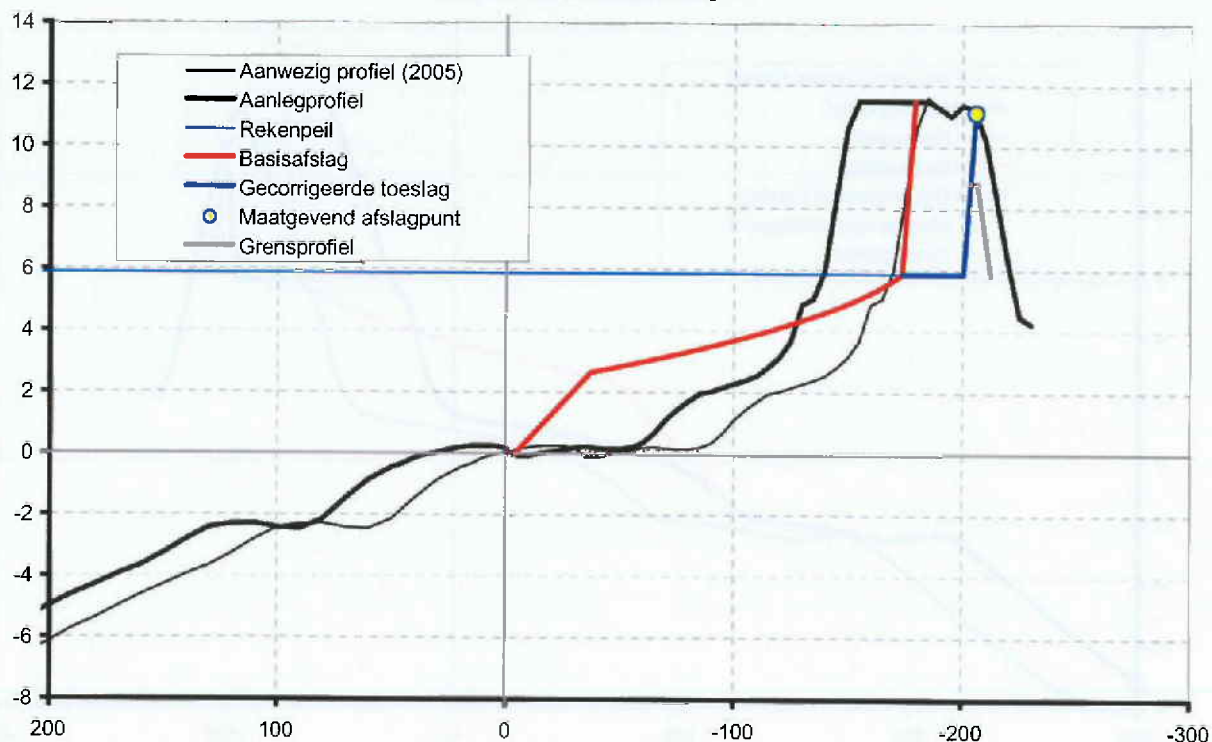


Resultaat duinafslagberekeningen versterkte waterkering
 Traject Nieuwvliet-Bad - Groede
 Situatie voor 50 en 100 jaar

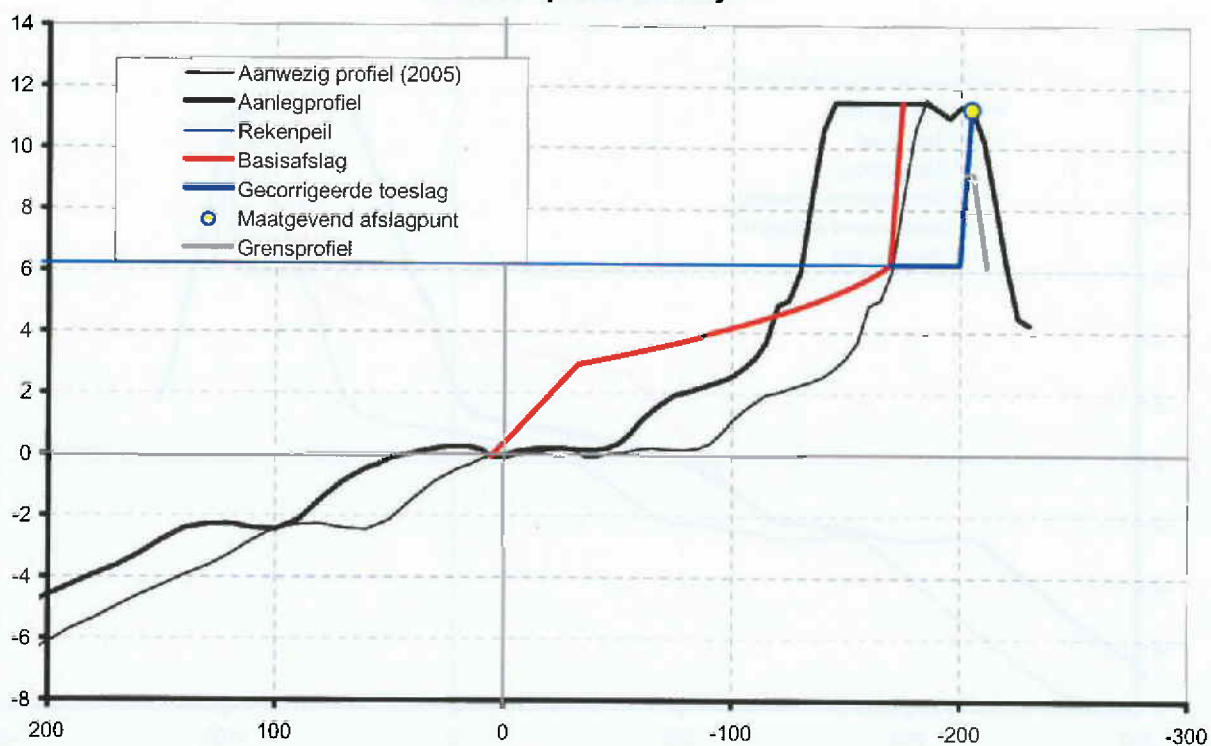
Nr. 34

km raai 6.84

Zichtperiode 50 jaar



Zichtperiode 100 jaar



Resultaat duinafslagberekeningen versterkte waterkering
 Traject Nieuwvliet-Bad - Groede
 Situatie voor 50 en 100 jaar

Nr. 36

km raai 7.30

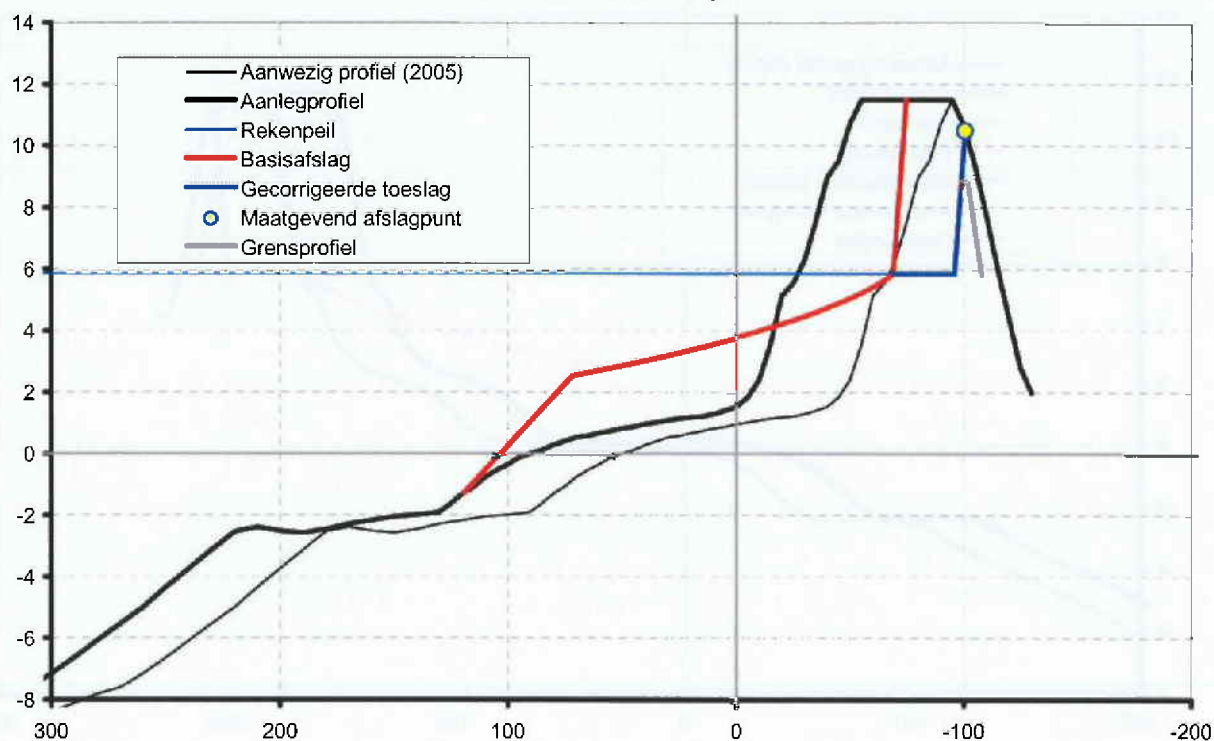
ZWAKKE SCHAKEL WEST ZEEUWSCH-VLAANDEREN

A1642

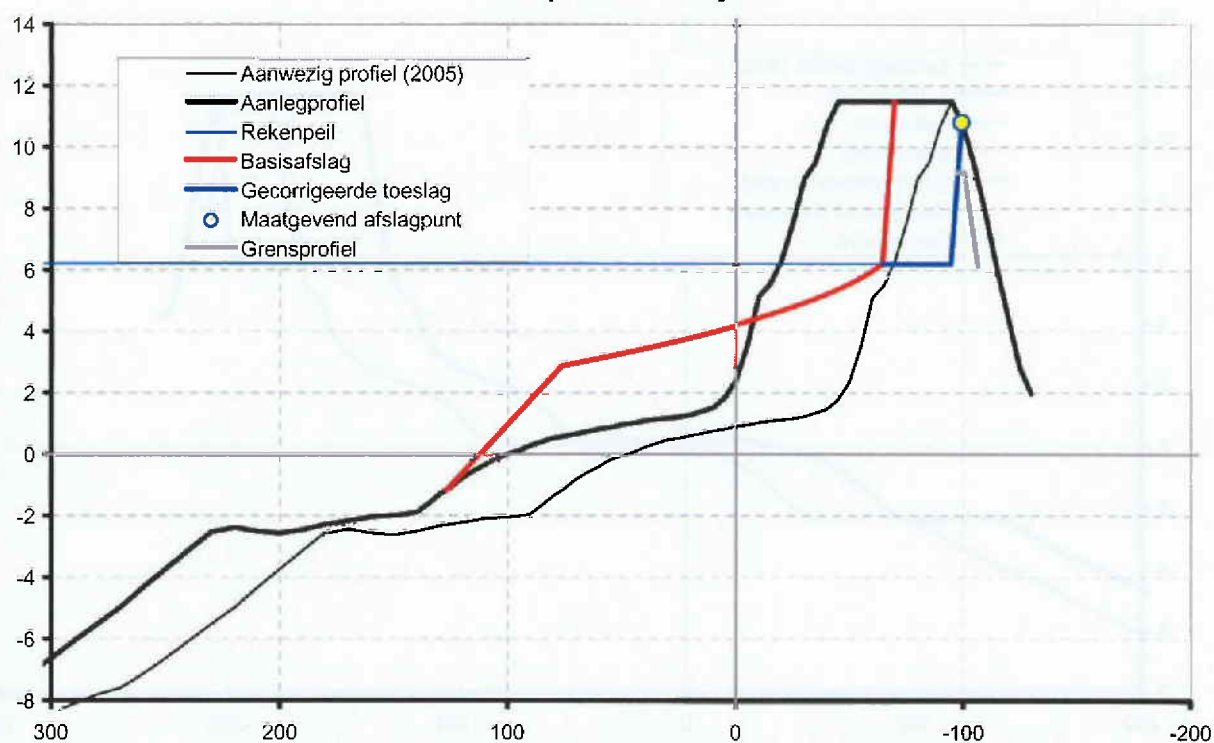
Alkyon

Fig. 4.5

Zichtperiode 50 jaar



Zichtperiode 100 jaar

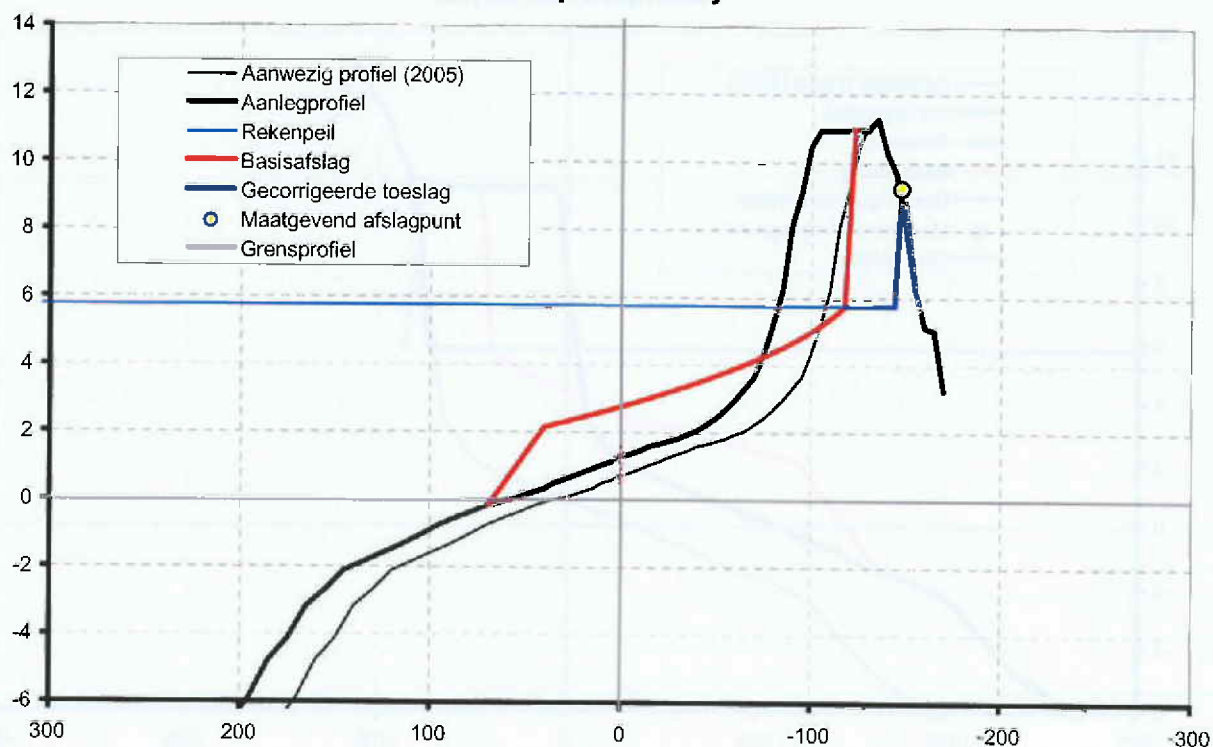


Resultaat duinafslagberekeningen versterkte waterkering
 Traject Nieuwvliet-Bad - Groede
 Situatie voor 50 en 100 jaar

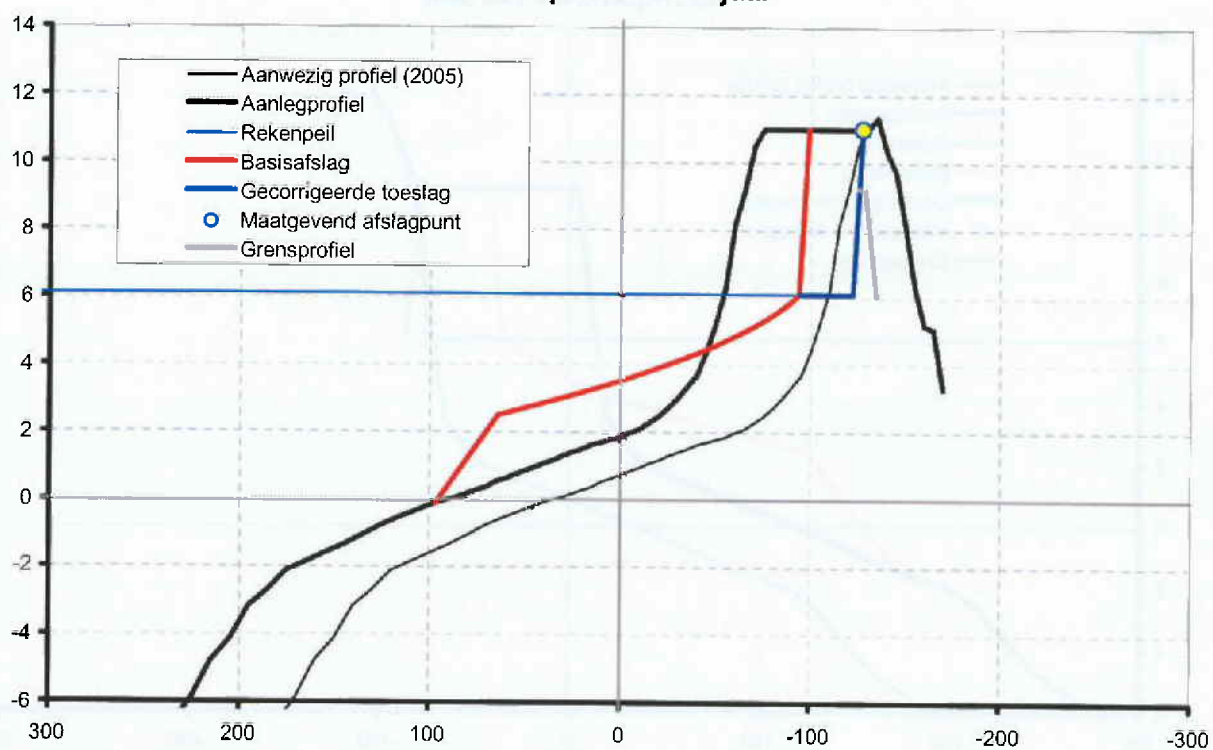
Nr. 39

km raai 7./8

Zichtperiode 50 jaar



Zichtperiode 100 jaar

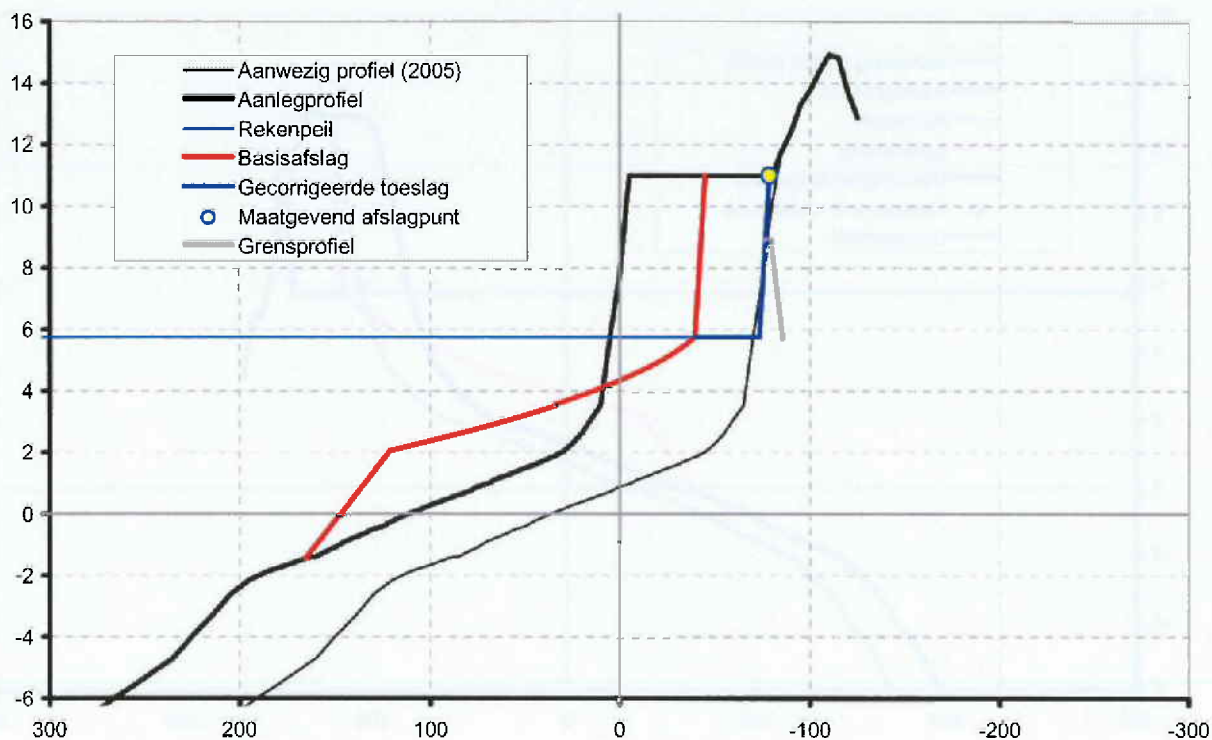


Resultaat duinafslagberekeningen versterkte waterkering
 Traject Cadzand-Bad
 Situatie voor 50 en 100 jaar

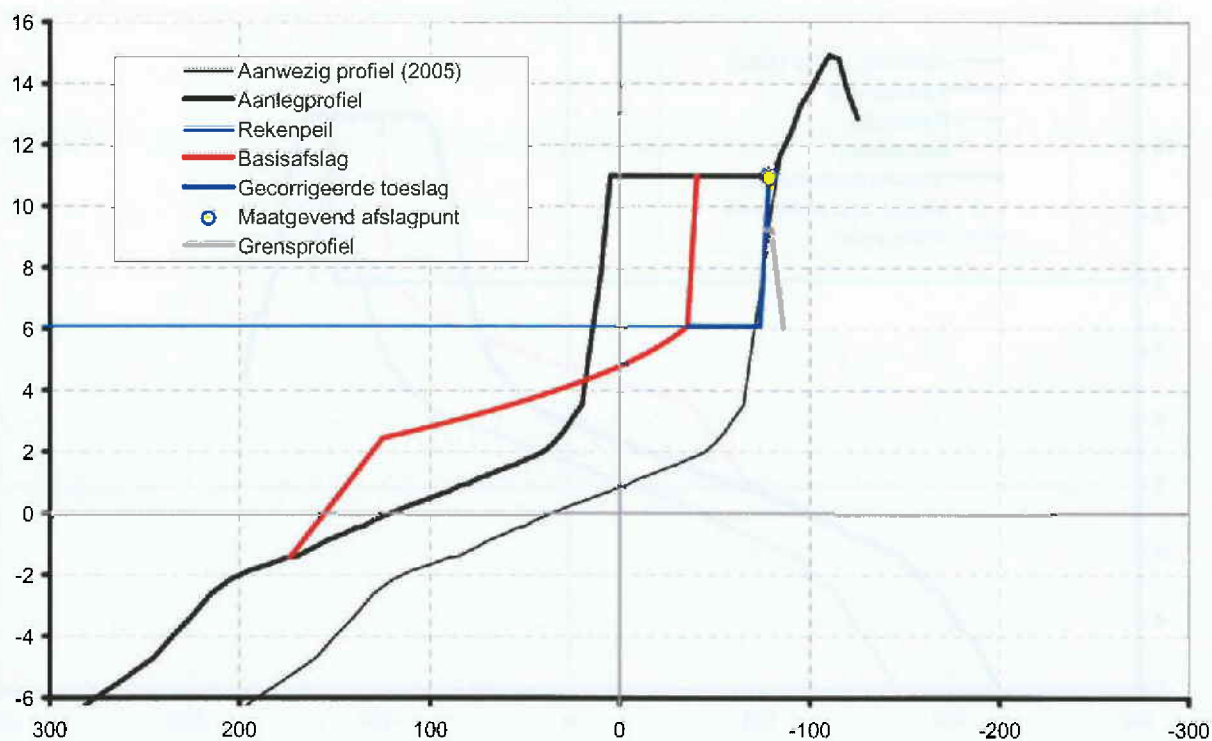
Nr. 53

km raai 10.21

Zichtperiode 50 jaar



Zichtperiode 100 jaar

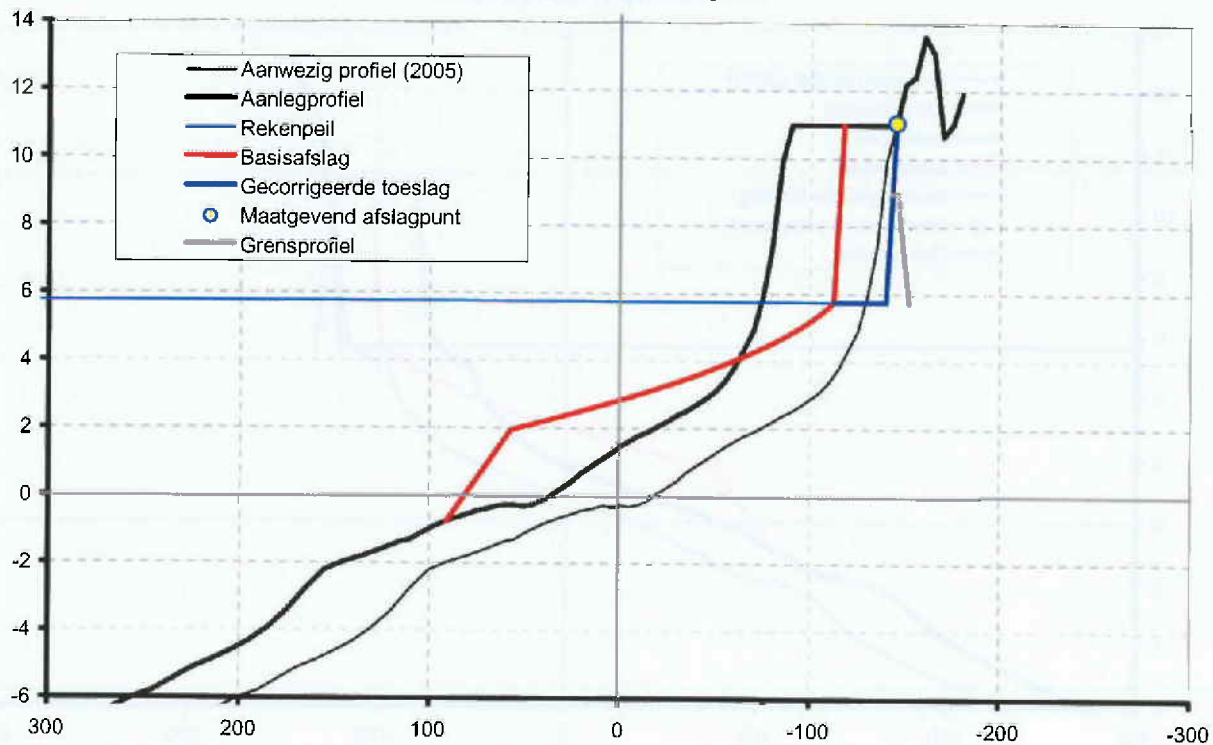


Resultaat duinafslagberekeningen versterkte waterkering
 Traject Cadzand-Bad
 Situatie voor 50 en 100 jaar

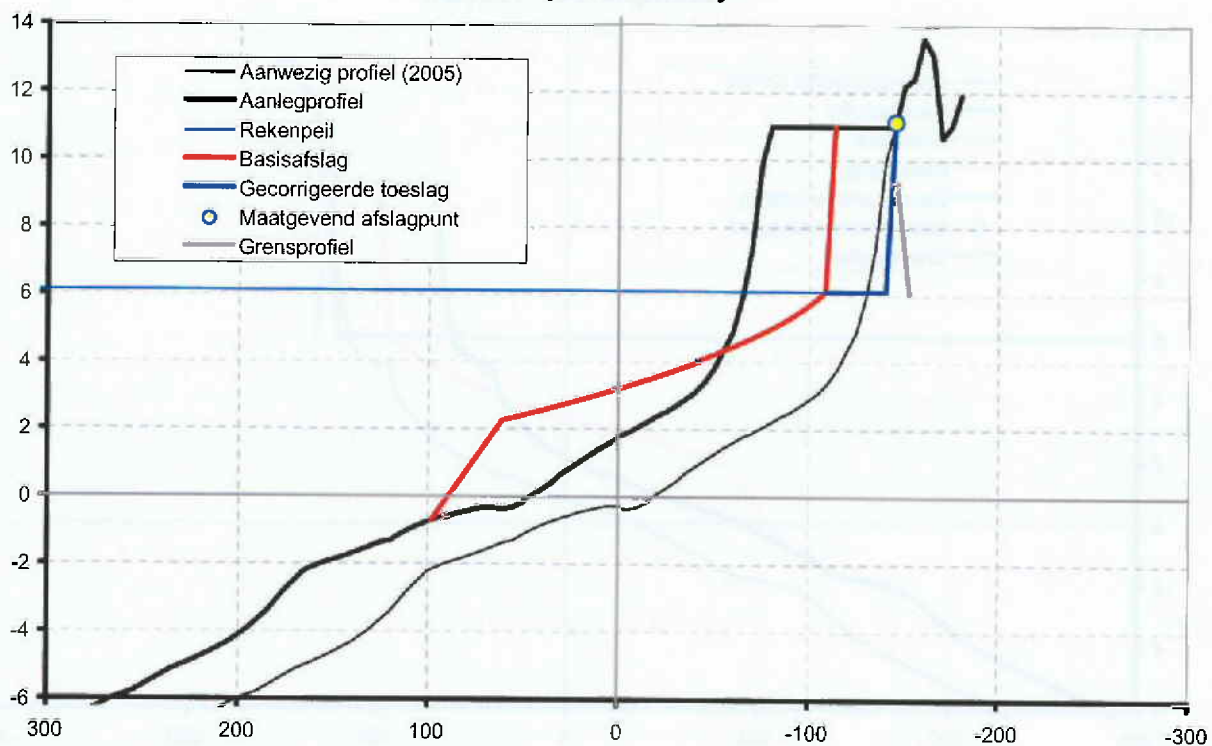
Nr. 56

km raai 10.68

Zichtperiode 50 jaar



Zichtperiode 100 jaar



Resultaat duinafslagberekeningen versterkte waterkering
 Traject Cadzand-Bad
 Situatie voor 50 en 100 jaar

Nr. 60

km raai 11.62