

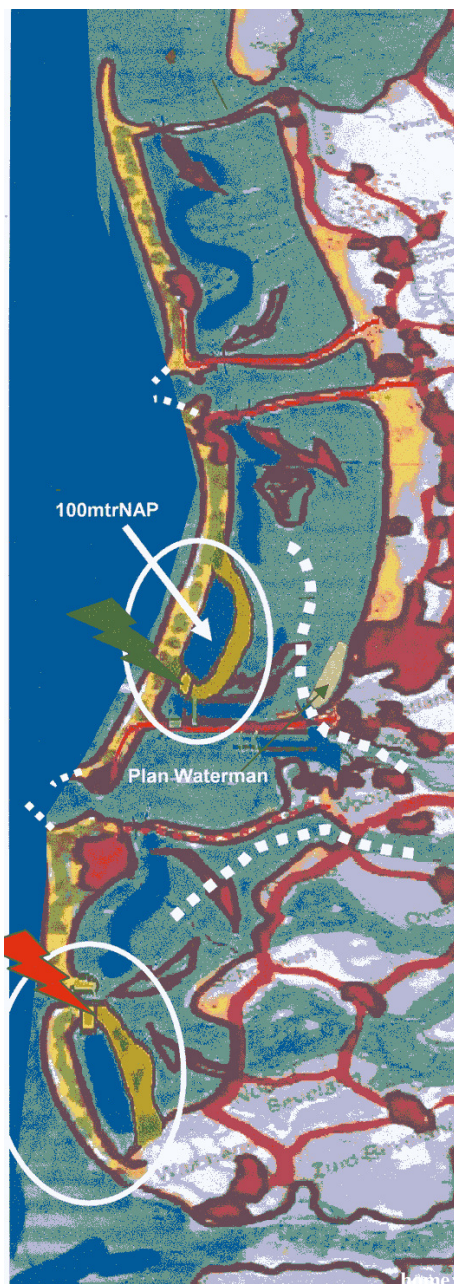
# DE HAAKSE ZEEDIJK

Multifunctionele oplossing voor rampen en andere problemen

Rob van den Haak Ing. en Dr. Ir. Pieter G. Stokman

[4volledigerapport\(+personalia\)](#)

[info@haaksezeedijk.nl](mailto:info@haaksezeedijk.nl)



+

*Het grootste voordeel van 'De Haakse Zeedijk' is het creëren van een boezemwater voor de huidige kust. Het boezempeil in de bekkens kan gelijke tred houden met de daling van Nederland. De rivieren, die in de boezems uitstromen en het grondwater dat tot voorbij Utrecht traag met de zeespiegel meebeweegt, komen hierdoor eveneens onder controle.*

## Inleiding

Afgezien van onvoorspelbare militaire ontwikkelingen en/of politieke rampen die ons in de toekomst kunnen treffen, krijgen we te maken met voorspelbare bedreigingen die te maken hebben met de zeespiegelrijzing en de vervuiling van lucht, water en bodem. Van deze bedreigingen is de zeespiegelrijzing het meest te vrezen omdat die de kans vergroot op een stormvloedramp van ongekeerde omvang. Daarbij zou de watersnoodramp van 1953 een bagatel kunnen zijn geweest. In de toekomst gaat het om de gehele Randstad die volkomen van de kaart geveegd zou worden bij een dergelijke stormvloedramp.

Dat er maatregelen moeten worden getroffen om een dergelijke ramp te voorkomen, daarover is iedereen het eens. Er wordt veel over nagedacht maar tot concrete (beleids-) voorstellen is het tot nu toe niet gekomen. Het gaat hierbij dus vooral om onze kust, duinen, dijken en het directe achterland. De Deltawerken zullen de te verwachten stormvloed bij een hogere zeespiegelstand niet meer aankunnen. Het gaat echter niet om gedeelten van onze

Noordzeekust: de gehele lengte over zo'n 180 kilometer zal als één geheel tot een vrijwel onneembare 'vesting' moeten worden omgebouwd.

Het onderwerp staat op de politieke agenda 5 van de nationale en lokale overheden. Kennis om het hier geschetste probleem aan te pakken en op te lossen is in ons land in voldoende mate aanwezig. Maar zoals altijd zijn het niet de kennisdragers die een doelgericht beleid bepalen, maar zijn het de beleidsmakers in het politieke circuit die verantwoordelijk zijn voor - onder andere - de veiligheid van ons land.

De oplossingen die voor deze problematiek worden aangedragen zijn tot dusver veelal deeloplossingen, geënt op lokale problemen en belangen. De optelsom van deze deeloplossingen vormt een lappendeken die geen garanties biedt voor een duurzame en geïntegreerde oplossing van het totale probleem. Het gaat immers om een complex van vraagstukken dat onze hele Nederlandse samenleving aangaat en misschien zelfs Noordwest Europa. Daarmee wordt eens te meer de absolute noodzaak onderstreept om tot integrale en duurzame oplossingen te komen. Onmiddellijk komen nu vragen op als:

- aan welke eisen moeten integrale en duurzame oplossingen voldoen?
- is een integrale oplossing realiseerbaar?
- wat zijn de maatschappelijke implicaties?
- zijn zulke oplossingen financieel haalbaar?

De antwoorden op deze vragen zullen we hieronder toelichten, waarbij we ons binnen het kader van dit artikel zullen moeten beperken tot de hoofdpunten.

## 'De Haakse Zeedijk'

Met de aanleg van 'De Haakse Zeedijk', genoemd naar de ontwerper Rob van den Haak, wordt een nieuwe kustlijn gedefinieerd die vijftientig kilometer westelijk ligt van de huidige kust. Deze kustlijn zal zonder de uitstulpingen van de oude kust (bij Hoek van Holland, Scheveningen, IJmuiden) geschikt zijn voor de natuurlijke zandaanlanding en dus ook voor natuurlijke duinontwikkeling langs en op de nieuw aan te leggen zeedijk. Door de aanleg van de bekkens kan de aanleg van projecten als het tweede Schiphol en de tweede Maasvlakte worden gerealiseerd voor een fractie van de aanlegkosten in open zee.

De huidige kustverdediging middels zandsuppleties op de bedreigde plaatsen, kan na aanleg van de zeedijk worden gestaakt. De overige plannen om de huidige kust te versterken (Monster, Katwijk, Egmond, Hondsbosse Zeewering, enz.) behoeven niet te worden uitgevoerd. De landinwaartse migratie van de kustlijn wordt definitief gestopt. De aan te leggen dijken met een gezamenlijke lengte van ongeveer **300** km ( $180+5 \times 24$ ) bieden een uitgelezen locatie voor de aanleg van een zeer groot windmolenpark.

## Eisen

### Het programma van eisen

Een oplossingsrichting moet tenminste voldoen aan de volgende punten:

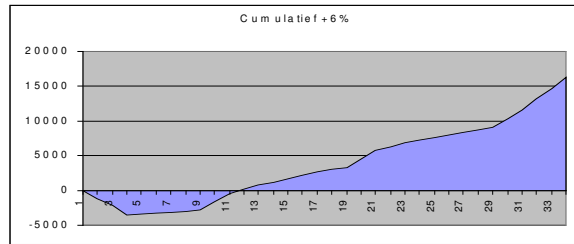
- afdoende beveiliging bieden tegen overstromingen
- beperking van het grondwater en de zoutkwel
- de aangedragen oplossingen moeten duurzaam zijn (denken in eeuwen)
- integrale oplossing van de belangrijkste punten in het complex van probleemgebieden
- de ruimtelijke ordeningsvraagstukken als gevolg van de bevolkingsgroei definitief oplossen
- maximale toepassing van 'groene energie' bevorderen
- bijdragen aan verbetering van het milieu in de ruimste zin
- waarborging van het behoud van cultuurhistorische gronden, monumenten en waarden in het oude land
- het behoud van de bestaande infrastructuur, zoals havens en bebouwing
- juiste aandacht aan de transportbelangen, zowel goederen- als personenvervoer.
- wegens de omvang van het project is gefaseerde uitvoering een vereiste

Dit programma van eisen is niet compleet, maar het bevat in ieder geval de kernpunten waaraan een duurzame en integrale oplossing moet voldoen.



## Financiën en kosten

### De kosten/baten analyse: 'De Haakse Zeedijk' maakt winst



Cumulatief saldo voor het project 'De Haakse Zeedijk' in € x 10<sup>6</sup>.

In het rapport 'De Haakse Zeedijk' is uitvoerig aandacht besteed aan kosten en baten van dit project. Hier volstaan wij ermee de belangrijkste uitkomsten te vermelden. De uitvoering van het totale project (drie bekkens met per bekken één woonkern, dus totaal drie woonkernen) vergt een periode van circa 33 jaar. De totale aanlegkosten bedragen circa € 34 miljard. De totale baten uit de opbrengsten van de grondverkoop op de drie woonkernen bedragen circa € 45 miljard, zodat uiteindelijk een positief saldo overblijft van € 11 miljard (exclusief de financieringslasten en de besparingen als gevolg van het staken van de huidige zandsuppleties). In elk bekken is naast de eerst aangelegde woonkern ruimte voor nog twee woonkernen, totaal zes extra woonkernen. Elk extra woonkern levert een positief saldo op van circa € 14 miljard. De aanleg van het totale project, inclusief spuisluizen en de aanleg van zes extra woonkernen levert op den duur een positief saldo op van € 95 miljard. Deze uitkomsten zijn zo uitermate gunstig (een project van deze omvang dat geld oplevert in plaats van dat het geld kost is uniek), dat de financiële haalbaarheid daarmee is aangetoond.

Zelfs als de uitgangspunten die aan de financiële analyse ten grondslag liggen aanzienlijk ongunstiger worden gekozen blijft de financiële haalbaarheid overeind, zij het met lagere positieve uitkomsten. In het rapport is voor de bouw van het project, drie bekkens en per bekken één woonkern, een periode aangehouden van 33 jaar. De aanleg van de aanvullende zes woonkernen zal daarna volgen op tijdstippen die gelijke tred houden met de werkelijke groei van het inwoneraantal. Met andere woorden: de aanleg van deze woonkernen volgt de vraag naar woon-, werk- en leefruimte.

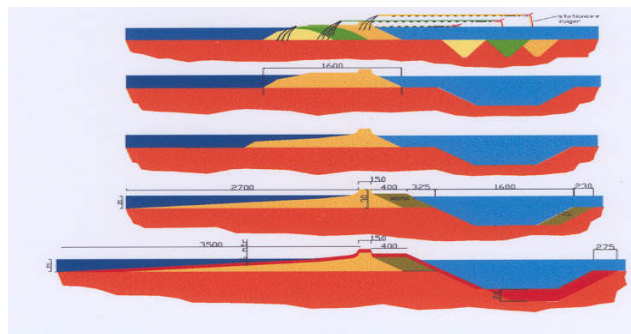
Gedurende de eerste 33 jaar worden de drie bekkens na elkaar aangelegd, eerst het meest zuidelijke bekken, daarna het middelste en tenslotte het noordelijke bekken. Daardoor kan optimaal gebruik worden gemaakt van de apparatuur die voor de aanleg nodig is. Als om redenen van bestuurlijke hanteerbaarheid van dit enorme project een gedetailleerder fasering noodzakelijk blijkt te zijn is een verdere opsplitsing van de bekkens mogelijk. Daardoor zal de realisatie van het hele project aanzienlijk langer duren dan de hier bovengenoemde 33 jaar en de totale kosten zullen aanmerkelijk hoger uitkomen. (zie ook nadere uitwerking op blz 10)

## Praktische uitvoering

### Aanleg in drie etappes

'De Haakse Zeedijk' ligt circa 25km uit de Noodzeekust tussen Walcheren en Den Helder. De zee is hier rond 20 m diep. De dijk beschermt drie afgesloten waterbekkens. De dijk, ongeveer 180 km lang, van Walcheren tot Den Helder en de vijf 24 km lange dwarsdijken worden opgespoten door 15 zuigers die in drie groepen van vijf naar elkaar toe werken. Tot op een diepte van 50 meter wordt het zand opgezogen en naar het dijklichaam gevoerd. In 30 jaar zijn de dijken dan klaar. Bij een dunnere beschikbare zandlaag wordt de zuigsleuf natuurlijk breder.





De diepzuigers liggen achter grote drijvende golfdempers, respectievelijk achter de juist opgespoten dijk om het op zee werken mogelijk te maken. De aanleg gebeurt in drie etappes, te beginnen in het zuiden, wegens de heersende zeestroming. De diepzuigers spuiten een 26 m hoog zandlichaam op

van 2000 m breed tegelijk met één of meer woonkernen en de voorbereiding voor de spuisluizen.

Per bekken is ongeveer tien jaar bouwtijd nodig. De vijftien standaard continu werkende diepzuigers houden de kubieke meterprijs voor het gebruikte zand laag op 0,64 cent per kuub. Het totale project inclusief infrastructuur en zes spuisluizen kost € 34 miljard. Nadat de dijk gesloten is kan deze aan de achterzijde nog tot 2700 meter verbreed worden. Dat zand was oorspronkelijk gepland voor het wooneiland. Dat wordt nu onder de juiste helling i.v.m. de zuigput opgenomen in de dijk zelf

## Het waterpeil in de bekkens

Storm, springvloed, een hoge of lage rivierafvoer, grondwater en zoutkwelwater, alles heeft invloed op de houdbaarheid van ons land. Nadat de invloed storm en grondwater is besproken, wordt de oplossing, namelijk het handhaven van het boezempeil in de bekkens d.m.v. turbine/pomp/generatorsets, beschreven.

### Een noordwesterstorm in combinatie met hoge rivierafvoer en springvloed

Normaal stromen de rivieren de zuid- en midbekken in met een capaciteit van 2000 m<sup>3</sup> water per seconde. Twee van de drie Haakse bekkens, met een oppervlakte van 2600 km<sup>2</sup>, bergen tijdens superstorm het rivierwater van Maas en Rijn, 2000 tot 16000 m<sup>3</sup>/s. Europoort houdt een open verbinding met de zee, maar de afvoer van het rivierwater geschiedt nu naar de bekkens, waarbij een schutsluis de Nieuwe Waterweg naar zee afsluit. (zie voorblad). In zo'n noodgeval met superstorm stijgt het peil in de twee opvangbekkens in die anderhalve dag dat de storm aanhoudt tot 2,5 m boven NAP. Dit is voor de huidige dijken en de Rotterdamse haven tolerabel is. Zodra de storm luwt, spuien de sluizen zoveel mogelijk water op natuurlijke wijze af.

Door het boezempeil van de bekkens met de daling van de Nederlandse zeebodem mee te laten zakken zal zowel het grondwater als het zoute kwelwater Nederland geen moeilijkheden meer opleveren.

## Pompen of verzuipen (NRC van 24-5-03, Henk Leenaers)

quote

Zo snel als onze rivieren reageren op een zomerse wolkbreuk in België, zo traag beweegt het onzichtbare grondwater mee met de zeespiegel. Als twee communicerende vaten staan de Noordzee en het grondwater onder West-Nederland met elkaar in verbinding. De met zout water gevulde zandlaag onder het Groene Hart, die vanaf de Hollandse duinenrij reikt tot Utrecht, dempt de waterbeweging van eb en vloed maar volgt de door het broeikas effect veroorzaakte zeespiegelstijging. Het zoute grondwater in de zandlaag duwt daardoor steeds harder tegen de onderkant van klei- en veenlagen in de polder, waarin zich zoet grondwater bevindt. Toename van deze 'kweldruk' is meetbaar met een peilbuis in het zand: jaarlijks stijgt het grondwater in zo'n buis een centimeter. "Daar is uiteindelijk niet tegenaan te pompen", zegt Marc Bierkens, hoogleraar geografische hydrologie aan de Universiteit van Utrecht. Bierkens heeft uitgerekend dat Nederland steeds verder kopje onder gaat. Nu ligt een kwart van het landoppervlak onder de zeespiegel, de komende honderd jaar komt daar een gebied ter grootte van Noord-Brabant bij. Niet alleen door de zeespiegelstijging overigens; in klei- en veengebieden daalt de bodem, zodat het stijgende water zich makkelijk kan verspreiden. Per meter veen daalt de bodem tot 16 millimeter per jaar door inklinking en oxidatie, het 'verbranden' van veen dat door grondwaterverlaging in contact komt met lucht. Ligt er een meter veen in een polder in West Nederland, dan verwacht Bierkens daar de komende eeuw twee meter stijging van de grondwaterstand: "Eén meter door de zeespiegelstijging en één meter door bodemdaling." De dikte van het veen varieert enorm, van enkele decimeters tot

wel drie meter in de Alblasserwaard. Is de veenlaag dun dan bestaat het risico dat deze de kweldruk niet meer op kan vangen. "Barst de veenlaag open, dan is het einde verhaal", zegt Bierkens, "dan kun je de zaak net zo goed onder laten lopen en er een plas van maken"

## Turbine/pomp-generatorsets

Stijgt het zeeniveau dermate dat natuurlijk spuien niet meer mogelijk is, dan kan de noodzaak van het beschikbaar hebben van enorme spuigemalen (voor het handhaven van de bekkens op het boezempeil) en de bouw van waterkracht energiecentrales worden gecombineerd. Het rendement van de energieopwekking kan hierdoor in Nederland sterk verbeteren. Het huidige geïnstalleerd vermogen in Nederland is veel groter dan 's nachts of buiten de piek uren nodig is. Daardoor daalt de energie-efficiëntie aanzienlijk.

Deze situatie is als volgt te verbeteren:

In de bekkens komen waterbassins met een diepte van meer dan 100 m. Overdag stroomt het water die bassins in, via omkeerbare pompgeneratorsets. Deze omkeerbare turbinegenerator/pomp-generatorsets leveren overdag (voor de piekproductie) stroom uit waterkracht voor het elektriciteitsnet. 's Nachts wordt de draairichting omgekeerd en wordt het ingestroomde water met dezelfde sets uit de bassins de zee ingepompt. Dat gebeurt op het voordelige nachtstroomtarief, o.a. met de windenergie.

In Canada, bij het Michiganmeer, is een identiek systeem al decennia in bedrijf, dat goed en economisch verantwoord functioneert. Daar hebben de sets elk een vermogen van 312000 kW. De 6 omkeerbare pomp-turbine/motor-generator sets worden aangedreven door water en genereren overdag electriciteit. 's Nachts pompen ze het water weer het 100m hoger gelegen reservoir in. Wanneer het water weer uit het reservoir stroomt drijft de turbine de generator aan en levert stroom. Bij het pompen wordt de draairichting omgekeerd. De generator wordt dan motor en drijft de hydraulische turbine aan als pomp. Bij 323 MW wordt er 314 m<sup>3</sup>/s uitgepompt en bij 350 m<sup>3</sup>/s instroom wordt er 343 MW opgewekt. Deze door Hitachi geleverde Francis-type turbines hebben een waaier diameter van 8375 mm en een toerental van 112,5 omw/min. De opvoerhoogte bedraagt 107,7 m.

### Afhankelijk van de waterdiepte verbruiken/leveren ze:

| Opstelling op waterdiepte in meter | - 100     | -75     | -50     | NAP |
|------------------------------------|-----------|---------|---------|-----|
| Energieverbruik bij 2000 m3/sec    | - 4279 MW | 3210 MW | 2139 MW |     |
| Energieproductie                   | +3920 MW  | 2940 MW | 1960 MW |     |

Dat zijn 2 x 7 sets à 314 m3/sec. met een valpijp van 8,25 m dia In de twee bekkens waar onze rivieren in uitstromen

Het verschil tussen dag- en nachttarief maakt de centrale economisch uitvoerbaar

Door windmolens en andere centrales wordt 's nachts de stroom aangeleverd.

## Conclusies

### Wat levert ons het project 'De Haakse Zeedijk' op

- huidige kustzone wordt veilig gesteld
- er komt zo'n 600 km (2 x 180 + 10 x 24) strandkust bij (de nieuwe stranddijk is 2 km breed)
- per woon-, werk- en recreatieruimte plaats voor zo'n half miljoen mensen en, na voltooiing, voor ruim 5 miljoen mensen
- er komt 3600 vierkante km watersportgebied bij
- enorme toename van 'groene stroom' door windmolens op de nieuwe dijk en via de waterkracht/pompcentrales
- opbloei en nieuwe toekomst van huidige kustplaatsen
- elke 15 dagen is het bekken zeewater ververs
- betere afvloeiing van de rivieren
- handhaving van het boezemwater peil in de bekkens t.o.v. de daling van Nederland
- kweldruk en grondwater blijven beter beheersbaar, verzilting wordt tegengegaan
- de druk van het grondwater, dat tot voorbij Utrecht meetbaar is, loopt niet onrustbarend op en breekt niet door de veen- en kleilagen

- de rivieren kunnen in de bekkens onder alle omstandigheden hun water kwijt, zonder dat polders langs de rivieren moeten onderlopen
- er kan eeuwen lang op een goedkope manier suppleerzand worden opgezogen achter 'De Haakse Zeedijk' en op de vooroever worden opgespoten

## Nederland: *Onderneem actie !!!*

Zolang de impasse duurt blijft de huidige lappendeken van deeloplossingen gelden als dé oplossing. De eindeloze aarzelingen en bedenkingen bij het besluit tot voortgezet onderzoek naar de haalbaarheid van 'De Haakse Zeedijk' brengen de integrale en duurzame oplossing steeds verder weg in de toekomst. Het gevolg zal zijn, zo leert althans de geschiedenis, dat er niets gebeurt totdat ons de grote calamiteit overkomt. In dit geval zal deze bestaan uit een overstroming van de randstad met ontelbare slachtoffers en materiële schade van honderden miljarden euro's.

## Het milieu!

We moeten ervan uitgaan dat de Noordzee inderdaad aan het eind van deze eeuw één meter gestegen zal zijn. Dit betekent dat de **bodem** van de Waddenzee, wil het nog steeds de broedplaats van de Noordzee blijven, ook één meter zal moeten stijgen. Dit komt overeen met een zandhonger van 25 miljoen kubieke meter per jaar. De huidige zandsuppletie is ongeveer 7 miljoen kubieke meter per jaar. De vraag wordt dan: kunnen we de Waddenzee ook afsluiten en op dezelfde manier op peil houden met de omkeerbare generator/pomp sets en windturbines? Met het voordeel: ook hier dus opwekking van groene stroom. Dan stroomt het zoute water de Waddenzee en wordt er 's nachts weer uitgepompt. Het Noordzee peil van het jaar 2000 kan zo gehandhaafd blijven.

Van de 400 tot 500 kilometer nieuwe kust (de beide zijden van 'De Haakse Zeedijk', inclusief de dwarsdijken) kunnen voor de natuur makkelijk grote "stilte delen" afgezonderd worden t.b.v. de fauna, flora etc. Door het 3600 vierkante kilometer toegevoegde wateroppervlak van de nieuwe bekkens kunnen zowel de Waddenzee als onze binnenwateren voor een groot deel van watersporters worden ontlast.

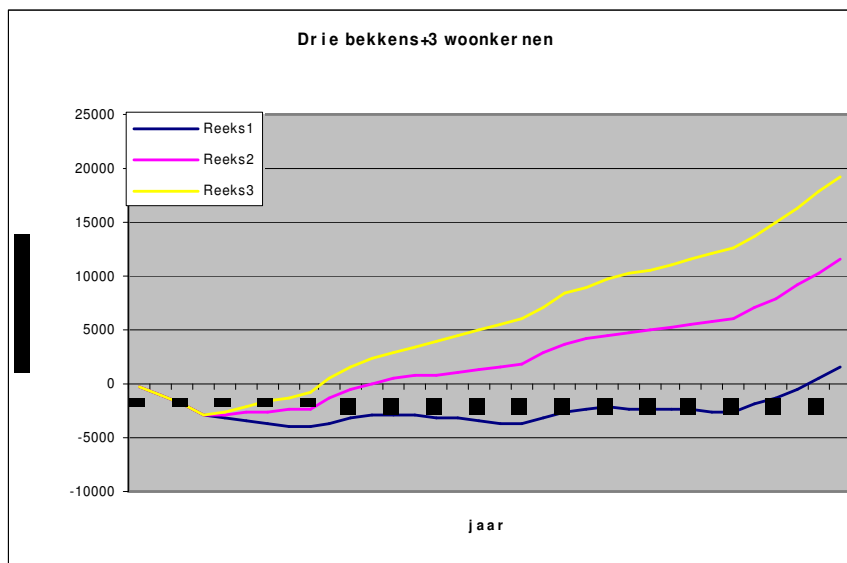
## Kosten/baten analyse van één bekken exclusief financiële lasten met woonkernen

|                                                             |          |                  |               |       |
|-------------------------------------------------------------|----------|------------------|---------------|-------|
| Dijken                                                      | 2,835 m3 | 0,65 €/m3        | 1,843         |       |
| Spuisluizen                                                 |          |                  | 3,636         |       |
| Woonkernen*                                                 | 2,652 m3 | 0,65 €/m3        | 1,724         |       |
| Infrastructuur+rail                                         |          |                  | 0,86          |       |
| 10% Onvoorzien                                              |          |                  | <u>0,806</u>  |       |
| Totaal                                                      |          |                  |               | 8,869 |
| Soc.woningbouw                                              | 12 km2   | 127 €/m2         | 1,52          |       |
| Marktsector                                                 | 28 km2   | 400 €/m2         | 11,2          |       |
| Bedrijven                                                   | 10 km2   | 136 €/m2         | 1,36          |       |
| Gemiddelde opbrengst                                        |          | <b>282 €/km2</b> | 14,08         |       |
| Incl.onvoorzien                                             |          | -10%             | 12,68         |       |
| Opbrengst grondverkoop                                      |          |                  | <u>12,676</u> |       |
| Saldo (Met een gemiddelde marktsectoropbrengst van 400€/m2) |          |                  | <b>3,807</b>  |       |

\* De woonkernen zijn in de dijken verwerkt waardoor 3 km brede dijken worden verkregen

Een deel van de winst gaat naar het rijk en provincies, een deel naar de beleggers  
De winst van de aannemers was er reeds in inbegrepen

## Batig saldo van 3 bekkens en 3 woonkernen In miljoen euro



Cumulatief saldo, waarbij alleen grondverkoopkosten van de marktsector zijn gevarieerd

| Den Helder Schevenigen (Gemidd) |     |       | Cumulatief Saldo |             |
|---------------------------------|-----|-------|------------------|-------------|
|                                 |     |       | 1 bekk.          | 3 bekk.     |
| 250                             | 350 | (232) | 1,287            | 1,461 milj  |
| 350                             | 450 | (282) | 3.807            | 11,469 milj |
| 450                             | 550 | (338) | 6327             | 19,298 milj |

Cumulatief voor drie bekkens + woonkernen + fin.lasten

Voor 1,5 miljoen inwoners zijn 500.000 woningen nodig.

Dat zijn totaal 50000 stuks woningen per jaar te bouwen voor de 9 woonkernen, drie woonkernen per bekken van elk 55.555 inwoners

## Overblijvende vragen

1. Evenals bij de afsluiting van de Zuiderzee en de Delta werken zal ook hier een groter verschil bij eb en vloed op gaan treden.
2. Een studie of de dijk 15, 20 dan wel 25 kilometer uit de kust moet komen is dus noodzakelijk.
3. I.v.m. de afstand tot de huidige kust zal een compromis tussen woonkernen op de dwarsdijk en de Haakse Zeedijk moeten worden afgewogen
4. De buitendijs liggende gebouwen en woningen, zoals bijvoorbeeld het Kurhaus, hebben groot voordeel bij de aanleg van de HZ. Over honderd jaar zouden ze dan waarschijnlijk allen achter een drie tot zes meter hoger duin geen uitzicht op zee meer hebben!
5. Huidige kustuitbreiding, kustbebouwing, jachthavens worden dan mogelijk. Wat dragen die dan af aan de Haakse zeedijk kosten?
6. Hoe alles te financieren? Gedeeltelijk aandelen en/of staatsobligaties? De verkoop van alle kavels (5 miljoen inwoners met de 6 eilanden mee) geeft tenslotte in de loop der eeuw een positief saldo van boven de 40 tot 90 miljard euro
7. De totale financiering komt neer op 4 tot 10 miljard euro (afhankelijk van kavelverkoop 3 jr respect. 8 jr)



## Bijlage 7.A Zandprijs per kubieke meter

Bijdrage van ing. A.R.M. Verbeek, Delft Dredging  
(trade name of A.R.M. Verbeek Beheer b.v).

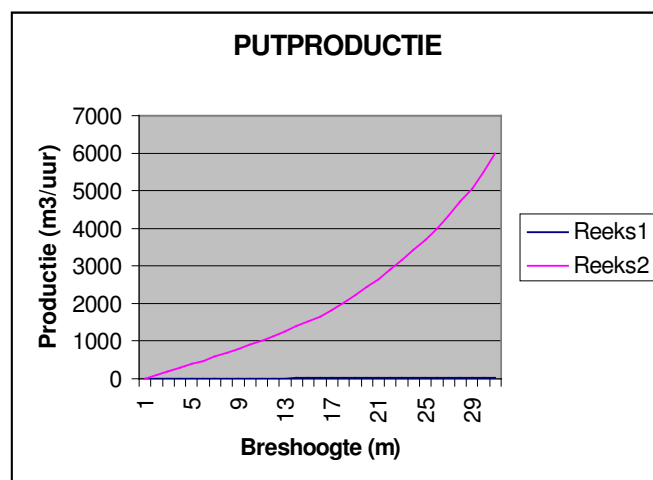
### 7.a.1 Globale procesbeschrijving

Het mechanisme van het zuigen op een grote diepte is bekend. De beperkingen die er waren met betrekking tot haalbare zand concentratie in het proceswater (en daarmee de haalbare productie), in verband met vacuümlimitering, zijn overwonnen, na de introductie van de onderwater pomp.

Het meest rationele baggerwerktuig, dat in de beschreven configuratie past is de profielzuiger. Dit werktuig bestaat uit een aan zes ankers verankerde ponton, waarin de machinekamer, pompkamer, verblijven voor de bemanning en de bedieningscentrale zijn ondergebracht. Aan de ponton is een (meestal gelede) zuigbuis aangebracht die, met behulp van een hijsconstructie en hijslieren, tot de maximaal gewenste zuigdiepte kan worden neergelaten. Bij een zuigdiepte >20m wordt een onderwaterpomp toegepast. Het gezogen zand kan, met behulp van leidingen (drijvende leiding, zinkleiding en/of landleiding) naar een stort worden gepompt of, met behulp van een bakkenlaadinrichting, in transportbakken worden geladen.

Het baggerproces met een dergelijke profielzuiger kent drie specifieke onderdelen, die ieder voor zich bepalend kunnen zijn voor de productie van het werktuig:

- A. **De persproductie:** welke productie kan vanaf het werktuig naar de plaats van verwerken (het stort) worden gepompt? Het geïnstalleerde pompvermogen, de gekozen leiding diameter, de leidinglengte en het te overbruggen hoogteverschil enerzijds, en de zandkwaliteit (korrelafmetingen), de zandconcentratie in het proceswater en de mengselsnelheid anderzijds, zijn bepalend voor de persproductie. Er is meer dan voldoende kennis aanwezig binnen de aannemingsbedrijven, ingenieursbureaus en overheid, teneinde de productiecapaciteit van dit werktuig nauwkeurig te bepalen bij een gegeven werktuig, dan wel het werktuig te ontwikkelen bij een bepaalde aangeboden productiecapaciteit.
- B. **De zuigproductie:** welke productie kan vanaf de maximale zuigdiepte worden opgevoerd naar de aanwezige pompinstallaties? De zuigbuisdiameter, de diepteplaatsing van de onderwaterpomp en de zuigeigenschappen van de toegepaste pompen, alsmede de



mengselsnelheid in de zuigbuis, de zandconcentratie in het proceswater en de korrelafmetingen van het gezogen zand zijn bepalend voor de zuigproductie. Er is meer dan voldoende kennis aanwezig binnen de Aannemingsbedrijven, ingenieursbureaus en overheid, teneinde de zuigcapaciteit van dit werktuig nauwkeurig te bepalen bij een gegeven werktuig, dan wel het werktuig te ontwikkelen bij een bepaalde gewenste zuigcapaciteit.

- C. Zandlagen worden losgemaakt en naar de zuigmond van de zuigmond van de zuigbuis stromen? De dikte van de zandlaag boven het niveau van de zuigmond, de wijze waarop de zuigbuis wordt bewogen ten opzichte van deze zandlaag, het bij de zuigmond toegepaste jetwater en spoelwater enerzijds en de kwaliteit van het zand (waterdoorlatendheid, pakking en aanwezige stoorlagen) anderzijds zijn bepalend voor de bresproductie. In de zestiger jaren is zeer uitgebreid onderzoek gedaan in Nederland met betrekking tot dit fenomeen. Een en ander in verband met de toen verwachte grote zandsluitingen in het kader van de deltawerken.

Het zand wordt ontgonnen door met de zuigbuis op nagenoeg de volle diepte, de zuiger geleidelijk voorwaarts te verhalen door het intrekken van de boegdraad en het vieren van de achterdraad. Op deze wijze ontstaat een zuigput die de vorm heeft van een halve kegel (top naar beneden). De zijtaluds bedragen maximaal het natuurlijk talud van het te zuigen zand (ca. 30°). Bij meerdere banen naast elkaar (breed zuigvak), reduceert de halve kegelvormige zuigput tot ca. 1/4 kegel. Niet al het zand in de beschikbare bres wordt weggezogen. Als gemiddelde wordt er mee gerekend dat 2/3 van de beschikbare breshoogte als blijvende diepte achterblijft, terwijl ca. 1/3 van de beschikbare breshoogte weer volloopt met mors.

Ten behoeve van het onderhavige kustplan en de de daarbij op te spuiten dijken en terreinen, wordt zand gezogen aan de landzijde van de nieuwe zeedijk, tot een diepte van ca. 50m. De huidige diepte ter plaatse van de zuigputten bedraagt ca. 20m er wordt derhalve een breshoogte aangeboden van 30m!

Bij deze configuratie dienen een tweetal **kanttekeningen** te worden gemaakt:

- In het grondpakket, ter plaatse van de Nederlandse kust zijn een aantal horizontale kleilagen aanwezig, binnen de te ontgraven diepte. Tezamen met de in de duinen langs de kust aanwezige zoetwaterbel, voorkomen deze kleilagen de penetratie van zeewater onder de duinen door naar de aanwezige diepe polders. (verzilting). Het doorbreken van de kleilagen door het winnen van zand op grote diepte kan de verziltings-bescherming aantasten.
- **De zandkwaliteit** is niet over de volle hoogte van de weg te zuigen laag constant. Er dient mee te worden gerekend dat er onder een niveau van ca. -30m, zand van pleistocene oorsprong wordt aangetroffen. Deze zanden zijn over het algemeen veel grover dan de oppervlaktezanden 500 µm t.o.v 200 µm. Deze grovere zanden veroorzaken een grotere leidingweerstand, zodat meer pompvermogen dient te worden geïnstalleerd teneinde dit zand te kunnen verpompen. Een voordeel is dat het strandtalud vóór de nieuwe zeedijk iets steiler zal instellen, zodat minder zand benodigd is.

## 7.a.2 globale dimensionering

Rekening houdend met de hierboven genoemde variaties die in het grondpakket voor kunnen komen, alsmede de variaties in de putproducties tijden opkomend en afgaand getij, kan globaal de navolgende putproductie – breshoogte relatie worden aangenomen. Als meer gedetailleerde bodeminformatie beschikbaar komt, kan een en ander mogelijk nog iets aangescherpt worden.

Bij een beschikbare breshoogte van 30m kan derhalve gerekend worden op een bresproductie van gemiddeld 6000 m³/uur.

Als bij geen ander zuigproces, kan een profielzuiger hoge zandconcentraties in het proceswater genereren. Bij het cutterproces en bij het sleepzuigproces treedt mengselvorming op door het naar de zuigmond stromende water. De maximaal haalbare concentratie wordt daardoor beperkt tot ca. 1 m=1,25 t/m³ bij een profielzuiger stroomt het met jetwater

losgewoelde zand door de zwaartekracht naar de onderkant van de kratervormige zuigput (punt van de kegel). Op dat punt moet spoelwater worden toegevoegd om er voor te zorgen dat het zand in gefluïdiseerde toestand blijft en dus verpompbaar blijft een mengselgewicht  $\gamma_m = 1,50 - 1,60 \text{ t/m}^3$  is hierbij haalbaar. Dit mengselgewicht komt overeen met een zandconcentratie van 50 tot 60% in het proceswater. Bij dergelijke concentraties nemen de kosten per  $\text{m}^3$  verpompt zand af. Immers het kostbare geïnstalleerde vermogen wordt in dit geval meer aangewend voor het verpompen van zand van a naar b dan voor het verpompen van proceswater. Met dit uitgangspunt kan de diameter van de persleiding worden beperkt tot 1000mm of 900mm respectievelijk. Als mengselsnelheid wordt aangehouden 5 m/sec. Dit in verband met de kritische snelheid van het iets grovere materiaal in de onderlagen van de winput.

### De zuigproductie

Voor het opvoeren van het mengsel vanaf de zuigdiepte tot het wateroppervlak is een onderwaterpomp met een opvoerhoogte van 30 mwk en een debiet van  $4,2 \text{ m}^3/\text{sec}$  voldoende. Hierbij hoort een pompvermogen van 1500 – 1600 kw. De diepteplaatsing van de pomp is ca. 8 – 10m onder de zeewaterspiegel. De door de put geleverde  $6000 \text{ m}^3/\text{uur}$  kan met deze installatie boven water gebracht worden.

### Persproductie

Teneinde  $6000 \text{ m}^3/\text{uur}$  zand met een gemiddelde korreldiameter van zeg  $350 \mu\text{m}$  (iets grover dan het zeezand aan de oppervlakte) over een afstand van 2000 m te kunnen verpompen, een geodetisch hoogteverschil van 10 m te kunnen overbruggen en additionele verliezen te compenseren voor kogels, bochten overgangen, etc. door een leiding van 900 mm, is 92 mwk opvoerhoogte benodigd

Hiertoe dient bij een pompdebiet van  $4,2 \text{ m}^3/\text{sec}$  een pompvermogen van 6.400 kw, boven de benodigde onderwaterpomp te worden geïnstalleerd, bij voorkeur verdeeld over twee perspompen van 3.200 kw.

### 7.a.3 globale kosten

Een profielzuiger die in volcontinuïdient (168 uur/week), gemiddeld  $6000 \text{ m}^3/\text{uur}$  produceert, heeft een weekproductie van  $865.800 \text{ m}^3$ , rekening houdend met een coëfficiënt voor onregelmatigheden van 0,85. Ook dient er rekening te worden gehouden met stilligperiodes voor grote reparaties, vakanties en algemeen geldende feestdagen, zodat slechts gedurende 42 weken per jaar kan worden geproduceerd, waardoor de jaarproductie per zuiger  $36.360.000 \text{ m}^3$  bedraagt.

Als **kostenplaatje** voor één zuiger, met de organisatie er omheen, geldt globaal het navolgende:

|                                         | weekkosten ( € ) |
|-----------------------------------------|------------------|
| Zuiger (waarde 85.000.000)              | 300.902          |
| Drijvende leiding:                      | 12.370           |
| 1500m landleiding:                      | 6.772            |
| Stortploeg:                             | 21.484           |
| Multicat:                               | 13.412           |
| Surveyboot:                             | 7.870            |
| Werkboot:                               | 14.778           |
| Kraanbak:                               | 11.364           |
| Werkorganisatie+kantoor:                | 23.427           |
| Subtotaal:                              | 412.380          |
| Toeslag overhead, winst&risico, etc.25% | 102.900          |
| Totaal:                                 | 515.475          |

Rekening houdend met 42 productieweken per jaar en 52 kostenweken, betekent dit €  $0,74/\text{m}^3$  zand.

Indien in gelijktijdig met meerdere soortgelijke profielzuigers wordt gewerkt, kunnen de kosten voor hulpmaterieel en organisatie over meerdere schepen worden verdeeld, waardoor een

reductie van de kosten per m<sup>3</sup> ontstaat.

De geselecteerde profielzuiger is er een van de reeks moderne stationaire zuigers, gebouwd na 1985. Er zijn inmiddels ruim 10 van dit soort schepen operationeel in de Europese internationale baggervloot.

**Opmerking R. van den Haak: Doordat we met 15 zuigers werken kunnen er een aantal werkschepen en een deel van het personeelsbestand vervallen. Hierdoor kan de kubieke meterprijs zakken van € 0,74 naar € 0,64/m<sup>3</sup>**

## Personalia

### A.R.M.Verbeek, ing

Verbeek en van den Haak waren nauw betrokken bij het ontwerpen en bouwen van het baggermaterieel bij de Stevingroep. Verbeek vooral in het pomp gebeuren. In diezelfde tijd waren we ook betrokken bij een diepgaande studie betreffende zandproductie en zandtransport voor zeer grote werken. Hieronder zijn de werken vermeld welke hij daarna gedaan heeft.

1996 Design and Contract Preparation for Dredging and Reclamation for Container Terminal, Oman  
1996 Teaching and Training Dredging and Reclamation Technology, The Netherlands  
1995 Monitoring Environmental Dredging Projects, The Netherlands  
1995 Design and advice for Dredging and Reclamation activities for Port Extensions, South Africa  
1994 Advices for Fleet Development Programme, South Africa  
1994 Design Dredging Works and Shore Protection for Port Extension, Cameroun  
1993 Design and Planning of Dredging and Reclamation activities for Harbour Extension, India  
1993 Design, Planning and Cost Estimate for the Oresund Link Tunnel Denmark 1992 Planning Site Preparation Contract for New Chek Lap Kok Airport, Hong Kong  
1992 Dredging Expert Witness for Royal Court of Justice London, England  
1989 Establish Dredging Engineering Section within a Dredging Company, India



*Een 65 tons Stevpris anker met van den Haak, houdkracht 1500 ton in zeer zachte grond.*

### Rob van den Haak, ing.

Theoretisch medewerker bij L.Smit Internationale Sleepdienst. Inspecteur nieuwbouw bij de baggerfirma Stevin (begeleidde daar ontwerp en bouw van o.a. een hopperzuiger en een diepzuiger). Chef technische dienst bij baggerfirma Breejenbout. Oprichter van Vryhof Anchors B.V. Hij heeft als ankerexpert 140 patenten op zijn naam staan, waaronder de patenten voor het Stevin-, Stevpris-, Stevmanta anker en de VA-drijvende golfdemper. Bracht de efficiency van ankers van 10x het eigen gewicht in 1970 naar 400 in 1992. En was op talloze supply vessels om anchorhandlings instructie te geven aan de kapteins.

Opleiding: HTS scheepsbouw Haarlem en HTS werktuigbouwkunde Rotterdam.

### Dr. ir. Pieter G. Stokman

Senior-consultant o.a. management bij strategie, beleid en redesigning van bedrijfsprocessen in tal van bedrijven. Wetenschappelijk medewerker TH Twente, chef machinefabriek NDSM, bedrijfsdirecteur Machinebouw "De Schelde", statutair directeur Metaalbedrijf Rademakers N.V.

Opleiding: TH Delft, werktuigbouwkunde

## links naar interessante sites

<http://www.kustvisie.nl/LINKS>

<http://www.kustvisie.nl/COLOFON/COLOFON.HTML>

[http://www.kerendtij.nl/innovatie\\_zeewaarts/ruimte voor de zee \(is na 2 jaar verwijderd\)](http://www.kerendtij.nl/innovatie_zeewaarts/ruimte_voor_de_zee_(is_na_2_jaar_verwijderd))

<http://www.rikz.nl/home/NL/Organisatie/links.html>

<http://www.noordzee.nl/ruimtelijkeordening/zeekaart.html>

<http://www.noordzeedagen.nl>

<http://www.haaksezeedijk.nl>

[info@haaksezeedijk.nl](mailto:info@haaksezeedijk.nl)