

Rechten voorbehouden

Van interne verslagen zijn nadruk of aanhalingen
slechts toegestaan met uitdrukkelijke toestemming
van het NIOZ.

Broedval en groei van Cardium edule L.
en Macoma balthica (L.)

door
S.J. Pistor

Intern verslag
over
werkzaamheden verricht als doctoraal studie
in het tijdvak 1 mei - 12 november 1968
aan

NIOZ te Den Helder

voor de aflevering van het
proefschrift van
Dr. H.C.J. Oomen

Zoölogisch Laboratorium

R.K. Universiteit, Nijmegen

onder supervisie van

Ingvar Kristensen

februari 1969

NEDERLANDS INSTITUUT VOOR ONDERZOEK DER ZEE

PUBLICATIES EN VERSLAGEN

nummer 1969-6

N E D E R L A N D S I N S T I T U U T V O O R
O N D E R Z O E K D E R Z E E

Broedval en Groei van Cardium edule L. en Macoma balthica (L.

door

S.J. Pistor

(intern verslag)

Inhoud

- I. Abstract en samenvatting
- II. Inleiding
- III. Methode
- IV. Milieubeschrijving
- V. Resultaten en discussie
 - A. Cardium edule
 - 1. Broedperiode
 - 2. Broedval en verspreiding over het wad
 - 3. Groei
 - 4. Afname populatiedichtheid
 - B. Macoma balthica
 - 1. Broedperiode
 - 2. Verspreiding over het wad
 - 3. Groei
- VI. Literatuur

Abstract

- 1) Samples were taken from May upto November, 1968.
- 2) The main period of Cardium spatfall was from the end of May until the end of June. A second period, of less importance, lasted from half of July until August.
- 3) On the flat the densest spatfall was found near the low water line, along the gully.
- 4) Transportation of spat is important for the local distribution of the cockle population.

- 5) Near Den Helder, the average length at the end of the first growth season was 8.3 mm, and the maximum length was 12.5 mm.
- 6) At the end of the summer and in the autumn an important decrease in numbers (up till 95%) was observed. This may have been caused by an infestation of trematods.
- 7) The main period of Macoma spatfall was from mid May until mid June.
- 8) The distribution of the spat on the flat did not show a clear pattern, perhaps because of the intensive transport of the relatively light spat.
- 9) The average length of the spat at the end of its first year was about 5.5 mm.

I. Samenvatting

1. De monsters zijn genomen in de periode van mei tot november 1968 op het Balgzandwad achter de marinehaven in Den Helder.

Cardium edule L.

2. De broedval van wadkokkelpopulaties vond plaats van eind mei tot eind juni; een tweede broedval, misschien afkomstig van Noordzeepopulaties viel van half juli tot in augustus.
3. De grootste broedval had plaats dicht bij de hoofdgeul. Op de andere delen van het wad is de broedval geringer, naarmate deze delen verder van de hoofdgeul zijn gelegen.
4. Transport van broed speelt een belangrijke rol in de verspreiding van het broed over het wad.
5. Het broed heeft aan het eind van de eerste groei-periode een gemiddelde lengte van 8,3 mm en een maximale lengte van 12,5 mm.
6. Er treedt een sterke afname op van het broed in de nazomer (tot 95% in drie maanden). Een verklaring hiervoor is mogelijk gelegen in een infectie van het broed met parasitaire Trematoden.

Macoma balthica (L.)

7. De broedval vond plaats van half mei tot half juni.
8. De verspreiding van het broed over het wad vertoont geen bepaald patroon, misschien als gevolg van een lang transport van het relatief lichte broed.
9. De gemiddelde lengte van het broed aan het eind van het eerste levensjaar is ongeveer 5,5 mm.

II. Inleiding

In de laatste vijftig jaar is de groei van Cardium edule-broed onderwerp geweest van veel studies. Het name dient hier genoemd te worden het werk van ORTON (1926), STEPHEN (1931), KREGER (1940), SMIDT (1951) en KRISTENSEN (1957). Gebleken is echter dat er grote verschillen bestaan in de groeisnelheidsopgaven bij de diverse auteurs. STEPHEN (1931) vond voor Cardium-broed van 1930 op de Hunterston Sands nabij Millport in Schotland een groei in het eerste levensjaar van ongeveer 6 mm. SMIDT (1951) geeft voor het waddengebied voor de Deense westkust nabij Esbjerg een lengte op van 8 - 14,6 mm, afhankelijk van de plaats waar de kokkels leven. ORTON (1926) vond voor kokkelbroed in de Yealm-rivier nabij Plymouth (zuidkust Engeland) een groei variërend tussen 19 en 22 mm. KREGER (1940) geeft voor het waddengebied van de Nederlandse kust een grootte die varieert tussen 16 en 23 mm en KRISTENSEN (1957) geeft als winterlengte voor de jongste generatie een lengte op van 13,3 en 18,1 mm resp. voor kreek- en wadkookkels van de Zeehondenplaat in 1947 en 13,2 resp. 18,0 mm voor broed van deze plaat uit 1951.

Deze vrij grote verschillen in winterlengte van de jonge kokkels kan het gevolg zijn van een drietal oorzaken. 1). Omdat de groeiplaatsen op verschillende geografische breedten liggen, kunnen klimaatsverschillen hun invloed doen gelden op de broedperioden en op de groeisnelheid van kokkelpopulaties. Het feit dat STEPHEN en SMIDT kleinere kokkels vinden op een hogere breedtegraad dan ORTON, KREGER en KRISTENSEN wijst in deze richting.

2). Een verkeerde ouderdomsinterpretatie aan de hand van groeiringen (winterringen). Volgens STEPHEN is de eerste winterring onduidelijk en wordt deze gemakkelijk over het hoofd gezien. De eerste duidelijke winterring wordt dan aangezien voor de eerste winter-ring, terwijl dit in feite de tweede is. Ook KREGER heeft onder de door hem geanalyseerde kokkels een aantal dieren gevonden met een zeer onduidelijke, gemiddeld 8 mm grote winterring. Hij verklaarde deze kleine groeionderbreking door te stellen dat het hier dieren betrof die in het voorgaande jaar tijdens een tweede broedperiode werden geboren en als gevolg daarvan slechts een korte tijd konden groeien. Het broed van 1930 dat door STEPHEN in zijn onderzoek is betrokken heeft ook pas in augustus gesetteld.

3). Als gevolg van klimatologische en met name temperatuurverschillen is het ene jaar veel gunstiger voor de ontwikkeling van lamellibranchiatenbroed dan het andere jaar. Dit blijkt onder meer uit het onder-

zoek van SHIDT (1951). Hij vond voor het broed van 1942 een zeer langzame groei, voor het broed van 1945 en 1947 een veel betere ontwikkeling.

Getracht is nu door middel van eigen waarnemingen en literatuuronderzoek een antwoord te geven op de vraag hoe de groeisnelheid voor kokkels in de Waddenzee nabij Den Helder is. Daartoe is regelmatig de grootte van het kokkelbroed van 1968 bepaald, alsmede de grootte van de eerste winterring van de jaarklassen na 1962. Na de strenge winter van 1962/63, waardoor de kokkel-populatie op het Balgzandwad bijna geheel is afgestorven, heeft het broed van 1963 een nieuwe populatie kunnen vormen en is het nu de belangrijkste jaarklasse op het wad. Kokkels van een oudere of jongere jaarklasse komen bijna niet voor.

Het kokkelbroed van 1968 vertoont een sterke afname in september, oktober en november. Dit is een algemeen bekend verschijnsel. Getracht is aan de hand van een onderzoek naar parasitaire Trematoden een verklaring voor dit verschijnsel te vinden.

Naast Cardium-broed werd in de monsters ook broed van Macoma balthica (L.) aangetroffen. Ook aan het voorkomen en de groei van deze lamellibranchiatensoort is enige aandacht besteed.

Het onderzoek is uitgevoerd aan het Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee te Den Helder in de periode mei - november 1968. Ik wil hier graag mijn

dank uitspreken aan alle medewerkers van dit instituut voor de hulp en de adviezen die ik van hen mocht ontvangen. Met name wil ik Dr. I. Kristensen bedanken voor de suggestie van dit onderwerp, voor de waardevolle adviezen die hij mij heeft gegeven en onder wiens leiding dit onderzoek tot stand kwam.

III. Methode

Daar groeibepalingen het voornaamste middel waren om tot een antwoord te komen op de in de inleiding gestelde vraag, zijn er regelmatig bodemonsters op het wad ten noord-oosten van de marinehaven in Den Helder genomen. De daarin aanwezige lamellibranchiaten werden geteld en gemeten. De monsters werden genomen op 6 plaatsen, verdeeld over het hele wad van dijkvoet tot laagwaterlijn. De lengte van dit bemonsteringstraject is 130 meter. Het hoogst gelegen punt, plaats 2, ligt verticaal gemeten 65 cm boven de laagwaterlijn. Het laagst gelegen monsterpunt, plaats 4, ligt op deze wijze gemeten 49 cm boven de laagwaterlijn. In figuur 1 is een situatieschets van dit wadgedeelte met daarin de plaats van de monsterpunten weergegeven. In figuur 2 is een doorsnede van het Balgzandwad met de plaats van de monsterpunten op schaal weergegeven. Punt 0 in deze beide figuren is geen monsterplaats. Van dit punt is wel de bodemstructuur bepaald. De monsterplaatsen werden met een paaltje gemarkeerd en de monsters werden voortdurend vlak bij dit merkteken genomen, er voor zorgend

dat niet tweemaal op precies dezelfde plaatsen werd bemonsterd. Per monsterplaats werd tweemaal $0,05 \text{ m}^2$ wadoppervlak bemonsterd tot een diepte van ongeveer 10 mm in mei en juni en 25 mm in de overige maanden. Dit dieper bemonsteren werd gedaan om ook de grotere dieren in het broed te kunnen verzamelen. Bij het bemonsteren werd gebruik gemaakt van een houten raam met binnenzijden van 25 x 20 cm, dat in de wadbodem werd gedrukt, aldus een oppervlakte van 500 cm^2 omsluitend. Met een speciaal voor dit doel geconstrueerd schepje kon het omsloten wadgedeelte tot elke gewenste diepte worden afgeschept.

Ten einde geen materiaal te verliezen werd het monster kwantitatief overgebracht in een plastic zak om op het laboratorium te worden verwerkt. Hiertoe werd het monster op de bovenste van de vier boven elkaar geplaatste draadzeven met maaswijdte van resp. 500, 400, 315 en 200 μ gebracht en met een waterstraal door de zeven gespoeld. Hoewel deze techniek veel tijd vergt, is het grote voordeel dat ook de kleinste bodemstadia van de lamellibranchiaten worden opgevangen. Daar Cardium- en Macomabroed bij het settlen afmetingen heeft van resp. 250 - 350 μ en 290 - 315 μ (BARKER JØRGENSEN in THORSON, 1946) was het beslist nodig om de zeef van 200 μ te gebruiken, ook al veroorzaakte deze grote vertraging in het verwerkingsproces. Het op de zeven achtergebleven veen en zand werd onder het binoculair bij een vergroting van 10 x nagezocht op tweekleppigen.

Als maat voor de groei werd de lengte genomen, zijnde de grootste afstand tussen voor- en achterrond van de schelp. Bij dieren kleiner dan 10 mm geschiedde het meten met een oculairmicrometer, tot op een halve schaaldeel (1 schd. = 65 μ) nauwkeurig. Dieren groter dan 10 mm werden met een schuifmaat tot op 0,5 mm nauwkeurig gemeten. Ook de grootte van de eerste winter-ring van adulte kokkels werd met de schuifmaat tot op 0,5 mm nauwkeurig bepaald.

Bovendien is er een analyse uitgevoerd van het substraat waarin het jonge broed werd aangetroffen. Hier-voor werd ongeveer 400 cm^3 wadmateriaal met een oppervlakte van 100 cm^2 gebruikt. Het water- en slibgehalte werd bepaald, alsmede de korrelgrootte van de zandfracties. Hiertoe werd het monster nat gewogen en afgeslibd. De slib- en zandfracties werden gedroogd bij 60°C en gewogen, waarna een gedeelte van de zandfracties (200 of 100 gram) gefractioneerd gezeefd werd. In tabel 1 is de samenstelling van de wadmonsters weergegeven.

IV. Milieubeschrijving

Zoals uit figuur 2 blijkt liggen de monsterplaatsen op onderlinge afstanden van 19 - 25 meter. Het wad wordt door een mosselbank in twee delen gesplitst. Vanaf de mosselbank strekt zich een mosselveld uit tot aan monsterpunt 4 (zie figuur 1). De bodem bestaat in dit mosselveld voor het grootste deel uit slib. Het overige deel van het wad heeft een zandig karakter. De hoeveelheid slib bepaalt het watergehalte van de bodem als het wad droog ligt (zie tabel 1). Dit blijkt duidelijk uit de situatie op punt 2, waar meer slib aanwezig is en ook de water-voorraad in de bodem groter is dan bij de punten 1 en 0, hoewel punt 2 van alle monsterpunten het hoogst gelegen is. Het laagst gelegen punt 0, aan de laagwaterlijn heeft het kleinste slibpercentage en ook het minste water in de bodem bij laagwater. Dat er op de punten 0 en 1 zo weinig slib wordt afgezet is een gevolg van de vrij sterke waterbeweging op dit wadgedeelte. De mosselbank vormt voor het stijgende water een barrière waardoor het stijgende water langs de mosselbank moet stromen en als gevolg van deze stroming de fijnere wadsedimenten meevoeren. Pas als het water min of meer stilstaat of zakkende is kan er op dit wadgedeelte slib worden afgezet. Op de andere plaatsen van het wad is de toestand heel anders. Het stijgende water komt het wad op via een zijarm van de hoofdgeul (zie fig. 1). Tussen de mosselbanken is deze zijarm nauw en diep, maar achter de mosselbanken is ze

ondiep en breed. Het water dat in deze zijarm stroomt zal achter de mosselbank aan snelheid verliezen. Daar de arm dood loopt tegen de mosselbank naast de Vangdam, zal de waterbeweging op het wadgedeelte voor de Vangdam zeer gering zijn en zal het meegevoerde slib alle gelegenheid hebben om te sedimenteren.

Ook het teruglopen van het water gaat via deze kleine zijarm. Slechts bij krachtige wind zal het water op dit wadgedeelte voldoende in beweging zijn om slibafzetting te verhinderen of zelfs eenmaal gesedimenteerd slib weer weg te voeren. De situatie in het mosselveld is echter nog gunstiger voor slibafzetting en dit blijkt duidelijk als we monsterplaats 3 met monsterplaats 5 vergelijken. Punt 3 heeft een veel hoger slibgehalte dan punt 5, hoewel plaats 5 een langere submersietijd heeft. Door de ligging van plaats 3 in het mosselveld zal er op punt 3 vlak boven de bodem bijna geen stroming staan met als gevolg dat het hier gesedimenteerde slib blijft liggen. Bovendien heeft het mosselveld ook een grote eigen slibproductie door de pseudofaeces van de mossels en de kokkels in dit gebied. Een groot gedeelte van het opgenomen voedsel wordt niet benut en met slijm omgeven weer uitgescheiden. Ook het hoogst gelegen punt 2 heeft een hoog slibgehalte, ondanks het feit dat dit punt de kortste submersietijd heeft. De verklaring hiervoor is mijns inziens ook weer de gunstige ligging achter de mosselbank.

De opbouw van het wad en de samenstelling van de wadbodem hebben grote invloed op het voorkomen en de verspreiding van wadbewonende dieren. De verspreiding van Corophium spec., Hydrobia ulvae en Littorina littorea is voor het Balgzandwad gelijk aan die voor andere wadden beschreven is door o.a. THAMDRUP (1935) en SMIDT (1951). Corophium spec. komt hoofdzakelijk op het zandige gedeelte voor; Hydrobia ulvae voornamelijk op de slibhoudende plaatsen en Littorina littorea komt over het gehele wad verspreid voor.

De verspreiding van adulte kokkels wijkt op het onderzochte wad iets af van de verspreiding zoals die door THAMDRUP (1935) wordt gegeven. Volgens deze auteur komt Cardium edule slechts zelden in een zeer weke bodem voor en prefereert de soort een grof of fijnzandige bodem, al of niet met wat slibbijmenging. WALTON (1919) spreekt echter over een fijnzandige, grofzandige of slibhoudende bodem als woonplaats voor Cardium edule. Ook STEPHEN (1931) spreekt over een zandige of slibhoudende zandbodem. Uit figuur 3 blijkt dat er op het bemonsterde wadgedeelte drie plaatsen zijn waar Cardium edule in vrij grote aantallen (meer dan 100 per m²) voorkomt. Dit zijn de in het mosselveld gelegen punten 2, 3 en 4 met hun vrij hoog slibgehalte. Op punt 5 en punt 6 komen weinig of geen kokkels voor. Het slibgehalte van de bodem is hier echter hoger dan op plaats 2, maar veel lager dan op de punten 3 en 4. De oorzaak is ongetwijfeld dat er hier weinig broed gesettled heeft net als dit het geval was in 1968.

Dat er op punt 1 ook maar weinig adulte kokkels per m² voorkomen is waarschijnlijk te wijten aan de te sterke stroming op deze plaatsen, waardoor het broed, net als het fijne sediment getransporteerd wordt langs en over de mosselbank. In 1968 had dit punt de grootste broedval van het onderzochte gebied. De gemiddelde lengte van het broed bleef van juli tot oktober echter vrij constant zodat hier duidelijk van transport sprake is. Tegen het einde van de tweede broedperiode was ook hier een zeer duidelijke afname van jonge kokkels waarneembaar. De verspreiding van Cardium edule is sterk gebonden aan de submersietijd van de plaats omdat de soort zich slechts kan voeden in de periode dat er water boven het wad staat, dus in de submersieperiode. Deze factor zal in het be-monsteringsgebied geen grote invloed hebben op het voorkomen van de kokkel omdat de submersietijden van de verschillende wadgedeelten niet veel van elkaar verschillen (zie pagina 17).

Macoma balthica stelt weinig eisen aan het substraat. Volgens WALTON (1919), THAMDRUP (1935) en SMIDT (1951) komt Macoma zowel voor in zandbodems als in sterk slibhoudende bodemtypen. Op het onderzochte wadgedeelte komt ze voornamelijk voor op het slibhoudende wadgedeelte. Op monsterplaats 1 zijn geen adulte Macoma's gevonden. Macoma is veel minder afhankelijk van de submersietijd omdat ze zich met de zeer beweeglijke branchiale siphon

ook kan voeden als het wad droog ligt en er hier en daar nog wat plasjes zijn achter gebleven waarin ze haar voedselzoekende sipho kan uitstrekken.

V. Resultaten en discussie

A. Cardium edule (L)

1. Broedperiode

Vanaf 1 mei werden om de 2 à 3 dagen bij hoogwater planktonmonsters genomen om door de aanwezigheid van kokkellarven in het zeewater het begin van de broedperiode van Cardium edule te kunnen vaststellen. Pas aan het eind van mei bleken Cardium-larven aanwezig te zijn. Elke week werd een monster plankton op het laboratorium voor kweek ingezet en pas in het monster van 28 mei werden bij analyse van de planktonkweeken op 2 juli 2 levende kokkeltjes gevonden, resp. 620 en 680 mu groot. Volgens CREEK (1960) hebben Cardium-larven een pelagisch leven van ongeveer drie weken (afhankelijk van de temperatuur van het zeewater) en zijn jonge kokkeltjes drie weken na het settlen in in vivo 600-700 mu groot. Aangenomen dat onder experimentele omstandigheden de groei even groot is, dan zouden de kokkeltjes uit het planktonmonster van 28 mei begin juli ongeveer zes weken oud zijn en dit zou betekenen dat ze hun ontwikkeling half mei zijn begonnen. Op het wad werd het eerste kokkelbroed op 27 mei gevonden. Het gaat hier om 3 dieren op een wadoppervlakte van 1 m^2 . Ruim een week later is dit

aantal reeds gestegen tot 50 en twee weken later tot 135. Deze kokkeltjes moeten als larven reeds in mei in het zeewater aanwezig zijn geweest. Dat er in mei in het plankton geen Cardium-larven werden gevonden hoeft niet in tegenspraak te zijn met het feit dat er begin juni reeds jonge kokkels op het wad voorkomen. Het settlen van kokkellarven is een soort accumulatieproces dat op zeer bepaalde plaatsen optreedt. Volgens KREGER (1940) is de hoeveelheid water dat boven deze plaats staat sterk bepalend voor de hoeveelheid broed dat zich op deze plaats vestigt. Bij een homogene verdeling van de larven in het water zullen bij een lange submersietijd veel meer larven op een bepaalde plaats gaan settlen dan bij een korte submersietijd. Vooral op de lage wadplaatsen zal dit accumulatieproces als gevolg van een grote, steeds ververste watermassa groot zijn. Een andere factor die bij de verdeling van het broed over het wad een rol speelt is de stroomsterkte van het water. Een groot deel van de gesettlede larven en jonge kokkels zal door een te sterke stroming getransporteerd worden naar rustige plaatsen met weinig waterbeweging, met als gevolg dat op deze plaatsen een accumulatie optreedt. Dit zijn meestal plaatsen die hoger liggen dan de plaatsen waar het broed zich voor het eerst heeft gevestigd. Worden er op het wad dus reeds vrij grote aantallen kokkeltjes gevonden, dan hoeft dit nog niets te zeggen over het aantal larven in het zeewater.

Uit figuur 4 blijkt dat broedval op het Balgzandwad plaats vindt van eind mei tot eind juni en dat een tweede broedval tijdens de maanden juli/augustus optreedt. Uit onderzoek van VELDHUYZEN (pers. meded.) blijkt dat de gonaden van wadkokkels in juni/juli geen rijpe gameten meer bevatten en dat de populatie een maximale gonaden-activiteit kent gedurende de maand mei. Deze gegevens stemmen dus goed overeen met het verschijnen van broed op het wad ongeveer drie weken later.

KREGER (1940) en BAGGERMAN (1953) hebben ook aanwijzingen gevonden van een tweede broedval in augustus in de Nederlandse Waddenzee. Ook van andere tweekleppigen is het verschijnsel van een tweede broedval bekend. MUUS (1967) vindt een tweede broedperiode voor Mya arenaria aan de westkust van Zeeland (Denemarken). PFITZENMEYER (1962) heeft een verklaring gegeven voor de dubbele broedperiode van Mya arenaria in Chesapeake Bay, Maryland. Deze tweede voortplantingsperiode is een geheel nieuw proces van gametenvorming, welk proces door de watertemperatuur in werking wordt gezet. Als de temperatuur in de zomermaanden te hoog wordt verdwijnen de nog niet geloosde geslachtsproducten uit de gonaden en worden niet vastgehouden om later in het jaar bij een lagere temperatuur gespuid te worden. Histologisch onderzoek aan de gonaden van deze Mya-populatie liet zien dat er in de zomermaanden geen rijpe gameten aanwezig waren in de gonaden en dat deze zich weer opnieuw

gingen ontwikkelen. Of dit mechanisme ook geldt voor de kokkelpopulatie op het Balgzandwad is de vraag. Een zo groot temperatuursverschil als optreedt in Chesapeake Bay (aug. 30°C) wordt in de Waddenzee niet bereikt. Het onderzoek van VELDHUYZEN (1968) naar de toestand van de gonaden van wadkokkels geeft over deze vraag geen uitsluitsel omdat dit onderzoek in juni werd afgesloten.

Er bestaat echter nog een mogelijkheid om de tweede broedval op het wad te verklaren. Het zou hierbij gaan om de eerste broedval van een kokkelpopulatie waarvan de gonaden zich pas veel later in het jaar gaan ontwikkelen, als gevolg van lage watertemperaturen in het voorjaar. Gedacht moet hierbij worden aan kokkelpopulaties die zich buiten de Waddenzee bevinden, omdat de temperatuur van het water in de Waddenzee, zowel in de krekken als op de platen reeds vrij vroeg in het voorjaar stijgt. Een uitgebreid onderzoek naar de activiteitstoestand van de gonaden van "wadkokkels", "kreekkokkels" en "Noordzeekokkels" zoals gedaan door VELDHUYZEN (1968) zou dan uitsluitel kunnen geven over de vraag welke kokkelpopulaties de "tweede" broedval veroorzaken.

2. Broedval en verspreiding over het wad

Het eerste broed is gevonden eind mei 1968 op monsterplaats 1; een week later komen op alle monsterplaatsen jonge kokkels voor. In figuur 5 is per datum

per monsterplaats het aantal 0-jaars kokkels per $0,1 \text{ m}^2$ uitgezet. Duidelijk blijkt uit deze figuur dat tot begin augustus het aantal jonge kokkels van de laagwaterlijn naar de hoogwaterlijn afneemt, en dat - met uitzondering van plaats 1 - het maximale aantal jonge kokkels aanwezig is op 16 juli. Op monsterplaats 1 komen twee maxima voor: het eerste op 25 juni en het tweede op 26 augustus. Na deze datum treedt een sterke daling op die op de monsterpunten 2, 3 en 4 reeds na 16 juli inzet. Het maximum van 26 augustus op monsterplaats 1 wordt ongetwijfeld veroorzaakt door de tweede broedperiode.

Merkwaardig is dat deze tweede broedperiode bijna alleen op plaats 1 wordt waargenomen. Uit tabel 2 blijkt dat na het maximum van 16 juli op de monsterplaatsen 2-5 het aantal kokkels per oppervlakte-eenheid afneemt, maar dat de gemiddelde lengte van het broed tot medio september blijft toenemen. Dit wijst duidelijk op groei van het broed en sluit aanvoer van nieuw broed min of meer uit. Eind september is op alle monsterplaatsen de invloed van het nieuwe broed op de gemiddelde lengten te merken: voor alle punten neemt het aantal jonge kokkels af, maar daalt ook de gemiddelde lengte van het broed. De situatie op monsterplaats 6 vertoont overeenkomst met die op plaats 1, maar door het zeer geringe aantal individuen is de juistheid van deze conclusie twijfelachtig.

De verdeling van het kokkelbroed over het wad vertoont een merkwaardig beeld. Monsterplaats 1, het dichtst bij de laagwaterlijn heeft de grootste aantallen broed. Daarna volgen in afnemende mate plaats 2, 3, 4, 5 en 6. Deze verdeling vertoont grote overeenkomst met de ligging van de monsterplaatsen ten opzichte van de laagwaterlijn en niet, zoals te verwachten was met de submersietijden en relatieve hoogten van de monsterplaatsen. De verklaring voor dit verschijnsel moet volgens mij gezocht worden in een transportmechanisme. BAGGERMAN (1953) heeft er op gewezen dat de eerste settleplaats niet de definitieve hoeft te zijn. Tot een grootte van 2 mm wordt kokkelbroed door de stroming getransporteerd. Pas bij een grootte van 2 mm is de jonge kokkel actief in staat zich aan transport te onttrekken, mede dankzij zijn afmetingen.

Uit tabel 3 blijkt dat slechts op monsterplaats 1 de kleinste spat in grote aantallen voorkomt. Op monsterplaats 2 komt maar weinig broed van 500 mu voor, broed van 900 en 1100 mu komt hier veelvuldiger voor. Dit geldt ook voor monsterplaats 3. Op de monsterpunten 4 en 5 komt ook maar zeer weinig broed voor van 900 mu en kleiner; hier is het broed van 1100 en 1300 mu overheersend, ook al zijn de aantallen gering. De conclusie dat de factor transport een grote rol speelt in de verdeling van het broed over het wad blijkt dus gerechtvaardigd. Van het wadgedeelte voor de mosselbank (o.a. monsterplaats 1) wordt een groot gedeelte van

het broed getransporteerd naar de rest van het wad (plaats 2 en de andere punten). Dat er op de andere monsterplaatsen geen broed van 500 mu of kleiner wordt afgezet op primaire settleplaatsen heeft waarschijnlijk als oorzaak dat deze wadgedeelten via de zijarm van de hoofdgeul hun water krijgen en dat dit water reeds over een groot wadoppervlak is gestroomd voordat het deze plaatsen bereikt. De kans is groot dat het door dit water meegevoerde broed reeds is uitgezakt voordat het water de monsterpunten bereikt heeft. Dit zou dus inhouden dat op het wadgedeelte vlak bij de zijarm veel broed heeft gesettled. Hierover zijn echter geen gegevens beschikbaar. Het settlen van jonge kokkels op plaats 1 is geheel volgens de verwachting. Dit punt ligt het dichtst bij de hoofdgeul en wordt bij stijgend water ook rechtstreeks door water uit de hoofdgeul bevoeid. Door de sterke stroming die er dan ontstaat is transport van broed langs en over de mosselbank heel begrijpelijk.

Na begin augustus verandert de situatie op de punten 3, 4 en 5 wat betreft de aantallen jonge kokkels. Nu heeft plaats 5 de grootste aantallen, daarna 4 en 3. Deze verschuiving is echter het gevolg van een zeer snelle afname van broed op de punten 3 en 4 en een minder snelle op plaats 5.

3. Groei

Cardium edule-larven zijn ongeveer 250-350 mu groot als ze gaan settlen (Barker JØRGENSEN in THORSON, 1946).

Afhankelijk van de watertemperatuur doen ze dit na $2\frac{1}{2}$ - $3\frac{1}{2}$ week. Bij relatief hoge temperaturen gebeurt dit settlen na een korte pelagische periode als de larven nog klein zijn, maar wel geheel ontwikkeld. Bij lage temperaturen duurt het pelagische stadium langer en is het broed groter bij het settlen. Het kleinste broed op het Balgzand was 420 mu groot (5-6-1968). Hoewel er een zeef van 200 mu werd gebruikt, is er geen spat van 300-400 mu gevonden. Van Macoma balthica is wel broed van 300 mu gevonden, hoewel dit broed veel platter is dan het Cardium-broed. Een verklaring hiervoor kan ik niet geven.

In figuur 6 is tegen de tijd de gemiddelde lengte van kokkelbroed op de zes monsterplaatsen uitgezet. In mei werden er al kokkeltjes gevonden van behoorlijke afmetingen. Op 18-6 werden deze kokkeltjes niet meer gevonden. In deze tijd zijn ze gegroeid van 2280 tot 4230 mu (zie tabel 4).

Ongetwijfeld zijn de vrij grote kokkeltjes die in mei werden gevonden afkomstig van een tweede broedval uit 1967 en zijn dus reeds één winter oud.

De zes min of meer samenvallende groeicurven uit figuur 6 zijn in drie groepen te verdelen.

a) De groeicurve van het broed op monsterplaats 1. Deze curve stijgt eerst (tot 1744 mu) om daarna onder invloed van een tweede broedval te dalen tot ongeveer 1100 mu, waarna de curve vrij constant blijft.

b) De groeicurven van monsterplaats 2 en 3. Deze twee curven hebben vrijwel hetzelfde verloop. Op 17-9 hebben de kokkels op deze plaatsen een gemiddelde lengte van resp. 4390 en 4220 μ m. Na deze datum dalen beide curven sterk, enerzijds onder invloed van de tweede broedval en anderzijds door sterfte. In figuur 6a zijn voor monsterplaats 1, monsterplaatsen 2+3 en monsterpunten 4+5 nogmaals de gemiddelde lengten weergegeven met de standaarddeviaties.

c) De derde groep wordt gevormd door de groeicurven van de kokkeltjes op de monsterplaatsen 4 en 5. Tot 16 juli hebben deze twee curven hetzelfde verloop als de curven van de monsterpunten 1, 2 en 3. Als na 16 juli de curven van 2 en 3 stijgen, stijgen ook de curven van 4 en 5, echter niet zo sterk. Deze curven dalen ook eerder dan die van de monsterplaatsen 2 en 3. Zoals reeds is vermeld valt de kromme van de gemiddelde lengte van de kokkels op de monsterplaatsen 2+3 uiteen in twee lijnen na 17-9. Uit deze figuur 6a blijkt dat vanaf 12 augustus de gemiddelde lengte van het oude broed op de monsterplaatsen 2+3 significant groter is dan de gemiddelde lengte van het broed op plaats 1. Uit figuur 6a blijkt dat de gemiddelde lengte van het broed op de plaatsen 4+5 niet significant groter is dan de gemiddelde lengte van het broed op punt 1 en dat het tot 17 september ook niet significant kleiner is dan het broed van de plaatsen 2+3. Het effect van een nieuwe broedval op de gemiddelde lengte van het broed

is groter op de plaatsen met weinig reeds aanwezige kokkeltjes dan op plaatsen waar nog vrij veel reeds ge-settlede kokkeltjes aanwezig zijn. Dit is waarschijnlijk de oorzaak voor de lagere gemiddelde grootten van het broed op de punten 4+5 ten opzichte van dat op de plaatsen 2+3, waar het aantal jonge kokkels veel hoger is.

De zeer grote spreiding die in figuur 6a vooral in de gemiddelde lengte van het broed van monsterplaatsen 2+3 naar voren komt is een gevolg van relatief kleine monsters enerzijds en van lengteverschillen in het broed anderzijds.

Naast deze relatief kleine monsters waarop de bovenstaande gegevens betrekking hebben, werden er ook drie grote bodemonsters genomen. Hierbij werd ongeveer 1m^2 wadoppervlakte tot een diepte van 5 cm bemonsterd en door een zeef met maaswijdte van 3 mm gespoeld. Op 5 sept. werden op deze manier 139 kokkeltjes verzameld met een gemiddelde lengte van 5960 μ (4-12 mm). Op 9 oktober werden op monsterplaats 2 56 kokkeltjes verzameld met een gemiddelde lengte van 6550 μ (variërend tussen 4000 en 12500 μ). Op 12 november is nogmaals bij monsterplaats 2 een monster genomen en nu bleek de gemiddelde lengte van 52 kokkeltjes 8300 μ te zijn (ook variërend tussen 4000 en 12500 μ). Het is duidelijk dat deze drie grote monsters sterk selectief genomen zijn: broed kleiner dan 3,5 mm is op deze wijze niet verzameld. Het voordeel is echter dat de meeste kokkeltjes

van de tweede broedval nu buiten het monster zijn gevallen zodat het monster bijna geheel bestaat uit kokkelbroed van de eerste broedval. De gemiddelde lengte die voor deze kokkeltjes gevonden is zal daarom ook vrij dicht de werkelijke gemiddelde lengte van het broed van de eerste broedval benaderen omdat aangenomen mag worden dat het grootste deel van de kokkeltjes van de eerste broedval na ongeveer drie maanden een lengte van 3-4 mm bereikt zal hebben. Belangrijk in dit verband is echter de vraag hoe lang de groeiperiode van het Cardium-broed nog voortduurt. Strekt deze periode zich uit tot december dan zal de gemiddelde lengte van het broed nog iets toenemen en een waarde van 9 à 10 mm kunnen bereiken.

Om enigszins een beeld te krijgen over de waarde van bovenstaande gegevens worden ze vergeleken met de grootte van de eerste winterring van adulte kokkels van hetzelfde wadgedeelte. De meerderheid van deze kokkels behoort tot de jaarklasse 1963, dus tot het broed van na de strenge winter 1962/63. Naast deze zes jaar oude kokkels komen ook nog kokkels voor van broed 1962 en iets meer kokkels van broed uit de jaren na 1963. In tabel 5 is voor de verschillende jaarklassen de gemiddelde grootte van de eerste winterring weergegeven.

Uit deze tabel blijkt dat de gemiddelde lengte van het broed 1968 goed overeen komt met de gemiddelde lengte van de eerste winterring van het broed 1962 en 1967 en dat de eerste winterring van broed 1964 bijna tweemaal zo groot is als de gemiddelde lengte van het 1968-broed. De broedsels van 1963 en 1965 zijn aan het eind van de eerste winter groter dan het broed van 1968 maar kleiner dan het broed van 1964.

Deze verschillen in grootte zouden voor een deel verklaard kunnen worden door verschillen in jaartemperaturen. De laatste maanden van 1962 waren kouder dan de gemiddelde temperatuur berekend over de jaren 1930-1960 (K.N.M.I.) en dit zou van invloed kunnen zijn op de lengte van de groeiperiode van het broed. De temperatuur van het jaar 1967 lag daarentegen boven dit gemiddelde en toch wordt in dit jaar het broed maar gemiddeld 9,6 mm groot. Blijkbaar spelen er nog andere factoren een rol bij de groei van Cardium-broed. Een van deze factoren is de plaats waar de kokkels leven. In tabel 6 zijn de lengten van de eerste winterring weergegeven van kokkels die door KREGER (1940) en KRISTENSEN (1957) zijn onderzocht. Uit deze tabel blijkt heel duidelijk dat er binnen één jaar grote groeiverschillen kunnen optreden bij even oude kokkels (Achteruit, Oude Vlie en Zuidwal) en dat deze verschillen een gevolg zijn van de plaats waar de kokkels leven (Zeehondenplaat: kreek en plaat).

Ook blijkt hier weer duidelijk het verschil in groei-snelheid van kokkelbroed uit verschillende jaren.

Behalve bovengenoemde factoren (temperatuur en plaats) zullen ook factoren als planktonconcentratie in het water en waterbedekkingstijd een rol spelen. De invloed van deze beide factoren is gedeeltelijk terug te vinden in de factor "plaats".

4. Afname populatiedichtheid

Zoals uit figuur 5 en tabel 2 blijkt, neemt de populatiedichtheid van de jaarklasse 1968 eerst toe en daalt daarna weer snel. Aan deze snelle afname van het aantal jonge kokkels kunnen verschillende oorzaken ten grondslag liggen.

a) Belangrijk is allereerst de periode waarin het wad droog ligt. Voor de monsterplaatsen op het Balgzandwad gelden per getijperiode de volgende submersietijden:

monsterplaats:	6	5	4	3	2	1
submersietijd: in uren	9.30	10.00	10.00	8.50	8.30	9.30

De emersieperiode duurt dus het langst op punt 2, de plaats waar de grootste kokkeltjes voorkomen. Het gevaar voor uitdroging is dus niet zo groot, wellicht doordat op de meeste plaatsen bij laagwater nog veel water in de bodem wordt vastgehouden (zie tabel 1).

- b) Wel lijkt het gevaar groot dat bij de lange emersietijden de jonge kokkeltjes sterven als gevolg van verzoeting van het milieu door veel regenval. De zomer van 1968 is vrij nat geweest, zodat sterfte als gevolg van verzoeting niet onmogelijk geacht moet worden.
- c) Veel belangrijker lijkt de submersietijd in verband met de voedselopname. Hoe langer er water boven het wad staat, hoe meer voedsel er opgenomen kan worden. KREGER (1940) en SMIDT (1951) hebben aangetoond dat de hoeveelheid plankton bepalend is voor de groeisnelheid en dit geldt mijns inziens zeker voor jonge dieren met een hoog metabolisme.
- d) De invloed van de temperatuur op de sterfte is volgens mij niet groot te noemen. In de periode van monsternamen zijn geen extreem hoge of lage temperaturen voorgekomen.
- e) Over de invloed van andere abiotische factoren zoals substraatstructuur, hoeveelheid grove detritus en transport valt weinig met zekerheid te zeggen. Volgens KREGER (1940, p. 173) speelt de hoeveelheid grove detritus (algen, veen) een rol bij de voedselopname door jonge kokkels. Transport speelt zeker een grote rol op het Balgzandwad, vooral bij zeer kleine dieren, maar dit transport hoeft geen oorzaak van sterfte te zijn.

Verder spelen enkele biotische factoren een rol.

- f) Plaatsconcurrentie zoals door THAMDRUP (1935, p. 70) beschreven heeft in het onderzochte gebied geen betekenis omdat de aantallen adulte kokkels hiervoor veel te gering

zijn (zie fig. 3). Interessant zijn in dit opzicht de waarnemingen van KRISTENSEN (1957, p. 19) over het inzuigen van broed kleiner dan 1 mm door oude kokkels. De door de branchiale siphon ingezogen kokkeltjes werden spoedig weer door dezelfde siphon naar buiten gewerkt, maar ze waren nu bedekt met slijmvlokken waardoor ze verhinderd werden zich weer in te graven. Hoe groot deze voorgang in situ is, is niet bekend; dat het gebeurt acht KRISTENSEN zeker. Deze factor zal echter alleen van belang zijn vlak na een broedval en bij grote aantallen adulte kokkels.

g) Predatie door roofdieren speelt zeker een rol bij de populatieafname. Behalve vogels zoals eidereend en schol-ekster trekken ook veel platvissen het wad op bij hoogwater om voedsel te zoeken.

h) Infectie met parasieten speelt mogelijk een belangrijke rol in de populatieafname. STEPHEN (1932, p. 62), THAMDRUP (1935) en KRISTENSEN (1957) hebben waargenomen dat een kokkelpopulatie soms maar uit één enkele jaarklasse bestaat. Dit is de jaarklasse die gevolgd is op een zeer strenge winter, waardoor de oude kokkelpopulatie van het wad verdween. Het feit dat er zich wel een nieuwe populatie kan vestigen op een "onbewoond" wad, maar dat op een reeds met kokkels bevolkt wad een nieuwe generatie bijna geen kans krijgt om te groeien heeft geleid tot de opvatting dat de reeds aanwezige oudere kokkels een negatieve invloed uitoefenen op het nieuwe broed. Plaats-

en voedselconcurrentie zijn als deze negatieve invloeden aangemerkt.

SMIDT (1944) noemt voor het eerst parasitaire Trematoden als de veroorzakers van de grote populatieafname. KRISTENSEN (1957) heeft in de westelijke Waddenzee geen aanwijzingen gevonden voor Trematodeninfecties bij kokkels, maar zijn onderzoek besloeg slechts enkele incidentele observaties. In onderhavig onderzoek is enige aandacht besteed aan parasitaire Trematoden in kokkels. Gebleken is dat van een monster van 55 jonge, in 1968 geboren kokkels 83,7 % geïnfecteerd was met Trematoden. Al deze kokkeltjes waren groter dan 4 mm. Van de 8 niet geïnfecteerde dieren waren er 7 kleiner dan 4,75 mm. Een monster bestaande uit dieren kleiner dan 4 mm bleek niet geïnfecteerd te zijn. Verder bleek er een min of meer rechtlijnig verband te bestaan tussen de grootte van de kokkel en het aantal parasieten in het dier. Ook de adulte kokkels van het wad waren met deze Trematoden geïnfecteerd. Het gaat hier om Meiogymnophallus minutus (Cobbold, 1859), een Trematode die als eindgastheer vogels (o.a. scholekster) heeft. Als deze Trematode inderdaad de grote afname van het broed veroorzaakt dan is ook goed verklaarbaar waarom na een strenge winter, als de oude kokkelgeneratie is afgestorven, een nieuwe generatie de kans krijgt om zich te ontwikkelen. Zijn er nog oude kokkels op het wad aanwezig dan kunnen die een nieuwe generatie infecteren met als

gevolg dat deze generatie sterft. Het is op deze wijze ook zeer goed verklaarbaar waarom gedurende meerdere achtereenvolgende jaren één kokkelgeneratie overheerst op het wad.

Tegen deze hypothese zijn echter nogal wat bezwaren in te brengen. Het centrale punt in de hypothese is dat de adulte kokkels de infectie overbrengen en dat de vermeerdering van de parasiet in de nieuwe kokkel een explosief gebeuren is, waardoor er ineens zoveel parasieten ontstaan dat dit aantal dodelijk voor de kokkel is.

In 1967 hebben BOWERS & JAMES een studie gepubliceerd over de morfologie, ecologie en levenscyclus van Meiogymnophallus minutus. Uit deze studie blijkt duidelijk dat de kokkel als tweede tussengastheer fungeert en dat het aantal parasieten evenredig is aan de leeftijd en grootte van de kokkel. Hieruit volgt dat er van een explosieve ontwikkeling van de parasiet in de kokkel geen sprake is. De infectie is een accumulatief proces, waarbij individuele parasieten de gastheer binnendringen. Bovendien bleek het hier om een metacercarie te gaan en niet om de gevaarlijke sporocysten of rediën. Een sporocyst of een redie vormt door asexuele ontwikkeling van kiemcellen zeer veel nieuwe parasitaire stadia. In de maandelijkse monsters van ongeveer 500 kokkels werden nooit sporocysten of rediën gevonden, altijd alleen maar goed ontwikkelde metacercariën. Dit is een bewijs te meer dat de oude kokkels de jonge generatie niet kan infecteren

en dat de oude kokkels tweede tussengastheer zijn. Welke diersoort de eerste tussengastheer is konden BOWERS & JAMES niet ontdekken, zeker is dat het geen mollusk is die in of op de kokkelbanken leeft.

De in de kokkels aanwezige metacercariën zitten op een bepaalde plaats, zowel bij de jonge dieren als bij de oudere. Ze zitten in het mantelepitheel boven de middendarmklier en onder de slotlijst. Het aantal variëerde van 1-700 in het onderzoek van BOWERS & JAMES. Ze kwamen voor in alle kokkels ouder dan 1 jaar en in het grootste deel van het broed ouder dan 6 maanden. Kokkels kleiner dan 12 mm bleken echter nooit geïnfecteerd te zijn en in de 1 jaar oude kokkels bleken zelden meer dan 5 metacercariën aanwezig te zijn. Deze laatste gegevens verschillen echter duidelijk met de gegevens van de kokkels van het Balgzandwad. Hier werden voor kokkels met een lengte van ongeveer 10 mm aantallen Trematoden gevonden van 50-60 per dier. Ook de lengte waarbij de kokkeltjes op het Balgzandwad geïnfecteerd worden is veel kleiner: reeds kokkeltjes van 4-5 mm bleken geïnfecteerd te zijn met 2-10 Trematoden.

Daar het hier om een accumulatieve infectie gaat van parasieten die leven op een zeer bepaalde plaats en die vrijkomen in de darm van de eindgastheer, is het nog de vraag of deze Trematoden inderdaad de grote sterfte onder de kokkels veroorzaken. Het feit dat de sterfte pas in de nazomer optreedt, duidt er ook op dat er geen

directe infectie van kokkel naar kokkel plaats heeft, maar dat er een cyclus aan de gang is.

De mogelijkheid bestaat echter dat de zeer kleine kokkeltjes wel gevoelig zijn voor deze parasieten, dat er een kritiek stadium bestaat in de ontwikkeling van kokkelbroed, een stadium waarin het broed bijzonder gevoelig is voor parasieten.

B. Macoma balthica (L)

1. Broedperiode

Op het Balgzandwad werd in de bodemonsters op 14 mei het eerste broed gevonden (zie tabel 7). Een week later is de broedval maximaal. De totale broedval duurt vijf weken, van half mei tot half juni. Het begin valt twee weken eerder dan de broedval van Cardium edule en het eerste broed is kleiner dan dat van Cardium. Op 21 mei bestaat 12,4% van het totale monster van 403 dieren uit broed met een lengte tussen 200 en 400 μ . Volgens BARKER JØRGENSEN (in THORSON, 1946) heeft het grootste pelagische stadium van Macoma balthica een lengte tussen 290-315 μ . Deze lengte komt dus goed overeen met de door mij gevonden kleinste bodenstadia.

Uit tabel 7 komt echter het merkwaardige feit naar voren dat er vóór de broedval van 1968 reeds Macoma's van 900-3100 μ aanwezig zijn in vrij grote aantallen. De mogelijkheid bestaat dat deze kleine Macoma's afkomstig zijn van een zeer vroeg broed, een broedval die dan

begin april plaats gevonden moet hebben. LAMMENS (1967) geeft in zijn figuur 14 percentages Macoma's die in april, mei en juni 1963 en 1962 nog geslachtsproducten hebben. Uit deze figuur blijkt dat 1-jaar oude dieren die groter zijn dan 3 mm hun geslachtsproducten een maand eerder lozen dan de andere jaarklassen en dat half april 1962 de helft van de 1-jaar oude dieren geen geslachtsproducten meer bevatten, in april 1963 was dit 75%. Van een monster Macoma's door LAMMENS aan het einde van maart 1961 genomen, bevatten alle dieren nog geslachtsproducten, terwijl een maand later, eind april, alle geslachtsproducten reeds geloosd waren.

Er blijkt een duidelijke correlatie te bestaan tussen het moment waarop de geslachtsproducten gespuid worden en de temperatuur van het zeewater. Daar de temperatuur in maart, april en mei 1968 duidelijk hoger lag dan die van 1962 en 1963 in de overeenkomstige periode (zie figuur 7) is een zeer vroeg spuien van de geslachtsproducten in 1968 zeer wel mogelijk geweest. Deze gameten zullen dan vooral afkomstig zijn geweest van 1-jaar oude dieren die niet zo diep in de bodem leven en dus sneller een hogere milieu-temperatuur zullen ondervinden dan grotere en oudere dieren die dieper in de bodem leven.

Het valt echter te betwijfelen of larven, die zich begin april ontwikkelden reeds in de eerste week van mei een lengte van gemiddeld 1500 μ kunnen bereiken. In tabel 8 is de gemiddelde lengte van Macoma-broed per monster-

datum per monsterplaats uitgezet en dan blijken er voor dit eerste broed toch wel verschillen te bestaan in de gemiddelde lengte op de verschillende monsterplaatsen. Zo heeft het broed op monsterplaats 1 begin mei een gemiddelde lengte van 1166 mu, terwijl het broed op plaats 5 een gemiddelde lengte heeft van 2025 mu. Enige tijd later zijn deze verschillen onder invloed van de nieuwe broedval bijna geheel verdwenen. Waarschijnlijk zijn de dieren van monsterplaats 5 afkomstig van broed 1967 en zijn ze in dat jaar maar weinig gegroeid. Hetzelfde doet zich ook voor in september en oktober 1968, wanneer er ook nog vrij veel dieren met een lengte tussen 700 en 1900 mu aanwezig zijn (zie tabel 7). Ook deze dieren zullen het volgende jaar, als ze de winter overleven, een gemiddelde lengte van 2000 mu bezitten. Of het in deze gevallen gaat om dieren van een tweede broedval van Macoma komt uit deze tabel niet duidelijk naar voren. Volgens LAHMEIS (1967) is een tweede broedval, afkomstig van wadmacoma's niet mogelijk. Uit histologisch onderzoek is duidelijk gebleken dat de wadpopulaties van Macoma balthica maar één keer per jaar hun geslachtsproducten lozen, en wel in het vroege voorjaar. In de zomer en nazomer vond hij geen gonadenactiviteit. De door hem gevonden relatief kleine 1-jaars dieren in augustus acht hij afkomstig van laat-spuiende Noordzeepopulaties.

2. Verspreiding over het wad

De verdeling van Macoma balthica-broed over het Balgzandwad vertoont niet zo'n regelmatig beeld als de verdeling

van het Cardium-broed. Monsterplaats 1 heeft ook nu bijna steeds weer het meeste broed (zie figuur 8). De andere monsterplaatsen vertonen onderling niet veel verschil. De hoeveelheid broed op deze plaatsen varieert sterk in de tijd. Afgaande op de verdeling van het Cardium-broed werd ook voor Macoma-broed een dergelijke regelmatige verdeling verwacht. Daar de verspreiding eerder onregelmatig dan regelmatig is te noemen, moet er een oorzaak zijn die de verspreiding beïnvloedt op een andere manier dan bij de verspreiding van Cardium-broed. Deze oorzaak moet dan in het broed zelf gelegen zijn. Volgens mij is de oorzaak te vinden in de vorm van het broed. Macoma's van 1 mm en groter hebben een nog dunne, platte schelp met een relatief groot oppervlak. Het broed is daardoor vrij licht en zal lang aan transport onderhevig zijn, nog op plaatsen waar het bolronde, even grote maar zwaardere broed van Cardium edule reeds is uitgezakt. Het water dat bij vloed vanuit de zijarm het wad opstroomt zal mogelijk nog veel Macoma-broed meevoeren tot ver op het wad, terwijl het Cardium-broed dan reeds uitgezakt is vlak bij de zijarm.

3. Groei

Daar de gebruikte bemonsteringsmethode speciaal voor het verzamelen van Cardium edule-broed was bestemd, bestaat de kans dat de resultaten van het Macoma-onderzoek niet geheel betrouwbaar zijn. Het is mogelijk dat de oudste en grootste dieren van het 1968-broed buiten de

monsters zijn gevallen als gevolg van de te geringe diepte die bemonsterd werd. Adulte Macoma's leven op een diepte van 5-8 cm, het broed leeft echter niet zo diep. De juiste diepte waarop het broed voorkomt is echter niet bepaald. Er is tot een diepte van 25 mm bemonsterd. De gebruikte bemonsteringstechniek was voor Cardium edule-broed goed wat de diepte betreft. Dieper bemonsteren zou bij de verwerking van het materiaal grote vertraging opleveren door de grote hoeveelheid wad-materiaal die dan door de fijne zeven gespoeld moest worden. Er zijn echter wel enkele grote monsters genomen, tot een diepte van 5 cm en waarin adulte Macoma's werden aangetroffen.

Uit figuur 9 blijkt dat op de monsterpunten 2 en 3 de grootste Macoma's voorkomen en op de monsterplaatsen 1 en 6 de kleinste. De monsterplaatsen 4 en 5 schommelen, wat de lengte van het broed betreft, tussen deze twee groepen in. Dezelfde verhouding werd ook voor Cardium edule gevonden. Daar de monsterplaatsen 2 en 3 en 4 in het slibbige wadgedeelte met de vele laagwaterpoeltjes liggen, is een snelle groei op deze plaatsen niet verwonderlijk. Punt 5 met een veel lager slibgehalte dan de punten 3 en 4 heeft weinig achterblijvende poeltjes tijdens laagwater. Een achterblijven in groei ten opzichte van deze twee plaatsen zou te verwachten zijn. Punt 5 heeft echter een hoger slibgehalte dan plaats 2, terwijl op plaats 2 de groei veel beter is, maar de submersietijd korter. Blijkbaar speelt hier een andere factor, en wel transport, een rol.

De grote monsters (zie "groei" bij Cardium edule) zijn afkomstig van monsterplaats 2. Op 9 oktober werd voor 53 dieren een gemiddelde grootte gevonden van 5940 mu en op 12 november voor 102 dieren een gemiddelde lengte van 6330 mu. De grootste gemiddelde lengte van Macoma-broed zoals die uit de kleine monsters is verkregen bedraagt 4420 mu voor 5 dieren van monsterplaats 3 en 3980 mu voor 7 dieren van monsterplaats 2. Juist omdat het hier om kleine aantallen gaat, hebben de kleinere dieren in deze monsters een grote invloed op de gemiddelde lengte van alle dieren in het monster. Bij de "grote" monsters zijn deze kleine dieren - afkomstig van een late broedval of langzaam groeiende dieren van de eerste broedval - buiten beschouwing gelaten, zodat het bij de grote monsters gaat om de gemiddelde lengte van goed gegroeide dieren uit de broedval van het voorjaar. In fig. 9 zijn deze twee monsters met een cirkeltje aangegeven.

Het verloop van de krommen in figuur 9 geeft het verloop van het groeiproces van Macoma-broed dus niet geheel goed weer als gevolg van aanvoer van nieuw broed en van niet volledig bemonsteren. De twee grote monsters zijn wat dit laatste punt betreft wel volledig, maar de kleinste dieren die in deze monsters zijn verzameld waren groter dan 4,5 mm, hetgeen betekent dat de langzaam groeiende dieren van het voorjaarsbroed niet verzameld zijn. De op deze wijze verkregen monsters zullen dus een iets te hoog gemiddelde geven.

De werkelijke gemiddelde lengte van het voorjaarsbroed zal in de buurt van de 5,5 mm liggen. STEPHEN (1931) vond voor Iracoma balthica-broed aan het eind van het eerste levensjaar een lengte van 5 mm. LAMMENS (1967) vond voor broed van 1962 en 1964 in oktober van deze jaren een gemiddelde lengte van 4,3 en 5,5 mm. De waarden van LAMMENS zijn afkomstig van dieren met een lengte tussen 1,5 en 9,5 mm. De door mij gevonden gemiddelde lengte aan het eind van het eerste broedseizoen komt dus goed overeen met de door STEPHEN's en LAMMENS' gevonden waarden.

V. Samenvatting

1. De monsters zijn genomen in de periode van mei tot november 1968 op het Balgzandwad achter de marinehaven in Den Helder.

Cardium edule (L)

2. De broedval van wadkokkelpopulaties vond plaats van eind mei tot eind juni; een tweede broedval, misschien afkomstig van Noordzeepopulaties viel van half juli tot in augustus.
3. De grootste broedval had plaats dicht bij de hoofdgeul. Op de andere delen van het wad is de broedval geringer, naarmate deze delen verder van de hoofdgeul zijn gelegen.
4. Transport van broed speelt een belangrijke rol in de verspreiding van het broed over het wad.
5. Het broed heeft aan het eind van de eerste groeiperiode een gemiddelde lengte van 8,3 mm en een maximale lengte van 12,5 mm.

6. Er treedt een **sterke** afname op van het broed in de nazomer (tot 95% in drie maanden). Een verklaring hiervoor is mogelijk gelegen in een infectie van het broed met parasitaire Trematoden.

Macoma balthica (L)

7. De broedval vond plaats van half mei tot half juni.
8. De verspreiding van het broed over het wad vertoont geen bepaald patroon, misschien als gevolg van een lang transport van het relatief lichte broed.
9. De gemiddelde lengte van het broed aan het eind van het eerste levensjaar is ongeveer 5,5 mm.

VI. Literatuur

- BAGGERMAN, B. (1953): Spatfall and transport of *Cardium edule*. Arch. Néer. Zool., X (3), 315-342.
BOWERS, E.A. & B.L. JAMES (1967): Studies on the morphology, ecology and life-cycle of *Meiogymnophallus minutus* (Cobbold, 1859) comb. nov. (Trematoda: Gymnophallidae).
CREEK, G.A. (1960): The development of the lamellibranch *Cardium edule* L. Proc. zool. Soc. Lond., Vol. 135 (2), 243-260.
K.N.M.I. (1960-1968): Dagelijkse en maandelijkse weerkaarten, berichten en samenvattingen.
KREGER, D. (1940): On the ecology of *Cardium edule* L. Arch. Néer. Zool., IV, 157-200.
KRISTENSEN, I. (1957): Differences in density and growth in a cockle population in the Dutch Wadden Sea. Arch. Néer. Zool., XII (3), 351-453.

- LAMMENS, J.J. (1967): Growth and reproduction in a tidal flat population of *Macoma balthica* (L). Neth. Journ. Sea Research 3 (3), 315-382.
- MUUS, B.J. (1967): The fauna of Danish estuaries and lagoons. Medel. fra Danm. Fisk.-og Havunders., N.S. 5 (1), 157-165.
- ORTON, J.H. (1926): On the rate of growth of *Cardium edule*. Part 1. Experimental observations. Journ. Mar. Biol. Ass., Vol. XIV (N.S.), 239-279.
- PFITZENMEYER, H.T. (1962): Periods of spawning and settling of the soft-shelled clam, *Mya arenaria* L, at Solomons, Maryland. Chesapeake Science 3 (2), 114-120.
- SMIDT, E L B. (1944): Das Wattenmeer bei Skallingen, no. 3: The effects of ice winters on marine littoral faunas. Folia Geographica Danica II (3), 1-36.
- SMIDT, E.L.B. (1951): Animal production in the Danish Wadden Sea. Meded. Komm. Danm. Fisk.-og Havunders., Ser. Fisk. 11, 1-151.
- STEPHEN, A.C. (1931): Notes on the biology of certain Lamellibranchs on the Scottish Coast. Journ. Mar. Biol. Ass. XVII (N.S.), 277-300.
- STEPHEN, A.C. (1932): Notes on the biology of some Lamellibranchs in the Clyde Area. Journ. Mar. Biol. Ass. XVIII (N.S.), 51-68.
- THAIDRUP, H.M. (1935): Beiträge zur Ökologie der Wattenfauna. Medd. Komm. Danm. Fisk.-og Havunders., Ser. Fisk., X (2), 1-125.
- THORSON, G. (1946): Reproduction and Larval Development of Danish Marine Bottom Invertebrates, etc. Komm. Danm. Fisk.-og Havunders., Ser. Plankt. Bd 4.

VELDHUYZEN, P. (1968): Verslag van een onderzoek naar de
gonadentoestand van *Cardium edule*. Werkverslag N.I.O.Z.
Den Helder.

WALTON, C.L. (1919): A contribution to the ecology of
some cockle beds. Report Lancashire Sea-Fish. Lab.,
28, 34-46.

tabel 1.: Percentuele samenstelling en watergehalte van de
wadbodem op de monsterpunten 0 - 6 op het Balg-
zandwad achter de marinehaven in Den Helder.

plaats	6	5	4	3	2	1	0
watergeh.							
berekend	43,85	46,43	62,26	59,42	40,95	29,20	27,33
over natgew.							
zandfractie							
> 1000 mu	0,15	0,19	0,48	0,75	0,15	0,07	0,18
1000-630 "	0,35	0,38	1,22	1,88	0,38	0,20	0,06
630-500 "	0,23	0,29	0,70	1,05	0,20	0,12	0,04
500-400 "	0,27	0,40	0,97	1,92	0,23	0,12	0,04
400-315 "	0,44	0,77	1,67	3,93	0,38	1,74	0,06
315-250 "	1,74	1,21	1,86	5,07	0,99	0,37	0,17
250-160 "	11,04	5,52	4,50	7,97	6,42	16,21	17,24
160- 80 "	29,04	32,44	10,84	13,11	45,01	54,96	58,48
< 80 "	17,98	17,36	10,93	4,72	13,65	7,58	9,68
slibfractie	39,07	42,14	67,00	63,96	32,41	20,44	13,84

De percentages van de zandfracties en het slibgehalte
zijn berekend over het drooggewicht van het monster.

Tabel 2.

Gemiddelde lengte van het Cardium edule-broed 1968 op de monsterplaatsen 1 t/m 6 op het Balgzandwad, uitgedrukt in mu. Tussen haakjes de absolute aantallen.

datum:	plaats:					
	1	2	3	4	5	6
	gemiddelde 487					
27- 5-1968	(1)	(0)	(0)	(0)	(1)	(0)
5- 6-1968	821 (23)	-----gem. 825 (2)	-----gem. 825 (2)	-----gem. 825 (1)	-----gem. 825 (0)	-----gem. 825 (2)
11- 6-1969	822 (55)	969 (14)	-----gem. 928 (3)	-----gem. 928 (3)	-----gem. 928 (6)	-----gem. 928 (0)
18- 6-1968	923 (110)	1120 (49)	-----gem. 1101 (10)	-----gem. 1101 (10)	-----gem. 1101 (7)	-----gem. 1101 (1)
25- 6-1968	1286 (175)	1327 (71)	-----gem. 1339 (20)	-----gem. 1339 (-)	-----gem. 1339 (-)	-----gem. 1339 (2)
3- 7-1968	1650 (174)	1510 (83)	1343 (37)	1573 (17)	1663 (13)	1333 (3)
16- 7-1968	1744 (162)	1987 (88)	1595 (38)	1875 (32)	1746 (22)	733 (3)
12- 8-1968	1133 (174)	2498 (62)	2593 (12)	2448 (12)	2097 (18)	1053 (7)
26- 8-1968	1302 (217)	3103 (48)	3137 (5)	2604 (6)	2385 (12)	1750 (4)
17- 9-1968	1119 (91)	4391 (34)	4220 (10)	1500 (2)	1437 (5)	1487 (5)
2-10-1968	1089 (30)	1910 (16)	2013 (5)	-	-	-
16-10-1968	1100 (11)	1900 (11)	1850 (4)	-	-	-

N.B. : In tabel 2 en in figuur 6 zijn voor monsterplaats 2 en 3 de gemiddelde lengten berekend over het hele monster, waardoor de gemiddelde lengten gaan afnemen onder invloed van nieuw broed. In figuur 6a is voor deze plaatsen een scheiding gemaakt in oud en jong broed. Deze scheiding is gemaakt voor de laatste monsters, die uit oktober. De gemiddelde lengte van oud broed stijgt door deze bewerking tot 6300 resp. 7250 mu op 2 en 16 oktober. Voor het monster van 17 september was deze scheiding niet mogelijk met als gevolg dat dit monster een zeer grote spreiding heeft.

Tabel 3.

Samenstelling van de Cardium edule-monsters van het Balgzandwad.
De aantallen per monsterdatum zijn afkomstig van 0,1 m².

200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	mu
400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	en grot.	

monster-

plaats 1.

27-5-1968-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5-6	-	4	7	8	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-
11-6	-	14	18	9	10	3	-	-	1	-	-	-	-	-
18-6	-	9	28	41	20	3	4	5	-	-	-	-	-	1
25-6	-	5	10	33	40	39	17	10	6	6	6	1	-	2
3-7	-	2	10	12	15	17	23	27	40	14	5	4	4	3
16-7	-	10	7	9	12	12	18	20	21	14	12	6	9	12
12-8	-	3	26	61	34	22	11	7	6	2	-	-	1	1
26-8	-	11	35	55	20	18	15	15	16	10	10	2	7	3
17-9	-	5	22	18	13	13	6	6	5	1	-	-	1	1
2-10	-	-	2	14	7	3	2	1	-	1	-	-	-	-
16-10	-	-	-	3	5	3	-	-	-	-	-	-	-	-

monster-

plaats 2.

27-5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
5-6	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	3
11-6	-	1	4	1	3	4	-	-	-	-	-	-	-	-
18-6	-	2	9	11	7	9	7	3	1	-	-	-	-	-
25-6	-	-	-	10	19	14	16	4	6	1	-	1	-	-
3-7	-	2	4	9	6	10	15	19	10	3	-	3	1	1
16-7	-	-	-	4	5	6	9	12	13	13	8	5	5	8
12-8	-	-	2	2	2	1	3	2	8	2	6	5	9	21
26-8	-	-	2	-	1	-	3	-	7	1	-	3	5	27
17-9	-	-	-	1	2	-	-	3	-	-	3	2	-	23
2-10	-	-	-	1	2	1	4	1	-	1	2	-	-	4
16-10	-	-	-	1	2	-	1	2	1	-	-	-	-	4

monster-

plaats 3.

27-5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2
5-6	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11-6	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
18-6	-	-	3	3	3	-	-	1	-	-	-	-	-	-
25-6	-	-	-	3	8	1	4	-	1	3	-	-	-	-
3-7	-	1	3	5	2	8	8	6	2	1	1	-	-	-
16-7	-	-	1	4	2	5	7	2	3	3	2	2	1	1
12-8	-	-	-	-	-	-	1	2	2	1	1	-	-	6
26-8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2	-	3
17-9	-	-	1	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	7
2-10	-	-	-	-	1	-	-	-	2	-	-	-	-	2
16-10	-	-	-	1	-	-	1	1	-	-	-	-	-	1

Tabel 4.

Aantal en grootte van kokkelbroed in de maanden mei en juni 1968 op het Balgzandwad achter de marinehaven in Den Helder.

datum:	aantal kokk. herfst '67	gem. lengte in mu	aantal kokk. voorjaar '68	gem. lengte in mu
8-5-1968	11	2280	0	-
14-5-	9	2680	0	-
21-5	13	2870	0	-
27-5	10	3500	2	487
5-6	8	3600	30	822
11-6	3	4230	80	862

Tabel 5.

Gemiddelde grootte van de eerste winterring van kokkels van de jaarklassen 1962 - 1967.

jaarklasse	aantal winterr.	N	gem. grootte 1ste winterr.	datum monster
1962	6	22	8,0 mm	9-10-1968
1963	5	79	12,5	"
1963	5	32	12,3	2-10-1968
1964	4	4	15,8	9-10-1968
1965	3	3	12,5	"
1967	1	11	9,6	5- 9-1968
1968	0	52	8,3	12-11-1968

Tabel 6.

Gemiddelde lengte van de eerste winterring van kokkele uit de Waddenzee, door KREGER en KRISTENSEN geanalyseerd.

auter:	plaats	datum monster	jaarklasse	aantal	gem. lengte winterr. 1ste winterr.
KREGER (1940)	bank in "Achteruit"	25-5-1937	1936	0	19,8 - 22,8
	Oude Vlie 4,5 m diep	7-6-1937	1936	1	23,3
	Zuidwal	april '37	1936	0	18,5
KRISTENSEN (1957)	Zeehondenplaat				
	plaat	1948	1947	1	19,0
	kreek	"	"	"	13,6
	plaat	1952	1951	1	17,8
	kreek	"	"	"	13,0

Behalve bovengenoemde factoren (temperatuur en plaats) zullen ook factoren als planktonconcentratie in het water en waterbedekkingstijd een rol spelen. De invloed van deze beide factoren is gedeeltelijk terug te vinden in de factor "plaats".

Tabel 7.

Samenstelling van de Macoma balthica-monsters op het Balgzandwad.
De aantallen per monsterdatum zijn afkomstig van 0,05 m².

200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	mu
400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	en grot.	

monster-
plaats 1.

8- 5	-	-	-	2	2	5	-	-	-	-	-	-	-	-
14- 5	4	41	34	14	15	18	15	13	13	9	2	-	-	-
21- 5	1	8	15	30	17	15	9	4	5	6	6	2	1	-
27- 5	-	28	22	22	14	16	16	3	3	2	1	1	-	-
5- 6	-	15	23	30	13	27	19	11	10	5	3	2	1	1
11- 6	1	17	18	23	19	24	28	17	5	4	3	1	-	2
18- 6	2	23	10	14	12	20	10	7	9	2	2	1	-	2
25- 6	-	5	9	10	12	9	7	6	3	3	-	-	-	-
3- 7	-	3	11	11	3	6	7	6	5	5	5	2	-	3
16- 7	-	2	16	10	9	5	5	2	10	4	5	1	-	1
12- 8	-	-	6	9	5	3	5	5	8	5	2	4	3	2
26- 8	-	1	5	10	5	4	1	-	2	6	2	1	2	2
17- 9	-	1	7	11	1	1	6	5	4	1	1	3	1	2
2-10	-	-	-	5	1	1	1	4	2	-	-	-	3	2
16-10	-	-	1	6	1	1	3	1	-	1	-	-	1	1

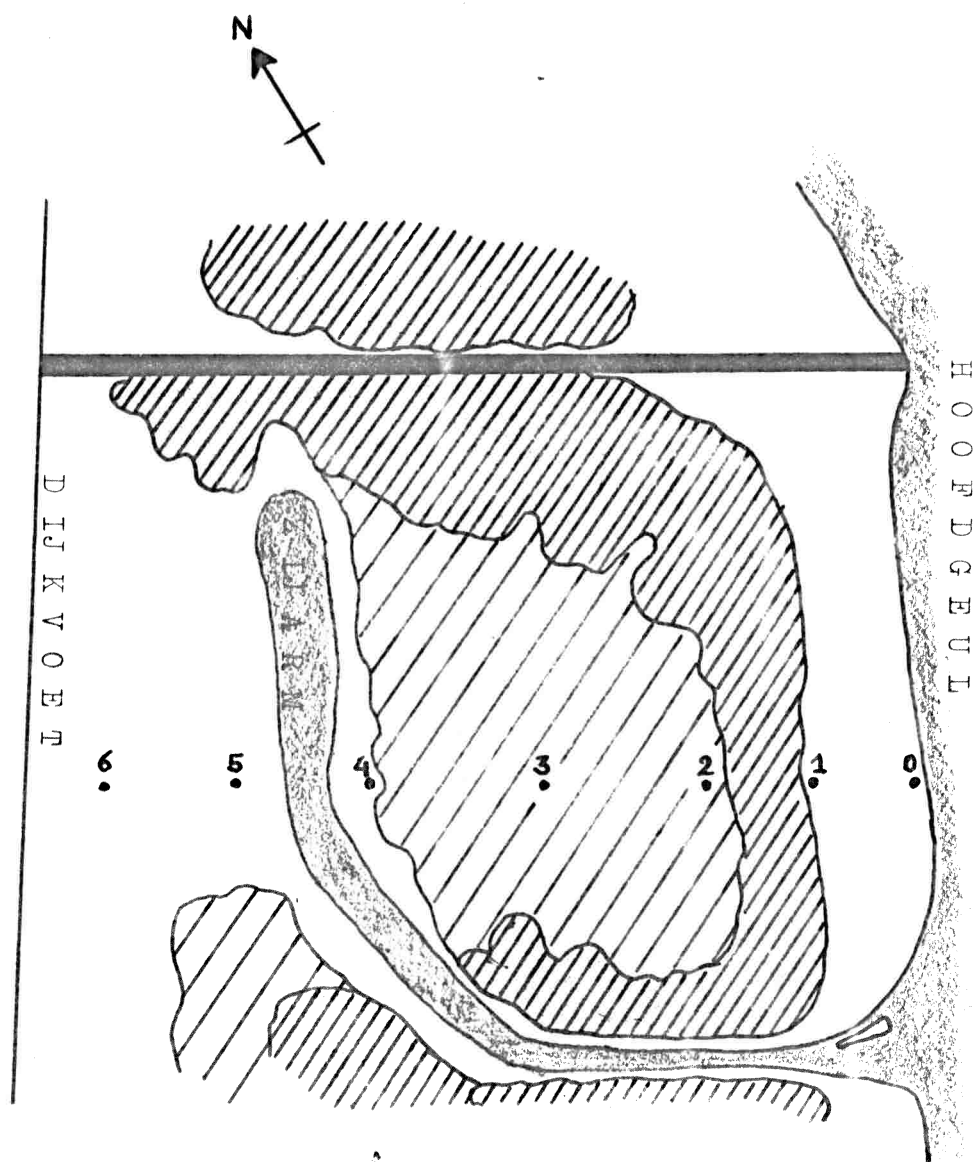
monster-
plaats 2.

8- 5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14- 5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21- 5	31	12	3	2	4	2	5	-	1	-	2	2	1	-
27- 5	2	5	8	3	2	5	2	-	-	1	1	1	-	3
5- 6	-	2	1	6	4	12	7	8	2	1	-	1	-	2
11- 6	-	4	3	6	4	7	8	15	7	5	4	1	1	-
18- 6	-	1	1	3	1	8	5	9	14	4	6	-	1	-
25- 6	-	-	-	3	1	3	1	5	8	-	3	-	-	2
3- 7	-	-	1	4	1	1	4	3	6	5	8	7	7	2
16- 7	-	-	3	2	2	3	6	4	5	8	5	5	2	10
12- 8	-	-	1	4	2	2	2	2	2	2	3	2	6	21
26- 8	-	-	3	2	-	-	1	2	2	3	2	1	1	5
17- 9	-	-	1	1	-	-	-	1	1	1	1	-	1	4
2-10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7
16-10	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	3	-	2

Tabel 8.

Gemiddelde lengte van het Macoma balthica-broed 1968 op de monsterplaatsen 1 t/m 6 op het Balgzandwad, uitgedrukt in mu. Tussen haakjes de absolute aantallen per 0,05 m².

datum:	plaats:					
	1	2	3	4	5	6
8- 5-1968	1166 (9)	-	1480 (10)	-	2025 (32)	-
14- 5-1968	1072 (178)	-	1178 (64)	-	1735 (11)	-
21- 5-1968	1209 (119)	737 (65)	1075 (41)	1226 (46)	993 (101)	1474 (31)
27- 5-1968	1095 (117)	1096 (30)	900 (53)	1097 (73)	1046 (41)	1712 (16)
5- 6-1968	1202 (162)	1388 (45)	1227 (63)	1302 (72)	1014 (56)	1000 (24)
11- 6-1968	1223 (162)	1518 (65)	1507 (56)	1300 (96)	1233 (104)	1155 (47)
18- 6-1968	1142 (114)	1692 (53)	1683 (74)	1365 (58)	1356 (81)	1159 (51)
25- 6-1968	1178 (64)	1708 (25)	1609 (68)	-	-	1117 (47)
3- 7-1968	1449 (67)	2047 (49)	1969 (64)	1608 (48)	1390 (89)	1325 (24)
16- 7-1968	1333 (70)	2041 (55)	2177 (26)	1450 (24)	1802 (74)	1752 (53)
12- 8-1968	1645 (58)	2484 (49)	2566 (18)	2833 (12)	1574 (35)	1614 (28)
26- 8-1968	1471 (41)	2064 (22)	3220 (10)	3337 (16)	2482 (11)	1850 (24)
17- 9-1968	1464 (44)	2609 (11)	3328 (7)	2700 (8)	2150 (4)	1500 (11)
2-10-1968	1774 (19)	3986 (7)	4420 (5)	-	1900 (1)	1800 (2)
16-10-1968	1425 (16)	2843 (7)	2700 (3)	2050 (4)	1500 (1)	1400 (4)

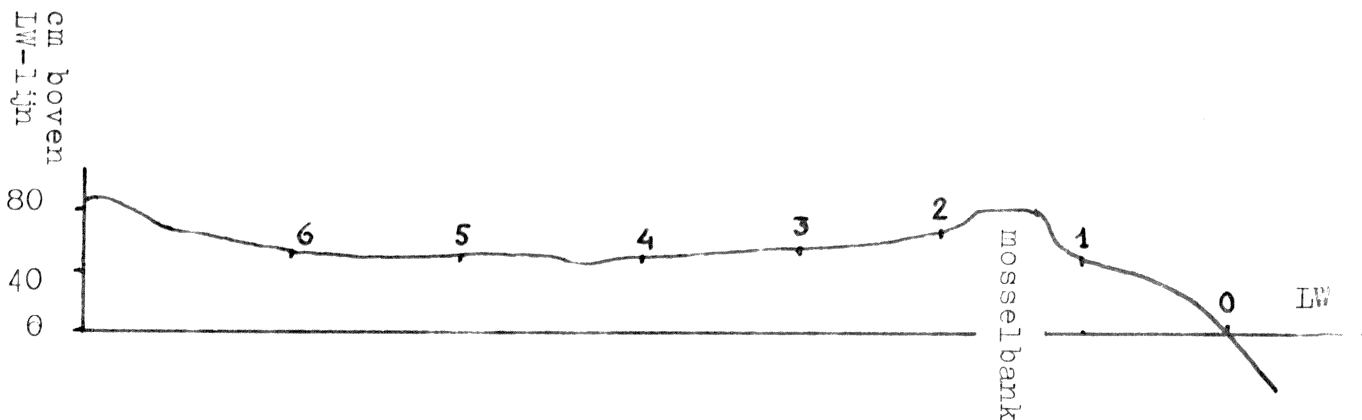


3
monsterpunt

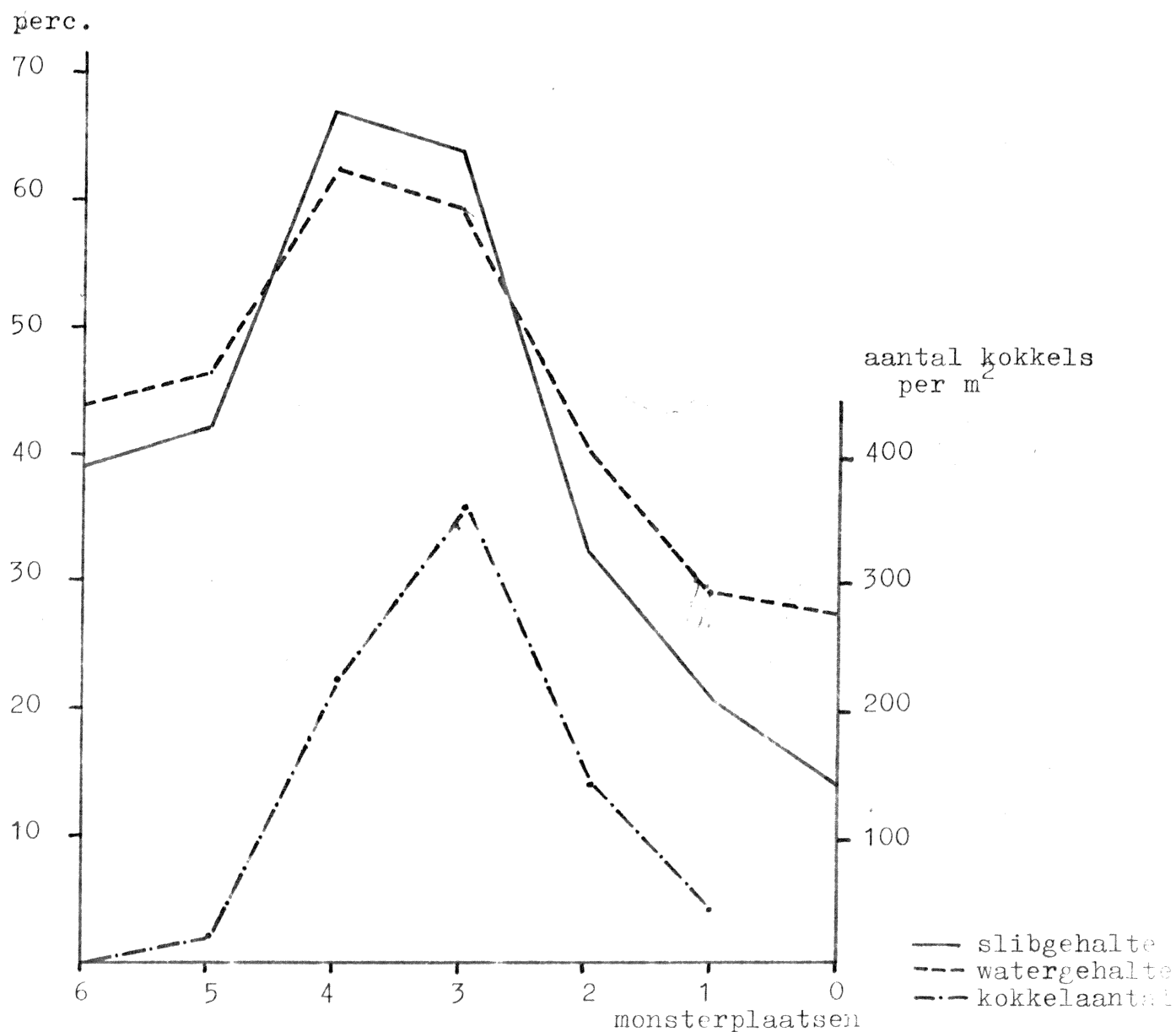
-  mosselbank
-  mosselveld
-  water
-  Vangdam

Figuur 1. Geschematiseerd overzicht van de situatie bij laagwater op het Balgzandwad achter de marinehaven in Den Helder.

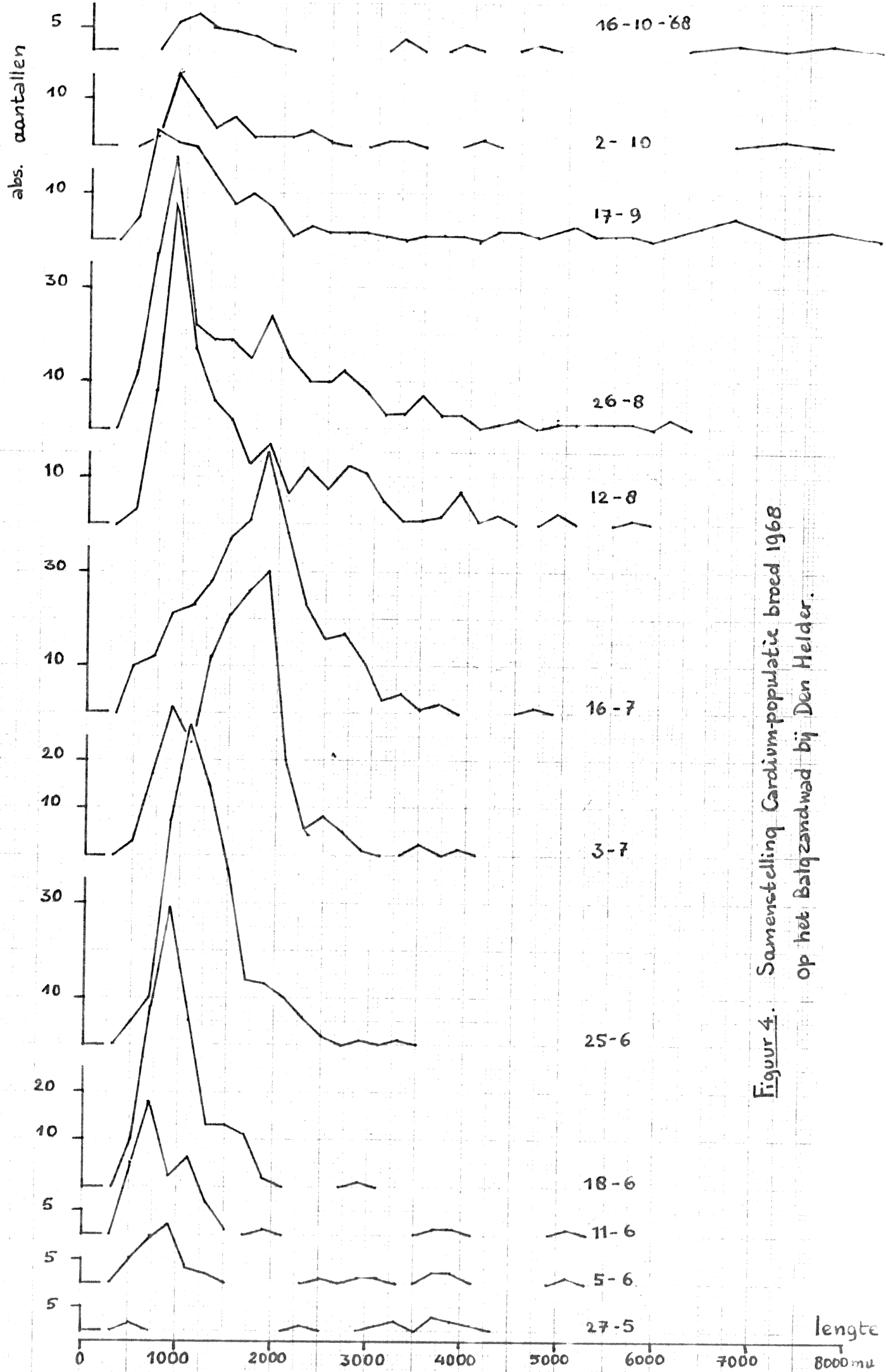
Afstand dijkvoet-hoofdgeul is 160 m.



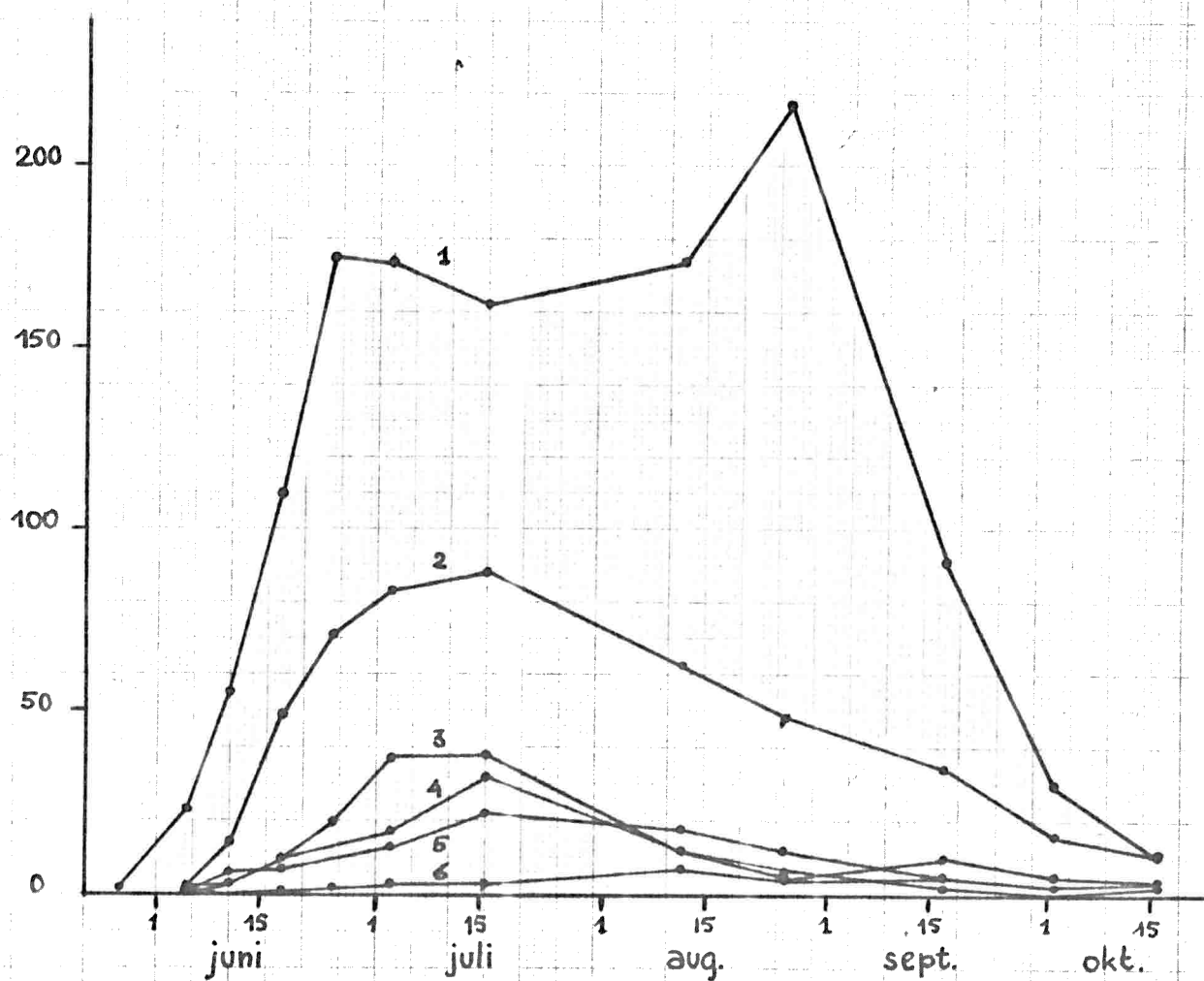
Figuur 2. Doorsnede door het Balgzandwad achter de marinehaven in Den Helder.
 schaal 1:1000



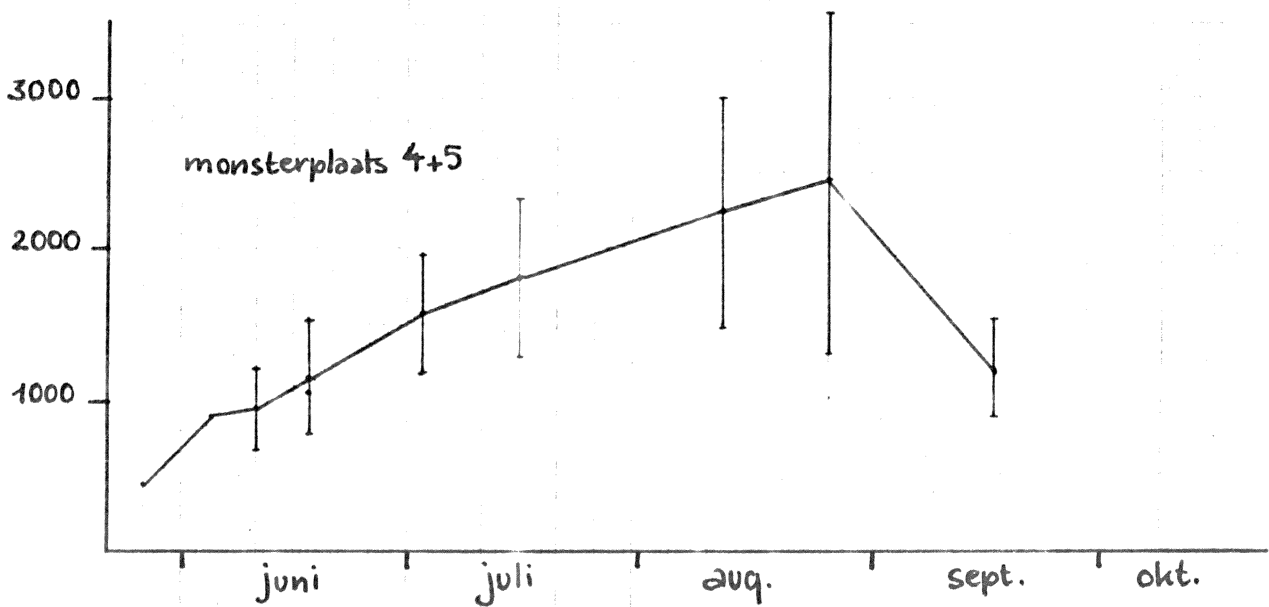
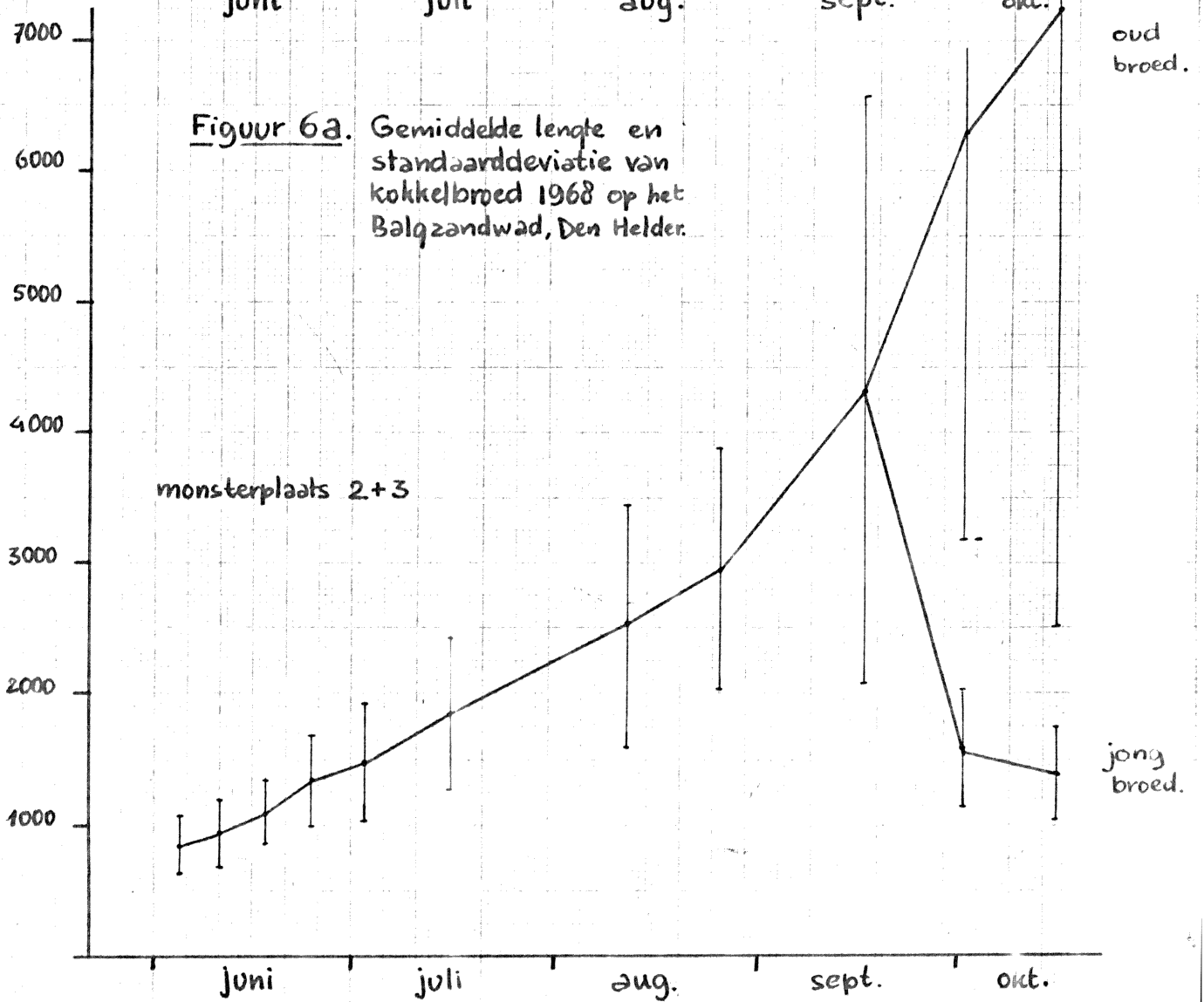
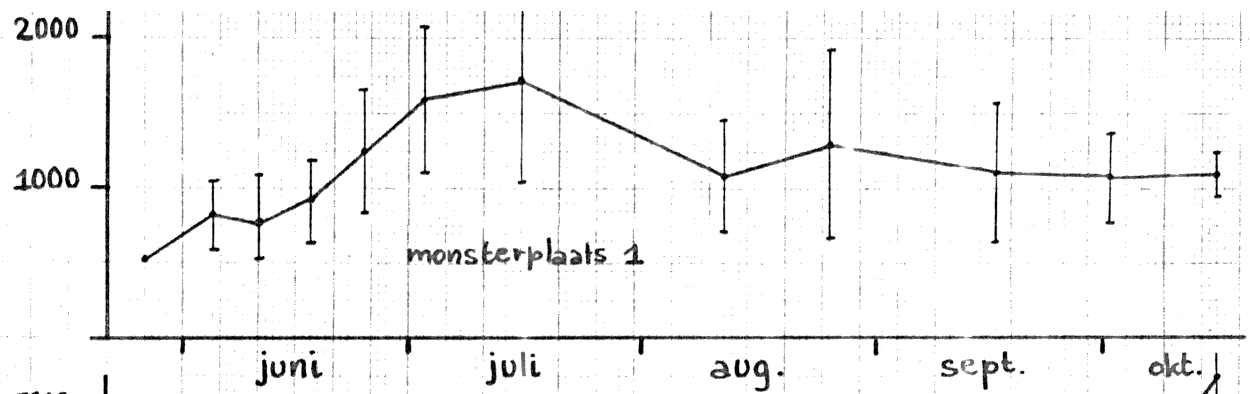
Figuur 3. Slibgehalte en watergehalte van de bodem en kokkelaantal op de monsterplaatsen van het Balgzandwad.



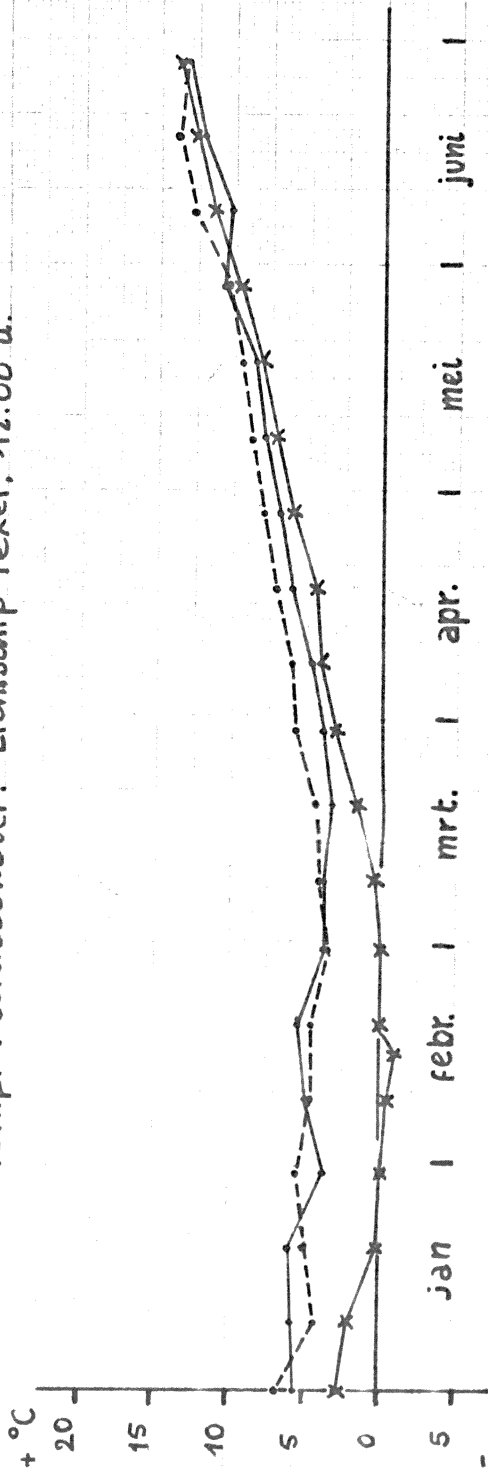
Figuur 4. Samenstelling Cardium-populatie broed 1968 op het Balgzandwad bij Den Helder.



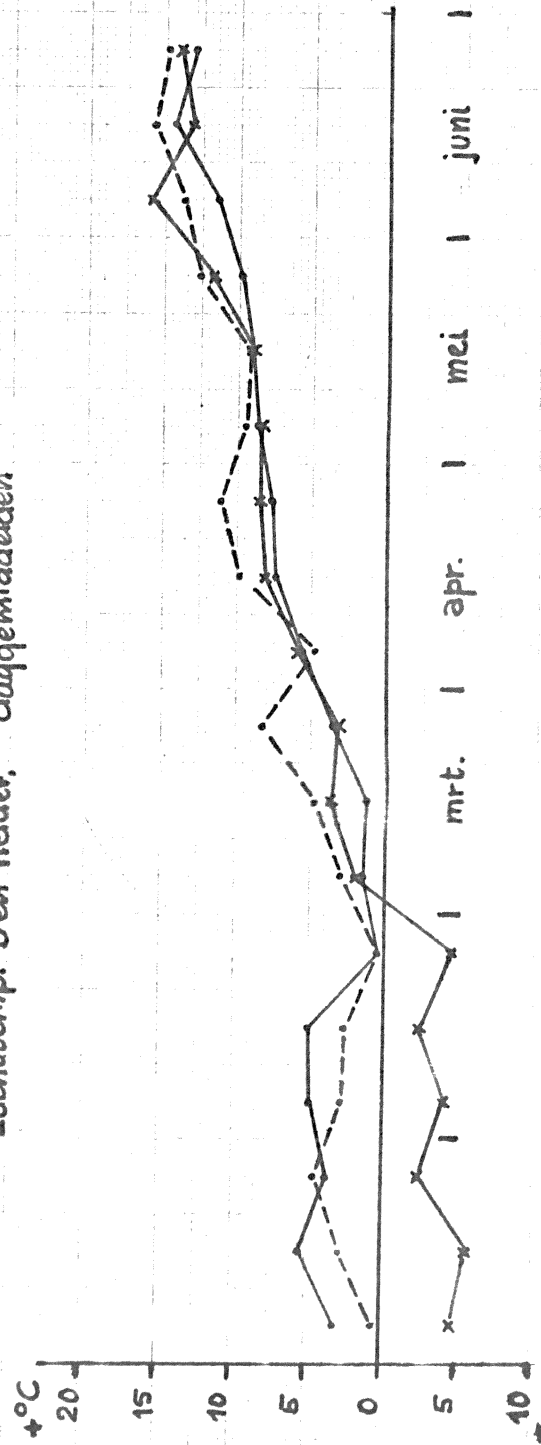
Figuur 5: Aantal jonge kokkels per monsterplaats uitgezet tegen de tijd. Balgzandwad.
De nummers wijzen op de monsterplaatsen.



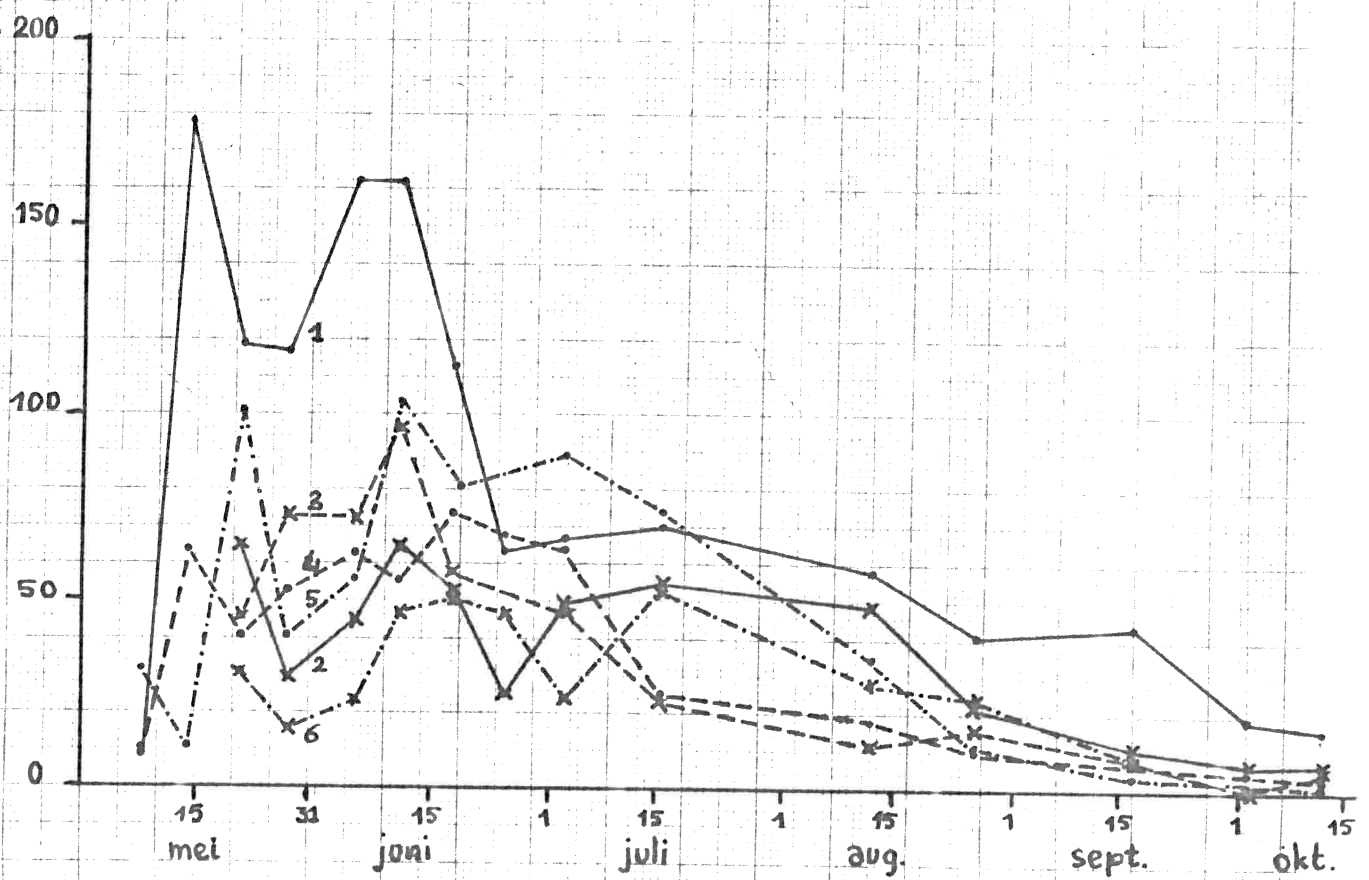
Temp. Noordzeewater. Lichtschip Texel, 12.00 u.



Luchttemp. Den Helder, daggemiddelden

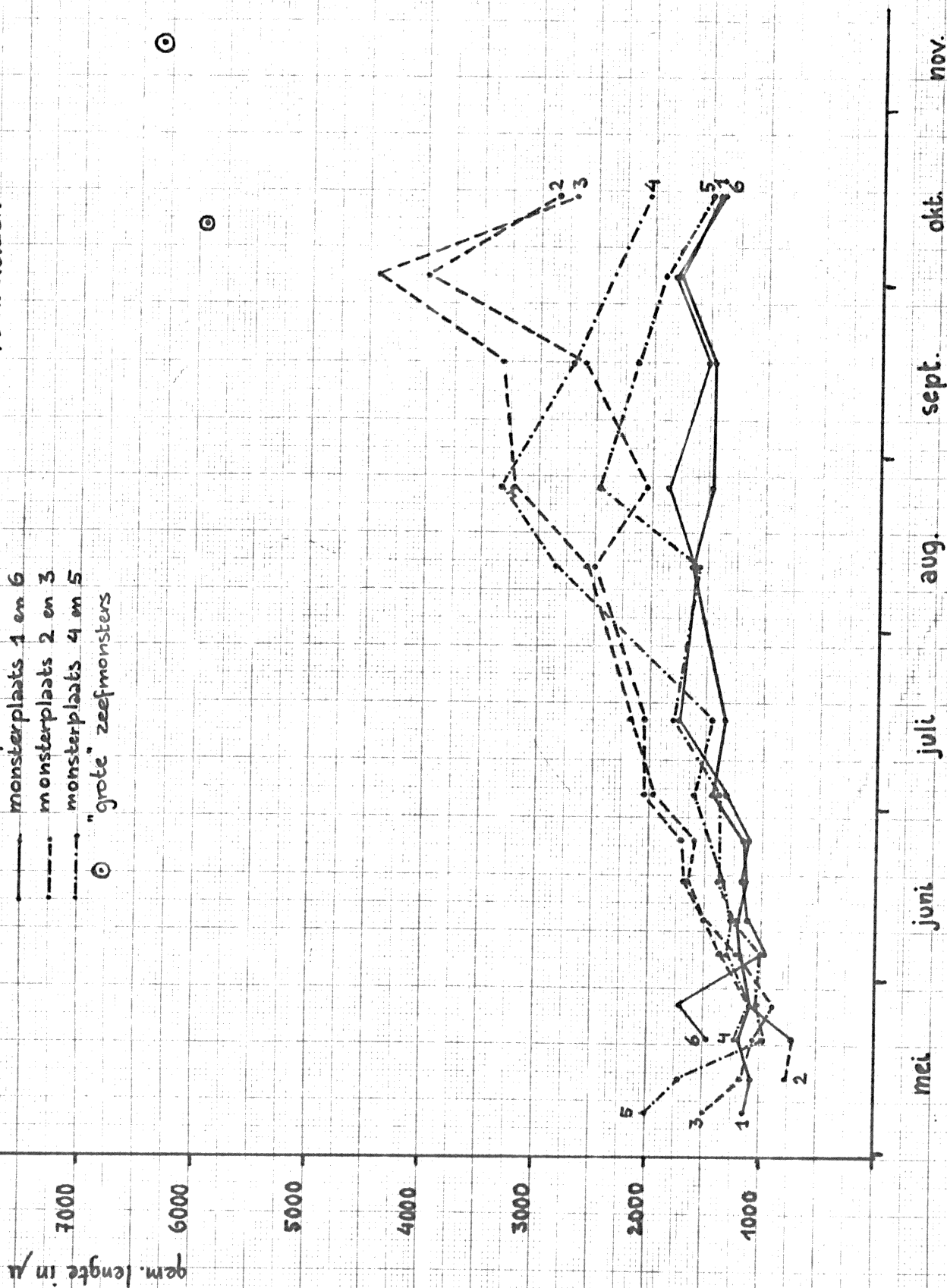


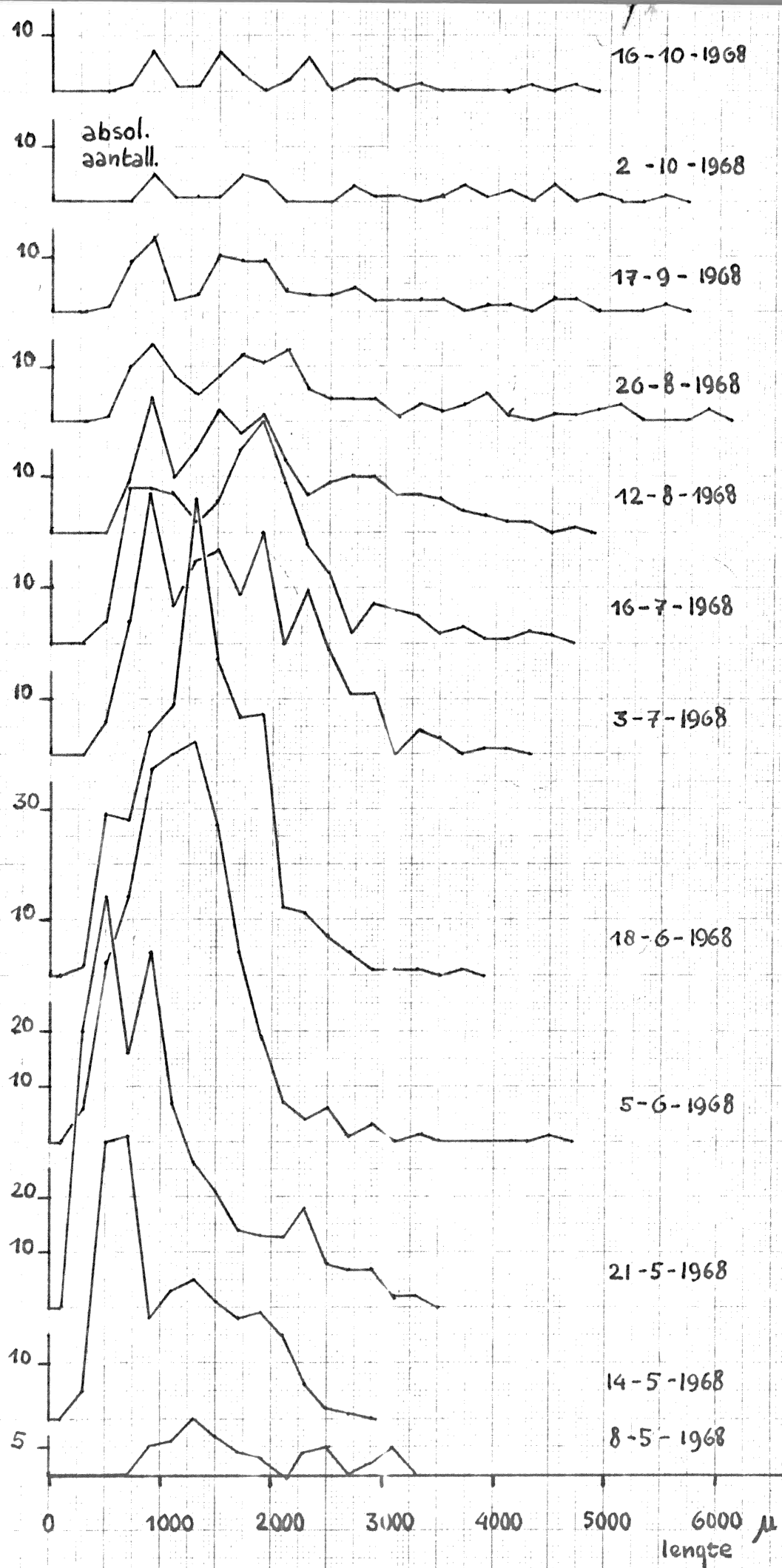
Figuur 7. Temperatuursverloop van januari tot en met juni voor de jaren 1962, 1963 en 1968 voor Noordzeewater (boven) en lucht (onder)



Figuur 8: Aantal jonge Macoma's per monsterplaats uitgezet tegen de tijd. Balgzandwad, Den Helder
De nummers verwijzen naar de monsterplaatsen.

Figuur 9. Gemiddelde lengte *Macoma baltica*-broed 1968 op de monsterplaatsen op het Balgzandwad achter de marinehaven, Den Helder.





Figuur 10. Samenstelling *Macoma populiæ* broed 1968

Balqzandwad, Den Helder.