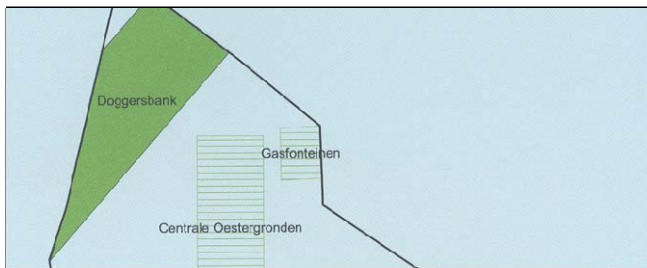


Basisinformatie over de Borkumer Stenen, Bruine Bank en Gasfonteinen, potentieel te beschermen gebieden op het NCP

R. Witbaard, O.G. Bos, H.J. Lindeboom

Rapport C026/08



Institute for Marine Resources and Ecosystem Studies

Wageningen **IMARES**

Opdrachtgever: Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit
Directie Kennis
Ede

Publicatiedatum: 30 mei 2008

- Wageningen **IMARES** levert kennis die nodig is voor het duurzaam beschermen, oogsten en ruimte gebruik van zee- en zilte kustgebieden (Marine Living Resource Management).
- Wageningen **IMARES** is daarin de kennispartner voor overheden, bedrijfsleven en maatschappelijke organisaties voor wie marine living resources van belang zijn.
- Wageningen **IMARES** doet daarvoor strategisch en toegepast ecologisch onderzoek in perspectief van ecologische en economische ontwikkelingen.

© 2008 Wageningen **IMARES**

Wageningen IMARES is een samenwerkingsverband tussen Wageningen UR en TNO.
Wij zijn geregistreerd in het Handelsregister
Amsterdam nr. 34135929,
BTW nr. NL 811383696B04.



A_4_3_1-V2

De Directie van Wageningen IMARES is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Wageningen IMARES; opdrachtgever vrijwaart Wageningen IMARES van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

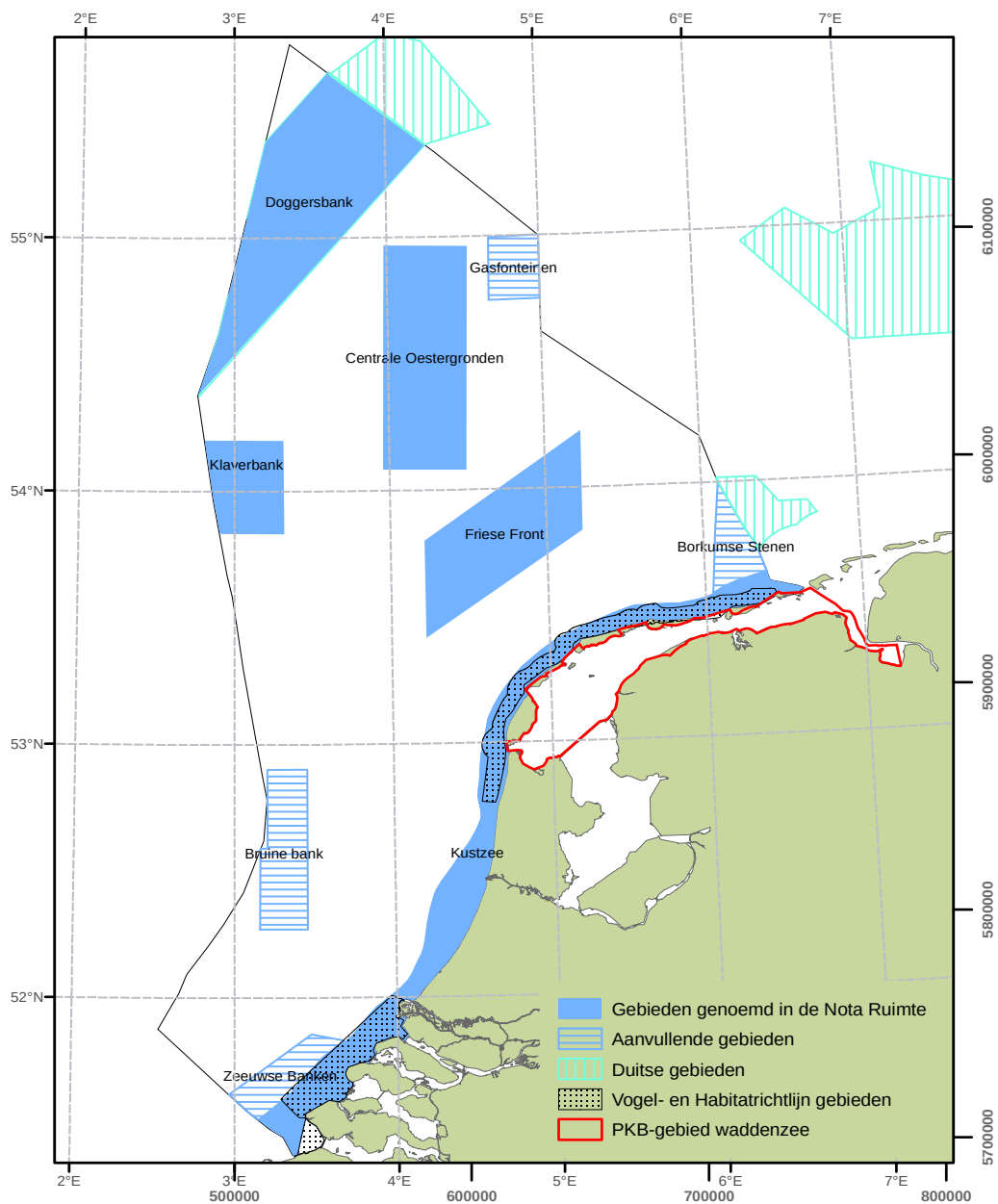
Dit rapport is vervaardigd op verzoek van de opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets van dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier zonder schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	3
Kennisvraag	4
Aanpak	5
Kwaliteitsborging	5
Methoden.....	5
Samenvatting	6
Borkumer Stenen / Borkumer Rif	8
Gasfonteinen en Pockmarks op het Nederlands Continentaal Plat	11
De Bruine Bank.....	18
Referenties	22
Appendix A: Gasseeps en Pockmarks.....	23
Appendix B: Organic geochemistry. Lipid biomarkers	33
Verantwoording	37

Kennisvraag

Naast het Friese Front, de Doggersbank, de Klaverbank en delen van de Kustzee zijn er nog een aantal gebieden gebieden met bijzondere natuurwaarden op de Noordzee die voor speciale bescherming in aanmerking zouden kunnen komen (Nota Ruimte 2004). In het rapport 'Gebieden met bijzondere ecologische waarden op het Nederlands Continentaal Plat' (Lindeboom et al. 2005) is aangekondigd dat nader (literatuur)onderzoek gedaan zou worden naar deze gebieden. Dit rapport is de uitwerking van deze aankondiging, waarin de Borkumer Stenen, Gasfonteinen en de Bruine Bank nader worden beschouwd (*Figuur 1*).



Figuur 1. Overzicht van gebieden met bijzondere ecologische waarden op het Nederlands Continentaal Plat (Lindeboom et al. 2005).

Aanpak

De aanpak van deze studie bestaat uit literatuuronderzoek. Alleen voor de zogenaamde gasfonteinen is nog extra veldwerk uitgevoerd (Appendices A en B).

Kwaliteitsborging

IMARES beschikt over een ISO 9001:2000 gecertificeerd kwaliteitsmanagement systeem (certificaatnummer: 08602-2004-AQ-ROT-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 december 2009. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV Certification B.V. Het laatste controle bezoek vond plaats op 16-22 mei 2007. Daarnaast beschikt het chemisch laboratorium van de afdeling milieu over een NEN-EN-ISO/IEC 17025:2000 accreditatie voor testlaboratoria met nummer L097. Deze accreditatie is geldig tot 27 maart 2009 en is voor het eerst verleend op 27 maart 1997, deze accreditatie is verleend door de Raad voor Accreditatie. Het laatste controlebezoek heeft plaatsgevonden op 12 juni 2007.

Methoden

In dit rapport is de kennis over een drietal gebieden met bijzondere ecologische waarden aan de hand van literatuuronderzoek op een rijtje gezet. Gebleken is dat voor deze gebieden weinig concrete gegevens voorhanden zijn en dat bovenal de beschikbare gegevens 15 jaar of ouder zijn. Op grond van deze gegevens is geprobeerd die aspecten te destilleren op grond waarvan de gebieden zich onderscheiden van omliggende niet te beschermen gebieden.

Samenvatting

In dit rapport worden drie gebieden in de Noordzee nader beschouwd: de Borkumer Stenen, Gasfonteinen en de Bruine Bank, zoals aangekondigd in het in 2005 verschenen rapport 'Gebieden met bijzondere ecologische waarden op het Nederlands Continentaal Plat' (Lindeboom et al. 2005). De informatie in dit rapport is bijeen gebracht door middel van literatuuronderzoek en een korte veldstudie. De studie is uitgevoerd om te beoordelen of de Borkumer Stenen, Gasfonteinen en de Bruine Bank ook als Natura 2000 gebieden zouden kunnen worden aangemerkt.

Borkumer Stenen

Borkumer Stenen is een gebied net ten noorden van Schiermonnikoog waar keien en grof tot zeer grof grind gerapporteerd zijn. De keien zijn afkomstig van een eindmorene uit de Saalien ijstijd. Over het Borkumer Rif loopt een sterke getijstroom. De laatste uitgebreide macrobenthosbemonstering stamt uit begin jaren '90 en suggereert dat het aantal soorten klein is. Twee langlevende schelpdiersoorten die werden aangetroffen zijn de Artemisschelp (*Dosinia exoleta*) en de Noordkromp (*Arctica islandica*). Het gebied wordt zwaar bevestigd. Of er nog keien liggen is onduidelijk omdat ze door vissers aan wal worden gebracht. De biodiversiteit van het benthos van het zachte sediment lijkt hoger dan het omliggende gebied. Van het harde substraat is de biodiversiteit echter nooit in detail onderzocht. Omdat uitvoerige studies in het gebied al decennia geleden uitgevoerd zijn en er in de tussentijd veel veranderd is kan op grond van de huidige beschikbare kennis geen goed gefundeerde beslissing over bescherming van het gebied genomen worden. Voor een goede beoordeling is een veel vollediger en actuelere habitatbeschrijving nodig, waarvoor veldonderzoek noodzakelijk is. Daarbij dient met behulp van sonaronderzoek ook vastgesteld te worden of in het Nederlandse deel van de Borkumse Stenen nog een significant aantal stenen aanwezig is.

Gasfonteinen en Pockmarks

Pockmarks zijn kratervormige depressies in de zeebodem met diameters van enkele meters tot kilometers die ontstaan door explosief vrijkomen van vloeistof of gas die onder het oppervlak opgesloten zitten. Verstoring van de zeebodem kunnen een dergelijke explosie triggeren. Pockmarks komen op de hele wereld voor en zijn gekoppeld aan de aanwezigheid van gas en olie in de bodem. Gasfonteinen, of gasseeps, zijn actieve pockmarks waaruit daadwerkelijk methaan ontsnapt. Er kunnen afzettingen van carbonaat ontstaan door microbiële oxidatie van methaan die een typische hardsubstraatstructuur vormen. Ook worden er soms bacteriematten gevonden van een sulfide oxiderende bacterie (*Beggiatoa*). Zowel pockmarks als gasseeps worden met side-scan sonar en multibeam opgespoord, waarbij reflectiebeelden van de bodemstructuur aanwijzingen geven voor de aanwezigheid van methaan. Als er zich structuren vormen, dan kunnen ze een bijzondere habitat vormen. Ook kunnen weglekkend methaan en bodemsulfide aan de basis van een chemo-autotroof voedselweb staan en daarmee voor een rijker en productiever bentisch ecosysteem zorgen, vergelijkbaar met de hot-vents in de diepzee. Ook op het NCP worden pockmarks gevonden, maar hoeveel pockmarks en gasseeps op het NCP liggen is niet bekend. Op basis van bekende ondiepe gasvoorraden en het voorkomen van breuklijnen kan wel een kaart geconstrueerd worden waar aan gasseeps en pockmarks gerelateerde structuren (habitat 1180 in de Habitatrichtlijn) te verwachten zijn. In het najaar van 2006 is een aantal locaties nader onderzocht waar pockmark vermoed werden. In twee van de drie gevallen bleek het om depressies uitgesleten rondom scheepswrakken te gaan. Een scheepswrak kan het ontstaan van een pockmark hebben veroorzaakt. Op locatie B13, net ten zuiden van de Doggersbank, is daadwerkelijk sprake van een gasseep, zonder dat er echter een duidelijke pockmark is

gezien. De aanwezigheid van de tweekleppige mollusk *Lucinoma borealis* was een aanwijzing voor chemoautotrofe bacteriële productie. Biogeochemische vetzuuranalyse suggereert dat er op dat moment geen sprake was van een actieve seepage, maar in een eerder stadium wel.

Binnen het voedselweb lijkt de chemoautotrofie niet van groot belang, omdat door fotosynthese geproduceerd organisch materiaal nog altijd de belangrijkste energiebron lijkt te zijn. Door bodemberoerende visserij (boomkor) kunnen de aanwezige methanocarbonaat structuren door een trawlpassage weggevist worden, terwijl het jaren duurt voordat ze weer opgebouwd zijn. Gezien de intensiteit van de boomvisserij op het NCP lijkt het voorkomen van de carbonaatstructuren dus niet heel waarschijnlijk. Omdat een goed overzicht van het voorkomen van pockmarks en gasseeps ontbreekt is het niet mogelijk een definitieve uitspraak te doen over hun belang in het Nederlandse deel van de Noordzee. Wel is vastgesteld dat binnen het Doggersbankgebied in de blokken A11 en B13 gasseeps voorkomen. Bij het instellen van beheermaatregelen voor dit aan te melden gebied zou hiermee rekening kunnen worden gehouden, bijvoorbeeld door het voorkomen van bodemberoerende visserij in dergelijke gebieden.

De Bruine Bank

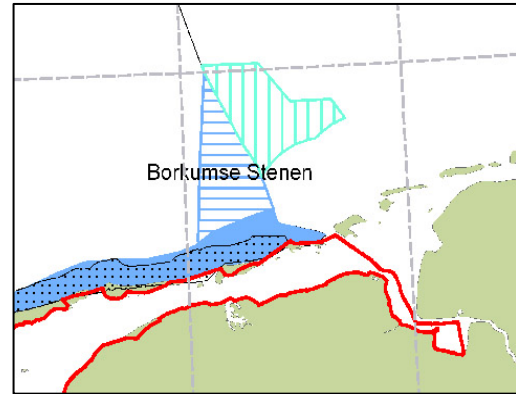
De Bruine Bank is vooral bekend vanwege de vele fossielen die er gevonden worden. Het gebied bestaat uit een hoge bank omgeven door een diepere zeebodem met een kern bestaande uit zeer resistente oude sedimenten. In delen van de Bruine Bank komt oud veen aan de oppervlakte. De bodemfauna in het gebied lijkt sterk op de fauna in de omliggende grofzandige gebieden en is arm aan soorten. Clusteranalyse laat zien dat de fauna in het gebied overeenkomt met de overige stations in de Zuidelijke bocht. De meest recente uitgebreide survey van de bodemfauna op de Bruine Bank stamt uit 1992-93 en was vrij eenzijdig, omdat alleen de boxcore is gebruikt. Het is de moeite waard om data aan te vullen met andersoortige benthosgegevens van recentere datum.

In de winter is het gebied relatief vogelrijk met grote aantallen Zeekoeten, Alken en Zilvermeeuwen. In de zomer zijn er veel Kleine mantelmeeuwen, die het gebied als foerageergebied kan gebruiken vanuit bijvoorbeeld broedkolonies bij de Maasvlakte. Binnen de huidige begrenzing van de Bruine Bank lijken zich niet regelmatig meer dan 1% of 20.000 individuen van een populatie te bevinden, criteria op basis waarvan vogelrichtlijngebieden aangewezen worden. Wanneer zeekoetgegevens over een aantal jaar worden gemiddeld is het wel mogelijk een gebied te definiëren waarbinnen zich gemiddeld 20.000 vogels in de winter bevinden en waarbinnen de dichtheid van de vogels meer dan 4 keer zo hoog is als daarbuiten. Dat gebied ligt iets zuidelijker dan de Bruine Bank. Echter, telgegevens laten zien dat de verschillende vogelsoorten zich over een veel groter gebied verspreiden in de Zuidelijk Bocht en dat er tussen de jaren ook veel verschillen in verspreiding zijn. Er is geen fysieke karakteristiek, bijvoorbeeld een front zoals bij het Friese Front, die voor grotere productie zorgt en daardoor grote aantallen vogels aantrekt.

Borkumer Stenen / Borkumer Rif

Bodem en benthos

In het meest oostelijk deel van het Nederlands Continentaal Plat (NCP), net ten noorden van Schiermonnikoog, ligt een gebied dat de Borkumer Stenen wordt genoemd. Het is een zogenaamde "vuile" grond, een restant van een gletsjer eindmorene uit de Saalien ijstijd (200.000-130.000 jaar geleden) die hier aan het oppervlak komt. In andere delen van de Noordzee is het materiaal op grotere diepte aanwezig en is overdekt met sediment van recentere oorsprong.



Figuur 2. Borkumer Stenen

Theoretisch gezien zouden er verspreid over het gebied grote zwerfkeien moeten liggen en zouden er plekken zijn met lokaal grof tot zeer grof zand en grind. Door het aan wal brengen van stenen door de visserij is het niet bekend of dit nu nog steeds zo is. Het sediment (de korrelgrootte) wordt geclassificeerd als fijn tot middelgrof zand. Op grond van de BEON studies tussen 1988 en 1991 (Bergman 1991, 1992, Bergman et al. ongepubl 1988) kan opgemaakt worden dat het noordelijkste deel van het als Borkum Rif aangewezen te beschermen gebied bestaat uit een dunne laag zand boven op een kalksteenlaag. Hier werd een heel heterogene bodemgesteldheid gevonden met sediment met een mediane korrelgrootte van 420 μm . In dat opzicht vormt het gebied een atypische habitat in het Nederlandse zandige kustgebied. Het gebied heeft een water diepte van ongeveer 35 meter. Voor het Duitse deel van het Borkum Rif is uitgebreid sedimentologisch onderzoek gedaan. Het beeld dat voor dit gebied ontstaat, doet denken aan de sedimentheterogeniteit die ook op de Klaverbank wordt aangetroffen. Grofzandige vlakken en vlakken met kiezel wisselen af met meer fijnzandige delen van mariene herkomst. Het verschil tussen de Klaverbank en Borkumer stenen heeft voornamelijk te maken met het verschil in overheersende (water)stroomsnelheden en het voorkomen van zeer slibrijke gebieden op de Klaverbank.

Over het Borkum Rif loopt een sterke getijdestroom met een gemiddelde sterkte van ongeveer 45 cm/s. Piekwaarden liggen veel hoger en kunnen tot 1 m/s groot zijn. Dit heeft grote consequenties voor de stabiliteit van het oppervlakte sediment. Als gevolg van de hoge stroomsnelheden komen in het Duitse deel van de Borkumer stenen zogenaamde komeetstaarten voor. Achter een obstakel (een grote steen) spoelt fijn oppervlakte sediment weg en ontstaat er een verdieping waarin het dieper gelegen grove (Pleistocene) sediment bloot komt te liggen. Deze staarten kunnen in lengte variëren van enkele tot tientallen meters.

Op grond van sedimentkarteringen blijkt dat over een termijn van 25 jaar de verdeling van de verschillende sedimenttypen behoorlijk stabiel is, hoewel op enkele plaatsen werd vastgesteld dat het oppervlak van fijne mariene sedimenten verdwenen was en het diepere, grovere Pleistocene sediment bloot is komen te liggen. In 1988 werd voor het Nederlands deel van het gebied aangenomen dat door de aanwezigheid van grote zwerfkeien de bevissingsgraad van het gebied relatief laag zou zijn en het gebied daarom gebruikt zou kunnen worden als referentiestudie gebied (onbevist) ten opzichte van zwaar beviste gebieden daarbuiten. Deze veronderstelling lag ten grondslag aan een beknopt onderzoeksprogramma in het gebied tussen 1988 en 1991. Voor zover bekend heeft er naast dit onderzoeksprogramma verder nooit een gedetailleerde

macrobenthosbemonstering en habitatbeschrijving/kartering plaatsgevonden. Voor het Nederlandse deel van de Borkumse stenen moeten we dus volledig terugvallen op onderzoeksgegevens van bijna 20 jaar oud.

In de pilot studie (Bergman et al. ongepubl 1988) werden op grond van bodemhappen voor een aantal macrobenthossoorten verschillen binnen en buiten het rifgebied vastgesteld. Deze studies suggereren dat het aantal macrobenthossoorten in het gebied laag is. Het bleek dat het totaal aantal aangetroffen soorten binnen en buiten de grenzen van het gebied gelijk was. Toch bestonden er wel verschillen in de aantallen individuen binnen en buiten het gebied. Buiten het rif kwamen 12 van de 15 soorten tweekleppige schelpdieren in lagere dichtheden voor dan op het rif. Polychaete wormen daarentegen vertoonden juist hogere dichtheden buiten het rif.

Twee soorten tweekleppige schelpdieren met een hoge levensverwachting die in het gebied werden aangetroffen waren *Dosinia exoleta* (Artemisschelp) en *Arctica islandica* (Noordkromp). Deze soorten waren algemener in het gebied dan daarbuiten. Het voorkomen van Noordkrompen in grof zand, relatief dicht bij de Nederlandse kust is bijzonder. Ook het voorkomen van *Dosinia exoleta* kan als bijzonder worden beschouwd. Uit meer uitgebreide onderzoeksprogramma's zoals BIOMON of de voorloper daarvan (MILZON) is de soort slechts incidenteel of niet aangetroffen. Het enige gebied waar de Artemisschelp redelijk algemeen lijkt te zijn is de Klaverbank op het noordwestelijk deel van het NCP. Zowel *Dosinia* als *Arctica* hebben een hoge levensverwachting. Voor *Dosinia* wordt deze geschat op 10 tot 20 jaar. Voor *Arctica* kan de maximale leeftijd oplopen tot ver boven de 100 jaar. Bergman komt op grond van een aantal Van Veen happen in de pilot studie van 1988 tot een tentatieve dichtheid van 1 exemplaar per 3 vierkante meter in het Rif gebied en 1 per 10 vierkante meter buiten het gebied. Noordkrompdichtheden in het gebied waren dus relatief hoog, ook ten opzichte van de waargenomen dichtheden in een groot deel van het meer geëigende Noordkromphabitat, de Oestergronden en het Friese Front.

In meer gedetailleerde vervolgstudies van Bergman (1991, 1992) konden de eerder geobserveerde faunaverschillen niet meer onomstotelijk worden vastgesteld en bleek op grond van side-scan sonar bodemopnamen dat ook de Borkumer Stenen zwaar bevestigd werden. Over een transectlengte van 3 km werden maar liefst sporen van 89 kruisende kotters waargenomen. Ook de aanwezigheid van grote aan het oppervlakte liggende zwerfkeien kon niet bevestigd worden. Noch vanuit de side-scan sonar opnamen, noch door video surveys. Wel moet opgemerkt worden dat het onderzoek zich afspeelde op slechts een heel klein oppervlak aan de rand van het nu aangemerkte gebied.

Het hard substraat in de vorm van vrijliggende zwerfkeien, maakt het gebied een potentieel geschikte habitat voor sessiele organismen. In hoeverre zich hiertussen unieke soorten bevinden die niet op bijvoorbeeld kustverdedigingswerken voorkomen, is onbekend. Ook is niet bekend of het gebied van speciale betekenis is als bijvoorbeeld paaigrond voor bepaalde vissoorten of het relatief grove bodemsubstraat verder unieke macrobenthos soorten omvat.

Lavaleye et al. (2000) geven in hun rapport een eerste aanzet tot een samengevat overzicht van het benthos op het NCP die gebaseerd is op diversiteit. In hun rapport wordt zowel een ruimtelijke als een temporele analyse gemaakt. Uit die eerste analyse blijkt dat het aantal soorten (HillO index) dat gevonden wordt rondom/in de Borkumer Stenen hoger is dan voor soortgelijke monsters afkomstig van de Hollandse kust. Een vergelijking op grond van de Shannon Wiener Index, waarin de verdeling van het aantal individuen over het aantal soorten meetelt, onderscheidt het gebied echter niet.

Later heeft Lavaleye de analyse uitgebreid met meer stations en naast diversiteitscriteria andere aspecten in de analyse betrokken zoals o.a. de aanwezigheid en aantallen van zeldzame soorten, zeldzaamheid van het sedimenttype, biomassa en dichtheden. Deze criteria vormde de basis om ieder van de stations een score toe te kennen die de uniciteit van het station op het NCP weergaf en daarmee potentieel interessant zijn vanuit

beschermingsdoeleinden. De Borkumer Stenen kwamen hierin weliswaar niet naar voren als een kustnabij gebied met hoge indexwaarde (sensu Lavaleye), maar ten opzichte van de direct omliggende stations bleek het gebied wel een verhoogde biodiversiteitscore te behalen. Wanneer we dan nog in ogenschouw nemen dat het gebied (potentieel nog?) wordt gekenmerkt door hard-substraat, dan valt te verwachten dat het gebied zich qua biodiversiteit nog sterker onderscheidt van de omliggende zone. Immers, Lavaleye is alleen uitgegaan van z.g. boxcore monsters, dat wil zeggen alleen het zachte substraat. Alle epifauna op de stenen, een geheel eigen fauna met totaal andere soorten dan wat in de zandbodem wordt gevonden, is niet in die analyse meegenomen. Theoretisch gezien voegt het harde substraat in de vorm van zwerfkeien een 3^e dimensie toe aan de habitat die verrijkend zal werken op de fauna. Op grond van de aanwezigheid van grove sedimenten valt ook te verwachten dat er een specifieke meiobentische fauna aanwezig is. Hiervan zijn geen gegevens voorhanden.

Vooralsnog moet geconcludeerd worden dat de Borkumer Rif gronden, net als de Klaverbank, potentieel een bijzondere habitat vormen omdat de sedimentsamenstelling t.o.v. die in de rest van de kuststrook zeldzaam is. Het aanwezige harde substraat in de vorm van o.a. zwerfkeien kan geïnterpreteerd worden als een rifstructuur die qua topografie duidelijk boven het omliggende gebied uitsteekt. Deze zwerfkeien herbergen daarnaast naar alle waarschijnlijkheid een fauna die specifiek afhankelijk is van dat harde substraat. Uit Duits onderzoek komt inderdaad naar voren dat de fauna van glaciële relict sedimenten (zoals de Borkumer Stenen zijn) een specifieke hard substraat component bevatten. Ook de typische grof zand fauna met *Goniadella* en *Spisula* behoort tot de minst algemene fauna typen op het Duits Continentaal plat (Von Nordheim et al. 2006).

Voor het Nederlandse deel van het Borkumer Rif zijn deze aspecten nooit in detail onderzocht. Het kan van belang zijn om te weten in hoeverre er specifieke soorten voorkomen die niet gevonden worden op de artificiële harde substraten in de vorm van Nederlandse kustverdedigingswerken of dat er sprake is van combinaties van bijzondere soorten en habitats die elders op het NCP nergens worden aangetroffen.

Op grond van de ligging van het gebied valt te verwachten dat het gebied potentieel ook van belang is voor fouragerende zeevogels zoals duikers, zee-eenden en sterns, zoals andere delen van de kustzone. Voor zeezoogdieren geldt een soortgelijk belang. Als uitloop- en fourageergebied voor zeehonden die zich ophouden in het oostelijke waddengebied is het belang van het gebied evident (Lindeboom et al. 2008). Tellingen van aantallen bruinvissen vanuit vliegtuigen in de zomers van 2002 en 2003 in het Duitse deel van het gebied suggereren dat t.o.v. de Duitse Bocht er hogere aantallen bruinvissen voorkomen (Von Nordheim et al. 2006).

Beschermen of niet?

Potentieel is de Borkumer Stenen een zich onderscheidend gebied. De beschikbare benthosgegevens voor het Nederlands deel van het gebied zijn echter allen oud en komen voort uit andere onderzoeksprogramma's waarin alleen bodemhappen zijn genomen. Niets is bekend over grotere epibenthos soorten of spaarzaam aanwezige soorten zoals die met een bodemschaaf/dreg bemonsterd kunnen worden. Voor een goede beoordeling van het gebied is een veel vollediger en actuelere habitatbeschrijving nodig. Dit wil zeggen dat er onderzoek gedaan zou moeten worden naar de aanwezigheid van hard substraat (middels sonaropnamen) en de bedekkingsgraad en soortsamenstelling van specifieke fauna op dat substraat en de verschillen met gebieden er omheen. Daarnaast zou de infauna van het zacht substraat in meer detail en met een betere ruimtelijke resolutie bestudeerd moeten worden alsmede een survey gedaan worden van grote mobiele epifauna. Hierbij dient vastgesteld te worden of de bijzondere fauna die is gevonden in het Duitse deel van de Borkumse Stenen ook voorkomt op het Nederlandse deel. Dit is ook belangrijk i.v.m. het feit dat de precieze ligging van de grens nog steeds omstreden is. Op grond van de huidige beschikbare kennis kan geen goed gefundeerde beslissing over bescherming van het gebied genomen worden.

Gasfonteinen en Pockmarks op het Nederlands Continentaal Plat

Pockmarks

Pockmarks zijn kratervormig depressies in een anderszins vrijwel vlakke zeebodem. Oppervlakten en diepten van pockmarks kunnen enorm verschillen. Doorsnede van de "kraters" kan variëren van minder dan een halve meter tot honderden meters of zelfs kilometers. Diepten variëren van slechts een enkele meter tot enige tientallen meters. De kleinste pockmarks of gasseeps zijn waarschijnlijk niet eens waarneembaar met de normalerwijze gebruikte apparatuur.

Pockmarks ontstaan door het "explosief" vrijkomen van onder het sediment oppervlak opgesloten vloeistof of gas. Hierbij worden grote hoeveelheden sediment geresuspendeerd en door de waterstroom afgevoerd. Grovere sedimentdelen bezinken weer in de krater. De vorming van pockmarks kan getriggerd worden door verstoringen van de stabiliteit van het zeebed (de afsluitende bodemlagen) waardoor er onderliggende structuren uiteenvallen en opgesloten water/gas plotseling en explosief vrij komt. Pockmarks zijn door overheersende stroomrichtingen veelal langgerekt van vorm. Meerdere kleine pockmarks kunnen samensmelten tot complexere structuren die wat onregelmatiger van vorm zijn.

Tot op heden zijn pockmarks voor diverse gebieden in de wereld beschreven. O.a. de Canadese Oostkust (Scotian Shelf), Middellandse Zee, Golf van Mexico, Congo Bekken, Barentsz Zee, Oostzee en ook de Noordzee. Dichtheden van pockmarks in het Engels deel van de Noordzee lopen uiteen van 15 tot 30 per vierkante km. Voor het Nederlands Continentaal Plat (NCP) is niet goed bekend hoeveel pockmarks of gasseeps er aanwezig zijn, noch wat de dichtheden daarvan zijn.

Het voorkomen van pockmarks als bodemstructuur is gekoppeld aan de aanwezigheid van aardolie en gas in de ondergrond. Het voorkomen van pockmarks als semi-permanente bodemstructuren is gekoppeld aan het sediment type en het hydrografisch regime. Alleen in fijne sedimenten in relatief rustige omstandigheden blijven pockmarks herkenbaar. In gebieden die grove mobiele zanden als deklaag hebben is het onwaarschijnlijk dat pockmarkstructuren zichtbaar en herkenbaar blijven hoewel er in die gebieden wel degelijk sprake kan zijn van gasseepage vanuit de ondergrond. In de Noordzee komen pockmarks voornamelijk voor ten noorden van 56° N en zijn ze grotendeels gekoppeld aan postglaciale sedimenten (Witch Ground formatie en de Flags formatie) (Judd 2001). Het is daarom niet alleen aannemelijk maar ook aangetoond dat juist in het noordelijk deel van het Nederlands Continentaal Plat pockmarks gevonden worden (Schroot 2003, Schroot et al. 2005).

Gasseeps (Gasfonteinen)

Pockmarks van waaruit daadwerkelijk methaan ontsnapt worden gasseeps genoemd. Dit gas kan ontsnappen langs breukvlakken in de ondergrond. Het ontsnappend gas (voor 95% methaan) kan van zowel biogene als van kerogene oorsprong zijn. In pockmarks waaruit gas langdurig weglekt langs dezelfde route kunnen afzettingen van carbonaat ontstaan door microbiële oxidatie van vooral methaan, waardoor typische hardsubstraatstructuren worden gevormd, meestal in een omgeving waar dergelijke structuren verder vrijwel niet voorkomen. De aanwezigheid van carbonaatdeposities op de bodem van pockmarks tonen aan dat er over langere duur, sprake is of is geweest van weglekkend gas. Met andere woorden, niet iedere pockmark is daadwerkelijk actief. De tijdschaal, honderden jaren, waarbinnen de kalkafzettingen kunnen ontstaan is eerder een menselijke dan een

geologische. Diverse keren zijn er dergelijke kalkstructuren namelijk gevonden waarin menselijk afval was "versmolten/ingebouwd" met de kalk (*Figuur 3*) (Judd 2001).



Figuur 3. Voorbeeld van een carbonaat concreetie met daarin vastgegroeide Lucinoma borealis. Foto: Rob Witbaard.

Naast carbonaatafzettingen worden er soms bacteriematten (Beggiatoa) in de pockmarks gevonden. Beggiatoa zijn chemosynthetiserende bacteriën die sulfide oxideren. Voor zowel de bacteriematten als de carbonaatafzettingen geldt dat deze door hun kleine oppervlakten moeilijk aan te tonen zijn met traditionele bodembemonsteringsapparatuur: de kans is klein dat ze daadwerkelijk in een bodemhap aanwezig zijn. Betere methoden voor het aantonen van deze fenomenen zijn optische/visuele middelen waarmee grotere oppervlakten afgezocht en in beeld gebracht kunnen worden zoals door video of fotografie vanaf ROV's (Remote Operating Vehicles).

Pockmarks en gasseeps worden normaal gesproken met behulp van side-scan sonar en multibeam opgespoord. Met name het zogenaamde acoustic blanking van gasophopingen in de bodem of door opstijgende gasbellen is

een duidelijke aanwijzing voor hun voorkomen. Acoustic blanking wil zeggen dat er op de reflectiebeelden blanke stukken te zien zijn, die geen reflectie hebben gegeven en kunnen duiden op bodemstructuren die verstoord zijn door lekkend gas of door de absorptie van akoestische energie in bovenliggende gashoudende lagen, of sterk absorberende sedimentlagen (*Figuur 4*) (Schroot & Schüttenhelm 2003).

Daarnaast vormen "harde" bodemreflecties in side-scan sonaropnamen en vergelijkbare apparatuur een duidelijke aanwijzing voor de aanwezigheid van carbonaatafzettingen. Op grond van grootschalige akoestische surveys (11.000 km transect) werd geconcludeerd dat gasseeps op het Engels continentaal plat vrij algemeen voorkomen (Judd et al. 1997).

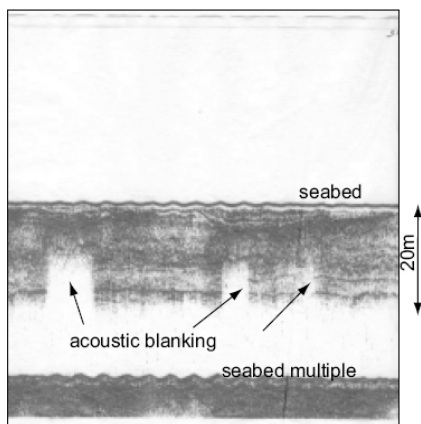


Fig. 4. Acoustic blanking below channel fills on a 1969 SONIA 3.5 kHz record from license block F3.

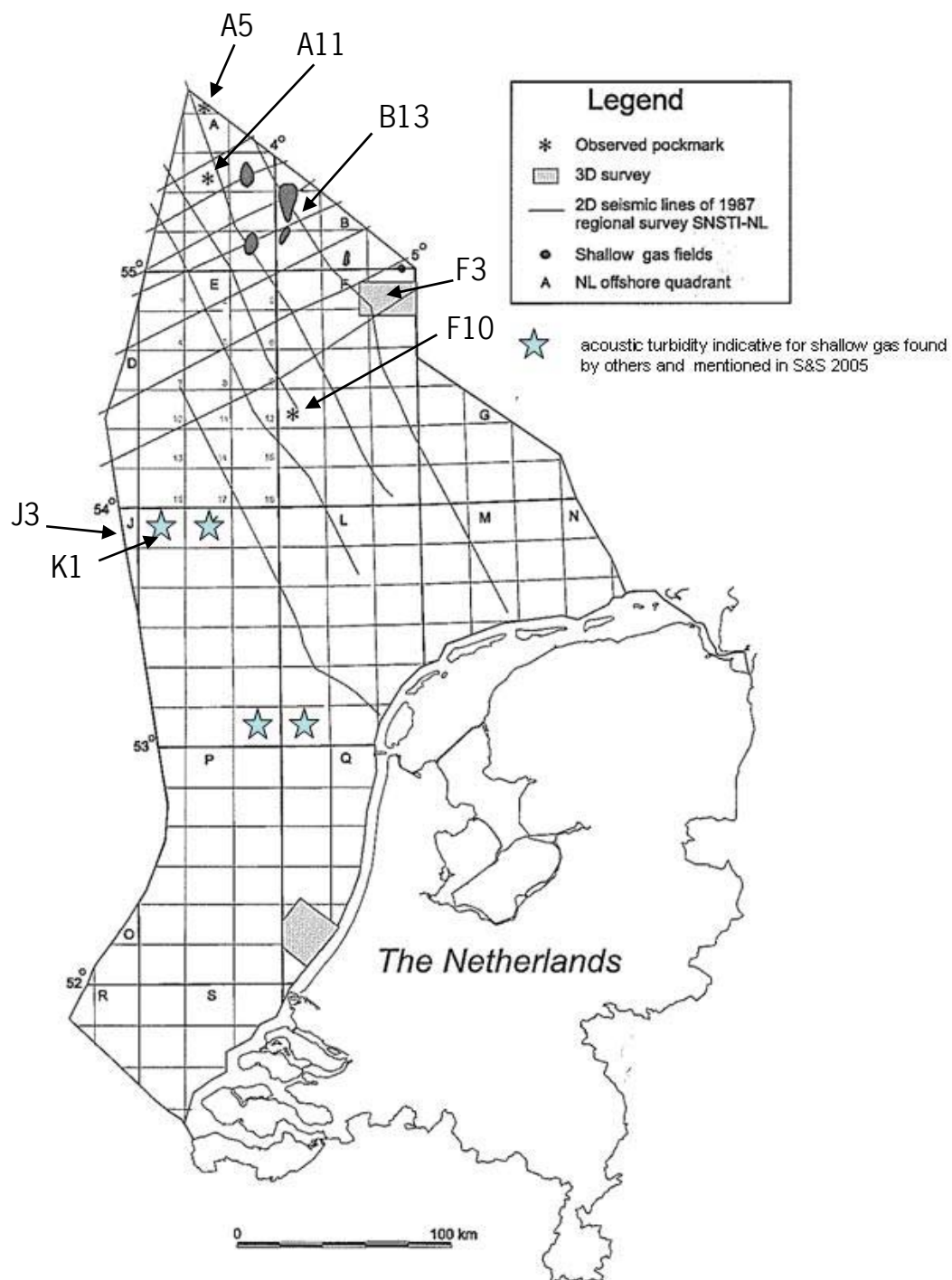
Figuur 4. Acoustic blanking (Schroot & Schüttenhelm 2003)

De typische fysische en biogeochemische processen rondom en in de pockmark worden verondersteld een effect te hebben op de fauna. De structuur van een ondiepe depressie in de zeebodem en de eventuele aanwezigheid van hard substraat betekent dat er

enerzijds een aanhechtingsplaats is voor sessiele bodemorganismen en dat anderzijds de hydrografie beïnvloed wordt. De iets grotere waterdiepte in een pockmark heeft consequenties voor de stroomsnelheid van het water en daarmee het resuspenderen en settelen van licht organisch materiaal (voedsel).

Verder kunnen het weglekkende methaan en hoge bodemsulfideconcentraties aan de basis van een zogenaamd chemo-autotroof voedselweb staan en daarmee voor een lokaal rijker en productiever bentisch ecosysteem zorgen. Waarnemingen in pockmarks van hoge concentraties zooplankton, concentraties sponzen en de meer abundante aanwezigheid van vis hebben aan dit beeld bijgedragen (Hovland & Thomsen 1989). Toch hebben noch stabiele isotoopstudies, noch vergelijkende macrobenthosstudies kunnen bevestigen dat chemo-autotrofie in en rondom een pockmark een overwegend belang heeft in het totale voedselweb (Dando et al. 1991, Dando 2001). Slechts voor enkele soorten is aangetoond dat ze daadwerkelijk gebruik maken van dit chemo-autotrofe synthesepad. Waarschijnlijk moet er daarom voor de ondiepe Noordzee vanuit gegaan worden dat het foto-autotrofe (lichtafhankelijke) voedselweb zelfs in een gebied met pockmarks nog steeds de belangrijkste energiebijdrage levert aan het benthos.

In en rondom pockmarks op het Engels Continentaal Plat (ECP) komt een aantal benthossoorten voor die karakteristiek zijn voor sulfide- (H_2S) en methaanrijke milieus. Ze maken gebruik van chemoautotrofie. De kleine tweekleppige schelpsoort *Thyasira sarsi* is op het ECP voornamelijk gevonden in de pockmarks. Toch is deze schelpdiersoort niet endemisch voor pockmarks, maar wordt hij ook gevonden in oil-based drilling muds rondom boorplatformen. (Dando 2001) gaat er echter van uit dat het natuurlijk voorkomen van *Thyasira sarsi* op het ECP beperkt is tot pockmarks. Een andere soort tweekleppig schelpdier met endosymbiontische zwaveloxiderende bacteriën is *Lucinoma borealis*, dat net als *Thyasira* specifiek in pockmarkgebieden wordt gevonden. Door de samenlevende endosymbiontische bacteriën hebben bovengenoemde schelpdiersoorten als het ware een "shortcut" in hun energie/voedsel voorziening. Ze kunnen profiteren van organisch materiaal dat geproduceerd wordt doordat de micro-organismen sulfide en methaan oxideren dat in ruime mate in de bodem aanwezig is. Ook het voorkomen van een specifieke (darm- en mondloze) nematode in een van de onderzochte pockmarks op het Engels Continentaal Plat lijkt gekoppeld te zijn aan het specifieke pockmark/gasseep habitat. De diepteverdeling van de darmloze nematode in het sediment wijst ook op een duidelijke koppeling met de verdeling van elementair zwavel in de zeebodem en ook de twee bestudeerde schelpdiersoorten vertonen actief graafgedrag om daarmee aan de sulfidebehoefte van de symbiontische bacteriën te kunnen voldoen. In het Kattegat is verder een Pogonophore worm gevonden die symbiontische methanotrofe bacteriën heeft en derhalve voor zijn energievoorziening van het weglekkend methaan gebruikt maakt. Deze groep van organismen is verder vooral bekend van de hot-vents in de diepzee, maar illustreert dat pockmarks en gasseeps vergelijkbare ecosystemen zijn. In een vergelijkende studie was *Thyasira sarsi* de enige soort waarvoor aangetoond kon worden dat zij voor haar voedselvoorziening afhankelijk is van chemoautotrofe processen (Dando et al. 1991). Alle andere onderzochte soorten bleken een stabiele isotoopsignatuur te hebben die duidde op een afhankelijkheid van fotoautotrofe primaire productie. Het directe belang van gasseeps en pockmarks als primaire voedselproducent voor het Noordzee ecosysteem lijkt daarmee slechts klein te zijn.



Figuur 5. Verspreiding gaseeps, pockmarks en andere aan ondiep gas gerelateerde fenomenen op het NCP. De blokken zijn concessieblokken die zijn genummerd zoals in blok E (Schroot & Schüttenhelm 2003).

Pockmarks op het NCP

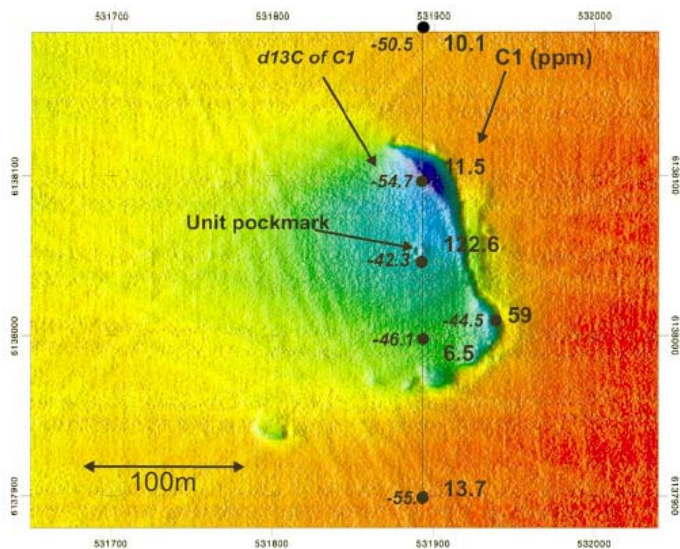
Het bestaan van pockmarks in de Noordzee is al sinds de jaren '70 bekend, maar pas in de vroege jaren '90 van de vorige eeuw werden ze ook daadwerkelijk in het noordelijk deel van het Nederlands Continentaal Plat (NCP) gevonden. Toch is niet duidelijk waar en hoeveel gasseeps en pockmarks er werkelijk op het NCP liggen. (Schroot & Schüttenhelm 2003) geven in hun artikel een aantal kenmerken die op de aanwezigheid van ondiep gelegen gasvoorraden duiden in akoestische records. Op grond van het verband tussen de aanwezigheid van zulke ondiepe gasvoorraden en het voorkomen van pockmarks kan een voorlopige kaart geconstrueerd worden met mogelijke locaties waar seeps en pockmarks voorkomen (Figuur 15).

Voor concessieblok F3 in de Noordoostelijke Oestergronden worden in 50% van de akoestische records aanwijzingen gevonden voor de aanwezigheid van ondiep gas (Figuur 15). Ook in de Botney Cut en Markham's Hole (het westelijk deel van het NCP, blokken J3 en K1) zijn aanwijzingen gevonden voor de aanwezigheid van gasophoping in de ondiepe ondergrond. Deze laatste waarnemingen corresponderen goed met waarnemingen op het Engels Continentaal Plat, in de aangrenzende Silverpit. Verder noemen de auteurs de Zuidelijke Bocht en Bruine Bank als gebieden waar akoestische kenmerken zijn gevonden die op de aanwezigheid van ondiep gas duiden. Toch zijn er maar enkele exacte locaties op het NCP bekend waar daadwerkelijke pockmarks en seeps zijn aangetoond. Behalve in de centrale Oestergronden liggen deze allen op het noordelijkste deel van het NCP (blokken A5, A11, F10), aansluitend aan het gebied op het Engels Continentaal Plat waar grote dichtheden seeps voorkomen. Strandvondsten van methaancarbonaat langs de Hollandse kust en de kust van de Friese Waddeneilanden suggereert echter dat verschijnselen van weglekkend gas ook dicht onder de kust voorkomen/kwamen.

Strict genomen zijn de aan gasseeps en pockmarks gerelateerde structuren (depressies, kalkneerslag) duidelijk te onderscheiden habitats en worden binnen de EU habitat richtlijn als zodanig onderscheiden (Habitat 1180). Bovengaand is een aantal kenmerken samengevat op grond waarvan aangenomen kan worden dat deze habitats in potentie op het NCP bestaan. De beschikbare kennis is echter erg onvolledig. Wel kan op grond van geologische ondergrond, oppervlakte sedimenten, het voorkomen van ondiepe gasvoorraden en het voorkomen van breuklijnen in de ondergrond voor het NCP een kaart geconstrueerd kunnen worden waar habitat 1180 in principe verwacht kan worden.

In het najaar van 2006 is, in het kader van dit LNV project "Beschermd gebied Noordzee", een aantal locaties nader onderzocht waarvan vermoed werd dat het om pockmarks ging (Mesdag 2006) (zie Appendix A). Hier werden side-scan sonar opnamen gemaakt en er werden boxcore monsters genomen. Voor twee van de drie onderzochte locaties bleek dat de depressie in de zeebodem werd gevormd door een diep uitgesleten geul rondom een scheepswrak. Op locatie F10 was het scheepswrak duidelijk waarneembaar. Ook op het Engels Continentaal Plat liggen scheepswrakken op als pockmark aangemerkte locaties. Het lijkt echter onwaarschijnlijk dat in al deze gevallen schepen zijn vergaan als gevolg van het ontstaan van een pockmark. Andersom lijkt het meer aannemelijk dat het gezonken schip door de verstoring van de zeebodem het ontstaan van pockmarks heeft veroorzaakt/geïnitieerd. Op het Engels Continentaal Plat liggen de wrakken dan ook in met pockmarks bezaaide gebieden.

Op de locatie in blok B13, net ten zuiden van de Doggerbank, is daadwerkelijk sprake van een gasseep. Hoewel er op deze locatie ontsnappend gas is waargenomen is er geen duidelijke depressie in de zeebodem herkenbaar (Schroot et al. 2005). Een vluchtige analyse van boxcore monsters verzameld rondom deze locatie in 2006, liet zien dat ze levende exemplaren van de tweekleppige mollusk *Lucinoma borealis* bevatten: een duidelijke



Figuur 6. Multibeam opname van pockmark in Blok A11 met daarop duidelijk zichtbaar de talloze trawl sporen (Schroot et al. 2005).

aanwijzing voor een daadwerkelijk actieve seep met de daaraan gekoppelde chemoautotrofe bacteriële productie. Bio-geochemische analyse van drie sedimentkernen gestoken uit een drietal boxcore monsters suggereert dat er op moment van bemonstering geen sprake was van actieve seepage, maar de aanwezigheid van autogene carbonaten in het sediment suggereert dat in een eerder stadium wel sprake is geweest van anaerobe oxidatie van methaan (Stadnitskaia 2007, zie appendix B). Ook de aanwezigheid van aerobe chemolithotrofe bacteriën in omliggende boxcore monsters suggereert een zekere activiteit van de seep.

In Blok A11 is een structuur gevonden die doet vermoeden dat het om een pockmark gaat. Hier is verder geen onderzoek gedaan.

Op grond van het onvolledige overzicht van het daadwerkelijk voorkomen van door weglekkend gas ontstane structuren is het echter moeilijk om de relatieve waarde van de tot nu toe gevonden aanwijzingen en structuren op het NCP te onderkennen. Voor het Engelse en Noorse deel van het continentaal plat is op zijn minst vastgesteld dat pockmarks vrij algemeen voorkomende structuren zijn. Tegelijkertijd is voor het Engels Continentaal Plat aan de hand van ecologische studies vastgesteld dat bepaalde fauna elementen rondom/in pockmarks weliswaar afhankelijk zijn van een chemoautotroof (methaan en sulfide gedreven) voedselweb, maar dat dat maar een kleine bijdrage levert in het totale voedselweb (Dando et al. 1991). Er wordt beargumenteerd dat in de ondiepe Noordzee door fotosynthese geproduceerd organisch materiaal nog altijd de belangrijkste energiebron vormt. Pas op diepten groter dan 300 meter zou chemoautotrofie een significante rol gaan spelen (Dando 2001). Het belang van pockmarks in het voedselweb is dus moeilijk in te schatten, maar lijkt vooralsnog klein. De rol van harde methanocarbonaat structuren als biotoopkenmerk op het NCP lijkt ook klein. Nergens zijn zulke structuren *in situ* gevonden. Tegen de achtergrond van de hoge visserijdruk door bodemberoerende vistuigen valt namelijk te betwijfelen of dergelijke carbonaatstructuren nog voorkomen. Daar waar het jaren tot decennia duurt om deze structuren te vormen, zijn ze met een enkele trawlpassage weg te vissen. Illustratief in dit opzicht zijn de talloze trawlsproten op een multibeam opname van de pockmark in blok A11 (Figuur 6).

Beschermen of niet?

De kennis over de verspreiding en voorkomen van pockmarks en gasseeps op het NCP is slechts spaarzaam beschikbaar. Veel informatie ligt waarschijnlijk besloten in de data-archieven van commerciële olie- en gasexploratiebedrijven. De surveys zoals beschreven (Schroot et al. 2005) hadden primair tot doel om ondiepe gasvoorraden in beeld te brengen. Hoewel er een verband bestaat tussen het voorkomen van ondiep gas enerzijds en pockmarks en seeps anderzijds, is het gezien de afmetingen van pockmarks en seeps niet reëel om te veronderstellen dat de survey van Schroot et al. een volledig beeld van de verspreiding van pockmarks en seeps geeft.

Gasseepeps blijken niet altijd even actief zijn. Seeps zijn afhankelijk van de aanvoer van gas uit de ondiepe ondergrond. Er is niet goed bekend hoe omstandigheden in deze ondergrondse gasvoorraden het weglekken van gas beïnvloeden. Zowel het natuurlijk weglekken van gas uit de voorraad als het commercieel winnen daarvan, kan het karakter en activiteit van een seep veranderen. Er bestaan dus niet zondermeer garanties op het voortbestaan van seeps over de lange termijn.

Het voorkomen van harde structuren die samenhangen met weglekkend gas op het NCP is niet zondermeer aangetoond. Hoewel er wel weglekkend gas is aangetoond, zijn de daaraan gekoppelde structuren op grond waarvan deze als aparte habitat kunnen worden onderscheiden, niet overal aangetroffen op de onderzochte locaties. Wel zijn er bij een gasseep in blok B13 schelpdiersoorten gevonden die karakteristiek zijn voor dergelijke gebieden. Daarnaast toonden vetzuuranalyses van bodemmateriaal aan dat er aerobe chemolithotrofe bacteriën voorkomen in de pockmark B13. Verder wijzen stukjes autogeen carbonaat ook op methanotrofe activiteit in het verleden.

Vooralsnog is echter niet aangetoond dat de seeps en pockmarks een ongekend belangrijke rol spelen in het voedselweb van de Noordzee. Wel vormen gasseeps en pockmarks, naar het zich laat aanzien, unieke biotopen voor een klein aantal macrobenthos soorten die elders op het NCP niet of nauwelijks worden gevonden. Echter, het doorslaggevende kenmerk, de permanente carbonaat structuren zoals genoemd in de Habitatrichtlijn (habitat 1180) zijn voor het NCP niet onomstotelijk *in situ* aangetroffen. Hiermee is het voornaamste argument om seeps en pockmarks op het NCP te beschermen, weggevalen. De combinatie met het semi-permanente karakter van pockmarks en seeps - niemand weet hoe lang en waar ze actief zullen zijn en of blijven - en de veronderstelde geringe ecologische betekenis in het Noordzee ecosysteem, suggereren vooralsnog de afwezigheid van bijzondere redenen tot bescherming op het NCP. Dit afgezet tegen de achtergrond van andere gebieden en habitats waarvan de ecologische betekenis goed bekend is en waarvoor geldt dat bescherming urgent is. Opgemerkt moet worden dat bij bescherming van de Doggerbank, een aantal seeps binnen dat gebied vallen en dus enige mate van bescherming kunnen gaan genieten zodra het gebied is aangemeld en er adequate beschermingsmaatregelen zijn ingesteld. Hiermee zou bij het instellen van beheermaatregelen rekening kunnen worden gehouden.

De Bruine Bank

Korte karakteristiek

De Bruine Bank ligt aan de westrand van het NCP, ter hoogte van IJmuiden en is vooral bekend vanwege de vele fossielen die er in de omgeving gevonden zijn, zoals botten van verschillende soorten mammoeten, sabeltandtijgers, leeuwen, nijlpaarden en beren (Figuur 7). De Bruine Bank wordt gedeeltelijk als scheepvaartroute gebruikt en er wordt zand gewonnen. Ook ligt er een groot aantal wrakken en is er sprake van een hoge visserijintensiteit door de boomkorvisserij (Boomkor > 300 pk): tussen de 2 en 15 keer per jaar (periode 2000-2005) (Lindeboom et al. 2008). De Bruine Bank wordt geclassificeerd als Habitattype 1110 'Permanent met zeewater van geringe diepte overstroomde zandbanken' (Janssen & Schaminée 2004).

Structuur, sediment en benthos van de Bruine Bank

De Bruine Bank wordt gekarakteriseerd door een hoge bank omgeven door diepere zeebodem. De kern bestaat uit zeer resistente oude sedimenten en oude erosie karakteristieken, de richels zijn parallel aan de voornaamste eb- en vloedstromen. Volgens de literatuur zouden de rugen redelijk constant qua ligging zijn. Hier en daar komen oude veenpakketten aan het oppervlak. De waterdiepte ligt rondom de 35 meter.

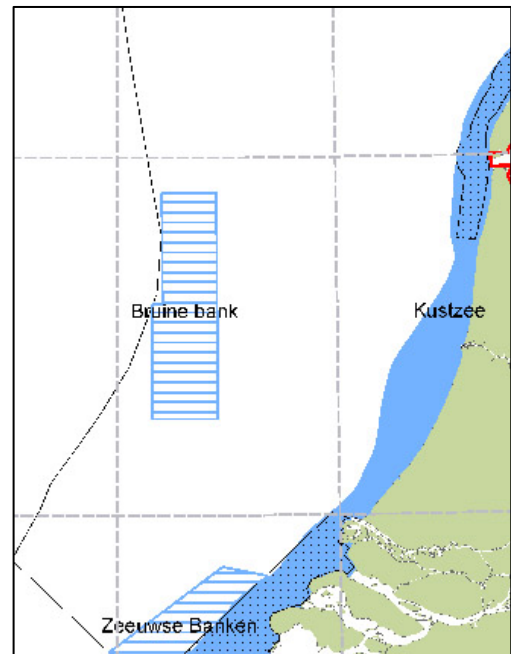
Het gebied wordt gekenmerkt door grof zand met een mediane korrelgrootte die varieert tussen de 250 en 300 μm . Slibgehalte van het sediment is slechts 2% of minder. Het percentage organische stof is over het algemeen laag. De diepte van de geoxideerde sediment laag is rond de 20 cm.

Het gebied is vooral bekend als vindplaats van fossiele botten van grote landzoogdieren uit de laatste ijstijd voordat de zuidelijke Noordzee zich vulde in het Holoceen. Er worden ook botten gevonden die nog ouder zijn tot meer dan 2 miljoen jaar oud (Tiglien-pre-Tiglien). Deze botten komen waarschijnlijk uit de diepe geulen rondom en in het gebied waar de oudere sedimenten bloot liggen.

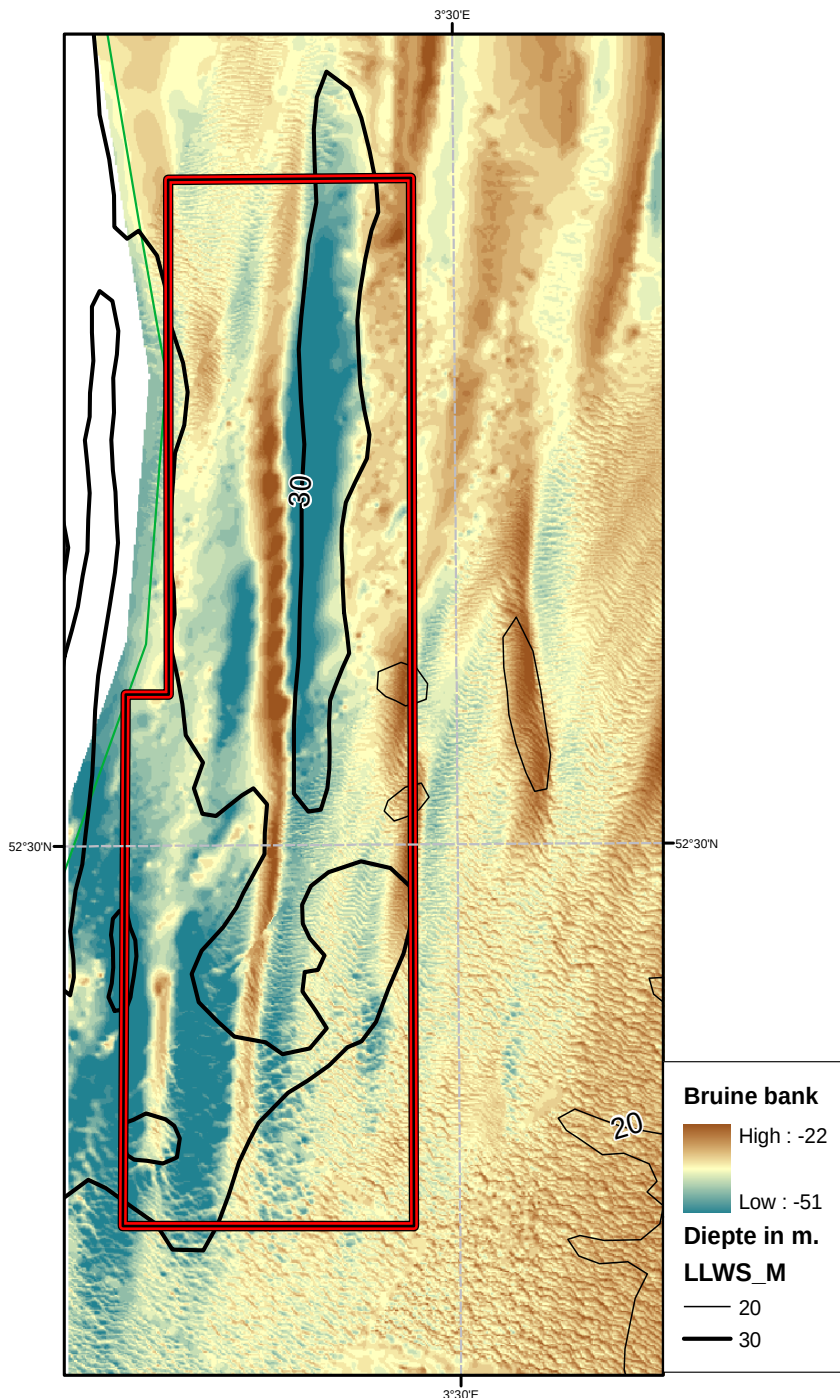
Tijdens het MILZON project werden in 1992-1993 op 19 stations macro- en meiobenthos monsters genomen. Ten opzichte van de rest van het NCP komen bij de Bruine Bank relatief hoge dichtheden en een hoge diversiteit van meiobenthische fauna voor: Copepoda (interstitieel), Gastrotricha, Trubellaria, Annelida, Hydrozoa en Tardigrada (Holtmann & Groenewold 1994).

De fauna in het gebied lijkt sterk op de fauna in de omliggende grofzandige gebieden. De macrofauna is arm aan soorten. Kenmerkende soorten zijn de wormen *Nephtys cirrosa* en *Scoloplos armiger*. De meiofauna wordt gekenmerkt door veel interstitiele copepoden. Ook de biodiversiteit van het macrobenthos (aantallen soorten per m^2) op de Bruine Bank is echter relatief laag en de Noordkromp (*Arctica islandica*) komt er niet voor.

Clusteranalyse laat zien dat de Bruine Bank samen met de overige stations in de zuidelijke bocht een gezamenlijke levensgemeenschap vormt (Lindeboom et al. 2008). Dit geldt voor zowel clustering op grond van



Figuur 7. Bruine Bank



Figuur 8. Dieptekaart van de Bruine Bank.

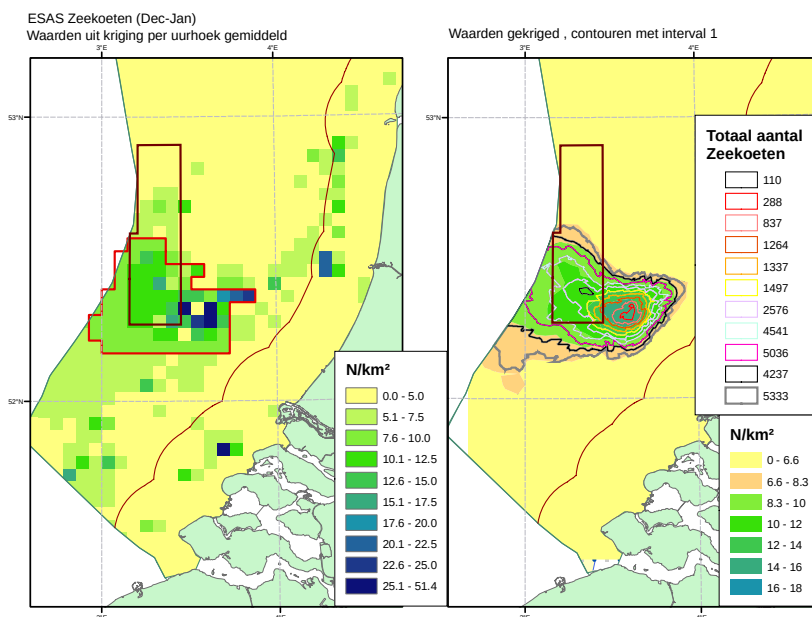
macro- als meiofauna. Clusteranalyse demonstreert wel dat deze gemeenschap duidelijk verschilt van de gemeenschap in de meest kust nabij gelegen stations.

Vogels en zeezoogdieren

Het Bruine Bank gebied is relatief vogelrijk. Zo komen er in de winter op de Bruine Bank grote aantallen Zeekoeten, Alken en Zilvermeeuwen voor en in de zomer Kleine mantelmeeuwen. Scheepstellingen laten relatief grote aantallen Zilvermeeuwen zien. Vliegtuigtellingen, met een betere bedekkingsgraad, laten een veel uitgespreider verspreiding zien in dat gedeelte van de Noordzee (Leopold et. al, in prep.). De Kleine Mantelmeeuw kan de Bruine Bank gebruiken als foerageergebied vanuit de broedkolonies op de Maasvlakte of vanuit kleinere broedkolonies zoals die bij IJmuiden. Een vogel die in de winter in grote aantallen in de Zuidelijke Bocht voorkomt is de Alk. De Zeekoet is een van de meest voorkomende broedende en overwinterende zeevogels in de Noordzee. De meeste broedkolonies bevinden zich op kliffen langs de Engelse kust. Sinds de jaren '80 is de Zuidelijke Noordzee belangrijker aan het worden voor zeekoeten, gezien de stijgende aantallen olieslachtoffers en

vanaf de kust waargenomen zeekoeten. Tellingen op zee zijn veel minder intensief uitgevoerd, dus trends op grote schaal kunnen niet worden weergegeven. De Bruine Bank herbergt een geschat aantal van 15.000 Zeekoeten. De aantallen zouden in de toekomst kunnen toenemen. Grote concentraties worden vooral in de winter gevonden (Leopold et al. in prep.).

Voor het aanwijzen van gebieden tot beschermde gebieden (Speciale Beschermingszone, SBZ) voor vogels wordt vaak gebruikt gemaakt van het RAMSAR criterium dat stelt dat ten minste 1% van de wereldpopulatie van een soort, of 20.000 individuele vogels regelmatig in het gebied te vinden is. Als de begrenzing van de Bruine Bank zou worden gewijzigd en op basis van de verspreiding van vogels zou worden vastgesteld - de in België gebruikte



Figuur 9. Verspreiding van Zeekoeten met daarin aangegeven de contouren van de Bruine Bank (rechthoek) en van het gebied waarin >20.000 Zeekoeten voorkomen en de dichtheid >4x de achtergrond dichtheid is, gebaseerd op 5x5 km hokken (links) en dichtheidscontouren (rechts). Data: ESAS, 1987-1994.

methode (Haelters et al. 2004) - dan is het wel mogelijk een zone te definiëren waarin regelmatig 1% van de populatie of minstens 20.000 individuen van de Zeekoet aanwezig is (Figuur 9). De grootte van het gebied is in deze weergave zodanig dat de dichtheid van de vogels minstens 4x hoger is dan erbuiten, een extra criterium dat helpt om de grootte van een SBZ te bepalen (Skov et al. 2007). Dit is althans het geval wanneer verspreidingsgegevens over een groot aantal jaren gemiddeld worden.

Omdat verschillende vogelsoorten op dezelfde plek in grote aantallen voorkomen kan het zinvoller zijn de vogels samen te beschouwen. Daarom is de 'vogelwaarde' ontwikkeld, een maat voor vogeldichtheid voor alle zeevogelsoorten samen (Leopold et al. in prep.). Het getal is gebaseerd op kwetsbaarheid, veerkracht, afhankelijkheid van het mariene milieu, afhankelijkheid van het NCP en broeden in Nederland. Duidelijk is dat in de winter de vogelwaarde bij de Bruine Bank relatief groot is.

Tellingen van zeezoogdieren (1995-2001) suggereren dat de Bruinvis structureel vaker bij de Bruine Bank voorkomt dan in het gebied ten zuiden of direct ten oosten ervan (Arts & Berrevoets 2005), maar de variatie tussen tellingen is groot en het aantal getelde dieren klein.

Bescherming of niet?

Op basis van de huidige begrenzing van de Bruine Bank, zoals omschreven in Lindeboom et al. (2005), lijkt er onvoldoende reden om het gebied op basis van de Europese Vogelrichtlijn de status van Speciale Beschermingszone (SBZ) te geven. Geen van de vogelsoorten komt met meer dan 1% van de populatie of een aantal van >20.000 individuen in het gebied voor, hoewel op sommige momenten (vnl. in de winter) relatief hoge aantallen Grote mantelmeeuwen, Zilvermeeuwen, Zeekoeten en Alken in het gebied verblijven (Lindeboom et al. 2005, Lindeboom et al. 2008).

Als de grenzen van het gebied worden verlegd zoals aangegeven in Figuur 9 ontstaat er wel een gebied waarin regelmatig 1% van de populatie of minstens 20.000 individuen van de Zeekoet aanwezig zijn en wat dus kwalificeert als Vogel Richtlijn gebied. Echter, feitelijk wordt de gehele Zuidelijke bocht door Zeekoeten in de winter gebruikt en heeft het instellen van een vogelreservaat ter grootte van het aangegeven gebied minder zin (Leopold et al. in prep.). In het gehele gebied dienen Zeekoeten beschermd te zijn. Mocht bij het instellen van SBZ's blijken dat er toch specifieke (ruimtelijk) maatregelen getroffen (kunnen) worden bijvoorbeeld bij de aanleg van windmolenparken, dan komt het in Figuur 9 (rechts) aangegeven gebied hiervoor in aanmerking.

Net als voor het gebied van de Borkumer Stenen geldt dat de benthos en bodemgegevens in dit beknopte overzicht relatief oud zijn: Ze zijn verzameld in 1992 en 1993. Daarnaast zijn de gegevens vrij eenzijdig en komen wat betreft de marien benthische fauna alleen voort uit een boxcore programma. Niets is bekend over grotere epi-benthos soorten of spaarzaam aanwezige infauna zoals die met een bodemschaaf/dreg bemonsterd kunnen worden. Het zou de moeite waard zijn om de dataset aan te vullen met andersoortige benthos gegevens van recente datum, door het uitvoeren van een meer volledig onderzoeksprogramma.

Referenties

- Arts FA, Berrevoets CM (2005) Monitoring van zeevogels en zeezoogdieren op het Nederlands Continentaal Plat 1991 - 2005: Verspreiding, seizoenspatroon en trend van zeven soorten zeevogels en de Bruinvis. Rapport RIKZ/2005.032, Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ, Middelburg
- Bergman M (1991) Long term effects of beamtrawl fishing on the benthic ecosystem in the North Sea.
In: Effect of beamtrawl fishery on the bottom fauna in the North Sea II- the 1990 studies Rapport Beon 3, 's Gravenhage
- Bergman M (1992) Long term effects of beamtrawl fishing on the benthic ecosystem in the North Sea.
In: Effect of beamtrawl fishery on the bottom fauna in the North Sea II- the 1991 studies Rapport Beon 16, 's Gravenhage
- Bergman MJN, Stam A, Hup M (ongepubl 1988) Long term effects of beamtrawl fishery on the bottom fauna in the North Sea, A pilot study (concept, niet gepubliceerde gegevens)
- Dando PR (2001) A review of pockmarks in the UK part of the North Sea with particular respect to their biology. Rapport TR_001, School of Ocean Sciences University of Wales-Bangor
- Dando PR, Austen MC, Burke Jr RA, Kendall MA, Kennicutt II MC, Judd AG, Moore DC, O'Hara SCM, Schmaljohann R, Southward AJ (1991) Ecology of a North Sea pockmark with an active methane seep. Marine Ecology Progress Series 70:49-63
- Dankers, NMJA., Leopold MF, Smid CJ (2003). Vogel- en Habitatrichtlijn in de Noordzee. Alterra rapport 695. ISSN 1566-7197: 81 pp.
- Haelters J, Vigin L, Stienen EWM, Scory S, Kuijken E, Jaques TG (2004) Ornithologisch belang van de Belgische zeegebieden. Bulletin van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen Biologie 74 Suppl.-2004
- Holtmann SE, Groenewold A (1994) Distribution of the zoobenthos on the Dutch continental shelf: the Western Frisian Front, Brown Bank en Broad Fourteens (1992/1993). Rapport 1994-1, NIOZ, Den Burg, Texel, The Netherlands
- Hovland M, Thomsen E (1989) Hydrocarbon-based communities in the North Sea? Sarsia 74:29-42
- Janssen JAM, Schaminée JHJ (2004) Europese Natuur in Nederland. Soorten.
- Judd AG (2001) Pockmarks in the UK sector of the North Sea. Rapport TR_002, University of Sunderland
- Judd AG, Davies G, Wilson J, Holmes R, Baron G, Bryden I (1997) Contributions atmospheric methane by natural seepages on the UK continental shelf. Marine Geology 140:427-455
- Lavaleye MSS (2000) Karakteristieke macrobenthos levensgemeenschappen van het NCP & Trendanalyse van de macrobenthos diversiteit van de Oestergronden en het Friese Front (1991-1998): Ecosysteendoelen Noordzee Rapport 2000-9, NIOZ
- Leopold MF, Dijkman EM, Gonzales G, Berrevoets C (in prep.) Marine Protected Areas in the Dutch sector of the North Sea: a bird's eye view.
- Lindeboom HJ, Dijkman EM, Bos OG, Meesters EH, Cremer JSM, De Raad I, Bosma A (2008) Ecologische Atlas Noordzee ten behoeve van gebiedsbescherming. Wageningen IMARES vestiging Texel
- Lindeboom HJ, Geurts van Kessel AJM, Berkenbosch A (2005) Gebieden met bijzondere ecologische waarden op het Nederlands Continentaal Plat. Rapport RIKZ/2005008, Den Haag / Alterra rapport 1109, Wageningen:103 p.
- Mesdag CS (2006) Side Scan Sonaropnamen over mogelijke pockmarks en gas seeps in het noordelijke deel van het NCP. Rapport 2006-U-R0179/C, TNO
- Schroot BM (2003) Seismic Anomalies Indicating Leakage: examples from the Southern North Sea AAPG Annual Convention, Salt Lake City, Utah
- Schroot BM, Klaver GT, Schüttenhelm RTE (2005) Surface and subsurface expressions of gas seepage to the seabed - examples for the Southern North Sea. Marine and Petroleum Geology 22:499-515
- Schroot BM, Schüttenhelm RTE (2003) Expressions of shallow gas in the Netherlands North Sea. Netherlands Journal of Geosciences/Geologie en Mijnbouw 82:91-105
- Skov H, Durinck J, Leopold MF, Tasker ML (2007) A quantitative method for evaluating the importance of marine areas for conservation of birds. Biological Conservation 136:362-371
- Von Nordheim H, Boedeker D, Krause JC (2006) Progress in Marine Conservation in Europe: Natura 2000 Sites in German Offshore Waters, Vol. Springer-Verlag Berlin Heidelberg

Appendix A: Gasseeps en Pockmarks

TNO-rapport

2006-U-R0179/C

Side Scan Sonaropnamen over mogelijke pockmarks en gas seeps in het noordelijke deel van het NCP.

Datum
27 november 2006

Auteur(s)
C.S. Mesdag

Opdrachtgever
Imares

Projectnummer
034.69281

Aantal pagina's
9 (incl. bijlagen)

Alle rechten voorbehouden. Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2006 TNO

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Acquisitie	5
3	Resultaten	7
4	Conclusies en aanbevelingen	9

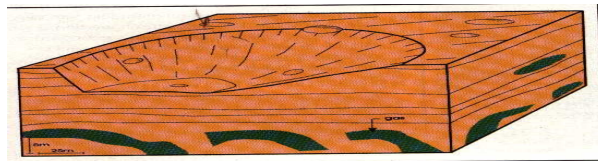
1 Inleiding

In het verleden zijn op diverse plaatsen in het noordelijke deel van het NCP fenomenen waargenomen die duiden op natuurlijke gasontsnappingsen uit de zeebodem.

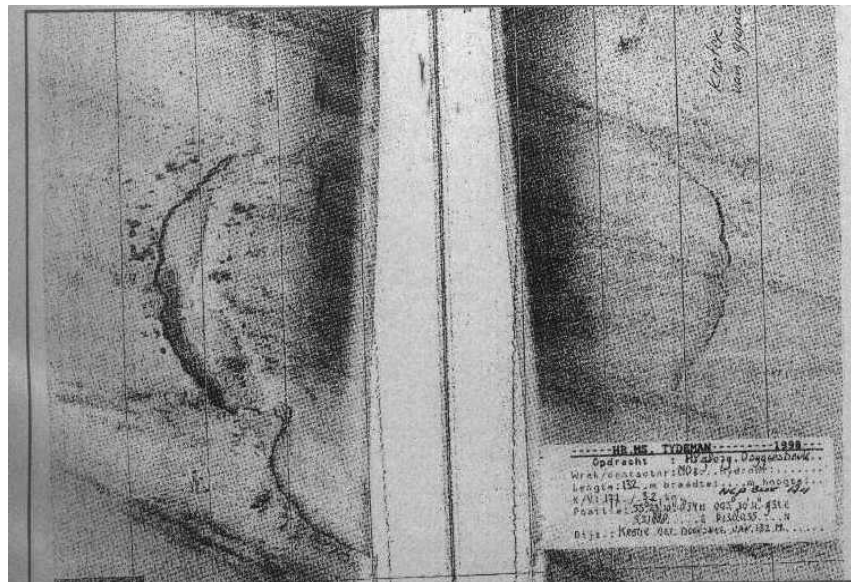
In dit deel van het NCP bevinden zich op een diepte van ca. 600m onder de zeebodem gasreservoirs. Dit gas is oorspronkelijk afkomstig uit steenkoollagen uit de Carboonperiode die zich op diepten tussen 2000 en 4000 m bevinden. Door de hoge druk is het gas hieruit ontsnapt naar de erop gelegen zandsteenlagen uit de Permperiode, het Rotliegend. Deze zandsteen wordt bedekt door zoutlagen, eveneens uit de Permperiode, die er voor zorgen dat het gas niet kan ontsnappen. Op plaatsen waar zich breuken in deze zoutlagen bevinden, kan het gas naar hogere lagen migreren.

Een andere bron van ondiep gas is de omzetting van organische stof dat zich in de bovenste lagen bevindt.

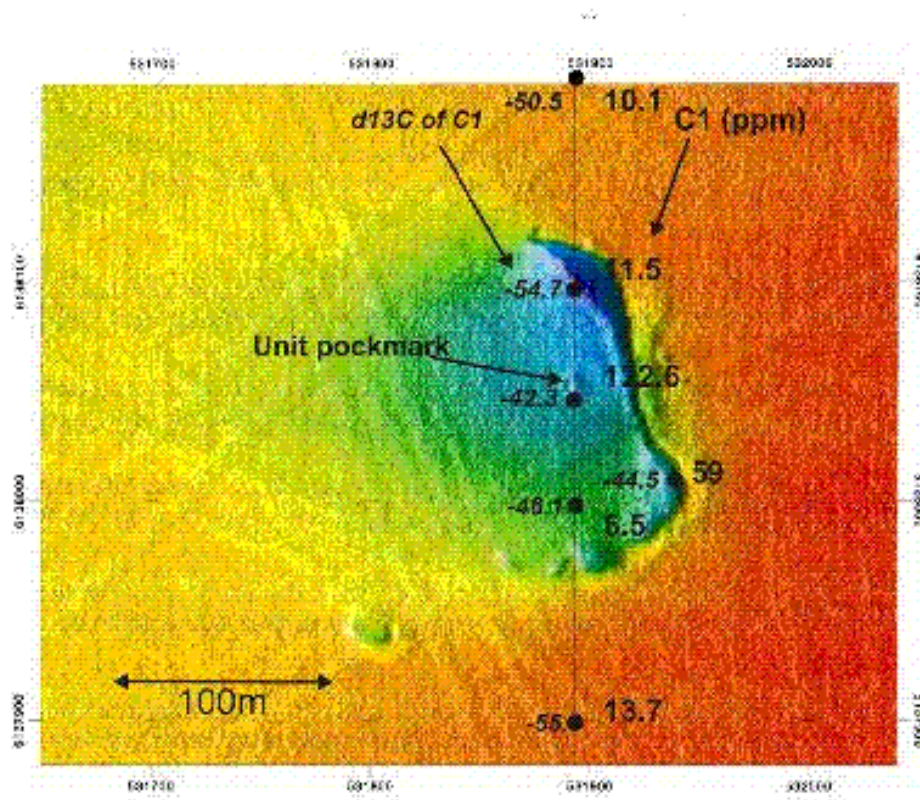
Uiteindelijk kan het uit de diepte migrerende gas zich in de ondiepe lagen nabij de zeebodem (opnieuw) ophopen. Als zich hierin kleilagen bevinden, hoopt het gas zich hieronder op en kan het deze afsluitende lagen onder druk zetten. Als de druk de weerstand van deze laag overschrijdt, kan het gas plotseling explosief vrijkomen en hierbij een krater in de zeebodem achterlaten waaruit gas blijft ontsnappen. Een dergelijke krater wordt een pockmark genoemd. Figuur 1 geeft een schematische weergave hiervan en figuur 2 geeft een voorbeeld van hoe een pockmark er op een side scan sonaropname uit ziet.



Figuur 1. Een schematische weergave van de krater die op de zeebodem achterblijft

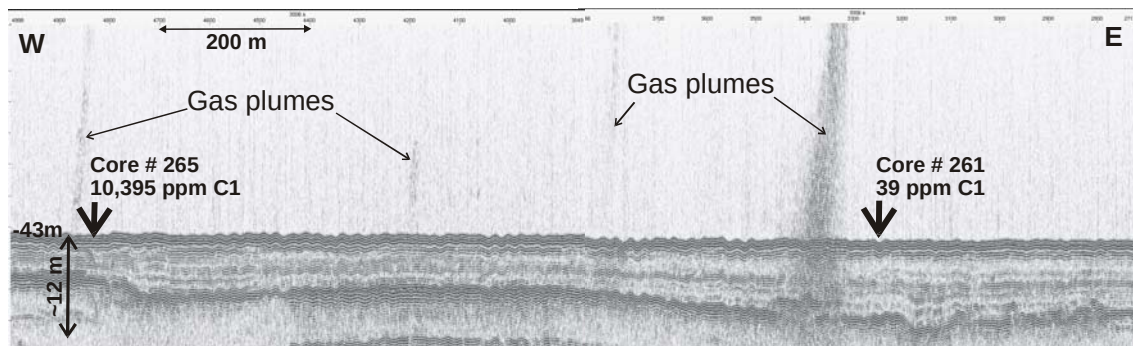


Figuur 2. Side scan sonaropnamen van een pockmark. Deze pockmark bevindt zich in blok A11.



Figuur 3. Multibeamopname over dezelfde pockmark als in figuur 2, blok A11.

Bevindt zich geen afsluitende laag nabij de zeebodem, dan kan het gas continu door het zeewater naar het zeeoppervlak ontsnappen. Ook dit fenomeen is op enkele locaties (vooral in blok B13) met behulp van Sub Bottom Profilers waargenomen. Zie figuur 4.



Figuur 4. Gasontsnappingen op een Chirp Profiler-opname in blok B13.

Nadere informatie over gasontsnappingen in het NCP is te vinden in de publicaties Schroot (2003) en Schroot (2005).

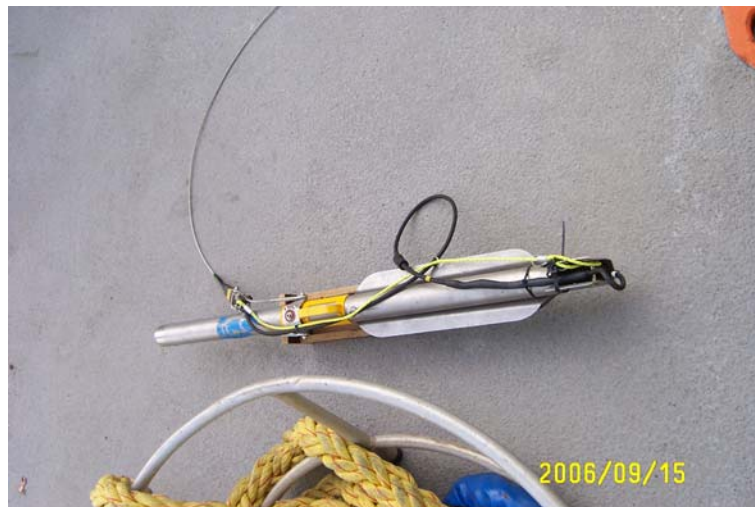
Het doel van dit onderzoek is een aanvullend geologisch/ecologisch onderzoek naar de bekende gasontsnappingen aan de zeebodem. Deze locaties worden - voor zover niet al uitgevoerd - met side scan sonar en multibeam in beeld gebracht en met een Boxcorer worden door het NIOZ een aantal monsters op en naast de locaties genomen. De locaties liggen in blokken A5, A11, A18, B10, B13, F3 en F10. Dit rapport geeft de resultaten weer van de Side scan sonaropnamen.

2 Acquisitie

De opnamen met de Side scan sonar en de monsternamen met de Boxcorer vonden plaats in week 45 van 2006 aan boord van het MS Arca van Rijkswaterstaat.

De multibeam staat in een vaste opstelling aan boord en wordt bediend door personeel van Rijkswaterstaat.

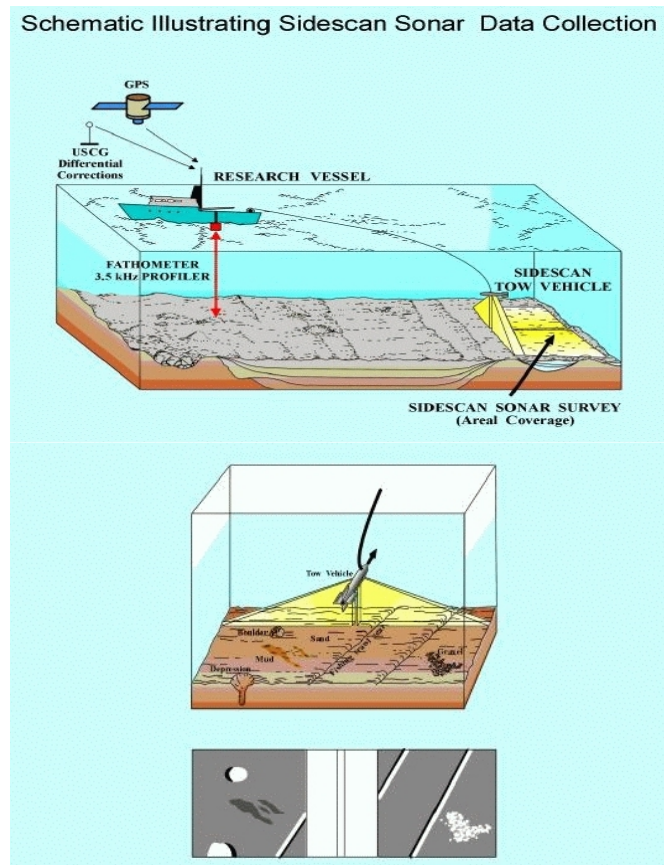
Het side scan sonarsysteem is het CM2 systeem van C-Max en bestaat uit een sleepvis en een deckunit waarmee het digitale signaal wordt opgenomen op magnetisch-optische disks. Zie figuren 5 en 6 hieronder.



Figuur 5. Sleepvis van het Side scan sonarsysteem.



Figuur 6. CM2 opnamesysteem.



Figuur 7. Schematisch overzicht van side scan sonar data acquisitie.

De sleepvis zendt aan weerszijde een akoestische puls uit van 325 kHz. De puls wordt door de zeebodem gereflecteerd en verstrooid. Zie figuur 7. Het terugkerende signaal komt bij de vis aan en wordt aan boord door de deckunit (zie figuur 6) opgenomen. Dit wordt ongeveer 6 tot 10 keer per seconde (afhankelijk van het gekozen meetbereik) herhaald waardoor een beeld van de zeebodem en de daarop liggende fenomenen op het computerscherm of op papier ontstaat. De range (het meetbereik) is gesteld op 100m aan weerszijden waardoor er 6 keer per seconde een puls uitgezonden werd.

De side scan sonar wordt voor deze survey gebruikt om de contouren en morfologie van de pockmarks in beeld te brengen.

Mobilisatie vond plaats op maandag 6 november in Den Helder waarna op dinsdag met de werkzaamheden werd begonnen, eerst in blok F10, op woensdag in B13 en A5.

De werkzaamheden werden aan het eind van de woensdagmiddag gestaakt wegens slecht weer, waarna besloten werd terug te keren naar Scheveningen.

Demobilisatie vond plaats op donderdag 9 november.

3 Resultaten

Op dinsdag 7 november werd begonnen met side scan sonar- en multibeamopnamen over een vermeende pockmark in blok F10. Zie figuur 8 hieronder voor de side scan sonaropnamen en de locaties van de hierna genomen boxcores. Op de locatie van de pockmark is een wrak waargenomen met vermoedelijk een slijpgeul rondom. Omdat in het verleden wel vaker een wrak in een pockmark is waargenomen, wordt niet uitgesloten dat de slijpgeul in feite een pockmark is. Daarom zijn er 4 boxcores in een raai genomen (zie figuur 8). Figuur 9 laat de opname zien die de aanleiding zijn voor het vermoeden van een pockmark op deze locatie.

Op woensdag 8 november zijn 5 boxcores in een in het verleden waargenomen grote gas seepage in blok B13 genomen (zie figuur 4). Omdat hier voor een oliemaatschappij al uitgebreid akoestisch onderzoek met side scan sonar en een Chirp sub bottom profiler is uitgevoerd, zijn hier geen sonaropnamen gemaakt.

Later op 8 november zijn side scan sonaropnamen over een vermeende pockmark in blok A5 uitgevoerd. Ook op deze locatie is een wrak gevonden. Dit is bevestigd door boxcore A5_2 (zie figuur 10) waarin wrakresten in de corer klem zaten. De slijpgeul rondom dit wrak is te klein om boxcores in te nemen.

Hierna nog naar blok A11 gevaren waar alleen een boxcoreprogramma behoefde te worden uitgevoerd omdat hier al sonar- en multibeamopnamen van bestaan (zie figuren 2 en 3). Het weer was echter te slecht om te werken, waarna besloten werd terug te keren naar Scheveningen.

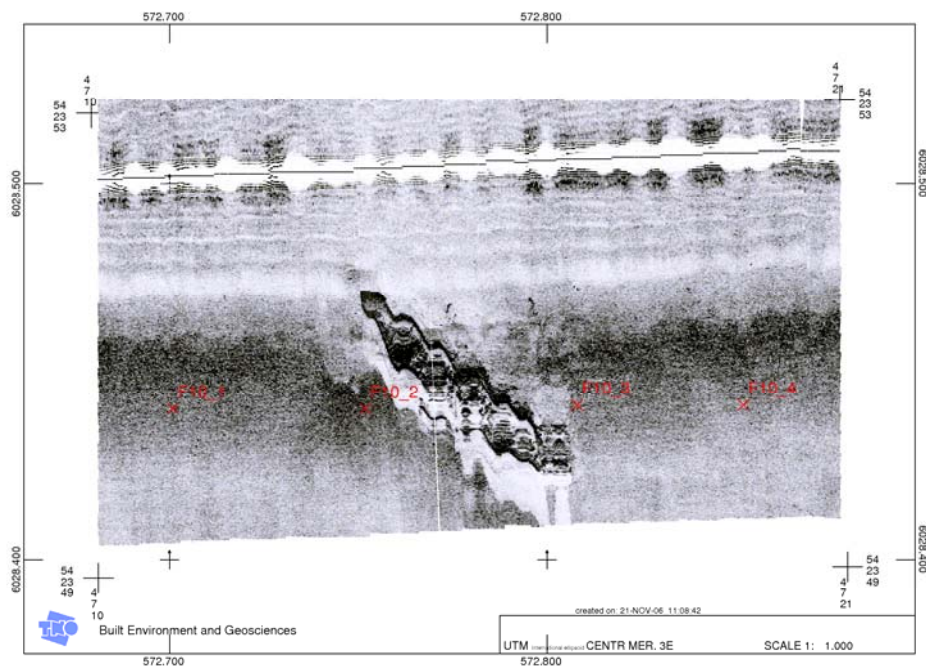


Figure 8. Wrak van een schip op de locatie van een vermeende pockmark in F10. De rode kruisjes geven de monsterlocaties van de boxcorer weer.

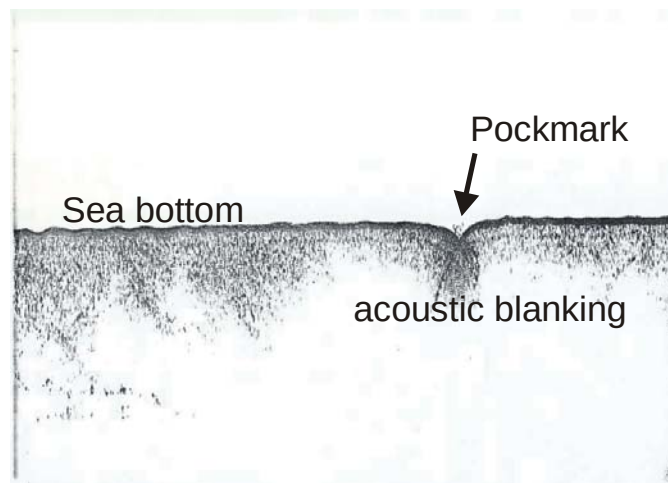


Figure 9. Oude akoestische (3.5 kHz) opnamen van de pockmark in A5. Die van F10 is hier identiek aan.

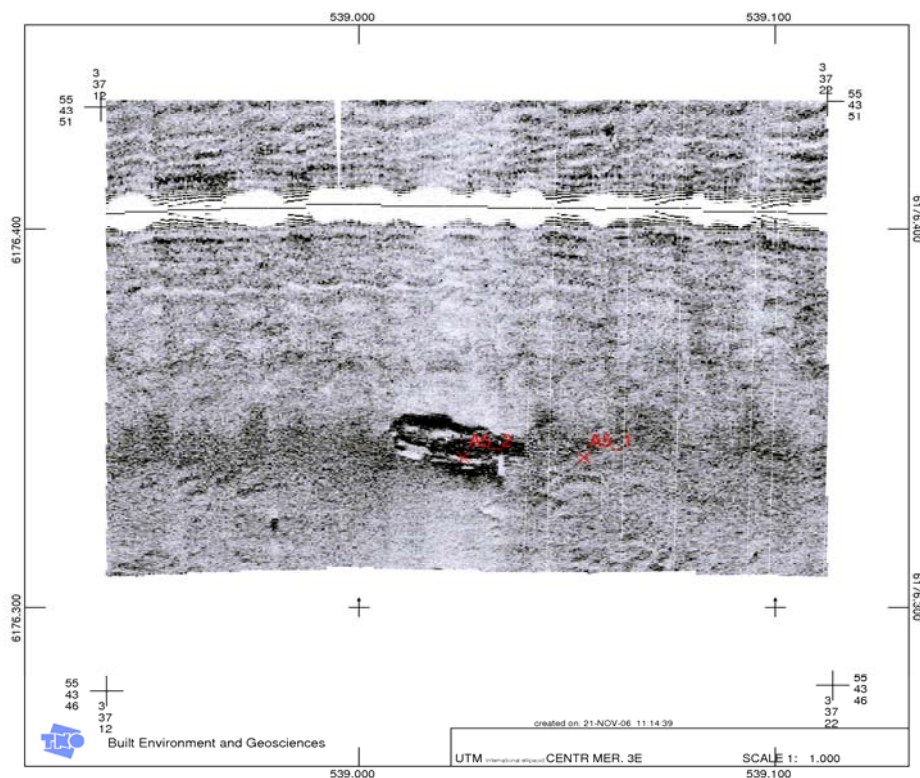


Figure 10. Wrak op locatie van een vermeende pockmark in A5. Boxcore A5_2 leverde wrakresten op

4 Conclusies en aanbevelingen

- Het oorspronkelijke vaarplan omvatte ook de (mogelijke) pockmarks in blokken A11, B10, A18 en F3. Eén vaarweek is –inclusief mobilisatie, demobilisatie en slecht weer- te kort gebleken.
- Het is aan te bevelen om 24 uur per dag, de klok rond, te surveyen om gebruik te maken van de periodes van redelijk goed weer.
- Omdat het gas in het sediment allerlei verschijnselen in het akoestische beeld veroorzaakt, zoals verstrooiing (acoustic blanking) en amplitudeversterking (bright spots), dienen alle (vermeende) pockmarks en gasontsnappingen ook met een Chirp sub bottom profiler te worden gesurveyed. Dit is uiterst waardevol gebleken bij de opnamen over de gas seeps van blok B13.

Referenties:

- Schroot, B.M. & Schuttenhelm, R.T.E., Expressions of shallow gas in the Netherlands North Sea, Netherlands Journal of Geosciences/Geologie en Mijnbouw 82 (1), p 91-105 (2003)
- Schroot, B.M., Klaver, G.T. & Schuttenhelm, R.T.E., Surface and subsurface expressions of gas seepage to the seabed – examples from the Southern North Sea, Marine and Petroleum Geology 22, p 499-515 (2005)

Appendix B: Organic geochemistry. Lipid biomarkers

A. Stadnitskaia, M. Baas and J.S. Sinninghe Damsté, Royal NIOZ, Texel

Introduction

When migrating up hydrocarbon-rich fluids reach the seafloor, they provoke the development of a specific biological activity manifested in the appearance of persistent chemosynthetic colonization of benthic organisms such as mollusks, methane-related tube worms, microbial mats, and a diversity of microbes fuelled by hydrocarbon gases (especially methane), sulfide and other reduced elements. Migrating fluids contain organic and inorganic components offering sources of carbon and energy and other essential nutrients for diverse micro- and macro- chemosynthetic communities. This encompasses utilization of migrated components, especially methane. Anaerobic oxidation of methane (AOM) is the key microbial process preventing a significant amount of the greenhouse gas methane to escape to the atmosphere. AOM results in the production of sulfide and precipitation of carbonate crusts which may serve as a barrier for the upcoming methane. Comprehensive biogeochemical and molecular ecological studies revealed that AOM is generally performed by syntrophic consortia of methanogenic archaea and sulfate-reducing bacteria (SRB). However, the regulation of methane transport and turnover in marine sediments are still uncertain; micro-organisms that can consume methane anaerobically have yet to be isolated.

Direct proof for the presence of AOM community, an indirect mark of the methane saturation in the sediments, can be obtained using structural and stable carbon isotopic compositional information of microbial lipids. One of the direct evidences for anaerobic methanotrophy was provided by compound-specific carbon isotopic studies of archaeal lipids. In methane seepage environments, these lipids are ^{13}C -depleted indicating that microbes used methane-derived carbon as a carbon source. Besides, archaeal and bacterial membrane lipids show distinct molecular structures and are often used as chemotaxonomical markers for the Archaeal and Bacterial domains and their specific groups.

Geochemical sampling

The aim of the geochemical sub-sampling during the Arca cruise was focused to identify currently active seepage sites through the study of lipid biomarkers from methane-profiting microbes. To trace methane or other hydrocarbon gas utilization as well as to reveal the source of the migrated gaseous hydrocarbons, sediments from the same intervals as for the lipid study were collected for measurements of molecular and stable carbon isotope compositions of methane (C_1) through pentanes (C_5).

In total three locations, BX13-3, BX13-4,

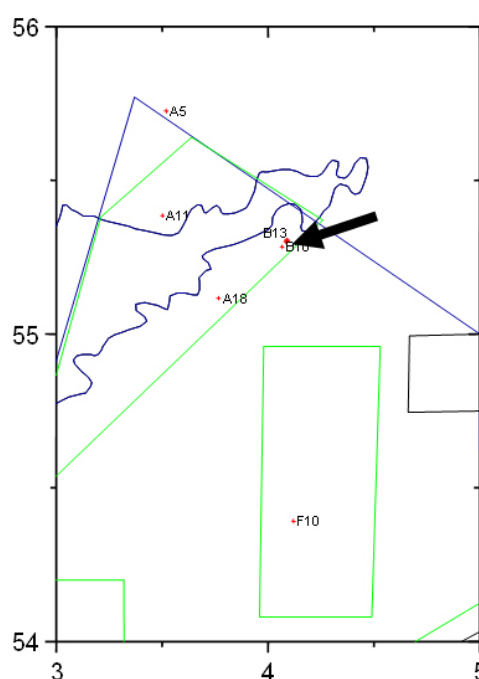


Fig. 1. Sampling location (northern part of the Dutch Continental Shelf)

and BX13-5, were studied (Fig. 1). The sampling sites were positioned in the central and periphery parts of a pockmark structure, respectively, where a gas plume was detected in September 2006.

Preliminary results and discussions

The sediments were represented by a dark brownish grey mud with a significant admixture of sand. There were no gas manifestations and no sulfide smell noticed. Our study provides evidence that the methane



Fig. 2. Gastropod (a and b) and authigenic carbonates (c) recovered from BX13-3.

flux at the sampling locations is not high at least at the time of sub-sampling. In the area, the methane flux is likely controlled by a combination of geological and microbial processes. Sediments from the BX13-3 recovered a likely chemosynthetic gastropod completely encrusted by carbonate tubes from Serpulid tube-worms (Fig. 2a and b). Below, at the interval of 8-10 cm, a layer with authigenic carbonate nodules was found (Fig. 2c). The stable carbon and oxygen isotope measurements from the gastropod, carbonate worm-tubes, host sediments, and carbonate nodules are scheduled. These data will shed a light whether any of the carbonate material is methane-related.

The preliminary lipid biomarker data show an input of terrestrial material reflected in the dominance of odd-over-even carbon-number n-alkanes, with a maximum at C29 (Fig. 3). Biomarkers from anaerobic methanotrophic archaea and SRB were not detected in any sampled sediment. Perhaps, the penetration of a box corer was not enough to reach the AOM-zone. In the close located pockmark structures, Niemann et al., 2004 reported active AOM and sulfate reduction below 50 cm depth interval. In these locations, AOM-derived lipids were detected even deeper, at the interval of 180 cm below the sea floor (Niemann et al., 2004). It is not clear if methane is completely microbially consumed before it reaches the water column (hydrocarbon gas measurements are still in process).

However, lipid biomarkers revealed the presence of ^{13}C -depleted ($\delta^{13}\text{C}$ is ca. -42 ‰) hopanoid diploptene [hop-22(29)-ene, $\text{C}_{30}\text{H}_{50}$] and isoprenoidal hydrocarbon squalene (2,6,10,15,19,23-hexamethyl-2,6,10,14,18,22-tetracoshexaene, $\text{C}_{30}\text{H}_{50}$) indicating the presence of aerobic chemolithotrophic bacteria (Fig. 2). A cluster of moderately ^{13}C -depleted ($\delta^{13}\text{C}$ is ca. 40 ‰) tri- and

tetra-unsaturated C25 highly branched isoprenoids (HBIs) (Belt et al., 2000) marks the presence of the group of

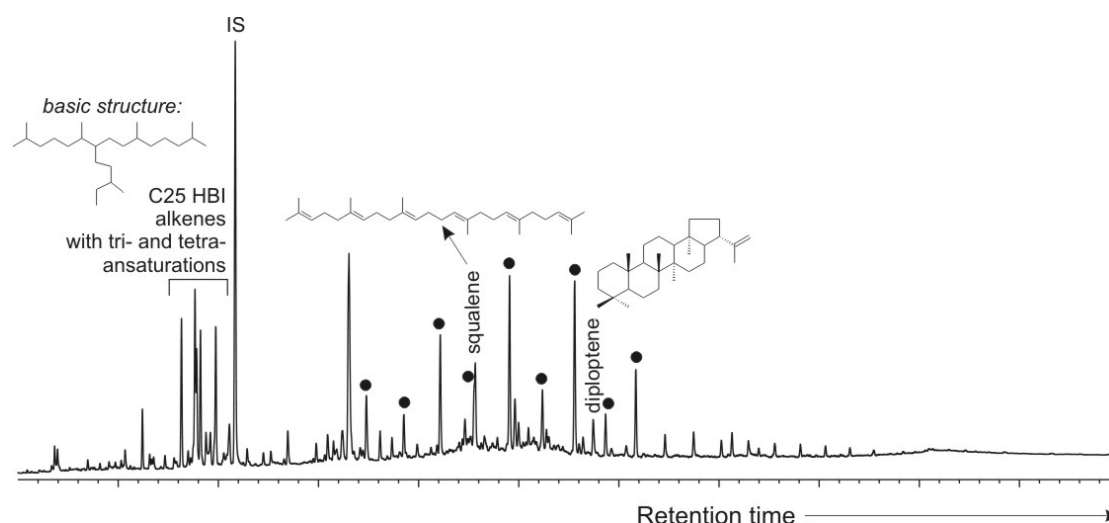


Fig. 3. Gas chromatogram of an apolar fraction from the 2-4 cm depth interval of BX13-4. Filled circles are n-alkanes.
centric diatoms (Sinninghe Damsté et al., 2004). The presence of C25 HBI alkenes were only detected in the uppermost 10-12 cm of BX13-4 and BX13-5, collected over a distance from the central part of the pockmark.

Conclusions

Our preliminary data show absence of a strong fluid flow at least during the bottom sampling in the cruise. Within the top 20 cm of the recovered and analyzed sediments from a pockmark structure, lipid biomarker data show lack of anaerobic methanotrophs performing AOM. The sign of an earlier AOM processes was detected due to the presence of authigenic carbonates in the sediments of BX13-3. Sediments from BX13-4 and BX13-5 revealed the presence of aerobic chemolithotrophic bacteria and centric diatoms at the periphery parts of the pockmark and not at the center.

References

- Belt, S.T., Allard, W.G., Massé, G., Robert, J.-M., Rowland, S.J., 2000. Highly branched isoprenoids (HBIs): Identification of the most common and abundant sedimentary isomers. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 64, 3839–3851.
- Niemann, H., Elvert, M., Hovland, M., Orcutt, B., Judd, A., Suck, I., Gutt, J., Joye, S., Damm, E., Finster, K., Boetius, A., 2005a. Methane emission and consumption at a North Sea gas seep (Tommeliten area). *Biogeosciences* 2, 335-351.
- Sinninghe Damsté, J.S., Muyzer, G., Abbas, B., Rampen, S.W., Massé, G., Allard, W.G., Belt, S.T., Robert, J.-M., Rowland, S.J., Moldowan, J.M., Barbanti, S.M., Fago, F.J., Denisevich, P., Dahl, J., Trindade, L.A. F., Schouten, S., 2004a. The Rise of the Rhizosolenid Diatoms. *Science* 304, 584-587.

Verantwoording

Rapport C026/08

Projectnummer: 439.62104.01

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en beoordeeld door of namens het Wetenschapsteam van Wageningen IMARES.

Akkoord: Dr. N. Dankers
Senior onderzoeker

Handtekening:



Datum: 1 april 2008

Akkoord: Drs. F.C. Groenendijk
Hoofd onderzoeks afdeling Ecologie

Handtekening:

Datum: 29 mei 2008

Aantal exemplaren:	15
Aantal pagina's:	37
Aantal tabellen:	-
Aantal figuren:	9
Aantal bijlagen:	2