

DE EFFECTEN VAN HET STOPPEN VAN DE STROMING OP EEN MOSSELBANK

N.Dankers, K.Kersting, M.Binsbergen & K.Zegers

RIN-rapport 86/2

Rijksinstituut voor Natuurbeheer

Texel

242053

1986

INHOUD

Voorwoord	4
1. Inleiding	5
2. Methode	5
3. Resultaten	9
4. Diskussie	21
5. Samenvatting	23
6. Summary	23
Literatuur	24

VOORWOORD

De mogelijkheid bestaat dat de stormvloedkering in de Oosterschelde in de toekomst ook onder niet-stormcondities gesloten wordt, bijvoorbeeld om olieverontreiniging op de Noordzee te keren of om stroomsnelheden te verlagen t.b.v. waterkundige werken zoals aanleg en sluiting van de Philipsdam. Vermindering van stroomsnelheid kan grote gevolgen hebben voor de zuurstofgehalten in het water van de Oosterschelde. Het RIN heeft in opdracht van de projectgroep BARCON (Rijkswaterstaat Directie Zeeland en Deltadienst) een onderzoek verricht naar de zuurstofgehalten boven een mosselbank bij gereduceerde stroomsnelheden. Om de conclusies van het uitgevoerde onderzoek te kunnen inbrengen bij de rapportage over het toekomstig beheer van de stormvloedkering voor de Raad van de Waterstaat werd het onderzoek met grote spoed uitgevoerd. Een voorlopige rapportage met de belangrijkste conclusies werd in 1984 uitgebracht. De volledig uitgewerkte resultaten verschijnen in dit rapport.

De Directie

1. INLEIDING

Binnenkort zal de stormvloedkering in de Oosterschelde klaar zijn voor gebruik. In principe zal de kering gesloten worden bij zware stormen en de daarbij horende zeer hoge waterstanden. Onder die omstandigheden zullen in de Oosterschelde de door de wind opgewekte stromingen en golven aanzienlijk zijn, waardoor een goede menging van het water zal optreden.

Het is echter ook mogelijk dat de stormvloedkering onder andere omstandigheden zal worden gebruikt. Bij scheepsrampen op de Noordzee zou de Oosterschelde afgesloten kunnen worden om te voorkomen dat olie of toxische stoffen naar binnen stromen. Ook zou de dam gesloten kunnen worden om de stroomsnelheden tijdelijk te reduceren voor waterbouwkundige werken.

Indien de kering gesloten wordt bij windstil en zonnig weer, zal de stroom wegvallen en een eventuele stratificatie zal de menging van water nog meer beperken. Omdat bij hogere temperaturen het zuurstofverbruik van allerlei organismen ook hoog is, zouden onder zulke omstandigheden de zuurstofgehalten van het water lokaal tot gevaarlijk lage waarden kunnen dalen. Uit een voorlopige berekening (Verhagen pers.meded.) blijkt dat grote gebieden na één etmaal zuurstofloos zouden kunnen worden.

Om meer inzicht in deze materie te verkrijgen werd in de bassins van de vestiging Texel van het Rijksinstituut voor Natuurbeheer een proef gedaan waarbij de zuurstofconsumptie van een mosselbank werd gemeten bij verschillende hoeveelheden overstromend water.

2. METHODE

2.1 Proefopzet

De proef werd uitgevoerd in een betonnen stroomgoot met aflopende bodem (helling $\pm 1 : 100$) (Fig. 1). De bak is 50 meter lang en 5 meter breed. Aan de instroomkant kan de hoeveelheid water gereguleerd worden en aan de uitstroomkant kan d.m.v. een schuif de waterdiepte ingesteld worden. Omdat bij de instroom nog ongewenste turbulenties in de waterstroom aanwezig waren, werden op de eerste 10 m geen mosselen uitgelegd. 5200 kg halfwas mosselen werden in de bak gebracht op 17-9-1984. De mosselen waren afkomstig van een perceel in het Scheer (bij Texel) en waren zo

voorzichtig mogelijk opgevist om beschadiging te voorkomen. Een groot gedeelte van de zich tussen de mosselen bevindende zeesterren werd met de hand verwijderd. De mosselen werden over de volle breedte van de bak gestort (40 m). Bij het begin van de mosselbank (0 m) was de waterdiepte 28 cm en bij het einde (40 m) 58 cm.

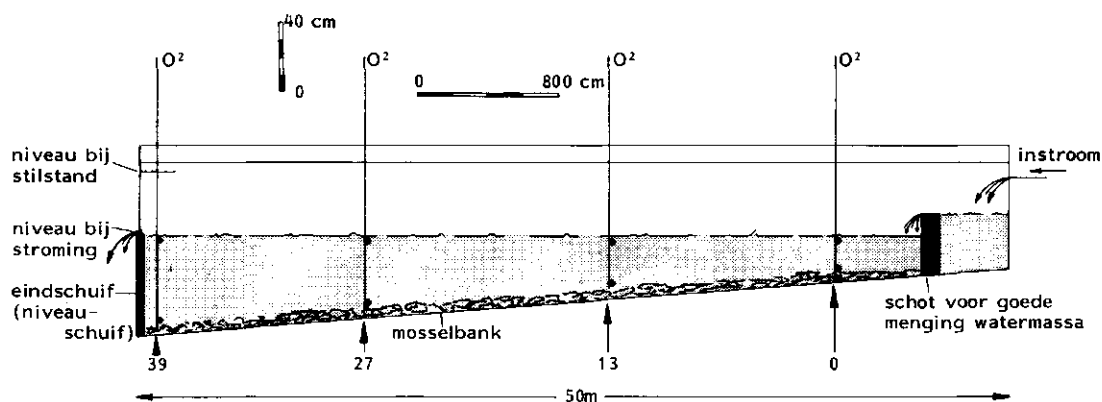


Fig. 1 De tijdens de proef gebruikte stroomgoot met daarin aangegeven de mosselbank en de voor de proef relevante onderdelen.

De dichtheid op de mosselbank was 26 kg/m^2 natgewicht inclusief 10% tarra (d.w.z. lege schelpen, andere organismen etc.). De frequentieverdeling van de lengte van een goed gemengd monster van 400 gram vers gewicht is gegeven in Fig. 2. De gemiddelde lengte bedroeg 42 mm en het gemiddelde asvrij drooggewicht (AVD) was 0,47 g. Uitgaande van een AVD-koolstof conversiefactor van 0,4 kan berekend worden dat bij het begin van de proef 614 g C/m^2 aan mosselkoolstof aanwezig was.

Direct na het storten van de mosselen werd zeewater over de bank gepompt, en gedurende anderhalve dag doorgestroomd. Daarna werd de bak een halve dag drooggezet om meeuwen een kans te geven zeesterren en dode mosselen te verwijderen, waarna de watertoevoer werd hervat. De over de mosselbank gepompte waterhoeveelheden zijn weergegeven in Fig. 3. Van 19-9-1984 tot 26-9-1984 was dit gemiddeld $320 \text{ m}^3/\text{uur}$. Op 26 en 27-9 was de waterhoeveelheid $95 \text{ m}^3/\text{uur}$. De doorgepompte hoeveelheid varieerde met $\pm 10\%$ onder invloed van het getij. Een debiet van $320 \text{ m}^3/\text{uur}$ resulteerde in een oppervlaktestroomsnelheid van 7 - 9 cm/sec in het begin van de bak afnemend tot 4 - 5 cm/sec aan het einde van de bak. Op 20 cm diepte was de stroomsnelheid door de hele bak 4 - 6 cm/sec. Het nauwkeurig meten van

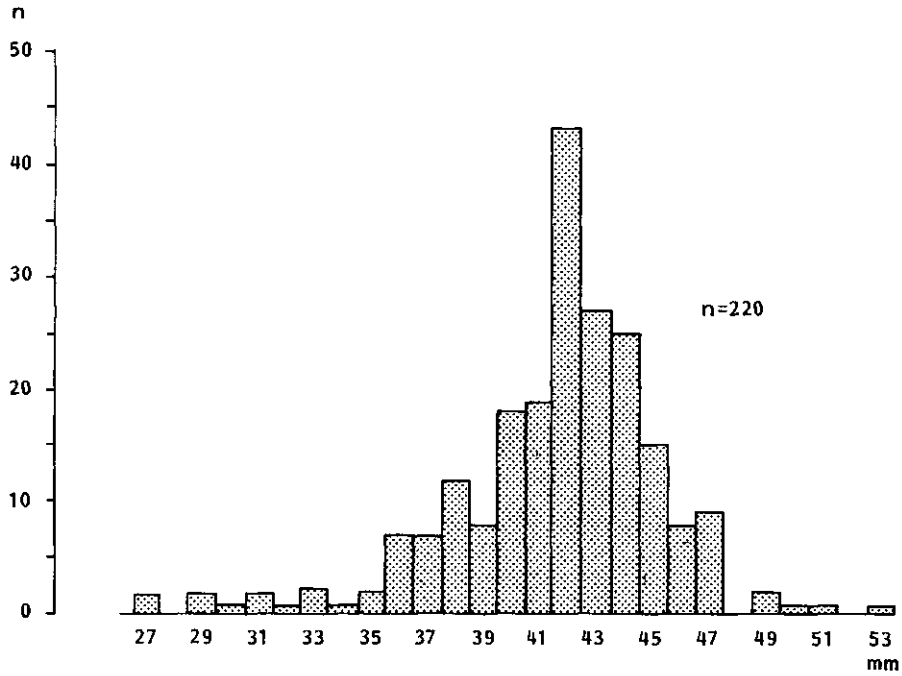


Fig. 2 De frequentieverdeling van de lengte van de gebruikte mosselen.

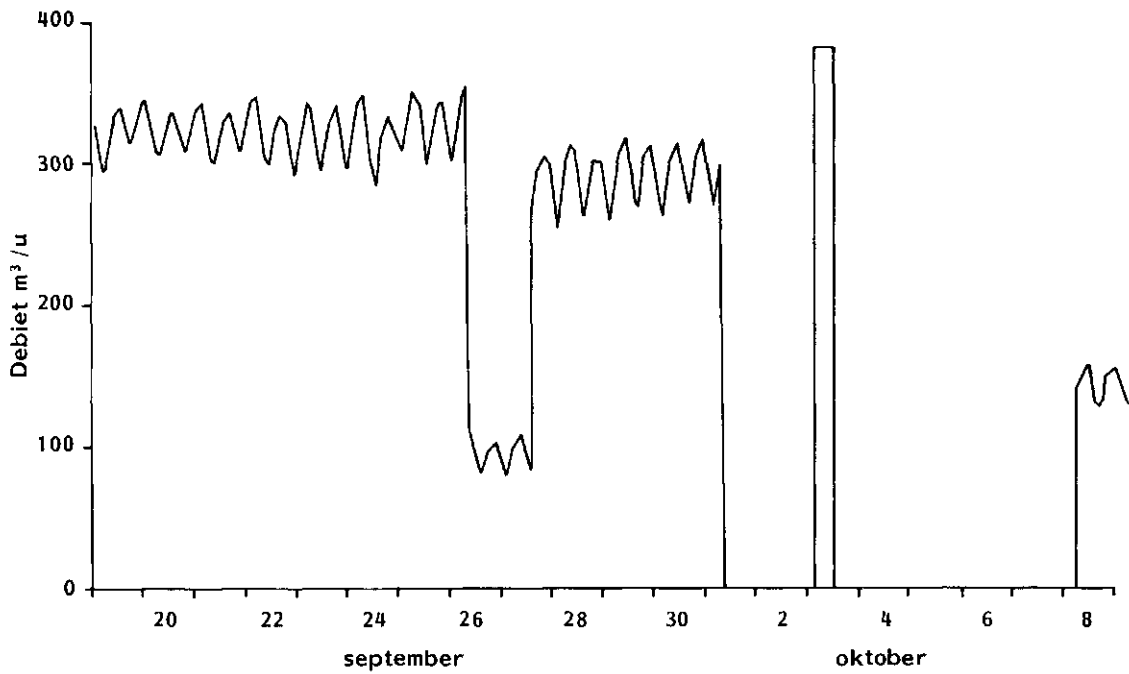


Fig. 3 De doorgestroomde hoeveelheden water tijdens de proefperiode.

stroomsnelheden was helaas maar eenmaal mogelijk omdat voor metingen van deze geringe snelheden windstille condities noodzakelijk zijn. De windsnelheid gedurende de proefperiode is weergegeven in Fig. 4. Nadat

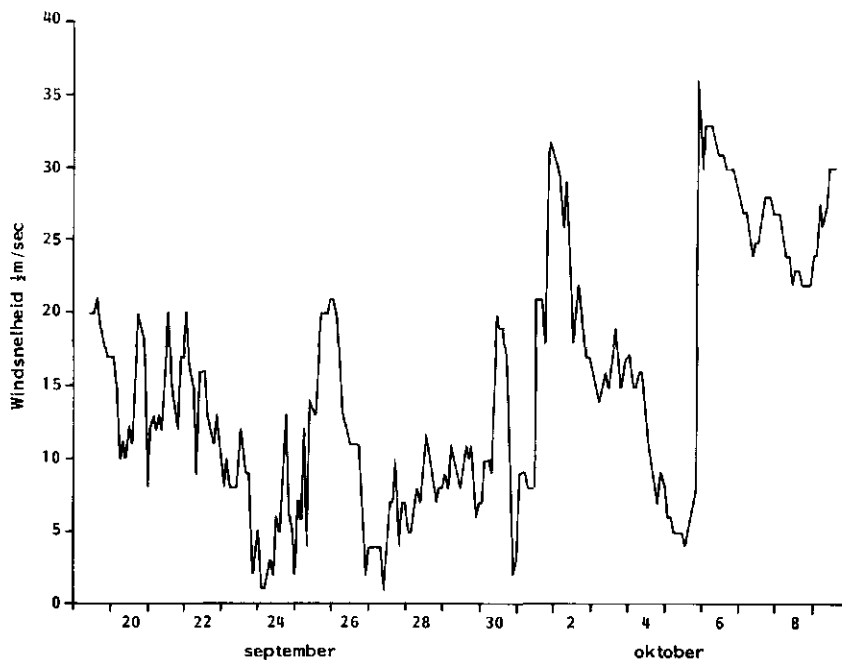


Fig. 4 De Windsnelheid gedurende de proefperiode

vanaf 28-9 weer een grote hoeveelheid water ($+ 290 \text{ m}^3/\text{uur}$) was toegevoerd, werd op 1-10-1984 om 9.00 uur het effect van de stormvloedkering nagebootst door het afsluiten van de watertoevoer. Het waterniveau was toen door het omhoogbrengen van de achterschuif met 37 cm verhoogd. Dit gedeelte van de proef duurde tot 3-10-1984 om 6.30 uur waarna weer enige uren op volle kracht gepompt werd ($480 \text{ m}^3/\text{uur}$) om de mosselen van voedsel en zuurstof te voorzien. Daarna werd het water om 13.20 uur weer stilgezet. Om een dieper watergedeelte te simuleren (geringe zuurstofuitwisseling met de atmosfeer en weinig licht) werd de helft van de bak ($20 \times 5 \text{ m}$) bedekt met zwart landbouwplastic (0.1 mm dik). Deze situatie werd gehandhaafd tot 8-10-1984 om 8.00 uur waarna weer $139 \text{ m}^3/\text{uur}$ werd toegevoerd om het herstel van de mosselen te volgen. De watertemperatuur in de bak was $14,5^\circ \text{C}$ bij het begin van de proef, schommelde tussen 10 en 13°C tijdens het verloop van de proef en nam geleidelijk af tot $10,5^\circ \text{C}$ bij het eind van de proef.

Op een viertal plaatsen in de lengterichting van de goot (0, 13.5, 27, 40 m) werden zuurstof en temperatuur gemeten bij bodem en oppervlak. Op elk punt werd om de 20 minuten automatisch gemeten en deze gegevens werden op cassettape vastgelegd. Tevens werden de hoeveelheid ingestraald licht en het sestongehalte van het overstromende water permanent gemeten (sea tech transmissiemeter).

Tijdens de verschillende onderdelen van de proef werden regelmatig

gedurende dag en nacht watermonsters genomen bij de instroom, uitstroom en een aantal tussenliggende posities. De watermonsters werden geanalyseerd op particulier organische koolstof (POC), opgelost organische koolstof (DOC) (Laane, 1980), chlorofyl, ammonia, nitraat, nitriet, stikstofverbindingen, fosfaat, silicaat (Deltadienst, niet gepubliceerd) en gesuspendeerd slib (Dankers e.a. 1984).

3. RESULTATEN

3.1 Sestonkarakteristiek

De resultaten van metingen met de transmissiemeter zijn op verschillende plaatsen in de bak weergegeven in Fig. 5. Uit de figuur blijkt dat de helderheid van het water naar het einde van de bak toenam. Het water bij de bodem was helderder dan bij het oppervlak wat wijst op het vastleggen van seston door de mosselen en geringe menging. Bij lage stroomsnelheden was geen duidelijk verschil merkbaar tussen bodem en oppervlak.

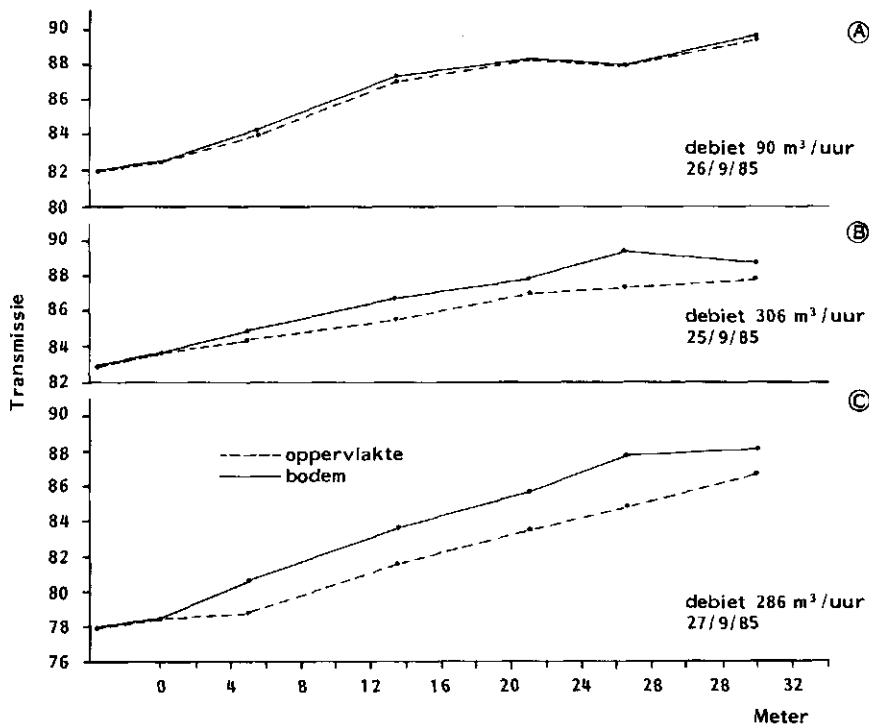


Fig. 5 De helderheid van het water in de bak tijdens weinig (A) en veel (B+C) doorstroming. (De eenheden zijn een relatieve maat. Afdekken van lichtbron geeft 0 en gedestilleerd water geeft transmissie van 95,2).

De troebeling van het instromende water tijdens het eerste deel van de proef werd gemeten bij de instroom. Na 1 oktober werd gemeten in de bak op halve diepte. Het verloop van de troebeling is weergegeven in Fig. 6.

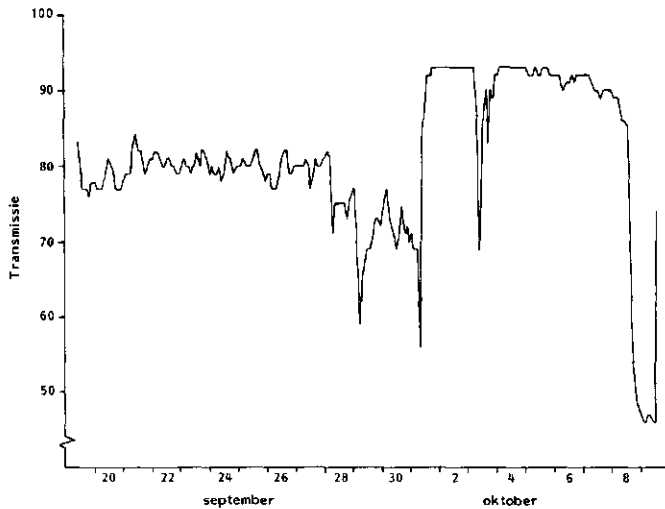


Fig. 6 De helderheid van het uitstromende of stilstaande water tijdens de proef (eenheden als in fig.5).

Duidelijk is de relatief hoge troebeling in de periode 28-30 september en het zeer snel helder worden van het water bij afsluiten van de watertoevoer op 1 en 3 oktober. Dit blijkt ook uit Fig. 7. Een naast de proefbak gelegen nagenoeg identieke bak zonder mosselen bleef troebel.

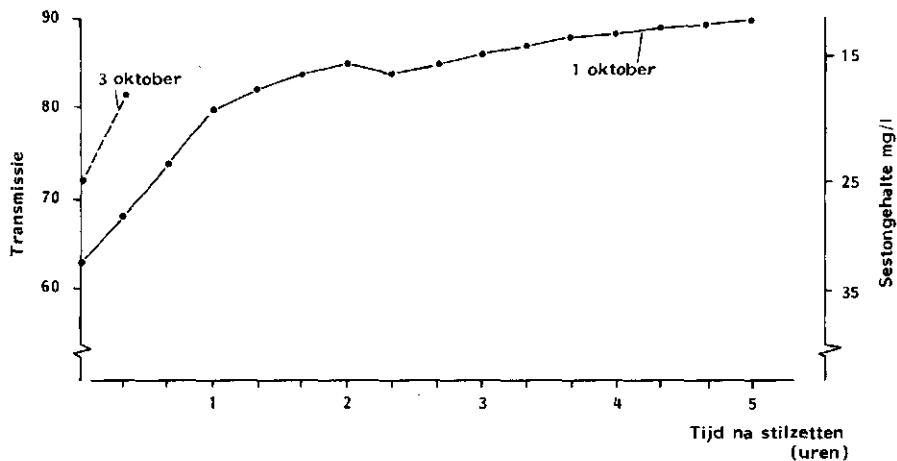


Fig. 7 Toename van helderheid na het stopzetten van de watertoevoer (eenheden als in fig.5).

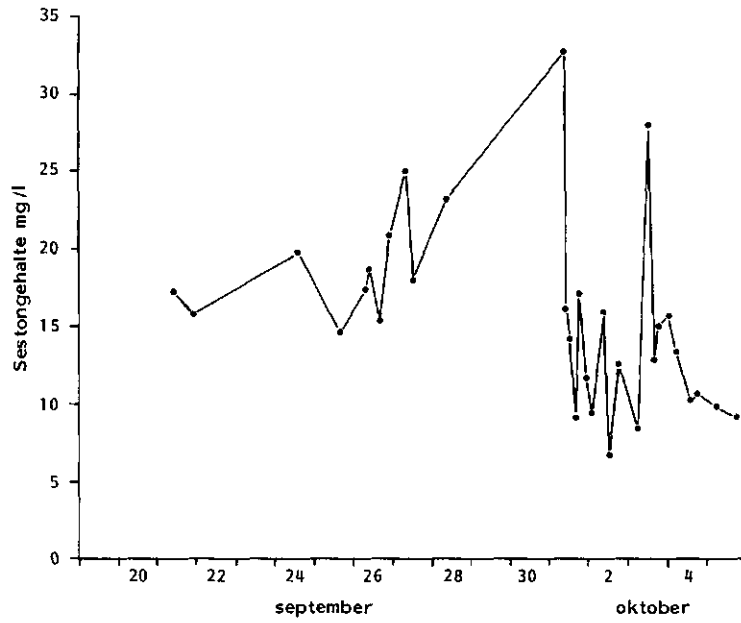


Fig. 8 Sestongehalte van het uitstromende of stilstaande water tijdens de proef.

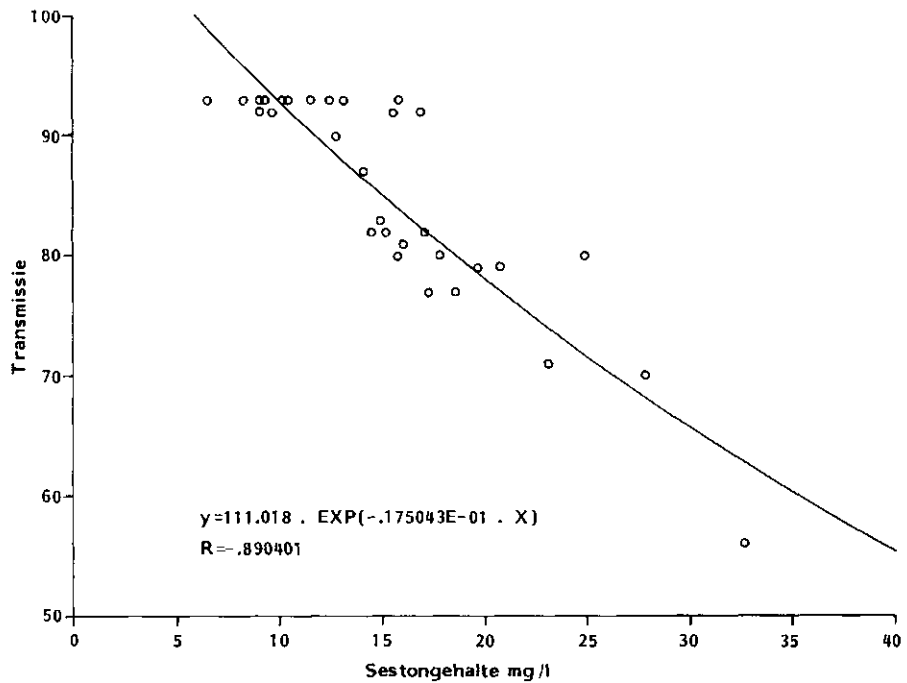


Fig. 9 De relatie tussen sestongehalte en meetwaarde van de troebelingsmeter.

Naast de transmissiemeter werden watermonsters genomen waarin de sestongehalte d.m.v. filtratie en weging bepaald werden. De sestongehalte zijn weergegeven in Fig. 8. In Fig. 9 is het verband tussen sestongehalte en gemeten troebelingsmetingen weergegeven. Hieruit blijkt dat de troebelingsmetingen over het algemeen het sestongehalte goed weergeven; vooral bij grote transmissies kunnen echter aanzienlijk afwijkingen optreden.

3.2 Filtratie en biodepositie

In Tabel 1 is aangegeven hoeveel slib in de bak achterbleef op verschillende tijden tijdens de proef. Uit deze tabel blijkt dat onder alle omstandigheden seston in de bak achterbleef.

datum	tijd	in mg/l	uit mg/l	achtergebleven mg/l
21-9	10.20	17,2	13,5	3,65
	22.15	15,8	13,1	2,7
	24-9	14.15	19,8	17,1
25-9	15.30	14,6	12,4	2,2
26-9	8.40	17,4	17,1	0,25
	11.00	18,7	12,6	6,1
	15.20	15,3	9,6	5,65
	22.00	20,9	18,3	2,65
27-9	8.30	25,0	17,3	7,7
	11.30	17,9	13,1	4,8
28-9	8.12	23,2	19,3	3,95
1-10	8.10	32,7	26,65	6,05
3-10	13.15	27,9	19,4	8,5
8-10	8.00	23,0	15,1	7,9
	13.00	27,7	16,7	11,0

Tabel 1. Sestongehalten van in- en uitstromend water

Dit seston werd door de mosselen vastgelegd. Uit ongepubliceerde gegevens van het voormalig Mosselproefstation blijkt dat spontane bezinking in een bak zonder mosselen, maar gevuld met grind van vergelijkbare afmetingen als mosselen, te verwaarlozen is. Rekening houdend met de verschillende debieten gedurende de proef kan berekend worden dat 368 kg seston achterbleef. Dit komt neer op 24% van de aangevoerde hoeveelheid.

Na afloop van de proef werd op een aantal posities in de bak het bodemslib verzameld (Tabel 2). Door integratie kan berekend worden dat over het oppervlak van de mosselbank (200 m^2) ongeveer 493 kg slib achterbleef. Hieruit blijkt dat de budgetmethode (Tabel 1) een lagere waarde geeft, maar natuurlijk werd tussen de mosselen ook slib in de bak gebracht bij het begin van de proef.

positie	drooggewicht m^2
3 m	4760 g
13,5 m	2560 g
26,5 m	1800 g
37 m	1280 g

Tabel 2. De hoeveelheden bodemslib na afloop van de proef

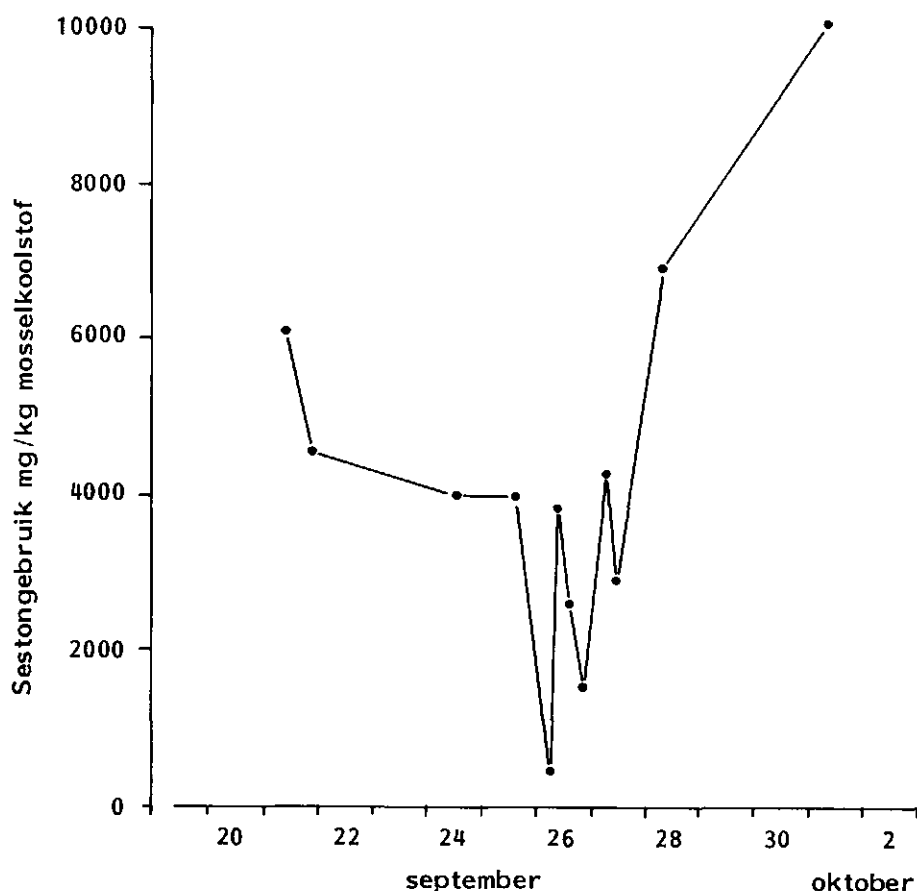


Fig. 10 De door de mosselen vastgehouden hoeveelheid slib.

Het sestongebruik per kg mosselkoolstof per uur is weergegeven in Fig. 10.

Ook voor Particulair Organische Koolstof kan een budgetberekening gemaakt worden (Tabel 3).

Gemiddeld bleef 37% in de bak achter. Door de grote fluctuaties in de POC- gehalten van het aangevoerde water is het niet mogelijk de totaal aangevoerde hoeveelheid POC nauwkeurig te berekenen. Voor de volgende berekening wordt een hoeveelheid van 5 kg/dag aangehouden. Uitgaande van een percentage van 37% bleef dus per dag 1,85 kg POC achter. Bij een mosselhoeveelheid van 307 kg (asvrijdrooggewicht) komt dat neer op 0,6% van het mosselgewicht. In de literatuur worden waarden van 2-20% gegeven (Heringa & De Vries 1985), en Winter (1978) geeft aan dat de "maintenance hoeveelheid" 3,5% van het lichaamsgewicht is. Het lijkt er dus op dat de mosselen niet voldoende voedsel binnenkregen om hun conditie op peil te

datum	tijd	in mg/l	uit mg/l	achtergebleven mg/l
21-9	10.20	0,9	0,55	0,35
	22.15	0,6	0,45	0,15
24-9	14.15	0,5	0,40	0,10
25-9	15.30	1,4	0,65	0,75
26-9	8.40	0,7	0,45	0,25
	11.00	0,45	0,38	0,07
	15.20	0,45	0,23	0,22
	22.00	0,6	0,23	0,37
27-9	8.30	0,5	0,35	0,15
	11.30	0,5	0,35	0,15
2-9	8.12	0,9	0,68	0,22
1-10	8.10	1,5	0,88	0,62

Tabel 3. POC-gehalten van in- en uitstromend water.

houden. In Tabel 4 wordt voor verschillende dagen tijdens de proef en verschillende plaatsen binnen de bak het gewicht aan mosselvlees per mossel weergegeven. Uit de tabel blijkt dat de mosselen aan het einde van de bak steeds een lager vleesgewicht hadden, maar er zijn te weinig monsters genomen om echt harde conclusies te trekken.

Bayne et al. (1976) gaan ervan uit dat mosselen 100% van de POC uit het door hen doorgepompte water verwijderen. Laanbroek (pers.med. in Stortelder 1985) heeft echter aangegeven dat \pm 45% van de POC kleiner is dan 3 μ . Dat materiaal wordt door mosselen maar beperkt gefiltreerd. Op grond van de in de bak achtergebleven hoeveelheid POC en de doorgestroomde hoeveelheid water stelde Heringa (1985) de "clearance rate" van de mosselen vast. Hij berekende dat 0,44 l water per gram mosselkoolstof per uur gefiltreerd werd. In de literatuur (Heringa & De Vries 1985) worden waarden gevonden van 4,0 tot 24,1 liter per uur. De

Datum	Positie	AVD (g per mossel)
25-09-84	3 m	0,52
	13,5 m	0,52
	26,5 m	0,51
	37 m	0,45
03-10-84	3 m	0,56
	40 m	0,49
08-10-84	3 m	0,53
	33 m	0,46

Tabel 4. Gemiddelde gewichten van individuele mosselen op verschillende plaatsen in de mosselbank.

laagste literatuurwaarde is al 9 keer zo hoog als de bij de proef gevonden waarde. De reden is waarschijnlijk een niet-homogene verdeling van particulier materiaal. Het lijkt erop dat de mosselen dicht bij de instroom de onderste waterlaag schoonfilterden zodat de mosselen verder stroomafwaarts voedselarm water aangeboden kregen. Door lage turbulentie en de laminaire stroming met hogere stroomsnelheden hoger in de waterkolom werd waarschijnlijk maar een klein deel van de beschikbare waterhoeveelheid door de mosselen benut.

3.3 Zuurstofgehalte

In Fig. 11 zijn de zuurstofgehalten van het water boven de mosselbanken weergegeven. Na het stilzetten van de watertoevoer op 1 oktober was overdag geen duidelijk effect op het zuurstofgehalte te zien, maar 's nachts daalde het zuurstofgehalte drastisch. De dag daarop steeg het zuurstofgehalte weer t.g.v. een sterke fotosynthese. Tijdens de aanpassingsperiode van 18 september tot 1 oktober had zich nl. een dichte mat van microalgen op de bodem van de bak en op de mosselen gevestigd. Zo'n dichte begroeiing komt onder normale omstandigheden in de

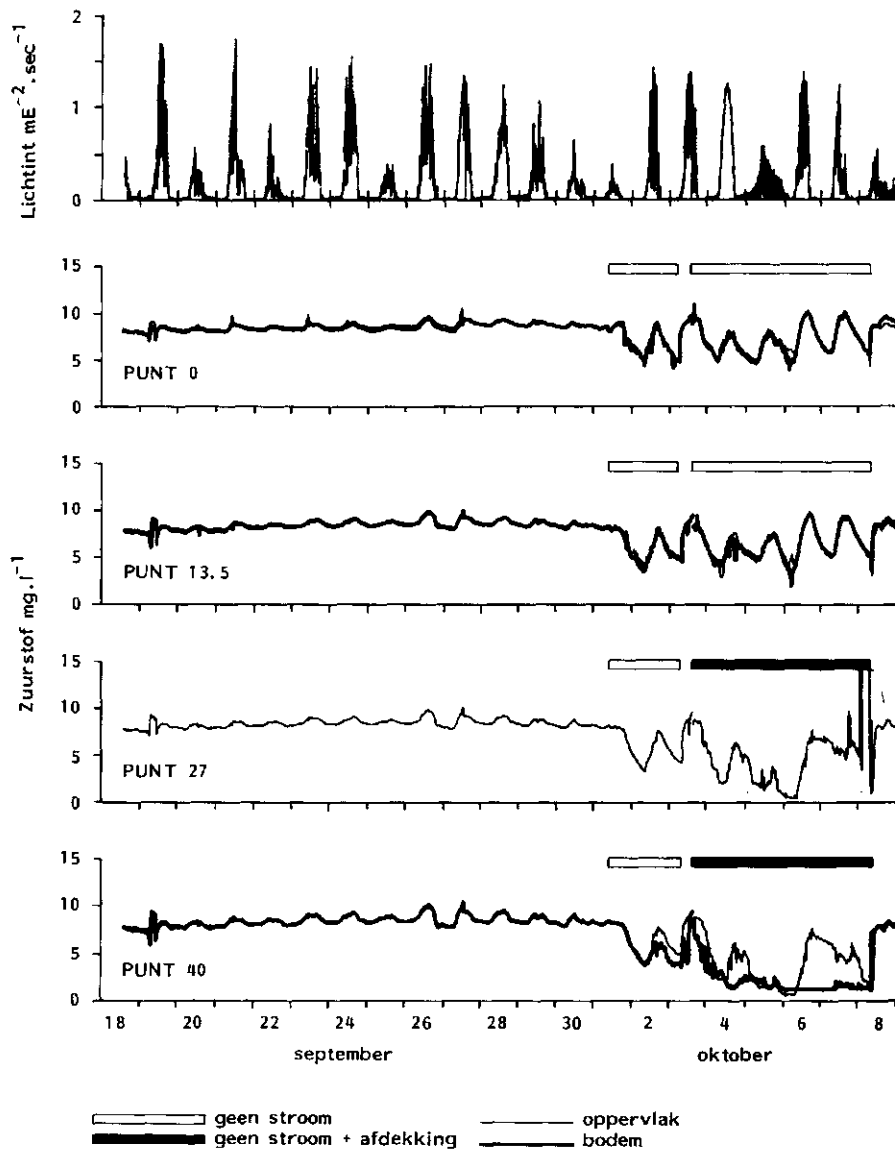


Fig. 11 De zuurstofgehalten op verschillende punten boven de mosselbank. Punt 0 is juist bovenstrooms van de mosselbank, de overige punten liggen op resp. 13,5, 27 en 40m van het begin van de bank.

Oosterschelde niet voor op grotere diepte. In de avond en nacht van 2-3 oktober is er weer sprake van een grote afname van het zuurstofgehalte.

Nadat de mosselen op 3 oktober weer enige tijd van vers water waren voorzien, werd de stilstandsproef herhaald. Om de invloed van zuurstofuitwisseling met de atmosfeer en fotosynthese uit te sluiten werd een deel van de bak (tussen 20 en 40 m) bedekt met zwart plastic. De gevolgen voor het zuurstofgehalte zijn zeer duidelijk voor de punten 27 en 40 (Fig. 11). Bij de bodem werd het water nagenoeg zuurstofloos. Bij het oppervlak echter steeg overdag de zuurstofconcentratie ook onder het zwarte plastic. Blijkbaar liet het plastic nog voldoende licht door voor enige primaire produktie in de oppervlaktelaag. Na beëindiging van de proef op 8 oktober bleek dat tussen punt 20 en 40 alle zeesterren en krabben dood waren. De mosselen stonden zeer ver open, maar nadat er zuurstofrijk water was doorgestroomd sloten ze weer en werd er geen sterfte geconstateerd.

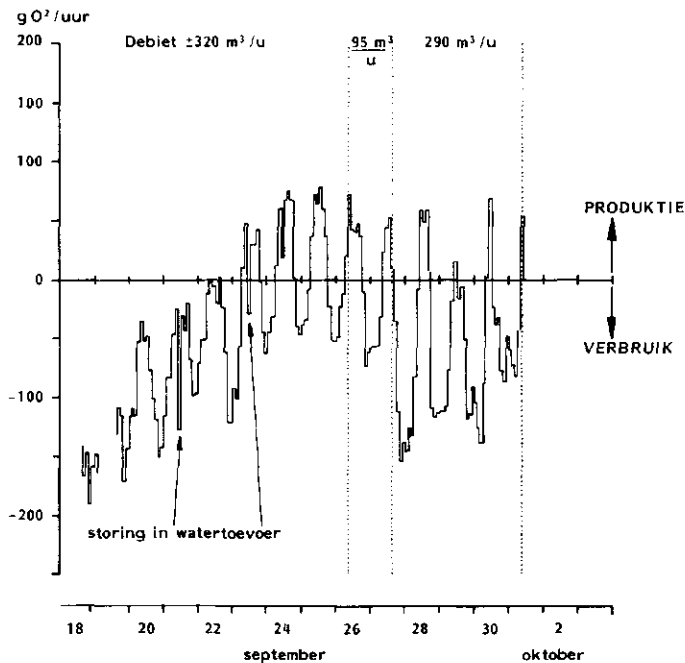


Fig. 12 Het verbruik en de produktie van zuurstof in de proefbak.

Uit de verschillen in zuurstofgehalten tussen punt 0 en 40 in de periode dat water over de mosselbank stroomde kon het metabolisme van de bak

berekend worden door de formule: $\text{produktie} = \text{debiet} \times \text{zuurstofgehalte uitstroom} - \text{zuurstofgehalte instroom}$ (gecorrigeerd voor doorstroomtijd). Het gaat dus uitdrukkelijk om het metabolisme van de hele bak, d.w.z. het verbruik door de mosselen en afbraakprocessen en de produktie door fytoplankton en fytobenthos. Het effect van diffusie van lucht naar water is niet in de berekening betrokken omdat de zuurstofconcentraties niet sterk afweken van de verzadigingswaarde. De resultaten van de berekening zijn weergegeven in Fig.12. Uit de figuur blijkt dat gedurende de eerste dagen van de proef zowel overdag als 's nachts zuurstof verbruikt werd. Overdag was het totale zuurstofverbruik lager t.g.v. primaire produktie in de waterkolom. Na enkele dagen wordt overdag netto zuurstof geproduceerd. In eerste instantie zou men dat verklaren door een hogere primaire produktie t.g.v. in de bak ontwikkelde benthische algen, maar uit de figuur blijkt dat de zuurstofconsumptie 's nachts steeds meer afneemt. De verschillen tussen dag en nacht blijven van 18-26 september ongeveer hetzelfde. De verklaring van de oplopende trend in de figuur lijkt dus te liggen in de verminderde zuurstofopname. Ter verklaring hiervan kan en tweetal hypothesen gesteld worden:

1. Bij het begin van de proef was een aantal dode dieren aanwezig die door rottingsprocessen veel zuurstof verbruikten.
2. De mosselen adapteren langzaam aan een situatie van voedselschaarste en gaan dan minder zuurstof verbruiken.

Welke van deze hypothesen juist is zal nader onderzocht moeten worden.

Uit Fig. 12 blijkt dat rond 24 september een stabilisatie in het zuurstofverbruik optreedt met misschien een geringe toename bij de vermindering van de watertoevoer. In de nacht van 27-28 september na het verhogen van de watertoevoer, en daarmee dus ook de hoeveelheid beschikbaar voedsel, nam het zuurstofverbruik echter drastisch toe, om daarna weer een afnemende trend te vertonen tot 1 oktober. Wel waren in die periode de verschillen tussen dag en nacht groter dan bij het begin van de proef. Dit kan verklaard worden door toename van de hoeveelheid benthische algen in de proefbak.

Ook bij stroomstilstand werd het zuurstofverbruik berekend door het zuurstofgehalte te vergelijken bij de metingen die met 20 minuten tussenpozen gedaan werden. De berekeningen zijn uitgevoerd voor intervallen van 2 uur voor metingen bij de bodem. De waarden zijn uitgedrukt in $\text{mg O}_2 / \text{l/uur}$ (Fig. 13), maar omdat niet nagegaan kan worden wat de dikte van de waterlaag is waarvoor de zuurstofgehalte gelden, kunnen de resultaten in Fig. 13 alleen relatief bekeken worden. In de bodemlaag wordt na stilzetten van de stroom op 1 oktober een klein zuurstofverbruik gemeten.

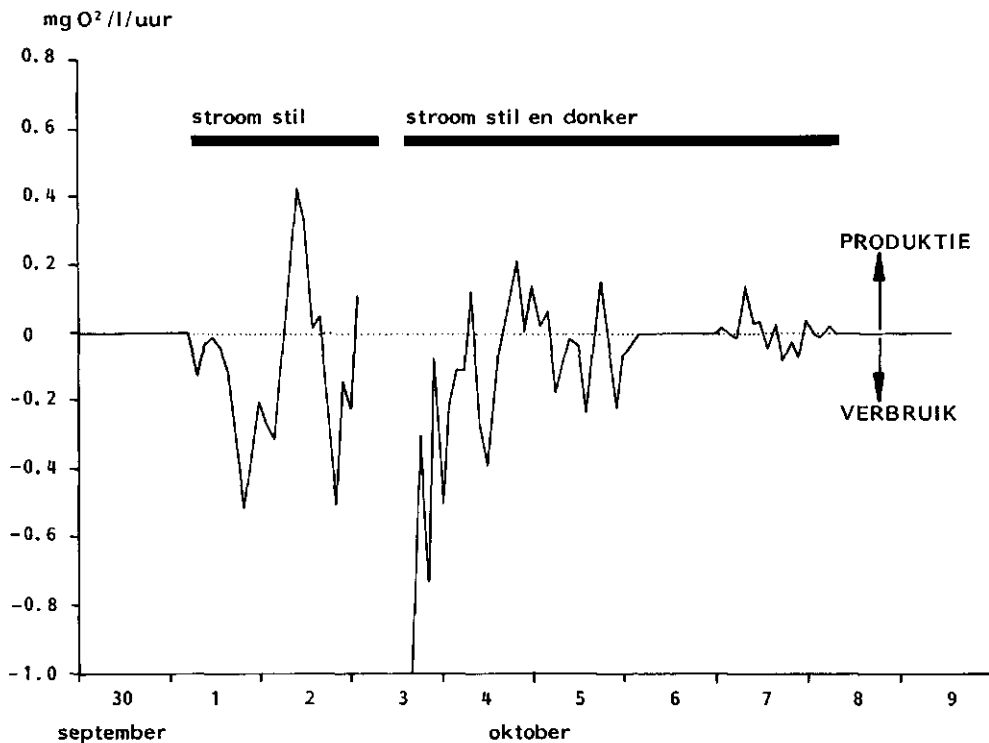


Fig. 13 De zuurstofhuishouding in de proefbak bij stroomstilstand.

In de nacht van 1 op 2 oktober en van 2 op 3 oktober is het verbruik ongeveer $0.5 \text{ mg O}_2 / \text{l/uur}$. Overdag is er voldoende primaire produktie om Een netto zuurstofproduktie te leveren. Op 3 oktober wordt het water na even doorstromen opnieuw stilgezet, maar dan wordt tevens een deel van de bak met plastic bedekt. Het zuurstofverbruik is dan 1 mg/l/uur , maar het neemt daarna langzaam af. De pieken moeten ongetwijfeld verklaard worden door menging met relatief zuurstofrijk oppervlaktewater, maar de trend kan alleen verklaard worden door het feit dat de bodemlaag nagenoeg zuurstofloos wordt (Fig. 11) waardoor de mosselen overschakelen op anaërobe ademhaling en geen zuurstof meer verbruiken.

4. DISKUSSIE

Uit de proef blijkt duidelijk dat de zuurstofgehalten zeer drastisch afnemen als de stroom boven een mosselbank wegvalt. Het gevonden resultaat komt overeen met berekende verminderingen (Verhagen, pers.med., Swart 1985). Het bedekken met plastic bracht wel een aantal artefacten met zich mee. Op de zeer zonnige dagen b.v. 3, 4 en 6 oktober werd het water direct onder het plastic sterk opgewarmd. Hierdoor trad een duidelijke gelaagdheid van de waterkolom op. Omdat er toch nog enig licht door het plastic viel en er kleine openingen in zaten bij de zuurstofmeters, was er overdag toch een geringe fotosynthese in de bovenlaag. 's Avonds vond afkoeling plaats waardoor het water mengde en het zuurstofgehalte in de gehele waterkolom zeer laag werd, alhoewel het bij de bodem een fractie hoger werd.

De ernst van de situatie wordt duidelijk gedemonstreerd door de gegevens van 5 oktober. Op deze sombere dag zonder zon was het water onder het plastic bij punt 40 nagenoeg anaëroob. Bij punt 27 werd aan het oppervlak nog wel wat zuurstof gemeten, maar dat was waarschijnlijk het gevolg van de stormachtige wind en de opening in het plastic bij de zuurstofmeter. Gedurende de rest van de proef bleef het water bij de bodem onder het plastic nagenoeg zuurstofloos.

Het zuurstofverbruik bedroeg 's nachts 100-150 g per uur voor de hele bak (Fig. 12). Uitgaande van een mosselpopulatie van 307 kg AVD komt dit neer op 0,325 mg O_2 per g AVD. De Vooy's (1976) vond een zuurstofverbruik van 0,09 mg/g vers gewicht. Dit komt overeen met ongeveer 0,45 mg/g AVD. Nixon e.a. (1971) vonden afhankelijk van de stroomsnelheid 0,1-1,4 mg O_2 per gram droogvleesgewicht.

In tegenstelling tot een natuurlijke situatie kreeg een algenmat gelegenheid zich te ontwikkelen. Daardoor ontstond overdag een grote zuurstofproduktie. In het model van Swart (1985) moest een primaire produktie van 3,0 g C/m^2 dag aangehouden worden om de modelresultaten te laten kloppen met de werkelijk gemeten zuurstofconcentraties.

De lange aanloopperiode, waarin de algen zich ontwikkelden, was gekozen om te voorkomen dat de resultaten beïnvloed zouden worden door de zuurstofconsumptie van rottende mosselen. Bij het vissen en vervoeren van mosselen is er namelijk altijd een aanzienlijke sterfte.

Bij het vertalen van de resultaten naar de Oosterscheldesituatie moet rekening worden gehouden met de in deze proef opgetreden overmatige

algengroei. Ook zullen in de zomer de effecten bij hogere temperaturen ernstiger zijn. Allereerst is er dan minder zuurstof aanwezig in het water, bovendien gebruiken de mosselen bij 180° C wel 50% meer zuurstof dan bij 120° C en in de periode maart-juli tijdens de voortplanting en het herstel daarvan kan de zuurstofconsumptie wel twee maal zo hoog zijn als tijdens de proef (De Vooy 1976).

Als uitgegaan wordt van een pompsnelheid van 5 l/g mosselkoolstof/ uur³ betekent dit dat de hele mosselbank (122,8 kg C) per uur ongeveer 600 m³ water kon filteren. Uit de verbruikscijfers van POC en seston kon afgeleid worden dat van het door de bak stromende water door beperkte turbulentie slechts 25-30% met de mosselen in contact kwam. Een waterhoeveelheid van minimaal 1200 m³/uur was dus nodig geweest voor een optimale voedselvoorziening. De aangevoerde hoeveelheid was echter minder dan 1/5 hiervan. Het lijkt dus waarschijnlijk dat er een voedseltekort was voor een groot deel van de mosselbank. Widdows (1973) gaat ervan uit dat in zo'n geval de mosselen minder actief worden waardoor de zuurstofopname zakt tot 50% van de normale waarde.

Bovendien moet opgemerkt worden dat bij de bank in de stroomgoot geen sliblaag onder de mosselen aanwezig was. Deze laag komt onder natuurlijke omstandigheden wel voor, en vertoont een aanzienlijk zuurstofverbruik. Ook zullen in de Oosterschelde op verwaterpercelen, met name na het transport vanuit de Waddenzee, aanzienlijke hoeveelheden dode mosselen voorkomen die veel zuurstof verbruiken.

Wat dat betreft zullen de effecten die bij deze proef gevonden zijn gedurende de nacht en onder plastic, ernstiger zijn wanneer in de Oosterschelde de storm wegvalt. Daar staat tegenover dat de gemiddelde mosseldichtheid op percelen lager is dan in de proefbak. Lokaal kunnen binnen een perceel wel hogere dichtheden voorkomen. Er kan dan ook geconcludeerd worden dat bij geheel wegvallen van de stroom grote delen van de bodem na korte tijd zuurstofloos kunnen worden en dat in die gebieden veel organismen dood zullen gaan. De stroom in de Oosterschelde zal echter nooit geheel wegvallen zodat altijd wel wat zuurstofrijker water aangevoerd wordt. Hoe lang de mosselen zelf anaëroob kunnen leven, is nog niet duidelijk. Zodra de mosselen doodgaan, zullen de rottingsprocessen zulke grote hoeveelheden zuurstof verbruiken dat ook na terugkeer van een normaal getijdenritme de gevolgen op dit moment niet te voorspellen zijn.

SAMENVATTING

Zuurstofgehalten werden gemeten in een stroomgoot waarin een kunstmatige mosselbank was aangelegd. Door afsluiten van de watertoevoer werd sluiting van de stormvloedkering nagebootst. De zuurstofgehalten boven de bank daalden drastisch en bij uitsluiting van fotosynthese trad zeer snel zuurstofloosheid op. Geconcludeerd wordt dat sluiting van de stormvloedkering bij rustig weer ernstige gevolgen kan hebben voor het Oosterscheldemilieu. In de praktijk zal dit afhankelijk zijn van de reëel optredende stroomsnelheden, de uitgestrektheid van de percelen, de mosseldichtheid en het zuurstofverbruik door het bodemslib.

SUMMARY

The storm surge barrier in the Eastern-Scheldt can also be closed under non-storm conditions. Under these circumstances current speeds will decrease drastically. An investigation was carried out in order to study the effect of decreased current speeds on the oxygen levels above the commercially important mussel cultures.

It was shown that oxygen levels above the mussels decreased to almost zero within two days if primary production was excluded. Many organisms died, but mussels were able to survive the anaerobic conditions for at least four days.

LITERATUUR

- Dankers, N., M.Binsbergen, K.Zegers, R.Laane & M.Rulgers van der Loeff
1984. Transportation of Water, Particulate and Dissolved Organic and
Inorganic Matter between a Salt Marsh and the Ems-Dollard Estuary, The
Netherlands Est.,Coatsal and Self Science 19: 143-165
- Bayne, B.L. (ed), 1976. Marine mussels, their ecology and physiology.
Cambridge Univ. Press, London.
- Heringa, J. & I. de Vries, 1985. The influence of suspension feeding
bottom fauna on nutrient cycling: data analysis and preliminary
calculation Intern rapport Waterloopk. Lab. ML-77 WABASIM-SALT.
- Laane, R.w.p.m. 1980 Conservative behaviour of dissolved organic carbon
in the Ems-Dollard estuary and th western Wadden Sea Neth.J.Sea Res.
14: 192-199
- Nixon, S.W., C.A. Oviatt, C. Rogers & K. Taylor, 1971. Mass and
metabolism of a mussel bed. Oecologia 8: 21-30.
- Stortelder P.B.B., 1985. De koolstofbalans in de Oosterschelde.
Interviewrapport. Balans 1985-11: 59.
- Swart, J., 1985. De zuurstofhuishouding boven een mosselperceel.
Doctoraalverslag theoretische biologie; vakgroep Dierfysiologie RUG,
Haren, 61 p + bijlage.
- Vooy's, C.G.N. de, 1976. The influence of temperature and time of year on
the oxygen uptake of the sea mussel *Mytilus edulis*. Mar. Biol. 36:
25-30.
- Widdows, J., 1973. Effect of temperature and food on the heart beat,
ventilation rate and oxygen uptake of *Mytilus edulis*. Mar. Biol. 20:
269-276.
- Winter, J.E., 1978. A review on the knowledge of suspension-feeding in
lamellibranchiate bivalves, with special reference to artificial
aquaculture systems. Aquacult. 13: 1-33.