

NPD - CONTRIBUTION NO 27

**Nye dateringer av de tre
vestligste borehullene i
Barentshavet. Resultater
og konsekvenser for den
Tertiære hevingen.**

Av
Tor Eidvin
Fridtjof Riis

Oljedirektoratet
November 1989

INNHOLDSFORTEGNELSE

	side
1. INNLEDNING	3
2. REGIONAL OVERSIKT - SEISMISK TOLKING	5
3. MATERIALE OG METODE	8
4. BIOSTRATIGRAFI	9
4.1 FAUNABESKRIVELSE	10
4.1.1 BOREHULL 7117/9-1	10
4.1.2 BOREHULL 7117/9-2	13
4.1.3 BOREHULL 7119/7-1	16
4.2 TOLKING AV FOSSILFOREKOMSTENE	20
4.2.1 BOREHULLENE 7117/9-1 og 7117/9-2	20
4.2.1.1 DISKUSJON	26
4.2.2 BOREHULL 7119/7-1	27
4.2.3 TOLKING AV AVSETNINGSMILØ PÅ GRUNNLAG AV FOSSILFAUNA (FAUNASONENE A, B, C og D)	29
5. LITOLOGI OG LITOSTRATIGRAFI	31
6. STRONTIUMISOTOP-STRATIGRAFI	32
7. SAMMENSTILLING OG KONKLUSJON	34

8.	LITTERATURHENVISNING	37
	8.1 ARBEIDER HENVIST I TEKSTEN	37
	8.2 LITTERATUR TIL BESTEMMELSE AV TAXA	40
9.	TAKK	43
10.	ENGLISH SUMMERY	44
	FIGURER	I
	2 PLANSJER	3 VEDLEGG

1. INNLEDNING

Borehullene 7117/9-1 og 7117/9-2 på Senjaryggen er de eneste hullene som borer gjennom de mektige tertiære vifteavsetningene som finnes langs hele vest-marginen av Barentshavet. Denne unge delen av lagrekken har fått større oppmerksomhet i leteavdelingen i OD i de siste årene, etter at borerresultatene har vært relativt negative, og betydningen av sen heving og erosjon i Barentshavet er blitt godt dokumentert.

De øvre delene av lagrekken i det meste av Barentshavet er fjernet ved erosjon. På selve Barentshav- "shelfen" er det under de pleistocene sedimentene bare registrert bergarter av eocen alder eller eldre, jfr. E. Sigmond (under forberedelse). Vi har tenkt oss at de store sedimentvolumene som finnes i viftene er en respons på hevingen og erosjonen som har funnet sted. Vorren et al. (1988) og Nøttvedt et al. (1988) har gjort en enkel beregning som antyder at volumet i vifta utenfor Bjørnøyrenna svarer til et jevntykt lag på størrelsesorden 1000 m som er fjernet i dreneringsområdet. Det er klart at det er svært mange usikkerheter ved en slik volumberegning, men størrelsesordenen viser at viftene er en respons på en meget betydelig erosjonsfase.

Redateringsprosjektet ble derfor satt i gang av 2 årsaker:

- 1) Datering av viftene kan gi et mål på alderen av fasen med heving og erosjon.
- 2) Det var store usikkerheter knyttet til tidligere dateringer av viftene. Forskjellige konsulenter kom til forskjellige resultater, noe som førte til ulike tolkninger av vest-marginen (Spencer et al. 1984, Nøttvedt et al. 1988

og Vorren et al. 1989). I OD hadde man en mistanke om at sedimentene kunne være unge (pliocen). Dette bygde på upubliserte analyseresultater utført av L. Costa (tidl. OD), resultater av tyngdemodellering utført av R. Rasmussen (OD) og W. Fjeldskaar (Rogalandsforskning) og på den seismiske likheten med de plio- pleistocene avsetningene utenfor Midt-Norge.

Den viktigste årsaken til de store uoverensstemmelsene i tidligere dateringer er den høye andelen resedimentert materiale i vifteavsetningene. Dette problemet er nå søkt løst ved en kritisk holdning til data og materiale og ved å bygge tolkningene på flest mulig kriterier.

Studiet som er gjort, peker entydig i retning av at vifteavsetningene er glasigene, og kan dateres til øvre Pliocen og Pleistocen. Dette får store konsekvenser for vår oppfatning av hevingen og erosjonen i Barentshavet.

Studiet av 7119/7-1 ble satt i gang for å undersøke nærmeste borehull utenfor vifte-området. I dette borehullet skulle en ikke vente å finne avsetninger under "URU" (upper regional unconformity) som kunne korreleres med vifte- avsetningene. Dette bekreftes av studiet som ble utført.

2. REGIONAL OVERSIKT - SEISMISK TOLKNING

Det er avsatt to store vifter på vestmarginen av Barentshavet, en utenfor Storfjordrenna og en utenfor Bjørnøyrenna. Bjørnøyrenne-vifta er den største. Viftene er avsatt nesten ut til midthavsryggen og kommer godt fram på bunntopografien (fig. 1).

Vestmarginen er dekket med regional seismikk, stedvis også med semiregional og detaljert seismikk av forskjellige årganger. Bare noen få linjer går langt ut på oseanisk skorpe, slik at den vestlige delen av viftene er dårlig dekket seismisk. I viftene er datakvaliteten gjennomgående brukbar og god. Seismikken er tolket i OD, men det er gjort lite forsøk på å følge sekvensgrensene internt i viftene. Derimot er bunnen av vifta tolket.

Fig. 2 viser utbredelsen av vifta utenfor Bjørnøyrenna, og tykkelsen av sedimenter mellom bunnen av vifta og "URU". URU - upper regional unconformity - som definert av Vorren et al. (1989) trunkerer Bjørnøyrennevifta i øst, slik at man kan definere en østlig begrensning for hele vifta, jfr fig. 6.

Blokk 7117/9 er dekket med et seismisk nett på 1x1 km, av to forskjellige "surveyer". 7117/9-1 er boret på grunnlag av Sagas 1979- "survey", mens 7117/9-2 ligger på Norsk Hydros "survey" 8103. 8103-nettet er blitt reprocessert av Horizon for BP, og denne reprocesserte seismikken har rimelig god kvalitet. Begge "surveyene" har relativt dårlig oppløsning i toppen, trolig på grunn av kilder med lang utstrekning. Det er skutt en forbindelseslinje mellom borehullene i 1988 (GBW88-T-4) som gir noe bedre oppløsning, fig. 7.

Nord for $71^{\circ}30'$ er det god dekning av seismikk med høy oppløsning, spesielt kan framheves Hydros "survey" 8401/8402. Det seismiske nettet i blokk 7117/9 er forbundet med dette regionale nettet, og det er relativt enkelt å følge reflektorene på seismikken fra brønnlokalitetene og inn på den regionale seismikken.

Det er dermed mulig å kartlegge reflektorene i vifta regionalt nordover mot de sentrale delene, som ligger på $72^{\circ}N$. Fra blokk 7117/9 og sørover er den regionale seismikken av relativt dårlig kvalitet. Alt er skutt tidlig på 70-tallet og det har ikke vært interesse for reprosesering.

For å få et inntrykk av den regionale betydningen av sekvensgrensene som kan identifiseres i borehullene, har vi derfor gått nordover. Profil 7140 (fig. 3) illustrerer forholdene.

I seismiske linjer gjennom borehullene (fig. 4 og 5) er det to ukonformiteter som peker seg ut internt i vifta. Den øverste er "URU", reflektor 1, som ligger på ca 0.67 s i begge borehullene, eller ca 600 m. Under denne er en tydelig sekvensgrense som ligger på ca 0.92 s i 7117/9-2 og 0.98 s i 7117/9-1 (reflektor 2 i fig. 4 og 5). Dette svarer til ca 860 og 910 m i borehullene (RKB). Reflektor 2 er kjennetegnet ved at den trunkerer de underliggende klinoformene, og den kan følges langt ut mot vest før den definerer en "shelf" - kant. I øst skjærer reflektor 2 ned gjennom bunnen av vifta og definerer bunnen av de dype erosjonskanalene i Tromsøbassenget, jfr fig. 3, linje 7140. Over denne linja er det skutt grunnseismikk av Universitetet i Tromsø, linje SBS-25-87, som viser dette erosjonsfenomenet enda bedre enn dypseismikken.

Undergrensa for vifta, reflektor 3, er også en markert sekvensgrense på Senjaryggen, der en kan følge et erosjonsrelieff. Borehull 7117/9-2 ligger høyere på strukturen enn 7117/9-1, og reflektorene underst i vifta

viser pålapp mot denne høyden. På forbindelseslinja GBW88-T-4 er det tydelig at de underste 50-60 ms i 7117/9-1 ikke finnes i 7117/9-2. Lengre vest er bunnen av vifta ingen erosjonsgrense, og det kan være vanskelig å definere den helt nøyaktig på seismikken. Usikkerheten kan dreie seg om 0-50 ms.

3. MATERIALE OG METODE

Bare borekaksmateriale var tilgjengelig til de stratigrafiske analysene.

Til de biostratigrafiske analysene ble det brukt 50 - 100g materiale. Prøver av ukonsolidert materiale ble løst i vann. Prøver av konsolidert materiale ble løst i hydrogenperoksyd.

Etter preparering ble mikrofossilene plukket ut fra det oppløste materialet i kornfraksjonen 0,1 - 0,5mm. Minst 300 eksemplarer ble plukket ut hvor det var tilgjengelig. Deretter ble resten av materiale i overnevnte kornfraksjon tyngdeseparert slik at de aller fleste pliocene/pleistocene kalkskallforaminiferer i hele prøven kunne bli analysert.

4. BIOSTRATIGRAFI

Borekaks blir vanligvis prøvetatt med et intervall på 10 m i de intervallene av borehull som ligger utenfor reservoarene. I visse tilfeller blir det imidlertid tatt prøver med 5 meters intervall.

I denne undersøkelsen ble borehull 7117/9-1 analysert først, og i dette borehullet ble de fleste prøvene analysert med 10 meters intervall. Noen få prøver ble analysert med henholdsvis 5 og 20 meters intervall. I borehullene 7117/9-2 og 7119/7-1 ble de fleste prøvene analysert med 20 meters intervall. I sekvenser som måtte undersøkes spesielt nøye ble prøvene analysert tettere.

Fossilinnholdet er undersøkt med hensyn på foraminiferer, radiolarer og diatomeer.

I underkapittel 1 blir faunaen beskrevet, og i underkapittel 2 blir resultatene fra faunaanalysene tolket. Vertikalfordelingsskjemaer ("range chart") er vist på vedlegg 1 - 3. Klassifikasjonen i vertikalfordelingsskjemaene er som følger: "rare" (mindre enn 20 eksemplarer), "common" (mindre enn 50 eksemplarer), "abundant" (50 eksemplarer eller mere).

4.1 FAUNABESKRIVELSE

4.1.1 BOREHULL 7117/9-1

350 - 610m

Bentonisk fauna: I denne sekvensen er det en ganske rik bentonisk fauna som består hovedsakelig av kalkskallforaminiferer.

Elphidium excavatum og Cassidulina reniforme forekommer forholdsvis hyppig i hele sekvensen. Arter som er mindre dominerende, men som også hovedsakelig finnes i hele sekvensen er følgende: Nonion affine, Virgulina loeblichii, Cibicides lobatulus, Angulogerina fluens, Haynesina orbiculare, Cibicides scaldisiensis, Islandiella islandica, Islandiella helenae, Elphidium albiumbilicatum, Cassidulina teretis, Angulogerina angulosa og Islandiella norcrossi. Paromalina coronata er begrenset til øvre del av sekvensen. Pullenia bulloides, Nonion labradoricum, Buccella tenerrima og Buccella frigida er begrenset til nedre del.

I nedre del av sekvensen finnes en del agglutinerte foraminiferer som en forbinder med nedre tertiær. De fleste av disse er slitte og fragmenterte og kan vanskelig identifiseres.

I nedre del av sekvensen er det også en del Inoceramus prismer. Dette er kalkprismer som bygde opp skallene til store mollusker som levde i øvre kritt. Få tallige, men spredt i hele sekvensen finnes en del bentoniske kalkskallforaminiferer fra øvre kritt.

Planktonisk fauna: Den venstredreide formen av Neoglobobulimina pachyderma er forholdsvis hyppig i de fleste

nivåene. Den høyredreide formen er langt sjeldnere, og en finner denne i bare noen av prøvenivåene.

Planktoniske foraminiferer fra øvre kritt og retikulerte radiolarer fra nedre tertiær opptrer fåtallig i hele sekvensen.

610 - 900m

Bentonisk fauna: Ser en hele sekvensen under ett, er det både færre arter og færre eksemplarer enn overliggende sekvens. I øvre del av sekvensen er det imidlertid langt flere både arter og individer enn lengre nede i sekvensen. I øvre del dominerer kalkskallforaminiferer, i nedre del dominerer agglutinerte foraminiferer

Følgende arter er forholdsvis hyppig øverst i sekvensen, men blir mer fåtallig nedover: Elphidium excavatum, Cibicides grossus og Cibicides lobatulus. Haynesina orbiculare, Angulogerina angulosa og Buccella tenerrima finnes fåtallig i hele sekvensen. Nonion affine, Angulogerina fluens, Cassidulina teretis og Buccella frigida finnes fåtallig i øvre del av sekvensen. Cassidulina reniforme er fåtallig i noen spredte nivåer.

Av agglutinerte former er følgende registrert: Glomospira charoides, Spiroplectammina spectabilis, Cyclammina ampectens, Rhabdammina gr. og Ammodiscus sp.. Disse er som i overliggende sekvens, slitte og fragmenterte.

Inoceramus prismar finnes forholdsvis hyppig i hele sekvensen. Fåtallig i øvre del av sekvensen er det en del bentoniske kalkskallforaminiferer fra øvre jura/nedre kritt, øvre kritt, oligocen og miocen. I nedre del av sekvensen er det en del spredte eksemplarer av svampspiklene Geodia sp.

Planktonisk fauna: Neogloboquadrina pachyderma (sinistral)

opptrer fåtallig i øvre del av sekvensen. I øvre del av sekvensen finnes også noen spredte eksemplarer av planktoniske foraminiferer fra øvre kritt. Retikulerte radiolarer fra nedre tertiær opptrer hyppig i hele sekvensen.

900 - 1020m

Bentonisk fauna: Agglutinerte foraminiferer dominerer denne delen av faunaen. Antall individer er noe større enn i overliggende sekvens. Følgende arter er registrert: Glomospira charoides, Spiroplectammina spectabilis, Cyclammina amplexans, Haplophragmoides kirki, Rhabdammina gr., Ammodiscus sp., Glomospira sp., Reophax sp. og Cyclammina sp.. Individene er slitte og fragmenterte.

Av kalkskallforaminiferer finnes følgende arter fåtallig: Elphidiella hannai, Nonion affine, Cibicides lobatulus, Cassidulia reniforme, Angulogerina fluens, Elphidium excavatum, Haynesina orbiculare, Cassidulina teretis, Angulogerina angulosa, Buccella tenerrima og Buccella frigida.

Inoceramus prismer finnes fåtallig i det meste av sekvensen.

Planktonisk fauna: Reticulate radiolarer er hyppig i hele sekvensen. Sekvensen inneholder ikke planktoniske foraminiferer.

1020 - 1180m

Bentonisk fauna: Som i overliggende sekvens domineres denne delen av faunaen av agglutinerte foraminiferer. Følgende former er registrert: Rhabdammina gr., Ammodiscus sp., Reophax sp., Cyclammina sp., Glomospira sp. og Haplophragmoides sp.. Eksemplarene er slitte og fragmenterte.

Følgende kalkskallforaminiferer er registrert som fåtallig: Nonion affine, Cibicides lobatulus, Cassidulina reniforme, Cassidulina teretis og Pullenia bulloides. Flere av disse er bare registrert i noen få nivåer. I tillegg til disse er det registrert noen få eksemplarer av arter en forbinder med oligocen. Disse fossilene har slitte skall.

Geodia sp. er registrert fåtallig i hele sekvensen, og Inoceramus prismer i noen få nivåer.

Planktonisk fauna: Globigerina bulloides er registrert fåtallig i øvre del av sekvensen. Reticulate radiolarer er hyppig i hele sekvensen.

1180 - 1210m

Bentonisk fauna: I denne sekvensen består faunaen av agglutinerte foraminiferer. Det er et stort antall eksemplarer, men forholdsvis få arter. Eksemplarene er fine og hele. Følgende former er registrert: Cyclamina amplectens, Rhabdammina gr., Karrerrella sp., Cribrostomoides sp. og Caenosphaera sp..

4.1.2 BOREHULL 7117/9-2

360 - 600m

Bentonisk fauna: Sekvensen inneholder en ganske rik bentonisk fauna av hovedsakelig kalkskallforaminiferer.

Følgende arter forekommer hyppigst: Elphidium excavatum, Nonion affine, Cibicides lobatulus, Cassidulina reniforme og Elhidium albiumbilicatum. Fåtallig i hele sekvensen finnes Islandiella islandica, Cassidulina teretis,

Islandiella helenae, Angulogerina angulosa, Cassidulina obtusa, Buccella frigida, Cibicides scaldisiensis, Loxostomoides lammersi, Haynesina orbiculare, Islandiella norcrossi og Buccella tenerrima. I øvre del av sekvensen er Nonion labradoricum reigistrert som fåtallig. Fåttallig i nedre del av sekvensen finner en Virgulina loeblichii og Pullenia bulloides.

I nedre del av sekvensen forekommer en del slitte og fragmenterte agglutinerte foraminiferer. Følgende former lar seg identifisere: Rhabdammina gr., Ammodiscus sp., Cyclammina sp., Glomospira sp., Reophax sp. og Haplophragmoides sp..

I spredte nivåer er det reistrert fåtallige bentoniske kalkskallforaminiferer fra øvre kritt, svampspikler og Inoceramus prismer.

Planktonisk fauna: Neogloboquadrina pachyderma (sinistral) er forholdsvis hyppig i de fleste nivåene. Den dextrale formen av Neogloboquadrina pachyderma er fåtallig.

I noen få spredte nivåer er det registrert fåtallige planktoniske foraminiferer fra øvre kritt og retikulate radiolarer.

600 - 880m

Bentonisk fauna: Sett under ett er det både færre arter og færre eksemplarer enn i overliggende sekvens. I øvre del av sekvensen er det et langt større antall arter og individer enn lengre nede i sekvensen. Kalkskallforaminiferer dominerer over agglutinerte foraminiferer i hele sekvensen.

Følgende arter er forholdsvis hyppig øverst i sekvensen, men blir mer fåtallig nedover: Elphidium excavatum, Cassidulina reniforme, Cibicides grossus, Elphidium albiumbilicatum, Buccella frigida og Angulogerina fluens. Følgende

arter er fåtallig i hele sekvensen: Nonion affine, Cibicides scaldisiensis, Haynesina orbiculare og Buccella tenerrima. Virgulina loeblichii og Loxostomoides lammersii finnes fåtallig i nedre del av sekvensen.

Agglutinerte foraminiferer finnes fåtallig i noen spredte nivåer. Følgende former er registrert: Glomospira charoides, Rhabdammina gr., Ammodiscus sp., Karrerella sp. og Cyclammina sp. Eksemplarene er slitte og fragmenterte.

Inoceramus prismer og svampspikler finnes fåtallig i hele sekvensen. Fåttallig i øvre del av sekvensen er det registrert bentoniske kalkskallforaminiferer fra øvre kritt. I ett nivå er det også registrert kalkskallforaminiferer fra oligocen.

Planktonisk fauna: Neogloboquadrina pachyderma (sinistral) finnes fåtallig i spredte nivåer, hovedsakelig i øvre del av sekvensen. Planktoniske foraminiferer fra øvre kritt finnes også i spredte nivåer i øvre del av sekvensen. Reticulate radiolarer er hyppig i hele sekvensen.

880 - 1120m

Bentonisk fauna: I denne sekvensen er det forholdsvis få både kalkskall og agglutinerte foraminiferer. Følgende er registrert: Elphidium excavatum, Elphidiella hannai og Cassidulina reniforme finnes fåtallig i hele sekvensen. Nonion affine og Cibicides lobatulus er fåtallig i øvre del av sekvensen. Buccella tenerrima er fåtallig i nedre del av sekvensen, og Cassidulina teretis, Buccella frigida og Haynesina orbiculare finnes fåtallig i spredte nivåer.

Agglutinerte foraminiferer finnes fåtallig i spredte nivåer. Følgende former er registrert: Cyclammina amplectens, Cyclammina sp., Rhabdammina gr., Trochammina sp. og Haplophragmoides sp.

Inoceramus prismer er fåtallig i øvre del av sekvensen. I noen spredte nivåer er det registrert noen få eksemplarer av bentoniske kalkskallforaminiferer fra øvre kritt, oligocen og miocen.

Planktonisk fauna: Noen få eksemplarer av Neoglobobulimina pachyderma (sinestral) finnes i øvre del av sekvensen. I noen få spredte nivåer er det registrert planktoniske foraminiferer fra øvre kritt. Retikulate radiolarer er hyppig i hele sekvensen.

1120 - 1130m

Bentonisk fauna: Av bentoniske fossiler er det bare registrert noen få svampspikler.

Planktonisk fauna: Pyritiserte diatomeer opptrer her i et stort antall. Blant disse finnes Coscinodiscus sp.1 (Bartenstein et al. 1962). Noe mindre hyppig finnes retikulate radiolarer.

4.1.3 BOREHULL 7119/7-1

350 - 460m

Bentonisk fauna: I denne sekvensen er det en ganske rik bentonisk fauna som består hovedsakelig av kalkskallforaminiferer.

I hele sekvensen forekommer Elphidium excavatum hyppigst. Forholdsvist hyppig er også Cassidulina reniforme i øvre del av sekvensen, men denne blir mer fåtallig lengre nede. Følgende arter finnes fåtallig i hovedsakelig hele sekvensen: Islandiella helenae, Nonion affine, Virgulina loeblichii, Cibicides lobatulus, Elphidium abiumbilicatum,

Islandiella islandica, Pullenia bulloides, Angulogeria fluens, Haynesina orbiculare, Cibicides scaldisiensis, Islandiella norcrossi, Cassidulina teretis, Buccella frigida, Buccella tenerrima og Oolina hexagona. Bulimina marginata finnes fåtallig i noen spredte nivåer.

Agglutinerte foraminiferer finnes fåtallig i noen spredte nivåer. Følgende er registrert: Karrerrella siphonella, Ammodiscus cretaceus, Spiroplectamina spectabilis, Rhabdammina gr., Cyclamina sp., Ammodiscus sp., Recurvoides sp., Haphlophragmoides spp., Cribrostomoides sp., Textularia sp., Karrerrella sp. og Trochammina sp.. De fleste agglutinerte foraminiferene er slitte.

Inoceramus prismer finnes fåtallig i nedre del av sekvensen. I spredte nivåer er det registrert noen få bentoniske kalkskallforaminiferer fra øvre kritt, eocen og oligocen. Svampspikler finnes fåtallig i hele sekvensen. Geodia sp. er registrert fåtallig i spredte nivåer.

Planktonisk fauna: Neogloboquadrina pachyderma (sinistral) er hyppig i hele sekvensen. Neogloboquadrina pachyderma (dextral) er fåtallig i hele sekvensen. Planktoniske foraminiferer fra øvre kritt er fåtallig i noen spredte nivåer. Aller nederst i sekvensen finnes noen få eksemplarer av retikulerte radiolarer.

460 - 590m

Bentonisk fauna: I denne sekvensen er det også en ganske rik bentonisk foraminiferfauna, men her dominerer agglutinerte foraminiferer. Følgende former opptrer hyppigst: Cyclamina amplexans, Recurvoides walteri, Haphlophragmoides walteri, Rhabdammina gr. og Haphlophragmoides sp.. Former som opptrer mer fåtallig er: Cyclamina sp., Ammodiscus sp., Recurvoides spp., Ammodiscus cretaceus, Spiroplectamina spectabilis, Textularia sp., Karrerrella

sp., Trochammina sp., Trochammina deformis og Haplophragmoides eggeri.

Følgende kalkskallforaminiferer er fåtallig i spredte nivåer: Elphidium excavatum, Nonion affine, Virgulina loeblichii, Cibicides lobatulus, Elphidium albiumbilicatum, Cassidulina reniforme, Angulogerina angulosa, Cibicides scaldiensis, Islandiella norcrossi, Cassidulina teretis, Buccella frigida og Buccella tenerrima.

I tillegg til disse pliocene/pleistocene formene er det registrert kalkskallforaminiferer fra oligocen og miocen. Disse finnes fåtallig i spredte nivåer. Når det gjelder de oligocene formene er det flere her enn i overliggende sekvens. Følgende oligocene arter er registrert: Turrilina alsatica, Valvulineria petrolei, Gyroidina schreibersiana, Cancris turgidus og Cibicides tenellus. Følgende miocene arter er registrert: Globocassidulina subglobosa og Stainforthia schreibersiana.

Inoceramus prismer og svamspikler er registrert fåtallig i spredte nivåer.

Planktonisk fauna: Neogloboquadrina pachyderma (sinistral) opptrer fåtallig i spredte nivåer. Neogloboquadrina pachyderma (dextral) finnes også, men det er langt færre av disse. Også spredt i sekvensen finnes retikulerte radiolarer fåtallig.

590 - 885m

Det som karakteriserer denne sekvensen er at det her er registrert svært få fossiler.

Bentonisk fauna: Av foraminiferer er det bare registrert agglutinerte former. Det er bare noen få eksemplarer og

disse finnes spredt i sekvensen. Følgende former er registrert: Trochammina deformis, Trocchammina sp., Cyclammina sp., Ammodiscus sp., Haplophragmoides sp. og Rhabdammina gr..

Planktoniske fossiler: Hverken planktoniske foraminiferer eller radiolarer finnes i denne sekvensen. I de fleste prøvenivåene er det imidlertid registrert fåtallig med pyritiserte diatomeer. Blant disse er det i noen av nivåene Coscinodiscus sp.1 (Bartenstein et al. 1962) og Triceratium sp.

885 - 950m

Bentonisk fauna: I denne sekvensen er det bare registrert agglutinerte foraminiferer, og disse er konsentrert til nederste prøvenivå. Her er det imidlertid litt større antall og litt flere arter, enn det en finner i noen av prøvenivåene i overliggende sekvens. Følgende er registrert: Spiroplectammina spectabilis, Haplophragmoides walteri, Haplophragmoides sp. og Rabdammina gr..

Plantoniske fossiler: I denne sekvensen finnes det heller ikke planktoniske foraminiferer og radiolarer. Innholdet av pyritiserte diatomeer er her imidlertid kanskje hyppig, og Coscinodiscus sp.1 (Bartenstein et al. 1962) utgjør en stor del av disse. Triceceratium sp. finnes fåtallig i et prøvenivå.

4.2 TOLKING AV FOSSILFOREKOMSTENE (se fig. 8)

4.2.1 BOREHULLENE 7117/9-1 og 7117/9-2

Biostratigrafien fra 600-700m og oppover i borehullene 7117/9-1 og 7117/9-2 er forholdsvis uproblematisk. Foraminiferfaunaen i denne delen domineres av pliocene/pleistocene arter, men det finnes en liten andel av mikrofossiler fra øvre kritt og nedre paleogen.

Fra dette nivået og ned til 1180m i borehull 7117/9-1 og 1120m i 7117/9-2 er det en meget komplisert fauna. Eocene mikrofossiler dominerer i de fleste nivåene. Det er en betydelig andel pliocene/pleistocene former, noe mindre med fossiler fra øvre kritt og i tillegg er det registrert mikrofossiler fra nedre jura/øvre kritt, oligocen og miocen.

Ser en imidlertid bort fra alle andre fossiler enn de pliocene/pleistocene formene finner en at en del av disse danner en klar sonering. En kan definere fire soner som består av bentoniske og planktoniske foraminiferer samt en art av svampspikler. I borehull 7117/9-1 finner en alle fire sonene. I borehull 7117/9-2 er de tre øverste registrert. Øvre grense for sonene faller i omtrent samme nivå i de to borehullene. Sonene er som følger:

NEGLOBOQUADRINA PACHYDERMA (SINISTRAL) - ISLANDIELLA ISLANDICA SONE (A)

Def.: Hyppig opptreden av Neogloboquadrina pachyderma (sinistral) samt en jevn opptreden av Islandiella islandica.

CIBICIDES GROSSUS SONE (B)

Def.: Jevn opptreden av Cibicides grossus.

ELPHIDIELLA HANNAI SONE (C)

Def.: Jevn opptreden av Elphidiella hannai

GEODIA SP. - GLOBIGERINA BULLOIDES SONE (D)

Def.: Jevn opptreden av Geodia sp. (svamp) samt opptreden av Globigerina bulloides.

NEOGLOBOQUADRINA PACHYDERMA (SINISTRAL) - ISLANDIELLA ISLANDICA SONE (A)

Denne sonen omfatter sekvens 350 - 610m i borehull 7117/9-1 og sekvens 360 - 600m i borehull 7117/9-2.

Neogloboquadrina pachyderma (sinistral) som opptrer hyppig i denne sonen dominerer den planktoniske foraminifer-faunaen i Norskehavet etter ca 1.7 mill. år BP (Spiegler & Jansen, under trykking). Denne arten finnes i avsetninger eldre enn dette, men den ble hyppig først på denne tiden i Norskehavet.

De bentoniske kalkskallforaminiferene en finner i denne sonen er alle arter en forbinder med pliocene/pleistocene avsetninger. Ingen av disse artene er utdødd. I hvert prøvenivå er det en blanding av boreale og arktiske arter.

Oksygenisotopkurver fra borehull i Norskehavet (Jansen et al. 1988) viser at klimaet i øvre pliocen og pleistocen hele tiden har skiftet forholdsvis raskt mellom kalde og

mindre kalde perioder. Sedimentene i hver borekaksprøve kan derfor stamme fra sedimenter avsatt under forskjellige klimatiske forhold selv om prøveintervallene er på bare 10m.

Islandiella islandica som er begrenset til denne sekvensen er beskrevet fra pleistocene sedimenter fra arktisk Canada (Feyling-Hanssen 1986).

De fossilene en finner i denne sekvensen som stammer fra øvre kritt og eocen må antas å være resedimentert. Dette underbygges av at de eocene agglutinerte foraminiferene er slitte og fragmenterte.

På grunnlag av den jevnt hyppige opptreden av Neogloboquadrina pachyderma (sinistral) er sannsynligvis hele sonen avsatt etter 1,7 mill år BP. Ifølge Haq et al. (1977) er pliocen-/ pleistocene- grensen satt til 1,61 mill år BP (toppen av Olduvai normal polaritet hendelse), og dette er nå alminnelig anerkjent. Dvs sonen er hovedsakelig avsatt i pleistocen.

CIBICIDES GROSSUS SONE (B)

Denne sonen omfatter sekvens 610 - 900m i borehull 7117/9-1 og 600 - 880m i borehull 7117/9-2.

Cibicides grossus er begrenset til denne sonen og opptrer jevnt gjennom hele sonen. Ifølge King (1983) levde Cibicides grossus i Nordsjøområdet fra øvre del av nedre pliocen til øvre del av øvre pliocen, og døde ut noe før pliocen-/pleistocen- grensen. Seismiske data indikerer at det er en liten ukonformitet mellom faunasonene A og B (se også kap. 2).

Feyling-Hanssen (1986) har beskrevet Cibicides grossus fra antatt øvre pliocene sedimenter fra arktisk Canada.

De andre pliocene/pleistocene bentoniske kalkskallforaminiferene en finner i denne sonen er alle arter som også lever i dag. Som i overliggende sekvens er det en blanding av boreale og arktiske arter innen hvert prøvenivå.

Neoglobobulimina pachyderma (sinestral) finnes i deler av sonen, men er her fåtallig.

Agglutinerte foraminiferer opptrer hyppigere her enn i overliggende sekvens, og i nedre del av sonen i borehull 7117/9-1 dominerer disse over andre bentoniske foraminiferer. Blandt disse er Spiroplectammina spectabilis og Cyclammina amplexans. Fra Nordsjøområdet har King (1983) bekreftet Spiroplectammina spectabilis fra øvre paleocene sedimenter, og Cyclammina amplexans fra nedre eocen. De andre formene en finner her er arter med lang utbredelse i tid, og i Nordsjøen kjennes disse fra sedimenter som stammer fra store deler av nedre tertiær. Som i overliggende sekvens er de agglutinerte foraminiferene slitte og fragmenterte og må antas å være resedimenterte. Antatt å være resedimentert er også de kalkskallforaminiferene fra øvre jura/nedre kritt, øvre kritt, oligocen og miocen som er registrert her.

De retikulerte radiolarene en finner i stort antall i hele sekvensen hører til slekten Caenosphaera. I Nordsjøen forekommer disse hyppig i en sone i nedre eocen (King 1983). Selv om disse utgjør en stor del av det totale fossilinnholdet i sonen, må en anta at de er resedimentert.

En antar at de pliocene/pleistocene foraminiferene er "in situ". Som nevnt foran omfatter sonen omtrent samme del av borehullskolonnen i begge borehullene. På grunnlag av forekomsten av Cibicides grossus, og på grunnlag av dateringen av underliggende faunasone D, antar en at hele sonen er av øvre pliocen alder.

ELPHIDIELLA HANNAI SONE (C)

Denne sonen omfatter sekvens 900 - 1020m i borehull 7117/9-1 og sekvens 880 - 1120m i borehull 7117/9-2.

Elphidiella hannai er begrenset til denne sonen og opptrer jevnt gjennom hele sonen. I Nordsjøområdet har Elphidiella hannai en utbredelse fra nedre pliocen til og med nedre pleistocen. Feyling-Hanssen (1986) har beskrevet Elphidiella hannai fra antatt øvre pliocene avsetninger i arktisk Canada, i Alaska og på Nord-Grønland.

De andre pliocene/pleistocene bentoniske kalkskallforaminiferene en finner i denne sekvensen er arter som også lever i dag. Som i de to overliggende sonene er det en blanding av boreale og arktiske former innen hvert prøvenivå.

Neogloboquadrina pachyderma (sinistral) finnes fåtallig i øvre del av sonen i borehull 7117/9-2.

Agglutinerte foraminiferer utgjør her en enda større del av faunaen enn i overliggende sone, men en finner omtrent de samme formene her som i sone B. Disse fossilene er også her slitte og fragmenterte og må antas å være resedimentert.

Retikulerte radiolarer fra nedre eocen utgjør også her en stor del av faunaen, men må antas å være resedimentert. Det samme gjelder en liten andel av Inoceramus prismer fra øvre kritt og bentoniske kalkskallforaminiferer fra øvre kritt, oligocen og miocen.

En antar at de pliocene/pleistocene foraminiferene er "in situ" og ikke nedfall fra overliggende sekvens på grunn av følgende: Elphidiella hannai er ikke registrert i overliggende sediment. Øverste forekomst av Elphidiella hannai ligger i omtrent samme nivå i de to borehullene, og over denne sonen er det satt 20" foringsrør i begge bore-

hullene. Skulle disse fossilene utgjøre nedfall bør en forvente å finne Cibicides grossus, som har jevn opptreden i overliggende sekvens, også her. På grunnlag av forekomsten av Elphidiella hannai, og på grunnlag av dateringen av underliggende faunasone D, antar en at hele sonen ble avsatt i øvre pliocen.

GEODIA SP. - GLOBIGERINA BULLOIDES SONE (D)

Denne sonen er bare registrert i borehull 7117/9-1, og omfatter der sekvens 1020 - 1180m.

Geodia sp. er registrert i spredte nivåer også i andre soner, men i sone D har den en jevn utbredelse i hele sonen. Geodia sp. er i Nordsjøen og på Haltenbanken kjent fra sedimenter fra det meste av tertiær. Den planktoniske foraminiferen Globigerina bulloides lever i Norskehavet også i dag, men ved siden av Neogloboquadrina atlantica (sinistral) dominerte denne faunaen i pliocene avsetninger eldre enn 2,3 mill. år BP (Spiegler & Jansen, under trykking). Neogloboquadrina atlantica (sinistral) er imidlertid ikke funnet her, men erfaring fra Haltenbanken viser at N. atlantica (sinestral) forsvinner fra kystområdene tidligere i pliocen enn Globigerina bulloides.

De pliocene/pleistocene bentoniske kalkskallforaminiferene som en finner i denne sonen er alle arter som også lever i dag. Det er både færre arter og eksemplarer enn i overliggende sone.

Agglutinerte foraminiferer fra nedre tertiær og retikulære radiolarer fra nedre eocen utgjør den vesentlige delen av fossilene i denne sonen. De agglutinerte foraminiferene er slitte og fragmenterte. En antar at alle disse fossilene er resedimenterte. Det samme gjelder noen bentoniske kalkskallforaminiferer fra oligocen og Inoceramus prismes fra øvre kritt.

Antar en at forekomsten av Globigerina bulloides her tilsvarer hvor denne arten forekommer hyppig i Norskehavet, er denne sonen avsatt i øvre pliocen før ca. 2.3 mill år BP.

Under sone D i borehull 7117/9-1 er det en fauna som består utelukkende av agglutinerte foraminiferer og retikulate radiolarer. De agglutinerte foraminiferene er her ikke slitte og fragmenterte. Cyclamina amplexans og Caenospaera sp. indikerer at dette er nedre eocene sedimenter, og tilsvarer faunasone NSB 4 og NSP 6 i Nordsjøen (King 1983). Siden en her ikke finner yngre fossiler og fossilene ikke er slitte antar en at disse avsetningene er "in situ".

Under sone C i borehull 7117/9-2 er det en "ren" diatomeflora med pyritiserte diatomeer. Blant disse er Coscinodiscus sp.1 (Bartenstein et al. 1962) som indikerer basal eocene/øvre paleocene sedimenter. Dette tilsvarer faunasone NSP 4 i Nordsjøen (King 1983). En antar at også disse sedimentene er "in situ".

4.2.1.1 DISKUSJON

Andre som har arbeidet med disse sekvensene har tolket de sedimentene som tilsvarer faunasone B, C og D til å være "in situ" eocene sedimenter. De yngre fossiler er antatt å være nedfall og de eldre er antatt å være resedimentert (upubliserte rapporter). Spencer et al. (1984) angir at øvre del av en sedimentkolonne som tilsvarer faunasone B, C og D i borehull 7117/9-1 er av miocen til pliocen alder. Nedre del er antatt å være av nedre eocen til oligocen alder.

Følgende punkter fra overliggende tolkning viser at disse antagelser mest sannsynlig ikke er riktig:

1. En klar sonering av pliocene/ pleistocene former er representert i begge borehullene. De fleste grensene mellom disse sonene ligger i samme nivå i de to borehullene.
2. Øverste opptreden av Elphidiella hannai er langt nede i borehullene, og over denne forekomsten er det satt 20" foringsrør.
3. Eldre fossiler enn pliocene/pleistocene har tydelige tegn på slitasje som tyder på at de er resedimentert.
4. I sedimentene under de omtalte faunasonene er pliocene/pleistocene fossiler ikke registrert.

Seismiske data viser at det også er tydelige reflektorer i nivåer som tilsvarer grensene mellom faunasonene B / C og C / D. Hiati her kan imidlertid ikke utgjøre store tidsprang (se kap. 2).

4.2.2 BOREHULL 7119/7-1

350 - 460m

Fossilinnholdet i den øverste sekvensen i dette borehullet er nesten identisk med fossilinnholdet i de øverste sekvensene i borehullene 7117/9-1 og 7117/9-2. Slik som disse tilhører denne sekvensen Neogloboquadrina pachyderma (sinistral) - Islandiella islandica sone.

460 - 590m

I denne sekvensen er det en blanding av fossiler fra forskjellig tid. Fossilinnholdet domineres av en agglutinert foraminiferfauna med blant annet Cyclamina

amplectens. Cyclammina amplectens indikerer avsetninger fra nedre eocen (King 1983). Innhold av retikulerte radiolar indikerer også nedre eocene sedimenter (King 1983). Bentoniske og planktoniske, pliocene/pleistocene foraminiferer finnes fåtallig i spredte nivåer. Det samme er tilfelle med bentoniske kalkskallforaminiferer fra oligocen og miocen og Inoceramus prismer fra øvre kritt.

Studiet av borekaksmateriale viser at det er en klar litologisk grense ved 460m. Materialet over dette består av ukonsolidert sandig leire med klaster av krystalline og sedimentære bergarter. Under 460m er det hovedsakelig konsolidert leirstein og siltstein. I noen få prøver er det ren kalkstein (se kap. 5).

Det er to mulige forklaringer til at en har dette fossilinnholdet i sedimentene. De eocene fossiler kan være "in situ" og de andre fossiler kan være nedfall og stamme fra overliggende sekvens (20" foringsrør er satt ved 532 m). Et problem er imidlertid de oligocene og miocene foraminiferene en finner her. Resedimenterte oligocene foraminiferer er også registrert i overliggende sekvens, men ikke i så stort antall som her. De kan imidlertid stamme fra et nivå som ikke er prøvetatt.

Det mest sannsynlige kan imidlertid være at materialet i denne sekvensen utgjør rassedimenter. De eocene sedimentene kan være utraste blokker, og inne i mellom disse kan det være annet sediment. Seismiske data (se kap. 2) kan understøtte en slik teori. I denne delen av borehullet går det et forkastningsplan, og det kan ha rast ned blokker fra den oppforkastede siden.

590 - 885m

I denne sekvensen er det registrert svært få fossiler, og det er derfor vanskelig å aldersbestemme denne delen. De få agglutinerte foraminiferene som forekommer er former som en

forbinder med store deler av nedre tertiær. Det opptrer imidlertid pyritiserte diatomeer jevnt gjennom hele sekvensen.

Etter King (1983) er faunasonene NSB 2 og NSP 4 fra Nordsjøområdet karakterisert ved forekomst av diatomeene Coscinidiscus sp. 1 og sp. 2 (Bartenstein et al. 1962) og at det nesten ikke forekommer foraminiferer. Assosiert med Coscinodiscus er det vanlig med andre, vanskelig bestembare diatomeer i denne sonen. Coscinodiscus sp. 1 opptrer først ved 620 m, men på grunnlag av forekomsten av andre pyritiserte diatomeer er det nærliggende å anta at hele denne sekvensen tilsvarer denne sonen. Sonen er i Nordsjøen avsatt nederst i nedre eocen til øvre paleocen.

885 - 950m

En forholdsvis hyppig opptreden av diatomeen Coscino-
discus sp. 1 viser at dette er basal eocene - øvre
paleocene sedimenter (King 1983).

4.2.3 TOLKING AV AVSETNINGSMILJØ PÅ GRUNNLAG AV FOSSILFAUNA (FAUNASONENE A, B, C og D)

Ser en alle de fire faunasonene i ett er det en meget stor andel klastisk materiale og resedimenterte fossiler i forhold til "in situ" fossiler. Spesielt gjelder dette faunasone B, C og D. Dette er en indikasjon på avsetning i et marginalt marint miljø.

Oksygenisopanalyser og sedimentstudier fra borehull i Norskehavet viser at det har vært et stort antall skiftninger mellom kalde og mindre kalde perioder i øvre pliocen og pleistocen, dvs når disse faunasonene ble avsatt (Jansen et al., 1988).

I de kalde periodene antar en at store landområder har vært nediset. Dette har igjen ført til en rekke raske endringer i havnivå. Noen av disse endringene har sannsynligvis vært så raske at de vanskelig kan komme tilsyne i det materiale som er tilgjengelig.

Borekaksprøver prøvetatt hver tiende meter vil gi en forholdsvis lav stratigrafisk oppløsning. En kan her derfor bare regne med å se større trender i forandringer i avsetningsmiljøet.

Øverste halvpart av faunasone D inneholder planktoniske foraminiferer. Denne delen har derfor sannsynligvis vært avsatt under forholdsvis åpne marine forhold. Overliggende sone C inneholder ikke planktoniske foraminiferer, og Elphidiella hannai i denne sonen indikerer grunne forhold (Feyling-Hansen 1986 og Skarbø & Verdenius 1986). I sone B er det igjen et lite innslag av planktoniske foraminiferer. Cibicides grossus som karakteriserer denne sonen levde på et større vanddyb enn Elphidiella hannai (Feyling-Hansen 1986 og Skarbø & Verdenius 1986).

Dette indikerer minkende vanddyb når en går fra sone D til C. Når en går fra sone C til B ser det ut til å bli økende vanddyb. Denne økningen ser ut til å fortsette inn i sone A som er rik på planktoniske foraminiferer.

5. LITOLOGI OG LITOSTRATIGRAFI

Loggene viser at det meste av sekvensene som tilsvarer faunasonene A, B, C og D består av finkornete sedimenter. Det er imidlertid en del lag av sand spesielt nederst i borehull 7117/9-1. Dette tilsvarer nedre del av biosone D.

Ved prøveprepareringen viser det seg at borekaksen består hovedsakelig av ukonsolidert materiale som lett lar seg løse opp i vann. Imidlertid finnes i alle prøvene gruspartikler av konsoliderte bergarter som ikke lar seg løse opp på denne måten. De aller fleste gruskornene har skarpe kanter, og en stor del av disse består av sedimentære bergarter. En finner imidlertid også en betydelig del korn av krystalline bergarter i de fleste prøvene (se plansje 2).

Forekomst av skarpkantede, krystalline gruspartikler i sedimentene er en klar indikasjon på innslag av isdroppet materiale.

Ifølge Jansen et al. (1989) viser undersøkelser av dyp-havskjerner fra Norskehavet at det allerede fra 5,4 mill. år BP var intervaller med små flukser av isdroppet materiale. Fra ca 2.6 mill. år BP ble det en jevnere og mye større fluks, og det antas at den første ekspansjon av et skandinavisk isdekke ned til havnivå startet på denne tiden (Jansen et al. 1988).

En må anta at det betydelige innslaget av forholdsvis store krystalline bergartsfragmenter vi finner i sedimentene begynte å bli avsatt etter at et skandinavisk isdekke nådde havnivå, og at dette er med på å indikere alderen på sedimentene i viften. Det kan i denne sammenheng nevnes at Univ. i Trømsø vil sette igang et studie på de krystalline bergartfragmentene for å kunne bestemme opphavsstedet.

6 STRONTIUMISOTOP-STRATIGRAFI (fig. 9)

Til strontiumisotop-analyse ble det plukket ut fragmenter av molluskskall fra 8 prøvenivåer i sedimenter tilsvarende faunasone B, C og D i borehull 7117/9-1 og fra 5 prøvenivåer i sedimenter tilsvarende faunasone A, B og C i borehull 7117/9-2.

Analysene er utført ved Institutt for Energiteknikk, og måler forholdet mellom $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ i skallfragmentene. Etter E. W. Mearns (pers. komm.) er det på grunnlag av data fra Koepnick et al. (1985), DePaolo & Ingram (1985) og DePaolo (1986) konstruert en kurve som viser hvordan forholdet mellom $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ i sjøvann har variert med tiden. Kurven er basert på prøver fra hele tertiær (tilsvarende kurve finnes også for mesozoiske og palaeozoiske sedimenter).

Usikkerhetstallene som er knyttet til hver alder angir bare analytisk usikkerhet for hver enkelt prøve, og tar ikke i betraktning usikkerhet ved konstruksjonen av selve sjøvannskurven.

På samme måte som biostratigrafien, viser strontium-isotop-analysene at det er en blanding av sedimenter fra forskjellige tid.

De fleste prøvene stammer fra de sekvensene som tilsvarer faunasone C. Tilsammen fire analyser indikerer at dette er øvre pliocene sedimenter. Tre analyser angir henholdsvis øvre kritt, nedre oligocen og miocen. Disse representerer sannsynligvis resedimentert skallmateriale. Aller nederst i sekvensen i borehull 7117/9-2 er det en analyse som indikerer at skallfragmentet er fra overgangen pliocen/pleistocen. Dette representer murlig nedfall fra sedimenter som tilsvarer nedre del av faunasone A eller øvre del av faunasone B.

Tre prøver stammer fra sedimenter som tilsvarer faunasone B. Analysen fra borehull 7117/9-1 gir nedre kritt alder, og må representere resedimentert materiale. To analyser fra borehull 7117/9-2 gir pleistocen alder. Begge disse prøvene stammer fra området over det punkt hvor det ble satt 20" foringsrør, og representerer sansynligvis nedfallsmateriale.

Den ene analysen fra materiale som tilsvarer faunasone D gir en øvre kritt til perm alder og må representere resedimentert materiale. Det finnes lite skallmateriale i denne sekvensen slik at det er vanskelig å foreta flere analyser.

Som nevnt foran utgjør nedre eocene fossiler en meget stor del av mikrofossilfaunaen i faunasone B, C og D, men ingen av strontiumisotop- analysene gir nedre eocen alder. Eocene mikrofossilene er imidlertid bare representert av agglutinerte foraminiferer og radiolarer og ikke kalkskallmikrofossiler. Disse sedimentene har derfor sannsynligvis heller ikke inneholdt andre kalkfossiler som mollusker.

7. SAMMENSTILLING OG KONKLUSJON

Både biostratigrafi, litostratigrafi og strontiumisotopstratigrafi viser at i borehullene 7117/9-1 og 7117/9-2 ligger øvre pliocene sedimenter ukonformt på sedimenter fra henholdsvis nedre eocen og basal eocen/øvre paleocen.

Forekomsten av Globigerina bulloides i faunasone D indikerer at disse avsetningene er eldre enn 2,3 mill år BP. Innholdet av isdroppet materiale indikerer imidlertid at sedimentene over den overnevnte regionale ukonformiteten ikke kan være mye eldre enn 2,6 mill. år BP.

Dette sammenfaller med resultatene fra strontiumisotopanalyse fra sedimenter tilsvarende faunasone C. De prøvene som er tolket til å representere "in situ" materiale gir følgende alder: Borehull 7117/9-1, i øvre del av sekvensen: $2,56 + 0,54/-0,41$ mill år BP, og i nedre del: $2,75 + 0,65/-0,5$ mill år BP. Borehull 7117/9-2, i øvre del av sekvensen: $2,05 + 0,35/-0,25$ mill år BP, og i nedre del: $2,6 + 0,55/-0,4$ mill år BP (se fig 9).

Dette viser klart at sedimentene umiddelbart over den regionale ukonformiteten må være avsatt etter grensen øvre/nedre pliocen (3,4 mill år BP, Bergren et al. 1985), men før 2,3 mill år BP.

Det synes å være et godt samsvar mellom seismikk og biostratigrafi. Sekvensgrensene passer i dyp med de sonegrensene som er definert (fig 7). Karakteren på sekvensgrensen som ligger på ca 900m, tyder på at det har vært en fase med erosjon, etterfulgt av en transgresjon. Miljøendringer i fossilfaunaen viser også dette. Det er mulig at de dype erosjonskanalene som ble dannet i Tromsø bassenget på denne tiden kan representere det første viktige isframstøtet så langt vest på sokkelen (se fig. 3).

Det er generelt vanskelig å korrelere loggene i disse sekvensene, både på grunn av små utslag og på grunn av at det er ukjente andeler med grunnfjellsfragmenter som kan gi utslag på gamma - loggen. Muligheten for feiltolkninger er derfor større enn i mer "normale" bergarter.

Seismikken tyder på at den undre delen av faunasone C skal være bevart i begge borehullene, mens den øvre delen av sonen kan forventes å mangle i borehull 7117/9-1. Dersom en bruker denne tolkningen ved log - korrelasjonen, vil logger og seismikk antyde at bunnen av sone C ligger på 1050 - 1060 m i borehull 7117/9-2.

Det at biosone D ikke er funnet i borehull 7117/9-2 kan ha følgende årsaker:

1. Det fremgår av seismikken at denne sonen lapper på høyden. Sonen må derfor forventes å være tynn og dårlig utviklet i borehull 7117/9-2.
2. Fordi borehull 7117/9-2 ligger på en høyde kan det ha vært et annet biologisk miljø her enn under samtidige avsetninger i borehull 7117/9-1.

Seismisk skiller viften seg fra det underliggende med sine mektige progradende sekvenser som ikke er deformert (med et unntak). Det naturlige skillet på seismikken går ved den underste ukonformiteten som er definert ovenfor, ikke ved ukonformiteten ved 900m. Loggene og steinmaterialet gir det samme bildet, og det korrelerer godt med den biostratigrafiske tolkningen.

Tolkningen av de biostratigrafiske analysene i borehull 7119/7-1 underbygger tolkningene av seismikken og viser at viften ikke strekker seg så langt øst som til dette området (se fig 6).

Interessant i sammenheng med våre undersøkelser er et borehull boret i forbindelse med "Deep Sea Drilling

Prosjekt, Leg 38". "Site" 344 ligger øst for Knipovichryggen utenfor munningen av Storfjordrenna, på den distale delen av den store sedimentviften som ligger i dette området (fig. 1) (se kap. 2). Vanddypet er på dette stedet er 2156m og "basement" ligger 377,5 m under havbunnen.

Sedimentene umiddelbart over "basement" er datert til miocen - pliocen (Talwani et al. 1976). En gjennomgang av rapporten viser imidlertid at den planktoniske foraminiferen som markerer grensen miocen/pliocen (Neoglobobulimina atlantica dextral) ikke er registrert. Utenom en liten sekvens aller nærmest "basement" er det i hele sedimentkolonnen innhold av isdroppet materiale, og nyere data fra "leg" 104 viser at de første store innslag av isdroppet materiale i Norskehavet kommer ca 2,6 mill år BP (Jansen et al 1988). Selve "basement" er datert med K/Ar til 3 mill år BP. Dette indikerer at sedimentene over "basement" i dette området i hvert fall ikke kan være så gamle som miocen.

Store deler av sedimentkolonnen består av en veksling mellom glasimarine avsetninger og turbiditter, og det er et stort innslag av resedimenterte fossiler i avsetningene.

Det er nærliggende å anta at oppbygningen av viften utenfor Storfjordrenna startet noenlunde samtidig med oppbygningen av viften utenfor Bjørnøyrenna. I så henseende underbygger alderen på sedimentene i dette borehullet våre dateringer.

8. LITTERATURHENVISNING

8.1 ARBEIDER HENVIST I TEKSTEN

- Berggren, W. A., Kent, D. V., Flynn, J. J., Couvering, J. A., 1985: Cenozoic geochronology, Geol. Soc. of Am. Bull., vol. 96, 1407-1418
- DePaolo, D. J., 1986: Detailed record of the Neogene Sr isotopic evolution of seawater from DSDP Site 590 B. Geology, v. 14, 103-106.
- DePaolo, D. J. & Ingram, B. L., 1985: High-resolution stratigraphy with strontium isotopes: Science, v. 227, 938-941.
- Elverhøi, A., Antonsen, P., Flood, S. B., Solheim, A. & Vullestad, A. A., 1988: Physical environment in Western Barents Sea. Nor Pol. Inst. Skr. 179 D. 32s. + kart.
- Feyling-Hanssen, R. W., 1986: Grænsen mellom Tertiær og Kvartær i Nordsøen og i Arktis, fastlagt og korrelert ved hjelp af bentoniske foraminiferer. Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1985, 19 - 33.
- Haq, B. U., Berggren, W. A. and van Couvering, J. A., 1977: Corrected age of Pliocene/Pleistocene boundary. Nature, 269, 483-488.
- Jansen, E., Beil, U., Beil, Henrich, R., Kringstad, L. & Slettemark, B., 1988: Paleoenvironmental changes in the Norwegian Sea and the Northeast Atlantic during the last 2,8 m.y.: Deep Sea Drilling Project / Ocean Drilling Program Sites 610, 642, 643 and 644. Paleoceanography, vol. 3, no. 5, 563-581.

- Jansen, E., Sjøholm, J., Bleil, U., and Erichsen, J. A. (Under trykking). Neogene and Pleistocene glaciation in the northern hemisphere and Miocene-Pliocene global ice volume fluctuations: evidence from the Norwegian Sea. In: Geologic history of the Polar Oceans: Arctic versus Antarctic (Eds. Bleil, U. and Thiede, J.) NATO ASI Series, Kluwer Acad, Publ..
- Koepnick, R. B., Burke, W. H., Dension, R. E., Hetherington, Nelson, H. F., Otto, J. B. & Waite, L. E., 1985: Construction of the seawater $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ curve for the Cenozoic and Cretaceous - supporting data.
- Nøttvedt, A., Berglund, L. T., Rasmussen, E. & Steel, R. J., 1988: Some aspects of Tertiary tectonics and sedimentation along the western Barents Shelf. In Morton, A. C. & Parson, L. M. (eds). Early Tertiary volcanism and the opening of the NE Atlantic. Geol. Soc. Spec. Publ. 39, pp 421-425.
- Sigmond, E. M. O. (under forberedelse): Bedrock map of Norway with adjacent shelf and ocean areas. Scale 1 : 300000, Geol. surv. of Norway.
- Skarbø, O. & Verdenius, J. G., 1986: Catalogue of Microfossils, Quaternary - Tertiary. IKU publ. no 113.
- Spencer, A. M., Home, P.C., & Berglund, L. T., 1984: Tertiary structural development of the western Barents Shelf: Troms to Svalbard. In: Petroleum Geology of the North European Margin. Norwegian Petroleum Society (Graham & Trotman), 199-209.
- Talwani, M., Udintsev, G., et al., 1976: Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project. In Talwani, M., Udintsev, G., et al., 1976. Initial Reports of Deep Sea Drilling Project, Volume 38, Washington (U.S. Government Printing Office), 1256 p.

Vorren, T. O., Lebesbye, E., Henriksen, E., Knutsen, S. -M. & Richardsen, G. (1988): Cenozoic erosjon og sedimentasjon i det sørlige Barentshav. Abstract, XVIII Nordisk Geologisk Vintermøte, København 1988, s. 424

Vorren, T. O., Lebesbye, E., Andreassen, K. & Larsen, K. -B. (1989): Glacigenic sediments on a passive continental margin as exemplified by the Barents Sea. Marine Geology 85, 251-272.

8.2 LITTERATUR TIL BESTEMMELSE AV TAXA

- Barker, R. W., 1960: Taxonomic Notes on the Species Figured by H. B. Brady in his Reports on the Foraminifera Dredged by H. M. S. Challenger During the Years 1873 - 1875. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists. Special publication no. 9, Tulsa, Oklahoma, 238 s.
- Batjes, D. A. J., 1958: Foraminifera of the Oligocene of Belgium. Mem. Inst. R. Sci. Nat. Belg., No. 143, 188 s.
- Doppert, J. W. C., 1980: Lithostratigrafi and biostratigrafi of marine neogene deposits in the Netherlands. Meded. Rijks Geol. Dienst, Vol. 32-16, 257-311.
- Feyling - Hanssen, R. W., 1964: Foraminifera in Late Quaternary Deposits from the Oslo area. Nor. Geol. Unders. 225, 383 s.
- Feyling - Hanssen, R. W. & Buzas, M. A., 1976: Emendation of *Cassidulina* and *Islandiella helenae* new species. Journal of Foraminiferal Research, 6, 154-158.
- Hansen, H. j., 1972: Two species of Foraminifera of the genus *Turrilina* with different wall structure. Lethaia 5, 39-45.
- Kihle, R & Løfaldli, M., 1973: An Atlas of Foraminifera from unconsolidated sediments on the Norwegian Continental Shelf - Description and Stratigraphic occurrence of 214 species. The Continental Shelf Division, NTNFR, 216 s.

- King, C., 1983: Cainozoic micropalaeontological biostratigraphy of the North Sea. IGS Report 82/7.
- Knudsen, K. L., 1971: Late Quaternary Foraminifera from Vendsyssel, Danmark and Sandnes, Norway - systematic part. In Feyling - Hanssen et al.: Late Quaternary Foraminifera from Vendsyssel, Danmark and Sandnes, Norway. Bull. geol. Soc. Denmark, 21, 185-291 s.
- Knudsen, K. L., 1973: The Lundegård Clay of Vendsyssel, Denmark, and its foraminifera. Bull. geol. Soc. Denmark, 22, 155-192.
- Knudsen, K. L., 1977: Foraminiferal faunas of the Quaternary Hostrup Clay from northern Jutland, Denmark. Boreas, 6, 229-245.
- Knudsen, K. L., 1978: Middle and Late Weichselian marine deposits at Nørre Lyngby, northern Jutland, Denmark, and their foraminiferal faunas. Danmarks Geol. Und. II. Række. Nr. 112, 5-45.
- Poore, R. Z., 1979: Oligocene through Quaternary planktonic foraminiferal biostratigraphy of the North Atlantic: DSDP Leg 49. In Luyendyk, B. P. et al.: Initial Rep. Deep Sea Drill. Proj., Vol. 49, 447-518.
- Poore, R. Z. & Berggren, W. A. 1975: Late Cenozoic planktonic foraminiferal biostratigraphy and paleoclimatology of Hatton - Rockall Basin: DSDP site 116. Journal of Foraminiferal Research, Vol. 5, No. 4, 270-293.
- Skarbø, O. & Verdenius, J. G., 1986: Catalogue of Microfossils, Quaternary - Tertiary. IKU publ. no 113.

Spiegler, D., 1974: Biostratigraphie des Tertiars zwischen Elbe und Weser/Aller (Benthische Foraminiferen, Oligo - Miozan). Geol. Jb. A 16, 27-69.

Spiegler, D. & Jansen, E., 1989: Planktonic Pliocene foraminiferal biozones, leg 104. ODP Research vol. 104/B, under trykking.

Ulleberg, K., 1974: Foraminifera and stratigraphy of the Viborg Formation in Sofienlund, Denmark. Bull. Geol. Soc. Denmark, vol. 23, 269-292.

9. TAKK

Tekniske medarbeidere på prosjektet har vært Sigrun Olafsen og Bjørg Ruus og vi vil takke disse for et meget nøyaktig og samvittighetsfullt arbeide.

Spesiell takk vil vi også rette til: Oddvar Skarbø (tidl. IKU), Eystein Jansen (Univ. i Bergen) og Robert Williams (OD).

Takk vil vi også rette til følgende persjoner som på forskjellig måte har kommet med bidrag til prosjektet: Kjell R. Bjørklund (Univ. i Oslo), Per Blystad (OD), Rolf W. Feyling-Hanssen (tidl. Univ. i Århus), Willy Fjeldskaar (Rogalandsforskning), Dag Helliksen (OD), Euan W. Mearns (Inst. for Energiteknikk), Aase Moe (OD), Finn Moe (OD), Arne Råheim (Inst. for Energiteknikk) og Paul van Veen (Norsk Hydro).

10. ENGLISH SUMMERY

The thick Neogene wedge situated at the Western Barents Sea margin between Bjørnøya and Norway, has been penetrated by two exploration wells, 7117/9-1 and 2. The wedge was built up by sediments eroded from large parts of the Southern Barents Sea, and the age of the wedge is relevant for the study of Late Tertiary erosion observed in the Barents Sea.

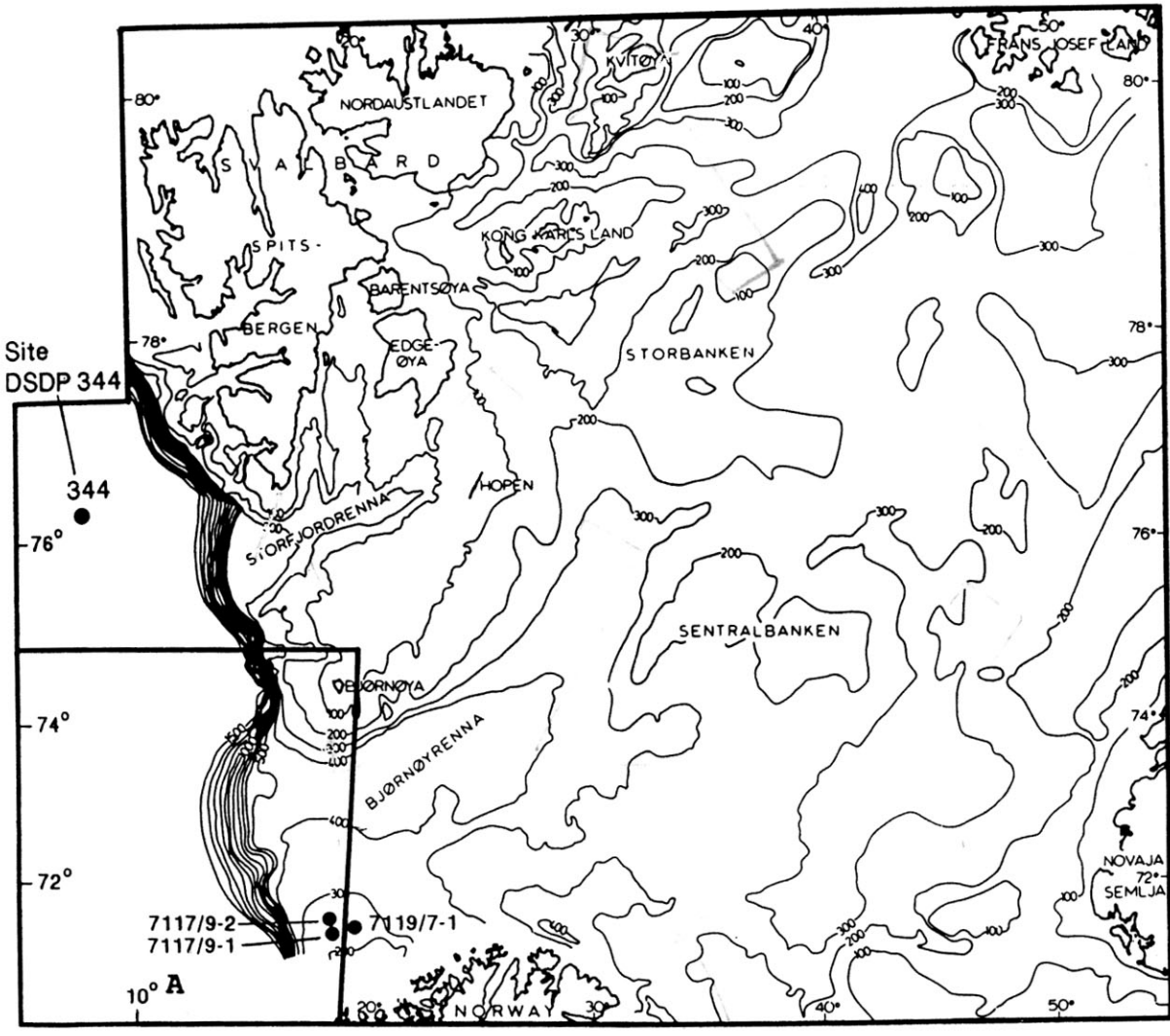
However, because of severe resedimentation, it has been difficult to date the section with confidence. Therefore we have attempted to redate the wedge.

The section corresponding to the wedge was studied in the two wells, and in addition, the upper section of well 7119/7-1 was included in the study for correlation purposes.

The result from biostratigraphic, lithostratigraphic and strontium isotope stratigraphic analyses indicate that the wedge was deposited in Late Pliocene and Pleistocene. In conclusion, large parts of the late erosion in the Barents Sea took place during a period with glaciations, and sedimentary processes related to glaciation may have been an important factor in the formation of the wedge.

FIGURER

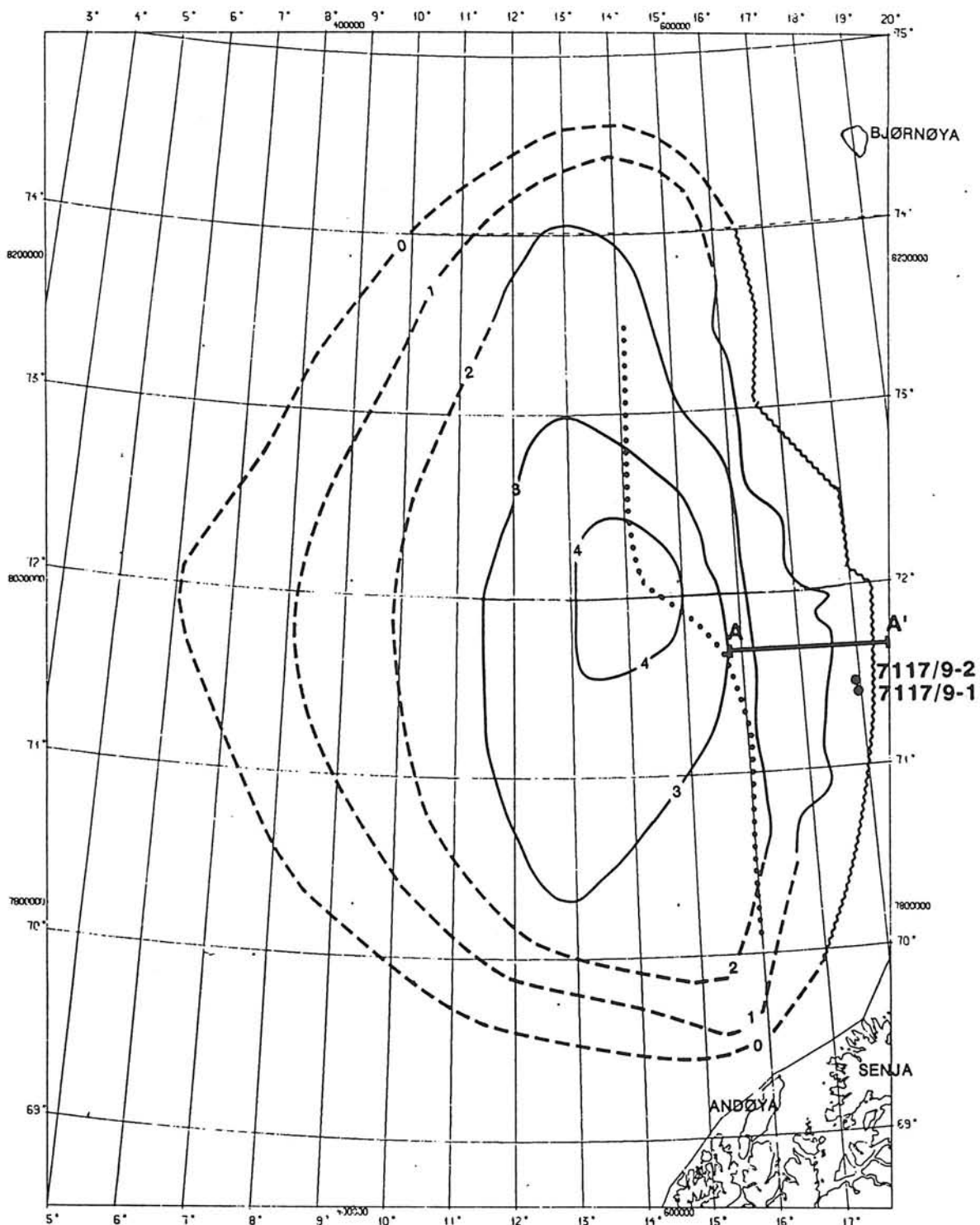
- Fig. 1: Topografisk oversiktskart over barentshavområdet. Undersøkte og omtalte borehulls plassering er angitt. Modifisert etter Elverhøi et al. (1988).
- Fig. 2: Kart som viser tykkelsen og utbredelsen av den plio- pleistocene vifta utenfor Bjørnøyrenna. A - A` angir profil 7140.
- Fig. 3: Tolket seismisk profil av proksimale deler av vifteområdet. For beliggenhet se fig. 2. BT = Base Tertiary. Y-aksen angir milli-sekunder.
- Fig. 4: Tolket seismisk profil gjennom borehull 7117/9-2.
- Fig. 5: Tolket seismisk profil gjennom borehull 7117/9-1. Y-aksen angir sekunder.
- Fig. 6: Tolket seismisk profil gjennom borehull 7119/7-1. Y-aksen angir sekunder.
- Fig. 7: Seismisk profil gjennom borehullene 7117/9-2 og 7117/9-1. Faunasoner og seismiske reflektorer er angitt.
- Fig. 8: Faunasoner og sedimentenes alder. Boredyp ved plassering av 20" foringsrør er angitt.
- Fig. 9: Aldrer gitt ved strontiumisotop- analyse av fragmenter av molluskskall. I nivåer hvor det er angitt flere aldrer betyr det at en og samme analyseverdi kan gi flere aldrer ved avlesning på sjøvannskurven. Boredyp ved plassering av 20" foringsrør er angitt.



RN-0249

Fig. 1

BARENTS SEA - WESTERN MARGIN



THICKNESS OF
PLIO-PLEISTOCENE WEDGE

Contour interval 1km

- Poor data coverage
- ... Limit of continental crust

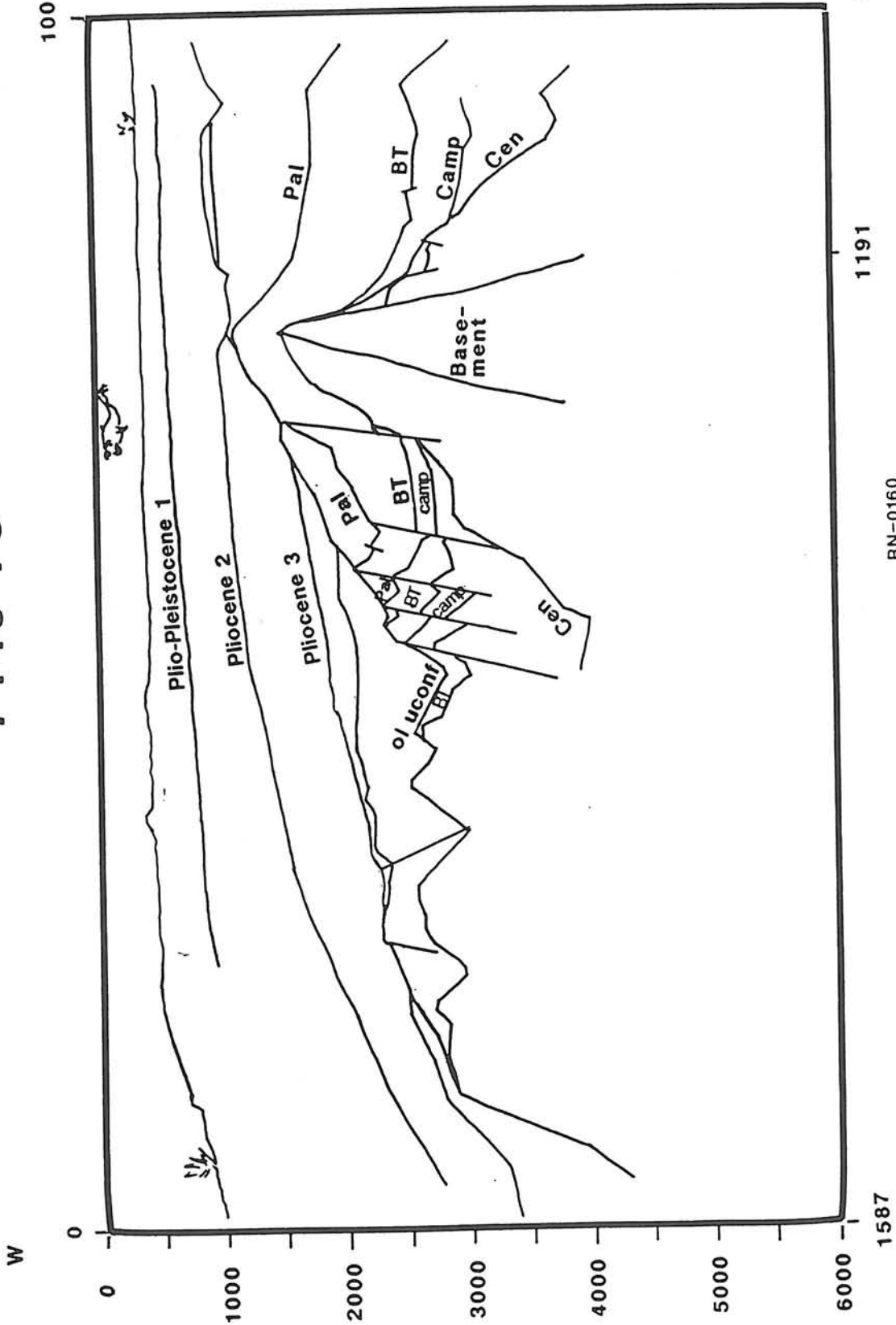
Fig. 2

SKALA

7140-73

E

100 km



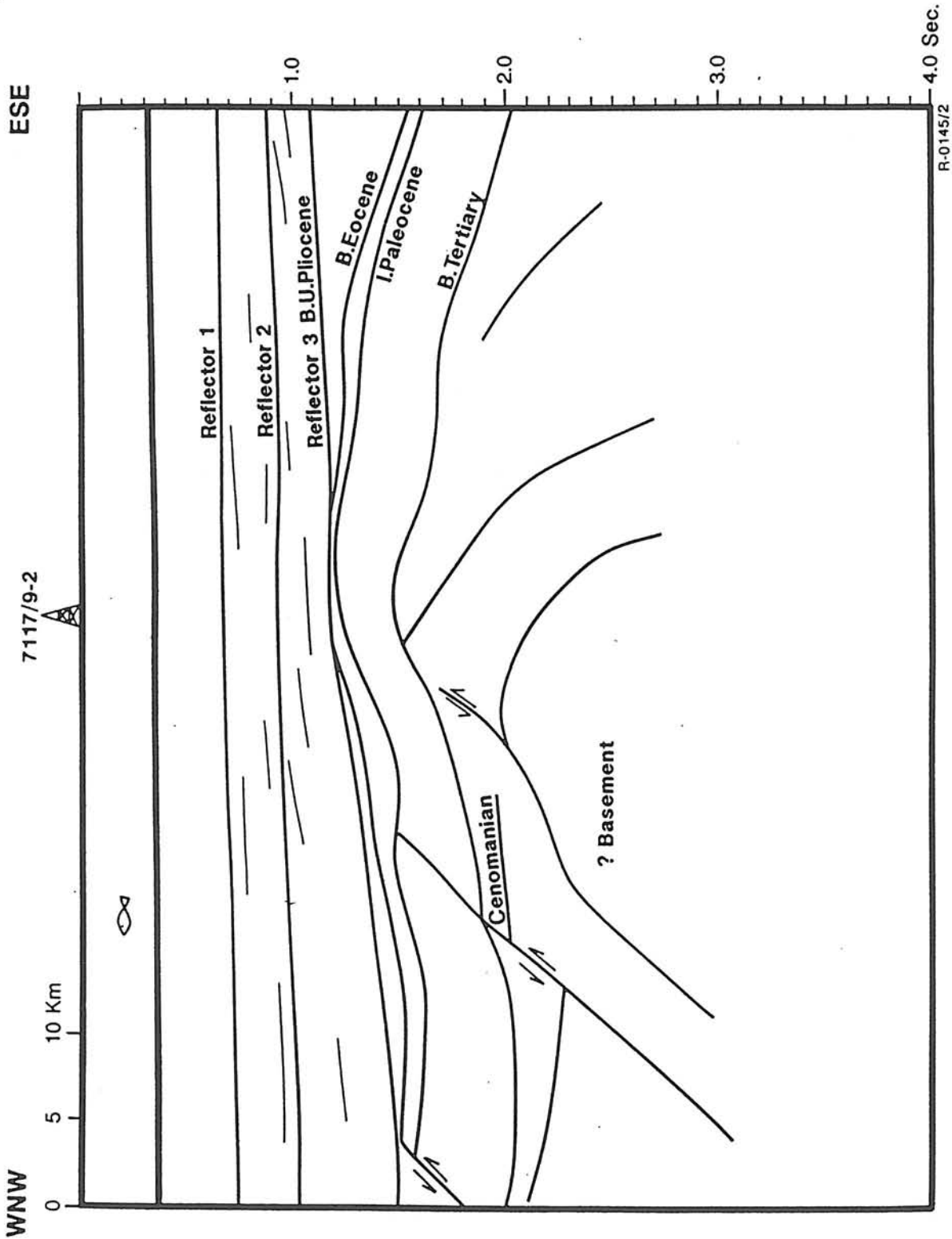
RN-0160

S.P.

1191

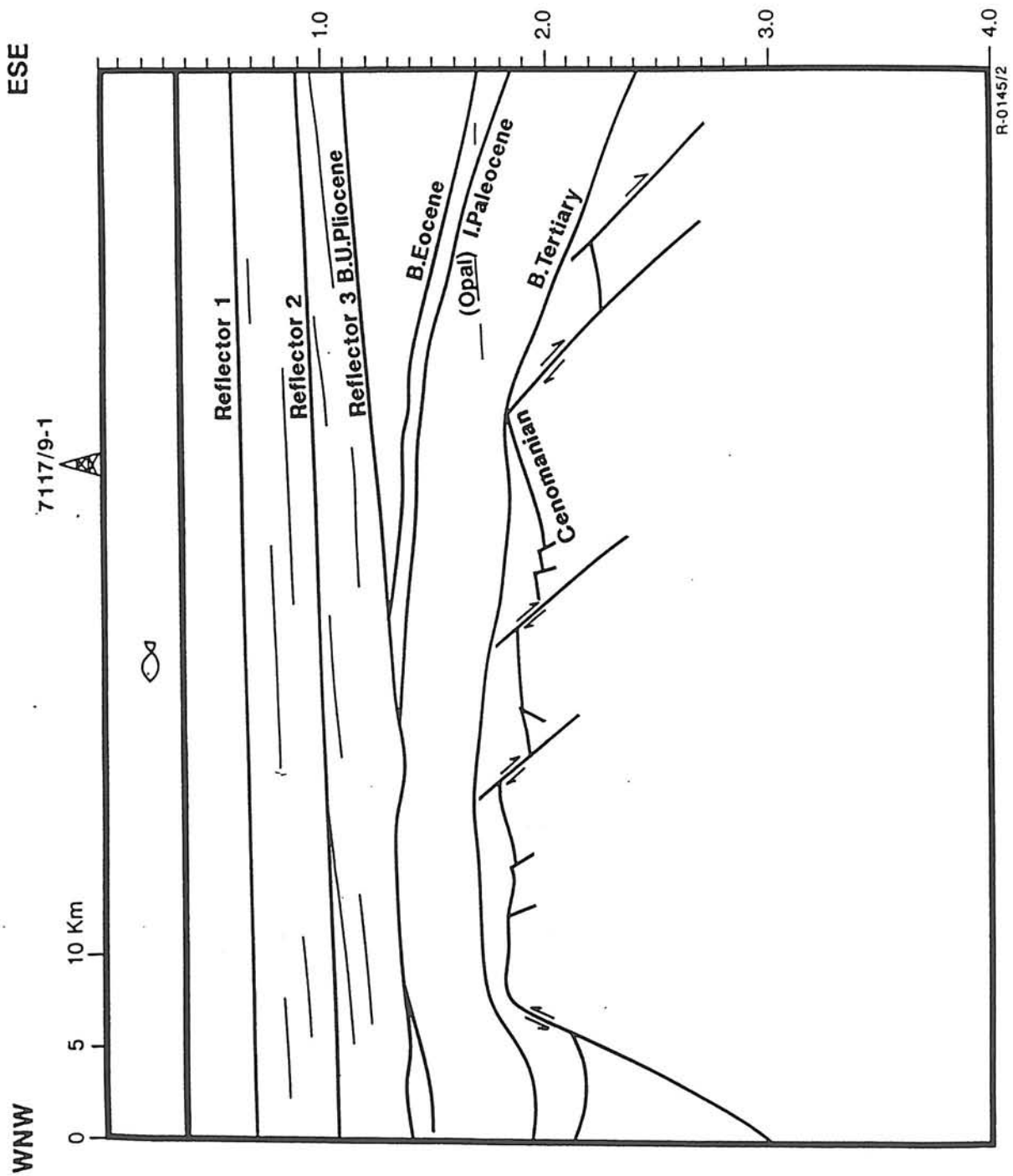
1587

Fig. 3



Geoseismic section, well 7117/9-2
Senja Ridge

Fig. 4



Geoseismic section well 7117/9-1
Senja Ridge

Fig. 5

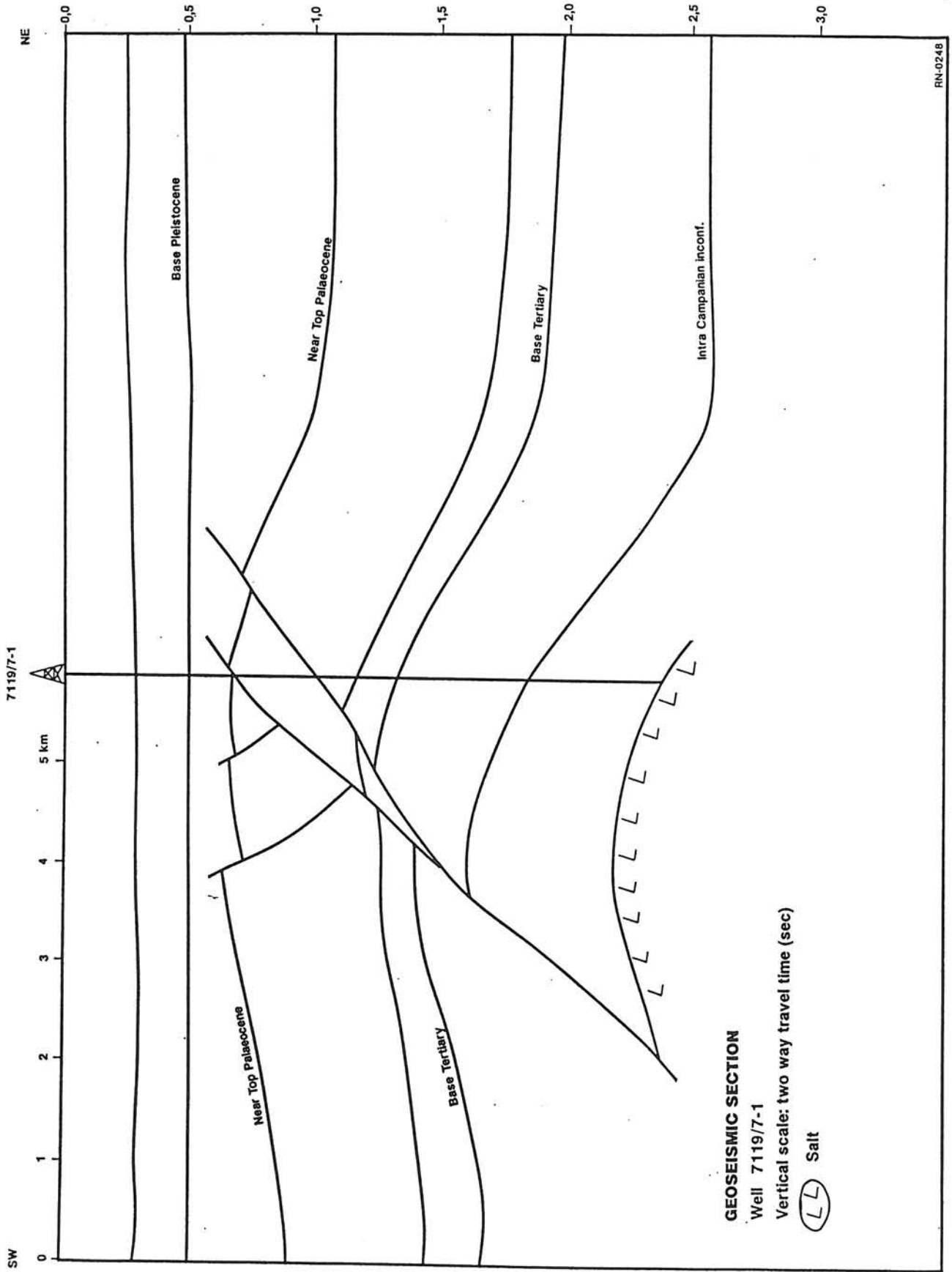


Fig. 6

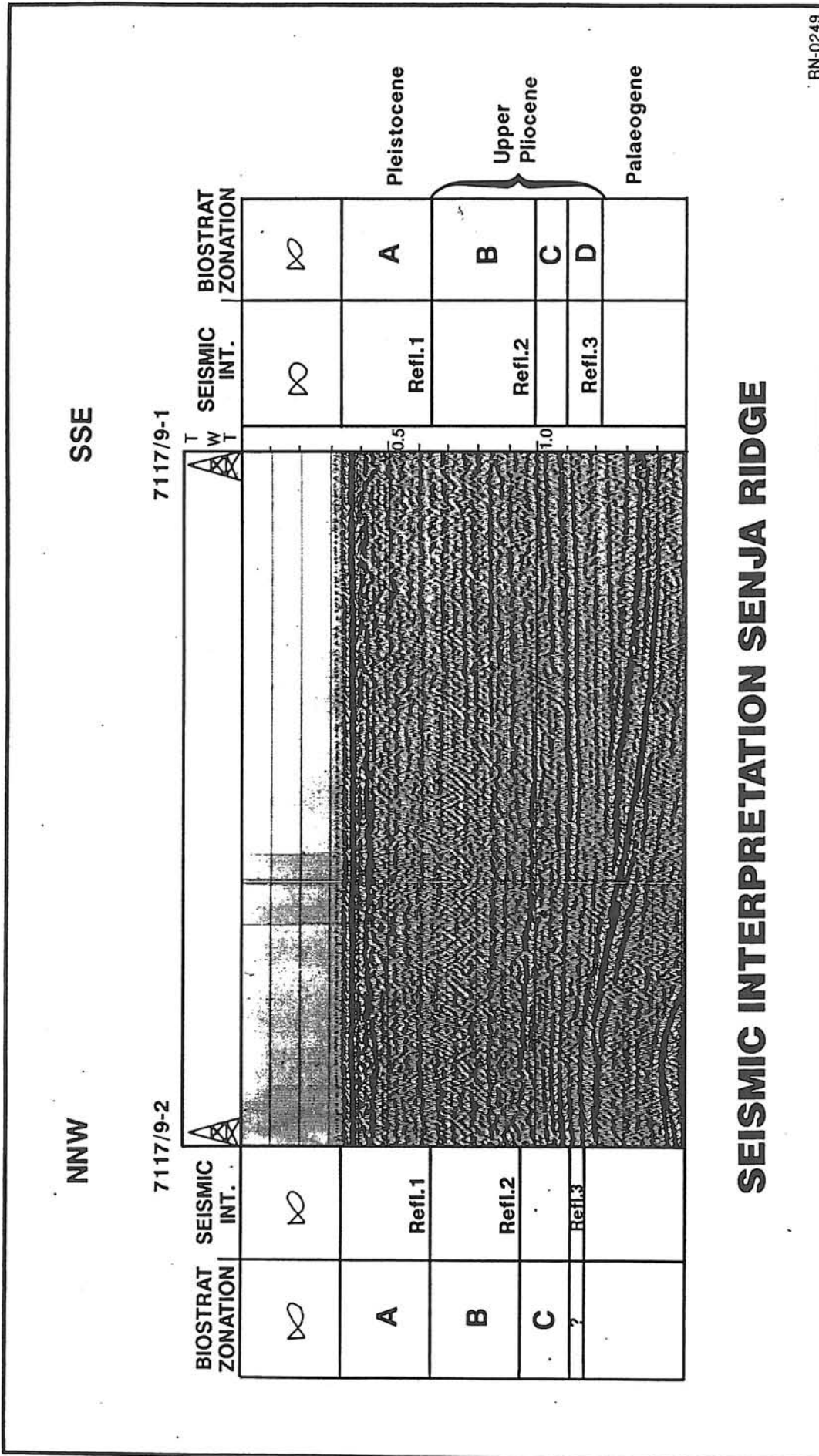


Fig. 7

ZONATION OF UPPER PLIOCENE AND PLEISTOCENE MICROFOSSILS

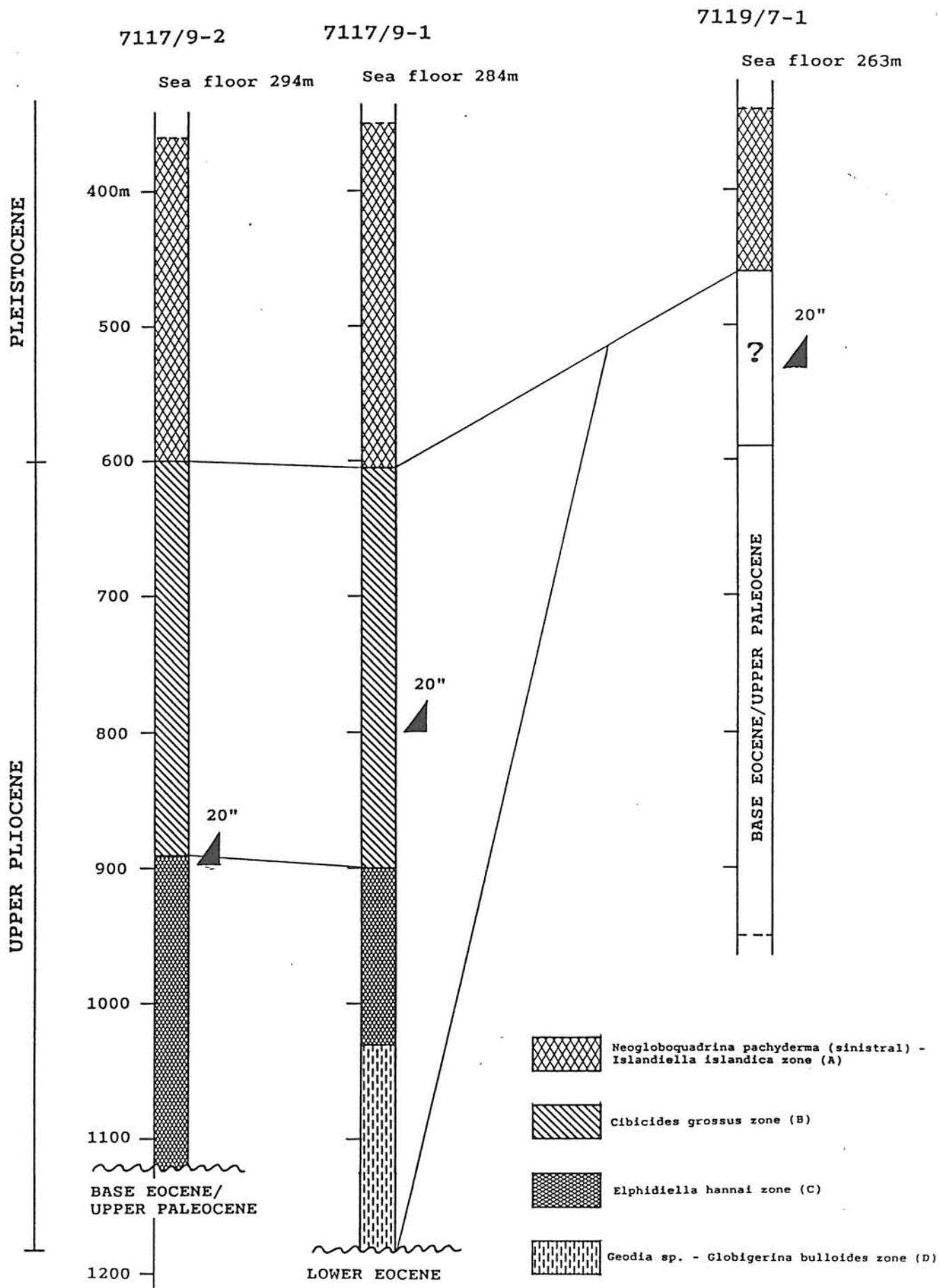


Fig. 8

STRONTIUM ISOTOPE STRATIGRAPHY

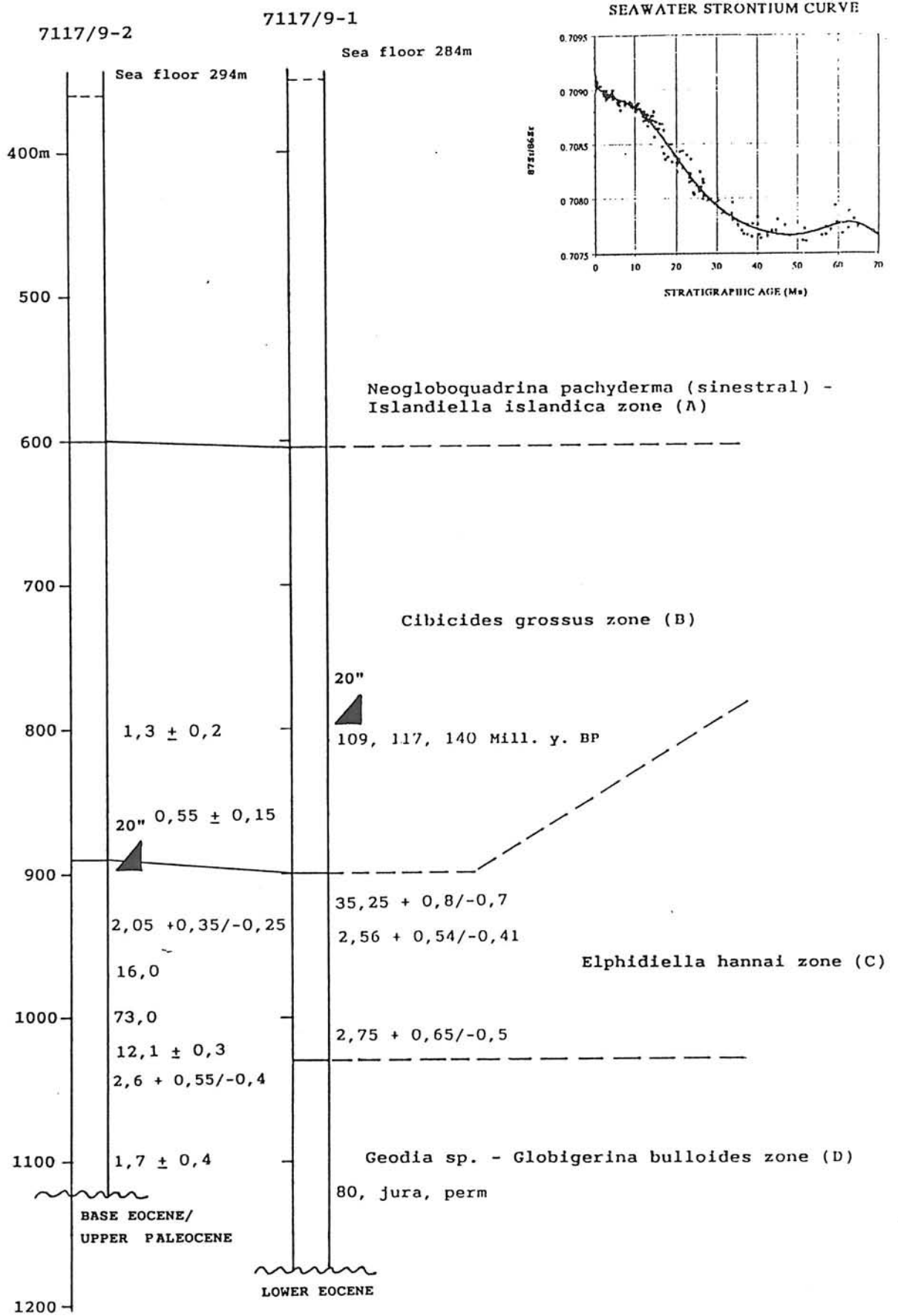


Fig. 9

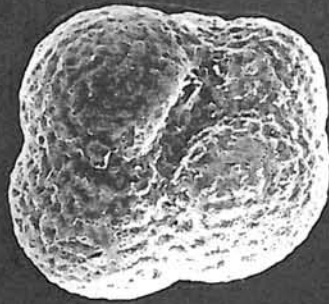
PLANSJE 1

- Fig. 1 Islandiella islandica
x 133
Borehull 7117/9-1, 560m
- Fig. 2 Neogloboquadrina pachyderma (sinestral)
(Spiralsiden) x 233
Borehull 7117/9-1, 450m
- Fig. 3 Neogloboquadrina pachyderma (sinestral)
(Umbilikalsiden) x 233
Borehull 7117/9-1, 450m
- Fig. 4 Cibicides grossus
(Umbilikalsiden) x 100
Borehull 7117/9-1, 660m
- Fig. 5 Cibicides grossus
(Fra siden) x 100
Borehull 7117/9-1, 660m
- Fig. 6 Elphidiella hannai
x 133
Borehull 7117/9-2, 1070m
- Fig. 7 Globigerina bulloides
(Spiralsiden) x 233
Borehull 7117/9-1, 1080m
- Fig. 8 Geodia sp.
x 333
Borehull 7117/9-1, 1110m
- Fig. 9 Cenosphaera sp.
x 233
Borehull 7117/9-1, 900m
- Fig. 10 Cyclammina amplexans
x 100
Borehull 7117/9-2, 1180m
- Fig. 11 Inoceramus prisme
x 67
Borehull 7117/9-1, 900m
- Fig. 12 Triceratium sp.
x 333
Borehull 7119/7-1, 910m
- Fig. 13 Coscinodiscus sp. 1 (King 1983)
(På skrå) x 100
Borehull 7119/7-1, 885m

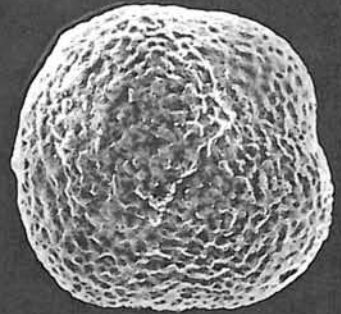
Bildene er tatt med et Jeol T - 330 Elektronmikroskop



1



2



3



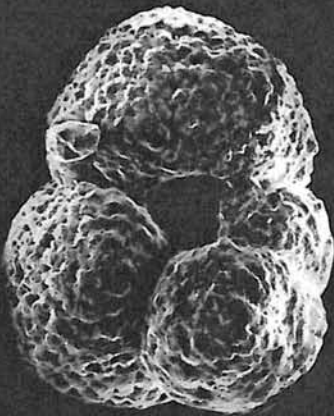
4



5



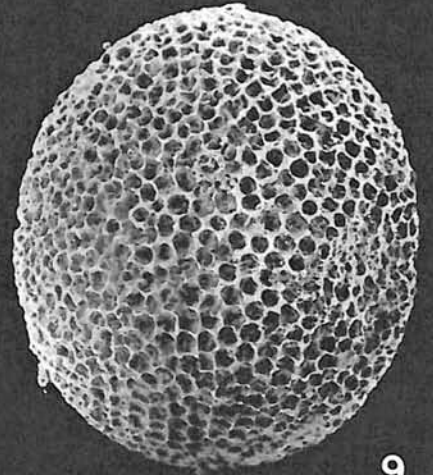
6



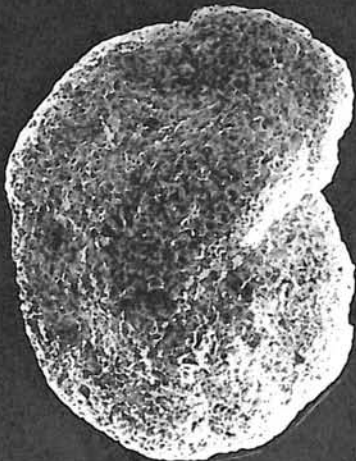
7



8



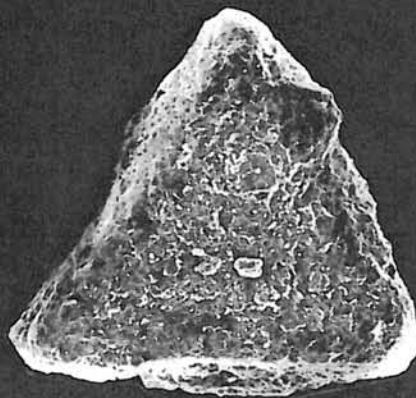
9



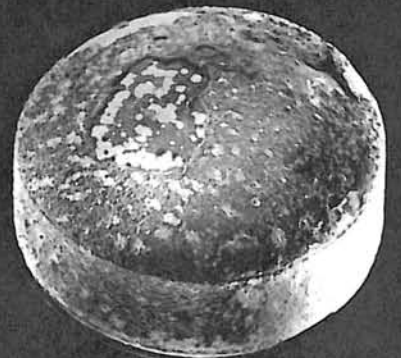
10



11



12

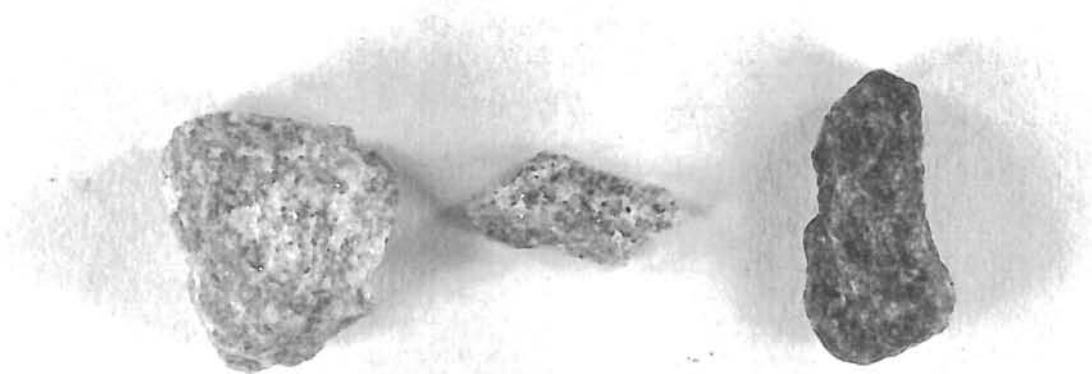


13

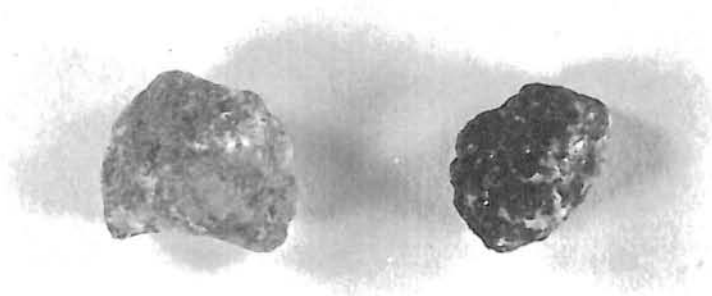
PLANSJE 2

Eksempler på skarpkantede, krystalline gruspartikler

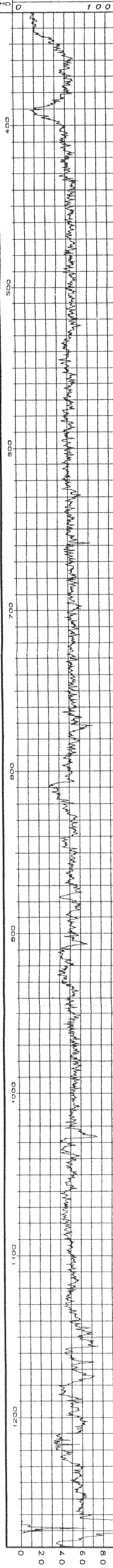
7117/9-2
1080m



7117/9-2
1100m



GR(GAMM)
Run: 1
Tool: DDBHC
Unit: CAPI



AGE

PLEISTOCENE

UPPER PLIOCENE

FAUNA ZONES

Neogloboquadrina pachyderma (sinistral) -
Islandiella islandica zone (A)

Cibicides grossus zone (B)

Elphidiella hannai zone (C)

Geodia sp.-Globigerina bulloides zone (D)

LOWER EOCENE

Depth (m)	Neogloboquadrina pachyderma (sinistral) - Islandiella islandica zone (A)	Cibicides grossus zone (B)	Elphidiella hannai zone (C)	Geodia sp.-Globigerina bulloides zone (D)	Lower Eocene
1200					
1180					
1160					
1140					
1120					
1100					
1080					
1060					
1040					
1020					
1000					
980					
960					
940					
920					
900					
880					
860					
840					
820					
800					
780					
760					
740					
720					
700					
680					
660					
640					
620					
600					
580					
560					
540					
520					
500					
480					
460					
440					
420					
400					
380					
360					
340					
320					
300					
280					
260					
240					
220					
200					
180					
160					
140					
120					
100					
80					
60					
40					
20					
0					

○ Rare, × Common, ◦ Abundant

FB = BENTHIC FORAMS FP = PLANTONIC FORAMS
M = MISCELLANEOUS MICROFOSSILS DC = DITCH CUTTINGS
X = MISC. OTHER FOSSILS

GR(GAMM)
Run: 8.10
Tool: DDBHC
Unit: CAPI

AGE

PLEISTOCENE

?

BASE EOCENE / UPPER PALEOCENE

FAUNA ZONES

Neoglobobadrina pachyderma (sin)
Islandiella islandica zone (A)

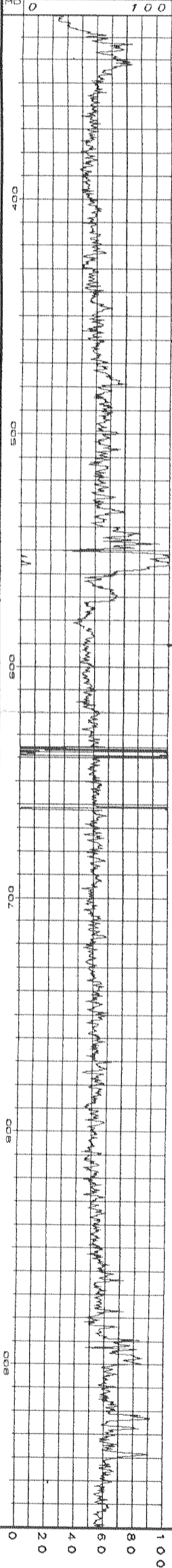


Table with columns for depth (0-950) and rows for various faunal zones and species. Symbols (square, circle, cross) indicate fossil presence and abundance.

□ Rare, × Common, ○ Abundant

FB = BENTHIC FORAMS FP = PLANTONIC FORAMS
M = MISCELLANEOUS MICROFOSSILS DC = DITCH CUTTINGS
X = MISC. OTHER FOSSILS

Scale 1: 2000
Depth Unit: MD (m RKB)