


**NGU Rapport 94.100**

Indisier på miljøendringer i den nordvestre del av Skagerrak over de siste 50 til 60 år basert på bentiske foraminiferanalyser av overflate-sedimenter (0-2 cm) fra 1992/1993 og Høglunds foraminiferdata fra 1937.

Rapport nr. 94.100		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
<b>Tittel:</b> Indisier på miljøendringer i den nordvestre del av Skagerrak over de siste 50 til 60 år basert på bentiske foraminiferanalyser av overflatesedimenter (0-2 cm) fra 1992/1993 og Høglunds foraminiferdata fra 1937.				
<b>Forfatter:</b> Elisabeth Alve		<b>Oppdragsgiver:</b> NGU, HI, NP, OD, SFT, SKNS		
<b>Fylke:</b>		<b>Kommune:</b>		
<b>Kartbladnavn (M=1:250.000)</b>		<b>Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)</b>		
<b>Forekomstens navn og koordinater:</b>		<b>Sidetall:</b> 50	<b>Pris:</b> 70,-	
		<b>Kartbilag:</b>		
<b>Feltarbeid utført:</b> 1992-1993	<b>Rapportdato:</b> 12.01.95	<b>Prosjektnr.:</b> 66.2301.22	<b>Ansvarlig:</b> 	
<b>Sammendrag:</b> <p>Analyser av levende og døde bentiske foraminiferer i overflateprøver fra Skagerrak har vist at innholdet av organisk detritus (<math>&gt; 63\mu</math>) er betydelig høyere i de grunne områdene på norsk og dansk side av Norskerenna enn i selve Skagerrakbassenget. Hyppigheten av levende bentiske foraminiferer viser lave verdier i Skagerrakbassenget, og det ser ut til at det foregår aktiv karbonatopløsning. På dansk side av Norskerenna er der spesielt høye verdier av levende bentiske foraminiferer, noe som indikerer stor næringstilførsel</p> <p>En sammenligning av faunadataene fra 1992/93 med faunadata fra 1937 og 1949/51 viser at a) det har foregått en økning i foraminiferbestanden i Skagerrakbassenget, b) det har foregått en endring i faunasammensetningen både på den norske og danske skråningen og i Skagerrakbassenget, c) flere agglutinerte former har forskjøvet tyngdepunktet for sin utbredelse mot større vanddyp og d) både den absolute og den relative hyppighet av agglutinerte former har økt betraktelig. Tilsammen viser dette at miljøforholdene i Skagerrak, og da spesielt i de dypeste områdene, har endret seg i løpet av denne tidsperioden. Endringene ser ut til å ha sammenheng med en økt næringstilførsel. På den danske siden har antakelig fysiske forstyrrelser fra trålvirksomhet også spilt en rolle.</p> <p>Dette arbeidet følges opp med stratigrafiske undersøkelser på kjernemateriale for å studere og tidfeste miljøforandringene.</p>				
<b>Emneord:</b> Maringeologi	Overflatesediment	Miljøgeologi		
Paleontologi	Mikropaleontologi	Prøvetaking		
Forurensing	Foraminifer	Fagrapport		

## INNHOOLD

1 INNLEDNING.....	3
2 MATERIALE OG METODER.....	4
3 HÖGLUNDS DATA FRA 1937.....	6
4 DAGENS UTBREDELSE AV BENTISKE FORAMINIFERER.....	7
4.1 Individtetthet	
4.2 Faunautbredelse	
4.3 Utbredelse av agglutinerte former	
4.4 Diversitetsmønstre	
5 SAMMENLIKNING MED FORAMINIFERUTBREDELSEN I 1937.....	12
5.1 Individtetthet	
5.2 Faunautbredelse	
5.3 Utbredelse og hyppighet av agglutinerte former	
6 INDIKASJONER PÅ KARBONATOPPLØSNING.....	15
7 OPPSUMMERING OG KONKLUSJON.....	16
8 REFERANSER.....	18
9 FIGUROVERSIKT.....	21
10 TABELLOVERSIKT.....	22

## 1 INNLEDNING

Den foreliggende undersøkelse ble initiert av Norges Geologiske Undersøkelse som et ledd i deres maringeologiske kartleggingsprogram om marin forurensning i Skagerak. Rapporten omfatter en presentasjon og diskusjon av foraminiferanalyser utført på 13 overflate-prøver (0-2 cm) fra tokt nr. 9205 i Skagerak juli 1992, samt 18 overflateprøver (0-2 cm) fra tokt nr.19/93 juli 1993. Til slutt er resultatene fra disse prøvene sammenliknet med upubliserte data innsamlet i samme område av Hans Höglund i 1937.

Med sitt klassiske arbeid fra 1947, kom Höglund med den viktigste taksonomiske gjennomgang av foraminiferfaunen i Skagerak som hittil er foretatt. Senere har en rekke foraminiferundersøkelser vært gjennomført i ulike deler av området (f.eks. Lange, 1956; Van Weering og Qvale, 1983; Moodley et. al., 1993; Seidenkrantz, 1993; Corliss og Van Weering, 1993), men de undersøkte stasjonene har enten vært få eller de har vært konsentrert til de sydlige og sydøstlige deler av Skagerak. Følgelig er dette den første detaljerte undersøkelse av resente foraminiferers utbredelse i den nordvestre del av Skagerak.

Ni av Höglunds stasjoner var fra området som dekkes av den foreliggende undersøkelse. Hans kvantitative data har ikke vært publisert tidligere, men med velvillig hjelp av Dr. Tomas Cedhagen, som forvalter Höglunds materiale, har det vært mulig å få tilgang til de opprinnelige rådataene. Dette har muliggjort en kvantitativ sammenlikning mellom data samlet inn i 1937 og i 1992/93. En liknende sammenlikning av makrofaunaen i Oslofjorden og Skagerak er tidligere foretatt av Rosenberg og medarbeidere (1987), hvor de sammenliknet makrofaunautbredelsen i 1985 med Petersens resultater fra 1914 (Petersen, 1915). De konkluderte med at den bentiske biomassen (makrofauna) gjennomsnittlig hadde økt med en faktor på 1,8 i Oslofjorden over denne 70 års perioden, men at det ikke var mulig å trekke noen sikre konklusjoner angående Skagerak, da det kun forelå data fra tre stasjoner fra dette området. Basert på en dataserie innsamlet i den østlige del av Skagerak i løpet av årene 1972 til 1988, fant Josefson (1990) at den makrobentiske biomassen hadde økt med en faktor på 1,7. I begge de nevnte tidsstudier ble det antatt at økningen i den makrobentiske biomasse var et resultat av eutrofiering. Det vil si at økt næringstilførsel medførte økt vekst i makrobentossamfunnene.

På denne bakgrunn er hovedmålsetningene med den foreliggende undersøkelse 1) å få et detaljert bilde av dagens fordeling og utbredelse av bentiske foraminiferer (både levende og døde) i den nordøstre del av Skagerak, 2) å sammenlikne denne utbredelsen med eksisterende informasjon om ulike miljøparametere i området, 3) å vurdere en

eventuell eutrofieringseffekt i den nordøstre del av Skagerak basert på en sammenlikning med data fra 1937, og 4) å etablere en database for sammenlikninger med fremtidige undersøkelser i området.

## 2 MATERIALE OG METODER

Sedimentmateriale fra 1992-toktet ble tatt ut på NGU 7. september 1992. Sedimentkjernene hadde da vært lagret i NGUs kjølelager (ca 7 - 10 °C) siden toktslutt i juli. 13 kjerner (Tabell 1, Fig. 1), med total lengde som varierte fra 10 til 69 cm, ble valgt ut til foraminiferstudier. Halvparten av hver kjernehalvdel (1/4) ble stilt til disposisjon for den foreliggende undersøkelse. Av dette, ble hver 1 cm av de øverste 6 cm av alle kjernene preservert i 70% alkohol. Behandlingen av det øvrige kjernematerialet vil bli presentert i en senere rapport.

For den foreliggende rapport ble sedimentvolumet i hver av de 26 prøvene som representerte de øverste 2 cm i kjernene bestemt. Dette ble gjort ved å måle diameter og høyde på sedimentet i hver av de gjennomsiktige plastboksene etter at sedimentet hadde stått i ro i minst 5 timer. Sedimentoverflaten var relativt ujevn i flere av kjernene, noe som medførte at sedimentmaterialet som ble tatt ut, hadde et redusert volum. Prøvenes volum varierte fra 3,77 til 7,54 cm<sup>3</sup>. Hver prøve ble siktet gjennom en 63 µm-sikt og tilsatt bengalrosa for å farge protoplasmaet i skallene rødt slik at døde individer (ufargede skall) kunne skilles fra "levende" (fargede). Ordet levende er her satt i anførselstegn da protoplasma som enda ikke er nedbrutt i nylig døde individer også vil farges. For enkelhetsskyld vil anførselstegnene bli sløyfet i det følgende. Etter minst en time ble prøvene siktet på nytt for å bli kvitt overskytende farge og deretter tørket ved 40 °C. Fra hver prøve ble minst 250 ufargede og alle fargede foraminiferskall plukket ut og artsbestemt. Det viste seg etter hvert at prøvene var for små til å få kvantitativt pålitelige resultater for de fargede faunaene. Følgelig ble 0-1 cm og 1-2 cm nivåene i de 6 kjernene som foreløpig ikke var analysert, slått sammen etter tørking. Telleresultatene fra de først analyserte 0-1 og 1-2 cm prøvene (tilsammen 14 prøver) ble slått sammen (til 7), slik at alle prøver det henvises til i det følgende refererer til de øverste 0-2 cm i hver kerne (prøvevolum 7,5-15,1 cm<sup>3</sup>). Den sterke rødfargen på de fargede individene viste at de foraminiferene som levde ved prøvetakningstidpunktet i juli, hadde overlevd lagringen i kjølerommet. På tross av sammenslåingen av de to øvre cm var det totale antall levende individer i disse prøvene for små til statistisk behandling. Disse dataene vil i det følgende kun bli benyttet som et supplement til de fargede prøvene fra 1993-toktet. Resultatene fra 1992-materialet er sammenstilt i tabell 2-5, hvor kun arter som utgjør >5% i minst to prøver er inkludert.

På 1993-toktet ble de øverste 0-2 cm på 18 stasjoner (Tabell 6, Fig. 1) preservert i 70% alkohol. To forskjellige prøverør ble benyttet ved innsamlingen, slik at 15 prøver hadde et volum på 39,3 cm<sup>3</sup>, mens de resterende 3 hadde et volum på 51,0 cm<sup>3</sup>. I laboratoriet ble prøvene vasket, farget, tørket og plukket på samme måte som beskrevet for 1992-prøvene. På grunn av større prøvevolum var det nok levende individer i disse prøvene til at ca. 250 individer kunne plukkes fra hver. Noen av disse prøvene er analysert av professor John W. Murray (Dept. of Geology, Univ. of Southampton, U.K.) i forbindelse med en undersøkelse vi har hatt gående om utbredelsen av agglutinerte former fra intertidale til abyssale områder (Alve og Murray, in press). Før fargingen ble det foretatt en visuell vurdering av alle de våte, siktede prøvene under lupen. Det relative innhold av organisk detritus >63 µm ble bestemt og angitt på en subjektiv skala fra 1 til 4 - fra lite til mye (Tabell 6, Fig. 2). Resultatene fra 1993-materialet er sammenstilt i tabell 7-10, hvor kun arter som utgjør >5% i minst to prøver er inkludert.

Bunnvann fra sediment-vannkontakten i kjernerørene på 8 av stasjonene (Tabell 6) ble overført til glassflasker ved hjelp av hevert for senere oksygenanalyser ved Winkler-titrering. Analysene av oksygenkonsentrasjonene ble foretatt av Havforskningsinstituttet i Bergen.

Foraminiferene i denne undersøkelsen har skall som enten består av kalsitt (kalkskall) eller skall som er bygget opp av sammenlimte sand- eller silt-korn (agglutinerte skall). For samtlige prøver er både den absolute og den relative hyppighet av agglutinerte former beregnet. Følgende diversitetsindekser er benyttet: Fisher alpha-indeksen og Shannon-Wiener informasjons-indeksen. Q-mode varimax faktoranalyse er utført separat på døde og fargede faunaer fra 1993-toktet og på samtlige døde faunaer fra 1992 og 1993 under ett ved hjelp av faktoranalyse-programmet CABFAC (Imbrie og Kipp, 1971; Klovan og Imbrie, 1971).

Planktoniske foraminiferer opptrer med meget lav hyppighet i Skagerak, og bare spredte individer (ca 2-6 per 250 bentiske individer) ble funnet i de analyserte prøvene.

Rekkefølgen på prøvene i alle tabeller og figurer er oppgitt med økende vanddyb fra den norske skråningen til Skagerak-bassenget og videre med avtakende vanddyb, opp langs den danske skråningen. Det vil si langs et profil fra nordvest til sydøst, på tvers av norskerenna. Denne presentasjonsmåten gir et best mulig visuelt inntrykk av variasjonsmønstrene i det undersøkte materialet. Skagerakbassenget er her definert til å omfatte områder på vanddyb større enn ca. 550m.

### 3 HÖGLUNDS DATA FRA 1937

Höglund samlet inn sedimentprøver fra ulike deler av Skagerak i 1937. Hans avhandling om dette materialet (publisert i 1947) omfattet en grunnleggende taksonomisk behandling, primært av de agglutinerte formene. Kvantitative data ble kun gitt for én stasjon vest for Danmark. Både kjerne- og sledeprøver ble samlet inn og av disse er det bare mulig å benytte kjernematerialet til kvantitative beregninger. Med velvillig hjelp fra Tomas Cedhagen, som forvalter Höglunds materiale i Sverige, har det vært mulig å studere både Höglunds samlinger og hans opprinnelige telleresultater i forbindelse med denne undersøkelsen. Ni av Höglunds stasjoner lå innenfor det området som ble prøvetatt i 1992 og 1993 (Tabell 11, Fig. 1), og representerer således et unikt sammenlikningsgrunnlag.

Höglund brukte glassrør med en indre diameter på 4,8 cm til prøvetakningen, og benyttet de øverste 2 cm ("the uppermost detritus-bearing surface layer") av sedimentene til sine foraminiferanalyser. Hans prøver hadde følgelig et volum på 36 cm<sup>3</sup>, noe som samsvarer godt med volumet på prøvene som ble samlet inn til den foreliggende undersøkelse i 1993 (39,3 cm<sup>3</sup>).

Metodikken som blir benyttet ved opparbeidingen av prøver er av avgjørende betydning for sammenliknbarheten av resultatene. I denne forbindelse må følgende påpekes: Standard prøveoppbeiding i dag inkluderer at prøvene blir vasket gjennom en sikt for å bli kvitt mest mulig av sedimentenes finfraksjon. Ved tidligere foraminiferundersøkelser i Skagerak, har det vært benyttet sikter på 63 µm (e.g. Moodley et al., 1993), 100 µm (Seidenkrantz, 1993), 125 µm (Van Weering og Qvale, 1983) og 150 µm (Corliss og Van Weering, 1993). De fleste foraminiferer som er mindre enn 63 µm er juvenile og det er klart at jo større maskevidde man bruker, jo fler individer går tapt under vaskeprosessen. Fordelingen av individene på de ulike artene blir også endret ved at man ved bruk av større maskevidde mister flere individer av små arter (f. eks. Pullenia osloensis) enn av store (f.eks. Brizalina skagerrakensis). Höglund siktet ikke sine prøver. I stedet slammet han dem opp, lot dem stå i noen minutter og dekanterte så av finfraksjonen. Denne prosedyren ble gjentatt til prøvene var rimelig "rene", ofte > 20 ganger. Det dekanterte vannet ble sjekket for å hindre eventuelt tap av individer. På denne måten er det sannsynlig at han satt igjen med flere individer per prøve enn det som er tilfelle i den foreliggende undersøkelse, hvor kun materiale >63 µm ble benyttet. Hans verdier må følgelig betraktes som maksimumsverdier.

Höglund analyserte sine prøver i våt tilstand, det vil si uten å tørke dem først. Prøvene i den foreliggende undersøkelse ble tørket før analysering,

noe som er vanlig prosedyre blant geologer i dag. Dette vil kunne medføre tap av skjøre former (Brodiewicz, 1965), men fra et geologisk synspunkt er ikke dette avgjørende, da sannsynligheten for at de bevares i sedimentene er meget liten. Følgelig må igjen Höglunds data bli betraktet som maksimumsverdier ved sammenlikningen med resultatene fra den foreliggende undersøkelse.

Fokuseringen på de agglutinerte artenes taksonomi medførte at mange av kalkformene ble samlet under "sekkebetegnelser". Eksempelvis kan det nevnes at blant viktige arter i 1992/93-materialet, er alle Pullenia-arter samlet under Pullenia spp, elphidier er samlet under Elphidium spp og Epistominella vitrea og Nonionella iridea er inkludert under rotaliider. Dette har gjort det umulig å gjennomføre diversitets-sammenlikninger.

Flere av artene som ble diskutert av Höglund har endret navn siden 1947. Følgende liste viser Höglunds artsbetegnelser og de nye navnene som er brukt i denne rapporten (basert på Loeblich og Tappan, 1987) for arter som utgjør >5% i minst 2 av hans 9 utvalgte prøver (Tabell 12 og 13):

Höglund	Dette arbeid
<i>Bolivina robusta</i>	<i>Brizalina skagerrakensis</i>
<i>Verneuilina media</i>	<i>Eggerelloides medius</i>
<i>Nonion umbilicatum</i>	<i>Melonis barleeaanum</i>
<i>Nonion labradoricum</i>	<i>Nonionellina labradorica</i>
<i>Proteonina fusiformis</i>	<i>Reophax micacea</i>
<i>Glomospira charoides</i>	<i>Repmanina charoides</i>
<i>Bulimina fusiformis</i>	<i>Stainforthia fusiformis</i>
<i>Trochammina pusilla</i>	<i>Trochamminopsis pusillus</i>

## 4 DAGENS UTBREDELSE AV BENTISKE FORAMINIFERER

### 4.1 Individtetthet

Den absolutte hyppighet av levende individer (levende bestand) er sterkt varierende. På den norske skråningen er gjennomsnittet 18 individer/cm<sup>3</sup>, det er gjennomgående lavt i Skagerak-bassenget (gj.sn. 11/cm<sup>3</sup>) og verdiene er tildels meget høye på den danske siden med et gjennomsnitt på 63/cm<sup>3</sup> (Fig. 2). Dette er i god overensstemmelse med tidligere undersøkelser i Skagerak, både når det gjelder variasjoner i absoluttverdiene og deres fordelingsmønster (Moodley et al., 1993). Verdiene er imidlertid godt høyere enn det som har vært rapportert fra sydlige deler av Nordsjøen, hvor de vanligvis ligger på 2-10/cm<sup>3</sup> og bare unntaksvis er >10/cm<sup>3</sup> (Murray, 1992). Det totale organiske karboninnhold (TOC) viser relativt stabile verdier på alle stasjoner på rundt 2,1% til 2,3% med et minimum på 1,1% i den sandrike, grunneste prøven (nr. 66) i



sydøst (Fig. 2). Den visuelle undersøkelsen av fraksjonen  $>63 \mu\text{m}$  (våt prøve) viste imidlertid at prøvene fra Skagerakbassenget inneholdt meget lite organisk detritus, mens prøvene fra de grunnere områdene på den norske og danske skråningen inneholdt betydelig mer. Maksimalt innhold av organisk detritus ble observert i prøvene fra den danske siden. I prøve nr. 67, som også viser maksimum hyppighet av individer, var det organiske innholdet så høyt at det var problematisk å plukke ut foraminiferene etter at prøven var tørket. Det at disse variasjonene i organisk detritus ikke er reflektert i TOC-verdiene (fra bulk 0-2 cm) skyldes sannsynligvis rask nedbrytning og fortynning.

Økt næringstilførsel stimulerer veksten av bentiske foraminiferer. De fleste undersøkelser som hittil er gjennomført i organisk forurensede områder, viser at foraminiferene ser ut til, næringsmessig, å kunne dra direkte nytte av økte konsentrasjoner av lett biodegraderbart organisk materiale (høy næringsverdi) og av næringssalter fra kloakkutslipp, jordbruksavrenning osv (Alve, in press a). Det er følgelig rimelig å anta en sammenheng mellom den økte hyppigheten av levende foraminiferer på den danske siden og det høye innholdet av organisk detritus. Under den bakterielle nedbrytningen av dette organiske materialet vil også bakteriene representere en ekstra næringskilde for foraminiferene.

Vannmassene i Skagerak har et høyt oksygeninnhold (e.g. Tabell 6, dette arbeid; Moodley et al., 1993). Følgelig vil organisk materiale som sedimenterer i dybbassenget ha vært utsatt for oksydasjon over en lengre tidsperiode enn det som avsettes i de grunnere områdene. Corliss og Van Weering (1993) antok at det organiske materialet som avsettes i bassenget er av en vanskeligere nedbrytbar karakter ("refractory") og følgelig mindre næringsrikt. Dette kan, i tillegg til det lave detritusinnholdet, være en medvirkende årsak til de gjennomgående lave levende individkonsentrasjonene i de dypere deler av Skagerakbassenget sammenliknet med de grunnere områdene på den norske og spesielt på den danske skråningen (Fig. 2).

Fordlingen av tomme foraminiferskall i 1993-prøvene følger i stor grad det samme mønsteret som for de levende (lineær korrelasjon;  $r = 0,72$ ;  $n = 18$ ), men absoluttverdiene er betydelig høyere med gjennomsnittsverdier på 94, 132 og 355 individer/cm<sup>3</sup> for henholdsvis den norske skråningen, Skagerakbassenget og den danske siden (Fig. 3). Prøvene fra 1992-toktet følger i hovedsak det samme mønsteret (Tabell 2).

Gjennomsnittsverdiene for disse er ca 100/cm<sup>3</sup> både for den norske skråningen og for Skagerakbassenget, men øker til 236/cm<sup>3</sup> på den danske siden.

En betydelig andel av det finkornede materialet som transporteres nordøstover med Jyllandstrømmen stammer fra den sydlige del av Nordsjøen og er opprinnelig elvederivert, suspensjonsmateriale fra vest-

Europa (Kuijpers et al., 1993). På sin vei langs danskekysten avtar hastigheten til Jyllandstrømmen noe, og godt sortert sand med middels sortert silt og leire faller ut av suspensjon. Disse sedimentene, som avsettes nord og nordvest for Danmark og i den nordlige delen av Kattegat, bærer også preg av å ha vært transportert ved "traction currents" (Van Weering og Qvale, 1983). Den reduserte hastigheten på Jyllandstrømmen resulterer også i at finmateriale faller ut av suspensjon og avsettes i den nordlige og nordøstre del av Skagerak, hvor middels sortert silt og leire hovedsakelig finnes i de dypere liggende områdene (Van Weering og Qvale, 1983).

De meget høye individkonsentrasjonene på den danske siden antas således å skyldes en høyere næringstilgang her enn på den norske skråningen og i Skagerakbassenget. I tillegg er dette området påvirket av trålevirksomhet. Dette medfører en fysisk forstyrrelse av bunn-sedimentene der trålingen pågår og resulterer i en resuspensjon av finfraksjonen, inklusive organisk materiale. Noe av dette resuspenderte materialet vil således kunne sedimentere på større vanddyp enn der hvor trålingen pågår. Denne kombinasjonen av fysisk forstyrrelse og god tilgang på organisk materiale kan virke spesielt gunstig på opportunistiske arter ettersom de raskt kan rekollonisere og blomstre opp i stort antall i nylig forstyrrede områder.

## 4.2 Faunautbredelse

Separate faktoranalyser av de levende og døde foraminiferfaunaene fra 1993-toktet viser begge klare utbredelsesmønstre i det undersøkte området og en samkjøring av de døde faunaene fra 1992 og 1993 viser samme trend (Fig. 4 og 5). Tre entydige faktorfaunaer ble skilt ut i begge datasett. På tross av meget god overensstemmelse når det gjelder utbredelsesmønsteret, er det imidlertid forskjellige arter som karakteriserer de levende og de døde faktorfaunaene både i Skagerakbassenget og på den danske skråningen (Tabell 14, 15 og 16).

På den norske skråningen er både den levende og den døde faktorfauna karakterisert av Pullenia osloensis (kalkform) med Textularia tenuissima (agglutinert) som den nest viktigste art. På den danske siden er den levende faktorfauna karakterisert av Globobulimina auriculata med Stainforthia fusiformis (begge kalkformer) som den nest viktigste art, mens den døde faktorfauna utelukkende er karakterisert av S. fusiformis. Den levende faktorfauna i Skagerakbassenget er karakterisert av den agglutinerte formen Haplophragmoides membranaceum og de to kalkformene Epistominella vitrea og Nonionella iridea. På den annen side er de døde faunaene i bassenget karakterisert av de tre agglutinerte

formene Haplophragmoides bradyi, Eggerelloides medius og Saccamina spp.

Forskjellene i sammensetningen mellom de levende og døde faunaene på den danske skråningen og i Skagerakbassenget kan forklares på to måter. Det er mulig at de mest karakteristiske artene i de levende faunaene hadde en oppblomstring på prøvetakningstidspunktet, men forskjellene kan også skyldes at det foregår en selektiv destruksjon av visse arter etter at de er døde. Følgende forhold taler for at sistnevnte forklaring er den mest utslagsgivende: G. auriculata (kalkskallform) som karakteriserer den levende faunaen på den danske skråningen er en stor og meget tynnskallet form og mange av de døde individene av denne arten var ødelagt. I Skagerakbassenget var mange døde individer av Epistominella vitrea ødelagt og mange kalkindivider, spesielt av Nonionella iridea og Pullenia osloensis bar preg av etsing. De var ofte så skjøre at de gikk i stykker ved berøring med den våte, tynne plukkepenselen. Den agglutinerte arten H. membranaceum er i utgangspunktet en skjør form som sannsynligvis har et relativt dårlig bevaringspotensiale.

Områdene som ble prøvetatt i Skagerak i 1992 og 1993 er karakterisert av tre distinkte foraminiferfaunaer med følgende veldefinerte utbredelsesmønstre: Den norske skråningen (fra ca 280 til 550 m vanddyb) er karakterisert av en liten, infaunal kalkart (Pullenia osloensis) med den agglutinerte Textularia tenuissima og de to kalkformene Cassidulina laevigata og Brizalina skagerrakensis som hyppig forekommende arter. I sterk kontrast til dette, er den danske skråningen (ca 260 til 530 meters dyp) utelukkende karakterisert av den opportunistiske, infaunale kalkarten Stainforthia fusiformis som blant annet er kjent for å være rask til å blomstre opp i stort antall ved rekolonisering av tidligere anoksiske områder (Alve, in press b). Denne arten var dominerende i de mest forurensede deler av indre Oslofjord på 1960-tallet (Risdal, 1963; 1964) og dominerer i dag områdene ned mot redoksgrensen i Drammensfjorden (Alve, 1991; in press b) og i Frierfjorden (Alve, 1994). Både den levende og den døde foraminiferfaunaen i Skagerakbassenget (vanddyb større enn ca. 550 m) er primært karakterisert av agglutinerte arter (Haplophragmoides bradyi, Saccamina spp., Eggerelloides medius). Avviket mellom forekomsten av kalkformer i den levende og døde fauna, samt tydelige tegn på oppløsning av kalkskallene, indikerer at det foregår en viss karbonatoppløsning i Skagerakbassenget i dag.

#### 4.3 Fordeling av agglutinerte former

Prosentfordelingen av levende agglutinerte former er sterkt varierende (6-64%) og viser ikke noe klart utbredelsesmønster (Fig. 6). I klar

kontrast til dette, er den relative hyppigheten av døde agglutinerte former betydelig høyere i de dypere enn i de grunne områdene. Det er sannsynlig at denne forskjellen til en viss grad skyldes karbonatopløsning i Skagerakbassenget. Ved å betrakte de døde faunaene isolert går det videre fram at de tre grunneste prøvene på den danske siden har betydelig lavere prosentverdier enn det vi finner på tilsvarende vanddyb på den norske skråningen. Dette skyldes den sterke dominansen av den opportunistiske kalkformen S. fusiformis. Det har hittil ikke vært påvist tilsvarende opportunistiske egenskaper, med evne til rask masseoppblomstring hos agglutinerte former.

#### 4.4 Diversitetsmønstre

To diversitetsindekser som ofte brukes i foraminiferstudier er benyttet i dette arbeidet. Det er Fisher-alpha indeksen og Shannon-Wiener informasjonsfunksjonen,  $H(S)$ . Den første gir et uttrykk for antall arter i forhold til størrelsen på prøven, mens den andre også tar i betraktning fordelingen av antall individer på de ulike artene. Alpha indeksen er spesielt nyttig i det foreliggende arbeidet da størrelsen på prøvene (antall talte individer) varierer sterkt fordi faunadataene i 0-1 og 1-2 cm nivåene på 7 av stasjonene fra 1992 ble slått sammen. På grunn av disse forskjellene i prøvestørrelse, ville det ha vært direkte missledende bare å benytte antall registrerte arter i en prøve som diversitetsmål.

Alpha indeksen øker i de levende faunaene fra rundt 7 på den norske skråningen til 17 i bassenget. Verdiene for informasjons-indeksen følger i stor grad mønsteret til alpha-indexen (Fig. 7), så det vil kun bli referert til alpha indeksen i det følgende. På den danske siden er verdiene i to av prøvene usedvanlig lave (<5) på grunn av høy dominans av to arter. De døde faunaene har gjennomgående høyere verdier enn de levende på de grunnere områdene i syd og nord (gjennomsnittlig henholdsvis 14 og 11), mens gjennomsnittsverdiene for både levende (1993) og døde (1992/93) faunaer er 14 i bassenget.

De høye diversitetsverdiene i dypbassenget reflekterer trolig et roligere, mer uforstyrret miljø med flere nisjer sammenliknet med de grunnere områdene. De ekstremt lave verdiene på den danske skråningen skyldes den store hyppigheten av den opportunistiske arten Stainforthia fusiformis og av Globobulimina auriculata. Det høye sandinnholdet både her og på de grunneste stasjonene på den norske siden reflekterer et urolig miljø som sannsynligvis er ugunstig for fragile suspensjonsspisere og vagile epifaunistiske former. Det at diversiteten i de grunnere områdene er høyere i de døde enn i de levende faunaene har sannsynligvis sammenheng med at de døde faunaene representerer en akkumulasjon av skall over lengere tid, mens de levende kun avspeiler

forholdene på prøvetakningstidspunktet. I bassenget er derimot diversitetsverdiene for de levende og døde faunaene relativt like, men i noen tilfeller viser de levende faktisk høyere verdier (Fig. 8). Det er trolig at det sistnevnte skyldes post mortem-destruksjon av noen former.

## 5 SAMMENLIKNING MED FORAMINIFERUTBREDELSEN I 1937

Höglunds data referer seg til totalt antall individer i prøvene. Det vil si summen av de individer som var levende på prøvetakningstidspunktet (farget røde i 1992/93-prøvene) og de som var døde (representert ved ufargede skall). Følgelig er dataene fra 1992- og 1993-toktene normalisert til å omfatte både fargede (levende) og ufargede (døde) skall ved sammenlikningen med Höglunds data (Tabell 17 og 18).

### 5.1 Individtetthet

Av de 9 stasjonene til Höglund som er benyttet i denne sammenlikningen er 5 fra den norske skråningen, 3 fra Skagerakbassenget og 1 fra den danske siden. Når det gjelder den totale hyppighet av individer (levende pluss døde) per  $\text{cm}^3$  på den norske skråningen er dataene slående like for 1992/93 og 1937, med gjennomsnittsverdier på henholdsvis 111 og 116 (Tabell 19). I Skagerakbassenget ser imidlertid verdiene ut til å ha blitt nesten tredoblet i løpet av de siste 55 år, fra gjennomsnittlig 46 til  $122/\text{cm}^3$ . Da det kun eksisterer én prøve fra hver av datasettene fra de grunnere områdene på den danske siden, skal det ikke legges for stor vekt på at prøven fra 1993 hadde en noe høyere tetthet enn det som ble funnet i 1937. Totalt sett, ser det ut til at det primært har skjedd en endring i Skagerakbassenget med en betydelig økning i foraminiferbestanden i de dypere deler over de siste 50 til 60 år.

Dette står i kontrast til konklusjonene som ble trukket av Moodley og medarbeidere (1993). De hevdet at den økte tettheten i makrofaunaen (Rosenberg et al., 1987; Josefson, 1990) hadde hatt en negativ effekt på tettheten av bentiske foraminiferer i Skagerak. Deres resultater var basert på kjernedata fra en rekke korte sedimentkjerner fra ulike deler av Skagerak. Det er flere forhold som må tas i betraktning i denne sammenheng. For det første var makrofaunaundersøkelsene foretatt av Josefson konsentrert til den østlige delen av Skagerak og den nordlige del av Kattegat. Disse områdene er mer direkte resipenter for organisk materiale og næringssalter fra utslipp og dreneringsområder i den sydvestlige del av Sverige og fra Danmark og, indirekte, fra Østersjøen enn det som er tilfelle for de mer nordvestlige deler av Skagerak. De tre Skagerakstasjonene til Rosenberg og medarbeidere er også fra den mer østlige del av Skagerak. For det andre, er bare to av Moodleys stasjoner fra vårt undersøkelsesområde. For det tredje tok ikke Moodley og

medarbeidere hensyn til sedimentkompaksjonen, men foretok direkte sammenlikninger mellom antall individer per  $\text{cm}^3$  vått sediment på 0-2 og 24-25 cm kjernedyp. De tok heller ikke i betraktning muligheten for at det foregår en karbonatoppløsning i de dypere liggende områdene i dag. For det fjerde kan foraminiferer passere fordøyelses-systemet hos predatorer uten å ta synelig skade (Murray, 1991). På den annen side er det riktignok gitt eksempler på at predasjon av makrofauna kan regulere foraminifertettheten (Buzas, 1982).

Så vidt jeg vet foreligger det ingen data fra den nordvsetlige delen av Skagerak som tilsier at den bentiske biomassen av makrofauna har økt over de siste 50 til 60 år eller fra århundreskiftet for den saks skyld. Det er følgelig ikke mulig å trekke noen konklusjoner om makrofaunaens effekt på foraminifertettheten i dette området. Det som står fast, er imidlertid at foraminifertettheten ser ut til å ha økt i de dypere liggende deler av undersøkelsesområdet. Det er ikke urimelig å anta at dette skyldes økt næringstilførsel over de siste decennier.

## 5.2 Faunautbredelse

Selv om det ikke ser ut til å ha foregått noen betydelig endring i foraminifertettheten på den norske og danske siden av Skagerak-bassenget, har det foregått en endring i faunasammensetningen siden 1937. Den gangen var kalkformen Cassidulina laevigata den dominerende art på den norske skråningen (Tabell 12). Andre viktige arter var Eggerelloides medius, Pullenia spp, Reophax micacea og Hyalinea balthica. I 1992/93 hadde Pullenia spp økt til å bli den hyppigst forekommende i dette området med Textularia tenuissima og Stainforthia fusiformis som viktige faunaelementer. I 1937 opptrådte T. tenuissima med maksimumsverdier på kun 6%.

Ser vi på den absolutte hyppighet av de viktigste artene her går det fram at hyppigheten av Cassidulina laevigata har blitt mer enn halvert fra 1937 og frem til i dag (Tabell 19). Forekomsten av Pullenia spp er blitt tredoblet og Textularia tenuissima er nærmest dobbelt så hyppig på den norske skråningen i dag som det den var i 1937.

På den danske siden dominerte Elphidium spp, og andelen av disse var dobbelt så stor som det vi finner i dag. Stainforthia fusiformis utgjorde bare 10% av faunaen mot 37% i dag. Ser vi på absoluttverdiene, hadde Stainforthia fusiformis en hyppighet på 83 individer per  $\text{cm}^3$  i den ene Höglund-prøven vi har fra den danske siden fra 1937. Til sammenlikning var verdien for denne arten 410 individer per  $\text{cm}^3$  i 1993, det vil si en femdobling. Jeg vil igjen understreke at dette dreier seg om en sammenlikning basert på kun én prøve fra hvert datasett, men verdiene

er såpass forskjellige at man bør kunne tillegge sammenlikningen en viss vekt. Vi vet at ulike foraminiferarter har forskjellig miljø- og derved dybdepreferanser så man kunne argumentere med at forskjellene har sammenheng med at de var tatt på forskjellig vanndyp (1993-prøven på 266m; 1937-prøven på 201m). Når det gjelder denne arten er imidlertid ikke dette relevant, da den er kjent for å kunne dominere selv på vanndyp rundt 50m og i sedimenter som enten primært består av leire eller av finsand, så lenge saliniteten er mer enn ca. 30 ‰ (Alve, 1994). I tillegg bør det nevnes at den relative hyppighet av Stainforthia fusiformis var av underordnet betydning i Langes (1956) prøver (>63 µm) fra 1949 og 1951, som ble samlet inn nær Höglunds stasjon nr. 10 og 1992-stasjon nr. 53 (Fig.1).

På samme måte som på den norske skråningen, var Cassidulina laevigata den hyppigst forekommende art i Skagerakbassenget i 1937, med Pullenia spp, Nonionellina labradorica, Haplophragmoides bradyi og Brizalina skagerrakensis som andre viktige faunaelementer. Med ett unntak, H. bradyi, er alle disse kalkformer. Resultatene fra 1992/93 viste et totalt annet bilde med dominans av den agglutinerte H. bradyi. Blant de artene som var viktige i 1937 var det bare Pullenia spp som fremdeles var viktig i 1992/93. Arter som har økt i både absolutt og relativ hyppighet i løpet av sammenlikningsperioden er de agglutinerte formene Eggerelloides medius, Saccammina spp og Trochamminopsis pusillus.

Höglund skrev (s. 184) at E. medius viste størst hyppighet på mellom 150 og 250 m vanndyp, noe som avspeiles i hyppighetsfordelingen i de av hans stasjoner som er benyttet her (Tabell 19). Prøvene fra 1992/93 viser imidlertid en tredobling av den absolutte hyppigheten av denne arten i Skagerak-bassenget i løpet av perioden. Dette tyder på at den har forskjøvet tyngdepunktet for sin utbredelse mot større vanndyp. Tilsvarende økninger i de dypere deler synes å ha foregått når det gjelder hyppigheten av de agglutinerte formene H. bradyi, Saccammina spp og Trochamminopsis pusillus, men også i hyppigheten av kalkformene Brizalina skagerrakensis, Pullenia spp og S. fusiformis. Höglund fant spredte individer av T. pusillus i Skagerak, men den var aldri hyppig og forekom ikke i de av hans prøver som er benyttet i dette arbeidet. Det er følgelig helt klart at denne arten har hatt et betydelig oppsving i Skagerak-bassenget siden 1937.

Av spesiell interesse er at Saccammina spp, som er en meget hyppig art i materialet fra 1992/93, ikke ble funnet av Höglund i 1937. Höglund fokuserte på de agglutinerte formenes taksonomi og var meget nøyaktig i sitt arbeide. Det ser følgelig ut til at denne, eller disse artene (foreløpig usikkert om det dreier seg om en eller to arter), nylig har etablert seg i området. Dette kan i seg selv være et indisium på at miljøforholdene i de dypere deler av Skagerak har endret seg over de siste 50 til 60 år.

### 5.3 Utbredelse og hyppighet av agglutinerte former

Både den absolutte hyppighet og den relative forekomst av agglutinerte former viser tilforlataelig like verdier for den norske skråningen i prøvene fra 1937 sammenliknet med prøvene fra 1992/93 (Tabell 19). De to prøvene fra den danske siden viser også like relative verdier mens forskjellene i absoluttverdier kan skyldes lokale variasjoner.

I Skagerakbassenget er derimot forskjellene betydelige. Både i 1937 og i 1992/93 var det en god korrelasjon ( $r = 0,66$  for begge;  $n = 9$  for 1937 og  $n = 31$  for 1992/93) mellom den relative forekomst av agglutinerte former og vanddypet (Fig. 9). Det går imidlertid tydelig frem at prosentverdiene av agglutinerte former i de dypereliggende områdene har økt betraktelig i løpet av sammenlikningsperioden (Fig. 10). De gjennomsnittlige prosentverdiene for agglutinerte former i Skagerakbassenget var 36 i 1937 sammenliknet med 52 i 1992/93 og deres absolutte hyppighet viser en økning fra 16 til 61 individer per  $\text{cm}^3$  i løpet av perioden. Disse forskjellene er så store at de må betraktes som signifikante selv om sammenlikningen i Skagerakbassenget bare er basert på 3 prøver fra 1937.

Endringene skyldes sannsynligvis to forskjellige forhold. For det første ser det ut til at miljøbetingelsene har forandret seg slik at forholdene i de dype deler av Skagerak i dag ligger bedre til rette for større foraminiferpopulasjoner enn det som var tilfelle i 1937. Det er rimelig å anta at dette skyldes en økt næringstilgang som har vært gunstig både for kalk- og for agglutinerte former. De agglutinerte formene viser imidlertid nesten en firedoblet økning, mens hyppigheten av kalkformer bare er blitt doblet (Tabell 19). For det andre er det mulig at det i dag foregår en mer aktiv karbonatopløsning i dette området enn tidligere.

## 6 INDIKASJONER PÅ KARBONATOPPLØSNING

Det har allerede flere steder i denne rapporten vært vist til forhold som tyder på at det foregår kalsitopløsning i overflatesedimentene i undersøkelsesområdet i dag, og da spesielt i Skagerakbassenget. Disse observasjonene er såpass viktige at jeg her har funnet det riktig å sammenfatte og utdype de viktigste faktorer som peker i denne retning.

Ved analyseringen av det undersøkte materialet ble det klart at mange av kalkindividene hadde skall som var tydelig etsert og følgelig skjøre. Dette er sannsynligvis en medvirkende årsak til at den relative hyppigheten av kalkskall var betydelig høyere i de levende enn i de døde faunaene i



de dypere deler av Skagerakbassenget. Det at diversiteten er høyere i noen av de levende enn i de tilsvarende døde faunaene i bassenget peker også i samme retning. Vanligvis er diversitetsverdiene høyere i døde enn i levende faunaer, da de representerer gjennomsnittsfrekvensen av alle de artene som har levd i området over en lengere tidsperiode. På den annen side er det også sannsynlig at noen skjøre agglutinerte former også lett destrueres post mortem, noe som også vil redusere diversiteten i de døde, sammenliknet med de levende faunaene.

Sammenlikningen med Höglunds materiale fra 1937 viser at tettheten av både kalk- og agglutinerte former har økt i Skagerakbassenget siden den gang. Tettheten av de agglutinerte formene har imidlertid økt dobbelt så mye som tettheten av kalkformene. Om, og eventuelt i hvor stor grad dette skyldes en mer aktiv karbonatopløsning i dag enn for 50 til 60 år siden er vanskelig å si.

Av de 14 analyserte prøvene fra de syv 1992-stasjonene hvor 0-1 og 1-2 cm intervallene ble analysert separat, var den relative hyppighet av agglutinerte former på de tre stasjonene fra Skagerakbassenget 3-10% (gjennomsnitt 7%) høyere i 1-2 cm intervallet enn i den øvre 0-1 cm. Av prøvene fra de tre stasjonene på den norske skråningen, viste prøvene fra 2 av stasjonene samme prosentverdier i begge nivåer mens den tredje igjen hadde en noe høyere verdi (4%) i det nedre nivået. Prøvene fra stasjonen på den danske skråningen var de eneste som hadde en noe lavere verdi (4%) for 1-2 cm nivået. Disse observasjonene støtter også antakelsen om at det foregår en aktiv kalsittopløsning i området i dag, spesielt i de dypere deler av Skagerak-bassenget.

## 7 OPPSUMMERING OG KONKLUSJON

Analyser av levende (fargede) og døde (ufargede skall) bentiske foraminiferer i 31 prøver fra overflatesedimentene (0-2 cm) i den nordvestre del av Skagerak, innsamlet i juli 1992 og juli 1993 har vist følgende:

1) Innholdet av organisk detritus er betydelig høyere i de grunnere områdene på den norske og danske siden av Norskerenna enn i selve Skagerakbassenget. Oksygenkonsentrasjonene i bunnvannet er imidlertid jevnt over høye.

2) Hyppigheten av levende (fargede) bentiske foraminiferer viser relativt lave verdier i Skagerakbassenget. På den danske siden av Norskerenna er imidlertid verdiene meget høye. Dette indikerer stor næringstilførsel, og i kombinasjon med fysiske forstyrrelser fra trålevirksomheten, skaper dette gunstige betingelser for oppblomstring av opportunistiske arter.

3) Både de levende og de døde foraminiferfaunaene viser helt klare utbredelsesmønstre og deler undersøkelsesområdet i tre distinkte faunasoner: den norske skråning, den danske skråning og de deler av Skagerakbassenget som ligger under ca 550 m vanddyp.

4) Mange av kalkindividene er skjøre og viser tydelige tegn på oppløsning.

5) Prosentfordelingen av levende, agglutinerte (sandskall) former viser ikke noe klart utbredelsesmønster. I de døde faunaene derimot øker prosentverdiene tydelig med økende vanddyp. Dette skyldes sannsynligvis karbonatoppløsning i de dypere liggende områdene.

6) Diversitetsverdiene er gjennomgående høyere i de døde enn i de levende faunaene på den norske og den danske siden. Dette er ganske vanlig og skyldes gjerne at de døde faunaene representerer et gjennomsnitt av faunaer som har levet i området over tid, mens de levende kun avspeiler forholdene på prøvetakningstidspunktet. I Skagerakbassenget derimot, er verdiene for levende og døde relativt like, men i noen tilfeller er verdiene for de levende faunaene til og med høyere. Dette kan skyldes skalldestruksjon etter at individene er døde. Diversitetsverdiene er gjennomgående høyere i Skagerakbassenget hvor forholdene er roligere, sammenliknet med de tilgrensende skråningene.

7) En sammenlikning av faunadataene fra 1992/93 med faunadata fra 1937 (Höglunds (1947) upubliserte data) og 1949/51 (Lange, 1956) viser at a) det har foregått en betydelig økning i foraminiferbestanden i Skagerakbassenget, b) det har foregått en endring i faunasammensetningen både på den norske og danske skråningen og i Skagerakbassenget, c) flere agglutinerte former har forskjøvet tyngdepunktet for sin utbredelse mot større vanddyp og d) både den absolutte og den relative hyppighet av agglutinerte former har økt betraktelig (henholdsvis fra 16 til 61 individer per  $\text{cm}^3$  og fra 36 til 52%) i løpet av de siste 50 til 60 år. Tilsammen viser dette at miljøforholdene i Skagerak, og da spesielt i de dypeste områdene, har endret seg i løpet av denne tidsperioden. Endringene ser ut til å ha sammenheng med en økt næringstilførsel. På den danske siden har antakeligvis fysiske forstyrrelser fra trålevirksomhet også spilt en rolle.

8) Det er sannsynlig at det foregår en aktiv karbonatoppløsning i de dypere deler av Skagerak i dag.

## 8 REFERANSER

- Alve, E., 1991: Foraminifera, climatic change and pollution: A study of Late Holocene sediments in Drammensfjord, SE Norway. *The Holocene* 1 (3): 243-261.
- Alve, E., (1994). Opportunistic features of the foraminifer Stainforthia fusiformis (Williamson): evidence from Frierfjord, Norway. *Journal of Micropalaeontology*, 13: 24.
- Alve, E., (in press a). Benthic foraminiferal responses to estuarine pollution: a review. *Journal of Foraminiferal Research*.
- Alve, E., (in press b). Benthic foraminiferal distribution and recolonization of formerly anoxic environments in Drammensfjord, southern Norway. *Marine Micropaleontology*.
- Alve, E. and Murray, J.W. , (in press). Experiments to determine the origin and palaeoenvironmental significance of agglutinated foraminiferal assemblages. Grzybowski Foundation, Special Publication, 3: 1-11.
- Brodniewicz, I., 1965. Recent and some Holocene foraminifera of the southern Baltic Sea. *Acta Palaeontologica Polonica*, 10: 131-248.
- Buzas, M.A., 1982. Regulation of foraminiferal densities by predation in the Indian River, Florida. *Journal of Foraminiferal Research*, 12: 66-71.
- Corliss, B.H. and van Weering, T.C.E., 1993. Living (stained) benthic foraminifera within surficial sediments of the Skagerrak. *Marine Geology*, 111: 323-335.
- Höglund, H., 1947. Foraminifera in the Gullmar Fjord and the Skagerrak. *Zoologiska Bidrag från Uppsala*, 26: 328 pp.
- Imbrie, J. and Kipp, N.G., 1971. A new micropaleontological Method for Quantitative Paleoclimatology: Application to a Late Pleistocene Caribbean Core. In: K.K. Turekian, (ed.): *The Late Cenozoic Glacial Ages*, New Haven and London, Yale University Press, 71-81.
- Josefson, A.B., 1990. Increase in benthic biomass in the Skagerrak-Kattegat during the 1970s and 1980s - effects of organic enrichment? *Marine Ecology Progress Series*, 66: 117-130.

- Klovan, J.E. and Imbrie, J., 1971. An Algorithm and Fortran-IV Program for Large-Scale Q-mode Factor Analysis and Calculation of Factor Scores. *Math. Geol.*, Vol. 3, No. 1, pp. 61-77.
- Kuijpers, A., Denegård, B., Albinsson, Y., and Jensen, A., 1993. Sediment transport pathways in the Skagerrak and Kattegat as indicated by sediment Chernobyl radioactivity and heavy metal concentrations. *Marine Geology*, 111: 231- 244.
- Lange, W., 1956. Grundproben aus Skagerrak und Kattegat, mikrofaunistisch und sedimentpetrographisch untersucht. *Meyniana*, 5: 51-86.
- Loeblich, A.R.Jr. and Tappan, H., 1987. Foraminiferal Genera and their Classification. van Nostrand Reinhold, New York.
- Moodley, L., Troelstra, S.R., and van Weering, T.C.E., 1993. Benthic foraminiferal response to environmental change in the Skagerrak, northeastern North Sea. *Sarsia*, 78: 129-139.
- Murray, J.W., 1991. Ecology and palaeoecology of benthic foraminifera: Longman, 397 p.
- Murray, J.W., 1992. Distribution and population dynamics of benthic foraminifera from the southern North Sea. *Journal of Foraminiferal Research*, 22: 114-128.
- Petersen, C.G.J., 1915. Om Havbundens Dyresamfund i Skagerak, Kristianiafjord og de danske Farvande. Beretning til Ministeriet for Landbrug Fiskeri fra den Danske biologiske Station, 23: 5-26.
- Qvale, G. and van Weering, T.C.E., 1985. Relationship of surface sediments and benthic foraminiferal distribution patterns in the Norwegian Channel (Northern North Sea). *Marine Micropaleontology*, 9: 469-488.
- Risdal, D., 1963. Foraminiferfaunaen i en del sedimentkjerner fra indre Oslofjord. *Nor. Geol. Unders.*, 224: 5-90.
- Risdal, D., 1964. Foraminiferfaunaenes relasjon til dybdeforholdene i Oslofjorden, med en diskusjon av de senkvartære foraminifersoner. *Nor. Geol. Unders.*, 226: 5-142.

- Rosenberg, R., Gray, J.S., Josefson, A.B., and Pearson, T.H., 1987. Petersen's benthic stations revisited. II. Is the Oslofjord and eastern Skagerrak enriched? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 105: 219-251.
- Seidenkranz, M.-S., 1993. Subrecent changes in the foraminiferal distribution in the Kattegat and the Skagerrak, Scandinavia: anthropogenic influence and natural causes. *Boreas*, 22: 383-395.
- van Weering, T.C.E. and Qvale, G., 1983. Recent sediments and foraminiferal distribution in the Skagerrak, northeastern North Sea. *Marine Geology*, 52: 75-99.

## 9 FIGUROVERSIKT

- Fig. 1. Batymetrisk kart over undersøkelsesområdet. I tillegg til stasjonene som er benyttet i dette arbeidet er også Höglunds stasjoner fra 1937 og Langes stasjoner fra 1949 og 1951 avmerket.
- Fig. 2. Øvre diagram: absolutt hyppighet (individer/cm<sup>3</sup>) av levende (fargede) individer samt fordelingen av det totale organiske karboninnhold i prøvene fra 1993-toktet. Tallene langs x-aksen referer seg til prøvenummer. Nedre diagram: 1993-stasjonene (merket med et rektangel) er projisert inn på et vertikalsnitt gjennom undersøkelsesområdet fra nordvest til sydøst. Tallene i sirkel representerer det relative innhold av organisk debris (>63 µm) angitt på en subjektiv skala fra 1 (lite) til 4 (mye).
- Fig. 3. Absolutt hyppighet (individer/cm<sup>3</sup>) av levende (fargede) og døde (ufargede) individer i prøvene fra 1993-toktet. Diagrammet innfelt i øverste venstre hjørne viser den lineære sammenheng mellom de to parametrene.
- Fig. 4. Variasjoner i faktorverdier for levende (1993) og døde (1992/93) faunaer i overflatesedimentene (0-2cm).
- Fig. 5. Arealmessig utbredelse av faktorfaunaene (kun døde faunaer) fra 1992/1993.
- Fig. 6. Fordelingen av den relative hyppighet av agglutinerte (sandskall) former i de levende og døde faunaer fra prøver samlet inn i 1993.
- Fig. 7. Fordelingen av to diversitetsindekser (alpha-indeksen og informasjonsindeksen, H(S)) beregnet for levende og døde faunaer fra prøver samlet inn i 1993.
- Fig. 8. Sammenlikning av variasjonsmønsteret i alpha-indeksen i de levende (fargede) og døde faunaene fra prøver samlet inn i 1993.
- Fig. 9. Den relative hyppighet av agglutinerte foraminiferer (levende + døde) i Höglunds prøver fra 1937 (øverst) og prøver fra 1992/93 (nederst) plottet mot vanddyp.
- Fig. 10. Gjennomsnittlig relativ- og absolutt hyppighet av agglutinerte skall (2 øverste histogramrekker) og gjennomsnittlig absolutt hyppighet av alle foraminiferskall (nederste histogramrekke) på henholdsvis den norske skråningen, i dypbassenget og på den danske skråningen, for prøver samlet inn i 1937 (Höglunds data) og i 1992/93.

## 1 0 TABELLOVERSIKT

Tabell 1. Posisjon, dyp og TOC/TC-data for prøver innsamlet i 1992.

Tabell 2. Prosent-verdier for viktige (>5%, døde) arter, samt faunaparametere for prøver innsamlet i 1992.

Tabell 3. Absolutt hyppighet (individer/cm<sup>3</sup>) av viktige (>5%, døde) arter innsamlet i 1992.

Tabell 4. Prosent-verdier for viktige (>5%, "levende") arter, samt faunaparametere for prøver innsamlet i 1992.

Tabell 5. Absolutt hyppighet (individer/cm<sup>3</sup>) av viktige (>5%, "levende") arter innsamlet i 1992.

Tabell 6. Posisjon, dyp, oksygenkonsentrasjonen i bunnvannet (ml/l), TOC/TC-data og en summarisk beskrivelse (>63 µm) av prøver innsamlet i 1993. S = sand, B.P. = Brune (faecal) pellets. I kolonnen "organic debris" er det relative innhold av organisk debris i fraksjonen > 63 µm angitt på en subjektiv skala fra 1 til 4, hvor 1 er lite og 4 mye.

Tabell 7. Prosent-verdier for viktige (>5%, døde) arter, samt faunaparametere for prøver innsamlet i 1993.

Tabell 8. Absolutt hyppighet (individer/cm<sup>3</sup>) av viktige (>5%, døde) arter innsamlet i 1993.

Tabell 9. Prosent-verdier for viktige (>5%, "levende") arter, samt faunaparametere for prøver innsamlet i 1993.

Tabell 10. Absolutt hyppighet (individer/cm<sup>3</sup>) av viktige (>5% "levende") arter innsamlet i 1993.

Tabell 11. Posisjon og dyp for Höglunds (1947) 9 stasjoner fra 1937 som er benyttet i dette arbeid.

Tabell 12. Höglund-data. Prosent-verdier for viktige arter (>5%) samt faunaparametere for de 9 stasjonene som er benyttet i dette arbeid.

Tabell 13. Höglund-data. Absolutt hyppighet av viktige arter (>5%, totaldata) på de 9 stasjonene som er benyttet i dette arbeid.

Tabell 14. Varimax factor score matrise for levende faunaer (1993-tokt).  
Viktige arter innen hver faunafaktor er understreket.

Tabell 15. Varimax factor score matrise for døde faunaer (1993-tokt).  
Viktige arter innen hver faunafaktor er understreket.

Tabell 16. Varimax factor score matrise for døde faunaer (1992/1993).  
Viktige arter innen hver faunafaktor er understreket.

Tabell 17. Absolutt hyppighet (individer/cm<sup>3</sup>) av arter fra 1992-toktet benyttet ved sammenlikning med Höglunds materiale. Tallene representerer total-data, det vil si både levende og døde.

Tabell 18. Absolutt hyppighet (individer/cm<sup>3</sup>) av arter fra 1993-toktet benyttet ved sammenlikning med Höglunds materiale. Tallene representerer total-data, det vil si både levende og døde individer.

Tabell 19. Sammenlikning av foraminiferdata (total antall individer/cm<sup>3</sup>) fra 1992/1993-toktene og Höglunds data fra 1937.



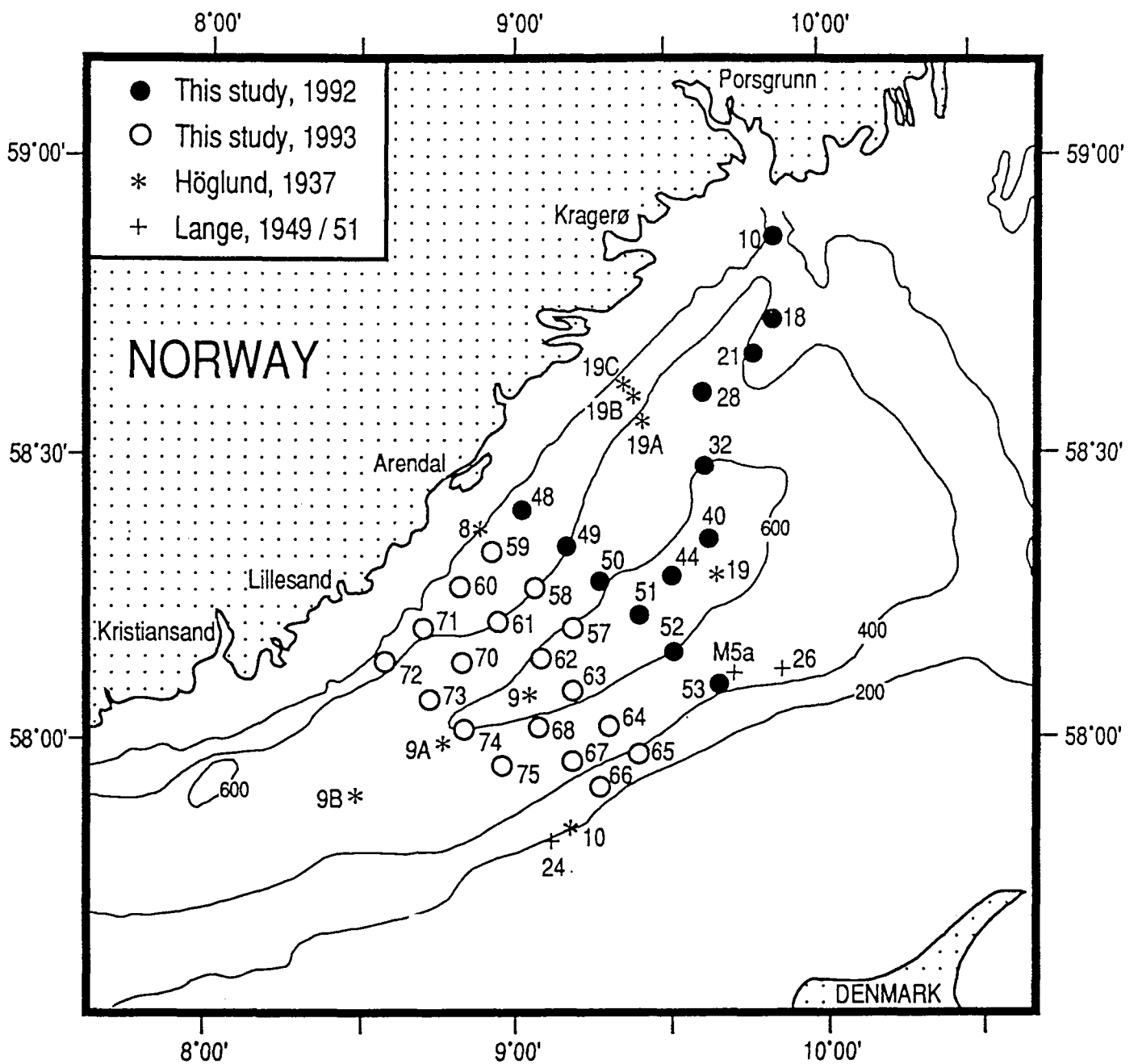


Fig. 1. Batymetrisk kart over undersøkelsesområdet. I tillegg til stasjonene som er benyttet i dette arbeidet er også Höglunds stasjoner fra 1937 og Langes stasjoner fra 1949 og 1951 avmerket.

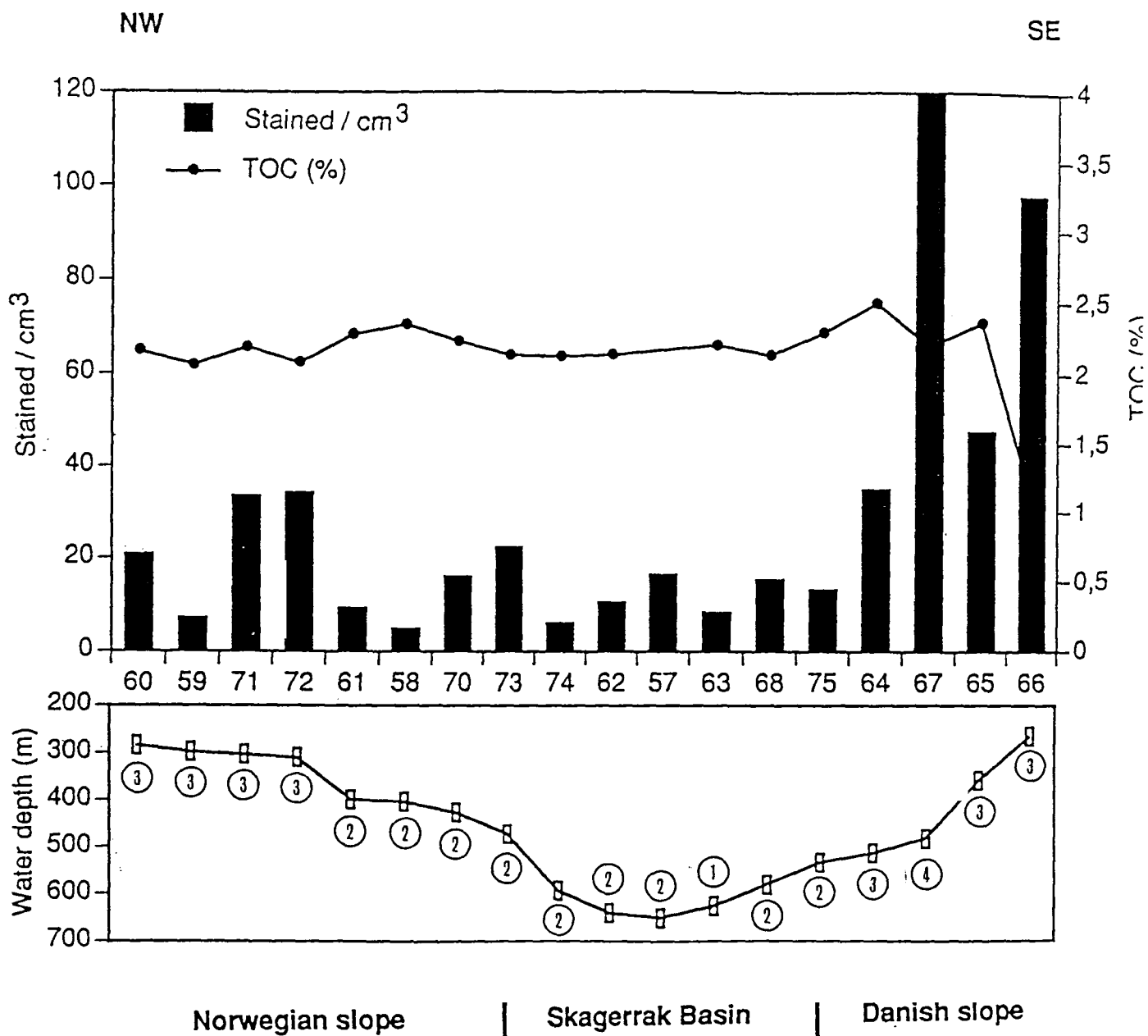


Fig. 2. Øvre diagram: absolutt hyppighet (individer/cm<sup>3</sup>) av levende (fargede) individer samt fordelingen av det totale organiske karboninnhold i prøvene fra 1993-toktet. Tallene langs x-aksen referer seg til prøvenummer. Nedre diagram: 1993-stasjonene (merket med et rektangel) er projisert inn på et vertikalsnitt gjennom undersøkelsesområdet fra nordvest til sydøst. Tallene i sirkel representerer det relative innhold av organisk debris i fraksjonen >63 μm angitt på en subjektiv skala fra 1 (lite) til 4 (mye).

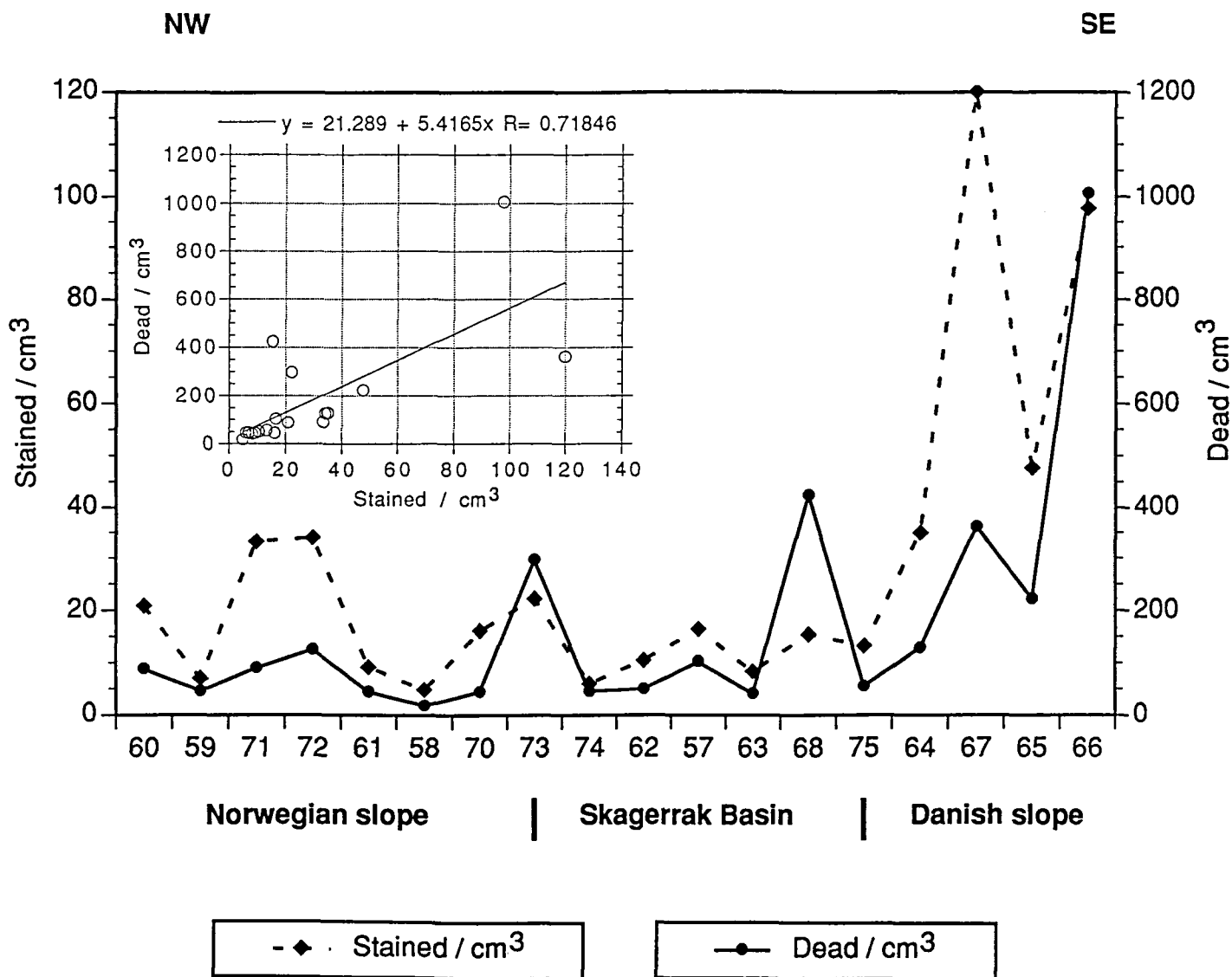


Fig. 3. Absolutt hyppighet (individer/cm<sup>3</sup>) av levende (fargede) og døde (ufargede) individer i prøvene fra 1993-toktet. Diagrammet innfelt i øverste venstre hjørne viser den lineære sammenheng mellom de to parametrene.

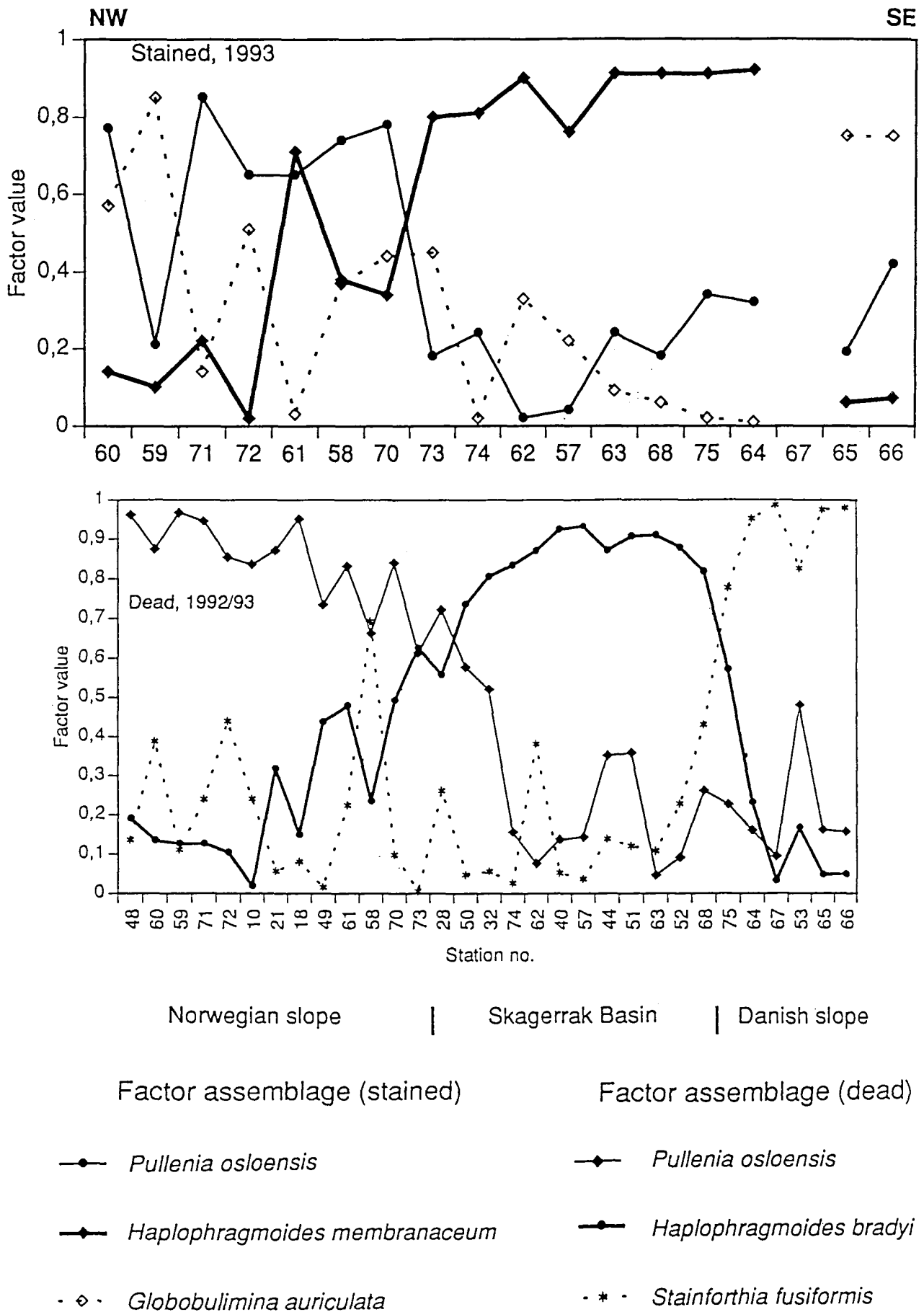


Fig. 4. Variasjoner i faktorverdier for levende (1993) og døde (1992/93) faunaer i overflatesedimentene (0-2cm).

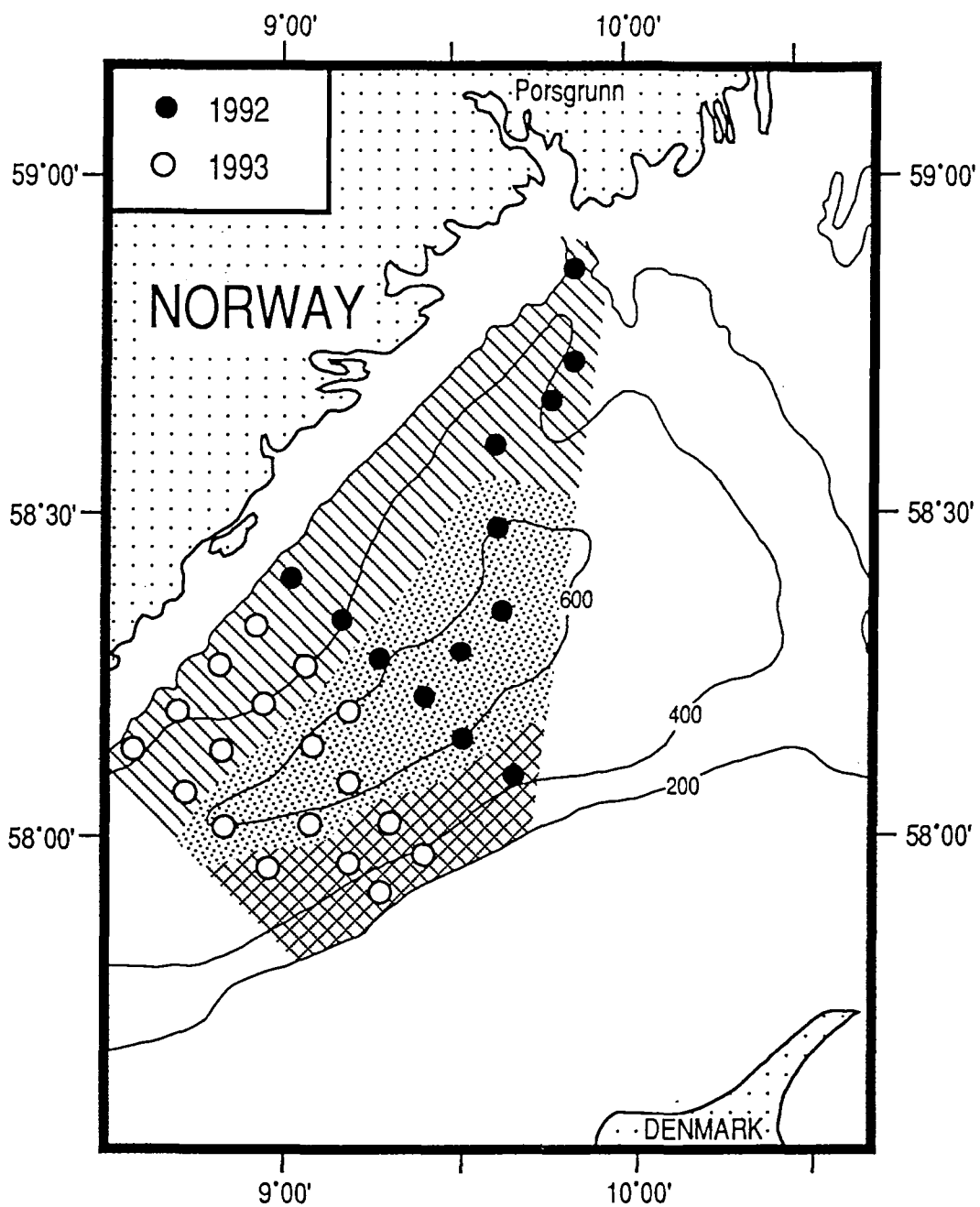


Fig. 5. Arealmessig utbredelse av faktorfaunaene (kun døde faunaer) fra 1992/1993.

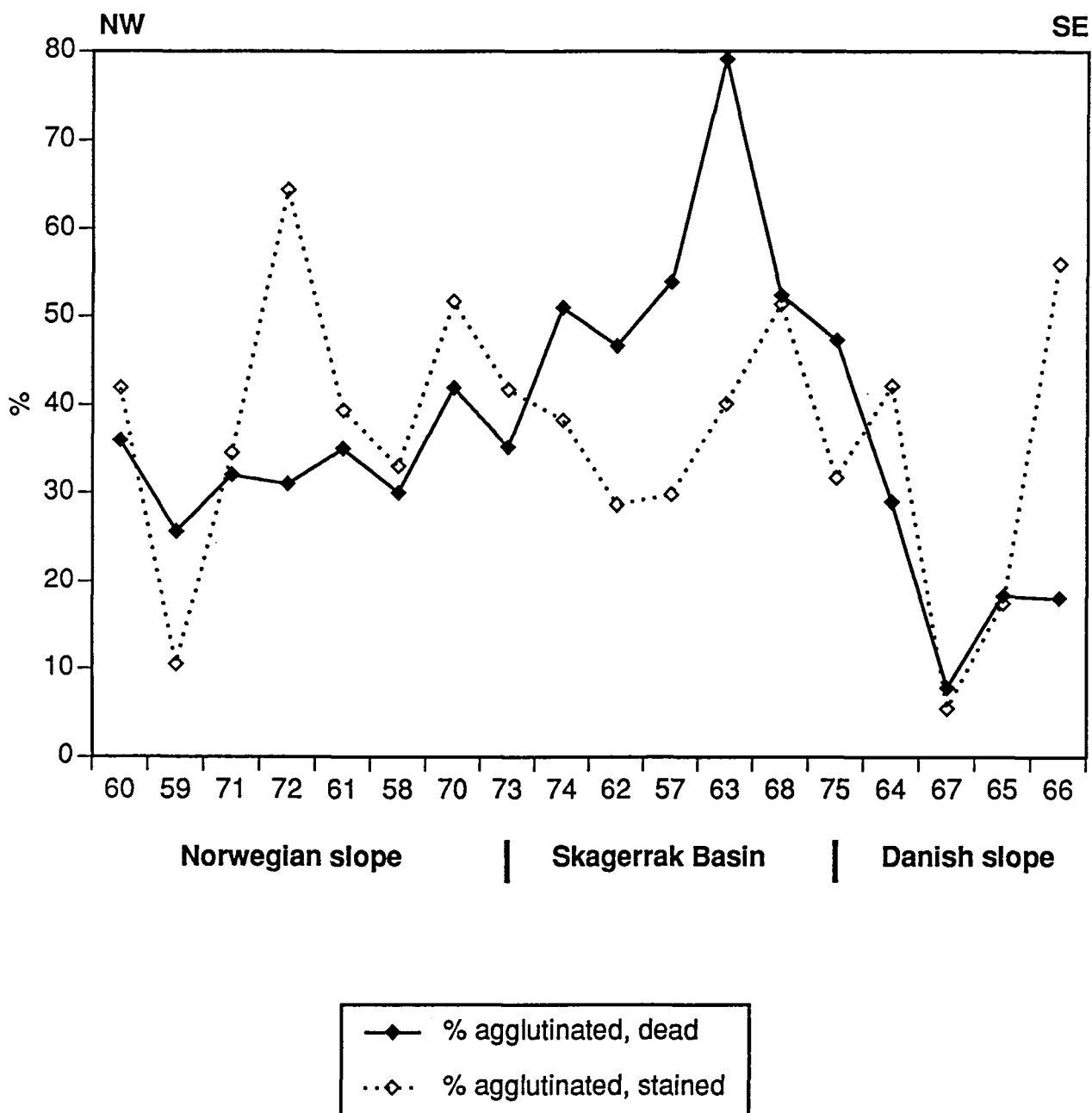


Fig. 6. Fordelingen av den relative hyppighet av agglutinerte (sandskall) former i de levende og døde faunaer fra prøver samlet inn i 1993.

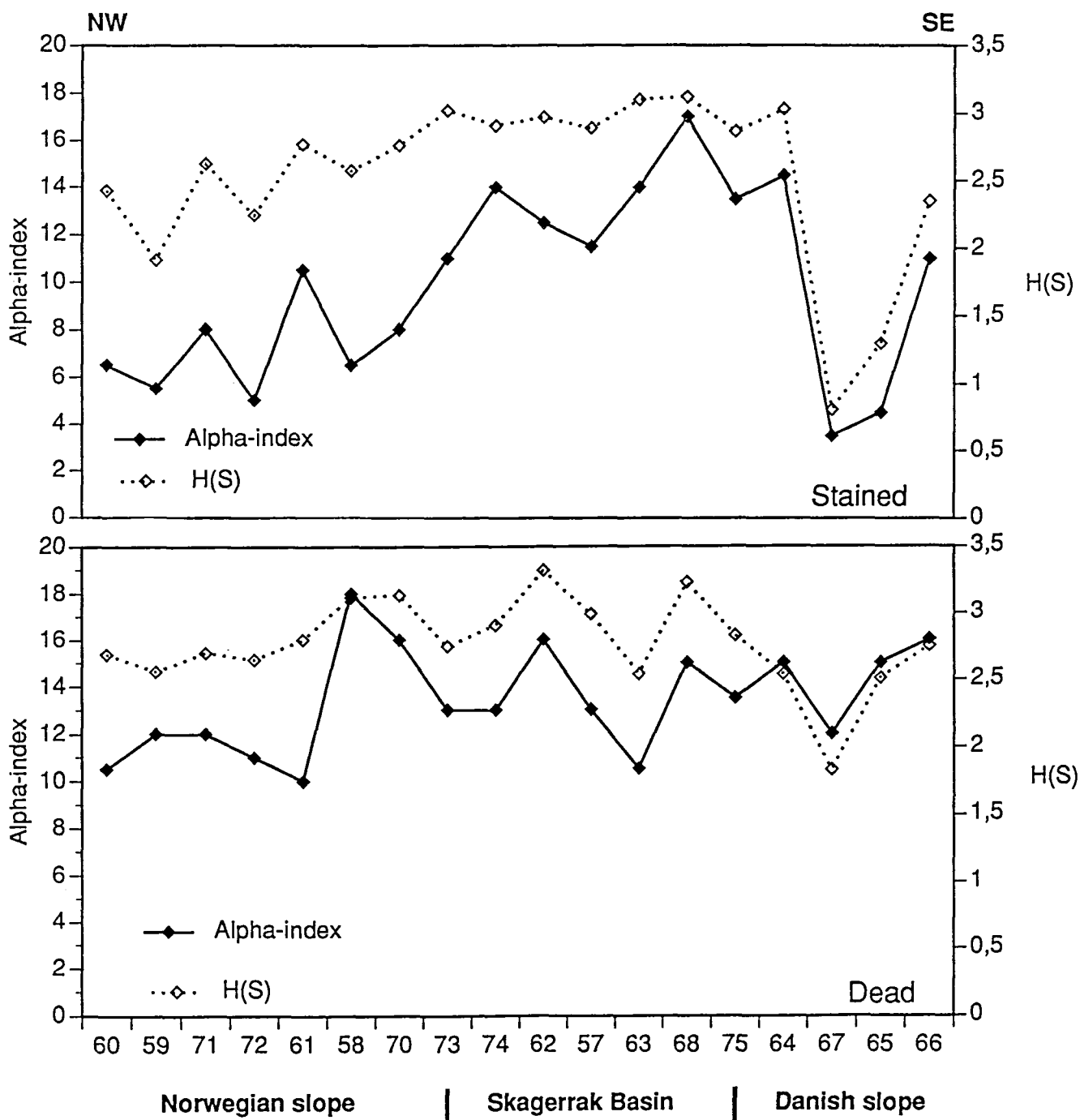


Fig. 7. Fordelingen av to diversitetsindekser (alpha-indeksen og informasjonsindeksen, H(S)) beregnet for levende og døde faunaer fra prøver samlet inn i 1993.

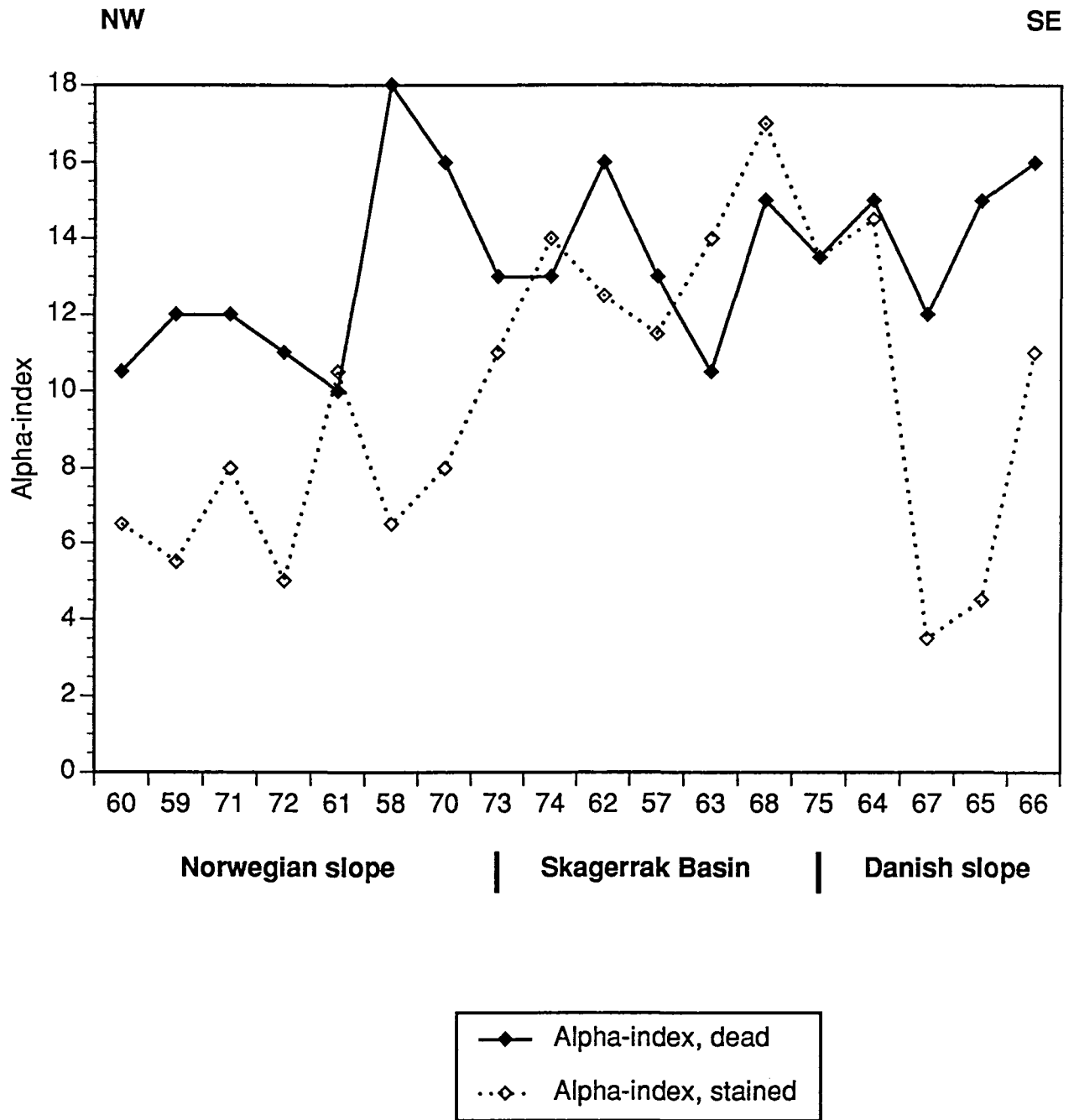


Fig. 8. Sammenlikning av variasjonsmønsteret i alpha-indeksen i de levende (fargede) og døde faunaene fra prøver samlet inn i 1993.



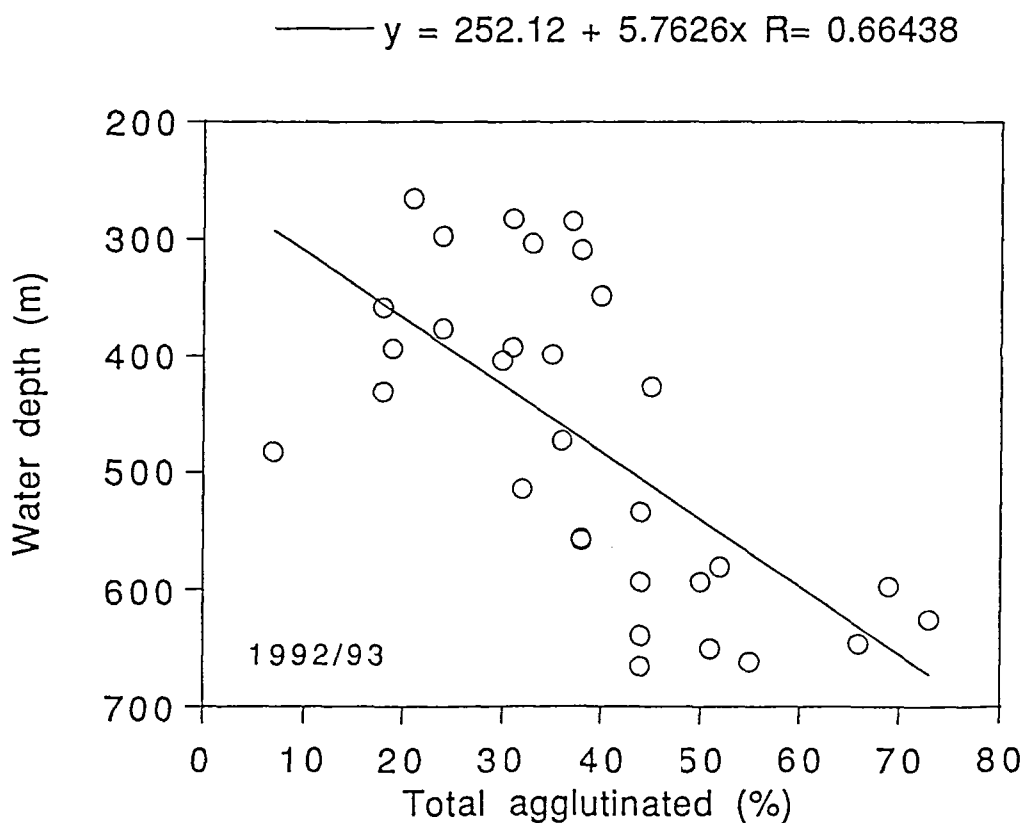
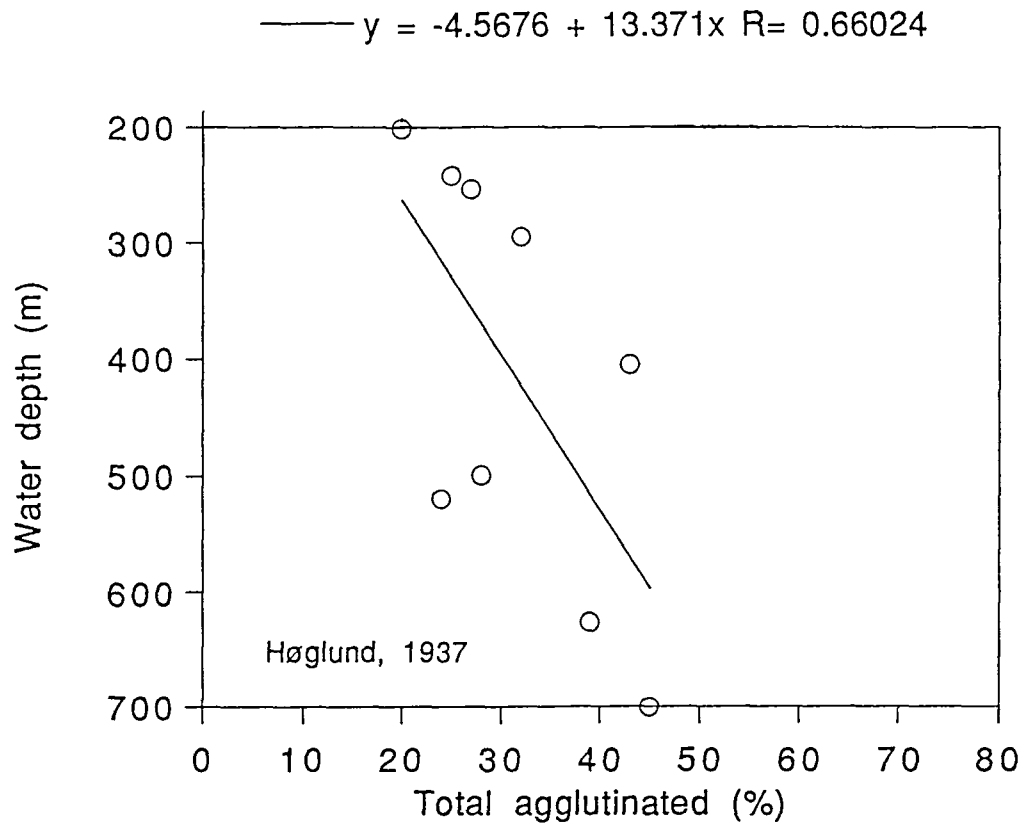


Fig. 9. Den relative hyppighet av agglutinerede foraminiferer (levende + døde) i Høglunds prøver fra 1937 (øverst) og prøver fra 1992/93 (nederst) plottet mot vanddyb.

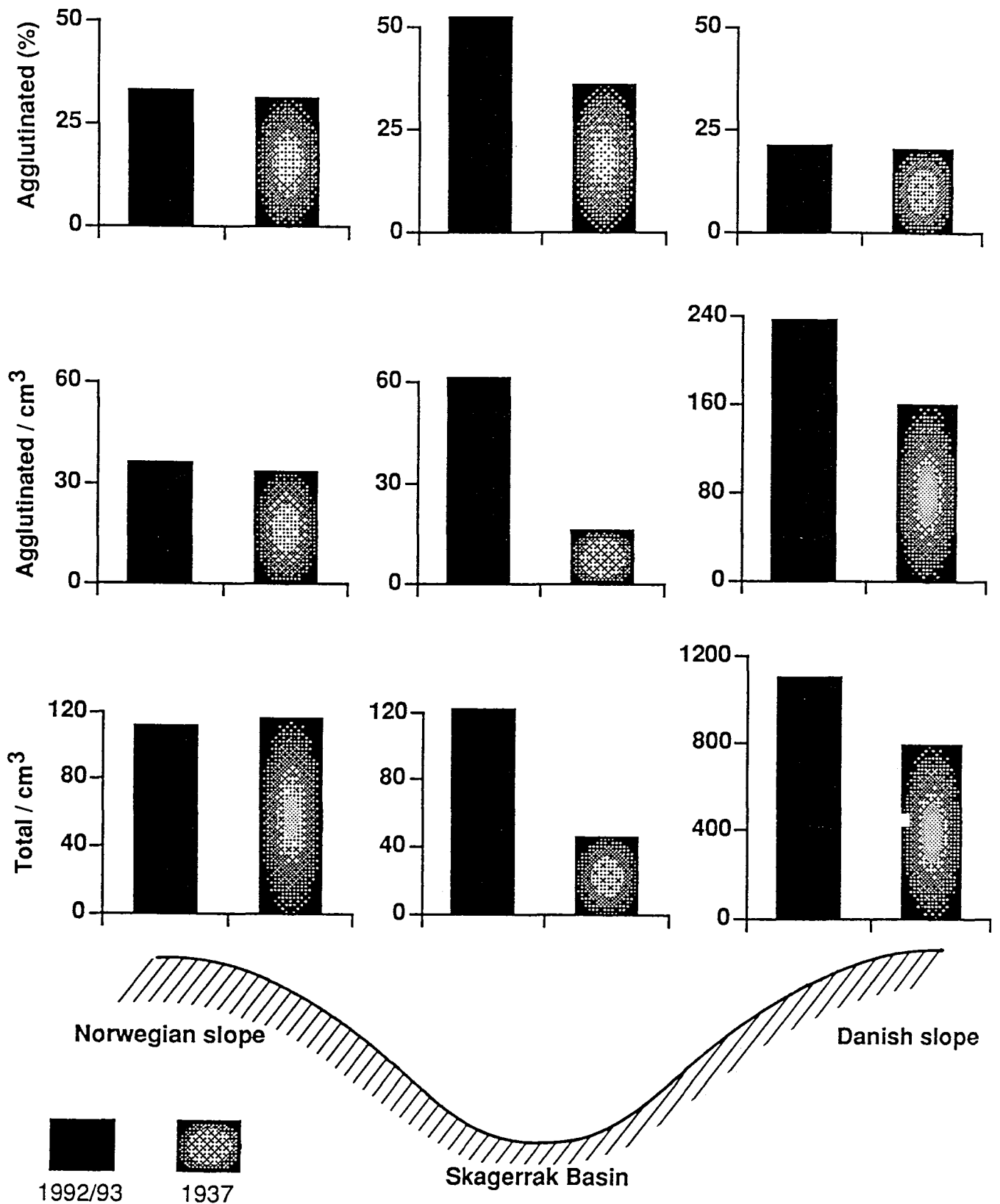


Fig. 10. Gjennomsnittlig relativ- og absolutt hyppighet av agglutinerte skall (2 øverste histogramrekker) og gjennomsnittlig absolutt hyppighet av alle foraminiferskall (nederste histogramrekke) på henholdsvis den norske skråningen, i dypbassenget og på den danske skråningen, for prøver samlet inn i 1937 (Höglunds data) og i 1992/93.

Station no.	Location	Latitude (°N)	Longitude (°E)	Depth (m)	TOC (%)	TC (%)
223	48	58 24.41	09 01.57	283	2,16	3,65
48	10	58 52.45	09 50.52	349	2,13	3,82
97	21	58 40.52	09 43.76	377	2,31	3,97
86	18	58 44.40	09 50.95	393	2,38	3,98
227	49	58 20.36	09 09.63	394	2,29	3,66
130	28	58 36.62	09 36.58	556	2,16	3,67
231	50	58 16.94	09 16.67	558	1,78	3,07
149	32	58 28.84	09 37.60	594	2,25	3,65
187	40	58 21.31	09 37.52	647	1,94	3,45
206	44	58 17.66	09 30.68	662	1,97	3,50
235	51	58 13.33	09 23.99	666	1,94	3,18
240	52	58 09.87	09 31.08	598	2,03	3,73
244	53	58 06.44	09 39.64	431	2,71	4,24

Tabell 1

Sample no.	48	10	21	18	49	28	50	32	40	44	51	52	53
Depth (m)	283	349	377	393	394	556	558	594	647	662	666	598	431
1992, dead (%), 0-2cm													
<i>Brizalina skagerrakensis</i>	5	1	7	6	25	7	14	6	4	1	3	2	2
<i>Cassidulina laevigata</i>	13	13	6	7	10	4	10	8	2	4	4	2	3
<i>Eggerelloides medius</i>	7	3	8	4	6	6	14	14	5	9	7	7	3
<i>Epistominella vitrea</i>	1	2	5	0	5	2	0	1	0	0	4	1	3
<i>Haplophragmoides bradyi</i>	1	0	3	2	3	5	8	9	12	13	9	26	3
<i>Nonionella iridea</i>	3	2	8	2	6	12	4	9	3	4	13	2	8
<i>Pullenia osloensis</i>	25	14	27	38	22	19	12	10	6	12	8	7	20
<i>Saccamina</i> spp.	0	0	0	0	2	5	4	4	11	11	8	11	1
<i>Stainforthia fusiformis</i>	5	7	3	4	3	8	1	2	1	3	3	7	34
<i>Textularia tenuissima</i>	15	26	4	17	1	2	0	0	0	0	0	0	3
<i>Trochamminopsis pusillus</i>	0	0	0	0	2	5	3	5	14	7	7	6	0
No. counted	525	494	273	258	504	277	468	250	257	267	583	572	558
No. species	49	50	32	29	43	34	45	46	41	41	59	53	51
% agglutinated	30	34	23	29	19	38	39	44	66	57	44	69	19
Alpha-index	13	14	9,5	8,5	11	10,5	12,5	16	13,5	14	17	16	14
Dead / cm <sup>3</sup>	92	77	134	43	161	145	127	113	77	62	103	92	236
Agglutinated / cm <sup>3</sup>	27	26	31	12	30	54	49	49	51	35	46	64	44

Tabell 2

Sample no.	48	10	21	18	49	28	50	32	40	44	51	52	53
Depth (m)	283	349	377	393	394	556	558	594	647	662	666	598	431
1992, dead / cm <sup>3</sup> , 0-2cm													
<i>Brizalina skagerrakensis</i>	4,2	0,9	9,8	2,5	40,2	9,9	17,4	7,3	2,7	0,5	2,8	1,8	3,8
<i>Cassidulina laevigata</i>	12,1	10,1	7,9	3,0	15,9	5,2	12,8	9,1	1,8	2,5	4,6	1,9	7,6
<i>Eggerelloides medius</i>	6,3	2,2	10,3	1,7	9,9	8,9	17,9	15,4	4,2	5,3	7,6	6,3	7,6
<i>Epistominella vitrea</i>	0,9	1,7	6,4	0,0	7,6	3,1	0,0	0,9	0,0	0,0	4,2	0,6	5,9
<i>Haplophragmoides bradyi</i>	0,7	0,2	3,9	1,0	4,1	6,8	10,6	10,0	9,6	8,3	9,6	23,8	6,3
<i>Nonionella iridea</i>	2,6	1,9	10,3	0,7	9,9	17,2	5,2	10,0	2,1	2,8	13,1	2,1	19,5
<i>Pullenia osloensis</i>	22,6	10,6	36,3	16,1	34,7	27,7	14,9	11,8	4,8	7,4	8,3	6,3	47,4
<i>Saccammina</i> spp.	0,2	0,0	0,0	0,0	2,9	7,8	4,9	5,0	8,1	6,9	8,3	10,0	1,3
<i>Stainforthia fusiformis</i>	4,5	5,4	4,4	1,7	5,1	11,0	1,1	2,7	0,9	2,1	2,7	6,1	79,2
<i>Textularia tenuissima</i>	14,0	19,8	4,9	7,5	1,9	3,1	0,5	0,5	0,0	0,2	0,0	0,0	6,3
<i>Trochamminopsis pusillus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	7,8	4,1	5,4	10,7	4,6	7,3	5,3	0,0

Tabell 3

Sample no.	48	10	21	18	49	28	50	32	40	44	51	52	53
Depth (m)	283	349	377	393	394	556	558	594	647	662	666	598	431
1992, stained (%), 0-2cm													
<i>Brizalina skagerrakensis</i>	1	0	4	0	5	4	13	0	0	0	0	0	0
<i>Eggerelloides medius</i>	18	12	9	7	10	15	20	2	5	4	6	0	7
<i>Globobulimina</i>	19	5	17	23	13	1	0	0	0	0	3	5	36
<i>Epistominella vitrea</i>	0	1	1	0	8	1	7	5	0	0	25	0	0
<i>Haplophragmoides bradyi</i>	0	0	4	7	0	13	0	17	22	0	9	23	7
<i>Liebusella goesi</i>	2	1	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Melonis barleeanum</i>	1	0	3	12	0	6	0	10	0	12	0	3	7
<i>Nonionella iridea</i>	1	0	0	0	3	6	7	7	3	0	0	0	0
<i>Pullenia subcarinata</i>	0	0	0	0	0	0	0	5	8	12	0	3	0
<i>Pullenia osloensis</i>	24	2	16	21	23	27	13	5	5	12	3	3	29
<i>Reophax micacea</i>	0	2	7	3	5	1	0	0	3	0	0	3	0
<i>Saccamina spp</i>	0	0	0	0	3	3	7	12	5	23	3	8	0
<i>Stainforthia fusiformis</i>	5	5	3	0	10	3	0	7	0	0	19	5	14
<i>Textularia tenuissima</i>	19	60	0	16	5	0	0	0	0	0	0	0	0
No. counted	119	151	69	86	40	67	15	41	37	26	32	39	14
No. species	19	23	19	14	16	20	11	17	19	12	15	19	6
% agglutinated	42	80	36	40	35	43	-	59	68	-	38	69	-
Stained / cm3	9	12	5	7	3	5	2	3	3	2	2	4	2
Stained agglutinated / cm3	4	9	2	3	1	2	0	2	2	0	1	2	0

Tabell 4

Sample no.	48	10	21	18	49	28	50	32	40	44	51	52	53
Depth (m)	283	349	377	393	394	556	558	594	647	662	666	598	431
1992, stained/cm3, 0-2cm													
<i>Brizalina skagerrakensis</i>	0,1	0,0	0,2	0,0	0,1	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Eggerelloides medius</i>	1,5	1,4	0,5	0,5	0,3	0,8	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1
<i>Globobulimina</i>	1,7	0,5	0,9	1,6	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,7
<i>Epistominella vitrea</i>	0,0	0,2	0,1	0,0	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0
<i>Haplophragmoides bradyi</i>	0,0	0,0	0,2	0,5	0,0	0,7	0,0	0,5	0,5	0,0	0,2	0,8	0,1
<i>Liebusella goesi</i>	0,1	0,1	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Melonis barleeanum</i>	0,1	0,0	0,2	0,8	0,0	0,3	0,0	0,3	0,0	0,2	0,0	0,1	0,1
<i>Nonionella iridea</i>	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,1	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Pullenia subcarinata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2	0,0	0,1	0,0
<i>Pullenia osloensis</i>	2,1	0,2	0,9	1,4	0,6	1,4	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,5
<i>Reophax micacea</i>	0,0	0,2	0,4	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0
<i>Saccamina</i> spp	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,1	0,3	0,1	0,4	0,1	0,3	0,0
<i>Stainforthia fusiformis</i>	0,4	0,6	0,2	0,0	0,3	0,2	0,0	0,2	0,0	0,0	0,4	0,2	0,3
<i>Textularia tenuissima</i>	1,7	7,1	0,0	1,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabell 5

Station no.	Sample no.	Lat. (°N)	Long. (°E)	Depth (m)	O2 (ml/l)	TOC (%)	TC (%)	Sediment	Org. debris
38	60	58 16.30	08 48.86	285	-	2.16	3.75	S	3
32	59	58 19.95	08 55.37	298	-	2.06	3.60	S	3
114	71	58 12.01	08 42.35	304	-	2.19	3.69	B. P.	3
120	72	58 08.70	08 34.75	310	-	2.08	3.57	B. P.	3
44	61	58 12.61	08 56.73	399	-	2.28	3.98	B. P.	2
26	58	58 16.56	09 03.04	404	-	2.35	3.95	B. P.	2
106	70	58 08.65	08 49.99	427	6.3	2.23	3.69	B. P.	2
126	73	58 04.69	08 43.19	473	-	2.13	3.68	B. P.	2
136	74	58 01.39	08 49.99	595	6.4	2.12	3.41	B. P.	2
50	62	58 08.98	09 04.65	640	6.5	2.13	3.76	B. P.	2
19	57	58 12.64	09 10.84	651	-	-	-	B. P.	2
57	63	58 05.66	09 10.81	626	6.6	2.20	3.68	B. P.	1
90	68	58 01.59	09 04.15	581	6.5	2.13	3.64	B. P.	2
142	75	57 57.76	08 57.42	534	6.5	2.29	3.87	B. P.	2
63	64	58 02.06	09 17.95	514	6.5	2.50	4.14	B. P.	3
83	67	57 58.21	09 11.13	483	-	2.20	2.81	B. P.	4
69	65	57 59.31	09 23.87	359	6.3	2.36	3.80	S	3
77	66	57 55.86	09 16.11	266	-	1.09	2.05	S	3

Tabell 6



Sample no.	60	59	71	72	61	58	70	73	74	62	57	63	68	75	64	67	65	66
Depth (m)	285	298	304	310	399	404	427	473	594	640	651	626	581	534	514	483	359	266
1993, dead (%), 0-2 cm																		
<i>Brizalina skagerrakensis</i>	4	7	3	3	8	5	8	22	21	3	5	1	5	1	0	0	1	0
<i>Cassidulina laevigata</i>	10	15	8	12	11	5	6	10	6	7	9	1	1	4	2	1	4	3
<i>Eggerelloides medius</i>	3	2	3	5	10	4	9	13	10	11	13	5	6	9	2	0	2	1
<i>Elphidium</i> spp.	5	2	3	4	2	1	0	0	2	2	1	0	0	2	2	2	9	14
<i>Epistominella vitrea</i>	4	3	3	2	1	2	4	0	2	3	1	0	5	0	3	3	3	4
<i>Haplophragmoides bradyi</i>	3	0	1	0	6	2	4	7	17	11	12	20	12	12	6	0	0	0
<i>Nonionella iridea</i>	1	3	6	3	3	2	6	4	0	8	5	0	3	4	2	0	0	0
<i>Pullenia bulloides</i>	0	0	3	0	0	3	1	1	7	6	9	1	1	1	1	0	0	0
<i>Pullenia osloensis</i>	19	26	25	19	21	12	15	15	0	0	1	3	7	8	8	3	2	3
<i>Reophax micacea</i>	5	3	8	3	3	4	4	2	1	0	2	2	1	2	2	0	0	1
<i>Saccamina</i> spp.	0	0	0	0	4	2	5	4	8	7	10	19	4	9	2	0	0	0
<i>Stainforthia fusiformis</i>	12	4	8	15	8	19	3	3	2	9	1	3	10	25	43	65	45	39
<i>Textularia tenuissima</i>	20	18	15	21	6	11	11	0	0	0	0	0	0	0	1	3	6	4
<i>Trochamminopsis pusillus</i>	0	0	0	0	0	1	2	2	4	8	8	15	10	3	6	0	0	0
No. counted	272	273	262	261	262	256	261	253	257	260	288	258	275	258	294	283	255	288
No. species	35	38	38	36	33	48	47	42	39	47	43	34	45	41	46	38	44	47
% agglutinated	36	26	32	31	35	30	42	35	51	47	54	79	52	47	29	8	18	18
Alpha-index	10,5	12	12	11	10	18	16	13	13	16	13	10,5	15	13,5	15	12	15	16
H(S)	2,7	2,6	2,7	2,7	2,8	3,1	3,1	2,8	2,9	3,3	3,0	2,5	3,2	2,8	2,5	1,8	2,5	2,8
Dead / cm3	88	46	90	126	45	18	44	297	45	50	102	41	423	55	128	362	222	1007
Dead agglutinated / cm3	31	12	29	39	16	5	19	104	23	23	55	32	222	26	37	28	41	181

Tabell 7

Sample no.	60	59	71	72	61	58	70	73	74	62	57	63	68	75	64	67	65	66
Depth (m)	285	298	304	310	399	404	427	473	594	640	651	626	581	534	514	483	359	266
1993, dead / cm <sup>3</sup> , 0-2 cm																		
<i>Brizalina skagerrakensis</i>	3,2	3,0	2,4	3,4	3,6	1,0	3,6	65,7	9,7	1,3	5,0	0,5	23,1	0,6	0,4	1,3	1,7	3,5
<i>Cassidulina laevigata</i>	8,4	6,8	7,2	14,9	4,8	0,9	2,5	29,3	2,8	3,7	9,6	0,5	6,2	2,3	2,6	5,1	9,6	28,0
<i>Eggerelloides medius</i>	2,9	0,8	3,1	6,7	4,6	0,7	3,9	37,5	4,4	5,6	13,5	2,0	26,1	4,7	3,1	0,0	5,2	14,0
<i>Elphidium</i> spp.	4,5	1,0	2,4	4,8	0,7	0,2	0,2	0,0	0,9	1,0	0,7	0,0	1,5	0,9	3,1	8,9	19,2	136,3
<i>Epistominella vitrea</i>	3,2	1,3	2,7	2,9	0,3	0,4	1,9	1,2	0,7	1,7	1,4	0,2	23,1	0,0	4,4	11,5	6,1	41,9
<i>Haplophragmoides bradyi</i>	2,6	0,2	0,7	0,5	2,6	0,4	1,9	19,9	7,8	5,4	12,4	8,2	50,8	6,6	8,3	1,3	0,0	3,5
<i>Nonionella iridea</i>	0,6	1,2	5,1	4,3	1,5	0,4	2,7	11,7	0,2	4,0	5,0	0,2	13,8	2,3	2,6	0,0	0,0	3,5
<i>Pullenia bulloides</i>	0,0	0,0	2,4	0,5	0,2	0,5	0,5	2,3	3,3	2,9	9,2	0,5	3,1	0,4	1,3	0,0	0,0	0,0
<i>Pullenia osloensis</i>	16,7	12,0	22,6	23,6	9,6	2,1	6,6	43,4	0,0	0,0	1,1	1,4	30,8	4,5	10,0	11,5	4,4	28,0
<i>Reophax micacea</i>	4,2	1,3	6,9	4,3	1,2	0,7	1,7	4,7	0,5	0,2	2,1	0,9	3,1	0,9	2,2	0,0	0,0	10,5
<i>Saccamina</i> spp.	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	0,4	2,4	11,7	3,7	3,7	10,0	7,5	15,4	4,7	2,2	0,0	0,0	0,0
<i>Stainforthia fusiformis</i>	10,6	2,0	6,9	18,8	3,6	3,4	1,4	9,4	0,7	4,4	1,4	1,1	41,5	13,9	54,5	233,9	100,3	391,4
<i>Textularia tenuissima</i>	17,4	8,2	13,7	26,0	2,9	2,0	4,8	1,2	0,0	0,0	0,4	0,0	1,5	0,2	1,3	11,5	14,0	41,9
<i>Trochamminopsis pusillus</i>	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,2	0,8	4,7	1,9	4,2	8,2	6,1	43,1	1,9	7,8	0,0	0,0	0,0

Tabell 8

Sample no.	60	59	71	72	61	58	70	73	74	62	57	63	68	75	64	67	65	66
Depth (m)	285	298	304	310	399	404	427	473	594	640	651	626	581	534	514	483	359	266
1993, stained (%), 0-2cm																		
<i>Cassidulina laevigata</i>	2	2	4	3	3	10	2	5	0	4	1	2	2	2	1	2	0	2
<i>Eggerelloides medius</i>	1	2	5	3	1	0	3	6	0	3	1	1	6	3	5	0	0	6
<i>Globobulimina auriculata</i>	12	40	11	13	4	4	11	3	1	0	1	0	0	1	1	0	70	12
<i>Epistominella vitrea</i>	0	1	1	0	9	6	2	5	11	12	8	16	16	13	12	1	0	0
<i>Haplophragmoides bradyi</i>	0	0	5	2	0	1	3	3	10	2	2	4	4	0	6	0	0	0
<i>Haplophragmoides membranaceum</i>	1	0	4	0	21	7	10	11	14	9	7	16	16	19	19	0	0	0
<i>Liebusella goesi</i>	5	0	5	22	4	5	10	2	0	0	1	0	0	0	1	0	8	0
<i>Melonis barleeanum</i>	5	3	6	2	11	5	4	1	17	1	1	4	1	5	2	0	0	0
<i>Nonionella iridea</i>	3	1	1	2	7	0	3	11	9	16	21	3	6	11	9	1	0	1
<i>Pullenia bulloides</i>	0	0	4	0	1	1	3	10	3	7	21	5	2	4	4	0	0	0
<i>Pullenia osloensis</i>	17	4	30	8	15	16	12	1	2	0	4	5	3	10	8	2	2	1
<i>Reophax micacea</i>	17	1	6	25	6	9	8	9	2	4	6	0	1	1	1	1	2	17
<i>Stainforthia fusiformis</i>	13	32	3	3	4	17	5	10	3	13	2	4	3	7	5	86	6	19
<i>Textularia tenuissima</i>	15	5	4	10	4	11	15	2	0	0	0	0	0	0	1	2	5	26
No. counted	272	275	235	261	269	247	259	282	235	268	322	244	257	259	339	324	281	257
No. species	25	22	28	20	34	24	28	35	42	39	40	42	46	40	46	16	19	35
% agglutinated	42	11	35	64	39	33	52	42	38	29	30	40	51	32	42	6	17	56
Alpha index	6.5	5.5	8	5	10.5	6.5	8	11	14	13	12	14	17	13.5	14.5	3.5	4.5	11
H(S)	2.4	1.9	2.6	2.2	2.8	2.6	2.8	3.0	2.9	3.0	2.9	3.1	3.1	2.9	3.0	0.8	1.3	2.4
Stained / cm3	21	7	33	34	9	5	16	22	6	11	16	8	15	13	35	120	48	98
Stained agglutinated / cm3	9	1	11	22	4	2	8	9	2	3	5	3	8	4	15	7	8	55

Table 9

Sample no.	60	59	71	72	61	58	70	73	74	62	57	63	68	75	64	67	65	66
Depth (m)	285	298	304	310	399	404	427	473	594	640	651	626	581	534	514	483	359	266
1993, stained / cm3, 0-2 cm																		
<i>Cassidulina laevigata</i>	0,5	0,1	1,4	0,9	0,3	0,5	0,4	1,0	0,0	0,4	0,2	0,2	0,4	0,2	0,3	1,9	0,0	1,5
<i>Eggerelloides medius</i>	0,3	0,1	1,6	1,2	0,1	0,0	0,5	1,3	0,0	0,3	0,2	0,1	1,0	0,4	1,8	0,0	0,0	5,7
<i>Globobulimina auriculata</i>	2,5	2,8	3,5	4,6	0,4	0,2	1,7	0,6	0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,2	0,5	0,4	33,3	12,2
<i>Epistominella vitrea</i>	0,1	0,1	0,3	0,0	0,8	0,3	0,3	1,0	0,7	1,2	1,3	1,4	2,5	1,7	4,3	0,7	0,0	0,4
<i>Haplophragmoides bradyi</i>	0,1	0,0	1,6	0,8	0,0	0,0	0,4	0,7	0,6	0,2	0,4	0,3	0,7	0,1	2,0	0,0	0,0	0,0
<i>Haplophragmoides membranaceum</i>	0,2	0,0	1,4	0,1	1,9	0,3	1,6	2,4	0,8	1,0	1,2	1,3	2,5	2,4	6,7	0,0	0,0	0,0
<i>Liebusella goesi</i>	1,0	0,0	1,7	7,4	0,4	0,2	1,6	0,4	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1	0,5	0,0	3,7	0,0
<i>Melonis barleeanum</i>	1,0	0,2	2,1	0,5	1,0	0,3	0,7	0,2	1,0	0,1	0,2	0,3	0,1	0,7	0,7	0,0	0,0	0,0
<i>Nonionella iridea</i>	0,5	0,1	0,3	0,7	0,7	0,0	0,5	2,4	0,6	1,6	3,5	0,3	0,9	1,4	3,2	0,7	0,2	0,8
<i>Pullenia bulloides</i>	0,0	0,0	1,3	0,0	0,1	0,1	0,4	2,2	0,2	0,8	3,5	0,4	0,3	0,5	1,2	0,0	0,0	0,0
<i>Pullenia osloensis</i>	3,5	0,3	9,9	2,6	1,4	0,8	1,9	0,3	0,1	0,0	0,6	0,4	0,5	1,4	2,9	1,9	0,8	0,8
<i>Reophax micacea</i>	3,5	0,1	2,1	8,6	0,6	0,4	1,2	1,9	0,1	0,4	0,9	0,0	0,1	0,2	0,4	0,7	1,2	16,4
<i>Stainforthia fusiformis</i>	2,8	2,2	0,8	1,2	0,4	0,8	0,7	2,3	0,2	1,3	0,3	0,3	0,4	1,0	1,9	103,3	2,7	18,6
<i>Textularia tenuissima</i>	3,1	0,3	1,3	3,4	0,4	0,5	2,5	0,6	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,2	1,9	2,4	25,5

Table 10

Höglund Station	19c	8	19b	19a	9b	9a	9	19	10
Depth (m)	242	254	295	405	500	520	626	700	201
Latitude (°N)	58° 37'	58° 22'	58° 36'	58° 33'.5	57° 54'.5	58° 00'	58° 05'	58° 17'.5	57° 51'
Longitude (°E)	09° 21'.5	08° 53'	09° 23'	09° 25'	08° 29'	08° 46'	09° 03'	09° 39'	09° 11'

Tabell 11

Høglund Station	19c	8	19b	19a	9b	9a	9	19	10
Depth (m)	242	254	295	405	500	520	626	700	201
<i>Brizalina skagerakensis</i>	1	1	2	16	4	12	2	6	0
<i>Bulimina marginata</i>	10	2	5	3	2	3	1	1	2
<i>Cassidulina laevigata</i>	20	31	18	9	14	20	9	11	2
<i>Eggerelloides medius</i>	6	21	7	8	11	7	7	3	2
<i>Elphidium</i> spp	2	5	0	2	2	0	0	1	24
<i>Globobulimina</i>	2	2	6	3	2	1	0	0	0
<i>Haplophragmoides bradyi</i>	2	1	2	3	5	6	6	13	0
<i>Hyalinea balthica</i>	7	15	6	0	4	6	1	3	0
<i>Melonis barleeanum</i>	8	7	6	2	3	6	4	3	0
<i>Nonionellina labradorica</i>	1	0	1	1	12	5	18	2	0
<i>Psammosphaera</i>	0	0	1	0	1	1	6	4	0
<i>Pullenia</i> spp	4	1	11	13	17	13	15	8	0
<i>Reophax micacea</i>	7	1	9	20	3	0	2	1	1
<i>Repmanina charoides</i>	0	0	0	0	1	1	2	8	0
<i>Stainforthia fusiformis</i>	0	0	1	0	2	1	1	0	10
<i>Textularia tenuissima</i>	6	1	6	6	2	1	0	0	7
<i>Uvigerina peregrina</i>	15	2	4	0	0	1	0	0	0
Total no. of specimens	7868	6640	1568	2488	2268	2470	1014	1471	28616
Total no. / cm3	219	184	44	69	63	69	28	41	795
Agglutinated (%)	25	27	32	43	28	24	39	45	20
Agglutinated / cm3	54	50	14	30	18	17	11	19	160

Tabell 12

Høglund Station	19c	8	19b	19a	9b	9a	9	19	10
Depth (m)	242	254	295	405	500	520	626	700	201
<i>Brizalina skagerakensis</i>	1	2	1	11	2	8	0	3	0
<i>Bulimina marginata</i>	21	4	2	2	1	2	0	1	14
<i>Cassidulina laevigata</i>	44	57	8	6	9	13	3	5	19
<i>Eggerelloides medius</i>	14	38	3	6	7	5	2	1	18
<i>Elphidium</i> spp	4	10	0	1	1	0	0	1	190
<i>Globobulimina</i>	5	3	3	2	1	0	0	0	1
<i>Haplophragmoides bradyi</i>	4	1	1	2	3	4	2	5	0
<i>Hyalinea balthica</i>	15	27	2	0	2	4	0	1	1
<i>Melonis barleeanum</i>	17	12	3	1	2	4	1	1	0
<i>Nonionellina labradorica</i>	2	1	0	1	8	4	5	1	1
<i>Psammosphaera</i>	0	0	1	0	1	1	2	2	0
<i>Pullenia</i> spp	9	3	5	9	11	9	4	3	2
<i>Reophax micacea</i>	16	2	4	14	2	0	1	0	9
<i>Repmanina charoides</i>	0	0	0	0	0	0	1	3	0
<i>Stainforthia fusiformis</i>	1	0	0	0	1	1	0	0	83
<i>Textularia tenuissima</i>	14	1	2	4	2	0	0	0	57
<i>Uvigerina peregrina</i>	33	4	2	0	0	0	0	0	1

Tabell 13

VARIMAX FACTOR SCORE MATRIX

VAR.	1	2	3
CA.LAEVI	.070	.034	-.107
GL.TURGI	-.067	.691	-.111
PU.BULLO	.288	.152	.166
PU.OSLOE	.057	-.200	-.724
ST.FUSIF	.206	.495	-.011
NO.IRIDE	.454	.178	.205
VE.MEDIA	.113	.066	-.030
EP.VITRE	.503	-.080	.021
HA.BRADY	.142	-.031	-.047
LI.GOESI	-.051	.050	-.286
HA.MEMBR	.587	-.171	-.175
TE.TENUI	-.072	.252	-.336
RE.MICAC	.010	.248	-.309
ME.BARLE	.132	-.115	-.238

Tabell 14

VARIMAX FACTOR SCORE MATRIX

VAR.	1	2	3
BO.SKAGE	.321	.116	-.208
BU.MARGI	.010	-.002	-.019
CA.LAEVI	.170	.022	-.313
HY.BALTI	.007	.003	-.022
PU.OSLOE	-.007	.026	-.737
ST.FUSIF	.040	-.991	-.042
VE.MEDIA	.418	.023	-.121
HA.BRADY	.603	-.015	.062
TR.PUSIL	.370	-.031	.089
TE.TENUI	-.150	-.027	-.534
SA.SPP	.411	.015	.042

Tabell 15

VARIMAX FACTOR SCORE MATRIX

VAR.	1	2	3
BO.SKAGE	.225	.253	-.125
BU.MARGI	.036	.006	.000
CA.LAEVI	.301	.146	-.016
HY.BALTI	.068	.014	-.016
PU.OSLOE	.765	.100	-.018
ST.FUSIF	.026	.027	.988
VE.MEDIA	.118	.403	-.030
HA.BRADY	-.115	.620	.036
TR.PUSIL	-.102	.385	.025
TE.TENUI	.472	-.172	.069
SA.SPP	-.084	.423	.002

Tabell 16



Sample no.	48	10	21	18	49	28	50	32	40	44	51	52	53
Depth (m)	283	349	377	393	394	556	558	594	647	662	666	598	431
1992, Total / cm <sup>3</sup> , 0-2cm													
<i>Brizalina skagerrakensis</i>	4,3	0,9	10,0	2,5	40,3	10,1	17,6	7,3	2,7	0,5	2,8	1,8	3,8
<i>Cassidulina laevigata</i>	12,1	10,1	7,9	3,0	15,9	5,2	12,8	9,1	1,8	2,5	4,6	1,9	7,6
<i>Eggerelloides medius</i>	7,8	3,6	10,8	2,2	10,2	9,7	18,2	15,5	4,3	5,3	7,7	6,3	7,7
<i>Haplophragmoides bradyi</i>	0,7	0,2	4,1	1,5	4,1	7,5	10,6	10,5	10,1	8,3	9,8	24,6	6,4
<i>Melonis barleeanum</i>	3,6	0,8	3,6	1,3	1,6	5,0	9,2	2,5	3,3	1,1	1,1	1,4	0,6
<i>Pullenia</i> spp	25,1	10,8	37,4	17,5	35,7	30,8	20,6	14,8	6,9	10,3	10,9	9,8	48,8
<i>R. micacea</i>	2,3	1,6	4,3	1,2	1,7	2,2	0,5	0,5	0,4	1,6	0,0	1,1	5,1
<i>Saccamina</i> spp.	0,2	0,0	0,0	0,0	3,0	8,0	5,0	5,3	8,2	7,3	8,4	10,3	1,3
<i>Stainforthia fusiformis</i>	4,9	6,0	4,6	1,7	5,4	11,2	1,1	2,9	0,9	2,1	3,1	6,3	79,5
<i>Textularia tenuissima</i>	15,7	26,9	4,9	8,6	2,0	3,1	0,5	0,5	0,0	0,2	0,0	0,0	6,3
<i>Trochamminopsis pusillus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	7,8	4,1	5,4	10,7	4,6	7,3	5,3	0,0
Total no. / cm <sup>3</sup>	16	27	5	9	6	11	5	6	11	5	7	5	6
Total agglutinated / cm <sup>3</sup>	31	35	33	15	31	57	49	51	52	35	47	66	44
Total agglutinated (%)	31	40	24	31	19	38	38	44	66	55	44	69	18

Sample no.	60	59	71	72	61	58	70	73	74	62	57	63	68	75	64	67	65	66
Depth (m)	285	298	304	310	399	404	427	473	594	640	651	626	581	534	514	483	359	266
Stained+dead / cm3																		
<i>Brizalina skagerrakensis</i>	3,2	3,0	2,4	3,4	3,6	1,0	3,7	66,1	9,7	1,4	5,1	0,6	23,1	0,7	0,5	1,7	1,7	3,5
<i>Cassidulina laevigata</i>	8,9	6,9	8,6	15,8	5,1	1,4	2,9	30,3	2,8	4,1	9,8	0,7	6,6	2,5	2,9	7,0	9,6	29,5
<i>Eggerelloides medius</i>	3,2	0,9	4,7	7,9	4,7	0,7	4,4	38,8	4,4	5,9	13,7	2,1	27,1	5,1	4,9	0,0	5,2	15,7
<i>Elphidium</i> spp.	5,0	1,1	2,5	4,8	0,7	0,2	0,2	0,0	0,9	1,0	0,7	0,0	1,5	0,9	3,1	8,9	19,3	136,7
<i>Epistominella vitrea</i>	3,3	1,4	3,0	2,9	1,1	0,7	2,2	2,2	1,4	2,9	2,7	1,6	25,6	1,7	8,7	12,2	6,1	42,3
<i>Globobulimina</i>	2,5	3,5	5,6	6,0	0,8	0,3	1,9	0,6	0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	1,0	0,5	1,5	35,1	22,3
<i>Haplophragmoides bradyi</i>	2,7	0,2	2,3	1,3	2,6	0,4	2,3	20,6	8,4	5,6	12,8	8,5	51,5	6,7	10,3	1,3	0,0	3,5
<i>Haplophragmoides membranaceum</i>	0,2	0,0	1,4	0,6	2,7	0,5	2,1	4,8	1,0	1,0	1,6	1,3	2,5	2,6	8,5	0,0	0,0	0,0
<i>Liebusella goesi</i>	2,3	0,2	2,4	7,9	0,8	0,2	1,8	2,8	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1	0,5	0,0	3,7	3,0
<i>Melonis barleeaanum</i>	2,6	1,9	3,1	1,4	3,0	0,7	1,4	6,1	1,5	0,6	3,4	1,7	0,1	1,4	1,6	0,0	3,6	0,0
<i>Nonionella iridea</i>	1,1	1,3	5,4	5,0	2,2	0,4	3,2	14,1	0,2	5,6	8,5	0,5	14,7	3,7	5,8	0,7	0,2	4,3
<i>Pullenia</i> spp	20,2	12,3	36,2	26,7	11,3	3,5	9,4	48,2	3,6	3,7	14,4	2,7	34,7	6,8	15,4	13,4	5,2	28,8
<i>Reophax micacea</i>	7,7	1,4	9,0	12,9	1,8	1,1	2,9	6,6	0,6	0,6	3,0	0,9	3,2	1,1	2,6	0,7	1,2	26,9
<i>Saccamina</i> spp.	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	0,4	2,5	11,9	3,8	3,7	10,1	7,7	15,6	4,7	2,2	0,0	0,0	0,0
<i>Stainforthia fusiformis</i>	13,4	4,2	7,7	20,0	4,0	4,2	2,1	11,7	0,9	5,7	1,7	1,4	41,9	14,9	56,4	337,2	103,0	410,0
<i>Textularia tenuissima</i>	20,5	8,5	15,0	29,4	3,3	2,5	7,3	1,8	0,0	0,0	0,5	0,0	1,6	0,3	1,5	12,4	16,4	67,4
<i>Trochamminopsis pusillus</i>	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,2	0,8	5,0	1,9	4,7	8,9	6,3	43,8	2,2	8,7	0,0	0,0	0,0
Total / cm3	108	53	123	160	54	23	60	319	51	61	119	49	438	68	163	482	270	1104
Total agglutinated (%)	37	24	33	38	36	31	45	36	50	44	51	72	52	44	32	7	18	21
Total agglutinated / cm3	40	12	40	61	19	7	27	114	25	26	60	35	230	30	52	35	49	236

Tabell 18

Area		Norwegian slope	Skagerrak Basin	Danish slope
Depth interval (m)	1992/93	283-473	556-666	266
	H - 1937	242-500	520-700	201
No. of stations	1992/93	13	12	1
	H - 1937	5	3	1
B. skagerrakensis	1992/93	11,1	6,9	3,5
	H - 1937	3,4	2,2	0,0
C. laevigata	1992/93	9,9	5,2	29,5
	H - 1937	25,0	7,0	19,0
E. medius	1992/93	7,7	10,0	19,7
	H - 1937	13,0	2,7	18,0
Elphidium spp	1992/93	1,8	0,9	136,7
	H - 1937	3,2	0,3	190,0
H. bradyi	1992/93	3,3	14,0	3,5
	H - 1937	2,2	3,7	0,0
M. barleeanum	1992/93	2,4	2,6	0,0
	H - 1937	7,0	2,0	0,0
Pullenia spp	1992/93	22,7	13,6	28,8
	H - 1937	7,3	5,4	1,8
R. micacea	1992/93	4,2	1,2	26,9
	H - 1937	7,6	0,3	9,0
Saccamina spp	1992/93	1,5	7,8	0,0
	H - 1937	0,0	0,0	0,0
S. fusiformis	1992/93	6,9	6,6	410,0
	H - 1937	0,4	0,3	83,0
T. tenuissima	1992/93	11,2	0,5	67,4
	H - 1937	4,6	0,1	56,7
T. pusillus	1992/93	0,8	9,2	0,0
	H - 1937	0,0	0,0	0,0
Total / cm3	1992/93	111	122	1104
	H - 1937	116	46	795
Agglutinated / cm3	1992/93	36	61	236
	H - 1937	33	16	160
Calcareous / cm3	1992/93	75	61	868
	H - 1937	83	30	635
Agglutinated (%)	1992/93	33	52	21
	H - 1937	31	36	20

Tabell 19