Wageningen IMARES
Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies

Vestiging IJmuiden
Postbus 68
1970 AB IJmuiden
Tel.: 0255 564646
Fax: 0255 564644

Vestiging Yerseke
Postbus 77
4400 AB Yerseke
Tel.: 0113 672300
Fax: 0113 573477

Vestiging Den Helder
Postbus 57
1780 AB Den Helder
Tel.: 022 363 88 00
Fax: 022 363 06 87

Vestiging Texel
Postbus 167
1790 AD Den Burg Texel
Tel.: 0222 369700
Fax: 0222 319235

Internet: www.wageningenimares.wur.nl
E-mail: imares@wur.nl

Rapport

Nummer: C041/07

Evaluatie en streefdoelen voor de noordkromp-populatie op het Friese Front en in de Oester Gronden

R. Witbaard

Opdrachtgever: Ministerie van LNV
W. Remmelts
Postbus 20401
2500 EK 's-Gravenhage

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

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....2

Samenvatting....3

1. Inleiding....4

2. Mortaliteit....18
2.1 Predatie....18
2.2 Habitat Verstoring & Visserij....18
2.3 Mortaliteit schattingen....22

3. Streefmodellen noordkromp populatie....23
3.1 Reconstructie variant I (historische vergelijking)....23
3.2 Reconstructie variant II (o.g.v. sterftecijfer)....23
3.3 Reconstructie variant III (ruimtelijke vergelijking)....24

4. Beheersmaatregelen....24
4.1 Beperken visserij mortaliteit....24
4.2 Kunstmatige populatie verjonging....25

5. Invulling kennis leemten....25
5.1 Monitoring populatie....25
5.2 Bepaling van het reproductief potentieel....26
5.3 Genetische samenstelling en herkomst....26

6. Literatuur....27

Verantwoording....33

Samenvatting

De Oester Gronden en het Friese Front lijken op grond van diepte, sedimenttype, primaire productie en klimatologische omstandigheden een typische noordkromp habitat te vormen.
In vergelijking met populaties binnen en buiten de Noordzee is de gemiddelde dichtheid van noordkrompen in de Oester Gronden en op het Friese Front (0.06/m²) laag. Vergelijking met historische data en terugrekening naar een historische situatie suggereert dat 20 jaar geleden in de Oester Gronden en op het Friese Front de gemiddelde dichtheden tot 6 × hoger moeten zijn geweest.
Vergelijking van experimenteel bepaalde mortaliteit door bodemvisserij (Bergman & Santbrink, 2000) met de mortaliteit-ratio bepaald o.g.v. een zogenaamde age-converted-catch-curve (vanuit quantitatieve dregvangsten) en de natuurlijke mortaliteit o.g.v. literatuur gegevens, suggereert dat de boomkorvisserij in de zuidoostelijke Noordzee een onevenredig grote bijdrage levert aan de sterfte van volgroeide noordkrompen (>50 mm). Op grond van waarnemingen aan andere schelpdiersoorten kan worden aangenomen dat ook voor juveniele en subadulte noordkrompen (< 50mm) visserijsterfte hoog is (tot 30% per jaar).
Het ontbreken van een regelmatig succesvolle broedval lijkt een soortkarakteristiek van noordkrompen te zijn en wordt in veel populaties aangetroffen. Dit maakt het moeilijk om aantallen spat / juvenielen te gebruiken als streefdoelen voor een toekomstige populatie. Het moment waarop zich een massale broedval voordoet, laat zich niet voorspellen.
Voor het behoud van noordkrompen op het NCP is het nodig dat in gebieden met relatief hoge dichtheden, sterfte door bodemvisserij gereduceerd wordt. Hiermee wordt zowel de ouderpopulatie van voldoende omvang behouden maar stijgen ook de overlevingskansen van spat en juvenielen.
Het is niet bekend in hoeverre de noordkromp populatie in de Oester Gronden en op het Friese Front een zogenaamde “source” dan wel een “sink” populatie is. Het belang van deze locale populatie vanuit het oogpunt van biodiversiteit is daarom op dit moment niet in te schatten. Vooralsnog moet daarom een verdere achteruitgang van de lokale populatie voorkomen worden zodat zij zichzelf kan herstellen.
Er zijn aanwijzingen dat de dichtheden noordkrompen in grote delen van de Oester Gronden en het Friese Front reeds te laag zijn voor succesvolle voortplanting.
Van de potentieel beschermde gebieden op het NCP heeft het voorgestelde gebied in de centrale Oester Gronden de hoogste dichtheden spat, juvenielen en adulten (survey data 1996 - 2000). Ook de frequentie waarmee spat werd gevonden is in dit gebied het hoogst. Op grond van deze gegevens lijkt dit gebied de meest levensvatbare noordkromp populatie van het NCP te bevatten.
Model berekeningen op grond van de experimenteel geschatte visserij mortaliteit (Bergman & Santbrink, 2000) suggereren dat in 2017 noordkrompen vrijwel verdwenen zullen zijn van het Friese Front en de Oester Gronden (< 10/ha).

1. Inleiding

De extreem hoge leeftijden die de noordkromp kan bereiken wekken ieders ontzag. Het voorkomen van dergelijke langlevende soorten met een populatie waarin oude individuen goed vertegenwoordigd zijn, heeft behalve een biologische ook een ecologische betekenis. Het wijst op het feit dat de soort enerzijds brede tolerantiegrenzen heeft en anderzijds dat het ecosysteem waar de soort deel van uitmaakt, een grote mate van stabiliteit kent.

Op grond van de vele studies die het NIOZ (Koninklijk Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee) uitgevoerde in de Oester Gronden en op het Friese Front, wordt verondersteld dat het lokale benthisch ecosysteem onder invloed van bodemvisserij de laatste decennia een sterke verandering heeft doorgemaakt. Nauwkeurige verificatie van deze bewering is onmogelijk gebleken doordat onbeviste referentie gebieden ontbreken. In de toekomst kunnen de voorgestelde beschermde gebieden op het Nederlandse deel van het continentale plat echter een sleutelrol spelen in het verkrijgen van dergelijke kennis; d.w.z. inzicht verschaffen in de visserijeffecten op het nivo van het benthisch ecosysteem. Het is daarbij de vraag of de maatregelen die het gebied beogen te beschermen voldoende zijn. Een andere vraag is hoe de ontwikkeling van het gebied gevolgd kan worden. De noordkromp (*Arctica islandica*) wordt op grond van zijn hoge maximale leeftijd en zijn kwetsbaarheid voor bodemvisserij geacht één van de soorten te zijn die een duidelijke signaal functie heeft voor de Oester Gronden en het Friese Front.

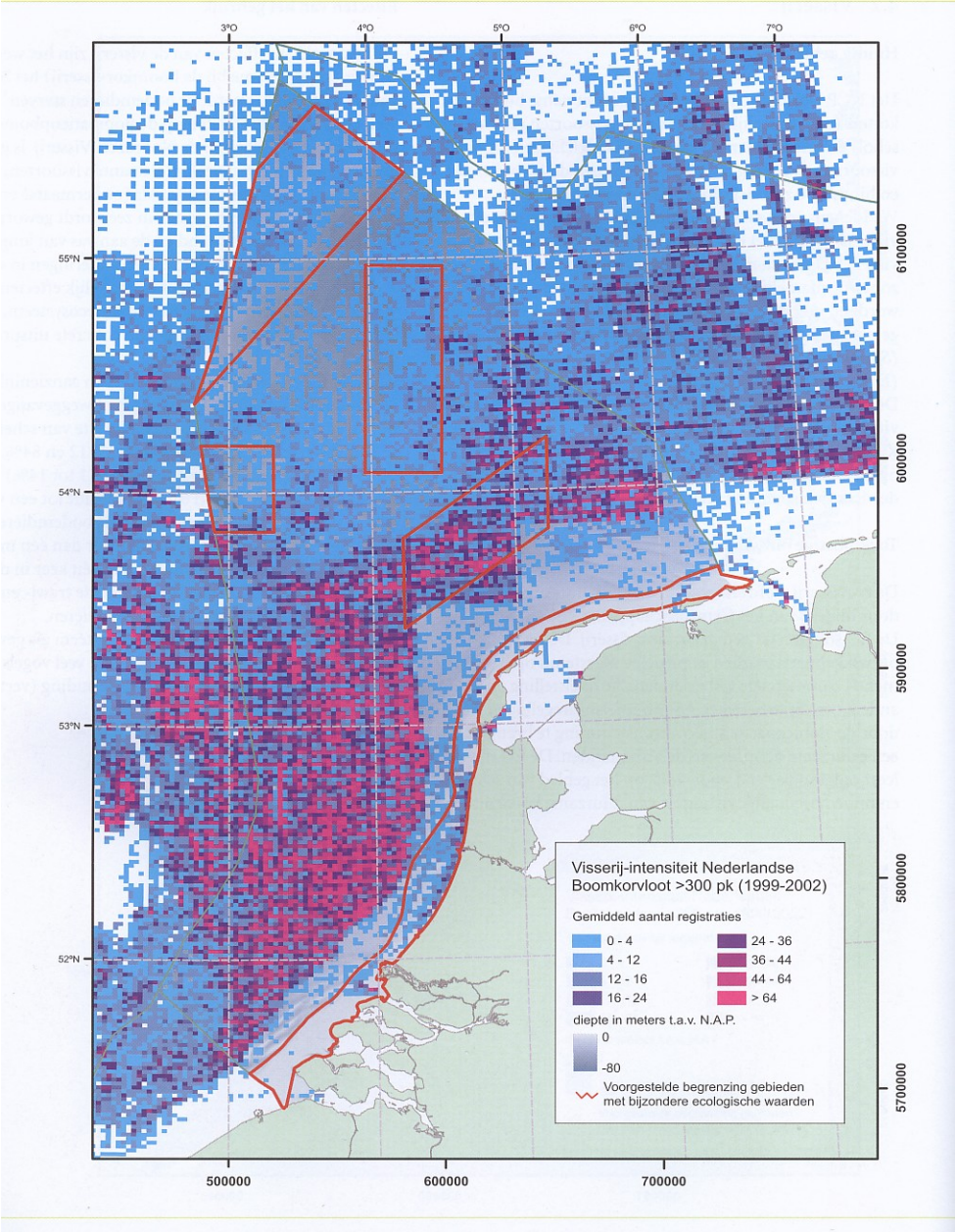
In deze literatuurstudie wordt getracht een overzicht te geven van populatiekenmerken van deze soort die gebruikt kunnen worden voor de beoogde signaleringsfunctie. Daarnaast wordt aangegeven met welke kennisaanvulling in de toekomst de waarde van deze ecosysteemindicator vergroot kan worden.

Rob Witbaard

Texel, 14 maart 2007

De Noordkromp

De noordkromp (*Arctica islandica*) is een tweekleppig schelpdier die mede door de hoge leeftijd die hij kan bereiken, tot ieders verbeelding spreekt. Inmiddels is er veel onderzoek gedaan aan enerzijds basale biologische aspecten en anderzijds aan de toepassing van het gebruik van de interne groeilijnen voor allerhande klimaat- en omgevingsreconstructies.
Veel onderzoek is in het begin van de 1980er jaren geïnitieerd vanwege de commerciële visserij langs de Amerikaanse oostkust. Ook in IJsland zijn met het oog op commerciële bevissing, populatie inventarisaties gemaakt (Thórarinsdóttir & Einarsson, 1994).
Tot voor enige jaren geleden was er omtrent verspreiding, ecologie en groei van de in de Noordzee levende noordkrompen weinig bekend. Vindplaatsen op het Nederlands deel van het continentaal plat waren bekend vanuit diverse oudere inventarisatie studies (van Noort 1979-1986); Petersen (1913, 1915), Davis (1923,1925), Eleftheriou & Basford,1989; Duineveld et al (1990;1991). Een recent overzicht van de verspreiding van de noordkromp op het Nederlands Continentaal Plat (NCP) in de Noordzee wordt gegeven door Witbaard & Bergman (2003). Daaruit blijkt dat in de Oester Gronden met het Friese Front een aanzienlijke deel van de Nederlandse noordkromp populatie is gehuisvest.
Mede op grond hiervan is het Friese Front samen met een aantal andere gebieden aangewezen als een potentieel beschermd gebied (MPA; Marine Protected Area). Tegelijkertijd is bekend dat dit gebied intensief bevist wordt met vooral boomkorvistuigen. De instelling van de “scholbox” net ten zuiden van het Friese Front heeft daarbij mogelijkerwijs geleid tot een verschuiving van de ruimtelijke verdeling van boomkorkotters met een motorvermogen boven de 300PK naar dit gebied.
Kaarten van de ruimtelijke verdeling van de visserijintensiteit (Fig 1) laten zien dat het Friese Front en de zuidelijke Oester Gronden tot de meest frequent beviste gebieden op het NCP behoren (Lindeboom et al, 2005). Uit diverse (NIOZ / EU) onderzoeken naar de effecten van boomkorvisserij op de bodemfauna is gebleken dat de noordkromp een kwetsbare soort is die veel te lijden heeft van visserij. Het verdwijnen van noordkrompen van de zuidelijke rand van het Friese Front kan met deze toegenomen visserij druk te maken hebben. Het is dan ook twijfelachtig of met de huidige visserijbelasting de populatie noordkrompen in dit deel van de Noordzee op lange termijn behouden kan blijven.
Om te beantwoorden of het behoud van deze soort een realistisch doel is, moet men zich allereerst afvragen of de Oester Gronden en het Friese Front een geschikte noordkromp habitat vormen. Daarnaast is het essentieel om inzicht te hebben in de processen die de omvang en demografie van de populatie bepalen. In hoeverre wordt mortaliteit gecompenseerd door populatie aanwas? Is het een populatie die zich zelf in stand kan houden of is ze afhankelijk van de aanvoer van larven van buitenaf? Wat is de draagkracht van het lokale ecosysteem?
In dit rapport wordt geprobeerd om een overzicht te geven van de demografische toestand van de noorkromp populatie op het NCP in het bijzonder het Friese Front en de Oester Gronden. Daarnaast wordt een aanzet gegeven tot het identificeren van populatie kenmerken welke men zou kunnen nastreven om de noordkromp populatie in het Nederlandse deel van het NCP en dan met name het Friese Front, te beheren en te behouden. De studie is verder gericht op identificatie en vergelijking van de factoren die populatie aanwas, survival en mortaliteit beïnvloeden en controleren.



Figuur 1. Verspreiding en intensiteit van de Nederlandse boomkorschepen met een motorvermogen van minimaal 300PK. Figuur ontleend aan Lindeboom et al, 2005.

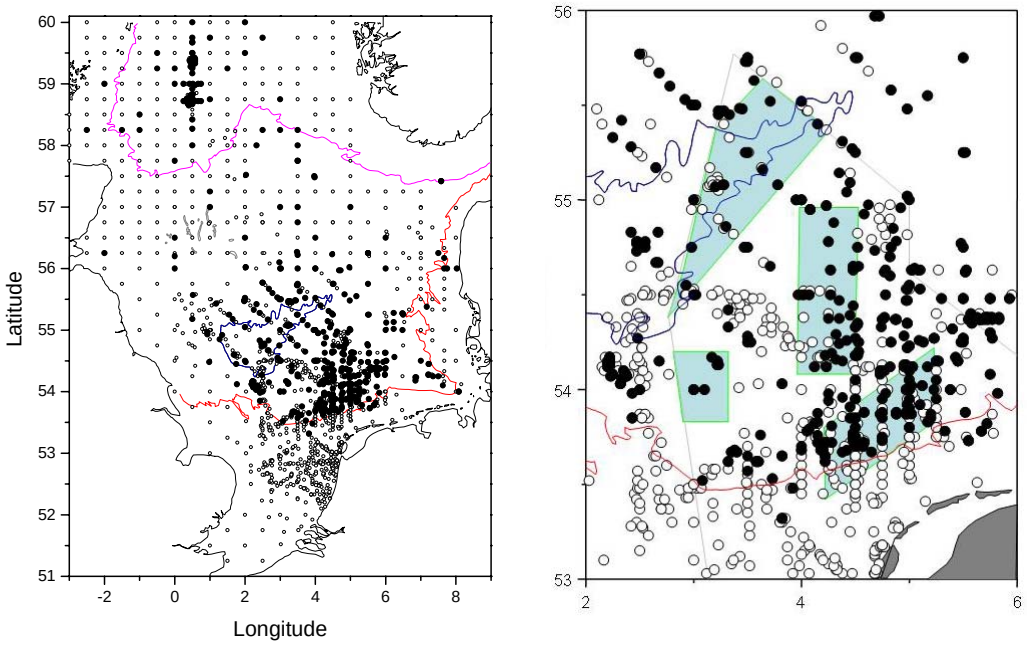
Biologie & ecologie

Arctica islandica (Linaeus, 1767) is de enig overgebleven soort van een uit het onder-Krijt (135*106 jaar Bp) stammend genus. Het genus is altijd gebonden geweest aan gematigde en sub-boreale wateren (Lutz e.a., 1982). Op tal van locaties in en buiten Europa worden fossiele noordkrompen gevonden. De Noordkromp is een tweekleppige schelp en heeft geen direct nauw verwanten (*monotypisch genus*). Volgroeide dieren hebben stevige en zware schelpen met een laag percentage organische stof in de kalk, waardoor ze weinig “flexibel” en breekbaar zijn. De schelpen zijn overdekt met een dik zwart periostracum. Dit periostracum is bij jonge dieren goudbruin van kleur, maar naarmate het dier ouder wordt, wordt het donkerder door de ijzerverbindingen die erop neerslaan (Brey ea.,1990). Bij oudere dieren slijt het periostracum gedeeltelijk weg. Door het veranderende uiterlijk met een toename van de leeftijd heeft men een globaal idee van de leeftijd van de schelpen.

Maximale schelphoogte is ongeveer 120 mm en is grofweg rond van omtrek. Schelpen in het zuidoosten van de Noordzee worden niet groter dan ~90mm. Schelpen afkomstig van verschillende vindplaatsen vertonen vaak opmerkelijke verschillen qua maximale grootte en of vorm. Langs de Moermansk kust is de grootst gevonden schelp 74 mm. In de Witte Zee was het grootst aangetroffen dier slechts 50 mm hoog. Het is niet bekend in welke mate deze fenotypische verschillen een genotypisch oorsprong hebben. Voor diverse populaties in en rondom de Noordzee zijn genetische verschillen vastgesteld (Holmes, 2003). Ook over grotere geografische afstanden bestaan genotypische verschillen (Dahlgren et al, 2000).
Noordkrompen leven normalerwijze ondiep ingegraven. De posteriore schelpzijde bevindt zich net onder het sedimentoppervlak (Figuur 7). Het dier kan zich met zijn stevig gespierde voet in ± 30 minuten ingraven (Arntz & Weber, 1970). Jonge dieren graven zich sneller in dan oude dieren (Salleudin, 1964).
Een ingegraven noordkromp onderhoudt contact met het bovenstaand water via de siphonen en voorziet zich via deze van zuurstof en voedsel. Op grond van het darmstelsel en de grote labiale palpen, wordt Arctica als typische herbivoor beschouwd (Merill ea., 1969). Een volledig overzicht van de lichaamsbouw met haar bijzonderheden wordt gegeven door Salleudin (1964) en Palmer (1979).

Verspreiding

Noordkrompen (*Arctica islandica*) komen zowel aan de oost- als westzijde van de Atlantische Oceaan voor. De huidige verspreiding is een zogenaamde secundaire. Arctica komt (nog) niet overal voor waar hij voor de laatste ijstijd wel voorkwam.
Langs de oostkust van het Amerikaanse continent strekt zijn verspreidingsgebied zich uit van Cape Hatteras in het zuiden tot aan New Foundland in het noorden. In het oostelijk Atlantisch gebied komt de soort voor in de kustzeeën strekkend vanaf de Golf van Biscaye in het zuiden tot aan de Witte Zee in het noorden van Rusland. De soort komt algemeen voor rondom IJsland, de Faroer en rondom de Britse Eilanden (Mackie ea., 1995;Seaward, 1985; 1990). In Scandinavische wateren (Kattegat, Skagerak, Grote Belt en Kleine Belt) wordt de soort algemeen aangetroffen. Zijn zuidelijkste verspreiding reikt daar tot in het zuidwestelijk deel van de Kieler Bocht met het Arkona bekken en the Mecklenburger Bight (Zettler et al, 2001) als meest oostelijke vindplaats (Hagmeier, 1930; Brey ea, 1990, Ziegler 2001). Het voorkomen van de Noordkromp in de Noordzee is dus niet uniek.
In de Noordzee wordt de noordkromp ten noorden van de 30 meter dieptelijn (53°30'N) verspreid maar vrijwel overal aangetroffen (Witbaard and Bergman, 2003) (figuur 2).De zuidrand van de Oester Gronden met name rondom de 40 meter dieptelijn zijn goed bekende vindplaatsen. De 30 meter diepte contour vormt globaal de zuidelijkste begrenzing van het verspreidingsgebied op het NCP. De zuidrand van de Oester Gronden, die een lokaal verhoogde primaire productie en een hoge benthische biomassa kent, wordt ook wel het Friese Front genoemd (Creutzberg, 1985). Op grond van diverse criteria (o.a. soortenrijkdom, diversiteit etc) is dit laatste gebied aangemerkt als een gebied dat potentieel beschermd zou moeten worden (Lindeboom et al, 2005). De aanwezigheid van noordkrompen in dit gebied speelt daarbij een rol. De soort is erkend vanuit OSPAR.
Gezien de boreo-atlantische verspreiding van noordkrompen is er op wereldwijde schaal geen sprake van een bedreigde diersoort. Echter op lokale schaal, zijn er populaties die onder druk staan of dreigen te verdwijnen. Gezien de waargenomen genetische diversificatie over zelfs korte geografische afstanden (Holmes et al, 2003) houdt dit een mogelijk verlies aan genetische biodiversiteit in.



Figuur 2 Vindplaatsen van noordkrompen in de Noordzee tot en met het jaar 2000 (Witbaard & Bergman, 2003). Open symbolen geven aan dat er wel gemonsterd is maar dat er geen levende noordkrompen gevonden zijn. Gesloten symbolen geven aan dat een of meerdere levende volgroeide dieren >10 mm gevonden is. De potentieel beschermde gebieden zijn als grijs gearceerde gebieden weergegeven.

Noordkromp Habitat

Langs de kust van de Verenigde Staten wordt de soort het algemeenst aangetroffen op diepten tussen 25 en 80 meter (Mann & Wolf, 1983). Merrill & Ropes (1969) vinden een gemiddelde diepte van 41.7 meter en 97 % van de stations waarop zij Arctica aantroffen viel binnen de diepte range van 24.5 tot 61 meter. Op Georges Bank (USA) worden noordkrompen vooral op een diepte van ongeveer 70 meter aangetroffen (Weinberg et al, 2001). Langs de Canadese kust (Rowell & Chaisson (1983) komen grote dichtheden dicht onder de kust voor. Ook in Schotland en IJsland zijn vindplaatsen bekend die net onder de laag-laag waterlijn liggen. Het is daarom waarschijnlijk dat waterdiepte op zich zelf geen directe rol voor de verspreiding van Arctica speelt.
Het temperatuur bereik waarbinnen de noordkromp gevonden wordt loopt van 0 tot ongeveer 16°C. Hoewel temperaturen hoger dan 16°C gedurende korte tijd overleefd kunnen worden door adulten zijn dergelijke temperaturen wanneer zij lang aanhouden lethaal voor adulten. Larven ontwikkelen zich optimaal bij temperaturen van tussen 13°C en 15°C. Temperaturen buiten deze range vertragen of verstoren zelfs de normale ontwikkeling. Wel kunnen juvenielen kortstondig temperaturen tot 20°C overleven (Kraus et al, 1989, 1992). Vergelijking van deze temperatuurtoleranties met het bekende seizoensverloop van de bodemwatertemperatuur in de Oester Gronden en langs het Friese Front (Tomczack & Goedecke, 1964) geeft aan dat dit gebied qua temperatuur tot de zuidgrens van zijn verspreiding binnen de Noordzee behoort. Aan het eind van de zomer kan de bodemwater temperatuur namelijk deze bovenste tolerantie grens van 16°C benaderen.
De sedimenten waarin Arctica wordt gevonden lopen uitéén van steengruis tot klei (Nicol, 1951; Thórarinsdóttir & Einarsson, 1994; Zatsepin & Filatova, 1961; Lovén, 1929). Meest algemeen worden noordkrompen echter in silt en in fijn tot zeer fijn zand gevonden (62µ-125µ). De hoogste dichtheden lijken zelfs beperkt tot dit type sediment (Rowell & Chaisson, 1983; Thórarinsdóttir & Einarsson, 1994). Bearse (1976) concludeerde dat de aanwezigheid van fijnere sedimenten het waarschijnlijker maken dat Arctica ook daadwerkelijk wordt gevonden. De hoeveelheid organische stof in het sediment en een sterke mate van sortering (uniforme korrelgrootte) dragen ook op positieve wijze bij aan de kans dat noordkrompen gevonden

worden (Bearse, 1976). Omdat noordkrompen ook in grove sedimenten voorkomen, is het aannemelijk dat niet zozeer het sediment zelf, maar de factoren die de sedimentsamenstelling bepalen (hydrografie, waterbeweging), verantwoordelijk zijn. Gezien het actieve zwemgedrag van larven ten tijde van vestiging (Mann, 1982) is een indirecte koppeling met sedimentsamenstelling via hydrografie het meest waarschijnlijk.
In het zuidoosten van de Noordzee vallen de vindplaatsen van noordkrompen meestal samen met het voorkomen van fijne sedimenten en onderschrijft daarmee dus het algemene beeld. Mediane korrelgrootte van de sedimenten op het Friese Front ligt onder de 175µm en slib gehaltes liggen boven 15. In vergelijking met de habitats beschreven voor andere populaties lijken de Oester Gronden en het Friese Front een karakteristieke noordkromp habitat te vormen. Het voorkomen, dichtheden en totale biomassa van de benthische fauna vertoont over het algemeen een koppeling met de hoeveelheid voedsel die beschikbaar is. Algenmateriaal is de voornaamste bron van voedsel. Primaire productie op het Friese Front en in de Oester Gronden is vergelijkbaar met primaire productie schattingen voor bijvoorbeeld Georges Bank langs de Amerikaanse Oostkust en veel hoger dan in de Fladen Gronden (noordelijke Noordzee). Vergelijking van de dichtheden in de diverse gebieden t.o.v. bekende primaire productie schattingen, suggereert dat primaire productie in de Oester Gronden voldoende groot is om een noorkromp populatie te ondersteunen die groter is dan de huidige populatie.

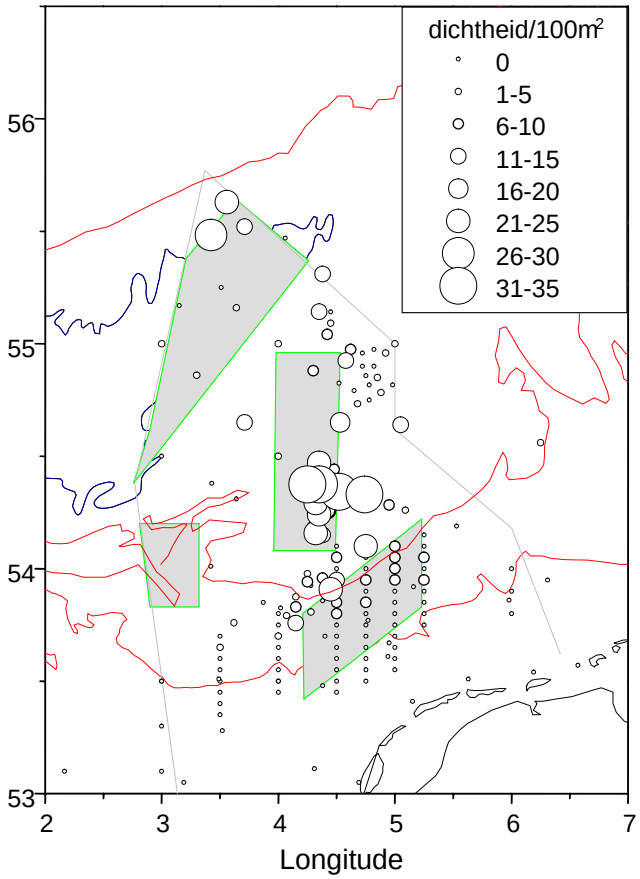
Dichtheden

In de benthische levensgemeenschappen rondom IJsland, de Faroer, langs de Noorse kust en langs de Moermansk kust neemt de soort een dusdanig prominente plaats in dat Zatsepin & Filatova (1961) spreken over een "Arctica community". Een overzicht van de door hen gegeven en andere in de literatuur vermelde dichtheden van Arctica is weergegeven in tabel 1, 2 en 3. De verspreiding is vaak zeer patchy. Arntz & Weber (1970) keken naar de variatie in dichtheden over een 6 km lang transect in de Kieler Bocht (Oostzee, Duitsland). Dichtheden varieerden daarbij tussen de 4.2 en 12.6 individuen/m². Een dergelijke patchiness maakt het moeilijk om met behulp van kleine oppervlakte bemonsteringen (bodemhappen) betrouwbare dichtheidsschattingen te maken. Daarnaast zijn dichtheden (in Oester Gronden en Friese Front) vaak zo laag dat bemonstering met bodemhappers evenmin goede dichtheids schatttingen kunnen leveren.

Tabel 1; Dichtheidsschattingen van *Arctica islandica* in Deense wateren door Petersen (1913).

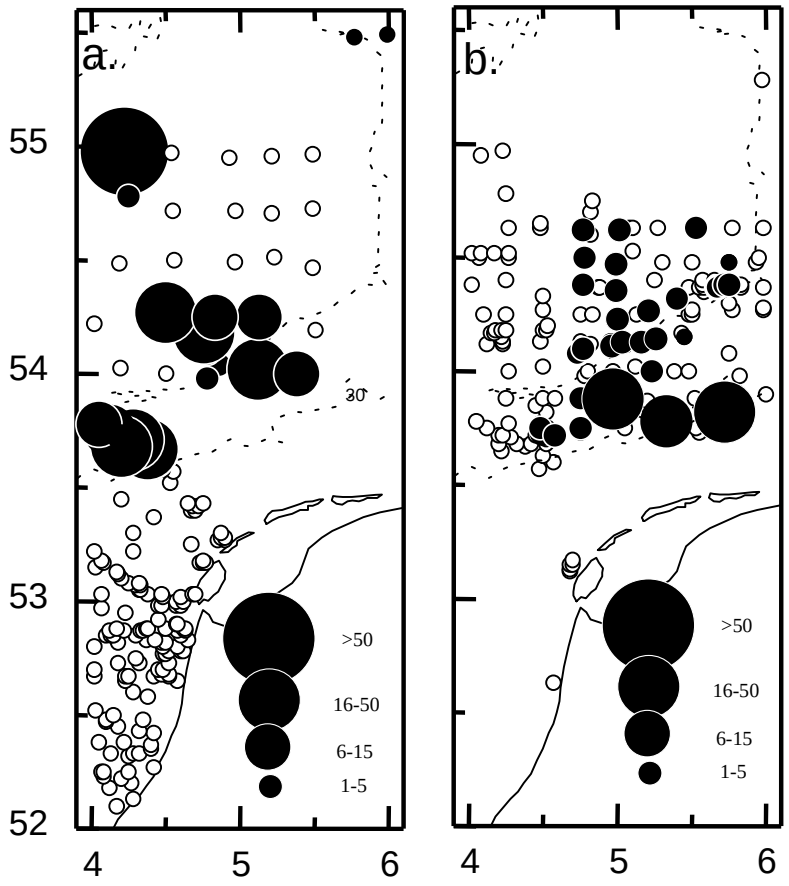
Regio	Aantal stations	Aantal stations met	Max dichth. N/M²	Min dichth. N/M²	Gem. dichth. N/M²
Kleine Belt	6	4	7.2	1	3.8
West Baltic	13	7	3.3	0.5	1.1
Baltic proper	10	1	10	-	0.5
Sound	9	4	56	0.4	1.8
Samso Belt	31	19	4	0.5	1.3
Grote Belt	44	17	28	0.2	1.1
Noordzee	10	2	0.8	0.5	0.1
Kattegat	42	20	14	0.4	1.6
Sealand	9	1	0.25	-	0

Het NIOZ ontwierp om dit probleem te ondervangen specifieke apparatuur waarmee relatief grote bodem oppervlakten kwantitatief bemonsterd konden worden (Bergman en Santbrink, 1994). Met behulp van deze apparatuur waren Witbaard en Bergman (2003) in staat om voor zowel de noordelijke Noordzee als ook de Oester Gronden en het Friese Front dichtheidsschattingen te maken.



Figuur 3. Dichtheden van noordkrompen in de Oester Gronden en op het Friese Front gebaseerd op gegevens die verzameld zijn tussen 1995 en 2000. Dichtheden zijn uitgedrukt in aantallen per 100m². Grijs gearceerde gebieden geven de potentieel beschermde gebieden op het NCP weer. Figuur en data naar Witbaard & Bergman, 2003.

Voor de periode 1996-2000 bleek dat de dichtheden waarin noordkrompen in de Oester Gronden en op het Friese Front worden gevonden variëren van minder dan 1 per 100m² tot maximaal 35 per 100m² (Figuur 3). In de noordelijke Noordzee werden dichtheden aangetroffen tot meer dan 300/m², twee ordes van grootte hoger (Witbaard & Bergman, 2003). Ondanks intensieve bemonstering zijn tussen 1996 en 2000 geen dieren gevonden langs de uiterste zuidrand van het gebied (30 meter dieptelijn).
Semi quantitatieve historische data suggereren dat noordkrompen hier 10 tot 15 jaar geleden (1990-1994) wel voorkwamen, met name oostelijk van de 05°E (Figuur 4). De figuur suggereert dat juist in het zuidwestelijk deel van het Friese Front de dichtheden al tussen 1972-1986 en 1990-1994 waren afgenomen.



Figuur 4. Een tentatieve vergelijking van semi quantitatieve dichtheden noordkrompen (>10mm) in de Oester Gronden en op het Friese Front op grond van trawlvangsten. Dichtheden zijn gegeven in aantal dieren per hectare (10000m²). A; Dichtheden in de periode 1972-1986 zoals geschat door van Noort et al (1979a, b,c,d,1982, 1983,1984 en 1986, vanNoort & Creutzberg, 1981). B; Dichtheden geschat op grond van bemonsteringen tussen 1990 en 1994. De figuur is ontleend aan Witbaard & Bergman, 2003.

Uit het overzicht van Petersen (1913) valt af te leiden dat in Deense wateren op vrijwel alle stations kleine dieren werden gevonden (tabel 1) Het percentage stations waarop hij noordkrompen aantrof, varieert tussen 10 en 67%. De gemiddelde dichtheid per station (inclusief juvenielen) was 2.5/m² en varieerde tussen 0.2/m² en 14/m². De dichtheden per regio varieerde tussen de 3.8/m² en minder dan 0.1/m². Ford (1925) vond in 1923 voor de kust van Plymouth een gemiddelde noordkromp dichtheid van 1.2/m². Holme (1953) die het zelfde gebied in 1950 bemonsterde schatte de dichtheid op 1.4/m².
Davis bemonsterde in 1923 en 1925 de zuidelijke en centrale Noordzee (zuidwest hoek Doggerbank), alsmede enkele raaien in de noordelijke Noordzee zeer intensief. Per station nam hij een of twee bodemmonsters van 0.2 m². Op slechts 14 stations vond hij noordkrompen. In zowel het noordwestelijk deel als iets ten noorden van de Doggerbank schatte hij de dichtheid op één dier per 0.4 m². In geen van zijn stations ten zuiden van de Doggerbank werden noordkrompen aangetroffen. Hoewel Petersen (1923, 1925) voornamelijk ten oosten van Denemarken monsterde voerde hij ook een aantal bemonsteringen in de Noordzee ten noordwesten van Jutland uit. Op twee van de tien door hem bezochte stations vond hij noordkrompen en schatte hun dichtheid op 0.5 tot 0.8/m²

Tabel 2; Dichtheden van noordkrompen in gebieden buiten de Noordzee. Maximale dichtheid en gemiddelde dichtheid. In de laatste kolom is een verwijzing naar de literatuurbron gegeven.

Regio	Max (N/m^2)	Avg. (N/m^2)	Literatuurbron
nw IJsland	45-83	44.8	Zatsepin & Filatova, 1961
IJsland	95	95	
IJsland Faxafloi		55	
Faroer		15-20	Zatsepin & Filatova
nw IJsland coastal	82	45	Thorarinsdottir& Einarsson, 1994
Nova Scotia inshore	108	4	Rowell & Chaisson, 1983
Nova Scotia off shore	8	-	Rowell & Chaisson, 1983
Georges Bank	9		Weinberg,2001
American east Coast	4		Powell&Mann, 2005
Moermansk coast		55	Zatsepin & Filatova, 1961
Sorakaya	<40		Zatsepin & Filatova, 1961
Baltic Laholmbay	>15		Zatsepin & Filatova, 1961
Baltic Kieler Bocht		4-12	Arntz & weber, 1977
Mecklenb. Bight (Baltic) (1999)	571	91	Zettler et al, 2001
Mecklenb. Bight (Baltic) (1960)	10-100	20	Zettler et al, 2001
Kieler Bucht (Baltic) (1968-'78)		49	Weigelt & Rumohr, 1986
Kieler Bucht (Baltic) (1980-'81)		19	Weigelt & Rumohr, 1986
Denmark Oostzee	14	2.5	Petersen, 1923, 1925
English Channel		1.4	Holme, 1953
Engels Kanaal		1.2	Ford, 1925

Een overzicht van dichtheden van diverse populaties buiten de Noordzee is samengevat in tabel 2. Dichtheidsschattingen voor verschillende gebieden in de Noordzee zijn gegeven in tabel 3. Vergelijking van tabel 2 en tabel 3 laat zien dat de dichtheden in de zuidoostelijke Noordzee (i.e. Oester Gronden en Friese Front) laag zijn, zowel ten opzichte van de noordelijke Noordzee als t.o.v. gebieden buiten de Noordzee. Opvallend is dat in de recente studie (Duineveld et al, 2005) waarbij de fauna tussen beviste en voor visserij gesloten radii rondom een olieproductieplatformen op het Friese Front vergeleken werd, de dichtheden van noordkrompen in de voor visserij gesloten cirkel tweemaal hoger lag dan in de beviste gebieden daar net buiten. Ook voor een aantal andere grote schelpdiersoorten (Acanthocardia echinatum; Tracia convexa, Dosinia Lupinus) werden hogere dichtheden in het voor visserij gesloten gebied gevonden. Er waren echter geen aanwijzingen dat juveniele schelpen in deze voor visserij gesloten zone frequenter voorkwamen (Duineveld et al, 2007, in press).

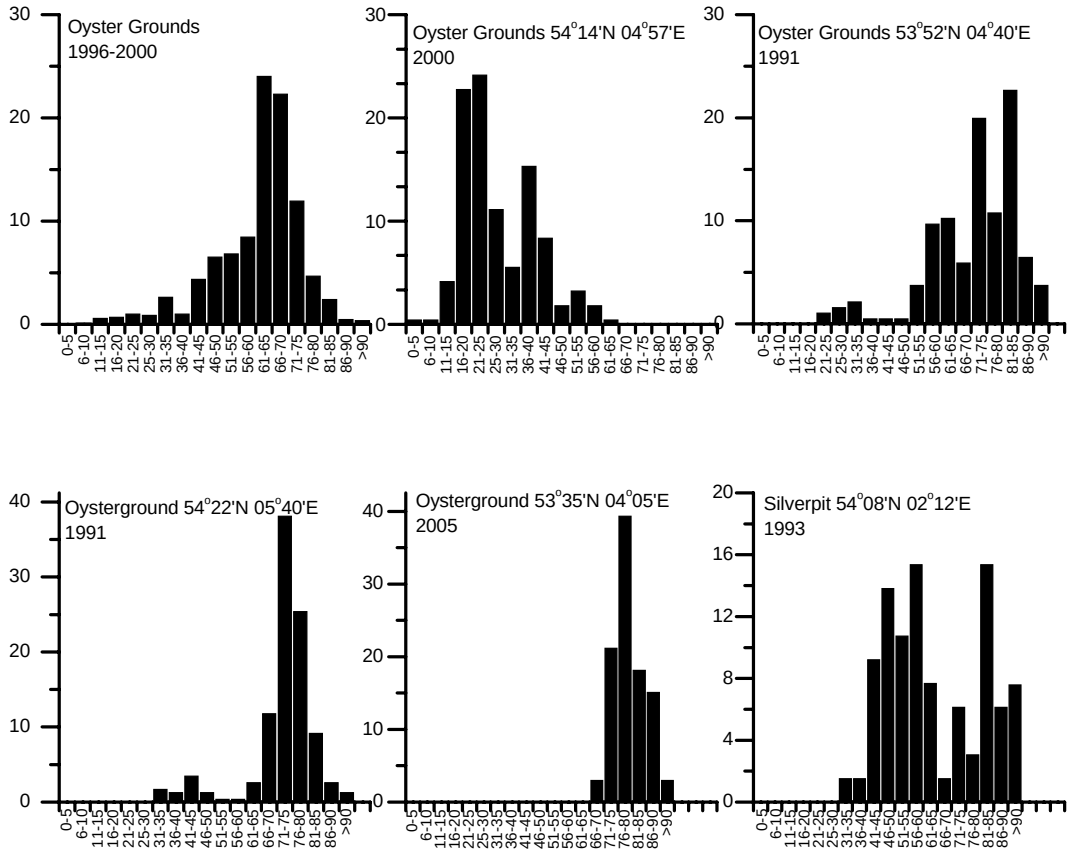
Tabel 3; Dichtheden van Noordkrompen in de Noordzee. Gegevens ontleend aan literatuur en voor een deel afkomstig uit ongepubliceerde gegevens beschikbaar gesteld door MJN Bergman van het NIOZ.. Geografische benaming, geografische positie, maximum gevonden dichtheden en gemiddelde dichtheden worden weergegeven. Het type monster waaraan de schattingen zijn onleend zijn Boxcore monsters (BC) of Deep Digging Dredge (DDD) monsters. 1; Wilde et al, 1986, 2; Witbaard& Bergman, 2003, 3; Bergman upublished.

Regio/locatie	Program	Year	Max (N/m^2)	Avg (N/m^2) (Range)	Aantal	Bron
Fladen Grounds 59°00'N 00°30'E	REFLEX	1983	80	11-17	52 BC	1
Fladen Grounds 59°00'N 00°30'E	CLIVAR	2000	300	205	30 DDD	2
Oyster Grounds	BIOMON	1996-'97	0.4	0.02	77 DDD	2;
Frisian Front	BIOMON	1996-'97	0.07	0.004	27 DDD	2
Oyster Grounds~54°58'N 04°39'E	IMPACT	1994	0.03	0.008	30 DDD	2
Witte bank ~54°34'N 06°16'E	IMPACT	1994-'95	0.19	0.024	74 DDD	3
Oyster Grounds 53°35'N, 04°05'E	LNV	2005	0.12	0.07	29 DDD	2
Oyster Grounds 54°14'N 04°57'E	REDUCE	2000		0.1	110 DDD	2
Oyster Grounds 54°43'N 4°41'E	MICRO	1997		0.03	20 DDD	3,
Oyster Grounds 54°19'N 04°22' E	MICRO	1997		0.21	10 DDD	3
Oyster Grounds 53°52'N 04°14' E	MICRO	1997		0.06	11 DDD	3,

Groei & Demografie

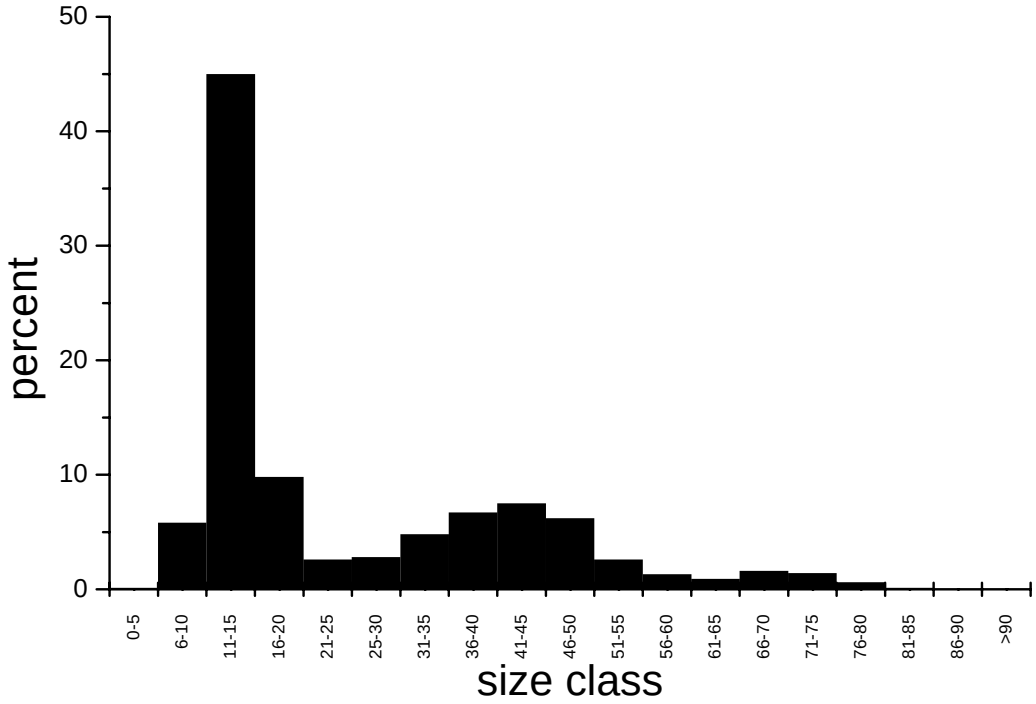
De verschillende populaties in de Noordzee hebben heel verschillende groeikarakteristieken. Dieren van gelijke leeftijd, maar afkomstig uit verschillende gebieden kunnen een factor 2-3 qua grootte verschillen. De voornaamste toename van de grootte heeft in de 1^e 10 tot 20 jaar plaats. Hierna vertraagt de schelpgroei aanzienlijk. Door deze vertraagde lengte groei met de leeftijd, geven frequentieverdelingen van de groottes een vertekend beeld van de leeftijd. Daar waar een 5 mm klasse in de juveniele fase (<50mm) groei vertegenwoordigd van 1 tot enkele jaren, omvat een zelfde klasse voor de dieren groter dan 50 mm soms wel meer dan 15 jaar groei. Dit heeft als gevolg dat met name in lengte-frequentie figuren een numerieke opeenstapeling van dieren met uiteenlopende leeftijden plaatsvindt. Toch zijn lengteverdelingen vaak de enige gegevens die beschikbaar zijn vanuit (populatie) bemonsteringen op zee. Omdat het bepalen van leeftijden van individuele dieren op grond van groeiringen een arbeidsintensief werk is, zijn voor dit rapport daar waar nodig de bestaande lengte-leeftijd sleutels gebruikt om de gemeten schelpgroottes en leeftijden om te rekenen.
Noordkromp populaties zijn dikwijls zowel qua grootte als leeftijd onevenwichtig opgebouwd. Op sommige locaties worden uitsluitend grote volgroeide dieren aangetroffen terwijl op andere plaatsen alleen kleine dieren worden gevonden (Chaisson & Rowell, 1985;. Powell & Mann, 2005; Lewis et al, 2001). Succesvolle en massale recruitment treden in zowel ruimte als tijd slechts sporadisch op.

In de Oester Gronden en op het Friese Front worden slechts incidenteel dieren kleiner dan 30 mm gevonden (Figuur 5) terwijl in de noordelijke Noordzee (Fladen Gronden) op het moment zulke kleine dieren in grote aantallen en in een hoge dichtheid voorkomen. Figuur 6. Ook in de Silverpit (ten westen van de Oester Gronden) en op de Vissersbank (centrale Noordzee) zijn relatief jonge dieren sterk vertegenwoordigd. Met uitzondering van een beperkt gebied (~54°14'N 04°57'E) is dit niet het geval voor de diverse deelpopulaties in de Oester Gronden.



Figuur 5. Grootte-frequentie verdelingen van noordkrompen op diverse stations in de Oester Gronden en ter vergelijking van 1 locatie in de Silverpit, ten westen van het NCP. Langs de verticale as is het percentage dieren van het totaal in een bepaalde grootte klasse (X-as (mm)) weergegeven.

De afwezigheid van goed onderscheidbare (sterke) cohorten in de populatie van de Oester Gronden en het Friese Front als geheel suggereert dat deze populatie druppelsgewijs verjongd wordt. Wanneer men echter deelgebieden van de zuidoostelijke Noordzee bekijkt dan zijn er zeer grote verschillen qua leeftijd en grootte structuur. Uit de opbouw van de populatie kan inzicht verkregen worden in verjonging en sterftecijfers voor de populatie (zie § mortaliteit) In de Oester Gronden als geheel domineren schelpen met een hoogte van tussen de 65 en 75 mm. Op grond van de gebruikte lengte-leeftijd relatie blijkt dat deze dieren ouder dan 30 jaar zijn en zelfs veelal de dubbele leeftijd hebben. In een gebied rondom 54°14'N 04°57'E lag de gemiddelde leeftijd rond de 30 jaar bij een schelphoogte van ~65mm. Aan de zuidrand van de Oester Gronden lag de gemiddelde leeftijd op ~45 jaar. Monsters, genomen op het Friese Front in het begin van de 1990er jaren suggereren een hogere gemiddelde leeftijd.



Figuur 6. Lengte frequentie verdeling van noordkrompen in de Fladen Gronden (~59°00' N 00°30' E) in 2000 (zie Witbaard & Bergman 2003).

Rassen?

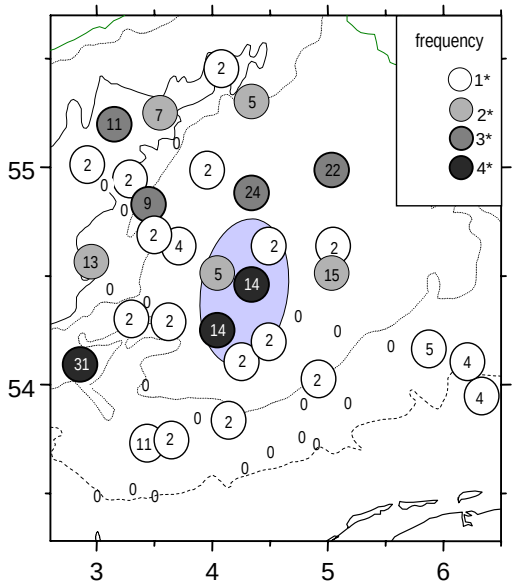
In het algemeen wordt gesteld dat genetische differentiatie tussen populaties wijst op een lage connectiviteit tussen die populaties. Een lage connectiviteit betekent echter niet automatisch dat er genetische differentiatie is. Door het lange pelagische larvale stadium van noordkrompen wordt aangenomen dat er sprake is van een hoge connectiviteit tussen verschillende noordkromp populaties. De noordkromp zou een zogenaamde panmictische soort zijn die een uniforme genetische samenstelling heeft over zeer grote geografische afstanden. Dit beeld wordt bevestigd door het werk van Dahlgren et al (2000) die langs de Amerikaanse oostkust vrijwel geen genetische verschillen vond (mede doordat daar vrijwel geen hydrografische barrières aanwezig zijn). Oost Atlantische populaties bleken echter een veel grotere mate van genetische diversiteit te hebben.
Het was Witbaard (1997) opgevallen dat noordkrompen afkomstig uit verschillende gebieden in en buiten de Noordzee vaak heel verschillende vorm en groei karakteristieken hebben. Hoewel tweekleppigen een enorme fenotypische plasticiteit hebben, kon niet uitgesloten worden dat er hier sprake is van een genetische oorsprong. Holmes et al (2003) bestudeerde daarom de genetische structuur van een aantal noordkromp populaties waaronder twee afkomstig uit de Noordzee. De populatie uit het uiterste noorden van de Noordzee bleek daarbij duidelijk te verschillen van de populatie in de Oester Gronden. Dit verschil is goed verklaarbaar vanuit de geografische afstand (~600 km) en de hydrografische separatie van beide gebieden. Deze constatering bevestigt de resultaten van Dahlgren et al (2000) die juist vond dat de diverse populaties in het oostelijk Atlantisch gebied genetische verschillen vertoonden. Holmes et al (2003) demonstreerde dat twee populaties langs de Zweedse kust over een afstand korter dan 25 km al genetisch verschilden. Dit is opmerkelijk en wijst op een reproductieve scheiding over hele korte afstand.
Inzicht m.b.t. de minimale (geografische) afstanden in de zuidelijke Noordzee waarover dergelijke genetische verschillen voor de noordkromp bestaan, is niet voorhanden, maar kunnen niet uitgesloten worden (Holmes et al, 2003). Kennis met betrekking tot de aanwezigheid van zulke genetische verschillen is echter wel essentieel met oog op beheer van de populaties op het Friese Front en in de Oester Gronden. Op grond hiervan kan namelijk bepaald worden in hoeverre deze populatie een zogenaamde "sink" (afhankelijk van larven aanvoer van buitenaf) dan wel een "source" populatie (self sustained en eventueel. exporteur van larven) is. Dit bepaalt

het belang van het behoud van de nu nog aanwezige (oude) dieren voor het voortbestaan van de populatie en daarmee de noodzaak tot bescherming, dit nog afgezien van de vraag in hoeverre de populatie in de Oester Gronden en het Friese Front, uniek is.

Voortplanting en recruitment

Cruciaal voor het instandhouden van de populatie is zorg te dragen voor voldoende aanwas. Aanwas kan voortkomen uit aanvoer van larven vanuit andere gebieden (dan is er sprake van een sink populatie) of door voortplanting van de locale populatie (dan is er sprake van een source populatie). Arctica islandica is een “broadcast spawner”, d.at wil zeggen dat zowel mannetje als het vrouwtje hun geslachtproducten vrij in het water afzetten. Voor een geslaagde bevruchting moeten concentratie sperma en eieren voldoende groot zijn en het vrijzetten van de geslachtsproducten moet gesynchroniseerd plaats vinden. Voor de productie van eieren en sperma zijn geslachtsrijpe dieren nodig. Geslachtsrijpheid hangt samen met de mogelijkheid van de dieren om energiereserves vrij te maken voor het aanmaken van voortplantingsproducten (eicellen, zaadcellen); ze moeten daarvoor groot en oud genoeg zijn. Uit het onderzoek van Ropes ea. (1984b) bleek dat alle dieren > 50 mm volwassen, dat wil zeggen reproductief actief waren. Van de kleinere en jongere dieren draagt slechts een deel bij aan de reproductie. De kleinste volwassen mannelijke noordkromp die Ropes vond, was 36 mm lang en 6 jaar oud. De kleinste en jongste volwassen vrouw was 41 mm lang en 6 jaar oud. De jongste volwassen noordkromp zoals gevonden door Thompson e.a. (1980b) was 42 mm lang en 11 jaar oud. Mannetjes worden eerder volwassen dan vrouwtjes zowel qua leeftijd als qua grootte. Volgens Rowell e.a. (1990) zijn alle vrouwelijke dieren boven de 7 jaar geslachtsrijp.
Jones (1980) vond geen aanwijzingen voor seniliteit qua reproductie. Gametogenese blijkt zelfs bij de grootste en oudste dieren normaal op te treden. Thórarinsdóttir & Einarsson (1994) veronderstelden echter op grond van kleinere follikels in oudere en grote dieren dat er waarschijnlijk toch reproductieve seniliteit optreedt. De mate waarin verschillende grootte klassen in de populatie bijdragen aan reproductie blijft vooralsnog onbekend ;maar duidelijk is dat dieren globaal gesproken groter dan 50 mm moeten zijn.
De bestudeerde populaties bestaan doorgaans uit evenveel mannelijke als vrouwelijke dieren. Wel is er sprake van een geslachtsafhankelijke grootte verdeling. Zowel Thorarinsdottir & Einarsson, (1994) (tabel 6a), Ropes ea. (1984b) (tabel 6d); als Fritz (1991), Mann (1984) en Jones (1982) (tabel 6c) vonden dat het aantal vrouwtjes t.o.v. het aantal mannetjes toeneemt met de grootte. Van de kleinste dieren bleek doorgaans 100% van de dieren van het mannelijk geslacht te zijn, terwijl de grootste dieren vrijwel altijd van het vrouwelijk geslacht zijn.
De voortplantingsperiode is uitgesmeerd vanaf de zomer tot in de herfst. Doorgaans is er een piek in de nazomer en herfst. Incidentele waarnemingen aan de gonaden ontwikkeling van dieren uit de zuid oostelijke Noordzee bevestigen deze seizoenaliteit.
De ontwikkeling van de larven duurt relatief lang. De tijd voordat de larve zich op de zeebodem vestigt, varieert tussen de 62 (Landers, 1976) en 32 dagen (Lutz ea., 1982). Dit betekent dat larven met watercirculatie patronen over aanzienlijke afstanden getransporteerd kunnen worden. Door stratificatie van de waterkolom en de larvale (gedrag) reacties op temperatuur en druk kunnen er concentraties van larven ontstaan.
Omdat de noordkromp een langlevende soort is, kan een populatie met een lage en erratische aanwas decennia lange perioden zonder succesvolle recruitment overbruggen. Dit heeft tot gevolg dat er een scheve leeftijd en grootte verdeling ontstaat. Dit lijkt een kenmerk voor veel van de in de literatuur beschreven populaties en ook die op het Friese Front en in de Oester Gronden.
Theoretisch bestaat er een verband tussen de grootte van de ouderpopulatie en de omvang van de gameten productie, hoewel er wordt aangenomen dat deze koppeling voor sessiele evertebraten zwak is. Er wordt vanuit gegaan dat broadcast spawners zich goed kunnen herstellen vanuit minimale dichtheden. Toch is er voor een aantal soorten (schelpdieren) inmiddels aangetoond dat er wel een positieve koppeling bestaat tussen het aantal ouderdieren en de hoeveelheid aanwas (zie Caddy & Defeo, 2003). De grootte van de populatie ouderdieren is dus kennelijk wel van belang. Een dergelijk verband kan verklaard worden uit het feit dat de dichtheden van de ouderdieren mede de kans bepaalt op succesvolle bevruchting van de eieren. Bij de lage dichtheden daalt de kans op succesvolle voortplanting (Allee effect). Het is

daarom aannemelijk dat voor het instandhouden van een populatie hoge lokale dichtheden belangrijker zijn dan de totale populatieomvang. Een klein gebied met een voldoende hoge dichtheid kan een heel groot gebied van larven voorzien en daarmee dienst doen als zogenaamd spawning refugium. Beschermde gebieden op zee kunnen, wanneer men dit in ogenschouw neemt, van doorslaggevende betekenis zijn voor populatie herstel en soortbehoud, en effect hebben die tot ver buiten de beschermde gebieden doorwerken.



Figuur 7 Aantallen en frequentie van voorkomen van spat. De grijskleuring geeft het aantal jaar (uit 6) aan waarin recruits werden aangetroffen. De getallen geven het aantal recruits per vierkante meter weer. Het grote gearceerde gebied is het gebied waar relatief hoge dichtheden volwassen noorkrompen zijn aangetroffen (Witbaard & Bergman, 2003).

De minimale dichtheid waarbij noordkrompen (op het Friese Front en in de Oester Gronden) zich succesvol kunnen voortplanten is onbekend. Opvallend is dat in de recente studies waarin melding wordt gemaakt van succesvolle broedval er vrijwel altijd sprake is van dichtheden van adulten van boven de 1/m². De huidige waargenomen dichtheden in de Oester Gronden en op het Friese Front liggen daar ver onder. Dit kan er op wijzen dat er op het Friese Front en in de Oester Gronden al sprake is van een beperking van het voortplantingssucces door het zogenaamde “Allee” effect. In de studie van Witbaard en Bergman (2003) wordt in dit opzicht een interessante aanwijzing gegeven. In de centrale Oester Gronden waar de hoogste dichtheden adulten voorkomen worden tevens het meest frequent en in de hoogste dichtheden 0-1 jarige noordkrompen aangetroffen. Toch zijn hier de dichtheden van 24/m² 0-1jarigen laag in vergelijking met dichtheidsschattingen van Muus (1973) die een maximale recruit dichtheid van 1000/m² vond. Ook op grond van de maximale dichtheden van ~5-jarige dieren in de Fladen Gronden (noordelijke Noordzee) (300 ind/m²) (2000) en rekening houdend met een hoge juveniele mortaliteit lijkt ook voor de noordelijke Noordzee een recruit dichtheid van ± 1000 recruits /m² reëel.

Schattingen van de ruimtelijke verdeling en dichtheden van 0 tot 1-jarige dieren zijn beperkt beschikbaar. In figuur 7 is hier een overzicht van gegeven op grond van de jaarlijkse bemonsteringen binnen het BIOMON programma. De figuur maakt duidelijk dat de frequentie waarmee spat tussen 1995 en 2000 is gevonden het hoogst is in de centrale en noordelijke Oester Gronden. De frequentie en dichtheden van spat op de stations op het Friese Front zijn laag of zelfs afwezig. Simulaties van de populatie ontwikkeling op grond van deze bekende spat dichtheden en rekening houdende met de frequentie waarin ze voorkomen onder de huidige bekende mortaliteitscijfers suggereert dat deze dichtheden onvoldoende zijn voor het instandhouden van de populatie op lange termijn.

Het overlevingssucces van spat wordt mede bepaald door intraspecifieke concurrentie. Voor tweekleppige populaties wordt aangenomen dat recruitmentsucces stijgt op het moment dat de biomassa van de oudere dieren beneden die biomassa komt die door het milieu gedragen kan worden (Carrying capacity model). Hoge dichtheden ouderdieren beperken de survival van spat en juvenielen doordat er sprake is van voedsel- of ruimte concurrentie. Dichtheden ouderdieren in de Oester Gronden en het Friese Front zijn zo laag dat dit geen reële beperking lijkt te vormen. Er zijn vindplaatsen bekend waar ondanks hoge adulte dichtheden (20/m²) toch succesvolle recruitment optreedt.

2. Mortaliteit

De omvang van de populatie wordt naast aanwas ook bepaald door sterfte. Arctica islandica wordt door veel auteurs als typische K-strateeg gezien (Rees, 1993); een traag groeiende soort met een hoge levensverwachting en een lage biomassa productie. Inherent hieraan gekoppeld verwacht men een lage mortaliteit. Naast sterfte door ouderdom komt mortaliteit voort uit o.a. predatie, competitie en habitat verstoring.

2.1 Predatie

Van sommige kustgebonden populaties worden juveniele Arctica's door zeevogels gegeten. Zatsepin & Filatova (1961); (Swennen pers comm). De invloed van dit soort predatoren op het populatieniveau is echter onbekend en predatie van vogels op noordkrompen in de offshore Noordzee speelt gezien de grote diepte en de soorten vogels die daar voorkomen geen rol. Hoewel diverse auteurs beweren dat de noordkromp een belangrijke onderdeel van het voedsel van kabeljauw uitmaakt (Arntz & Weber, 1970; Daan, 1989) is het twijfelachtig of kabeljauw als primaire predator beschouwd moet worden. Zij kunnen de schelpen van volgroeide noordkrompen niet kraken. Verschillende studies hebben aangetoond dat kabeljauw door bodemvisserij beschadigde en naar het sedimentoppervlakte gebrachte schelpen als voedsel gebruiken (Rumohr & Krost, 1991; Witbaard & Klein, 1994). Andere meer gespecialiseerde vissoorten zoals de zeewolf (*Anarhichas lupus*) zijn door het zeer zware gebit wel in staat noordkrompen te kraken (Schäfer, 1972) en als primaire prooi te gebruiken. Predatie op de jongste jaarklassen noordkrompen door vis (bijvoorbeeld schar) en door zeesterren kan wel een rol spelen.
In kustwateren hebben zeesterren doorgaans een grote invloed op de mortaliteit van evertebraat gemeenschappen (Caddy & Defeo, 2003). De zeester, *Astropecten irregularis*, eet bijvoorbeeld voornamelijk juveniele tweekleppigen (Christensen, 1970). Gezien zijn grote mobiliteit en hoge dichtheid van 100 tot 1000 per hectare in de zuidoostelijke Noordzee (vanNoort ea., 1986) is deze soort een potentieel belangrijke predator op Arctica juvenielen/spat. Veldmetingen hiervan ontbreken. De gewone zeester (*Asterias rubens)* predeert soms op volwassen noordkrompen (Hunt (1925; Anger ea. (1977). Kaiser (persoonlijke mededeling) nam waar hoe Asterias op door boomkorvisserij beschadigde noordkrompen predeerde.
Een andere categorie van potentiële evertebrate predatoren zijn de gastropoda. Nielsen (1975) vond echter dat Arctica in staat is zijn schelp zo lang dicht te houden dat wulken (*Buccinum undatum*) hun interesse verliezen en de prooi laten voor wat het is. Uit de experimenten van Christensen (1970) bleek ook dat Natica spp een potentiële predator is. Een grote invloed van predatie door Natica op (adulten) noordkromp dichtheden in de Noordzee lijkt echter uitgesloten omdat gedurende de afgelopen jaren in de Noordzee nooit noordkrompen gevonden zijn met "boorsporen" van deze gastropode.

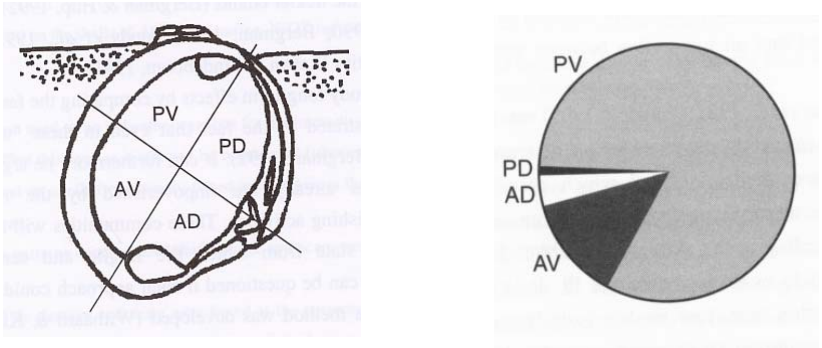
2.2 Habitat Verstoring & Visserij

Door een specifiek fysiologisch vermogen van Arctica kan hij redelijk goed zuurstofloze periodes overleven (Abele, 2003). Toch vermoedde Weigelt (1991) dat in het westelijk deel van de Kieler Bocht grote sterfte optrad als gevolg van zuurstoflоosheid. Ook langs de oostkust van de Verenigde Staten is massale sterfte voorgekomen (Murawski ea, 1989) als gevolg van zuurstofloze perioden veroorzaakt door afzinkende massale algenbloei. Of dit daadwerkelijk samenhangt met de lage zuurstof concentraties of met het geassocieerde vrijkomen van waterstofsulfide uit de bodem is onbekend.
De Oester Gronden staan bekend als een gebied waarin, door stratificatie in de zomer, zuurstof arme condities kunnen ontstaan. Aangenomen wordt dat deze condities doorgaans van korte duur zijn doordat ze eenvoudig doorbroken kunnen worden door menging van de waterkolom als gevolg van wind. Een overzicht van het voorkomen van zuurstofarme condities op het Friese Front tussen 1994 en 2003 (10 jaar) liet zien dat in 3 van de 10 zomers waarnemingen zijn gedaan waarin de zuurstofconcentratie onder de 6mg/L (70% verzadiging) lag (M. Baars, persoonlijke communicatie). De laagste waarde tot nu toe gemeten betrof 43 % verzadiging. Gezien het feit dat *Arctica islandica* wordt beschouwd als een z.g. "oxy-conformer" (past

zuurstof gebruik aan, aan de concentraties in de omgeving door op andere metabole mechanismen over te stappen) zijn dergelijke lage concentraties niet direct lethaal (Oertzen & Slungbaum, 1972;Oeschger, 1990; Oeschger & Storey, 1993; Tschischka et al, 2000). Fysieke verstoring is echter een veel waarschijnlijker factor waar noordkrompen in de Oester Gronden en op het Friese Front mee geconfronteerd worden. Rees ea. (1977) vond in een studie naar het effect van winterstormen dat noordkrompen incidenteel uit het sediment los kwamen en strandden. Gezien de waterdiepte in de Oester Gronden en het Friese Front zullen noordkrompen daar vooral te maken krijgen met resuspensie van sediment ten gevolge van golfwerking onder invloed van wind. Dit kan wel een cruciale rol spelen voor de overleving van net gevestigde larven of juvenielen. Fysische verstoring door bodemvisserij speelt waarschijnlijk een grotere rol (Fonds ea 1991; Witbaard & Klein 1994). Het directe effect van boomkorvisserij op noordkrompen is evident. Een essentieel deel van het boomkorvistuig zijn de zogenaamde wekkerkettingen. Deze wekkerkettingen lopen dwars voor de netopening en slepen over en door de zeebodem met als doel de aanwezige platvis van de bodem op te jagen. Bij een eenmalige passage van een boomkorvistuig wordt 3 tot 5% van de aanwezige noordkrompen daadwerkelijk gevangen. Van dit deel wordt tot 90% dodelijk beschadigd (foto a, plaat I). Daarnaast wordt een onbekend deel van de in de bodem aanwezige noordkrompen beschadigd. Witbaard & Klein (1994) bestudeerden deze beschadigingen en vonden een zowel ruimtelijke als temporele trend in de frequentie van beschadigingen. Het viel hen op dat;

- de ratio beschadigde : onbeschadigde schelpen in de druk beviste zuidoostelijke Noordzee aanmerkelijk hoger lag dan in minder druk beviste gebieden
- ruim 80% van de recente beschadigingen aan de post ventrale (siphonale) schelpzijde werd gevonden en verklaard kunnen worden door de passage van wekkerkettingen
- 90% van de herstelde beschadigingen (littekens) aan de post-ventrale zijde gevonden werd en dat het aantal littekens per schelp in onbeviste gebieden lager ligt dan in sterk beviste gebieden
- het grootste deel van de met een boomkor gevangen noordkrompen lethaal beschadigd aan dek wordt gebracht. Van de geheel onbeschadigde schelpen is de overleving 100% (Fonds 1991).

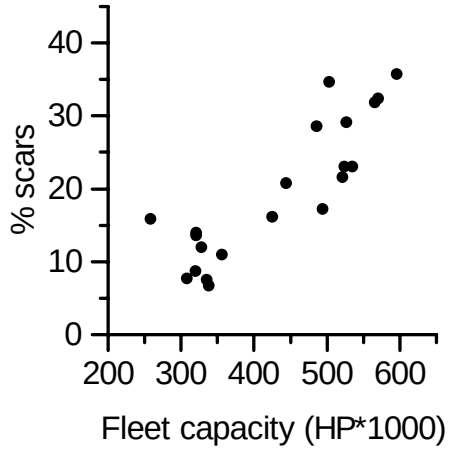
Het bleek dat het percentage gevangen en beschadigde noordkrompen afhankelijk is van het gebruik van wekkerkettingen. Indien geen wekkerkettingen worden gebruikt, worden er nauwelijks noordkrompen gevangen of beschadigd (Fonds, 1991). De rol van de wekkerkettingen bij het beschadigen van de posteriore-ventrale schelprand is bevestigd door video-opnamen na een experimentele bevissing met een boomkor in de Ierse Zee (M. Kaiser, persoonlijke mededeling).



Figuur 8. Een schematische voorstelling van een ingegraven noordkromp in het sediment opgedeeld in 4 delen die in verschillende mate geëxponeerd zijn aan de effecten van een passerende boomkor. In het rechterdeel van de figuur is in een taartdiagram aangegeven hoeveel procent van de beschadigingen in corresponderende schelpdelen worden gevonden. In het Posteriore Ventrale schelpdeel worden meer dan 3/4 van de beschadigingen en littekens aangetroffen. (Witbaard & Klein, 1994).

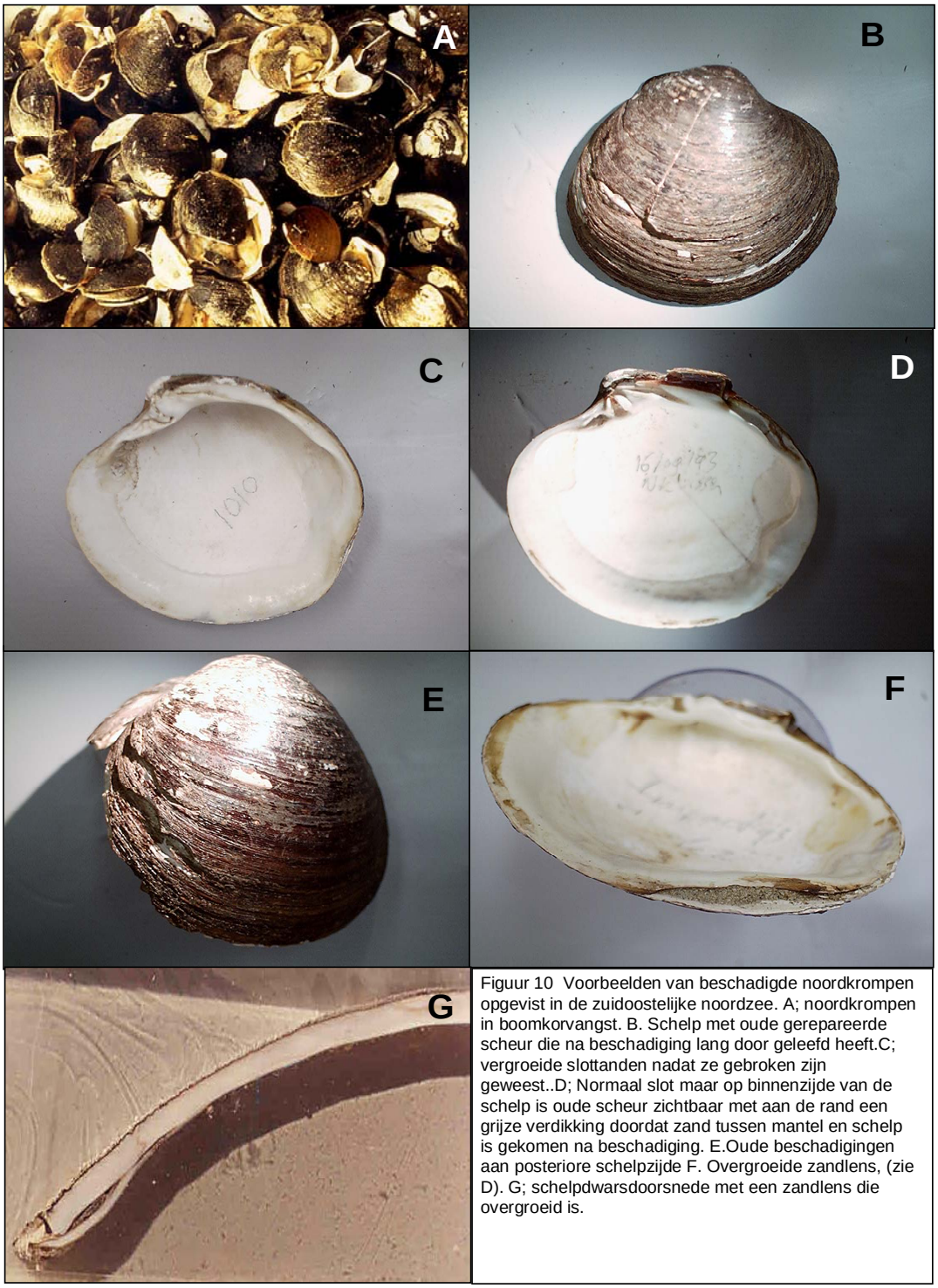
Ogenschijnlijk gave schelpen hebben veelal een misvormde slotband doordat structuurelementen van het slot zijn afgebroken en daarna weer aangehecht en verkalkt. Uit experimenten bleek dat beschadigingen van de slotband alleen ontstaan wanneer er een

torderende of dwarse kracht op het intacte schelpdoublet wordt uitgeoefend. Dit kan verklaard worden door uit te gaan van een dwarse kracht op een ingegraven noordkromp. Aan de buitenzijde van de schelpkleppen worden vaak kleine gerepareerde beschadigingen waargenomen (Figuur 10). Door deze beschadigingen m.b.v. de interne groeilijnen te dateren stelden Witbaard en Klein vast dat er sinds 1970 een toenemende trend in het voorkomen van littekens was. Deze stijgende trend viel samen met het toegenomen motorvermogen van de Nederlandse boomkorvloot (Figuur 9). De toename van het motorvermogen heeft geleid tot een toename van zowel kwalitatieve als kwantitatieve veranderingen in de visserijintensiteit waardoor de kans aanmerkelijk toenam dat een individuele noordkromp in aanraking kwam met een wekkerketting. Een vergelijking van de gemiddelde litteken frequentie met het totale motorvermogen van de Nederlandse boomkorvloot laat inderdaad een opvallend sterke positieve correlatie zien waardoor gesteld kan worden dat de trends in het aantal littekens een afspiegeling is van de lokale visserij inspanning.



Figuur 9. relatie tussen het percentage littekens in een bepaald jaar en het totale motor vermogen van de nederlandse boomkor visserij vloot in een jaar. Het blijkt dat het aantal littekens voor een groot deel verklaard kan worden door de toegenomen motorcapaciteit.

Sinds enige jaren wordt via satellieten nauwkeurig bijgehouden waar Nederlandse boomkorschepen vissen. Het blijkt dat het Friese Front met de zuidelijke Oester Gronden tot de meest intensief beviste gebieden behoort. Het volledig sluiten van de scholbox (1994) voor kotters met een motorvermogen van meer dan 300PK heeft tot gevolg gehad dat de visserij intensiteit net buiten de scholbox (het Friese Front) verder is toegenomen (Zie Lavaleye, 1999) Er zijn kleine gebieden in de Oester Gronden en het Friese Front die tot 64 maal per jaar bevist worden (Figuur 1). Gezien deze enorm hoge visserijdruk en het aangetoonde negatieve effect op noordkrompen door deze vorm van visserij, kan aangenomen worden dat deze factor onevenredig sterk bijdraagt aan het structureren van de noordkromp populatie doordat ze mortaliteit verhoogt. In dit opzicht is het opvallend dat in de veiligheidszones rondom een productieplatform een twee maal hogere dichtheid noordkrompen werd gevonden dan in omliggende referentie gebieden daar vlak buiten (Duineveld et al, 2007). Het is ook opvallend dat in de centrale Oester Gronden waar de boomkor visintensiteit relatief laag is de hoogste dichtheden volwassen en spat worden gevonden.



Figuur 10 Voorbeelden van beschadigde noordkrompen opgevist in de zuidoostelijke noordzee. A; noordkrompen in boomkorvangst. B. Schelp met oude gerepareerde scheur die na beschadiging lang door geleefd heeft.C; vergroeide slottanden nadat ze gebroken zijn geweest..D; Normaal slot maar op binnenzijde van de schelp is oude scheur zichtbaar met aan de rand een grijze verdikking doordat zand tussen mantel en schelp is gekomen na beschadiging. E.Oude beschadigingen aan posteriore schelpzijde F. Overgroeide zandlens, (zie D). G; schelpdwarsdoorsnede met een zandlens die overgroeid is.

2.3 Mortaliteit schattingen

De hoogte van mortaliteit wordt meestal uitgedrukt als een instantane waarde of percentage survival (Krebs, 1998). Volgens Murawski & Serchuk (1979a) ligt de instantane mortaliteit voor de offshore populaties langs de US oostkust tussen de 0.027 en 0.02. Meer recent gaat Weinberg (2001) voor de Amerikaanse oostkust ook uit van een mortaliteit van 0.02. Rowell & Chaisson (1983) rekenen met een mortaliteit van 0.015 tot 0.05 voor de populaties langs de kust van Nova Scotia (Canada). In de Oostzee is de mortaliteit aanmerkelijk hoger. Brey e.a. (1990) vond een grootte afhankelijkheid. Voor dieren kleiner dan 38 mm was de mortaliteit gemiddeld 0.457, voor dieren tussen de 38 en 52 mm 0.060 en voor de grootste dieren 0.923. Het verschil schrijven zij toe aan directe predatie gekoppeld aan het effect van otterbordenvisserij.

Op grond van de populatie opbouw (zie § demografie), is de mortaliteit voor de populaties in de Noordzee berekend. Hiervoor is uitgegaan van een z.g. “age converted catch curve” in combinatie met de beschikbare quantitatieve grootte frequentie verdelingen. (Pauly, 1983). De populatie structuur in de Fladen Gronden suggereert voor de juvenielen(<30 mm) een mortaliteit van 0.50/yr (± 0.08). Voor grotere dieren (>40 mm) ligt de mortaliteit op 0.07/yr (± 0.01). Ook door vergelijking van lengte-frequentie verdelingen verzameld in 1983 en 2000, wordt geschat dat de instantane mortalieit voor de grote dieren in de Fladen Gronden 0.07/yr is. Wanneer alle op kwantitatieve wijze verzamelde monsters afkomstig uit de Oester Gronden en het Friese Front worden beschouwd als een reflectie van de gemiddelde noordkromp populatie, blijkt dat de instantane mortaliteit voor dieren tot 35 mm 0.26/yr (± 0.16) is. Dieren groter dan 50 mm hebben een instantane mortaliteit van 0.11/yr ± 0.08.

De mortaliteit voor de grotere dieren in de Oester Gronden ligt dus aanmerkelijk hoger dan voor de populatie uit de Fladen Gronden. Ook in vergelijking met mortaliteitsschattingen voor andere populaties (Amerikaanse / Canadese oostkust) of voor andere soorten langlevende tweekleppige schelpdieren zijn de mortaliteitsschattingen voor noordkrompen uit de Oester Gronden hoog. Voor Panopea abrubta, met een maximum leeftijd van 168 jaar en die voorkomt langs de westkust van Canada, wordt de mortaliteit op 0.016 tot 0.02 geschat (Valero et al, 2004).

Bergman & Santbrink, (2000) hebben in een experimentele studie de directe visserij mortaliteit voor een aantal tweekleppige schelpdieren bepaald. Het bleek dat voor noordkrompen van 8 cm of groter bij een enkelvoudige trawlpassage de directe sterfte tussen de 5 en 22% van de oorspronkelijke populatie was. Doordat in het onderzoeksgebied geen kleine noordkrompen aanwezig waren, konden zij geen directe mortaliteit voor dieren kleiner dan 80 mm bepalen. Dosinia lupinus lijkt qua levenswijze en schelpbouw sterk op juveniele noordkrompen tot 5 cm grootte. Het is daarom waarschijnlijk dat juveniele noordkrompen een zelfde directe mortaliteit hebben als volgroeide Dosinia. Voor deze laatste soort werd een mortaliteit van 30% vastgesteld (Bergman & Santbrink 2000) na eenmalige trawlpassage. Deze schatting geldt dus waarschijnlijk ook voor noordkrompen kleiner dan 50 mm. Op grond van de visserijintensiteit in de onderzochte ICES quadranten in de zuidoostelijke Noordzee, kwamen Bergman en Santbrink voor het jaar 1994 met een jaarlijkse mortaliteitsschatting voor de noordkromp van 11%.

De overeenkomst tussen de van de populatieopbouw afgeleide mortaliteit en de mortaliteit op grond van de experimentele bevissing suggereert dat in de Oester Gronden en het Friese Front het grootste deel van de sterfte van adulte noordkrompen door visserij veroorzaakt wordt. Diverse waarnemingen bevestigen dit. Het verschil tussen literatuur schattingen van de natuurlijke mortaliteit (0.02-0.05/yr) en de mortaliteit o.g.v. de Catch Curve voor de Oester Gronden suggereert dat de mortaliteit twee tot drie maal zo groot is. De paradox van het nog steeds voorkomen van noordkrompen in de Oester Gronden en het Friese Front kan verklaard worden vanuit de lage vangstefficiëntie van een boomkorvistuig voor noordkrompen en door uit te gaan van hoge initiële dichtheden (zie § streefmodellen). De meest recente dichtheidsschattingen (1996-2000) suggereren dat in vergelijking met andere typische habitats de dichtheden in de Oester Gronden erg laag zijn (Witbaard & Bergman 2003).

Model berekeningen op grond van de experimenteel geschatte visserij mortaliteit (Bergman & Santbrink, 2000) suggereren dat in 2017 noordkrompen vrijwel verdwenen zullen zijn van het Friese Front en de Oester Gronden (< 10/ha).

3. Streefmodellen noordkromp populatie

Diverse studies hebben laten zien dat noordkromp populaties gekenmerkt worden door erratische (incidentele) succesvolle broedvallen en daardoor vaak een zeer scheve leeftijdsverdeling hebben. Er zijn slechts enkele gebieden bekend waar een min of meer regelmatige aanwas met juvenielen plaats heeft. Niemand kent de condities voor een succesvolle broedval. Voor evertebraten wordt over het algemeen aangenomen dat het succes van een broedval sterk door het abiotisch milieu (Klimaat-hydrografie) bepaald wordt en daardoor niet of nauwelijks beïnvloedbaar is. Omdat de noordkromp met zijn bovenste temperatuur tolerantiegrens van ±16°C aan de grens van zijn bereik zit, valt te verwachten dat bij een stijging van de maximale watertemperatuur van één of enkele graden de verspreidingsgrens verder naar het noorden zal schuiven. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door het kritische temperatuurbereik waarin larven zich goed ontwikkelen.
De onregelmatigheid waarmee succesvolle spatfalls voorkomen maakt dat de verjonging van de populatie moeilijk voorspelbaar is. Op grond hiervan lijkt het streven naar een populatie met een regelmatige en frequente broedval geen optie. Daarnaast is het verstandig om, met oog op het eventueel doorzetten van trends met betrekking tot klimaatsverandering de potentiële habitatgeschiktheid in de toekomst te blijven evalueren. Binnen de begrenzing van de huidige habitatgeschiktheid van de Oester Gronden en het Friese Front kan wel geprobeerd worden om de mortaliteit als gevolg van visserij te reduceren. Het effect is tweeledig. In het geval van een toevallige succesvolle broedval kunnen maximale aantallen larven/spat overleven, en de voortplantingscapaciteit van de lokale adulten blijft behouden. Bij volledige afwezigheid van ouderdieren is herstel op korte termijn alleen mogelijk door aanvoer van larven van buitenaf. Het is onbekend in hoeverre dit altijd al een rol heeft gespeeld.
Omdat de mate van genetische diversificatie van noordkromp populaties in de Noordzee onvolledig duidelijk is, valt moeilijk in te schatten of dit consequenties heeft voor biodiversiteit. Beoogd herstel van de populatie zou bij voorkeur “van binnen uit” moeten komen. De vraag is of dit onder de huidige condities (nog) mogelijk is.

3.1 Reconstructie variant I (historische vergelijking)

Witbaard en Bergman hebben een overzicht gegeven van de vangsten van noordkrompen in een 5 meter boomkor voor de periode 1972-1986 en de periode 1990 en 1994. In de periode 1972-1986 werd op 59 % van de stations in de Oester Gronden relatief “hoge” dichtheden noordkrompen gevonden (>16 ha). Voor de periode tussen 1990 en 1994 was dit percentage stations gedaald tot ongeveer 10 %. Dit suggereert dat 20-30 jaar geleden noordkrompen algemener voorkwamen en daardoor vaker gevangen werden.
De situatie 1972 -1986 zou als streefsituatie gebruikt kunnen worden om herstel van de populatie in de toekomst aan af te meten. Wanneer men aanneemt dat de 5 meter boomkor (waarop de gegevens zijn gebaseerd) een zelfde vangstefficiëntie (5%) heeft als een commerciële kor dan moeten de dichtheden tussen 1972 en 1986 ongeveer 1000 dieren per ha zijn geweest (0.1/m^2). Zulke dichtheden zijn in vergelijking met gebieden buiten het NCP echter nog steeds laag maar toch nog bijna 2× hoger t.o.v. de huidige gemiddelde dichtheid in de Oester Gronden en het Friese Front (0.06/m^2).
Door patchiness in de verspreiding van noordkrompen komen in specifieke delen van de Oester Gronden gereconstrueerde dichtheden van tussen de 1000 en 3500 dieren per hectare nog steeds voor. Deze liggen opvallend genoeg juist in de minder intensief beviste gebieden van de centrale en noordoostelijke Oester Gronden (vergelijk figuur 1, 3 en 6)

3.2 Reconstructie variant II (o.g.v. sterftecijfer)

Door de eerder berekende sterftecijfers te combineren met de meest recente en nauwkeurigste populatie schattingen kan ook teruggerekend worden naar een historische populatie. Op grond van een mortaliteit van 0.3/jaar (juvenielen), 0.07/jaar (halfwas tot 50 mm) en 0.11/jaar (>50 mm) zou deze in 1975 ongeveer 1 dier per 3 vierkante meter zijn geweest (3300 dieren per

ha). Dit is een 6 × zo hoge dichtheid in vergelijking met de huidige gemiddelde dichtheid in het onderzochte gebied op het NCP. Ook deze dichtheid is nog laag in vergelijking met gebieden waar noorkrompen het echt goed doen zoals in de noordelijke Noordzee, delen van Georgebank (USA) of bij noordwest IJsland.
Op grond van deze reconstructievariant kan geconcludeerd worden dat dichtheden van minstens 0.1 tot 0.35 dieren/m² mogelijk zouden moeten zijn.

3.3 Reconstructie variant III (ruimtelijke vergelijking)

In tabel 1-3 is een overzicht van waargenomen dichtheden weergegeven. Vergelijking maakt duidelijk dat de dichtheden in de Oester Gronden en op het Friese Front laag zijn. Hoogste dichtheden in de Noordzee werden in de Fladen Gronden in het jaar 2000 gevonden. Er werd hier een maximale dichtheid van 286 dieren/m² waargenomen. De gemiddelde dichtheid bedroeg 25 dieren/m² (29 monsterstations). Van de dieren groter dan 50 mm werden er gemiddeld 20/m² aangetroffen. Op grond van de conditie van de dieren, biomassa/productie schattingen, lijkt voedselaanbod voor de populatie in de Fladen Gronden een beperkende factor voor groei te vormen. De gevonden dichtheden in de Fladen gronden zijn daarom op grond van de primaire productie in de Fladen gronden hoogstwaarschijnlijk maximaal.
Langs de oostkust van de Verenigde Staten van Amerika en Canada worden maximale dichtheden van 4 tot 108 dieren/m² aangetroffen. Deze gebieden hebben een primaire productie die vergelijkbaar is met die van de Oester Gronden. Dit suggereert dat de huidige dichtheden in de Oester Gronden ver onder de carrying capacity van het gebied liggen. De vergelijking van dichtheden in combinatie met de omvang van de primaire productie suggereert dat in de Oester Gronden een dichtheid van 0.5/m² tot 1/m² mogelijk zou moeten zijn.

4. Beheersmaatregelen

Gezien de grote bijdrage van bodemvisserij aan de sterfte van bodemevertebraten in de Noordzee kan men de benthische gemeenschap van de Oester Gronden en het Friese Front als een geëxploiteerde visresource beschouwen. Wil men deze populatie op lange termijn behouden dan is het nodig om tot enige vorm van beheer te komen. Hiervoor is noodzakelijk dat regelmatig schattingen gemaakt worden van de populatieopbouw (leeftijd, grootte en verdeling). Op grond van dergelijke schattingen kan de ontwikkeling van de populatie gevolgd worden en wordt inzicht verkregen met betrekking tot de effecten van toekomstige beheersmaatregelen. Inzicht in de factoren die het succes van voortplanting van de locale noordkromp populaties bepalen, ontbreekt. De afwezigheid van regelmatige succesvolle broedval kan op grond van de algemeenheid (wereldwijd) waarmee dit voorkomt niet als exceptioneel worden beschouwd. Hiermee lijkt het streven naar een meer evenwichtige populatieopbouw geen realistisch doel. Toch is een sterke en succesvolle broedval voor het versterken van de huidige populatie noodzakelijk. Het is echter niet te bepalen wanneer deze plaats zal vinden en hoe groot deze zal zijn.

4.1 Beperken visserij mortaliteit

Berekening en vergelijking suggereren dat de mortaliteit van noordkrompen in de Oester Gronden hoger is dan verwacht mag worden. Daarnaast illustreren vergelijking en de meest recente schattingen dat de dichtheden (inmiddels) extreem laag zijn. Toch lijken de Oester Gronden en het Friese Front op grond van hun diepte, saliniteit, temperatuursverloop, sedimentsamenstelling en primaire productie een ideale habitat voor de noordkromp te vormen. Hoewel noordkrompen een zeer grote tolerantie hebben ten opzichte van zuurstof onderverzadiging zijn er diverse waarnemingen dat er toch sterfte optrad. Zuurstofloosheid t.g.v. stratificatie en decompositie van (lokaal geproduceerd) organisch materiaal in de Oester Gronden kan dus eventueel negatief uitwerken op de populatie.

Vergelijking van gemeten visserijmortaliteit en totale mortaliteit (op grond van de populatie structuur) suggereert dat visserij zorgt voor een toename van de mortaliteit met een factor 2 tot 3 X ten opzichte van natuurlijke mortaliteit zonder visserij zoals bekend vanuit de literatuur. Voor het behoud van de huidige populatie (adulten) en om een eventueel nieuwe succesvolle settlement in de toekomst een reële kans tot overleving en opgroei te geven, is het noodzakelijk om de mortaliteit door visserij terug te brengen. Met name in de gebieden waar op het moment nog sprake is van "hoge" dichtheden omdat deze misschien nog dienst kunnen doen als zg. "spawning refugium". Het voorgestelde beschermde gebied in de centrale Oester Gronden heeft gezien de huidige (relatief) hoge dichtheden van zowel spat, juvenielen als adulten het beste toekomstperspectief om de noordkromp als soort voor langere termijn te behouden in Nederlandse deel van de Noordzee.

4.2 Kunstmatige populatie verjonging

Een van de mogelijkheden die toegepast zou kunnen worden (indien een natuurlijke verjonging verder uitblijft) is het uitzetten van in cultuur gekweekte juveniele noordkrompen. Door uit te gaan van lokaal verzamelde ouder dieren, zou in experimentele opstellingen spat en juveniele schelpen opgekweekt kunnen worden. Na een eerste opkweek in het laboratorium zouden in beperkte gebieden grote hoeveelheden uitgezet kunnen worden. Dit om op een termijn van ongeveer 10 jaar weer een voldoende grote ouderpopulatie ter beschikking te hebben voor lokale voortplanting. Er moet hierbij opgemerkt worden dat het kunstmatig bevruchten en kweken van noordkrompen wel mogelijk is maar nog in een experimenteel stadium verkeert. Het zal daardoor kapitaal en arbeidsintensief zijn. Verder zijn er veel natuurlijke bottlenecks te verwachten die de opgroei van de transplantaten kan belemmeren of verhinderen. Verder moet men rekening houden met de genetische samenstelling van de transplantaten. Ook het alternatief van het transplanteren van juvenielen vanuit populaties met hoge dichtheden naar de Oester Gronden of het Friese Front moet in dit stadium ontraden worden omdat de status van de genetische diversiteit/speciatie van de diverse sub-populaties binnen de Noordzee onvoldoende bekend is.

5. Invulling kennis leemten

5.1 Monitoring populatie

Een volledig en recent beeld van dichtheden van noordkrompen in de Oester Gronden en op het Friese Front binnen het NCP is niet voorhanden. De gegevens die voor deze studie beschikbaar waren, zijn verzameld tussen 1996-en 2000. Voorafgaand aan deze periode was het niet goed mogelijk betrouwbare quantitatieve schattingen te maken. Hoogwaardige en kwantitatieve historische data voor het NCP zijn dan ook niet voorhanden. De meest actuele situatie (2004-2005) m.b.t. de Noordkromp populatie op het NCP is eveneens onbekend. De lopende onderzoek programma's (BIOMON) waarin gebruik wordt gemaakt van boxcore monsters zijn ongeschikt voor het verkrijgen van goede dichtheidsschattingen van adulte noordkrompen. Daarnaast vallen er binnen de huidige monitoring maar enkele stations binnen het gebied dat aangeduid wordt als Friese Front. Op grond van dat programma kan nooit een goed inzicht in de trends m.b.t. de populatiestructuur of verspreiding verkregen worden.
Behalve bovengenoemde beperking geldt ook dat door de ongelijke ruimtelijke verdeling van de onderzoeksinspanning over het NCP een onvolledig beeld van de toestand van de populatie als geheel voorhanden is. Voor het toekomstig beheer zouden de huidige kerngebieden van de verspreiding in meer detail geïdentificeerd moeten worden omdat deze van belang kunnen zijn als spawning refugium. Bij voorkeur worden dergelijke gebieden geheel voor visserij afgesloten, om hiermee de overleving van zowel eventuele spatfalls (in die gebieden) en de overleving van adulten te verhogen. Ook voor een aantal andere soorten grote bivalven ontbreken goede gegevens m.b.t. hun ruimtelijke verspreiding en de aanwezige dichtheden (Mya truncata,

Acanthocardia echinatum, Tracia convexa, Lutraria lutraria, Neptunea antiqua, Buccinum undatum).
Voor het volgen van de ontwikkeling van de populaties van langlevende spaarzaam aanwezige soorten lijkt een regelmatige (eens per 3-5 jaar) kwantitatieve bemonstering waardevol. Op grond hiervan kunnen effecten van het sluiten van gebieden op populaties adequaat gevolgd worden. Het betreft langlevende soorten die een intrinsieke waarde hebben bij het beoordelen van de toestand van het bentisch ecosysteem. Omtrent de betekenis van deze soorten voor het functioneren van het systeem is niets bekend.
Een van de andere mogelijkheden om effecten van specifieke visserij beheersmaatregelen op de noordkromp populatie te volgen is het volgen van de trends in het voorkomen van beschadigingen en littekens van de schelp. Deze gegevens kunnen dan vergeleken worden met reeds oude schattingen of kunnen specifiek gebruikt worden om ruimtelijke verschillen in beschadigingsfrequentie (visserij) vast te stellen en daarmee een effect van veranderende visserij intensiteit (onder invloed van beheersmaatregelen) te evalueren.

5.2 Bepaling van het reproductief potentieel.

Vrijwel niets is bekend over reproductie van op het NCP levende noordkrompen. Bepaling van de minimum grootte voor reproductief actieve dieren en daarmee de bepaling van de levensvatbaarheid van de populatie kan belangrijk zijn wanneer men zich realiseert dat juist grote oude en reproductief actieve dieren door bodemvisserij getroffen worden. Tot nu toe wordt er van uitgegaan dat de voor buitenlandse populaties beschikbare gegevens ook voor de Noordzee toepasbaar zijn. Uit een overzicht van de literatuur is verder bekend geworden dat weinig inzicht bestaat omtrent het voorkomen van net gesettelde juvenielen. De biomonitoring data suggereren een frequent voorkomen van spat in de centrale Oestergronden en vrijwel afwezigheid op het Friese Front. Detail inzicht op grond van een fijnmazig bemonsterings-netwerk ontbreekt.

5.3 Genetische samenstelling en herkomst

Een van de kennisleemten, die misschien wel de grootste consequenties voor beheer van de populatie en daarmee het te voeren beleid heeft, is dat de herkomst van net gesettelde dieren (spat) in de Oester Gronden en het Friese Front onbekend is. Het is niet bekend in hoeverre de populatie in de Oester Gronden en op het Friese Front een populatie is die zich zelf in stand houdt dan wel afhankelijk is van aanvoer van larven vanuit omringende gebieden. Door kennis te verzamelen met betrekking tot de genetische samenstelling van verschillende populaties in diverse delen van de zuidelijke Noordzee en eventueel ook van goed onderscheidbare cohorten zou de herkomst van larven en de temporele variatie daarin achterhaald kunnen worden. Beheersmaatregelen m.b.t. het behoud van de populatie kunnen daar beter mee worden afgewogen.

6. Literatuur

Abele, D. (2002). “The radical life giver.” Nature 420: 27.

Anger, K, U. Rogal, G. Schriever & C. Valentin, 1977. In situ investigation on the echinoderm Asterias rubens as predator of soft bottom communities in the western Baltic Sea. Helgoländer Wiss. Meeresunters. 29(4): 417-532.

Arntz, W.E. & W. Weber, 1970. Cyprina islandica (L.) Mollusca, Bivalvia als Nahrung von Dorsch und Kliesche in der Kieler Bucht. Ber. Dt. Wiss. Komm. Meeresforsch. 21 H. 1-4: 193-209.

Arntz, W.E., 1974. A contribution to the feeding ecology of juvenile cod (Gadus morhua L.) in the western Baltic. Rapp. P.V. Réun. Cons. Int. Explor. Mer, 166 13-19.

Bearse, D.T., 1976. Density and distribution of the ocean quahog (Arctica islandica) in Rhode Island waters relative to various environmental factors. Master of science thesis University of Rhode Island. 90pp.

Bergman, M.J.N. & J.W. van Santbrink, 1994. A new benthos dredge ('triple-D') for quantitative sampling of infauna species of low abundance. Neth. J. Sea Res., 33(1): 129-133.

Bergman, M.J.N. & J.W. van Santbrink, 2000. Mortality in megafaunal benthic populations caused by trawl fisheries on the Dutch continental shelf in the North Sea in 1994. ICES J. Mar. Sci. 57: 1321-1331.

Brey, T., W.E. Arntz, D. Pauly & H. Rumohr, 1990. Arctica (Cyprina) islandica in Kiel Bay (Western Baltic): growth, production and ecological significance. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 136; 217-235.

Caddy, J.F. & O. Defeo, 2003. Enhancing or restoring the productivity of natural populations of shellfish and other marine invertebrate resources. FAO Fisheries technical paper 448, 159 pp.

Chaisson, D.R. & T.W. Rowell, 1985. Distribution, abundance, population structure, and meat yield of the ocean quahaug (Arctica islandica) and stimpson's surf clam (Spisula polynyma)on the Scotian Shelf and Georges Bank. Canadian industry report of fisheries and aquatic sciences 155. 125 pp

Christensen, A.M., 1970. Feeding biology of the seastar Astropecten irregularis Pennant. Ophelia 8: 1-134.

Cramer, S. & N. Daan, 1986. Consumption of benthos by North Sea cod and haddock in 1981. ICES stat. meeting 1986/G:56. 14pp.

Creutzberg, F. 1985. A persistent chlorophyll a maximum coinciding with an enriched benthic zone: p 97-108. In P.E. Gibbs (ed) Proceedings of the 19th EMBS Cambridge University Press 541 pp.

Dahlgren, T. G., J.R. Weinberg & K.M. Halanych (2000). “Phylogeography of the ocean quahog (Arctica islandica): influences of paleoclimate on genetic diversity and species range.” Marine biology 137: 487-495.

Davis, F.M, 1923. Quantitative studies on the fauna of the Sea Bottom. No 1. Preliminary investigation of the Doggerbank. Fishery investigations Series II vol VI no 2: 54 pp.

Davis, F.M., 1925. Quantitative studies on the Fauna of the Sea bottom. No 2. Results of the investigation in the Southern North Sea. 1921-24. Fishery investigations. Series II vol VIII no 4: 50 pp.

Duineveld, G. C. A., A. Künitzer, et al. (1991). “The Macrobenthos of the North Sea.” Neth. J. Sea Res. 28(1/2): 53-65.

Duineveld, G.C.A., M. J.N. Bergman, and M.S.S. Lavaleye. 2007. Effects of an area closed to fisheries on the composition of the benthic fauna in the southern North Sea. ICES J. Mar. Sci. in press.

Dries, R.R. & H. Theede, 1974. Sauerstoffmangelresistenz mariner Bodenevertebraten aus der Westlichen Ostsee. Mar. Biol. 25: 327-333.

Eleftheriou, A. a. D. J. Basford. 1989. “The macrobenthic infauna of the offshore northern north Sea.” J. Mar. Biol. Ass. U.K. 69: 123-143.

Fonds, M., 1991. Measurements of the catch composition and survival of benthic animals in Beamtrawl fishery for sole in the southern North Sea. Beon Report 13. 85 pp.

Ford, E., 1925. Animal communities of the level sea bottom in the waters adjacent to Plymouth. J. Mar. Biol. Ass. U.K. XIII: 164-224.
Ford, E., 1923. Animal communities of the level Sea-bottom in the waters adjacent to Plymouth. J. Mar. biol. Ass. U.K. 13: 164-224.
Fritz, L.W., 1991. Seasonal condition change, morphometrics, growth and sex ratio of the ocean quahog, Arctica islandica (Linnaeus, 1767) off New Jersey, U.S.A) J. Shellfish Res. 10(1): 79-88.
Hagmeier, A., 1930. Die Bodenfauna der Ostsee im April 1929 nebst einiger vergleichen mit april 1925 und Juli 1926. Ber. Deutsche Wissenschaftl. kommission f. Meeresforsch. neue Folge 88: 156-173.
Holme, N.A., 1953. The biomass of the bottom fauna in the English channel off Plymouth. J. Mar. Biol. Ass. U.K. 32: 1-49.
Holmes, S.P., Witbaard, R., J.v/d Meer, 2003. Phenotypic and genotypic population differentiation in the bivalve mollusc Arctica islandica: results from RAPD analyses. Mar. Ecol. Prog. Ser. 254: 163-176.
Hunt, O.D., 1925. The Food of the bottomfauna of the Plymouth fishing grounds. J. Mar. Biol. Ass. U.K. 13: 560-599.
Jones, D.S., 1980. Annual cycle of shell growth increment formation in two continental shelf bivalves and it palaeoecologic significance. Paleaobiology 6(3):331-340.
Jones, D.S., 1981. reproductive cycles of the atlantic surf clam Spisula solidissima, and the ocean quahog Arctica islandica off New Jersey. J. Shellfish Res. 1(1): 23-32.
Kraus, M.G. & B.F. Beal, 1990. Growth rate of Arctica islandica Linné: A comparison of wild and laboratory reared individuals. J. Shellfish Res. 8: 463.
Kraus, M. G., B.F. Beal, S.R. Chapman, and L. McMartin (1992). A comparison of growth rates in Arctica islandica (Linnaeus, 1767) between field and laboratory populations. J. Shellfish Res. 11(2): 289-294.
Landers, W.S., 1976. Reproduction & early development of the ocean quahog Arctica islandica, in the laboratory. Nautilus 90 (2) 88-92
Lavaleye, M.S.S., 1999. Changes in the macrobenthos abundance in the area of the Frisian Front: a preliminary comparison between the distributions of 1986-1991 and 1997-1998. IN; Baars et al, 1999. The Frisian Front revisted. NIOZ report 2000-1.
Lewis, C.V.W., Weinberg, J.R. and C.S. Davis, 2001. Population structure and recruitment of the Bivalve Arctica islandica (Linnaeus, 1767) on Georges Bank from 1980-1999. J. Shellfish Res. 20 (3) 1135-1144.
Lindeboom, H. , J.G. Kessel, L. Berkenbosch, 2005. Gebieden met bijzondere ecologische waarden op het Nederlands Continentaal Plat. Rapport RIKZ/2005.008. Alterra rapport nr.119. 103pp.
Lovén, P.M., 1929. Undersokningar over Øresund. Beitrage zur kenntnis der Cyprina islandica L. im Øresund. Lund Hakan Ohllons buchdruckerei 1929.
Lutz, R.A., R. Mann, J.G. Goodsell & M. Castagna, 1982. Larval and early post-larval development of Arctica islandica. J. Mar. Biol. Ass. U.K. 62: 745-769.
Mackie, A.S.Y, P.G. Oliver & E.I.S. Rees, 1995. Benthic biodiversity in the southern Irish Sea. Studies in Marine Biodiversity and systematics from the national museum of Wales. BIOMÔR reports 1: 263 pp.
Mann, R., 1981. Reproduction in Arctica islandica and its relationship to the oceanography of the middle Atlantic Bight. J. Shellfish Res. 1 (1): 119.
Mann, R., 1986. Arctica islandica (Linné) larvae: Active depth regulators or passive particles. American Malacological Bulletin special edition no. 3: 51-57.
Mann, R. & C.C. Wolf, 1983. Swimming behaviour of larvae of the ocean quahog Arctica islandica in response to pressure and temperature. Mar. Ecol. Prog. Ser. 13: 211-218.
Merrill, A.S., Camberlin J.L., Ropes, J.W., 1969. Ocean Quahog Fishery. in: The Encyclopedia of Marine resources. ed. F.E. Firth. Van Norstrand Reinhold Company. 740 pp.
Merrill, A.S., Ropes, J.W., 1969. The general distribution of the surf clam and ocean Quahog. Proc. Nat. Shellfish Assoc. 59: 40-45

Murawski, S.A., T.R. Azarovitz & D.J. Radosh, 1989. Long-term biological effects of hypoxic water conditions off New Jersey, USA 1976-1989. ICES statutory meeting the Hague, Netherlands. Marine environmental commitee CM 1989/E:11 12pp.

Murawski, S.A. & F.M. Serchuk, 1979a. Mechanized Shellfish harvesting and its management: the offshore clam fishery of the eastern United States.in: Marine invertebrate fisheries: their assessment and management. editor J.F. Caddy. John Wiley and Sons, New York.479-700.

Muus, K., 1973. Settling, growth & mortality of young bivalves in the Øresund. Ophelia 12: 79-116.

Nicol, D., 1951. Recent species of the Veneroid pelecypod Arctica. J. Wash. Acad. Sci. 41: 102-106

Nielsen, C., 1975. Observations on Buccinum undatum L. attacking bivalves and on prey responses. with a short review on attack methods of other Prosobranchs. Ophelia 13. 87-108.

Noort, G.J.van & F. Creutzberg, 1981. "Aurelia"-cruise reports on the benthic fauna of the southern North Sea. Report 5: Trawl survey October-November 1974. Interne verslagen Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee, Texel 1981-1: 116 pp.

Noort, G.J. van, F. Creutzberg & R. Dapper, 1982. "Aurelia"-cruise reports on the benthic fauna of the southern North Sea. Report 6: Trawl survey September-November, 1975. Interne verslagen Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee, Texel 1982-7.68 pp.

Noort, G.J. van, F. Creutzberg & R. Dapper, 1983. "Aurelia"-cruise reports on the benthic fauna of the southern North Sea. Report 7: Trawl survey February-March 1976. Interne verslagen Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee, Texel, 1983-3. 76 pp.

Noort, G.J.van , F. Creutzberg & R. Dapper, 1984. "Aurelia"-cruise reports on the benthic fuana of the southern North Sea. Report 8: Trawl survey October 1976. Interne verslagen Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee. 1984-1. 72 pp.

Noort, G.J.van, F. Creutzberg & G.C.A. Duineveld, 1986. "Aurelia"-cruise reports on the benthic fauna of the southern North Sea. Report 9: Trawl survey May and July 1980. Interne verslagen Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee Texel 1986-3: 55pp.

Noort, G.J. van , F. van Leeuwen & F. Creutzberg, 1979. "Aurelia"-cruise reports on the benthic fauna of the soutern North Sea. Report 1 Trawl survey April-May 1972. Interne verslagen Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee 1979-5 104pp.

Noort, G.J. van, F. van Leeuwen & F.Creutzberg, 1979. "Aurelia"-cruise reports on the benthic fauna of the southern North Sea report 2. Trawl survey June-July 1972. Interne verslagen Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee, Texel 1979-6: 107 pp.

Noort, G.J. van, F. van Leeuwen & F. Creutzberg, 1979. "Aurelia"-cruise reports on the benthic fauna of the southern North Sea. Report 3: Trawl survey october-november 1972. Interne verslagen Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee 1979-9; 115 pp.

Noort, G.J. van, F. van Leeuwen & F. Creutzberg, 1979. "Aurelia"-cruise reports on the benthic fauna of the sourthern North Sea. Report 4: Trawl survey January-February 1973. Interne verslagen Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee, Texel. 1979-8: 100pp.

Oertzen, J.A. von & G. Schlungbaum, 1972. Experimentell-ökologische Untersuchungen über O_2-mangel und H_2S-Resistenz and marine Evertebraten der westlichen Ostsee. Beitrage zur Meereskunde 29: 79-91.

Oeschger, R., 1990. Long-term anaerobiosis in sublittoral marine invertebrates from the western Baltic Sea: Halicryptus spinulosus (Priapulida), Astarte borealis and Arctica islandica (Bivalvia). Mar. Ecol. prog. Ser.59: 133-143.

Oeschger, RE. & K.B. Storey, 1993. Impact of anoxia and hydrogen suphide on the metabolism of Arctica islandica L. (Bivalvia) J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 170: 213-226.

Palmer, R.E. 1979. A histological and histochemical study of the digestion in the bivalve Arctica islandica L. Biol. Bull. 156: 115-129.

Petersen, C.G.J., 1913. Valuation of the Sea II. The Animal communities of the sea bottom and importance for marine zoogeography. Report of the Danish Biological Station XXI. 144pp.

Petersen, C.G.J., 1915. The animal communities in the Skagerak, the Christiania Fjord and the Danish Waters. Report of the Danish biological station XXIII 32pp.

Powell, E.N. and Mann, R., 2005. Evidence of recent recruitment in the Ocean Quahog Arctica islandica in the Mid-Atlantic Bight. J. Shellfish Res. 24 (2) 517-530.

Rees, H.L. & P.J. Dare, 1993. Sources of mortality and associated life-cycle traits of selected benthic species: a review. Fisheries Research data report number 33. MAFF, Lowstoft 1993. 36pp.

Rees, E.I.S, A. Nicholaidou & P. Laskaridou, 1977. The effects of storms on the dynamics of shallow water benthic associations pp 465-474. in; The biology of benthic organisms. eds; B.F. Keegan, P.Ó Céidigh & P.J.S. Boaden. Pergamonn Press Oxford 630 pp.

Ropes, J.W., S.A. Murawski & F.M. Serchuk, 1984b. Size, age, sexual maturity and sex ratio in ocean quahogs Arctica islandica Linné off Long Island, New York. Fish. Bull. 82 (2):253-268.

Rowell, T.W. & D.R. Chaisson, 1983. Distribution and abundance of the Ocean Quahaug (Arctica islandica) and stimpson's surf clam (Spisula polynyma) resource on the Scotian Shelf. Canadian industry report of fisheries and aquatic sciences 142. 75pp.

Rowell, T.W., D.R. Chaisson & J.T. Mclane, 1990. Size and age of sexual maturity and annual gametogenic cycle in the ocean qauhog, Arctica islandica (Linnaeus, 1767), from coastal waters in Nova Scotia, Canada. J. of Shellfish Res., 9(1): 195-203

Rumohr, H. & P. Krost. 1991 Experimental evidence of damage to benthos by bottom trawling with special reference to Arctica islandica. Meeresforsch. 33: 340-345.

Saleuddin, A.S.M., 1964. Observations on the habit and functional anatomy of Cyprina islandica (L.). Proc. Malac. Soc. Lond. 36;149-162.

Schäfer, W., 1972. Ecology and palaeoecology of marine environments. Translated by I. Oertel. Edited by G.Y. Graig. The University of Chicago Press. 568pp.

Seaward, D.R., 1990. Distribution of the marine molluscs of north west Europe Nature conservatory council 1990; 114 pp.

Thompson, I., Jones, D.S., & Ropes, J.W. 1980. Advanced age for sexual maturity in the ocean quahog Arctica islandica (Mollusca: Bivalvia). Mar. Biol. 57. 35-39.

Thórarinsdóttir G.G. & S. Tr. Einarsson, 1994. Distribution, abundance, population structure, meat yield, size of sexual maturity and sex ratio of ocean quahog, Arctica islandica in Icelandic waters. ICES statutory meeting, st Johns Canada, 1994. Shellfish committee C.M. 1994/k:39; 7pp.

Tomczak und Goedecke, 1964 Die thermische Schichtung der Nordsee und Monatskarten der Temperatur der Nordsee. Ergänzungsh. Dt. Hydrogr.Z., Reihe B(4)8:1-182.

Tschischka, K., D. Abele, et al. (2000). “Mitochondrial oxyconformity and cold adaptation in the polychaete Nereis pelagica and the bivalve Arctica islandica from the baltic and White seas.” J. Exp. Biol., 203: 3355-3368.

Weigelt, M., 1991. Short and long-term changes in the benthic community of the deeper parts of Kiel Bay (Western Baltic) due to oxygen depletion and eutrophication. Meeresforsch. 33; 197-224.

Weigelt, M. & H. Rumohr, 1986. Effects of wide-range oxygen depletion on benthic fauna and demersal fish in Kiel Bay 1981-1983. Meeresforsch. 31; 124-136.

Wilde de, P.A.W.J., Berghuis, E.M., Kok, A., 1986. Biomass and activity of bentic fauna on the Fladen Ground (northern North Sea). Neth. Journ. Sea. Res. 20 (2/3) 313-323.

Witbaard, R. (1997). Tree of the Sea. The use of the internal growth lines in the shell of Arctica islandica (Bivalvia, Mollusca) for the retrospective assessment of marine environmental change. PhD Thesis, Netherlands Institute for Sea Research & University of Groningen, 149pp.

Witbaard. R. & R. Klein, 1994. Long term trends on the effects of the southern North Sea beamtrawl fishery on the bivalve mollusc Arctica islandica (L.) (Mollusca, bivalvia). ICES J. Mar. Sci. 51: 99-105.

Witbaard, R. and M. Bergman (2003). “The distribution of Arctica islandica in the North Sea. What possible factors are involved?” Journal of Sea Research 50: 11-25.

Zatsepin, V.I. & Z.A. Filatova. 1961. The bivalve mollusc Cyprina islandica (L.) Its geographic distribution and role in the communities of benthic fauna. Transactions of the institute of oceanology. XLVI: 2-24.

Zettler, M.L. Bonsch, R and F. Gosselck, 2001. Distribution abundance and some population characteristics of the ocean quahog, Arctica islandica (Linnaeus, 1767), in the Mecklenburg Bight (Baltic Sea). J. Shellfish Res. 20(1); 161-169.

Verantwoording

Dit rapport voor

Opdrachtgever:	Ministerie van LNV W. Remmelts Postbus 20401 2500 EK 's-Gravenhage
Projectnummer:	43961023.01 / 43961053.01

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. H.J. Lindeboom Senioronderzoeker
Handtekening:	_____
Datum:	28 maart 2007

Akkoord:	Dr. H.J. Lindeboom Wetenschapsteam
Handtekening:	_____
Datum:	28 maart 2007

Aantal exemplaren:	50
Aantal pagina's:	33
Aantal tabellen:	3
Aantal figuren:	10
Aantal bijlagen:	-