

# Een verkenningsvlucht over zee

Onderzoek naar de effecten van een vliegveld in zee  
ten behoeve van het Eerste Moment van Afweging

December 1999



# Een verkenningsvlucht over zee

Onderzoek naar de effecten van een vliegveld in zee ten behoeve van het Eerste Moment van Afweging

December 1999

Opgesteld door Rijkswaterstaat/Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ

Auteurs:

Bas Hoogeboom

Iris Borup

Mariska Harte

Jan Mulder

Marcel Rozemeijer

Marion Smit

Pieter van Vessem

Jaap de Vlas



<b>1 Samenvatting</b> .....	<b>9</b>
<b>2 Inleiding</b> .....	<b>14</b>
2.1 Algemene inleiding.....	14
2.2 Doelstellingen RIKZ in kust en zee onderzoek.....	14
2.3 Startnotitie locatie MER.....	14
2.4 Doelstelling EMA kust en zee.....	15
<b>3 Uitgangspunten</b> .....	<b>18</b>
3.1 Inleiding.....	18
3.2 Conclusies uit eerder onderzoek ten aanzien van een eiland in zee.....	18
3.3 Beleid ten aanzien van kust en zee.....	19
3.3.1 Kustlijnhandhaving en kustveiligheid.....	19
3.3.2 Waterbeheer.....	19
3.3.3 Natuurbeleid.....	20
3.3.4 Visie op de kust: Kust op koers.....	20
3.4 Kust en zee: één systeem.....	20
3.5 Wat is belangrijk vanuit kust en zee.....	21
3.5.1 Criteria voor het eerste moment van afweging.....	22
3.6 Varianten.....	23
<b>4 Werkwijze en kwaliteitsborging</b> .....	<b>26</b>
4.1 Inleiding.....	26
4.1.1 Wat is belangrijk voor kust en zee?.....	26
4.2 Morfologie.....	26
4.3 Slib.....	27
4.4 Ecologie.....	27
4.5 Vogels.....	28
4.6 Beleving.....	28
4.7 Onzekerheidsmarges.....	28
4.7.1 Morfologie.....	28
4.7.2 Slib.....	29
4.7.3 Ecologie.....	29
<b>5 Systeembeschrijving</b> .....	<b>32</b>
5.1 Inleiding.....	32
5.2 Morfologie van de Nederlandse kust.....	32
5.3 De ontwikkeling van de kust.....	32
5.4 Waterbeweging als sturende factor voor sedimenttransport.....	33
5.5 Slibhuishouding en menging: sturende factoren voor het ecosysteem Noordzee.....	34
5.6 Waddenzee.....	36
<b>6 Kustverdediging</b> .....	<b>38</b>
6.1 Inleiding.....	38
6.2 Veranderingen in waterbeweging.....	38
6.2.1 Getijbeweging.....	38
6.2.2 Waterstanden en opstuwing.....	38
6.3 Veranderingen in de morfologie.....	40
6.3.1 Morfologische veranderingen langs de gehele kust.....	40
6.3.2 Effecten op de morfologie van de Waddenzee.....	41
6.3.3 Morfologische veranderingen rond het eiland.....	41

6.4 Wat zijn de consequenties van de veranderingen in getijstroom en golven op de (initiële) kustveiligheid .....	42
6.4.1 Procesketen.....	43
6.4.2 Belasting; effecten op ontwerppeilen .....	43
6.4.3 Sterkte; effect van morfologische veranderingen.....	43
6.5 Wat zijn de effecten van de grootschalige morfologische veranderingen op de <i>kustlijnhandhaving</i> en veerkracht .....	43
6.5.1 Procesketen.....	44
6.5.2 Effecten op kustlijnhandhaving en veerkracht .....	44
6.5.3 Veerkracht .....	45
6.6 Conclusie.....	46
<b>7 Lichtklimaat, primaire productie en draagkracht van Noord- en Waddenzee... 49</b>	
7.1 Inleiding.....	49
7.1.1 Procesketen.....	49
7.2 Modelresultaten.....	49
7.3 Effecten in de Kustzone en de Noordzee.....	49
7.3.1 Ecologische effecten rond het eiland.....	50
7.3.2 Ecologische effecten in de hele kustzone .....	50
7.4 Effecten in de Waddenzee .....	52
7.5 Conclusie.....	53
<b>8 Visfauna .....</b>	<b>56</b>
8.1 Inleiding.....	56
8.2 Het transport van vislarven .....	56
8.3 Effecten.....	58
8.4 Conclusie.....	59
<b>9 Vogels .....</b>	<b>62</b>
9.1 Inleiding.....	62
9.2 Huidige situatie.....	62
9.2.1 Procesketen.....	62
9.3 Wat zijn de consequenties van een eiland voor de verspreiding van vogels?.....	63
9.4 Conclusie.....	63
<b>10 Beleving.....</b>	<b>66</b>
10.1 Inleiding .....	66
10.2 Huidige situatie .....	66
10.2.1 Procesketen .....	66
10.3 Consequenties van de veranderingen in landschap en rust op de beleving van kust en zee. ....	66
10.4 Conclusie .....	68
<b>11 Overige aspecten.....</b>	<b>70</b>
11.1 Inleiding .....	70
11.2 Wat is het effect van een wijziging in de slib- en zandbalans op de aanslibbing/zanding van vaargeulen en havens.....	70
11.2.1 Procesketen .....	70
11.2.2 Effecten.....	70
11.3 Wat zijn de consequenties van veranderingen in morfologie en golfklimaat op de recreatie .....	71
11.3.1 Procesketen .....	71
11.3.2 Effecten.....	71
11.4 Wat zijn de gevolgen van een eiland in zee op de ecologie van strand en duinen.....	72
11.4.1 Effecten.....	72
11.5 Conclusie .....	73

---

<b>12 Conclusies</b> .....	<b>76</b>
12.1 Kustverdediging. ....	76
12.2 Lichtklimaat, primaire productie en draagkracht Noord- en Waddenzee.....	77
12.3 Visfauna .....	78
12.4 Kust- en zeevogels.....	78
12.5 Beleving .....	79
12.6 Aanzanding van vaargeulen en havens, recreatie en ecologie van strand en duinen....	79
12.7 Conclusies ten behoeve van mogelijke trechtering van varianten .....	80
<b>13 Literatuur</b> .....	<b>83</b>

---



---

# 1 Samenvatting

---

## Inleiding

Eind 1998 heeft het kabinet gekozen voor beheerste groei van de luchtvaart. Voor de lange termijn acht het kabinet slechts twee locaties mogelijk; op Schiphol, met een ingrijpend gewijzigd banenstelsel, en op een eiland in de Noordzee. Dit rapport beperkt zich tot een mogelijke Noordzee locatie.

Het kabinet acht deze oplossing nog met veel onzekerheden omgeven. Nadere onderzoek van deze optie is dan ook noodzakelijk. Het kabinet zal eind 1999 een besluit nemen met welke locatie(s) en met welke varianten de procedure wordt voortgezet. Dit besluit is het Eerste Moment voor Afweging (EMA). Het Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ) is verantwoordelijk voor het onderzoek van de effecten van een eiland op het kust en zeesysteem. De resultaten van dit onderzoek zijn in dit rapport beschreven.

## Doel

Het doel van deze studie is om op basis van de effecten van een eiland op het kust- en zeesysteem een advies te geven over een trechtering van het aantal mogelijke varianten. Voor de mogelijke locatie van een eiland is een zoekgebied gedefinieerd. Dit zoekgebied is aan de oostzijde begrensd op 10 kilometer uit de kust en aan de westzijde op 40 km. De plaatsen Egmond aan Zee en Den Haag bakenen de noord- en zuidkant af.

## Afbakening

Het Nederlandse kustzone en Waddenzee zijn in feite één samenhangend systeem, aan elkaar gesmeed door het zandige fundament en de heen en weer gaande getijstromen. Een ingreep in het systeem heeft direct effecten op de waterbeweging. Veranderingen in de waterbeweging hebben gevolgen voor het transport van zand, slib, voedingsstoffen en organismen. Deze veranderingen kunnen doorwerken op de verschillende functies van het kust- en zeesysteem. Bijvoorbeeld veranderingen in zand- en slibtransport hebben direct invloed op de kustlijnligging en aanslibbing en -zanding van havens en vaargeulen. Daarnaast hebben deze veranderingen direct en indirect gevolgen voor het ecosysteem en gebruiksfuncties als recreatie en visserij. Een ingreep in het systeem vertaalt zich dus in effecten die een grootschalig karakter kunnen hebben. Omdat kust en zee één samenhangend systeem vormt beschikt het echter ook over mogelijkheden om zich in zekere mate aan te passen en te herstellen. Binnen de studie naar de effecten van een eiland in zee zijn bovenstaande relaties tussen ingreep, effecten en gevolgen hiervan doorvertaald naar verschillende hoofdvragen. Deze 6 vragen, die sturende zijn voor het kust- en zee onderzoek, zijn hieronder gegeven:

1. Wat zijn de consequenties van de veranderingen in waterbeweging, golfklimaat, zandtransport en de grootschalige morfologie voor de kustveiligheid, kustlijnhandhaving, veerkracht.
2. Hoe wijzigen de slibhuishouding, nutriëntverspreiding en bodemsamenstelling en wat zijn de gevolgen van deze veranderingen op enerzijds het lichtklimaat en primaire productie in Noord- en Waddenzee en anderzijds op de aanslibbing van vaargeulen, havens en stranden.
3. Wat zijn de consequenties van de veranderingen als genoemd in vraag 1 en 2 voor de bodemfauna in de Noord- en Waddenzee, de ecologie van strand en duinen en de strandbreedte.
4. Wat zijn de effecten op de visfauna als gevolg van effecten op vislarven transport.

5. Wat zijn de effecten op kust- en zeevogels (mede in relatie tot vliegveiligheid).
6. Wat zijn de consequenties van de veranderingen in landschap en rust voor de beleving van kust en zee.

Voor een volledige afweging zullen alle hoofdvragen beantwoord moeten worden. In dit rapport worden alleen de conclusies gegeven over aspecten die belangrijk zijn voor het beantwoorden van de doelstelling van het EMA. Het advies geeft inzicht in de omvang van de effecten die door verschillende varianten van een vliegveld in zee kunnen optreden en de mate van de onzekerheden daarin.

### Belangrijke aspecten vanuit kust en zee

De 6 hoofdvragen kunnen vertaald worden naar parameters en criteria. In onderstaande tabel zijn deze weergegeven. In deze studie zijn de effecten van een eiland in zee onderzocht aan de hand van de criteria. Deze criteria vormen de basis voor de beantwoording van de hoofdvragen.

Consequenties op	parameters	criterium
kustverdediging	kustlijnhandhaving veiligheid tegen overstromen veerkracht (LT)	kustonderhoud beheersbaarheid ontwerppeil golfhoogte en periode zandinhoud morfologische dynamiek (zelf-organisatie systeem)
plankton en visfauna door lichtbeschikbaarheid en voedsel	ontwikkeling ecosysteem	primaire productie zoöplankton benthosgemeenschap visgemeenschap
waddensysteem	aard habitat Waddenzee	draagkracht behoud dynamisch evenwicht
visfauna	grootte vispopulaties	larventransport
kust- en zeevogels	vogelgemeenschap	aantallen soorten verspreiding
beleving		rust en ruimte & 'onderbuik' gevoel
recreatie	strand	breedte strand karakter strand (sediment-samenstelling, golven)
ecologie van strand en duinen	dynamiek salty spray	ruimte voor natuurlijke processen golfdynamiek
onderhoud havens en vaargeulen	aanslibbing en aanzanding	baggerhoeveelheden

---

## Conclusies

### *Effecten op de kustverdediging beheersbaar*

Bij de tunnelvarianten zal de veiligheid van het achterland tegen overstromen gewaarborgd blijven. Bij de damvarianten zullen, afhankelijk van de locatie, soms extra maatregelen genomen moeten worden om de veiligheid van het achterland tegen overstromen te waarborgen.

Een eiland in zee schermt als het ware de kust af. In de afgeschermd zone zal aanzanding optreden. Met een aangroei snelheid van 10 meter per jaar kan de breedte van het strand op termijn toenemen. Deze sedimentatie gaat gepaard met verlies aan zand aan weerszijden van dit invloedsgebied. Zonder verder ingrepen wordt het strand ter plaatse smaller. Conform huidig beleid worden zandverliezen voor de kust aangevuld met behulp van zandsuppleties. Als gevolg van de aanleg van een eiland zal jaarlijks ongeveer 10% (van de jaarlijkse suppletiehoeveelheid langs de Hollandse kust) meer zand moeten worden gesuppleerd. Dit betekent een toename van de onderhoudskosten met maximaal 2 miljoen gulden per jaar. Een dam heeft grotere effecten op de grootschalige zandverplaatsingen (morfologie) voor de kust. Aan beide zijden van de dam zal zich zand afzetten. Er ontstaat een breed strand in de vorm van een langgerekte driehoekige uitbouw. Deze aanzanding gaat gepaard met sterke erosie aan de noord- en zuidkant van het invloedsgebied. De onderhoudskosten nemen bij deze variant met maximaal 11 miljoen gulden toe (jaarlijks maximaal 55 % meer suppleties langs de Hollandse kust). Een ligging van het eiland ten noorden van de IJgeul zal de suppletiehoeveelheden voor de toch al onderhoudsgevoelige Noord-Hollandse kust sterk doen toenemen.

### *Haalbare opties met betrekking tot de ecologie*

In het onderzoek is aangetoond dat de ecologische effecten van een eiland gelegen op 10 en 16 kilometer uit de kust weinig van elkaar verschillen. Op lokale schaal zal de biodiversiteit rond het eiland toenemen. Op de schaal van het Noordzee-ecosysteem zijn weinig effecten te verwachten van een eiland met tunnel of brugverbinding. Wel is aangetoond dat voor alle eiland varianten een risico bestaat op uitstralingseffecten richting de Waddenzee.

### *Een dam als verbinding is een risico*

De aanleg van een vaste dam tussen eiland en kust heeft mogelijk grote consequenties op het ecologisch functioneren van de kustzone en Waddenzee. Uit de studies blijkt dat een vaste verbinding middels een dam het gehalte van slib en organische stoffen in de kustzone en het Marsdiep aanzienlijk kan veranderen en daarmee ook het transport richting de Waddenzee. Slib en organische stof spelen een belangrijke rol in een groot aantal ecologische processen in de kustzone en de Waddenzee. Slib is bepalend voor de kwaliteit van de directe leefomgeving van de bodemfauna en beïnvloedt daarnaast de ontwikkeling van de kwelders in het Waddengebied. Organische stof vervult een belangrijke rol als voedselbron. Effecten kunnen doorwerken in het hele ecosysteem.

Door het eiland te verbinden met een vaste dam ontstaan mogelijk sterke stromingen rond het eiland met de bijbehorende ontgrondingen. Dit kan gevolgen hebben voor de (beheersbaarheid van de) stabiliteit van het eiland met de bijbehorende kosten.

### *Effecten op visfauna*

Vislarven van veel soorten bereiken over een breed front vanaf de paaiplaatsen de opgroeigebieden in de kustzone. Deze transportfase ligt grotendeels buiten het zoekgebied. Na vestiging in de kustzone worden de vislarven naar het noorden getransporteerd, langs de Hollandse kustzone richting de Waddenzee. Door een eilandvariant wordt de intrek in de Waddenzee en andere kinder-kamergebieden dus niet of nauwelijks beïnvloed.

Waarschijnlijk heeft een eiland met tunnel of brug daarom geen effect op de grootte van de vispopulatie. Een damvariant kan een gedeelte van deze input wel verstoren. Hierdoor is het mogelijk dat de vispopulatie wel wordt beïnvloed. Deze conclusie is gebaseerd op de kennis van de levenscyclus van de schol. De effecten op het larven-transport van andere

---

soorten en de consequenties hiervan op de visstand dienen nog nader te worden onderzocht.

*Positie langs de kust belangrijk voor strandrecreatie*

Het strand in de luwte van het eiland zal sterk in breedte toenemen. Deze toename is groter bij varianten die verbonden zijn door een dam of wanneer het eiland dicht bij de kust wordt gelegd. De maximale toename in breedte wordt geschat op 1 km. De positie langs de kust is bepalend voor de locatie waar deze verbreding op zal treden. Een grote verbreding van het strand zal de bereikbaarheid van de zee en de aantrekkelijkheid van het strand voor badgasten verkleinen. Een grote strandverbreding ter hoogte van een badplaats zal daarom vanuit recreatie gezien niet wenselijk zijn.

*Kansen voor mitigatie en compensatie*

Kansen voor natuurontwikkeling liggen met name onder water rondom het eiland, waarbij de vanuit vliegveiligheid ongewenste aantrekkingskracht op vogels natuurlijk in ogenschouw moet worden genomen. Voor de huidige kust, in de schaduwzone van het eiland is er mogelijk ruimte voor het ontstaan van een brede zandvlakte, met nieuw primair duingebied. Overigens wordt dit niet altijd als positief ervaren. Daarnaast zijn er mogelijkheden om het ontwerp van het eiland te optimaliseren. Bijvoorbeeld door ontgrondingskuilen, die door natuurlijke processen toch zullen ontstaan, op voorhand aan te leggen en dit zand te benutten in de aanlegfase.

*Open communicatie is belangrijk*

Uit belevingsonderzoek blijkt dat de helft van de kustbewoners in alle gevallen tegen de aanleg van een vliegveld in zee is. Dit staat vaak los van de daad-werkelijke afstand uit de kust. Argumenten tegen het vliegveld zijn een toename van lawaai aan de kust, verstoring van de natuur, verstoring van de kustfauna, aantasting van het zeemilieu, beïnvloeding van zeestroming, mogelijke transportproblemen, aantasting van de rust aan de kust, horizonvervuiling en de zeer hoge kosten die gemoed zijn met de aanleg, karakter van de zee als geheel, de grote onzekerheden op de lange termijn en de onduidelijke noodzaak voor de aanleg.

De andere helft van de mensen is niet per definitie tegen maar prefereert dat een vliegveld vanaf het strand niet zichtbaar of hoorbaar zal zijn. De verbinding d.m.v. een tunnel krijgt bij deze mensen daarom de voorkeur boven een dam of brug. Argumenten voor het vliegveld zijn een vermindering van geluidshinder, mogelijkheid verdere doorgroei en impuls voor werkgelegenheid en economie.

**Advies voor trechtering varianten gezien vanuit de effecten op kust en zee**

Vanuit kust en zee gezien zijn de effecten van eilanden met tunnel of brug aanzienlijk geringer dan de effecten van een uitbouw uit de kust door middel van een eiland met damverbinding. Op grote schaal zal het Noordzeesysteem vergelijkbaar en met dezelfde kenmerken blijven functioneren. Om de effecten te minimaliseren wordt aangeraden om de grootte van het eiland te minimaliseren en de afstand tot de kust niet te klein te maken. Dit geeft kleinere en minder langdurige effecten. Een ligging van het eiland ten zuiden van de IJgeul vermindert de kans op effecten op de toch al onderhoudsgevoelige Noord-Hollandse kust.

Afgeraden wordt om het kustlangse transport te blokkeren middels een uitbouw uit de kust, bijvoorbeeld in de vorm van een dam. Een dam heeft mogelijk grote consequenties op het ecologisch functioneren van de kustzone en Waddenzee en wordt daarom vanuit ecologie als niet wenselijk gezien. Daarnaast veroorzaakt deze variant grotere beheerskosten en wordt deze door de kustbewoners negatief beoordeeld.

---

---

## 2 Inleiding

---

### 2.1 Algemene inleiding

Voor de lange termijn heeft het kabinet gekozen voor beheerste groei van de luchtvaart. Dit betekent 70 miljoen passagiers in 2020/25. Het huidige Schiphol kan deze groei niet opvangen. De grens ligt bij 550.000 à 600.000 vlieg-bewegingen per jaar. Voor de lange termijn acht het kabinet slechts twee locaties mogelijk om ruimte te geven aan de verdere groei. Op Schiphol met een ingrijpend gewijzigd banenstelsel en op een eiland in de Noordzee. Dit rapport beperkt zich tot een mogelijke Noordzee locatie.

Het kabinet acht deze oplossing nog met veel onzekerheden omgeven. Nader onderzoek van deze optie is dan ook noodzakelijk. In de strategische beleidskeuze toekomst luchtvaart (TNLI, 1998) is aangegeven dat het kabinet eind 1999 een besluit zal nemen met welke locatie(s) en met welke varianten de procedure wordt voortgezet. Dit besluit is het Eerste Moment voor Afweging (EMA). De finale go/no go beslissing (inclusief financieringsbesluit) is voor eind 2005 gepland.

Het Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ) is verantwoordelijk voor het onderzoek van de effecten van een eiland op het kust en zeesysteem (hydrologie, morfologie en ecologie). Het onderzoek kent een aantal trajecten. Een tweetal producten uit het voortraject (TNLI) zijn inmiddels voltooid: 'Landen op zee' en 'Landen op zee 2' (Smit et al, 1997 en 1998). Het derde product, het EMA, is in dit document beschreven. Twee andere producten die zullen volgen zijn een locatie-MER (eind 2000) en een inrichtings-MER (eind 2003). Het onderzoek voor deze trajecten zal vanaf begin 2000 gaan lopen.

### 2.2 Doelstellingen RIKZ in kust en zee onderzoek

Het RIKZ richt zich op het onderzoek naar de effecten op kust en zee. Hierbij onderscheiden we twee hoofdvragen:

1. Wat zijn de effecten en gevolgen van een luchthaveneiland voor het kust- en zeesysteem? Het gaat hierbij om i) de lange termijn effecten op waterbeweging, morfologie en stofstromen en de doorvertaling naar de ecologische gevolgen voor de Noordzee, de Waddenzee, Voordelta en kustzone; ii) de exploitatie van de Noordzee en kustzone; iii) de beleving van kust en zee.
2. Hoe kunnen de situering en vormgeving bijdragen aan het minimaliseren en mitigeren van de effecten en aan het verbeteren van de toestand van kust en zee? Op deze wijze worden vanuit 'natte' effecten en potenties maatregelen of oplossingen voor de vormgeving van een eiland aangedragen. Bijvoorbeeld via de landwater overgang en via de waterkering. Essentieel voor deze onderzoekslijn is dat de effecten, gevolgen en potenties van een zeelocatie voor de vier waarden van kust en zee (veiligheid, natuur, ruimte en economie) in samenhang worden beschouwd. Resultaat is een bijdrage aan de ontwerpen en mogelijk aan het meest milieuvriendelijke alternatief (MMA).

Voor het EMA is voornamelijk de eerste van belang.

### 2.3 Startnotitie locatie MER

In oktober 1999 is de startnotitie voor de locatie MER verschenen. Deze MER wordt geschreven ten behoeve van een Planologische Kernbeslissing (PKB) over de locatie van de nationale luchthaven. In deze startnotitie zijn 6 alternatieven beschreven (zie kader).

Exacte locaties voor een eiland in de Noordzee zijn nog niet gegeven. Binnen de alternatieven kunnen verschillende varianten worden ontwikkeld. Voor de mogelijke locatie

---

van een eiland is een zoekgebied gedefinieerd. Dit zoekgebied is aan de oostzijde begrensd op 10 kilometer uit de kust en aan de westzijde op 40 km. De plaatsen Egmond aan Zee en Den Haag bakenen de noord- en zuidkant af.

## 2.4 Doelstelling EMA kust en zee

Het doel van het Eerste Moment van Afweging is om te komen tot een mogelijke trechtering van alternatieven en varianten van een vliegveldlocatie in zee. Dit betekent dat in dit rapport die varianten die wat betreft effecten op kust en zee mogelijk niet aanvaardbaar en niet realistisch worden geacht al in een zo vroeg mogelijk stadium worden aangegeven opdat zo efficiënt mogelijke besluitvorming plaats kan vinden en vervolgonderzoek zo efficiënt en doeltreffend mogelijk wordt uitgevoerd.

Een variant is samengesteld volgens 4 variabelen: positie langs de kust, afstand tot de kust, grootte en verbinding naar de kust. In de startnotitie zijn de alternatieven alleen volgens de variabele 'grootte' gedefinieerd. In dit rapport zal worden ingegaan op alle varianten van een vliegveldlocatie in zee. Met behulp van combinaties van variabelen zullen uitspraken worden gedaan over de hele reeks van mogelijke varianten.

Het RIKZ richt haar advies op de volgende 6 vragen:

1. Wat zijn de consequenties van de veranderingen in waterbeweging, golfklimaat, zandtransport en de grootschalige morfologie voor de kustveiligheid, kustlijnhandhaving, veerkracht.
2. Hoe wijzigen de slibhuishouding, nutriënten (voedingsstoffen) verspreiding en bodemsamenstelling en wat zijn de gevolgen van deze veranderingen op enerzijds het lichtklimaat en primaire productie in Noord- en Waddenzee en anderzijds op de aanslibbing van vaargeulen, havens en stranden.
3. Wat zijn de consequenties van de veranderingen als genoemd in vraag 1 en 2 voor de bodemfauna in de Noord- en Waddenzee, de ecologie van strand en duinen en de strandbreedte.
4. Wat zijn de effecten op de visfauna als gevolg van effecten op vislarven transport.
5. Wat zijn de effecten op kust- en zeevogels (mede in relatie tot vliegveldveiligheid).
6. Wat zijn de consequenties van de veranderingen in landschap en rust voor de beleving van kust en zee.

Het advies geeft inzicht in de omvang van de effecten die door verschillende varianten van een vliegveld in zee kunnen optreden en de mate van de onzekerheden daarin.

---

de alternatieven die in de MER-PKB procedure zullen worden onderzocht.

#### **Nul-alternatief**

In het nul-alternatief wordt de situatie op de middellange termijn als uitgangspunt genomen. Dat wil zeggen, de situatie waarin het vijfbanenstelsel op Schiphol niet is gewijzigd of uitgebreid. Wel is het gebruik van het banenstelsel geoptimaliseerd, onder meer door toepassing van nieuwe luchtvaarttechnische maatregelen. Optimalisatie moet gebeuren binnen een geïntegreerd stelsel van nieuwe milieu- en veiligheidsnormen. Het nul-alternatief vormt de referentie-situatie aan de hand waarvan de effecten van de andere alternatieven en varianten worden beschreven

#### **Beperkte doorgroei op Schiphol**

Het is mogelijk het vijfbanenstelsel aan te passen voor een beperkte doorgroei van het luchtverkeer op Schiphol. Dit betekent dat er sprake is van een gedeeltelijke aanpassing van de luchthaven. Het kan gaan om de parallelle Kaagbaan of de 5GG-variant, maar ook andere varianten zijn denkbaar.

#### **Ingrijpende aanpassing van het banenstelsel op Schiphol**

Een ingrijpende aanpassing van Schiphol houdt in dat delen van het vijfbanenstelsel worden vervangen en uitgebreid met nieuwe banen. In het kader van het project TNLI zijn reeds verkenningen gedaan naar varianten waarin banen worden gedraaid, banen gesloten en nieuwe banen worden aangelegd, zoals de 'Van Stappen'-variant en de zogenaamde Reus. Ander varianten zijn denkbaar. De nieuwe banenstelsels nemen meer ruimte in beslag.

#### **Banen naar een eiland in de Noordzee**

In dit alternatief worden de start- en landingsbanen, onderhoudsfaciliteiten en hangars voor de vliegtuigen verplaatst naar een eiland van beperkte omvang in de Noordzee. Voor transferpassagiers zijn er faciliteiten zoals restaurants en hotels aanwezig. De overige functies blijven op de locatie Schiphol. Een of meer verbindingen tussen eiland en Schiphol zijn nodig voor reizigers, werknemers op de luchthaven en vracht.

#### **Luchthaven naar een eiland in de Noordzee**

In dit alternatief wordt het hele luchthavenbedrijf naar een eiland verplaatst. Dit betekent dat passagiers op het eiland inchecken en de douane passeren. Op het eiland zijn winkels, cateringbedrijven en dergelijke gevestigd. Ook de afhandeling van vracht vindt hier plaats. De verbinding is niet meer exclusief voor reizigers, werknemers en vracht, ook uitzwaaiers en bezoekers van de luchthaven maken mogelijk gebruik van de verbinding. Het belangrijkste instappunt voor de verbinding met het eiland blijft Schiphol, waar ook de distributie van vracht plaatsvindt. Een tweede instappunt op de verbinding of een tweede verbindingssas is als variant denkbaar.

#### **Een multifunctioneel eiland in de Noordzee**

In dit alternatief worden niet alleen de luchthaven en luchthavengerelateerde functies verplaatst, maar wordt er op het eiland ook ruimte gecreëerd voor andere functies zoals zakelijke dienstverlening en industrie. Voor een dergelijk multifunctioneel eiland is een ontsluiting over meerdere assen nodig. Schiphol is mogelijk één van de knooppunten op deze ontsluitingsassen, maar hoeft niet zonder meer het belangrijkste knooppunt te zijn. Mogelijk verdwijnt Schiphol zelfs helemaal als knooppunt. Alle modaliteiten voor de verbinding zijn denkbaar, ook een wegverbinding.



---

---

## 3 Uitgangspunten

---

### 3.1 Inleiding

In dit rapport wordt niet ingegaan op alle mogelijke effecten van een eiland in zee. Dit rapport kan ook dan niet gezien worden als een soort MER-studie. Effecten worden beschreven op basis van drie criteria. Het eerste en belang-rijkste criterium is dat alleen die effecten worden beschreven die belangrijk kunnen zijn bij het mogelijk verkleinen van het zoekgebied en de varianten van een vliegveldlocatie in zee. Ten tweede worden alleen die effecten beschreven die onderscheidend kunnen zijn voor de verschillende varianten. Als laatste zijn alleen die effecten meegenomen waarover naar verwachting eind 1999 meer bekend zou zijn dan in de voorbereidende TNLI fase.

### 3.2 Conclusies uit eerder onderzoek ten aanzien van een eiland in zee

De conclusies uit het onderzoek dat is uitgevoerd in de voorbereidende fase zijn het uitgangspunt voor het onderzoek ten behoeve van het Eerste Moment van Afweging (EMA). De resultaten van de voorbereidende zijn weergegeven in het rapport Landen op Zee 2. De belangrijkste conclusies ten aanzien van een eiland in zee waren:

- Niet het specifieke gebruik, maar vooral de aanwezigheid van de zeelocatie is bepalend voor de effecten en kansen voor kust en zee.
- Vanwege de aard van het ecosysteem en het procesmatige karakter van het watersysteem bestrijken de veranderingen een relatief groot gebied ten opzichte van een ingreep op land. Door de grootschalige transport-processen via het water en de lucht staan gebieden met elkaar in verbinding.
- Een grootschalige, door mens geïnitieerde kustontwikkeling wordt door de bevolking vaak anders beleefd dan een ontwikkeling op land. Plannen op zee ondervinden meer nationale weerstand. Uit het belevingsonderzoek is gebleken dat het land een meer natuurlijke locatie voor een vliegveld gevonden wordt dan de zee.
- Bij het aanleggen van een eiland dichtbij de kust zal de invloed op de kust groter zijn dan bij een eiland veraf. Een eiland dicht onder de kust beïnvloedt de kusttrivier. Een eiland op 30 km uit de kust heeft naar verwachting weinig invloed op de menging van rivier- en zeewater.
- De ondiepe kustzone is belangrijk als opgroeigebied voor commerciële vissoorten. Het aanleggen van een eiland dichtbij kan de kinderkamerfunctie van deze kustzone negatief beïnvloeden. Daarnaast kan het transport van met name platvislarven worden verstoord.
- Door de aanleg van een eiland vlakbij IJmuiden zal de eerste tientallen jaren extra onderhoud van de IJgeul noodzakelijk zijn.

In dit rapport worden de conclusies over een aantal van deze aspecten verder uitgewerkt.

---

### 3.3 Beleid ten aanzien van kust en zee

Hoofddoelstelling van het kustbeleid is het handhaven van de veiligheid tegen overstromingen, gecombineerd met behoud, en waar mogelijk vergroting van de ruimte voor natuurlijke processen. Daarmee behoudt de kust haar kenmerkend uiterlijk en wordt ruimte geboden aan versterking van natuur- en landschapswaarden.

#### 3.3.1 Kustlijnhandhaving en kustveiligheid

Het kustbeleid is verwoord in de Kustnota's van 1990 en 1995. Het beleid is sinds 1990 gericht op dynamisch handhaven van de kustlijn. Hierbij worden natuurlijke processen zo min mogelijk belemmerd en wordt er alleen ingegrepen wanneer land blijvend verloren dreigt te gaan. Kustuitbreidingsplannen zijn in het beleid inpasbaar, maar niet overal en onvoorwaardelijk. Eventueel

*beheersbaarheid*

schadelijke effecten moeten beheersbaar zijn.

*basiskustlijn*

*erosiebestrijding*

Voor de bestrijding van erosie wordt de basiskustlijn als norm gehanteerd. De basiskustlijn komt overeen met de kustligging van 1990. Als deze norm door voortschrijdende erosie wordt (of dreigt te worden) overschreden worden maatregelen, meestal in de vorm van zandsuppleties, genomen.

*ontwerppeil*

*Veiligheid tegen overstromen*

In de Wet op de waterkering zijn de veiligheidsnormen tegen overstroming gegeven. Voor elke dijkkring is een veiligheidsnorm vastgelegd. De vereiste veiligheid voor de bescherming tegen hoog water wordt uitgedrukt in een overschrijdingskans van het ontwerppeil. Eens in de vijf jaar worden de waterkeringen door de beheerders getoetst aan de geldende veiligheidseisen.

#### 3.3.2 Waterbeheer

Het beleid voor het omgaan met water en watersystemen van Nederland is opgenomen in de vierde Nota Waterhuishouding (NW4). Hoofddoel van het beleid is het creëren van een veilig en bewoonbaar land met gezonde en duurzame watersystemen.

*ruimte voor natuurlijke processen*

Aansluiten bij natuurlijke processen en herstellen van de veerkracht van watersystemen zijn belangrijke leidraden voor het toekomstig waterbeheer.

*herstel van veerkracht*

Het beleid dat de rijksoverheid formuleert in NW4 ten aanzien van de (voormalige) estuaria in de zuidelijke Delta, de Voordelta, de kustzone en de Waddenzee sluit aan bij de regionale beleidsplannen die voor deze gebieden zijn opgesteld. Hoofddoel is het behouden en versterken van de natuurlijke processen die karakteristiek zijn voor deze wateren. Hierdoor worden de veerkracht en het ecologisch functioneren van deze watersystemen bevorderd. Het beleid voor de Noordzee is gericht op een duurzame ontwikkeling van het

*duurzaamheid*

watersysteem en een duurzaam gebruik. Onderdeel van het beleid is een veilige afwikkeling van de scheepvaart en het voorkomen van illegale lozingen.

---

### 3.3.3 Natuurbeleid

Het natuurbeleid is vastgelegd in het Natuurbeleidsplan en het Structuurschema Groene Ruimte. De grote wateren (Noordzee, Waddenzee, Zuidhollandse en Zeeuwse Delta) zijn aangewezen als kerngebied binnen de Ecologische Hoofdstructuur. De Voordelta is een natuurontwikkelingsgebied. Voor het in stand houden van deze gebieden geldt een basisbescherming:

*basisbescherming*

- handhaven van bestaande kwaliteit
- handhaven van bestaande structuur
- handhaven van bestaande processen
- handhaven van bestaande ontsluiting en rust

Ingrijpen in de Ecologische Hoofdstructuur mag alleen plaatsvinden als daarvoor een zwaarwegend maatschappelijk belang bestaat en als aan dit belang niet elders tegemoet kan worden gekomen. Dit geldt ook voor die gebieden die aangewezen zijn als special beschermingszones in de zin van de Europese Vogel- en Habitatrichtlijn.

Voor deze gebieden zijn de zogenaamde 'nee, tenzij-formule' en het 'compensatiebeginsel' van toepassing. Volgens de 'nee, tenzij-formule' staat het rijksbeleid "ingrepen en ontwikkelingen in, en in de onmiddellijke nabijheid van, de kerngebieden in de ecologische hoofdstructuur niet toe, indien deze wezenlijke kenmerken en waarden van het gebied aantasten". Als wordt besloten de voorgenomen ingreep in de Ecologische Hoofdstructuur toe te staan dan zal de PKB+/MER procedure moeten uitwijzen of er sprake is van aanwijsbare schade voor wezenlijke kenmerken en waarden van het gebied. De initiatiefnemer van het plan is dan verplicht deze schade zo veel mogelijk te voorkomen, te verminderen en zo nodig te compenseren

### 3.3.4 Visie op de kust: Kust op koers

De departementen VROM, V&W, LNV en EZ ontwikkelen een gezamenlijke visie op de kustontwikkeling, rekening houdend met ruimtelijk, economische, natuur-, milieu- en veiligheidsbelangen. Een voorstudie op de ontwikkeling van de kust is begin 1999 verschenen. Hieronder staat kort de inhoud van deze voorstudie weergegeven.

In de afgelopen decennia is van zowel de zee- als de landzijde de druk op de kust en de Noordzee toegenomen. Zeespiegelstijging, zoute kwel en bodemdaling, maar ook conflicterende ruimteclaims vragen om duurzame keuzen. Meebewegen met natuurlijke processen biedt meer perspectief dan starre oplossingen. De basiskwaliteiten van kust en zee: de horizon, de veerkracht en de samenhang verschillen voor de Noordzee, de Wadden, de gesloten Hollandse kust en de Delta. Vanuit die verschillen in basiskwaliteiten moeten nieuwe ruimteclaims afgewogen worden. We willen de veerkracht behouden, de samenhang vergroten en de horizon niet laten verloederen. Zo mogen plannen die op het bestaande land grote maatschappelijke weerstanden oproepen niet zonder meer op de zee worden afgewenteld.

*veerkracht, samenhang, horizon*

## 3.4 Kust en zee: één systeem

Het Nederlandse kustzone en Waddenzee zijn in feite een samenhangend systeem, aan elkaar gesmeed door het zandige fundament en de heen en weer gaande getijstroom. Een ingreep in het systeem heeft direct effecten op de waterbeweging. Veranderingen in de waterbeweging hebben gevolgen voor het transport van zand, slib, voedingsstoffen en organismen. Deze veranderingen kunnen doorwerken op de verschillende functies van het kust- en zeesysteem. Bijvoorbeeld veranderingen in zand- en slibtransport hebben direct invloed op de kustlijnligging en aanslibbing en -zanding van havens en vaargeulen. Daarnaast hebben deze veranderingen direct en indirect gevolgen voor de het ecosysteem en gebruiksfuncties als recreatie en visserij. Een ingreep in het systeem vertaalt zich dus in effecten die een grootschalig karakter kunnen hebben. Omdat kust en zee één samenhangend systeem vormt beschikt het echter ook over mogelijkheden om zich in zekere mate aan te passen en te herstellen. Aan het begin van elk hoofdstuk waar de effecten

---

worden beschreven is een overzicht gegeven van de ingreep effectrelaties van de behandelde aspecten.

### **3.5 Wat is belangrijk vanuit kust en zee**

Onderstaande matrix geeft een overzicht van de aspecten die relevant zijn vanuit kust en zee. Deze matrix geeft de aspecten aan waarop de belangrijkste effecten zijn te verwachten en aspecten welke voor het kust- en zeesysteem als meest belangrijk worden ervaren. Deze onderzoeksmatrix zal gedurende het totale besluitvormingsproces sturend zijn voor het verdere onderzoek. In deze fase van de PKB-MER procedure worden de verschillende aspecten behandeld op 3 niveaus;

1. aspecten waarover redelijk goed onderbouwde, meestal kwantitatieve uitspraken worden gedaan
2. aspecten waarover kwalitatieve uitspraken worden gedaan en waarvoor minder diepgaand onderzoek is verricht.
3. aspecten waarover geen uitspraken worden gedaan maar die wel belangrijk zijn en in het vervolgonderzoek zullen worden onderzocht.

Tabel 3.1

Matrix van onderzoeksitems voor het thema kust en zee. De items waarover geen uitspraken worden gedaan in dit rapport zijn grijs en cursief weergegeven

Item	Consequenties op / van	parameters	Toelichting / onderzoeksitems	niveau
	<i>lokale milieu effecten</i>			
1	<i>Ecosysteem zandwingebied</i>	<i>opp. verstoord areaal herstel (tijd) eindtoestand</i>	<i>verstoring en herstelmogelijkheden</i>	3
2	<i>Leven op nieuwe oever</i>	<i>soortensamenstelling uitstraling naar vogels en vissen</i>		3
3	<i>Ecosysteem rond eiland</i>	<i>Bodemfauna Visfauna, vogels, zeezoogdieren</i>	<i>Morfologische veranderingen rond eiland. Morfologie in relatie tot bodem</i>	3 3
	<b>veraf milieu effecten</b>			
4	Noordzeecosysteem	Lichtklimaat en primaire productie na aanleg Voedselbeschikbaarheid	Grootschalige stofverspreiding Grootschalige transport slib e.d.	2 2
5	Vispopulaties	Paaiplaatsen, larve transport, kinderkamers	Ongehinderd transport kustrivier	2
6	Waddensysteem	Diversiteit habitat W/zee bodem Kwelder areaal	Uitwisseling W/zee / Noordzee Slibtoevoer	2 1, 2
7	Vogels (kust en zee)	Aantallen, soorten en verspreiding		2
8	ecologie van strand en duinen	<i>vegetatie Grondwaterspiegel</i>	Saltspray Grootschalige morfologie	2 2
9	<i>zeezoogdieren</i>	<i>aantallen en verspreiding</i>	<i>relevantie</i>	3
	<b>gebruiksfuncties</b>			
10	Kustverdediging	Kustlijnhandhaving (m3 suppletie zand) veiligheid tegen overstromen Veerkracht (LT)	Grootschalige morfologische processen Waterbeweging	1 1 2
11	<i>Visserij</i>	<i>Vis beschikbaarheid Verlies gronden (opp.) Mariculturen (kansen voor)</i>	<i>effect op opgroei vis</i>	3 3 3
12	Recreatie	Strand (breedte, sediment samenst, troebelheid) <i>Schuimvorming</i>	Morfologie NZ + slibbalans <i>Grootschalige stofverspreiding (algen)</i>	1, 2 3
13	Beleving	Rust en ruimte Onderbuik' gevoel	Belevingsonderzoek, mede gebaseerd op effecten recreatie.	2
14	onderhoud havens en vaargeulen	aanslibbing/zanding m3/jaar	Grootsch. verspreiding slib en zand	2
15	<i>Veiligheid scheepvaart</i>	<i>Stroompatronen rond eiland Obstakel</i>	<i>Stromingen (kennis getijstroom)</i>	3 3
16	<i>Infrastructuur kabels en leidingen</i>	<i>Blootliglengte (m/jaar)</i>	<i>Dynamiek bodem (grootschalige morfologie)</i>	3

In de laatste kolom staat aangegeven op welk niveau de aspecten in het EMA zullen worden beschreven. De aspecten waarover in dit document geen uitspraken worden gedaan (niveau 3 aspecten) zijn onderwerp van studie voor de locatie- en inrichtingsMER.

### 3.5.1 Criteria voor het eerste moment van afweging

In tabel 3.2 zijn de aspecten weergegeven waarop in dit rapport een afweging zal worden gemaakt. Deze afweging zal worden gemaakt op basis van de weergegeven criteria. Deze

aspecten zijn uit de totale onderzoeksmatrix overgebleven op basis van de in paragraaf 3.1. aangegeven criteria.

.....  
Tabel 3.2  
parameters en criteria behandeld in dit rapport

hfst	Consequenties op	parameters	criterium
6	kustverdediging	kustlijnhandhaving veiligheid tegen overstromen veerkracht	kustonderhoud beheersbaarheid ontwerppeil/basispeil golfhoogte en periode zandinhoud morfologische dynamiek (zelf-organisatie systeem)
7	plankton en visfauna door lichtbeschikbaarheid en voedsel	ontwikkeling ecosysteem	primaire productie zoöplankton benthosgemeenschap visgemeenschap
7	Waddensy steem	aard habitat Waddenzee	draagkracht behoud dynamisch evenwicht
8	visfauna	grote vispopulaties	larventransport
9	kust- en zeevogels	vogelgemeenschap	aantallen soorten verspreiding
10	beleving		rust en ruimte & 'onderbuik' gevoel
11	recreatie	strand	breedte strand karakter strand (sedimentsamenstelling, golven)
11	ecologie van strand en duinen	dynamiek saltspray	ruimte voor natuurlijke processen golfdynamiek
11	onderhoud havens en vaargeulen	aanslibbing en aanzanding	baggerhoeveelheden

### 3.6 Varianten

In het EMA worden verschillende varianten beschreven. Alleen die varianten worden meegenomen waar in 'landen op zee 2' (Smit et al, 1998) nog geen concrete uitspraken over zijn gedaan. In dit document is geconcludeerd dat een eiland vanaf 30 km van de kust (naar verwachting) weinig invloed zal hebben op het kust- en zeesysteem. Het deel van het zoekgebied tussen 30 en 40 km vanaf de kust zal in dit rapport dan ook niet verder worden meegenomen. De varianten zijn zo gekozen dat er aan de hand van deze varianten uitspraken gedaan kunnen worden over het beperken van het aantal variabelen en/of de reikwijdte van de variabelen om het zoekgebied voor een eiland in zee te verkleinen.

In tabel 3.3 staat de reikwijdte van de variabelen gegeven. Over de meeste in het EMA te onderzoeken varianten worden (ook) kwantitatieve uitspraken gedaan. Met deze varianten (bestaande uit een combinatie van variabelen) zijn verschillende modellen gedraaid. Over de varianten boven de IJgeul, die pas later in het proces zijn meegenomen, worden alleen kwalitatieve uitspraken gedaan.

.....  
Tabel 3.3  
Reikwijdte van de variabelen

Variabelen	Extreem	Gemiddeld	Extreem
afstand uit de kust	10- 18 km	16-24km	-
Positie langs de kust	Scheveningen	Noordwijk	Egmond
Oeververbinding	tunnel	brug	dam
Grootte	3500 ha	8500 ha	12000 ha

---

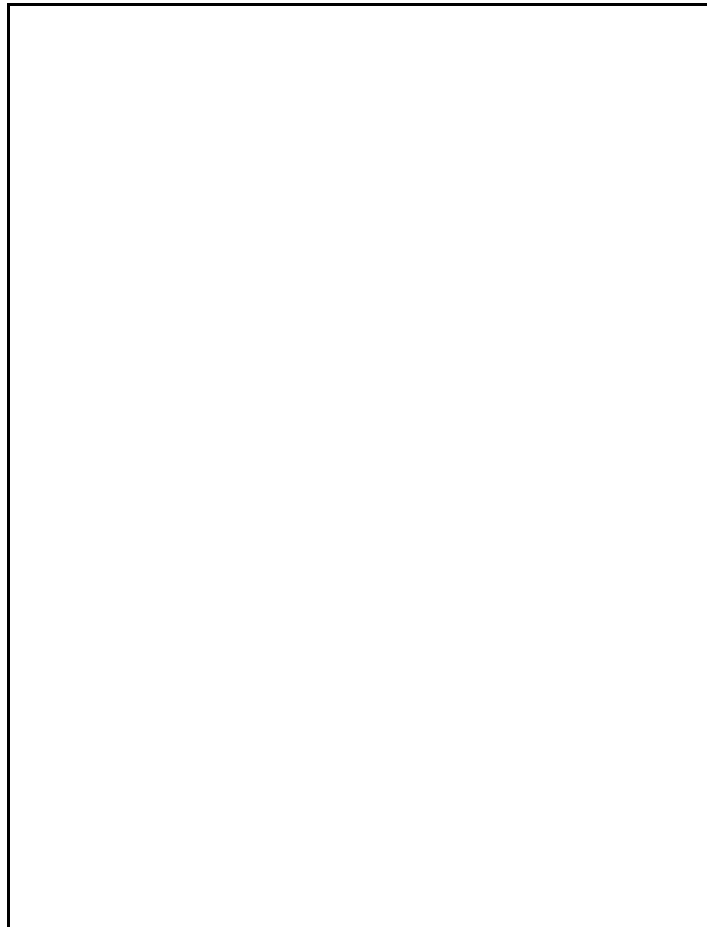
In de modellen zijn verschillende geïntegreerde varianten samengesteld die bestaan uit een combinatie van variabelen. Op basis van de effecten van de varianten worden uitspraken over de variabelen gedaan. De varianten zijn:

1. eiland tussen 16 en 24 km van de kust met een damverbinding.
2. eiland tussen 16 en 24 km van de kust met een dam verbinding waarin een getijcentrale is opgenomen. Dit is gemodelleerd door een opening van 1600 meter in de dam.
3. eiland tussen 16 en 24 km van de kust zonder verbinding in zee (= tunnel)
4. eiland tussen 10 en 18 km van de kust zonder verbinding in zee (= tunnel)

De effecten van een brug zullen op grote schaal vergelijkbaar zijn met de effecten van een tunnel, alleen lokaal zullen de effecten anders zijn. In figuur 3.1. zijn de varianten weergegeven waarmee de modelstudies zijn uitgevoerd.

.....  
**figuur 3.1**

De 4 varianten waarvoor modelstudies zijn uitgevoerd. SO1 is bovengenoemde variant 2, SO2 variant 1, SO3 variant 3 en SO4 variant 4. De afstand op de assen is weergegeven in meters.







---

## 4 Werkwijze en kwaliteitsborging

---

### 4.1 Inleiding

De resultaten die in dit rapport worden gepresenteerd zijn tot stand gekomen door middel van een stappenproces. Deze stappen staan hieronder weergegeven

**Stap 1:** kwantitatieve indicatie (waar mogelijk) van mogelijke effecten.

**Stap 2:** interpretatie van de effecten naar de aandachtsvelden op basis van de parameters in tabel 3.2.

**Stap 3:** beoordeling en commentaar van de interpretatie door een expert-panel.

**Stap 4:** aanpassing van de interpretatie naar aanleiding van het commentaar van het expert-panel.

Hieronder staat per discipline aangegeven op welke wijze dit is uitgevoerd. Eerst wordt echter kort ingegaan op de totstandkoming van de onderzoeksmatrix (tabel 3.1).

#### 4.1.1 Wat is belangrijk voor kust en zee?

Tijdens een workshop is aan specialisten gevraagd: Wat is er nodig aan studie en onderzoek voor de beantwoording van de vragen over mogelijke effecten van een aanleg van een vliegveld in zee. Tijdens deze workshop is een concept matrix zoals gegeven in hoofdstuk 2 aan de experts voorgelegd. De volgende twee vragen zijn daarna gesteld:

- Zijn de gekozen aspecten en varianten relevant?
- Zijn de wetenschappelijke parameters juist en identificeerbaar?

De antwoorden op deze vragen zijn meegenomen in de uiteindelijke matrix als gegeven in hoofdstuk 3.

### 4.2 Morfologie

De voorspelling van de morfologische effecten is voornamelijk gebaseerd op de mening van deskundigen in het vakgebied. De geraadpleegde experts worden genoemd in bijlage 1. Aan deze experts is gevraagd om met de huidige kennis een kwalitatieve en waar mogelijk een kwantitatieve inschatting te maken van de effecten van de verschillende eilandvarianten op waterbeweging en morfologie. Deze inschatting is gemaakt aan de hand van de beoordelingsmatrix uit hoofdstuk 2. Het RIKZ heeft ter ondersteuning een aantal getij- en golfberekeningen uitgevoerd (Jacobse, 1999), Groen (in concept)). Deze zijn vooraf aan de deskundigen ter beschikking gesteld. Naast deze berekeningen heeft het RIKZ nog een berekening van de effecten op de kustlijn laten uitvoeren (Steetzel, 1999). Deze is op de expertsessie gepresenteerd en de resultaten zijn in dit rapport meegenomen.

Bij het invullen van matrix zijn door de deskundigen de volgende vragen als leidraad gehanteerd:

- wordt de betreffende parameter beïnvloed?
- zo ja, in welke mate / zo nee, waarom niet?
- wat is het belang van het effect?
- wat zijn de verschillen tussen de varianten?

- wat zijn de mogelijkheden om de negatieve effecten te beheersen of te compenseren?
- welke potenties kunnen worden benut?
- wat zijn de onzekerheidsmarges (waarde van de voorspelling)?
- welke relevante vragen zijn nog niet gesteld?

De antwoorden zijn zoveel mogelijk met argumenten onderbouwd. Door de deskundigen is geen aanvullend onderzoek uitgevoerd.

De interpretatie die de experts hebben gemaakt ten aanzien van de effecten is door het RIKZ gebundeld in een werkdocument (Van Vessem et al., 1999). Hierbij is niet gestreefd naar een gemeenschappelijke mening. Geconstateerde meningsverschillen zijn in dit werkdocument opgenomen en in een aanbeveling voor nader onderzoek verwoord. Dit document is middels een workshop becommentarieerd door dezelfde experts.

### 4.3 Slib

De modelberekeningen en interpretatie van deze berekeningen (Thoolen, 1999a) (Thoolen 1999b) zijn in een expertsessie getoetst. Doel was een 'expert opinion' te verkrijgen over de gevolgen van de aanleg van een vliegveldeiland voor de Hollandse kust op de slibhuishouding in de Nederlandse kustwateren. De geraadpleegde experts worden genoemd in bijlage 1. De volgende conclusies werden tijdens deze expertsessie getrokken.

- Het model is niet betrouwbaar genoeg in het Waddenzee gebied.
- Wat betreft het berekende *effect* op fluxen door het Marsdiep worden de resultaten betrouwbaar genoeg geacht. De vraag blijft of de slechte reproductie in het Waddengebied invloed heeft op de berekende fluxen door het Marsdiep, waarvan de *absolute waarden* niet betrouwbaar worden geacht.
- Het model wordt voor de Hollandse kustzone tot en met Callantsoog betrouwbaar genoeg geacht om er conclusies op te baseren.
- De modeluitkomsten zijn onderling consistent en in lijn met de ideeën die er op grond van louter 'expert judgement' bestonden, met name wat betreft de effecten van de aanleg van een dam.

### 4.4 Ecologie

Om de mogelijke ecologische effecten van een kunstmatig eiland op het Nederlands kuststelsel te kunnen in schatten is een serie modelberekeningen uitgevoerd: waterbeweging (Groen, (in concept), slibtransport (Thoolen, 1999a) (Thoolen, 1999b) en algengroei (Boon, 1999).

In het algemeen vormen modelberekeningen belangrijke middelen voor het maken en implementeren van beleid. In de hier gebruikte modelstudies bleek het mogelijk om trends in ecosysteem ontwikkeling te genereren als gevolg van de aanwezigheid van een artificieel eiland in zee. Door het gebruik van de modellen waren we in staat om de relatieve veranderingen van bepaalde variabelen als slib gehalten en chlorofyl-a te duiden. De opgeleverde resultaten zijn gebruikt als indicaties en richtlijnen voor verdere interpretaties, discussies en evaluaties door expert-panels. Als zodanig hebben ze goed gefunctioneerd. De interpretatie van de ecologische effecten is grotendeels binnen het RIKZ zelf gedaan. Voor deze voorspelling heeft de beoordelingsmatrix uit hoofdstuk 2 als basis gediend. De modelresultaten en de interpretatie werden beoordeeld door een aantal experts in een workshop. De geraadpleegde experts worden genoemd in bijlage 1. Het doel van de workshop was om antwoord te krijgen op de volgende vragen:

1. Wat zijn de tijd-ruimte schalen van de effecten, wat zijn de onzekerheden van de effecten? Zijn de onzekerheden niet te groot om uitspraken te kunnen doen?
2. Kunnen we op basis van de effect beschrijving van een beperkt aantal varianten toch nog komen tot uitspraken over principes van verstoring zodat we uitspraken kunnen

---

doen over variabelen? Kunnen we voorstellen doen voor de inperking van de variabelen of varianten?

De interpretatie van de resultaten is bijgesteld naar aanleiding van de commentaren van de experts. De resultaten zijn hierna in een werkdocument gebundeld (Rozemeijer & de Vlas, 1999).

#### **4.5 Vogels**

Voor de conclusies ten aanzien van de vogels is voornamelijk gebruik gemaakt van de bij het RIKZ aanwezige kennis en van de resultaten van een expert-meeting georganiseerd door Directie Noordzee van Rijkswaterstaat. Op deze expert-meeting waren internationale deskundigen op het gebied van zeevogels aanwezig. De deskundigen (vermeld in bijlage 1) hebben gezamenlijk hun best 'professional judgement' gegeven over de soorten vogels en hun aantallen op een eiland in de Noordzee en over de variabelen die deze aantallen beïnvloeden.

#### **4.6 Beleving**

Voor de uitspraken ten aanzien van beleving is gebruik gemaakt van kennis uit onderzoeken die in het verleden door Bouwdienst Rijkswaterstaat zijn uitgevoerd (Bouwdienst RWS, 1998a, 1998b) en een onderzoek dat voor de EMA is uitgevoerd (Rooijers, 1999). Bij de twee onderzoeken van de Bouwdienst zijn respectievelijk 10 en 30 mensen aan de Nederlandse kust geïnterviewd. Het EMA onderzoek bestond uit interviews met 60 personen aan de Nederlandse kust. Het onderzoek is afgerond met groeps gesprekken met 19 personen, die ofwel beleidsmatig ofwel professioneel met beleving bezig zijn. In deze gesprekken werden de uitkomsten van de interviews nog eens beoordeeld.

#### **4.7 Onzekerheidsmarges**

In deze fase van beoordeling, voor een groot deel gebaseerd op expertopinion, is het niet mogelijk de kwantificering met de vereiste nauwkeurigheid te genereren. Hiervoor zijn nadere onderbouwende en meer gedetailleerde studies op grond van de huidige kennisstand noodzakelijk. De gebruikte modellen zijn wel geschikt gebleken om uitspraken te doen omtrent relatieve veranderingen.

##### **4.7.1 Morfologie**

De ervaring met ingrepen van de omvang van een eiland in zee is beperkt. In feite berusten de voorspellingen op extrapolatie van de huidige kennis. Hierdoor zijn de onzekerheidsmarges groot. Het gebruik van morfologische modellen in een volgende fase kan de omvang van de onzekerheid in beeld brengen.

De stroomsnelheids- en golfveranderingen zijn gebaseerd op de huidige bodemligging in de omgeving van het eiland. In de indicatieve berekeningen is geen rekening gehouden met de effecten van zandwinning, in relatie tot de landaanwinning van het eiland, en de morfologische veranderingen die direct na aanleg van een eiland zullen gaan optreden.

De absolute fout van de stroomberekeningen is circa 10%. Door het relatieve verschil tussen een variant en de huidige situatie te bepalen is de fout zelfs verwaarloosbaar. Absolute fouten veroorzaakt door de gebruikte randvoorwaarden heffen elkaar dan namelijk op.

De kwantitatieve schattingen van de zandtransport- en morfologie-parameters betreffen orde van grootte schattingen met een nauwkeurigheid van een factor 2 tot 3.

---

#### 4.7.2 Slib

##### *Waterbeweging.*

Uit de waterbewegingsmodellering vallen conclusies te trekken m.b.t. getijsnelheden, reststroomsnelheden, debieten, getijprisma's, zoutverdeling, breedte Rijnpluim en stratificatie. Deze grootheden zijn bepaald voor een situatie met jaargemiddelde externe forcing en met een nauwkeurigheid van zo'n 10 %. Deze gegevens zijn nodig als invoer in de slibmodellering.

Er zijn dus geen jaargemiddelde grootheden bepaald, maar min of meer momentane grootheden over een representatief getij en een jaargemiddelde windstress.

##### *Slibtransport*

In het algemeen kan men van in situ slibconcentratiemetingen zeggen dat zij behept zijn met een onnauwkeurigheid van een factor 2. De meeste schattingen, afkomstig uit metingen, zijn niet nauwkeuriger. Modelresultaten worden weer afgeregeld op meetresultaten en zijn dus minstens even onnauwkeurig.

In het slibmodel worden de volgende fouten gegenereerd:

- De lange termijn modelruns worden gedaan met een constante (zwakke) wind en een constant getij. Dit introduceert een extra onnauwkeurigheid van 30%. Met betrekking tot de influx in de Waddenzee is het modelresultaat een overschatting. Voor aanslibbing in zeehavens is er sprake van onderschatting
- Onzekerheden in het gebruikte modelinstrumentarium, zoals bijvoorbeeld de randvoorwaarden aan de zuidrand, leiden tot een onnauwkeurigheid in de berekende fluxen van een factor 1.5 (gemakshalve) maar er kunnen jaren bij zijn dat een afwijking met een factor 2 optreedt.

De met het model berekende fluxen door de Callantsoograai, het Marsdiep en het Eijerlandse gat zijn in overeenstemming met de algemeen geldende opvattingen. Berekende concentraties in deze zeegaten en de geulen erachter zijn in overeenstemming met metingen. In de ondiepe gebieden zijn de berekende concentraties te laag (geschatte factor 5). Meer oostelijk in de Westelijke Waddenzee (Vlie, Borndiep) klopt het model helemaal niet meer als gevolg van diverse oorzaken, die hier verder buiten beschouwing blijven.

De modelfouten zijn systematisch. Dus als er in de T0-situatie een bepaald resultaat zeg 10% hoger is dan de werkelijkheid, dan zal dat in T1 en T2 etc. in principe ook het geval zijn. De relatieve veranderingen t.o.v. T0 worden dan ook met een grotere nauwkeurigheid berekend dan de absolute modelnauwkeurigheid.

#### 4.7.3 Ecologie

##### *Modelering primaire productie*

Voor het voorspellen van de verandering in primaire productie is een 2D model gebruikt (GEM) (Boon, 1999). Alvorens de effecten van de vliegveld in zee varianten te onderzoeken, is nagegaan in hoeverre de huidige situatie (i.e. jaar 1998) door het GEM-model kunnen worden gereproduceerd.

Voor slib zijn de resultaten op 2 en 10 km redelijk goed voorspeld. Verder van de kust is de modelschatting minder accuraat. Dit kan komen omdat het dichtheid gedreven kustdwarstransport onderschat of omdat het GEM-model de uitwisseling met de Noordzee langs de westranden van het model overschat.

Voor de chlorofyl-a gehalten kan het model de dynamiek van het chlorofyl-gehalte redelijk modelleren maar extremen van de veldsituatie worden niet gehaald. Toch suggereert de dynamiek in de modelvoorspelling dat (de dynamiek in) de sturende processen goed

---

benaderd wordt. Het lijken nu vooral groei-eigenschappen van de alg te zijn die afgesteld dienen te worden.

*Evaluatie*

De gebruikte modellen zijn geschikt gebleken om uitspraken te doen omtrent relatieve veranderingen in bepaalde doelvariabelen zoals primaire productie. Een aantal kanttekeningen dien hierbij gemaakt te worden. De modellen zijn doorgerekend voor een jaargemiddelde externe aansturing, en dit beperkt de mogelijkheden om nauwkeurig te reproduceren. Met name niet-lineaire interacties tussen meteorologische aandrijving, slibafvoer door rivieren en waterbewegingspatronen worden in het model niet meegerekend. Daarom dienen de resultaten alleen geïnterpreteerd te worden als eerste orde gevolgen van de constructie van een eiland.

Ten gevolge van de aanleg van een vliegveld in zee is naast een toename in de biomassa tevens een verschuiving in de soortensamenstelling van fytoplankton te verwachten om dat de condities waaronder licht en nutriëntlimitatie optreden zijn gewijzigd. Deze verschuiving van type en aantal is van beleidsmatige relevantie gelet op de effecten op gebruikersfuncties zoals recreatie en visserij. Het onderzoek is in dit stadium echter nog te prematuur voor een zinvolle beschouwing over de soortensamenstelling.

Een meer uitgebreide discussie over de nauwkeurigheid en interpretatie van de resultaten is gegeven in Rozemeijer en de Vlas (1999).



---

## 5 Systeembeschrijving

---

### 5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt een algemene beschrijving gegeven van het Nederlandse kuststelsel.

### 5.2 Morfologie van de Nederlandse kust

De gesloten Hollandse kust strekt zich uit van Hoek van Holland tot Den Helder. De kusthelling langs de Nederlandse kust strekt zich uit van de kustlijn tot een diepte van 15 à 20 meter. Langs de Hollandse kust en de centrale kust van de Waddeneilanden is deze helling gelijkmatig glooiend.

De grootschalige morfologie van het kuststelsel is opgebouwd uit de volgende elementen.

- het relatief steile deel van de onderzeese oever ( $> 1:100$ ) met zeeoever, strand en brandingsruggen;
- het flauw hellende deel van de onderzeese oever ( $1:100$  tot  $1:1000$ );
- de onderzeese oever gaat op circa 3 km uit de kust over in de zeebodem ( $< 1:1000$ ). Op de zeebodem liggen banken met een hoogte van 1-10 m en op ongeveer 10 km uit de kust liggen zandgolven met een hoogte van 2 tot 4 m;

Op het Nederlands Continentaal Plat bevinden zich op het zuidelijk deel veel zandbanken met een hoogte tot 15 meter vanaf de zeebodem. Het centrale deel wordt gekenmerkt door zandgolven met een hoogte van meer dan 6 meter in het zuiden tot ongeveer 2 meter in het noorden. Het noordelijk deel heeft een betrekkelijk vlakke bodem. In het Noordwesten komen enkele grote banken als de Klaver- en Doggersbank voor.

### 5.3 De ontwikkeling van de kust

De ontwikkeling van de Nederlandse kust is een proces geweest van erosie van hogere gelegen pleistocene gebieden en het rechttrekken van de kustlijn. Dit vond plaats onder invloed van een in snelheid afnemende zeespiegelstijging (Van Rijn, 1995)

De Nederlandse kust is geleidelijk aan afgesloten van de zandbronnen, voornamelijk oude rivierafzettingen en zandbanken als het "Texel Hoog", die in het verleden kustuitbouw mogelijk hebben gemaakt. Onder invloed van doorgaande zeespiegelstijging en een beperkter sedimentaanbod is de laatste 1000 jaar de kust onderhevig aan erosie en terugschrijding (Beets et al, 1995). Door ingrijpen van de mens is deze terugschrijding in de laatste eeuw een halt toegeroepen. Doordat het kuststelsel naar evenwicht blijft streven, vindt er wel erosie plaats.

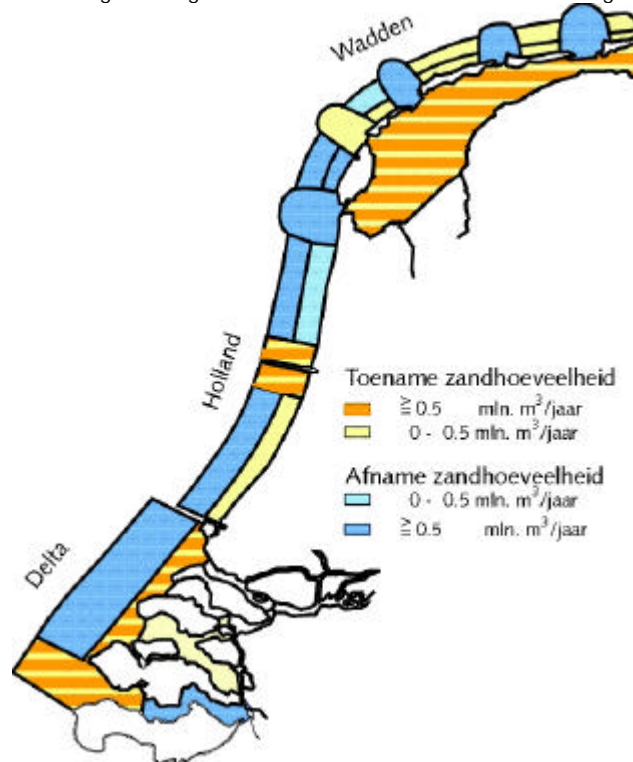
Nederland wordt tegen overstroming beschermd door duinen en dijken. Duinen maken in totaal zo'n 254 km van de Nederlandse kust uit. Het totale oppervlak bedraagt 48.000 ha. Duinen zijn ontstaan door een samenspel van wind, zee en zand. Vanaf ongeveer 5000 jaar geleden nam de zeespiegelstijging zo af dat aaneengesloten strandwallen konden ontstaan. Door de aanwezigheid van voldoende zand werden er zelfs zeewaarts nieuwe strandwallen gevormd waardoor de kust zich kon uitbouwen. Deze gordel van strandwallen bevindt zich globaal tussen Den Haag en Alkmaar en worden de 'oude duinen' genoemd. Vanaf het jaar 1000 zijn de jonge duinen gevormd.



De ligging van de Nederlandse kust is aan veranderingen onderhevig, als gevolg van natuurlijke en menselijke invloeden. De grootste zandvraag in het Nederlandse kuststelsel ligt bij de Waddenzee. Deze zandvraag is toe te schrijven aan zeespiegelstijging, bodemdaling (gaswinning) en aanpassingen door de aanleg van de Afsluitdijk en afsluiting van de Lauwerszee. De gehele Waddenzee importeert per jaar tussen de 10 en 20 miljoen m<sup>3</sup> zand. De buitendelta's van de Waddenzee eroderen sterk. Via het langstransport wordt de zandhonger van de zeearmen en Waddenzee gevoed. Deze onttrekking wordt niet gecompenseerd door aanvoer vanuit diep water. De erosie van de kust is daarom het sterkst op plaatsen waar deze aan zeearmen grenst.

Mede als gevolg van de zandhonger van de Waddenzee erodeert de Hollandse kustzone ten noorden van Egmond. De onderwateroever van de Hollandse kust verliest zand. Sterke aanzanding is er ter weerszijden van de havenhoofden van IJmuiden. Aan de noord en zuidzijde hiervan treedt erosie op. De kust tussen de havenhoofden van Hoek van Holland en IJmuiden gedraagt zich op tijdschaal van enkele decennia als één kustvak. De invloed van de havenhoofden bij Scheveningen en de strandhoofden bij Delfland is op deze schaal gering. De toegangsheulen naar de havens van Rotterdam en IJmuiden belemmeren een vrije uitwisseling van zand met de aanliggende kustvakken. De heulen fungeren als zandvang en worden middels jaarlijkse bagger-werkzaamheden op de gegarandeerde diepte en breedte gehouden. Lokale sedimentatie en erosie compenseren elkaar vrijwel volledig binnen dit gebied. Alleen bij Delfland, Scheveningen en Bloemendaal vertoont de kust erosie. Figuur 5.1 geeft een overzicht van de zandhuishouding langs de Nederlandse kust.

.....  
 figuur 5.1  
 Zandhuishouding langs de Nederlandse kust over de periode 1965-1992. Onderscheiden zijn de ondiepe kustzone (tot NAP-6 m) en de diepe kustzone (NAP-6 tot -12 m). Zandsuppleties zijn niet meegenomen.



#### 5.4 Waterbeweging als sturende factor voor sedimenttransport

De getijbeweging in de Noordzee wordt bepaald door twee getijgolven: een vanuit het noorden via het zeegat tussen Schotland en Noorwegen en een vanuit het zuiden via het Nauw van Calais. De noordelijke getijgolf komt langs de Schotse kust naar binnen en buigt via de Noord-Nederlandse, Duitse en Deense kust weer naar het noorden. Langs de zuidelijke en centrale Nederlandse kust loopt een getijgolf van zuid naar noord. Hierdoor wordt een kustlangse stroming veroorzaakt. De vloedstroom is noordwaarts en de ebstroom zuidwaarts gericht. De stroomsnelheden van het water liggen (gemiddeld) tussen de 0,5 en 1 m/s.

---

Op grotere diepte (NAP-8 tot -20 m) langs de gesloten Hollandse kust is het transport door de getijbeweging dominant (Van Rijn, 1995). De golven raken op deze diepte (in het algemeen) nog niet aan de bodem. Het resttransport door getijbeweging is noordwaarts gericht.

In de actieve zone, de zone boven NAP -8 m is het golfgedreven transport dominant. Golven worden geïnitieerd door de wind en beïnvloed door diepte van het water. Golven zorgen voor opwoeling van sediment, zodat meer sediment in suspensie zal gaan. Deze opwoeling is afhankelijk van de golfhoogte en waterdiepte (die weer afhankelijk van elkaar zijn). Onder invloed van de golfbeweging wordt het sediment kustwaarts verplaatst. Dit geldt onder normale omstandigheden en als het kustprofiel niet te steil is. Onder stormcondities daarentegen wordt er zand van het ondiepe kustgedeelte naar het diepere verplaatst. Het eerste proces veroorzaakt een versteiling van het profiel en het tweede een verflauwing.

Wanneer golven de kustlijn in een hoek naderen tredt er een afbuiging van de golven (golfractie) op. Het golfvront gaat meer evenwijdig aan de kustlijn lopen. Wanneer de golven nog niet helemaal zijn bijgedraaid voor ze de kust raken wordt een kustlangse stroming in gang gezet. Hierdoor vindt kustlangs sedimenttransport plaats. (van Rijn, 1995). Het golfgedreven resttransport is noordwaarts gericht.

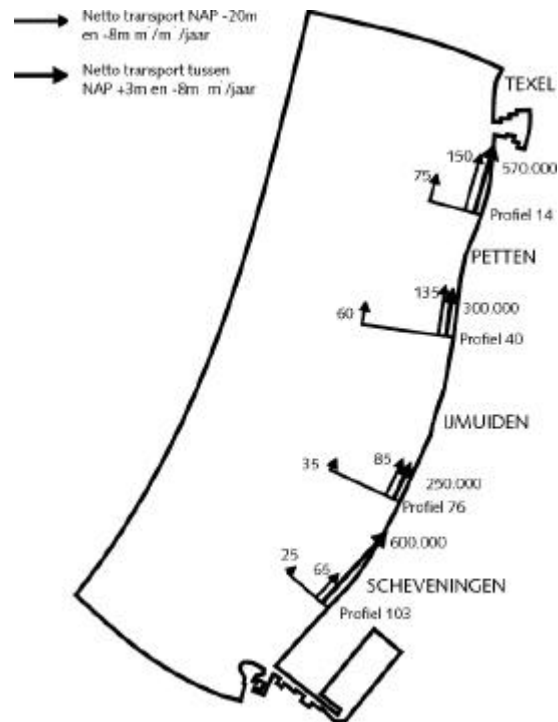
In figuur 5.2. is het netto resulterend zandtransport langs de Nederlandse kust aangegeven. Deze netto erosie/sedimentatie is relatief gering (een factor 3 tot 4 kleiner) in vergelijking met de bruto transporten.

### **5.5 Slibhuishouding en menging: sturende factoren voor het ecosysteem Noordzee**

De Noordzee is een ondiepe zee met een gematigde temperatuur. In termen van biomassa productie is de Noordzee één van de meest productieve zeeën ter wereld. In feite is de Noordzee een mengbekken van verschillende watermassa's. Van verschillende kanten worden vele stoffen ingebracht. Vanuit het zuiden komt relatief warm Kanaalwater binnen; vanuit het noorden relatief koud Atlantisch water. De verschillende rivieren brengen zoet water met slib en nutriënten (voedingsstoffen) in. Menging en transport van water, zand, nutriënten, organische en anorganische slib en organismen zijn belangrijke processen in het ecosysteem van de Noordzee.

In het Nederlandse deel van de Noordzee is een tweetal fronten aan te wijzen. Fronten zijn overgangen tussen watermassa's, die herkenbaar zijn aan de vaak

.....  
figuur 5.2  
netto resulterend sedimenttransport langs de  
Nederlandse kust in m<sup>3</sup>/jaar

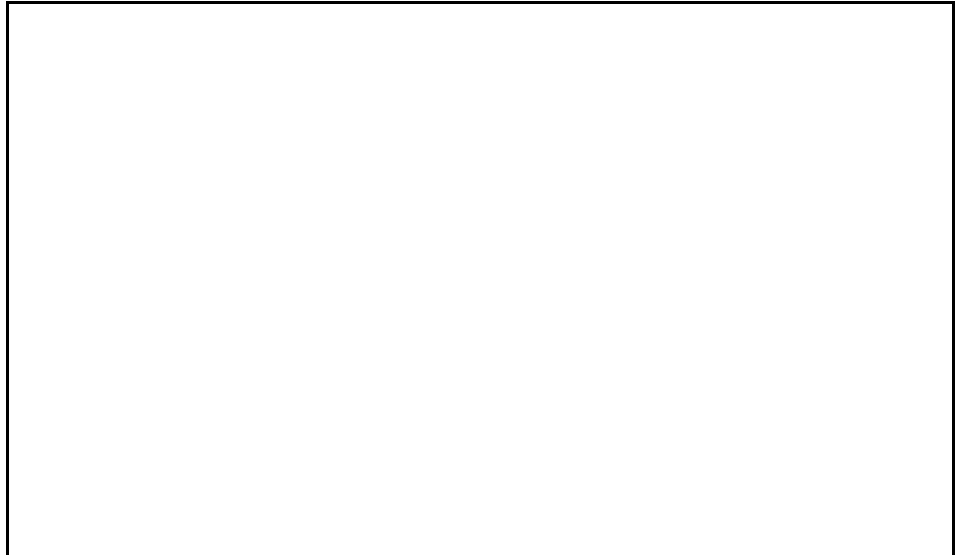


steile gradiënten voor verschillende eigenschappen (zoals het zoutgehalte en de temperatuur). In fronten heerst vaak hoge biologische activiteit. Het eerste front wordt veroorzaakt door de uitstroming van zoet Rijn- en Maaswater dat in noordelijke richting wordt afgevoerd. Het is een gebied dat wordt beïnvloed door zoet water, met alle verschijnselen die daarbij horen, zoals van tijd tot tijd zoutstratificatie, sterke dichtheidsgradiënten dwars op de kust, het langs de kust invangen van zoetwater en een kustwaarts gerichte bodemstrooming (de Kok, 1997). Deze reststroom dichtbij de bodem wordt veroorzaakt door dwars op de kust staande dichtheidsgradiënten. Hierdoor wordt gesuspendeerd slib en detritus naar de kust gebracht. Zand is echter te zwaar voor dit type transport (Rozemeijer & de Vlas, 1999). Deze zone wordt ook wel de "kustrivier" genoemd. Het kustwater kan nu in een drietal zones worden onderverdeeld, ieder met een verschillende belasting aan slib en nutriënten (weergegeven in figuur 5.3):

- Zone 1: slibrijke, nutriënt rijke zone met meer dan 10 % Rijnwater (saliniteiten < 32 PSU); hoge primaire productie: jaargemiddelde ligging: 0-20 km uit de kust ter hoogte van Noordwijk.
- Zone 2: overgangszone met minder dan 10 %, maar meer dan 3% Rijnwater (32 < PSU < 34): lage hoeveelheden slib en hoge hoeveelheden nutriënten; primaire productie kan licht- dan wel nutriënt-gelimiteerd zijn; jaargemiddelde ligging: 20-40 km uit de kust.
- Zone 3: Noordzeewater; slib en nutriëntenarme zone (PSU > 34); lage primaire productie met nutriënt-limitatie; in de rest van de zuidelijke Noordzee.

De Noordzee, kust en Waddenzee zijn met elkaar verbonden door allerlei transportprocessen. De invloed van de kustrivier strekt zich zelfs uit tot aan de Duitse Bocht. Water, met hierin meegevoerde deeltjes als slib, plankton, nutriënten en vislarven stroomt van de Noordzee naar de Waddenzee en vice versa. Zand uit de kustzone, dat wordt meegevoerd door golven en getij, wordt afgezet in de Waddenzee. Daarnaast zijn Noordzee en Waddenzee met elkaar

.....  
figuur 5.3  
zones met jaargemiddelde rivierwater-percentages  
van de periode 1975-1982. De schaal van de afstand tot  
de kust is niet lineair.



verbonden door migratie van vogels en vissen en vormen daarmee één groot ecosysteem. Ten noorden van Texel vertoont de bodem van de Noordzee een aantal plotselinge steile verdiepingen; het Friese Front. De bodem zorgt voor een wrijvingskracht die het water doet wervelen en mengen. Samen met de wind zorgt de bodemwrijving voor de krachten die het water ten zuiden van het Friese Front volledig mengen. Door de plotselinge bodemverlaging valt de wrijvingskracht van de bodem weg. De wind heeft niet voldoende kracht voor volledige menging en er ontstaat een twee-lagen systeem met weinig uitwisseling tussen de beide lagen onderling. Slibsedimentatie vindt plaats doordat het water minder snel stroomt. De vorming van de twee lagen wordt versterkt omdat hier het warme zuidelijke en het koude noordelijke Noordzeewater elkaar raken. Tussen watermassa's met een verschil in temperatuur of zoutgehalte vindt namelijk weinig uitwisseling plaats.

#### *Bodem kustzone en bodemdieren*

Vanaf de kust loopt de bodem van de Noordzee steil af. De NAP -10 m dieptelijn bevindt zich al op 1 km van de (Hollandse) kust. De 15 m dieptelijn ligt op ongeveer 5 km van de kust. De eerste 5 km uit de kust is zeer rijk aan hoeveelheden bodemdieren (wormen, schelpdieren, garnalen, etc.). De kustzone is daardoor een goed opgroeigebied voor jonge platvis (kinderkamer). Tussen 5 en 20 km uit de kust bevindt zich een overgangszone die minder rijk is aan dierlijk leven, en daarbuiten een zone die nog minder rijk is. De laatste twee zones lijken meer op elkaar dan op de smalle kustzone.

De bodemdieren vertegenwoordigen een belangrijke schakel in de voedselketen. Ze zijn de voornaamste voedselbron voor vogels en vissen. De diepte is sterk bepalend voor het voorkomen van jonge platvis en bodemdier etende vogelsoorten, zoals duikeenden.

## 5.6 Waddenzee

De Waddenzee is een ondiepe randzee van de Noordzee. De toevoer van zoutwater vindt plaats via Noordzee en van zoetwater via het IJsselmeer, Lauwersmeer en de Eems. Vanuit de Noordzee vindt aanvoer van zand en slib plaats. Nutriënten worden deels vanuit zee aangevoerd, deels met het zoete water.

Het ecosysteem van de Waddenzee wordt sterk bepaald door het evenwicht tussen zeespiegelstijging en sedimentaanvoer. Dit sediment (zand en slib) is afkomstig van de Noordzeekust, de buitendelta's en de ondiepe kustzone. Zolang het zandaanbod vanuit de Noordzee via de zeegaten voldoende blijft, is de Waddenzee in staat in de loop van de tijd een nieuw morfologisch evenwicht in te stellen. Het samenspel van morfologische processen in de Waddenzee bepaalt de zandvraag van de Waddenzee.

---

De aanvoer van voldoende slib is vooral van belang voor het slibgehalte van de bodem; met name in rustige delen dicht langs de kust en in geulen die hun transportfunctie verloren hebben, bezinkt er veel slib. Dat gebeurt vooral 's zomers tijdens rustige periodes. Ook kunnen mosselbanken 's zomers slib vastleggen. Een deel van al dat slib wordt door winterstormen weer opgewerveld, met het gevolg grote slibverplaatsingen en onder andere opslibbing van kwelders.

Voor het levende deel van het ecosysteem is de aanwezigheid van zand en slib van groot belang, als woonplaats voor bacteriën, algen en bodemdieren. De aanvoer van nutriënten (nitraten, fosfaat) als voedingsstof voor algen en bacteriën vindt plaats met het zeewater en het spuiwater van het vasteland. Daarnaast zijn er veel nutriënten aanwezig in de bodem. Alle andere bewoners van de Waddenzee zijn voor wat betreft hun voedsel afhankelijk van het plankton dat vanaf de Noordzee naar binnen komt en van de productie van algen (zowel in het water als op de bodem) in de Waddenzee zelf. De bodemfauna is de schakel naar de meeste vissen en vogels; de meeste daarvan zijn afhankelijk van dierlijk voedsel. De Waddenzee heeft een belangrijke functie als opgroeigebied voor Noordzee-vis en als foerageergebied voor vogels.

---

## 6 Kustverdediging

---

### 6.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de effecten van een eiland in zee op de waterbeweging, het golfklimaat, het zandtransport en de (grootschalige) morfologische veranderingen en de gevolgen hiervan voor de kustverdediging. Bij kustverdediging wordt onderscheid gemaakt in veiligheid tegen overstromen en handhaving van de kustlijn en de veerkracht.

De resultaten gepresenteerd in dit hoofdstuk zijn grotendeels gebaseerd op de deelstudie morfologie ten bate van het EMA (van Vessem et al., 1999).

### 6.2 Veranderingen in waterbeweging

#### 6.2.1 Getijbeweging

Een eiland met dam blokkeert voor een deel het noordgaande vloeddebiet en het zuidgaande ebdebiet. Zeewaarts en aan de noord- en zuidzijde van het eiland neemt de stroomsnelheid met maximaal 0,50 m/s toe. In de strook tussen het eiland en de kustlijn nemen de snelheden daarentegen met 0,10-0,35 m/s af. De stroomsnelheidsafname heeft plaats over een afstand van 150 tot 200 km langs de kust. De in- en uitstroming van de zeegaten tussen de Waddeneilanden wordt hierdoor beïnvloed. De richting van getijstroom verandert ook: door de dam en het eiland wordt deze in zeewaartse richting afgebogen. De kustdwarse component van de getijstrooming neemt dus aanzienlijk toe.

Bij de varianten van een eiland die met een tunnel zijn verbonden stroomt het getij om het eiland heen. Hierdoor nemen de maximale vloed- en ebstroomsnelheden (nabij de bodem) aan de west- en oostzijde van het eiland toe met maximaal 0,2 m/s en aan de noord- en zuidzijde af met maximaal 0,3 m/s. Lokaal kunnen deze veranderingen groter zijn. Wanneer een eiland dicht bij de kust wordt gelegd nemen de stroomsnelheden ten oosten en ten westen van het eiland over een groter gebied toe. De maximale snelheden blijven echter gelijk.

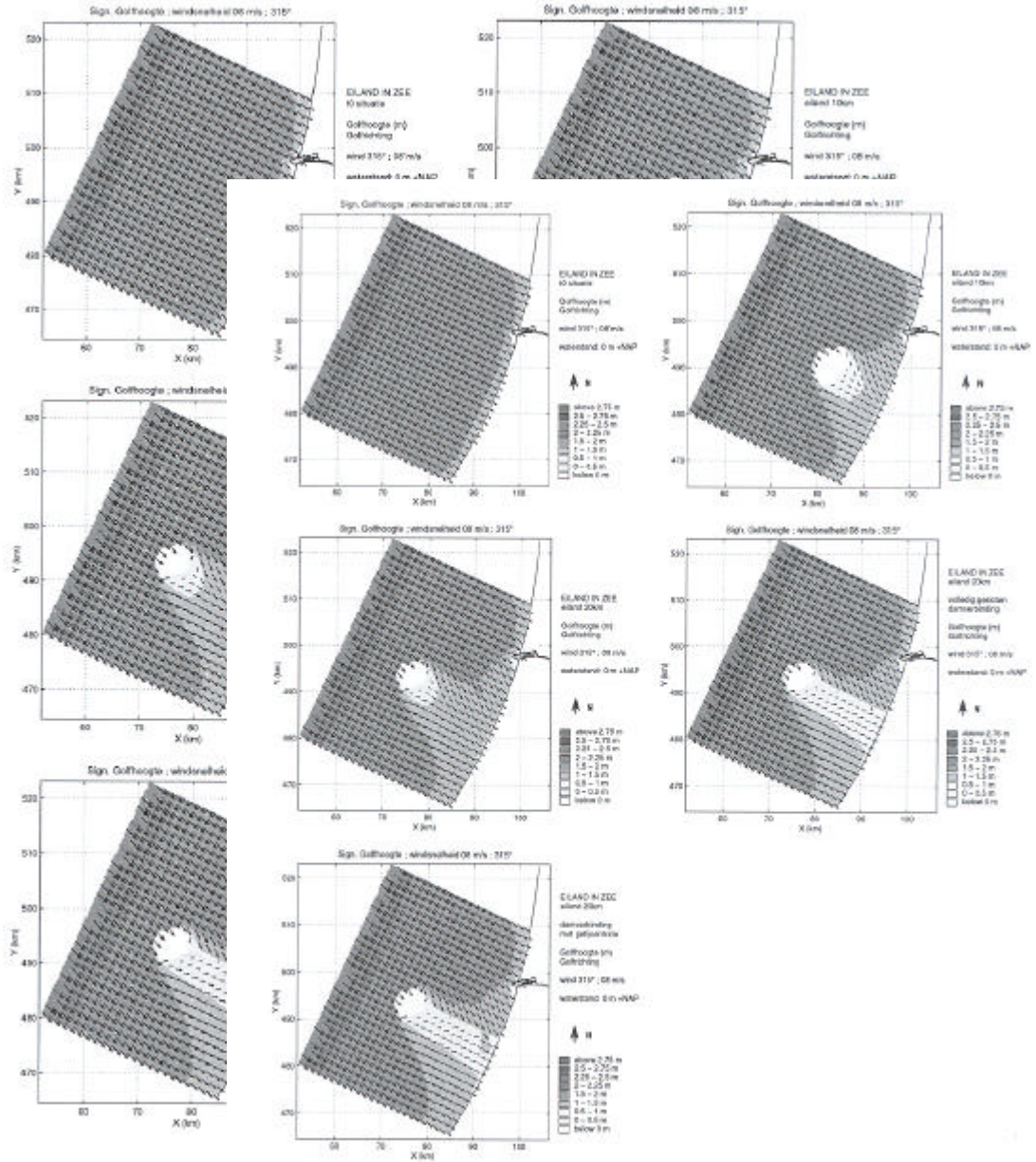
#### 6.2.2 Waterstanden en opstuwing

Door een eiland op 10 of 16 km van de kust met een tunnelverbinding naar het vaste land, zijn de veranderingen in het verticale astronomische getij, oftewel de waterstanden aan de kust nihil. Tevens is het niet te verwachten dat de vorm van de getijgolf, de getijasymmetrie, wezenlijk zal veranderen.

Een eiland met een dam zal de vorm van de zich van zuid naar noord voortbewegende getijgolf wel beïnvloeden. Het gebied waar de waterstand verandert strekt zich langs de kust uit over een zone van 150-200 km. Ten zuiden van de dam vindt een opslinging van het getij plaats waardoor het verschil tussen hoog- en laagwater, de zogenaamde getijslag toeneemt. Ten noorden van de dam verandert de getijslag veel minder en heeft mogelijk zelfs een demping ofwel afname van de getijslag plaats. Schattingen over de omvang van de optredende opslinging bij een gesloten dam lopen uiteen van 30 cm (gemiddeld getij) tot maximaal 100 cm (springtij) Bij een half open dam zal het effect op de getijslag zo'n 25% minder zijn dan bij een gesloten dam. Bij storm kan door opstuwing van het water een extra waterstandsverhoging optreden.

figuur 6.1

Verandering van het golfpatroon en de golfhogte van de verschillende varianten van een eiland. Het figuur rechtsboven geeft de huidige situatie weer. De kleuren geven de gemiddelde golfhogte weer en de pijltjes de golfrichting. De figuren geven de situatie weer bij NW wind (Jacobse, 1999).



---

Door de vorm van het Noordzeebekken is de opstuwing het grootst bij NW-stormen. Eilandvarianten met een tunnelverbinding naar het achterland, hebben nauwelijks invloed op de stormopstuwing aan de kust. Eilanden met een dam-verbinding veroorzaken bij NW-storm een *extra* opstuwingseffect aan de kust dat tegengesteld is aan de effecten op het verticale astronomische getij: ten noorden van de dam wordt ten opzichte van de oorspronkelijke situatie, de opstuwing groter, ten zuiden kleiner. Het *extra* opstuwingseffect is maximaal bij een geheel gesloten dam. Uit de resultaten (Jacobse, 1999) blijkt dat ten noorden van de dam een maximale verhoging van 0,2 m optreedt. De verhoging neemt in noordelijke richting geleidelijk af over een afstand van circa 50 km. Ten zuiden van de dam wordt de waterstand maximaal 0,15 m verlaagd.

#### *Golven*

Bij een eiland zonder dam treedt golfafscherming op over een lengte van ca. 25-30 km en bij een eiland met dam over een lengte van ca. 35-40 km langs de kust.

De golfreductie is het grootst bij de varianten met een dam. Direct achter het eiland dichtbij de kustlijn, is de reductie maximaal 60 %. Deze reductie zal naar het noorden en het zuiden toe afnemen tot 0% aan de randen van het golfafschermingsgebied. Ook de richting van de jaargemiddelde golf-energieflux langs de kust zal aanzienlijk gaan veranderen. Bijdraaiingen tot 20 graden of meer zijn mogelijk. De varianten met een tunnel hebben veel minder invloed op de golfhoogte. Dichtbij de kustlijn is de reductie 15 tot 20% (bij een eiland op 10 km) en 10 tot 15% (bij een eiland op 16 km). De verandering van golfrichting zal ten opzichte van de huidige situatie vermoedelijk beperkt blijven tot 5, hooguit 10 graden. Figuur 6.1 geeft een overzicht van de veranderingen in golfhoogtes en patronen bij de verschillende (gemodelleerde) varianten.

### **6.3 Veranderingen in de morfologie**

#### **6.3.1 Morfologische veranderingen langs de gehele kust**

De afname in de hydrodynamiek door de afscherming van een eiland met dam, veroorzaakt een afname van de intensiteit van de langs- en dwarstransporten van zand langs de kust. De grootste verandering treedt op in de brandingszone. De dam blokkeert het transport volledig. Bij een gedeeltelijk open dam is nog een gering transport mogelijk. Het sedimentatiegebied komt overeen met strook waarbinnen sprake is van een afscherming van de golfenergie. Het invloeds-gebied (inclusief erosiegebieden) is 50 tot 70 km.

Door de verlaging van de transportcapaciteit in het luwtegebied, vindt sedimentatie plaats: de kust zandt aan en de kustlijn verschuift in zeewaartse richting. De aanzandingssnelheid wordt geschat op maximaal orde 1 miljoen m<sup>3</sup>/jr. De effecten zullen 100 à 200 jaar doorwerken. Doordat de transport-capaciteit ten zuiden en ten noorden van het sedimentatiegebied nauwelijks verandert, wordt in deze gebieden zand opgenomen. Dit resulteert in een erosie met een omvang en snelheid welke overeenkomt met de geschatte sedimentatiesnelheid in het luwtegebied; maximaal 1 miljoen m<sup>3</sup>/jaar

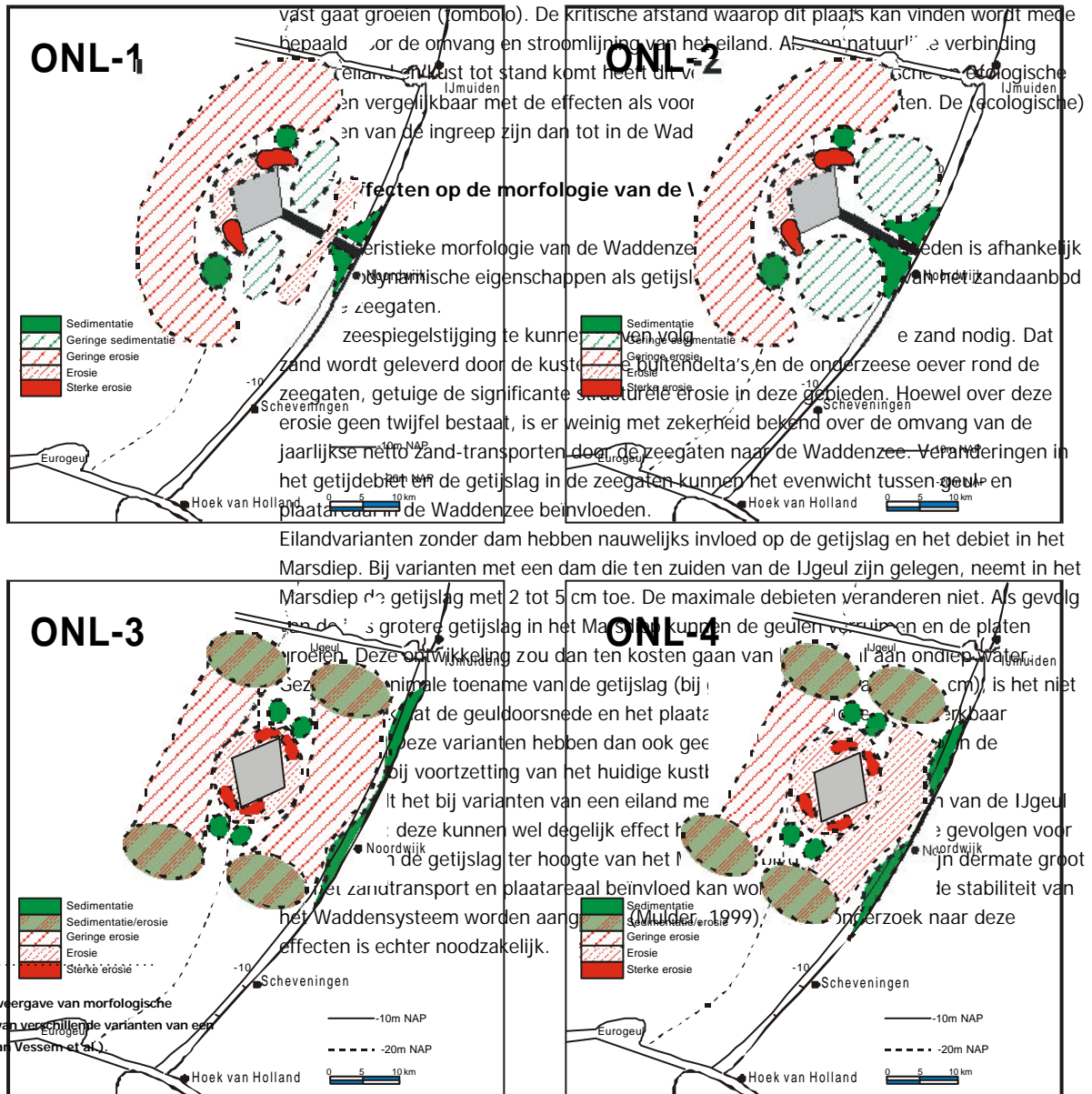
De sedimentatie zal leiden tot een kustuitbouw in een deltavorm langs de kust en langs de dam. Ook onder water vindt sedimentatie plaats. Het is echter niet de verwachting dat uitgebreide intergetijdegebieden ontstaan. Eerder zal er sprake zijn van ondiep water gebieden (tussen NAP -2 en -5 m). De uiteindelijke verondieping en de snelheid waarmee deze plaatsvindt, hangt mede af van de beschikbaarheid van zand. Bij een gedeeltelijk open dam is als gevolg van de getijstroming door de dam, de verondieping kleiner en wordt het evenwicht eerder bereikt dan bij een volledig gesloten dam.

Bij de eilandvarianten verbonden door een tunnel, wordt het zandtransport in de brandingszone niet volledig geblokkeerd. Wel neemt de capaciteit van brandingstransport in de luwte van het eiland af. Bijgevolg zal een aanzanding optreden van naar schatting maximaal tussen de 0,5 en 1 miljoen m<sup>3</sup>/jaar. Dit zal gepaard gaan met een evenredige erosie van de kust aan weerszijden van het luwtegebied, globaal gelijk verdeeld. In de tijd



gezien zal dit proces zonder mitigerende maatregelen uitdampen. Geschat wordt dat de effecten enkele tientallen jaren tot een eeuw zullen doorwerken.

In het diepere deel tussen het eiland en de kust zal de stroomsnelheid toenemen, terwijl de golfwerking juist kleiner wordt. Het netto effect dat wordt verwacht is een lichte erosie. Een tegengestelde reactie kan ontstaan wanneer het eiland minder dan 10 km van de kust komt te liggen. Dan bestaat de kans dat het getijd gebied kleiner wordt doordat een groter deel van de getijstroom gedwongen wordt aan de westkant van het eiland langs te stromen. Een afname van het debiet leidt tot een verlaging van de stroomsnelheid tussen het eiland en de kust waardoor juist de kans op sedimentatie groter wordt en mogelijk het eiland aan de kust vast gaat groeien (ombolo). De kritische afstand waarop dit plaats kan vinden wordt mede bepaald door de omvang en stroomlijning van het eiland. Als een natuurlijke verbinding



van de ingreep zijn dan tot in de Wad...  
**Effecten op de morfologie van de**  
 ... karakteristieke morfologie van de Waddenze...  
 ... natuurlijke eigenschappen als getijsl...  
 ... zeespiegelstijging te kunne...  
 ... zand wordt geleverd door de kust...  
 ... zeegetaten, getuige de significante structu...  
 ... erosie geen twijfel bestaat, is er weinig met zekerheid bekend over de omvang van de...  
 ... jaarlijkse netto zand-transporten door de zeegetaten naar de Waddenzee. Veranderingen in...  
 ... het getijd gebied en de getijslag in de zeegetaten kunnen het evenwicht tussen geul- en...  
 ... plaatareaal in de Waddenzee beïnvloeden.

Eilandvarianten zonder dam hebben nauwelijks invloed op de getijslag en het debiet in het Marsdiep. Bij varianten met een dam die ten zuiden van de IJgeul zijn gelegen, neemt in het Marsdiep de getijslag met 2 tot 5 cm toe. De maximale debieten veranderen niet. Als gevolg van de...  
 ... s grotere getijslag in het Marsdiep kunnen de geulen...  
 ... groeien. Deze ontwikkeling zou dan ten kosten gaan van...  
 ... Gezien de minimale toename van de getijslag (bij...  
 ... dat de geuldoorsnede en het plaat...  
 ... deze varianten hebben dan ook gee...  
 ... bij voortzetting van het huidige kustl...  
 ... it het bij varianten van een eiland me...  
 ... deze kunnen wel degelijk effect f...  
 ... de getijslag ter hoogte van het I...  
 ... Het zandtransport en plaatareaal beïnvloed kan wor...  
 ... het Waddensysteem worden aang... (Mulder, 1999),...  
 ... effecten is echter noodzakelijk.

### 6.3.3 Morfologische veranderingen rond het eiland

Aan de west-, noord- en zuidzijde van een eiland verbonden door een dam, zal als gevolg van de toegenomen stroomsnelheden een omvangrijk ontgrondings-gebied ontstaan. De bodem zeewaarts van het eiland zal langzaam maar lang-durig zand verliezen. Aanvankelijk zullen erosiesnelheden kunnen voorkomen van 5 - 10 miljoen m<sup>3</sup> per jaar en zullen dicht langs

---

het eiland ontgrondings-kuilen kunnen ontstaan met maximale dieptes tot 50m beneden de zeebodem. In een later stadium nemen de erosiesnelheden af tot maximale ordes van naar schatting 1 miljoen m<sup>3</sup> per jaar en zullen de kuilen zich meer in het horizontale vlak uitbreiden. De maximale diepte kan dan weer wat teruglopen. In totaal zijn ontgrondingen te verwachten over een oppervlak van orde 100 km<sup>2</sup> (maximale diepte van enkele tientallen meters en gemiddelde diepte van enkele meters). De diepte-ontwikkeling is ook afhankelijk van de erodeerbaarheid van de zeebodem. Om te voorkomen dat de ontgrondingskuilen langs het eiland de stabiliteit van het eiland ondergraven, zijn bodembeschermingsmaatregelen noodzakelijk.

Behalve aan de zeewaartse zijde en in het verlengde van het eiland kunnen ook langs de dam verdiepingen van de zeebodem optreden over een zone van enkele honderden meters breed. Lokaal zijn naar schatting verdiepingen mogelijk van orde 1 m.

Bij de eilandvariant met een gedeeltelijk open dam, komt hier nog een ontgrondingsgebied bij in het verlengde van de damopening. Dit ontgrondings-gebied zal zich enkele kilometers aan weerszijden van de dam uitstrekken. De vorm van dit ontgrondingsgebied is rechthoekig en kustparallel.

Ook bij eilandvarianten verbonden door een tunnel, zal aan de west-, noord- en zuidzijde van het eiland een ontgrondingsgebied ontstaan. De omvang en snelheid van de erosie zal kleiner zijn dan bij de varianten met een dam. Verwacht wordt dat de effecten zullen doorwerken over een periode van enkele decennia tot een eeuw. In de eindsituatie, dat wil zeggen als een nieuw evenwichtssituatie is bereikt, wordt de maximale diepte van de kuilen geschat op tweemaal de waterdiepte (circa 40 m) en de omvang op dezelfde orde als het eiland zelf. Aan de oostzijde van een eiland met tunnelverbinding zal naar alle waarschijnlijkheid ook erosie optreden. De omvang hiervan is echter van een kleinere orde dan de erosie in meer zeewaartse gebieden.

Het zand dat vrijkomt uit alle ontgrondingsgebieden zal elders weer worden afgezet. Gedeeltelijk gebeurt dat langs de kustlijn, maar het merendeel zal elders op de zeebodem worden afgezet. In het verlengde van de ontgrondingskuilen kunnen op deze wijze sedimentatiegebieden ontstaan waar de zeebodem op termijn met enkele meters kan verondiepen.

Figuur 6.2 geeft een indicatief overzicht van de morfologische veranderingen van de verschillende eilandvarianten op de Nederlandse kust en rond het eiland.

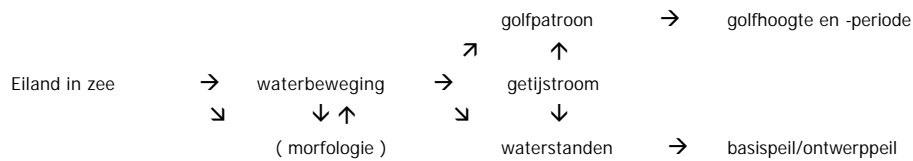
#### **6.4 Wat zijn de consequenties van de veranderingen in getijstroom en golven op de (initiële) kustveiligheid**

De veiligheid van duinen en dijken tegen overstroming wordt bepaald door de belasting (hydraulische randvoorwaarden) die op een zeewering wordt uitgeoefend en de mate waarin de zeewering deze belasting kan opvangen (sterkte, c.q. morfologische opbouw). De belasting op de waterkering wordt allereerst bepaald door waterstanden en golfkarakteristieken. Maatgevend daarbij is het ontwerppeil: de hoogte van de waterstand tijdens de maatgevende stormvloed die wordt gebruikt bij de dimensionering van een waterkering. In verband met de geometrie van het Noordzeebekken zullen vermoedelijk de NW-stormen maatgevend zijn voor de ontwerppeilen. Het huidige ontwerppeil bedraagt voor IJmuiden NAP +5,15 m. De sterkte van de waterkering wordt beïnvloed door morfologische veranderingen.

Morfologische veranderingen kunnen ook effect hebben op de belasting doordat een gewijzigde morfologie de doordringing van golven en stromen kan veranderen. Omdat de effecten van deze terugkoppeling voorsnog moeilijk te kwantificeren zijn, beperken we ons in onderstaande tot een kwalitatieve beschouwing.

---

### 6.4.1 Procesketen



### 6.4.2 Belasting; effecten op ontwerppeilen

De meeste hydrodynamische veranderingen als gevolg van de eilandvarianten (zie 6.2) hebben geen direct effect op de kustveiligheid. Aandacht verdient de opslingering van het getij tegen de zuidelijk oever van de dam in de betreffende eilandvarianten. Het mogelijke effect van een maximale toename in de lokale getijslag, volgens schattingen variërend tussen 15 cm en maximaal 100 cm, rechtvaardigt nadere studie naar de sterkte van de zeewering ter plaatse van de damverbinding aan de kust.

Maatgevend voor de veiligheid is echter de maximale opstuwing van de waterstanden bij een zeer zware storm (ontwerpstorm). De schattingen over de opstuwingseffecten bij een maatgevende storm uit het NW (zie 6.2) welke optreden bij de eilandvarianten met een dam, pleiten voor een aanpassing van de ontwerppeilen in het gebied ten noorden van de dam. De omvang van de gevraagde aanpassing van de ontwerppeilen is naar eerste schatting maximaal 20 cm direct tegen de dam. De gevraagde aanpassing neemt in noordelijke richting geleidelijk af over een afstand van circa 50 km. Nader onderzoek in deze lijkt geboden. Afhankelijk van de locatie kan dit betekenen dat er extra maatregelen moeten worden genomen m.b.t. de veiligheid van het achterland tegen overstromen.

### 6.4.3 Sterkte; effect van morfologische veranderingen

Al hebben de meeste hydrodynamische veranderingen als gevolg van de eilandvarianten geen direct effect op de kustveiligheid, indirect is dat wel het geval. De veranderingen in stroomsnelheden en golfenergiefluxen op de kust (zie 6.2) hebben wel rechtstreeks morfologische veranderingen tot gevolg (zie 6.3). Deze morfologische veranderingen op hun beurt beïnvloeden de kust-veiligheid wel. Enerzijds doordat de sterkte van de zeewering kan veranderen door sedimentatie en erosie, anderzijds doordat de hydrodynamische belasting kan veranderen door een veranderd stroom- en golfveld op de kust.

De geschatte veranderingen in de morfologie van de kustzone (zie 6.3) maken het niet waarschijnlijk dat deze negatieve effecten zullen hebben op de sterkte van de zeeweringen. Waar in erosiegebieden hiervan al sprake zou kunnen zijn, wordt immers volgens het huidige beleid de structurele erosie door suppleties gecompenseerd.

Waar na aanleg van een eiland een toename van het ondiep water areaal optreedt, zou de belasting op de zeewering kunnen toenemen als gevolg van een verhoogde opstuwing van het water, veroorzaakt door een hogere bodemwrijving. Echter, door diezelfde verhoogde bodemwrijving zullen de golfhoogtes afnemen. Het netto effect is een afname van de belasting en dus positief voor de veiligheid.

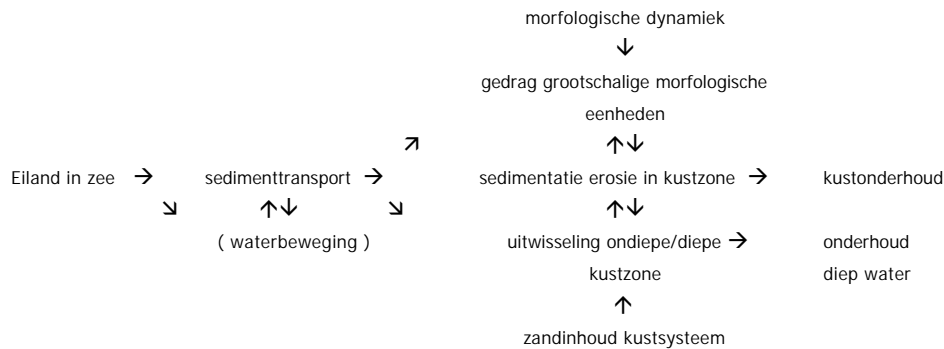
## 6.5 Wat zijn de effecten van de grootschalige morfologische veranderingen op de *kustlijnhandhaving* en veerkracht

Bij het huidige beleid van dynamisch handhaven van de kustlijn wordt ingegrepen op die plaatsen waar structurele erosie plaats vindt. Het zandtekort wordt dan aangevuld door middel van suppleties. Voor de bepaling van waar gesuppleerd gaat worden is primair de basiskustlijn (BKL) van belang, welke wordt bepaald door de zandinhoud van strand (en duinen) en de ondiepe vooroever. Veranderingen van de diepere oever kunnen op langere

termijn van belang zijn voor de handhaving van de kust. Vanaf 2000 zullen daarom ook zandverliezen op dieper water gecompenseerd worden door middel van suppleties.

De veerkracht van het kuststelsel wordt voornamelijk bepaald door de beschikbare ruimte voor natuurlijke dynamiek welke samenhangt met de zandinhoud van het systeem. Onder de dynamiek van een systeem wordt verstaan de afwisseling in plaats en tijd van de waterbeweging (hydrodynamiek) en de morfologie (morfodynamiek). Zo neemt bijvoorbeeld de hydro-dynamische dynamiek door golfreductie af en door stroomcontractie toe. Wanneer door de aanleg van een eiland lokaal de hoeveelheid zand toeneemt door sedimentatie, dan neemt de ruimte voor de morfodynamiek van het kuststelsel toe. De veerkracht wordt hierdoor vergroot. Voorwaarde is wel dat het zand onder invloed blijft staan van natuurlijke processen en niet volledig tussen kunstmatige dijken wordt vastgelegd. In het algemeen zal in aanzandingsgebieden de veerkracht toenemen en afnemen in erosiegebieden.

### 6.5.1 Procesketen

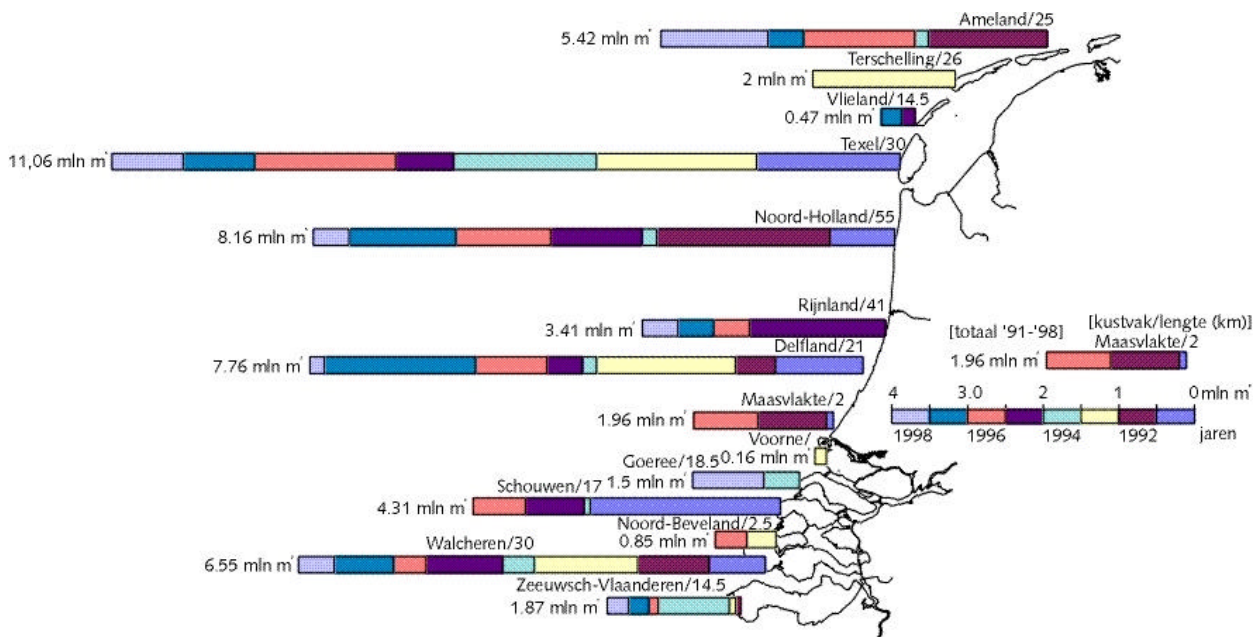


### 6.5.2 Effecten op kustlijnhandhaving en veerkracht

In de gebieden ten zuiden en ten noorden van het sedimentatiegebied vindt erosie plaats met, evenredig aan de optredende aanzanding, in zijn totaliteit een maximale snelheid van 1 miljoen m<sup>3</sup> per jaar (zie 6.3.1). Om deze erosie met suppleties te compenseren is voor de eilandvarianten met een dam, neemt het totale jaarlijkse onderhoud langs de Hollandse kust toe met maximaal orde 55%.

Bij de eilandvarianten met een tunnelverbinding wordt de kustlijn minder ver zeewaarts verplaatst en werken de effecten minder lang door d.w.z. enkele tientallen jaren tot een eeuw. De erosie ten noorden en ten zuiden van het aanzandingsgebied is dan ook kleiner. De toename van het totale jaarlijkse onderhoud langs de Hollandse kust zal maximaal 10 % bedragen. Wanneer toch al erosiegevoelige kusten, met name de Noordhollandse kust, worden aangetast zal onderhoudstoename het grootst zijn (zie figuur 6.3).

.....  
**figuur 6.3**  
 suppletiehoeveelheden tussen 1991 en 1998



De kans hierop is het grootst wanneer een eiland ten noorden van de IJgeul wordt aangelegd.

Door de aanleg van de verschillende eilandvarianten zal op verschillende locaties op de diepere zeebodem erosie en sedimentatie plaatsvinden (zie 6.3.3). Voor het overgrote deel betreffen deze zandverplaatsingen een lokale herverdeling van het sediment binnen het kuststelsel zonder dat zand aan het stelsel wordt onttrokken. De netto zandverliezen op dieper water worden nauwelijks beïnvloed. Het is dan ook niet de verwachting dat de eilandvarianten het kustonderhoud veel verder zullen doen toenemen als gevolg van de noodzaak tot compensatie van extra diep water verliezen.

De kans dat de huidige kustlijn aan het eiland vastgroeit is bij alle varianten nihil. Het getij zal tussen het eiland en de kustlijn door blijven stromen en eerder erosie dan sedimentatie tot gevolg hebben. Deze algemene regel geldt zolang het eiland niet te dicht bij de kust ligt. Om deze afstand bij de beschouwde omvang en vorm niet te naderen, wordt aanbevolen om een minimale afstand van 10 km tussen het eiland en de huidige kustlijn te handhaven. Hierdoor blijft de kans op sedimentatie, c.q. het vastgroeien van het eiland aan de kust, gering.

### 6.5.3 Veerkracht

Het systeem zal blijven functioneren met de huidige natuurlijke processen (morfodynamiek, hydrodynamiek), deze zullen alleen op sommige plaatsen in intensiteit veranderen. De optredende sedimentatie en erosie behelst in hoofdzaak een grootschalige herverdeling van zand binnen het systeem. Structurele achteruitgang van de kustlijn wordt door suppleties gecompenseerd. Dit betekent dat bij alle varianten de zandinhoud van de kustzone toe zal nemen. Door deze toename zal de veerkracht in de kustzone daarom worden vergroot.

---

## 6.6 Conclusie

In hoofdstuk 3 zijn de criteria aangegeven waarop de effecten van een eiland in zee in dit rapport worden getoetst (zie tabel 3.2). In onderstaande tabellen zijn de conclusies van de in dit hoofdstuk behandelde aspecten aan de hand van deze criteria samengevat. De conclusies zijn daarnaast onderscheiden naar de verschillende onderzochte variabelen. Bij positie langs en afstand tot de kust hebben de conclusies betrekking op eilanden verbonden door een tunnel.

	<i>positie langs de kust</i>
<b>kustlijnhandhaving</b>	
kustonderhoud	Het totale jaarlijkse onderhoud langs de Hollandse kust d.m.v. zandsuppleties neemt maximaal toe met ongeveer 10 %.
beheersbaarheid	Langs het eiland ontstaan van erosiekuilen. Om aantasting van de zeewering te voorkomen moeten deze effecten door bodembeschermingsmaatregelen worden tegengaan.
	De morfologische gevolgen van een eiland zullen gedurende een termijn van enkele tientallen jaren tot een eeuw doorwerken.
<b>veiligheid tegen overstromen</b>	
ontwerppeil	De ontwerppeilen zullen niet tot nauwelijks veranderen. Dit betekent dat er geen extra maatregelen hoeven te worden genomen m.b.t. de veiligheid van het achterland tegen overstromen.
golfhoogte	De positie langs de kust is niet onderscheidend wat betreft de golfhoogte
<b>veerkracht</b>	De zandinhoud van de kustzone neemt toe en blijft onder invloed staan van natuurlijke processen. De veerkracht zal dan ook toenemen.

	<b><i>afstand tot de kust</i></b>
<b>kustlijnhandhaving</b>	
kustonderhoud	Het totale jaarlijkse onderhoud langs de Hollandse kust d.m.v. zandsuppleties neemt maximaal toe met ongeveer 10 %. Hoe dichterbij de kust hoe groter het onderhoud zal zijn.
beheersbaarheid	Langs het eiland ontstaan van erosiekuilen. Om aantasting van de zeewering te voorkomen moeten deze effecten door bodembeschermingsmaatregelen worden tegengaan.
	Bij een eiland op minder dan 10 km uit de kust bestaat de kans dat sedimentatie op de lange termijn (enkele eeuwen) zal leiden tot het ontstaan van een natuurlijke verbinding tussen het land en eiland.
	De morfologische gevolgen van een eiland zullen gedurende een termijn van enkele tientallen jaren tot een eeuw doorwerken.
<b>veiligheid tegen overstromen</b>	
ontwerppeil	De ontwerppeilen zullen niet tot nauwelijks veranderen. Dit betekent dat er geen extra maatregelen hoeven te worden genomen m.b.t. de veiligheid van het achterland tegen overstromen.
golfhoogte	Bij een eiland op 10 km van de kust is de maximale verlaging van de golfhoogte 20%. Als de afstand van de kust groter is zal de reductie lager zijn. Een lagere golfhoogte betekent in het algemeen dat de belasting op de waterkering zal afnemen, wat dus een positief effect zal hebben op de veiligheid tegen overstromen.
<b>veerkracht</b>	De zandinhoud van de kustzone neemt toe en blijft onder invloed staan van natuurlijke processen. De veerkracht zal dan ook toenemen.

	<b><i>verbinding met de kust d.m.v. een dam</i></b>
<b>kustlijnhandhaving</b>	
kustonderhoud	Het totale jaarlijkse onderhoud langs de Hollandse kust d.m.v. zandsuppleties neemt maximaal toe met ongeveer 55 %.
beheersbaarheid	Langs de westkust van een eiland met dam ontstaan erosiekuilen. Deze kuilen zijn groter dan bij een eiland zonder dam. Deze effecten zijn beheersbaar door bodembeschermingsmaatregelen
	De morfologische gevolgen van een eiland zullen gedurende een termijn van een eeuw tot enkele eeuwen doorwerken.
<b>veiligheid tegen overstromen</b>	
ontwerppeil	De ontwerppeilen zullen ten noorden van een dam met maximaal 0,2 m kunnen toenemen. Afhankelijk van de locatie kan dit betekenen dat er extra maatregelen moeten worden genomen m.b.t. de veiligheid van het achterland tegen overstromen.
golfhoogte	Bij een eiland op verbonden via een dam met de kust, is de maximale verlaging van de golfhoogte aan de kust 60%. Een lagere golfhoogte betekent in het algemeen dat de belasting op de waterkering zal afnemen, wat dus een positief effect zal hebben op de veiligheid tegen overstromen.
<b>veerkracht</b>	De zandinhoud van de kustzone neemt toe en blijft onder invloed staan van natuurlijke processen. De veerkracht zal dan ook toenemen.

---



# 7 Lichtklimaat, primaire productie en draagkracht van Noord- en Waddenzee

## 7.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe de slibhuishouding, nutriënten (voedingsstoffen) verspreiding en bodemsamenstelling wijzigen en wat zijn de gevolgen van deze veranderingen zijn op het lichtklimaat en primaire productie in Noord- en Waddenzee. Verder wordt een aanzet gegeven voor de doorvertaling hiervan naar de hogere trofische niveaus.

### 7.1.1 Procesketen



## 7.2 Modelresultaten

De resultaten van de modelstudies aan de effecten van een eiland in zee vallen uiteen in twee hoofdgroepen: eilanden-ontwerpen met een damverbinding naar de kust en ontwerpen waarbij het eiland met tunnel is verbonden met het vasteland.

De eilanden met dam leiden tot vermindering van slib in de kustzone (zone 1 en 2, zie hoofdstuk 5) door een drietal mechanismen. Het zijn: i) vermindering van het dichtheidsgedreven kustwaartse slibtransport en daardoor minder slib in de kustzone; ii) sedimentatie van slib vooral rondom de dam en daardoor helderder water; iii) een grotere menging van de kusttrivier met naar verhouding een groter percentage Noordzee-water en daardoor helderder water in de kustzone. Eilanden met tunnel leiden mogelijk tot vermindering van slib in de kustzone als gevolg van een eventuele sedimentatie rond het eiland. In alle gevallen wordt het slibtransport door het Marsdiep naar de Waddenzee vermindert. Bij de damvarianten was de berekende reductie 60%. Bij de tunnelvarianten varieerde de berekende reductie tussen de 0 en 20%.

De groei en productie van het plantaardig plankton in de kustzone zal door de aanleg van een eiland veranderen. Ten gevolge van de reductie van de slibconcentraties in het water begint de voorjaarsbloei waarschijnlijk eerder. De gezamenlijke primaire productie in zone 1 en 2 (tot 40 km uit de kust) blijft waarschijnlijk gelijk. Het zomer-minimum en de najaarsbloei verschuiven niet in de tijd. De algenbloei in de zomer zal waarschijnlijk beperkter zijn dan in de huidige situatie (Rozemeijer & de Vlas, 1999). Deze modelresultaten zijn nader geïnterpreteerd door een expert-panel (zie paragraaf 7.3 en 7.4).

## 7.3 Effecten in de Kustzone en de Noordzee

Vooropgesteld kan worden dat, in principe, de effecten van eilanden met dam en de effecten van eilanden met tunnel voor alle trofische niveaus in de Kustzone en Noordzee op elkaar lijken. Bij de eilandvarianten verbonden door een dam zijn de effecten groter.

Daarom zullen alleen daar waar de resultaten tussen dam- en tunnelvarianten onderscheidend zijn, de verschillen worden aangegeven.

### 7.3.1 Ecologische effecten rond het eiland

Rondom het eiland zal het totale scala aan ecotopen toenemen. Door erosie en sedimentatie ontstaan verschillende milieus die verschillende bodemgemeenschappen zullen herbergen. De precieze voorspelling van die verandering in bodemdieren is niet eenvoudig. Veel kennis ontbreekt daar nog. De levensgemeenschappen op de eilanddijken zullen lijken op die gemeenschappen die worden aangetroffen op de Nederlandse dijken en scheepswrakken (van Moorsel, 1999).

### 7.3.2 Ecologische effecten in de hele kustzone

#### Licht

In de kustzone zal de menging van de kustrivier (zone 1 en 2) toenemen. De slibconcentratie in zone 1 en 2 neemt af. Dit heeft zijn invloed op het lichtklimaat.

De lichtdoorval en helderheid van het water zijn niet rechtstreeks gekoppeld aan het zwevend-stofgehalte alleen. De verdeling van partikelgrootte speelt zeker een belangrijke rol. Ook opgeloste organische stoffen, die door algengroei worden uitgescheiden, beperken het doorzicht. Maar vermindering van de hoeveelheid anorganisch slib zal zeker tot gevolg hebben dat het water helderder wordt. Helderder water leidt tot een hogere algenproductie, althans voor zover de productie van algen wordt gelimiteerd door de troebelheid van het water en voor zover mogelijk door de aanwezigheid van nutriënten.

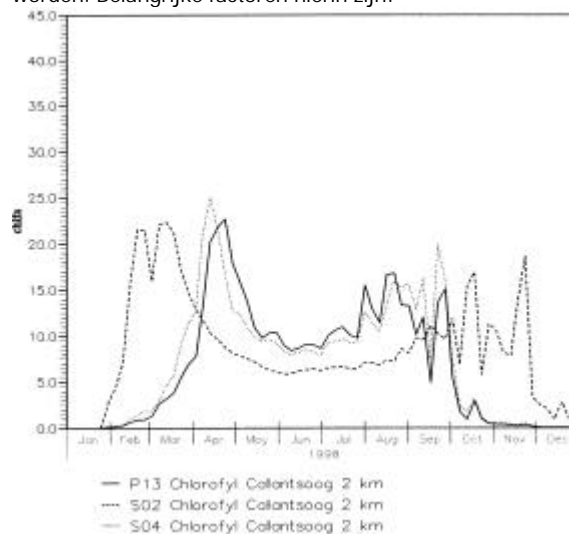
#### Fytoplankton

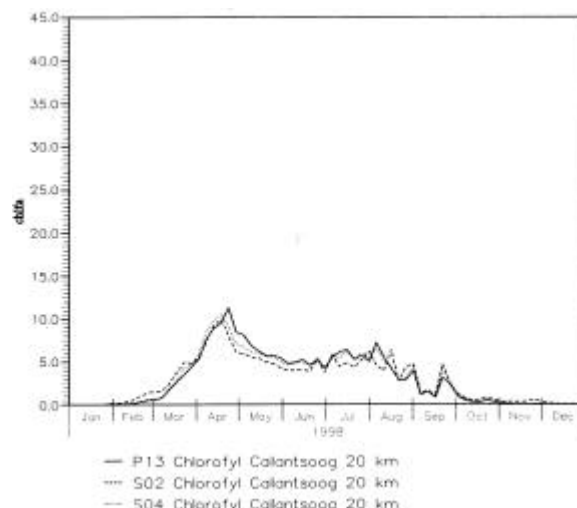
Bij de modelresultaten staan de effecten beschreven die te verwachten zijn bij algen. Echter niet alle veranderingen in het tijdsverloop van de simulaties lijken even realistisch. Met name de mate van uitbreiding van het productieseizoen (februari-november) in de damsituatie lijkt sterk overschat. Toch is een aantal trends in de resultaten in overeenstemming met wat men kwalitatief kan verwachten in dit kuststelsel (zie figuur 7.1). Er zal inderdaad een grotere voorjaarsbloei komen. Daarnaast ontstaat een groot gebied (zone 1+2) waarin de omstandigheden gunstig zijn voor het tot bloei komen van plaagalgen. Plaagalgen hebben een voorkeur voor omstandigheden met veel licht en veel nutriënten.

#### Zoöplankton

De productiviteit van het zoöplankton, en daarmee van de plankton-voedselketen, wordt in hoge mate bepaald door de efficiëntie waarmee algenproductie door zoöplankton benut kan worden. Belangrijke factoren hierin zijn:

.....  
figuur 7.1  
Effecten op de algenbiomassa (in  $\mu\text{g}$  chlorofyl) bij de bestaande situatie (P13) en de varianten met tunnel (SO4) en dam (SO2) op 2 en 20 km van de kust bij Callantsoog. In de figuren is te zien dat op 2 km van de kust door een eiland met dam grote wijzigingen in de algen-biomassa optreden terwijl de effecten van een eiland met tunnel gering zijn. De effecten op 20 km zijn bij allebei de varianten nihil.





1. Synchronisatie van de ontwikkeling van het zoöplankton (bepaald door watertemperatuur) met die van de algengroei (bepaald door licht en nutriënten in de kustzone). Deze synchronisatie is een sleutelfactor. Een algenbloei die vroeg plaatsvindt, komt niet ten goede aan het zoöplankton. Het zoöplankton kan dan namelijk niet snel genoeg groeien door de nog lage temperaturen.
2. Voedselconversie: deze is afhankelijk is van de begraasbaarheid en verteerbaarheid van de dominante algensoorten.
3. Abiotische omstandigheden: een gunstige saliniteit en temperatuur en zo laag mogelijke concentraties microverontreinigingen hebben een positieve invloed op het zoöplankton (betere ontwikkeling).

Er speelt een aantal elkaar versterkende en tegenwerkende processen:

**Negatieve krachten:** Een vervroeging van de algengroei (met name grotere vroege voorjaarsproductie) zal niet ten goede komen aan zoöplankton. Een mogelijke ontwikkeling van plaagalgen kan de rol van zoöplankton in algenconsumptie hinderen.

**Positieve krachten:** Een vermindering van zone 1 (waar verhoogde gehalten van microverontreinigingen en lage zoutgehalten heersen), zal gunstig zijn voor de zoöplanktonproductie.

Helderheid van het water zal naar alle waarschijnlijkheid een belangrijke indirecte factor zijn in het succes van het zoöplankton, zeker gezien de grote ruimtelijke schaal van de effecten. De zoöplanktonproductie moet vooral ook worden gezien in het belang voor de groei van (jonge) vis. Ook hierin speelt synchronisatie in ruimte en tijd een belangrijke rol.

#### *Bodemdieren*

Vele bodemdieren in de kustzone zijn afhankelijk van organisch materiaal (detritus). Het gradiëntgedreven kustdwarstransport speelt een belangrijke rol in het concentreren van detritus in de kustzone. Bij het breder worden van de kustzone als gevolg van een eiland in zee, zal de aanvoer van detritus afnemen. Dat zou kunnen leiden tot een verminderde productie van de bodemdieren in de kustzone. Anderzijds zullen bij een toename van de primaire productie bodemdieren daarvan juist profiteren. Het netto-effect is op dit moment niet te voorspellen. Het niet-geconcentreerde detritus zal elders in de Noordzee bezinken, over een zo groot gebied dat de effecten waarschijnlijk niet meetbaar zullen zijn.

#### *Vissen*

In de kustzone bestaat de kans dat de draagkracht afneemt (zie bodemdieren). Dit zou kunnen leiden tot een andere ruimtelijke verdeling van de vispopulaties, namelijk minder vis in de relatief kleine kustzone en meer vis in de veel grotere Noordzee. Een voorspelling van

---

de veranderingen in de visbestanden is echter niet eenvoudig. In hoofdstuk 8 wordt het vislarventransport behandeld.

Anadrome en katadrome vissen, zoals zalmachtigen, paling en stekelbaars, zullen misschien door een eiland met dam gehinderd worden in hun migratie.

#### 7.4 Effecten in de Waddenzee

De modellen waarmee de effecten van de verschillende eilandvarianten tot nu toe zijn doorberekend (Rozemeijer & de Vlas, 1999), waren niet geschikt voor het geven van gedetailleerde voorspellingen voor de Waddenzee. De modellen hebben wel duidelijke aanwijzingen opgeleverd over hoe de aanvoer van zand, slib, nutriënten (voedingstoffen) en plankton zouden kunnen veranderen op de hoogte van de zeegaten tussen de Waddeneilanden. Van daaruit kunnen enkele globale uitspraken gedaan worden over mogelijke veranderingen in de Waddenzee.

##### *Zoutgradiënt*

- Het zoutgehalte in het Marsdiep neemt vooral bij de damvarianten toe (Rozemeijer & de Vlas, 1999). De dynamische zoutgradiënt vanaf het IJsselmeer naar buiten zal dus enigszins naar binnen toe verplaatst worden. Gemiddeld neemt het zoutgehalte iets toe. Echter, de zoutgradiënt is extreem dynamisch. De dynamiek is gedreven door het getij en het weer. De gevolgen daarvan voor het ecosysteem zullen naar verwachting niet erg groot zijn, aangezien de meeste organismen van de Waddenzee een grote variatie aan zoutgehalten aan kunnen.

##### *Nutriënten (voedingszouten)*

- Voor wat betreft de nutriënten die de Waddenzee zullen bereiken vanaf de Noordzee is er een duidelijk effect in het geval van een eiland met een dam. In dat geval vermindert de aanvoer van fosfaat en nitraat. De productie van algen in de westelijke Waddenzee zal daardoor afnemen (Rozemeijer & de Vlas, 1999). Tegelijkertijd zal ook de aanvoer van detritus vanuit de Noordzee verminderen (zie kustdwarstransport). Dat zal een vermindering tot gevolg hebben van de hoeveelheid bodemdieren (Beukema & Cadee, 1997). Ingeval van een eiland zonder dam zijn de uiteindelijke effecten op nutriënten huishouding en dus de bodemfauna beperkt.
- De algen op de bodem, die sterk afhankelijk zijn van nutriënten uit het sediment, zullen waarschijnlijk veel minder sterk reageren op verandering van de nutriëntenconcentraties in het water.

##### *Morfologie en waterbeweging*

- In de aanvoer van zand naar de Waddenzee wordt praktisch geen verandering verwacht (zie hoofdstuk 6).
- Er zal een geringe toename plaatsvinden van de getijde-amplitude. Deze zal waarschijnlijk maximaal beperkt blijven tot enkele centimeters (eiland met dam). De invloed van deze toename zal waarschijnlijk marginaal zijn, omdat de verandering ten opzichte van de huidige getijdeamplitude (1,5 à 2 meter) relatief klein is, en de gemiddelde waterstand gelijk blijft. Wanneer een eiland met dam ten noorden van de IJgeul ligt kunnen er mogelijk wel effecten in de Waddenzee optreden. Nader onderzoek hiernaar is noodzakelijk.

##### *Slib en detritus*

- De hoeveelheid slib in het water zal verminderen, vooral bij aanleg van een eiland met dam. Voor een deel ontstaat deze vermindering doordat er in de luwte van het eiland en de oeververbinding slib blijft bezinken, totdat er een evenwicht is bereikt. Dit effect zal na enkele decennia (ingeval van een eiland zonder dam) tot wellicht meer dan een eeuw (ingeval van een eiland met een dam) verminderen of verdwijnen. Een blijvend effect is

de verbreding van de kusttrivier waardoor ook daarna blijvend minder slib de Waddenzee zal bereiken.

- Tegelijk met de aanvoer van anorganisch slib kan ook de aanvoer van detritus verminderen, hetgeen een vermindering van de hoeveelheid voedsel voor bodemdieren zou inhouden. Ook dit effect speelt vooral in het geval van een eiland met een dam.
- Er is een duidelijk verband tussen slijkigheid van de bodem en de aanwezige bodemfauna. Echter, welke gevolgen er precies te verwachten zijn wanneer de import van slib zou veranderen, is op dit moment niet te voorspellen, want in slikkige gebieden is tegelijkertijd ook altijd sprake van een beschutte ligging. Deze factoren zijn nooit apart onderzocht. Desondanks wordt verwacht dat een sterk verminderde slibaanvoer grote effecten zal hebben op de bodemfauna van de Waddenzee.
- Vermindering van de hoeveelheid slib in het water zou ook een aantal andere effecten kunnen veroorzaken, zoals een toename in de groeimogelijkheden voor zeegrassen en verschuivingen binnen de vis- en vogelfauna. Naar deze aspecten is nog geen onderzoek verricht.
- De verminderde slibtoevoer door een eiland met dam kan mogelijk betekenen dat de totale voorraad slib in de Waddenzee afneemt. Dit kan betekenen dat 's winters, tijdens de stormperiodes minder slib op kwelders wordt afgezet.

#### *Bodemdieren*

Voor het functioneren van het Waddenzeesysteem neemt de bodemlevensgemeenschap een centrale rol in. Alle foeragerende vogels zijn afhankelijk van voldoende bodemdieren aanbod. Indien het voedselaanbod verandert, kunnen vogelsoorten hun verspreiding verleggen naar de Hollandse kustzone en de Delta. Ook de kinderkamerfunctie voor een groot aantal vissoorten en schaaldieren komt voort uit de aanwezigheid van grote hoeveelheden voedsel (bodemdieren). Wanneer hierin een verandering optreedt werkt dit dus door in het hele ecosysteem.

De wijzigingen in nutriënten-, slib- en detritus aanvoer door een eiland met dam hebben waarschijnlijk een verminderde bodemdierproductie tot gevolg. Dit zal zijn weerslag hebben op alle daarvan afhankelijke dieren.

## 7.5 Conclusie

In hoofdstuk 3 zijn de criteria aangegeven waarop de effecten van een eiland in zee in dit rapport worden getoetst (zie tabel 3.2). In onderstaande tabellen zijn de conclusies van de in dit hoofdstuk behandelde aspecten aan de hand van deze criteria samengevat. De conclusies zijn daarnaast onderscheiden naar de verschillende onderzochte variabelen. Bij positie langs en afstand tot de kust hebben de conclusies betrekking op eilanden verbonden door een tunnel.

	Verbinding d.m.v. een dam
<b>Plankton en visfauna door lichtbeschikbaarheid en voedsel in Noordzee</b>	
ontwikkeling ecosysteem	Door erosie en sedimentatie ontstaan rond het eiland verschillende milieus die verschillende bodemgemeenschappen zullen herbergen, meer dan in de huidige situatie langs de kust. Daarnaast kunnen op grote schaal rustige, min of meer slikkige bodems ontstaan die van nature in de Hollandse kustzone niet voorkomen (wel elders aan de Nederlandse kust).
<i>Primaire productie</i> <i>zoöplankton</i> <i>bodemfaunagemeenschap</i> <i>visgemeenschap</i>	Door toegenomen helderheid van het kustwater vindt er een toename van de primaire productie plaats. Daardoor kan ook een toename optreden in het zoöplankton. Voor de bodemfauna in de kustzone zou dat gunstig kunnen zijn, maar in dat gebied overheerst waarschijnlijk de afname van het kustgerichte transport van slib en detritus. Daardoor zou er in de kustzone meetbare een afname van de biomassa van de bodemfauna plaats kunnen vinden, gekoppeld aan een niet

	meetbare toename in een veel groter gebied verder van de kust. Op dit moment is er nog geen doorvertaling mogelijk naar de structuur en de produktiviteit van de visfauna.
<b>Waddensysteem</b>	
aard habitat Waddenzee <i>draagkracht</i>	In de Waddenzee zijn vooral veranderingen te verwachten door de verminderde aanvoer van slib en detritus. Bij een eiland met dam zullen de veranderingen in aanvoer van slib en detritus waarschijnlijk zeer ingrijpend zijn (afname slibtransport door het Marsdiep in de orde van grootte van 60%, duidelijke afname van import van nutriënten). Daardoor zal het water veel helderder worden, maar door een verminderd nutriëntenaanbod zal de algenproductie waarschijnlijk afnemen. Daardoor, en door een verminderde aanvoer van detritus vanuit de Noordzeekustzone kan de biomassa van de bodemfauna sterk afnemen. In gebieden waar slib een belangrijk bestanddeel van de bodem vormt is verlaging van de bodem en wijziging van de samenstelling van de bodemfauna te verwachten. Aangezien de bodemfauna de belangrijkste voedselbron is voor vissen en vogels zou aanleg van een eiland met een dam dus waarschijnlijk tot een algemene verarming van de westelijke Waddenzee leiden. In kweldergebieden tenslotte zou vermindering van slib aanvoer leiden tot verminderde opslibbing van kwelders.
<i>Behoud dynamische evenwicht</i>	Aanleg van een eiland met dam ten noorden van de IJgeul kan leiden tot een vermindering van de mogelijkheid om de zeespiegelstijging bij te houden. Een dam veroorzaakt een vermindering van slib aanvoer waardoor een verminderde opslibbing van kwelders plaats kan vinden.

	<b>afstand tot/positie langs de kust</b>
<b>Plankton en visfauna door lichtbeschikbaarheid en voedsel</b>	
ontwikkeling ecosysteem	Door erosie en sedimentatie ontstaan rond het eiland verschillende milieus die verschillende bodemgemeenschappen zullen herbergen, meer dan in de huidige situatie langs de kust.
<i>Primaire productie</i> <i>zoöplankton</i> <i>bodemfaunagemeenschap</i> <i>visgemeenschap</i>	De effecten op de structuur op het ecosysteem bij eilanden met een tunnel (of brug) zijn hetzelfde, maar dan in een veel mindere mate, als bij de eilanden met een dam.
<b>Waddensysteem</b>	
aard habitat Waddenzee	In de Waddenzee zijn vooral veranderingen te verwachten door de verminderde aanvoer van slib en detritus. In het geval van een eiland met een tunnel zullen deze veranderingen relatief gering zijn, maar nadere studie op dit punt is noodzakelijk.

---

---

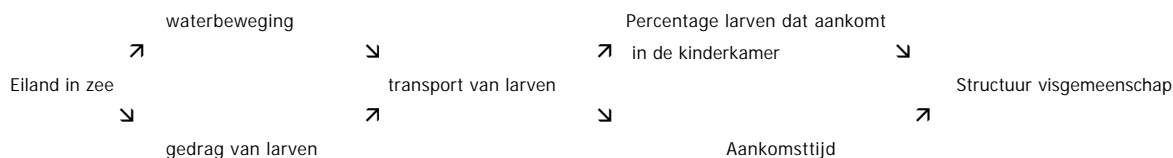
# 8 Visfauna

---

## 8.1 Inleiding

Dit hoofdstuk is grotendeels gebaseerd het onderliggende ecologie verhaal (Rozemeijer & de Vlas, 1999) en op een literatuurstudie naar vislarventransport (Rozemeijer, 1999). In dit hoofdstuk worden de effecten van een eiland in zee op de *visfauna* als gevolg van effecten op vislarven transport beschreven.

In de levenscyclus van pelagische vissen, maar met name platvissen, zijn verschillende stadia aan te wijzen. Bij iedere fase van de levenscyclus hoort een habitat. Bij iedere overgang hoort ook een transport fase. Het succes van larventransport kan bepalen of een vispopulatie groeit of afneemt. In het schema hieronder staat dit aangegeven.



## 8.2 Het transport van vislarven

### *Habitats*

De habitats in de Nederlandse kustzone worden onderscheiden zijn de paaigronden, de transportbanen en de kinderkamers. De paaigronden kunnen zeer verspreid zijn. De schar bv. paait in de hele Nederlandse kust. De schol daarentegen heeft zeer kleine, zeer specifieke gebieden (fig. 8.1). De transportbanen bevinden zich in principe in de gehele Noordzee.

De kinderkamers zijn ondiepe gebieden als estuaria (Ooster- en Wester-schelde), de Waddenzee maar ook de gehele Nederlandse kustzone tussen de NAP en NAP -10 meter. Met name het belang van dit laatste gebied wordt meestal over het hoofd gezien. Schol, tong en haring gebruiken zowel de kustzone als de Waddenzee als kinderkamer.

### *Transport*

Voor vislarventransport spelen twee factoren: waterbeweging (advectie) en visgedrag. Viseieren en -larven worden verplaatst door de waterstromingen; het eigen zwemvermogen is zeer gering ten opzichte van de grote waterkrachten. Wel kunnen vislarven invloed uitoefenen op de transportrichting en snelheid door middel van een aantal mechanismen. Vislarven kunnen verticale migratie vertonen, gestuurd door licht (dag/nachtritmië). Waterlagen dicht bij de bodem kunnen een ander richting en snelheid hebben dan lagen aan het oppervlak. Neem bv het kustdwarstransport. Ook kunnen larven zich tegen de bodem drukken om de stroming te ontlopen. Hiermee hebben ze als het ware een aan- en uitzetknop voor de waterkrachten. Het kiezen voor wel of meegenomen te worden door de stroming kan gereguleerd zijn door honger of een ritmië. Deze ritmië wordt vaak gereguleerd door getij of door een endogene ritmië of andere lichamelijke drijfveer.

### *Oriëntering*



---

De verschillende habitats liggen vaak ver uit elkaar. Vissen maken gebruik van een aantal mechanismen om die verschillende gebieden te vinden en te herkennen. In het algemeen bestaan drie verschillende mechanismen:

- Inprinting (bv. zalm)
- Leren van oudere vissen (bv schol)
- Genetisch vastgelegde informatie (bv schol)

Naast de interne, basale mechanismen (die dienen ter grove oriëntering), heeft de vis prikkels en signalen uit de omgeving nodig die aangeven dat een bepaalde habitat bereikt is. Vaak zijn dat exogene prikkels: licht, temperatuur, saliniteit, voedselbeschikbaarheid, stroming en turbulentie of waterdruk. Waarschijnlijk gebruikt een vis die gradiënt van een willekeurige variabele die het steilst is. Al dient dit genuanceerd te worden opgevat: schol bv gebruikt saliniteit niet als prikkel terwijl er in de kustzone toch een steile saliniteits-gradiënt is. Daarnaast kunnen ook lichaamseigen prikkels een rol spelen.

#### *Kinderkamer*

Op een gegeven moment komen de larven aan in een gebied dat mogelijkheden biedt om zich te vestigen en op te groeien. In principe zijn dit gebieden met gunstige condities als ondiepe gedeeltes, veel voedsel, weinig voedsel-concurrenten en weinig predatoren. Vaak stellen juvenielen strikte eisen aan hun kinderkamers. Voor schollarven lijkt de keuze van een bepaald gebied bepaald te worden door de aanwezigheid van voedsel, de afwezigheid van predatoren en voedselconcurrenten en een relatief constante temperatuur. Voor tonglarven spelen sedimentkarakteristieken een rol. Tonglarven kiezen vaak voor slibrijke condities. Dit zou natuurlijk ook een keuze voor de typisch grotere voedselrijkdom van slibrijke gebieden kunnen zijn. Windowpane larven kiezen weer eerder voor zanderige sedimenten. Voor bot lijkt verandering in saliniteit een belangrijke prikkel.

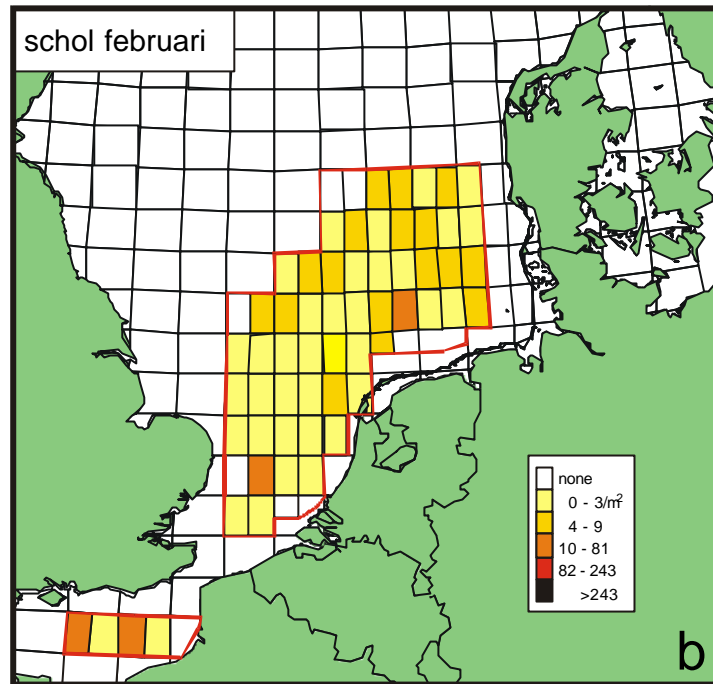
De schol gebruikt de estuaria (Oosterschelde, Westerschelde), de Nederlandse kustzone en de Waddenzee als kinderkamer. Bot heeft zijn kinderkamers in de lage saliene gedeeltes van het estuarium (bv Eems-Dollard). Het aantal larven dat aankomt in de kinderkamer is sterk variabel. Voor schol bv kan dit van jaar tot jaar variëren tussen de 100 en 1000 individuen per duizend m<sup>2</sup> Wadden-zee-bodem. Deze enorme variatie wordt veroorzaakt door de grote variabiliteit in temperatuur en zeestromingen. Temperatuur bepaalt vooral de sterfte (overleving) van de larven tijdens het transport. Zeestromingen bepalen vooral de concentratie aan larven in de kustzone. Deze twee factoren samen bepalen voor de meeste soorten de jaarklassterkte van de vispopulaties.

Bij het aankomen in de kinderkamer zullen de vislarven een bepaalde rol vervullen in het ecosysteem daar. Ze zullen zowel prooi als predator zijn. Het een en ander kan geïllustreerd worden aan de schol. Schollarven (< 30 mm totale lengte) zijn prooi voor crustacea als de garnaal en de strandkrab. Grotere schollarven worden prooi voor grote vissen als kabeljauw en paling. De garnaal is dan echter een voedselconcurrent en niet meer een potentieel predator.

Het voedsel van schollarven in de kinderkamers bestaat uit levende dieren als kleine crustacea, meiofauna en delen van schelpdieren. Concurrentie om voedsel met andere vislarven kan worden vermeden door andere prooidieren te kiezen of op een ander tijdstip van de dag te foerageren. Dit blijkt vaak van plek tot plek te verschillen en wordt vooral door factoren als voedselbeschikbaarheid en populatie-groottes van beide concurrenten bepaald.

**figuur 8.1**

Dichtheid aan scholeieren vroeg in het paaiseizoen van een willekeurig jaar, voordat de eieren verspreid worden door de zeestromingen. De oranje gekleurde gebieden geven de belangrijkste paaigronden aan (fig. naar Van der Land, 1991)



*Case-studie van de schol*

Schollen verzamelen zich op de paaigronden, die in de zuidelijke Noordzee en het Kanaal zijn gelegen (zie figuur 8.1). Na het loslaten en bevruchten van de eieren, verspreiden de eieren zich in een grote diffuse wolk vanaf de paaigronden (figuur 8.2). Door de waterbewegingen worden ze over een grote afstand verspreid, ver uit de kust. De eieren komen uit en ontwikkelen zich tot larven. De larven metamorfoserend van een waterfase larve naar een bodem georiënteerde larve. Naarmate de dieren dichterbij het metamorfose stadium komen, zoeken ze meer en meer de onderste lagen op. Uiteindelijk worden ze richting de kust getransporteerd. Na de metamorfose vestigen de larven zich zo snel mogelijk op de bodem om te foerageren. Afhankelijk van de aanwezigheid van voedsel zullen de larven zich definitief in de kustzone vestigen of verder noordwaarts trekken naar bv. de Waddenzee.

### 8.3 Effecten

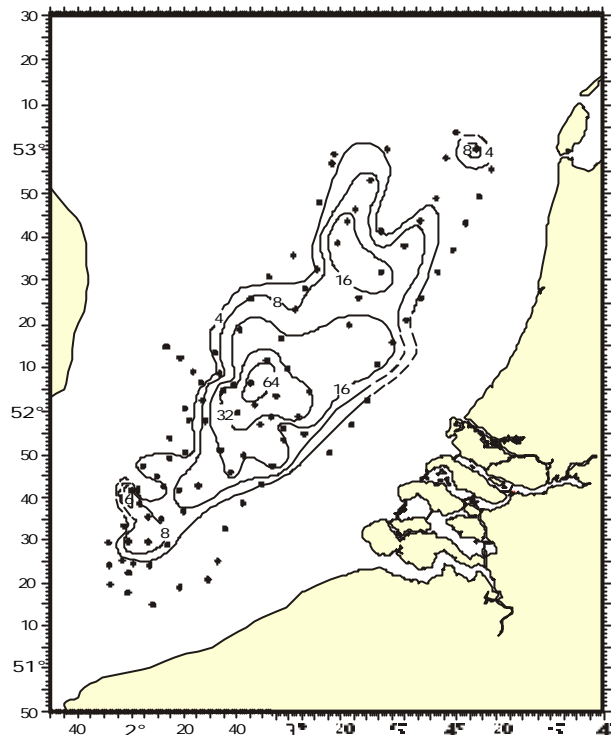
Onderstaande effecten zijn vooral gebaseerd op de schol.

*Eiland met tunnel*

Een eiland met tunnel is een barrière waar het water omheen moet stromen. Op lokale schaal verandert de waterbeweging. Echter, de wolk met vislarven heeft een veel grotere schaal (fig. 8.2) dan de verandering in waterbeweging door een eiland met tunnel. Daarnaast is de natuurlijke variabiliteit veroorzaakt door watertemperatuur en zeestromingen zeer groot. Slechts een klein deel van de wolk van vislarven zal in de invloedssfeer van de veranderde waterbeweging liggen. Het deel van de larven dat wel beïnvloed wordt, bevindt zich al in de kustzone. Omdat de kustzone ook een potentiële kinderkamer is zal een deel van de larven zich hier vestigen. De vislarven die nog in de waterfase verblijven kunnen ongehinderd richting Waddenzee getransporteerd worden. Een eiland met tunnel heeft daarom waarschijnlijk geen grote gevolgen op de opgroeimogelijkheden van deze vislarven. Op vispopulatie niveau zijn daarom weinig effecten te verwachten.

**figuur 8.2**

Verdeling van scholeieren  $\pm$  12 dagen na de paai en bevruchting. De punten geven de meetpunten, de isolijnen voor hoeveelheid eieren zijn in eieren /m<sup>3</sup> 10<sup>2</sup> (fig. naar Talbot, 1978).



*Eiland met dam*

Een eiland met dam heeft wel veel effecten op de waterbeweging. Hier lijken de effecten een significante schaal te hebben ten opzichte van de dimensies van het vislarven transport. Dit kan effecten hebben op aankomsttijd en aankomstpercentage van de larven van verschillende soorten. Wat echter een groter effect zal hebben is het blokkeren van het noord-zuid transport van larven die reeds gevestigd zijn in de directe kustzone. Na vestiging in de kustzone worden bv schollarven naar het noorden getransporteerd, langs de Hollandse kustzone richting de Waddenzee. Een damvariant kan een gedeelte van deze input wel verstoren. Schollarven kunnen hierachter blijven hangen. Daarnaast kunnen ze door de dam verder naar zee worden geleid dan normaal. Ze kunnen door beide mechanismen mogelijk niet de gunstige omstandigheden van de Waddenzee bereiken. Mogelijk vertaalt dit zich in effecten op vispopulatie niveau.

**8.4 Conclusie**

Al met al lijken de gevolgen van een eiland met tunnel niet groot. Ook op de omvang en structuur van de betrokken vispopulaties valt dan geen duidelijk effect te verwachten. Een eiland met dam zou een negatieve invloed kunnen hebben op de trek van vislarven naar gunstige condities. Dit zou kunnen doorwerken op vispopulatie niveau.

In hoofdstuk 3 zijn de criteria aangegeven waarop de effecten van een eiland in zee in dit rapport worden getoetst (zie tabel 3.2). In onderstaande tabel is de conclusies van het in dit hoofdstuk behandelde criterium samengevat. Bij positie langs en afstand tot de kust hebben de conclusies betrekking op eilanden verbonden door een tunnel.

Larventransport	positie langs/ afstand tot de kust
Grootte vispopulaties	Het vislarven transport vindt plaats op een grote schaal. De effecten van een eiland met tunnel hebben een veel kleinere schaal. Waarschijnlijk zal slechts een beperkt deel van de totale aantal vislarven in de Noordzee beïnvloed worden door een eiland met tunnel. Echter dat deel van de vislarven dat beïnvloed wordt door een eiland met tunnel bevindt zich dan al in de kustzone. De kustzone functioneert als kinderkamer. Waarschijnlijk heeft een eiland met tunnel daarom geen effect op de

---

	grootte van de vispopulatie.
	<b>verbinding d.m.v. een dam</b>
Groote vispopulaties	De dam vormt een barrière voor al het transport in de directe kustzone. Sommige vislarven gebruiken de kustzone als transport route naar gunstigere omstandigheden. Een dam zou deze transportfase kunnen belemmeren. De vislarven kunnen daardoor in ongunstige omstandigheden terecht komen. Dit zou mogelijk kunnen resulteren in een kleiner wordende vispopulatie.

---

---

# 9 Vogels

---

## 9.1 Inleiding

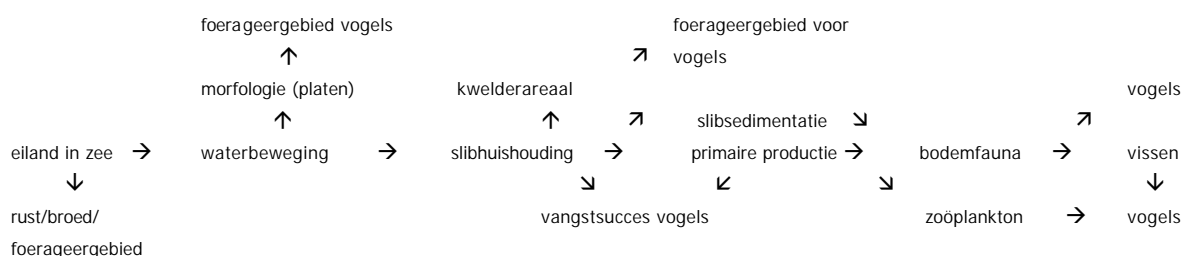
De vogels die op het Nederlands Continentaal Plat voorkomen, zijn grofweg in drie groepen te onderscheiden. Pelagische zeevogels zijn vogelsoorten die zich buiten het broedseizoen gewoonlijk ver uit de kust op volle zee bevinden (onder andere stormvogels, alkachtigen en jagers). Kustvogels zijn vogels die ook buiten het broedseizoen gebonden zijn aan de kustzone of het vasteland. Voedsel wordt voor een groot deel op zee gezocht (meeuwen, sterns, aalscholvers, duikers, zee-eenden), maar ook in intergetijdegebieden (steltlopers), in de duinen en in het binnenland. Trekvogels tenslotte vliegen in zeer grote aantallen over en langs de Noordzeekust.

## 9.2 Huidige situatie

Kust- en zeevogels komen niet egaal verspreid voor over de Noordzee. De verspreiding wordt bepaald door abiotische factoren als diepte (bereikbaarheid van voedsel) en afstand tot de kust en de aanwezigheid en kwaliteit van voedsel. Visserij-activiteiten bv. trekken grote aantallen meeuwen aan. Per seizoen verandert de behoefte en daarmee de verspreiding van een vogel. Tijdens het broedseizoen wordt de verspreiding tevens bepaald door de aanwezigheid van geschikt broedgebied. Op dit moment is het Hollandse duingebied minder geschikt als broedgebied voor kustvogels onder andere door de aanwezigheid van predatoren.

In het afgelopen jaar zijn verspreidingsgegevens gerelateerd aan de diepte op het NCP. Hieruit blijkt dat de dichtheid aan vogels vlak onder de kust vrijwel het gehele jaar, maar met name in de zomerperiode, veel hoger is dan de dichtheid voorbij de 20 meter dieptelijn. Deze dieptelijn ligt gemiddeld gezien op 10 tot 15 km uit de kust (Witte & Berrevoets, 1999). In het najaar is de dichtheid aan vogels vanaf het strand tot de 40 meter dieptelijn vergelijkbaar met de zomerperiode. Echter, de dichtheid voorbij de 40 meter dieptelijn is dan 1,5 tot 2 maal zo hoog. Deze zone ligt op het noordelijk deel van het NCP en ver buiten het onderzoeksgebied van ONL. Verder wordt een concentratie aan vogels gezien rondom fronten die optreden waar het water van de Noordzee en van de kustrivier mengt. Er bestaat discussie of de verspreiding van vogels wordt bepaald door de afstand tot de kust of door het habitat (waaronder de diepte, maar ook de aanwezigheid en samenstelling van de kustrivier). Waarschijnlijk is het een combinatie van deze aspecten.

### 9.2.1 Procesketen



---

### 9.3 Wat zijn de consequenties van een eiland voor de verspreiding van vogels?

Een eiland in de Noordzee geeft allereerst een verandering in de verspreidings patronen van vogels. Enerzijds zullen pelagische zeevogels over het algemeen het eiland mijden, anderzijds kunnen kustvogels hun actieradius op de Noordzee vergroten, doordat er gelegenheid tot rusten en slapen op het eiland verschijnt. Nieuwe voedselgebieden verder op zee (o.a. visserij-activiteiten) kunnen dan bereikt worden. Ook op het eiland zelf zullen vogels gaan foerageren op de vegetatie, insecten, afval, etcetera. De vooroevers van het eiland zullen eveneens voedsel bieden in de vorm van bodemdieren, vis, etcetera (van Moorsel et al., 1999)

Veel vogels zullen een eiland bovendien gaan gebruiken om te broeden. Vooral in de eerste jaren, wanneer grondpredatoren (vossen, ratten) hun weg naar het eiland nog niet hebben gevonden, zal de vogelpopulatie op het eiland explosief kunnen toenemen.

Rondom het eiland zal de situatie ook veranderen. Wanneer de leefomgeving verandert, enerzijds in kwaliteit, anderzijds in geografische positie, zullen vogel-soorten van de kustzone, zoals duikers, eenden, meeuwen en sterns hun verspreidingsgebied aanpassen. Wanneer de kusttrivier helderder wordt, zullen hierop zichtjagers afkomen, zoals de Jan van Gent.

Een damverbinding zal sterke aanzandingen tot gevolg hebben. Wanneer hier ondiepe gebieden ontstaan, zullen deze voor veel vogelsoorten, met name steltlopers, extra voedsel bieden. Ook de dam zelf zal rust- en foerageergebied worden voor soorten als aalscholvers en meeuwen.

Bij een damverbinding zal het risico zeer groot zijn dat de biomassa van de bodemdieren in de Waddenzee afneemt. De daar foeragerende vogels zijn gedurende het hele jaar afhankelijk van een voldoende aanbod aan bodem-dieren. Indien dat vermindert, zal de vogelstand in de Waddenzee ook afnemen, en de kans bestaat dat sommige soorten (bijvoorbeeld Eidereenden) zullen uitwijken naar de kustzone van de Noordzee of de Voordelta.

In welke mate het eiland zal worden gebruikt door trekvogels en in welke aantallen valt buiten het onderzoek van het RIKZ. Directie Noordzee zal de hele trekvogelproblematiek behandelen, inclusief de invloed van een eiland op de trekvogelpopulaties. In de internationale expertmeeting bleek dat er geen nadelige invloeden worden verwacht van het eiland op trekvogels (Bijnsdorp Communicatie bv, 1999).

### 9.4 Conclusie

In hoofdstuk 3 zijn de criteria aangegeven waarop de effecten van een eiland in zee in dit rapport worden getoetst (zie tabel 3.2). In onderstaande tabellen zijn de conclusies van de in dit hoofdstuk behandelde aspecten aan de hand van deze criteria samengevat. De conclusies zijn daarnaast onderscheiden naar de verschillende onderzochte variabelen. Bij positie langs en afstand tot de kust hebben de conclusies betrekking op eilanden verbonden door een tunnel.

	<b>Alle varianten</b>
aantallen	Met name in de eerste jaren zal de vogelpopulatie op het eiland explosief kunnen toenemen.

soorten	Het eiland zal aantrekkelijk zijn voor kustvogels. Met name meeuwen en sterns zullen op het eiland gaan broeden. Pelagische zeevogels zullen het eiland mijden. Wanneer de kusttrivier helderder wordt zullen zichtjagers (Aalscholver, Jan van Gent) hierop afkomen.
verspreiding	Het eiland vergroot het verspreidingsgebied van kustvogels. Het eiland kan gaan fungeren als broed-, rust- en foerageerplaats. Door verandering van de kusttrivier zullen vogels die hier hun voedsel zoeken, zoals duikers, hun verspreidingsgebied aanpassen.

	<b>Afstand tot de kust</b>
aantallen	Hoe dichters het eiland bij de kust ligt hoe hoger de aantallen vogels

	<b>Verbinding d.m.v. een dam.</b>
aantallen	Grotere aantallen vogels rond het eiland dan bij een verbinding met een tunnel
soorten	De ondiepe gebieden die voor de kust ontstaan bij een damverbinding zullen voor veel vogelsoorten, met name steltlopers, extra voedsel bieden. De dam zelf zal rust- en foerageergebied worden voor soorten als aalscholvers en meeuwen
verspreiding	Bij een damverbinding is het risico groot op ingrijpende wijzigingen in de Waddenzee. Wanneer hierdoor het voedselaanbod vermindert zullen vogels elders hun voedsel proberen te vinden.



---

---

# 10 Beleving

---

## 10.1 Inleiding

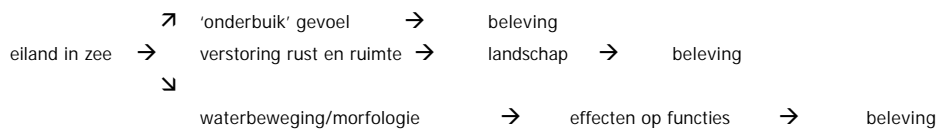
Door het aanleggen van een vliegveld in zee zal het fysieke milieu in de Noord- en Waddenzee worden beïnvloed. Deze verandering heeft ook gevolgen voor de verschillende functies in de Noordzee en kustzone die hierdoor worden beïnvloed. Niet alleen deze veranderingen op zich spelen een belangrijke rol bij de acceptatie van een eiland in zee, ook de beleving van deze veranderingen speelt een belangrijke rol. De kwaliteit van de leefomgeving kan door de aanleg van een vliegveld in zee veranderen. Om welke manier de directe leefomgeving wordt beïnvloed van mensen speelt een belangrijke rol bij de acceptatie van een ingreep.

## 10.2 Huidige situatie

Over het algemeen worden het strand en de zee positief gewaardeerd. Uit onderzoeken is gebleken, dat de belangrijkste positieve elementen de weidse ruimte, de stilte, de natuurlijkheid en de horizon zijn. Het spel van de elementen als wind en golven biedt veel mensen de kans om de natuur te beleven. Ook het gevoel van oneindigheid aan de kust speelt een belangrijke rol bij de positieve beleving. Tevens spelen de recreatieve mogelijkheden een grote rol voor de respondenten.

Aan de ene kant heeft de beleving dus te maken met waarneembare kenmerken, aan de andere kant ook met gevoel en niet waarneembare kenmerken. Dit speelt een rol bij de effecten van een vliegveld in de Noordzee.

### 10.2.1 Procesketen



## 10.3 Consequenties van de veranderingen in landschap en rust op de beleving van kust en zee.

Uit onderzoek blijkt dat de beleving van een vliegveld in zee uiteenvalt in twee groepen. De eerste groep is voor de aanleg of staat er neutraal tegenover. Argumenten voor het vliegveld zijn een vermindering van geluidshinder voor omwonenden van het huidige Schiphol, de mogelijkheid tot verdere doorgroei van de luchtvaart en een goede impuls voor werkgelegenheid en economie. Ook de recreatieve mogelijkheden van een vliegveld-eiland worden genoemd.

De andere groep, ongeveer 50 procent, heeft een negatieve beleving ten aanzien van het vliegveld. Dit staat los van het feit of het vliegveld voor deze mensen zichtbaar zou zijn. Argumenten tegen het vliegveld zijn horizon-vervuiling, toename van lawaai aan de kust, verstoring van de natuur, verstoring van de kustfauna, aantasting van het zeemilieu, beïnvloeding van de zee-

---

figuur 10.1  
De belangrijkste positieve elementen van kust en zee  
zijn weidse ruimte, stilte, natuurlijkheid en horizon.



stroming, mogelijke transportproblemen, aantasting van de rust aan de kust en de zeer hoge kosten die gemeoid zullen zijn met de aanleg. Ook wordt genoemd het gebrek aan aantoonbare noodzaak voor de aanleg, de aantasting van het karakter van de zee als geheel (de zee is de enige oneindige en on-bebouwde grootschalige plek in Nederland) en de grote onzekerheid op lange termijn over de gevolgen van de aanleg (ook met modellen niet voorspelbaar). Wat bij sommige respondenten speelt is het argument, dat een dergelijke ingreep in een natuurlijk gebied als de Noordzee niet zou moeten mogen.

Als gekeken wordt naar de respondenten blijkt, dat vooral recreanten en bewoners negatief staan tegenover de aanleg van een vliegveld in de zee. Ondernemers zijn gematigder in hun beleving.

Indien gevraagd wordt naar de aanleg van een vliegveld op de locatie van de ondervraagde, blijkt dat ongeveer 90 procent van de ondervraagden een sterk negatieve beleving heeft ten aanzien van een vliegveld in de zee. Aantasting van stilte is daarbij doorslaggevend dan de aantasting van het vrije uitzicht. Samengevat gaat het in ieder geval om de aantasting van woon- en/of recreatiegenot aan de kust. Ook hier zijn de ondernemers aan de kust het minst fel gekant tegen de aanleg van het vliegveld.

Van invloed op de beleving voor de groep ondervraagden die in eerste instantie niet tegen de aanleg van een vliegveld in de Noordzee zijn, is de afstand tot de kust. Algemeen geldt dat hoe verder van de kust het eiland wordt aangelegd, des te groter is de acceptatie. De afstand speelt geen rol bij de groep ondervraagden die sowieso tegen de aanleg is.

Ook de verbinding met de kust speelt alleen een rol bij de eerstgenoemde groep ondervraagden. Een tunnel krijgt daarvoor sterk de voorkeur. Doorsnijding van de duinen/kustlijn wordt als belangrijk argument genoemd tegen een verbinding in de vorm van een dam of een brug. Ook de invloed op de horizon, het uitzicht en de verwachte geluidsoverlast van het verkeer speelt een rol in de voorkeur voor een tunnel. Enkele bezwaren tegen een tunnel bestaan uit het gevoel van gevaar in een tunnel, de schoonheid van een mooie brug en de hoge kosten die de aanleg van een tunnel met zich mee zullen brengen.

---

## 10.4 Conclusie

In hoofdstuk 3 zijn de criteria aangegeven waarop de effecten van een eiland in zee in dit rapport worden getoetst (zie tabel 3.2). In onderstaande tabellen zijn de conclusies van de in dit hoofdstuk behandelde aspecten aan de hand van deze criteria samengevat. De conclusies zijn daarnaast onderscheiden naar de verschillende onderzochte variabelen. Bij positie langs en afstand tot de kust hebben de conclusies betrekking op eilanden verbonden door een tunnel.

	<b>Positie langs de kust</b>
rust en ruimte & 'onderbuik gevoel'	Ongeveer de helft van de (ondervraagde) mensen heeft een negatieve beleving van een eiland ongeacht de ligging langs of vanaf de kust en ongeacht hoe het eiland verbonden is met de kust.

	<b>Afstand tot de kust</b>
rust en ruimte & 'onderbuik gevoel'	Ongeveer de helft van de (ondervraagde) mensen heeft een negatieve beleving van een eiland ongeacht de ligging langs of vanaf de kust en ongeacht hoe het eiland verbonden is met de kust.
	Bij de helft van de mensen die neutraal of positief t.o.v. een vliegveld in zee staan geldt dat hoe verder het eiland in zee ligt, hoe groter de acceptatie is.

	<b>Verbinding d.m.v. een dam</b>
rust en ruimte & 'onderbuik gevoel'	Ongeveer de helft van de (ondervraagde) mensen heeft een negatieve beleving van een eiland ongeacht de ligging langs of vanaf de kust en ongeacht hoe het eiland verbonden is met de kust.
	Bij de helft van de mensen die neutraal of positief t.o.v. een vliegveld in zee staan krijgt een tunnel sterk de voorkeur boven een dam.



---

# 11 Overige aspecten

---

## 11.1 Inleiding

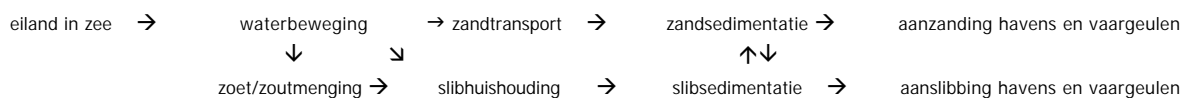
In dit hoofdstuk wordt beschreven wat de consequenties van de veranderingen in waterbeweging, sedimenttransport en morfologie zijn op de aanzanding van vaargeulen en havens, de recreatie en de ecologie van strand en duinen.

## 11.2 Wat is het effect van een wijziging in de slib- en zandbalans op de aanslibbing/zanding van vaargeulen en havens

De Hollandse kust wordt onderbroken door de vaargeulen naar Rotterdam en IJmuiden. De vaargeul naar IJmuiden is gelegen in het zoekgebied voor een eiland in zee. Een eiland in zee heeft effecten op de waterbeweging en daarmee de toegankelijkheid van de haven. In eerder onderzoek (MSR, 1998) is gebleken dat deze effecten zeer sterk afhangen van de exacte ligging en vorm van het ontwerp. Deze effecten worden daarom in de ontwerpfase onderzocht. In deze studie zal alleen worden ingegaan op de mogelijke effecten op de aanslibbing/aanzanding van de vaargeul.

De toegangsvaargeulen naar Hoek van Holland en IJmuiden zijn dieper dan de omgeving zodat de stroomsnelheid in de geulen relatief laag is. Ook kunnen de golven door de grotere waterdiepte minder zand opwerpen. Door beide effecten is de transportcapaciteit in de geulen kleiner dan in de directe omgeving. Het met de stroming meegevoerde zand bezinkt hierdoor voor een deel in de vaargeul; de toegangsvaargeulen fungeren als zandvang. Er is geen schatting van de transporten naar de IJgeul toe, dan wel een schatting van de hoeveelheid sediment die jaarlijks in de geul terecht komt. Op basis van een modelberekening is het transport naar de Maasgeul geschat op 50 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/j. Voor de IJgeul zal deze waarde aan de hoge kant zijn aangezien deze geul minder diep en breed is in vergelijking tot de Maasgeul. Aangenomen dat de waarde representatief is vanaf de havenhoofden tot aan de NAP 20 m dieptelijn, dan bedraagt het transport circa 100.000 m<sup>3</sup>/j. Het gebaggerde sediment wordt voor het grootste deel ten noorden van de IJgeul gestort. Het netto dwarstransport over de NAP -8 m lijn wordt geschat op 10-30 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/j (van Rijn, 1995).

### 11.2.1 Procesketen



### 11.2.2 Effecten

Wanneer het IJgeul gebied gelegen is in de golfschaduw van een eiland met dam wordt verwacht dat het onderhoud van de IJgeul afneemt. Wanneer bv. een eiland met dam ten zuiden van de IJgeul ligt zal bij (zuid)westen wind door de afnemende golfwerking ook het brandingstransport rond het zuidelijke havenhoofd afnemen. Dit heeft een verlagend effect op de aanzanding. Alleen in het verlengde van de erosiekuil aan de koppen van het eiland moet er rekening mee worden gehouden dat het onderhoud van de vaargeul iets toeneemt. Door de geconcentreerde uitstroming door de opening in de dam (variant 2), wordt lokaal de transportcapaciteit groter. De aanzanding zal lokaal kunnen toenemen. Dit effect is echter gering en heeft waarschijnlijk geen invloed op het jaarlijks onderhoud.

Wanneer een eiland met dam ten zuiden van de vaargeul is gelegen zal een groot gedeelte van het kustlangse slibtransport worden tegengehouden waardoor de aanslibbing van de havens bij IJmuiden af kan nemen. Daarnaast nemen echter de stroomsnelheden in de vaargeul en havens ook af. Hierdoor zal de aanslibbing van de havens van IJmuiden juist kunnen toenemen. Het is niet duidelijk wel effect zal overheersen.

Bij de varianten die door een tunnel met de kust zijn verbonden zal ook elders in de IJgeul meer zand kunnen bezinken (met name wanneer het eiland ten zuiden van de IJgeul is gelegen). Het sediment is afkomstig uit de erosiekuilen. Met name in de eerste jaren na aanleg kan er sprake zijn van een toename in het onderhoudswerk van de IJgeul. Wanneer het eiland verder dan 10 à 15 km van de vaargeul is gelegen zal dit effect klein zijn. Het is niet uitgesloten dat door het ontstaan van grootschalige wervelstraten en circulatiecellen het onderhoud van de Euro-Maasgeul nadelig wordt beïnvloed. Dit kan worden voorkomen door het eiland niet te zuidelijk aan te leggen.

### 11.3 Wat zijn de consequenties van veranderingen in morfologie en golfklimaat op de recreatie

De Hollandse kust is gezegend met een fraai lichtkleurig zandstrand dat tijdens de zomer enkele tientallen meters breed is. Er zijn een paar uitzonderingen: de Hondsbossche Zeewering (geen strand), het smalle strand bij Ter Heijde en het brede strand bij IJmuiden. Vanuit het oogpunt van recreatie is het ideale strand beperkt in breedte: anders moet men simpelweg te ver lopen om het water te bereiken.

Naast de strandbreedte speelt ook de hoeveelheid brandingsenergie een rol bij de recreatieve waarde van het strand. Meer variëteit zal positief worden gewaardeerd. Deze waardering is sterk afhankelijk van de plaats waar de brandingsenergie zal vergroten of verkleinen.

Daarnaast zal de sedimentsamenstelling nog invloed hebben op de recreatiemogelijkheden van het strand. Een strand met veel slib wordt door strandrecreanten, zeker in de zomer, niet gewaardeerd.

#### 11.3.1 Procesketen



#### 11.3.2 Effecten

De stranden in de luwte van een eiland zullen zonder verder ingrijpen in breedte toenemen. Deze toename is het grootst bij variant 1. Voor variant 2, 4 en 3 geldt een steeds geringere toename. Elders zullen de stranden in breedte kunnen afnemen. Deze effecten zijn het grootst bij de damvarianten, en bij de tunnel varianten zijn de effecten van de 10 km variant groter dan de 16 km variant. Er vanuit gaande dat het huidige kustbeleid gehandhaafd blijft, dan wordt de afname van de strandbreedte in de kustvakken ten zuiden en ten noorden van het eiland gecompenseerd met zandsuppleties. Gemiddeld over meerdere jaren zal daarom de strandbreedte niet veranderen.

---

Bij de damvarianten zijn er afhankelijk van de heersende golfrichtingen aan de ene of de andere kant van de dam luwtegebieden, waar de branding dan ook minder zal zijn. Dat kan aantrekkelijk zijn voor bijvoorbeeld gezinnen met kleine kinderen. Tijdens periode met hogere golven kunnen er bovendien bij deze varianten gebieden langs de Hollandse kust ontstaan waar de branding, ten opzichte van de huidige situatie, toeneemt. Ook dat kan aantrekkelijk zijn voor surfers en andere waaghalzen.

In alle varianten is het onwaarschijnlijk dat de sedimentsamenstelling van het strand wezenlijk zal veranderen. Alleen bij variant 1 is het niet geheel uit te sluiten dat het slibpercentage iets zal toenemen ter plaatse van de aanlanding van de dam.

#### **11.4 Wat zijn de gevolgen van een eiland in zee op de ecologie van strand en duinen**

Het Nederlandse duingebied heeft een grote rijkdom aan soorten en vegetatietypen veroorzaakt door een grote afwisseling in dynamiek van het fysische milieu op een kleine en grote schaal. Morfologische dynamiek is een belangrijk factor bij duinvorming. Deze dynamiek kan er enerzijds voor zorgen dat er duinafslag zal optreden. Hierbij wordt een deel van het zand uit de duinen weggeslagen en weer op het strand of de vooroever afgezet. Dit zand komt hierdoor onder invloed van transportprocessen in de kustzone. Daarnaast kan de kustlijn door aanzanding zeewaarts verplaatst worden waardoor er ruimte is voor primaire duinvorming.

Een belangrijke parameter die het karakter van de duinen bepaald is saltspray. Saltspray is belangrijk voor de zoet-zoutgradiënt van het duingebied en bepaald daarmee voor en belangrijk deel de variatie in vegetatie in de duinen. Saltspray wordt bepaald door twee parameters: de afstand van de brekerlijn tot de duinen (hoe groter de afstand, hoe minder saltspray de duinen kan bereiken) en het optreden van stormen (stormgolven genereren een orde meer zoutspray dan gemiddelde golven).

##### **11.4.1 Effecten**

In het schaduwgebied van het eiland zal de stranddynamiek afnemen. Doordat het water vrij tussen het eiland en de kust door kan stromen zullen de veranderingen niet groot zijn. De verandering van de windsterkte en het zandtransport zullen beperkt zijn. Veranderingen in de morfologische dynamiek van de duinen is dan ook beperkt.

Bij de varianten met een dam zal door de grotere uitbouw van het strand (vorming van een salient) een brede strandvlakte. Op de strandvlakte kan, al dan niet gestimuleerd door beheersmaatregelen, een nieuw dynamische jonge duinregel ontstaan. Met name bij de varianten met een dam kunnen op deze wijze meerdere duinregels groeien.

Het brede strand vergroot de afstand tussen de zee en de duinen. De windsterkte en dus ook het zandtransport naar de huidige zeereep vermindert. Hierdoor neemt de morfologische dynamiek in de duinen af. De duindynamiek zal niet zozeer afnemen door een verandering van het windklimaat, maar meer door de afname van saltspray (zie hieronder). Als de omvang van de nieuwe strandvlakte nog beperkt is, kan er tijdens stormen meer duinafslag plaatsvinden. Dat kan ten koste gaan van de vegetatie van de voorste duinrijen.

Door reductie van met name de windgolven wordt een vermindering van salt-spray voor de kustduinen verwacht. Omdat deze evenredig is met de energie-dissipatie betekent dit voor varianten die met een tunnel zijn verbonden een totale reductie van orde 20% (eiland op 16 km) tot 40% (eiland op 10 km) op de kust direct achter het eiland gelegen, echter met sterke ruimtelijke variaties.

Bij de varianten met een dam is een totale reductie van de orde 40% à 60% voor de kustzone achter het eiland te verwachten (ook met zeer sterke ruimtelijke variaties).



---

## 11.5 Conclusie

In hoofdstuk 3 zijn de criteria aangegeven waarop de effecten van een eiland in zee in dit rapport worden getoetst (zie tabel 3.2). In onderstaande tabellen zijn de conclusies van de in dit hoofdstuk behandelde aspecten aan de hand van deze criteria samengevat. De conclusies zijn daarnaast onderscheiden naar de verschillende onderzochte variabelen. Bij positie langs en afstand tot de kust hebben de conclusies betrekking op eilanden verbonden door een tunnel.

	<b>positie langs de kust</b>
<b>onderhoud havens en Vaargeulen</b>	Een zuidelijk gelegen eiland kan invloed hebben op de aanzanding van de Euro-Maasgeul. Met name in de eerste jaren na aanleg kan er sprake zijn van een toename in het onderhoudswerk van de IJgeul wanneer een eiland op een afstand van 10 tot 15 km van de vaargeul ligt.
<b>recreatie</b>	
<b>breedte strand</b>	De stranden in de luwte van een eiland zullen zonder verder ingrijpen in breedte toenemen.
<b>karakter strand</b>	De sedimentsamenstelling van het strand zal niet veranderen. In de luwte van het eiland zal de brandingsenergie iets afnemen.
<b>ecologie van strand en duin</b>	
<b>dynamiek</b>	Verandering van de morfologische dynamiek van duinen is beperkt.
<b>saltspray</b>	De positie langs de kust is niet onderscheidend voor deze parameter

	<b>afstand tot de kust</b>
<b>onderhoud havens en vaargeulen</b>	Met name in de eerste jaren na aanleg kan er sprake zijn van een toename in het onderhoudswerk van de IJgeul wanneer een eiland op een afstand van 10 tot 15 km van de vaargeul ligt.
<b>recreatie</b>	
<b>breedte strand</b>	De stranden in de luwte van een eiland zullen zonder verder ingrijpen in breedte toenemen.
<b>karakter strand</b>	De sedimentsamenstelling van het strand zal niet veranderen. In de luwte van het eiland zal de brandingsenergie iets afnemen.
<b>ecologie van strand en duin</b>	
<b>dynamiek</b>	Verandering van de morfologische dynamiek van duinen is beperkt.
<b>saltspray</b>	In de luwte van het eiland is een reductie van 20% (16 km) tot 40 % (10 km) te verwachten. Door deze reductie kan de vegetatie minder kenmerkend worden voor een duingebied.

	<b>Verbinding d.m.v. een dam</b>
<b>onderhoud havens en vaargeulen</b>	Bij een eiland met dam wordt verwacht dat het onderhoud van de IJgeul afneemt. Ter hoogte van de koppen van het eiland neemt de aanzanding toe. Bij het aanleggen van een eiland met dam ten zuiden van de IJgeul zal de aanslibbing van de haven van IJmuiden beïnvloed worden.
<b>recreatie</b>	
<b>breedte strand</b>	De stranden in de luwte van een eiland zullen zonder verder ingrijpen in breedte toenemen. Deze toename is groter dan bij de eilanden zonder damverbinding
<b>karakter strand</b>	Bij een eiland met (gesloten) dam kan het slibpercentage iets toenemen ter plaatse van de aanlanding van de dam. Bij de damvarianten zal er een grotere variatie in brandingsenergie langs de kust optreden.
<b>ecologie van strand en duin</b>	
<b>dynamiek</b>	In het schaduwgebied van het eiland zal de dynamiek afnemen. Er is wel kans op het ontstaan van een nieuw primair duingebied.
<b>saltspray</b>	In de luwte van het eiland is een reductie van 40 tot 60% te verwachten. Door deze reductie zal waarschijnlijk de vegetatie minder kenmerkend worden voor een duingebied.

---

---

# 12 Conclusies

---

## 12.1 Kustverdediging

Bij alle varianten zal het Noordzee-systeem blijven functioneren met de huidige kenmerkende processen. Wat betreft de effecten kan er onderscheid gemaakt worden tussen varianten waarbij de kust wordt uitgebouwd, bv. eilanden die verbonden zijn door een dam, en varianten waarbij dit niet gebeurt, de varianten die verbonden zijn door een tunnel of brug. Hoewel nog grote onzekerheden bestaan bij het voorspellen van de morfologische effecten kunnen wel in grote lijnen de effecten, en consequenties van deze effecten, worden geschatst.

### *Effecten rondom het eiland (alle varianten)*

In de directe omgeving van het eiland zullen, relatief onafhankelijk van de afstand tot de kust en positie langs de kust, door een toename van de stroomsnelheden erosiekuilen ontstaan (met maximale dieptes tot twee maal de waterdiepte). Deze kuilen kunnen het eiland mogelijk ondermijnen. Ontgrondingen als deze komen voor bij veel waterbouwkundige ingrepen in het Nederlandse kuststelsel. Deze problematiek is beheersbaar door het nemen van bodembeschermingsmaatregelen. Daar staan echter wel financiële consequenties tegenover.

### *Effecten van eilandvarianten (verbonden door een tunnel of brug)*

Een eiland in zee schermde de kust af voor inkomende golven. Door de afname in golfhoogte neemt langs de kust de transportcapaciteit van zand in de brandingszone achter het eiland sterk af. Ten noorden en ten zuiden van het eiland blijft de transportcapaciteit gelijk. Er vindt daarom wel aanvoer van zand naar, maar nauwelijks afvoer uit dit gebied plaats. Het aangevoerde zand zal daarom in het luwtegebied achter het eiland langs de kust sedimenteren. Tegelijkertijd ontstaat op plaatsen waar dit zand is weggevoerd, erosie aan de kust. De omvang van deze effecten op de kust neemt toe bij kleinere afstand van het eiland uit de kust: een 5% reductie in jaargemiddelde golfhoogte en een 20% reductie in de transportcapaciteit van zand bij een eiland op 16 km, nemen toe tot reducties van respectievelijk 10% en 40% bij een afstand van 10 km. De verwachting is dat de kust hierdoor tot maximaal 1 km kan uitbouwen in de luwte van het eiland. De optredende negatieve effecten op de kustlijn ten noorden en ten zuiden van het luwtegebied zijn compenseerbaar. Om in deze erosiegebieden de kustlijn te kunnen handhaven zal naar schatting jaarlijks maximaal ca. 10% meer zand (van de huidige suppletiehoeveelheid langs de Hollandse kust) moeten worden gesuppleerd. Dit betekent globaal een extra financiële inspanning van maximaal 2 miljoen gulden. Hoe dicht het eiland bij de kust ligt hoe groter de hoeveelheid is die gesuppleerd zal moeten worden. Ook bij meer noordelijk gelegen eiland-varianten zoals bij Egmond zal de suppletiehoeveelheid toenemen. Deze effecten zullen enkele tientallen jaren tot een eeuw doorwerken.

Als een eiland zonder dam dicht bij de kust wordt gelegd zijn er grotere morfologische veranderingen mogelijk. Wanneer een eiland dicht bij de kust wordt gelegd bestaat er een kans dat er op de lange termijn een natuurlijke (zand)verbinding tussen de kust en het eiland zal ontstaan. Op welke kritische afstand uit de kust dit zal plaatsvinden is niet duidelijk. De effecten van het eiland zullen dan vergelijkbaar zijn met die van een uitbouw uit de kust (zie hieronder).

De hydraulische belasting onder extreme stormcondities op de bestaande waterkeringen (golfhoogtes en waterstanden) verandert door het aanleggen van een eiland in zee niet tot nauwelijks. De veiligheid van het achterland tegen overstromen zal daarmee gewaarborgd blijven.

---

*Effecten van een uitbouw van de kust (eiland verbonden door een dam)*

Een van de mogelijke verbindingsvormen van het eiland is een dam met of zonder getijde centrale. Hierbij zal een uitbouw dwars op de kust worden aangelegd. Bij deze varianten zullen de morfologische veranderingen voor de Hollandse kust grootschaliger zijn. Aan weerszijden van de dam zal tegen de kust aan sterkere aanzanding optreden dan bij de varianten met een tunnel. De uitbouw van de kust is groter en langs de dam kan een ondiep water gebied ontstaan. De doorwerking van deze effecten vindt gedurende een tot twee eeuwen plaats. De aanzanding zal gepaard gaan met sterke erosie aan de noord- en zuidkant van dit gebied. Om de kustlijn te handhaven zal daarom jaarlijks meer zand (tot maximaal orde grootte 55 % van de huidige suppletiehoeveelheid langs de Hollandse kust) dan nu het geval is kunstmatig moeten worden verplaatst. De kosten voor het jaarlijkse kustonderhoud zullen met maximaal 11 miljoen gulden toenemen. Varianten van een eiland met een dam die ten Noorden van de IJgeul zijn gelegen kunnen effect hebben op de Waddenzee. De gevolgen voor de waterbeweging in het Marsdiep bij deze varianten zijn dermate groot dat de stabiliteit van het Waddensysteem kan worden aangetast. Nader onderzoek naar deze effecten is echter noodzakelijk.

Doordat de golfhoogte afneemt zal de hydraulische belasting van de bestaande waterkering gemiddeld licht afnemen. Bij stormcondities echter kan tegen de dam een sterke toename van de opstuwing plaatsvinden. Bij een maatgevende storm uit het NW kan deze extra opstuwing naar schatting toenemen tot maximaal 20 cm direct ten noorden van de dam. Lokaal moet daarom rekening gehouden worden met een verhoging van het ontwerppeil met vergelijkbare waarden. Afhankelijk van de locatie, bestaat dan de kans dat extra maatregelen genomen moeten worden om de veiligheid van het achterland tegen overstromen te waarborgen.

## **12.2 Lichtklimaat, primaire productie en draagkracht Noord- en Waddenzee**

De voorspelling van de ecologische consequenties van een eiland in zee zijn met grote onzekerheden omgeven. Onderstaande conclusies geven daarom meer potentiële ontwikkelingsmogelijkheden aan dan feitelijke effecten.

Lokaal, rondom het eiland zal de diversiteit in bodemleven toenemen. Langs de harde oevers rond het eiland ontstaan levensgemeenschappen die typerend zijn voor zeedijken. In de erosie- en sedimentatie gebieden rond het eiland ontstaan verschillende milieus die ieder andere bodemfaunagemeenschappen zullen herbergen. Deze gemeenschappen bevinden zich nu niet in het zoekgebied voor een eiland maar komen wel voor in andere gebieden langs de kust, zoals de Delta en de Waddenzee.

Op grotere ruimtelijke schaal zijn de effecten moeilijker te voorspellen. Door de toename van menging zal de zoet-zout gradiënt dwars op de kust kleiner worden. Het hierdoor aangedreven kustwaartse transport van slib en organische stof zal daarom afnemen. De zogenaamde kustrivier, waarbij slib en voedingsstoffen vanuit de rivieren in een smalle zone langs de kust noordwaarts worden getransporteerd, wordt hierdoor minder scherp begrensd. Doordat het slib zich over een groter gebied kan verspreiden verandert het lichtklimaat in een zone die breder is dan de huidige kustrivier. De zone met veel licht en veel voedingsstoffen zal toenemen. De zone met weinig licht en veel voedingsstoffen zal afnemen. Waarschijnlijk leidt dit voor de algen tot een vroeger beginnende voorjaarsbloei. Het zomer minimum en de najaarsbloei verschuiven niet in de tijd. De algenbloei in de zomer is waarschijnlijk minder dan in de huidige situatie. Hoeveel is echter niet zeker. Ook de consequenties voor dieren die weer afhankelijk zijn van het algenbestand zijn niet met zekerheid te schatten. Aan de ene kant verbeteren de omstandigheden voor plaagalgen. Aan de andere kant zou een deel van de extra algenproductie ten goede kunnen komen aan het zoöplankton. Door de verminderde aanvoer van organische stof naar de kustzone is het mogelijk dat de omstandigheden voor bodemfauna in het kustgebied kunnen verslechteren. Aangevoerd is dat voor alle mogelijke varianten een risico is op uitstralingseffecten naar de Waddenzee. De tot nu toe uitgevoerde model-berekeningen aan eilanden met tunnelverbinding wijzen op reducties tussen 0 en 20 % in de slibconcentratie in het

---

Marsdiep. In deze voorspellingen zit nog een grote onzekerheid. Een verandering in de slibhuishouding zal doorwerken op de bodemdieren en andere daarvan afhankelijke consumenten. De mate waarin is vooralsnog onduidelijk (zie hieronder).

Een dam vermindert het transport van slib en organische stoffen naar de Waddenzee aanzienlijk. Hoeveel precies is moeilijk te voorspellen maar dat het veel zal zijn is wel zeker. Zowel een dam als een dam met getijcentrale leiden tot grotere reducties in organische stof- en slibtransport dan de varianten zonder dam. De modelresultaten laten afnamen van de slibconcentratie in het Marsdiep tot 60% zien. De verschillen tussen een dam en een dam met getijcentrale zijn relatief klein.

Een dergelijke afname in slibtransport kan grote consequenties hebben voor het ecologisch functioneren van de kustzone en de Waddenzee. Slib en organische stof spelen een belangrijke rol in een groot aantal ecologische processen in de Waddenzee. Beiden hebben grote invloed op de bodem-levensgemeenschap. Slib is waarschijnlijk bepalend voor de kwaliteit van de directe leefomgeving van de bodemfauna. Organische stof vervult een belangrijke rol als voedselbron. Voor het functioneren van het Waddenzee-systeem neemt de bodem-levensgemeenschap een centrale plaats in. Foeragerende vogels zijn afhankelijk van voldoende bodemdieren aanbod. Ook voor kreeftachtigen en een groot aantal vissoorten is de bodemfauna de belangrijkste voedselbron. Wanneer in de bodemdieren-gemeenschap een verandering optreedt werkt dit dus door in het hele ecosysteem. Daarnaast kan een vermindering in slibtoevoer effecten hebben op de ontwikkeling van kwelders in het Waddengebied.

### **12.3 Visfauna**

Vislarven van veel soorten bereiken over een breed front vanaf de paaiplaatsen de opgroeigebieden in de kustzone. Deze transportfase ligt grotendeels buiten het zoekgebied. Na vestiging in de kustzone worden de vislarven naar het noorden getransporteerd, langs de Hollandse kustzone richting de Waddenzee. Door een eilandvariant wordt de intrek in de Waddenzee en andere kinder-kamergebieden dus niet of nauwelijks beïnvloed. Het effect is ook relatief klein ten opzichte van de natuurlijke variabiliteit veroorzaakt door watertemperatuur en zeestromingen. Waarschijnlijk heeft een eiland met tunnel of brug daarom geen effect op de grootte van de vispopulatie. Een damvariant kan een gedeelte van deze input wel verstoren. Hierdoor is het mogelijk dat de vispopulatie wel wordt beïnvloed. Deze conclusies zijn gebaseerd op de kennis van de levenscyclus van de schol. De effecten op het larventransport van andere soorten en de mogelijke consequenties op de visstand in het algemeen dienen nog nader te worden onderzocht.

### **12.4 Kust- en zeevogels**

De verspreiding van kust- en zeevogels zal onder invloed van een eiland veranderen. Open-zeevogels zullen het eiland over het algemeen mijden. Voor kustvogels biedt een eiland in zee een plek om te rusten en te broeden. Sommige vogelsoorten, met name meeuwen, zouden voedsel kunnen vinden op het eiland. Een eiland in zee betekent ook dat kustvogels hun foerageergebied op zee kunnen uitbreiden. Er is immers een rustplek verder in zee ontstaan. Daarnaast zal rondom het eiland de voedselsituatie veranderen. Wanneer het kustwater helderder wordt, zullen zichtjagers daarvan profiteren. Onder andere grote vogelsoorten als de Jan van Gent zullen hierop afkomen. Wanneer de habitats veranderen van kwaliteit en ligging zullen vogelsoorten van de kustzone, zoals duikers, eenden, meeuwen en sterns hun verspreidingsgebied aanpassen.

Indien de aanzandingen langs de kust en nabij het eiland tot gevolg hebben dat een ondiep water gebied ontstaat wordt de aantrekkingskracht voor vogels vergroot. Dit kan grote gevolgen hebben voor de vliegveiligheid.

---

## 12.5 Beleving

Uit onderzoek blijkt dat de beleving van een vliegveld in zee van kustbewoners uiteenvalt in twee groepen van ongeveer 50%. De eerste groep is voor de aanleg of staat er neutraal tegenover. Argumenten voor het vliegveld zijn een vermindering van geluidshinder voor omwonenden van het huidige Schiphol, de mogelijkheid tot verdere doorgroei van de luchtvaart en een goede impuls voor werkgelegenheid en economie. Ook de recreatieve mogelijkheden van een vliegveldiland worden genoemd. Van invloed op de beleving van deze groep ondervraagden is de afstand tot de kust. Algemeen geldt dat hoe verder van de kust het eiland wordt aangelegd, des te groter de acceptatie.

De andere groep heeft een negatieve beleving ten aanzien van het vliegveld. Dit staat los van het feit of het vliegveld voor deze mensen zichtbaar zou zijn. De afstand tot de kust speelt dus geen rol bij deze groep ondervraagden. Argumenten tegen het vliegveld zijn de toename van lawaai aan de kust, verstoring van de natuur, verstoring van de kustfauna, aantasting van het zeemilieu, beïnvloeding van de zeestroming, mogelijke transportproblemen, aantasting van de rust aan de kust, horizonvervuiling en de zeer hoge kosten die gemoeid zullen zijn met de aanleg. Ook wordt genoemd het gebrek aan aantoonbare noodzaak voor de aanleg, de aantasting van het karakter van de zee als geheel (de zee is de enige oneindige en onbebouwde grootschalige plek in Nederland) en de grote onzekerheid op lange termijn over de gevolgen van de aanleg (ook met modellen niet voorspelbaar). Wat bij sommige respondenten speelt is het argument, dat een dergelijke ingreep in een natuurlijk gebied als de Noordzee niet zou moeten mogen.

De verbinding met de kust speelt alleen een rol bij de groep mensen die niet per definitie een negatieve beleving van een eiland in zee hebben. Een tunnel krijgt bij deze groep sterk de boven een dam. Doorsnijding van de duinen/kustlijn wordt als belangrijk voorkeur argument genoemd tegen een verbinding in de vorm van een dam of een brug. Ook de invloed op de horizon, het uitzicht en de verwachte geluidsoverlast van het verkeer speelt een rol in de voorkeur voor een tunnel. Enkele bezwaren tegen een tunnel komen voort uit het gevoel van gevaar in een tunnel, de schoonheid van een mooie brug en de hoge kosten die de aanleg van een tunnel met zich mee zullen brengen.

## 12.6 Aanzanding van vaargeulen en havens, recreatie en ecologie van strand en duinen

Het effect van een eiland op de aanzanding van havens en vaargeulen is afhankelijk van de ligging van een eiland langs de kust. Alleen een zuidelijk gelegen eiland kan invloed hebben op de aanzanding van de Euro-Maasgeul. Binnen het zoekgebied is de kans op beïnvloeding van de IJgeul veel groter. Wanneer de IJgeul is gelegen in de golfschaduw van een eiland met dam zal naar verwachting het onderhoud van de IJgeul afnemen omdat het brandingstransport rond de havenhoofden daardoor zal afnemen. Door een eiland met dam ten zuiden van de IJgeul zal de aanslibbing van de havens bij IJmuiden worden beïnvloed. Omdat er tegenstrijdige effecten optreden valt op dit moment niet te zeggen of deze toe of af zal nemen. Wanneer een eiland verbonden met tunnel tussen de 5 en 15 km van de IJgeul wordt gelegd, zal door het vrijkomende zand bij de sterke erosie rond het eiland de aanzanding van de IJgeul toenemen.

De effecten op de recreatie worden voornamelijk bepaald door de effecten op de breedte en de kwaliteit van het strand. Het strand in de luwte van het eiland zal in breedte toenemen. Deze toename is groter bij varianten die verbonden zijn door een dam of wanneer het eiland zeer dicht bij de kust wordt gelegd (toename tot maximaal 1 km). Elders vind wel erosie plaats maar omdat deze erosie door suppleties weer wordt aangevuld zal de strandbreedte niet noemenswaardig veranderen. Bij de damvarianten zal de variatie in brandingsgolven langs de kust toenemen. Deze afwisseling wordt over het algemeen positief gewaardeerd omdat elke recreatievorm zijn eigen plaats heeft. De waardering hangt wel af

---

van de locatie waar de brandingsenergie zal toe- of afnemen. Bij een variant met gesloten dam zal het strand bij het aanlandingspunt van de dam iets slibrijker worden. Het strand kan daardoor minder aantrekkelijk voor recreatie worden.

Met name bij een eiland met dam zal de ecologie van strand en duinen worden beïnvloed. In de luwte van het eiland zal de 'salty spray', van belang voor de typerende zoet/zoutgradiënt in de duinen, afnemen. Dit zal op termijn invloed hebben op de kenmerkende duinvegetatie. Het verbrede strand biedt daarentegen kansen voor het ontstaan van primaire duingebieden.

## **12.7 Conclusies ten behoeve van mogelijke trechtering van varianten**

Vanuit kust en zee gezien zijn de effecten van eilanden met tunnel of brug aanzienlijk geringer dan de effecten van een uitbouw uit de kust door middel van een eiland met damverbinding. Op grote schaal zal het Noordzeesysteem vergelijkbaar en met dezelfde kenmerken blijven functioneren. Om de effecten te minimaliseren wordt aangeraden om de grootte van het eiland te minimaliseren en de afstand tot de kust niet te klein te maken. Dit geeft kleinere en minder langdurige effecten. Bij een uitbouw uit de kust d.m.v. een eiland met damverbinding zijn de effecten beduidend groter.

### **Effecten op de kustverdediging beheersbaar**

De toename van de kosten van kustonderhoud op korte termijn zijn maximaal in de orde van 2 miljoen gulden per jaar voor de varianten die met een tunnel worden verbonden en maximaal 11 miljoen gulden per jaar voor de varianten die verbonden zijn met een dam. Noordelijk gelegen varianten, zoals varianten bij Egmond, hebben een grotere invloed op het kustonderhoud. Op langere termijn zijn extra inspanningen voor het kustonderhoud te verwachten als gevolg van erosie op dieper water. De effecten op de kust zijn technisch gesproken beheersbaar. Bij de aanleg van een eiland binnen 10 km zullen de morfologische effecten groter zijn en de beheerskosten ook navenant toenemen.

Bij de tunnelvarianten zal de veiligheid van het achterland tegen overstromen gewaarborgd blijven. Bij de damvarianten zullen, afhankelijk van de locatie, soms extra maatregelen genomen moeten worden om de veiligheid van het achterland tegen overstromen te waarborgen.

### **Zowel 10 en 16 km uit de kust zijn vanuit ecologie haalbare opties**

Tijdens het onderzoek is niet aangetoond dat een eiland op 10 km leidt tot onoverkomelijke bezwaren en significant negatievere effecten dan een eiland op 16 km uit de kust. Beide varianten hebben een risico op uitstralingseffecten richting de Waddenzee. Gezien de onzekerheid in de modelvoorspelling kunnen over de grootte van deze effecten geen uitspraken worden gedaan. Er zijn met name nog grote onzekerheden in de mogelijke verandering in de slibhuishouding van de Waddenzee en nog niet geanalyseerde neveneffecten van die verandering. Nader onderzoek hiernaar is noodzakelijk.

### **Een grootschalige uitbouw uit de kust vormt een aanzienlijk risico**

De aanleg van een vaste dam tussen eiland en de kust heeft mogelijk grote consequenties voor het ecologisch functioneren van de kustzone en de Waddenzee. Door de dam verandert het transport van met name slib en organische stoffen door het Marsdiep. Slib en organische stof spelen een belangrijke rol in een groot aantal ecologische processen in de Waddenzee. Beiden hebben grote invloed op de bodemlevensgemeenschap. Slib is waarschijnlijk bepalend voor de kwaliteit van de directe leefomgeving van de bodemfauna. Organische stof vervult een belangrijke rol als voedselbron. Voor het functioneren van het Waddenzeesysteem neemt de bodemlevens-gemeenschap een centrale plaats in. Foeragerende vogels zijn afhankelijk van voldoende aanbod van bodemdieren. Ook voor een groot aantal vissoorten en schaaldieren is de bodemfauna de belangrijkste voedselbron. Wanneer in de bodemdierengemeenschap een verandering optreedt werkt dit door in het



---

hele ecosysteem. Daarnaast kan een vermindering in slib effecten hebben op de ontwikkeling van kwelders in het waddengebied.

Het huidige beleid staat significante effecten op de Waddenzee niet toe en een dam wordt daarom vanuit ecologie als niet wenselijk gezien.

Varianten van een eiland met een dam die ten Noorden van de IJgeul zijn gelegen kunnen effect hebben op de Waddenzee. De gevolgen voor de waterbeweging in het Marsdiep bij deze varianten zijn dermate groot dat de stabiliteit van het Waddensysteem kan worden aangetast. Nader onderzoek naar deze effecten is echter noodzakelijk

#### **Positie langs de kust belangrijk voor strandrecreatie**

Het strand in de luwte van het eiland zal sterk in breedte toenemen. Deze toename is groter bij varianten die verbonden zijn door een dam of wanneer het eiland dicht bij de kust wordt gelegd. De maximale toename in breedte wordt geschat op 1 km. De positie langs de kust is bepalend voor de locatie waar deze verbreding op zal treden. Een grote verbreding van het strand zal de bereikbaarheid van de zee en daarmee de aantrekkelijkheid van het strand voor badgasten verkleinen. Een grote strandverbreding ter hoogte van een badplaats zal daarom vanuit strandrecreatie gezien niet wenselijk zijn.

#### **Open communicatie belangrijk**

Uit belevingsonderzoek blijkt dat ongeveer de helft van de kustbewoners in alle gevallen en met zeer diverse argumenten tegen de aanleg van een vliegveld in zee is. Dit staat los van de afstand van het vliegveld tot de kust. De andere helft van de mensen is niet per definitie tegen een vliegveld in zee maar prefereert dat dit vliegveld vanaf het strand niet zichtbaar zal zijn. Deze resultaten onderstrepen het belang van een open communicatie over een mogelijk vliegveld in zee.

#### **Kansen voor mitigatie en compensatie**

Kansen voor natuurontwikkeling liggen met name onder water, waarbij de vanuit vliegveiligheid ongewenste aantrekkingskracht op vogels in ogenschouw moet worden genomen. Voor de huidige kust, in de schaduwzone van een eiland, is er mogelijk ruimte voor het laten ontstaan van een nieuw primair duinengebied. Overigens wordt dit laatste niet door iedereen als positief ervaren.

Er zijn mogelijkheden om de ontgrondingskuilen die langs het eiland zullen ontstaan op voorhand aan te leggen. Het vrijkomende zand kan dan worden benut in de aanlegfase. Daarnaast kan dit zand mogelijk ook worden gebruikt om het systeem sneller in 'evenwicht' te laten raken zodat de beheerskosten zullen afnemen.



---

## 13 Literatuur

---

- Beets et al., 1995, Holocene ontwikkeling van de Nederlandse Kust, RGD Rapport 40.016
- Bijnsdorp Communicatie bv, 1999, Report and results of the international workshop "Estimation of bird numbers on a new island in the Northsea".
- Boon, J. (1999), Grootschalige effecten van een vliegveld in zee op de nutriënt en chlorofylgehalten in de kustzone, WL/Delft Hydraulics, Rapport Z2766
- Bouwdienst Rijkswaterstaat, 1998a, Voorstudie belevingswaarden ten behoeve van TNLI, Bussum
- Bouwdienst RWS, 1998b, Visie op kustontwikkeling; belevingswaarden-onderzoek.
- Groen, M. 1999, effecten op waterstanden en stroomsnelheden (in bewerking)
- Jacobse, J.J., 1999, Golfberekeningen eiland in zee, t.b.v. studie naar de effecten van een eiland in de Noordzee op de morfologie, Werkdocument RIKZ/OS-99-134x
- De Kok, J.M., 1997. Baroclinic eddy formation in a Rhine plume model. J. Mar. Syst. 12 : 35-52.
- Van der Land, M.A. (1991). Distribution of flatfish eggs in the 1989 egg surveys in the southeastern North Sea, and mortality of plaice and sole eggs. Neth. J. Sea Res. 27: 277-286.
- Marine Safety Rotterdam, 1998, Effect luchthaven op nautische toegankelijkheid van de haven van Rotterdam.
- Van Moorsel G.W.N.M, Steyn R.C. Van der Winden, J., Dirksen, S. (1999) Designing island shores and ecotopes in relation to marine and bird communities. Options for an airport in sea. Rapport Bureau Waardenburg 99.52.
- Mulder, S., 1999, Morfologische effecten van een kunstmatig eiland voor de kust van Egmond, Werkdocument RIKZ/AB 99.141x
- Rooijers, A.J., 1999, Meningen over een vliegveld in zee in relatie tot beleving van de Nederlandse Noordzeekust, Centrum voor Omgevings en Verkeerspsychologie, Rijksuniversiteit Groningen, concept november 1999
- Rozemeijer, M.J.C., 1999, Van ei en kinderkamerbewoner, werkdocument RIKZ/AB-99.135x
- Rozemeijer, M.J.C & J. de Vlas, 1999, Een verkenningsschuit in zee, Ecologische effecten van een vliegveld in zee, RIKZ/AB 99.136x
- Rijn, L.C. van, 1995. Sand budget and coastline changes of the Central Dutch Coast. Rapport H2129, WL/ Delft Hydraulics.

- 
- Smit, M.J., H. Baptist & A. Smaal, 1997, Landen op zee, kwalitatieve beschrijving van de morfologische en ecologische effecten van een vliegveld in de Noordzee, Rapport RIKZ 97-047, Rijksinstituut voor kust en zee.
- Smit, M.J., I. Borup, J.M. Lourens en P. van Vessem, 1998. Landen op zee 2; Veranderingen in het water- en kuststelsel door het aanleggen van een vliegveld in zee in de zoekruimte Maasvlakte en Noordzee. Rapport RIKZ-98.025, Rijksinstituut voor Kust en Zee.
- Steezel, H.J., 1999, Pontos berekeningen t.b.v. een vliegveld in zee, analyseresultaten voor een tunnel- en damverbinding, Alkyon/WL Delft Hydraulics, rapport A501/H3609.
- Talbot, J.W. (1978). Changes in plaice larval dispersal in the last fifteen years. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer. 172: 114-123.
- Thoolen, P.M.C., 1999a, Suspended sediment transport in the Dutch Coastal Zone, WL/Delft Hydraulics, Rapport Z 2696
- Thoolen, P.M.C., 1999b, Suspended sediment transport in the Dutch Coastal Zone, phase2, WL/Delft Hydraulics, Rapport Z 2784
- TNLI, 1998, Strategische beleidskeuze toekomst luchtvaart; waar ligt de toekomst van de luchtvaart in Nederland? Project toekomst Nederlandse Luchtvaart Infrastructuur.
- Vessem, P. van (et al.), 1999, Een verkenningswandeling langs zee, de morfologische effecten van een vliegveld in zee, Werkdocument RIKZ/AB-99.140x
- Witte, R.H. & C.M. Berrevoets, 1999, Monitoring van zeevogels en zeehonden op het NCP 1997/98, Een exploratieve data analyse, Werkdocument RIKZ/IT-99-852x.

---

## Bijlage 1: geraadpleegde experts

---

### **Ecologie**

Dr. P. Herman		NIOO-CEMO
Dr K. Essink		RIKZ
Dr. J. de Vlas		RIKZ
Dr. ir. H. van der Veer		NIOZ
Drs R. Dekker		NIOZ
Dr. B. Brinkman		IBN
Dr. ir. H. van Pagee		WL
Prof. Dr. P. de Wilde		NIOZ
Drs. J. Lourens		RIKZ
Drs. M. Lavaley		NIOZ
Dr. H. Lindeboom	NIOZ	
Dr. A. Rijnsdorp		RIVO
Dr. J. Craeymeersch		NIOO-CEMO
Drs. H. Los		WL   Delft Hydraulics
Drs. M. Scholten		TNO-MEP
Dr. F. Heinis		
Dr. M Leopold		IBN-DLO
Drs. M. van de Tol	RIKZ	

### **Morfologie**

Ir. R.C. Steijn		bureau Alkyon
Ir. A.J. Blik		bureau Svasek
Ir. W.Th. Bakker		WL   Delft Hydraulics
Prof. Dr. M.J.F. Stive		WL   Delft Hydraulics
Dr. J. van de Graaff		TUD
Prof. Dr. L.C. van Rijn		UU
Drs. A. Stolk		RWS-DNZ
Dr. J.P.M. Mulder		RIKZ

### **Slib**

Dr. W. van Raaphorst		NIOZ
Dr. H. de Swart		IMAU
Dr. J.C. Winterwerp		TUD/WL
Prof. Dr. G.S. Stelling		TUD/WL
Drs. P. Thoolen		WL   Delft Hydraulics
Drs. J. Baretta		RIKZ
Drs. R. Salden		RIKZ
Ir. H. Mulder		RIKZ
Dr. J.M. de Kok		RIKZ

Schriftelijk en telefonisch commentaar ontvangen van :

Dr. R Ridderinkhof	NIOZ	
Drs. F.C. Groenendijk		SWN

---

## Vogels

Prof. Dr. P. Becker (D)		Vogelwarthe Helgoland
Dr. B. Bourne	(UK)	Milltimber
Drs. L. Buurma	(NL)	KLU
K. Camphuysen	(NL)	CSR
Dr. I. Clausager	(DM)	Neri National Env. Research Inst.
Drs. S. Dirksen	(NL)	Bureau Waardenburg
Drs. W. Hagemeijer	(NL)	SOVON
Drs. T. van der Have	(NL)	Vogelbescherming Nederland
Dr. M. Huebeck	(UK)	Aberdeen University
Prof. Dr. B. Furness	(UK)	University of Glasgow
Drs. R. Lensink	(NL)	Bureau Waardenburg
Ir. P. Leijnse	(NL)	AAS
Dr. M. Leopold	(NL)	IBN
Drs. M. Maan	(NL)	KLU
Drs. H. Offringa	(NL)	RWS- DNZ
Drs. M. Platteeuw (NL)		RIZA
Drs. H. Schekkerman	(NL)	IBN
Drs. J. Seys	(B)	Institute of Nature Conservation
Dr. M. Tasker	(UK)	JNCC

---

## Colofon

© december 1999

Dit rapport maakt onderdeel uit van de onderzoeken die in het kader de nota 'Toekomst van de nationale luchthaven' zijn verricht. De nota is een uitgave van het ministerie van Verkeer en Waterstaat in samenwerking met de ministeries van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en van Economische Zaken.

Drukwerk omslag: Kwak, Van Daalen & Ronday

Drukwerk binnenwerk: Reprografische Dienst, ministerie van Verkeer en Waterstaat

Bestelnummer: RLD 154

Bestellen: Ministerie van Verkeer en Waterstaat  
telefoon: 070 - 351 7086  
telefax: 070 - 351 6111