

---

## Bijlage 1.5 Effecten van het slib in suppletiezand

---

H. Mulder, RIKZ, juni 2004

### Vraagstelling

Een van de onzekerheden uit 1999 betreft het punt:

*"Gaswinning noodzaakt tot indirecte zandsuppletie als mitigerende maatregel. De vraag was aan de orde of de kwaliteit en kwantiteit van met name de platen behouden blijven. In zijn algemeenheid werden de effecten van bodemdaling op de kwelders als beperkt ingeschat."*

In dit kader zijn vragen opgekomen over de effecten van de in het suppletiezand aanwezige slibfractie. Wat zijn de effecten van het slib in het suppletiezand op de troebelheid in de Waddenzee (en kustzone) en op de sedimentatie en sedimentsamenstelling in de Waddenzee?

Troebelheid is niet hetzelfde als het slibgehalte in de waterkolom maar staat er wel direct mee in verband. Hier wordt alleen ingegaan op de verandering in het slibgehalte. Eerst worden puntsgewijs enkele opmerkingen gemaakt over het proces van sedimenttransport in de Waddenzee dat voor de vraagstelling relevant is:

- De volgende termen zijn van belang: netto sedimentatie = netto import = bruto import – bruto export = bruto sedimentatie – bruto erosie. Netto erosie is negatieve netto sedimentatie, dus gelijk aan bruto erosie minus bruto sedimentatie.
- Door bodemdaling in de Waddenzee ontstaat sedimenthonger. Het extra sediment dat hiervoor nodig is wordt direct onttrokken uit de bruto transporten, met als gevolg dat de bruto export afneemt. Hierdoor ontstaat in de buitendelta en op de kust minder bruto sedimentatie. Dit heeft als gevolg dat de netto erosie toeneemt, omdat de bruto erosie niet beïnvloedt wordt. Voor de compensatie van de netto kusterosie zijn suppleties noodzakelijk uit het oogpunt van veiligheid.
- Extra bruto import van slib neemt per definitie alleen toe als het slibgehalte in de Noordzee toeneemt. Dit is mogelijk indien (1) door erosie van suppletiesediment er meer slib in de waterkolom komt dan door erosie van het reeds aanwezige sediment en (2) tijdens het suppleren het (fijne) slib direct in het water komt. In het eerste geval is het essentieel of suppletiezand, of beter suppletiesediment, meer slib bevat dan strandzand. Alleen het eerste zal leiden tot extra troebelheid.
- Een toename van het slibgehalte wordt gereduceerd door export en door sedimentatie. Bij de export speelt de verversingstijd van het water een rol. Oplading van het water met slib stopt als de export en sedimentatie in balans zijn met de aanvoer vanuit een bron (hier het suppletiesediment).
- Als de bruto import van slib toeneemt door extra concentratie dan neemt netto import niet met dezelfde hoeveelheid toe, omdat de bruto export ook een iets hogere concentratie heeft (er vindt geen volledige bezinking plaats van de extra bruto import).

- Door bodemdaling is vergroting van het kombergingsvolume van de Waddenzee mogelijk. Hierdoor neemt het getijdebiet toe en daardoor de transportcapaciteit van sediment. Het gevolg is een extra bruto import van sediment (zand en slib) en erosie van de geulen. De concentratie in de waterkolom neemt echter niet toe, omdat er sprake is van meer sediment in evenredig veel meer water.
- Een deel van de bruto import (bij vloed) en een deel van de bruto export (bij eb) zal ter compensatie van de bodemdaling sedimenteren. Hierdoor neemt de concentratie in de waterkolom lokaal af.
- Op de platen en in de geulen sedimenteert vooral het zand. Op de kwelders is er vooral slibsedimentatie. Het slibaandeel van het suppletiesediment is laag in vergelijking met dat in de bodem van de Waddenzee.

### Berekeningsmethode

Kwantitatief kan een antwoord gegeven worden op de vraag in welke mate het slibgehalte toeneemt. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van een eenvoudige grootschalige benadering voor de slibbalans van een bepaald gebied. In formule:

$$V \cdot dc/dt = Q \cdot c_i - Q \cdot c + E - S$$

waarin:  $c$  = concentratie (kg/m<sup>3</sup>)

$t$  = tijd (jr)

$V$  = volume (m<sup>3</sup>)

$Q$  = uitwisselingsdebiet (m<sup>3</sup>/jr)

$c_i$  = concentratie inkomend water

$E$  = slibbron (kg/jr)

$S = w_s \cdot A \cdot c$  = sedimentatie (kg/jr)

$w_s$  = valsnelheid (m/jr)

$A = V/h$  = oppervlakte (m<sup>2</sup>)

$h$  = diepte (m)

De oplossing van de vergelijking is:

$$c = (c_0 - p/q) \cdot \exp(-p \cdot t) + q/p$$

waarin:  $c_0 = c$  op  $t = 0$

$$p = Q/V + w_s/h \text{ en } q = Q/V \cdot c_i + E/V$$

De nieuwe evenwichtsconcentratie wordt bereikt op  $t = \text{oneindig}$ :  $c = c_e = q/p$

N.B. de verhouding  $V/Q$  is de tijd waarin het gehele volume wordt ververst.

### Toepassingen

Bovenstaande formules worden toegepast op drie gevallen. Eerst wordt ingegaan op het te suppleren sediment en op enkele andere uitgangspunten.

De hoeveelheid extra suppletiezand t.g.v. bodemdaling bedraagt 2 Mm<sup>3</sup>/jr (op basis van extra bodemdaling van 100 Mm<sup>3</sup> in 50 jaar, zie Oost et al.,-1998).

Over het slibgehalte in het suppletie- en het strandzand is zeer weinig bekend. Van Dalfts en Essink (1997) geven voor de kust van Terschelling

---

slibpercentages van ca. 0,1 tot 0,9% in het suppletiegebied en ca. 0,1 tot 0,5% in een referentiegebied. Ook geven zij een slibpercentage voor een wingebied: deze waarden zijn ca 0,1% (moeilijk afleesbaar). Ten behoeve van een zandsuppletie voor Texel zijn in 2003 18 monster geanalyseerd (Unihorn, 2003). Het slibpercentage varieert van 0,7 tot 1,3%. Volgens de Sedimentatlas (RIKZ, 1998) varieert het slibpercentage in de kustzone sterk: van bijna 0 tot meer dan 10%. Gemiddeld voor de gehele kustzone is het slibpercentage berekend op 3,7% (door auteur dezes). Er moet echter rekening gehouden worden met een onnauwkeurigheid in dit percentage, omdat uit recent onderzoek (EVA-II, rapport G) naar voren is gekomen dat dit slibgehalte waarschijnlijk een factor 3 te hoog is bepaald. Correctie hiervoor levert een gemiddeld slibgehalte van 1,2%. Benadrukt wordt dat er variaties zitten in het slibpercentage waardoor het bovenstaande slechts als een redelijke indicatie beschouwd moet worden. Het slibpercentage in het suppletiezand en het kustgebied kunnen dus zowel positief als negatief verschillen. Gezien bovenstaande percentages tot ca. 1,3% wordt hier uitgegaan van worst case met 0,5% meer slib in suppletiezand dan in kustzand.

De droge dichtheid van zand is ca. 1,5 ton/m<sup>3</sup>. Voor een hoeveelheid van 2 Mm<sup>3</sup>/jr met 0,5% extra slib t.o.v. het reeds aanwezige zand is de extra hoeveelheid aangeboden slib 0,015 Mton/jr.

Er wordt bij de toepassingen alleen gerekend op jaarbasis. Wanneer het slib tijdens het suppleren in zee komt, vindt direct verspreiding plaats. Het effect is dan relatief groot qua gehalteverhoging, maar relatief kort van duur. Meestal wordt het zand als een zware vloeistof gesuppleerd, waarin de slibdeeltjes gevangen zitten. De verwachting is dan ook dat de directe lozing in zee verwaarloosbaar is.

De gehanteerde concentraties zijn geschat op basis van Maiwald en Verhagen (1991). De volumes, oppervlakten en dieptes op basis van analyse van recente lodingen (t.b.v. verschilkaart die in het kader van andere vragen in dit project is gemaakt). Verversingstijden zijn geschat op basis van gegevens in de Wadatlas (RIKZ, 1989).

#### a) Toepassing op de gehele kustzone van de Waddenzee

##### *Uitgangspunten*

Deze extra slibhoeveelheid wordt uitgesmeerd over de gehele kustzone. De oppervlakte van de kustzone wordt geschat op 2000 km<sup>2</sup>, de gemiddelde diepte op 7,5 m en het volume op 15.10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>. De verversingstijd bedraagt 50 getijden c.q. 50/706 jaar. De sedimentatie van slib in de kustzone wordt op nul gesteld. De concentratie in de kustzone is 20 mg/l.

##### *Resultaat*

De nieuwe evenwichtsconcentratie neemt toe met 0,07 mg/l van 20 tot 20,1 mg/l: een toename van 0,37%. Deze toename werkt door in de Waddenzee, maar is bijzonder gering (niet meetbaar).

#### b) Toepassing op de gehele Waddenzee

##### *Uitgangspunten*

Al het extra slib komt rechtstreeks in de Waddenzee terecht, uitgesmeerd over de gehele Waddenzee. De kustzone wordt dus overgeslagen, hetgeen een maximaal effect heeft. De oppervlakte van de Waddenzee is 2000 km<sup>2</sup>, de gemiddelde diepte 2,7 m en het volume 5,4.10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>. De verversingstijd bedraagt 50 getijden c.q. 50/706 jaar. De sedimentatie van slib is 2,4 Mton/jr (Salden en Mulder, 1996). De concentratie is 50 mg/l. Uit voorgaande gegevens wordt een valsnelheid berekend van 24 m/jr.

---

### *Resultaat*

De nieuwe evenwichtsconcentratie neemt toe met 0,12 mg/l van 50 tot 50,1 mg/l: een toename van 0,24%.

c) Toepassing op één kombergingsgebied: het Friesche Zeegat

### *Uitgangspunten*

Al het extra slib (zie bij a) komt rechtstreeks in het Friesche Zeegat terecht, uitgesmeerd over het Pinkegat en de Zoutkamperlaag (suppletie verdeeld over Ameland en Schiermonnikoog). De oppervlakte van dit gebied is 155 km<sup>2</sup>, de diepte 2,0 m en het volume 0,31.10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>. Als verversingstijd is gekozen voor 25 getijden c.q. 25/706 jaar. De sedimentatie van slib is 0,19 Mton/jr (naar verhouding met oppervlakte). De concentratie is 50 mg/l. Uit voorgaande gegevens wordt een valsnelheid berekend van 24 m/jr (gelijk aan die bij b).

### *Resultaat*

De nieuwe evenwichtsconcentratie neemt toe met 1,2 mg/l van 50 tot 51,2 mg/l: een toename van 2,4%. Procentueel gezien zou men deze toename significant kunnen noemen. Bedacht moet worden dat hier een zeer extreem geval berekend is. In werkelijkheid zal in de kustzone een verhoging optreden met uitstraling naar andere kombergingsgebieden. Het is dus waarschijnlijker dat de verhoging < 1 mg/l als effect overblijft.

### **Discussie en conclusie**

Het bruto transport naar de Waddenzee wordt geschat op 30 tot 120 kton/getij (op basis van getijebiet van ca. 3 Gm<sup>3</sup>/getij en concentratie van 10 tot 40 mg/l). Dit komt met 706 getijden per jaar overeen met 20 tot 80 Mton/jr (zie o.a. Salden en Mulder, 1996). De netto slibsedimentatie wordt geschat op 2,4 Mton/jr. T.o.v. deze hoeveelheden is de extra slibaanvoer door de extra suppletie, namelijk 0,015 Mton/jr, zeer gering te noemen. Bovenstaande berekeningen laten ook zien dat op grote schaal (kustzone, Waddenzee) het effect op de concentratie zeer gering is, ca. 0,1 mg/l verhoging. Een worst case benadering waarbij het effect zich concentreert op één kombergingsgebied geeft een verhoging van niet meer dan ca. 1 mg/l. Gezien de dynamiek in het slibgehalte is dit een zeer geringe verhoging.

Door de extra slibaanvoer zal er ook extra slib in de Waddenzee sedimenteren. Deze extra hoeveelheid is bij 100% bezinking maximaal  $0,015/2,4 \cdot 100\% = 0,06\%$ . In werkelijkheid is het minder, omdat de sedimentatie afhankelijk is van de concentratie, waarvan het percentage verhoging veel geringer is.

Indien suppleties leiden tot extra slibgehalte en troebelheid dan zou dit uit de zwevend-stof-monitoring in de Waddenzee moeten blijken. Voorzover bekend zijn hiervoor geen aanwijzingen.

Uit de hier uitgevoerde verkenning wordt geconcludeerd dat de effecten van het extra slib in suppletiezand zeer gering zijn en wegvallen in de natuurlijke dynamiek. Waarschijnlijk heeft het suppletiezand ongeveer hetzelfde slibgehalte als de kust, zodat helemaal geen netto effect verwacht mag worden. De effecten op troebelheid en sedimentsamenstelling zijn dus niet significant.

---

## Literatuur

Dalfsen, van, J.A. en K. Essink, 1997. Risk analysis of coastal nourishment techniques in The Netherlands. National Institute for Coastal and Marine Management/RIKZ, report RIKZ-97.022.

Maiwald, K.D. en J.H.G. Verhagen, 1991. Trendanalyse van zwevend stof gegevens van de Waddenzee over de periode 1973-1990. Waterloopkundig Laboratorium, rapport T 753.

Oost, A.P., Ens, B.J., Brinkman, A.G., Dijkema, K.S., Eysink, W.D., Beukema, J.J., Gussinklo, H.J., Verboom, B.M.J., Verburgh, J.J., 1998. Integrale Bodemdalingstudie Waddenzee, Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V., Assen, 372 pp.

RIKZ, 1989. Wadatlas.

RIKZ, 1998. Sedimentatlas Waddenzee. CD-Rom.

Salden, R.M. en H.P.J. Mulder, 1996. De slibbalans voor de Nederlandse kustwateren onder invloed van slibonttrekking als gevolg van strengere kwaliteitstoetsing van baggerspecie. Werkdocument RIKZ/OS-96.116x.

Unihorn bv, 2003. Bepaling D50 zand afkomstig uit Noordzee. Ten behoeve van zandsuppletie Texel. Project 3517, in opdracht van Daalder Alkmaar bv.