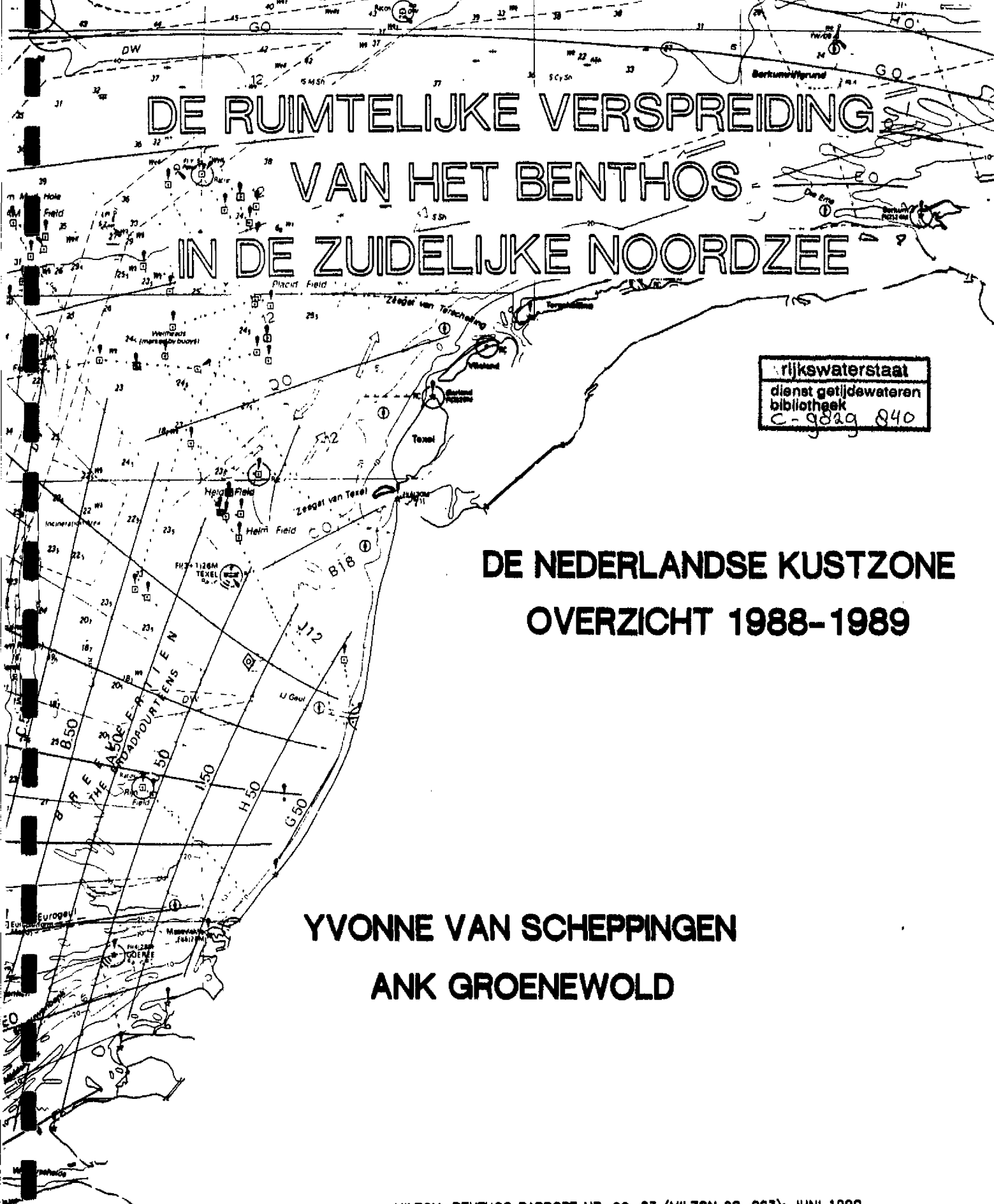


DE RUIMTELIJKE VERSPREIDING VAN HET BENTHOS IN DE ZUIDELIJKE NOORDZEE



Rijkswaterstaat
dienst getijdewateren
bibliotheek
C-9829 840

DE NEDERLANDSE KUSTZONE OVERZICHT 1988-1989

YVONNE VAN SCHEPPINGEN
ANK GROENEWOLD

MILZON-BENTHOS RAPPORT NR. 90-03 (MILZON 90-003): JUNI 1990
RIJKSWATERSTAAT - DIRECTIE NOORDZEE
- DIENST GETIJDWATEREN
STICHTING TER BEVORDERING VAN DE NEDERLANDSE OCEANOGRAFIE



1944
1945
1946
1947
1948
1949
1950
1951
1952
1953
1954
1955
1956
1957
1958
1959
1960
1961
1962
1963
1964
1965
1966
1967
1968
1969
1970
1971
1972
1973
1974
1975
1976
1977
1978
1979
1980
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025

1944
1945
1946
1947
1948
1949
1950
1951
1952
1953
1954
1955
1956
1957
1958
1959
1960
1961
1962
1963
1964
1965
1966
1967
1968
1969
1970
1971
1972
1973
1974
1975
1976
1977
1978
1979
1980
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025

INHOUDSOPGAVE

SUMMARY	1
SAMENVATTING	3
VOORWOORD	5
TAAKVERDELING EN DANKWOORD.	6
INLEIDING	7
MATERIAAL EN METHODEN	9
1. Het gebied	9
2. Tijdstip van bemonstering.	9
3. Voedingstypen.	9
4. Nematoda/Copepoda ratio	10
5. Diversiteit	10
A. Dominantie index van Simpson	10
B. Heip-index voor evenness	10
C. Hill's diversiteitsreeks	11
6. Classificatie.	11
RESULTATEN.	12
1. Macrobenthos	12
A. Samenstelling	12
B. Dichtheid en biomassa	12
C. Diversiteit	13
D. Voedingstypen	13
E. Classificatie	13
F. Correlaties tussen het macrobenthos en de abiotische factoren .14	
2. Meiobenthos	15
A. Samenstelling	15
B. Dichtheid en verspreiding	15
C. Nematoda/Copepoda ratio	16
D. Diversiteit	16
E. Classificatie	17
F. Correlatie tussen het meiobenthos en de abiotische factoren .18	
DISCUSSIE	19
1. Macrobenthos	19
A. Algemeen	19
B. Classificatie	19
C. Correlatie tussen het macrobenthos en de abiotische factoren .20	
2. Meiobenthos	21
A. Algemeen	21
B. Classificatie	22
C. Correlatie tussen het meiobenthos en de abiotische factoren .23	
3. Correlaties tussen het macro- en het meiobenthos	24
4. Toekomstige onderzoeks-lijnen in het macro- en meiobenthos . .24	
5. Terugkoppeling doelstellingen.	25
LITERATUUR.	26
TABELLEN 1 T/M 13	
FIGUREN 1 T/M 75	

SUMMARY

Within the framework of the MILZON-benthos research project 420 bottomsamples were taken in the North Sea in the western and northern coastal zone of the Netherlands during the late spring of 1988 and 1989. The aim of this project is to construct a detailed zoobenthos map, in order to look for possible zonations in the area and to investigate the relationship between the benthos and abiotic factors.

The three former reports (Groenewold & van Scheppingen, 1988a, 1989a and 1990) contain detailed information on each of the areas studied.

The investigations of 1988 and 1989 present a complete map and overall view of the western and northern coastal zone (up to 40 - 65 km from the coast) and attempt to come to some general conclusions (Fig. 1 and 2).

For macrobenthos 334 samples were sorted and 154 species were found. Densities and biomasses were found to be highest in a small coastal zone of circa 10 km. Apart from this small zone, the area along the northern coast seems to be richer in species number, density and biomass, than the area along the western coast.

TWINSpan-clusteranalysis (Hill, 1979) with the macrobenthic densities as well as with the biomasses resulted in 4 major clusters (Fig. 28):

1. An offshore zone in the southwestern part of the investigated area. This zone is rather poor, with few species per sample, low densities and biomasses.
2. A transition zone in the southwestern part. Somewhat richer than cluster 1.
3. An offshore zone in the northeastern part. A much richer zone compared to the clusters 1 and 2. Many more species per sample, much higher densities and biomasses. This zone is more connected with cluster 2 (transition zone) than with the southern offshore area.
4. Coastal zone. The richest part of the whole area. Bivalves play an important role here, unlike the other zones.

The meiobenthos of 279 stations were sorted and 12 true taxa were found. Highest densities were also found in the coastal zone of about 10 km, with the exception of the area around the Wadden Islands Texel and Vlieland.

TWINSpan-clusteranalysis of the meiobenthic taxon densities too resulted in 4 major clusters (Fig. 72):

1. Offshore zones in the southern, northwestern and extreme northeastern parts. Meiobenthic density is intermediate between clusters 2 and 4. They contain high taxon numbers and relatively high diversities. The Nematoda/Copepoda (N/C) ratio is rather low. All taxa, especially Copepoda, Tardigrada and Ostracoda, are present in relatively high densities.
2. Mostly stations belonging to the western area. They are characterized by high Gastrotricha numbers. Total meiobenthic density is generally low. The N/C ratio is low and the diversity is high.
3. Stations belonging to this cluster are found dispersed over the whole area, but the highest concentrations are found in the northeastern and midwestern area. Meiobenthic density is also low. Nematoda and Gastrotricha are the numerically most important taxa. The N/C ratio is high, while the diversity is relatively low.
4. These stations are mainly found in the small coastal zone (up to 12 km from the coast), with the exception of the area around Texel and Vlieland. Meiobenthic densities, especially the Nematoda numbers, are very high, as well as the N/C ratio's. The number of taxa is low as well as are their densities (except the Polychaeta). Diversity is extremely low.

The macro- and meiobenthos in the northern and southwestern coastal parts show roughly the same division in areas (Fig. 28 and 72), but the number of meiobenthic taxa and the densities of the different taxa per station on average behave opposite to macrobenthic richness and densities. A (species-) poor macrobenthic community coincides with a rich meiofauna community that shows a great diversity, and vice versa. Macrobenthic species numbers is negatively correlated to meiobenthic diversity, but the contradictory relationship cannot be confirmed in linear regression analysis between the separate densities or taxa. On the other hand the density of the Nematoda (together with the total density of the meiobenthos) shows a slightly positive linear correlation with the macrobenthos.

The linear correlation between the zoöbenthos and abiotic factors (median grain size, mud, chlorophyll-a, salinity and depth) proves to be rather poor. Median grain size shows the strongest (but still relatively weak) linear correlations with the benthos, although the distribution of the meiobenthic- and, in a somewhat lesser way, the macrobenthic clusters roughly matches the distribution of coarse and fine sediments.

SAMENVATTING

In het kader van het MILZON-benthos onderzoeks project zijn, in het late voorjaar van 1988 en 1989, 420 bodemonsters genomen in de Noordzee in de westelijke en noordelijke kustzone van Nederland. Het doel van dit project is het construeren van een gedetailleerde zoëbenthos kaart, het zoeken naar mogelijke zoneringen in het gebied en het onderzoeken van de relatie tussen het benthos en abiotische factoren.

Drie eerder verschenen deelrapporten (Groenewold & van Scheppingen, 1988a, 1989a en 1990) bevatten gedetailleerde informatie over de bestudeerde deelgebieden.

De studies van 1988 en 1989 tonen een volledig beeld en totaaloverzicht van de westelijke en noordelijke kustzone (tot 40-65 km uit de kust) en trachten tot enkele algemene conclusies te komen (Fig. 1 en 2).

Van het macrobenthos zijn 334 monsters uitgezocht, waarin 154 soorten zijn aangetroffen. De hoogste dichtheden en biomassa's komen in een smalle kustzone van circa 10 km voor. Op deze smalle kuststrook na lijkt het gebied langs de noordelijke kust rijker in aantal soorten, dichtheid en biomassa te zijn dan het westelijke kustgebied.

TWINSpan-clusteranalyse (Hill, 1979) van de macrobenthische dichtheden zowel als de biomassa resulteerde in 4 hoofd clusters (Fig. 28):

1. Een offshore zone in het zuidwestelijke deel van het onderzochte gebied. Deze zone is tamelijk arm, met weinig soorten per monster, lage dichtheden en biomassa's.
2. Een overgangszone in het zuidwestelijke deel. Iets rijker dan cluster 1.
3. Een offshore zone in het noordoostelijke deel. Een veel rijkere zone vergeleken met de clusters 1 en 2. Veel meer soorten per monster, veel hogere dichtheden en biomassa's. Deze zone is meer verwant aan cluster 2 (overgangszone) dan aan de zuidelijke offshore zone.
4. Kustzone. Het rijkste deel van het gehele gebied. Bivalven spelen hier, in tegenstelling tot de andere zones, een belangrijke rol.

Van het meiobenthos zijn 279 stations uitgezocht, waarin 12 echte taxa zijn aangetroffen. De hoogste dichtheden werden eveneens in de kustzone van circa 10 km gevonden, met uitzondering van het gebied ter hoogte van de Waddeneilanden Texel en Vlieland.

TWINSpan-clusteranalyse van de meiobenthische taxon dichtheden resulteerde eveneens in 4 hoofd clusters (Fig. 72):

1. Offshore zones in de zuidelijke, noordwestelijke en uiterst noordoostelijk gelegen delen. De meiobenthische dichtheid ligt tussen die van de clusters 2 en 4 in. Ze bevatten hoge aantallen taxa en een relatief hoge diversiteit. De Nematoda/Copepoda (N/C) ratio is tamelijk laag. Alle taxa, vooral de Copepoda, Tardigrada en Ostracoda, zijn in relatief hoge dichtheden aanwezig.
2. Meest stations behorend tot het westelijke gebied. Ze worden gekarakteriseerd door hoge Gastrotricha aantallen. De totale meiobenthische dichtheid is in het algemeen laag. De N/C ratio is laag en de diversiteit hoog.
3. Stations die tot dit cluster behoren worden over het gehele gebied verspreid aangetroffen, maar de hoogste concentraties bevinden zich in de noordoostelijke en midwestelijke gebieden. De meiobenthische dichtheid is eveneens laag. Op numerieke basis zijn Nematoda en Gastrotricha de belangrijkste taxa. De N/C ratio is hoog, terwijl de diversiteit relatief laag is.
4. Deze stations worden voornamelijk gevonden in de smalle kustzone (tot 12 km uit de kust), met uitzondering van het gebied rond Texel en Vlieland. Meiobenthische dichtheden, in het bijzonder die van de Nematoda, zijn erg hoog, evenals de N/C ratio's. Het aantal taxa is, evenals hun dichtheden (behalve de Polychaeta), laag. De diversiteit is erg laag.

Het macro- en meiobenthos in de noordelijke en zuidwestelijke kustgebieden geeft globaal dezelfde verdeling in zones te zien (Fig. 28 en 72), maar het aantal meiobenthische taxa en de dichtheid van de verschillende taxa per station zijn in tegenspraak met de macrobenthische rijkdom en diversiteit. Een (soorten-) arme macrobenthos gemeenschap komt overeen met een rijke meiobenthos gemeenschap met een grote diversiteit, en vice versa. Het aantal macrobenthische soorten is negatief gecorreleerd met de meiobenthische diversiteit, maar de tegengestelde relatie kan niet bevestigd worden met behulp van lineaire regressie analyse tussen de afzonderlijke dichtheden of taxa. Daarentegen vertoont de dichtheid van de Nematoda (tesamen met de totale dichtheid van het meiobenthos) een lichte positieve lineaire correlatie met het macrobenthos.

De lineaire correlatie tussen het zoëbenthos en abiotische factoren (mediane korrelgrootte, slib, chlorofyl-a, saliniteit en diepte) is tamelijk zwak. Mediane korrelgrootte vertoont de sterkste (maar nog relatief zwakke) lineaire correlaties met het benthos, hoewel de verdeling van de meiobenthische en, in mindere mate, de macrobenthische clusters globaal overeenkomen met de verdeling van grove en fijne sedimenten.

VOORWOORD

In opdracht van Directie Noordzee, Rijkswaterstaat, is in april 1987 in het kader van het MILZON-project (milieuzonering) met een onderzoek gestart naar de ruimtelijke verspreiding van bodemdieren in de Zuidelijke Bocht van de Noordzee. MILZON heeft tot doel het verkrijgen van inzicht in de ruimtelijke en temporele verdeling van ecologisch kwetsbare gebieden in de Noordzee, en deze gebieden ook als zodanig te onderscheiden, zulks in relatie tot diverse actuele dan wel denkbare gebruiksfuncties van het gebied (Zevenboom & Leewis, 1987).

Doelstellingen van het bodemdierenonderzoek:

1. het maken van een bodemdierenkaart op basis van de ruimtelijke verspreiding van macro- en meiofauna (- soortensamenstelling, - aantal soorten, - aantal taxa, - dichtheden, - biomassa, - relevante dominante soorten en (waar mogelijk) indicatorsoorten).
2. nagaan of het mogelijk is om aan de hand van enkele fysische parameters een voorspelling te doen betreffende dichtheid, biomassa en/of samenstelling van de biotische gemeenschap.
3. op basis van een aantal benthoskenmerken verschillende deelgebieden onderscheiden en de voorlopige zone-indeling volgens de Wilde (m.m., 1986) verifiëren.
4. het onderzoeken van correlaties tussen verspreiding van bodemdieren enerzijds en een aantal relevante morfologisch-fysisch-chemische systeemkenmerken anderzijds (sediment karakteristiek, organisch koolstof- en chlorofyl-a gehalte in sediment, bodem profiel, diepte waterkolom, saliniteit, temperatuur).
5. aangeven van de betrouwbaarheid van, c.q. de deviatie in de benthosgegevens.
6. het aanleveren van basisgegevens c.q. referentiemateriaal om inschattingen te maken van actuele effecten (bewezen gevoeligheid voor contaminanten, mechanische verstoring of andere menselijke activiteiten, zoals visserij, verontreiniging, offshore, scheepvaart, militaire activiteiten, zand/grindwinning), dan wel potentiële gevoeligheden, voor toekomstig gebruik.

In eerste instantie ligt de nadruk van het onderzoek op het ruimtelijke aspect. Er is gekeken naar:

- I faunasamenstelling
- II abundante soorten en groepen
- III biomassa en indicatorsoorten
- IV ruimtelijke verspreiding in relatie tot abiotische parameters
- V oost-west en kust-offshore variatie.

TAAKVERDELING EN DANKWOORD

De leiding over het MILZON-project is in handen van dr. W. Zevenboom, (sinds oktober 1989) drs. S.A. de Jong (beiden RWS-Directie Noordzee) en dr. R.J. Leewis (RWS-Dienst Getijde Wateren). Het onderzoek wordt uitgevoerd door S.B.N.O. (Stichting ter Bevordering van de Nederlandse Oceanografie) onder leiding van dr. P.H. Schalk en drs. R. Heyman. De begeleiding bij de uitwerking van de benthos-monsters in het laboratorium komt voor rekening van drs. A.C. Smaal (RWS-DGW).

De uitwerking van de gecombineerde dataset (1988 + 1989) is wat betreft het macrobenthos door drs. Y.C.M. van Scheppingen en wat betreft het meiobenthos door drs. A. Groenewold uitgevoerd.

Wij willen iedereen die zich heeft ingezet voor het project:

op organisatorisch vlak - m.n. drs. Aad Smaal, dr. Peter Schalk en drs. Rob Heyman,-
bij de dataverwerking per computer - m.n. John Buijs en John Polderman,-
voor het met raad en daad bijstaan tijdens de verwerking - m.n. drs. Susanne Holtmann.-

hartelijk bedanken.

april 1990,

Ank en Yvonne.

INLEIDING

De laatste jaren neemt de belangstelling voor de Noordzee sterk toe, vooral door het groeiende besef dat de vervuiling en exploitatie door de omringende landen niet langer op dezelfde voet door kan gaan. Voor een goed beheer van de Noordzee is het dan ook nodig om naast internationale afspraken betreffende lozingen, visserij, mijnbouw etc, meer inzicht te verkrijgen in het functioneren van de Noordzee als ecosysteem.

In 1987 is in het kader van het MILZON-project een start gemaakt met een onderzoek naar de ruimtelijke verspreiding van bodemdieren voor de Nederlandse westkust en hun eventuele relatie met sedimentkarakteristieken (Groenewold & van Scheppingen, 1988a). De bodemdieren zijn op te splitsen in macro- en meiobenthos. Het meiobenthos ligt in de orde grootte van 38 μm tot circa 1 mm, het macrobenthos bevat in principe alles boven de 1 mm grootte.

De resultaten uit 1987 lieten, vanwege de ongunstige keuze van de bemonsterde locaties, waardoor er veel witte plekken bleven, nogal wat onzekerheid bestaan omtrent de gevonden verdeling van het macrobenthos in een kust- en een open zee gemeenschap en een noord-zuid scheiding van het meiobenthos.

Gebaseerd op de in 1987 opgedane ervaring is in 1988 in hetzelfde gebied een andere bemonsteringsstrategie toegepast, namelijk stratifield random sampling (Groenewold & van Scheppingen, 1989a). Uit de resultaten van dat onderzoek bleek er onderscheid te zijn tussen een macrobenthische kustgemeenschap, gedomineerd door de Bivalvia, en een offshore-gemeenschap, waarin Polychaeta een belangrijker deel uitmaken. Tussen deze twee gemeenschappen is er sprake van een overgangs-gemeenschap, bestaande uit zowel soorten van de ene als van de andere gemeenschap. In het meiobenthos liggen de zaken minder duidelijk maar ook hier is er sprake van een kustgemeenschap (gekaracteriseerd door hoge Nematoda aantallen, hoge N/C (Nematoda/Copepoda) ratio's en een lage diversiteit) en een offshore-gemeenschap (lagere dichtheden, maar een grote spreiding van de dichtheid over de taxa, lage N/C ratio's) met tussengelegen overgangsgemeenschappen (rijk aan taxa en hoge dichtheid aan vooral Copepoda en Gastrotricha). Er kon slechts een zwakke correlatie met enkele fysische parameters aangetoond worden, zowel voor het macro- als voor het meiobenthos.

In 1989 is het Nederlandse kustgebied benoorden de Waddeneilanden, ten noorden van het in 1988 onderzochte gebied, bemonsterd (Groenewold & van Scheppingen, 1990). Zowel wat betreft de macro- als de meiofauna bleek er een duidelijke scheiding te vinden in een noordwestelijk en een noordoostelijk gebied. De macrofauna is in het noordoostelijk gebied rijker aan soorten, met grotere totale dichtheden en een hogere biomassa per station, dan in het noordwestelijk gebied. Voor het meiobenthos geldt het omgekeerde: het noordwestelijk gelegen kustgebied is (evenals de meest noordoostelijke rand) rijker wat betreft diversiteit en spreiding (van de dichtheden over de taxa), terwijl de meeste taxa in relatief hoge dichtheden aanwezig zijn. Het noordoostelijke kustgebied bevat weinig taxa en bijgevolg een lage diversiteit, terwijl langs de kust (tot circa 5 km) hoofdzakelijk hoge dichtheden aan Nematoda te vinden zijn. Ook hier konden er slechts zwakke correlaties tussen het macro- en meiobenthos met enkele fysische parameters aangetoond worden, hoewel er "op het oog" wel een verband te zien lijkt als de verspreidingskaartjes van de diverse biotische en abiotische factoren vergeleken worden.

In dit rapport wordt een overzicht gegeven van de gecombineerde resultaten uit de jaren 1988 en 1989. Vanwege de andere bemonsteringsmethodiek die in 1987 is toegepast, is besloten om deze gegevens op statistische gronden niet bij de beschouwing van het gebied te gebruiken. Fig. 1 en 2 geven een overzicht van de bemonsterde stations en de namen van de gebruikte kustplaatsen en/of eilanden.

Voor de koppeling met de abiotische parameters mediane korrelgrootte, slib en chlorofyl-a is gebruik gemaakt van de resultaten zoals die in voorgaande rapporten (Groenewold & van Scheppingen, 1989a en 1990) verwerkt zijn. De POC-gehalten zijn hierbij niet betrokken omdat deze gegevens in het onderzoek van 1988 ontbraken. In Fig. 3 t/m 6 zijn deze factoren nogmaals in kaart gebracht. De fysische meetgegevens van de betreffende gebieden, zoals saliniteit, diepte en temperatuur staan beschreven in de veldrapporten behorend bij de bemonsteringstochten van 1988 en 1989 (Groenewold & van Scheppingen, 1988b en 1989b). In dit rapport zal geen bespreking van de genoemde factoren opgenomen worden. Holtmann (1990a en b) geeft zowel voor het macrobenthos als voor het meiobenthos een uitgebreide beschrijving van de gebruikte en te gebruiken methodieken.

Het ligt in de bedoeling dat een aantal punten die in dit rapport aan de orde komen nader bestudeerd zullen worden, om aan de gestelde project-doelen te beantwoorden. Daarnaast wordt in 1990 een start gemaakt met monitoringsonderzoek aan zowel macro- als meiobenthos gekoppeld aan verschillende abiotische parameters op een aantal vaste stations in het Nederlandse kustgebied. Op deze stations zullen volgens plan meerdere keren per jaar monsternames plaatsvinden en eens in de 5 jaar zal een uitgebreidere campagne worden opgezet (Holtmann, 1990a en b).

MATERIAAL EN METHODEN

Voor de uitgebreide beschrijving van de gebruikte materialen en methoden wordt verwezen naar Groenewold & van Scheppingen (1990), alsmede naar Holtmann (1990a en b).

1. Het gebied

In 1988 zijn er voor de westkust van Nederland, in een gebied van Hoek van Holland tot en met Den Helder, tot 65 km uit de kust, 210 stations volgens de stratified random sampling methode (Pielou, 1974; van der Meer, in prep.) bemonsterd. In het daaropvolgende jaar (1989) zijn, via dezelfde methode, 210 stations bemonsterd in een 40 km brede kuststrook van Callantsoog tot de Duitse grens bij het Duitse Waddeneiland Borkum. In Fig. 1 staat het totale gebied met de 420 bemonsterde stations weergegeven.

2. Tijdstip van bemonstering

In 1988 is er in de laatste week van april, de eerste twee weken van mei, de laatste week van mei en de eerste week van juni gemonsterd.

In 1989 lagen de bemonsteringsdata wat meer verspreid en wel vanaf de laatste week van april tot en met halverwege juli om de andere week.

De data van bemonstering zijn gedetailleerder terug te vinden in Groenewold & van Scheppingen, 1988b en 1989b.

3. Voedingstypen

Een veel gebruikte indeling (Hunt, 1926; Sanders et al., 1962; Wolff, 1973) is de volgende:

A. deposit feeders, leven van eetbaar materiaal dat in of op het sediment aanwezig is. Kan verder onderscheiden worden in:

A1. selective deposit feeders (SDF), selecteren de voedseldeeltjes uit het sediment (bijv. Magelona papillicornis, Macoma baltica),

A2. (non-selective) deposit feeders (DF): verzwelgen het sediment als geheel, waarna het organisch materiaal in de maag verteerd wordt en de rest als pseudofaeces uitgescheiden wordt (bijv. Echinocardium cordatum, Capitella capitata).

B. filter (of suspension) feeders (FF), filteren voedseldeeltjes uit de waterfase. Zij selecteren organisch materiaal van een bepaalde afmeting (bijv. Spisula subtruncata).

C. scavengers, leven van dood dierlijk materiaal. Dieren die strikt volgens dit voedingstype leven zijn zeldzaam. Zij worden hier niet verder gebruikt.

D. predators (P), leven van levende dieren (bijv. Anaitides groenlandica, Natica alderi)

E. herbivores, leven alleen van plantaardig materiaal. Komt bijna niet voor bij de soft-bottom macrofauna in de Noordzee. Soorten die microscopisch kleine algen eten worden tot de SDF of FF gerekend.

F. omnivores (O), voldoen aan 2 van de hierboven beschreven voedingstypen. Veel voorkomende combinaties zijn: predator/scavenger, predator/deposit feeder, deposit feeder/filter feeder (bijv. Liocarcinus holtsatus, Nephtys cirrosa).

4. Nematoda/Copepoda ratio

De N/C ratio werd voor het eerst ingevoerd door Parker (1975) en door Raffaelli & Mason (1981) als middel bij monitoring van de mate van vervuiling. De ratio lijkt erg aantrekkelijk als indicator voor organische vervuiling door haar eenvoud, waarbij het meiobenthos slechts tot op taxonniveau benaderd hoeft te worden (Moore et al., 1987; Moore & Bett, 1989; Raffaelli (1987)). Gebruik van deze ratio heeft ook veel kritiek opgeleverd (Coull et al., 1981; Platt et al., 1984; Lamshead, 1986), vooral omdat ze niet uniform toepasbaar is. De N/C ratio kan een indicatie geven van de mate van de vervuiling van een gebied, maar bij gebruik van de N/C ratio bij vervuilingsmonitoring dient er rekening mee gehouden te worden dat de ratio sterk beïnvloed wordt door onder andere het sedimenttype, de aard van de vervuiling (organisch, anorganisch) en de ligging van het gebied (litoraal, sublitoraal) (Vincx & Heip, 1989).

5. Diversiteit

Er zijn verschillende manieren om de diversiteit van een gemeenschap te beschrijven. Dit kan zowel in aantal soorten (soortenrijkdom) als in spreiding van de individuen over de soorten (evenness). Er is gekozen voor een tweetal indices en een diversiteitsreeks die veel gebruikt worden in de literatuur alsook in het onderzoek in het titaandioxide lozingsgebied (Smol et al., 1989), direct ten zuiden van het MILZON gebied gelegen. Wat betreft het meiobenthos is in plaats van soorten in dit onderzoek met hogere taxa gewerkt.

De betreffende indices zijn:

A. Dominantie index van Simpson, SI (Simpson, 1949)

Deze index geeft de waarschijnlijkheid aan dat twee willekeurig getrokken individuen uit een monster tot hetzelfde taxon behoren. De nadruk wordt in deze index gelegd op de soorten/taxa die in hoge dichtheden voorkomen. Deze waarschijnlijkheid wordt als volgt uitgedrukt (hoe hoger de waarschijnlijkheid des te kleiner de diversiteit, de range loopt van 0-1):

$$SI = \sum_{i=1}^n \frac{N_i(N_i - 1)}{N(N - 1)}$$

N_i = aantal individuen van taxon i
 N = totaal aantal individuen

B. Heip-index voor evenness, E(H) (Heip, 1974)

Deze index is een maat voor de spreiding van de individuen over de taxa. Hoe hoger de index, des te hoger de spreiding (range: 0-1):

$$E(H) = \frac{e^{H'} - 1}{S - 1} = \frac{N_1 - 1}{N_0 - 1}$$

$H' = -\sum_{i=1}^S p_i (\ln p_i)$ (Shannon-Wiener index; Shannon & Weaver, 1949)

$p_i = n_i/N$

n_i = aantal individuen van taxon i

N = totaal aantal individuen

S = totaal aantal taxa

$N_1 = e^{H'}$

$S = N_0$

C. Hill's diversiteitsreeks (Hill, 1973)

Deze serie van in rangorde oplopende diversiteit geeft voor een lage rangorde de diversiteit waarbij de nadruk op het voorkomen van zeldzame soorten ligt, terwijl bij hogere rangorde's de nadruk komt te liggen op de dichtheid van algemene soorten. Orde nummer 0 is gelijk aan het aantal soorten (taxa) (Hill, 1973; Soetaert & Heip, 1990). De notatie dekt de 3 belangrijkste maten van diversiteit: SI-index, totaal aantal soorten/taxa en Shannon's entropie index (H'). Gebruik van deze index in internationaal verband wordt sterk aanbevolen door Heip (m.m.).

$$N_a = \left(\sum_{i=1}^S p_i^a \right)^{1/(1-a)}$$

S = aantal soorten

p_i = de relatieve dichtheid van de i de
soort = n_i^1/N

a = rangorde nummer

6. Classificatie

Om een onderscheid in gemeenschappen duidelijk te maken is gebruik gemaakt van de clustering methode TWINSPAN (Two Way INdicator SPECies ANalysis) (Hill, 1979).

Voor het gebruik van dit computerprogramma worden de dichtheden van de soorten (voor meiobenthos: taxa) verdeeld in (door ons gekozen) klassen. Iedere klasse wordt gezien als een pseudosoort; klasse één is pseudosoort 1, klasse twee zijn de pseudosoorten 1 én 2, klasse drie zijn 1, 2 en 3, enz. Door het kiezen van bepaalde indicator-(pseudo)soorten, die in een beperkt aantal monsters voorkomen, kunnen de monsters dusdanig gegroepeerd worden dat er clusters van monsterpunten ontstaan met elk hun eigen, in meerdere of mindere mate, dominante soorten (taxa). Ook is het mogelijk om een of meerdere dichtheidsklassen zwaarder te laten wegen indien deze klassen belangrijker geacht worden.

Naast classificatie op grond van dichtheden is het macrobenthos ook geclusterd op basis van de biomassa van de soorten.

RESULTATEN

1. Macrobenthos

A. Samenstelling

In de twee opeenvolgende jaren (Groenewold & van Scheppingen, 1989a en 1990) zijn in het hele gebied 334 stations op macrobenthos uitgezocht (Fig. 7), waarin in totaal 154 verschillende soorten/taxa zijn gevonden. Er zijn 53 soorten Polychaeta gevonden, 57 Crustacea, 25 Mollusca (waarvan 22 Bivalvia) en 9 Echinodermata. Daarnaast is er nog een restgroep bestaande uit Nemertina, Nematoda, Oligochaeta, Archiannelida, Echiurida, Branchiostomata, Cnidaria (Anthozoa en Hydrozoa), Ascidiacea, en Chaetognata, die niet verder gedetermineerd zijn. In Tabel 1 staan de soorten, per classis gegroepeerd. Een systematische indeling van de in het macrobenthos gevonden taxa staat in Tabel 2.

De Fig. 8 t/m 15 tonen de ruimtelijke verspreiding van de dichtheden en de biomassa's van de classes Polychaeta, Crustacea, Bivalvia en Echinoidea. De Polychaeta zijn de meest dominante groep wat betreft dichtheid. Slechts op één station kwamen ze niet voor. In het noord-oostelijk gebied (= 1989) zijn de aantallen groter dan in het westelijk gebied (=1988). De Crustacea zijn ook zeer goed vertegenwoordigd, maar hun aantallen zijn lager. Qua biomassa leggen ze minder gewicht in de schaal dan de overige groepen. In het westen zijn ze in de kuststrook minder vertegenwoordigd. Het zwaartepunt van hun verspreiding ligt daar iets uit de kust, in het gebied dat in 1988 overgangszone genoemd is, en in het noorden (stratum IV t/m VII) juist wel aan de kust. De Bivalvia hebben hun zwaartepunt vooral direkt langs de kust, op een kleine onderbreking langs de eilanden Texel en Vlieland (= stratum II en III) na. In de hele kuststrook zijn ze wat betreft de biomassa de belangrijkste groep. De Echinoidea zijn het minst vertegenwoordigd en vooral in een smalle strook langs de kust zijn ze niet of nauwelijks aanwezig. In het noord-oosten zijn ze iets beter vertegenwoordigd, alhoewel de hoogste dichtheidsklassen veroorzaakt worden door juvenielen van slechts 2 mm groot. Het is opvallend dat al de groepen, afgezien van de Crustacea, in het noorden (1989) beter vertegenwoordigd zijn dan in het westen.

B. Dichtheid en biomassa

Per monsterpunt loopt de totale dichtheid uiteen van 15 - 34632 individuen per m². De maximumwaarde ligt zo hoog door de aanwezigheid van grote hoeveelheden juvenielen in sommige monsters uit 1989. De maximum dichtheid zonder juvenielen is 15500 ind./m². Rekening houdend met de vooronderstelling dat een vergelijking tussen beide jaren moeilijk zo niet onmogelijk zou zijn door de soms grote hoeveelheden juvenielen in de monsters van 1989 zijn deze apart opgetekend, waardoor het mogelijk is om eventueel vergelijkingen en berekingen te maken zonder de juvenielen. Aangezien er enig voorbehoud gemaakt moet worden omtrent de constantheid in benoeming van de juvenielen, is er in eerste instantie steeds met de totale dichtheden inclusief juvenielen gerekend en daarna met dichtheden zonder juvenielen.

Voor de biomassa geldt een range van 0.02 - 428.27 gADW/m² (Ashfree Dry Weight).

Vanwege de ruimtelijke, temporele en vooral seizoensale verschillen lijkt het niet zinvol om gemiddelde waarden over het hele gebied te geven.

De Fig. 16, 17, 18 en 19 geven een overzicht van de totale dichtheid met en

zonder broed, de totale biomassa en het aantal soorten per bemonsterd punt. De grootste dichtheden, de hoogste biomassa's en de meeste soorten zijn te vinden in een smalle strook (0 - 12 km) langs de westkust en ten noorden van de eilanden Terschelling, Ameland en Schiermonnikoog (= stratum IV, V, VI en de helft van VII).

C. Diversiteit

De Simpson-index loopt uiteen van 0.074 t/m 1.00 (een monster met slechts één beest). De Heip-index heeft waarden van 0.025 - 1.00. Hill(0) is gelijk aan het aantal soorten. Hill(1) loopt uiteen van 1.0 tot 17.7. In de Fig. 20, 21 en 22 is de verdeling van de waarden van deze drie diversiteitsindices in kaart gebracht.

D. Voedingstypen

Allereerst dient er opgemerkt worden dat het hier om een onvolledig beeld handelt. Niet van alle dieren is ons de voedingswijze bekend. Deze dieren zijn vanzelfsprekend buiten de berekeningen gebleven.

De verdeling van de dichtheden van de voedingsgroepen "selective deposit feeders" (SDF), "(non-selective) deposit feeders" (DF), "filter (of suspension) feeders" (FF), "predators" (P) en "omnivores" (O) staat in de Fig. 23, 24, 25, 26 en 27 weergegeven. De SDF zijn de groep met de grootste dichtheden. De DF zijn in het zuiden hoofdzakelijk langs de kust aanwezig en in het noorden vanaf Terschelling (= stratum IV) naar het oosten (= VII) toe. Ook de FF zijn hoofdzakelijk langs de kust te vinden. Hetzelfde geldt voor de predators en de omnivores zij het in een bredere strook langs de kust. De predators komen vanaf halverwege stratum III in belangrijke mate voor en ook verder naar buiten toe. Opvallend is dat de omnivores de enige groep is die in de ongeveer 12 km brede kuststrook langs Texel en Vlieland (= stratum II en III) in even hoge aantallen voorkomt als daarbuiten.

E. Classificatie

Uit de kaartjes met de spreiding van de taxa, soorten, dichtheden en biomassa (Fig. 8 t/m 19) blijkt al dat er grofweg een scheiding te maken is in een kustzone, een westelijke en een noordoostelijke offshore zone. Met behulp van de clusteringmethode TWINSPAN (Hill, 1979), die is toegepast op de gecombineerde dataset, is gekeken in hoeverre deze indeling onderbouwd en eventueel gespecificeerd kan worden. Er is zowel geclusterd met de dichtheids- (met en zonder broed) als met de biomassagegevens, hetgeen globaal hetzelfde resultaat opleverde (zie Fig. 28, 29 en 30). Er is verder alleen met de op de dichtheid met broed gebaseerde uitkomst gerekend. Fig. 31 geeft een overzicht van de dichotomie en de bijbehorende soorten die aan de TWINSPAN-delingen ten grondslag liggen. De eerste deling vindt plaats op basis van voorkomen van de Bivalvia Spisula subtruncata en Macoma baltica en de Polychaeta Anatides mucosa, Nephtys hombergii, die allen hoofdzakelijk in het kustgebied voorkomen. De verdeling van het andere (niet kust) gebied zijn niet gebaseerd op de aanwezigheid van gebied-specifieke soorten, maar op verschil in frekwenties en dichtheden van algemeen (> 20 %) tot zeer algemeen (> 50 %) voorkomende soorten, zoals Magelona papillicornis, Spiophanes bombyx, Lanice conchilega e.a.. In de Fig. 32 t/m 45 staan de dichtheden van de voornaamste soorten in verspreidingskaarten.

De 4 resulterende clusters hebben de volgende kenmerken (Tabel 3):

CLUSTER 1 Het westelijk gelegen offshore gebied. Een relatief arm gebied, met weinig soorten per monster, een lage gemiddelde dichtheid en een lage biomassa. Gedomineerd door hoge dichtheden (70 % van de individuen) aan Polychaeta en aan selective deposit feeders (76 %). Hoge biomassa aan Polychaeta (30 %), Echinoidea (38 %). Alsook aan selective (21 %) en non-selective deposit feeders (48 %).

CLUSTER 2 De overgangszone in het westelijk deel, tussen de kust en offshore. Iets rijker dan de offshore zone: iets meer soorten per monster, grotere dichtheden en hogere biomassa's. Dominante groepen qua dichtheid zijn de Crustacea (45 %) en de Polychaeta (44 %). Voor het overige komt het overeen met cluster 1.

CLUSTER 3 Gebied in het noord-oosten, vanaf 5 tot 40 km uit de kust. Rijk aan soorten, grote dichtheden en hoge biomassa's. Er is een lagere Heip evenness dan bij cluster 1 en 2. De Polychaeta domineren zowel in dichtheden (71 %), als in biomassa (43 %), terwijl de biomassa van de Echinoidea iets minder (28 %) is. De selective deposit feeders zijn zowel in dichtheden als in biomassa zeer overheersend (resp. 81 en 53 %).

CLUSTER 4 De kustzone, op een "gat" ter hoogte van Texel en Vlieland na. De rijkste zone aan dichtheden en biomassa's. Een hoog aantal soorten per monster. Ook hier is de Heip evenness lager dan in cluster 1 en 2. Naast de Polychaeta als dominante groep (66 %) zijn de Bivalvia belangrijk (21 %) wat betreft dichtheden. Qua biomassa (66 %) zijn ze zelfs overheersend. Hiermee gepaard gaand is er een verschuiving in de verdeling van de biomassa van de voedingstypen ten opzichte van de ander clusters; de filter feeders maken 44 % van de biomassa uit.

F. Correlaties tussen het macrobenthos en de abiotische factoren

In Tabel 4 staan de resultaten van de lineaire regressie tussen diverse op het benthos betrekking hebbende variabelen en de abiotische factoren chlorofyl-a, mediane korrelgrootte, slib, diepte, saliniteit en POC. Wat opvalt is dat voor zover twee variabelen met elkaar correleren deze correlatie zeer zwak is. De POC-gehalten vertonen de beste correlaties met de biomassa (0.61) en de dichtheid zonder broed (0.41). Omdat het POC alleen in 1989 is gemeten, wordt er hier niet verder mee gerekend.

Geheel tegen de verwachting in blijken het slib en het chlorofyl-a gehalte nauwelijks enige correlatie te vertonen met de zoöbenthische variabelen. Alleen de Bivalvia en de filter feeders (bestaan grotendeels uit de Bivalvia) vertonen enig verband met de beide abiotische parameters. De mediane korrelgrootte blijkt gezien het aantal correlaties nog het meest van invloed te zijn op het macrobenthos. Dit verband is voor alle onderzochte disciplines (behalve de Heip-evenness!) negatief. Hoe grover het sediment, in de range van 107 - 548 μm , des te armer zal de macrofauna zijn. Dat de Heip-evenness een positief verband vertoont betekent dat de toename van de totale dichtheid aan macrofauna bij een afnemende mediane korrelgrootte vooral veroorzaakt wordt door enkele soorten die veelvuldig voorkomen.

Van alle macrobenthische variabelen zijn alleen de Bivalvia (en daarmee de filter feeders) zwak lineair gecorreleerd met alle geteste abiotische variabelen.

2. Meiobenthos

A. Samenstelling

Van alle 420 in 1988 en 1989 bemonsterde stations in de Noordzee langs de west- en noordzijde van de Nederlandse kust, zijn in totaal 279 stations op meiobenthos onderzocht (Fig. 46). Gedetailleerde resultaten van de afzonderlijke surveys zijn vermeld in de MILZON-benthos deelrapporten (Groenewold & van Scheppingen, 1989a en 1990).

Er zijn in het totaal van de onderzochte stations 12 hogere meiobenthische taxa aangetroffen (Tabel 5, 6 en Fig. 47). In deze 12 taxa worden 4 hoofdgroepen onderscheiden, die samen 97 % van het meiobenthos uitmaken: Nematoda, Copepoda, Gastrotricha en Turbellaria. De overige taxa maken elk gemiddeld nog geen 1 % van het meiobenthos totaal uit (Tabel 7).

De Nematoda komen qua dominantie op de eerste plaats terecht. Copepoda en Gastrotricha volgen, afhankelijk van de ligging (westelijke - of noordelijke kustgebied), op de tweede en derde plaats. Aan de westkant van Nederland zijn de Copepoda enigszins in de meerderheid, in de noordelijke kustwateren de Gastrotricha. De rangvolgorde van de overige taxa is, gemiddeld genomen, in het gehele gebied ongeveer dezelfde.

Het hoogste aantal taxa op een station bedraagt 11, het laagste 3 (Fig. 48). Gemiddeld zijn er 7 (7.1; standaard deviatie (s.d.) = 2.0) taxa aanwezig.

De 4 hoofdtaxa van het meiobenthos komen op meer dan 90 % van de onderzochte stations voor (Tabel 6). Polychaeta komen ook in vrijwel het gehele gebied voor (86 % van de stations). Archiannelida, Oligochaeta, Halacarida en Rotifera (zeer sporadisch) zijn op minder dan de helft van de onderzochte stations aangetroffen.

B. Dichtheid en verspreiding

De gemiddelde meiobenthische dichtheid ligt op 1454 ind./10 cm². Fig. 49 geeft een overzicht van de dichtheid aan het totale meiobenthos per station in het gehele kustgebied. De hoogste dichtheden (> 2000 ind./10 cm² worden voornamelijk vlak onder de kust aangetroffen in een zone van 0 tot 12 km. Aan de westkust vrijwel overal (strata C (Callantsoog) tot en met T (Ter Heyde)) en langs de noordelijke kust vooral in de strata IV, V en VI (Terschelling-Schiermonnikoog). De strata I (deels: vak B) tot en met III (Den Helder-Vlieland), tesamen met stratum VII (vak B) (Rottumeroog) onderbreken dit patroon.

Over het algemeen is er een trend waarneembaar van afnemende dichtheid in offshore richting. Dit beeld klopt niet in het noordwestelijk gelegen kustgebied en het aan de uiterst noordoostelijk rand gelegen deel (strata I-III (Den Helder-Vlieland) en VII (Rottumeroog)). Daar is eerder sprake van het omgekeerde: een toenemende dichtheid aan meiobenthos in zeewaartse richting. Juist in deze gebieden treffen we ook het hoogste aantal taxa aan (Fig. 48).

De Nematoda (Fig. 50), die gemiddeld voor 80% het meiobenthos bepalen (Fig. 51), geven globaal eenzelfde beeld te zien als het totale meiobenthos, met dien verstande dat de hoogste dichtheden langs de kust voornamelijk door de Nematoda bepaald worden. Offshore neemt het aandeel van de Nematoda af. Alleen in stratum V (Ameland) en de westkant van stratum VII (Rottumerplaat) domineren ze ook offshore het meiobenthos in hoge mate.

De Copepoda en Gastrotricha (Fig. 52 en 53), afwisselend tweede en derde in

dominantie, spelen vooral in de overgangszone van kust naar offshore (5-25 km uit de kust) een belangrijke rol. Alleen in de strata I-III (Den Helder-Vlieland) en VII (Rottumeroog), waar al een afwijkend patroon in de totale meiobenthos dichtheid is geconstateerd, komen ze ook vlak onder de kust voor. De Copepoda komen in het zuidwesten in hogere dichtheden voor dan de Gastrotricha, die in stratum C (Callantsoog) veelvuldig voorkomen. Qua dichtheidspercentage per station, domineren de Copepoda vooral in de (westelijke) overgangszone en de Gastrotricha vlak onder de (noordwestelijke) kust (Fig. 54 en 55).

De Turbellaria vinden hun maximum in ongeveer hetzelfde gebied als de Gastrotricha (stratum I (Callantsoog-zuidzijde Texel)) (Fig. 56 en 57). Van de tot de Annelida behorende taxa zijn de Polychaeta numeriek het belangrijkste (Fig. 58). Ze komen vrijwel overal voor, maar vooral ten noordwesten van Nederland. De verspreiding van Archiannelida en Oligochaeta (Fig. 59 en 60) is beperkt. Ten noorden van de Nederlandse kust komen ze nauwelijks voor, aan de westkant voornamelijk buiten de kustzone.

De overige taxa, Hydrozoa (Fig. 61), Tardigrada (Fig. 62), Ostracoda (Fig. 63), Halacarida (Fig. 64) en Rotifera (Fig. 65) ontbreken eveneens vrijwel of geheel in het noordelijke gebied in de strata IV-VI (Terschelling-Schiermonnikoog) en vlak onder de kust aan de westzijde van Nederland. Opvallend is hier ook weer het gebied in de strata I-III (Den Helder-Vlieland) en VII (Rottumeroog), waar Hydrozoa, Tardigrada en Ostracoda in hogere dichtheden en/of vlak langs de kust voorkomen. Halacarida en Rotifera zijn in het noordelijke kustgebied geheel afwezig, terwijl Rotifera aan de westkust zeer sporadisch voorkomen.

C. Nematoda/Copepoda ratio

De N/C ratio is het hoogst vlak onder de Nederlandse kust (Fig. 66; gem. 138.9, range 0.6 - 3830.5, s.d. = 362.8). Deze hoge waarden zijn vooral het gevolg van het in hoge dichtheden voorkomen van de Nematoda en het vrijwel ontbreken van de Copepoda. De laagste ratio's vinden we vooral in het overgangsgedebied tussen kust en offshore, circa 10 tot 25 km uit de kust. Alleen aan de noordoostkust, in de strata IV-VI (Terschelling-Schiermonnikoog) en deels VII (Rottumerplaat), zijn de ratio's overal tamelijk hoog.

D. Diversiteit

De diversiteit van het meiobenthos in het gehele gebied, berekend op het voorkomen van taxa, geeft de volgende gemiddelde waarden te zien:

Simpson index (SI): 0.69 (range 0.272-0.996; s.d. = 0.21)
Heip index E(H) : 0.16 (range 0.004-0.546; s.d. = 0.12)
Hill's index (1) : 2.12 (range 1.02 -4.86 ; s.d. = 0.88)
Hill's index (2) : 1.66 (range 1.00 -3.68 ; s.d. = 0.64)
Hill's index (3) : 1.54 (range 1.00 -3.38 ; s.d. = 0.55)

De verdeling van deze indices per station staan gegeven in de Fig. 67 tot en met 71. De hoogste diversiteit treffen we aan in het westelijke kustgebied, en in het meest noordoostelijk gelegen gedeelte (stratum VII (Rottum)), tussen strata Z en III (Zandvoort-Vlieland). In strata I-III (Den Helder-Vlieland) is de diversiteit vooral hoog vlak onder de kust (0-12 km), terwijl

zuidelijker de diversiteit in de overgangszone, op 5 - 25 km uit de kust het hoogste is.

E. Classificatie

Evenals met de data uit 1988 en 1989 (Groenewold & van Scheppingen, 1989a en 1990) is nu op de gehele meiobenthos dataset de clusteringsmethode TWINSPAN toegepast. Daartoe zijn de dichtheden van de taxa in klassen onderverdeeld, de zogenaamde pseudospecies. De uitkomst hiervan is weergegeven in Fig. 72, terwijl de dichotomie met indicatortaxa in Fig. 73 is vermeld. Indicatortaxa zijn pseudospecies die tenminste tweemaal zo vaak in de ene als in de andere afgesplitste groep voorkomen. De eerste splitsing vindt plaats op grond van voorkomen van Oligochaeta, Hydrozoa, Tardigrada, Ostracoda en Archiannelida en hogere dichtheden van Copepoda en Gastrotricha (> 50 ind./10 cm²), terwijl de andere tak geen typische indicatortaxa kent.

De resulterende clusters bevatten de volgende kenmerken:

CLUSTER 1 Offshore zones gelegen in het zuidelijke- (Ter Heyde), noordwestelijke- (Den Helder-Vlieland) en uiterst noordoostelijke (Rottumer-oog) kustgebied. Onderscheidt zich vooral door het voorkomen van veel taxa (Tabel 8). De dichtheid van het meiobenthos ligt tussen die van de clusters 2 en 4 in. De N/C ratio is laag, het aantal Copepoda ligt gemiddeld hoog. Alle taxa, vooral de Copepoda, Tardigrada en Ostracoda, zijn in relatief hoge dichtheden aanwezig.

CLUSTER 2 Voornamelijk langs de westkust voorkomende stations (Zandvoort-Vlieland), in de strata I-III (Den Helder-Vlieland) vlak onder de kust en zuidelijker juist verder uit de kust. Ze worden gekarakteriseerd door hoge Gastrotricha dichtheden. De dichtheid van het meiobenthos is over het algemeen laag. Ook de N/C ratio is laag. Op deze stations komen de hoogste diversiteiten voor.

CLUSTER 3 Deze stations komen vrijwel overal in het onderzochte gebied voor, maar de hoogste concentratie wordt in het noordoostelijke en midwestelijke kustgebied aangetroffen. De dichtheid van het meiobenthos is eveneens laag. Naast de Nematoda spelen de Gastrotricha op deze stations qua aantal een belangrijke rol. De N/C ratio is hoog, terwijl het aantal taxa, evenals de diversiteit, tamelijk laag is.

CLUSTER 4 Deze stations worden voornamelijk in een strook vlak onder de kust (tot 12 km uit de kust) aangetroffen met uitzondering van de strata I-III (Den Helder-Vlieland). Kenmerkend zijn de zeer hoge dichtheden aan meiobenthos, in het bijzonder aan Nematoda (> 2000 ind./10 cm²) en relatief hoge dichtheden aan Polychaeta. De N/C ratio is zeer hoog, terwijl het aantal taxa laag is. De diversiteit is zeer laag.

De taxa worden bij dezelfde TWINSPAN verdeling in een aantal groepen onderverdeeld:

- groep 1 Archiannelida
- groep 2 Oligochaeta, Hydrozoa, Tardigrada, Ostracoda, Rotifera, Halacarida
- groep 3 Copepoda, Gastrotricha, Turbellaria
- groep 4 Nematoda, Polychaeta

F. Correlaties tussen het meiobenthos en de abiotische factoren

Tabel 9 geeft de uit lineaire regressie verkregen correlaties tussen het meiobenthos en de abiotische factoren mediane korrelgrootte, slib, chlorofyl-a, diepte, saliniteit, alsook het POC uit 1989.

Het meiobenthos is het best te relateren aan de mediane korrelgrootte. De dichtheid van de Copepoda, alsook het aantal taxa en de diversiteit lijken in het bijzonder door de mediane korrelgrootte beïnvloed te kunnen worden. Op de Nematoda, Copepoda, Gastrotricha en Turbellaria na, geven de taxa, uitgezonderd de mediane korrelgrootte, geen of zeer zwakke correlaties te zien met de abiotische factoren. De totale dichtheid, Nematoda en N/C ratio zijn negatief gecorreleerd met de mediane korrelgrootte, terwijl de andere taxonomische groepen juist een positieve correlatie vertonen.

De correlatie met het slib, die zwakker is, geeft eenzelfde beeld te zien, zij het omgekeerd.

Chlorofyl-a, diepte en saliniteit vertonen geen of zeer zwakke correlaties met het meiobenthos. Het POC gehalte (1989) is positief gecorreleerd met de meiobenthische diversiteit.

DISCUSSIE

1. Macrobenthos

A. Algemeen

Van de 154 macrobenthische soorten blijkt 58 % (= 89 soorten) in zowel het zuidelijk gebied van 1988 als in het noordelijk gebied van 1989 voor te komen. Ten tijde van de rapportering van het onderzoek van 1989 (Groenewold & van Scheppingen, 1990) waren slechts de twee kuststroken verwerkt, wat in de vergelijking met het voorgaande jaar een hoger percentage (66 %) aan dieren die in beide gebieden voorkomen opleverde. Nu de verder uit de kust gelegen vakken meegerekend zijn er weer een aantal soorten bijgekomen die niet in het gebied van 1988 gevonden zijn. Deze soorten zijn de voorbodes van de overgang naar het Friese Front wat iets ten noorden van het bestudeerde gebied ligt. De aanwezigheid van Chaetopterus variopedatus (Polychaeta) in een van de buitenste stations wijst in die richting.

Ook de uiterst oostelijk gesitueerde stations (1989) vertonen een iets andere samenstelling aan benthos, wat o.a. tot uitdrukking komt in de uitkomsten van de TWINSPAN-clustering (zie Fig. 30, 31 en 32). Het is niet bekend in hoeverre hier de invloed van de uitstroom van de Eems en de Elbe een rol in speelt.

Een ander gebied dat duidelijk "afwijkend" is van het omringende gebied ligt ter hoogte van de eilanden Texel en Vlieland (stratum II en III). Het heeft een duidelijk lagere dichtheid, biomassa en soortenaantal, dan het meer oostelijk gelegen gebied alsmede het westelijk gebied. Ook uit de clustering blijkt het meer overeenkomst te vertonen met de relatief arme offshore van het zuidelijk gebied dan met het rijkere noorden. Naar de oorzaken blijft het vooralsnog gissen. De enige aanwijzingen die voorhanden zijn, zijn een (gedeeltelijk) grof sediment met een laag slibgehalte en een zeer laag chlorofyl-a en POC-gehalte. Verder kan de stroming die tussen en rondom de eilanden staat misschien oorzaak zijn van dit veel armere gebied.

B. Classificatie

Na koppeling van de twee datasets uit 1988 en 1989 is er aan het beeld van de spreiding van het macrobenthos niet veel verandert. In het westen is er sprake van een kust-, overgangs- en offshore zone. In het noordelijk gebied is er ook een kustzone en een open zee zone. Deze laatste zone is niet gerelateerd aan de offshore zone (cluster 1) van het westelijk gebied, maar meer aan de overgangszone (cluster 2) van dat laatste gebied. Ook de scheiding in twee gebieden (west en oost) in 1989 (Groenewold & van Scheppingen, 1990) komt in het totaalbeeld weer naar voren. Het noord-westelijk deel (1989) behoort tot dezelfde cluster als de offshore zone (cluster 1) van het westelijk gebied (1988). Dit relatief arme gebied valt duidelijk buiten het patroon van rijkdom aan soorten, grote dichtheden en hoge biomassa's dat zo kenmerkend is voor het gebied van 1989. In dit noord-westelijk gebied reikt de "offshore-gemeenschap" tot aan de eilanden Texel en Vlieland, terwijl in het noord-oostelijk gebied het er op de schijn van heeft dat door een bredere overgangszone de offshore-zone verder naar buiten is komen te liggen.

Met behulp van de Kruskal-Wallis test (Siegel, 1988) is getoetst of de gevonden clusters significant verschillend zijn. In Tabel 10 staan de waarden voor de verschillende (a)biotische variabelen waarop getoetst is. Met behulp van Box-and-Whisker plots (Tukey, 1977) is per (a)biotische variabele aangegeven in hoeverre de clusters van elkaar verschillen (Fig. 74a t/m 74d).

Cluster 1 en 2, en cluster 3 en 4 verschillen niet veel van elkaar wat betreft het aantal soorten, de dichtheid met en zonder broed, en de Heip index. Verder zijn cluster 1, 2 en 3 niet significant verschillend van elkaar wat betreft de biomassa, slibgehalte, chlorofyl-a en de totale meiobenthische dichtheid. Cluster 1 en 2 komen nog het meest met elkaar overeen. Slechts wat betreft de dichtheid van de Crustacea, dichtheid en biomassa van de omnivores, Heip-index, diepte en saliniteit verschillen ze significant van elkaar. Het is echter niet mogelijk om cluster 1 en 2 samen te voegen zonder cluster 3, aangezien cluster 1 bij de 2e cluster-deling afgescheiden wordt van 2 en 3 tezamen. Cluster 3 is namelijk wel significant verschillend van 1 (en 2) voor een aantal variabelen.

Cluster 4 (kustzone) is het meest uitgesproken cluster van de vier, wat een voor de hand liggende zaak is aangezien dit het resultaat is van de 1e deling van de TWINSPAN-clustering. Uit de dichotomie (Fig. 31) is al op te maken dat door ons besloten is om cluster 4 niet verder te delen, terwijl de andere 3 clusters zijn ontstaan na verdere deling van de overige (= niet-kust) punten. Vanwege de hoeveelheid stations in deze cluster leek het verantwoord om nog een tweede deling te maken, wat resulteerde in een overgangszone (cl. 2 + 3) en een offshore zone (cl.1). Bij deling op het derde niveau van cluster 2+3 bleek het westelijk (= 1988) van het noordelijk (=1989) gebied gescheiden te worden. Het is niet duidelijk in hoeverre ruimtelijke, temporele of seizoenale invloeden hier debet aan zijn.

Ondanks dat de clusters 1, 2 en 3 na de 1e TWINSPAN-deling van cluster 4 gescheiden worden, blijkt uit de Box-and-Whisker plots dat wat betreft het aantal soorten, de dichtheden (met en zonder juvenielen) en de Heip-index cluster 3 meer overeenkomst vertoont met cluster 4 dan met 1 of 2. Cluster 4 is significant verschillend van de 3 andere clusters wat betreft biomassa, mediane korrelgrootte, slib, diepte en de totale dichtheid van het meiobenthos.

C. Correlaties tussen het macrobenthos en de abiotische factoren

Zoals uit de voorgaande onderzoeken (Groenewold & van Scheppingen, 1988a; 1989a ; 1990) al gebleken is, is er geen of slechts een (zeer) zwakke lineaire correlatie te vinden met de abiotische factoren. (Uitzondering hierop is de correlatie POC-biomassa (in 1989) met een waarde van 0.61.)

Het is een voor de hand liggende zaak dat alle factoren tezamen invloed uitoefenen, en voor elke lokatie zal gelden dat daar een of andere factor meer de overhand zal hebben dan op een willekeurige andere plek.

Zo geldt bijvoorbeeld voor cluster 4, dat de abiotische factoren mediane korrelgrootte, slib en diepte significant verschillend zijn van de andere 3 clusters. De combinatie van een geringe diepte (gem. 14 m), lage mediane korrelgrootte (gem. 209 μm) en een hoog slibgehalte (gem. 6.1%) in cluster 4, is bepalend voor een bodemdiergemeenschap, die als kenmerken heeft:

- hoog aantal soorten,
- grote dichtheid,
- hoge biomassa
- lage Heip-index.

Dit laatste wijst erop dat een beperkt aantal soorten in hoge aantallen voorkomt en daarmee oorzaak is aan de grote dichtheid.

Het chlorofyl-a van de bodem is slechts in beperkte mate hoger dan in de andere clusters. Helaas is over de aanwezigheid van het POC in het sediment in 1988 niets te zeggen omdat er toen geen metingen aan het POC-gehalte verricht zijn. In 1989 is er wel POC gemeten en er is een significante positie-

ve relatie gemeten tussen POC en biomassa (0.61) en dichtheid zonder broed (0.41).

In het vervolgonderzoek zal er gezocht worden naar een meer dimensionaal verband tussen de diverse factoren.

2. Meiobenthos

A. Algemeen

De gecombineerde resultaten van het onderzoek uit 1988 en 1989 geven een gevarieerde meiobenthos samenstelling in het gebied weer die, in tegenstelling tot de resultaten uit 1988, niet zozeer een kust-offshore trend te zien geven, maar een veel ingewikkelder patroon, waarbij er voor een deel van het gebied een smalle kuststrook te onderscheiden valt, maar waar het gebied in stratum I-III (Den Helder-Vlieland) een afwijkend beeld te zien geeft. Het noordelijke gebied bevat over het algemeen een veel armere gemeenschap in termen van aantal taxa en diversiteit, waarbij de dominantie van de Nematoda meer uitgesproken is dan in het noordwesten en offshore in het westelijke kustgebied.

De gemiddelde dichtheid van het totale meiobenthos van het onderzoek uit 1988 (westkust Nederland) bedroeg 1461 ind./10 cm², in 1989 (noordelijke kustgebied) was dit 1447. De gemiddelde dichtheid over beide jaren ligt op 1454 ind./10 cm², zodat de gemiddelden van de beide deelgebieden onderling niet veel verschil tonen. Beide dichtheden zijn echter onderling slecht vergelijkbaar, omdat daarvoor de omgevingsfactoren te veel wisselen. De hoeveelheid slib, mediane korrelgrootte en toevoer van rivieren hebben alle hun invloed op de dichtheid en samenstelling van het meiobenthos (zie ook Groenewold & van Scheppingen, 1989a en 1990).

De dominantie van de 4 hoofdgroepen (Nematoda, Copepoda, Gastrotricha en Turbellaria die tezamen 97 % van het meiobenthos vormen) wordt door ander onderzoek in het sublitoraal van de zuidelijke Noordzee bevestigd (o.a. Van Holsbeke, 1985; Van Reusel et al., 1986; Smol et al., 1989).

Een aantal taxa in het meiobenthos kunnen mogelijk een graadmeter vormen voor bepaalde vormen van stress (Govaere et al., 1980; Moore & Bett, 1989). Het nadeel daarvan is dan dat tot op soortsniveau (=arbeidsintensief) moet worden onderzocht. De Gastrotricha, die in het onderzochte gebied in tamelijk hoge dichtheden voorkomen, kunnen naast Nematoda (Heip et al., 1984; Lorenzen et al., 1987; Bett & Moore, 1988) en Copepoda (Moore & Pearson, 1986; Van Damme et al., 1984; Moore et al., 1987) mogelijk een goede graadmeter vormen voor het vaststellen van bepaalde vormen van stress (Kisielewski, pers. comm.). Mogelijk zullen het komende jaar nog enkele monsters hierop getest worden in samenwerking met Kisielewski.

Uitspraken over de organische vervuiling op basis van de N/C ratio zijn niet mogelijk zonder deze ratio te kunnen vergelijken met de gemeten vervuiling van de bodem. Deze gegevens zijn momenteel niet voorhanden. Tevens moet rekening gehouden worden met onder andere het slibgehalte dat ook een grote rol speelt in deze ratio (Vincx & Heip, 1989). Het komende jaar zal deze ratio, evenals misschien de ratio tussen Nematoda en/of Copepoda met Gastrotricha nader worden bekeken in samenhang met sediment en bekende gegevens over (organische) vervuiling.

Bij het vergelijken van de verschillende diversiteitsindices zien we dat het

aantal taxa alleen geen maat geeft voor de diversiteit (Fig. 48). In het zuiden (strata T en N (Ter Heyde-Noordwijk)) treffen we juist het hoogste aantal taxa aan, maar is de diversiteit wat lager, wat aangeeft dat de spreiding van de dichtheid over de taxa daar niet optimaal is.

B. Classificatie

Het combineren van de datasets van 1988 en 1989 voor clustering is strikt genomen niet juist: de jaarlijkse variatie van het meiobenthos is onbekend en hier worden data van verschillende jaren en uit verschillende gebieden met elkaar vergeleken. Toch kan het zijn nut hebben: doordat de gemiddelde waarden per bemonsterd gebied door de wijde ranges niet vergelijkbaar zijn kan clustering een van de vervangende methodes zijn. Indien de gebieden geheel van elkaar verschillen moet dat ook in aparte clusters resulteren. Dit is niet het geval gebleken. De korte levenscycli van het meiobenthos zullen hier een rol bij spelen. Deze rol kan tweeledig opgevat worden: dankzij de korte stadia kan het meiobenthos snel reageren op veranderingen in haar omgeving, maar tevens zullen onbekende mechanismen ook hun invloed hebben op de jaarlijkse veranderingen (o.a. vervuiling, predatie, warme of koude winters, voedselaanbod). Ondanks de bovengenoemde mogelijke bezwaren is toch clustering toegepast, omdat op deze manier mogelijk relaties met abiotische factoren en trends ten opzichte van zowel macrobenthos als sedimentsamenstelling duidelijker naar voren kunnen komen.

Het clusterpatroon van de gecombineerde datasets van 1988 en 1989 geeft een gebied te zien dat in een aantal sectoren is onderverdeeld. Het gebied vlak onder de kust is, onderbroken in strata I-III (Den Helder-Vlieland) en VII (Rottumeroog), duidelijk arm aan taxa en bevat hoge dichtheden aan Nematoda. In dit gebied worden ook de hoogste slibgehaltenes en de laagste mediane korrelgrootte gevonden en is (in het voorjaar) tevens veel chlorofyl-a (Tabel 8) aanwezig. Meer offshore lijkt de samenstelling van het meiobenthos (meer) afhankelijk te zijn van de geografische ligging. In het noorden (strata IV-VI (Terschelling-Schiermonnikoog)) treffen we een meiobenthos-arme gemeenschap aan, in een tamelijk slibrijk sedimenttype met lage mediane korrelgrootte. Aan de westzijde (strata T-C (Ter Heyde-Callantsoog)) zien we dat even buiten de kustzone een rijke meiobenthos gemeenschap (clusters 2 en 1, lage slibgehaltenes en hoge mediane korrelgrootte) voorkomt, meer offshore begrensd door een armere gemeenschap, terwijl geheel offshore het rijke cluster 2 weer terugkomt. In het afwijkende gebied, de strata I-III (Den Helder-Vlieland), zien we een diverse gemeenschap, het rijkst vlak onder de kust.

Vooraf in het westelijk gebied geeft de gecombineerde clustering een ander verspreidingspatroon te zien dan met alleen de data van 1988 het geval was. Naast een kust-offshore verdeling is er ook een noord-zuid verdeling te zien, welke ook uit de (hier vanwege statistische redenen niet gebruikte) data van 1987 naar voren kwam. Aan de westkust, tussen Hoek van Holland en Den Helder, is het noorden (cluster 3) qua diversiteit gemiddeld genomen duidelijk armer dan het zuiden (clusters 1 en 2). De vanwege hun verspreiding ongunstig gelegen stations uit 1987 gaven al een dergelijke trend aan, maar deze konden met de dataset van 1988 niet (duidelijk) naar voren gebracht worden.

Het gevonden (vlekken-) patroon in clusterverdeling in het meiobenthos zal naar verwachting door een veelheid aan factoren beïnvloed worden, maar een direct lineair verband met het sediment of macrobenthos is niet te geven. Wel is het verschil in mediane korrelgrootte tussen de clusters onderling significant. Kruskal-Wallis tests (Siegel, 1988) toonden aan dat de 4 clus-

ters significant verschillen in mediane korrelgrootte, slibgehalte en chlorofyl-a gehalte (Tabel 11).

Fig. 75A-C geven de Box-and Whiskerplots (Tukey, 1977) voor verschillende biotische en abiotische variabelen in de verschillende clusters te zien. Vooral voor cluster 4 geldt dat de betrouwbaarheidsgrenzen voor vrijwel alle biotische en abiotische factoren buiten die van de andere vallen. De "kustzone" bevat dus duidelijk een aparte meiobenthos gemeenschap in een sedimenttype dat verschilt van het offshore gedeelte. De clusters verschillen allen significant van elkaar (betrouwbaarheidsgrenzen (vrijwel) buiten elkaar vallend) in het geval van de Nematoda dichtheid, N/C ratio, aantal taxa en de Simpson- en Hill diversiteit. In de evaluatie van het onderzoek dient een aantal van deze facetten nader onderzocht te worden.

C. Correlaties tussen het meiobenthos en de abiotische factoren

Als de verspreiding van het sediment een graadmeter is voor de verspreiding van het meiobenthos en haar diversiteit, dan moet dit op een of andere manier terug te vinden zijn in de meiobenthos verspreiding of clustering. De directe (lineaire) relatie tussen het sediment en de afzonderlijke taxa alsook de totale dichtheid liet niet zo'n sterk (positief) verband zien, maar uit de rapporten over 1988 en 1989 (Groenewold & van Schepingen, 1989a en 1990; Fig. 3 t/m 6) komt wel een beeld naar voren waarin grote verschillen in sedimentsamenstelling, vooral in korrelgrootte verdeling, gepaard gaan met verschuivingen in de meiobenthos samenstelling. In 1988, aan de westkust, is een verdeling te maken in mediane korrelgrootte tussen de kustzone en het offshore gebied, terwijl offshore er sprake is van een opdeling in noord en zuid. In het noordelijke gebied van 1989 vertoont het gebied in het noordwesten in stratum I-III (Den Helder-Vlieland) langs de kust een duidelijk grovere, meer slibarme structuur dan het overige onder de kust gelegen gebied, terwijl deze sedimentsamenstelling zich offshore in de strata II en III (Texel-Vlieland) voortzet. Deze structuren zijn in zekere mate ook terug te vinden in de verdeling en verspreiding van het meiobenthos, vooral in de clustering. Bij de verdeling van de Box-and-Whisker plots (Fig. 75C) is te zien dat alle clusters onderling van elkaar (significant) verschillen in mediane korrelgrootte. De mediane korrelgrootte is met vrijwel alle taxa, weliswaar tamelijk zwak, lineair gecorreleerd: negatief met de Nematoda en positief met de andere taxa. Vooral de Copepoda zijn tamelijk goed gecorreleerd met de mediaan, in het ene jaar (gebied) beter dan het andere, maar er is in dit onderzoek geen onderscheid gemaakt tussen aan en van het oppervlak van het substraat levende (epi-), ondiep gravende (endo-) en interstitiële (mesobenthisch) vormen (Raffaelli, 1987). Vooral de interstitiële soorten zijn afhankelijk van de interstitiële ruimtes en dus de korrelgrootte verdeling. Het totale aantal meiobenthische individuen is slechts zeer zwak (negatief) gecorreleerd met de mediane korrelgrootte, wat er op duidt (zoals te verwachten is) dat het effect van de korrelgrootte op het meiobenthos geen optelsom is van de aparte relaties, maar een complex geheel waarin de dominantie van de Nematoda ongetwijfeld een zware rol speelt. De diversiteit wordt wel positief beïnvloed door een toenemende korrelgrootte.

Ook het slibgehalte geeft, maar dan in mindere mate, nog wel een verband te zien met de gemeenschappen. Er zal aan de hand van andere, nog uit te zoeken, statische methoden gekeken worden of er aan dit beeld concrete verbanden te koppelen zijn.

De relatie tussen chlorofyl-a gehalte en het meiobenthos is moeilijk vast te stellen, daar dan allereerst de voedingstypes en daarmee de soorten bekend moeten zijn (Bouwman, m.m.). De berekende (lineaire) correlaties tussen

chlorofyl-a en meiobenthos totaal en/of taxa geven hierover in ieder geval geen uitsluitel. Dit geldt eveneens voor het POC-gehalte: er is op dit moment geen informatie voorhanden voor welke taxa en/of soorten dit POC-gehalte van belang is. De correlatie tussen POC en de aparte taxa is zeer zwak, alleen de correlatie met de diversiteit is wat groter (positief).

3. Correlaties tussen het macro- en meiobenthos

De tegengestelde trend in diversiteit tussen het macro- en meiobenthos, die in 1989 ook al werd gesignaleerd in het noordelijke gebied (Groenewold & van Scheppingen, 1990), blijkt ook over het gehele gebied op te gaan. Deze tegengestelde trend gaat niet op voor de dichtheid van het meiobenthos versus het macrobenthos, omdat de dichtheid van de Nematoda juist positief gecorreleerd is met die van het macrobenthos. Op de Nematoda en Polychaeta na, geven de overige taxa wel een negatieve trend in dichtheid met het macrobenthos te zien.

Gebieden met een grovere korrelgrootte resulteren in het algemeen in taxonrijke meiobenthos gemeenschappen, terwijl het macrobenthos juist een soortenarme(re) gemeenschap te zien geeft. In de kustgebieden waar, op de strata I, II en III (Den Helder-Vlieland) na, het slibgehalte hoog is, komt een tamelijk rijke macrobenthos-gemeenschap voor, waar vooral de dichtheid en biomassa hoog zijn. In deze gebieden is het meiobenthos taxon-arm, maar is de Nematoda dichtheid juist hoog.

Tabel 12 geeft de correlaties tussen het macro- en meiobenthos weer.

De volgende relaties zijn dermate hoog, dat ze mogelijk een nadere bestudering waard zijn:

- de positieve relatie van macrobenthos biomassa met de Nematoda dichtheid,
- het negatieve verband tussen deze biomassa en de meiobenthische diversiteit,
- het negatieve verband tussen de dichtheid van het macrobenthos en de meiobenthische diversiteit,
- de positieve relatie tussen de dichtheid en biomassa van de Bivalvia en de Nematoda aantallen
- alsmede het positieve verband tussen de Bivalvia en de N/C ratio.

4. Toekomstige onderzoeks-lijnen in het macro- en meiobenthos

Directe (eenvoudige) lineaire verbanden tussen het macro- en meiobenthos compartiment zijn slechts in geringe mate gevonden, hetgeen aangeeft dat de interacties in het bodem-ecosysteem bijzonder complex zijn, evenals de relatie met abiotische omgevingsfactoren. Mogelijke relaties met meerdere factoren tegelijkertijd dienen daarom met geavanceerde statistische methodes (b.v. multivariate regressie-analyse) onderzocht te worden.

Een diepgaand literatuuronderzoek zal wellicht nadere facetten aan het licht brengen. Zo vond Elmgren ook een tegengestelde trend in rijkdom tussen het macro- en meiobenthos (Elmgren, 1978), zij het onder extreme omstandigheden in de Baltische Zee (laag zuurstofgehalte en lage saliniteit).

Indien mogelijk zal worden nagegaan hoe ver de invloed van de uitstroom van de verschillende rivieren en van het IJsselmeereffluent rijkt en of er een mogelijk verband kan worden gevonden met bekende concentraties in de bodem van het gebied van organische en/of als toxische bekend staande stoffen. Op grond van de benthische resultaten bestaat nu het vermoeden dat de stations die juist even buiten de kust in de buurt van de uitstroom van de Rijn, het Noordzeekanaal en de Eems liggen, op enigerlei wijze daardoor beïnvloed

worden.

Ook de relatie tussen macro- en meiobenthos die een omgekeerde trend doet vermoeden, dient nader bekeken te worden, waarbij gezocht zal worden naar andere statistische methoden.

De jaarlijkse en seizoens-fluctuaties in het benthos zijn ook belangrijke factoren, die niet over het hoofd gezien mogen worden. In 1990 zal hiernaar, op kleine schaal, een onderzoek gestart worden. In 1989 zijn, naar achteraf bleek (random keuze van de stations), 14 stations bemonsterd, die redelijk overlaptten met posities uit 1988. Daarbij dient wel aangetekend te worden dat bij 'overlapping' de stations nog enkele honderden meters uit elkaar kunnen liggen. De resultaten van het meiobenthos staan in Tabel 13 vermeld. Op de statistische vergelijking zal nu niet verder worden ingegaan, daar nog niet duidelijk is welke methode toegepast moet worden. Wel is al te zien dat zowel het meiobenthos, in dichtheid en ook enigzins in samenstelling, varieert van jaar tot jaar, maar niet op een voor alle stations eenduidige wijze. Tevens varieert het slibgehalte van jaar tot jaar (zie de kaartjes in de rapporten over 1988 en 1989 : Groenewold & van Scheppingen, 1989a en 1990). In 1989 is het gehalte op alle overlappende stations lager dan in 1988. Behalve dat nooit exact op dezelfde locatie gemonsterd kan worden zal ook meespelen dat het meiobenthos zich aanpast aan veranderende omstandigheden.

Vergelijking tussen de benthosgegevens uit dit onderzoek met literatuurgegevens over dit gebied kan mogelijk interessant materiaal opleveren in verband met verdwijning of opkomen van soorten (vervuilingsdruk, toevoer van organisch materiaal) in de loop van de jaren. Dit is alleen van toepassing op het macrobenthos, voornamelijk in het westelijk kustgedeelte (bijv. Eisma, 1966), daar van het meiobenthos geen eerdere gegevens voorhanden zijn.

5. Terugkoppeling doelstellingen

Ten aanzien van de in het voorwoord vermelde doelstellingen (pag. 5) dient het volgende opgemerkt te worden:

De in dit rapport vermelde resultaten zijn zowel een combinatie als een samenvatting van de gegevens uit de periode 1988 en 1989 en beantwoorden dan ook grotendeels de doelstellingen 1 (zoëbenthoskaarten), 3 (onderscheiden van deelgebieden op benthoskenmerken) en deels 4 (lineaire correlaties verspreiding bodemdieren met abiotische factoren).

In de periode 1990-1991 zal evaluatie van de MILZON datasets 1987, 1988 en 1989 plaatsvinden. Met behulp van andere statische methodes en literatuur zal getracht worden op de opengebleven doelstellingen een zo passend mogelijk antwoord te geven, dat gericht zal zijn op het beleidsmatig inpasbaar maken van de benthos inventarisatie.

LITERATUUR

- COULL, B.C., G.R.F. Hicke & J.B.J. Wells, 1981. Nematode/copepod ratios for monitoring pollution: a rebuttal. -Mar. Pollut. Bull. 12(11): 378-381
- DALFSEN, J. van & S. Holtmann, 1989. De ruimtelijke verspreiding van het benthos in de zuidelijk Noordzee. MILZON-werkrapport december 1989.
- EISMA, D., 1966. The distribution of benthic marine molluscs off the main Dutch coast. -Neth. J. Sea Res. 3: 107-163.
- ELMGREN, R., 1978. Structure and dynamics of Baltic benthos communities, with particular reference to the relationship between macro- and meiofauna. -Kieler Meeresforsch. Sonderheft 4: 1-22.
- GOVAERE, J.C.R., D. Van Damme, C. Heip & L.A.P. De Coninck, 1980. Benthic communities in the Southern Bight of the North Sea and their use in ecological monitoring. -Helgoländer wiss. Meeresunters. 33: 507-521.
- GROENEWOLD, A & Y.C.M. van Scheppingen, 1988a. De ruimtelijke verspreiding van het benthos in de zuidelijke Noordzee. MILZON-benthos rapport nr. 88-02 (14-88). Rijkswaterstaat.
- GROENEWOLD, A. & Y.C.M. van Scheppingen, 1988b. Verslag vaarprogramma Milzon-benthos zuidelijke Noordzee, voorjaar 1988. Milzon-benthos rapport nr. 03 (24-88). Rijkswaterstaat.
- GROENEWOLD, A & Y.C.M. van Scheppingen, 1989a. De ruimtelijke verspreiding van het benthos in de zuidelijke Noordzee, voorjaar 1988. MILZON-benthos rapport nr. 89-05 (89-010). Rijkswaterstaat.
- GROENEWOLD, A. & Y.C.M. van Scheppingen, 1989b. Verslag vaarprogramma MILZON-benthos zuidelijke Noordzee, 1989. MILZON-benthos rapport nr. 89-06 (89-011). Rijkswaterstaat.
- GROENEWOLD, A & Y.C.M. van Scheppingen, 1990. De ruimtelijke verspreiding van het benthos in de zuidelijke Noordzee, 1989. MILZON-benthos rapport nr. 90-01 (90-001). Rijkswaterstaat.
- HEIP, C., 1974. A new index measuring evenness. -J. mar. biol. Ass. U.K. 54: 559-563
- HEIP, C. & P. Engels, 1977. Spatial segregation in copepod species from a brackish water habitat. -J. exp. mar. Biol. Ecol. 26: 77-96.
- HEIP, C., R. Herman & M. Vincx, 1984. Variability and productivity of meiobenthos in the Southern Bight of the North Sea. -Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer 183: 51-56.
- HIGGINS, R.P. & H. Thiel (eds.), 1988. Introduction to the study of meiofauna. -The Smithsonian Institution Press, Washington D.C., London.
- HILL, M.O., 1973. Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. -Ecology 55: 427-432.
- HILL, M.O., 1979. TWINSpan. A FORTRAN program for arranging Multivariate data in an Ordered Two-Way Table by Classification of the Individuals and Attributes. Ecology and Systematics, Cornell University. Ithaca, New York 14850.
- HOLTMANN, S.E., 1990. Biomonitoring van macro- en meiofauna in de Zuidelijke Noordzee. I. Macrofauna (april 1990). MILZON-benthos rapport nr. 90-02.1. Rijkswaterstaat.
- HOLTMANN, S.E., 1990. Biomonitoring van macro- en meiofauna in de Zuidelijke Noordzee. II. Meiofauna (april 1990). MILZON-benthos rapport nr. 90-02.2. Rijkswaterstaat.
- HUNT, O.D., 1926. The food of the bottom fauna of the Plymouth fishing grounds. -J.mar.biol.Ass.U.K., 13:560-599.
- LAMBSHEAD, P.J.D., 1984. The nematode/copepod ratio. Some anomalous results from the Firth of Clyde. -Mar. Poll. Bull. 15: 256-259.

- LORENZEN, S., M. Prein & C. Valentin, 1987. Mass aggregations of the free-living marine nematode Pontonema vulgare (Oncholaimidae) in organically polluted fjords. -Mar. Ecol. Prog. Ser. 37: 27-34.
- MEER, J. van der, in prep. Optimal survey design: more lessons from stratified random samples of macrobenthos.
- MOORE, C.G. & T.H. Pearson, 1986. Response of a marine benthic copepod assemblage to organic enrichment. -Syllogeus, National Museum of Natural Sciences 58 (Proceedings of the Second International Conference on Copepoda, Ottawa, 1984): 369-373.
- MOORE, C.G., D.J. Murison, S. Mohd Long & D.J.L. Mills, 1987. The impact of oily discharges on the meiobenthos of the North Sea. -Phil. Trans. r. Soc. Lond. 316: 525-544.
- MOORE, C.G. & B.J. Bett, 1989. The use of meiofauna in marine pollution impact assessment. -Zool. J. Linn. Soc. 96: 263-280.
- PARKER, R.H., 1975. The study of the benthic communities: A model and review. -Oceanogr. Ser. 9, Elsevier Publ. Comp., Amsterdam: 279 pp.
- PIELOU, E.C., 1974. Population and community ecology. Principles and methods. -Gordon & Breach, New York, 424 pp.
- PLATT, H.M. & R.M. Warwick, 1983. Free-living marine nematodes. Part I British Enoplids. -Kermack, D.M. & R.S.K. Barnes, Cambridge University Press: 1-307
- RAFFAELI, D., 1987. The behaviour of the nematode/copepod ratio in organic pollution studies. -Mar. environ. Res. 23: 135-152.
- REMANE, A., 1932. Die Tierwelt der Nord- und Ostsee, Part VI. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft.
- SANDERS, H.L., E.M. Goudsmit, E.L. Mills & G.E. Hampson, 1962. A study of the intertidal fauna of Barnstable Harbor, Mass. -Limnol. Oceanogr., 7:63-79.
- SHANNON, C.E. & W. Weaver, 1949. The mathematical theory of communication. -University of Illinois Press, Urbana.
- SIEGEL, S. & N.J. Castellan, 1988. Non-parametric statistics for the behavioural sciences. McGraw-Hill, Singapore, 399 pp.
- SIMPSON, E.H., 1949. Measurements of diversity. -Nature, 163: 688-688
- SMOL, N., R. Huijs & M. Vincx, 1989. Studie van het meiobentos van een dumpingsgebied van titaandioxide-afval in de Nederlandse kustwateren, periode 1986-1987. Rapport Rijkswaterstaat.
- SOETAERT, K. & C. Heip, 1990. Sample-size dependence of diversity indices and the determination of sufficient sample size in a high-diversity deep-sea environment. -Mar. Ecol. Prog. Ser. 59: 305-307.
- TUKEY, J. W., 1977. Exploratory data analysis. Addison-Wesley, Reading, 688 pp.
- VAN DAMME, D., C. Heip & K. Willems, 1984. Influence of pollution on the harpacticoid copepods of two North Sea estuaries. -Hydrobiologia 112: 143-160.
- VAN HOLSBEKE, K., 1985. Studie van het meiobenthos in het sublittoraal van de Belgische kustzone. -Licentiaatsverhandeling, RUG, 1-214.
- VANREUSEL, A., R. Huys, G. De Smet & C. Heip, 1986. Het meiobenthos van de voordelta. September-november 1984, april-mei 1985, september 1986. Concept eindverslag mei 1986. Rijkswaterstaat, Dienst Milieu en Inrichting, Middelburg, 1-93.
- VINCX, M. & C. Heip, 1989. The use of meiobenthos in pollution monitoring studies. A review. -ICES Benthos Ecology WG: 18 pp.
- WOLFF, W.J., 1973. The estuary as a habitat. An analysis of data on the soft-bottom macrofauna of the estuarine area of the rivers Rhine, Meuse and Scheldt. -Zool. Verh. 126: 1-242.
- ZEVENBOOM, W. & R. Lewis, 1987. Concept Projectplan MILIEUZONERING: Directie Noordzee, en Dienst Getijde Wateren.

TABELLEN

- Tabel 1. Gevonden soorten aan macrobenthos, hun voedingstype en frekwentie.
Tabel 2. Systematiek macrobenthische taxa.
Tabel 3. Gemiddelde waarden van diverse (a)biotische variabelen per macrobenthische cluster.
Tabel 4. Lineaire correlaties tussen macrobenthos en abiotische factoren.
Tabel 5. Systematiek meiobenthische taxa.
Tabel 6. Dichtheid van de meiobenthische taxa.
Tabel 7. Gemiddelde frequentie van de meiobenthische taxa per station.
Tabel 8. Gemiddelde waarden en dichtheden per TWINSPAN cluster in het meiobenthos.
Tabel 9. Lineaire correlaties tussen meiobenthos en abiotische factoren.
Tabel 10. Kruskal-Wallis toetswaarden voor macrobenthos clustering.
Tabel 11. Kruskal-Wallis toetswaarden voor meiobenthos clustering.
Tabel 12. Lineaire correlaties tussen macro- en meiobenthos.
Tabel 13. Gegevens meiobenthos van de overlappende stations van 1988 en 1989.

Tabel 1. Gevonden soorten aan macrobenthos, per classis gegroepeerd.
Per soort is het voedingstype zoals dat in dit onderzoek gebruikt is, vermeld, alsook het aantal stations waarin de betreffende soort aangetroffen is (totaal: 334 stations).

sdf = selective deposit feeder
df = (non-selective) deposit feeder
ff = filter feeder
p = predator
o = omnivore
u = unknown

CLASSIS : Malacostraca
SUBCLASSIS : Crustacea

Acidistoma obesum		1
Ampelisca brevicornis	u	11
Apherusa clevei		5
Apherusa ovalipes	u	3
Argissa hamatipes	u	27
Atylus falcatus	p	60
Atylus swammerdami	p	23
Bathyporeia elegans	sdf	219
Bathyporeia guilliamsoniana	sdf	172
Bathyporeia pelagica	sdf	3
Callianassa tyrrhena	u	3
Caprellidae spec.	p	10
Corophium acherusicum	sdf	2
Corophium insidiosum	sdf	1
Corophium volutator	sdf	1
Corystes cassivelaunus	u	7
Crangon allmanni	p	2
Crangon crangon	p	85
Cumopsis goodsiri	sdf	1
Diastylis bradyi	sdf	76
Diastylis laevis	sdf	1
Diastylis rathkei	sdf	2
Diastylis rugosa	sdf	6
Gammarus crinicornis	o	5
Gastrosaccus sanctus	p	1
Gastrosaccus spinifer	p	79
Hippomedon denticulatus	u	13
Iphinoe trispinosa	sdf	38
Isopoda	u	1
Lamprops fasciata	sdf	69
Leucothoe lilljeborgii	u	5
Leucothoe spinicarpa		1
Liocarcinus holsatus	o	4
Liocarcinus pusillus	u	44
Lysianassidae spec.	u	4
Megaluropus agilis	u	97
Melita obtusata	u	2
Metopa borealis		1
Microprotopus maculatus	p	8
Orchomene humilis	u	8
Orchomene nana	u	5
Pagurus bernhardus	o	3
Pariambus typicus	p	1
Perioculodes longimanus	u	58
Pontocrates altamarinus	u	86
Pontocrates arenarius	u	3
Pontophylus trispinosus	u	7
Processa modica modica	o	3
Pseudocuma longicornis	o	132
Pseudocuma similis	o	12
Schistomysis kervillei	u	6
Siriella clausii	u	1
Synchelidium maculatum	u	8
Tanaidacea		1
Thia scutellata	o	17
Urothoe brevicornis	sdf	14
Urothoe poseidonis	sdf	242

CLASSIS : Polychaeta

Ampharete spec.	df	2
Anaitides groenlandica	p	85
Anaitides mucosa	p	54
Anaitides rosea	p	17
Antinoella sarsi sarsi	p	2
Aonides paucibranchiata	sdf	9
Aricidea minuta	u	48
Autolytus spec.	p	3
Capitella capitata	df	58
Chaetozone setosa	sdf	112
Chaetopterus variopedatus		1
Eteone flava	p	7
Eteone foliosa	p	11
Eteone longa	p	116
Eumida sanguinea	p	42
Exogone hebes	u	1
Glycera capitata	p	10
Glycera spec.	p	1
Goniadella bobretzkii	p	1
Goniada maculata	p	29
Harmothoe longisetis	p	79
Harmothoe lunulata	p	19
Hesionura augeneri	p	1
Heteromastus filiformis	df	4
Lanice conchilega	sdf	148
Magelona papillicornis	sdf	262
Microphthalmus spec.		5
Nephtys caeca	o	53
Nephtys cirrosa	o	290
Nephtys hombergii	o	133
Nephtys longosetosa	o	35
Nereis longissima	df	45
Nereis virens	o	4
Notomastus latericeus	df	1
Ophelia limacina	df	60
Ophelia rathkei	df	1
Orbinina setulata		1
Owenia fusiformis	sdf	7
Paraonis fulgens	sdf	8
Pectinaria koreni	sdf	35
Pholoe minuta	p	22
Pisiole remota	o	2
Poecilochaetus serpens	sdf	6
Polychaeta spec.	u	1
Scoloplos armiger	df	201
Scolecopsis bonnierii	p	111
Scolecopsis foliosa	p	2
Scolecopsis squamata	p	52
Sigalion mathildae	u	19
Spiophanes bombyx	sdf	236
Spio filicornis	sdf	163
Sthenelais limicola	u	2
Travisia forbesii	df	41

Tabel 1. (vervolg).

Gevonden soorten aan macrobenthos, per classis gegroepeerd.
 Per soort is het voedingstype zoals dat in dit onderzoek gebruikt
 is, vermeld, alsook het aantal stations waarin de betreffende soort
 aangetroffen is (totaal: 334 stations).

sdf = selective deposit feeder
 df = (non-selective) deposit feeder
 ff = filter feeder
 p = predator
 o = omnivore
 u = unknown

CLASSIS : Bivalvia

Abra alba	sdf	34
Abra nitida	sdf	3
Abra prismatica	sdf	1
Astarte triangularis	a	1
Donax vittatus	sdf	21
Dosinia exolata	a	1
Ensis arcuatus	ff	3
Ensis directus	ff	22
Ensis ensis	ff	4
Ensis spec.juveniel	ff	11
Ensis spec	ff	3
Macoma balthica	sdf	78
Mactra corallina	ff	8
Montacuta ferruginosa	ff	74
Myseilla bidentata	ff	39
Spisula elliptica	ff	17
Spisula juveniel	ff	9
Spisula solida	ff	1
Spisula subtruncata	ff	64
Tellina fabula	sdf	175
Tellina tenuis	sdf	53
Venus striatula	ff	11

CLASSIS : Gastropoda

Natica alderi	p	65
Natica catena	p	1
Cylichna cylindrica	a	1

CLASSIS : Echinoidea

Echinocardium cordatum	df	172
Echinocyamus pusillus	u	13

CLASSIS : Ophiuroidea

Ophiura affinis	u	1
Ophiura albida	p	12
Ophiotrix fragilis	a	1
Ophiura juveniel	u	55
Ophiura texturata	p	20

CLASSIS : Holothuroidea p 11

CLASSIS : Anthozoa	ff	6
CLASSIS : Hydrozoa	ff	53

CLASSIS : Oligochaeta	u	5
CLASSIS : Ascidicea	a	1
CLASSIS : Phoronidea	a	2
PHYLUM : Nemertinae	p	250
PHYLUM : Nematoda	u	16
PHYLUM : Archiannelida	a	2
PHYLUM : Chaetognata	p	4
PHYLUM : Branchiostomata	a	13
PHYLUM : Echiurida	sdf	1

Tabel 2. Systematische indeling van de macrobenthische taxa, aangetroffen in het Nederlands kustgebied in 1988 - 1989.

I.	Phylum Arthropoda	"galeedpotigen"
	Subphylum Crustacea	"schaaldieren"
	Classis Malacostraca	
	Ordo Decapoda	
	Ordo Mysidacea	"aasgarnalen"
	Ordo Cumacea	"schorpioenkreeftjes"
	Ordo Tanaidacea	"spookkreeftjes"
	Ordo Isopoda	"zeepissebedden"
	Ordo Amphipoda	"vlokkreeftjes"
II.	Phylum Annelida	"rondwormen"
	Classis Polychaeta	"veelborsteligen"
	Ordo Errantia	
	Ordo Sedentaria	
	Classis Oligochaeta	"weinig borsteligen"
	Classis Echiurida	"sterwormen"
	Classis Archiannelida	
III.	Phylum Mollusca	"weekdieren"
	Classis Bivalvia	"tweekleppigen"
	Classis Gastropoda	"slakken"
IV.	Phylum Echinodermata	"stekelhuidigen"
	Classis Echinoidea	"zeeëgels"
	Classis Asteroidea	"zeesterren"
	Classis Ophiuroidea	"slangsterren"
	Classis Holothurioidea	"zeekomkommers"
V.	Phylum Cnidaria	"netelcelligen"
	Classis Anthozoa	"anemonen"
	Classis Hydrozoa	"hydroidpoliepen"
VI.	Phylum Nemertinae	"snoerwormen"
VII.	Phylum Nematoda	"draadwormen"
VIII.	Phylum Chaetognata	"pijlwormen"
IX.	Phylum Branchiostomata	"lancetvisjes"
X.	Phylum Chordata	"gewervelden"
	Classis Ascidiacea	"zakpijpen"

Tabel 3. De per cluster gemiddelde waarden van diverse macrobenthische afgeleiden en (a)biotische variabelen, in 1988 en 1989.

Dichtheid in ind./m2
 Biomassa in gADW/m2
 Diepte in meter
 Saliniteit in %

Mediane korrelgrootte in μm
 Slibgehalte in %
 Chlorophyl-a gehalte $\mu\text{g/g}$

	CLUSTER 1 offshore-w	CLUSTER2 overgang	CLUSTER3 offshore-n	CLUSTER4 kust
STATIONS	119	70	75	95
TOTAAL SOORTEN	117	82	114	70
SOORT/M	13	15	23	21
DICHTHEID MET	1059	1261	4860	6294
DICHTHEID ZONDER	826	1171	3300	4232
BIOMASSA	6.6	12.5	17.6	53.3
SIMPSON INDEX	.22	.26	.29	.29
HEIP EVENNESS	.58	.46	.30	.32
HILL(0)	13.29	14.51	22.10	21.93
HILL(1)	7.71	7.32	7.79	7.44
HILL(2)	5.61	5.02	4.87	4.80
HILL(3)	4.77	4.21	4.05	4.00
POLYCHAETA dichth.	741	553	3469	4093
CRUSTACEA ,,	219	567	607	601
BIVALVIA ,,	19	55	203	1352
ECHINOIDEA ,,	10	16	364	54
REST ,,	70	70	217	194
POLYCHAETA biom.	2.0	3.7	7.6	9.9
CRUSTACEA ,,	1.1	4.5	.2	.2
BIVALVIA ,,	.8	2.4	3.8	35.3
ECHINOIDEA ,,	2.5	5.5	4.9	6.7
REST ,,	.2	.45	1.1	1.2
SDF dichtheid	741	849	3806	4637
DF ,,	55	100	451	202
FF ,,	24	25	62	830
PREDATOREN ,,	76	117	171	281
OMNIVOREN ,,	76	142	174	211
SDF biomassa	1.2	2.0	9.1	18.0
DF ,,	2.8	6.0	5.1	7.4
FF ,,	.5	1.4	.4	23.5
PREDATOREN ,,	.4	1.3	.7	1.5
OMNIVOREN ,,	.9	1.7	1.6	2.8
MEDIANE KORREL	319	295	228	209
SLIBGEHALTE	1.0	1.43	1.34	6.11
CHLOR.-A GEHALTE	.04	.31	.93	1.28
DIEPTE	22	21	21	14
SALINITEIT	32.4	31.7	32.7	31.6
TEMPERATUUR	10.1	9.0	14.1	11.4

Tabel 4. Correlaties tussen de gemeten abiotische variabelen en enige van het macrobenthos afgeleide variabelen.

Dichtheid in ind./m ²	Mediane korrelgrootte in μm
Biomassa gADW/m ²	Slibgehalte %
Diepte meter	Chlorophyl-a gehalte $\mu\text{g/g}$
Saliniteit %	

Kritieke waarde bij n=300 is .113

MACROBENTHOS	MEDIAAN	SLIB	CHLOR-A	DIEPTE	SALINITEIT
SOORTEN	-.43	n.s.	n.s.	n.s.	.18
DICHTHEID MET	-.26	n.s.	n.s.	-.14	.18
DICHTHEID ZONDER	-.48	n.s.	n.s.	-.21	n.s.
BIOMASSA	-.36	n.s.	n.s.	-.26	n.s.
SIMPSON INDEX	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
HEIP EVENNESS	.35	n.s.	n.s.	n.s.	-.19
HILL(0)	-.42	n.s.	n.s.	n.s.	.21
HILL(1)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
HILL(2)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
POLYCHAETA dichth.	-.15	n.s.	n.s.	n.s.	.21
CRUSTACEA ,,	-.30	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
BIVALVIA ,,	-.37	.33	.21	-.31	.21
ECHINOIDEA ,,	n.s.	n.s.	n.s.	.12	n.s.
POLYCHAETA biom.	-.28	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
CRUSTACEA ,,	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	.17
BIVALVIA ,,	-.30	.18	.14	-.30	-.12
ECHINOIDEA ,,	-.17	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
SDF dichtheid	-.21	n.s.	n.s.	-.12	.21
DF ,,	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
FF ,,	-.26	.25	.12	-.21	-.14
PREDATOREN ,,	-.15	n.s.	n.s.	-.12	n.s.
OMNIVOREN ,,	-.18	n.s.	n.s.	-.32	-.26
SDF biomassa	-.48	n.s.	.19	-.41	n.s.
DF ,,	-.17	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
FF ,,	-.21	.15	n.s.	-.20	n.s.
PREDATOREN ,,	-.12	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
OMNIVOREN ,,	-.14	n.s.	n.s.	-.22	-.13

Tabel 5. Systematische indeling van de meiobenthische taxa, aangetroffen in het MILZON 1988-1989 gebied.

Phylum Cnidaria
 Classis Hydrozoa
Phylum Plathyhelminthes
 Classis Turbellaria
Phylum Gastrotricha
Phylum Rotifera
Phylum Nematoda
Phylum Annelida
 Classis Polychaeta
 Ordo Archannelida
 Classis Oligochaeta
Phylum Arthropoda
 Classis Arachnida
 Ordo Acarina
 Fam. Halacarida
Subphylum Crustacea
 Classis Ostracoda
 Classis Copepoda
 Ordo Harpacticoida
 Phylum Tardigrada

Tabel 6. Gemiddelde meiobenthos dichtheden (δ) (per 10 cm²) alsmede de standaarddeviatie (σ), over alle stations van MILZON-benthos 1988, 1989 en de gecombineerde dataset over 1988 en 1989. Voor de combinatie zijn tevens de minimum en maximum dichtheden en de frequentie van voorkomen over het gehele gebied (f) gegeven.

TAXON	1988		1989		1988-1989 GECOMBINEERD				
	δ	σ	δ	σ	δ	min	max	σ	f
NEMATODA	1264.7	1328.0	1250.9	1037.9	1257.0	(25-7661)		1158.2	100
COPEPODA	75.0	96.9	71.9	106.0	73.3	(1-1098)		118.3	100
GASTROTRICHA	64.0	73.5	75.9	154.9	70.6	(0-1559)		121.7	93
TURBELLARIA	21.4	18.9	27.8	34.9	25.0	(0- 234)		29.1	99
ARCHIANNELIDA	1.7	3.0	0.6	1.5	1.1	(0- 15)		2.4	29
OLIGOCHAETA	1.7	5.6	1.3	2.8	1.5	(0- 48)		4.4	30
POLYCHAETA	9.7	22.8	6.2	7.3	7.7	(0- 206)		16.1	86
HYDROZOA	3.3	5.3	3.0	5.5	3.1	(0- 30)		5.5	50
TARDIGRADA	13.4	24.0	7.1	28.9	9.9	(0- 297)		26.3	60
OSTRACODA	5.1	20.4	4.1	12.2	4.5	(0- 212)		16.5	51
HALACARIDA	0.8	5.8	0.3	2.4	0.5	(0- 64)		4.2	11
ROTIFERA	0.0	0.2	0.0	0.1	0.02	(0- 1)		0.1	2
TOTAAL	1461	1276	1447	1029	1454.2	(111-7676)		1133.1	

Tabel 7. Gemiddelde dichtheden van de meiobenthische taxa, uitgedrukt in percentages, over alle stations van MILZON-benthos 1988, 1989 en de gecombineerde dataset over 1988 en 1989.

TAXON	1988	1989	1988-89
	%	%	%
NEMATODA	86.58	81.92	80.83
COPEPODA	5.14	5.44	6.54
GASTROTRICHA	4.38	7.71	7.39
TURBELLARIA	1.46	2.92	2.66
ARCHIANNELIDA	0.11	0.05	0.09
OLIGOCHAETA	0.12	0.15	0.12
POLYCHAETA	0.66	0.63	0.69
HYDROZOA	0.23	0.27	0.30
TARDIGRADA	0.92	0.64	0.82
OSTRACODA	0.35	0.24	0.32
HALACARIDA	0.05	0.04	0.04
ROTIFERA	0.003	0.002	0.002

Tabel 8. Gemiddelde waarden en dichtheden (per 10 cm²) per TWINSPAN-cluster in het meiobenthos. De clustering is gebaseerd op dichtheid van de taxa per station.

CLUSTERNR KLEUR SYMBOOL	1 GROEN	2 ROOD	3 BLAUW	4 GEEL
AANTAL STATIONS	42	73	107	57
<u>VARIABELE</u>				
<u>ABIOTISCH</u>				
MEDIAAN (μM)	354	306	237	204
SLIBGEHALTE	0.86	0.80	2.07	5.51
CHLOROFYL A GEH.	0.23	0.18	0.60	1.77
DIEPTE (M)	21.8	20.1	19.7	15.7
SALINITEIT	32.2	32.1	32.3	31.8
<u>MEIOBENTHOS</u>				
TOTAAL	1761.8	943.5	1084.1	2576.1
NEMATODA	1402.0	604.0	965.9	2532.9
COPEPODA	190.9	126.2	22.4	14.1
GASTROTRICHA	53.8	143.0	59.6	11.1
TURBELLARIA	30.0	37.0	24.6	6.4
ARCHIANNELIDA	2.9	2.2	0.2	0.02
OLIGOCHAETA	6.1	1.3	0.4	0.1
POLYCHAETA	7.0	8.3	6.8	9.2
HYDROZOA	7.5	6.6	0.8	0.0
TARDIGRADA	36.5	11.2	2.7	2.0
OSTRACODA	22.4	3.4	0.7	0.1
HALACARIDA	2.7	0.4	0.03	0.04
ROTIFERA	0.02	0.1	0.01	0.0
N/C RATIO	18.6	15.3	100.7	457.6
AANTAL TAXA	9.7	8.6	6.2	5.1
HILL NR 1	2.25	2.92	1.67	1.15
HILL NR 2	1.66	2.24	1.34	1.05
HILL NR 3	1.52	2.03	1.27	1.04
SIMPSON INDEX	0.66	0.49	0.78	0.95
HEIP EVENNESS	0.14	0.26	0.14	0.04
<u>MACROBENTHOS</u>				
DICHTHEID (-BROED)	1342.6	1025.0	2972.5	3726.5
BIOMASSA	11.0	8.3	20.5	47.8
AANTAL SOORTEN	17.0	14.4	20.2	22.1
HILL NR 1	7.72	7.10	7.40	8.29
HILL NR 2	5.23	5.09	4.88	5.27
HILL NR 3	4.37	4.32	4.10	4.33
SIMPSON INDEX	0.25	0.26	0.28	0.24
HEIP EVENNESS	0.46	0.53	0.36	0.35

Tabel 9. Correlaties tussen enerzijds de dichtheid, biomassa en het aantal macrobenthos soorten en anderzijds de dichtheden van de numeriek belangrijkste meiobenthos taxa (per 10 cm²), het aantal taxa, de N/C ratio en de Simpson en Heip indices.

Afkortingen: Tot = Totaal aantal meiobenthos individuen
 Nem = Nematoda
 Cop = Copepoda
 Gas = Gastrotricha
 Tur = Turbellaria
 N/C = Nematoda/Copepoda ratio
 Taxa = Aantal taxa
 N1 = Hill's diversiteitsindex, eerste orde
 N2 = Hill's diversiteitsindex, tweede orde
 N3 = Hill's diversiteitsindex, derde orde
 Simp = Simpson diversiteits index
 Heip = Heip evenness index

MEIO	TOT	NEM	COP	GAS	TUR	N/C	TAXA	N1	N2	N3	SIMP	HEIP
ABIOTISCH												
<u>1988</u>												
MEDIAAN (µM)	-.30	-.36	.49	.30	n.s	-.38	.63	.41	.36	.35	-.39	.28
SLIB	.30	.33	-.25	-.30	-.22	.40	-.37	-.36	-.31	-.29	.40	-.34
CHLOROFYL-A	.61	.62	.22	.24	n.s	.68	-.31	-.32	-.27	-.26	.36	-.31
DIEPTE	-.38	-.36	n.s	n.s	n.s	-.40	.21	n.s	n.s	n.s	-.16	n.s
SALINITEIT	-.33	-.33	n.s	n.s	.33	-.28	n.s	.17	n.s	n.s	-.23	.26
<u>1989</u>												
MEDIAAN (µM)	n.s	-.29	.71	n.s	.33	-.33	.74	.69	.61	.59	-.67	.50
SLIB	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	-.18	-.19	-.19	.20	-.18
CHLOROFYL-A	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	-.18	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
DIEPTE	-.21	-.20	n.s	n.s	n.s	-.25	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
SALINITEIT	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
POC GEHALTE	.27	.37	-.38	-.25	-.31	.55	-.60	-.53	-.47	-.45	.54	-.42
<u>1988-1989</u>												
MEDIAAN (µM)	-.21	-.30	.58	.14	.23	-.30	.68	.57	.51	.49	-.56	.41
SLIB	.21	.24	-.17	-.17	-.18	.35	-.22	-.25	-.23	-.22	.28	-.24
CHLOROFYL-A	.19	.21	n.s	n.s	n.s	.32	-.21	-.18	-.16	-.15	.19	-.16
DIEPTE	-.24	-.23	n.s	n.s	n.s	-.26	.19	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
SALINITEIT	-.16	-.17	n.s	n.s	n.s	-.25	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s

TAXA	ARCHI	OLIGO	POLY	HYDRO	TARDI	OSTRA	HALA	ROTI
	ANNE	CHAE	CHAE	ZOA	GRA	CODA	CARI	FERA
MEDIAAN (µM)	LIDA	TA	TA		DA		DA	
1988	.50	.23	-.18	.22	.37	.38	.33	n.s
1989	.48	.47	.19	.53	.27	.58	.24	n.s
1988-1989	.48	.32	n.s	.42	.32	.46	.26	n.s

n.s = niet significant
 95% betrouwbaarheidsinterval
 n = 279
 r = 0.196

Tabel 10. Kruskal-Wallis test tussen de 4 makrobenthos strata.

*** kruskal-wallis H test significant op 0.1% niveau.

** kruskal-wallis H test significant op 1% niveau.

* kruskal-wallis H test significant op 2% niveau.

Kritieke waarde = 16.27 (voor 0.1% niveau)

Parameters

aantal soorten	134.55	***
dichtheid met broed	178.85	***
dichtheid zonder broed	164.12	***
biomassa	159.85	***
Simpson-index	10.53	*
Heip-index	103.46	***
Hill(0)	137.93	***
Hill(1)	1.95	n.s.
Hill(2)	10.56	*
Hill(3)	12.65	**
Polychaeta dichtheid	143.45	***
Crustacea ,,	58.79	***
Bivalvia ,,	212.88	***
Echinoidea ,,	116.71	***
Polychaeta biomassa	125.54	***
Crustacea ,,	20.05	***
Bivalvia ,,	181.50	***
Echinoidea ,,	45.39	***
SDF dichtheid	150.47	***
DF ,,	69.37	***
FF ,,	124.98	***
Predatoren ,,	88.43	***
Omnivoren ,,	104.23	***
SDF biomassa	192.95	***
DF ,,	25.25	***
FF ,,	115.88	***
Predatoren ,,	54.89	***
Omnivoren ,,	68.97	***
chlorophyl-a in µg/g	85.84	***
mediane korrelgrootte in µm	156.98	***
slibhehalte in %	107.34	***
diepte in m	71.65	***
saliniteit in %.	71.56	***

Tabel 11. Resulterende H-waarden voor een aantal abiotische en biotische factoren uit de Kruskal-Wallis toets voor meiobenthos. Kritieke waarde voor het verwerpen van de nulhypothese (dat de verdeling van de waarden random over de clusters verdeeld is) is bij 3 vrijheidsgraden (4 clusters) $H \geq 24.27$, $p = 0.001$. De significante waarden zijn in de tabel gegeven voor de TWINSPAN-verdeling (n.s = niet significant).

Gebruikte klasseindelingen die ten grondslag liggen aan de TWINSPAN-clusterverdelingen:

0-10-50-150-350-700-1000-2000-2900 (aantal/10 cm²). 4 clusters

VARIABELE	H
MEDIAAN	150.8
SLIB	67.5
CHLOROFYL A	78.3
DIEPTE	23.8
SALINITEIT	11.8
TOTAAL	68.4
NEMATODA	87.8
COPEPODA	142.8
GASTROTRICHA	126.9
TURBELLARIA	89.3
ARCHIANNELIDA	107.6
OLIGOCHAETA	116.7
POLYCHAETA	10.0
HYDROZOA	158.7
TARDIGRADA	113.9
OSTRACODA	148.2
HALACARIDA	40.9
N/C RATIO	152.4
AANTAL TAXA (HILL (0))	181.3
HILL (1)	180.6
HILL (2)	175.0
HILL (3)	173.2
SIMPSON INDEX	175.1
HEIP EVENNESS	139.1

Tabel 12. Correlaties tussen enerzijds de dichtheid, biomassa en het aantal macrobenthos soorten (per m²) en anderzijds de dichtheden van de numeriek belangrijkste meiobenthos taxa (per 10 cm²), het aantal taxa, de N/C ratio en de Simpson en Heip indices.

Afkortingen: Tot = Totaal aantal meiobenthos individuen
 Nem = Nematoda
 Cop = Copepoda
 Gas = Gastrotricha
 Tur = Turbellaria
 N/C = Nematoda/Copepoda ratio
 Taxa = Aantal taxa
 N1 = Hill's diversiteitsindex, eerste orde
 N2 = Hill's diversiteitsindex, tweede orde
 N3 = Hill's diversiteitsindex, derde orde
 Simp = Simpson diversiteits index
 Heip = Heip evenness index

MEIO	TOT	NEM	COP	GAS	TUR	N/C	TAXA	N1	N2	N3	SIMP	HEIP
MACRO												
TOTAAL(+ BROED)	.15	.18	-.14	n.s	n.s	n.s	-.17	-.29	-.28	-.28	.30	-.29
TOTAAL(- BROED)	.24	.29	-.25	-.19	-.22	.22	-.38	-.47	-.42	-.41	.49	-.45
BIOMASSA TOTAAL	.39	.43	-.20	-.15	-.17	.51	-.33	-.34	-.30	-.29	.37	-.33
AANTAL SOORTEN	.25	.31	-.18	-.28	-.15	n.s	-.37	-.52	-.50	-.50	.52	-.48
POLYCHAETA	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	-.19	-.19	-.18	.19	-.19
MALACOSTRACA	n.s	n.s	-.21	-.16	n.s	n.s	-.20	-.31	-.30	-.30	.31	-.27
BIVALVIA	.55	.59	-.21	-.17	-.19	.66	-.36	-.36	-.31	-.29	.40	-.36
ECHINODERMATA	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
SIMP	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
HEIP	-.16	-.21	.25	n.s	n.s	n.s	.26	.46	.45	.44	-.43	.43
N1	n.s	n.s	n.s	-.15	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
N2	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
N3	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s

n.s = niet significant
 95% betrouwbaarheidsinterval
 n = 118
 r = 0.196

Tabel 13. Gegevens betreffende overlappende stations van 1988 en 1989 in de vakken C(0-5) ('88) en IA(0-5) ('89). Dichtheden in ind./10 cm².

JAAR STATIONNR	'88 1	'89 1	'88 2	'89 2	'88 3	'89 3	'88 7	'89 5
MEDIAAN (μ M)	361	309	283	264	267	258	492	481
SLIBGEHALTE	.39	.10	2.00	.00	1.23	.52	3.36	.13
TOTAAL	562	142	384	1025	652	766	2151	1735
NEMATODA	200	25	262	202	564	615	1005	857
COPEPODA	8	2	5	161	3	11	492	669
GASTROTRICHA	248	61	68	561	31	53	119	48
TURBELLARIA	44	54	21	81	41	76	43	81
ARCHIANNELIDA	.	.	.	.	1	.	13	.
OLIGOCHAETA	.	.	2	1	.	.	.	4
POLYCHAETA	18	.	6	.	3	1	34	4
HYDROZOA	10	.	1	5	1	1	12	1
TARDIGRADA	32	.	19	14	7	9	157	25
OSTRACODA	.	.	.	.	1	.	212	46
HALACARIDA	1	.	.	.	.	.	64	.
ROTIFERA	1	.	.	.	.	.	.	.
N/C RATIO	25.0	12.5	52.4	1.3	188.0	55.9	2.0	1.3
AANTAL TAXA	9	4	8	7	9	7	10	9
SIMPSON INDEX	.33	.36	.50	.37	.76	.66	.29	.40
HEIP INDEX	.36	.67	.26	.41	.10	.18	.43	.27

Overlappende stations van 1988 en 1989 in de vakken C(5-12) ('88) en I A(5-12) ('89).

JAAR STATIONNR	'88 3	'89 3	'88 4	'89 4	'88 6	'89 5
MEDIAAN (μ M)	215	377	237	299	234	234
SLIBGEHALTE	2.21	.27	2.07	.30	4.55	1.78
TOTAAL	857	1250	3135	1695	708	952
NEMATODA	453	1079	3094	1506	617	872
COPEPODA	39	64	6	58	34	17
GASTROTRICHA	238	57	.	41	4	35
TURBELLARIA	36	40	.	50	29	23
ARCHIANNELIDA	3	.	.	.	.	.
OLIGOCHAETA	.	3	.	1	.	.
POLYCHAETA	58	2	35	3	6	5
HYDROZOA	28	.	.	2	.	.
TARDIGRADA	2	1	.	33	14	.
OSTRACODA	.	4	.	1	4	.
HALACARIDA	.	.	.	.	.	.
ROTIFERA	.	.	.	.	.	.
N/C RATIO	11.6	16.9	515.7	26.0	18.2	51.3
AANTAL TAXA	9	8	3	9	7	5
SIMPSON INDEX	.37	.75	.97	.79	.76	.84
HEIP INDEX	.38	.11	.04	.09	.13	.12

Tabel 13 vervolg.

Overlappende stations van 1988 en 1989 in de vakken C(12-25)(= C3) en C(25-40)(= C4) ('88) en I A(12-25)(= IA3) en IA(25-40)(= IA4) ('89).

JAAR STATIONNR	'88 C3-6	'89 IA3-2	'88 C4-1	'89 IA4-1
MEDIAAN (μ M)	285	239	250	253
SLIBGEHALTE	.90	.74	.78	.10
TOTAAL	1016	1317	807	1695
NEMATODA	827	966	551	1069
COPEPODA	21	67	42	140
GASTROTRICHA	128	227	34	362
TURBELLARIA	29	50	145	110
ARCHIANNELIDA	3	.	.	.
OLIGOCHAETA	.	.	.	3
POLYCHAETA	.	2	25	8
HYDROZOA	6	1	4	.
TARDIGRADA	.	4	6	3
OSTRACODA	2	.	.	.
HALACARIDA	.	.	.	.
ROTIFERA	.	.	.	.
N/C RATIO	39.4	14.4	13.1	7.6
AANTAL TAXA	7	7	7	7
SIMPSON INDEX	.68	.57	.50	.45
HEIP INDEX	.16	.31	.30	.31

FIGUREN

- Fig. 1. Ligging van de in 1988 en 1989 bemonsterde stations in het kader van het MILZON-benthos onderzoek.
- Fig. 2. Namen van referentie plaatsen en/of eilanden in het MILZON-benthos gebied 1988-1989.
- Fig. 3. De verdeling van de mediane korrelgrootte langs het westelijke en noordelijke kustgebied van Nederland.
- Fig. 4. Slibgehalten langs het westelijke en noordelijke kustgebied van Nederland.
- Fig. 5. Chlorofyl-a gehalten in de bodem langs het westelijke en noordelijke kustgebied van Nederland.
- Fig. 6. POC-gehalten in de bodem langs het noordelijke kustgebied van Nederland.
- Fig. 7. Overzicht van de op macrobenthos uitgezochte stations.
- Fig. 8. De dichtheid met broed van de Polychaeta (macrobenthos) per station.
- Fig. 9. De biomassa van de Polychaeta (macrobenthos) per station.
- Fig. 10. De dichtheid met broed van de Crustacea (macrobenthos) per station.
- Fig. 11. De biomassa van de Crustacea (macrobenthos) per station.
- Fig. 12. De dichtheid met broed van de Bivalvia (macrobenthos) per station.
- Fig. 13. De biomassa van de Bivalvia (macrobenthos) per station..
- Fig. 14. De dichtheid met broed van de Echinoidea (macrobenthos) per station.
- Fig. 15. De biomassa van de Echinoidea (macrobenthos) per station.
- Fig. 16. De totale dichtheid van het macrobenthos met broed per station.
- Fig. 17. De totale dichtheid van het macrobenthos zonder broed per station.
- Fig. 18. De totale biomassa van het macrobenthos per station.
- Fig. 19. Het aantal soorten van het macrobenthos per station.
- Fig. 20. De Simpson-index van het macrobenthos per station.
- Fig. 21. De Heip-evenness van het macrobenthos per station.
- Fig. 22. De Hill(1)-diversiteit van het macrobenthos per station.
- Fig. 23. De dichtheid van de SDF van het macrobenthos per station.
- Fig. 24. De dichtheid van de DF van het macrobenthos per station.
- Fig. 25. De dichtheid van de FF van het macrobenthos per station.
- Fig. 26. De dichtheid van de P van het macrobenthos per station.
- Fig. 27. De dichtheid van de O van het macrobenthos per station.
- Fig. 28. TWINSPAN-clusterverdeling op basis van de dichtheden van het macrobenthos met broed.
- Fig. 29. TWINSPAN-clusterverdeling op basis van de dichtheden van het macrobenthos zonder broed.
- Fig. 30. De ruimtelijke clusterverdeling op basis van de biomassa van de macrobenthos.
- Fig. 32. Verspreidingskaart van Spisula subtruncata (dichtheid).
- Fig. 33. Verspreidingskaart van Macoma baltica (dichtheid).
- Fig. 34. Verspreidingskaart van Anatides mucosa (dichtheid).
- Fig. 35. Verspreidingskaart van Capitella capitata (dichtheid).
- Fig. 36. Verspreidingskaart van Nephtys hombergii (dichtheid).
- Fig. 37. Verspreidingskaart van Tellina fabula (dichtheid).
- Fig. 38. Verspreidingskaart van Aricidea minuta (dichtheid).
- Fig. 39. Verspreidingskaart van Travisia forbesii (dichtheid).
- Fig. 40. Verspreidingskaart van Megaluropus agilis (dichtheid).
- Fig. 41. Verspreidingskaart van Echinocardium cordatum (dichtheid).
- Fig. 42. Verspreidingskaart van Spiophanes bombyx (dichtheid).
- Fig. 43. Verspreidingskaart van Magelona papillicornis (dichtheid).
- Fig. 44. Verspreidingskaart van Lanice conchilega (dichtheid).
- Fig. 45. Verspreidingskaart van Pseudocuma longicornis (dichtheid).
- Fig. 46. Overzicht van de op meiobenthos uitgezochte stations.
- Fig. 47. Meiobenthische taxa: een aantal kenmerkende verschijningsvormen.

- Fig. 48. Aantal meiobenthische taxa per station.
- Fig. 49. Dichtheid van alle meiobenthische taxa samen per station.
- Fig. 50. Dichtheid van de Nematoda per station.
- Fig. 51. Percentage Nematoda per station.
- Fig. 52. Dichtheid van de Gastrotricha per station.
- Fig. 53. Dichtheid van de Copepoda per station.
- Fig. 54. Percentage Gastrotricha per station.
- Fig. 55. Percentage Copepoda per station.
- Fig. 56. Dichtheid van de Turbellaria per station.
- Fig. 57. Percentage Turbellaria per station.
- Fig. 58. Dichtheid van de Polychaeta per station.
- Fig. 59. Dichtheid van de Archiannelida per station.
- Fig. 60. Dichtheid van de Oligochaeta per station.
- Fig. 61. Dichtheid van de Hydrozoa per station.
- Fig. 62. Dichtheid van de Tardigrada per station.
- Fig. 63. Dichtheid van de Ostracoda per station.
- Fig. 64. Dichtheid van de Halacarida per station.
- Fig. 65. Dichtheid van de Rotifera per station.
- Fig. 66. Nematoda/Copepoda ratio.
- Fig. 67. Diversiteit van het meiobenthos: Simpson index.
- Fig. 68. Diversiteit van het meiobenthos: Heip index.
- Fig. 69. Diversiteit van het meiobenthos: Hill's index, eerste orde.
- Fig. 70. Diversiteit van het meiobenthos: Hill's index, tweede orde.
- Fig. 71. Diversiteit van het meiobenthos: Hill's index, derde orde.
- Fig. 72. TWINSPAN clusterverdeling van de meiobenthos dataset, gebaseerd op dichtheid (klasseindeling 0-10-50-150-350-700-1000-2000-2900 ind./10 cm²).
- Fig. 73. TWINSPAN dichotomie van de meiobenthos dataset, gebaseerd op dichtheid (klasseindeling 0-10-50-150-350-700-1000-2000-2900 ind./10 cm²).
- Fig. 74A. Box en Whiskerplots van de macrobenthische variabelen (aantal soorten, dichtheid met en zonder broed in ind./m², biomassa in gADW/m², Simpson-index en Heip-eveness) per macrobenthos cluster.
- B. Box-and-Whiskerplots van een aantal macrobenthische variabelen (dichtheid van de Polychaeta, Crustacea, Bivalvia en Echinoidea, in ind./m²) per macrobenthos cluster.
- C. Box-and-Whiskerplots van een aantal macrobenthische variabelen (dichtheid van de SDF, DF, FF, P en O in ind./m²) per macrobenthos cluster.
- D. Box-and-Whiskerplots van een aantal abiotische variabelen (mediane korrelgrootte in μ m, sligehalte in %, chlorofyl-gehalte in μ g/g, diepte in m, saliniteit in ‰ en temperatuur in °C) per macrobenthos cluster.
- Fig. 75A. Box-and-Whiskerplots van de abiotische variabelen per meiobenthos cluster.
- B. Box-and-Whiskerplots van de biotische variabelen: N/C ratio en enkele diversiteitsindices per meiobenthos cluster.
- C. Box-and-Whiskerplots van de biotische variabelen: dichtheid meiobenthos taxa per meiobenthos cluster.

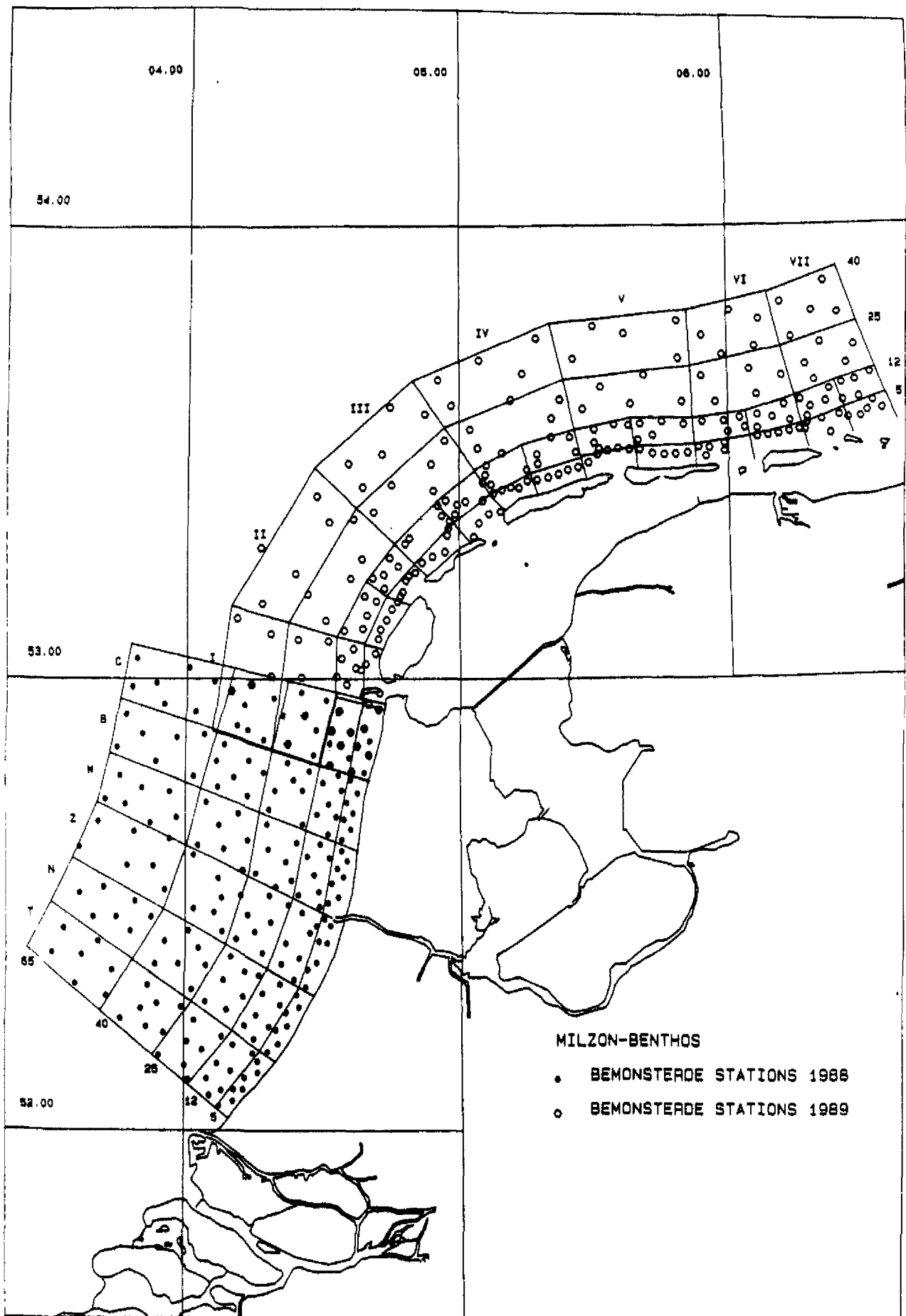


Fig. 1. Ligging van de in 1988 en 1989 bemonsterde stations in het kader van het MILZON-benthos onderzoek.

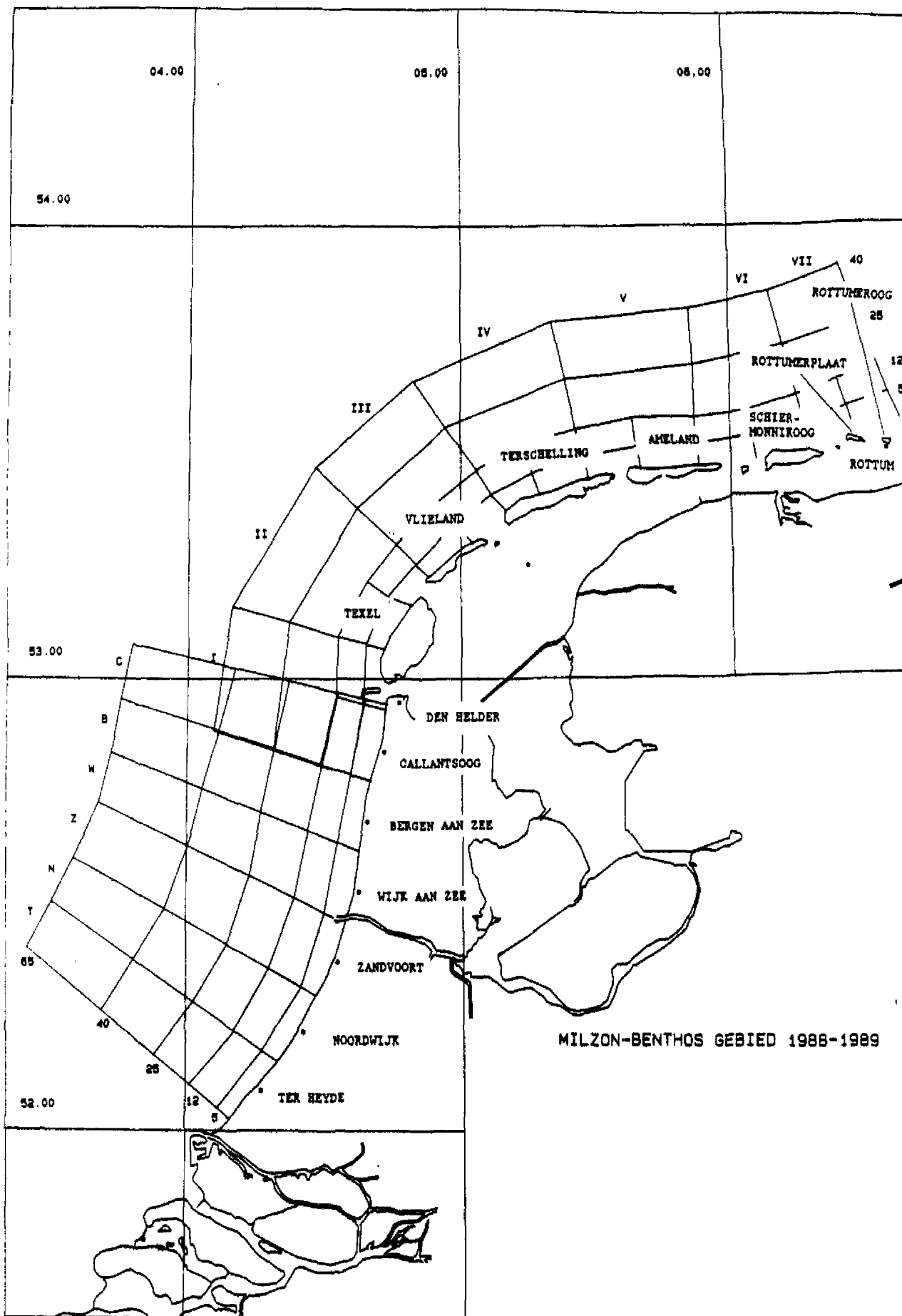


Fig. 2. Namen van referentie plaatsen en/of eilanden in het MILZON-benthos gebied 1988-1989.

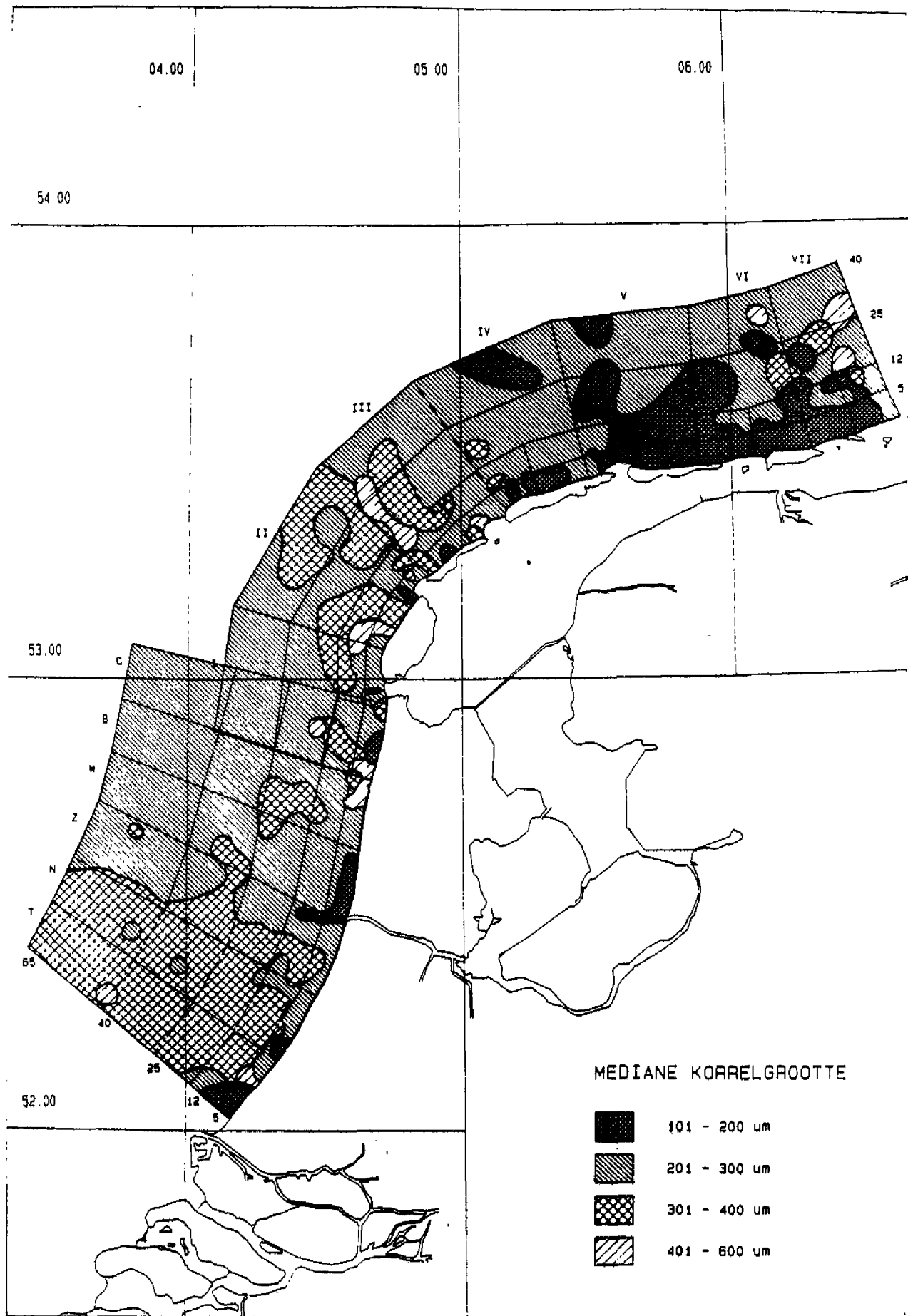


Fig. 3. De mediane korrelgrootte in μm van het Nederlands kustgebied in 1988 en 1989.

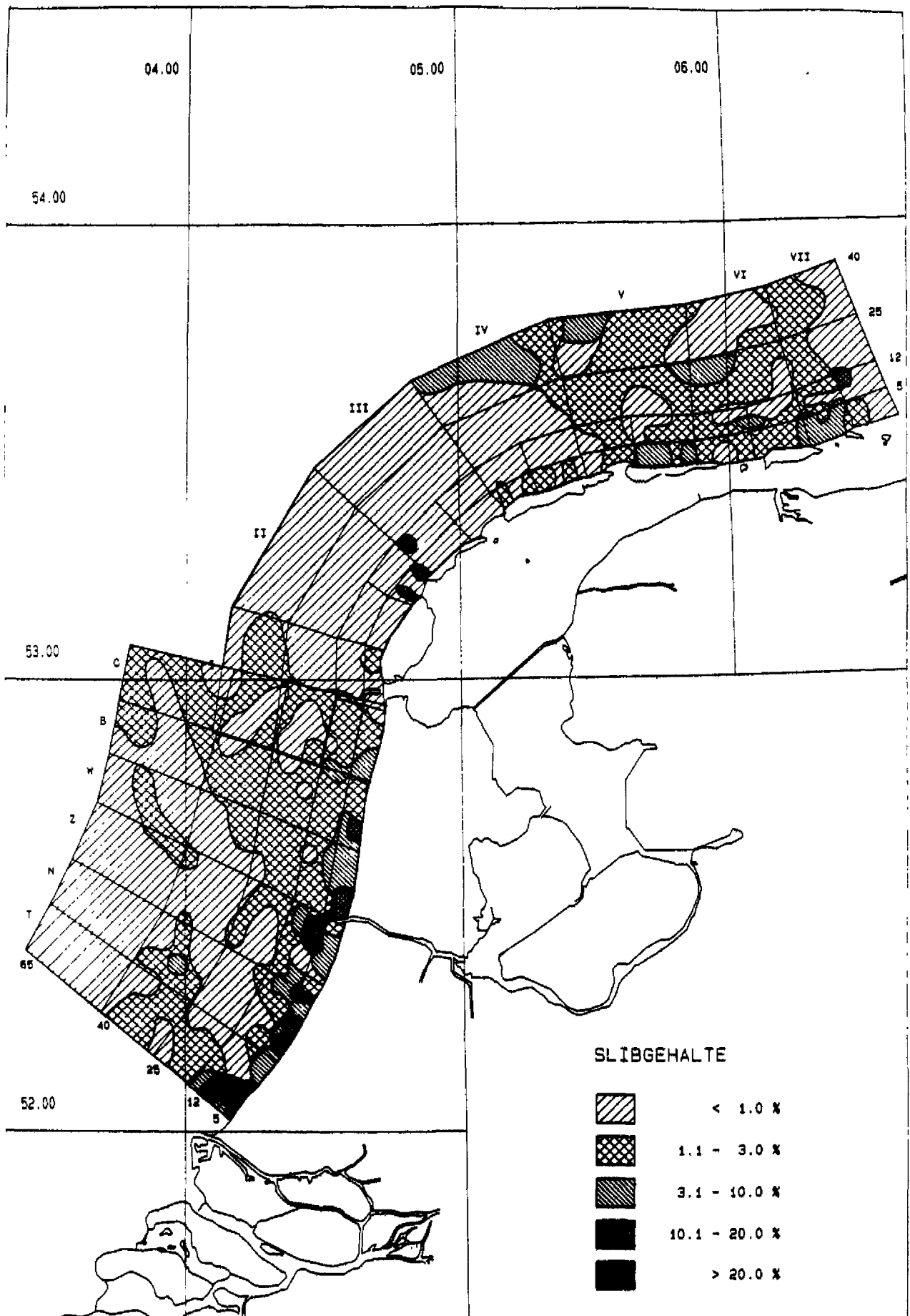


Fig. 4. De slibgehalten in % van het Nederlands kustgebied in 1988 en 1989.

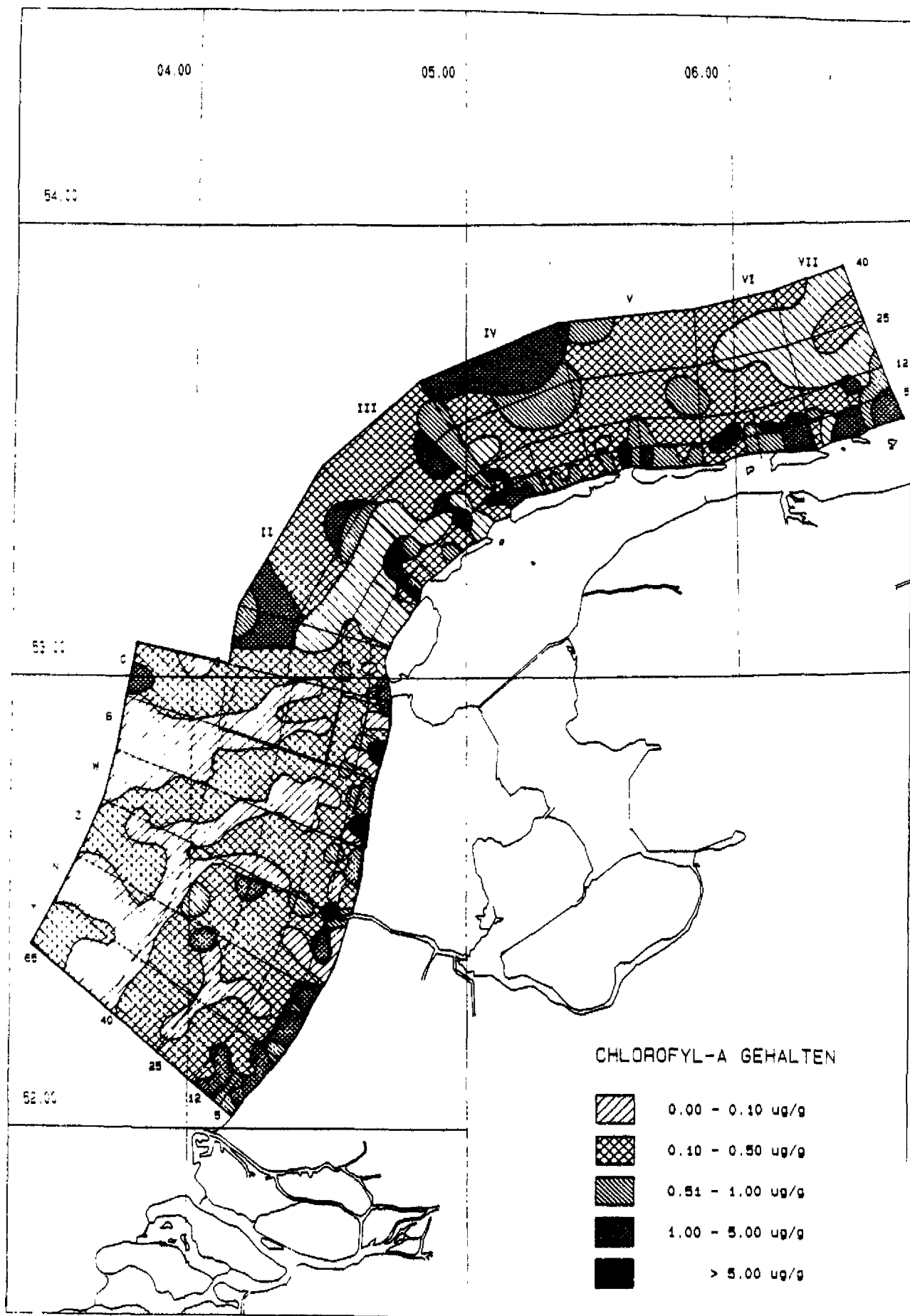


Fig. 5. De chlorofyl-a gehalten in µg/g van het Nederlands kustgebied in 1988 en 1989.

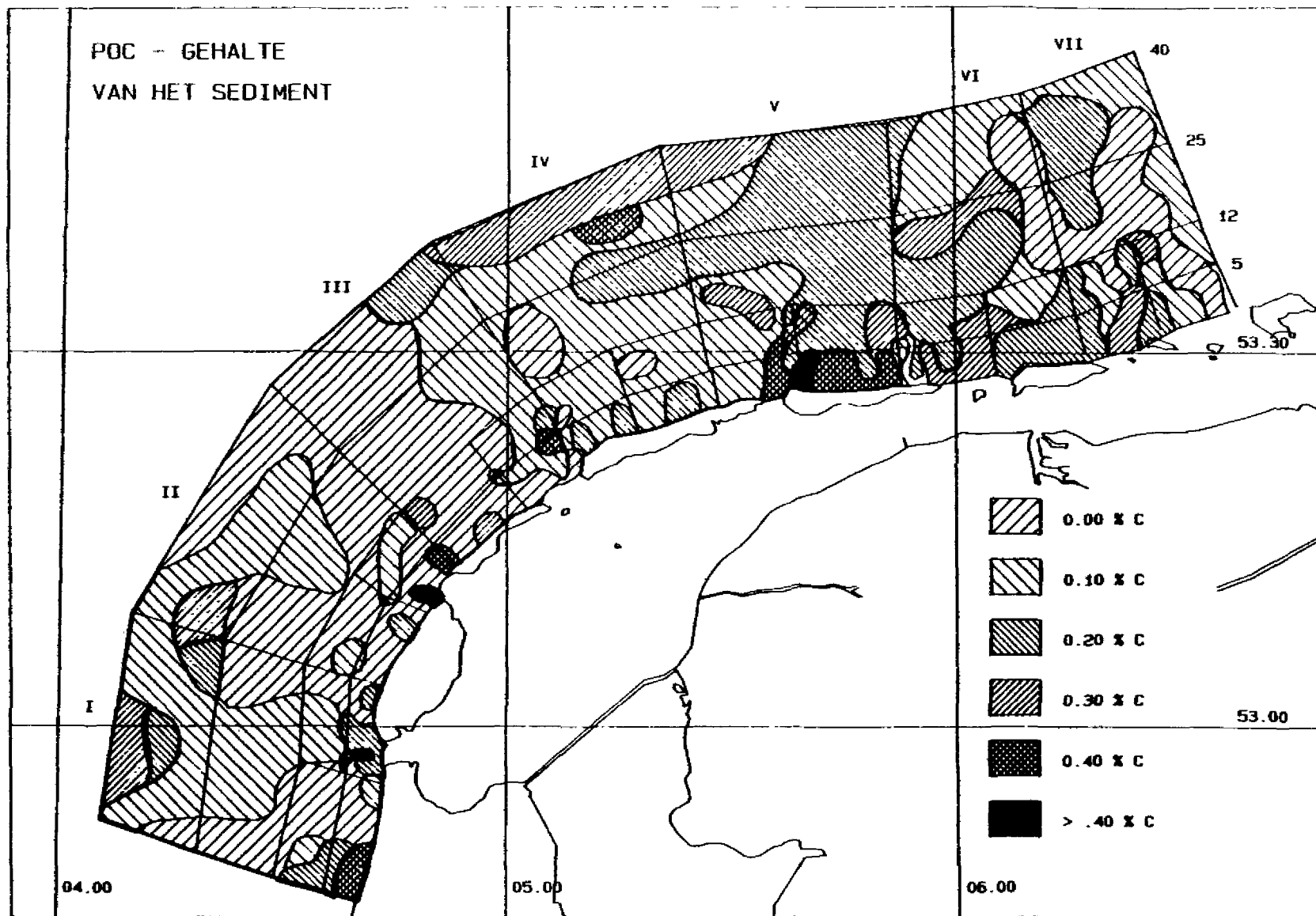


Fig. 6. POC-gehalten in de bodem.

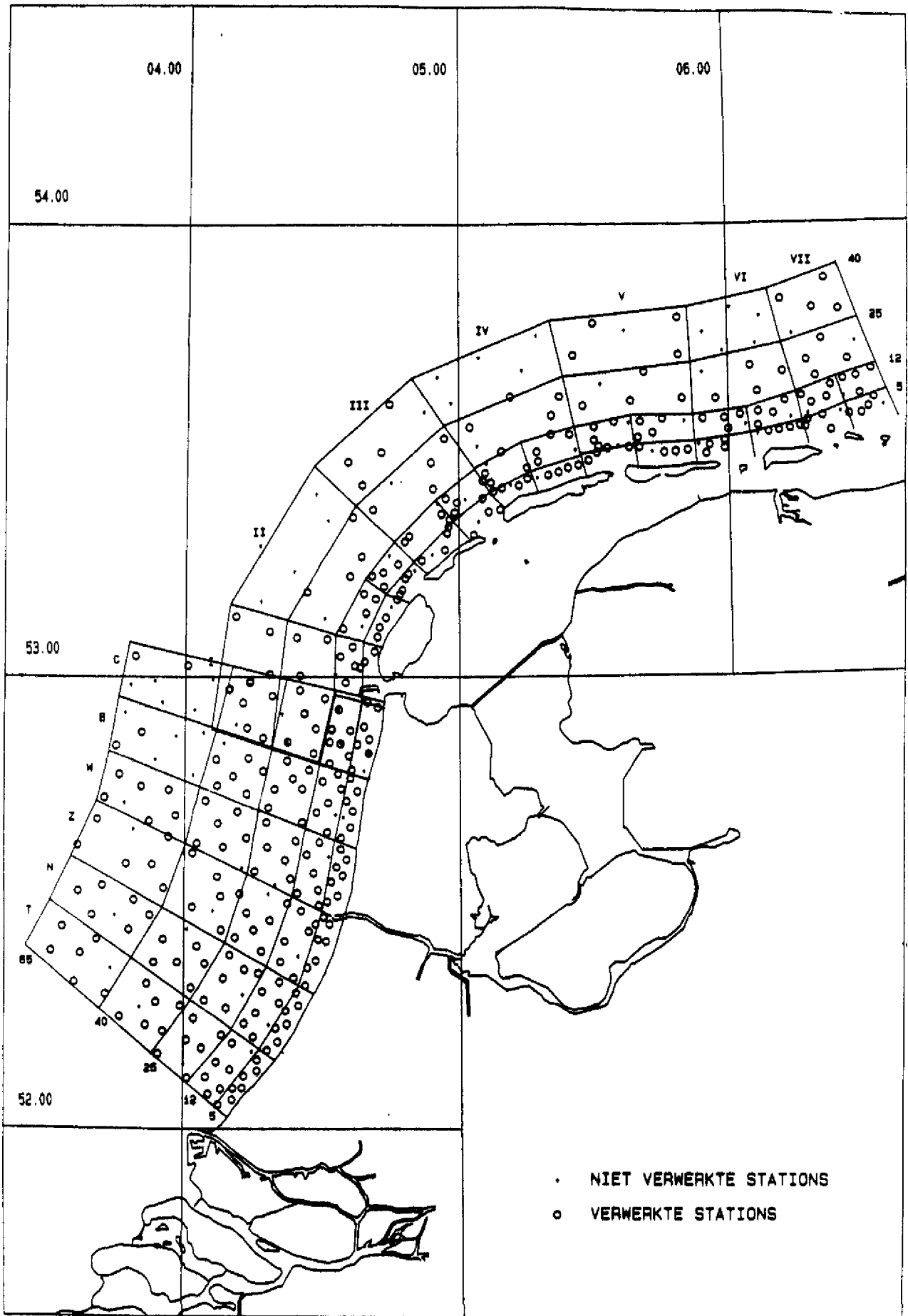


Fig. 7. Macrobenthos.
 De verwerkte (o) en niet verwerkte (.) stations.

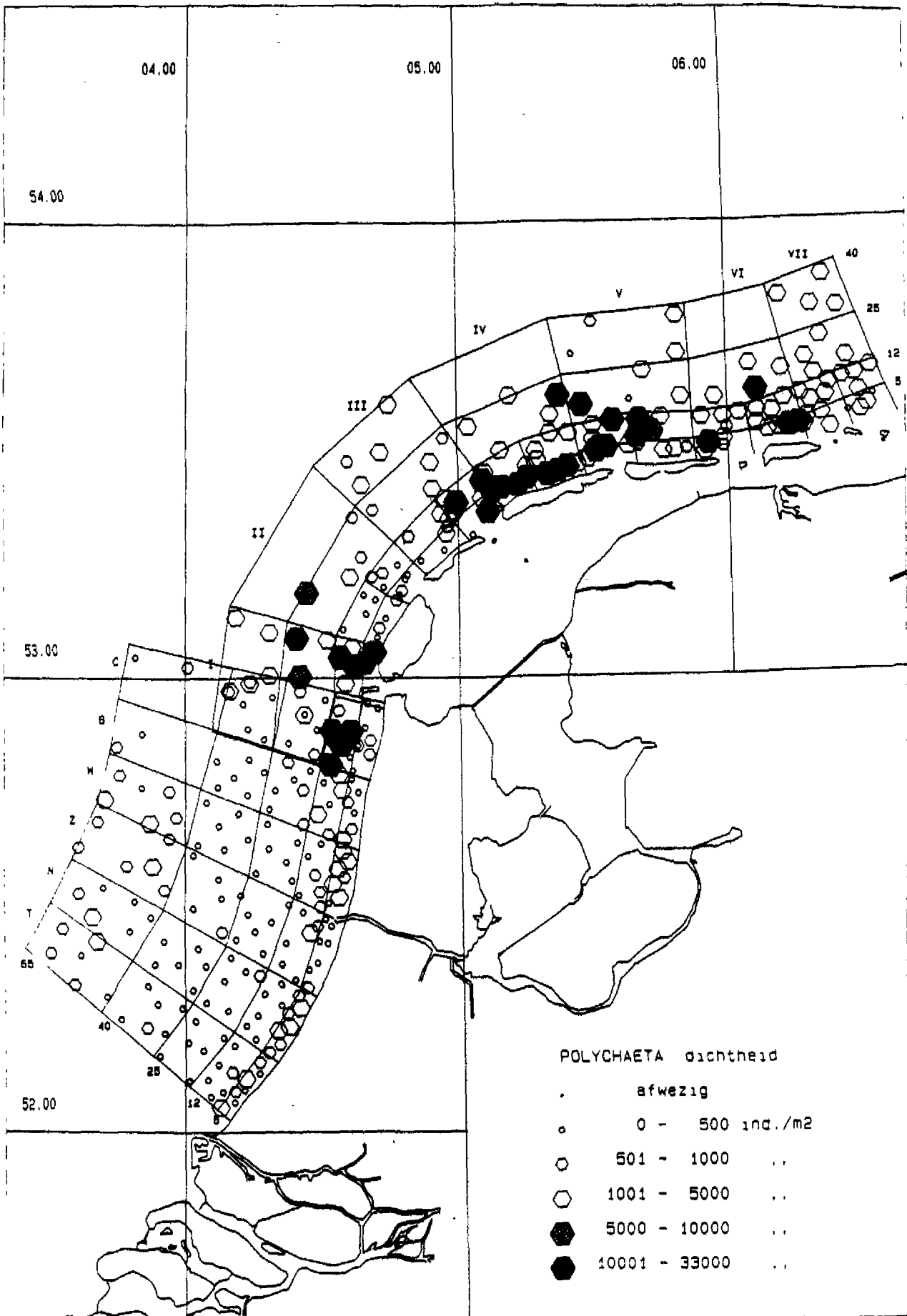


Fig. 8. Macrobenthos.
De dichtheid met breed, in klassen, van de Polychaeta.

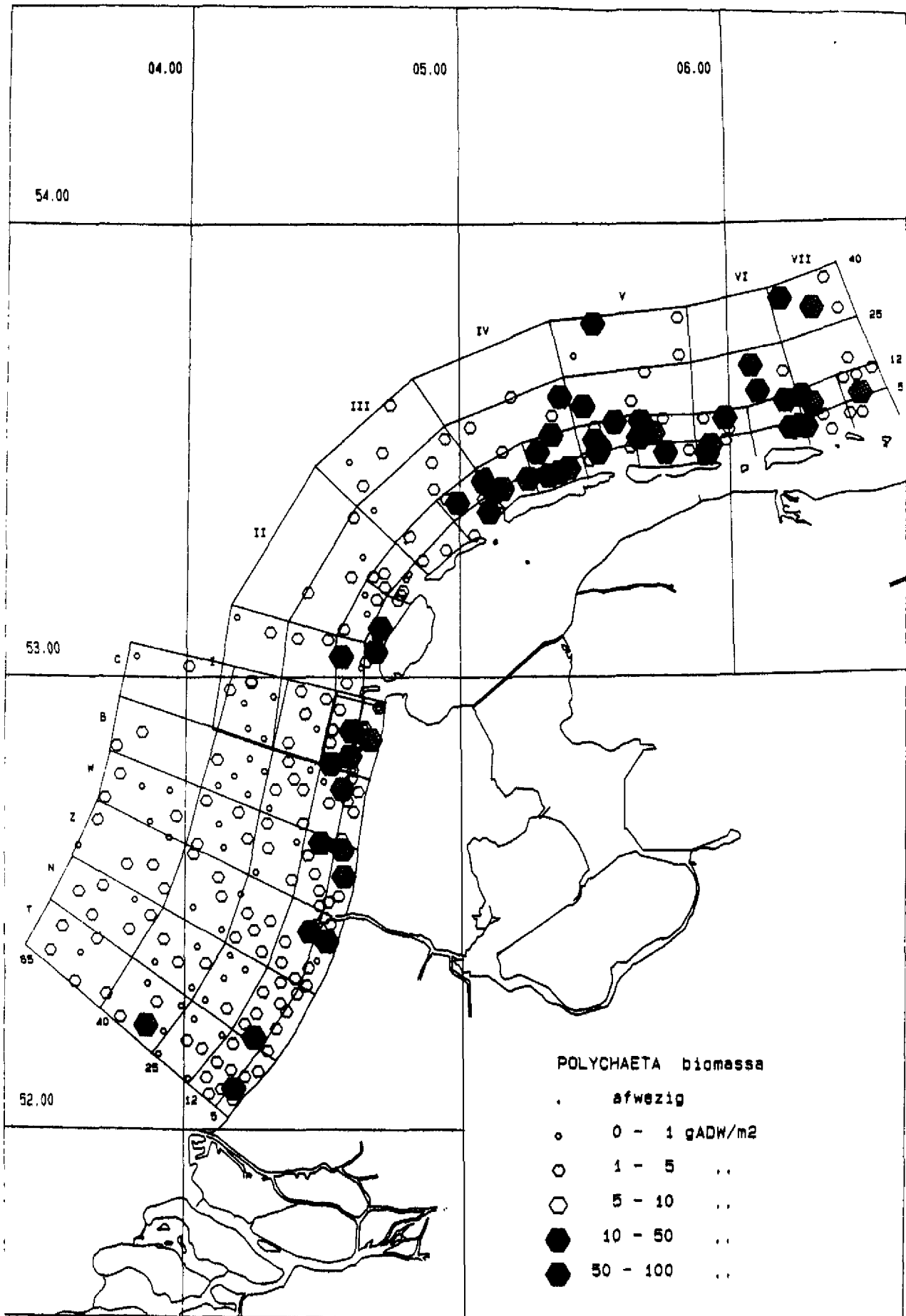


Fig. 9. Macrobenthos.
De biomassa, in klassen, van de Polychaeta.

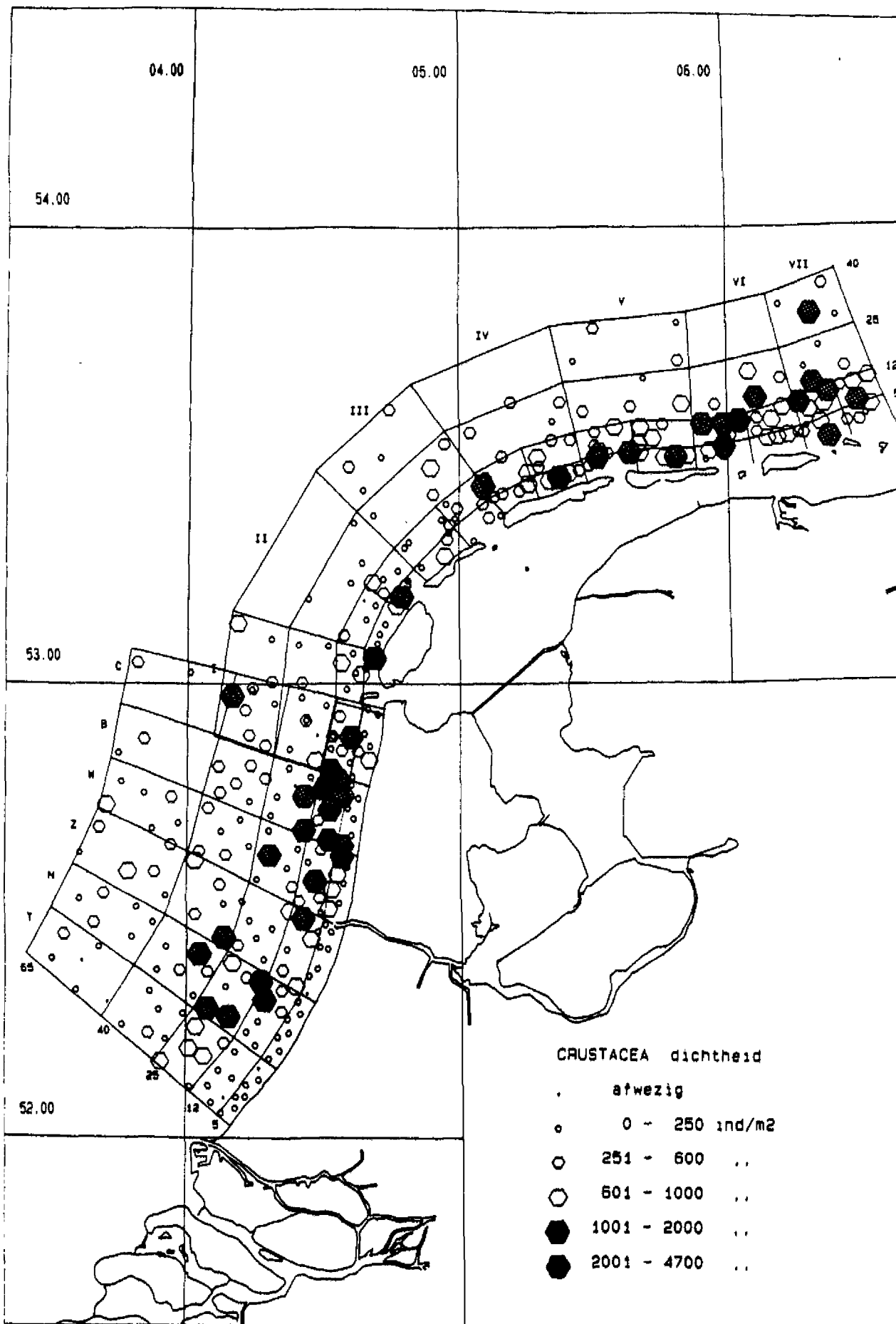


Fig. 10. Macrobenthos.
De dichtheid met broed, in klassen, van de Crustacea.

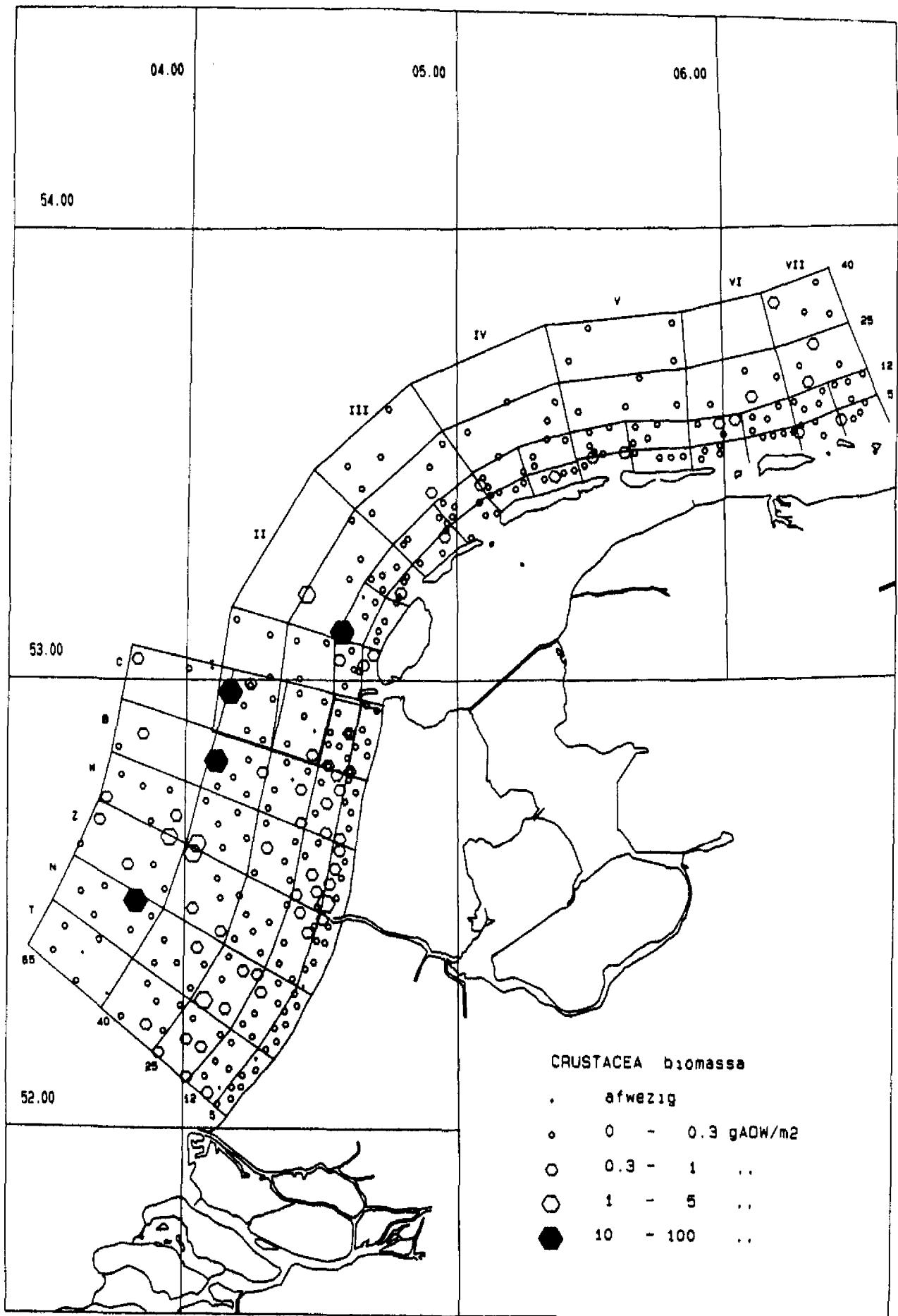


Fig. 11. Macrobenthos.
De biomassa, in klassen, van de Crustacea.

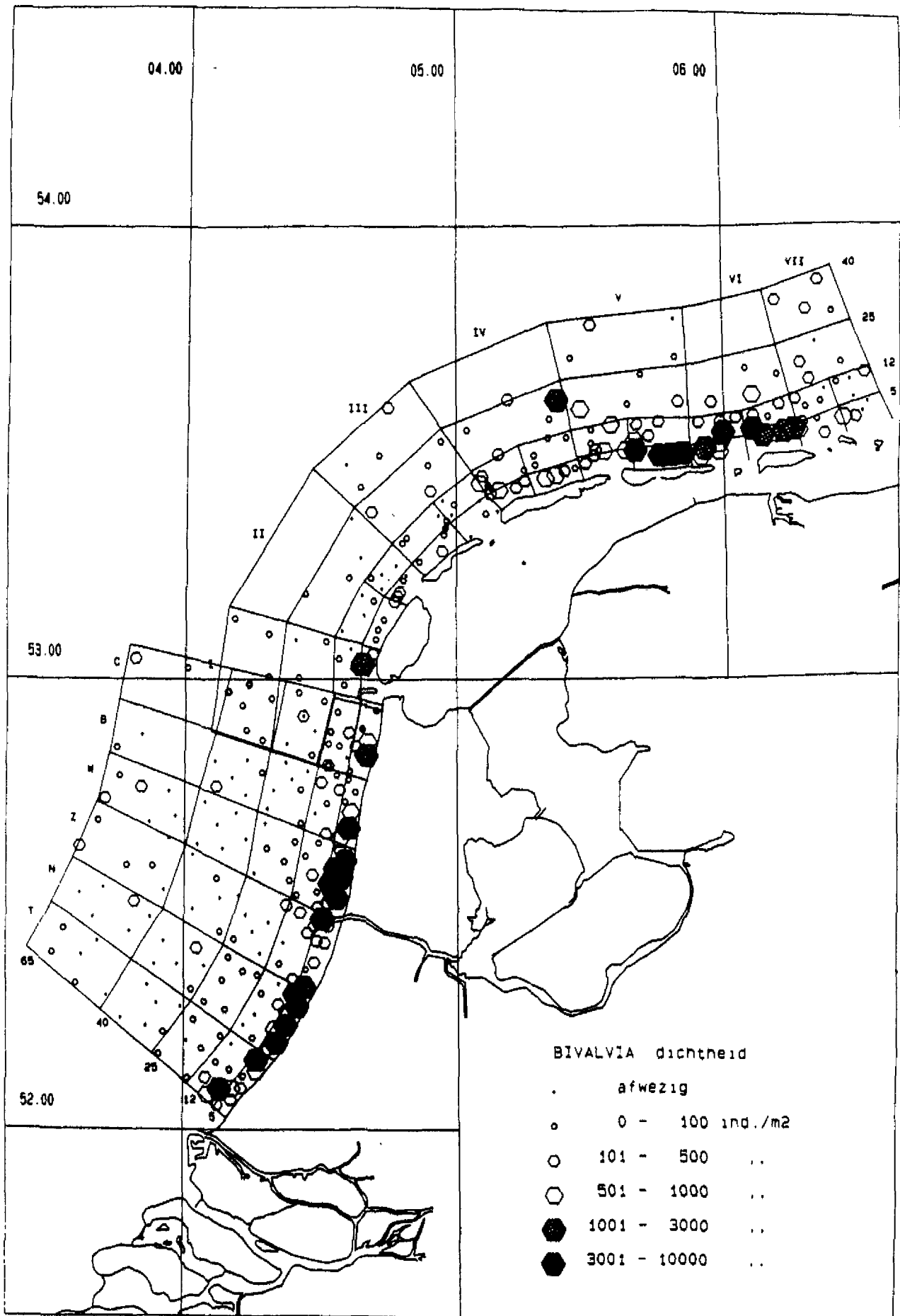


Fig. 12. Macrobenthos.
De dichtheid met broed, in klassen, van de Bivalvia.

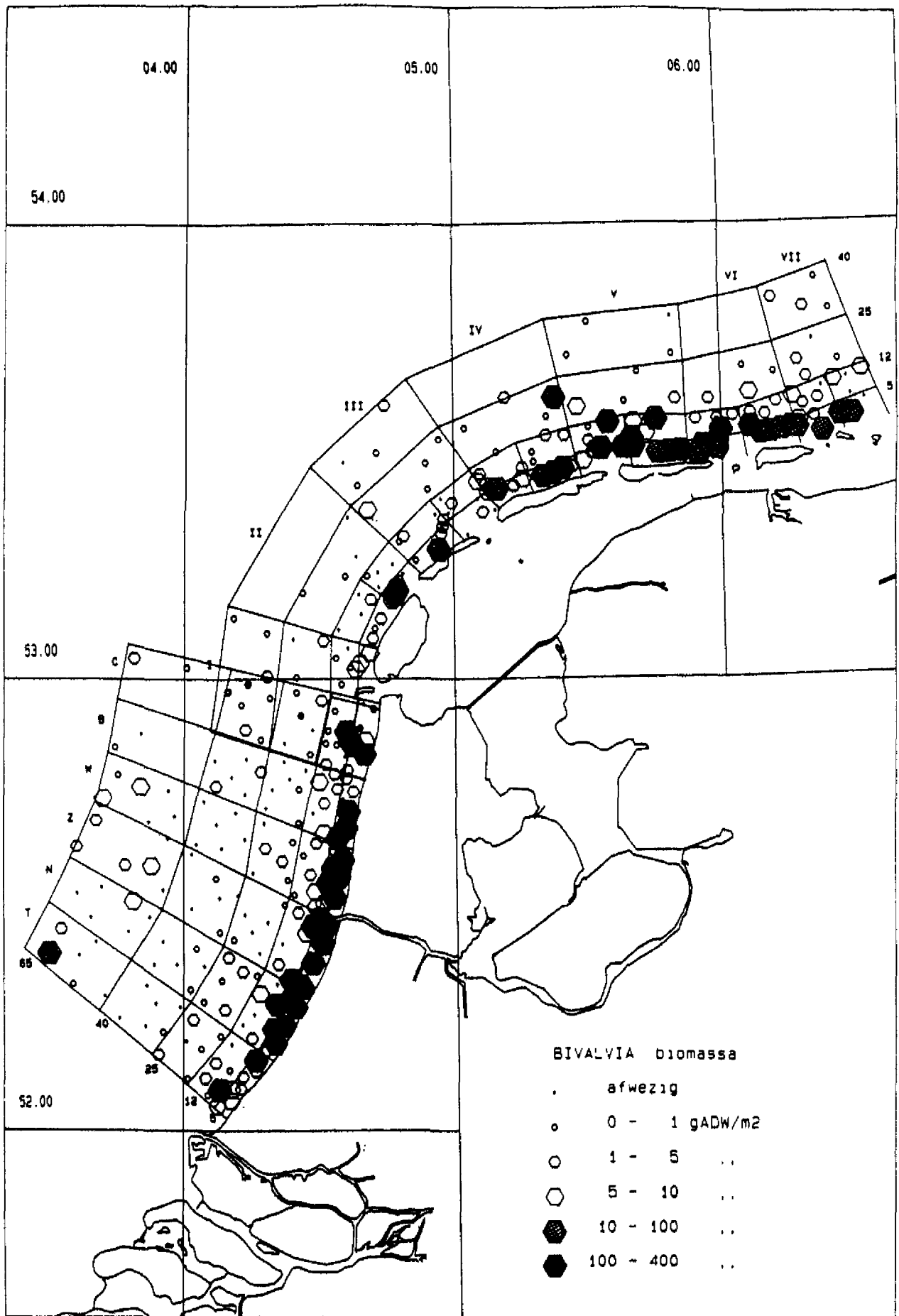


Fig. 13. Macrobencthos.
De biomassa, in klassen, van de Bivalvia.

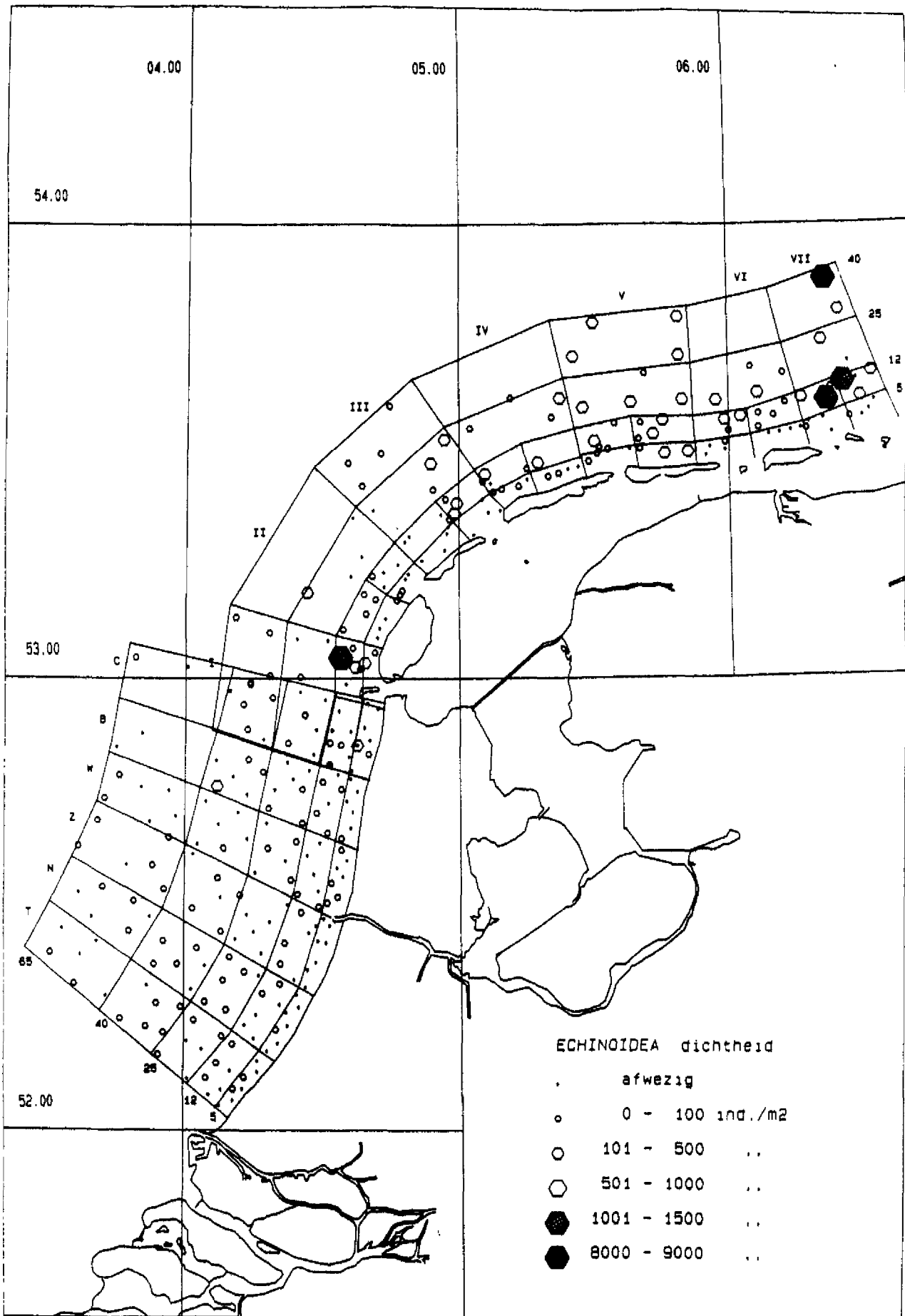


Fig. 14. Macrobenthos.
De dichtheid met broed, in klassen, van de Echinoidea.

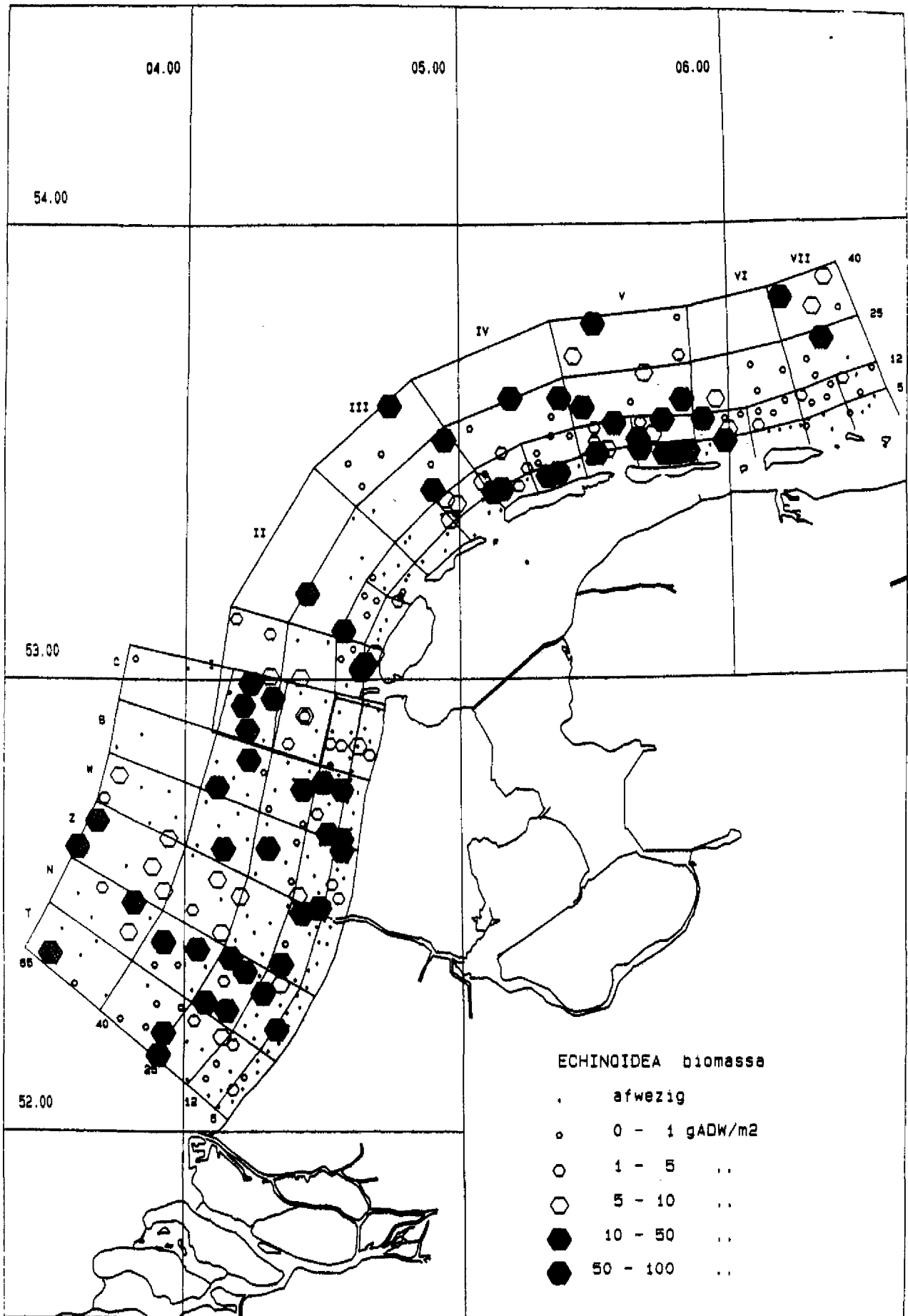


Fig. 15. Macrobenthos.
De biomassa, in klassen, van de Echinoidea.

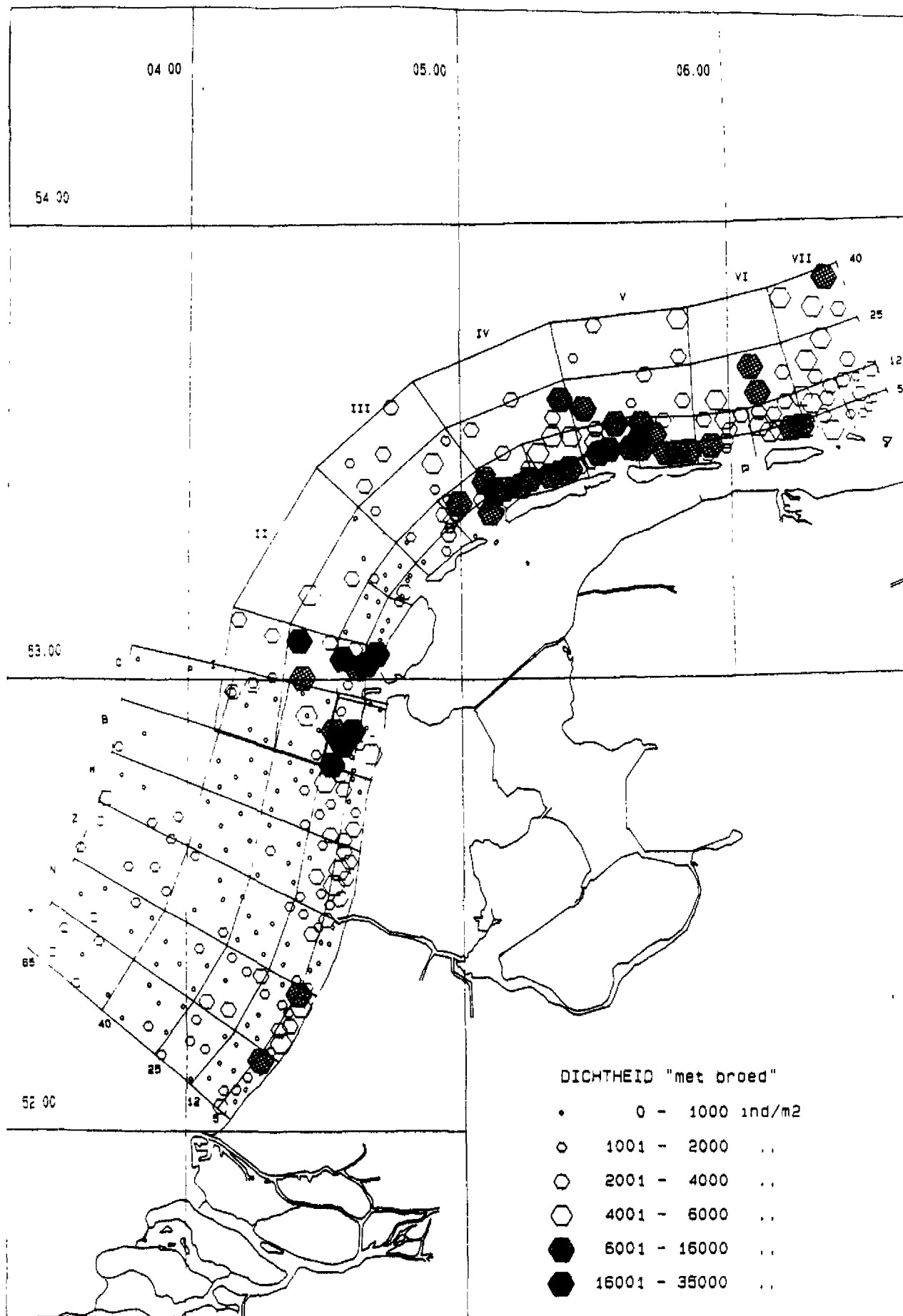


Fig. 16. Macrobenthos.
De totale dichtheid met broed, in klassen, per station.

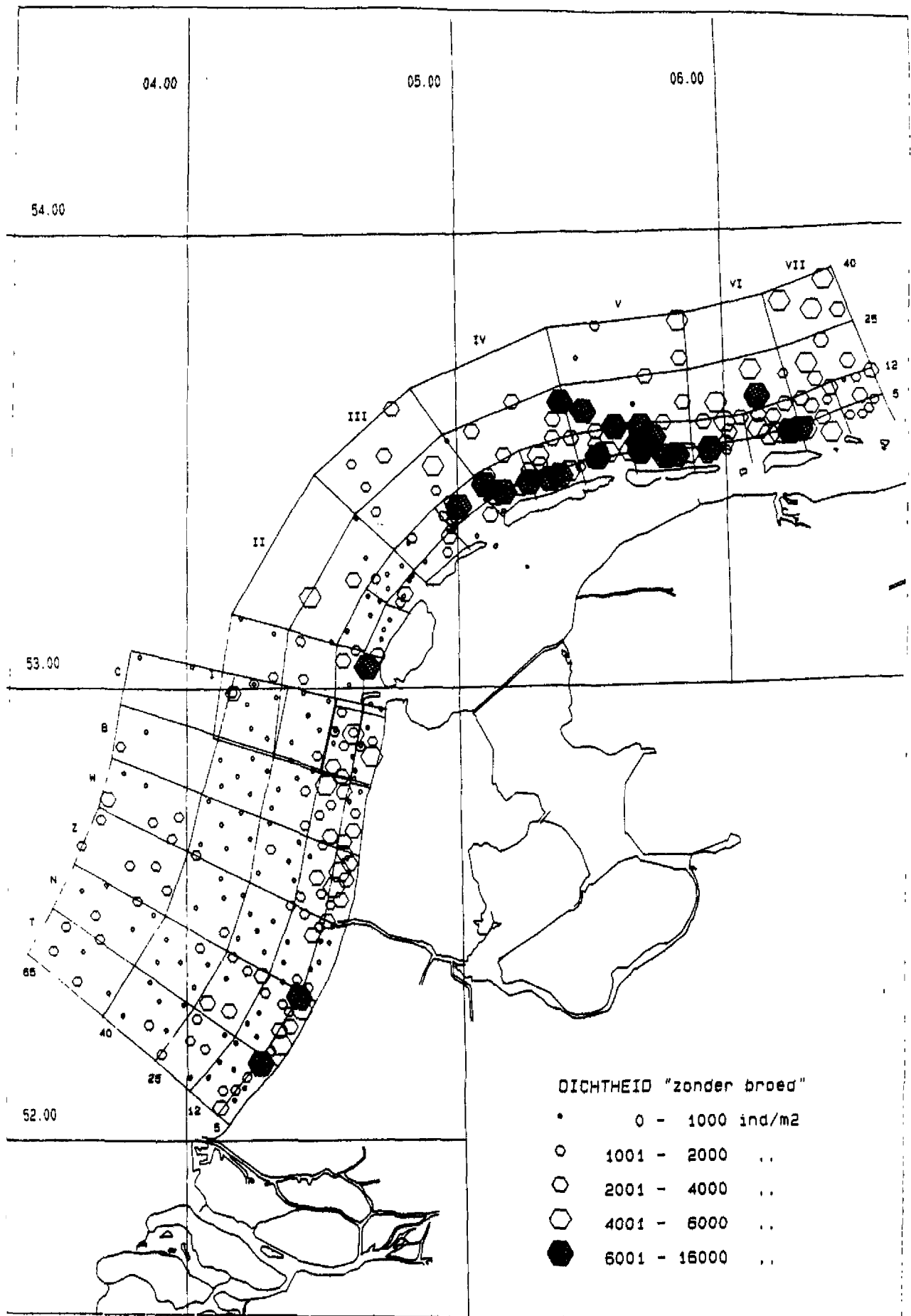


Fig. 17. Macrobenthos.
De totale dichtheid zonder broed, in klassen, per station.

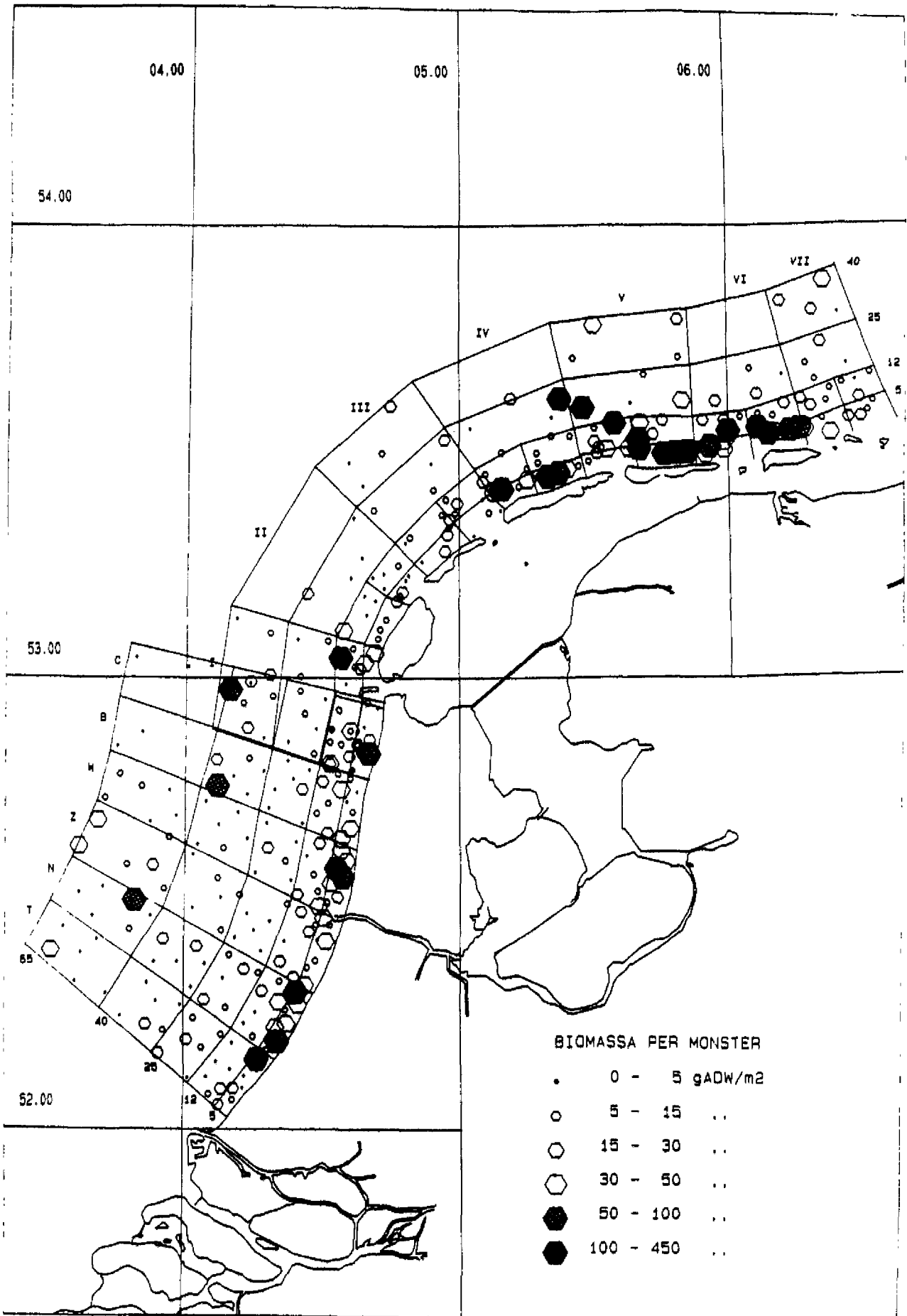


Fig. 18. Macrobenthos.
De totale biomassa, in klassen, per station.

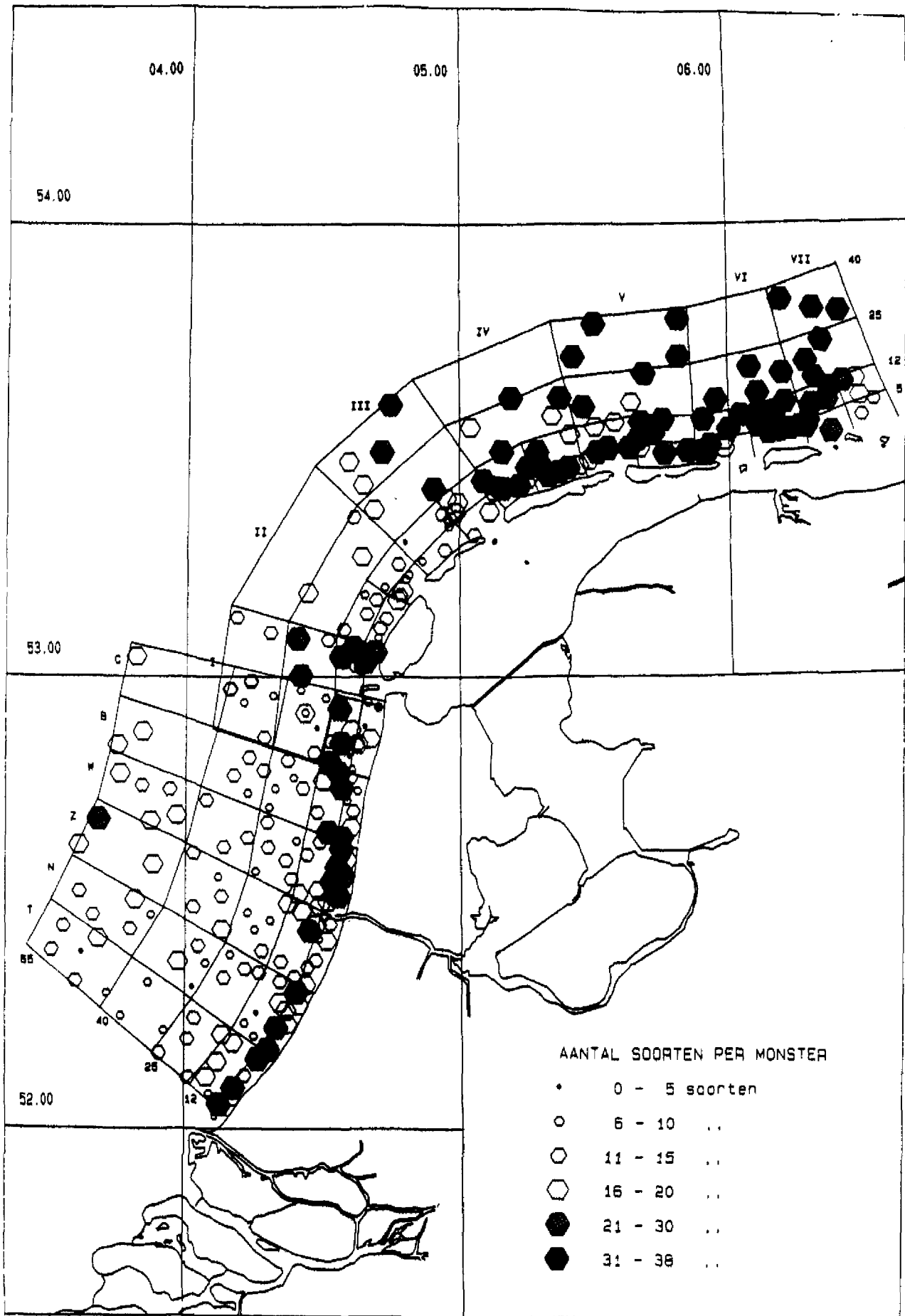


Fig. 19. Macrobenthos.
 Het aantal soorten, in klassen, per station.

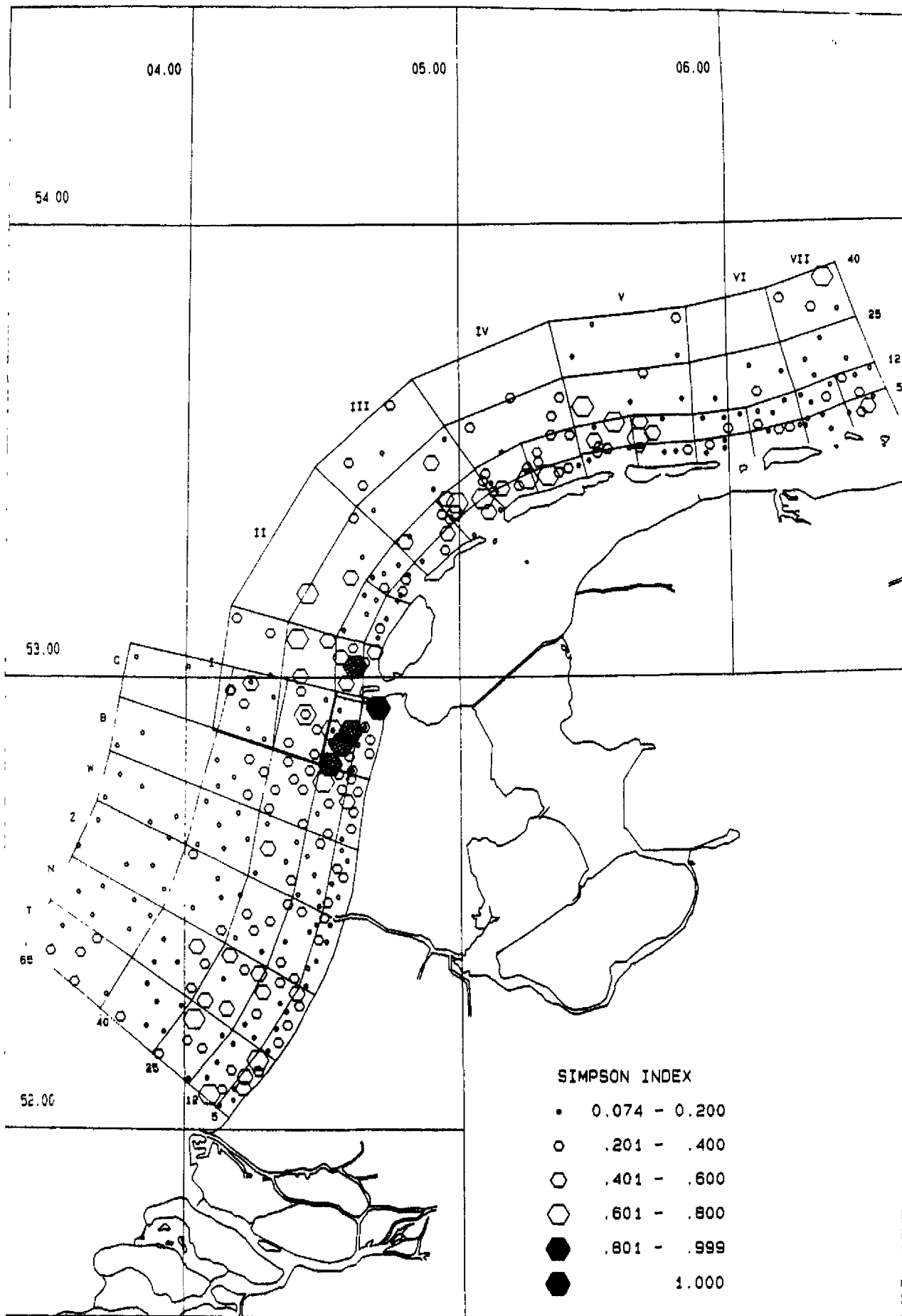


Fig. 20. Macrobenthos.
De Simpson-index, in klassen, per station.

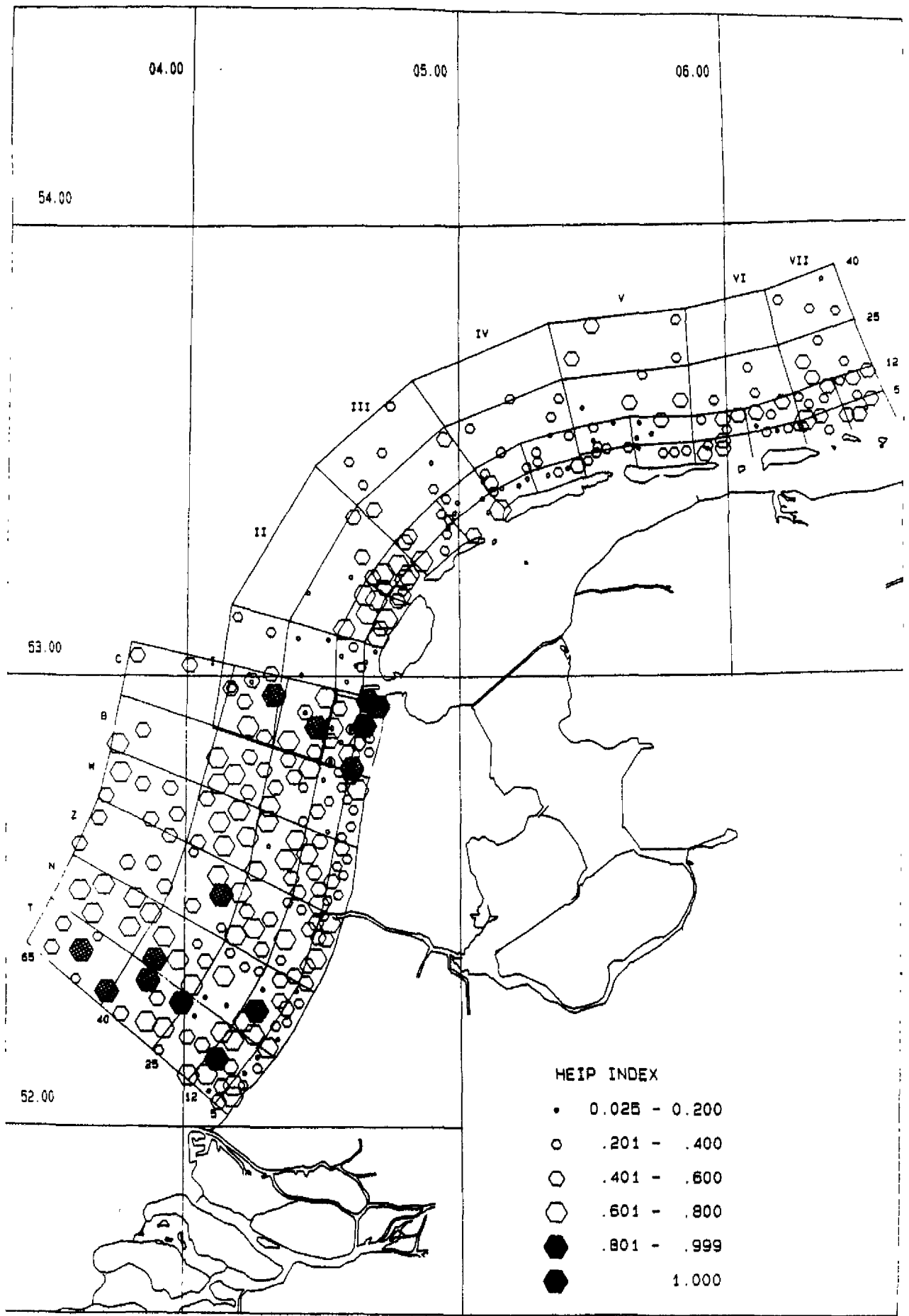


Fig. 21. Macrobenthos.
 De Heip-evenness, in klassen, per station.

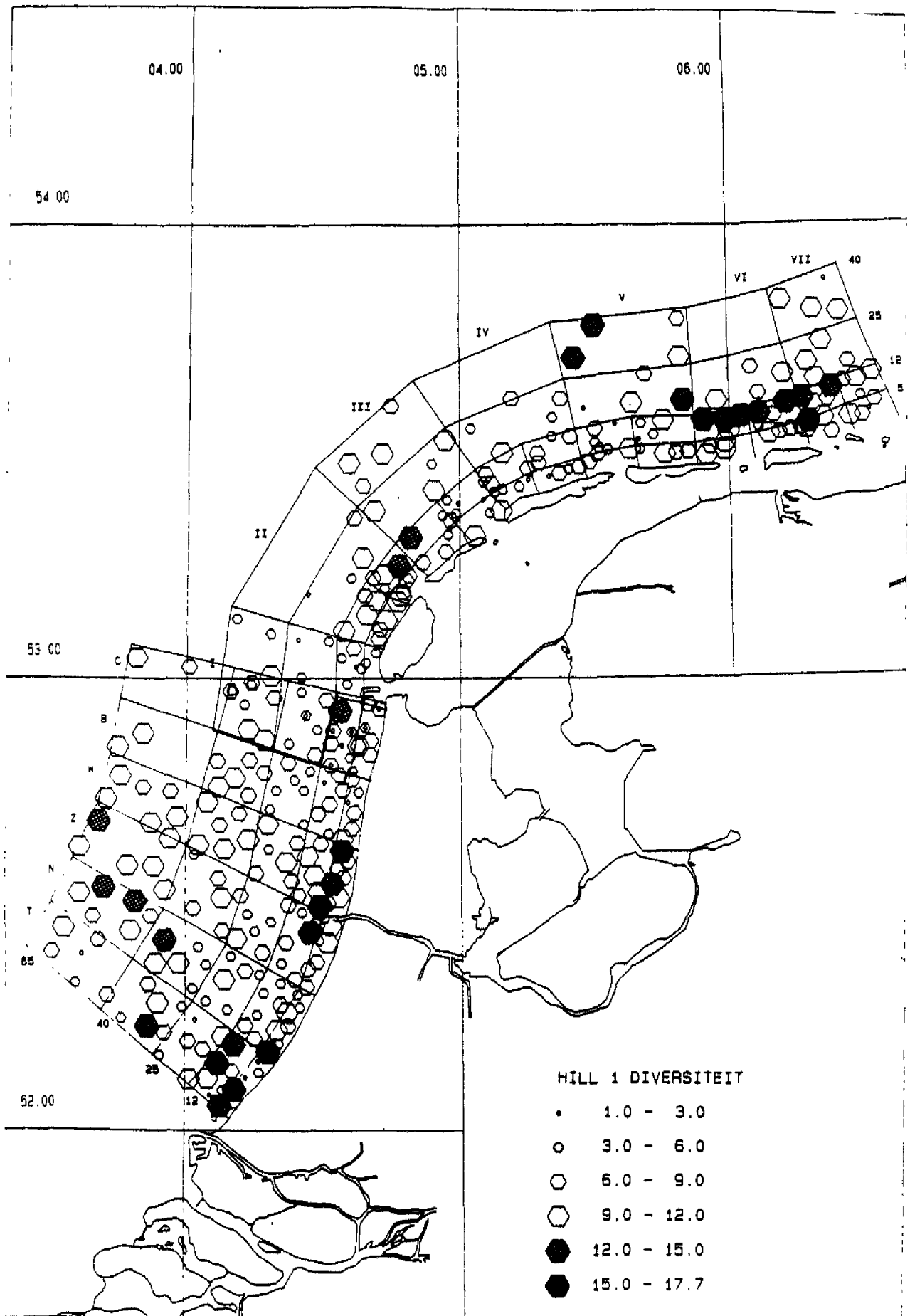


Fig. 22. Macrobenthos.
 De Hill(1)-diversiteit, in klassen, per station.
 Voor Hill(0) (= aantal soorten) zie Fig. 16.

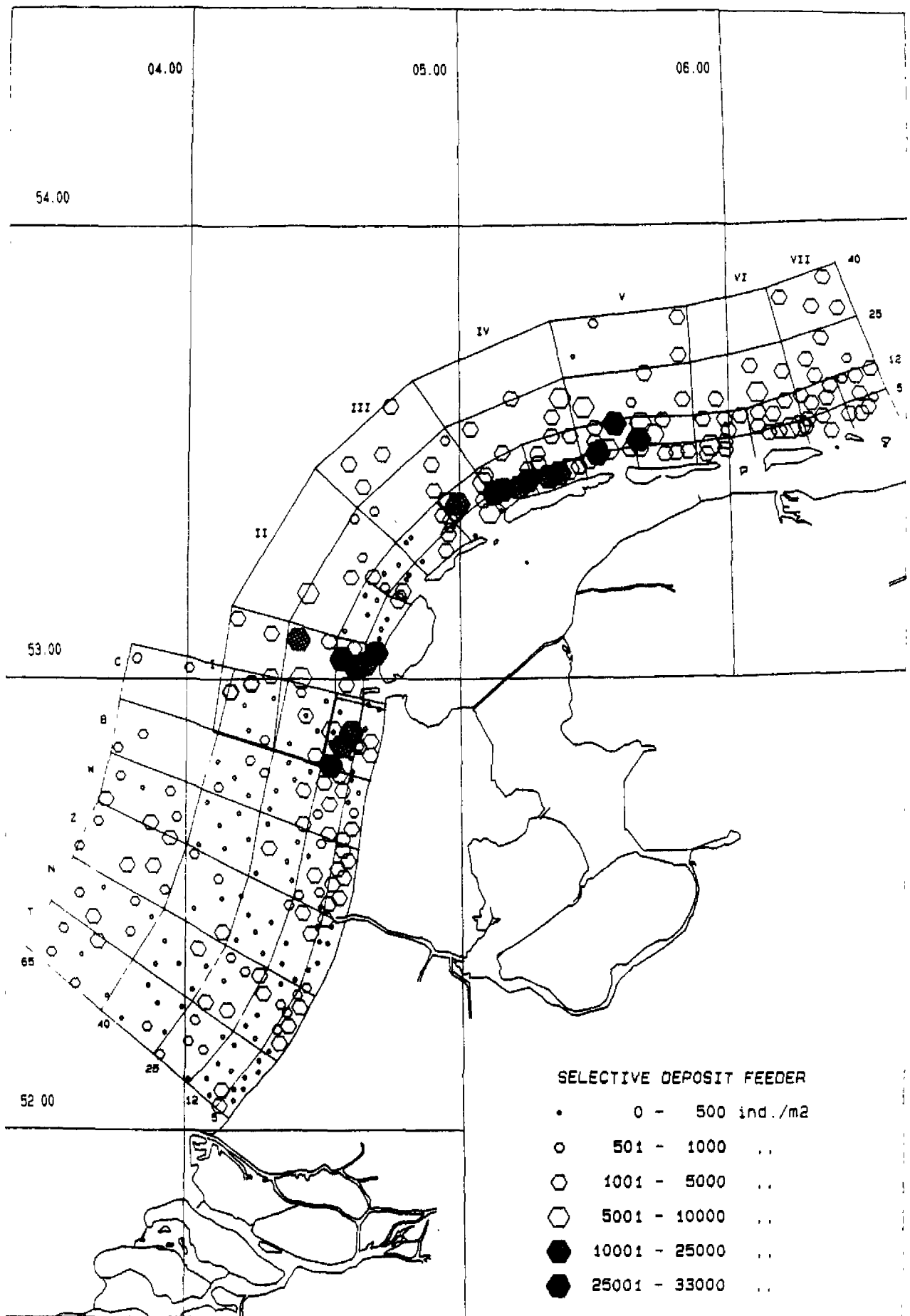


Fig. 23. Macrobenthos.
De dichtheid van de SDF, in klassen, per station.

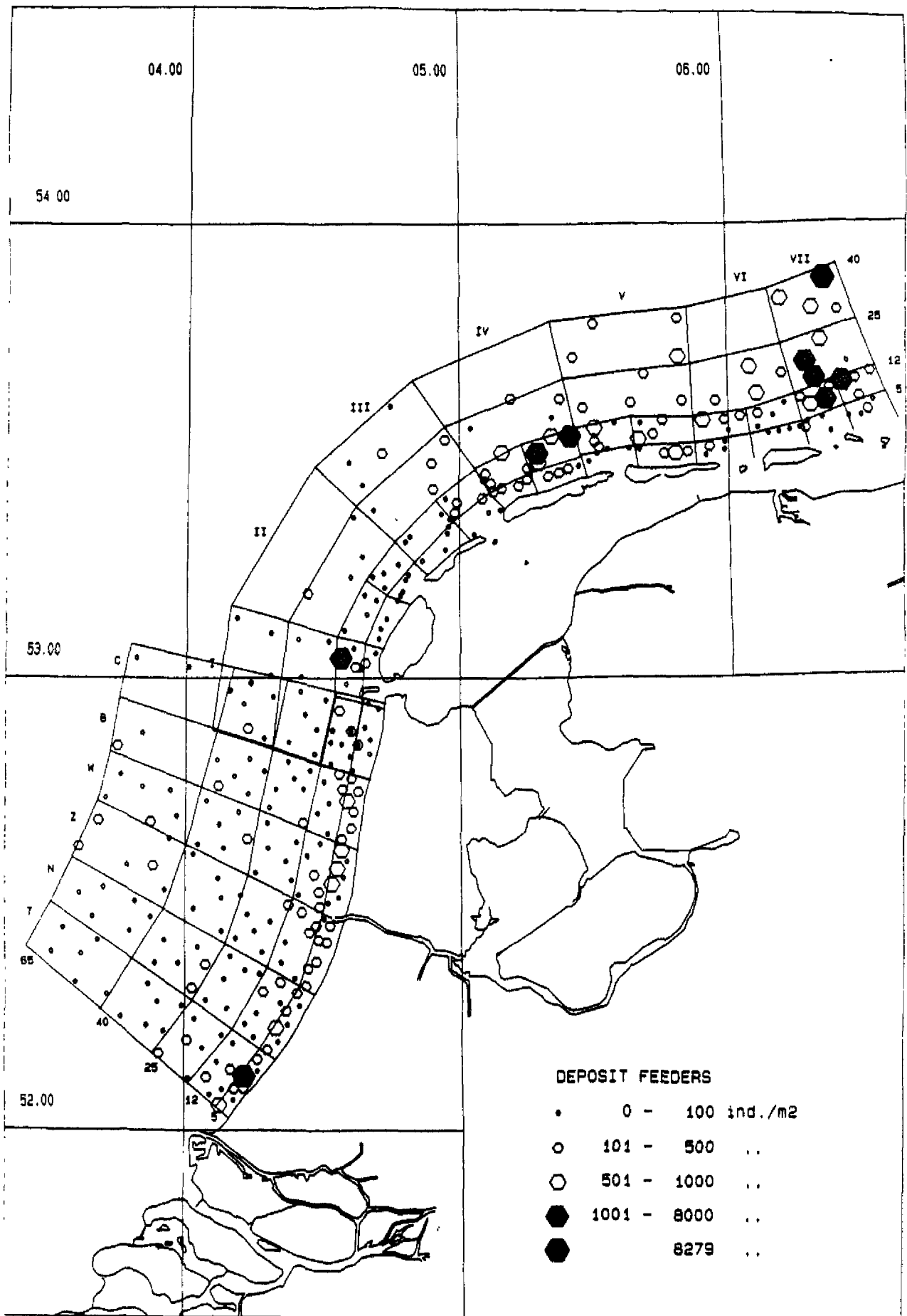


Fig. 24. Macrobenthos.
De dichtheid van de DF, in klassen, per station.

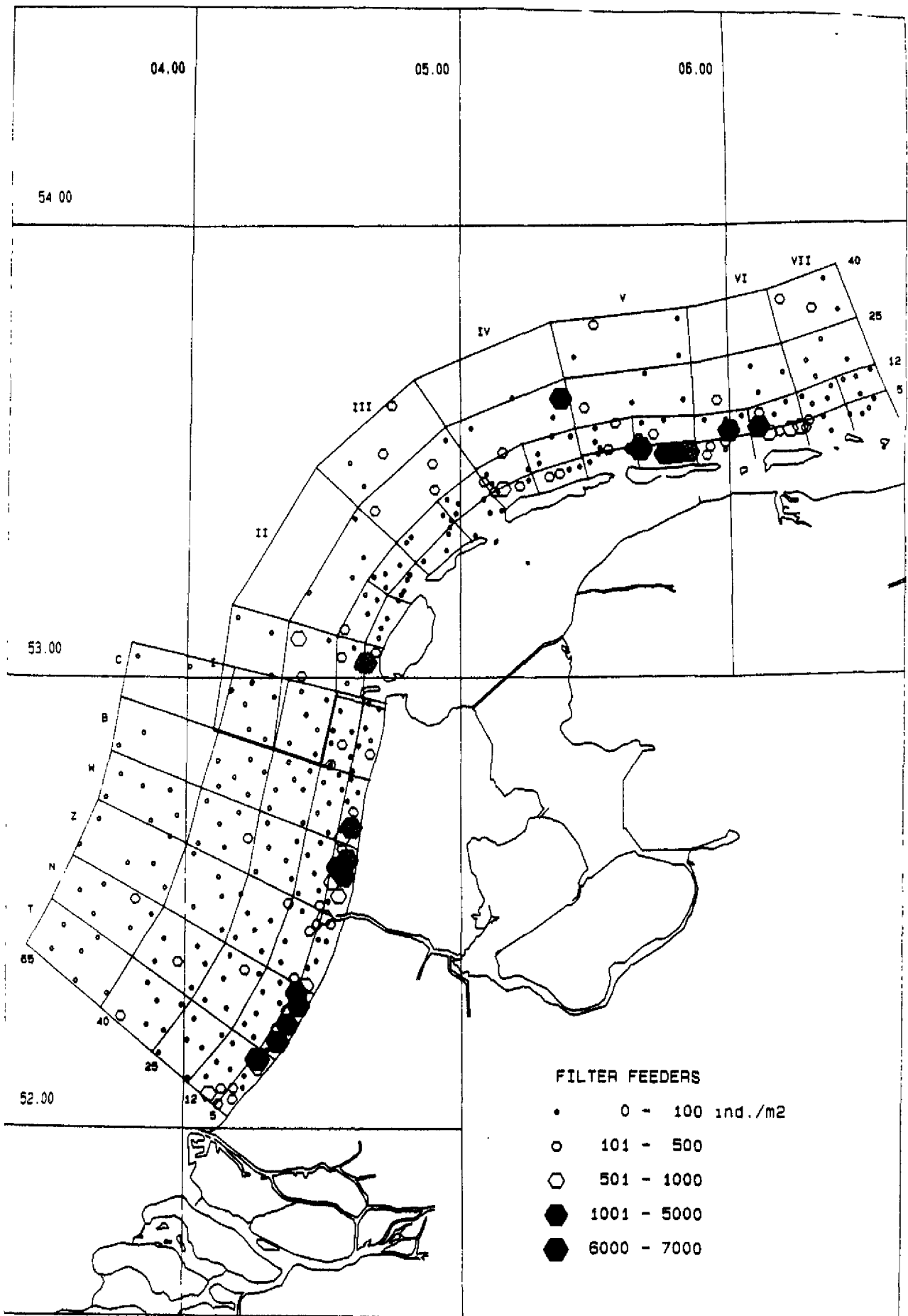


Fig. 25. Macrobenthos.
De dichtheid van de FF, in klassen, per station.

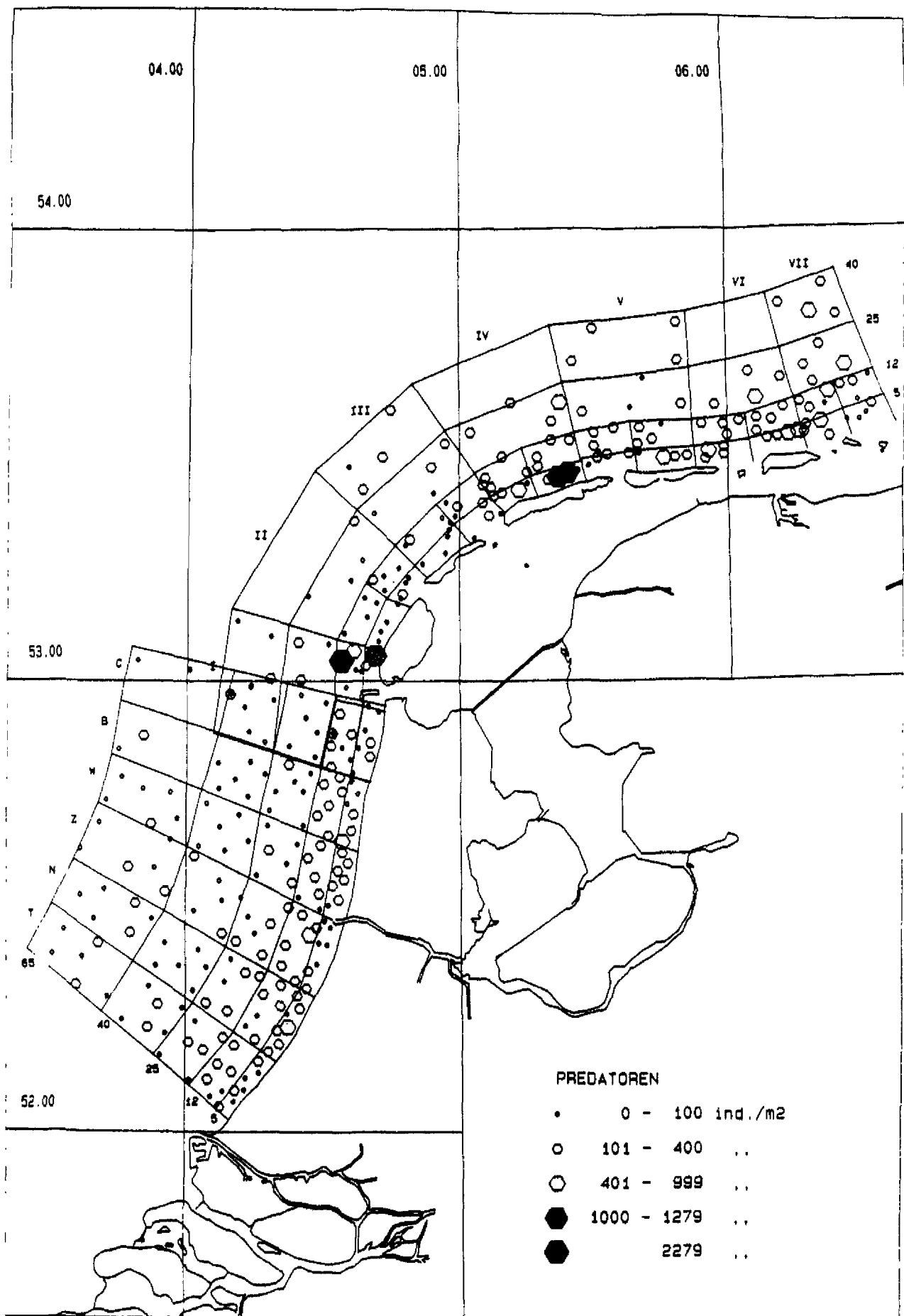


Fig. 26. Macrobenthos.
De dichtheid van de P, in klassen, per station.

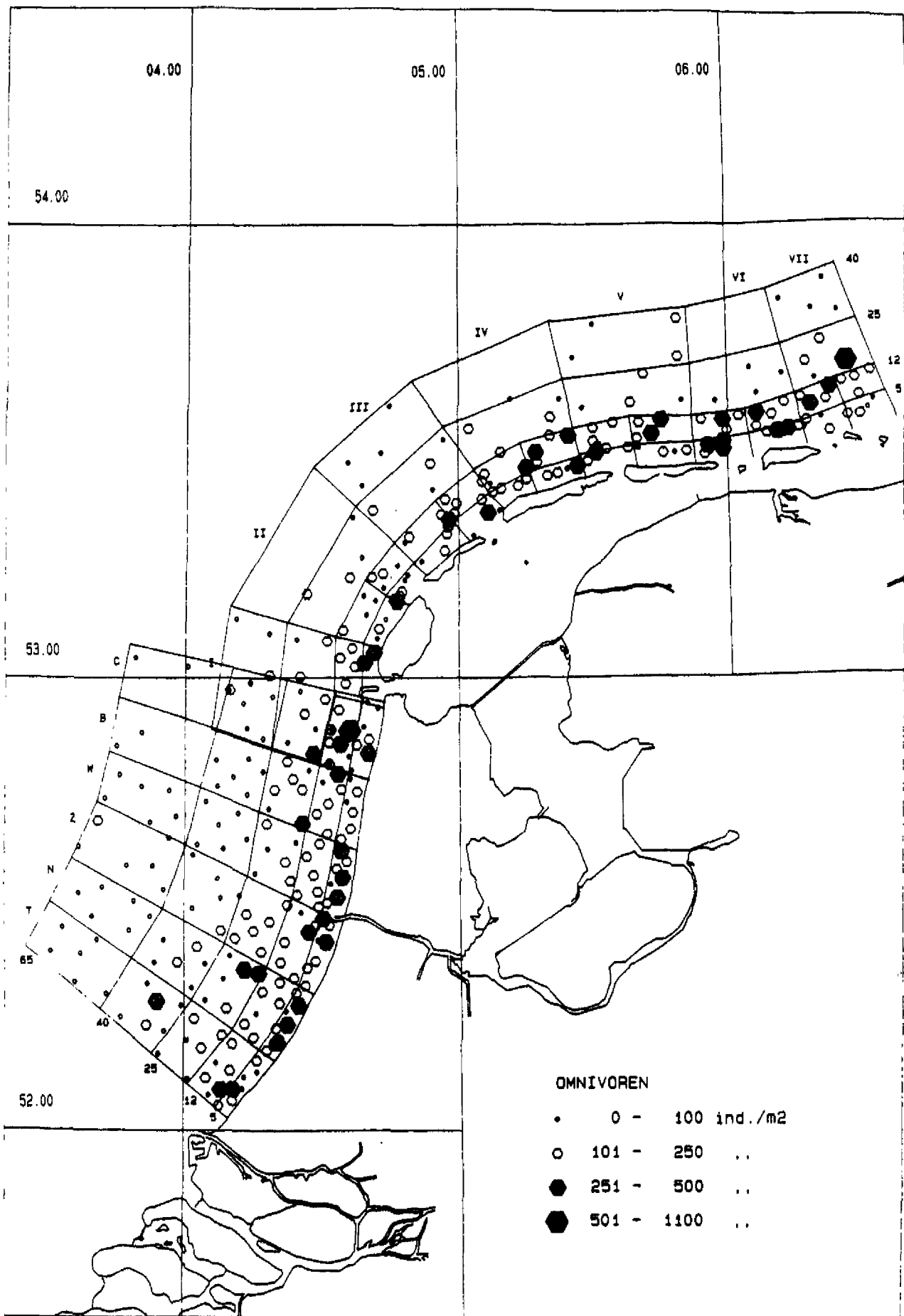


Fig. 27. Macrobenthos.
De dichtheid van de O, in klassen, per station.

Fig. 28. TWINSPAN-clusterverdeling op basis van de dichtheden van het macrobenthos met broed.

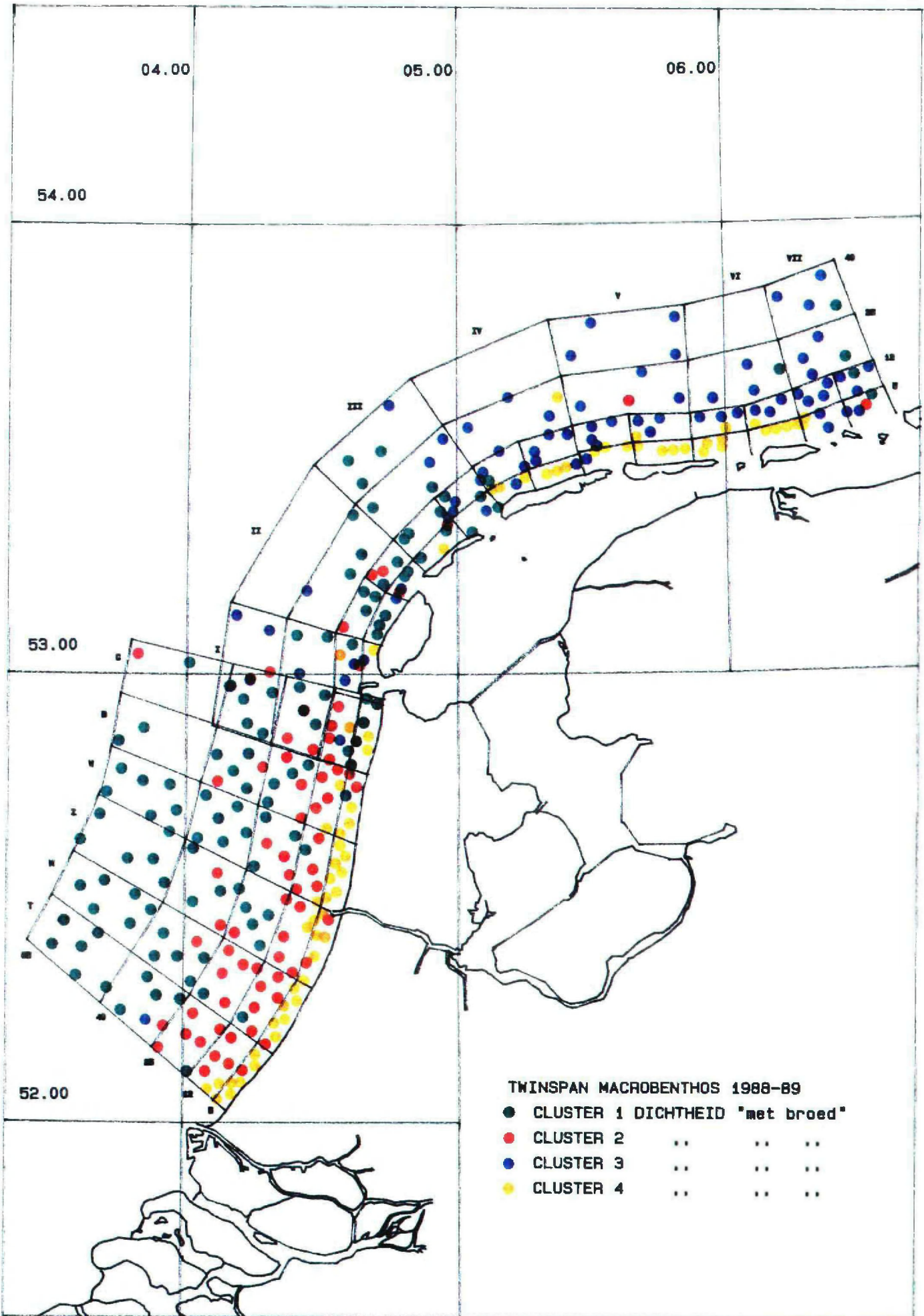


Fig. 29. TWINSPAN-clusterverdeling op basis van de dichtheden van het macrobenthos zonder broed.

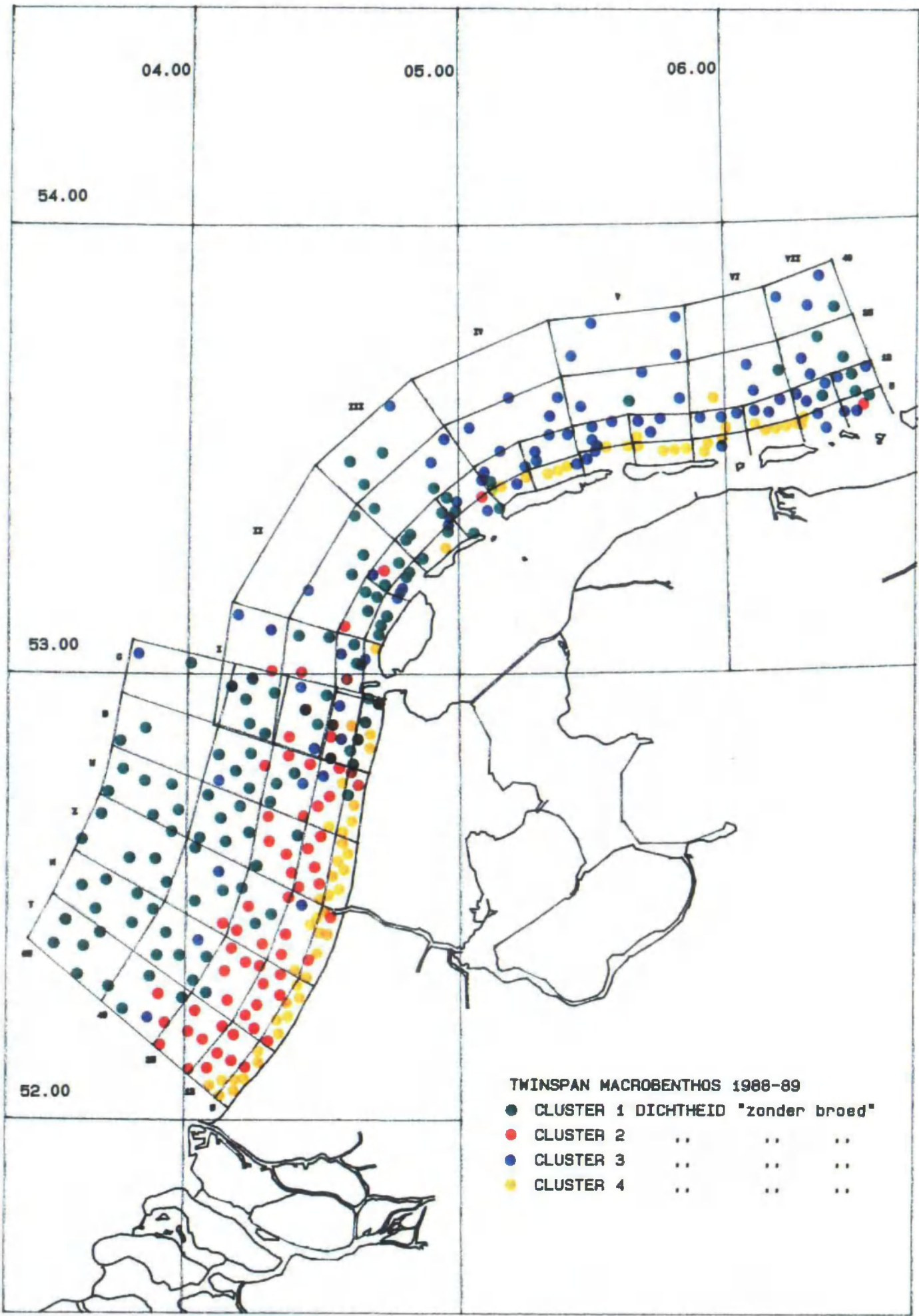
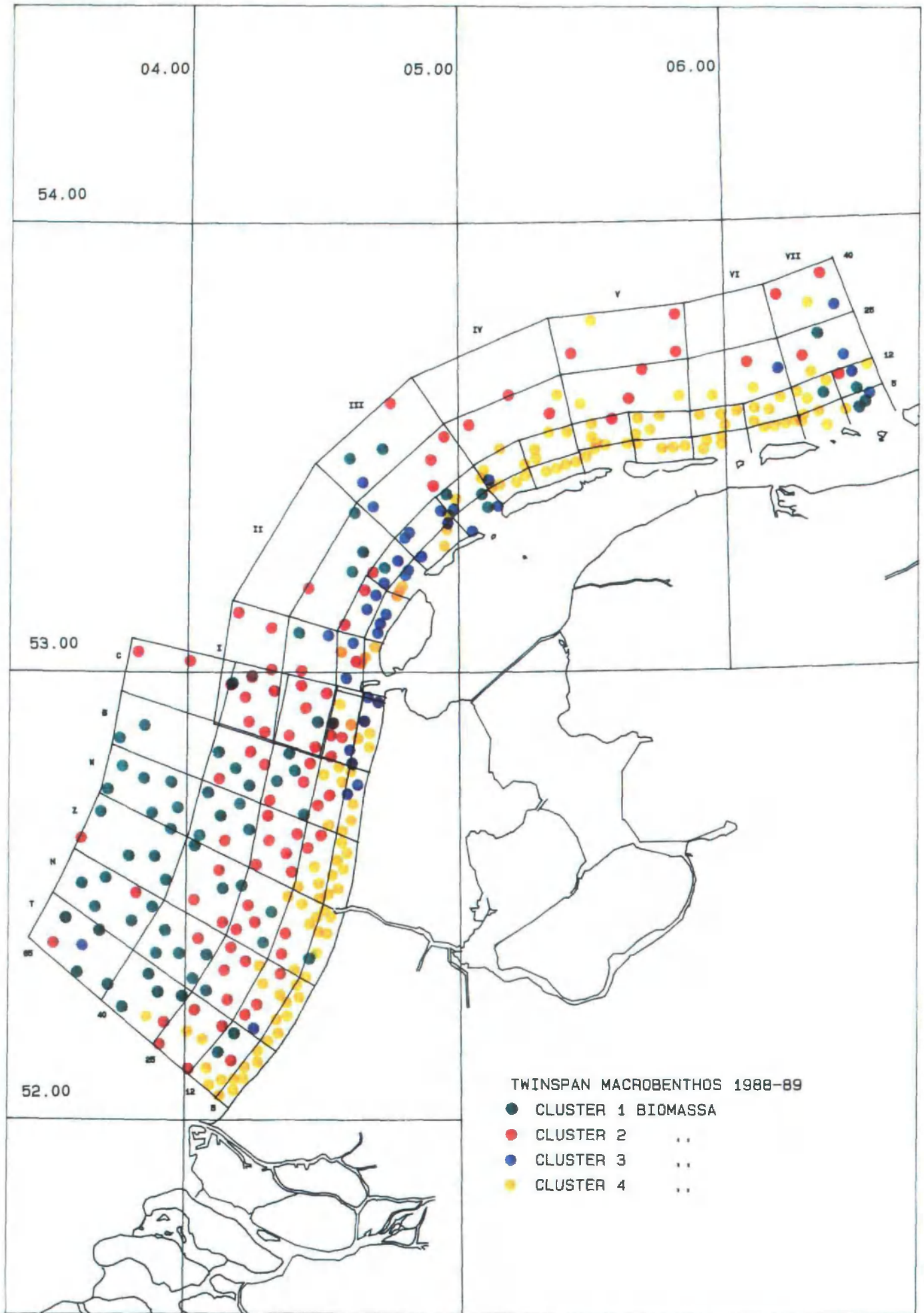


Fig. 30. De ruimtelijke clusterverdeling op basis van de biomassa van de macrobenthos.



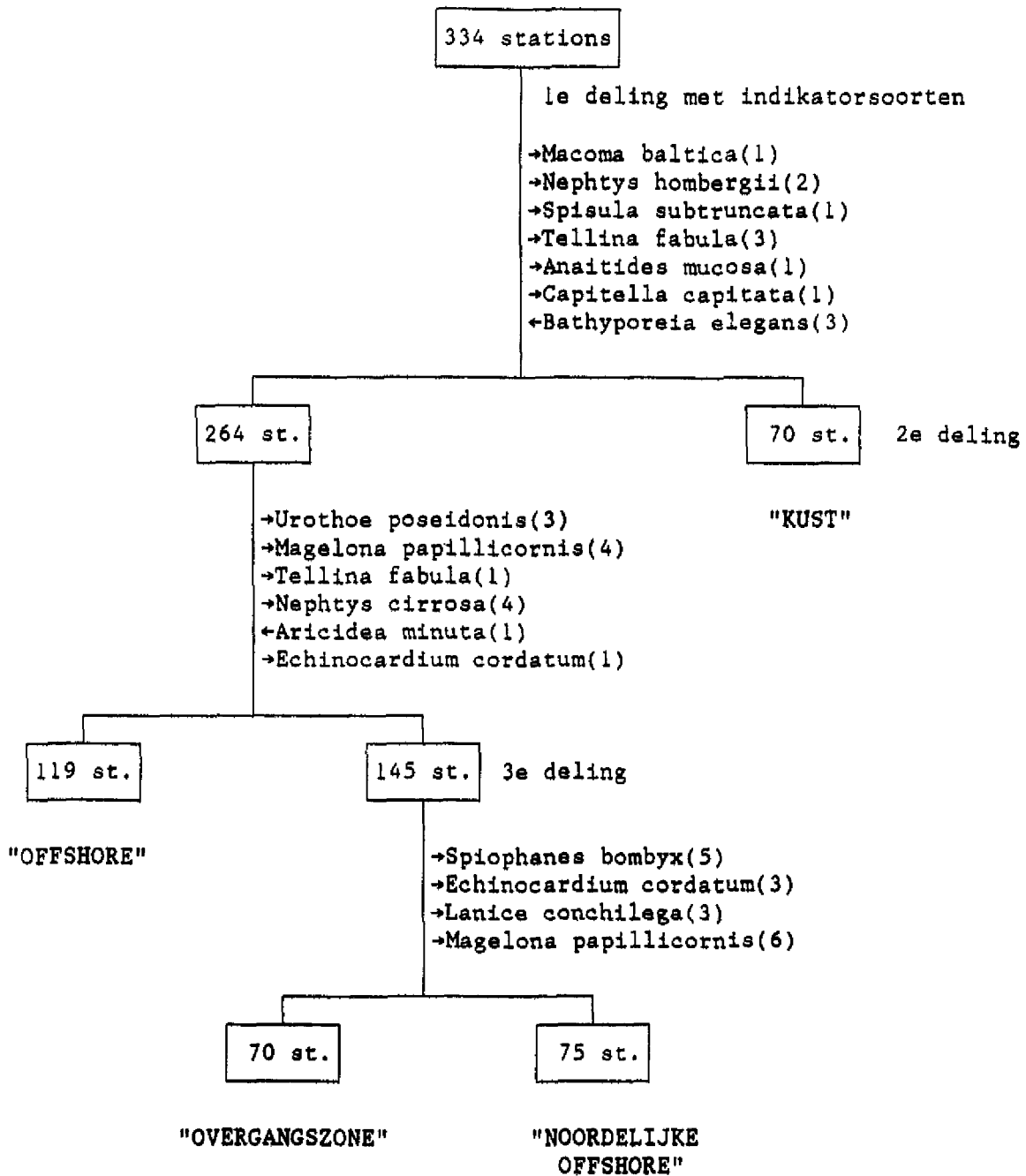


Fig. 31. Dichotomie van de TWINSpan-delingen, gebaseerd op de makrobenthische dichtheden. Per deling zijn de indicatorsoorten gegeven op basis waarvan de deling plaats vond. Achter de indicatorsoort staat de pseudospecies gegeven. Het pijltje geeft aan tot welke cluster de betreffende pseudospecies behoort.

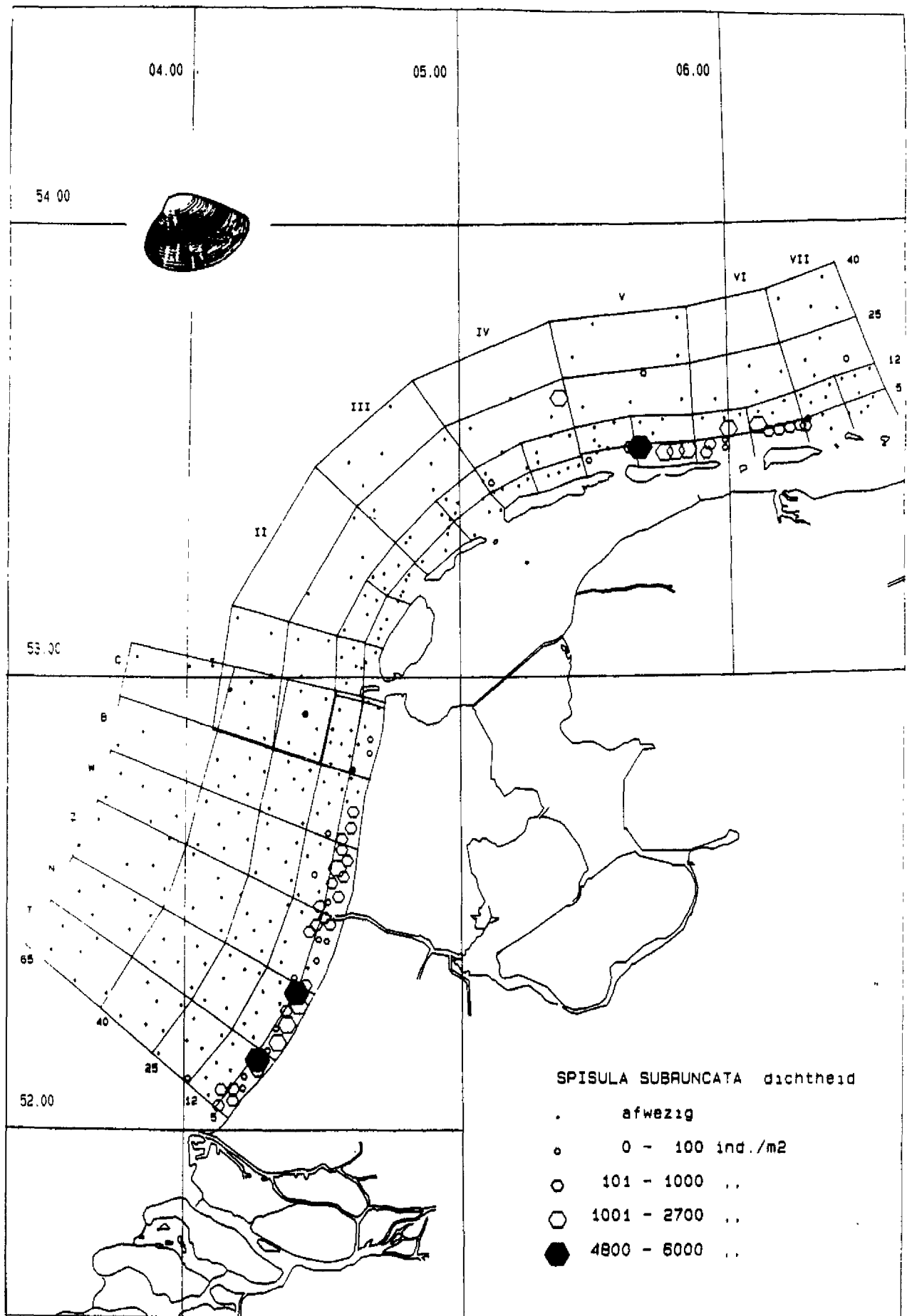


Fig. 32. Macrobenthos.
 Verspreidingskaart van *Spisula subtruncata* (dichtheid).
 Kensoort van cluster 4.

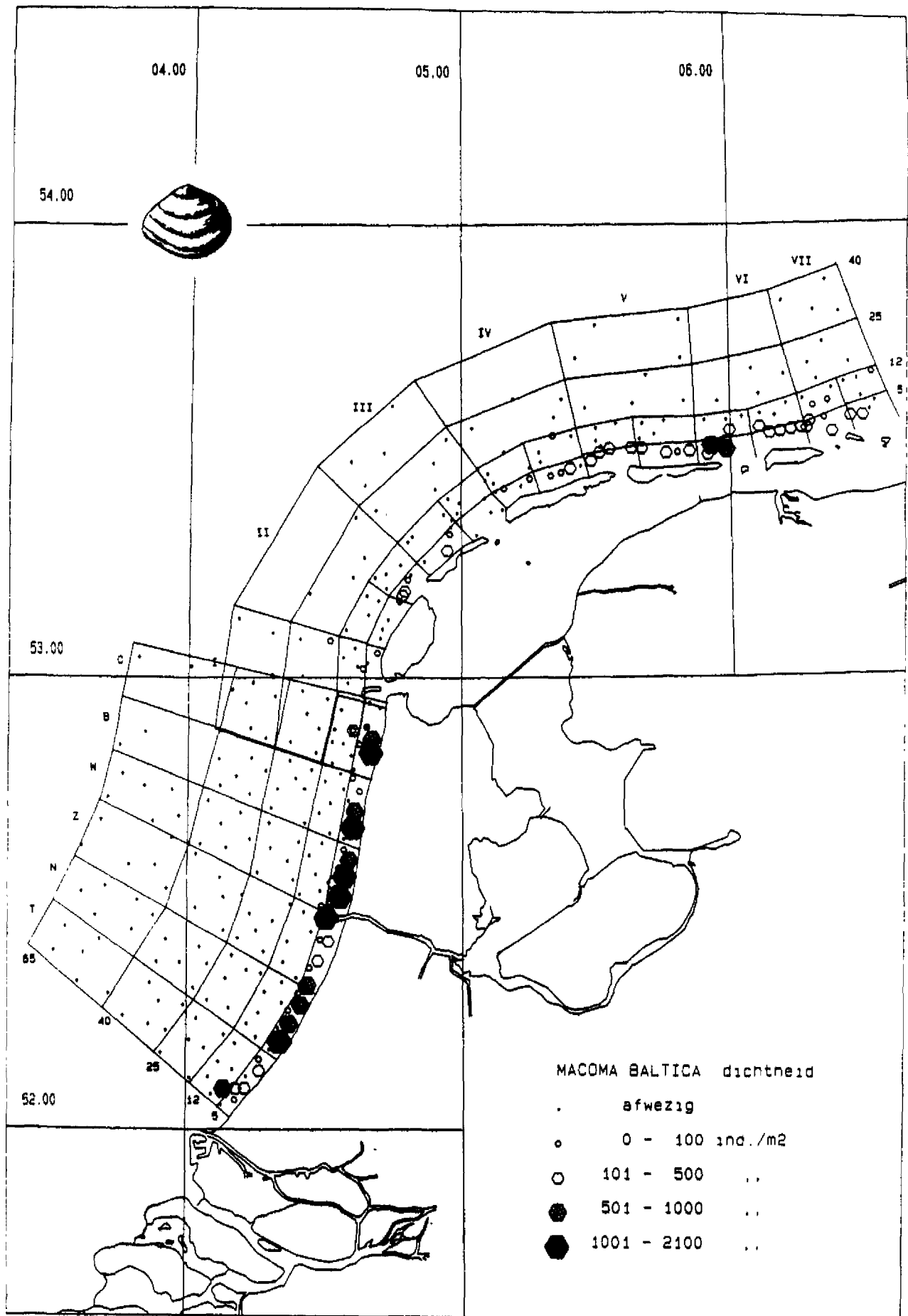


Fig. 33. Macrobenθος.
 Verspreidingskaart van Macoma baltica (dichtheid).
 Kensoort van cluster 4.

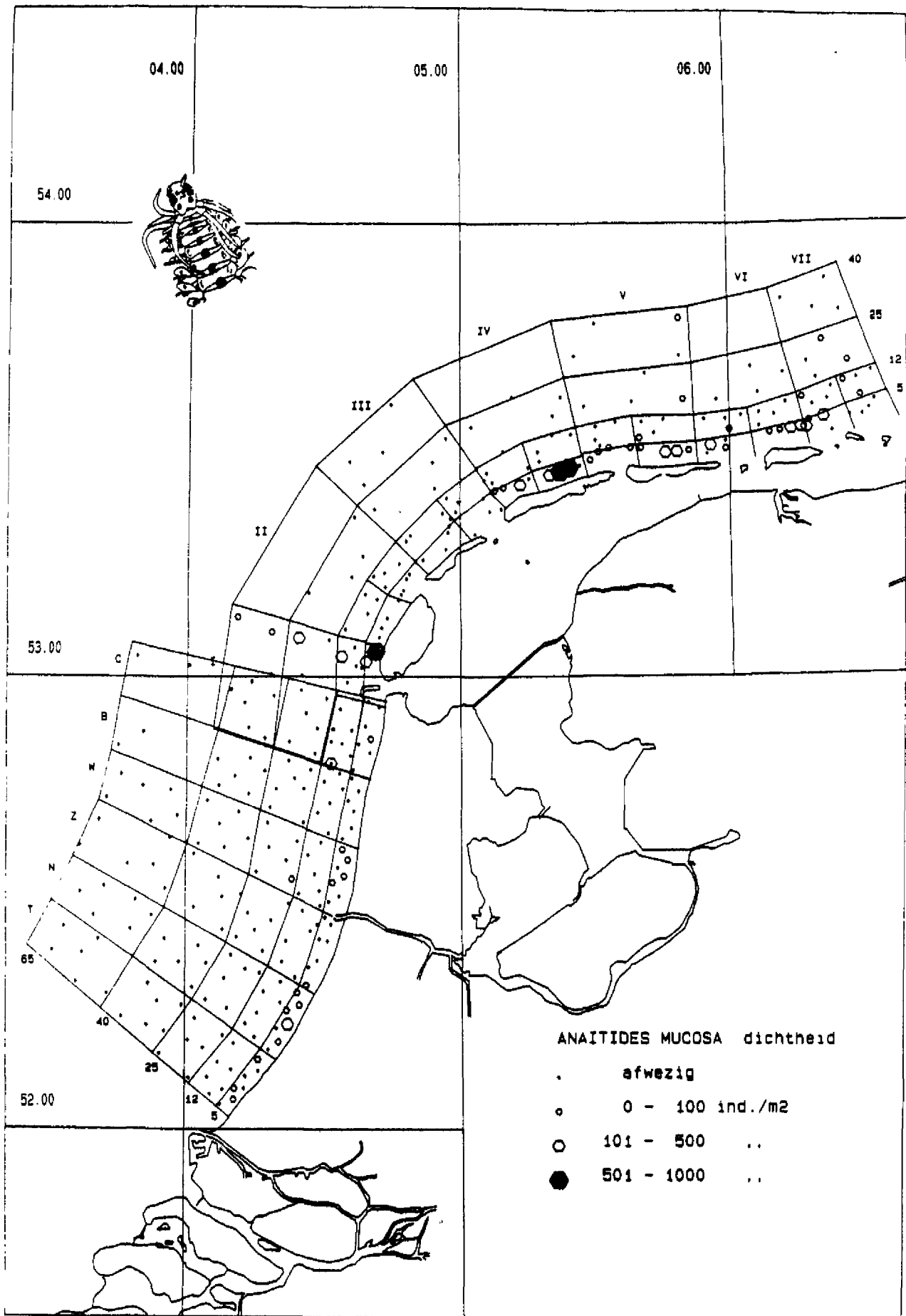


Fig. 34. Macrobenθος.
 Verspreidingskaart van Anaitides mucosa (dichtheid).
 Kensoort van cluster 4.

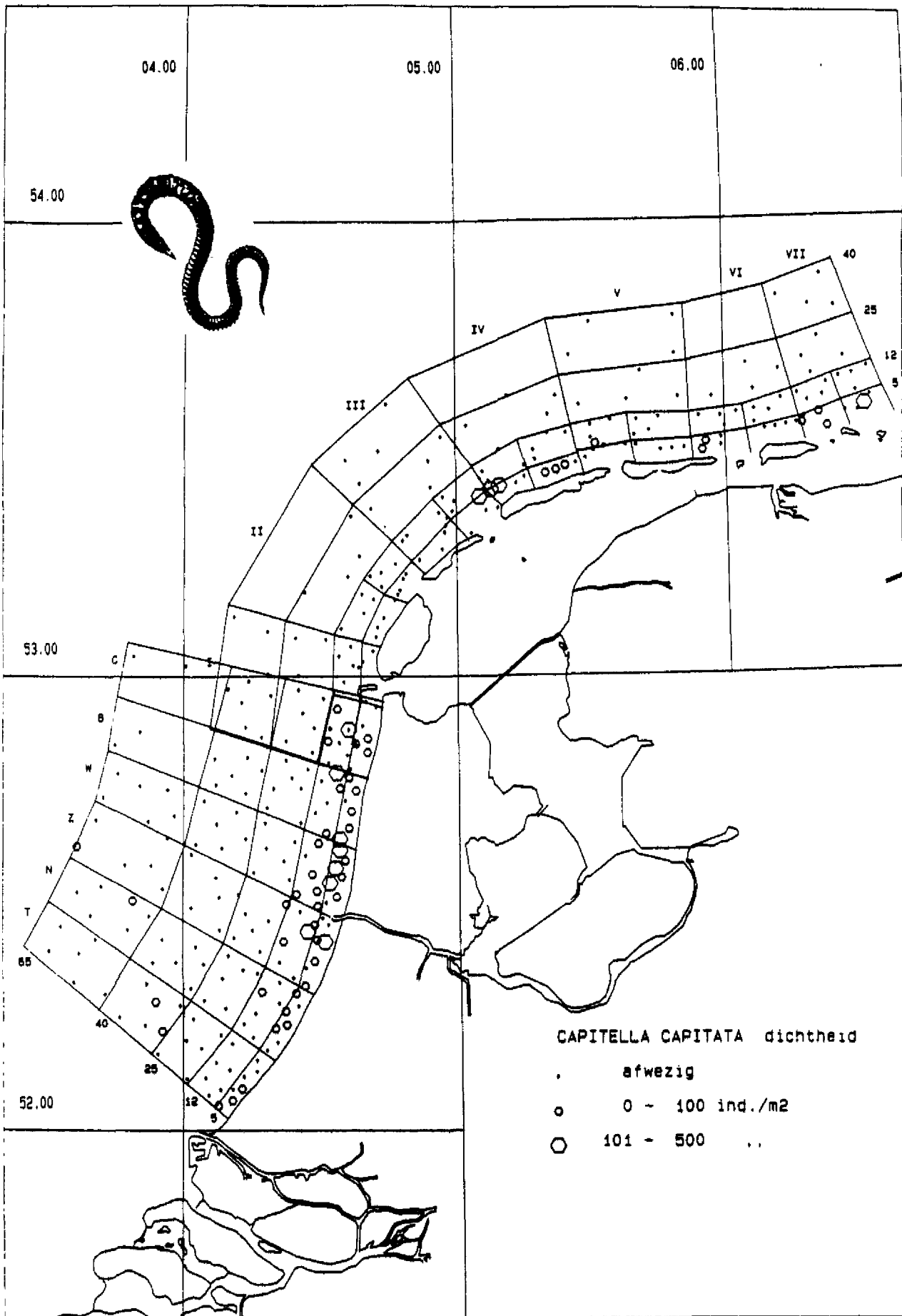


Fig. 35. Macrobenthos.
 Verspreidingskaart van Capitella capitata (dichtheid).
 Kensoort van cluster 4.

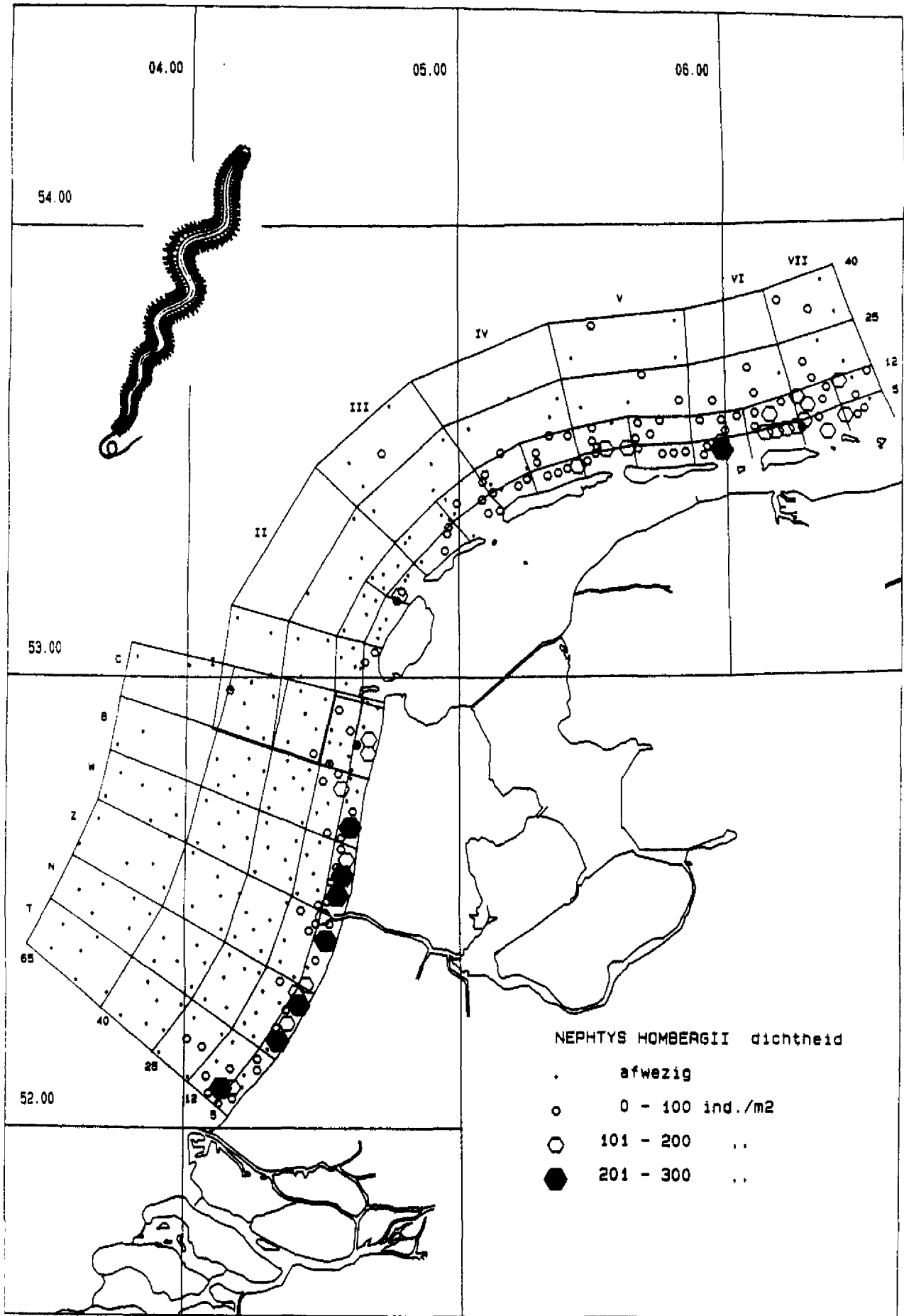


Fig. 36. Macrobenθος.
 Verspreidingskaart van *Nephtys hombergii* (dichtheid).
 Komt hoofdzakelijk in cluster 4 voor.

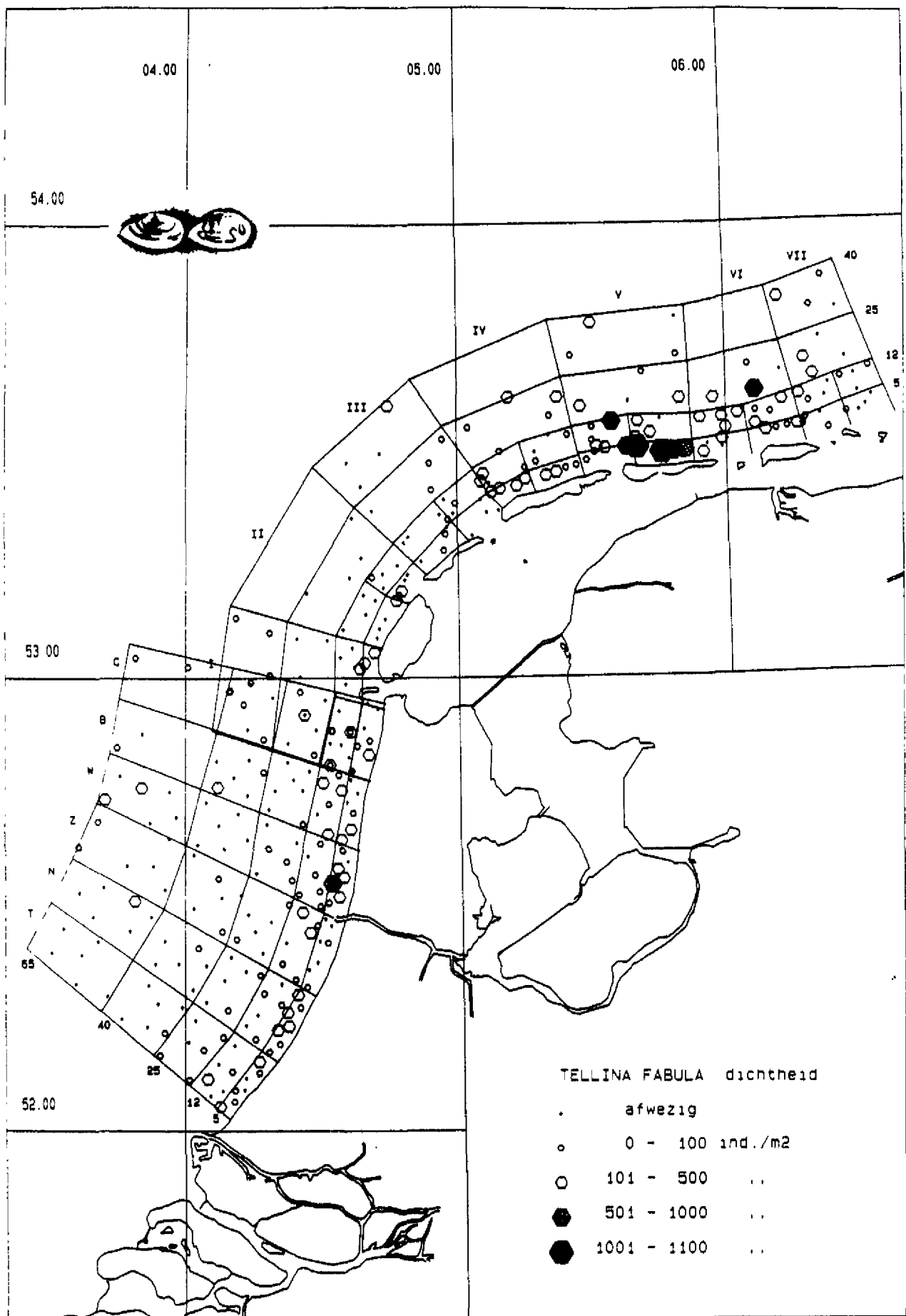


Fig. 37. Macrobenthos.
 Verspreidingskaart van *Tellina fabula* (dichtheid).
 Hogere dichtheden in cluster 4.

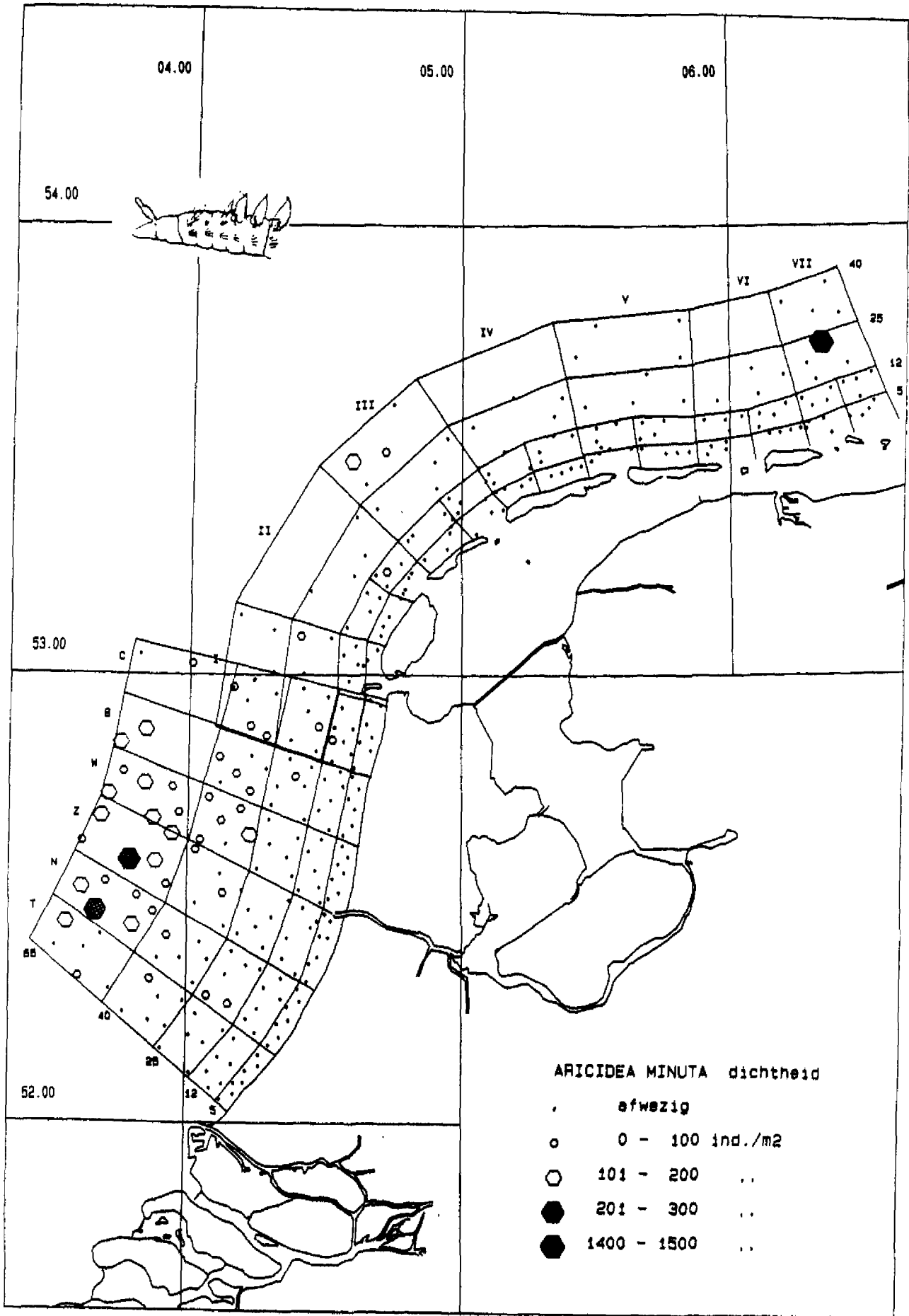


Fig. 38. Macrobenthos.
 Verspreidingskaart van *Aricidea minuta* (dichtheid).
 Kensoort van cluster 1.

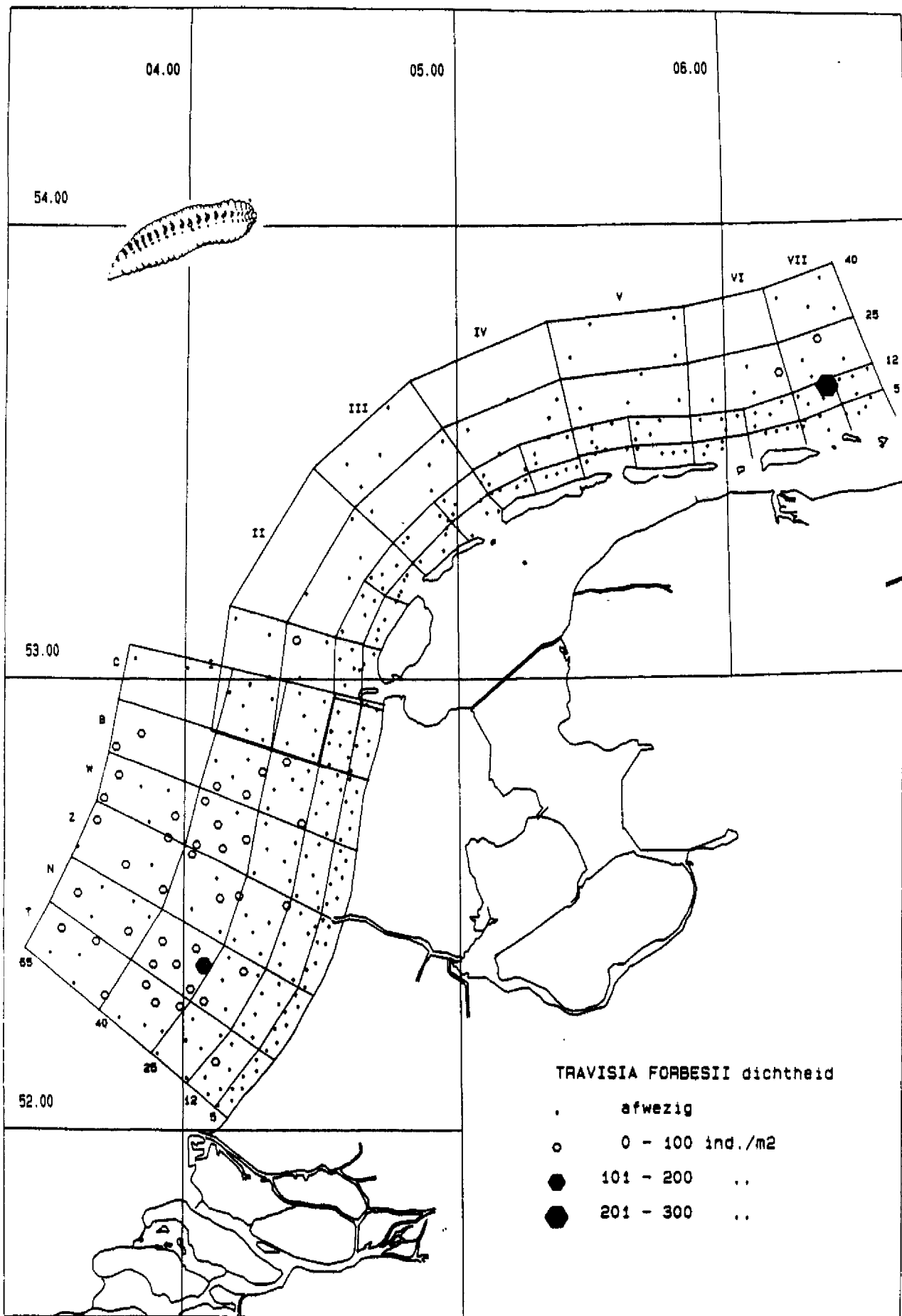


Fig. 39. Macrobenothos.
 Verspreidingskaart van *Travisia forbesii* (dichtheid).
 Kensoort van cluster 1.

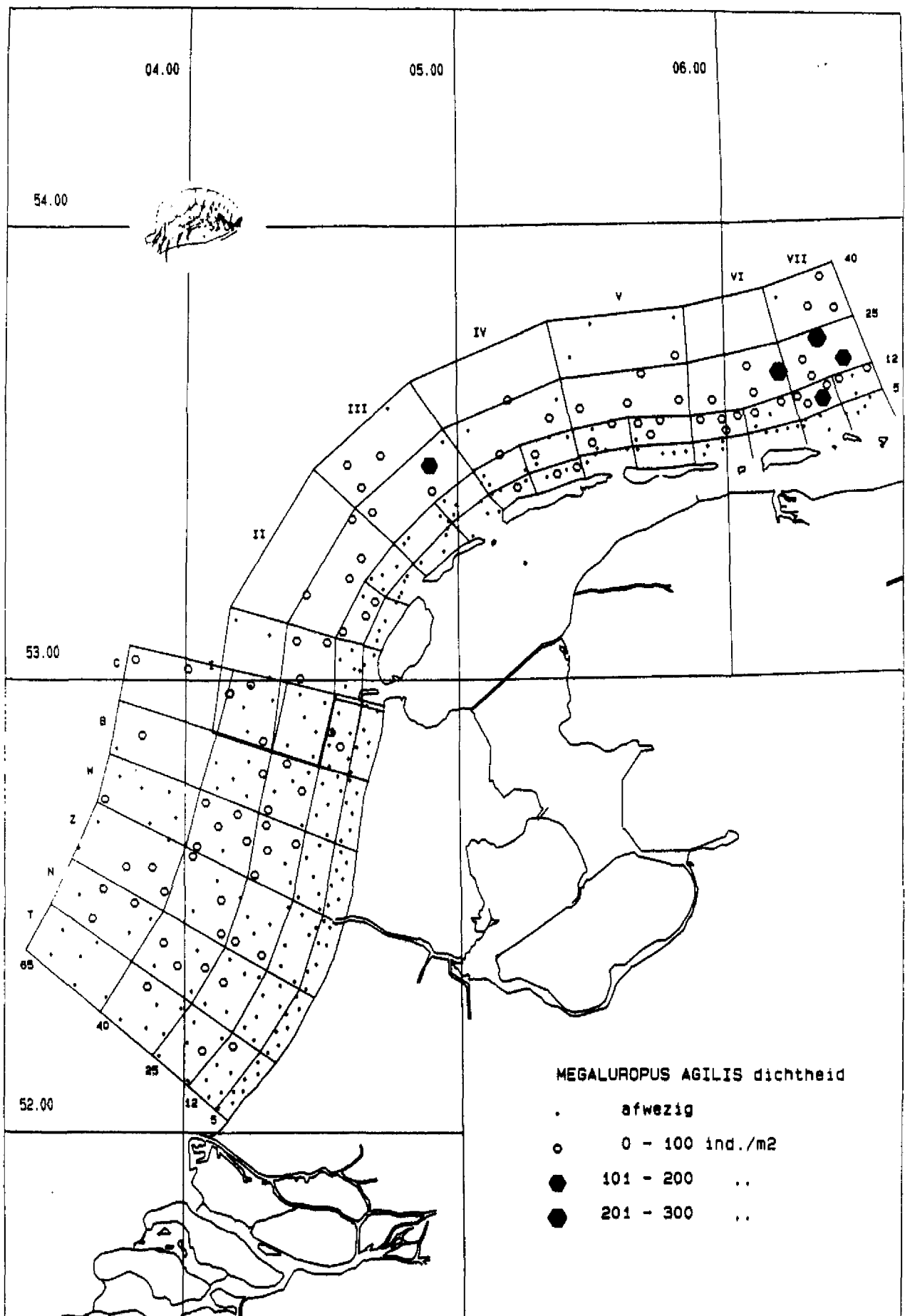


Fig. 40. Macrobenthos.
 Verspreidingskaart van *Megaluropus agilis* (dichtheid).
 Hogere dichtheden in cluster 3 t.o.v. 2

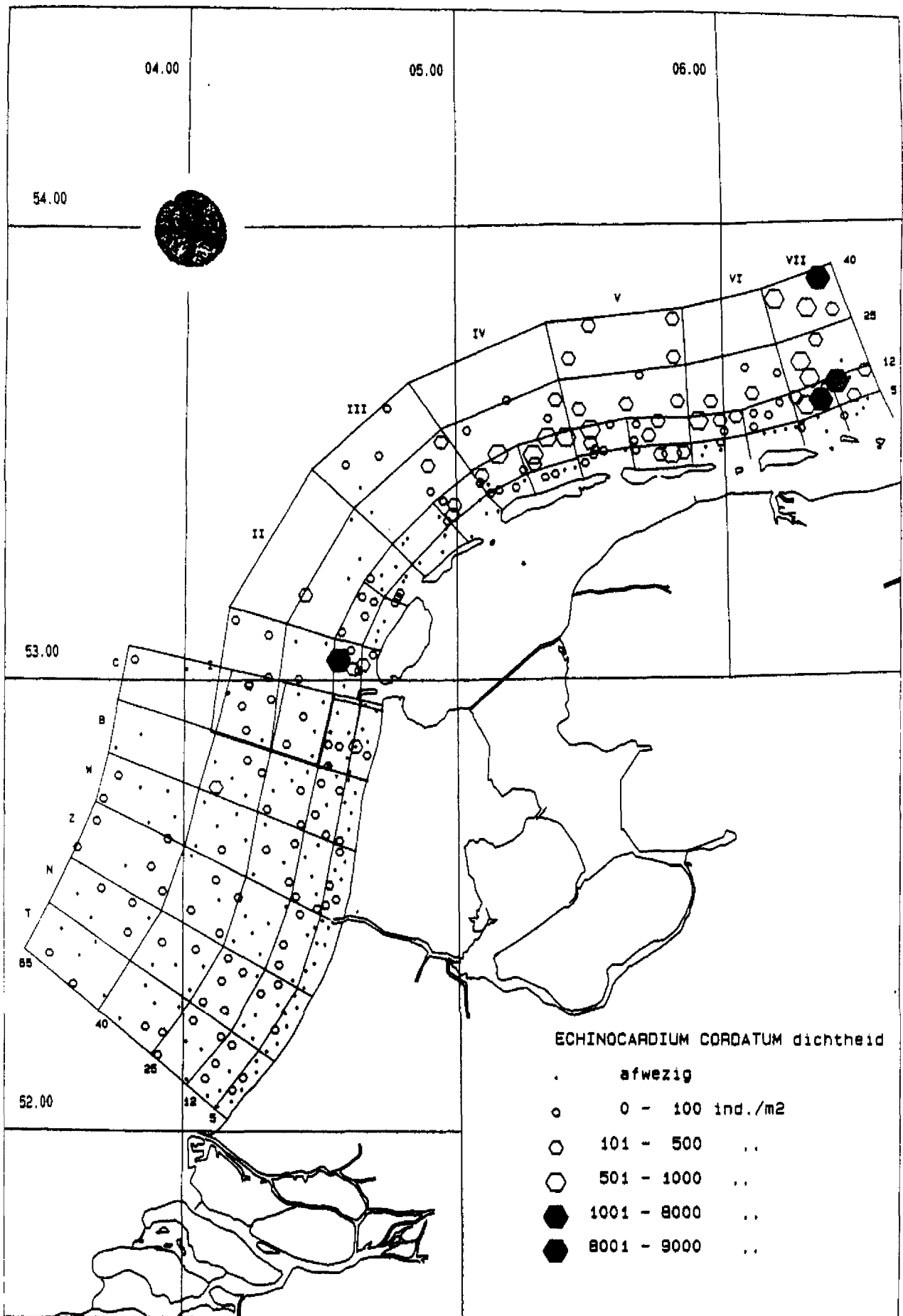


Fig. 41. Macrobenthos.
 Verspreidingskaart van Echinocardium cordatum (dichtheid).
 Hogere dichtheden in cluster 3 t.o.v. 2

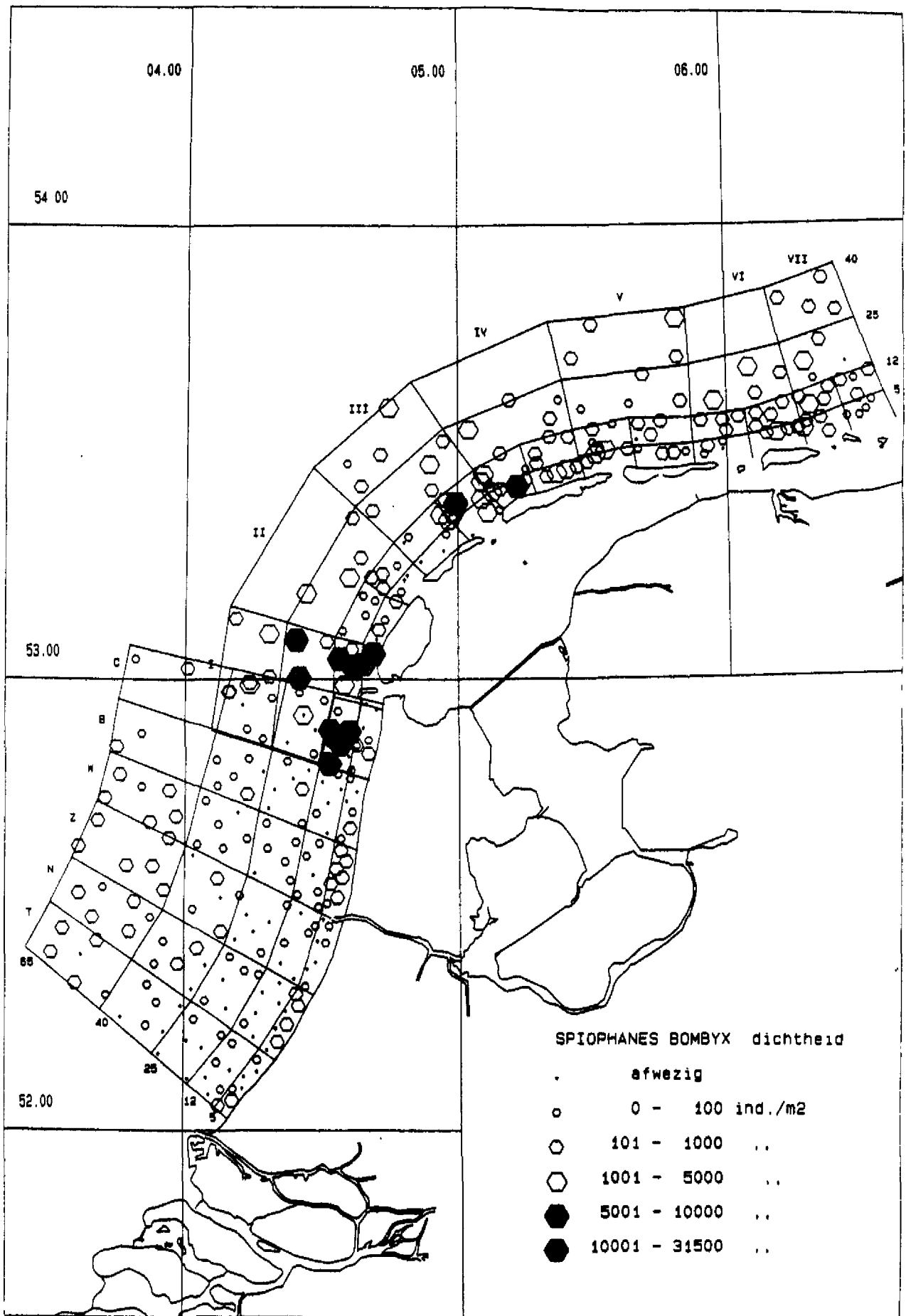


Fig. 42. Macrobenthos.
 Verspreidingskaart van *Spiophanes bombyx* (dichtheid).
 Hogere dichtheden in cluster 3 t.o.v. 2

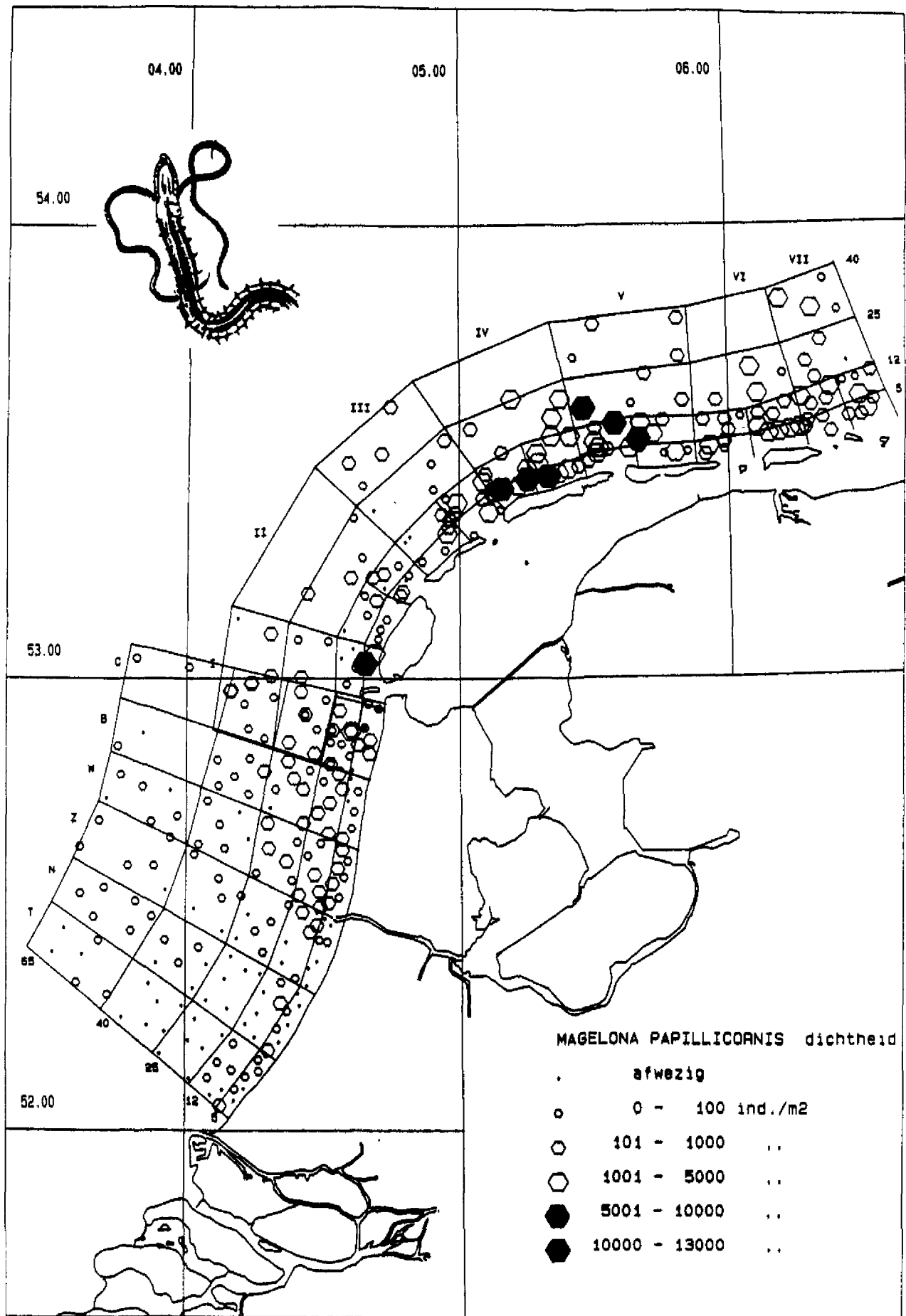


Fig. 43. Macrobenthos.
 Verspreidingskaart van *Magelona papillicornis* (dichtheid).
 Hogere dichtheden in cluster 3 t.o.v. 2

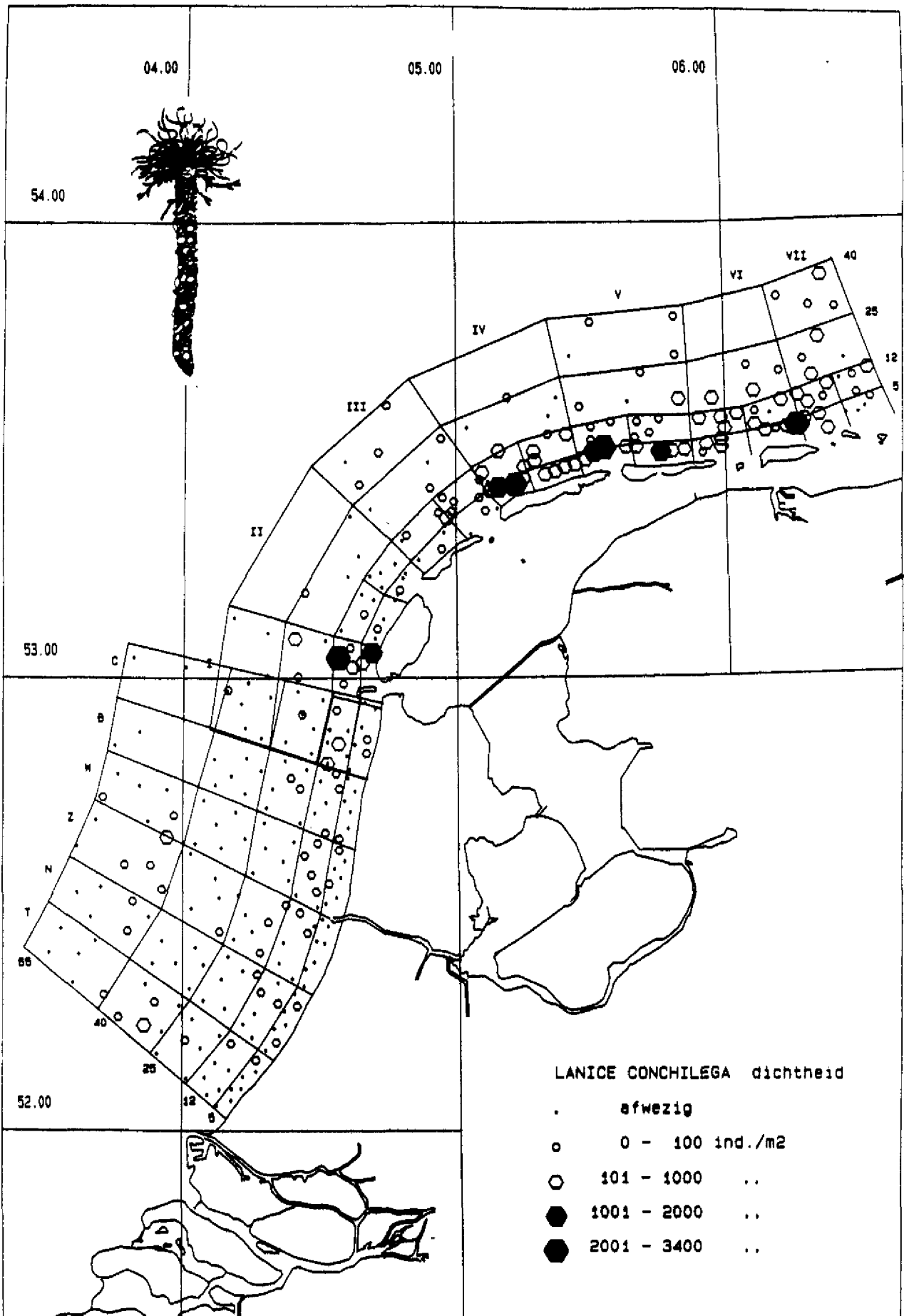


Fig. 44. Macrobenthos.
 Verspreidingskaart van *Lanice conchilega* (dichtheid).
 Hogere dichtheden in cluster 3 t.o.v. 2

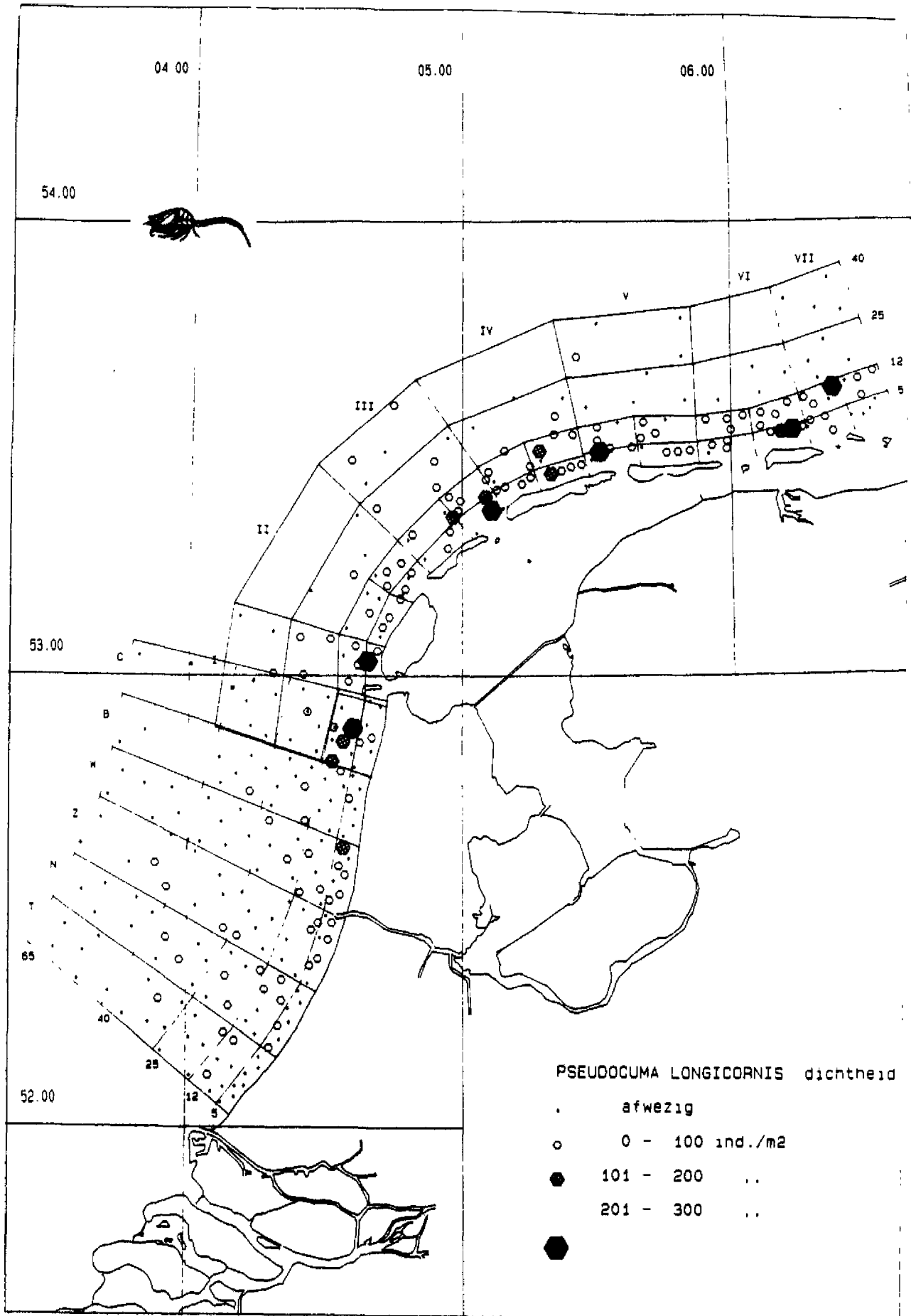


Fig. 45. Macrobenthos.
 Verspreidingskaart van Pseudocuma longicornis (dichtheid).

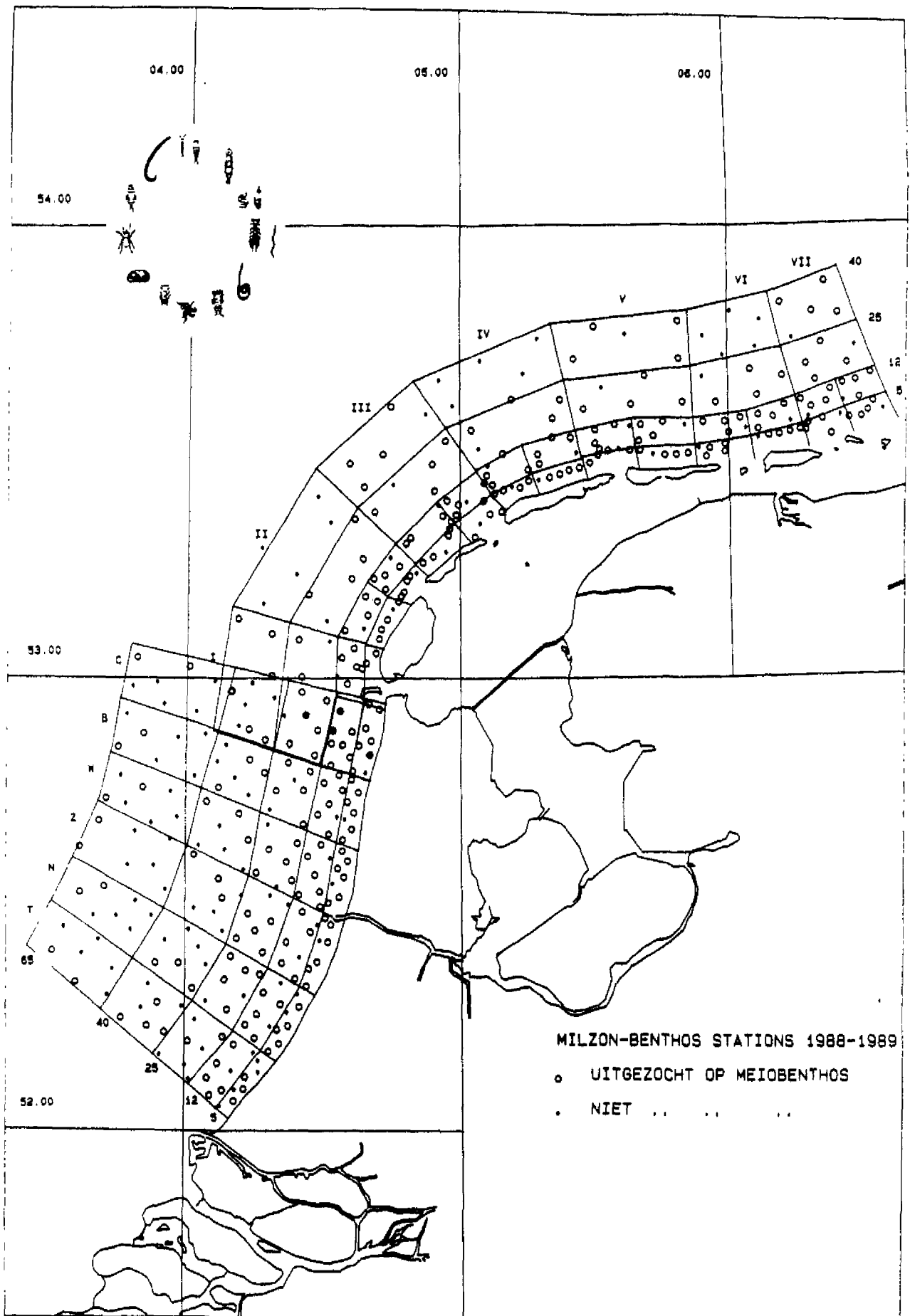
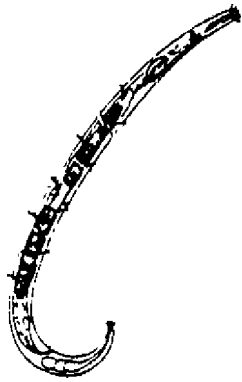
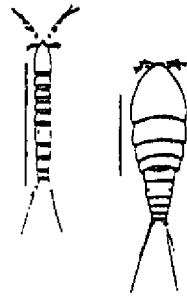


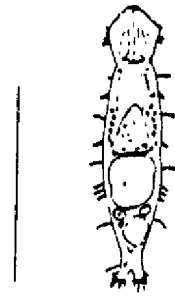
Fig. 46. Stations van het MILZON-benthos programma over 1988 en 1989, die uitgezocht zijn op meiobenthos.



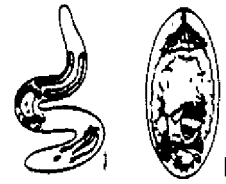
NEMATODA



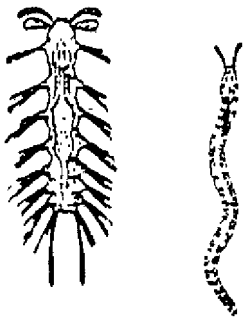
COPEPODA



GASTROTRICHA



TURBELLARIA



ARCHIANNELIDA



OLIGOCHAETA



POLYCHAETA



HYDROZOA



TARDIGRADA



OSTRACODA



HALACARIDA



ROTIFERA

Fig. 47.

Meiobenthische taxa: enkele kenmerkende verschijningsvormen. Van een aantal taxa is de schaal gegeven; Copepoda, Oligochaeta en Hydrozoa schaal = 500 μ m; Gastrotricha en Turbellaria schaal = 200 μ m; Halacarida en Rotifera schaal = 100 μ m; Tardigrada schaal = 50 μ m. De Polychaeta zijn alleen afgebeeld met een kop- en staartgedeelte. (Bronnen: Higgins & Thiel, 1988; Platt & Warwick, 1983; Remane, 1932.)

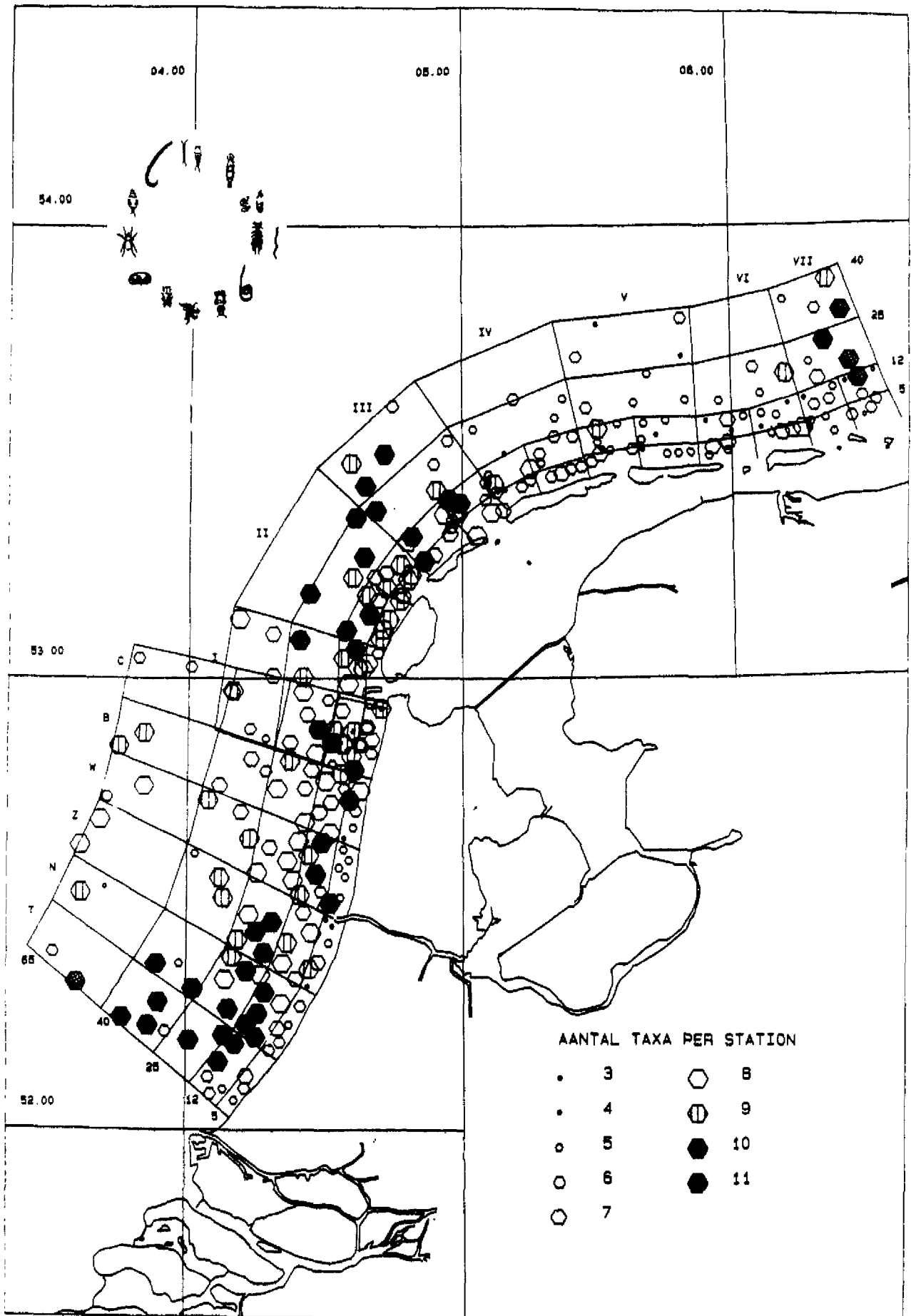


Fig. 48. Aantal 'true' (=echte, permanente) meiobenthische taxa per station in het MILZON 1988-1989 gebied.

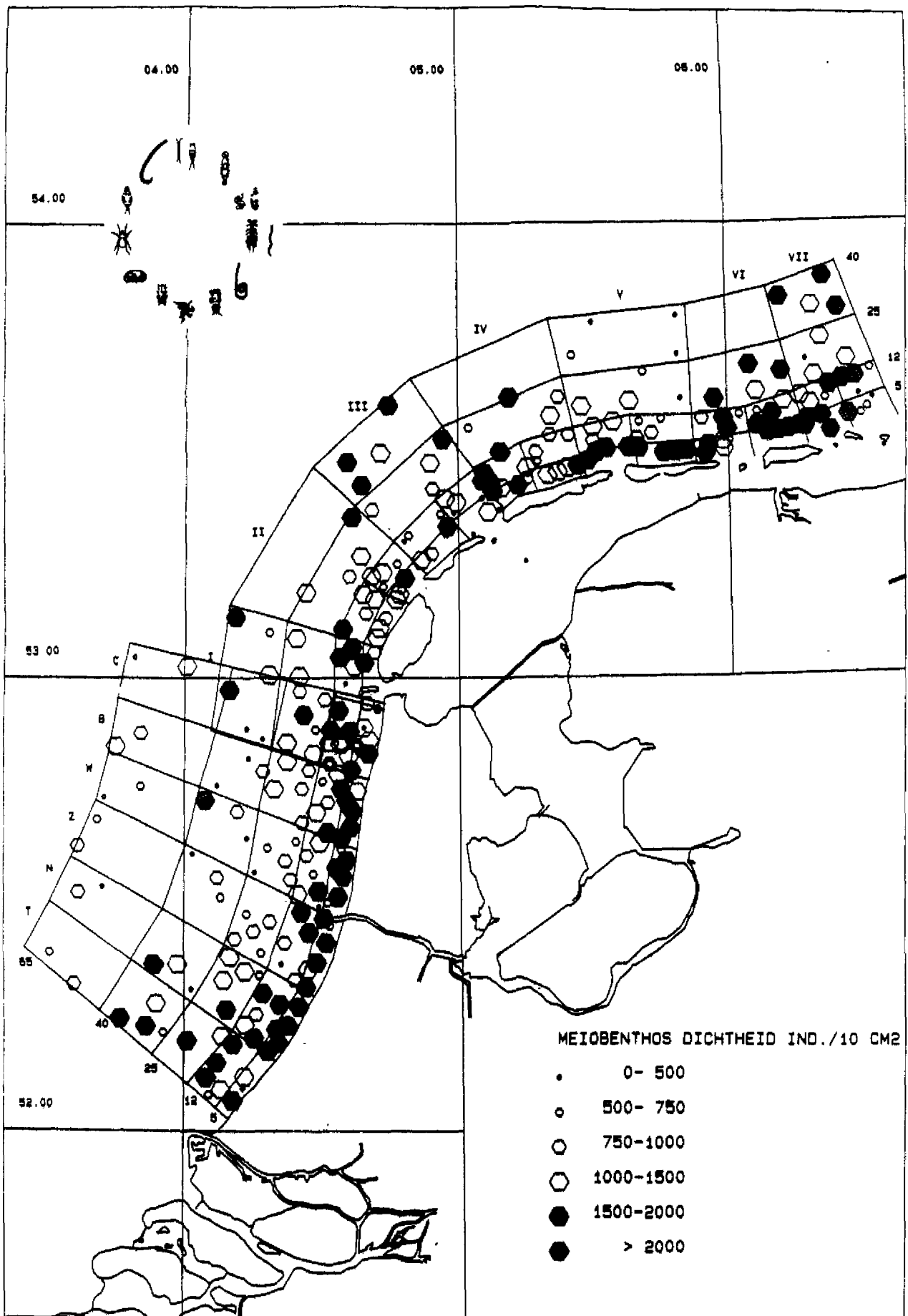


Fig. 49. Verdeling en verspreiding van de dichtheid van het meiobenthos (totaal van de meiobenthische taxa per station) in het MILZON 1988-1989 gebied (range: 111-7676).

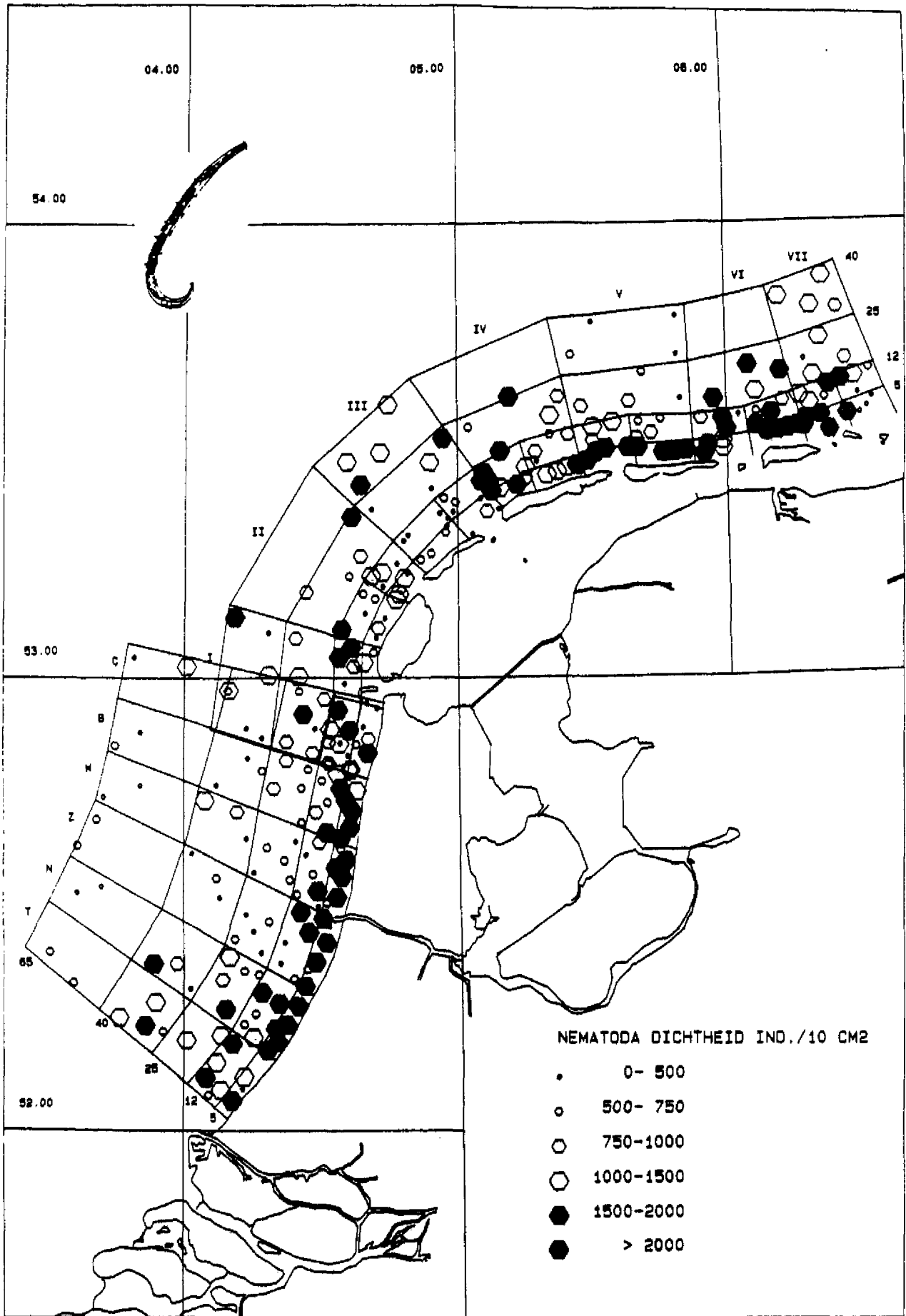


Fig. 50. Verdeling en verspreiding van de dichtheid van de Nematoda in het MILZON 1988-1989 gebied (range: 25-7661 ind./10 cm²).

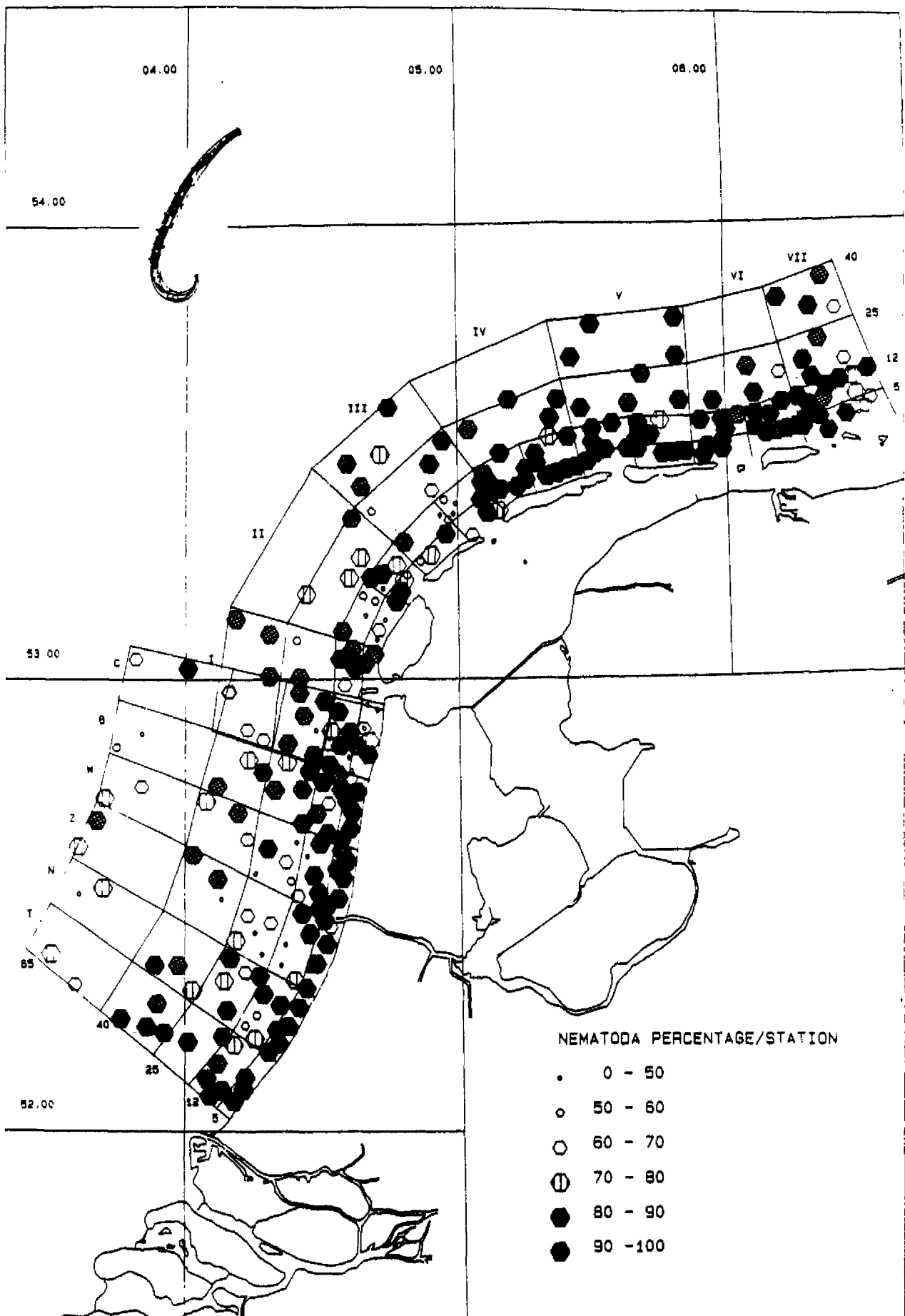


Fig. 51. Samenstelling van het meiobenthos: percentage Nematoda in het MILZON 1988-1989 gebied.

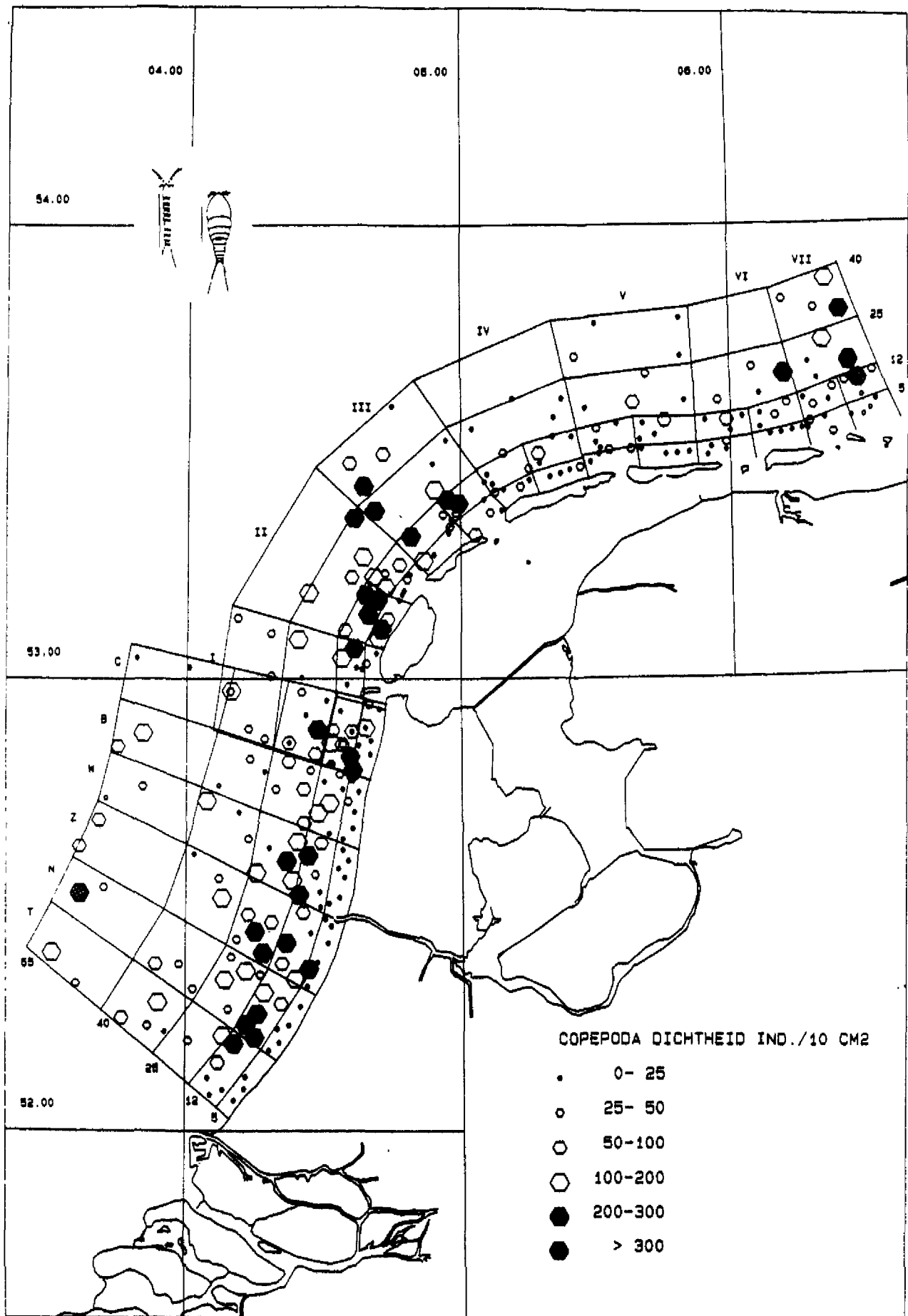


Fig. 52. Verdeling en verspreiding van de dichtheid van de Copepoda in het MILZON 1988-1989 gebied (range: 1-1098 ind./10 cm²).

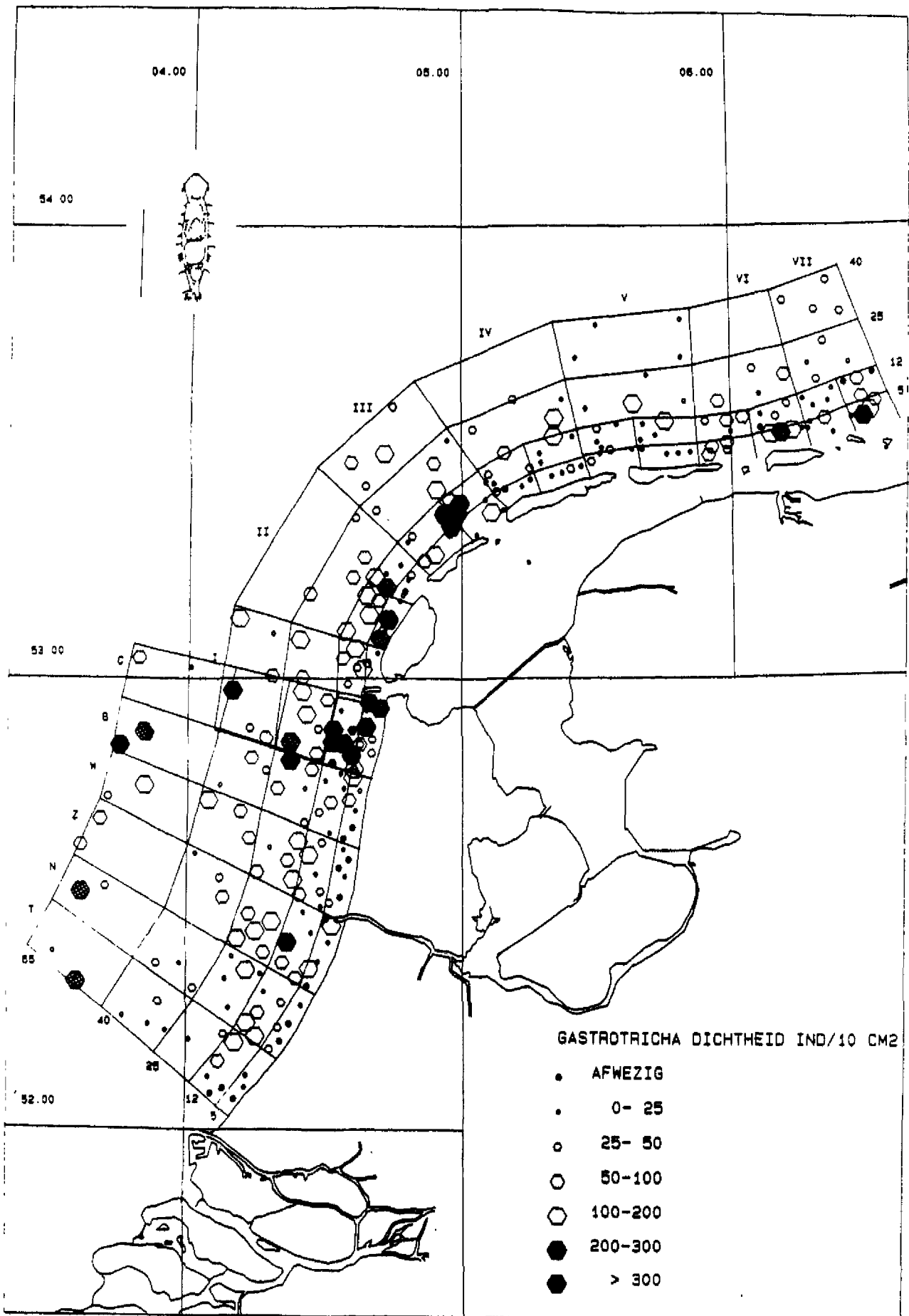


Fig. 53. Verdeling en verspreiding van de dichtheid van de Gastrotricha in het MILZON 1988-1989 gebied (range: 0-1559 ind./10 cm²).

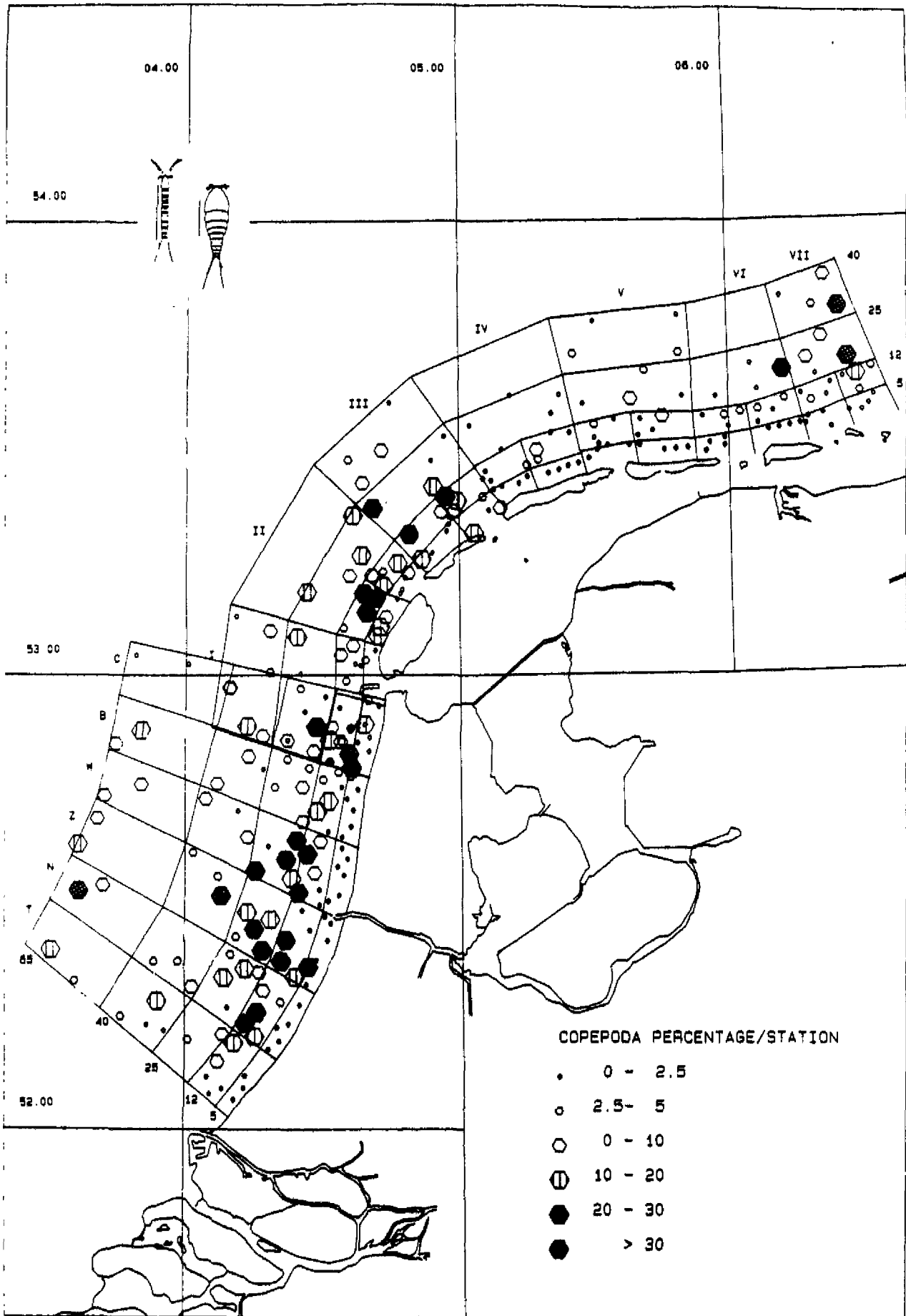


Fig. 54. Samenstelling van het meiobenthos: percentage Copepoda in het MILZON 1988-1989 gebied.

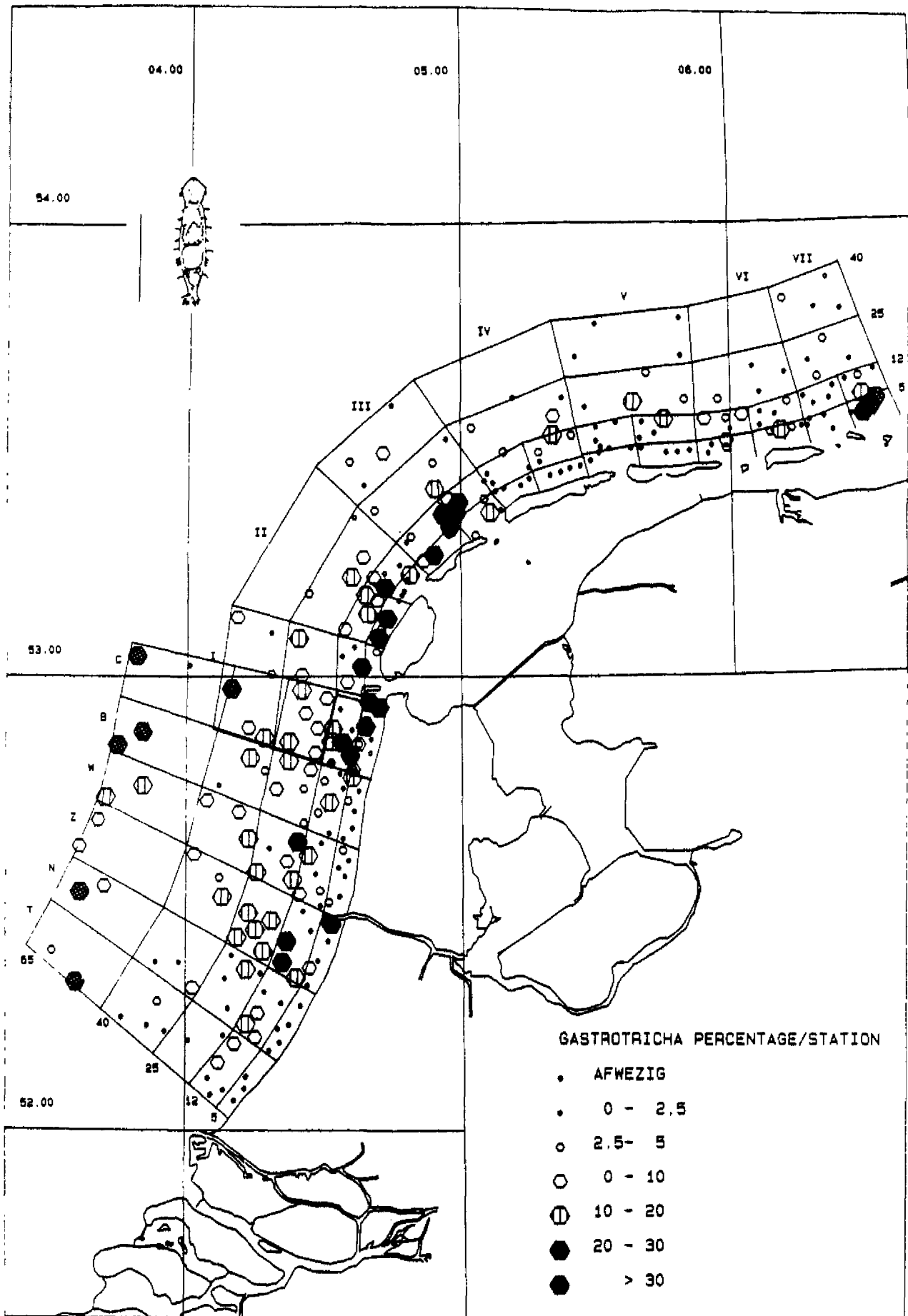


Fig. 55. Samenstelling van het meiobenthos: percentage Gastrotricha in het MILZON 1988-1989 gebied.

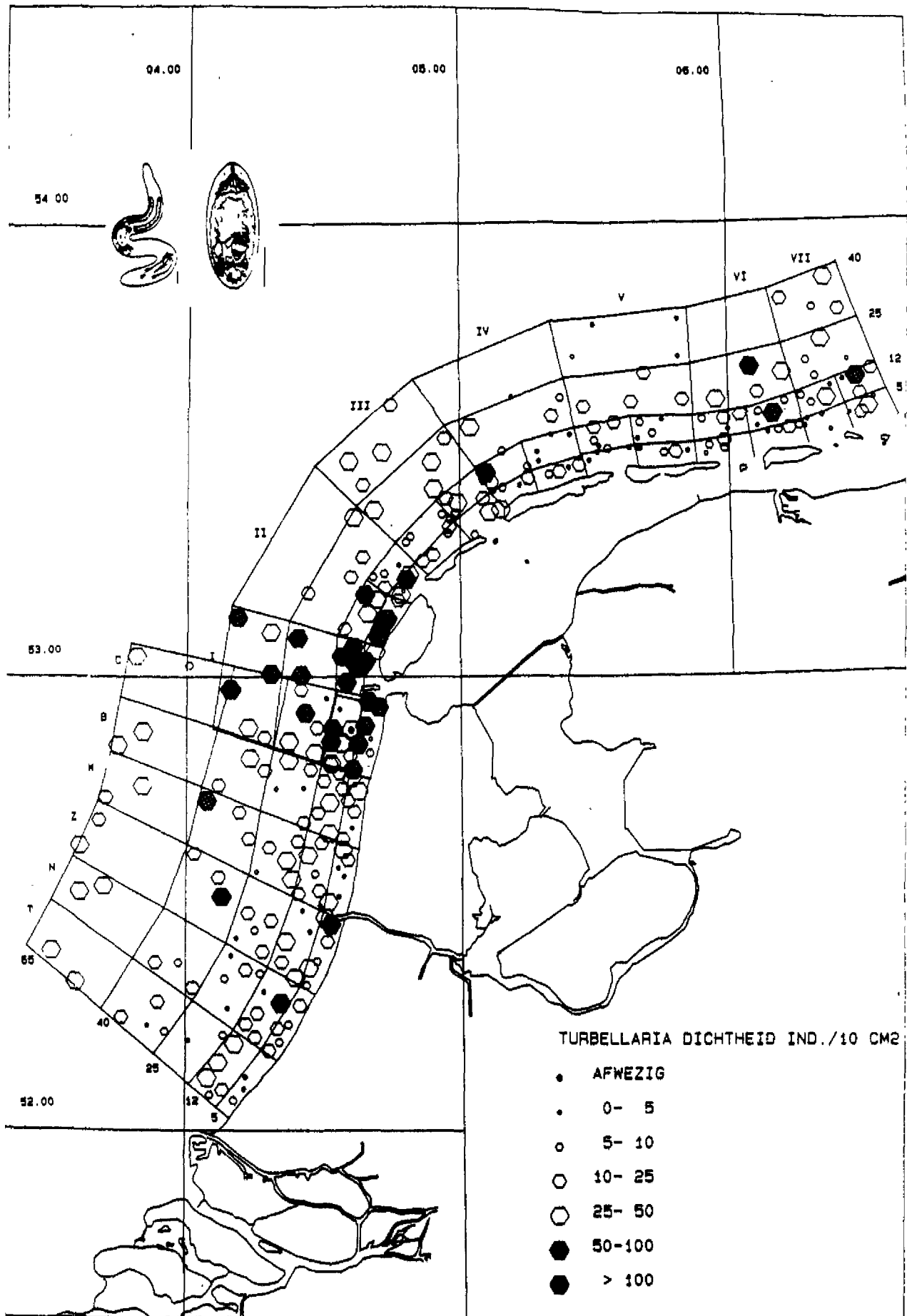


Fig. 56. Verdeling en verspreiding van de dichtheid van de Turbellaria in het MILZON 1988-1989 gebied (range: 0-234 ind./10 cm²).

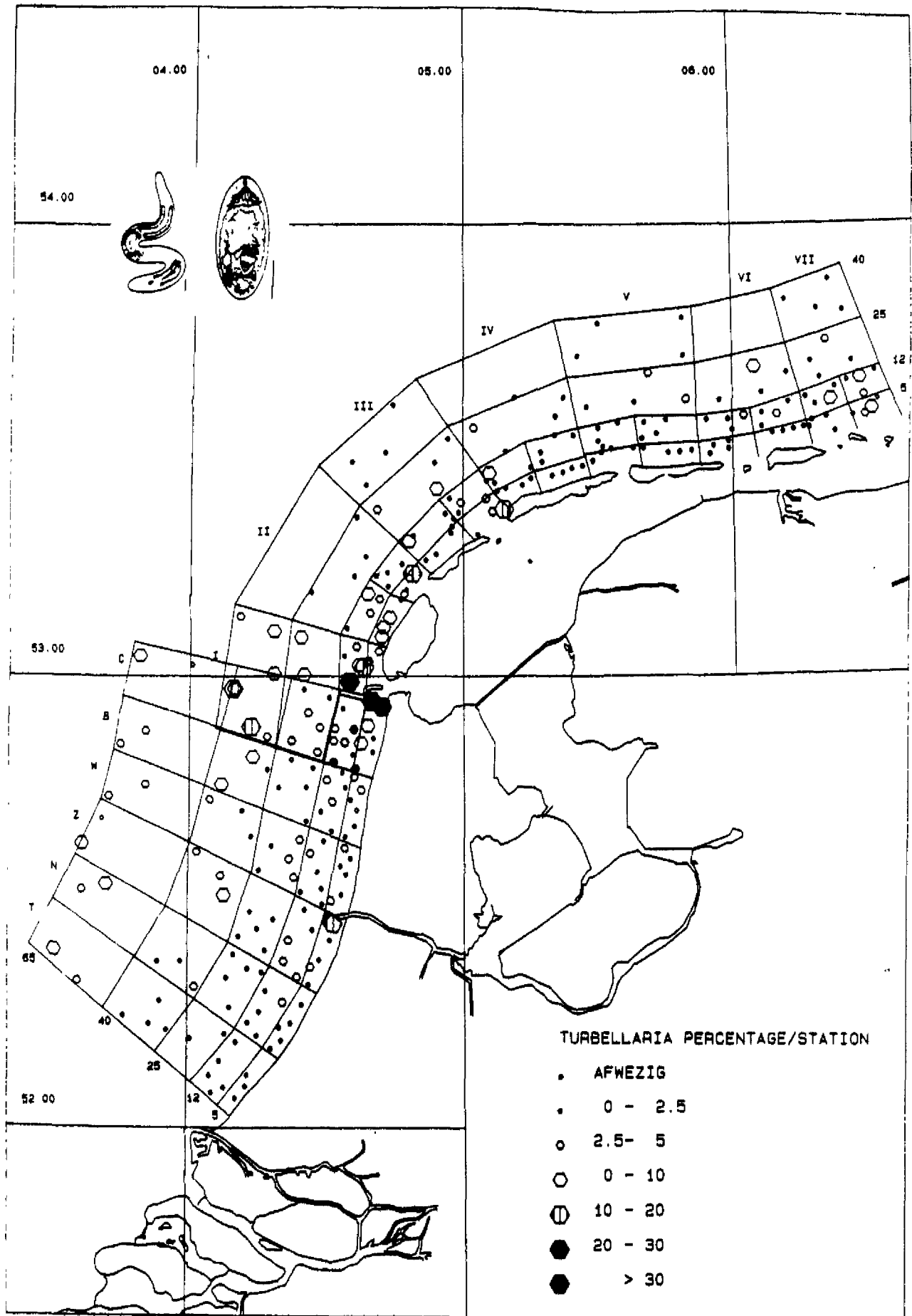


Fig. 57. Samenstelling van het meiobenthos: percentage Turbellaria in het MILZON 1988-1989 gebied.

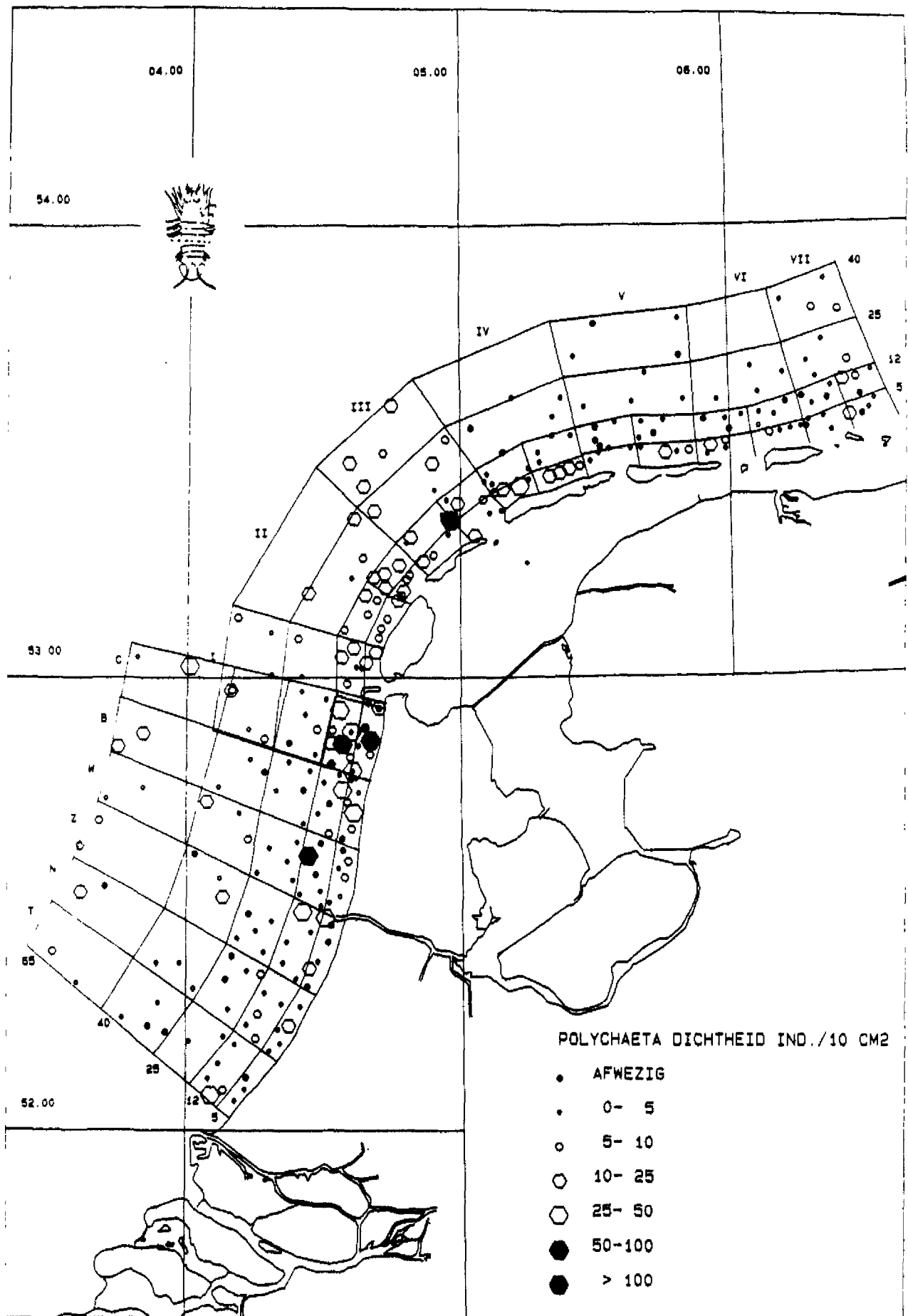


Fig. 58. Verdeling en verspreiding van de dichtheid van de Polychaeta in het MILZON 1988-1989 gebied (range: 0-206 ind./10 cm²).

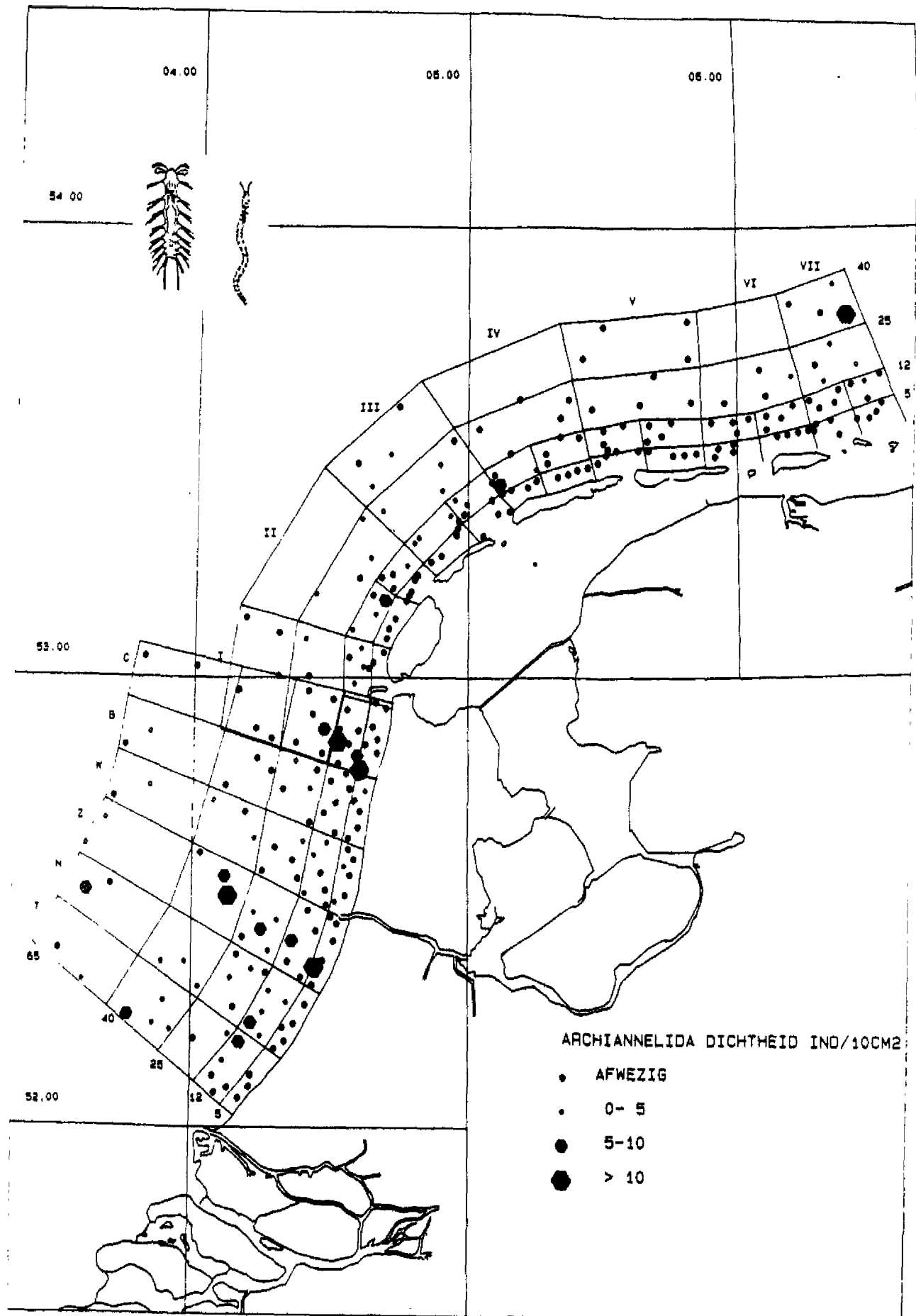


Fig. 59. Verspreiding van Archannelida in het MILZON 1988-1989 gebied (range: 0-15 ind./10 cm²).

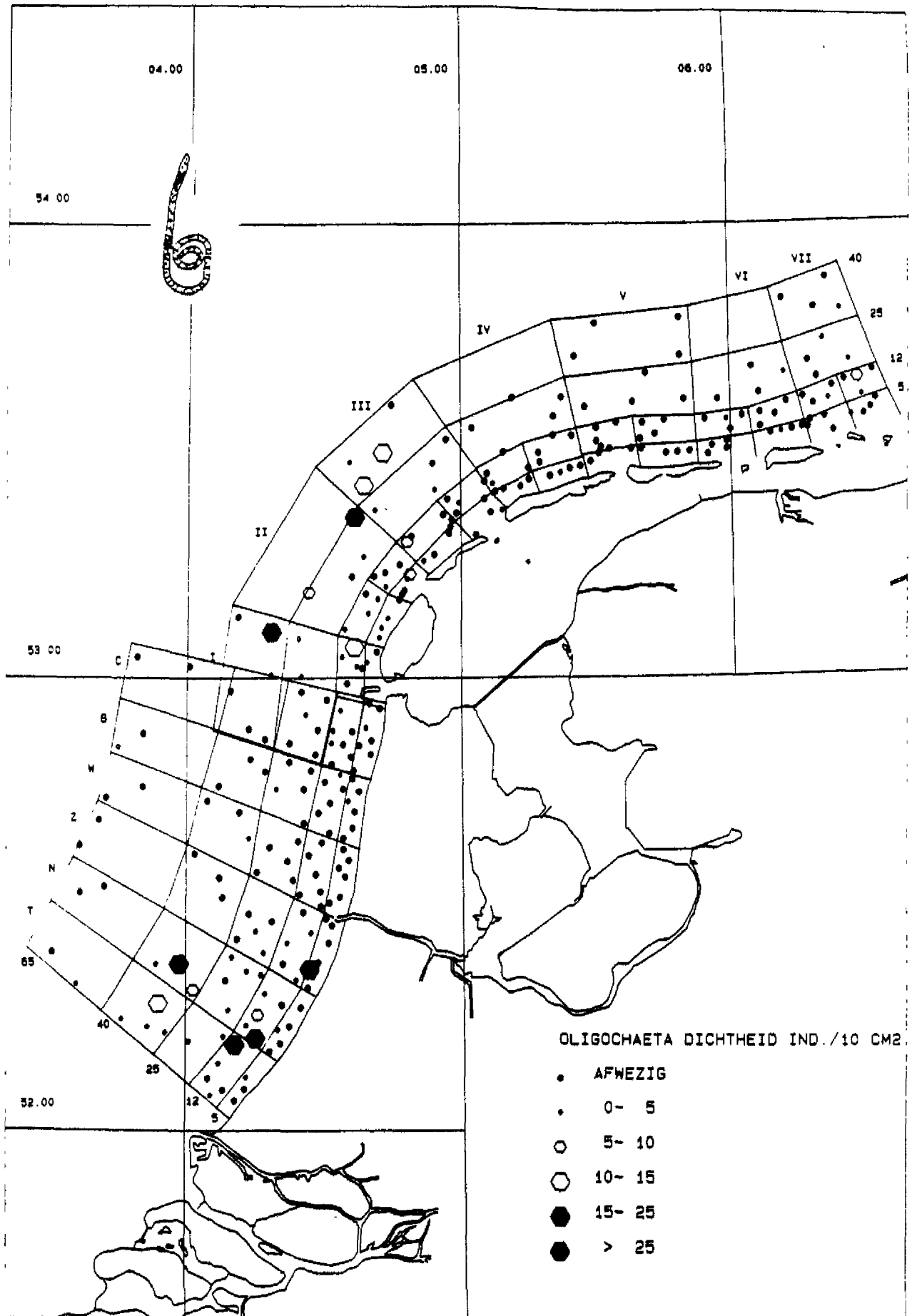


Fig. 60. Verspreiding van Oligochaeta in het MILZON 1988-1989 gebied (range: 0-48 ind./10 cm²).

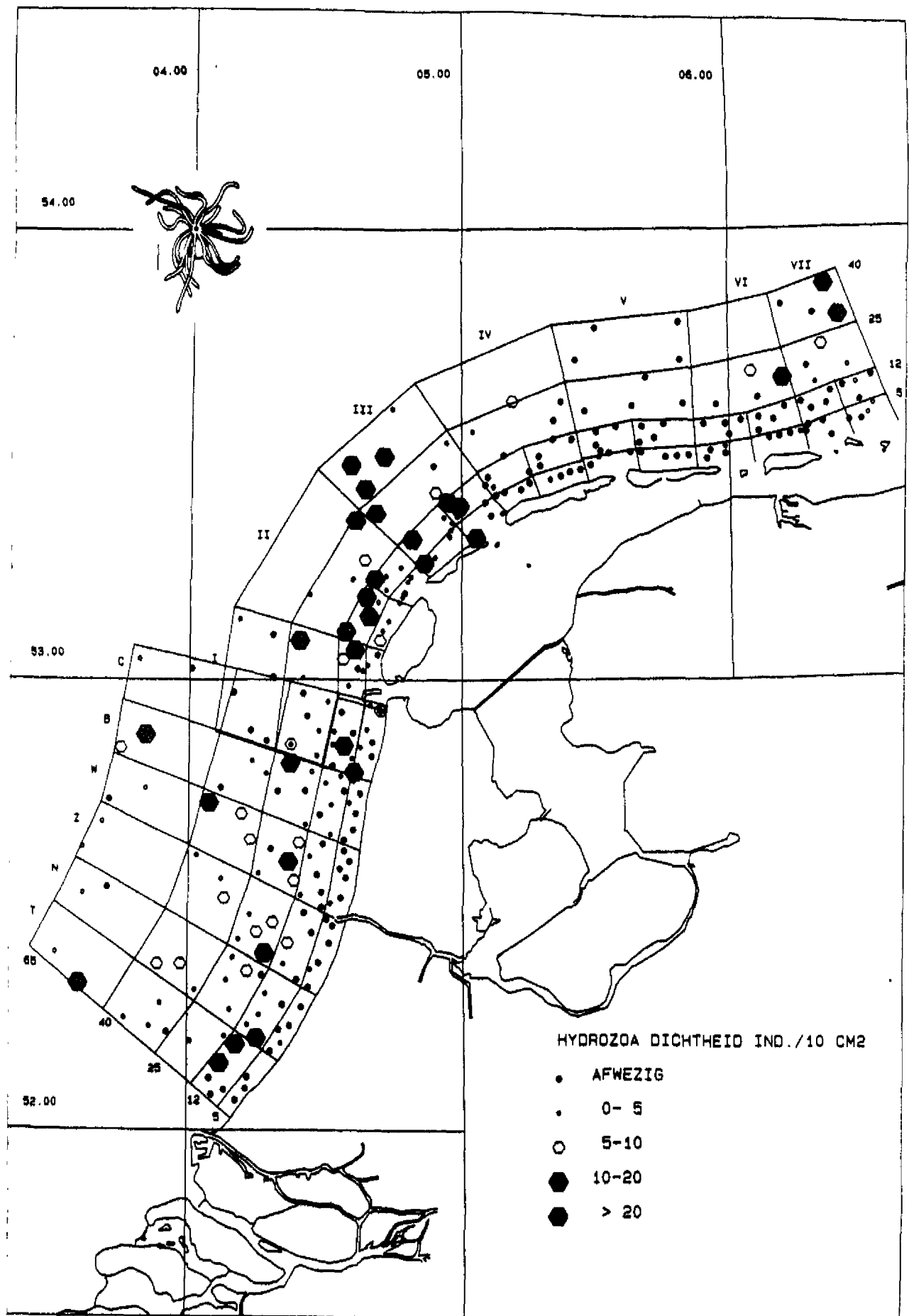


Fig. 61. Verspreiding van Hydrozoa in het MILZON 1988-1989 gebied (range: 0-30 ind./10 cm²).

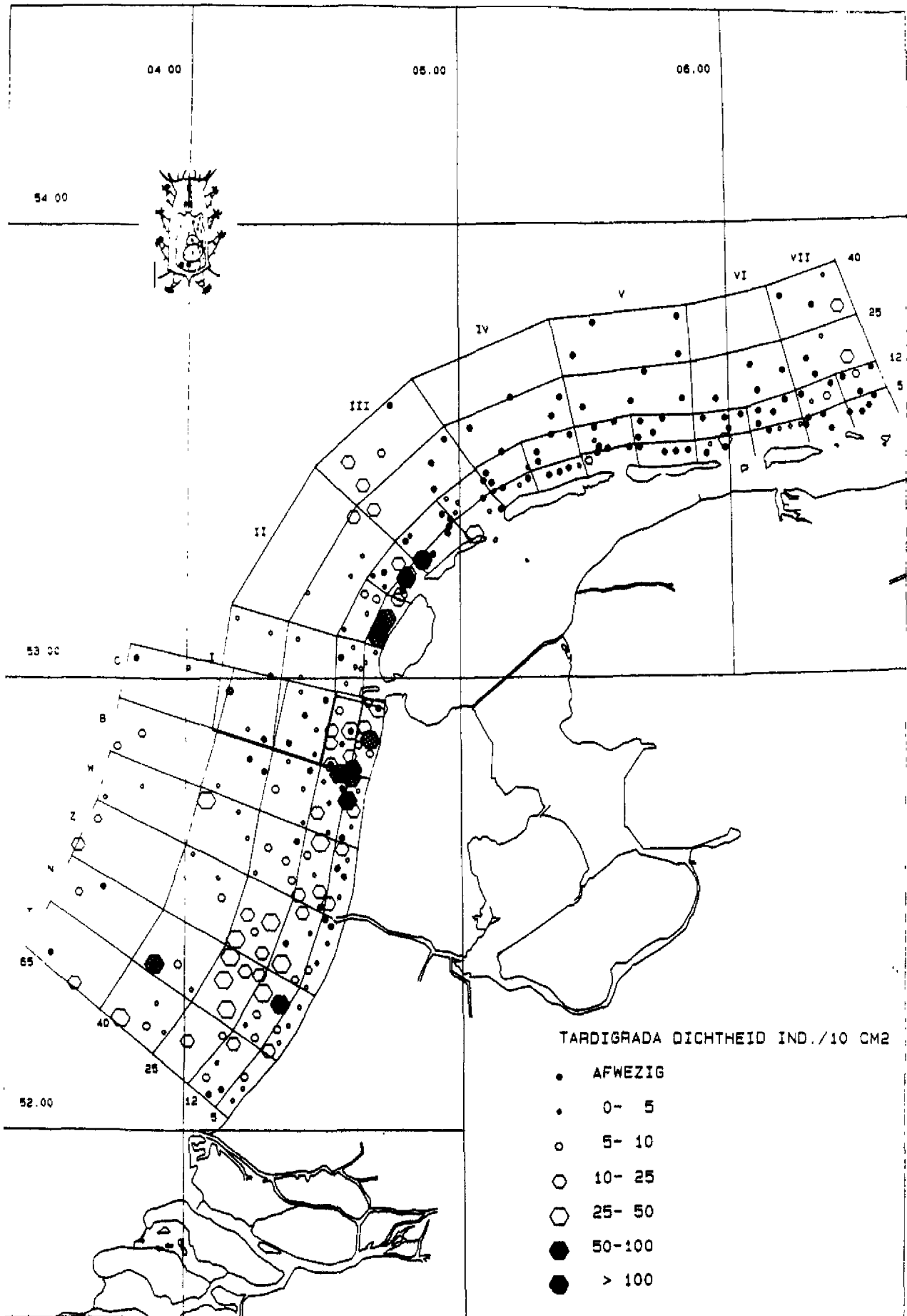


Fig. 62. Verdeling en verspreiding van de dichtheid van de Tardigrada in het MILZON 1988-1989 gebied (range: 0-297 ind./10 cm²).

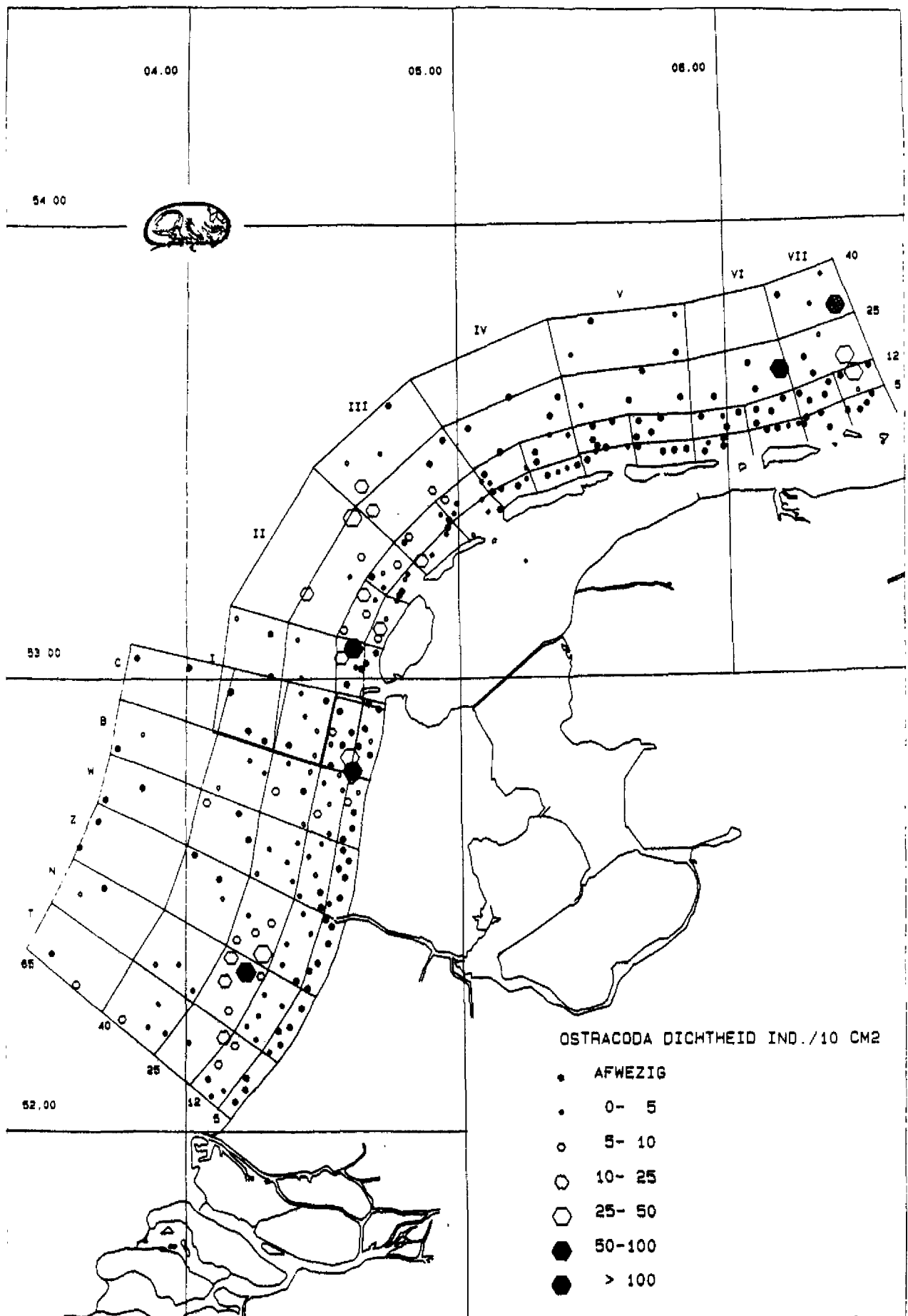


Fig. 63. Verdeling en verspreiding van de dichtheid van de Ostracoda in het MILZON 1988-1989 gebied (range: 0-212 ind./10 cm²).

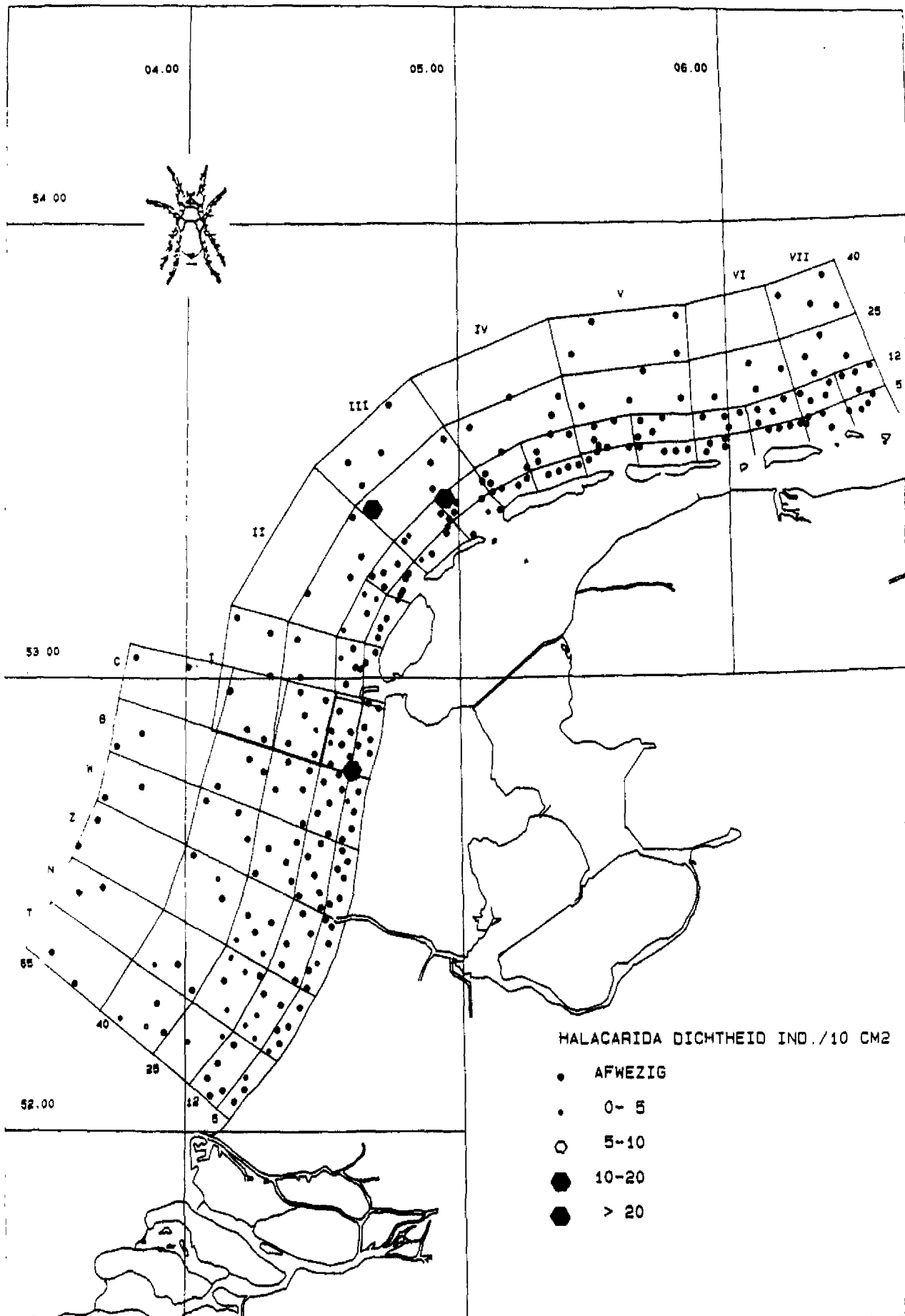


Fig. 64. Verspreiding van Halacarida in het MILZON 1988-1989 gebied (range: 0-64 ind./10 cm²).

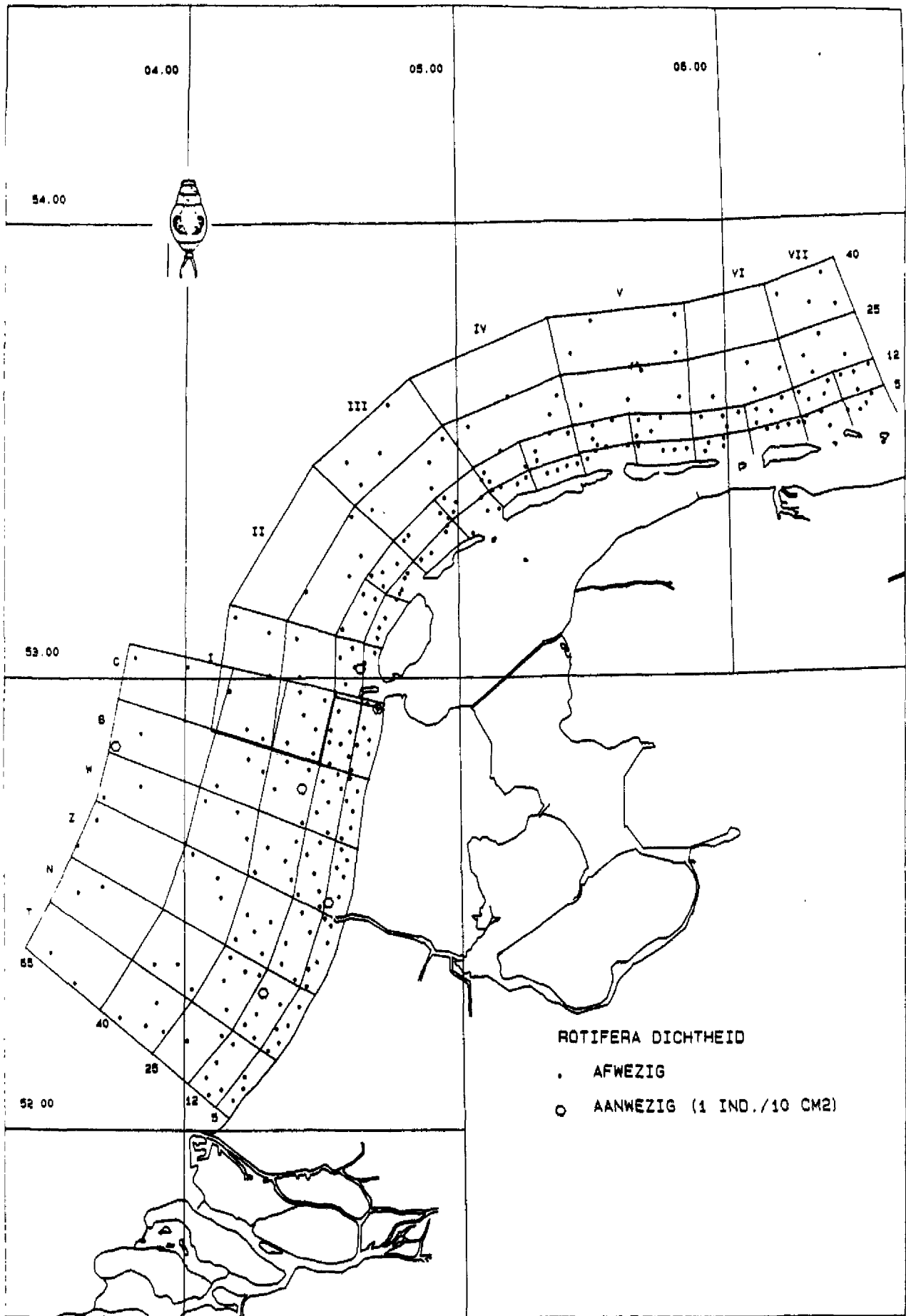


Fig. 65. Voorkomen en verspreiding van Rotifera in het MILZON 1988-1989 gebied.

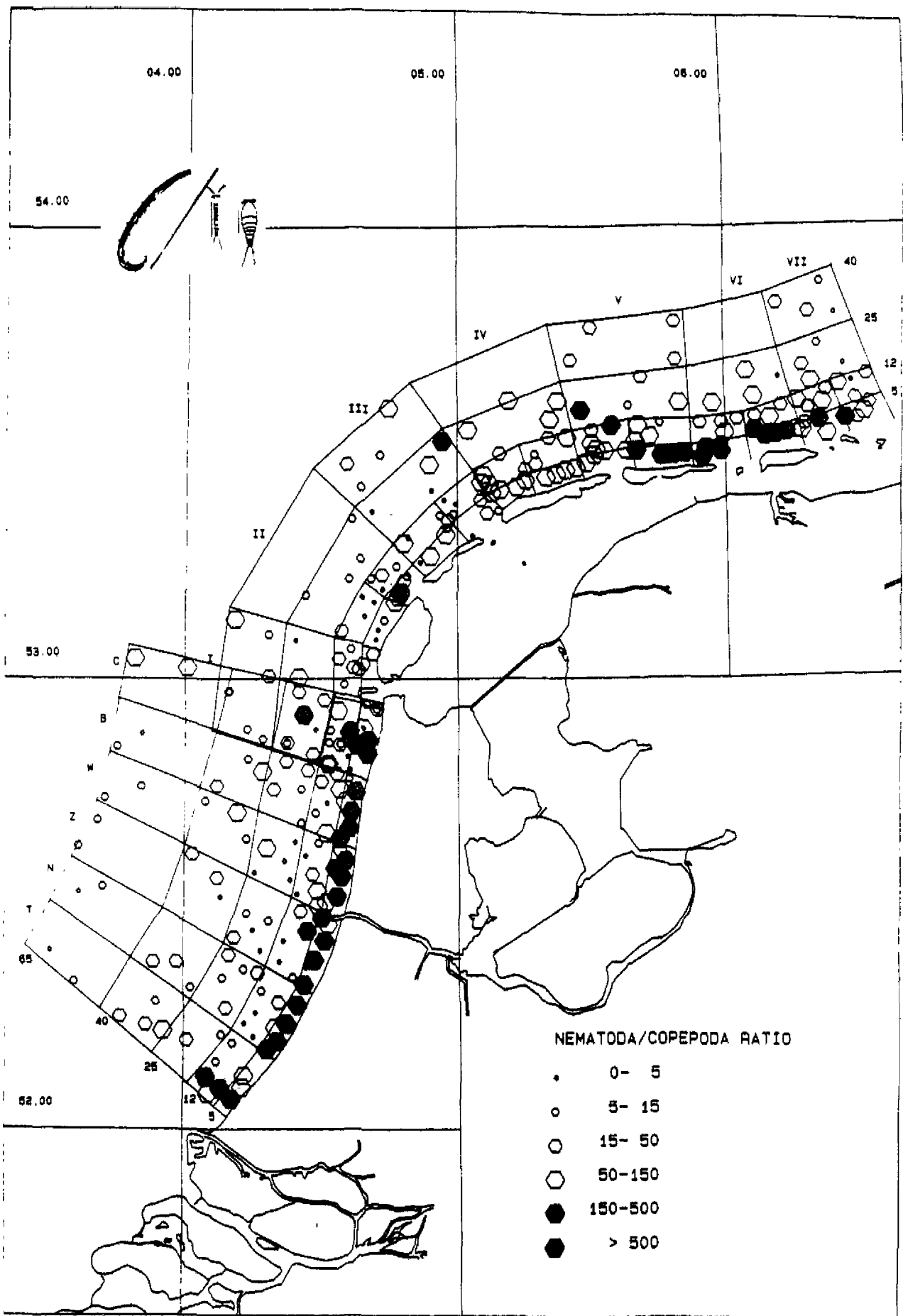


Fig. 66. Nematoda/Copepoda (N/C) ratio in het MILZON 1988-1989 gebied.

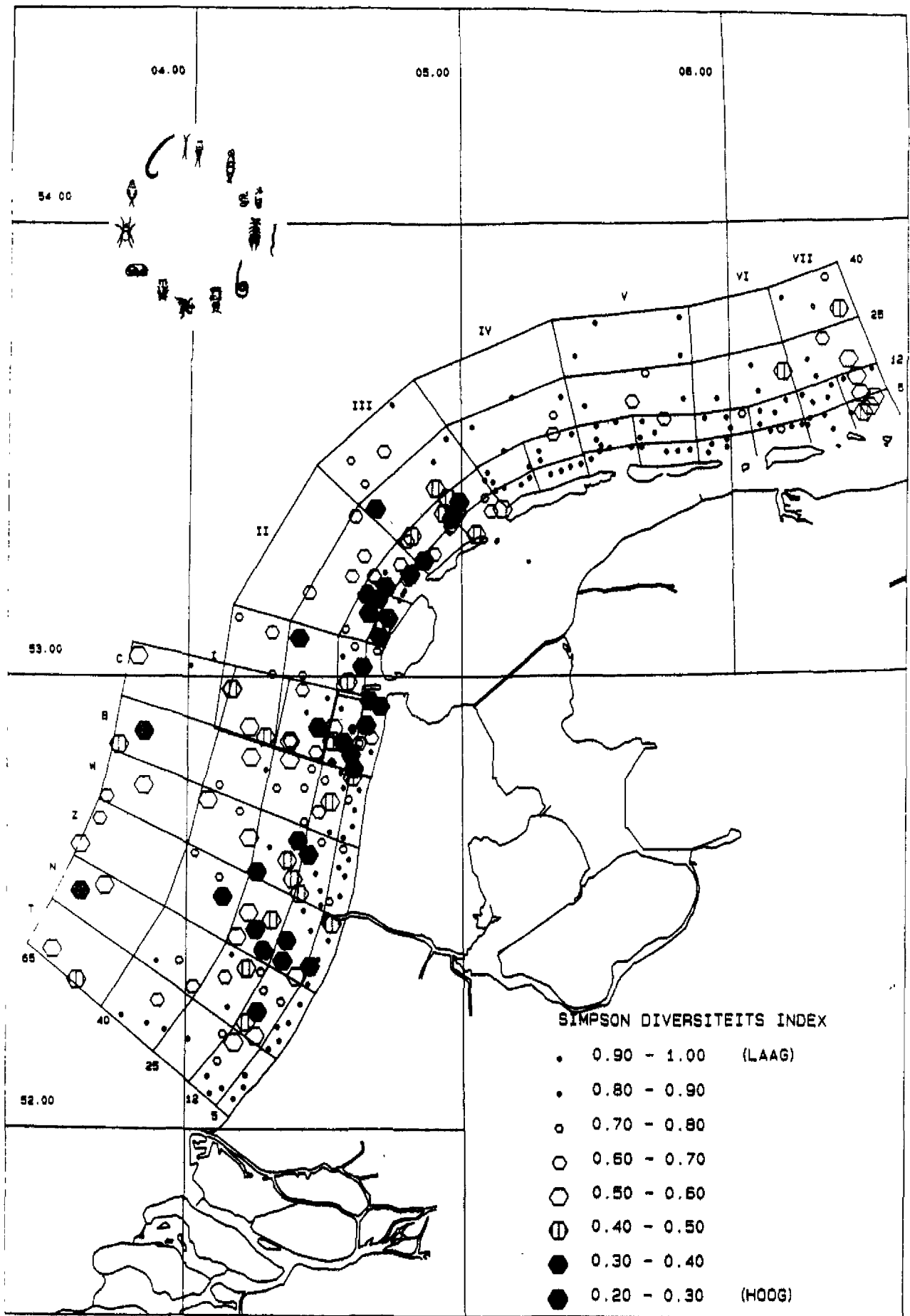


Fig. 67. Simpson diversiteits-index voor het meiobenthos in het MILZON 1988-1989 gebied.

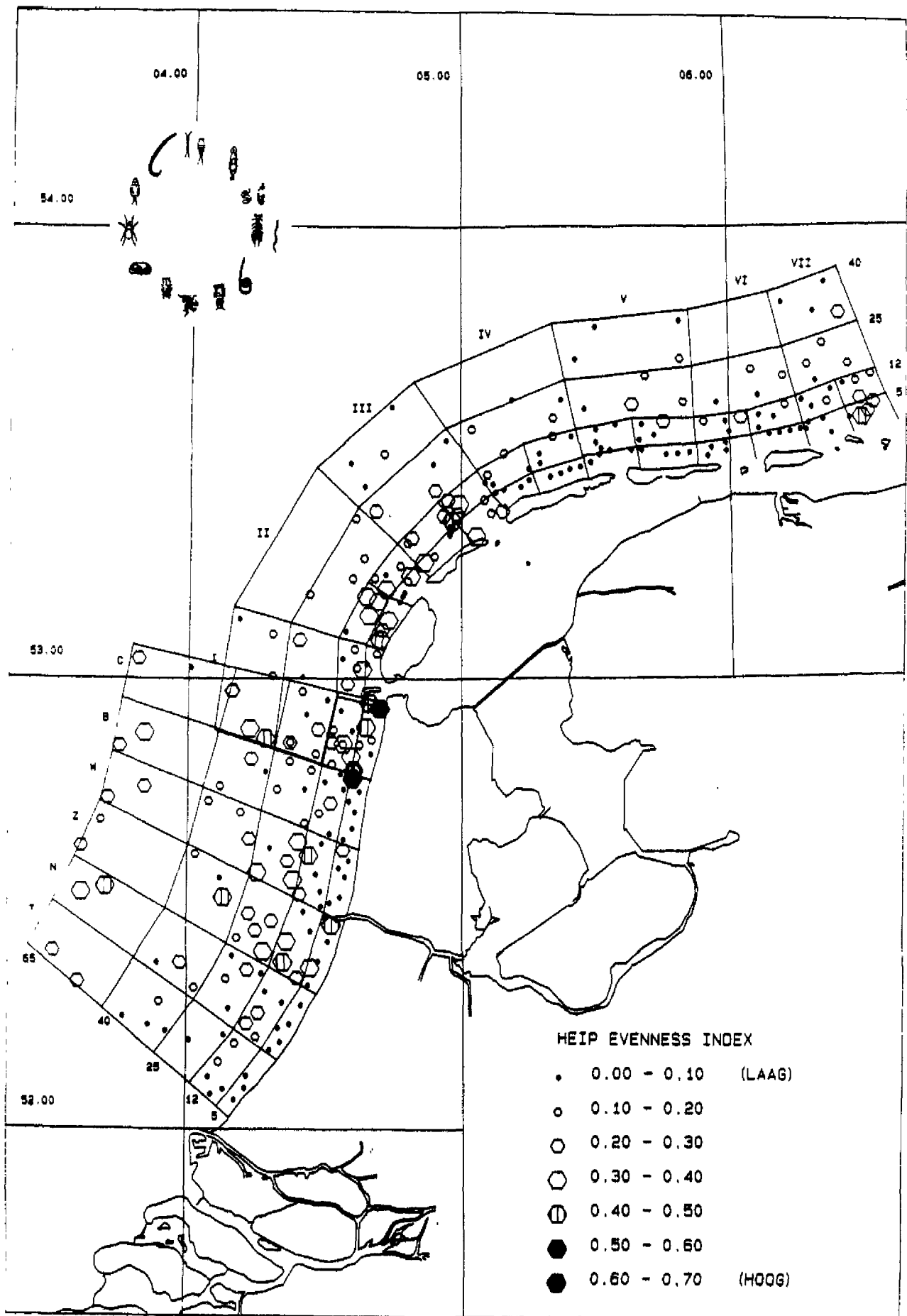


Fig. 68. Heip evenness voor het meiobenthos in het MILZON 1988-1989 gebied.

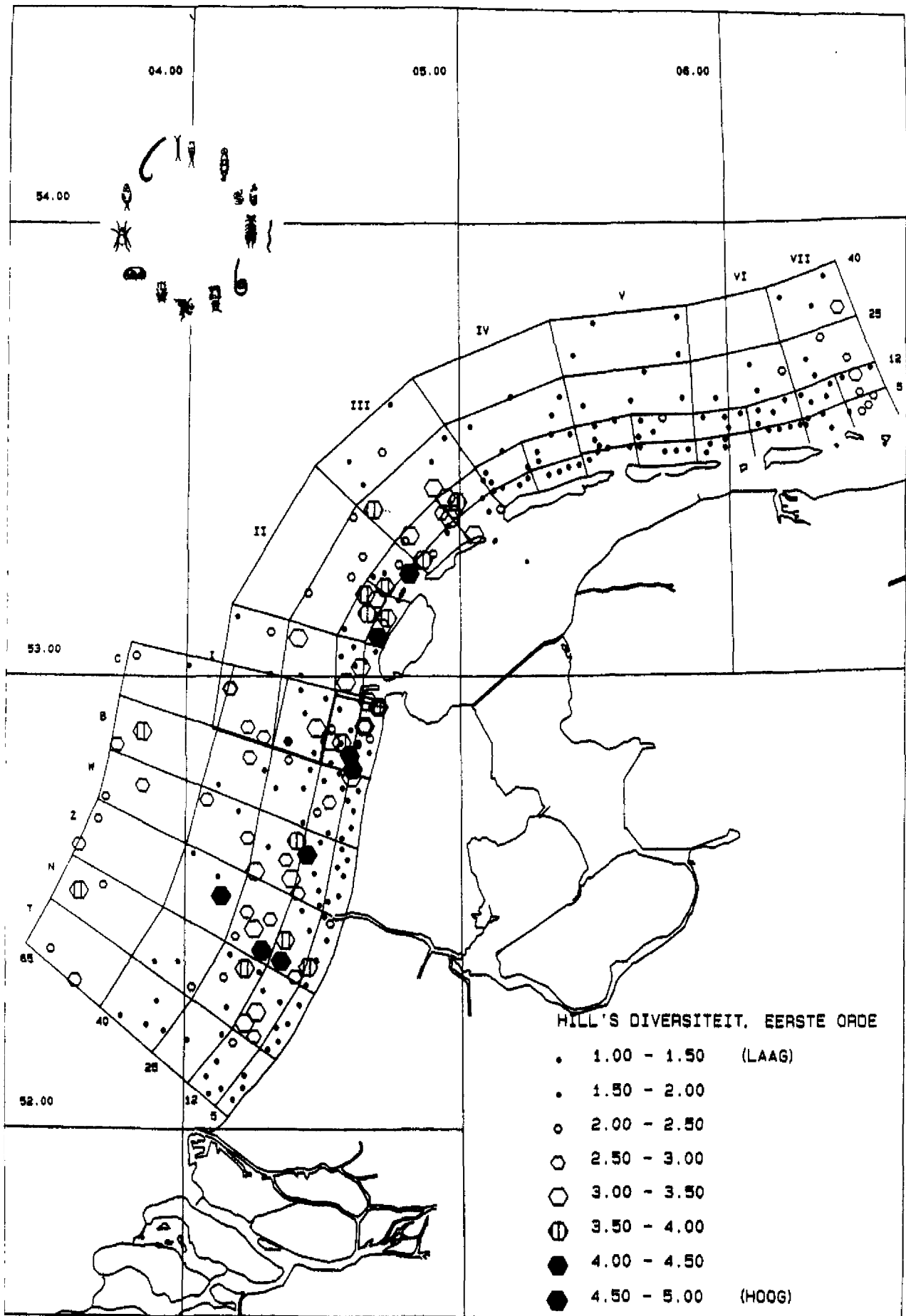


Fig. 69. Hill's diversiteit van de eerste orde voor het meiobenthos in het MILZON 1988-1989 gebied.

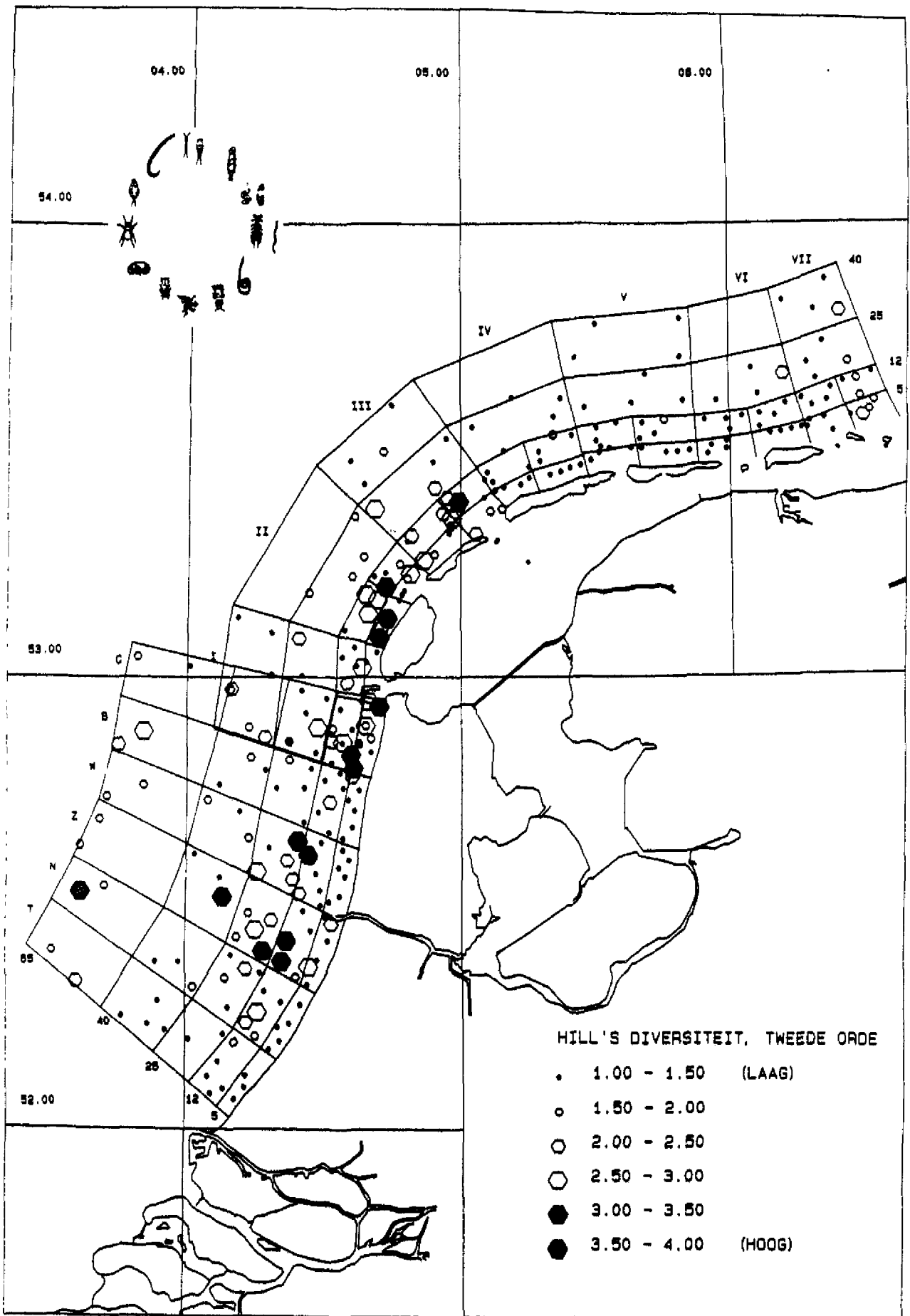


Fig. 70. Hill's diversiteit van de tweede orde voor het meiobenthos in het MILZON 1988-1989 gebied.

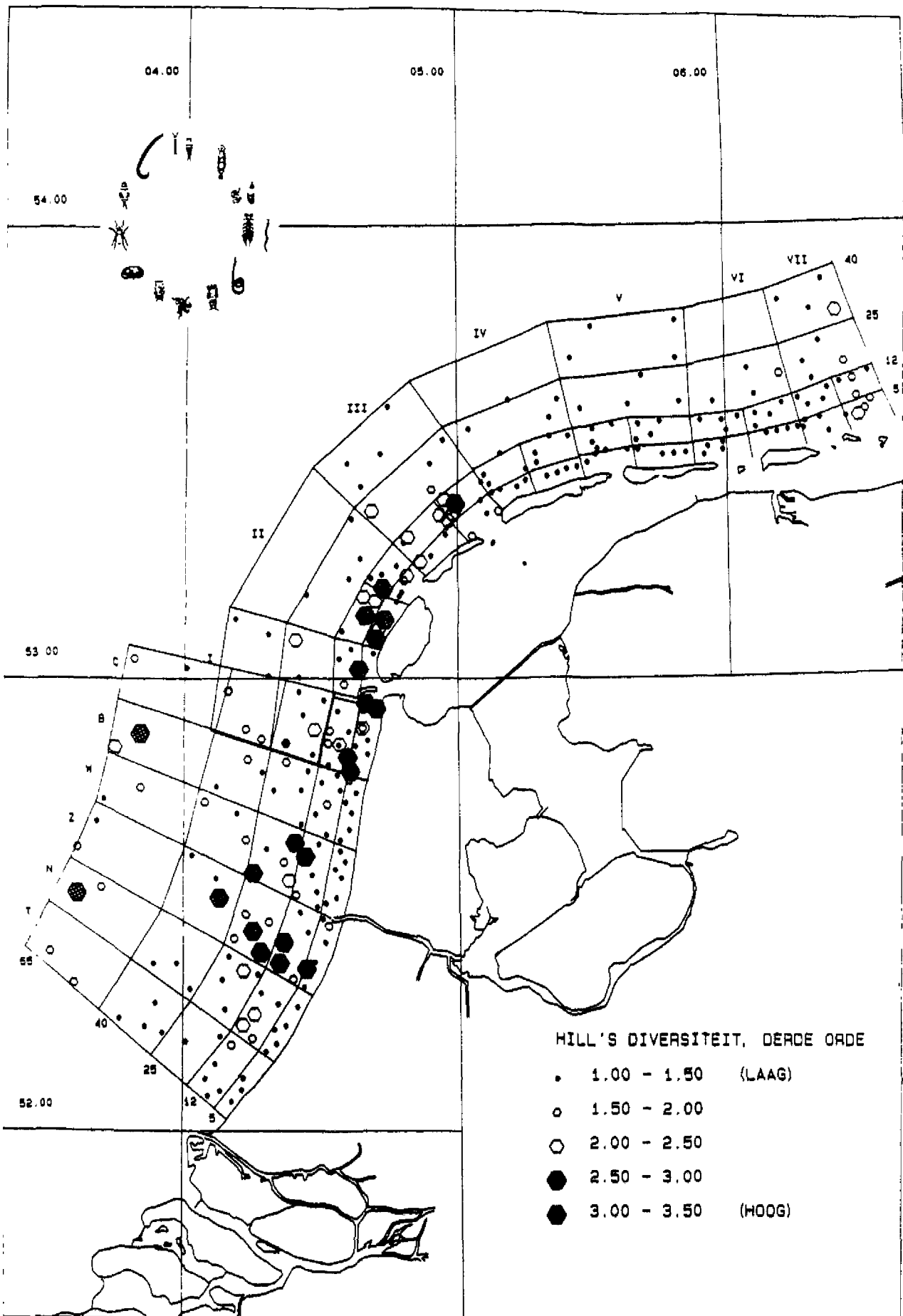
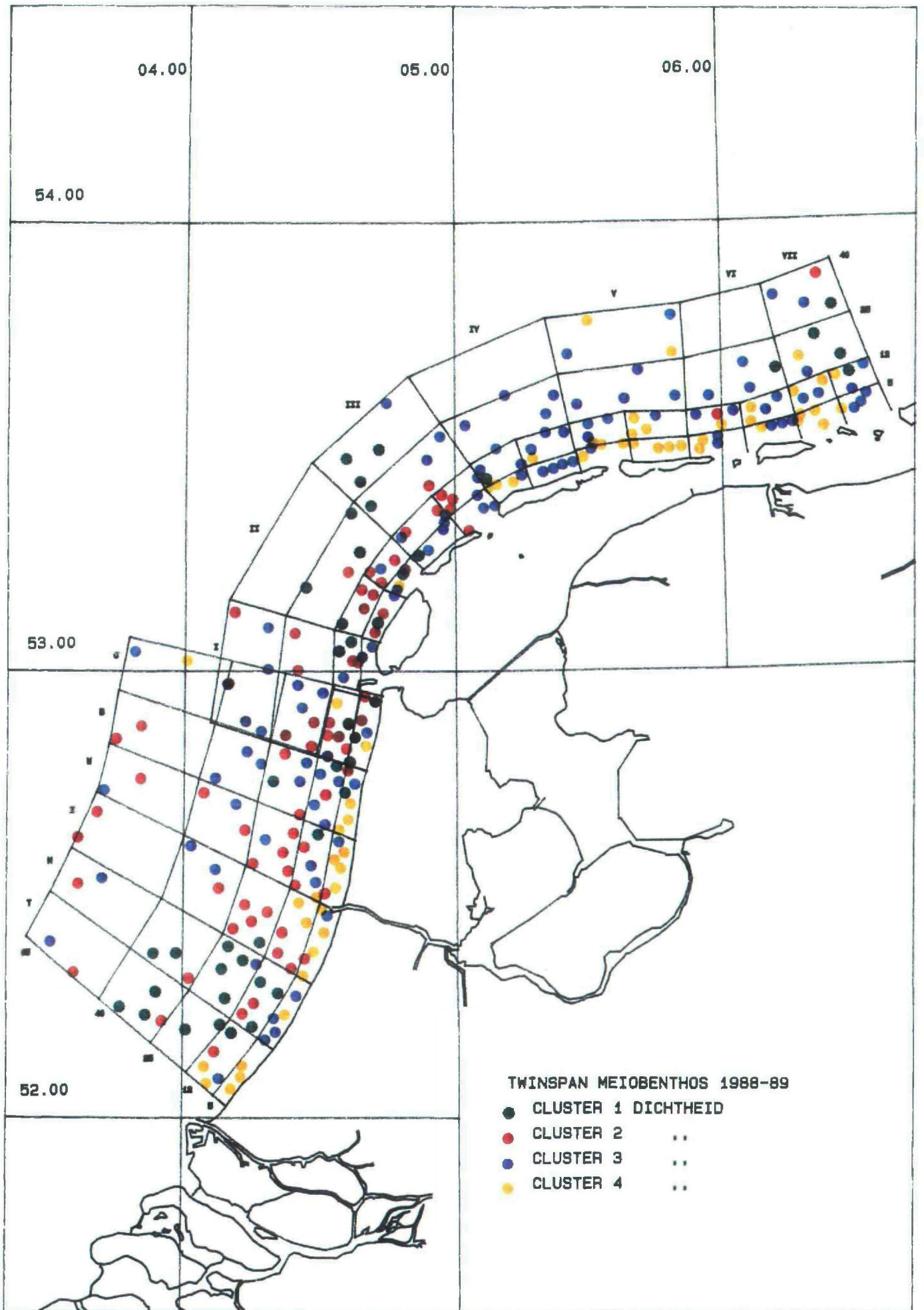


Fig. 71. Hill's diversiteit van de derde orde voor het meiobenthos in het MILZON 1988-1989 gebied.

Fig. 72. TWINSpan clusterverdeling van de meiobenthos dataset, gebaseerd op
dichtheid (klasseindeling 0-10-50-150-350-700-1000-2000-2900 ind./10
cm²).



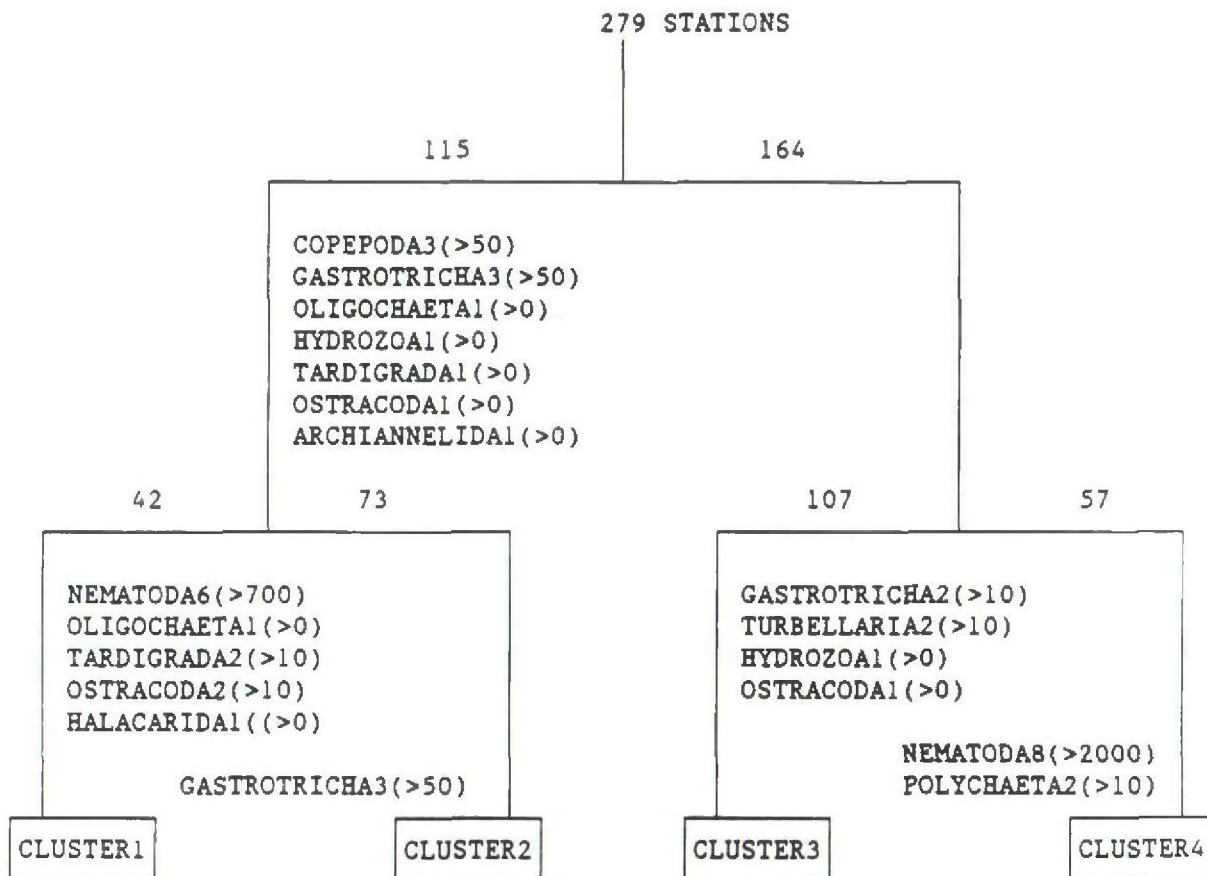


Fig. 73. Dichotomie van de TWINSpan delingen op de meiobenthos dataset van 1988 en 1989 gecombineerd. Als basis is de klasseindeling gebruikt bestaande uit de volgende dichtheden : 0-10-50-150-350-700-1000-2000-2900. Per deling zijn de indicatorsoorten gegeven op basis waarvan de deling plaatsvond. Achter de indicatorsoort staat de pseudospecies, tussen haakjes is de dichtheid gegeven (ind./10 cm²) die de range aangeeft waarop de deling plaatsvond. Per tak zijn tevens het aantal stations gegeven die bij die deling zijn ontstaan.

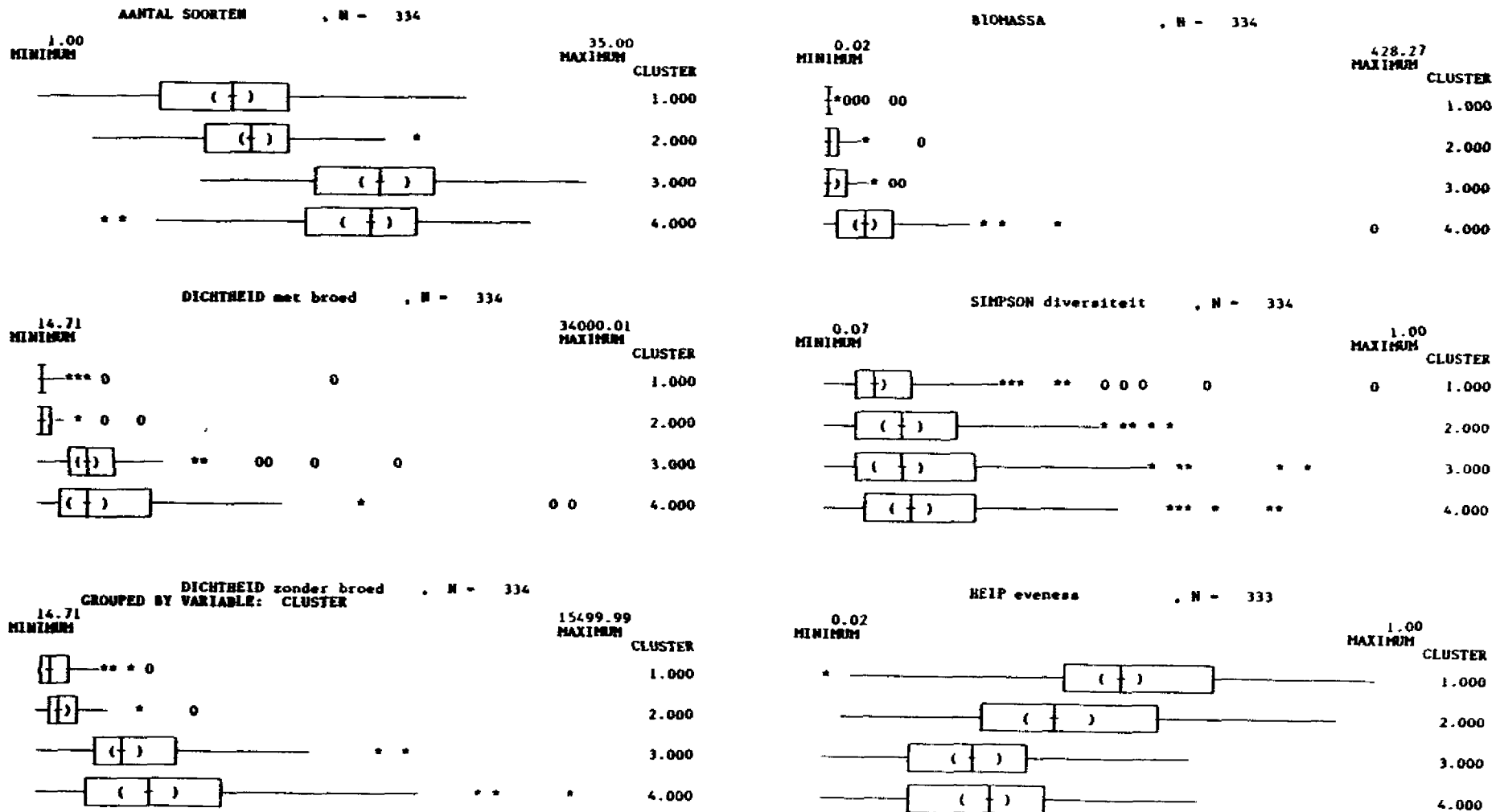


Fig. 74a. Box en Whiskerplots van een aantal macrobenthische variabelen, (aantal soorten, dichtheid met en zonder broed in ind./m²), biomassa in gADW/m², Simpson-index en Heip-eveness) per cluster.

De box geeft de ligging van de kwartielen weer. De mediaan deelt de box doormidden. De haakjes geven het betrouwbaarheidsinterval van de mediaan weer. De lijn geeft het minimum of het maximum weer. Waarnemingen verder dan 1.5 maal de kwartielf afstand worden met een * aangeduid. De 0 liggen op meer dan 3 maal de kwartielf afstand.

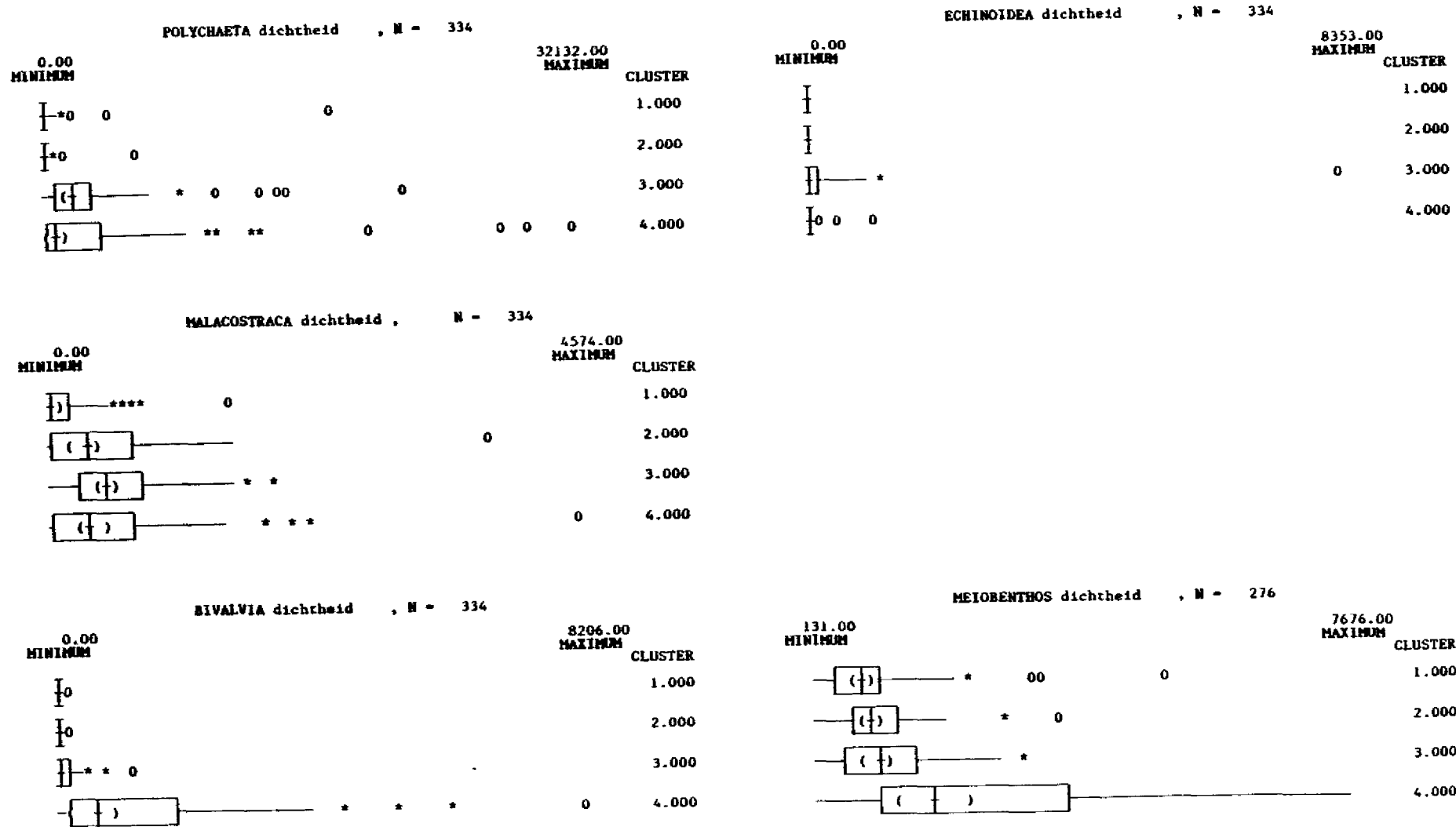


Fig. 74b. Macrobenthos.

Box-and-Whiskerplots van een aantal macrobenthische variabelen (dichtheid van de Polychaeta, Crustacea, Bivalvia en Echinoidea, in ind./m²) per cluster.

De box geeft de ligging van de kwartielen weer. De mediaan deelt de box doormidden. De haakjes geven het betrouwbaarheidsinterval van de mediaan weer. De lijn geeft het minimum of het maximum weer. Waarnemingen verder dan 1.5 maal de kwartielafstand worden met een * aangeduid. De 0 liggen op meer dan 3 maal de kwartielafstand.

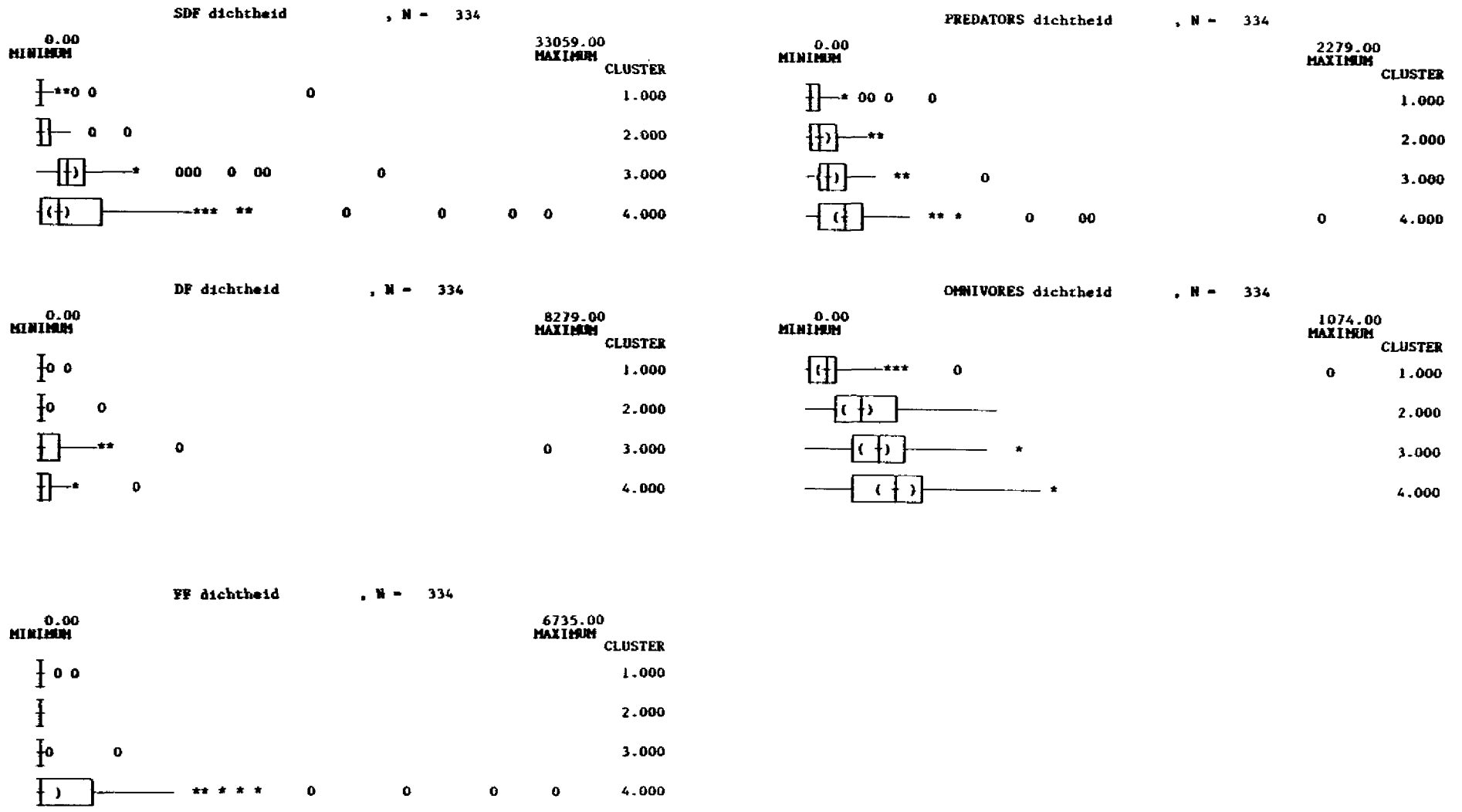


Fig. 74c. Macrobenthos.

Box-and-Whiskerplots van een aantal macrobenthische variabelen (dichtheid van de SDF, DF, FF, P en O, in ind./m²) per cluster.

De box geeft de ligging van de kwartielen weer. De mediaan deelt de box doormidden. De haakjes geven het betrouwbaarheidsinterval van de mediaan weer. De lijn geeft het minimum of het maximum weer. Waarnemingen verder dan 1.5 maal de kwartielafstand worden met een * aangeduid. De 0 liggen op meer dan 3 maal de kwartielafstand.

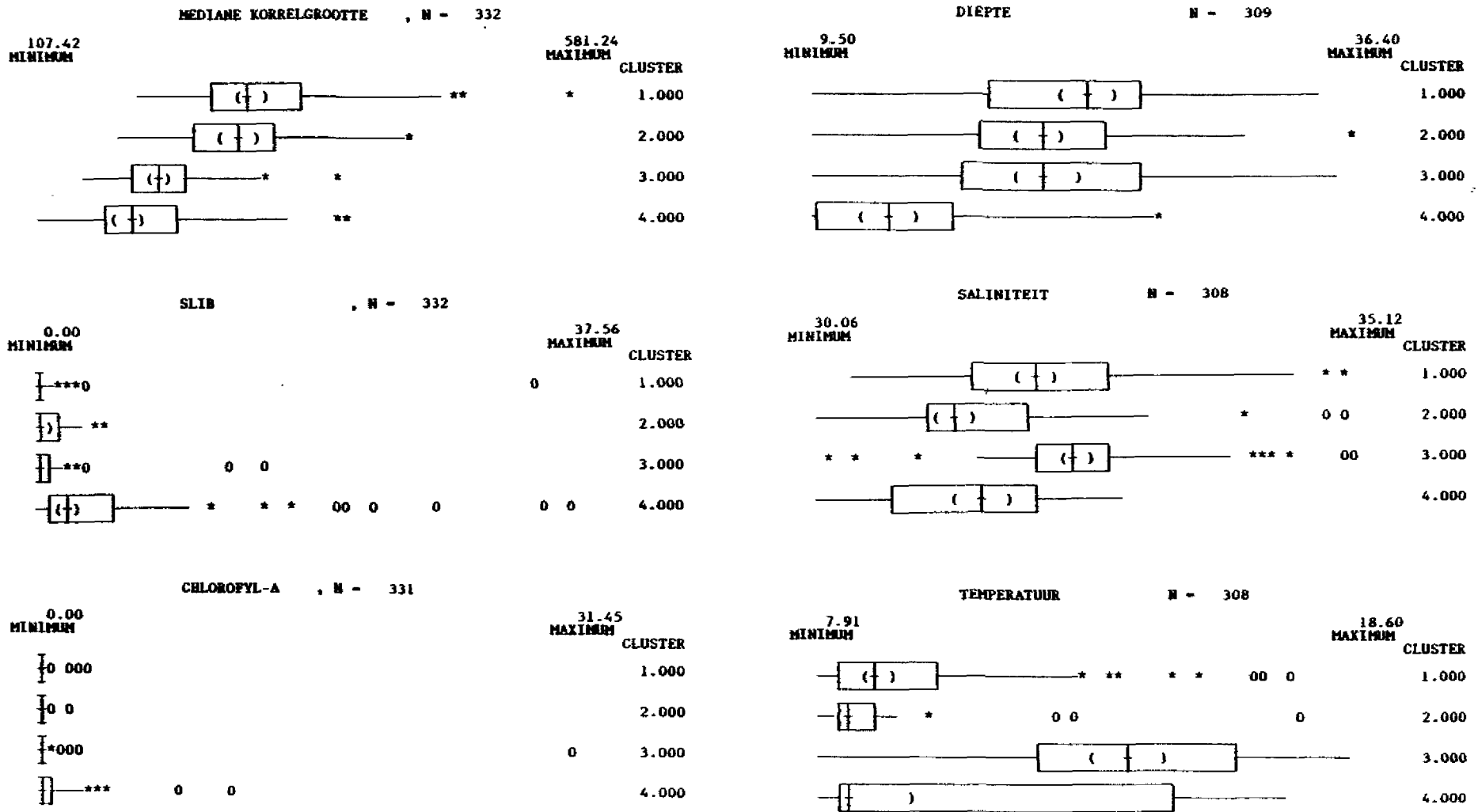


Fig. 74d. Macrobenthos.

Box-and-Whiskerplots van een aantal abiotische variabelen (mediane korrelgrootte in μm , sligehalte in ‰, chlorofyl-gehalte in $\mu\text{g/g}$, diepte in m, saliniteit in ‰ en temperatuur in $^{\circ}\text{C}$) per cluster.

De box geeft de ligging van de kwartielen weer. De mediaan deelt de box doormidden. De haakjes geven het betrouwbaarheidsinterval van de mediaan weer. De lijn geeft het minimum of het maximum weer. Waarnemingen verder dan 1.5 maal de kwartielafstand worden met een * aangeduid. De 0 liggen op meer dan 3 maal de kwartielafstand.

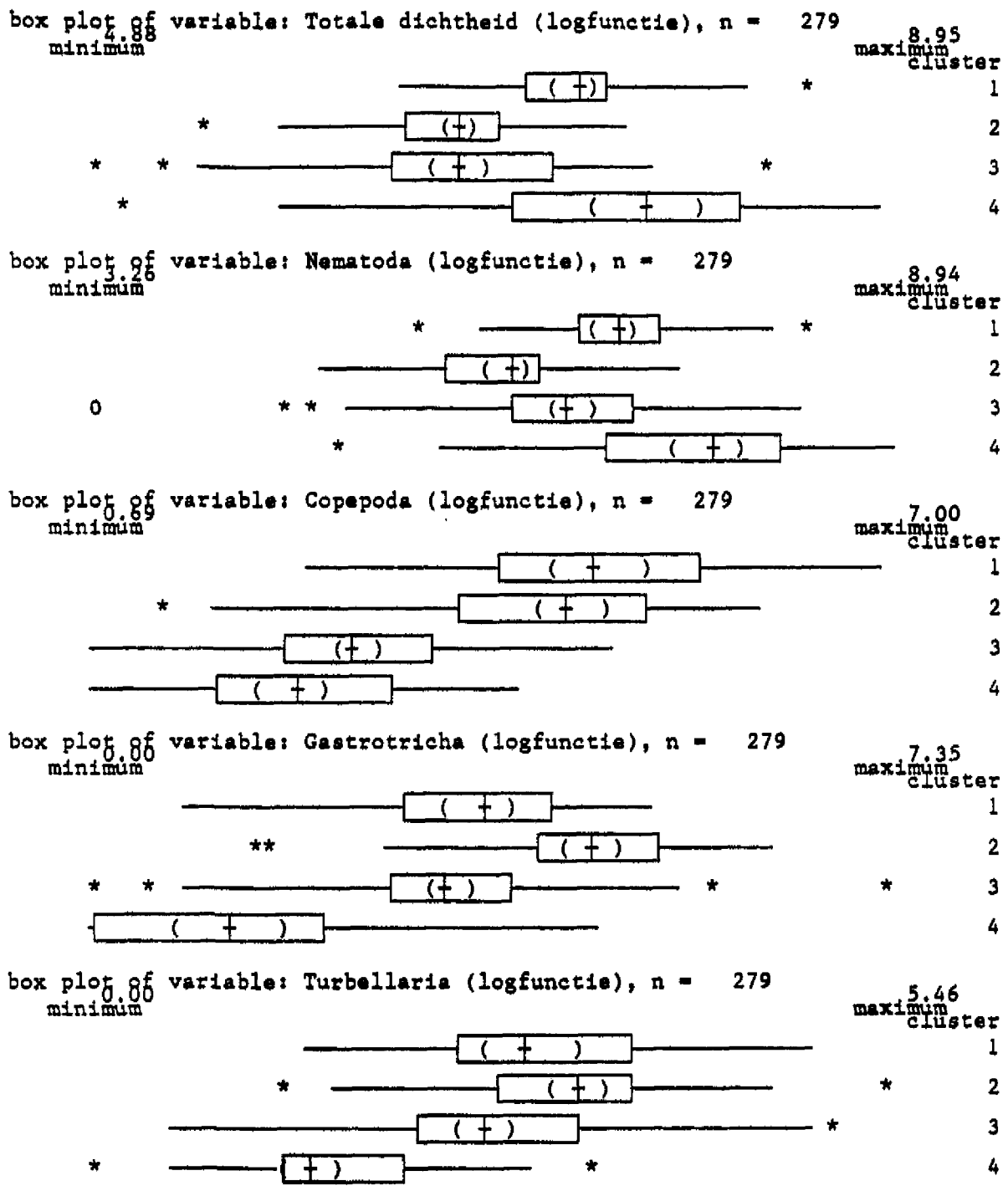


Fig. 75A. Box-and-Whisker plots (Tukey, 1977) van een aantal meiobenthische variabelen: totale dichtheid, Nematoda, Copepoda, Gastrotricha, Turbellaria (ind./10 cm²). De TWINSPAN clustering is gebaseerd op dichtheid van het meiobenthos. De box geeft de ligging van de kwartielen. De haakjes geven het betrouwbaarheidsinterval rond de mediaan. Het eind van de lijnen ("whiskers") geeft de buitenste waarden aan, tenzij er ver afgelegen waarden voorkomen, aangeduid met een *, of zeer ver afgelegen waarden, gemerkt met een 0.

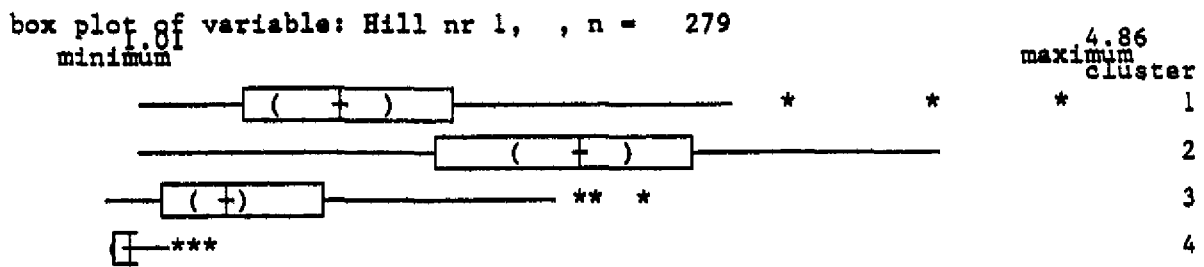
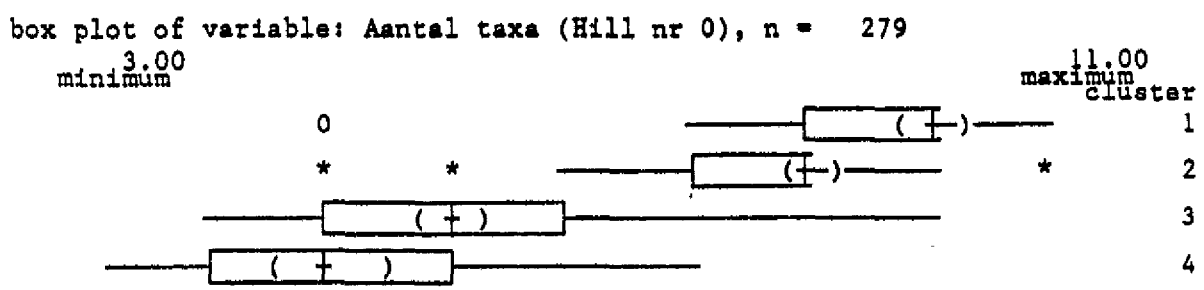
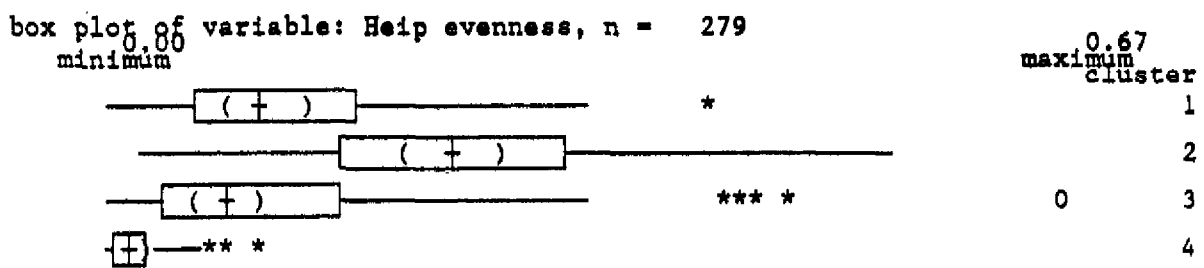
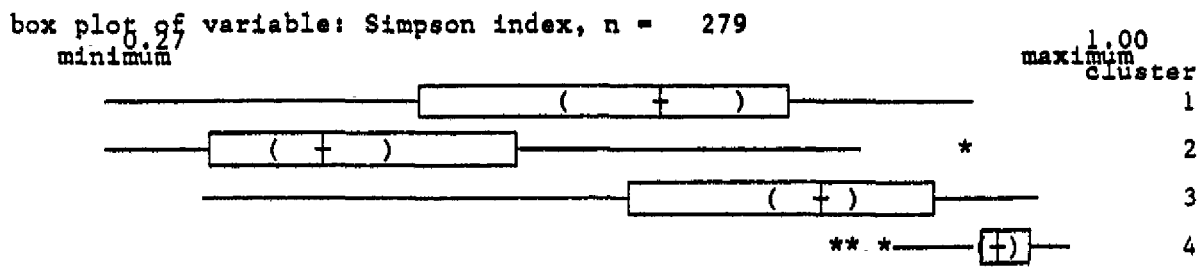
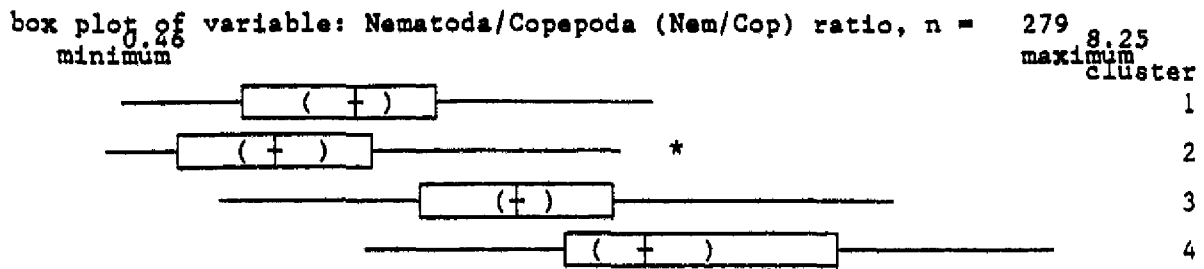
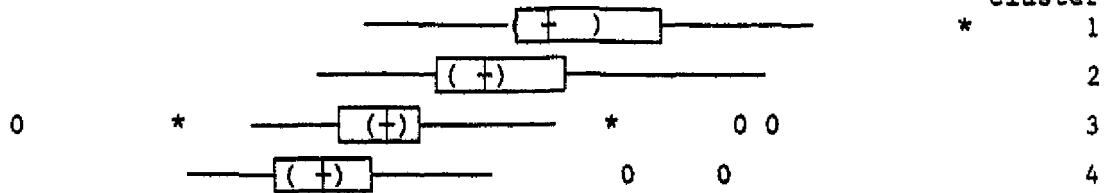


Fig. 75B. Box-and-Whisker plots van een aantal meiobenthische variabelen: N/C ratio, Heip evenness en Hill's diversiteitsindices nr 0 en 1. De TWINSpan clustering is gebaseerd op dichtheid van het meiobenthos.

box plot of variable: Mediane korrelgrootte, n = 279
 minimum 0.00

581.24
 maximum
 cluster



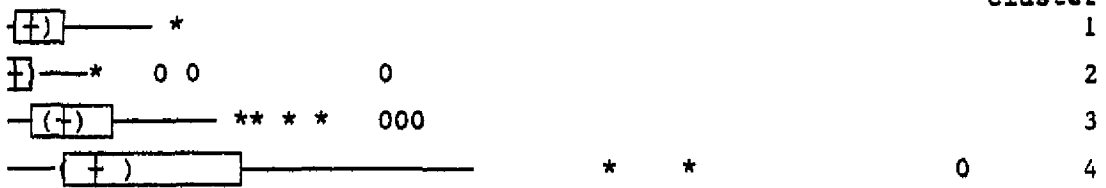
box plot of variable: Slibgehalte (logfunctie), n = 279
 minimum 0.00

3.65
 maximum
 cluster



box plot of variable: Chlorofyl-a gehalte (logfunctie), n = 279
 minimum 0.00

3.48
 maximum
 cluster



box plot of variable: Diepte, n = 279
 minimum 0.00

35.10
 maximum
 cluster

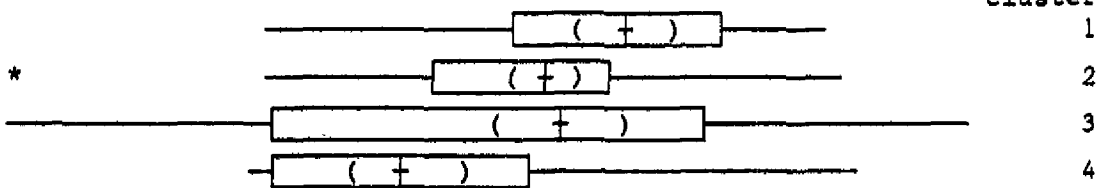


Fig.75C. Box-and-Whisker plots van een aantal abiotische variabelen: mediane korrelgrootte, slib-, POC-gehalte en diepte. De TWINSPAN clustering is gebaseerd op dichtheid van het meiobenthos.