

DIENSTEN VAN DE VLAAMSE EXECUTIEVE
OPENBARE WERKEN EN VERKEER

BESTUUR DER WATERWEGEN EN VAN HET ZEEWEZEN
DIENST DER KUST

HAVEN TE OOSTENDE - SPUIKOM
STUDIE-KRIJTBEHANDELING SLIB
DOSSIER NR. 85.110

113863

VLIZ (vzw)
VLAAMS INSTITUUT VOOR DE ZEE
FLANDERS MARINE INSTITUTE
Oostende - Belgium

VOORSTUDIE

APRIL 1991

Art. 2.3.2.a

Dr. A. BASTIN



INSTITUUT VOOR ZEEWETENSCHAPPELIJK ONDERZOEK (VZW)
Prinses Elisabethlaan 69
B-8450 Bredene

INHOUD

1. Inleiding
2. Het probleem van de Spuikom
3. De opgetreden schade
4. De vroeger voorgestelde maatregelen om tot een herstel van de Spuikom te komen
5. Het voorstel aan de Diensten van de Vlaamse Executieve, Openbare Werken en Verkeer
6. Oorsprong van de methode
7. Ervaringen in het buitenland
 - . Frankrijk
 - . Duitsland
8. De toestand in België
9. Het krijt, eigenschappen
10. De sanerende werking van het krijt
 - . de fysische werking
 - . de scheikundige werking
 - . de bakteriële werking
11. Doseringen, tijdstippen en periodiciteit van de krijtaanwendungen
12. De krijtdispersiemethoden

"C'est simple, ce n'est pas cher et ce n'est ni américain, ni japonais, alors ça n'intéresse personne..."

Jean-Guy Faugères, Directeur du Laboratoire municipal de Bordeaux. Le Point no. 437, 2 feb. 1981.

1. INLEIDING

De toepassing van natuurlijk krijt als sanerings- en ontslibbingsmiddel voor slibrijke onderwaterbodems was reeds bekend sinds 1957. Bij toeval kwam toen bij graafwerken langs de rivier de Avon in het zuiden van Engeland, een hoeveelheid krijt van de ondergrond terecht in de rivier. Een tijdje nadien bleek de aangeslibde en bevuilde rivier ontslibd en gezuiverd te zijn. Na de eerste praktische toepassingen in Engeland werd de methode ook bekend in Frankrijk.

In 1981 waren er weliswaar al een 200-tal experimenten uitgevoerd in Frankrijk, maar toch sprak directeur Faugères van het "Laboratoire municipal de Bordeaux" zijn verwondering uit dat niet meer naar deze eenvoudige en goedkope methode gegrepen werd.

Onderwaterbodems die voor een groot gedeelte met organisch materiaal aangeslibd zijn liggen er met duizenden. Steeds meer daarvan verziekten door vervuiling, waardoor de waters een probleem werden voor de volksgezondheid. In alle gemeenten en steden die met deze problematiek te maken kregen werd vergaderd en zocht men naar oplossingen. Meestal werd voor de traditionele methodes geopteerd zoals uitgraven of baggeren waarbij het rotte of verziekte slib van de bodems verwijderd wordt. In de meeste gevallen bleef het bij de besprekingen en vergaderingen omdat de konklusie veelal luidde dat deze traditionele ingrepen te duur uitkwamen voor de lokale budgetten en dat er andere prioriteiten waren. Deze prioriteiten liggen gewoonlijk op economisch of politiek gevoelig vlak zodat alleen de economisch en politiek belangrijke waters behandeld werden. Zo komt het dat de meeste vervuilde waters en onderwaterbodems nog steeds op een behandeling liggen te wachten. Dit was en is nog steeds zo in Frankrijk en in andere landen. De zeer eenvoudige en goedkope methode van een krijtbehandeling, die bewezen heeft van in meer dan 70% van de gevallen efficiënt te werken, is meestal niet bekend. In honderden gevallen waar ze wel voorgesteld werd als alternatief kreeg ze tegenkanting vanwege belanghebbenden in andere methodes of werd ze op scepticisme onthaald. Dikwijls werd het voorstel van de hand gewezen en in andere gevallen op de lange baan geschoven. Vandaar de verbazing van de heer Faugères die als directeur van het stadslaboratorium van Bordeaux reeds dikwijls met zijn laboratorium de controles en analyses had moeten doen en dus getuige was dat deze methode in meer dan 70% van de gevallen gewerkt had. In andere gevallen waar ze niet gewerkt had, had men te doen met waters waar de scheikundige vervuiling alle leven gedood had en er bij lagen als scheikundige stortplaatsen. Doch ook op die plaatsen hielp ontgraven of baggeren ook niet of verplaatste men het probleem naar een andere stortplaats. Het uitgraven van een dode put brengt op zichzelf geen leven terug in het milieu.

De grote handicap van een eenvoudige krijtbehandeling en de kern van de zaak waarom zo weinigen er zich achter zetten is het feit dat bijna niemand er goed geld kan aan verdienen. Krijt kan iedereen krijgen, de prijs is laag en voor de producenten zijn het voorsnog relatief geringe hoeveelheden.

Wellicht zal in de toekomst de interesse voor de methode groeien. De reglementering voor het storten van bevulde specie wordt steeds strenger en de te nemen maatregelen maken het ophalen, transporteren, behandelen en storten van bevulde materie steeds duurder. Daardoor komt het saneren van onderwaterbodems in situ steeds meer in de belangstelling. Verschillende ondernemingen beginnen brood te zien in methodes om de specie ter plaatse te behandelen. Vooral de biochemische methodes met cultuur bacteriën steken het hoofd op. Hierbij verteren de op verschillende manieren geïnjecteerde bacteriën vooral de organische bestanddelen van het onderwaterslib, waardoor een mineralisatie optreedt en zodoende ook een fixatie van elementaire pollutanten.

De methodes met geproduceerde bacteriën zijn niet goedkoop doch de discrepantie tussen de prijs die voorgesteld wordt voor een behandeling in situ en de prijs van gans het grondverplaatsingsproces van ophalen, transporteren, behandelen en storten is beduidend groot zodat een opdrachtgever goede redenen zou krijgen om de in situ methode te verkiezen. Hierachter staat een ganse marketingmachine. Enerzijds wordt een intensieve promotie gemaakt van de eigen produkten en systemen en anderzijds slooft men zich uit om bij de mogelijke opdrachtgevers de effecten en de werking van een eenvoudige methode als een krijtbehandeling te minimaliseren of te verdraaien als iets totaal anders zijnde. Zo is er de regelmatig voorkomende, al of niet opzettelijke, verwarring van krijt met kalk waarbij het laatste een zeer agressief basisch produkt is dat bakteriëndodend is terwijl het krijt bakteriënstimulerend werkt.

Tenslotte is een biochemische bewerking met bacteriën op een drager en een krijtbehandeling wezenlijk niet zo veel verschillend. Alleen de benadering van hetzelfde effect is iets verschillend. Het nagestreefde resultaat van beide methodes is een vertering van het organisch materiaal en de mineralisatie van het slib. De werking van krijt is ook wezenlijk een biochemisch proces. Er is een vlug fysisch effect op het water en slib en daarbij komt een chemische werking. Maar voor 80% is de sanerende werking van krijt toe te schrijven aan de geactiveerde bakteriologische werking. In het ene geval betaalt men voor gekweekte bacteriën, in het andere geval activeert men de in de natuur aanwezige bacteriën door ze een goede voedingsbodem te geven. Wie dit laatste betwijfelt moet weten dat in de landbouw het bacteriën stimulerend effect van krijt reeds van oudsher bekend is. Iedere tuinder weet dat voor een goede kompostering een hoeveelheid krijt of een andere vorm van calciumcarbonaat aan de komposthoop moet toegevoegd worden. Dit krijt geeft aan de kompost de ideale pH en het ideale substraat voor de ontwikkeling van de nitrifiërende bacteriën. Indien men de werking wil vervluggen dan koopt men een bus krijt met... bacteriën die reeds lang in de handel voorhanden zijn.

Voor zeer specifieke bacteriën die zeer specifieke bevuilingsprodukten afbreken is er zeker een belangrijke taak voor de toekomst weggelegd. Voor moeilijk reversibele milieus kan eventueel een combinatie van krijt met geproduceerde bacteriën gebruikt worden. Maar voor de grote meerderheid kunnen de reversibele milieus met krijt alleen behandeld worden.

Het grote voordeel van een gewone krijtbehandeling voor onderwaterbodems is wel dat het zo goedkoop is en dat het meestal werkt zonder meer. Zodoende moeten vele verziekte waters niet blijven wachten op belangrijke budgetten voor het toepassen van traditionele methodes zoals grondverzet of de nieuwe veel duurdere biochemische behandelingen.

De Spuikom in Oostende verkeerde ook in dergelijk geval. De vervuiling bestond er reeds lang en zeer vlug vroeg men naar een ingreep gezien de

zienderogen vlugge achteruitgang van de vroeger bloeiende oesterkultuur. Een speciale wetenschappelijke commissie hield zich met dit probleem reeds bezig van midden de jaren zeventig en stelde verschillende oplossingen voor. Doch steeds stuitte men op het probleem van de hoge kosten gezien de grote te behandelen oppervlakte van 80ha. De belangrijke budgetten werden steeds prioritair opgebruikt voor de economisch belangrijke waters van Oostende, de havenkommen. Daarom werd tenslotte het voorstel gedaan om met een krijtbehandeling op een goedkope manier toch een poging te doen om deze plas terug gezond te maken. Daar het de eerste grote toepassing betreft in België wordt het experiment begeleid door verschillende laboratoria van de Vlaamse universiteiten, lid van het IZW0 en door de VMZ, om op een objectieve manier uit te maken in welke mate het krijt zal helpen.

2. HET PROBLEEM VAN DE SPUIKOM (rapport IZW0 ad hoc Commissie Eutrofiëring Spuikom, 1985, rapporteur L. Thielemans)

Tijdens de voorbije jaren is de Spuikom te Oostende op biologisch gebied sterk achteruitgegaan. Verscheidene diersoorten die vroeger talrijk aanwezig waren zijn nu verdwenen, de oesterkultuur is volledig stilgevallen en een massale ontwikkeling van bepaalde zeewieren zijn de tekenen van een totaal verstoord biologisch systeem.

De oorzaken van deze achteruitgang moeten we in het nabije verleden zoeken; het is een proces dat reeds jaren aansleept maar waarvan het effect recent tot katastrofes heeft geleid.

De vervuiling van de Spuikom treedt reeds op in de jaren zestig op het ogenblik dat er moeilijkheden ontstaan met de oesterkweek van het bedrijf Halewyck. Ten behoeve van de oesterkweek en later voor de installaties van de marikultuur gevestigd in de IZW0-laboratoria moet het water van de Spuikom regelmatig afgelaten worden en vervangen door vers havenwater. Dit verversen van het water vormt de belangrijkste oorzaak van de teloorgang van de Spuikom. De kwaliteit van dit water wordt met de jaren steeds slechter; het is een mengsel van haven-, Noord-Ede- en kanaalwater die allen beladen zijn met industriële en huishoudelijke afvalstoffen. De achterhaven staat in open verbinding met de Noord-Ede en wordt door sluizen ter hoogte van Sas-Slijkens gescheiden van het kanaal Brugge-Oostende. Bij eb worden één of meerdere sluizen geopend om wateroverlast in het kanaal te vermijden. Bij het lozen van dit water in de haven drijft het vervuilde water enigszins boven het zwaardere, zoute havenwater. Bij het vullen van de Spuikom mengen deze waterlagen zich en een watermengsel met middelmatig zoutgehalte maar beladen met voedingsstoffen en toxische stoffen wordt in de Spuikom binnengetrokken.

De laatste jaren zijn de grote sluizen aan de haven van Oostende en één van de drie Noord-Ede sluisjes lek. Bij laag tij stroomt meer water uit de Spuikom dan er met hoogtij instroomt waardoor het waterpeil in de Spuikom langzaam daalt. Men is bijgevolg verplicht het waterniveau regelmatig te verhogen (o.a. voor de zeilaktiviteiten van het BLOSO).

Deze voortdurende watertoevoegingen hebben vooral in de lente en zomerperiode, mede doordat de Spuikom ondiep is, tot gevolg dat de voedingsstoffen, opgelost in het water (vooral opgeloste anorganische stikstof en fosfaat verbindingen) opgenomen worden door micro- en macrowieren die hierdoor een massale bloei gaan kennen. De laatste jaren zijn inderdaad uitzonderlijke planktonbloeien waargenomen en hebben verscheidene zeewieren, waaronder de gekende zeesla, een enorme groei gekend; in die

mate zelfs dat deze laatste de volledige bodemoppervlakte en het daarbovenstaande water heeft ingenomen.

Deze massale wiergroei heeft voor gevolg dat grote zuurstofschommelingen zich voordoen met hoge waarden tijdens de dag en lage tijdens de nacht. Daaraan gekoppeld stijgt de zuurtegraad van het water tot waarden die noodlottige gevolgen hebben voor alle organismen van de plas waaronder de aldaar gekweekte oesters, die in dergelijke situaties in allerijl uit de Spuikom moeten verwijderd worden. In de late zomer, bij het afsterven van de wieren, treden bovendien rottingsverschijnselen op die het zuurstofgehalte van het water opnieuw doen dalen en voedingsstoffen terug in de waterkolom en in de sedimenten brengen. Deze worden tijdens deze periode dan ook in hoge concentraties gemeten.

In al deze uitzonderlijke slechte omstandigheden beschikt men slechts over één noodoplossing die een kortstondige verbetering van de waterkwaliteit inhoudt, namelijk het Spuikomwater aflaten en opnieuw vullen met havenwater. Konkreet komt dit er op neer dat de slechte toestand van het water moet verbeterd worden met water dat precies aanleiding geeft tot deze slechte toestand. Na de verversing van het water kan het hierboven beschreven proces opnieuw herbeginnen.

De herhaalde inbreng van voedingsstoffen zal er op lange termijn toe leiden dat de Spuikom evolueert tot een onevenwichtig biotoop waarin geen leven meer zal mogelijk zijn en dat bovendien een gevaar kan gaan betekenen voor de volksgezondheid. Wil men de Spuikom redden dan moeten onmiddellijk maatregelen getroffen worden om de schade te beperken.

3. DE OPGETREDEN SCHADE (rapport IZWO ad hoc Kommissie Eutrofiëring Spuikom, 1985, rapporteur L. Thielemans)

Deze valt niet te onderschatten:

op EKONOMISCH GEBIED

- A. De oesterkweek in de Spuikom die tientallen jaren een internationale reputatie genoot, was sedert het eind van de jaren 60 alleen nog beperkt tot het opkweken van ingevoerd oesterbroed. De slechte waterkwaliteit verhinderde de natuurlijke voortplanting van de oesters en in bepaalde jaren werden door de massale ontwikkeling van de zeewieren talrijke oesters verstikt. Dit bracht voor het bedrijf Halewyck verliezen teweeg. Sinds een 7 à 8 tal jaar werd de commerciële oesterkweek volledig stil gelegd en thans blijkt dat een oesterkweek niet langer kan doorgaan. De Spuikom heeft zijn rol als oesterput volledig verloren. Het feit dat deze dieren uit het systeem verdwenen zijn heeft een onmiddellijke biologisch invloed. Oesters filteren het water en halen hieruit hun voedsel dat vooral bestaat uit mikroskopische wiertjes. Het totaal aantal wiertjes in het water ligt bijgevolg veel hoger en is o.a. één van de redenen die tot de recente grote planktonbloeien heeft geleid. Daarnaast moet de firma Halewyck water binnenpompen voor hun installaties die naast weekdieren ook andere dieren (kreeften) levend houden. Met de slechte kwaliteit van het water bestaat echter het risico op grote verliezen.

B. De experimentele oesterkweek die tot 1982 in het IZW0 sterk werd uitgebouwd door het Laboratorium voor Marikultuur van Professor Persoone (RUG) heeft zeer veel hinder ondervonden van de slechte waterkwaliteit. Meer dan eens dienden de uitgezette schelpdieren uit de Spuikom te worden verwijderd gezien het gevaar van afsterven (één sterfte in 1980 bracht een potentieel verlies op van 200 000fr.); terwijl de pilootinstallatie gevestigd in de IZW0-laboratoria voortdurend water van de Spuikom moest gebruiken. Gedurende de slechtste periodes werden dan ook alle werkzaamheden stil gelegd om alle grote schade te vermijden en werden de proefdieren in allerijl, indien nog mogelijk, ter overleving overgebracht naar andere plaatsen langs de Belgische kust (o.m. De Haan).

Enkele alternatieven werden onderzocht om zuiverder zeewater te bekomen. Zo werd er geboord naar ondergronds zeewater dat op 25m diepte in de veenlagen aanwezig was. Dit water echter was te rijk aan ammonium en ijzer en bijgevolg eveneens ongeschikt voor de kweek. Een ander alternatief bestond erin een installatie op te richten in Knokke-Heist en zeewater via een pijplijn binnen te pompen. Dit leek bij nader onderzoek ook niet te kunnen doorgaan. Dit alles resulteerde in het feit dat in 1982, de einddatum van het kweekproject, beslist werd geen enkel onderzoek nog verder te zetten in de Spuikom zolang geen betere waterkwaliteit kon gegarandeerd worden. De inzet en de ervaring die hier werd opgedaan door een tiental onderzoekers dreigt helemaal verloren te gaan!

op WETENSCHAPPELIJK GEBIED

Vanaf 1937 tot heden is de Spuikom het onderwerp geweest van verschillende biologische onderzoekingen. Zijn ondiep karakter, de afwezigheid van getijden en zijn relatief gering aantal soorten zijn de grote voordelen van deze unieke zeewaterplas om experimenten uit te voeren, stalen te nemen en om fundamenteel wetenschappelijk onderzoek op marien biologisch gebied te verrichten. De verschillende Vlaamse universiteiten hebben er in projecten van het Nationaal Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek, het Instituut tot Aanmoediging van het Wetenschappelijk Onderzoek in Nijverheid en Landbouw en Ministerie van Wetenschapsbeleid, onderzoek verricht op het gebied van het plankton (VUB, Prof. Polk; RUCA, Prof. Declerck; RUG, Prof. Vander Veken), marikultuur (RUG, Prof. Persoone), viskweek (KUL, Prof. De Bont, Prof. Ollevier; VUB, Prof. Polk), biologisch onderzoek van bodemdieren (RUG, Prof. De Coninck, Prof. Coomans, Dr. Heip).

Voor de periode 1977-80 werden een tiental onderzoekers tewerkgesteld en bedroeg de subsidiëring meer dan 34 miljoen. Het belang van deze wetenschappelijke activiteiten wordt geaccentueerd door het feit dat in totaal 64 wetenschappelijke publikaties verschenen zijn in binnenlandse en internationale tijdschriften, er tientallen technische rapporten werden opgemaakt, vier doktoraatsverhandelingen en een twintigtal licentiaatsverhandelingen.

In deze onderzoeken is niet alleen de Spuikom zelf als biotoop onderzocht, maar werd deze plas ook gebruikt als een groot laboratorium waarin nieuwe technieken en wetenschappelijke apparaten werden uitgetest en op punt gesteld. Deze rol moet de Spuikom in de toekomst kunnen blijven vervullen. Door de verslechterde toestand echter komen de lopende onderzoeken in het gedrang en is men verplicht uit te wijken naar andere biotopen of instituten zoals de Noordzee, het Delta Instituut van

Yerseke (NL), NIOZ (Texel, NL), Stareso (Calvi, Corsica) wat gepaard gaat met sterk verhoogde reis-, verblijf- en transportkosten. Momenteel worden bijna geen projecten meer op touw gezet waarin de Spuikom een centrale rol speelt. Indien we er echter in slagen de kwaliteit van de Spuikom te verbeteren zullen de Vlaamse universiteiten hun belangstelling voor deze brakwaterplas blijven behouden en kunnen zij nieuwe projecten (= tewerkstelling) stimuleren.

op DIDAKTISCH GEBIED

Naast de zuiver wetenschappelijke waarde bezit de Spuikom een belangrijke didaktische waarde. Jaarlijks grijpen er stages plaats voor studenten van de verschillende universiteiten en worden de leerlingen van het middelbaar onderwijs rondgeleid om kennis te maken met de mariene biologie. In ons land vormt de Spuikom de enige ondiepe zee-waterplas die gemakkelijk toegankelijk is; met aanwezige IZWO-laboratoria is het een ideale plaats om met enkele aspecten van de mariene fauna en flora in contact te komen. De kans is echter reëel dat we binnen korte tijd niets meer zullen kunnen tonen... Vermelden we nog dat ook op veldornitologisch vlak de Spuikom een groot didaktisch belang bezit. Gedurende de vogeltrekperiodes is dit gebied een voor de Belgische kust unieke pleisterplaats voor doortrekkende, dikwijls zeldzame watervogels, die vanop de omringende dijk gemakkelijk kunnen worden geobserveerd. Gezien de afhankelijkheid van deze watervogels van de Spuikom als voedselbron (vis, kreeftachtigen, enz.) valt het te verwachten dat een verslechterde waterkwaliteit, een achteruitgang van het vogelbestand tot gevolg heeft.

op RECREATIEF GEBIED

Het BLOSO maakt intensief van de Spuikom gebruik voor de initiërende zeil- en windsurflessen. Daarnaast grijpen er jaarlijks internationale wedstrijden plaats. Om hun activiteiten optimaal te kunnen uitvoeren moet in de Spuikom een voldoende hoog waterpeil voorhanden zijn. Het BLOSO is bijgevolg verplicht regelmatig water bij te vullen om een geschikter waterniveau te krijgen.

De massale zeewierontwikkeling hindert hun activiteiten sterk en er wordt geklaagd dat door de pakken zeewier die rondrijven en door een aanslibbing die zich tussen 1977 en 1984 heeft voorgedaan, de snelheidsontwikkeling bij het zeilen wordt afgeremd. Het gaat hier voorlopig niet om een financiële maar eerder om een psychologische schade.

Anders is het gesteld met de beoefening van de hengelsport. De Spuikom is momenteel in koncessie gegeven aan een hengelclub die meer dan 300 leden telt. De slechte waterkwaliteit en het verstikkend effect van de zeewieren op de bodem, hebben het visbestand dat vooral uit paling, puitaal en platvissen bestaat (allen ingravende soorten) sterk doen afnemen. Ook de strandkrabben zijn in aantal afgenomen en bij lage zuurstofgehalten komen de dieren uit het water aan wal gekropen.

De situatie is niet zo veraf meer dat geen enkele visvangst meer zal kunnen uitgeoefend worden.

Nochtans liggen er voor de rekreatie nog kansen weggelegd. Naast de hengelsport kan gedacht worden aan de duiksport. In België is geen enkele

zeewaterplas aanwezig waarin de beginnende duiker kan opgeleid worden. Men is verplicht naar Nederland te gaan om te oefenen (Grevelingen, Veerse Meer en Oosterschelde). Mits een goede organisatie en een strenge reglementering moet het mogelijk zijn de Spuikom voor dit doel te gebruiken. Heel wat duikclubs van het Vlaamse land willen beslist actief van de Spuikom gebruik maken.

4. DE VROEGER VOORGESTELDE MAATREGELEN OM TOT EEN HERSTEL VAN DE SPUIKOM TE KOMEN (rapport IZWO ad hoc Kommissie Eutrofiëring Spuikom, 1985, rapporteur L. Thielemans)

Het doel bestaat erin de kwaliteit van het Spuikomwater zodanig te verbeteren dat alle activiteiten voor iedereen opnieuw normaal kunnen doorgaan.

Wij stellen hieronder een reeks maatregelen voor die alleen een verbetering van de waterkwaliteit inhouden.

A. Het herstellen van de sluizen

Deze ingreep is van primordiaal belang. Zolang men het waterniveau niet op peil kan houden zal de toestand nooit veranderen. De grote sluizen schijnen ondertussen hersteld te zijn. Wij hebben nochtans kunnen waarnemen dat bij hoog tij een lege Spuikom langzaam gevuld werd met een centrale plas van enkele centimeter water. Een volledige waterdichte sluis heeft men blijkbaar nog niet verkregen, al is de toestand misschien iets verbeterd in vergelijking met een paar jaar geleden.

B. Het verwijderen van de zeewieren

Wanneer op het moment van groeimaximum alle zeewier uit de Spuikom kan verwijderd worden, verhindert men dat een deel van de voedingsstoffen bij rotting opnieuw in het water terechtkomt. De maximale totale massa zeewier geschat tussen 1979 en 1981 bedroeg 250 ton drooggewicht. Deze massa is een potentiële bron van organische meststof die gebruikt kan worden als een aanvullende bemesting.

Een praktisch probleem vormt het verwijderen van de zeewieren uit het water. Het manueel verwijderen vraagt een grote inspanning en is moeilijk te verwezenlijken door de zachte modderbodem. Om dezelfde reden kunnen geen rijdende machines gebruikt worden. Ideaal lijkt het, gebruik te maken van een bootje voorzien van een zuigsysteem met opvangrooster voor de scheiding van wieren en water. De bovengehaalde zeewieren moeten dan gespoeld, gedroogd en verpulverd worden tot bruikbare uitstrooibare meststof.

Het oogsten van de zeewieren moet de stabilisatie van het water in de hand werken: de concentratie aan voedingsstoffen zal relatief laag liggen en de zuurstof- en zuurtegraadwaarden moeten naar hun normale waarden teruggaan. Nochtans moet men op korte termijn rekening houden met enkele nevenverschijnselen. De verwijdering van de zeewieren zal een zekere opwoeling van het sediment veroorzaken en de bodem zal voor een deel opnieuw kunnen voorzien worden van zuurstof. Door chemische reacties in het sediment zullen voedingsstoffen vrijkomen

en zal men tijdelijk een verhoogde concentratie meten, wat eventueel, wanneer de omstandigheden gunstig zijn, door een ontwikkeling van een planktonbloei kan gevolgd worden. Het is momenteel moeilijk te voorzien hoeveel voedingsstoffen uit de sedimenten zullen vrijkomen.

Kostprijs: Een Veurnse firma is gespecialiseerd in het drogen van landbouwgewassen en is in staat zeewieren te drogen. De wieren moeten echter in stukjes van 5 à 10cm versneden worden en kunnen daarna pas gedroogd worden. De onkosten worden berekend (zonder vervoer en versnijden) aan 4fr. per kilo.

Afhankelijk van de vochtigheid van de zeewieren moeten de onkosten om te drogen geschat worden tussen 1 à 5 miljoen fr. voor 250 ton. Deze som is te verminderen met een bedrag overeenkomstig met het equivalent aan de hoeveelheid bekomen meststof.

Voordelen:

- verwijdering van voedingsstoffen uit het systeem;
- normalisatie van de uitzonderlijke zuurstof en zuurstofgraadwaarden;
- geoogste zeewieren gebruiken als meststof;
- hinder voor de recreatie (BLOSO) afgenomen.

Nadelen:

- problemen met de methode van verwijderen (zachte bodem);
- opwoelen en aëratie van de bodem brengt nieuwe voedingsstoffen tijdelijk in het water en kan door een planktonbloei gevolgd worden;
- het gebruik van dit type meststof in de plantsoenen moet wat de kostprijs en manipulatie betreft worden vergeleken met het gebruik van chemische meststoffen. Uit milieu-ecologische overweging is zeker de eerste oplossing te verkiezen.

C. Het uitzetten van schelpdieren

Oesters en mosselen filtreren het water en halen er mikroskopische wiertjes uit als voedsel. Het uitzetten van deze schelpdieren zou tot gevolg hebben dat de planktonbloeien binnen hun normale perken worden gehouden en onrechtstreeks zorgen zij er ook voor dat de voedingsstoffen uit het water verdwijnen.

Mosselen hebben het voordeel dat zij goedkoop in aankoop zijn maar hebben het belangrijk nadeel dat zij voor een sterke aanslibbing verantwoordelijk zijn door hun exkretieprodukten. Oesters daarentegen zijn duurder in aankoop maar veroorzaken een geringere aanslibbing. Zij kunnen echter duurder verkocht worden wanneer zij volgroeid zijn. Om de filtratie-efficiëntie van de oesters aan te tonen, kunnen we berekenen hoeveel cellen zij uit het water kunnen halen. Klein oesterzaad weegt ongeveer 200µg drooggewicht per stuk (gegevens Dr. Claus) en eten per dag 40µg drooggewicht aan wieren. Dit komt ongeveer overeen met 2 miljoen cellen. Indien 2 miljoen oesters uitgezet worden (een aantal door Halewyck in het verleden uitgezaaid) betekent dit dat zij van in het begin af 10^{12} cellen per dag uit het water kunnen filtreren wat ongeveer overeenkomt met 1/100 van het totaal aantal fytoplankton. Na een paar maanden is het systeem op deze manier volledig in evenwicht gebracht. Het huidige probleem bestaat er echter in dat door de slechte kwaliteit van het water de schelpdieren niet kunnen overleven.

Een te volgen strategie zou er als volgt uitzien:

1. weghalen van zeewieren in de zomer en de effecten ervan controleren;
2. uitzetten van oesters in het daaropvolgend voorjaar indien de omstandigheden gunstig zijn.

De kleine oesters zouden niet op de bodem uitgezaaid worden maar in manden uitgehangen wat een extra bescherming biedt. De grote oesters kunnen in parken worden uitgezaaid zoals vroeger door de firma Halewyck werd gedaan.

In een verder stadium kan men eveneens uitkijken naar andere organismen (vissen) die zich met plantaardige organismen voeden.

Kostprijs: aankoop van 2 miljoen oesters à 1 fr./stuk (1 cm groot) = 2 miljoen fr.

aankoop van manden aan 150 fr./stuk. Naar schatting zijn 20 000 (100 oesters per mand) manden nodig wat overeenkomt met 3 miljoen fr. De totale aankoop bedraagt 5 miljoen fr. zonder de materialen bij de rekenen die nodig zijn om de manden uit te hangen. De verkoop van volgroeide oesters (na 2 à 3 jaar) gebeurt à 20 fr./stuk.

Maximaal kan 40 miljoen gerekupereerd worden maar er moet rekening gehouden worden met een sterfte van 25 à 50% zodat de werkelijke opbrengst tussen 20 à 30 miljoen moet liggen.

Voordelen:

- biologische zuivering van voedingsstoffen en wiertjes uit het water met als gevolg een normalisatie van de zuurstof en zuurtegraadwaarden;
- de verkoop van volgroeide oesters is rendabel.

Nadelen:

- aanslibbing van de bodem (vooral met mosselen);
- ruimte ingenomen door het uithangen van manden (3000m²) en de percelen op de bodem (max. 2ha).

D. Het uitbaggeren van de Spuikom

Een drastische ingreep bestaat erin de Spuikom uit te baggeren. Een groot voordeel is dat de voedingsstoffen in de bodem worden weggenomen en tegelijkertijd een grotere diepte wordt verkregen wat gunstig is voor de recreatie en de stabilisatie van het milieu. De diepte die uitgebaggerd moet worden is afhankelijk van de kostprijs, de technische uitvoerbaarheid en de sterkte van de dijken.

Kostprijs: de uitbaggerprijs per m bedraagt 100 à 200 fr. Indien 50cm wordt uitgebaggerd komt de totale som voor gans de Spuikom op:

$860\ 000\text{m}^2 \times 0.5\text{m} = 430\ 000\text{m}^3 \times (100 \text{ à } 200) = 43 \text{ à } 86$ miljoen fr. (inklusief de afvoer van de specie).

Voordelen: de met voedingsstoffen en toxische stoffen (zoals blijkt uit een onderzoek van het Laboratorium voor Marikultuur, RUG) beladen sedimenten verwijderen is de enige grondige oplossing met blijvend effect. De grotere diepgang is gunstig voor de recreatie en de stabiliteit van het milieu.

Nadelen: de kostprijs;
tijdelijke opwoeling van het sediment en ongekende neven-effecten;
tijdelijke vernietiging van de bodemfauna;
afgevoerde specie is niet bruikbaar voor de strand- en dijkophoping; alleen het storten in zee blijft mogelijk.

E. Het uitstrooien van krijt

In Frankrijk gebruikt men sinds geruime tijd het uitstrooien van 'Craie de Champagne' als methode tegen het dichtslibben van meren, vijvers en rivieren. In talrijke voorbeelden tonen zij aan hoe 'dode' rivieren na een behandeling met krijt opnieuw biologisch levend worden gemaakt. Het zwart slechtruikende slib wordt door inwerking van het krijt scheikundig ontbonden in kleine partikels die men afvoert. Dit heeft een duidelijk inkrimping van de sliblaag tot gevolg. Tegelijkertijd zet het krijt de biologische afbraak van het organisch materiaal terug op gang waardoor een toename van zuurstof en een afname van voedingsstoffen valt waar te nemen. Na een aantal behandelingen is een gunstige invloed merkbaar op het visbestand en in marien milieu op de groei van schelpdieren. Wij verwachten met deze behandeling in de Spuikom een afname van het slib, een daling van de voedingsstoffen in de bodem en een gunstig gevolg voor het visbestand en oesterkweek.

Kostprijs: er zou een maximale hoeveelheid van 10 ton per ha moeten worden uitgestrooid. Dit betekent 860 ton krijt voor de volledige oppervlakte van de Spuikom. Een ton krijt kost ongeveer 2000fr. De aankoopprijs voor één behandeling zou dan 1 720 000fr. bedragen. Er zijn minstens twee behandelingen nodig op een jaar; één in de lente en één in de late zomer. Voor één jaar bedraagt de prijs dus 3 440 000fr.

Voordelen: - relatief lage aankoopprijs;
- vermindering van het slib;
- toename van zuurstof en afname van voedingsstoffen in de bodem;
- gunstige invloed op het visbestand en de oesterkweek.

Nadelen: - tijdelijke troebelheid van het water;
- bij winderig weer: weggewaaid krijt.

F. De zuivering van de omliggende waterkanalen

Een volledig gezonde Spuikom kan evenwel bekomen worden wanneer de waterkwaliteit van de haven, Noord-Ede en het kanaal Brugge-Oostende wordt verbeterd. Het waterzuiveringsstation van Oostende brengt jammer genoeg geen volledige oplossing van dit vervuilingsprobleem. Het zal alleszins een positief punt zijn dat de organische vervuiling van de haven sterk zal afnemen. Aangezien geen tertiaire zuivering plaats vindt, blijft het water echter rijk beladen aan voedingsstoffen en zullen zij de Spuikom negatief blijven beïnvloeden. Er vallen zelfs sterke planktonbloeien in de omliggende waterkanalen te verwachten, terwijl de industriële afvalwateren zonder onderbreking deze wateren blijven besmetten.

Een algemene zuivering van pollutanten gekoppeld aan een tertiaire zuivering zal niet alleen de Spuikom maar het ganse gebied tussen Brugge en Oostende ten gunste komen.

G. Voorstel tot gecontroleerd spuien en krijtbehandeling

De jarenlange ervaring van verscheidene tientallen wetenschappelijke onderzoekers werkzaam in de meest uiteenlopende disciplines van het marien onderzoek, heeft binnen de schoot van het IZWO geleid tot een diepgaande kennis van het biotoop de Spuikom. Het is dan ook in deze hoedanigheid dat een werkgroep werd gecreëerd die het probleem van de voortschrijdende eutrofiëring van de Spuikom wil tegengaan door doeltreffende acties te stimuleren.

De eutrofiëringskommissie van het IZWO stelt voor om in de winter van '85 een periode van gecontroleerd spuien uit te voeren. Dit bestaat erin dat men alleen maar de Spuikom vult en ledigt wanneer de toestand van het omliggende water dit toelaat: lage concentratie van voedingsstoffen, lage zuurtegraad, goed gehalte aan zuurstof, geen havenwater dat uit een mengsel bestaat van water uit het achterland. Het vullen en leeg laten zou snel na elkaar moeten gebeuren. Het opgewarrelde slib mag niet de tijd krijgen te bezinken en zich in de bodem vast te zetten. Het leeglaten zou relatief snel en met een redelijke stroming moeten gebeuren bijv. door meersluisdeuren te gebruiken. Indien men dit procédé gedurende een winter zou kunnen toepassen kan men reeds een deel van het slib uit de Spuikom kwijtspeelen zonder dat men teveel 'vervuild' water in de put houdt. Tijdens de lente 86 wanneer het water een temperatuur van 10° heeft bereikt (april-mei) moet dan een eerste krijtbehandeling uitgevoerd worden. Men moet het krijt een tijd laten inwerken en nadien wegspoelen met het wegstromende water. Dit plan kan alleen maar slagen mits een goede afspraak tussen alle betrokken partijen. Het IZWO kan hier als een beheerseenheid fungeren.

Indien we op de medewerking van iedereen kunnen rekenen kan de waterkwaliteit van de Spuikom op relatief korte tijd al een heel stuk verbeteren.

5. HET VOORSTEL AAN DE DIENSTEN VAN DE VLAAMSE EXECUTIEVE, OPENBARE WERKEN EN VERKEER (Voorstel Dr. A. BASTIN - Voorzitter Kommissie Sanering Spuikom IZWO - 1988)

PROJEKT SPUIKOM - OOSTENDE

Begeleidende studie - baggeren en krijtbehandeling

A. Inleiding en probleemstelling

De aanwezigheid van de sedimenten zand, klei en slib maakt in feite de kern uit van de problematiek van de bevaarbaarheid in havens en haventoeegangen.

De natuurlijke verplaatsingen die ze ondergaan door de stroming en de golving van het water brengen ze steeds weer op plaatsen waar ze een hindernis vormen.

De kunstmatige verplaatsingen van deze sedimenten door baggerwerken is meestal de kostelijke maar noodzakelijke oplossing om de bevaarbaarheid te verzekeren.

Het is zeer eigenaardig en moeilijk verklaarbaar dat in het verleden, bijna overal ter wereld, het onderzoek zich meestal toespitste op de karakteristieken van het water en zijn transportagenten de stromingen en de golven en dat over de karakteristieken van de sedimenten zelf, relatief weinig onderzoek gedaan werd.

Overal houden uitgebreide diensten en waterloopkundige laboratoria zich bezig met de studie van het water en zijn bewegingen. De diepteligging der sedimenten wordt door de peildiensten wel ingemeten doch, welke soorten sedimenten er liggen, welke verbreiding en fysico-chemische karakteristieken ze hebben, wordt slechts zelden bepaald.

- In België heeft het Ministerie van Openbare Werken ons echter reeds meer dan 25 jaar geleden, de opdracht gegeven om in eerste instantie de soorten sedimenten en hun verbreiding van de Belgische kustzone en de Belgische Zeeschelde te definiëren. Hiervoor stelden wij de methode van de radioactiviteitsmetingen op punt waarmee de eerste zeer gedetailleerde lithologische kaarten konden worden opgesteld.
 - Het tweede luik van het onderzoek betreft de fysico-chemische eigenschappen van de sedimenten. Tijdens de studie voor de uitbreiding van de haven van Zeebrugge konden wij de aandacht trekken op de fysisch-rheologische eigenschappen van het slib. Voor de bevaarbaarheidsproblematiek konden wij hiernaar onderzoek doen en de metingen van densiteit en vooral rigiditeit der sedimenten organiseren.
- Dankzij het basisonderzoek dat wij hiervoor van het Ministerie van Openbare Werken mochten uitvoeren en de praktische methodiek en

apparatuur die ervan het gevolg waren, is België toonaangevend geworden op dit gebied. Al dit voorgaande onderzoek laat toe om het kunstmatige verplaatsen, d.w.z. het baggerwerk beter te kunnen programmeren doordat er een antwoord gegeven wordt op de basisvragen hieromtrent, namelijk: wat moet er verplaatst worden? Waar juist? Hoeveel? en op welk tijdstip en met welk materieel?

- Voor wat de kennis van de natuurlijke verplaatsingen betreft, hebben wij in België ook aanzienlijk werk verricht door het opzetten van een groots meetprogramma met radioactieve tracers en de studie van de sedimentbalansen. Hierdoor kent men in de omgeving van Zeebrugge approximatief de rendementen van de stortplaatsen en welke hoeveelheden sedimenten in de vaarpassen afkomstig zijn van de natuurlijke omgeving of van een terugkeer van de stortplaatsen en van de overflow of agitatie.
- De differentiële aktie die de sedimenten ondergaan van golven en stroming in functie van hun samenstelling werd ook reeds enigszins onderzocht. Zo werd er voor de kohesieve sedimenten een unieke sedimenttransport formule uitgewerkt waarin voornamelijk de functies watergehalte en zandgehalte, die gemakkelijk te bepalen zijn, een belangrijke rol spelen. Dit veronderstelt echter dat in een bepaald gebied de andere invloedsparameters zoals scheikundige en mineralogische samenstelling, konstant blijven. In open zee is dit wel meestal het geval, doch in havens alleszins niet. De scheikundige en mineralogische samenstelling van de fijne sedimenten zijn echter zeer determinerend voor hun kohesieve krachten en rigiditeit. Dit is zeer goed geweten op laboratorium schaal waar de sedimenten met peptisanten behandeld worden om de korrels van mekaar los te maken voor een degelijk granulometrisch onderzoek. Op natuurlijke schaal is er echter niet aan te denken om dergelijke produkten te gebruiken omdat dit te kostelijk en te belastend voor het milieu zou zijn.
- Een paar jaar geleden echter stelden wij ten behoeve van het Waterbouwkundig Laboratorium een recept op voor het maken van kunstmatig slib op basis van de natuurlijke samenstellingselementen, kwartsmeel, kleimineralen, calciumcarbonaat en koolstof. Door het spelen met de verhoudingen was het mogelijk de densiteiten en rigiditeiten los van mekaar te laten variëren zodat opschaling van deze parameters voor modelstudie mogelijk was. Hiermede toonden wij dus aan dat er op basis van de variatie van natuurlijke en niet verontreinigende samenstellingselementen wel iets aan te vangen was. Eén van deze samenstellingselementen is dus het calciumcarbonaat, (aragoniet), afkomstig van afgebroken schelpen. In deze vorm is het vrij inactief. Doch enkele jaren geleden bereikte ons het nieuws dat in Frankrijk met succes, het natuurlijke "krijt van Champagne" toegepast werd voor het ontslibben van oesterkulturen en van dichtgeslibde riviertjes en voor het saneren van bevulde waterplassen. Dit fijn verdeelde krijt zou dus wel actief zijn. Na beter contact ter plaatse met de methode en met de personen die het toegepast hadden, o.a. het "Institut Municipal de Recherche de Bordeaux" besloten wij deze methode voor te stellen aan de wetenschappelijke kommissie die zich bezighield met de studie voor de sanering van de Spuikom van Oostende.

B. Het uitstrooien van krijt als ontslibbings- en saneringsmiddel

Het gunstige effect van het krijt werd toevallig ontdekt. Bij de aanleg van een zinker in een aangeslibde rivier in het zuiden van Engeland, werd een gleuf uitgegraven die reikte tot in het onderliggende krijt. De krijtmelk afkomstig van het opgewoelde krijt verspreidde zich afwaarts in de rivier. Na enige tijd was de rivier vanaf deze plaats ontslibd. Het fenomeen werd beschreven en werd verder onderzocht in Frankrijk aan het "Institut Municipal de Recherche de Bordeaux". Uitgebreide proeven werden met succes verricht op het 150ha groot meer van Bordeaux. Op basis van dit succes vestigde zich een firma die een paar jaar terug reeds meer dan 200 toepassingen had verricht.

Deze ontwikkeling werd in den beginne zeer sceptisch gevolgd door sommige wetenschappers omdat er geen grondig sluitende scheikundige verklaring voor het fenomeen was. De sprekende resultaten zetten echter aan tot verder onderzoek.

- Het speciale type krijt "Craie de Champagne" komt voor in een geologische formatie, zich uitstrekkende van het zuiden van Engeland, over het bekken van Parijs tot in onze streken waar het gewonnen wordt in de omgeving van Mons. Het bestaat, van nature uit, uit zeer kleine partikeltjes, 1g krijt zou meer dan 80 miljard partikels bevatten. Deze partikeltjes zijn zeer poreus en hebben een hoge specifieke oppervlakte van bij de 10 000 ($\text{Blaine cm}^2/\text{g}$).
- Het zou deze grote specifieke oppervlakte zijn die verantwoordelijk is voor de actieve werking van het krijt en waardoor de scheikundige elementen beschikbaar zijn voor uitwisseling. De werking gaat vooral naar de organische colloïden en bestanddelen die geoxydeerd worden en verteren. Hierdoor worden anoxische slibelementen tot aërobe omgevormd waarin terug leven mogelijk is. In eerste instantie wordt het slib dus een actief slib en wordt het vloeibaarder met een aanzienlijk geringere rigiditeit. In sedimentatiebekkens met bewegend water kan het slib op dat ogenblik afgevoerd worden (zoals bv. in de oesterparken). In gesloten bekkens wordt het slib verder gemineraliseerd en klinkt het daarna in waardoor een relatieve verdieping optreedt. Het bovenliggende verontreinigd water wordt terug zuiverder, de nitraten en nitrieten verdwijnen en de fosfaten complexeren en precipiteren, de pH waarde wordt gestabiliseerd op een gunstig niveau. Bij deze verbetering van de waterkwaliteit gedijen flora en fauna weer beter en is er een merkbare groei van het visbestand. Dit saneringseffect van het krijt is onbetwistbaar bewezen en is dus een nuttig element voor de bestrijding van de vervuiling van het oppervlaktewater.
- Wat de problematiek van de aanwezigheid zelf van slib betreft, heeft de bestrooiing met krijt ook zijn heilzame werking reeds bewezen.
Vooreerst is er in de eerste periode het fluïdifieringsproces. Dit heeft twee voordelen:
 - 1) in bekkens, havengeulen of haventoeegangen enz. waar er stroming bestaat, kan de natuurlijke stroming die vloeibaardere slib afvoeren en wordt er zo bijkomende diepte bekomen;

2) het slib is in sommige havens of havenafdelingen zo kleverig wegens de aanwezigheid van vervuiliingsbestanddelen, dat het zeer moeilijk te verpompen is tijdens baggerwerken. De aktie van het krijt verbreekt deze abnormale cohesie zodat het slib terug gemakkelijk te zuigen is. Dit verhoogt uiteraard de rendementen.

In gesloten bekkens waar geen afvoer mogelijk is, gebeurt er dus na enige tijd, een mineralisatie en een inklinking van het slib met dus een relatieve dieptewinning. Deze dieptewinning is niet zo spektakulair als deze in open bekkens vermits alle minerale bestanddelen overblijven. Er zijn experimenten gesignaleerd waar het krijt na één jaar tot 150cm diep in het slib gedrongen was met nog steeds een gemeten aktiviteit (ontwatering, mineralisatie).

- Een bijkomend voordeel van deze ontwatering en mineralisatie door het krijt is, dat wanneer toch kunstmatige verdieping noodzakelijk is, de rendementen van de baggerwerken hoger liggen omdat er vastere specie verplaatst wordt.
- Door de mineralisatie van het slib worden ook bevuilingselementen zoals zware metalen gecomplexeerd in minder uitloogbare vormen zodat problematisch slib minder problematisch wordt.
- In bekkens waar natuurlijke afvloeï mogelijk is, kan in het geval van problematisch slib, vooral gespeculeerd worden op de eerste fase, deze van de fluïdificatie, waardoor het, bij intense behandeling met krijt, stilaan op een natuurlijke wijze verdwijnt en er dus geen problemen ontstaan van berging.
- De methode heeft niet de pretentie zich op te werpen als vervangingsmiddel van baggerwerken vermits het steeds maar aktief is op een gedeelte van de sedimenten. Het is echter wel een uitstekend hulpmiddel doordat het zorgt voor een gedeeltelijke natuurlijke erosie of inklinking, ofwel de verpompingsgemakkelijker maakt en ook vooral dat het zowel een sanerende werking heeft op het bovenliggende water als op het slib zelf. Aktueel is dit laatste een zeer belangrijk aspekt geworden.
- Het krijt wordt droog of in gesuspenderde vorm over het wateroppervlak verspreid.
De gebruikte hoeveelheden gaan van 2 tot 10t/ha, gewoonlijk in twee beurten, één in 't voorjaar en één in 't najaar.
De prijs ligt om en bij de 1 000fr./ton, zonder transport.

C. Voorstel van onderzoek

Onafgezien van de schade en de problematiek die de Spuikom aktueel oplevert op economisch, wetenschappelijk, didaktisch en rekreatief gebied, dienen er dringend maatregelen genomen wil de Spuikom geen rottende plas worden die een gevaar kan gaan betekenen voor de volksgezondheid.

Als enige zekere en globale oplossing werd jaren geleden reeds het volledig uitbaggeren van de bezoedelde bodemlaag van de Spuikom voorgesteld.

Dit is echter een relatief kostelijke zaak en dit is wellicht de belangrijkste reden waarom de kredieten uitbleven. Regelmatige herhalingen zijn zeker uitgesloten.

Ondertussen verslechterde de toestand zo erg dat elke economische en wetenschappelijke activiteit voorlopig volledig is stilgevallen wegens de slechte waterkwaliteit en de laboratoria er verlaten bij liggen en vervallen. Een goedkopere oplossing drong zich dus op.

Ondertussen hadden wij de methode van het krijt leren kennen en er enkele proeven op slikken en vijvers mede uitgevoerd.

Tevens werd een klein experiment met 5 ton krijt uitgevoerd in de Spuikom zelf op de slechtste plaats op een oppervlakte van 50 op 50m. De gunstige resultaten deden ons besluiten deze methode als alternatief voor te stellen. Daar het echter een methode is die hier in België nog in het experimenteel stadium is en een voorlopig zekere oplossing zich opdrong werd door de Dienst van de Kust besloten om de Spuikom gedeeltelijk te laten uitbaggeren in het centrale gedeelte.

De methode van het uitstrooien van krijt op slib biedt echter op zoveel plaatsen hoopvolle perspectieven als hulpmiddel van de kostelijke baggerwerken dat besloten werd als test de resterende boorden van de Spuikom te bestrooien met krijt. Het behandelde wegvloeiende slib van de boorden zou zich dan kunnen verzamelen in het dieper gelegen uitgebaggerde gedeelte van waaruit het dan gespuid wordt.

Vermits het hier een experiment betreft waarvan de afstraling zo groot kan zijn voor zoveel slibproblematische plaatsen en de besparingen zo groot zouden kunnen zijn wordt voorgesteld het begeleidend onderzoek iets ruimer te nemen dan wat relatief voor het lokale probleem van de Spuikom zou te bedenken zijn.

Het is inderdaad een enige gelegenheid om een onderzoek hieromtrent voor een relatief geringe prijs te kunnen uitvoeren.

De infrastructuur hiervoor is immers gratis aanwezig vermits al de universiteiten, langs het IZWO, hun centraal marien laboratorium hebben op de boord van de Spuikom en zeer graag met mensen en instrumenten hun medewerking aan het programma willen verlenen.

Het voorgesteld begeleidend onderzoek behelst:

1) Een voorstudie

In deze voorstudie zal vooral een compilatie gemaakt worden van de elders reeds bestaande know-how aangaande de techniek van de methode, van het uitgevoerd onderzoek, de resultaten enz. en zal contact opgenomen worden met de bijzonderste vorige gebruikers om van hun ervaringen te leren.

Op basis hiervan kunnen dan de zich voordoende problemen beter afgelijnd worden en kan een juistere indicatie gegeven worden aangaande de te gebruiken soorten krijt, de behandelingswijze tijdens het verspreiden, hoeveelheden, frekwentie, tijdstip, enz.

2) De voorbereiding van het experiment in de Spuikom

- a. Vermits het over geringe diepten gaat en over relatief geringe mogelijke dieptewinsten, dienen er vooreerst nauwkeurige peilingen verricht te worden. De nauwkeurigheid dient groter te zijn dan de klassieke hydrografische dieptepeilingen met echolood of peilstok vermits anders de resultaten in de mogelijke fout verloren gaan.

Deze nauwkeuriger metingen kunnen wij in eigen beheer uitvoeren met een theodoliet-totaal station en met meetbaken. De verwerking der gegevens en de kartering is volledig automatisch. Deze metingen dienen minstens 2x te gebeuren (één voor en één na behandeling).

- b. Er dient een inventaris gemaakt van de aanwezige soorten sedimenten en hun verbreiding om de verschillende zones vast te leggen voor verschillende doseringen en ook natuurlijk om de opgetreden veranderingen te kunnen nagaan. Er wordt voorgesteld een 80 steekboringen van ongeveer 1m lengte uit te voeren verdeeld over de totale oppervlakte. Een twintigtal hiervan zal uitgevoerd worden na de behandeling op de meest representatieve plaatsen. Granulometrische analyses dienen te gebeuren van een 100-tal type monsters.

- c. Ook dienen er een 10-tal rheologische analyses uitgevoerd op het slib om de rigiditeit vast te stellen, voor, tijdens en na de behandeling. Dit om voor de toekomst de beste spuimomenten te kiezen wanneer het slib het meest vloeibaar is. Al deze metingen en analyses kunnen ook volledig in ons beheer uitgevoerd worden.

3. De praktische begeleiding van de uitvoering

Praktische richtlijnen dienen opgesteld aangaande de ganse interventie en afspraken dienen gemaakt aangaande de uitvoering, de coördinatie van de werkzaamheden van baggeren en krijtbehandeling enz. Ook de richtlijnen, de coördinatie en de controle van het spuien willen wij begeleiden.

4. De wetenschappelijke begeleiding van het experiment

Zowel de kwaliteit van het water als van het slib van de Spuikom dient te gebeuren voor, tijdens en na de behandeling. Dit omvat een grote reeks metingen en analyses: nitraten, ammonium, fosfaten, pH, O₂, vervuilingsprodukten, enz. Ook de waterkwaliteit van de voorhaven dient op verschillende tijdstippen onderzocht voor het kiezen van het geschikt ogenblik van watercaptatie.

De wetenschappelijke laboratoria van de Universiteiten die lid zijn van het Instituut voor Zeewetenschappelijk Onderzoek en die begaan zijn met het lot van de Spuikom willen voor de logistieke

steun en uitvoering van deze metingen zorgen mits een vergoeding van enkel de onkosten.

5. De besluitsrapportage

Konklusies dienen uiteraard getrokken te worden uit de resultaten en adviezen geformuleerd voor andere toepassingen.

Bijvoegsel

Voorstel van een alternatief

10/04/88

Indien een combinatie van gedeeltelijk baggeren en krijtstrooien vooralsnog niet uit te voeren is, wordt voorgesteld om te beginnen met een eenvoudige krijtdisperie ten einde de voortdurende verslechtering af te remmen en het procédé te testen.

Hiervoor kan een 500 ton krijt gewoon gestort worden in het turbulente water achter te sluizen bij het vullen van de Spuikom. De krijtmelk zal zich zodoende bij het vullen over gans de Spuikom verspreiden.

Het eerste experiment heeft aangetoond dat de dag daarop het water terug klaar is.

6. OORSPRONG VAN DE METHODE

Het is eerder toevallig dat in 1957 de Brit Frank SAWYER de weldaden van het coccolietkrijt ontdekte voor het reinigen van de bodem van rivieren van het slib dat er zich heeft op afgezet.

Deze Sawyer was een toezichter van bossen en waters speciaal belast met het onderhoud van het forellenbestand op de rivier Avon in het zuiden van Engeland ten bate van de hengelsport van de officieren van het Britse leger. Reeds 20 jaar had hij hierin ervaring en bestudeerde hij de natuurlijke herbevolking van de rivier. Zo wist hij uiteraard dat kwaliteit van de rivierbodem, die rein en poreus moet zijn, één van de belangrijkste parameters is om een goede zuurstoftoevoer te geven aan de foreleieren om ze te doen ontluiken. Doch ook hij moest wanhopig toezien op de verslechterende toestand wegens de toenemende vervuiling.

Maar in 1957 werden er door Bruggen en Wegen terraswerken uitgevoerd op de oever van de Avon om het langslpende kleine baantje te verbreden. Tijdens deze werken kwamen er per ongeluk ettelijke tonnen krijt terecht in de rivier; het krijt dat ter plaatse de ondergrond uitmaakt. Dit krijt vertroebelde gedurende enige tijd het water en de officieren kwamen er zich over beklagen bij Sawyer. Deze dacht eerst dat de toestand nu voorgoed om zeep was. Doch wanneer deze uitstekende observator verschillende weken nadien langs de boorden van de Avon wandelde bemerkte hij dat in een sektor van de rivier waar vroeger steeds veel slib

aanwezig was, de bodem nu terug proper geworden was en dat verschillende waterplanten zich terug gevestigd hadden. Sawyer herinnerde zich het incident met het krijt en ging na of er een oorzakelijk verband bestond. In de omgeving waren er verschillende krijtgroeven en hij begon van toen af een reeks experimenten. Zo kwam hij tot het merkwaardig resultaat dat hij tot 90% uitkomende foreleieren verkreeg waar het voordien maar 1% meer was.

Sawyer was ook in Frankrijk reeds een goede bekende in de hengelsport-middens als de uitvinder van het forelvissen met de moderne vlieg. Zo schreef hij menig artikel in het Franse blad "Plaisirs de la Pêche". In vele artikels had hij het dan ook over het weldoende effect van het krijt. Zo werd de methode bekend in Frankrijk waar ze van toen af opgang maakte.

7. ERVARINGEN IN HET BUITENLAND

A. Frankrijk

De eerste toepassing van het krijt op een meer werd verricht door M. CAPDEVIELLE en wel op één van Frankrijks grootste meren, het meer van Sanguinet bezuiden Arcachon, met een oppervlakte van 6000ha. De operatie, die experimenteel was, werd gedurende verschillende jaren gevolgd, gecontroleerd en bestudeerd door verschillende wetenschappers. Achteraf werd de methode vulgariseerd en verspreid over Frankrijk. Het ganse oppervlak van dit immense meer kon niet behandeld worden maar verschillende experimentele sites van 1ha en later 4ha werden regelmatig behandeld. De resultaten overtroffen ver de verwachtingen. Het slib verdween geleidelijk van deze behandelde plaatsen over dikten tot 50cm. Op het gebied van het visbestand werd het meer één van de beste.

Deze experimenten werden vooral gevolgd door de onderzoekers van het Hydrobiologisch Station van Biarritz, de volgende toepassingen van krijt werden gevolgd door de "Laboratoire Municipal de Bordeaux". Het was vooral de Directeur van dit instituut, de scheikundige J.G. FAUGERE die zich achter de methode zette en voor een relatieve doorbraak zorgde. Hij zelf organiseerde in 1977 een krijttoepassing op het meer van Bordeaux met een oppervlakte van 150ha. Dit meer leed ook onder een aanzienlijke eutrofiëring. De resultaten werden verschillende jaren door zijn stadslaboratorium gevolgd. De wildgroei van planten stopte, het water werd helder en zuurstofrijk, het visbestand werd gezond en zo ook gans het meer.

Gedurende deze jaren - einde jaren 70 - begin van de jaren 80, volgde het stadslaboratorium van Bordeaux nog een 70-tal experimenten met krijt op en FAUGERE maakte hierover een balans op: in 31% van de gevallen was het effect matig tot nul, in 30% gemiddeld tot goed, in 19% zeer efficiënte uitwerking.

Hieruit konkludeerde men dat een goed vooronderzoek van sites onontbeerlijk is om de gevallen waar een krijttoepassing weinig helpt op voorhand uit te sluiten en om de toepassing op de andere plaatsen efficiënter te maken door aanpassingen van hoeveelheden en tijdstippen.

Inderdaad, vermits de goede werking van het krijt vooral berust op een bakteriologische aktivatie zal de methode niet werken op plaatsen

die volledig dood zijn en waar biocide stoffen overmatig aanwezig zijn. Op andere plaatsen waar nog een spoor van leven is, maar waar het bacteriën bestand zo uitgedund of verzwakt is dat een natuurlijke heropleving lang zou kunnen duren, kunnen eventueel aan het krijt gekweekte bacteriën toegevoegd worden.

Ingaande op het succes van de krijttoepassingen, stichtte de hydrobioloog Montonati midden de jaren 70 zijn firma TASO, die zich hierin specialiseerde.

In het jaar 1983 hadden zij reeds een 300-tal interventies verricht op verschillende biotopen zoals rivieren, kanalen, vijvers, meren, lagunes, havens en oesterbanken.

Voor commerciële doeleinden drukken de Fransen er steeds op dat het "Craie de Champagne" moet zijn, hiermede zinspelend op de analogie met de gasbellen van champagne en de zuurstof afgave van het krijt. De commerciële naam van het krijt voor watertoepassingen in Frankrijk is "Craie Nautex" en wordt verdeeld door de firma M.C.A.C. De uitbating van de groeve is in Omey, een dorp in de Champagne streek. De prijzen liggen merkkelijk hoger dan in België omdat er uiteraard de nodige commerciële winst wordt gemaakt. In 1983 was de prijs 1500FF de ton. Een analyse van een bodemstaal bedroeg 1600FF. De aanbevolen hoeveelheden gingen van 2 tot 10 ton per ha.

B. Duitsland

In Duitsland gebeurde het piloot onderzoek voor krijttoepassingen aan het Max Planck Instituut in Beieren. Daar werd de vijver van het Max Planck Instituut in 1984 behandeld met krijt. Deze vijver is de fameuze vijver waar de befaamde etholoog Konrad LORENZ, stichter van het Max Planck Instituut, in de jaren vijftig zijn fantastisch onderzoek deed naar het gedrag der dieren en vooral deze van de ganzen waar hij lang mee samen leefde. Tegen het einde van de jaren zeventig werd deze prachtige vijver van een 8 ha wegens de pollutie door de nabijgelegen landbouw, volledig geëutrofiëerd en overwoekerd door planten. De sterfte van de planten veroorzaakte een verrotting waardoor elk jaar enkele centimeters stinkend slib toegevoegd werden.

Wegens de werken van Konrad Lorenz was deze vijver voor de Duitsers een ecologisch symbool geworden dat absoluut moest gered worden.

Verschillende oplossingen werden door de wetenschappers van het Max Planck Instituut voorgesteld en zij doen denken aan de voorstellen die einde van de jaren zeventig ook door de toenmalige Kommissie Sanering Spuikom werden voorgesteld. De meest voor de hand liggende waren ook het afoogsten van de overtollige planten en het wegbaggeren van duizenden kubieke meters slib.

Er werd gebaggerd doch deze werken hielpen tot niets. Het milieu bleef ziek en de overmaat planten leverden terug het stinkend organisch slib.

Zo ging het verder tot in 1984 wanneer men zijn toevlucht zocht in een krijtbehandeling.

Een eerste uitstrooing van 25 ton gebeurde begin juli 1984, gevolgd door een tweede van 20 ton eind augustus 1984. In de herfst van hetzelfde jaar waren de resultaten al zeer goed merkbaar.

Het gebruikte krijt was van Belgische oorsprong van de krijtgroeven van Harmignies en wordt in Duitsland verkocht onder de commerciële naam "Aquapur". Hierna volgt een samenvatting van de toestand en de resultaten zoals ons op 6/08/90 per brief werd medegedeeld door de bioloog M.V. SIEMENS.

Since 1983 I am occupied with the restoration of the Ess-see, which was strongly polluted at that time.

Since the institute in Seewiesen performs mainly ethological work, the centre of my task was to improve the situation as quickly as possible without disturbing ethological studies on geese, which still went on at that lake. As you understand in this situation we had to try a therapy which was composed of different treatments at the same time (Biomanipulation) without spending too much expenditure on limnological research. But of course in the frame of a long-term study we do measure all important limnological parameters. The results we found until today are very encouraging but I am sorry to say that I still did not find the time to publish them.

In the following I try to summarize what we did and what happened.

The status quo in 1984:

Lake characteristics:

size: 77 000m² (± 8ha)

waterdepth: max. 120cm, average 50cm

Only rain-dependent watersupply

Hypertrophy with rapid sediment (mud) growth rate caused by organic pollution

Pelagial:

pH: up to 11

Ammonium: up to 2mg/l

Secchi-depth: 20-80cm

Chlorophyll a: 30-250µg/l

Total P: 0.6-1.3mg/l

During daytime strong O₂ oversaturation (up to 250%)

High fluctuation of temperature between day and night

High primary production

Foodchain interrupted after primary production

Sediment (mud):

organic matter (detritus, geese faeces) of flocky structure

water content high (over 98%)

content of organic carbon 35-40% of dry matter

no clear limit between waterbody and mud."

"The treatment:

July and August 1984: Dispersion of 45 tons of chalc (Aquapur) over the whole surface for mineralizing the organic mud and for reduction of the mud volume.

1985: stocking of 15 000 silver carp (Hypophthalmichthys molitrix) of three size classes for phytoplankton grazing.

since 1984: quantitative harvesting of crucian carp (Carassius carassius) and Rudd (Scardinius erythrophthalmus) - the last two fish species that survived in the lake and started high reproduction after treatment.

Reduction of waterfowl.

Introduction of effective cladoceran zooplankton species for the filtration of phytoplankton.

Raising the waterlevel (ca. 20cm) for enlarging the waterbody.

Results;

Sediment: one year after chalc treatment water content and content of organic carbon in the mud decreased to about 95% respective 20-30% within the first meter of mud. The content of ammonium decreased markedly. Instead of further sediment growth we found a decrease of the level: in 1986 the sediment level was between 4 and 18cm, in average ca. 10cm below that of 1984. Related to the whole lake after two years there was a total reduction of ca. 8000m³ of the sediment volume. Since 1986 the sediment stayed at about the same level.

Pelagial: Until today Secchi-depth continuously increased to min. 60cm up to more than 100cm.

Total P decreased to 0.04 - 0.1mg/l,

Chlorophyll a to 8-30µg/l,

pH to 7-10 (mostly below 9),

Ammonium to max. 0.2mg/l,

O₂ saturation to max. 150%.

Today you find good populations of different zooplankters (rotifers, copepods, cladocers) and self-reproducing cyprinids (rudd, roach, crucian carp, carp, tench) in the lake.

As you can see, the lake has improved markedly without spending too much time and money and is still getting better. Although I am not able to quantify the particular influence of the chalc treatment within the whole package of the "Biomaniipulation" it can be assumed, that the chalc played an important role in the mineralizing process of the mud and the reduction of the volume of the sediment during the first two years after treatment. In our case the chalc penetrated up to 1m below the surface of the mud within the first year after treatment. After 2 years, however, there was no chalc left in the sediment. Therefore we assume that the chalc had no more effect on the sediment from that time on.

Alhoewel er nog geen wetenschappelijke publikatie verscheen over deze Duitse experimenten, toch werden de resultaten reeds ettelijke keren gebruikt in vulgariserende artikels, ook in Frankrijk, en werden ze ook door de Duitse invoerder van het Belgisch krijt gebruikt in publicitaire folders. In deze publikaties steunt men bv. op het feit dat 45 ton krijt volstonden om 8 000m³ slib te laten verdwijnen, om te stellen dat 1 ton krijt gemiddeld 200 ton slib oplost. Gelet op de lage kostprijs van het krijt betekent de prijs van een krijtbehandeling een peulschil t.o.v. de prijs van baggerwerk om 200 ton slib te evacueren. In de Duitse berekening kost de eliminatie van 1m³ slib met krijt tussen de 2 en 3DM (± 50BF).

Mogen wij hier echter, om alle misbegrip te vermijden, er nogmaals de aandacht op vestigen dat een krijtbehandeling enkel het organisch gedeelte van het slib doet verdwijnen en dat er dus uiteraard bij een volledig anorganisch slib geen reductie zou optreden. Een krijtbehandeling mag dus zo maar niet als een goedkoop alternatief van baggeren gesteld worden!

8. DE TOESTAND IN BELGIE

Wij kwamen op de hoogte van de methode langs het artikel in "Le Point" van 2 februari 1981, met de geciteerde woorden van Jean Guy Faugères in de aanhef. Enige tijd nadien kochten we een tiental kg krijt bij een drogist en strooiden deze tijdens laag water op een klein oppervlak op de slikken van de IJzer, juist zeewaarts van de jachthaven, en noteerden de slibstand ter hoogte van een traprede en de horizontale voegen van de dijkwand. Na enkele maanden stelden we vast dat het slib op deze plaats meer dan 5cm lager stond dan vóór de proef en een inzinking ten opzichte van de omgeving was merkbaar.

In mei 1983 brachten wij een bezoek aan het stadslaboratorium van Bordeaux en directeur J.G. Faugères, waar we beter bekend geraakten met de methode en ook een bundel publikaties meekregen.

Op basis van de verkregen gegevens deed een kollega in de zomer van 1983 een meer uitgebreide proef op een kasteelgracht in Kontich die vol rottende bladeren stak. In de herfst was het bodempeil reeds meer dan 20cm gezakt en de vissen gedroegen zich zeer levendig.

Er was echter relatief teveel krijt gestrooid en de werking zette zich nog voort in de winter onder de toegevroren kasteelgracht. De vrijgekomen gassen stapelden zich op onder het ijs en hadden vissterfte voor gevolg. Dit experiment maande ons aan om niet te overdrijven met de hoeveelheden vooral niet in de zomer.

In de zomer van 1983 nog tijdens de algemene vergadering van het IZW0 deden wij het voorstel om de Spuikom te saneren door middel van krijt.

Het procédé werd in de wetenschappelijke commissie besproken en er werd besloten om met eigen middelen een proef uit te voeren.

De toenmalige IZW0 ad hoc commissie "Eutrofiëring Spuikom" onder leiding van L. Thielemans voerde deze proef uit in september 1984. De plaats werd gekozen in de noord-oost sectie van de Spuikom die toen de slechtste plaats was wegens de ophoping van afgestorven wieren door samenspoeling door de zuid-westen winden. Deze plaats was toen een zwart, stinkend en onbetreedbaar moeras.

Een sectie van 50 op 50m werd met 2,5 ton krijt bestrooid en twee getuige cylinders (towers) werden op de bodem gezet, één met krijt en één zonder. De opvolging van de proef was echter spijtig genoeg maar van korte duur daar de heer L. Thielemans niet langer tewerkgesteld was bij de RUG.

In deze korte tijdspanne van een paar weken werd enkel maar in de cylinders gemeten. De resultaten kunnen derhalve maar grotendeels betrekking hebben op de eerste scheikundige werking en maar voor een klein gedeelte op een aanzet van bakteriologische werking. Nochtans waren de resultaten reeds voldoende beloftevol om een voorstel van

sanering van de Spuikom met krijtbestrooiing te doen aan de betrokken instanties.

Op langere termijn werd echter vastgesteld dat na 1 jaar op de plaatsen waar krijt gestrooid werd en waar krijt gemorst werd dubbel zo grote kokkels (*Cardium edule*) of haantjes schelpen aanwezig waren. Wanneer in 1984 de gekozen plaats de slechtste was met zwart stinkend slijk, dan is ze aktueel een goede plaats geworden (aktueel meetpunt nr. 4) met grijs schelpenzand!

Het relaas van dit inleidend experiment volgt hierna. Op een vergadering met vertegenwoordigers van alle betrokken instanties: Ministerie van Openbare Werken, Stad Oostende, IZW0, BLOSO, sportvisserij, jachthaven, Waterzuiveringsmaatschappij, werd op 23/08/85 principieel het voorstel gedaan om de Spuikom met krijt te behandelen ten einde met beperkte budgetten toch een eerste sanering door te voeren. Dit voorstel werd principieel aanvaard.

Korte inleidende studie over het uitstrooien van krijt als saneringsmiddel voor de Spuikom van Oostende

L. Thielemans, P. Herman, D. Van Gansbeke, C. Heip
FKFO 2.9007.82. Verslag 1984. Sectie Mariene Biologie, Laboratorium
voor Morfologie en Systematiek der Dieren, Rijksuniversiteit Gent

De ad hoc Kommissie "Eutrofiëring Spuikom" van het IZW0, onderzoekt gedurende reeds ruim twee jaar, de verschillende mogelijkheden om de Spuikom te saneren. Uit een rapport (Thielemans en Verboven, 1982) blijkt echter dat de te nemen maatregelen allen duur uitvallen, waardoor de uitvoerbaarheid ervan sterk wordt belemmerd.

Dr. Bastin, geoloog en lid van de Raad van Beheer van het IZW0, kwam via kontakten in Frankrijk, op de hoogte van een methode die er in bestaat 'Craie de Champagne' uit te strooien. Deze methode heeft het voordeel relatief gemakkelijk uitvoerbaar te zijn en weinig te kosten. Het krijt bestaat uit Coccolithen (1g krijt zou ongeveer 88 miljard partikels bevatten) en zou slibrijke anoxische sedimenten omvormen tot aërobe waarin nieuw bentisch leven mogelijk wordt, gekoppeld aan een groei van het visbestand. Talrijke voorbeelden van deze methode zijn in Frankrijk beschreven met een gunstige evolutie van 'dode' rivieren en meren (Montonati, 1976). In de loop van september 1984 is door de sectie Mariene Biologie van het Laboratorium voor Morfologie en Systematiek der Dieren, een klein experiment uitgevoerd om het effect van het krijt te testen op de Spuikom.

Twee planktontowers (226 l, 0.3m² opp.) werden op anaëroob slib geplaatst. In een tower werd krijt uitgestrooid, ongeveer 1kg/m², terwijl de tweede tower intact werd gelaten. Gedurende een drietal weken, een 24 uur cyclus inkluis, werden pH, O₂, en nutriënten gemeten van het water

en het sediment in de towers en vergeleken met het open water. De resultaten kunnen als volgt worden samengevat:

1) in de waterkolom:

a. visuele waarneming:

in de tower met krijt was een grotere fouling waar te nemen dan in de tower zonder krijt. Het water bevatte meer zwevende partikels waarvan vooral de Amfipode Corophium profiteerde om met de partikels kokers tegen de plasticwand te bouwen. De waarneming dat het sediment partikulair wordt gemaakt onder de invloed van krijt, stemt overeen met de Franse rapporten.

b. de zuurstofconcentraties liggen altijd lager in de towers dan in open water (Fig.1). (Gem. in T_K : 6.06mg/l, in T: 4.88mg/l, in open water: 8.66mg/l). We hebben duidelijk met een 'tower-effekt' te maken. In de towers ontstaat dikwijls een stratifikatie met de diepte (1m). Dit is bijv. duidelijk het geval op 5/9, op 12/9 is dit niet het geval. Deze stratifikaties ontstaan waarschijnlijk onder de onmiddellijke invloed van de windkracht en de neerslag. Alleszins zorgen een verhoogde respiratie veroorzaakt door een grotere fouling en het ontbreken van een goede vermenging, ervoor dat de zuurstofgehalten in de towers lager liggen dan in open water. Vergelijken we de towers onderling, dan zien we dat in de tower met krijt het zuurstofgehalte steeds hoger ligt dan in deze zonder krijt. Indien het krijt de afbraak van organisch materiaal in de sedimenten bevordert en de diffusie van nutriënten naar de waterkolom zou doen toenemen, zou men kunnen verwachten dat de primaire produktie en dus de zuurstofconcentratie zou verhogen. We meten echter geen significant verschil tussen de chlorofyl gehalten in de twee towers (T_K : 1.9g, T: 1.7g).

c. de pH van het water verandert niet. Er is voldoende natuurlijk Ca in het water aanwezig, waardoor geen invloed van het uitgestrooide calciumcarbonaat op de pH wordt vastgesteld.

d. 's nachts liggen de NH_3 -N concentraties hoger in de tower met krijt dan in deze zonder. Tijdens de dag echter liggen de ammoniumgehalten hoger in de tower zonder krijt. Dit kan erop wijzen dat ammonium in T_K vlugger en/of meer wordt opgenomen dan in T, of dat de oxidatie naar NO_3 groter is in T_K tijdens de dag dan 's nachts. Beide processen sluiten elkaar niet uit. Ook hier blijft een klokeffekt merkbaar. In open water liggen de concentraties altijd lager (T_K : 0.29mg/l; T: 0.31mg/l, open water: 0.13mg/l).

e. de nitraatconcentraties liggen laag en laten geen interpretatie toe (T_K : 28µg/l, T: 33µg/l, in open water: 44µg/l).

f. de fosfaatconcentraties liggen hoog en laten eveneens geen verklaring toe (T_K : 1.77mg/l, T: 1.92mg/l, in open water: 1.56mg/l).

2) in de sedimenten:

- a. de bodemfauna ondervindt geen nadelige invloed van het krijt. Een mogelijke invloed op Ulva werd niet gecontroleerd.
- b. algemeen kunnen we stellen dat de stikstofnutriënten met 1/3 zijn gedaald in de tower met krijt in vergelijking met deze zonder krijt (na drie weken: $277\mu\text{g}/10\text{cm}^2$ in T_K en $434\mu\text{g}/10\text{cm}^2$ in T). De ammoniumconcentraties liggen hoog. In de bovenste 6cm meten we $14.4\text{mg}/\text{l}$ in T en $9.09\text{mg}/\text{l}$ in T_K . Nitraten liggen veel lager maar er is een belangrijke toename te noteren in de tower met krijt: $22\mu\text{g}/\text{l}$ in T en $487\mu\text{g}/\text{l}$ in T_K .

Orthofosfaat ligt hoog maar neemt af in de tower met krijt: $10.3\text{mg}/\text{l}$ in T en $6.24\text{mg}/\text{l}$ in T_K . Deze afname kan te wijten zijn aan de precipitatie van fosfaat met de ijzerhydroxiden of door de adsorptie van fosfaat aan het krijt (Wollast, mond. meded.). Fosfaat zou dus chemisch worden gebonden en niet in de waterkolom vrijkomen.

Besluit

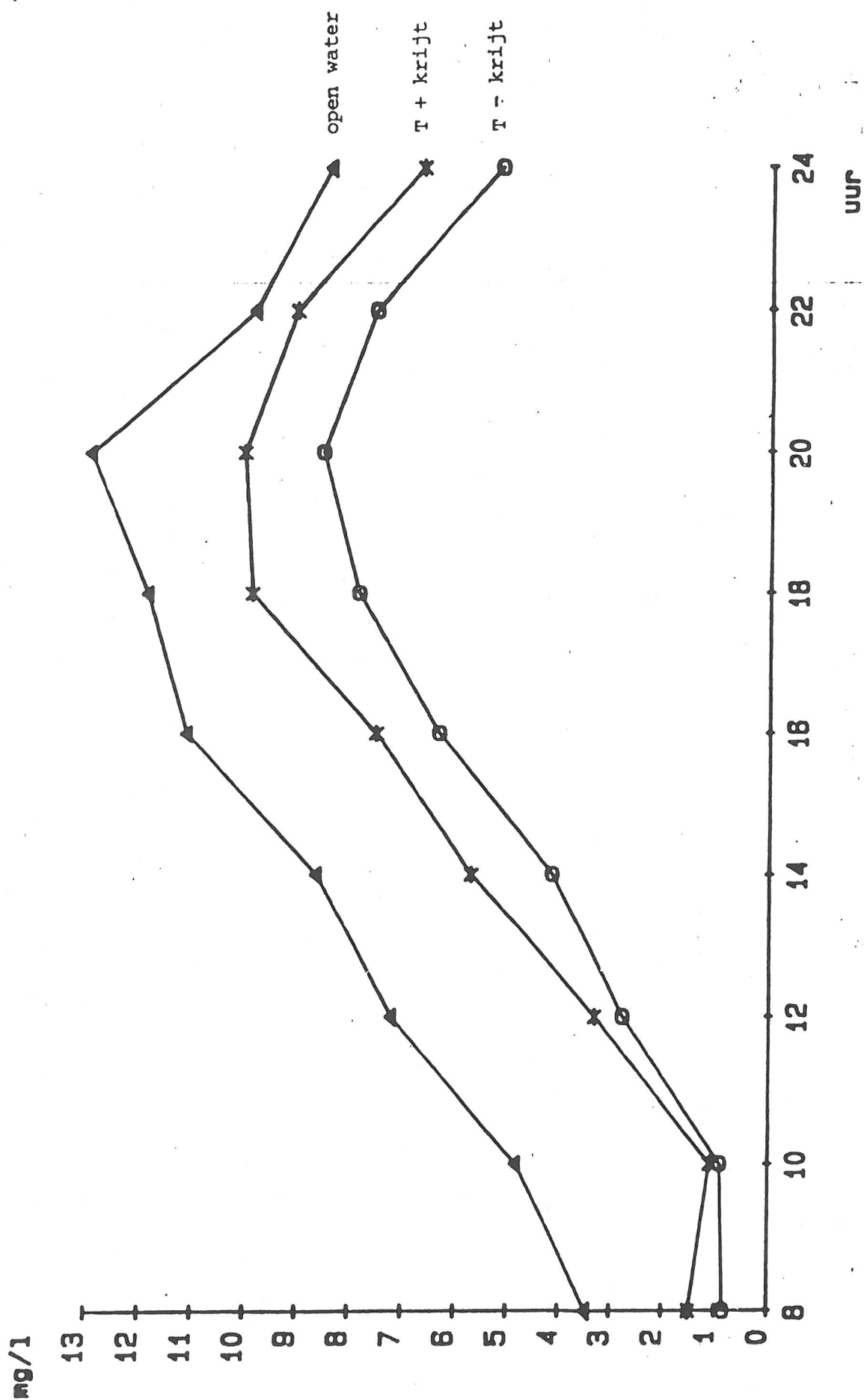
Uit dit experiment dat in een korte tijdspanne en met een beperkt aantal metingen is uitgevoerd, kunnen we besluiten dat enkele waarnemingen overeenstemmen met wat in de Franse rapporten is beschreven: het partikulair worden van het sediment en het op gang brengen van het remineralisatieproces in de bodem.

In een labo-experiment waar het cores en microëlektrodes zal gewerkt worden, zullen we een beter beeld krijgen van wat er zich in de sedimenten afspeelt. De uiteindelijke besluitvorming en de strategie voor de Spuikom kan daarna worden uitgewerkt.

Referenties

- Montonati J. 1976. Utilisation et effets de la craie pour l'aménagement du milieu piscicole. Etangs. Congrès Annuel du Club Halieutique.
- Thielemans L. en J. Verboven. 1982. Eutrofiëring van de Spuikom: oorzaken, gevolgen, opties tot herstel. Rapport ad hoc Kommissie "Eutrofiëring Spuikom".

ZUURSTOF



Figuur 1 : gemiddelde zuurstofconcentraties over de volledige waterkolom.

9. HET KRIJT, EIGENSCHAPPEN

Het krijt waar we het hier over hebben komt van dezelfde krijtafzettingen uit de boven Krijtperiode die voorkomen in het zuid-oosten van Engeland, het noord-oosten van België rond Maaseik, het zuiden van België rond Mons en in de Champagnestreek van noord Frankrijk.

Het is een tamelijk zuiver (95-99%) calciumcarbonaat (CaCO_3) met een zeer fijne en zachte structuur. Het werd gevormd door de neerslag en accumulatie van microscopische kalkskeletten van de unicellulaire flagellaten of Mastigophora van het genre Coccolithus. Daarom wordt het ook wel coccolietenkrijt genoemd.

Er zouden tot 88 miljard deeltjes voorkomen in één gram krijt. Vandaar de tamelijk grote specifieke oppervlakte van 8 800 tot 9 400 Blaine (cm^2/g). Deze fysische eigenschappen zouden er toe leiden dat deze vorm van Calciumcarbonaat beter assimileerbaar is en een grotere oplosbaarheid vertoont dan andere vormen en er dus voor saneringsdoeleinden niet mede te vergelijken zijn.

Hierna volgen de eigenschappen van 2 typen krijt die door de Belgische producenten op de markt gebracht worden en die ook voor saneringsdoeleinden gebruikt worden in Duitsland onder de naam "Aquapur" en in Frankrijk onder de naam "Bioplancton F".

Voor de behandeling van de Spuikom werd 450 ton Moulue 50 besteld en 50 ton Superfine 300.



NATURAL CALCIUM CARBONATE

TYPE : MOULUE 50

APPLICATIONS GENERALES

- Industrie chimique
- Calorifuge
- Alimentation animale
- Traitement des eaux
- Filler

GENERAL USES

- Manufacture of chemicals
- Non-conducting
- Foodstuffs for livestock
- Water treatment
- Filler

ANALYSE CHIMIQUE

Carbonate de calcium	CaCO_3	95 % min
Oxyde de calcium	CaO	53 % min
Perte au feu	P.F.	42
Oxyde de magnésium	MgO	0,3
Silice	SiO_2	2,0
Oxyde de fer	Fe_2O_3	0,4
Alumine	Al_2O_3	0,6
Anhydride phosphorique	P_2O_5	0,15
Phosphore	P	0,06

CHEMICAL ANALYSIS

Calcium carbonate
Calcium oxide
Loss on ignition
Magnesium oxide
Silica
Iron oxide
Aluminium oxide
Phosphoric anhydride
Phosphorus

Autres caractéristiques au verso

Other characteristics on the other side



NATURAL CALCIUM CARBONATE

TYPE : SUPERFINE 300

APPLICATIONS GENERALES

- Industrie chimique
- Industrie du caoutchouc, plastiques
- Industrie des papiers peints
- Industrie des couleurs et vernis
- Industrie des câbles électriques
- Enrobage des électrodes

GENERAL USES

- Manufacture chemicals
- Manufacture rubber - plastic
- Manufacture wallpapers
- Manufacture colour - varnish
- Manufacture electric cables
- Wrapping of electrodes

ANALYSE CHIMIQUE

Valeurs statistiques moyennes

Carbonate de calcium	CaCO_3	98,5/99 %
Perte au feu	P.F.	43,5
Oxyde de magnésium	MgO	0,25
Silice	SiO_2	0,8
Oxyde de fer	Fe_2O_3	< 0,15 > 0,07
Alumine	Al_2O_3	0,17
Anhydride phosphorique	P_2O_5	0,12
Manganèse	Mn	0,016

CHEMICAL ANALYSIS

Mean statistics value

Calcium carbonate
Loss on ignition
Magnesium oxide
Silica
Iron oxide
Aluminium oxide
Phosphoric anhydride
Manganese

BLANCHEURS TYPIQUES

(Référence : $\text{MgO} = 100$)

Longueur d'onde des filtres interférentiels

Bleu : 463 $m\mu$

X : 87,0

Y = 84,5

X — Z

$$\frac{X - Z}{Y} = 9,5$$

TYPICAL BRIGHTNESS

(Ref. : $\text{MgO} = 100$)

Filters wave-length

Blue : 463 $m\mu$

Z : 79,0

X — Z

$$\frac{X - Z}{Y} = 9,5$$

10. DE SANERENDE WERKING VAN HET KRIJT

Het sanerend effect van het fijne coccolieten krijt, zowel op het aquatisch milieu als op de onderwaterbodem, gebeurt op drie wijzen: fysisch-chemisch en biologisch met interacties. Een krijtbehandeling is dus op zichzelf een volledig fysico-biochemisch procédé.

A. Fysische werking

1) Op het water

Er gebeurt zeer snel na de uitstrooiing van het krijt een opklaring van het water. Dit komt doordat de zwevende deeltjes in suspensie geabsorbeerd worden, aan het krijt, floculeren, en naar de bodem zinken.

Deze opklaring gaat de photosynthese belangrijk doen toenemen waardoor een grotere primaire produktie waarvan gans de verdere flora en fauna gaat profiteren.

Met een betere luchtpenetratie vormen zich dikwijls groene vlekken op de bodem die dikwijls uit Chlorophyceën bestaan. Deze laatste zorgen voor een betere zuurstoftoevoer aan het interfacies waterslib zodat daar een verhoogde aërobe bacteriën werking ontstaat.

2) Op het slib

In een eerste fase gaat het slib vloeibaarder worden met een lagere viscositeit en rigiditeit en dus ook onderhevig zijn aan lagere kritische erosiesnelheden. Hierdoor kan het gemakkelijker afgevoerd worden indien er een stroming bestaat.

Dit vloeibaarder worden is vooral het gevolg van de vertering van de organische bestanddelen van het slib door verhoogde bacteriële werking zodat vele bruggen in het tixotropisch slib weggenomen worden en de cohesie geringer wordt. Er treedt ook een kleurverandering op van zwart naar grijs door de oxydatie van het slib.

In een tweede fase verhoogt de densiteit van het slib aanzienlijk door inklinking omdat het kaartenhuisje van de tixotropie instort bij het verder verteren van de organische bestanddelen, hetgeen mineralisatie genoemd wordt.

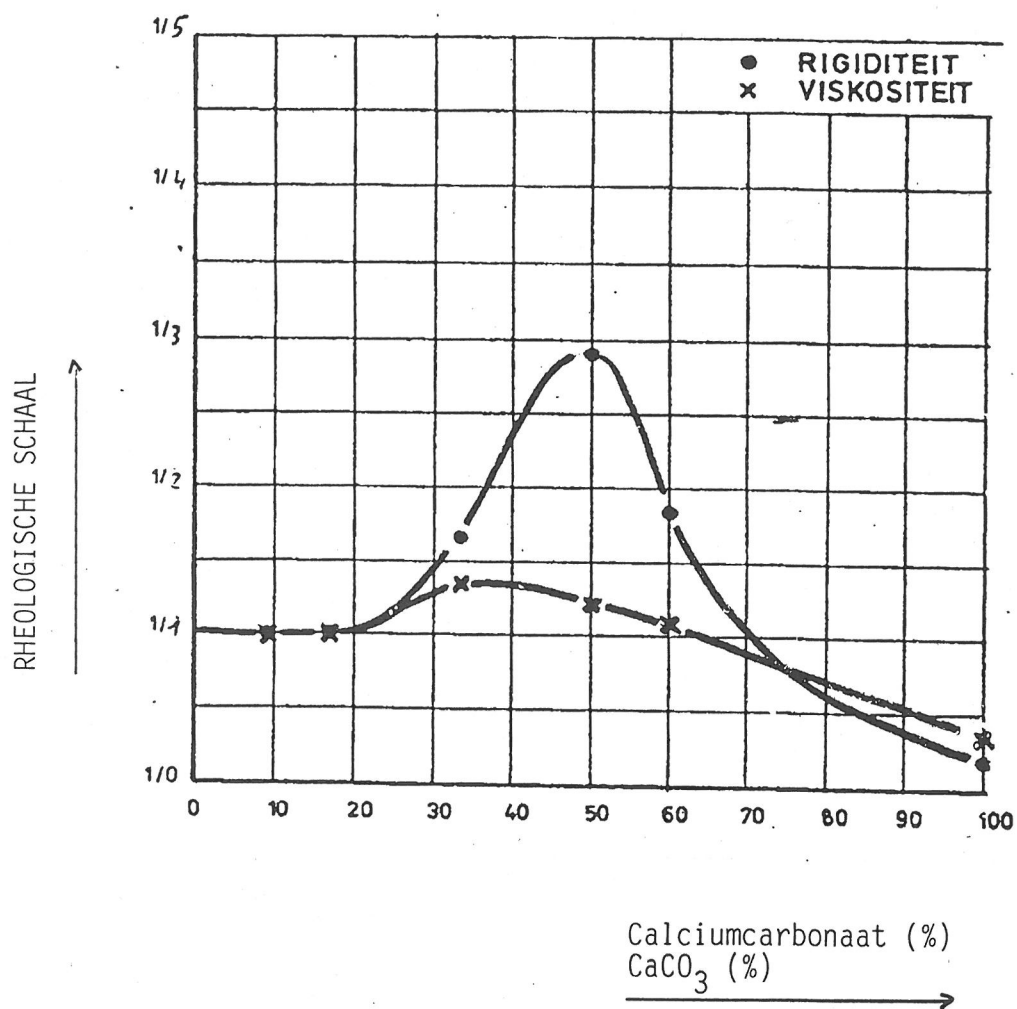
Doch afgezien van het eerst vloeibaarder en dan kompakter worden van het slib door bacteriële vertering van de organische bestanddelen, hebben we kunnen aantonen dat de loutere toevoeging van krijt aan zuiver slib een verlaging en verhoging van de initiële viscositeit en rigiditeit tot gevolg heeft. Onderstaand rheologisch diagram dat we destijds opstelden uit experimenten met Zeebrugs slib toont deze verbanden.

Zeebrugge - slib

$t = 19^{\circ}\text{C}$

$S = 100\%$

($S = \text{slibgehalte} < 63 \mu$)



B. Scheikundige werking

1) Op het water

- De pH van het aquatisch milieu wordt gebufferd door het krijt naar een waarde tussen 7,2 en 8, niettegenstaande zijn alkalisch karakter.

In een zuur milieu is het duidelijk dat de pH opgetrokken wordt door het alkalisch karakter van het krijt. Op zichzelf is dit reeds een vorm van sanering voor de meeste aquatische levensvormen. In een te basisch milieu gaat de pH naar omlaag getrokken worden. Er ontstaat een auto-regulatie die gedeeltelijk in stand gehouden wordt door bacteriënwerking die organische zuren kunnen produceren en ook gedeeltelijk door de koolzuurvorming enerzijds en anderzijds de alkalische lichte kalkafgave (CaO) van het krijt.

- Een zuurstoftoename

Zeer kort na de krijtinjectie is er manifeste zuurstoftoename. Deze snelle zuurstoftoename is natuurlijk een zeer goede aanzet voor de verbetering van een aquatisch milieu. De achterna komende verhoogde bacteriële werking gaat inderdaad veel zuurstof gebruiken in het nitrifikatieproces.

Vanwaar komt nu die zuurstof?

Zoals in het hoofdstuk van de eigenschappen van het krijt beschreven, zijn er tot 88 miljard deeltjes in één gram. Elk van deze deeltjes is in feite een klein sponsje waar lucht en dus ook zuurstof in opgesloten zit. Het volume gewicht van krijt gaat van 0,8 tot 1,1 kg/dm^3 terwijl het specifiek gewicht 2,7 is. Dit wil zeggen dat men bij de injectie van iedere ton krijt ook een injectie doet van bijna 2m^3 lucht. Deze lucht en zuurstof is in zeer fijn verdeelde vorm en wordt slechts langzaam afgegeven. Wanneer de heilzame werking nog niet in al zijn aspecten begrepen is, dan wordt deze eigenschap door de meeste auteurs toch aanzien als een van de zeer belangrijke en exclusieve. Dit doet het coccolieten krijt vooral verschillen van de andere vormen van Calciumcarbonaat zoals gemalen kalksteen en ook de "maërl" of Corraliniceën kalk afkomstig van zeekalkwieren die door sommige bacteriënproducenten gebruikt worden als drager.

Vooraf de Fransen benadrukken dat het krijt van "Champagne" moet zijn om een goede werking te verzekeren, hiermede de analogie oproepend van het vrijkomen van belletjes.

Een andere bron van zuurstof komt van de verhoogde fotosynthese vooral van de Chlorofyceën door hogergenoemde betere luchtpenetratie.

- Een ander zeer belangrijk aspect is dat er door de aanwezigheid van het krijt minder competitie is tussen het opgeloste CO_2 en de zuurstof en deze laatste minder uitgedreven wordt door te hoog CO_2 gehalte. Dit komt door een chemische autoregulatie door de vorming van calciumbicarbonaat uit carbonaat bij verhoogde dampspanning van CO_2 en omgekeerd.

- De oplosbaarheid van zuiver calciumcarbonaat CaCO_3 in calciëtvorm is 42mg/l, doch de krijtform is veel oplosbaarder en gaat van 100mg tot 200mg/l.

- De oplosbaarheid van calciumbicarbonaat $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ is 1,079g/l. Dit zout is in vaste vorm echter onbekend daar het onmogelijk is het solubiliteitsprodukt te bereiken omwille van de hoge dissociatie.

Het CO_2 dat bijvoorbeeld voortkomt van planten of van biologische afbraak gaat met H_2O koolzuur H_2CO_3 vormen.

$\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ Dit koolzuur gaat het opgeloste CaCO_3 omzetten in $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$

$\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$.

Het ion HCO_3^{1-} is niet competitief met zuurstof zoals het vrije CO_2 wel is.

Wanneer nu CO_2 ontwijkt uit dit systeem dan gaat het CaCO_3 dat overblijft weer neerslaan.

- Een fosfaatneerslag

Het is een vrij bekende zaak dat het ionisch calcium (Ca^{++}) het fosfaat in oplossing zal doen neerslaan in de vorm van onoplosbare fosfaten. Daar het krijt een grotere oplosbaarheid vertoont en er dus een verhoogde aanwezigheid is van Ca^{++} ionen zal de fosfaatneerslag dus ook belangrijker zijn. Dit fenomeen wordt zeer snel gemeten na een krijtbehandeling.

Het verdwijnen van overmatige fosfaten is uiteraard een zeer belangrijke stap in de strijd tegen de eutrofiëring van het aquatisch milieu.

- Een fixatie van de ammoniak

In zoverre dat er in de precipitatie van onoplosbare fosfaten ook calciumwaterstoffosfaat gevormd wordt, gaat dit gevormde calciumwaterstoffosfaat het ammoniak gaan binden bij gewone temperatuur. Ammoniak is één van de meest toxische stoffen voor waterdieren.

2) Op het slib

De positieve scheikundige effecten van het krijt op het aquatisch milieu gaan zich ook verder doorzetten op het interfacies tussen het bodemslib en het water en ook verder in het interstitieel water van de bodem. Het belangrijkste gevolg daarvan is dat de bacteriële werking, de fauna en flora op de bodem gaan geactiveerd worden zonder eutrofiëring voor gevolg te hebben. Het is door de verhoogde bacteriële werking dat het organisch materiaal van het slib gaat afgebroken worden. De rechtstreekse scheikundige actie van krijt voor het verteren van het slib wordt nergens vermeld en indien ze bestaat dan is ze niet voldoende bekend.

Het is dus volkomen verkeerd om te beweren dat een krijtbehandeling zou verschillen van een biochemische met geproduceerde bacteriën, al zou de krijtbehandeling een scheikundige vertering zijn van het slib en de andere een bacteriële. Het is in beide gevallen wel degelijk een bacteriële vertering. Met een krijtbehandeling worden de randvoorwaarden geoptimaliseerd voor de activatie van de in de natuur voldoende voorkomende bacteriën, om dit proces te doen doorgang vinden (in een niet irreversibel vervuild milieu).

Deze optimaliserende randvoorwaarden zijn :

- een optimale pH
- een verhoogde zuurstofgraad

- een toelevering van Ca^{++} (onontbeerlijk voor de bacteriën)
- een foculatie en precipitatie van de fosfaten naar de onoplosbare vorm
- een vastlegging van het voor planten en dieren, giftige ammoniak door de gevormde onoplosbare fosfaten.

Door de licht basische pH van het slib vanwege het krijt blijven de zware metalen beter gehecht aan het slib en worden ze minder uitgeloozd naar het water toe. De sequestratie van de zware metalen in het slib gebeurt echter ook grotendeels door de geactiveerde bacteriële werking.

C. De bacteriële werking

De belangrijkste sanerende werking van het krijt en dan vooral voor de onderwaterbodems, is de activatie van de natuurlijke aanwezige bacteriën (in mogelijk reversibele milieus) zodat deze de organische bestanddelen van het slib gaan afbreken. We hebben het hier dan wel vooral over de gewone organische bestanddelen die voorkomen van het afsterven van planten en dieren en die een eutrofiëring voor gevolg kunnen hebben. Deze vormen nog steeds de grootste meerderheid en indien synthetische organische bestanddelen in geringe mate hiermede in voorkomen zullen ze ook mede afgebroken worden in zover ze niet toxisch zijn voor de natuurlijke bacteriën.

In de landbouw is het gebruik van krijt van oudsher en alom bekend voor de goede werking van een komposthoop. Door een komposthoop dient één of andere vorm van calcium carbonaat gemengd voor een goede pH waarde maar vooral voor een goede voedingsbodem voor de nitrifiërende bacteriën. Daar het krijt meer oplosbaar is dan andere vormen zal het Ca^{++} ion gemakkelijker beschikbaar zijn voor de nitrifiërende bacteriën zoals nitrosomonas en nitrobacter voor wie het Ca^{++} onontbeerlijk is. Tevens halen deze bacteriën hun benodigde anorganische koolstof uit het calciumcarbonaat.

Deze nitrifiërende bacteriën komen voldoende in de natuur voor zodat een komposthoop meestal vanzelf aanzet. Voor haastige mensen bestaan er reeds lang concentraten van bacteriën om de kompostering te versnellen. Ofwel wordt er aangeraden om deze bacteriën te mengen met krijt of wat men al te veel kalk noemt, ofwel kan men krijt kopen waar bacteriën in gemengd zijn.

In waterzuiveringsmiddelen is het nitrifiëringsproces voor de afbraak van organische bestanddelen uiteraard ook alom bekend. Eigenaardig genoeg is de analogie van het gebruik van krijt voor de kompostering hier echter niet zo doorgedrongen.

1) Hoe worden organische stikstofverbindingen biologisch afgebroken ?

a. Er is vooreerst de aërobe zuivering

In het water zijn de afvalprodukten van planten en dieren, voedselresten en uitwerpselen gedeeltelijk koolstofstikstofverbindingen, zoals ureum, amideverbindingen, eiwitten, proteïnen en zelfs aminozuren. Deze verbindingen hebben de NH_2 groep

gemeen. Door bacteriële werking van de nitrifiërende bacteriën zoals nitrosomonas en nitrobacter gaan deze bestanddelen afgebroken worden. Zo worden bijvoorbeeld de proteïnen afgebroken in peptiden naar aminozuren, naar ammonium, naar nitrieten en uiteindelijk naar nitraten.

De laatste drie stappen noemt men 'nitrificatie proces'

- De eerste stap van het nitrificatieproces noemt 'ammonisatie', hierin worden de nog meer complexe organische bestanddelen zoals albuminoïden en aminozuren omgezet in ammoniumzouten.

- De tweede stap noemt men 'nitrosatie' waarbij de ammoniumzouten omgezet worden in nitrieten.

- De derde stap noemt men 'nitratie' waarbij de nitrieten omgezet worden in nitraten.

In gans dit proces wordt veel zuurstof verbruikt en een scheikundige balans van bijvoorbeeld de bovengenoemde afbraak van proteïnen is samengevat in onderstaande tabel.

Koolstof	C	50 g	Koolzuuranhydride	CO ₂	183 g
Zuurstof	O	25 g	Zuurstof	O ₂ (teruggebonden)	
Stikstof	N	17 g	Nitraat	NO ₃	75 g
Waterstof	H	7 g	Water	H ₂ O	63 g
Zwavel	S	1 g	Sulfaat	SO ₄	3 g

Proteïnen	100 g	Na omzetting	324 g
-----------	-------	--------------	-------

Na een krijtbehandeling ziet men zeer vlug het nitraatgehalte stijgen hetgeen een bewijs is dat het proces in actie is. Indien dit zou gebeuren bij een temperatuur die boven de 20°C ligt, waarbij bijvoorbeeld de nitrosomonas bacteriën superactief worden dan kan het nitraatgehalte na een eerste krijtbehandeling gaan stijgen tot toxische waarden. Dit moet dus vermeden worden. De tweede stap waarbij de nitraten geëlimineerd worden moet dus op voorhand gepland en in actie gezet worden voordat de 20° bereikt worden.

Inderdaad, indien de nitratie de uiteindelijke stap zou zijn dan was onze planeet reeds bedolven onder de nitraten. Deze nitraten worden dan ook in de natuur afgebroken in het volgend proces.

b. De anaërobe zuivering

Dit wordt ook wel het 'denitrificatie' proces genoemd. In dit proces worden de nitraten terug afgebroken tot nitrieten en vervolgens tot gasvormig stikstof. Dit gebeurt door de anaërobe bacteriën, ook wel heterotrofe bacteriën genoemd.

Deze bacteriën hebben evengoed zuurstof nodig voor hun activiteiten als de aërobe. De aërobe bacteriën hebben echter alle vrije zuurstof reeds gebruikt in de bovenste laag van het slib. De goed actieve anaërobe bacteriën zijn in staat om het nodige zuurstof te onttrekken aan de nitraten en nitrieten. Het gasvormige stikstof blijft over.

Met een toevoeging van krijt worden ook deze anaërobe bacteriën geactiveerd doch wel in een later stadium. Het is maar wanneer

deze tweede stap in werking is dat het krijt het milieu terug volledig in evenwicht kan brengen. Tijdens de proeven aan het Max-Planck Instituut in Duitsland op de vijver van Konrad Lorenz vond men na meer dan één jaar sporen van krijt terug in het slib op meer dan één meter diep.

Tijdens proeven in aquakultuur aquariums met biologische bodemfilters konden wij zelf vaststellen hoe een kleine hoeveelheid krijt die we juist achter het glas op de bodem aangebracht hadden, zoals wortels van een boom in de zwaar beladen bodem kropen. Het donkere slib werd grijs geoxydeerd en gans de bodem werd gemineraliseerd.

We deden ook proeven met krijt waar bacteriën door gemengd waren. Dit proces ging iets vlugger doch niet spectaculair. Proeven met bacteriën op drager die aktueel voor onderwaterbodemsanering op de markt gebracht worden deden het, helaas voor deze producenten, niet beter - eerder omgekeerd.

Door het voorzichtig gebruik van krijt in onze biologische filters voor aquakultuur, hebben wij aktueel geen enkele met vuil beladen bodemfilter meer. Nochtans is de belading zeer groot. Men dient echter voorzichtig te zijn met het gebruik van krijt bij temperaturen hoger dan 20°C - doch dit zal ook zo wel zijn met geproduceerde bacteriën.

Inderdaad bij meer dan 20° gaan de aërobe bacteriën zo snel hun omzettingsaktiviteiten beginnen zodat er teveel nitraten gevormd worden. De nog niet geactiveerde anaërobe bacteriën kunnen op dat ogenblik met de denitrificatie niet volgen.

Voor de proeven op de Spuikom wordt daarom eerst een injectie van krijt gedaan voor de winter. Door de kouder wordende temperatuur gaan de aërobe bacteriën niet te hevig tewerk gaan en het krijt kan stilaan in de bodem dringen om tegen de volgende lente de anaërobe bacteriën te aktiveren voor hun denitrificatie en volledige mineralisatie van het slib.

De mineralisatie van het slib in een lichtbasis milieu maakt uiteraard dat een aantal vervuilende elementaire stoffen zoals zware metalen in het slib gesequestreerd worden. Zoals men weet bestaat een gemineraliseerd slib voor een groot gedeelte uit kleimineralen. Deze kleimineralen zijn veelal aluminosilikaten in plaatvorm (Phyllosilikaten). Deze kleien (gemineraliseerd slib) hebben een groot sorptievermogen voor bevuilingsbestanddelen. Sorptie is de verzamelnaam voor adsorptie-absorptie ionenuitwisseling en chemisorptie. Dit komt doordat er tussen de platen van het kistalrooster vrije ruimten zijn. Deze sorptie capaciteiten van het Noordzee en Schelde slib werden vroeger door ons reeds bestudeerd in een kontraktuele opdracht voor het mathematisch model.

Een slib dat beladen is met organische bestanddelen verliest in bepaalde mate deze capaciteit doordat er ruimten tussen de platen geblokkeerd zijn door organische colloïden. Bij mineralisatie van het slib gaan ze de volledige sorptiecapaciteit herwinnen. Doordat deze aluminosilikaten in de natuur dus overvloedig voorkomen lijkt het van sedimentologisch standpunt dan ook een vrij eigenaardige handelswijze om aluminosilikaten te gaan injecteren in onderwater slibbodems om zware metalen te sequesteren. De verschillende zware metalen die volgens de

promotoren en verkopers van deze aluminosilikaten door hun produkt zouden gesequestreerd worden, worden dit ook door de kleimineralen van het slib, misschien in iets mindere mate. Maar natuurlijk slib is in zulke grote hoeveelheden voorhanden dat het tenslotte moet gebaggerd worden. Waarom er dan nog aan toevoegen ?

Wij hebben het hier uitdrukkelijk over gebruik in situ voor onderwaterbodems. Voor percolatie en filteringsdoeleinden zijn de in handel gebrachte produkten uiteraard meer geschikt omdat ze in een korrelgrootte kunnen gebracht worden die percolatie toelaat. Doch voor deze doeleinden bestaan er tientallen produkten.

Wat het gebruik van kunstmatig gekweekte bacteriën voor onderwaterbodemsanering betreft zouden wij het volgende willen opmerken. Er zijn aktueel verschillende soorten gekweekte of zogenoemde gekweekte bacteriën op de markt.

- Er zijn de droog gevriesdroogde bacteriën in geconcentreerde vorm.

- Er zijn de gevriesdroogde bacteriën die op één of twee dragers (aluminosilikaten en calciumcarbonaten) gehecht worden en in droge vorm, klaar voor injectie, verkocht worden.

- Er zijn de bacteriën in geconcentreerde vloeibare vorm die in een reactor voor de injectie op verschillende soorten van dragers kunnen gehecht worden.

- Er zijn de bacteriën die uit het zieke en vervuilde milieu genomen worden en die dus bewezen hebben resistent te zijn aan deze omgeving. Deze worden dan in gespecialiseerde laboratoria in kultuur gebracht en worden dan terug samen met hun afgeleide nevenfamilies terug in het betreffende vervuilde milieu geïnjecteerd; rechtstreeks of op dragers.

- De eerste vorm is zeer gemakkelijk, vooral voor kleinere toepassingen zoals om aquariumfilters en aquakultuurfilters op te starten en eventueel te onderhouden. Meestal zijn dit geen echte speciaal gekweekte bacteriën maar zijn het in feite laagwaardige restprodukten voor één of andere kweek, maar die dan hoogwaardig verkocht worden met winsten die van 5.000 tot 10.000 procent gaan. Voor doeleinden die opgenoemd werden zijn de resultaten middelmatig voor brak- en zeewater en tot goed voor zoetwater.

- In de tweede groep heeft men voor de gewone vervuilingen dikwijls te doen met dezelfde bacteriën zoals onder 1. Deze worden echter in natte of droge vorm op een drager gehecht, rechtstreeks of met een tussendrager om alzo een combinatie van twee effecten van dragers te bekomen. De verkoopsvorm is in droge toestand. Door de verschillende behandelingen en de gevriesdroogde vorm heeft deze verdunde vorm veel van zijn kracht verloren. De resultaten zijn dan ook maar zeer middelmatig. Daarenboven zijn de prijzen veel te hoog, als men weet wat het in feite is.

De speciaal gekweekte specifieke bacteriën voor specifieke vervuilingsproblemen verdienen een iets betere beoordeling alhoewel de gevriesdroogde vorm altijd verliezen geeft.

- De derde groep doet het beter. Deze bacteriën worden in geconcentreerde natte vorm verkocht, rechtstreeks van de kulturen. Er zijn er voor gewone vervuiling en voor specifieke

doeleinden. Voor het hechten aan een drager krijgen zij eerst een aktiveringsvoeding. De drager wordt gekozen in functie van het milieu. De voeding en hechting op drager gebeuren de dag voor de injectie. De resultaten zijn goed maar de prijs is relatief hoog.

- De vierde groep is uiteraard de groep van de specialisten. Alleen zeer gespecialiseerde laboratoria kunnen deze gesofistikeerde technologieën beheersen. Elke ingreep is specifiek voor een specifieke vervuiling. De resultaten zijn goed tot zeer goed. Voor echte problematische vervuilingen is de prijs daarenboven relatief gematigd te noemen, gezien gans die ingewikkelde technologie die hieraan te pas komt. De vraag is echter of men dit grof geschut moet uitpakken voor reversibele milieus met gewone vervuiling.

Behoudens deze laatste groep geven de andere bacteriën toepassingen eerder de indruk dat de technologie nog niet beheerst wordt en dat men zich nog volkomen in de eerste fase van het experimentele bevindt.

Aktueel trachten de promotoren met hun prijzen nog te profiteren van de onwennigheid van de opdrachtgevers met deze methodiek. De prijzen zullen uiteraard gaan dalen wanneer de opdrachtgevers beter de relatieve waarden gaan kunnen inschatten en vooral door de concurrentie slag. Al te velen menen tegenwoordig de melkkoe van de milieuproblematiek te hebben ontdekt.

11. DOSERINGEN, TIJDSTIPPEN EN PERIODICITEIT VAN KRIJTAANWENDINGEN

In vroegere toepassingen van krijt spreken de gebruikers van 2 tot 10 ton per hectare. De producenten promoten uiteraard 10 ton/ha doch de gebruikers met ervaring houden het liever aan 5 toepassingen van 2 ton/ha dan 10 ton/ha in één keer. In zeewater en dan vooral in open waters met getijdeninvloed zijn de doseringen hoger wegens de grote dispersie. In gesloten bekkens wordt echter aangeraden de 5 ton/ha niet te overschrijden.

Het wordt afgeraden om krijt uit te strooien bij temperaturen boven de 20°. De reden hiervan hebben we reeds behandeld bij de bacteriënwerking. Boven 20° is er gevaar voor te hoge gehalten aan nitraten. Ook wordt afgeraden om te behandelen met krijt wanneer het zuurstofgehalte beneden de 6 mg/l ligt. Dit omdat er gevaar is dat er geen zuurstof genoeg zou zijn om de nitrieten in nitraten om te zetten. De nitrieten zijn toxisch en dienen vermeden te worden. Opdat de microorganismen echter voldoende actief zouden zijn voor de afbraak van het organisch materiaal is het best dat de temperatuur boven de 10° stijgt.

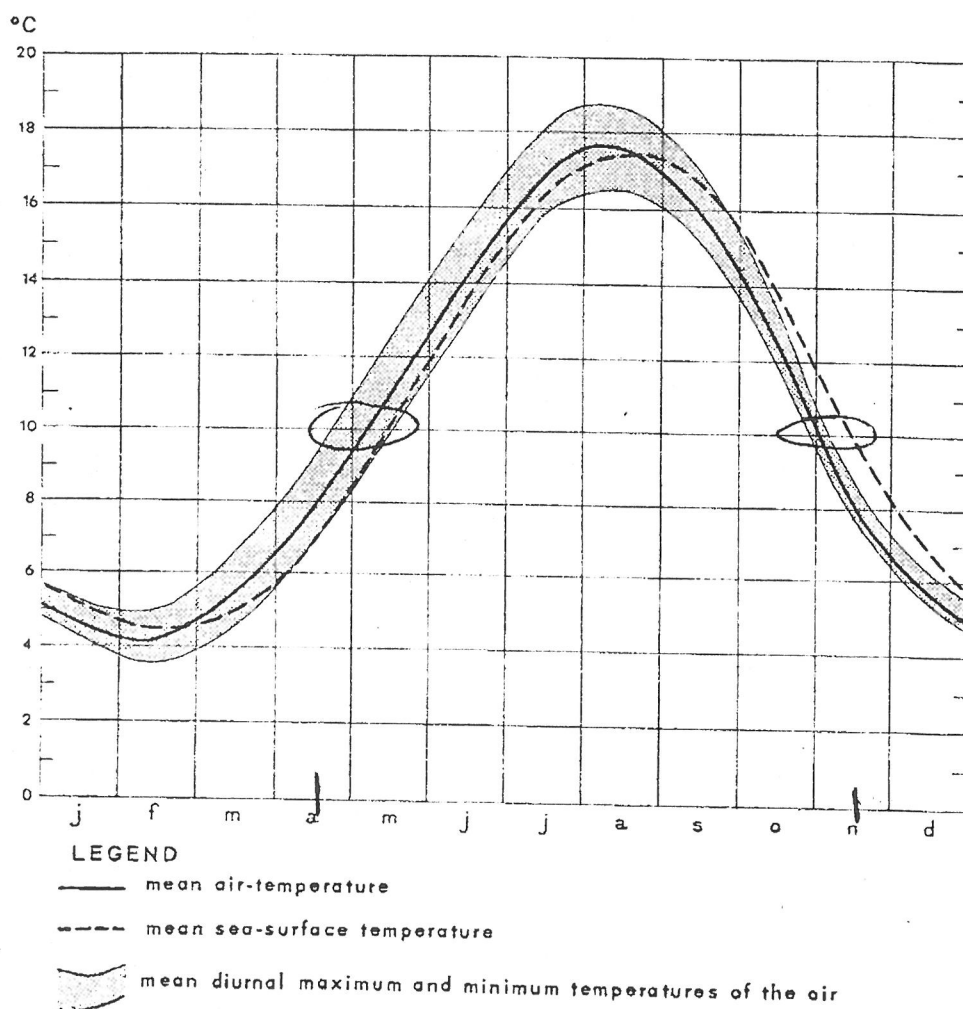
De perioden van strooien om een maximale aktiviteit te ontplooien zijn dus gelegen in de maanden dat het water tussen 10° en 20°C is (zie volgend diagram). Om een nitraatschok te vermijden kan echter best een eerste dispersie van krijt plaatsvinden bij dalende temperatuur in het najaar, juist voor de winter. Dit laat toe dat de anaërobe bacteriën zich voldoende gaan ontwikkelen tegen de lente zodat er met minder gevaar voor te hevige reacties de eigenlijke sanerende dispersie kan plaats vinden.

2. CLIMATOLOGY

NOORDZEE BELGISCHE KUST

2.4. TEMPERATURE

Annual variations of the diurnal mean, maximum and minimum air- and sea-surface temperatures.



The mean sea surface temperature follows the average air-temperature with a delay of one or two weeks. The diurnal range of the sea-surface temperatures is very small, having an amplitude of 0.2°C in summer and being almost negligible in winter. The 5 % limits of the sea-surface temperature fluctuations, due to random variations about the mean value for any month, are $\pm 2.5^{\circ}\text{C}$, the extreme maxima and minima observed remain within $\pm 5^{\circ}\text{C}$.

Voor de Spuikom werd gekozen voor een eerste dispersie op 3 en 4 december 90 met een dosering van ± 2.5 ton/ha. Deze in de lente, wellicht eind april-begin mei 91, met een dosering van ± 3.5 ton/ha.

12. DE KRIJTDISPERSIEMETHODEN

Voor kleine werken zoals beken, riviertjes en kleine vijvers wordt de verstrooiing meestal manueel gedaan met de schop of het laten leeglopen van de zakken. Voor grotere wateroppervlakken bestaan er verschillende wijzen van dispersie. Men kan de verspreiding doen met een meststofverspreider of met een zoutverspreider. Ook zou een poederkanon kunnen gebruikt worden doch boven water loopt men dan het gevaar gans de omgeving in het wit te zetten. Voor dit laatste bestaat er wel een gebreveteerde techniek van de semi-immersie waarbij het krijt vlak over het oppervlak van het water geblazen wordt met een deflector die het in het water drijft.

Andere methoden bestaan er in om een voorafgaande menging met water te maken en de krijtmelk met pompen en lansen te disperseren.

Voor de Spuikom werd geopteerd voor een immersie van het krijt in de sluiskolken. Daarom wordt de Spuikom eerst afgelaten. Bij het volgende hoogwater (liefst springtij) worden de sluizen dan geopend. In het bruisende water dat dan achter de sluis de Spuikom instroomt wordt dan het krijt gepompt. Dit pompen gebeurt met de compressors van de silo-wagens die 30 ton per slib bevatten. Achter het sluis complex wordt een protektiescherm geplaatst zodat het krijtstof tegengehouden wordt. Deze methode laat toe om zeer grote hoeveelheden in zeer korte tijd te verspreiden. De krijtmelk spreidt zich bij het opvullen van de Spuikom over gans de oppervlakte uit.
