

NPD - CONTRIBUTION NO 38

En stratigrafisk undersøkelse av øvre del av brønn 7316/5-1 (Bjørnøya Vest)

**Undersøkt intervall:
567 - 1600 m
(pleistocen - midtre eocen)**

Av
Tor Eidvin
Robert M. Goll ¹
Paul Grogan
Morten Smelror ¹
Kaare Ulleberg ²

¹ IKU - Petroleumsforskning a.s., 7034 Trondheim

² Strati-Consult, Kløverstien 7, Ekeberg, 3073 Galleberg

INNHALDSFORTEGNELSE

	side
1. INNLEDNING	3
2. MATERIALE	6
3. BIOSTRATIGRAFI	6
3.1 DEFINISJON AV FORAMINIFERSONER	10
3.1.1 BESKRIVELSE OG TOLKING AV FORAMINIFER- SONER	11
3.2 DEFINISJON AV DINOFLAGELLATSONER	25
3.2.1 BESKRIVELSE OG TOLKING AV DINOFLAGEL- LATSONER	27
3.3 DEFINISJON AV RADIOLARSONER	35
3.3.1 BESKRIVELSE OG TOLKING AV RADIOLAR- SONER	37
3.4 AVSETNINGSFORHOLD (MILJØ OG VANNDYP)	42
4. LITOLOGI OG LITOSTRATIGRAFI	47
5. STRONTIUMISOTOP-STRATIGRAFI	50
6. STRATIGRAFISK SAMMENSTILLING	54
6.1 OPPSUMMERING	60
7. SEISMISK KORRELASJON	61

	side
8. REGIONAL OG LOKAL GEOLOGISK UTVIKLING AV PL 184-OMRÅDET	66
9. LITTERATURHENVISNING	72
10. TAKK	80
11. ENGLISH SUMMARY	81
FIGURER	I
6 PLANSJER	
2 VEDLEGG	

1. INNLEDNING

Brønnen 7316/5-1 ligger på 73° 31'N, 16° 26'Ø i den sørlige delen av Vestbakkvulkanitt-provinsen, 130 km sørvest for Bjørnøya. 7316/5-1 er den første letebrønnen i Bjørnøya Vest leteområde. Norsk Hydro a.s. er operatør på vegne av lisens PL 184 fra 13. tildelingsrunde (tildelt 1990). Denne brønnen er per i dag den nordvestligste av alle letebrønner på norsk kontinentalsokkel. Den ligger 240 km NNV for brønnene 7117/9-1 og -2 på Senjaryggen og 250 km NNV for brønn 7119/7-1 i Tromsøbassenget (fig. 1).

7316/5-1 er den første brønnen som er boret i Barentshavet med klastiske sedimenter i de vestlige tertiære bassenger som hovedmål (letemodell BTT-1 etter OD's betegnelser). Brønnen ble boret til en dybde på 4027m (RKB) hvor den traff sedimenter av øvre kritt (maastricht) alder (Stratlab, 1993). Brønnen er klassifisert som et gassfunn siden den på 1340m (RKB) påtraff en 18 meters gasskolonne i en 43 meters sand-enhet av midtre eocen alder.

Dette arbeidet omfatter en redatering av øvre del av brønnen (567 - 1600m) (midtre eocen - pleistocen). Dateringene bygger på analyse av planktiske og bentiske foraminiferer, dinoflagellater og radiolarer. I tillegg er det foretatt strontium-isotop-dateringer i noen nivåer. Dateringene i brønnen er videre korrelert med det tolkete seismiske profilet BV-04-86, som går gjennom brønnen i sydvestlig - nordøstlig retning.

Relevant for denne undersøkelsen er en redatering av øvre del av brønnene 7117/9-1, 7117/9-2 og 7119/7-1 (Eidvin & Riis, 1989 og Eidvin et al. 1993). Disse arbeidene bygger på analyse av planktiske og bentiske foraminiferer samt strontium-isotop-analyser, og det ble registrert sedimenter av sen paleocen, tidlig eocen, sen pliocen og pleistocen alder.

Stratigrafien i fem korte stratigrafiske borehull, boret under IKU's prosjekter med grunne boringer i Bjørnøya Vestområdet i 1985 og 1989, er beskrevet i Sættem et al. (under trykking). Dateringene i borehullene bygger på analyse av foraminiferer, dinoflagellater og radiolarer, og i tillegg er det foretatt $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -dateringer av askelag i et av borehullene. Det er her registrert sedimenter av sen paleocen, mellom eocen, tidlig miocen, sen pliocen og pleistocen alder (Goll & Smelror, under forberedelse) og (Mørk & Duncan, under trykking).

I Norskehavet (Vøringplatået) er neogene planktiske foraminiferer beskrevet fra flere kjernetatte borehull ("ODP Leg" 104). En nøyaktig alder på de definerte faunasonene er gitt ved hjelp av paleomagnetiske dateringer (Spiegler & Jansen, 1989).

På Spitsbergen (Forlandsundet) beskriver Feyling-Hanssen og Ulleberg (1984) bentiske foraminiferer fra overgangen tidlig/sen oligocen (se kap. 5).

Eocene til oligocene dinoflagellater fra Svalbard ble beskrevet av Manum så tidlig som i 1960 (Manum 1960). Dette arbeidet omfatter blant annet originalbeskrivelsen av slekten Svalbardella (med tilhørende typeart S. cooksoniae). En mer detaljert dokumentasjon av paleogene dinoflagellater fra Spitsbergen er senere publisert av Head (1984) og Manum og Throndsen (1986).

I de senere år har det vært produsert flere arbeider som behandler kenozoiske dinoflagellater fra Norskehavet. Disse omfatter spesielt "DSDP Leg" 38 (Manum 1976, Haaland 1981, Johsen 1983 og Elde 1985) og "ODP Leg" 104 (Manum et al. 1989 og Mudie 1989). Resultatene fra 7316/5-1 er i denne rapporten spesielt diskutert opp mot dinoflagellat-stratigrafien beskrevet fra "ODP Leg" 104.

De radiolarene som er registrert i det studerte materiale

her er dårlig bevart, og det er vanskelig å foreta nøyaktige taksonomiske bestemmelser. Det har allikevel vært mulig å foreta en inndeling i elleve arter og en slekt. Det finnes ikke litteratur til å beskrive denne faunaen, med unntak av en art beskrevet av Bjørklund (1976) fra Norskehavet ("leg 38"). På grunn av mangel på godt studert referansemateriale, kan en ikke gi en helt eksakt alder på de definerte sonene, men sannsynlige aldre er gitt for de fleste.

2. MATERIALE

Det forlatte pilothullet som ble boret ned til 906m ble bare prøvetatt med sideveggskjerner. Fra denne delen var 28 hele sideveggskjerner tilgjengelig for oss. De dekker nivået 567 - 885m med et prøveintervall på 10 - 20m.

Retur av borekaks i hovedhullet startet ved 887m. Prøvetettheten var 10m i største delen av den undersøkte kolonnen. I enkelte intervaller ble prøvene tatt tettere (2 - 5m). Tre vanlige kjerner ble tatt i følgende nivå: 896 - 906,6m, 1347,5 - 1374,4m og 1460,5 - 1472m. Av sideveggskjerner i hovedhullet var bare en tredel av materialet fra syv plugg, i intervallet 920 - 1068m, tilgjengelig for oss.

Stratigrafien fra 887 - 1600m bygger dermed hovedsakelig på borekaksprøver. Nedfallsmateriale, dvs materiale som har falt ned fra borehullsveggen fra et høyere nivå, vil alltid kunne være et problem ved analyse av borekaks. Dette nedfallsmaterialet vil kunne stamme fra de deler av borehullet som til enhver tid står åpent før det blir satt ned foringsrør.

Ved tolking av biostratigrafiske data fra slikt materiale er det sikrest å konsentrere seg om den øverste forekomst av taksa (LAD) ved inndeling av soner og ved korreleringer. Dette gjør at det er mest hensiktsmessig å beskrive sonene ovenifra og ned.

3. BIOSTRATIGRAFI

Alle tilgjengelige sideveggskjerner, vanlige kjerner og borekaksprøver, i det undersøkte intervallet, ble analy-

sert. I noen nivåer ble både sideveggskjerner og borekaksprøver analysert. Av tekniske årsaker kunne ikke begge disse oppføres i vertikalfordelingsskjemaene. Dette gjelder sideveggskjernene i nivåene: 970m, 980m og 1068m og borekaksprøve i nivå 920m.

Prøvene ble analysert med hensyn på foraminiferer, dino-flagellater, radiolarer og diatomeer.

Til analysene av foraminiferer ble det i prøver av borekaks og kjerner brukt 50 - 100 g materiale. I sideveggskjernene fra pilothullet var det 20 - 50 g materiale. I sideveggskjernene fra hovedhullet var bare 8 - 17 g materiale tilgjengelig.

På grunn av den begrensede materialmengden i sideveggskjernene ble disse preparert på en noe annen måte enn borekaks materiale og materiale fra de vanlige kjernene.

Sideveggskjernene ble preparert på følgende måte: Først ble 1 mm av hele overflaten av kjernen skrapet bort for å fjerne eventuell boreslam-forurensning. I noen få sandige prøver var boreslam trengt inn i selve kjernen. Disse ble det lagt liten vekt på under de stratigrafiske tolkningene. Prøvemateriale ble deretter løst i vann og siktet på en 0,1 mm sikt. Materiale mindre enn 0,1 mm ble samlet opp i plastbøtter og ble behandlet videre med hensyn på preparering av dinoflagellater (de fleste av disse finnes i denne fraksjonen).

Materialet større enn 0,1 mm gikk til preparering av foraminiferer. Dette ble først tørket og deretter siktet på en 0,5 mm sikt. Foraminiferene ble plukket ut fra materialet i kornfraksjonen 0,1 - 0,5 mm (andre mikrofossiler som radiolarer og diatomeer som finnes i denne fraksjonen ble også plukket ut). Alt materialet i denne fraksjonen ble undersøkt. Materiale større enn 0,5 mm ble også gått gjennom. Det er imidlertid bare noen få større mikrofossiler som kan finnes i denne fraksjonen.

Prøvemengden fra vanlige kjerner og borekaks var tilstrekkelig til at prepareringen av foraminiferer, dinoflagellater og radiolarer kunne ta utgangspunkt i egne prøver.

Prøvene til foraminiferene fulgte en litt annen prosedyre enn ved prepareringen av sideveggskjernene. Alle prøvene lot seg løse i vann. Ved tørrsiktingen ble det i motsetning til prepareringen av sideveggskjerner også brukt et sikt på 0,07 mm, og i en del nivåer ble fraksjonen 0,1 - 0,07 mm studert (en del pyrittiserte diatomeer er gjerne konsentrert i denne fraksjonen). Materiale mindre enn 0,07 mm ble skylt i vasken.

I disse prøvene ble mikrofossilene plukket ut fra kornfraksjonen 0,1 - 0,5 mm. Her ble ca 300 eksemplarer plukket ut. Resten av materialet ble tyngdeseparert. Prøvene ble plukket fordi en betydelig del av fossilene ikke vil flyte opp under tyngdesepareringen. Prøvene ble i tillegg tyngdeseparert for at de fleste kalkskallforaminiferene skulle være tilgjengelige for analysene, uten at alt materiale ble gått gjennom ved plukking.

Ca 20 - 30g materiale ble brukt til analysene av dinoflagellater. Prosedyre for preparering av disse er som følger (gjelder alle prøvetyper): Karbonat- og silikatfraksjonen av prøvene ble oppløst i henholdsvis saltsyre (HCl) og flussyre (HF). Den syre-uløselige organiske fraksjonen (kerogen) ble siktet med 18 μ m sikt. For å fjerne pyritt, amorft kerogen og enkelte terrestriske planterester, ble kerogenet oksydert med salpetersyre (HNO₃). Både uoksydert og oksydert organisk materiale ble lagt opp på objektglass.

For å registrere radiolarene ble det også brukt forskjellige framgangsmåter om utgangspunktet var sideveggskjerner eller borekaks og vanlige kjerner. Sideveggskjernene var for små til å tillate egne prøver til radiolaranalyse. I sideveggsprøvene ble radiolarer større enn 100 μ registrert i foraminiferpreparatene, og dette var eneste mulighet for

å få registrert radiolarer i intervallet 567 - 885m. Det ble imidlertid laget smørepreparater fra 16 av de 25 sideveggs-kjernene i dette intervallet, og disse viser at små radiolarer er svært sjelden eller ikke tilstede i denne delen. Fossilene i prøve 782m (sideveggs-kjerne) ble mistet under transport. Radiolarene er her ikke artsbestemt, men er bare registrert som "common" under kolonnen for diverse fossiler på vertikalfordelings-skjemaet.

For preparering av borekaksprøver og vanlige kjerneprøver ble det benyttet 20 - 30g materiale. Dette ble løst i vann, tilsatt varierende mengde hydrogenperoksyd etter behov. Materialet ble deretter våtsiktet og delt i fraksjonene: $<45\mu$, 45 - 250 μ og $>250\mu$. Materialet i fraksjonen $<45\mu$ ble lagret for mulig senere undersøkelse. En del av fraksjonen 45 - 250 μ ble lagt på objektglass og montert ved hjelp av kanadabalsam. Resten av denne fraksjonen og fraksjonen $>250\mu$ ble lagt sammen og tørket. Fra dette materialet ble det plukket ut radiolarer og andre fossiler.

Preparatene på objektglass ble undersøkt med gjennomlysmikroskop for identifisering av små eksemplarer (spesielt Periphaena spp. og svampene Geodia), og for å studere interne strukturer i radiolarene. Radiolarene i det plukkete materialet ble registrert ved hjelp av binokularlupe.

I kapitlene 3.1, 3.2 og 3.3 blir fossilinnholdet beskrevet og tolket. Vertikalfordelings-skjemaer er vist på vedlegg 1 (foraminiferer og radiolarer) og vedlegg 2 (dinoflagellater). Klassifikasjonen i vertikalfordelings-skjemaene er som følger: "rare" (mindre enn ca 5%), "common" (mindre enn ca 20%), "abundant" (ca 20% eller mer). På vedleggene er det tegnet inn biostratigrafiske soner og tidsgrenser (tidsgrensene bygger på tolkningen av alle biostratigrafiske data og strontiumisotopanalyser og ikke bare de fossilene som er registrert på hvert av vertikalfordelings-skjemaene). "Gamma"- og "sonic"-logger finnes også på vedlegg 1 og 2. Taksa som er viktig for tolkningene er vist på plansjene 1 - 5.

3.1 DEFINISJON AV FORAMINIFERSONER (Fig. 2)

På grunnlag av foraminiferfaunaen er det definert syv uformelle samlingssoner ("assemblage zones") (sone FA - FG). Fire av sonene bygger på planktiske foraminiferer og bentiske kalkskallforaminiferer, en sone bygger på bentiske kalkskallforaminiferer og to soner bygger på agglutinerte foraminiferer. I tillegg er det definert fire intervallsoner (sone 1f - 3f) som hovedsakelig inneholder resedimenterte fossiler eller former med meget lang utbredelse i tid. Sonene FA til FG er definert på følgende måte:

NEOGLOBOQUADRINA PACHYDERMA (SINISTRAL) - ELPHIDIUM EXCAVATUM - CASSIDULINA RENIFORME - SONE (FA)

Def.: Jevn til hyppig opptreden av N. pachyderma (sini-
stral), E. excavatum og C. reniforme.

GLOBIGERINA BULLOIDES - CASSIDULINA TERETIS - SONE (FB)

Def.: Opptreden av G. bulloides og C. teretis.

RETICULOPHRAGMIUM PLACENTA - SONE (FC)

Def.: Jevn opptreden av R. placenta.

TURRILINA ALSATICA - ANGULOGERINA TENUISTRIATA - SONE (FD)

Def.: Jevn opptreden av T. alsatica og A. tenuistriata.

CIBICIDES PROPRIUS - CIBICIDES SPP. - PSEUDOHASTIGERINA MICRA - PSEUDOHASTIGERINA SP. - SONE (FE)

Def.: Opptreden av C. proprius, Cibicides spp., P. micra og/eller Pseudohastigerina sp..

CIBICIDES PROPRIUS - BULIMINA OVATA - VAGINULINOPSIS DECORATA - PSEUDOHASTIGERINA MICRA - SONE (FF)

Def.: Jevn opptreden av C. proprius, B. ovata, V. decorata samt opptreden av P. micra.

RETICULOPHRAGMIUM PLACENTA - TEXTULARIA SP. - SPIROPLECTAMMINA SP. - SONE (FG)

Def.: Hyppig opptreden av R. placenta, og jevn opptreden av Textularia sp. og Spiroplectammina sp..

3.1.1 BESKRIVELSE OG TOLKNING AV FORAMINIFERSONER

NEOGLOBOQUADRINA PACHYDERMA (SINISTRAL) - ELPHIDIUM EXCAVATUM - CASSIDULINA RENIFORME - SONE (FA) (567 (øverste prøvetatte nivå) - 670m)

Av bentiske foraminiferer er det i denne sonen en forholdsvis rik fauna av hovedsakelig kalkskallformer. Øverste halvpart av sonen er rikest.

E. excavatum og C. reniforme er mest vanlig og forekommer hyppig i store deler av sekvensen. Andre viktige arter er: Islandiella islandica, Bulimina marginata, Nonion affine, Angulogerina fluens, Islandiella norcrossi, Cibicides lobatulus, Elphidium subarcticum og Nonion labradoricum.

Andre kalkskallformer som kan nevnes er: Gyroidina soldanii girardana, Ehrenbergina variabilis og Pullenia bulloides

Av de få agglutinerte formene som er registrert kan følgende nevnes: Spiroplectammina spectabilis, Ammodiscus sp. og Trochammina sp.

Planktiske foraminiferer utgjør en langt mindre del av faunaen enn de bentiske, men også disse er ganske tallrike i øvre del av sonen. N. pachyderma (sinistral) dominerer den planktiske foraminiferfaunaen og forekommer hyppig i den øverste halvparten av sonen. Andre viktige arter er: N. pachyderma (dextral) og Turborotalia quinqueloba. I et nivå er noen få eksemplarer av krittformene Heterohelix sp. og Hedbergella sp. registrert. Et eksemplar hver av Globigerina bulloides og N. atlantica (sinistral) er registrert nederst i sekvensen.

I tillegg til foraminiferer finnes det en betydelig del Inoceramus-prismer, spesielt i øvre del av sekvensen.

To former av N. pachyderma (sinistral) er registrert. Den ene formen har et noe firkantet omriss. Den andre formen har et forholdsvist rundt omriss, og overflaten er delvis dekket av kalkkrystaller (såkalt "encrusted" form) (plansje 1). "Encrusted" form av N. pachyderma (sinistral) blir hyppig og dominerer den planktiske foraminiferfaunaen i Norskehavet etter ca 1,7 mill. år BP. Den andre formen av N. pachyderma (sinistral) finnes også i eldre sedimenter.

Utenom noen få eksemplarer, som sannsynligvis er resedimentert (se nedenfor), er alle de bentiske kalkskallformene arter som en forbinder med pliocene/pleistocene avsetninger. Ingen av disse artene er utdødd. N. labradoricum ser ut til bare å være begrenset til pleistocene avsetninger på norsk kontinentalsokkel. En regner da med en pliocen/pleistocen-grense satt til ca 1,6 mill. år BP (Berggren et al. 1985). King (1989) beskriver en N. labradoricum - sone (NSB 16x) fra pleistocene sedimenter i nordlige deler av

Nordsjøen. Det samme er registrert på midtnorsk kontinentalsokkel (Eidvin & Riis 1991).

Hele denne sonen kan korreleres med en faunasone A i brønnene 7117/9-1, 7117/9-2 og 7119/7-1 på Senjaryggen. Denne sonen er datert til pleistocen (Eidvin et al. 1993).

Gyroidina s. girardana, E. variabilis og P. bulloides må være resedimentert. Gyroidina s. girardana er i Nordsjøen beskrevet fra undre oligocen til undre miocen (King 1989). E. variabilis er fra Tyskland beskrevet av Grossheide & Trunko (1965) fra øvre oligocene sedimenter og av Spiegler (1974) fra oligocene til undre miocen. I nordlige deler av Nordsjøen og på Haltenbank-området er E. variabilis mest vanlig i øvre miocene sedimenter (Eidvin & Riis 1991 og 1992). P. bulloides lever i dag på kontinentalskråningen på vanndyp større enn 1000m (Mackensen et al. 1985), men er på kontinentalhyllen bare vanlig i sen miocen (Eidvin & Riis 1991 og 1992), og er sannsynligvis resedimentert fra sedimenter fra den tiden.

De agglutinerte formene som er registrert er også resedimenterte. S. spectabilis er i Nordsjøen beskrevet fra øvre paleocen til øvre miocen. Slektene Ammodiscus sp. og Rabdammina sp. finnes i sedimenter fra store deler av mesozoikum og undre tertiær fram til undre miocen. Inoceramus-prismene stammer fra store mollusker som levde i sen kritt.

De planktiske formene Heterohelix sp. og Hedbergella sp. er resedimentert fra øvre kritt-avsetninger. G. bulloides og N. atlantica (sinistral) er også resedimentert. G. bulloides finnes i dag langs kysten lengre sydover. Den finnes også i små mengder i de varmeste interglasialene i den siste millionen år. Mest vanlig er G. bulloides i miocen og pliocen fram til 2,3 mill. år BP. Det samme gjelder N. atlantica (sinistral). Den dør imidlertid ut ved dette tidspunktet (Spiegler & Jansen 1989).

INTERVALL-SONE 1f (670 - 805m)

Det er registrert få foraminiferer i denne sekvensen, og alle eksemplarene er bentiske former. Svært få kalkskallformer er registrert. Disse finnes spredt i sekvensen. Flere av skallene viser tegn til å være etset. Agglutinerte former finnes i et noe større antall. De fleste agglutinerte formene er slitt eller fragmenterte.

Følgende kalkskallformer er registrert: Elphidium bartletti, Elphidium sp., Cibicidoides pachyderma og Gyroidina s. soldanii.

De agglutinerte formene er så skadet at de bare kunne bestemmes til slekt. Følgende er registrert: Glomospira sp., Bathysiphon spp., Ammodiscus sp., Textularia sp., Reticulophragmium sp., Karrerrella sp., Haplophragmoides spp. og Reophax sp..

De fleste kalkformene som er registrert er pliocene/pleistocene former og finnes også i dag. C. pachyderma, som finnes nederst i intervallet, har etter King (1989) en utbredelse fra mellom miocen til sen pliocen i Nordsjøen. Den er imidlertid også registrert i pleistocene sedimenter (Eidvin et al. 1991). Dette kan allikevel være en indikasjon på at, i hvert fall, nedre del av intervallet er av sen pliocen alder. Resten av enheten er enten fra pleistocen eller sen pliocen.

Avsetninger fra samme tid lengre syd på norsk kontinentalsokkel er rik på kalkskallforaminiferer. Det at en finner et så lite antall her skyldes sannsynligvis karbonatoppløsning. Dette underbygges av at skallene på de få kalkformene som finnes er etset. Hald et al. (1987) og Steinsund et al. (1991) beskriver karbonatoppløsning fra moderne sedimenter i sydvestlige deler av Barentshavet. Karbonatoppløsningen følger samme mønster som forekomsten av tungt bunnvann, og dannelsen av dette skyldes en kombinasjon av sjøis og innstrømming av atlanterhavsvann. Etter Anderson

et al. (1988) forårsaker det tunge bunnvannet økt oppløsning av organisk materiale og dannelse av CO₂.

Gyroidina s. girardana er, som nevnt ovenfor, beskrevet fra undre oligocen til undre miocen i Nordsjøen (King 1989). Denne må være resedimentert fra slike sedimenter. Alle de agglutinerte foraminiferene er også sannsynligvis resedimentert. Det er former som forbindes med mesozoiske og paleogene sedimenter. Dette underbygges også av at de fleste skallene er slitte.

GLOBIGERINA BULLOIDES - CASSIDULINA TERETIS - SONE (FB)
(805 - 885m)

Det er også registrert forholdsvis få foraminiferer i denne sonen, men betydelig flere enn i overliggende intervall. Det er flest agglutinerte foraminiferer, langt færre bentiske kalkskallformer og noen få planktiske former.

Følgende bentiske kalkskallformer er registrert: N. affine, C. lobatulus, B. marginata, Cassidulina teretis, Haynesina orbiculare og Gyroidina soldanii girardana.

Av planktiske foraminiferer er bare Globigerina bulloides og N. pachyderma (sinistral) (ikke "encrusted" form) registrert.

De agglutinerte formene er slitte og fragmenterte og de fleste kan bare bestemmes til slekt. Følgende kan nevnes: Glomospira charoides, Bathysiphon spp., Ammodiscus sp., Reticulophragmium sp., Haplophragmoides sp. og Reophax sp.. I tillegg til foraminiferer finnes det noen få eksemplarer av svampspiklene Geodia sp.

De bentiske kalkskallartene er alle pliocene/pleistocene former, utenom Gyroidina s. girardana som er redsedimentert fra oligocene - undre miocene sedimenter (se ovenfor). Det lave antallet skyldes sannsynligvis karbonatopløsning.

Den planktiske formen G. bulloides er vanlig i øvre pliocene sedimenter eldre enn 2,3 mill. år BP på Vøringplatået (Spiegler & Jansen 1989).

Denne sonen kan korreleres med faunasone D (Geodia sp. - Globigerina bulloides - sone) i brønnene 7117/9-1 og 7117/9-2 på Senjaryggen. Den er datert til sen pliocen alder (Eidvin et al. 1993).

De agglutinerte formene er resedimentert fra mesozoiske og/eller nedre tertiære sedimenter.

INTERVALL-SONE 2f (885 - 948m)

Svært få foraminiferer er registrert i dette intervallet. Av kalkskallformer finnes bare et eksemplar av N. affine og en ubestemmelig planktisk foraminifer. Noen flere agglutinerte former er registrert. De fleste av disse er slitte og fragmenterte. Bathysiphon sp. er mest vanlig. Andre former som kan nevnes er: G. charoides, Reticulophragmium placenta (et eksemplar), Glomospira sp., Ammodiscus sp. og Haplophragmoides sp..

N. affine er mest vanlig i pliocene/pleistocene sedimenter, men finnes tilbake til miocen. De fleste agglutinerte formene er fra mesozoikum til tidlig paleogen. R. placenta er beskrevet fra undre eocene til øvre miocene sedimenter i Nordsjøen (King 1989).

Sedimentologiske kriterier daterer dette intervallet til øvre pliocen (se kap. 4), og alle de agglutinerte foraminiferene må være resedimenterte. Nesten fravær av kalkskallformer i denne sekvensen skyldes sannsynligvis karbonatoppløsning. En seismisk reflektor faller sammen med bunnen av dette intervallet, og det er et klart litologisk skille mellom denne og underliggende enhet (se kap. 4).

RETICULOPHRAGMIUM PLACENTA - SONE (FC) (948 - 982m)

Det er også forholdsvis få foraminiferer i denne sonen, men det er litt flere enn i overliggende intervall. Bare agglutinerte former er registrert. R. placenta er mest vanlig og finnes jevnt gjennom hele sekvensen. Andre viktige former er Bathysiphon spp., Ammodiscus sp., Haplophragmoides sp. og Spiroplectamina sp..

Eksemplarene av R. placenta er hele og fine og er sannsynligvis "in situ". Flere eksemplarer av de andre formene er mer slitt, og flere av disse kan være resedimentert.

R. placenta har i Nordsjøen en utbredelse fra tidlig eocen (sjelden fram til mellom eocen) til mellom miocen. Den har også en kort forekomst i siste del av sen miocen (King 1989). De andre formene som er registrert finnes i mesozoikum og paleogen. Noen former kan i Nordsjøen gå opp i basal miocen (King 1989).

Det er vanskelig å gi en eksakt alder på denne sonen på grunnlag av foraminiferene. Sedimentene kan ikke være eldre enn tidlig oligocen (se nedenfor). Videre er tidlig miocen lite sannsynlig alder (for hele sonen), da hverken logger eller seismikk viser noe brudd mellom denne og underliggende sone. Foraminiferene kan bare begrense alderen til tidlig oligocen - tidlig miocen.

En seismisk reflektor finnes øverst i enheten (ca 960m) (se vedlegg 1). Dinoflagellatanalyse kan begrense alderen på sedimentene over denne til tidlig miocen (se kap. 3.2.1). En ser imidlertid ikke noen vesentlig forskjell på foraminiferfaunaen over og under denne reflektoren.

TURRILINA ALSATICA - ANGULOGERINA TENUISTRIATA - SONE (FD)
(882 - 1090m)

Det er betydelig flere foraminiferer i denne enn i overliggende sone. Både kalkskall- og agglutinerte former er registrert. Kalkskallformer dominerer, og utenom en ubestemmelig planktisk foraminifer er alle disse bentiske former.

T. alsatica og A. tenuistriata er mest vanlig av kalkforaminiferene, og finnes jevnt gjennom store deler av sekvensen. Andre viktige arter er: Gyroidina s. girardana, Cibicides dutemplei, Eponides pygmeus, Stilostomella adolphina, Cibicides telegdi, Bolivina cf. antiqua, Globulina munteri, Globulina inaequalis, Gyroidinoides sp. 1 (Ulleberg 1974), Cibicides aknerianus, Globocassidulina subglobosa og Nonion affine.

Viktigst av de agglutinerte formene er R. placenta og Reticulophragmium sp..

De nevnte kalkskallartene er former som er beskrevet fra undre og øvre oligocen i Nordsjø-området. Noen former går også opp i undre miocen. (Batjes 1958, Christensen & Ulleberg 1974, Ulleberg 1974, Ulleberg 1985, Nuglish & Spiegler 1991, Spiegler 1974 og King 1989). En form (Bolivina cf. antiqua) er begrenset til øvre oligocen og basal undre miocen i dette området (King 1989).

Strontium-isotop-analyse av disse skallene gir en alder på ca 35 mill. år BP, dvs undre oligocen (Berggren 1985). Etter Rundberg (1990 og 1993) finnes tilsvarende $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -forhold i Viborg-formasjonen i Danmark (se kap. 5). Beskrivelse av foraminiferfaunaen i denne formasjonen (Christensen & Ulleberg 1974 og Ulleberg 1974) viser mange felles former med forekomstene her.

Feyling-Hanssen & Ulleberg (1984) beskriver også en lignende fauna fra en lokalitet på land ved Forlandsundet på Spitsbergen. Mange av de artene som er registrert her er

også beskrevet fra den lokaliteten. Feyling-Hanssen & Ulleberg (1984) daterer sedimentene til å være fra overgangen tidlig/sen oligocen. King (1989) korrelerer foraminiferinnholdet på denne lokaliteten med sin foraminiferasonering for Nordsjøen, og antar at det tilsvarer overgangen mellom subsonene NSB 8a og NSB 7 (tidlig/sen oligocen). Foraminiferskall fra denne forekomsten er her datert ved hjelp av Sr-analyse og gir alderer fra 27,5 - 29,5 mill. år BP, dvs tidlig del av sen oligocen (Berggren 1985) (se kap. 5).

I foraminiferfaunaen som er beskrevet fra Forlandsundet finnes også formen Rotaliatina bulimoides (Feyling-Hanssen & Ulleberg 1984). Etter King (1989) er dette en form som i Nordsjøen er begrenset til undre oligocen. Ut fra Sr-analysene skulle det være mer naturlig å finne denne formen i forekomsten her, men det at denne mangler i brønnen skyldes sannsynligvis miljømessige faktorer. Bolivina cf. antiqua finnes i begge forekomstene. Men ut fra Sr-analysene skulle det være bare naturlig å finne denne i forekomsten ved Forlandsundet. Går en ut i fra at Sr-analysene gir riktige dateringer (se kap. 5), viser det at noen av disse formene har en noe forskjellig utbredelse i Nordsjøen og i Barentshavsområdet.

En Turrilina alsatica sone er også beskrevet fra Beaufort-Mackenzie-bassenget i nordvestlige Kanada. Flere andre arter er også felles med forekomsten her og ved Forlandsundet. McNeil (1989) antar en sen oligocen alder på disse avsetningene.

Det ligger en kraftig seismisk reflektor nær midten av denne enheten (ca ved 1040m) (se vedlegg 1). Foraminiferfaunaen er litt forskjellig over og under denne, blant annet er T. alsatica mer vanlig under reflektoren og C. aknerianus finnes bare der. Foraminiferfaunaen identifiserer imidlertid ikke noe tidssprang ved denne reflektoren. Sr-analysene viser heller ingen forskjell over og under reflektoren (se kap. 5). En svakere seismisk ref-

lektor finnes ved 1009m. Her er det vanskelig å se noe faunistisk skille. Bunnen av sonen faller også sammen med en seismisk reflektor. Her er det et klart faunistisk skille.

INTERVALL-SONE 3f (1090 - 1220m)

Svært få foraminiferer er registrert i denne enheten. Av kalkskallformer finnes det et eksemplar hver av følgende former: A. tenuistriata, E. pygmeus, G. subglobosa, Cassidulina sp. og Cibicides sp.. De fleste av disse finnes øverst i enheten. Innholdet av agglutinerte former er noe større. Bathysiphon sp. er mest vanlig av disse. Andre former som kan nevnes er: R. placenta, Glomospira sp., Reticulophragmium sp., Haplophragmoides sp. og Recurvoides sp.. Flere av disse er slitte og fragmenterte.

Det er meget vanskelig på grunnlag av foraminiferer å aldersbestemme denne enheten. De få kalkskallforaminiferene øverst i intervallet er de samme formene som en finner i større antall i overliggende sone, og er sannsynligvis nedfall. De agglutinerte foraminiferene er alle former med lang utbredelse i tid. Det at flere av disse er slitte og fragmenterte indikerer at noen er resedimenterte. Aldersbestemmelsen av dette intervallet er basert på dino-flagellater og radiolarer og disse daterer sedimentene til mellom eocen alder (se kap. 3.2.1 og 3.3.1).

CIBICIDES PROPRIUS - CIBICIDES SPP. - PSEUDOHASTIGERINA MICRA - PSEUDOHASTIGERINA SP. - SONE (FE) (1220 - 1465m)

Det finnes langt flere foraminiferer i denne sonen enn i overliggende intervall. Agglutinerte foraminiferer dominerer faunaen, men det er også registrert en del kalkskallforaminiferer.

De aller fleste kalkskallformene er bentiske arter. Noen få

planktiske arter er imidlertid også registrert. En del av kalkformene er etset eller mekanisk slitte og vanskelig å artsbestemme. Av de bentiske formene er Cibicides proprius og Cibicides spp. mest vanlig og finnes i store deler av sonen. Andre viktige former som finnes mer spredt er: Nonionella spissa, Bulimina ovata, Pullenia sp., Alabamina sp. Quinqueloculina impressa og Vaginulinopsis decorata.

Av planktiske former finnes bare Pseudohastigerina micra og Pseudohastigerina sp. spredt i sekvensen.

Også en del av de agglutinerte foraminiferene har slitte skall. R. placenta er mest vanlig av disse og opptrer hyppig i store deler av sonen. Andre viktige former er Reticulophragmium spp., Bathysiphon spp., Haplophragmoides spp. og Cribostomoides sp..

De kalkskallforaminiferene en finner her finnes alle i paleogene avsetninger i vestlige og sentrale Europa.

C. proprius er beskrevet fra undre til øvre eocen i Nederland (Doppert & Neele 1983), og fra sedimenter fra undre til midtre eocen i Belgia (Kaasschieter 1961). N. spissa er beskrevet fra midtre eocen i Belgia (Kaasschieter 1961). B. ovata er beskrevet fra undre eocen på Vøringplatået ("DSDP Site 338") (Hulsbos et al. 1989) og fra øvre eocen i Belgia (Kaasschieter 1961). Q. impressa er beskrevet fra midtre eocen i Nederland og øvre eocen i Belgia og England (Kaasschieter 1961). V. decorata er beskrevet fra undre til midtre eocen i Nederland (Doppert & Neele 1983), og fra øvre eocen i Belgia (Kaasschieter 1961). På Vøringplatået finnes denne i undre eocene sedimenter (Hulsbos et al. 1989).

Den planktiske formen Pseudohastigerina micra er beskrevet fra undre til øvre eocen i Nederland (Doppert & Neele 1983). King (1989) beskriver en Pseudohastigerina spp. sone (NSP 7) i midtre eocene sedimenter (nedre halvpart av midtre eocen) fra Nordsjøen.

Den agglutinerte formen R. placenta er beskrevet fra undre eocen til øvre miocen (vanlig fra midtre eocen til undre miocen) i Nordsjøen (King 1989). De andre agglutinerte formene er slekter som finnes i store deler av mesozoikum og paleogen.

En del av foraminiferene i denne sonen kan være resedimentert, tatt i betraktning at det er en del slitte skall både av kalkskall og agglutinerte former. Dette gjelder spesielt de formene som bare kan bestemmes til slekt.

Mellom eocen alder er sannsynlig konklusjon på denne sonen.

CIBICIDES PROPRIUS - BULIMINA OVATA - VAGINULINOPSIS DECORATA - PSEUDOHASTIGERINA MICRA - SONE (FF) (1465 - 1572m)

I denne sonen er det en forholdsvis rik foraminiferfauna av både kalkskall og agglutinerte former. Det er langt færre slitte skall enn i overliggende sone.

Av kalkformene er det registrert en rekke bentiske arter. Bare en planktisk form er registrert. C. proprius, B. ovata, V. decorata og Anomalina ypresiensis er mest vanlig av de bentiske formene. Andre viktige former er: Anomalina acuta, Alabamina midwayensis, Elphidium latidorsatum, Lenticulina cultrata, Planulina burlingtonensis og Pullenia quinqueloba.

Av planktiske former er P. micra registrert.

R. placenta er mest vanlig av de agglutinerte formene, og opptrer hyppig i hele sonen. Andre former som kan nevnes er: Bathysiphon sp., Textularia spp., Reticulophragmium sp. og Cribrostomoides sp..

Også alle kalkskallforaminiferene en finner her er beskrevet fra paleogene sedimenter i vestlige og sentrale Europa.

C. proprius, B. ovata og V. decorata er beskrevet fra undre til øvre eocene sedimenter på en rekke lokaliteter (se ovenfor). A. ypersiensis og A. acuta er beskrevet fra undre til midtre eocen i Belgia (Doppert & Neele 1983). Kaasschieter (1961) beskriver A. ypersiensis og A. acuta fra undre eocen i Belgia. A. midwayensis er beskrevet fra øvre paleocen til undre eocen i Nederland (Doppert & Neele 1983). E. latidorsatum er beskrevet fra undre eocen i Belgia (Kaasschieter 1961). L. cultrata er beskrevet fra undre eocene til undre oligocen (mest vanlig i midtre eocen) i Nederland (Doppert & Neele 1983). P. burlingtonensis er beskrevet fra øvre del av undre eocen til midtre eocen i Nederland (Doppert & Neele 1983), og fra undre til øvre eocen i Belgia (Kaasschieter 1961). P. quinqueloba er beskrevet fra undre eocen på Vøringplatået ("DSDP Site 338") (Hulsbos et al. 1989), og fra undre til øvre eocen i Belgia (Kaasschieter 1961).

Den planktiske formen Pseudohastigerina micra er beskrevet fra undre til øvre eocen i Nederland (Doppert & Neele 1983). King (1989) beskriver en Pseudohastigerina spp. sone (NSP 7) i midtre eocene sedimenter (nedre halvpart av midtre eocen) fra Nordsjøen.

Den agglutinerte formen R. placenta, som er tallrik i hele sekvensen, er beskrevet fra undre eocen til øvre miocen (vanlig fra midtre eocen til undre miocen) i Nordsjøen (King 1989). De andre agglutinerte formene er slekter som finnes i store deler av mesozoikum og paleogen.

Foraminiferene indikerer også en mellom eocen alder på på denne sonen. En Sr-analyse av skallene fra en kjerneprøve øverst i sonen (1472m) gir en alder på 46-47 mill. år BP (se kap. 5), dvs tidlig del av mellom eocen (Berggren 1985).

RETICULOPHRAGMIUM PLACENTA - TEXTULARIA SP. - SPIROPLEC-
TAMMINA SP. - SONE (FG) (1572 - 1600m (nederste analyserte
prøve))

Denne sonen inneholder nesten utelukkende agglutinerte foraminiferer. Av kalkformer er bare et eksemplar av V. decorata registrert i øverste prøvenivå. R. placenta dominerer den agglutinerte foraminiferfaunaen. Andre viktige former er Textularia sp., Spiroplectammina sp., Bathysiphon sp. og Reticulophragmium sp..

Som nevnt ovenfor har R. placenta en utbredelse fra tidlig eocen til sen miocen i Nordsjøen, men er vanlig bare fra mellom eocen til tidlig miocen (King 1989). De andre agglutinerte formene har en meget lang utbredelse i tid. Tidlig del av mellom eocen er derfor sannsynlig alder også denne sonen.

3.2 DEFINISJON AV DINOFLAGELLAT-SONER (fig. 2)

Dinoflagellat-stratigrafien slik den opptrer i 7316/5-1 er her forsøkt korrelert til dinoflagellat-soneringen beskrevet fra "ODP Leg 104" (Manum et al. 1989, Mudie 1989). Mange av nøkkelartene beskrevet fra ODP "Leg 104" mangler imidlertid i 7316/5-1 og korrelasjonen må således betraktes som tentativ. Nivået mellom 567 og 948m inneholder kun sporadiske "in situ" dinoflagellater, og det har ikke vært mulig å identifisere noen formelt beskrevne dinoflagellat-soner innenfor dette intervallet. Med hensyn til dinoflagellatene er nivået 567 til 948m behandlet som en stratigrafisk enhet og kalles Intervall-sone 1d.

Mellom 948m og 1600m er det identifisert fem dinoflagellat-soner som er korrelert til Manum et al.'s (1989) soner i "ODP Leg 104", videre er det her også omtalt en intervall-sone. Disse er:

IMPAGIDINIUM PATULUM SONE (Manum et al. 1989) (DA)

Def.: Intervall fra øverste forekomst av Cordosphaenidium cantharellum til nederste forekomst av Impagidinium patulum.

Merknader: Nederste grense er ikke vel definert i brønn 7316/5-1. Nederste forekomst av I. patulum faller her innenfor Areosphaeridium? actinocoronatum sonen, sannsynligvis p.g.a. nedfall i brønnen.

INTERVALL-SONE 2d

Def.: Intervall fra nederste opptreden av Invertocysta lacrymosa (og Problematicum sp. IV Manum 1976) til øverste forekomst av Chiropteridium mesapilatum.

IMPAGIGINIUM sp. 1 SONE (Manum et al. 1989) (DB)

Def.: Intervall fra nederste forekomst av Systematophora sp. 1 til nederste forekomst av Impagidinium sp. 1.

Merknader: Systematophora sp. 1 er ikke identifisert i brønn 7316/5-1, og øvre grense for denne sonen er således ikke endelig definert.

AREOSPHAERIDIUM? ACTINOCORONATUM SONE (Manum et al. 1989) (DC)

Def.: Intervall for nederste forekomst av Impagidinium sp. 1 til øverste forekomst av Areosphaeridium arcuatum.

AREOSPHAERIDIUM ARCUATUM SONE (Manum et al. 1989) (DD)

Def.: Intervall fra nederste forekomst av Chiropteridium lobospinosum til nederste forekomst av Areosphaeridium arcuatum.

Merknader: Chiropteridium lobospinosum er ikke påvist i 7316/5-1, og øverste grense av denne sonen sammenfaller med nedre grense av Areosphaeridium? actinocoronatum sonen.

ADNATOSPHAERIDIUM VITTATUM SONE (Manum et al. 1989) (DE)

Def.: Intervall fra nederste forekomst av Deflandrea sp. B til nederste forekomst av Adnatosphaeridium vittatum.

Merknader: "In situ" Deflandrea sp. B er ikke påvist i 7316/5-1. Øverste grense av denne sonen faller sammen med nedre grense av Areosphaeridium arcuatum sonen.

3.2.1 BESKRIVELSE OG TOLKNING AV DINOFLAGELLAT-SONER

INTERVALL-SONE 1d (567 (øverste prøvetatte nivå) - 948 m)

Denne stratigrafiske enheten er rik på dinoflagellater, men kun en forsvinnende del av disse er tolket til å være "in situ". Det har derfor ikke vært mulig å identifisere noen formelt beskrevet dinoflagellat-soner i denne sekvensen. Achomosphaera andalousiensis (656m) og Bitectatodinium tepikiense (676m) er arter som er typisk for pliocen og pleistocen, men begge disse kan også opptre i oligocen og i holocen. Foraminiferene kan imidlertid datere denne enheten til sen pliocen - pleistocen alder.

Innenfor denne sekvensen er det påvist omarbeidete dinoflagellater av jura, øvre kritt, undre kritt, øvre paleocen - undre eocen, midtre eocen og øvre eocen - oligocen. Hovedtyngden av de omarbeidete artene er av kritt og paleogen alder.

Omarbeidete jurassiske dinoflagellater omfatter Gonyaulacysta jurassica (571m og 782m), Pareodinia brachythelis (571m), Scriniodinium crystallinum (571m), Sirmiodinium grossii (571m, 656m, 676m, 895m), Paragonyaulacysta cappilosa (571m, 656m), Nannoceratopsis pellucida (616m), Escharisphaerida pocokii (676m), Pareodinia cerotophora (656m), Atopodinium prostaticum (782m), Caddasphaera halosa (782m) Leptodinium mirabile (843m), og Ctenidodinium continuum (843 m). Disse artene er vanlige i avsetning av sen callov (eldste opptreden av S. crystallinum) til tidlig oxford (yngste opptreden av C. continuum) alder.

Omarbeidete dinoflagellater av tidlig kritt alder omfatter Ovoidinium scaborosum (flere nivåer mellom 567 - 895m), Subtilisphaera pirnaensis (flere nivåer mellom 567 - 948m), Litosphaeridium arudum (590m, 832m), Chlamydophorella trabeculosa (610m, 656m, 782m, 823m, 832m), Epelidosphae-

ridia spinosa (flere nivåer mellom 610 - 940m), Muderongia tetracantha (610m, 656m, 814m, 885m), Pseudoceratium pelliferum (610m, 769m), Litosphaeridium siphonophorum (610m, 769m, 832m, 885m), Rhombodella paucispina (flere nivåer mellom 656 - 930m), Batioladinium longicornatum (695m), Apteodinium grande (745m), Protoellipsodinium spinocristatum (769m), Batiolodinium micropodum (flere nivåer mellom 782 - 885m), Apteodinium maculatum (769m, 885m), Cauca parva (814m, 885m), Batioledinium jageeri (823m), Ellipsodinium imperfectum (895 m) og Gochteodinia villosa (940m). Disse er omleiret fra minst tre ulike avsetningspakker : 1) berrias (eller eldre, dvs. sen jura), 2) apt - alb og 3) sen alb - tidlig cenoman.

Omarbeidete dinoflagellater av sen kritt alder omfatter Chatangiella ditissima (flere nivåer mellom 571 - 930m), Isabelidinium bakeri (flere nivåer mellom 571 - 895m), Chatangiella granulifera (flere nivåer mellom 676 - 885m), Endoscrinium campanula (676m), Spongidium delitiense (676 m), Senoniasphaera rotundata (695m), Heterosphaeridium difficile (739m), Trithyrodinium suspectum (745m), Xenascus ceratioides (745m), Fromea chytra (814m) og Chatangiella madura (843m). Disse formene opptrer vanligvis i avsetninger av turon til santon alder.

Alisocysta margarita (610m) har normalt en velavgrenset opptreden i sen paleocen. Omarbeidete dinoflagellater av uspesifisert sen paleocen til tidlig eocen alder omfatter Cerodinium wardenense (610m, 832m), Deflandrea denticulata (676m), Ceratiopsis speciosa (832m), Isabelidinium? viborgense (832m) og Deflandrea oebisfeldensis (930m).

Omarbeidete eocene og uspesifiserte eocene - oligocene dinoflagellater finnes i de fleste av prøvene fra intervall-sone 1 (unntatt prøvene 590m, 656m, 705m, 786m, 796m, 814m, 832m). De fleste av disse formene finnes vanligvis i avsetninger av mellom eocen til tidlig oligocen alder.

Små gruskorn av sedimentære bergarter ble plukket ut fra

prøvene i flere nivåer. I disse ble det registrert "rene" floraer av sen jura og paleocen - tidlig eocen alder.

IMPAGIDINIUM PATULUM SONE (DA) (948 - 960m)

Prøvene fra denne sonen inneholder en moderat rik og divers dinoflagellat mikroflora, men kun få av disse er "in situ" former. Lejeunecysta hyalina og Apteodinium sp. 1 opptrer i alle tre prøvene fra denne sonen. Pentadinium laticinctum er registrert ved 955m. Impagidinium patulum finnes i prøvene fra 948m og 950m. I følge Manum et al. (1989) opptrer denne arten ikke i lag eldre enn tidlig miocen i "Leg 104" på Vøringplatået. I følge Powell (1992) kan eldste opptreden av I. patulum korreleres med bunnen av nannofossil-sone NN2. Spiniferites pseudofuratus opptrer i prøvene fra 950m og 955m. Denne arten er vanlig i tidlig miocen, men opptrer også hyppig i eldre avsetninger.

Cordosphaeridium cantharellum er funnet ved 948m og 955m. C. cantharellum har vanligvis sin yngste forekomst i undre miocen (Powell 1992), og den opptrer heller ikke i avsetninger yngre enn Impagidinium patulum sonen i "Leg 104" på Vøringplatået (Manum et al. 1989). Prøvene fra 950m og 955m inneholder også Invertocysta tabulata. I "Leg 104" er denne begrenset til nedre miocen (Manum et al. 1989). Systematophora placacantha har sin yngste forekomst ved 950m. I følge Powell (1992) forekommer denne arten normalt ikke i lag yngre enn midtre miocen. Hystriosphaeopsis obscura som er registrert i prøven fra 955m har vanligvis en velavgrenset forekomst i miocen (Powell 1992). Spesielt interessant er forekomsten av Problematicum sp. IV Manum 1976 ved 955m. I følge Manum et al. (1989) er denne arten begrenset til tidlig miocen i "Leg 104" på Vøringplatået.

Omarbeidete dinoflagellater innenfor Impagidinium patulum sonen i 7316/5-1 omfatter arter fra jura (Sirmiodinium grossii, Leptodinium subtile, Senoniasphaera jurassica), fra nedre kritt (Rhombodella paucispina, Subtilisphaera

perlucida, øvre kritt (Isabelidinium bakeri, Chatangiella granulifera, og paleogen (Deflandra phosphoritica, Wetzeliella articulata, Cribroperidinium guiseppi, Phthanoperidinium amoenum, Phthanoperidinium comatum, Kisselovia clathra, Riculacysta perforata, Cerebrocysta bartonensis, Areosphaeridium dictyoplokus og Heteraulacacysta porosa). Heteraulacacysta porosa som er påvist i prøven fra 955m har vanligvis en kort velavgrenset utbredelse i midtre eocen (strata som kan korreleres med nannoplankton sonene NP16-NP17).

Både den øvre og den nedre grensen for Impagidinium patulum sonen faller sammen med seismiske reflektorer. Ved den øvre reflektoren er det et klart litologisk skille (se kap. 4).

INTERVALL-SONE 2d (960 - 992m)

Det er registrert mer enn femti arter dinoflagellater innenfor denne sonen. Hovedtyngden av disse omfatter imidlertid omarbeidete eksemplarer, og det er ikke påvist "in situ" arter som kan anvendes stratigrafisk. Arter av uspesifisert eocen - tidlig oligocen alder omfatter Lejeunecysta hyalina, Apteodinium sp. 1, Deflandrea phosphoritica, Wetzeliella articulata, Systematophora ancyrea, Thalassophora pelagica, Cribroperidinium guiseppi, Apectodinium homeomorphum, Areosphaeridium dictyoplokus og Corrudinium incompositum. Tilstedeværelsen av Heteraulacacysta porosa ved 990 m kan tyde på at de overnevnte omarbeidete formene stammer fra avsetninger av midtre eocen alder. Tilstedeværelsen av Apectodinium augustum og A. quinquelatum innenfor Intervall-sonen 2 tyder på at avsetningen av sen paleocen - tidligste eocen alder også har fungert som kilde for sedimentene. Det finns også omarbeidete øvre kritt (Chatangiella granulifera, Isabelidinium sp.) og nedre kritt dinoflagellater (bl.a. Ovoidinium scabrosum, Rhombodella pausispina) innenfor denne enheten.

IMPAGIDINIUM SP. 1 SONE (DB) (992 - 1010m)

Denne sonen omfatter kun prøvene fra 992m og 1000m. Mer enn 30 arter dinoflagellater er registrert fra denne sonen. Hovedtyngden av disse er arter som typisk opptrer i eocen til tidlig oligocene avsetninger (i.e. Araneosphaera araneosa, Areosphaeridium dictyoplokus, Cribroperidinium giuseppi, Deflandrea phosporitica, Svalbardella cooksoniae, Phthanoperidinium comatum, Lentinia serrata og Wetzeliella articulata). Disse er antatt å være omarbeidet.

Tilstedeværelsen av Chiropteridium mespilanum ved 992 m definerer den øvre grensen for denne sonen. Denne arten regnes som en stratigrafisk nøkkelart typisk for øverste undre oligocene til nederste øvre oligocene avsetninger (Powell 1992). I "Leg 104" på Vøringplatået er denne arten begrenset til Systematophora sp. 1 sonen av sen oligocen alder. Går en ut fra at Sr.-analysene gir riktige dateringer (se kap. 5), er imidlertid sonen her av tidlig oligocen alder. Dette kan forklares med at sonen her og på Vøringplatået ikke er helt samtidige. Eller at dateringen av sonen på Vøringplatået ikke er helt riktig. Dateringen av sonen der er også basert på korrelasjon med andre forekomster, og det er ikke paleomagnetisk kontroll av alderen (Manum et al. 1989).

Omarbeidete dinoflagellater som stammer fra nedre kritt er også påvist i denne enheten. Bunnen av sonen faller sammen med en seismisk reflektor som er forholdsvis svak i brønnen, men som blir sterkere mot øst (se kap. 7).

AREOSPHAERIDIUM? ACTINOCORONATUM SONE (DC) (1010 - 1085m)

De undersøkte prøvene fra denne sonen inneholder moderat rike og relativt diverse dinoflagellat-samlinger. Mange av artene har en forholdsvis bred stratigrafisk utbredelse i paleogen, og mengde-forholdet mellom "in situ" oligocene

former og omarbeidete eocene eksemplarer er vanskelig å anslå. Lejeunecysta hyalina har en konsistent opptreden gjennom hele denne sonen. Andre arter som opptrer i de fleste nivåer er Apteodinium sp. 1, Deflandrea phosphorica, Wetzeliella articulata, Systematophora ancyrea, Cribroperidinium guiseppi, Phthanoperidinium amoenum, Spiniferites pseudofurcatus, Cordosphaeridium cantharellum og Palaeoperidinium sp. 1. Av disse artene opptrer Wetzeliella articulata, Cribroperidinium giuseppi og Phthanoperidinium amoenum normalt ikke i avsetning yngre enn tidlig oligocen.

Areosphaeridium? actinocoronatum sonen slik den er definert i "Leg 104" på Vøringplataet er antatt å omfatte øvre del av undre oligocen til nedre del av øvre oligocen (Manum et al. 1989). Nedre grense for sonen i 7316/5-1 (og "Leg 104") er identifisert ved opptreden av Reticulosphaeridia actinocoronata ved 1080m. Øvre grense er definert ved eldste opptreden Impagidinium sp. 1 ved 1000m. Opptreden av Deflandrea sp. B ved 1020m kan være av stratigrafisk betydning. Denne arten er ikke funnet i lag yngre enn Areosphaeridium? actinocoronatum sonen i "Leg 104" (Manum et al. 1989).

Omarbeidete arter av entydig eocene alder som er registrert innenfor denne sonen er Adnatosphaeridium vittatum, Eatoniacysta ursulae, Homotrybilum oceanium, Cerebrocysta bartonensis, Wetzellia ovalis og Heteraulacacysta porosa. H. porosa er en nøkkelart som har en velavgrenset opptreden i midtre eocen. Apectodinium augustum (1050 m), A. hyperacanthum (1022 m) og Deflandrea oebisfeldensis (1050 m) stammer fra avsetninger av sen paleocen til tidligste eocen alder. Omarbeidete former av øvre kritt (Chatangiella ditissima, C. granulifera) og nedre kritt alder (Chlamydochorella trabeculosa, Rhombodella paucispina, Apteodinium grande, Pseudoceratium pelliferum, Apteodinium maculatum, Wiggensiella grand standica, Ovidinium scabrosum) finnes i flere nivåer.

AREOSPHERIDIUM ARCUATUM SONE (DD) (1085 - 1240m)

En moderat rik og divers (mer enn 50 arter registret) dinoflagellat flora er funnet innenfor denne sonen.

Deflandrea phosphoritica, Lejeunecysta hyalina, Wetzeliella articulata, Phthanoperidinium amoenun, Apectodinium homeoamorphum, Homotrybelium tenuispinosum og Dapsilidinium simplex er mest vanlig. Andre karakteristiske "in situ" arter er Systematophora ancyrea, Hystrichosphaeridium tubiferum, Kisselovia clathra, Nummus sp. A, Cerebrocysta bartonensis, Adnatosphaeridium vittatum, Spiniferites psuedoferacatus, Cordosphaeridium cantharellum, Spiniferites sp. 2 Manum et al. 1989, Heteraulacacysta leptalea, Lentinia serrata og Samlandia chlamydophora.

Den øvre grensen for denne sonen er definert ut fra opp-treden av R. actinocoronata ved 1080m (dvs bunnen av over-liggende Areosphaeridium actinocoranatum sonen). Denne faller nært sammen med en seismisk reflektor. En annen seismisk reflektor opptrer omlag midt i denne sonen. Den nedre grensen av sonen er definert av eldste opptreden av Areosphaeridium arcuatum ved 1220m.

Andelen av arter som klart indikerer omarbeiding er betydelig lavere i Areosphaeridium arcuatum sonen enn i de overliggende sonene. Apectodinium quinquelatum er bevis på omarbeiding fra sen paleocen - tidlig eocen. Tilstedeværelsen av Rhombodella paucispina og Apteodinium maculatum (sammen med Cribroperidinium edwardsii, Cyclonephelium distinctum og Odontochitina operculata) viser at også tidlig kritt-avsetninger har fungert som kilde for sedimentene avsatt innenfor Areosphaeridium arcuatum sonen.

Denne sonen kan korreleres med Areosphaeridium arcuatum sonen av mellom eocen alder slik den er definert i "Leg 104" på Vøringplataet. I tillegg til artene nevnt ovenfor er eldste opptreden av Corrudinium incompositum ved 1120m av stratigrafisk betydning. Denne arten har normalt sin eldste

forekomst i mellom eocen, dvs. avsetning som kan korreleres til nannoplankton sone NP16 (Powell 1992).

ADNATOSPHAERIDIUM VITTATUM SONE (DE) (1240 - 1600 m)

En forholdsvis rik og divers (mer enn 70 arter registrert) dinoflagellat flora er registrert innenfor denne sonen. Arter som har en hyppig og relativt konsistent opptreden gjennom denne sonen er Deflandrea phosphoritica, Lejeunecysta hyalina, Wetzeliella articulata, Cribroperidinium giuseppi, Phthanoperidinium amoenum, Thalassiphora delicata, Apectodinium homeomorphum, Nummus sp. A, Adnatosphaeridium vittatum, Heteraulacacysta leptalea og Lentinia serrata. Andre karakteristiske arter er Phthanoperidinium comatum, Areosphaeridium dictyoplokus, Phthanoperidinium geminatum, Deflandrea denticulata, Thalassiphora pelagica, Glaphyrocysta ordinata, Kisselovia clathra, Dapsilidinium simplex, Pentadinium laticinctum, Lejeunecysta fallex, Selenophemix nephroides, Spiniferites pseudofurcatus, Caligodinium amiculum, Araneosphaera aroneosa, Spiniferites cornutus og Phthanoperidinium levinumum.

Opptreden av Phthanoperidinium comatum (1600 m, nederste analyserte prøve) og P. geminatum (1572 m) i nederste delen av A. vittatum sonen peker mot en alder ikke eldre enn mellom eocen. Eldste opptreden av Homotrybilum oceanicum ved 1412m kan også brukes som bevis på en alder ikke eldre enn mellom eocen. Wetzeliella meckelfeldensis som er påvist ved 1397m opptrer normalt ikke i avsetninger yngre enn mellom eocen (Powell 1992). Antatt at yngste "in situ" forekomst av Thalassiphora delicata er ved 1300m og Eatoniacysta ursulae er ved 1440m, kan disse også nyttes som indisier på en alder ikke yngre enn mellom eocen. Cerebrocysta bartonensis har sin eldste opptreden ved 1400 m. Denne arten opptrer vanligvis først i mellom eocen (men kan også forekomme i eldre eocene avsetninger). I "Leg 104" på Vøringplatået opptrer denne arten bare i Adnatosphaeridium vittatum sonen (Manum et al. 1989).

Andelene av klart omarbeidete dinoflagellater innenfor A. vittatum sonen i brønn 7316/5-1 er lav sammenlignet med det en finner i de post-eocene avsetningene. Tilstedeværelsen av Apectodinium hyperacanthum og Cerodinium wardenense tyder på noe omarbeiding fra sen paleocene - tidlig eocene avsetninger. Chatangiella ditissima peker mot en sedimentkilde av øvre kritt alder, men Litospharidium siphonophorum og Rhombodella paucispina viser at også nedre kritt-avsetninger har vært kilde for sedimentene avsatt innenfor Adnatosphaeridium vittatum sonen i brønn 7316/5-1.

3.3 DEFINISJON AV RADIOLARSONER (fig. 2)

Radiolarene som er registrert i det studerte intervallet i 7316/5-1 er dårlig bevart, og det er vanskelig å foreta nøyaktige taksonomiske bestemmelser. Det har allikevel vært mulig å foreta en inndeling i elleve arter og en slekt. Det finnes ikke litteratur som beskriver denne faunaen, med unntak av Calocyclus talwani (Bjørklund 1976). Mange av formene er her registrert for første gang og har dermed ikke navn. Det er imidlertid tydelige forandringer i faunaen gjennom den studerte kolonnen som tillater en sonering. Flere studier vil kunne øke den kronostratigrafiske betydningen av disse sonene.

Ni av de registrerte taksa tilhører gruppen Spumellaria inkludert Spongodiscus sp.. Slekten Spongodiscus har lang utbredelse i tid, men de registrerte eksemplarene av denne formen er så dårlig bevart at de ikke kan bestemmes nærmere. Syv av de andre taksa som tilhører gruppen Spumellaria blir vanligvis betegnet som "?spherical" Radiolaria eller Cenosphaera sp. av andre mikropaleontologer. De formene som er gitt disse betegnelsene er imidlertid en divers gruppe av arter, hvor ingen tilhører slekten Cenosphaera. Disse navnene er helt ubrukbare for disse formene, og det

er derfor nødvendig med en taksonomisk revisjon. Her er denne samlingen klassifisert som: Caryiosphaera sp. 1, Caryosphaera sp. 2, Coccodiscus darwini, Periphaena sp. 1, Porodiscus sp. A, ?Theosphaesphaera sp. og ?Tholonium sp..

Intervallet 948 - 1562m er inndelt i fem uformelle forekomstsoner ("range zone"). På grunn av mangel på godt studert referansemateriale, kan en ikke gi en helt eksakt alder på disse sonene, men sannsynlige aldre er gitt for de fleste sonene. I intervallet 567 - 948m er radiolarene også tallrike og dominerer i enkelte prøver fossilinnholdet. Skallene på disse er rekrySTALLISerte og kan ikke være primært avsatt i disse unge sedimentene (øvre pliocen - pleistocen). Denne enheten med resedimenterte radiolarer er gitt betegnelsen Intervallsone 1r.

PORODISCUS SP. A - SONE (RA)

Def.: Intervallet fra øverste opptreden av Caryosphaera sp. 1 til øverste opptreden av Porodiscus sp. A.

CARYOSPHAERA SP. 1 - SONE (RB)

Def.: Intervallet fra øverste opptreden av ?Theosphaerella sp. til øverste opptreden av Caryosphaera sp. 1.

?THEOSPHAERELLA SP. - SONE (RC)

Def.: Intervallet fra nederste jevne opptreden til øverste jevne opptreden av ?Theosphaerella sp..

PERIPHAENA SP. 2 - SONE (RD)

Def.: Intervallet fra øverste forekomst av Periphaena sp. 1 til nederste jevne opptreden av ?Theosphaerella sp..

PERIPHAENA SP. 1 - SONE (RE)

Def.: Toppen av sonen er definert ved øverste opptreden av Perophaena sp. 1. Bunnen av sonen er ikke definert.

3.3.1 BESKRIVELSE OG TOLKNING AV RADIOLARSONER

INTERVALL-SONE 1r (567 (øverste prøvetatte nivå) - 948m)

Dette intervallet er datert til sen pliocen - pleistocen alder på grunnlag av foraminiferfaunaen, men ingen neogene radiolarer er registrert. En finner her et hyppig innhold av radiolarer med utbredelse fra sen kritt til eocen alder. Disse er rekrystalliserte og skallene er gått over til Opal-CT. Dette indikerer et stort innslag av resedimenterte sedimenter fra kilder som må ha vært utsatt for en temperatur større enn ca 50° C, og sannsynligvis har vært begravd dypere enn 1500m.

Caryophaera sp. 2 er den mest vanlige formen, og denne opptrer hyppig i de fleste nivåene. ?Tholonium sp. og Spongodiscus sp. har også et jevnt til hyppig innhold i store deler av enheten. Alle disse formene er dårlig bevart. Slekten Spongodiscus eksisterer også i dag og har levd gjennom hele kenozoicum. De rekrystalliserte eksemplarene en finner her stammer sannsynligvis fra nedre tertiær. ?Tholonium sp. er ikke tidligere beskrevet og dets slektskap er ikke helt klart. Parvicingula spp. er registrert i seks nivåer. Denne slekten er typisk for avsetninger fra kritt.

PORODISCUS SP. A - SONE (RA) (948 - 1092m)

Det er et jevnt innhold av radiolarer gjennom hele denne enheten. Øverst og nederst er innholdet ganske hyppig. Caryosphaera sp. 2 og Porodiscus sp. A er de mest vanlige formene. Den nederste forekomsten av Caryosphaera sp. 2 (1070m) er rett over bunnen av sonen og faller sammen med øverste jevne opptreden av Coccodiscus ?darwini. Både øvre og nedre grense av denne sonen ligger nær regionale seismiske reflektorer.

Hughes (1981) beskriver "? sferical Radiolaria" fra sydlige deler av Nordsjøen (Flemish Bight) fra nedre oligocen. Fotoet av disse er av dårlig kvalitet i Hughes (1981, pl. 15.3, fig. 16), men disse er meget lik de formene som her er gitt betegnelsen Porodiscus sp. A. Dette er en svak indikasjon på en tidlig oligocen alder på Porodiscus sp. A - sonen. Calocyclus talwani som er registrert ved 982 og 1060m stammer fra eocene avsetninger og må helt klart være resedimentert. Dette kan imidlertid være tilfelle også for de andre radiolarene som er registrert her. Mangel på planktiske former blant foraminiferene indikerer at radiolarene som også er planktiske organismer, ikke er primært avsatt.

CARYOSPHERA SP. 1 - SONE (RB) (1092 - 1140m)

Radiolarene er mer tallrik i denne enn i overliggende sone. Caryosphaera sp. 1, Coccodiscus ?darwini og Porodiscus sp. A er de mest vanlige formene. Caryosphaera sp. 1 avviker fra Caryosphaera sp. 2 ved at den er større, er mer skiveformet og har en mer uregelmessig porekonfigurasjon.

Forekomsten av Calocyclus talwani ved 1103 og 1130m indikerer at denne sonen ikke er yngre enn toppen av Calocyclus talwani - sonen, beskrevet av Bjørklund (1976) fra Vøring-

plataet, som Goll (1989) gir alderen 42 mill. år BP etter Berggren (1985). Hverken Caryosphaera sp. 1 eller C. ?darwini finnes imidlertid i C. talwani - sonen etter Bjørklund (1976). En kan derfor anta at Caryosphaera sp. 1 - sonen i 7316/5-1 er noe eldre (ca 44 - 46 mill. år BP).

?THEOSPHAERELLA SP. - SONE (RC) (1140 - 1320m)

Radiolarene er enda mer tallrik her enn i overliggende sone, diversiteten er her også størst (9 former). ?Theosphaerella sp., Caryosphaera sp. 1 og Porodiscus sp. A er de mest vanlige formene.

?Theosphaerella sp. er registrert på en rekke andre lokaliteter i Barentshavet og på midt-norsk kontinentalsokkel, men denne formen er aldri blitt studert på lokaliteter hvor hele dets stratigrafiske utbredelse er representert. På nåværende tidspunkt er det bare mulig å indikere en tidlig mellom eocen alder på grunnlag av denne formen. ?Theosphaerella er imidlertid en god biostratigrafisk markør, og dets betydning vil øke når utbredelsen er bedre kartlagt.

Calocyclus talwani har sin største utbredelse i denne sonen. Nederste jevne opptreden av denne formen faller omtrent sammen med bunnen av sonen, og en antar at dette er første sikre forekomst (FAD) av denne formen i 7316/5-1. En kan imidlertid ikke gi en sikker alder på bunnen av C. talwani - sonen etter Bjørklund (1976). I "DSDP"- og "ODP"-boringene i Norskehavet hvor denne er studert, er det en stor hiatus i bunnen av sonen (Goll 1989).

Andre former som opptrer i et langt mindre antall er Heliodiscus sp., Coccodiscus darwini, Periphaerna spp., ubestemmelige former av slekten Nassellaria, og svært dårlig oppbevarte Spongodiscus. De fleste av disse registreringene skyldes sannsynligvis nedfall.

PERIPHAENA SP. 2 - SONE (RD) (1320 - 1490m)

Caryosphaera sp. 1 og Periphaena sp. 2 dominerer radiolarfaunaen i dette intervallet, og er sannsynligvis de eneste formene som er "in situ". Sporadisk opptreden av seks andre former skyldes sannsynligvis nedfall. Periphaena sp. 2 er imidlertid ikke registrert i det sandige kjerne-tatte intervallet (1347,5 - 1374,4m), og både Periphaena sp. 2 og Caryosphaera sp. 1 mangler i sanden som er kjerne-tatt i nivået 1460,6 - 1472m.

Periphaena sp. 2 er ikke tidligere beskrevet og dets stratigrafiske utbredelse er ikke kartlagt. Periphaena sp. 2 skiller seg fra Periphaena sp. 1 ved at de er mindre og har jevnere overflate.

Caryosphaera sp. 1 dominerer helt radiolarfaunaen i nivået 1397 - 1442m. I resten av sonen er det også et stort innhold av denne formen. Det kan derfor være mulig at Periphaena sp. 2 - tilsvarer sone NSP 6 fra Nordsjøen (King 1989). Dette er en maksimumssone ("acme"-sone) av "Cenosphaera", og toppen av sonen har en alder på 50 - 51 mill. år BP der. Dette er imidlertid høyst usikkert da disse radiolarene også er hyppige langt nedenfor den delen av 7316/5-1 som vi har undersøkt. Caryosphaera sp. 1 forekommer også i de to overliggende sonene. Det er derfor mulig at det er meget vanskelig å lokalisere det som tilsvarer "acme" NSP 6 i dette området, muligens på grunn av resedimentasjon. En alder på 50 - 51 mill år BP i denne delen passer heller ikke med Sr-analysen ved 1472m som gir en alder på 46 - 47 mill år BP.

PERIPHAENA SP. 1 - SONE (RE) (1490 - 1600m (nederste undersøkte prøve))

Periphaena sp. 1 og Periphaena sp. 2 er de viktigste formene i denne sekvensen og sannsynligvis de eneste "in situ" formene. Sporadisk opptreden av en del andre former

skyldes sannsynligvis nedfall. Forekomsten av både Periphaena sp. 1 og Periphaena sp. 2 fortsetter til et ukjent nivå nedenfor 1600m.

3.4 AVSETNINGSFORHOLD (MILJØ OG VANNDYP)

Nesten alle prøvene i den delen av brønnen som er datert til øvre pliocen og pleistocen inneholder glasialt materiale. Fossilinnholdet består for en stor del av resedimenterte former. Dinoflagellatfloraen (Intervall-sone 1d) inneholder svært få "in situ" former. Radiolarfaunan (Intervall-sone 1r) består utelukkende av resedimenterte former. "In situ" foraminiferer finnes i to nivåer: Neogloboquadrina pachyderma (sinistral) - Elphidium excavatum - Cassidulina reniforme - sone (FA) øverst i enheten og Globigerina bulloides - Cassidulina teretis - sone (FB) i nedre del av enheten. Mellom disse og helt nederst ligger henholdsvis Intervall-sone 1f og Intervall-sone 2f som nesten utelukkende inneholder resedimenterte foraminiferer.

Foraminifersone FA er ganske rik på kalkskallforaminiferer. En finner i denne sonen en betydelig del planktiske foraminiferer. Stor andel av planktiske foraminiferer i kystnære områder indikerer åpne marine forhold og et forholdsvis stort vanndyp. Et betydelig innhold av B. marginata og et jevnt innhold av N. affine indikerer også et ganske stort vanndyp (Qvale & Van Weering, 1985 og Mackensen, 1985). Enheten er sannsynligvis avsatt på ytre del av kontinentalhyllen. Innhold av polare former som E. excavatum forma clavata, C. reniforme, I. islandica, I. norcrossi, N. labradoricum samt fullstendig dominans av N. pachyderma (sinistral) i den planktiske faunaen, indikerer kalde forhold (Feyling-Hanssen 1983).

Intervall-sone 1f inneholder nesten ikke kalkskallforaminiferer. Øvre pliocene - pleistocene avsetninger lengre syd på norsk kontinentalsokkel er imidlertid rik på kalkskallforaminiferer. Det at disse mangler her skyldes sannsynligvis karbonatopløsning. Etter Hald et al. (1989) og Stein-sund et al. (1991) følger karbonatopløsning av foraminiferskall samme mønster som dannelsen av tungt bunnvann, og

dannelsen av dette skyldes en kombinasjon av sjøis og influx av atlanterhavsvann. Kombinasjonen av lav temperatur og høy salinitet ser ut til å forklare dette fenomenet i resente og sen-pleistocene avsetninger (Hald et al. 1989). Dette gjelder sannsynligvis også for avsetninger fra eldre deler av pleistocen og sen pliocen.

Foraminifersone FB inneholder en del kalkskallforaminiferer, men langt færre enn i sone FA. Det lave antallet skyldes sannsynligvis at karbonatoppløsning også har virket her. Mulig selektiv oppløsning av visse arter gjør det vanskelig å tolke miljøet på grunnlag av de få formene som er registrert. Det ser imidlertid ut til å være forholdsvis færre arktiske i forhold til boreale former i denne sonen enn i sone FA. Innhold av planktiske foraminiferer samt innhold av de bentiske formene: N. affine, C. teretis og B. marginata indikerer forholdsvis åpne marine forhold og avsetning på vanddyp tilsvarende midtre del av kontinentalhyllen eller dypere.

Den nederste delen av den øvre pliocene - pleistocene kolonnen (Intervall-sone 2f) er også nesten tom for kalkskallforaminiferer, og dette skyldes sannsynligvis også her karbonatoppløsning. I de fleste prøvene i denne enheten består sedimentene av et diamikton slik som i de andre delene av pliocen/pleistocen. Dette diamiktonet har sannsynligvis i hovedsak en glasimarin opprinnelse. Midt i dette intervallet er det imidlertid et kjernetatt sandlag som er tolket som en del av et smeltevannsdelta (se kap. 4). Dette indikerer et lavt vanddyp under avsetningen av i hvert fall midtre del av dette intervallet.

En stor del av fossilinnholdet i enheten som er datert til sen oligocen - tidlig miocen består også av resedimenterte fossiler. Dinoflagellat-floraen i denne delen utgjør følgende soner: Impagidinium patulum - sone (DA), Intervall-sone 2d, Impagidinium sp. 1 - sone (DB) og Areosphaeridium ? actinocoronatum - sone (DC). Intervall-sone 2d inneholder bare resedimenterte former. Sonene DA, DB og DC

inneholder også en del "in situ" dinoflagellater.

Radiolarfaunaen i denne delen (Porodiscus sp. A - sone (RA)) består sannsynligvis bare av resedimenterte former.

Foraminiferfaunaen inndeles i følgende soner: R. placenta - sone (FC) og T. alsatica - A. tenuistriata - sone (FD). Sone FC inneholder "in situ" agglutinerte former (R. placenta), og sone FC inneholder en ganske rik "in situ" fauna med bentiske kalkskallformer, et planktisk eksemplar samt noen få R. placenta. Begge sonene inneholder også en god del resedimenterte foraminiferer.

Opptreden av slektene Spiniferites, Systematophora, Invertocysta, Hystrichosphaeropsis sammen med Impagidinium i dinoflagellatsone DA indikerer et åpent marint miljø med mulig avsetning på midtre til ytre del av kontinentalhyllen. Opptreden av Impagidinium, Systematophora og Spiniferites i sone DB og Areosphaeridium, Spiniferites og Systematophora i sone DC indikerer lignende forhold i disse deler.

Innhold av bare agglutinerte former i foraminifersone FC indikerer reduserende bunnforhold og oppløsning av eventuelle kalkformer. Etter Skarbø & Verdenius (1986) indikerer R. placenta forholdsvis dypt vann. Mangel på planktiske foraminiferer blant kalkformene i sone FD indikerer begrenset kontakt med åpne havområder. Den bentiske faunaen inneholder imidlertid en del former som forbindes med forholdsvis dypt vann, blant annet Bolivina cf. antiqua og Gyroidina s. girardana, men også former som forbindes med forholdsvis grunt vann som T. alsatica og C. aknerianus (Skarbø & Verdenius 1986). Christensen & Ulleberg (1973) og Ulleberg (1985) beskriver bentiske kalkskall-faunaer, med mange felles arter med forekomsten her, i undre og øvre oligocene sedimenter fra Danmark. De regnes der som typiske "shelf"-faunaer. Det samme gjelder den tidligere beskrevne faunaen fra Forlandsundet på Spitsbergen (Ulleberg, pers. medd., 1993). Foraminiferene indikerer avsetning på midtre til ytre del av kontinentalhyllen for sone FC og midtre del

av kontinentalhyllen for sone FD.

I den delen av den undersøkte kolonnen som er datert til mellom eocen består fossilinnholdet i stor grad av "in situ" former. Dinoflagellatfloraen er meget rik og inndeles i sonene: Areosphaeridium arcuatum - sone (DD) og Adnatosphaeridium - sone (DE). Innholdet av radiolarer er inndelt i sonene: Caryosphaera sp. 1 - sone (RB), Theosphaerella sp. - sone (RC), Periphaena sp. 2 - sone (RD) og Periphaena sp. 1 - sone (RE). Utenom i de kjernetatte, sandige intervallene i nivåene 1347,5 - 1374,4 og 1460,5 - 1472m og i sone RE, er innholdet av radiolarer meget stort.

Foraminifersonene i denne delen er: Intervall-sone 3f, Cibicides proprius - Cibicides spp. - Pseudohastigerina micra/sp. - sone (FE), C. proprius - B. ovata - V. decorata - P. micra - sone (FF) og R. placenta - Textularia sp. - Spiroplectamina sp. - sone (FG). Utenom i Intervall-sone 3f er det en ganske rik foraminiferfauna i disse sonene. I sone FE dominerer agglutinerte former, men en liten andel bentiske og planktiske kalkformer er også registrert. I sone FF er det en ganske rik fauna av både agglutinerte og bentiske og planktiske kalkformer. De bentiske formene er mest vanlig. I sone FG er bare agglutinerte former registrert.

Det store innholdet radiolarer, som er planktiske organismer knyttet til normalmarine områder med liten turbulens i vannmassene, indikerer at store deler av den midtre eocene enheten er avsatt under åpne marine forhold og på forholdsvist dypt vann. Dette underbygges også av innhold av planktiske foraminiferer i foraminifersone FE og FF. Unntaket fra dette er de sandige intervallene nevnt foran og intervallet nederst i den undersøkte kolonnen (radiolar-sone RE). Det øverste sandige intervallet er tolket til å være gruntvannsavsetning og det nederste til å bestå av turbiditter (Gjelberg 1993) (se kap. 4). De rene sandlagene inneholder få eller ingen mikrofossiler. Dette skyldes at mikrofossiler gjerne blir skylt vekk fra høyenergiavset-

ninger. I turbidittene er det imidlertid tynne finkornete lag mellom sandlagene, og disse er rike på mikrofossiler. I det aller meste av den midtre eocene kolonnen er det også flere arter bentiske foraminiferer som indikerer forholdsvis dypt vann (Skarbø og Verdenius 1986).

Stor diversitet i dinoflagellat-floraen samt opptreden av Areosphaeridium, Spiniferites, Systematophora og Hystrihokolpoma (sone DE) indikerer et åpent marint avsetningsmiljø. Relativt hyppig opptreden av Glaphyrocysta og Nummus i sone kan imidlertid tyde på noe mer marginale forhold for denne delen.

Ytre til midtre del av kontinentalhyllen er sannsynligvis avsetningssted for den midtre eocene enheten, men betydelig grunnere forhold i området rundt den øverste sandige enheten. I de deler hvor det er få eller ingen kalkskallforaminiferer skyldes dette reduserende bunnforhold under avsetning.

4. LITOLOGI OG LITOSTRATIGRAFI

I den pliocene/pleistocene enheten (477 - 948m) er det tilgjengelig 29 sideveggskjerner i intervallet 567 - 948m. Fra 887 - 948m er det tilgjengelig borekaksprøver. Intervallet 896 - 906,6m er kjernetatt.

De fleste sideveggskjernene består av et diamikton dominert av leire, men med et betydelig innhold av sand og grus. I flere intervaller består prøvene av grov til medium sand (ukonsolidert). Noen få kjerner har prøvetatt større krystallinske steiner.

Borekaksprøvene består også av en blanding av leire, sand og grus, hvor leire dominerer.

Det kjernetatte intervallet består nesten utelukkende av grov til medium sand. En ser ingen strukturer eller lagdeling i sanden. Konsentrert i enkelte intervaller, men også spredt i sanden finnes gruskorn og steiner. Disse består både av sedimentære og krystallinske bergarter. Rundingsgraden varierer fra kantrundet til kantet. De øverste 20 - 25 cm av kjernen prøvetar en stor blokk av sedimentære bergarter. En prøve av denne ble preparert med hensyn på biostratigrafi, men inneholdt ikke fossiler. Denne delen og de største steinene er avbildet på plansje 6.

Det pliocene/pleistocene intervallet tilhører Nordlandsgruppen etter Dalland et al. (1988). Et slikt diamikton som dominerer sedimentene her er typisk for det en forbinder med glasimarine sedimenter. De sandige intervallene representerer perioder med relativt lavere havnivå. Det kjernetatte intervallet er sannsynligvis en del av et smeltvannsdelta. De store steinene en finner her er sannsynligvis droppet fra isfjell.

På Vøringplatået finnes det spor av isdroppet materiale helt tilbake til før 11,0 mill. år BP. Fra ca 6,0 mill. år BP blir det en klar økning som ser ut til å korrelere med Messin som globalt kjennetegnes av større antarktisk isutbredelse og regresjoner. Etter ca 5,4 mill år BP er det en serie lave, men distinkte toppe med isdroppet materiale. Fra ca 2,6 mill år BP blir det en meget stor økning av tilførselen av isdroppet materiale, da glasiasjonene i Nord-europa ble kraftig intensivert (Jansen 1991 og 1993).

Den store mengden med glasiale sedimenter en finner i brønnen indikerer at avsetningene stammer fra den siste perioden med jevnt store flukser av isdropping i Norskehavet. Dette gir en maksimumsalder på sedimentene.

Stratigrafien i undre miocen og øvre oligocen (948 - 1090m) bygger hovedsakelig på borekaksprøver. Bare deler av seks sideveggskjerner har vært tilgjengelig. Prøvene av borekaks er imidlertid tatt med små intervaller i denne delen, og det foreligger prøver fra hver andre til femte meter i store deler av enheten.

Det er et meget tydelig litologisk skille mellom diamikton ved 940m (borekaks) og glaukonittholdig leire ved 948m (sideveggskjerne). De fleste borekaksprøvene inneholder en betydelig del silt og finsand ved siden av leire. Dette stammer sannsynligvis fra tynne sand- og siltag. Disse er blitt prøvetatt i et par av sideveggskjernene som hovedsakelig består av et sandig materiale. Biter av kalkstein finnes i flere av prøvene. Disse stammer sannsynligvis fra tynne kalksteinslag.

Sedimenter av tidlig oligocen - tidligste del av tidlig miocen alder er ikke tidligere påvist i noen letebrønn i Barentshavet, og er ikke beskrevet i den litostratigrafiske nomenklaturen (Dalland et al. 1988). Denne enheten kan sannsynligvis ikke legges til Nordlandsgruppen. Lengre syd på norsk kontinentalsokkel omfattes Nordlandsgruppen av sedimenter fra seneste del av tidlig miocen og yngre (Midt-

Norge) (Stratlab 1988). I Nordsjøen er sedimenter av mellom miocen alder og yngre tilhørende Nordlandsgruppen (Isaksen & Tonstad 1989 og Eidvin et al. 1993). Det er derfor naturlig å plassere denne enheten i Sotbakkgruppen, eller eventuelt i en udefinert gruppe.

Resten av den undersøkte kolonnen er datert til mellom eocen alder. Utenom to kjernetatte intervaller (1347,5 - 1374,4m og 1460,5 - 1472m) er bare borekaksprøver tilgjengelig til analysene her.

Sedimentene i denne enheten likner sedimentene i det oligocene - miocene intervallet. Leire utgjør imidlertid en større del av borekaksprøvene her enn i overliggende intervall. En liten andel finsand og silt og kalksteinsfragmenter i prøvene indikerer tilstedeværelsen av tynne sand-/siltlag og kalksteinslag.

De to kjernetatte intervallene prøvetar to tykke sandlag. Den øverste kjernen (1347,5 - 1374,4m) består av en fin-kornet sandstein med enkelte leir- og siltlag. Sandsteinen inneholder mye glaukonitt og glimmer ved siden av kvarts som dominerer mineralinnholdet. Primære strukturer som krysskikt og planlaminasjon finnes stort sett i hele intervallet. Sekvensen tolkes som gruntvannsavsetninger (Gjelberg 1993).

Sandsteinen i det nederste intervallet (1460,5 - 1472m) inneholder også enkelte leir- og siltlag. Denne sandsteinen er noe mer grovkornet og stort sett homogen uten noen tydelige sedimentære strukturer. Kvarts og glaukonitt dominerer mineralinnholdet. Denne sekvensen er tolket til å bestå hovedsakelig av turbiditter avsatt nær bunnen av bassenget (Gjelberg 1993).

Det midtre eocene intervallet må også legges til Sotbakkgruppen (Dalland et al. 1988), eller en udefinert gruppe. Midtre eocene sedimenter er hittil ikke påvist i noen letebrønner i Barentshavet.

5. STRONTIUMISOTOP-STRATIGRAFI

Strontiumisotop-stratigrafi er en dateringsmetode som bygger på at Sr-sammensetningen i sjøvann har variert gjennom geologisk tid. Sr er et viktig element i sjøvann og opptas lett i alle marine kalk- og fosfatutfellinger. Sr har fire naturlige forekommende isotoper (^{88}Sr , ^{87}Sr , ^{86}Sr og ^{84}Sr) hvorav ^{87}Sr er radiogent og genereres fra ^{87}Rb , mens de andre er stabile isotoper.

Sr-sammensetningen i en prøve uttrykkes vanligvis ved isotopforholdet $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$. Dette forholdet er konstant for resent sjøvann, dvs den samme verdien (ca 0,709180 \pm 0,000030) kan måles globalt i alle havområder. Årsaken til dette er at oppholdstiden for Sr i sjøvann (ca 2,5 mill. år) er mye større enn havets blandingstid (ca 1000 år). Dette forholdet opptas i gitterstrukturen for marint karbonat og virker som et fingeravtrykk (eller en Sr-signatur) for sjøvann.

Denne variasjonen er spesielt godt studert for kenozoikum. Fra slutten av eocen til resent har $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -forholdet økt raskt. Dette gjør at Sr-isotop-stratigrafi har et stort potensiale for å datere avsetninger fra denne perioden.

En datering med denne teknikken utføres ved at Sr-isotop-verdien sammenlignes med en kurve som viser Sr-isotop-forløpet som en funksjon av tid.

Våre analyseresultater her (Tabell 1) er sammenlignet med en kurve satt sammen ved Institutt for Energiteknikk. Denne kurven bygger på data fra: DePaolo (1986), Depaolo & Ingram (1985), Hess et al. (1986), Hodell et al. (1989, 1990 og 1991), Koepnick et al. (1985) og Palmer & Elderfield (1985). Disse dataene stammer fra undersøkelser fra forskjellige steder i verden. Rundberg (1990 og 1993) har konstruert en kurve for kenozoikum som bygger på undersøkelser i Norske-

havet og i Nordsjøområdet. Dataene til den neogene delen av denne kurven er hentet fra godt daterte horisonter i "ODP"-boringer på Vøringplataet, og den paleogene delen er hentet fra godt daterte forekomster i Danmark.

Til alle prøvene som er analysert her er det benyttet skall av bentiske kalkskallforaminiferer. Bare eksemplarer som en med rimelig sikkerhet kan si er "in situ" ble benyttet til analysene. Skallene som representerer prøvene A_1 og A_2 er hentet fra borekaksprøver fra fem nivåer i intervallet fra 987 - 1015m. Prøve B er også borekaks og stammer fra fire nivåer i intervallet 1050 - 1070m. Grunnen til at det ble tatt fossiler fra flere nivåer i disse intervallene er fordi det var nødvendig for å få tilstrekkelig med materiale til analysene. Prøve $C_1 - C_3$ er alle fra 1472m og stammer fra den nederste av de konvensjonelle kjernene. Prøvene 228M, 244M, 248M og 19M stammer fra den foran nevnte lokaliteten på land ved Forlandsundet på Spitsbergen, beskrevet av Feyling-Hanssen og Ulleberg (1984) (se kap. 3.1.1).

Prøvene A_1 , A_2 som er hentet fra samme intervall har nesten samme Sr-sammensetning. Dette indikerer at det er liten sannsynlighet for at disse prøvene skulle være forurenset av materiale som ikke er primært avsatt. Prøve B som er tatt fra et nivå litt lengre ned i foraminifersone FD har også omtrent samme Sr-sammensetning (Tabell 1). $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -forholdet i disse prøvene gir en alder på ca 35 mill. år BP både på kurven til Rundberg (1990 og 1993) og på kurven satt sammen av Institutt for Energiteknikk, dvs tidlig oligocen (Berggren 1985). Tilsvarende Sr-sammen-setning er funnet i Viborg-formasjonen i Danmark etter Rundberg (1990 og 1993).

Likheten i Sr-sammensetning mellom prøvene $A_1 - A_2$ og B indikerer at den forholdsvis kraftige seismiske reflektoren som ligger mellom disse nivåene (ca ved 1040m) representerer et ubetydelig tidsprang.

Prøvene $C_1 - C_3$ som alle er fra samme nivå gir også omtrent samme Sr-sammensetning. På kurven til Rundberg (1990 og 1993) tilsvarer det Sr-sammensetningen i "Lillebelt Clay" i Danmark, og gir en alder på 46 - 47 mill. år BP, dvs tidlig del av mellom eocen (Berggren 1985). Kurven til Rundberg (1990 og 1993) har synkende $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -forhold ned til seneste del av sen eocen, deretter flater den ut og gir økende verdier igjen fra midtre del av mellom eocen. På den andre kurven starter denne økningen senere og er mindre markant. Vi velger imidlertid her å holde oss til Rundbergs data som er fra våre nærområder.

I prøvene 228M, 244M, 248M og 19M fra lokaliteten ved Forlandsundet på Spitsbergen varierer $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -forholdet fra 0,707936 til 0,708025 (Tabell 2). Prøvene 244M, 248M og 19M har meget like Sr-forhold. Prøve 228M har et noe høyere nivå. Sistnevnte prøve som ligger stratigrafisk øverst har en alder på 27,5 mill. år BP, de andre prøvene er fra ca 29,5 mill. år BP. Etter tidskalaen til Berggren (1985) tilsvarer det tidlig del av sen oligocen. På kurven til Rundberg (1990 og 1993) finner en samme Sr-forhold i nedre del av "Branden Clay"-formasjonen i Danmark.

Tabell 2; Sr-isotop-analyser i borehull 7316/5-1 og fra Forlandsundet på Spitsbergen. Alle isotopverdier referer til NSB 987 = $0.710240 \pm 0,000011$.

7316/5-1

Prøvebe- tegnelse	Dyp i brønn	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} + 2 \text{ sigma}$	Alder mill. år
A ₁	987 - 1015m	0,707791 $\pm 0,000011$	ca 35
A ₂	987 - 1015m	0,707795 $\pm 0,000008$	ca 35
B	1050 - 1070m	0,707803 $\pm 0,000038$	ca 35
C ₁	1472m	0,707752 $\pm 0,000009$	ca 46-47
C ₂	1472m	0,707740 $\pm 0,000010$	ca 46-47
C ₃	1472m	0,707720 $\pm 0,000012$	ca 46-47

FORLANDSUNDET

228M		0,708025 $\pm 0,000013$	ca 27,5
244M		0,707946 $\pm 0,000012$	ca 29,5
248M		0,707936 $\pm 0,000011$	ca 29,5
19M		0,707952 $\pm 0,000010$	ca 29,5

6. STRATIGRAFISK SAMMENSTILLING (fig. 3)

I øvre del av brønn 7316/5-1 (567 (havdyp: 477m) - 1600m) er det i sedimenter fra mellom eocen til pleistocen definert 10 uformelle fossilsoner basert på foraminiferer, 7 soner basert på dinoflagellater og 6 soner basert på radiolarer. I tillegg til biostratigrafi er strontium-isotopanalyse brukt til å datere sedimentene i noen nivåer.

ØVRE PLIOCEN OG PLEISTOCEN (477 - 948m)

Øvre pliocen og pleistocen omfatter foraminifersonene: N. pachyderma (sinistral) - E. excavatum - C. reniforme - sone (FA), Intervallsone 1f, G. bulloides - C. teretis - sone (FB) og Intervallsone 2f. Dinoflagellatfloraen og radiolarfaunaen er inndelt i henholdsvis Intervallsone 1d og Intervallsone 1r.

Størsteparten av fossilene i denne delen er resedimenterte. Av dinoflagellater og radiolarer finnes nesten utelukkende resedimenterte eksemplarer, men "in situ" foraminiferer finnes i sonene FA og FB.

Foraminifersone FA tilsvarer faunasone A i brønnene 7117/9-1, 7117/9-2 og 7119/7-1 på Senjaryggen (Eidvin et al. 1993) og er yngre enn 1,7 mill. år BP. (grensen mellom øvre pliocen og pleistocen er ca 1,6 mill. år BP etter Berggren et al. (1985)). Foraminifersone FB tilsvarer faunasone D i borehullene 7117/9-1 og 7117/9-2 på Senjaryggen og er av øvre pliocen alder, men eldre enn ca 2,3 mill. år BP.

Hele denne enheten inneholder store mengder glasialt materiale og på grunnlag av korrelasjon med borehull på Vøringplatået kan dette begrense alderen på enheten til yngre enn ca 2,6 mill. år BP (Jansen 1991).

Intervallsone 1f, som inneholder få "in situ" foraminiferer og som ligger mellom sonene FA og FB, er av uspesifisert øvre pliocen til pleistocen alder.

Innholdet av glasialt materiale indikerer kalde forhold for hele enheten, men foraminiferinnholdet i sone FB indikerer noe varmere forhold enn i sone FA.

Angående de omarbeidete fossilene er det av dinoflagellater påvist former fra jura, sen kritt, sen paleocen - tidlig eocen, mellom eocen og sen eocen - oligocen. Hovedtyngden er av sen kritt og paleogen alder. De resedimenterte radiolarene er av sen kritt - eocen alder. Av resedimenterte foraminiferer er det registrert planktiske former fra sen kritt, agglutinerte former fra paleogen, bentiske kalkskallformer fra tidlig oligocen - tidlig miocen og planktiske former fra sen miocen - pliocen. Det finnes også en betydelig del Inoceramus-prismer fra sen kritt.

De fleste prøvene (sideveggskjerner) består av et diamikton med sannsynligvis en glasimarin opprinnelse. I nedre del av enheten er det et kjernetatt tykt sandlag som sannsynligvis stammer fra et smeltevannsdelta. Etter Dalland et al. (1988) tilhører enheten Nordlandsgruppen.

Bunnen av denne enheten faller sammen med en seismisk reflektor.

UNDRE MIOCEN (948 - 960m)

Sedimenter av tidlig miocen alder er bare påvist med sikkerhet i to prøvenivå (950m og 955m).

Enheten består av øvre del av foraminifersone: R. placenta - sone (FC), dinoflagellatsone: Impagidinium patulum - sone (DA) og øvre del av radiolarzone: Porodiscus sp. A - sone (RA).

Også i denne enheten består de fleste fossilene av resedimenterte eksemplarer. Radiolarene er sannsynligvis nesten utelukkende resedimentert. Av dinoflagellater er det et mindre antall "in situ" former. Av foraminiferer er innholdet av "in situ" former noe større.

Foraminiferene kan bare begrense alderen på enheten til tidlig oligocen - tidlig miocen alder. Dinoflagellatene kan begrense alderen nærmere til tidlig miocen.

De undre miocene dinoflagellatene er funnet i nivåene 950 og 955m, og enheten er avgrenset ved seismiske reflektorer ved 948 og 960m.

Enheten er sannsynligvis avsatt under åpne marine forhold på midtre til ytre del av kontinentalhyllen, men med reduserende bunnforhold.

De dinoflagellatene som er resedimentert stammer fra jura, øvre kritt, paleogen og midtre eocen. De fleste radiolarene som er registrert stammer sannsynligvis fra eocen. De resedimenterte foraminiferene stammer fra paleogen.

Det er et klart litologisk skille mellom denne og overliggende enhet. Innholdet her domineres av glaukonittholdig leire med innslag av silt og finsand.

Sedimenter av tidlig miocen alder er ikke tidligere påvist i noen letebrønn i Barentshavet og er ikke beskrevet i den litostratigrafiske nomenklaturen til Dalland et al. (1988). Det er naturlig å plassere enheten i Sotbakkgruppen eller i en udefinert gruppe.

UNDRE OLIGOCEN - UNDRE MIOCEN (960 - 982m)

Denne delen består av nedre del av foraminifersone: R. placenta - sone (FC), øvre del av dinoflagellatsone:

Intervallsone 2d og øvre del av radiolarzone: Porodiscus sp. A - sone (RA).

Enheten består for en stor del av resedimenterte fossiler. Av dinoflagellater finnes bare resedimenterte former. En art av foraminiferer er sannsynligvis "in situ" (R. placenta). På grunnlag av denne og på grunnlag av alderen på underliggende enhet, kan denne delen bare gis en uspesifisert tidlig oligocen - tidlig miocen alder. Det er imidlertid en svak indikasjon på at en del av radiolarene er av tidlig oligocen alder (se kap. 3.3.1).

Avsetningsforhold og litologi er omtrent som overliggende enhet.

Av de resedimenterte fossilene stammer dinoflagellatene fra midtre eocen, øvre paleocen - undre eocen og øvre og undre kritt. Det finnes resedimenterte radiolarer fra eocen, og de resedimenterte foraminiferene er fra paleocen.

UNDRE OLIGOCEN (982 - 1090m)

Øvre oligocen omfatter foraminifersone: T. alsatica - A. tenuistriata - sone (FD), dinoflagellatsoner: nedre del av Intervallsone 2d, Impagidinium sp. 1 - sone (DB) og Areosphaeridium? actinocoronatum - sone (DC) og radiolarzone: nedre del av Porodiscus sp. A - sone (RA).

I denne enheten er også en betydelig del av fossilene resedimenterte. En stor del av radiolarene er sannsynligvis omarbeidet. "In situ" dinoflagellater finnes i et lite antall i sone DB og i et større antall i sone DC. Av foraminiferene dominerer "in situ" former.

Strontiumisotop-analyse av kalkskallforaminiferer i nivåene 987 - 1015m og 1050 - 1070m gir en alder på ca 35 mill. år BP, dvs tidlig oligocen. Disse resultatene er noe i konflikt med de biostratigrafiske dateringene. Ut fra korre-

lering med Nordsjøen (King 1989), inneholder foraminifersone FD en art (Bolivina cf. antiqua) som gjør at det er naturlig å legge denne sekvensen til undre del av øvre oligocen. Det samme er tilfelle med dinoflagellatsone DB. Vi velger her imidlertid å legge stor vekt på Sr-analysene. For det første viser flere målinger av samme materiale entydige resultater. For det andre er Sr-analyser bedre egnet til korrelering over større avstander. Det er mulig at øverste del av denne sekvensen og overliggende sekvens representerer en kondensert øvre oligocen sekvens, og at den stratigrafiske oppløsningen ikke er god nok til å påvise det. Seismiske data peker i den retning (se kap. 7).

Enheten er sannsynligvis avsatt på midtre del av kontinentalhyllen.

Av resedimenterte fossiler stammer dinoflagellatene fra eocen - tidlig oligocen. Radiolarene fra eocen og foraminiferene fra paleogen.

Sedimentene domineres av leire med innslag av finsand og silt. Undre oligocene sedimenter er ikke tidligere påvist i Barentshavet, men slik som for de to overliggende enheter er det naturlig å legge enheten til Sotbakkgruppen etter Dalland et al. (1988) eller til en udefinert gruppe.

En seismisk reflektor faller sammen med bunnen av denne enheten. Det ligger også en kraftig seismisk reflektor nær midten av enheten (ca ved 1040m), og en svakere reflektor ved ca 1009m. Reflektoren ved 1009m faller sammen med bunnen av dinoflagellatsone DB. Den nederste reflektoren faller helt sammen med bunnen av foraminifersone FD og nesten helt sammen med bunnen av dinoflagellatsone DC og radiolararsone RA. En liten forandring av foraminiferfaunaen sees også ved 1040m.

MIDTRE EOCEN (1090 - 1600m (nederste analyserte prøve)

Midtre eocen omfatter foraminifersonene: Intervallsone 3f, C. proprius - Cibicides spp. - Pseudohastigerina micra/sp. - sone (FE), C. proprius - B. ovata - V. decorata - P. micra - sone (FF) og R. placenta - Textularia sp. - Spiroplectammina - sone (FG); dinoflagellatsonene: A. arcuatum - sone (DD) og A. vittatum - sone (DE) og radiolarsonene: Caryosphaera sp. 1 - sone (RB), ?Theosphaerella sp. 2 - sone (RC), Periphaena sp. 1 - sone (RE).

Denne enheten består i stor grad av "in situ" fossiler. Alle fossiltypene daterer hele denne enheten til mellom eocen alder (øverste foraminifersone kan imidlertid ikke gi en eksakt alder), og tidlig del av mellom eocen er mest sannsynlig. Sr-analyse av kalkskallforaminiferer fra en kjerneprøve i nivå 1472m, gir en alder på 46 - 47 mill. år BP, og underbygger alderen gitt av fossilene.

Den aller største delen av midtre eocen er avsatt under åpne marine forhold på ytre til midtre del av kontinentalhyllen, men betydelig grunnere for området rundt den øverste sandige enheten (se kap. 4).

Av resedimenterte fossiler er det en liten andel omarbeidete dinoflagellater fra øvre paleocen - undre eocen og fra undre og øvre kritt. Slitte foraminiferskall indikerer noe omarbeiding også av foraminiferene, men det er ikke noen påviselig aldersforskjell mellom slitte og hele, øyensynlige "in situ", skall.

Leire dominerer litologien i de fleste borekaksprøvene. Et lite innslag av finsand og silt finnes imidlertid representert i de fleste nivåene. Enkelte nivåer inneholder også kalksteinfragmenter. To kjernetatte intervaller prøvetar to tykke sandlag i nedre del av enheten (1347,5 - 1374,4m og 1460,5 - 1472m). Den øverste av denne er tolket til å representere gruntvannsavsetninger. Den nederste er tolket som turbiditter (Gjeldberg 1993). Midtre eocen må også

legges til Sotbakkgruppen (Dalland et al. 1988). Midtre eocene sedimenter er imidlertid hittil heller ikke påvist i noen letebrønner i Barentshavet.

6.1 OPPSUMMERING

I øvre del av brønn 7316/5-1 (477 - 1600m) er det ca 470m med glasiøle sedimenter av sen pliocen og pleistocen alder. Under øvre pliocen er det et brudd, og en kommer ned i undre miocene sedimenter som bare er representert med ca 10m (basert på logger og seismikk). Denne enheten er avgrenset av seismiske reflektorer. Deretter følger ca 20m med uspesifisert undre oligocen - undre miocen, og ca 110m med undre oligocen. Under dette er det et brudd som markeres av en seismisk reflektor, og resterende sedimenter (ca 510m) er av mellom eocen alder.

7. SEISMISK KORRELASJON

Brønn 7316/5-1 ligger på krysningspunktet mellom to seismiske linjer; nordøst-rettede OD BV-04-86 og nord-vest-rettede NH 9109-112. Den førstnevnte er brukt til å illustrere brønncorrelasjonen i denne rapporten. Korrelasjonen er basert på en "VSP"-undersøkelse utført av "Read Well Services" for operatøren. Dataene inkluderer både en listing av kalibrerte toveis-tid data basert på "checkshots", og en integrert "sonic"-logg med syntetiske seismogrammer. Toveis-tid-verdiene benyttet i korrelasjonen og i følgende beskrivelse er tatt fra disse dataene.

I beskrivelsen som følger blir de intervaller som er definert ved de biostratigrafiske undersøkelsene i denne rapporten sammenlignet med en regional tolkning som ble utført i OD før boringen av brønnen (fig. 5). Resultatene er oppsummert i tabell 2.

INTERVALL: 477 - 948m RKB (454 - 925m MSL) (ØVRE PLIOCEN OG PLEISTOCEN)

Bunnen av dette intervallet er registrert på 1123 ms tvf, og kan korreleres nøyaktig med den tolkede horisonten intra øvre pliocen/"bunn kile" (lys blå, fig. 5). Reflektoren representerer en tydelig vinkeldiskordans, både øst og vest for borelokaliteten. Reflektoren har en meget varierende amplityde, og er meget svak og vanskelig å tolke mot vest i lisensen. Linjen (se fig. 5) viser at horisonten har en helning mot vest på ca $1,5^{\circ}$.

INTERVALL: 948 - 960m RKB (925 - 937m MSL) (UNDRE MIOCEN)

På seismikken registrerer en dette 12-meters tykke intervallet mellom 1123 og 1134 ms tvf. Bunnen av intervallet

passer godt med den tolkede horisonten "intra undre miocen" (lys grønn, fig. 5). Reflektoren er kontinuerlig og viser sterk amplitude over hele lisens-området. Den definerer en markant synklinal øst for brønnlokasjonen mot den østlige grenseforkastningen (fig. 5). Vest og sør for brønnlokasjonen er reflektoren trunkert av bunn pliocen inkonformitet.

Den lyse grønne reflektoren ser ut til å danne en sekvensgrense ved bunnen av en tykk sekvens (over 350 ms; ca 380m ved skuddpunkt 1670, fig. 5) av miocene og mulige pliocene sedimenter som er oppbevart i synklinalen øst for brønnlokasjonen. I øvre del av sekvensen er det et markant brudd (trunkerer mot vifta øst for brønnen) av mulig mellom - sen miocen alder. Nedre del av sekvensen er avsatt med parallelle lag. Øvre del viser et prograderingsmønster fra øst.

INTERVALL: 960 - 982m RKB (937 - 959m MSL) (UNDRE OLIGOCEN - UNDRE MIOCEN)

Fossilene i denne sekvensen kan bare begrense alderen til tidlig oligocen - tidlig miocen. Reflektoren som er beskrevet ovenfor kan være intra miocen, men også bunn miocen, eller den kan representere en større hiatus. Intervallet ligger over reflektoren "intra oligocen" (rosa, fig. 5), som påtreffes ved ca 1180 ms (ca. 1009m RKB; 986m MSL) i brønnen.

Nedre del av grunnboringen 7316/6-u-1 er datert til tidlig miocen (Sættem et al., under trykking og Goll & Smelror, under forberedelse). På seismikken ser det ut til at også disse avsetningene ligger under denne reflektoren. Det er imidlertid mulig at sekvensen som ble påtruffet i 7316/6-u-1 er kondensert eller svarer til en hiatus i brønnposisjon.

Øst for brønnlokasjonen, øker tykkelsen av sekvensen mellom de to overnevnte reflektorene fra ca. 50 ms til over 250 ms (fig. 5). Intervallet viser en transparent karakter med

lite tegn på laginndeling, noe som kan forventes for en sekvens tolket til å være avsatt i en ytre sokkel/skrånings miljø (IKU 1990 og Sættem et al., under trykking). En tynning av sekvensen mot brønnlokasjonen er tolket til å representere en kondensering av øvre oligocen og undre miocen.

INTERVALL: 982 - 1090m RKB (959 - 1067m MSL) (UNDRE OLIGOCEN)

Dette intervallet er registrert mellom 1154 og 1255 ms tvt i brønnen. Bunnen av sekvensen faller sammen med den oransje markøren "bunn oligocen" (fig. 5). I tillegg ligger to horisonter innenfor intervallet; den svake reflektoren "intra oligocen" (rosa; ved 1180 ms, 1009m RKB, 986m MSL) og den sterkere og mere kontinuerlige "intra undre oligocen" inkonformitet (gul; ved 1205 ms, 1036m RKB (1040m RKB på logger og biostrat.) og 1013m MSL).

Den rosa reflektoren er lite tydelig på brønnlokasjonen, men er tydelig lengre øst og definerer bunnen av det transparente intervallet beskrevet ovenfor. De eldre gule og oransje reflektorene representerer sekvensgrenser av mindre betydning, men begge reflektorene viser enkelte steder en mild trunkering av underliggende sekvenser. Undre oligocen ser ut til å bli tynnere mot grenseforkastningen i øst (i motsetning til yngre lag), men blir gradvis tykkere mot vest. Vest for brønnen er deler av undre oligocen erodert og ligger rett under bunn pliocen.

INTERVALL: 1090 - 1600m RKB (1067 - 1577m MSL) (MIDTRE EOCEN)

Intervallet mellom 1090 og 1600m RKB (nederste undersøkte prøve) tilsvarer 1255 til 1731 ms i brønnen. Øvre eocene sedimenter er ikke tilstede i brønnen, og dermed representerer den oransje horisonten (fig. 5) en betydelig inkonformitet. Reflektoren viser en klar trunkering av eldre lag

øst for brønnen (fig. 5).

Den midtre eocene sekvensen viser nærmest parallell lagdeling, men med svakere amplityder enn i den oligocene delen. Mot øst har reflektiviteten tendens til å være sterkere på enkelte nivåer, men blir meget svak både mot vest og dypere enn 1731 ms.

Det ble påtruffet to sandenheter i denne sekvensen; på henholdsvis 1340m RKB (1317m MSL, 1492 ms tvf) og 1442m RKB (1419m MSL, 1595 ms tvf). Den øverste sanden inneholder en 18 meters gasskolonne. Dette registreres som en markant amplitude-forsterkning ("bright spot") innenfor det mindre roterte forkastningssegmentet hvor brønnen er plassert.

Horisonten "intra midtre eocen" (rød, fig. 5) ligger mellom de to sandenhetene på 1550 ms tvf (1392m RKB, 1369m MSL). En grov korrelasjon indikerer at sedimentene i grunnboringen 7316/6-u-2 tilsvarer avsetningene mellom 1400 og 1600m RKB i brønnen.

Dateringer utført på vegne av operatøren indikerer at den midtre eocene sekvensen fortsetter nedover i brønnen. Ved 2900m RKB angis det en mellom til tidlig eocen alder på sedimentene (Stratlab, 1993). Ved 2976m RKB (2965m MSL, 2801 ms tvf) påtreffes den øverste forekomsten av vulkansk materiale.

TABELL 2: Seismisk Korrelasjon - Brønn 7316/5-1

RKB (m)	MSL (m)	tvf (ms)	DATERINGER/INTERVALL (denne rapporten)	HORISONT/FARGE (fig. 5)
477	454		øvre pliocen/pleistocen	
948	925	1123		intra øvre pliocen/ bunn kile (lys blå)
			undre miocen	
960	937	1134		intra undre miocen (lys grønn)
982	959	1154		
			undre oligocen	intra oligocen (rosa) intra undre olig. (gul)
1090	1067	1255		bunn oligocen (oransj)
			midtre eocen	
1340	1317	1492	topp sand	
				intra midtre eocen (rød)
1442	1419	1595	topp sand midtre eocen	
2976	2953	2801	midtre - undre eocen (Strat- lab, 1993)	nær topp paleocen lava (lilla)

8. REGIONAL OG LOKAL GEOLOGISK UTVIKLING AV PL 184-OMRÅDET

Vestbakkvulkanitt-provinsen (Gabrielsen et al. 1990) er definert på grunnlag av seismiske registreringer av akustisk opake høy-amplitude-reflektorer som er tolket til å stamme fra vulkanske avsetninger. Eldholm et al. (1987) antok at reflektorene representerte en sverm av lava-avsetninger og intrusiver, av tidlig eocen alder, som ble dannet i en tidlig fase av åpningen av Norskehavet. Eldholm et al. (1987) antok videre at avsetningsprovinsen lå over en fortyntet kontinental-skorpe. Denne ble utviklet på grunnlag av en transtensional ("leaky transform") komponent til det tidlig tertiære, høyredreide skjærforkastnings-systemet som var en del av den nordgående åpningen av Norskehavet (Fal-eide et al. 1988 og under trykking). Den laterale bevegelsen ble dannet i det den relative platebevegelsen gikk i en skjev vinkel til den kurvete plategrensen. Denne er definert av eldre strukturer som f. eks. Knøleggforkastningen og tilhørende subparallele strukturer (f. eks den østlige grenseforkastningen).

Med basis i dateringen av brønnen og de seismiske korrelasjonene beskrevet i kap. 7, er den geologiske utviklingen av området beskrevet i 7 faser:

FASE 1

Etter at den vulkanske aktiviteten opphørte i tidlig til mellom eocen, begynte en rask innsynkning av bassenget vest for grenseforkastningen. Bassenget mottok hovedsakelig finkornete sedimenter fra kildeområder i øst. Det er mulig at avsetningene i brønnen representerer distale deler av en prograderende vifteutbygning fra skrenter ved Knøleggafor-kastningen og den østlige grenseforkastningen. Innen sekvensen ser en tegn til syn-sedimentær forkastningsaktivitet, muligens forårsaket av tektonisk indusert kompaksjon

ved at porevannet unslipper.

I den øvre delen av den midtre eocene kolonnen er det registrert to sandlag. Det øverste laget er tolket til å representere gruntvanns-avsetninger, og det nederste er tolket som turbiditter (Gjelberg, 1993). Dette indikerer en viss migrering av kystlinjen innen bassenget som kan gjenspeile varierende lokal aktivitet langs forkastnings-systemene.

Rask termal innsynkning av lokale bassenger i mellom eocen er i samsvar med en antatt gradvis nordøstgående bevegelse av spredningsryggen vest for studieområdet. En antar at dette har pågått i perioden fra dannelsen av anomali 24 (ca 55 mill. år BP) til anomali 13 (37 - 36 mill. år BP). Det er for denne perioden at "leaky transform"-modellen er mest anvendelig.

FASE 2

Øvre del av midtre, øvre eocen samt aller nederste del av nedre oligocen ser ut til å mangle i brønnen. Øst for brønnen kommer denne hiatusen til syne som en lav-vinklet inkonformitet som trunkerer sekvenser av tidlig mellom eocen alder. Det er sannsynlig at den transpressive bevegelsen som utviklet seg langs den østlige grenseforkastningen førte til en lokal heving og inversjon av den nedforkastede siden. Sedimentene ble hevet over bølgebasis, og en fikk en periode med svak erosjon og/eller opphold i sedimentasjonen. En regional heving av samme alder er også observert på Vøringplatået (Brekke, pers. medd. 1993), noe som kan ha influert struktureringen også i nord. Dette ser ut til å ha vært situasjonen i perioden 45 - 34 mill år BP. Dette går forut for, men overlapper også litt med den tiden hvor det kom i gang en nordvestlig relativ platebevegelse i Norskehavet (anomali 13, 37 - 36 mill. år BP).

FASE 3

Lokalt ser det ut til at tidlig oligocen har vært en periode med en rolig innsynkning av bassenget, kombinert med tilting mot vest. Øst for brønnen ser det ut til at intra oligocene reflektorer lapper på den basale oligocene inkonformiteten fra vest. Det er få eller ingen tegn på seismikken som indikerer sediment-transport fra øst.

FASE 4

Det er ikke registrert sedimenter som er datert til sen oligocen i brønnen. En kan imidlertid ikke se på seismikken noe som indikerer en hiatus i overkant av den undre oligocene enheten. Dette kan indikere at øvre oligocen er kraftig kondensert på dette stedet. Dette ser ut til å ha sin årsak i at det har foregått oppdoming og ekstensjon av dagens PL 184- strukturen og dannelselse av normale forkastninger. Den nedforkastede flanken av den østlige grenseforkastningen har samtidig sunket inn. Det er derfor sannsynlig at en mer komplett oligocen og nedre miocen sekvens ble avsatt og oppbevart i forsenkningene i øst.

En sakte innsynkning i tidlig oligocen (?34 - 30 mill. år BP; Fase 3) var fulgt av en reaktivisering av Knølegga og assosierte forkastnings-systemer, og en lokal differensiell innsynkning i sen oligocen og tidlig miocen (Fase 4; 30 - ?20 mill. år BP). På denne tiden var havbunnspredningen vel etablert vest for PL 184-området og kan ha forårsaket sedimentasjon i lokale åpne marine bassenger. Disse ble dannet mellom høydedrag som oppsto på grunn av en kontinuerlig strukturell tilpassing til det nye tektoniske regimet. En global senkning av havnivå som et resultat av begynnende isbre-dannelser på Antarktis (Vågnes et al. 1992) kan også ha vært en medvirkende faktor i kondenseringen av oligocen. Det er imidlertid ikke mulig å kvantifisere disse hendelsene.

FASE 5

Tilstedeværelsen av en intra undre miocen sekvensgrense i brønnen kan være en indikasjon på at det har vært en transgresjon over høydedraget på denne tiden. En tolkning som tilsier en videre miocen sedimentasjon over strukturen må være spekulativ, selv om det tilsynelatende er klart at det fortsatte en stabil sedimentasjon i forsenkningen i øst. Undersøkelsene av grunnboringen 7316/6-u-1 (Sættem et al., under trykking), hvor turbidittsandsteiner av tidlig miocen alder ble påtruffet, viser at "shelf"-kanten kan ha migrert mot øst. To tolkninger er mulig; enten fortsatte PL 184-strukturen å vokse i løpet av mellom - sen miocen. Dette kan ha resultert i en kondensert sekvens som senere er blitt fjernet. En reaktivisering av oligocene forkastninger kan underbygge dette, men forkastningsbevegelser i dette området kan ha skjedd så sent som i pliocen. Oppdoming som et resultat av transpressiv tektonikk er observert i Vøringbassenget (Brekke, pers. medd. 1993), noe som kan underbygge en regional tektonisk innflytelse. Et annet alternativ er at det har skjedd en regional innsynkning og avsetning i hele bassenget. Dette kan ha resultert i 500m, eller mer med sedimenter som også senere er fjernet ved erosjon.

FASE 6

En gang i perioden mellom/sen miocen til pliocen har det foregått en netto regional heving av Vestbakkprovinsen (sannsynligvis sammen med dagens vestlige Barentshavs-"shelf"). Samtidig har det sannsynligvis vært en begrenset reaktivisering av noen av de oligocene forkastningene, lokalt på PL 184-strukturen. En lokal østlig tilting ble muliggjort av en innsynkning av den nedforkastede delen langs den østlige grenseforkastningen. Det er uklart hva som er den presise bakgrunnen for denne, eller disse, tektoniske hendelsene. Termisk heving assosiert med

akselerert havbunnspredning og belastninger på grunn av glasiøle sykler, kan sammen ha virket som drivmekanismer. Avsetninger i borehull 7316/3-u-1 viser at det har vært vulkansk aktivitet i øvre pliocen (2 - 3 mill. år BP) (Mørk & Duncan, under trykking og Sættem et al., under trykking). Mulighet for liknende hendelser også på tidligere stadier, vil kunne underbygge en argumentasjon for termisk heving.

FASE 7

I brønnen ligger øvre pliocene sedimenter av glasiølt opphav inkonformt på eroderte undre miocene sedimenter. På seismikken viser denne inkonformiteten en helling på ca $1,5^{\circ}$ mot vest i lisens-området. Mot øst danner denne flaten grensen mellom en øvre og undre vifte med seismisk lik karakter. Sistnevnte ligger der over antatt miocene sedimenter. Bare den øvre delen av vifta er funnet i brønnen. Mot vest er inkonformiteten i bunnen av den yngste viften erodert ned til et nivå som i brønnen tilsvarer inkonformiteten i bunn undre oligocen. Det at denne inkonformiteten trunkerer eldre og eldre avsetninger mot vest, indikerer at den totale hevingen i fase 6 og 7 involverer også en tilting mot øst. Dette skyldes sannsynligvis en reaktivisering av den østlige grenseforkastningen med ytterligere innsynkninger av den nedforkastede siden.

Siden starten med en syklisk prograderende vifteutbygging over inkonformiteten, i øvre pliocen, har det vært en tilting mot vest som har gradvis snudd PL 184-området til dagens posisjon. Dette kommer til syne i formen av yngre sekvensgrenser innen selve viften. Disse er selv erodert av to tydelige pleistocene erosjons-sykler som fremkommer som inkonformiteter på seismikken. Dette er delvis kontrollert av en relativ innsynkning av den nydannete havbunnskorpen i vest, forsterket av både isostatisk heving av tidligere glasierte, sedimentære kildeområder i øst og muligens av is-erosjon på sokkelen. Tidligere generasjoner av liknende vifter har sannsynligvis også blitt omarbeidet av glasiøle

relatert transport og avsetning. Det er sannsynlig at Stapphøgda var utsatt for glasiel erosjon allerede fra 78 - 5 mill. år BP (Jansen 1993).

9. LITTERATURHENVISNING

- Anderson, L. G., Jones, E. P., Lindgren, R., Rudels, B. & Sehlstedt, P. I., 1988: Nutrient regeneration in cold high salinity bottom water of the Arctic shelves. *Continental Shelf Research* 8, 1345-1355.
- Batjes, D. A. J., 1958: Foraminifera of the Oligocene of Belgium. *Kon. Belg. Inst. Natuurw. Verh.* 143, 1-188.
- Berggren, W. A., Kent, D. A. and van Couvering, J. A., 1985: Neogene geochronology and chronostratigraphy. In: Snelling, N. J.: *The Chronology of the Geological Record. Geol. Soc., Memoir* 10, 211-260.
- Bjørklund, K. R., 1976: Radiolaria from the Norwegian Sea, Leg 38 of the Deep Sea Drilling Project. In: Talwani, M., Udintsev, G., et al., *Init. Repts. DSDP Vol. 38*, 1101-1168.
- Christensen, L. and Ulleberg, K., 1974: Sediments and foraminifers of Middle Oligocene Viborg Formation. Denmark. *Bull. geol. Soc. Denmark* 23, 109-305.
- Dalland, A., Worsley, D., Ofstad, K., 1988: A lithostratigraphic scheme for the Mesozoic and Cenozoic succession offshore mid- and northern Norway. *NPD-Bulletin* no 4.
- DePaolo, D. J., 1986: Detailed record of the Neogene Sr isotopic evolution of seawater from DSDP Site 590B. *Geology*, 14: 103-106.
- DePaolo, D. J. & Ingram, B. L., 1985: High-resolution stratigraphy with strontium isotopes from DSDP Site 590 B. *Geology*, 14, 103-106.

- Doppert, J. W. C. & Neele, N. G., 1983: Biostratigraphy of Marine paleogene deposits in the Netherlands and adjacent areas. Mededelingen Rijks Geologische Dienst 37, 2, 3-79.
- Eidvin, T., Fugelli, E. M. G. & Riis, F., 1991: En biostratigrafisk analyse av sedimenter over og under basal pleistocen, regionale vinkeldiskordans i nordøstlige deler av Nordsjøen. NPD-Contribution No 28, 20s.
- Eidvin, T., Jansen, E. & Riis, F., 1993: Chronology of tertiary Fan deposits off the Western Barents Sea: Implications for the uplift and erosion history of the Barents Shelf. Marine Geology, 112, 109-131.
- Eidvin, T. & Riis, F., 1989: Nye dateringer av de tre vestligste borehullene i Barentshavet. Resultater og konsekvenser for den tertiære hevingen. NPD - Contribution No. 27, 44s.
- Eidvin, T. & Riis, F., 1991: En biostratigrafisk analyse av tertiære sedimenter på kontinentalmarginen av Midt-Norge, med hovedvekt på øvre pliocene vifteavsetninger. NPD - Contribution No. 29, 44s.
- Eidvin, T. & Riis, F., 1992: En biostratigrafisk og seismostratigrafisk analyse av tertiære sedimenter i nordlige deler av Norskerenna, med hovedvekt på øvre pliocene vifteavsetninger. NPD - Contribution No. 32, 40s.
- Eidvin, T., Riis, F., Beyer, C. og Rundberg, Y., 1993: Et multidisiplinært, stratigrafisk studie av neogene sedimenter i sentrale deler av Nordsjøen (Ekofiskfeltet). NPD - Contribution No. 34, 73 s.
- Elde, T., 1985: The late Eocene dinoflagellate flora at DSDP Site 338 (Vøring Plateau). (Upublisert hovedoppgave), Univ. i Oslo.

- Eldholm, O., Faleide, J. I. & Myhre, A. M., 1987: Continental-Ocean Transition at the western Barents Sea/Svalbard Continental Margin. *Geology*, v. 15, 1118-1122.
- Faleide, J. I., Myhre, A. M. & Eldholm, O., 1988: Early Tertiary volcanism at the western Barents Sea Margin. In: Morten, A. C. & Parson, L. M. (Eds): *Early Tertiary volcanism and the opening of the NE Atlantic*. Geol. Soc. Lond. Spec. Publ. 39.
- Faleide, J. I., Vågnes, E. & Gudlaugsson, S. T., (under trykking): Late Mesozoic - Cenozoic evolution of the southwestern Barents Sea. *Geol. Soc. Lond. Spec. Publ.*
- Feyling-Hanssen, R. W and Ulleberg, K., 1984: A Tertiary - Quaternary section at Sarsbukta, Spitsbergen, Svalbard, and its foraminifera. *Polar Research (n.s.)*, 2, 77-106, 4 pl..
- Gabrielsen, R. H., Færseth, R. B., Jensen, L. N., Kalheim, J. E., Riis, F., 1990: Structural elements of the Norwegian continental shelf. Part I: The Barents Sea Region. *Norw. Pet. Dir. Bull.*, no. 6, 33s.
- Gjelberg, J., 1993: Standard core description well 7316/5-1. (Intern rapport), Norsk Hydro a.s. Bergen.
- Goll, R. M., 1989: A synthesis of Norwegian Sea biostratigraphies: ODP Leg 104 on the Vøring Plateau. In: Eldholm, O., Thiede, J. & Tayler, E., *Proc. Ocean Drilling Program, Sci. Results, Vol 104*, 777-826.
- Goll, R. M. & Smelror, M., (under forberedelse).

- Grossheide, K. and Trunko, L., 1965: Die Foraminiferen des Doberges bei Bunde und von Astrup mit Beiträgen zur Geologie dieser Profile (Oligoän, NW-Deutschland)., *Beih geol. Jahrb.* 60, 1-213.
- Haaland, T., 1981: A palynological study of Eocene - Oligocene sediments on the Jan Mayen Ridge (DSDP Site 346). (Upublisert hovedoppgave), Univ. i Oslo.
- Hald, M., Danielsen, T. K. and Lorentzen, S., 1989: Late Pleistocene and Holocene benthic foraminiferal distribution in the south-western Barents Sea: paleoenvironmental implications. *Boreas*, v. 18, 367-388.
- Head, M., 1984: A palynological investigation of Tertiary strata at Renardodden, W. Spitsbergen. *Abstr. 6th Intern. Palyn. Conf. Calgary 1984*, 61s.
- Hess, J., Bender, M. L. and Scilling, J. G., 1986: Evolution of the ratio of strontium-87 to strontium-86 in seawater from Cretaceous to present. *Science*, 231, 979-984.
- Hodell, D. A., Mead, G. A. and Mueller, P. A., 1990: Variation in the strontium isotopic composition of (8 Ma to present): Implications for chemical weathering rates and dissolved fluxes to the oceans. *Chemical Geology (Isotope Geoscience Section)*, 80, 291-307.
- Hodell, D. A., Mueller, P. A. and Garrido, J. R., 1991: Variations in the strontium isotopic composition of seawater during the Neogene. *Geology*, 19, 24-27.
- Hodell, D. A., Mueller, P. A., McKenzie, J. A. and Mead, G. A., 1989: Strontium isotope stratigraphy and geochemistry of the late Neogene ocean. *Earth and Planetary Science Letter*, 92, 165-178.

- Hughes, M. J., 1981: Contribution on the Oligocene and Eocene microfaunas of the southern North Sea. In: Neal, J. W., and Brasier, M. D. (Eds.). Microfossils from Recent and fossil shelf seas., 186-195, Chichester: Ellis Horwood Ltd.
- Hulsbos, R. E., Kroon, D., Jansen, H. S. M. and van Hinte, J. E., 1989: Lower Eocene benthic foraminifera and paleoenvironment of the outer Vøring Plateau, Norwegian Sea (DSDP Site 338). *Micropaleontology*, vol. 35, no. 3, 256-273, 3 pl..
- IKU, 1990: Shallow Drilling Bjørnøya West 1989, Main Report.
- Jansen, E., 1991: Miocen og Pliocen Sedimentasjon og Paleomiljø på Vøringplataet. Rapport til Oljedirektoratet (unpubl.).
- Jansen, E., 1993: Miocen og Pliocen Sedimentasjon og Paleomiljø på Vøringplataet. Rapport til Oljedirektoratet (unpubl.).
- Johnsen, K., 1983: Palynological study of Tertiary sediments on the Iceland-Faeroe Ridge (DSDP Site 336). (Upublisert hovedoppgave), Univ. i Oslo.
- Kaasschieter, J. P. H., 1961: Foraminifera of the Eocene of Belgium. *Kon. Belg. Inst. Natuurw. Verh.* 147, 1-271.
- King, C., 1989: Cenozoic of the North Sea. In: Jenkins, D. G. & Murray, J. W. (Editors), *Stratigraphical Atlas of Fossils Foraminifera*. Ellis Horwood Ltd., Chichester, 418-489.
- Koepnick, R. B., Burke, W. H., Dension, R. E., Hetherington, E. A., Nelson, H. F., Otto, J. B. and Waite, L. E., 1985: Construction of the seawater $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ curve for the Cenozoic and Cretaceous: Supporting data. *Chem. Geology* 58, 55-81.

- Mackensen, A., Sejrup, H. P. & Jansen, E., 1985: The distribution of living benthic foraminifera on the continental slope and rise of southwest Norway. *Marine Micropaleontology* 9, 275-306.
- Manum, S. B., 1960: Some dinoflagellates and hystrichosphaerids from the lower Tertiary of Spitsbergen. *Nytt. Mag. Bot.*, 8, 17-18, 1 pl.
- Manum, S. B., 1976: Dinocysts in Tertiary Norwegian-Greenland Sea sediments (Deep Sea Drilling Project Leg 38), with observations on palynomorphs and palynodebris in relation to environment. Pp. 897-919 in Talwani, M., Udintsev, G. et al.: Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, 38. U. S. Government Printing Office. Washington D. C.
- Manum, S. B., Boulter, M. C., Gunnarsdottir, H., Ragnes, K. & Schoze, A., 1989: Eocene to Miocene palynology of the Norwegian Eocene to Miocene palynology of the Norwegian Sea (ODP Leg 104). Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, Vol. 104, 611-662.
- Manum, S. B. & Thronsen, T., 1986: Age of Tertiary formations on Spitsbergen. *Polar Research*, 4, 103-131.
- McNeil, D. H., 1989: Foraminiferal zonation and biofacies analysis of Cenozoic strata in the Beaufort-Mackenzie Basin of Arctic Canada. Current Research, Part G, Geological Survey of Canada, Paper 89-1G, 203-223.
- Mudie, P. J., 1989: Palynology and dinocyst biostratigraphy of the Late Miocene to Pleistocene, Norwegian Sea: ODP Leg 104; Sites 642 to 644. Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, Vol. 104, 587-610.

- Mørk, M. B. E. and Duncan, R. A., (under trykking): Late Pliocene basaltic volcanism on the Western Barents Shelf Margin - Implication from petrology and ^{40}Ar - ^{39}Ar dating of volcanoclastic debris from shallow drill-core. Norsk Geol. Tids..
- Nuglish, K. & Spiegler, D., 1991: Die Foraminiferen der Typ-Lokalität Latdorf (Nord-Deutschland, Unter-Oligozän). Geol. Jb., A 128, 179-229.
- Oljedirektoratet, 1990: 13. konsesjonsrunde. Geologisk evaluering av utlyste blokker i Barentshavet. Rapp. OD-90-82.
- Palmer, M. R. and Elderfield, H., 1985: Sr isotope composition of sea water over the past 75 Myr. Nature, 314, 611-641.
- Powell, A. J., 1992: Dinoflagellate cysts of the Tertiary system. In: A. J. Powell (Ed.): A Stratigraphic Index of Dinoflagellate Cysts, 156-251. Chapman & Hall, London.
- Rundberg, Y., 1990: Strontium isotope signatures of Paleogene Danish sediments and Neogene sediments from the Vøring Plateau. Rapport til Oljedirektoratet (unpubl.).
- Rundberg, Y., 1993: Strontium Isotop Stratigrafi-Tertiær Utvikling og Anvendelse. Geonytt, Årgang 20, Nr. 1, s 42 (Abstr.).
- Spiegler, D., 1974: Biostratigraphie des Tertiäres zwischen Elbe und Weser/Aller (Benthische Foraminiferen, Oligo - Miozän). Geol. Jb. A 16, 27-69.

- Spiegler, D. & Jansen, E., 1989: Planktonic Foraminifer Biostratigraphy of Norwegian Sea Sediments: ODP Leg 104. In: Eldholm, O., Thiede, J., Tayler, E., et al.: Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, Vol. 104, 681-696.
- Steinsund, P. I., Hald, M. & Poole, D. A. R., 1991: Modern benthic foraminiferal distribution in the southwestern Barents Sea: paleoceanographic applications. Norsk Geol. Tidsskrift, Vol. 71, 169-171.
- Stratlab a.s., 1993: Well 7316/5-1, Biostratigraphy and Kerogen analysis. Prepared for Norsk Hydro a.s..
- Sættem, J., Bugge, T., Fanavoll, S., Goll, R. M., Mørk, A., Mørk, M. B. E., Smelror, M., Verdenius, J. G., under trykking: Cenozoic margin development and erosion of the Barents Sea: Core evidence from southwest of Bjørnøya. Marine Geology.
- Ulleberg, K., 1974: Foraminifera and stratigraphy of the Viborg Formation in Sofienlund, Denmark. Bull. geol. Soc. Denmark, vol. 23, 269-292.
- Ulleberg, K., 1985: Foraminiferal zonation of the Danish Oligocene sediments. Bull. geol. Soc. Denmark, Vol. 36, 191-202.
- Vågnes, E., Faleide, J. I. & Gudlaugsson, S. T., 1992: Glacial erosion and tectonic uplift in the Barents Sea. Norsk Geol. Tidsskrift, Vol. 72, 333-338.

10. TAKK

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

Vi vil også rette en takk til følgende persjoner som på forskjellig måte har bidratt til prosjektet: Fridjof Riis, Astrid Larsen i Oljedirektoratet, Göran Åberg, Helge Stray ved Inst. for Energiteknikk, Jacob Verdenius (IKU) og Inger Nilson (tidl. IKU).

11. ENGLISH SUMMARY

Well 7316/5-1 is located at 73° 31'N, 16° 26'E in the southern part of the Vestbakk volcanic province, 130 km southwest of Bjørnøya. It is the first exploration well in the Bjørnøya West area. The well was operated by Norsk Hydro a.s. on behalf of licence PL 184, awarded during the 13th round in 1990.

Well 7316/5-1 is the first in the Barents Sea with clastic sediments of Tertiary age as primary reservoir target. The well was drilled to a total depth of 4027 meters (RKB), where sediments of Upper Cretaceous (Maastrichtian) age were encountered. The well is classified as a gas discovery after an 18 metre gas column was encountered within a 43 metre sand interval of Middle Eocene age at 1340 meters depth (RKB).

This report describes the redating of the upper part of the well (567 - 1600m; Middle Eocene to Pleistocene), based on the analysis of both planktonic and benthic foraminifera, dinoflagellates and radiolaria. Strontium isotope ages are also recorded at some levels. The dating is further correlated with the interpreted seismic line BV-04-86, which traverses the well location in a northeast - southwest direction.

The biostratigraphic analysis reveals 10 informal zones based on foraminifera, 7 zones on dinoflagellates, and 6 based on radiolaria. Glacially derived Upper Pliocene and Pleistocene sediments rest unconformably on a Lower Miocene section. An unconformity between the Lower Oligocene and Middle Eocene is also recorded.

All figures and range charts are produced with English captions.

FIGURER

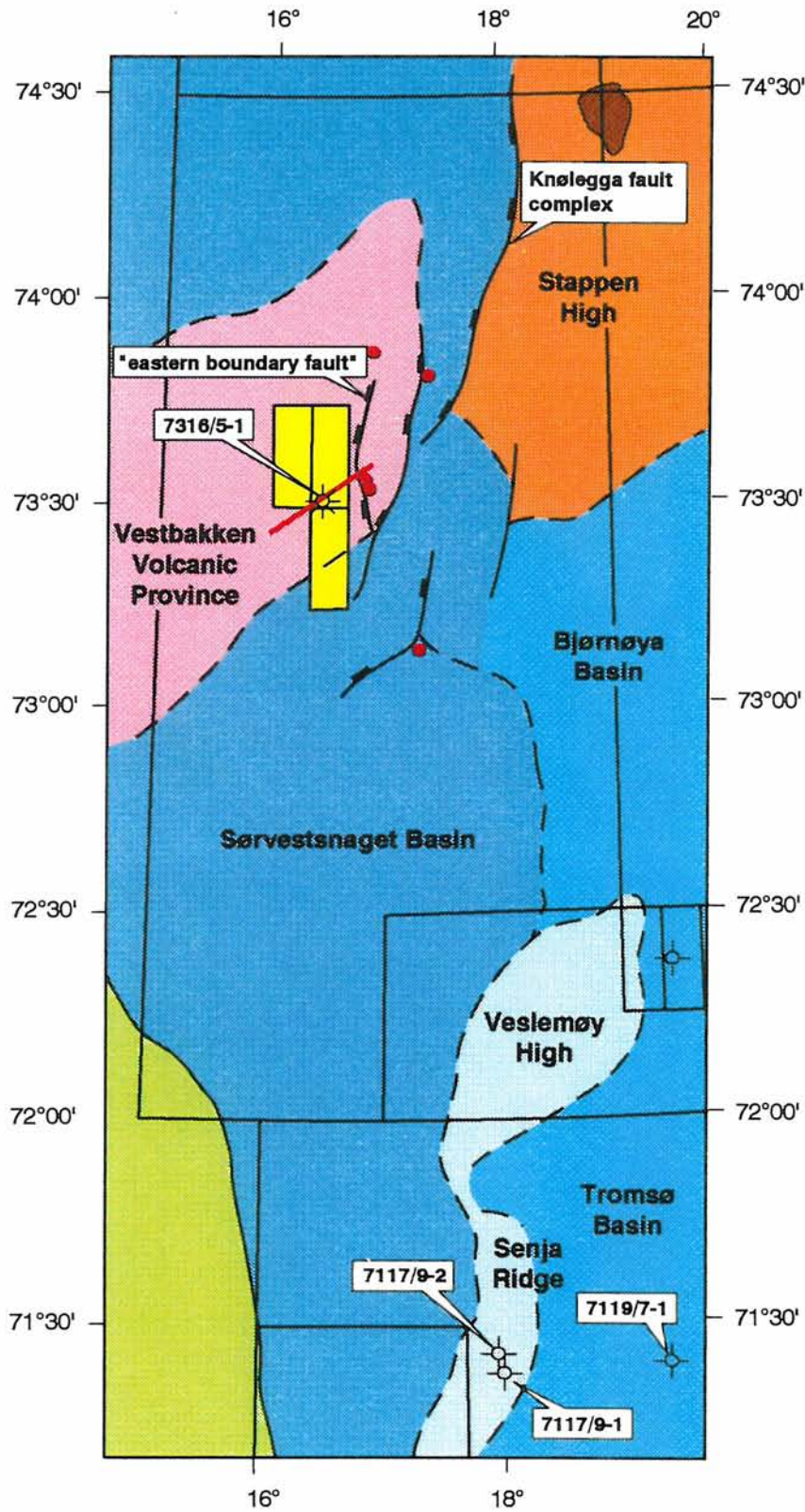
Fig. 1: Oversiktskart som viser beliggenheten til det undersøkte borehullet samt borehull det er referert til i teksten. Figuren viser også beliggenheten av beskrevet seismisk profil (se fig. 4 og 5)

Fig. 2: Oversikt over definerte faunasoner i borehullet og tidsgrenser.

Fig. 3: Sammenstilling av seismiske reflektorer, litologiske grupper/formasjoner, beliggenhet av Sr-analyserte prøver og tidsgrenser.

Fig. 4: Tolkning av seismisk linje BV-04-85. For beliggenhet se fig. 1.

Fig. 5: Korrelasjon mellom seismikk og brønndata.



LEGEND

- PL 184
- Line BV-04-86
- Shallow borehole

0 20 40 60 Km

MAIN STRUCTURAL FEATURES AND LOCATION MAP - PL 184

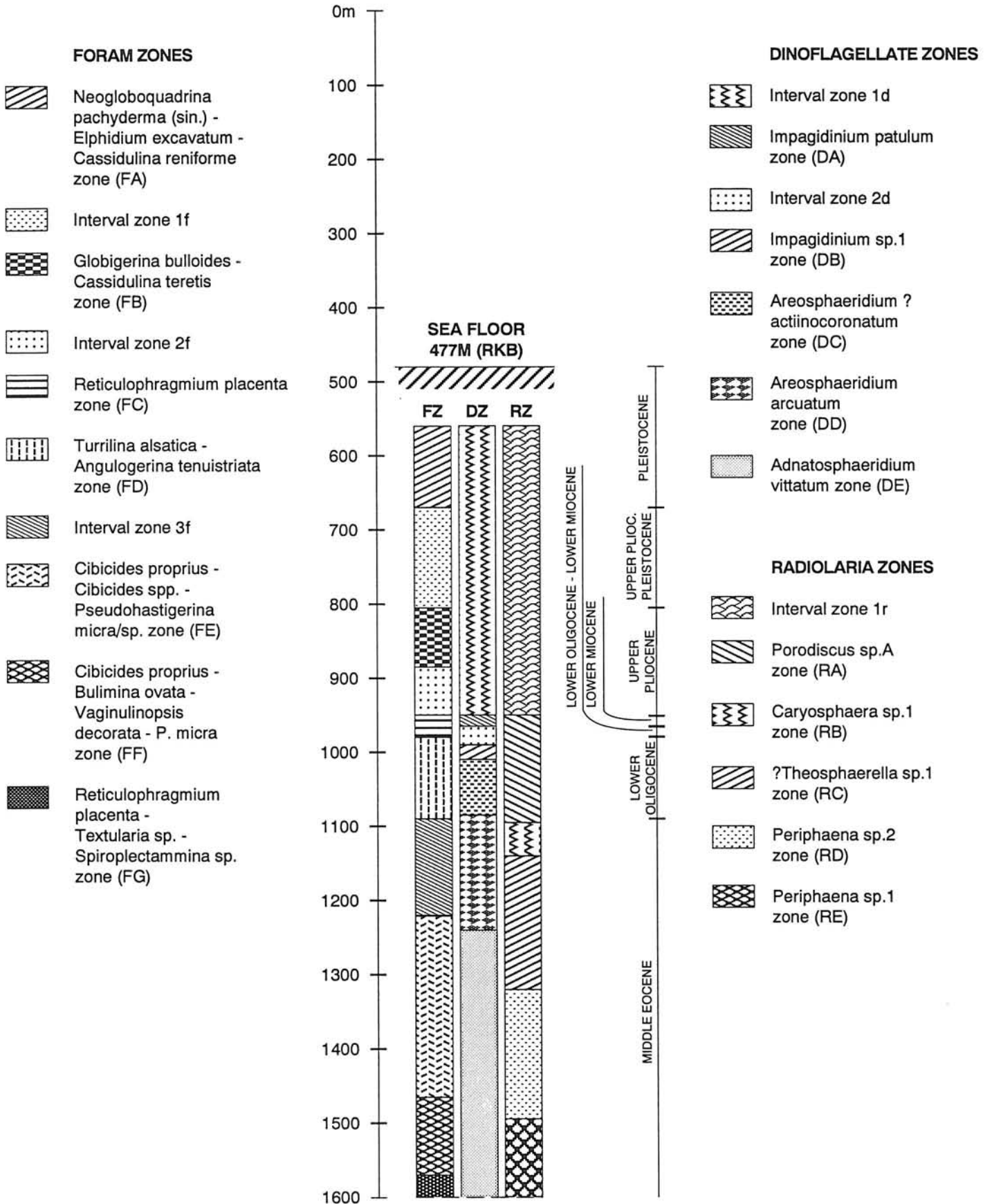
R9311036

Fig. 1



FOSSIL ZONES

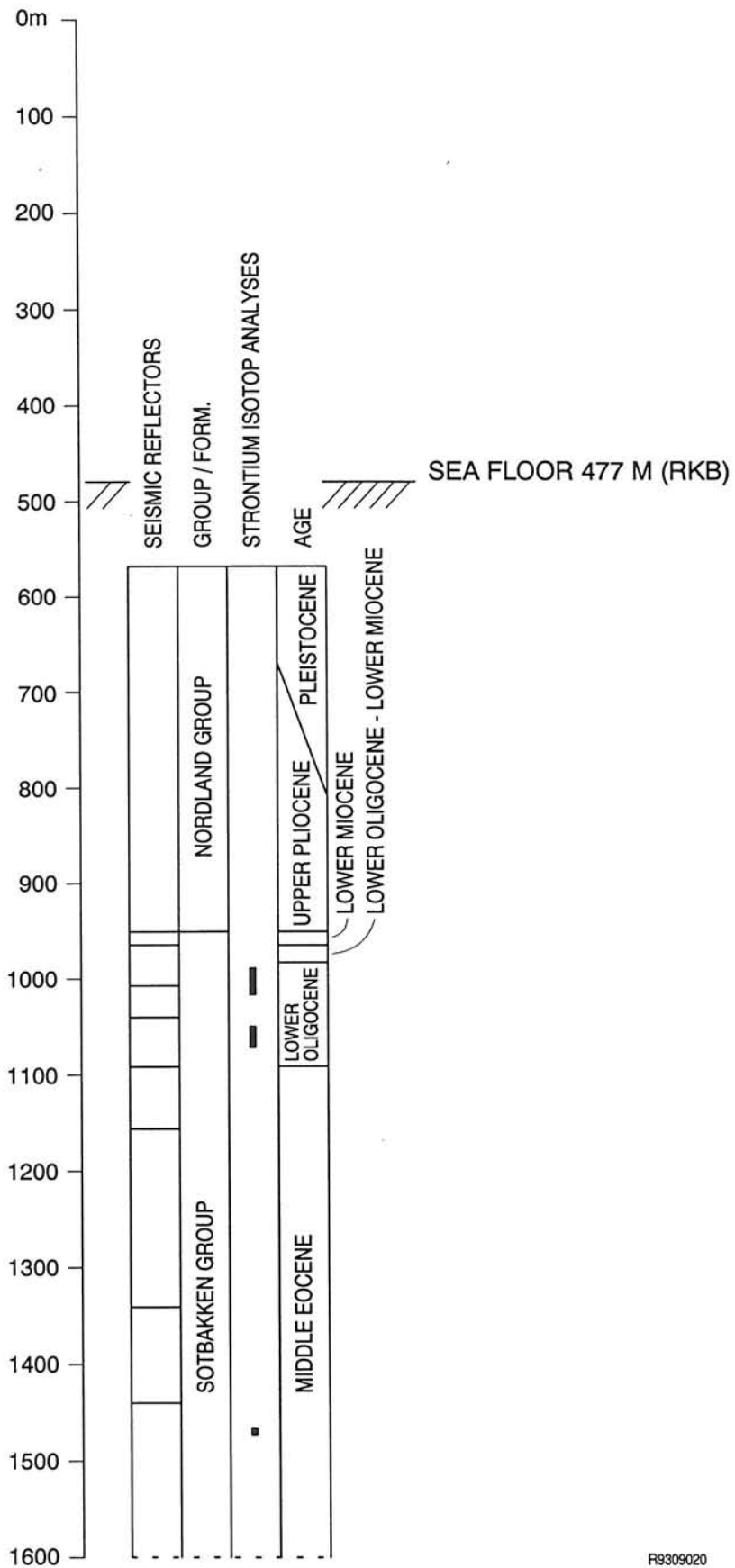
7316/5-1



R9306081

Fig. 2

7316/5-1

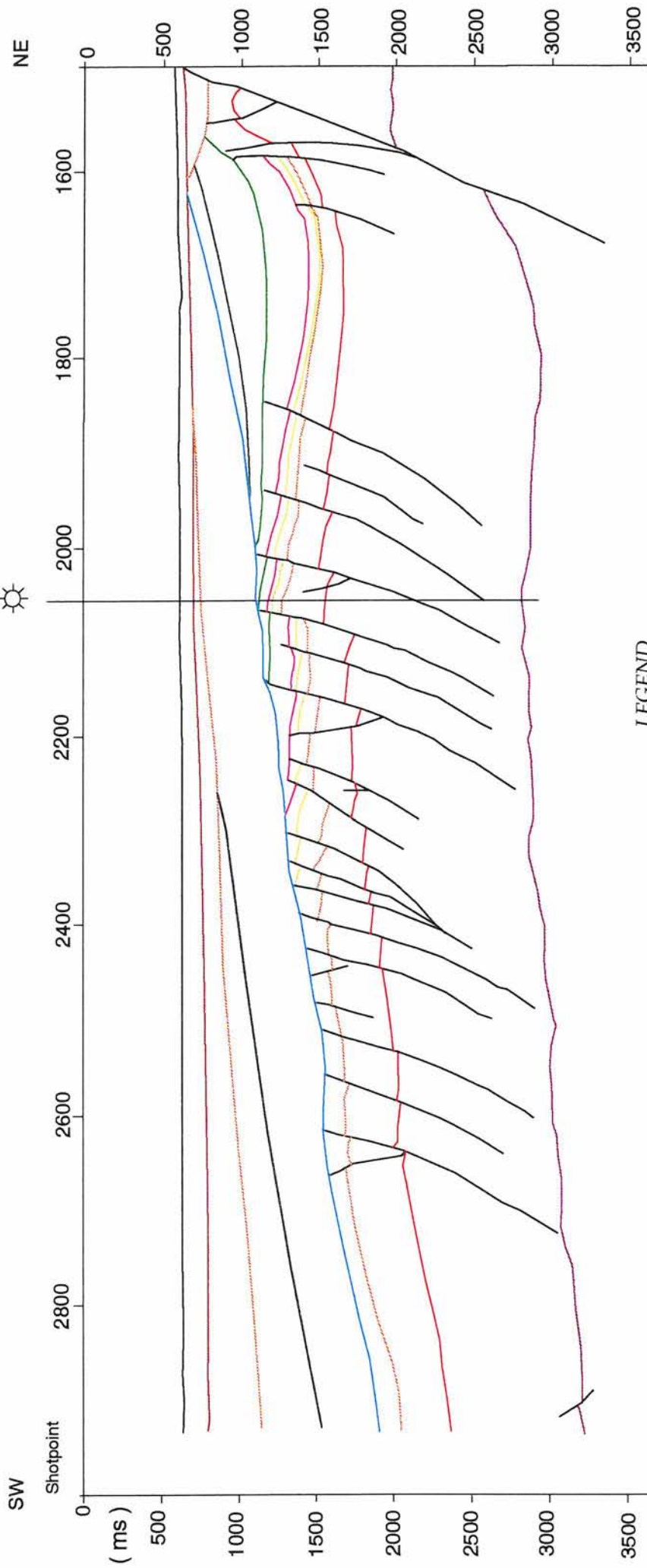


R9309020

Fig. 3



7316/5-1



LEGEND

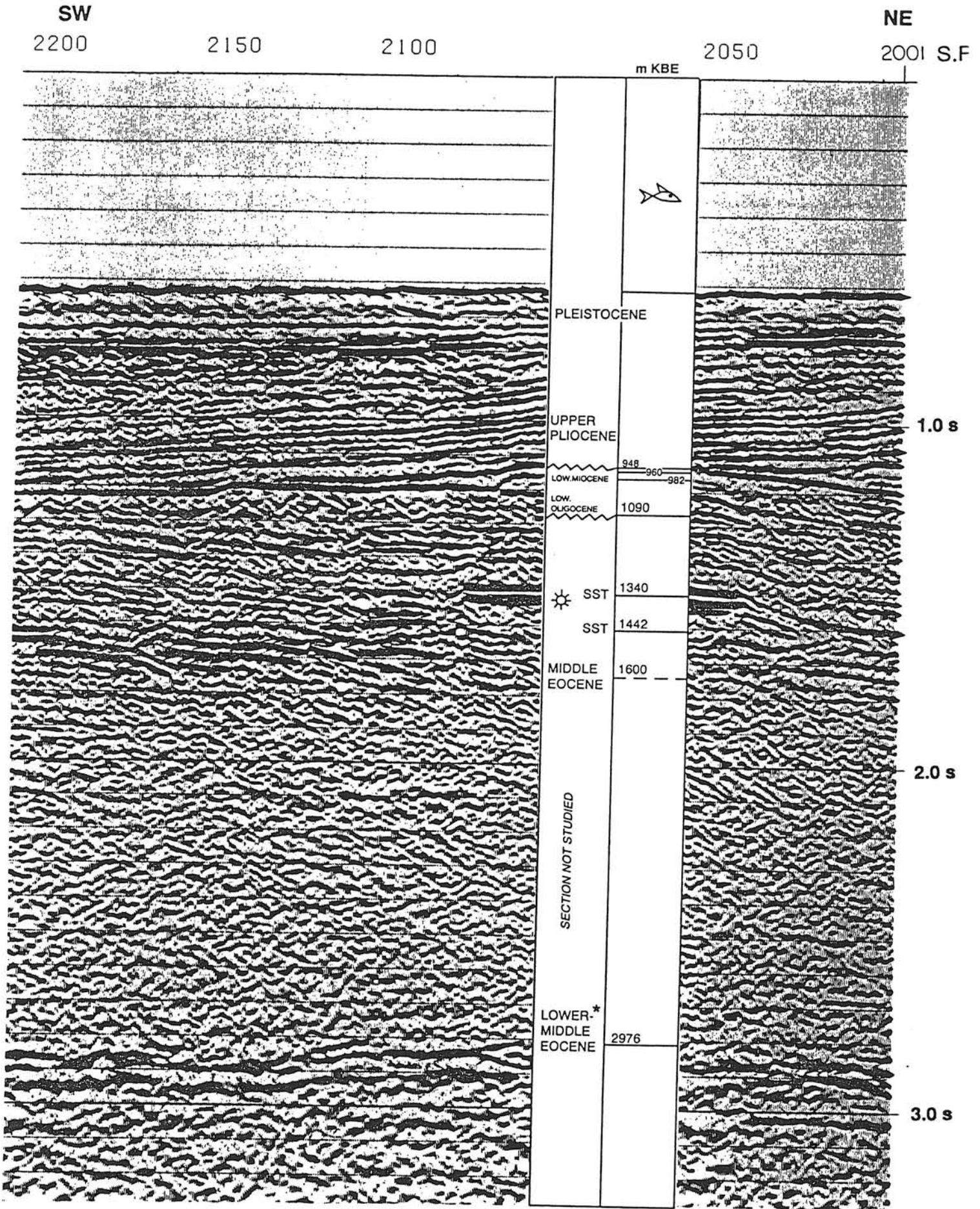
- Quaternary
- Quaternary
- ? intra Upper Pliocene
- intra Upper Pliocene
- ? base Pliocene
- intra Lower Miocene
- intra Oligocene
- intra Lower Oligocene
- base Oligocene
- intra Mid. Eocene
- Lower Mid Eocene

GEOSEISMIC PROFILE

NPD LINE BV - 04 - 86

R9309061

Fig. 4



WELL 7316/5 - 1 SEISMIC CALIBRATION LINE BV - 04 - 86

* Dating by operator

Fig. 5

PLANSJE 1 (FORAMINIFERER)

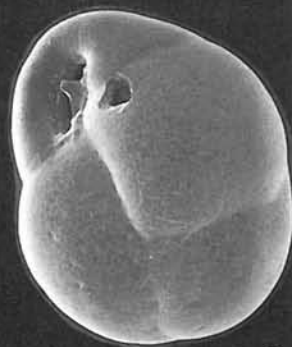
- Fig. 1 Elphidium excavatum forma clavata
x 133, 567m
- Fig. 2 Nonion labradoricum
x 133, 571m
- Fig. 3 Cassidulina reniforme
x 233, 567m
- Fig. 4 Neogloboquadrina pachyderma (sinistral)
("encrusted" form), x 233, 567m
- Fig. 5 Globigerina bulloides
x 333, 805m
- Fig. 6 Inoceramus-prisme
x 67, 580m
- Fig. 7 Nonion affine
x 233, 580m
- Fig. 8 Cassidulina teretis
x 133, 640m
- Fig. 9 Gyroidina soldanii girardana
x 133, 1055m
- Fig. 10 Angulogerina tenuistriata
x 233, 1025m
- Fig. 11 Turrilina alsatica
x 333, 1067m
- Fig. 12 Cibicides telegdi
x 233, 990m



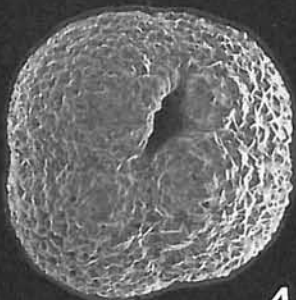
1



2



3



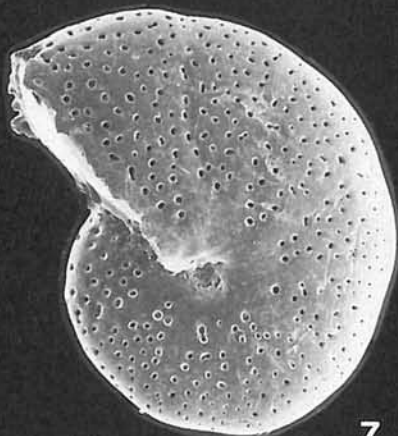
4



5



6



7



8



9



10



11



12

PLANSJE 2 (FORAMINIFERER)

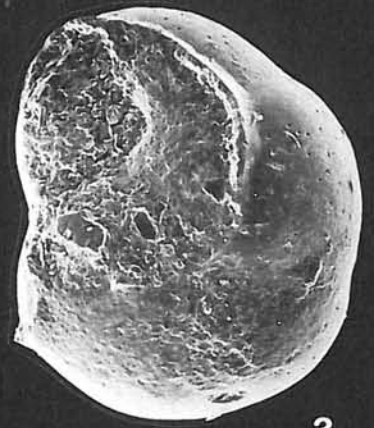
- Fig. 1 Bolivina cf. antiqua
x 233, 1017m
- Fig. 2 Cibicides aknerianus
x 233, 1060m
- Fig. 3 Globocassidulina subglobosa
x 333, 1050m
- Fig. 4 Vaginulinopsis decorata
x 100, 1522m
- Fig. 5 Pullenia quinqueloba
x 233, 1522m
- Fig. 6 Pseudohastigerina micra
x 233, 1522m
- Fig. 7 Reticulophragmium placenta
x 67, 960m
- Fig. 8 Cibicides proprius
x 133, 1532m
- Fig. 9 Bulimina ovata
x 133, 1542m
- fig. 10 Anomalina acuta
x 233, 1532m



1



2



3



4



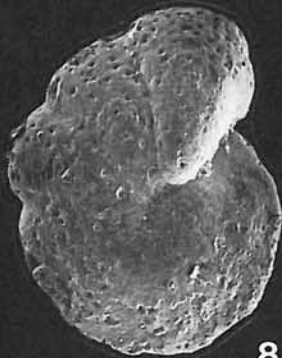
5



6



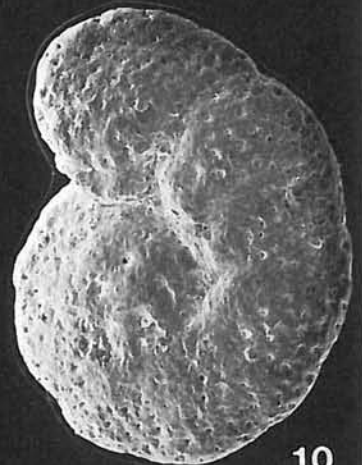
7



8



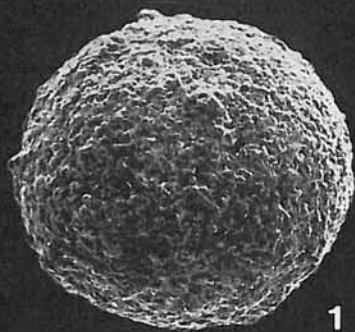
9



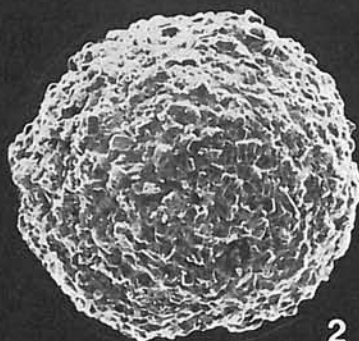
10

PLANSJE 3 (RADIOLARER)

- Fig. 1 Caryosphaera sp. 2
 x 233, 754m
- Fig. 2 Caryosphaera sp. 2
 x 333, 754m
- Fig. 3 ?Tholonium sp.
 x 233, 843m
- Fig. 4 ?Spongodiscus sp.
 x 233, 843m
- Fig. 5 Calocyclus talwanii
 x 233, 1250m
- Fig. 6 Parvicingula sp.
 x 233, 754m
- Fig. 7 Theosphaerella sp.
 x 233, 1250m
- Fig. 8 Coccodiscus darwini
 x 133, 754m
- Fig. 9 Porodiscus sp. A
 x 233, 1085m
- Fig. 10 Caryospharea sp. 1
 x 233, 1250m
- Fig. 11 Caryosphaera sp. 1
 x 333, 1250m
- Fig. 12 Periphaena sp. 1
 x 233, 1550m
- Fig. 13 Periphaena sp. 2
 x 500, 1400m
- Fig. 14 Periphaena sp. 2
 x 500, 1400m
- Fig. 15 Periphaena sp. 1
 x 233, 1550m



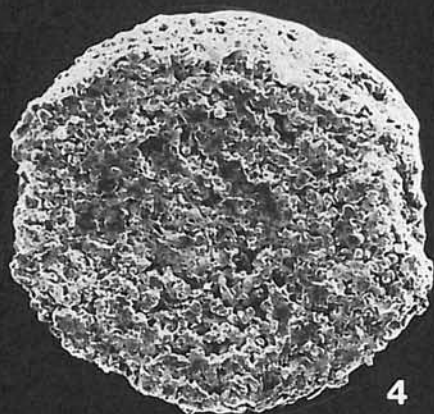
1



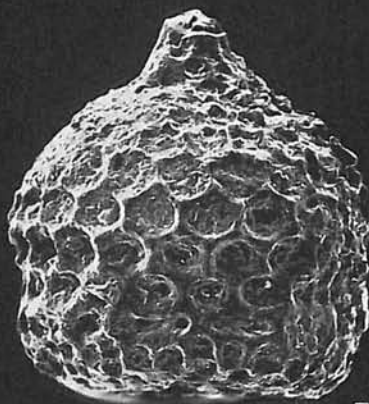
2



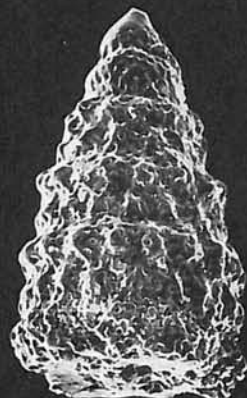
3



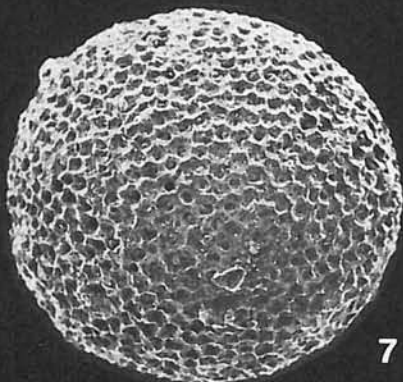
4



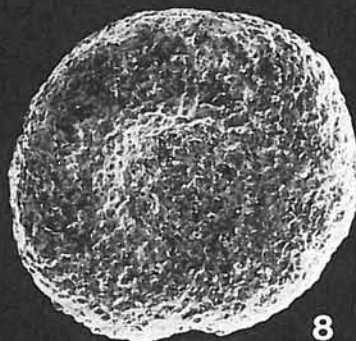
5



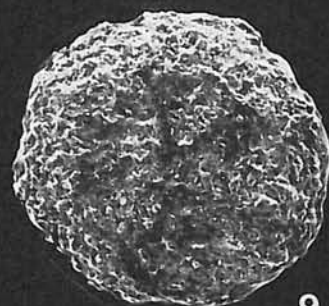
6



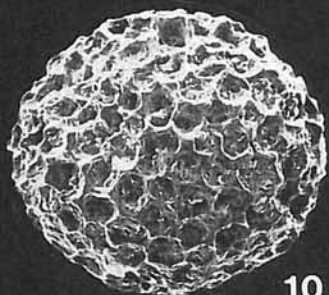
7



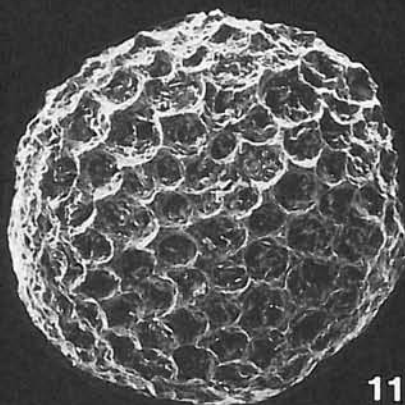
8



9



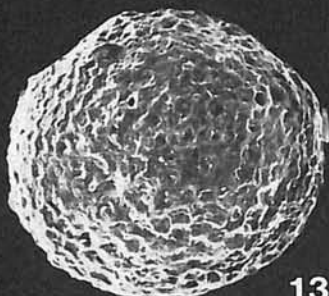
10



11



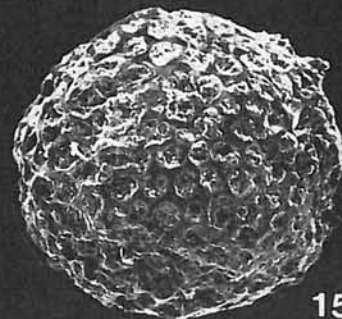
12



13



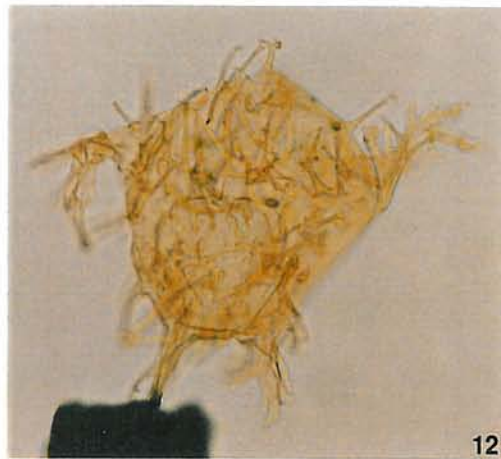
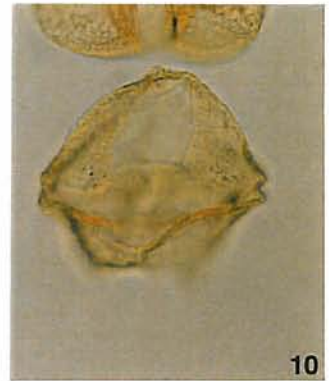
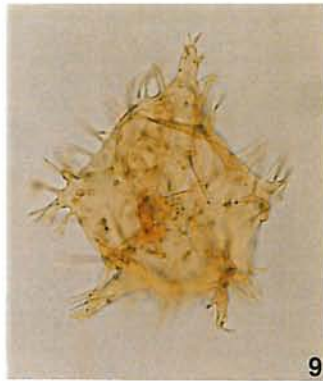
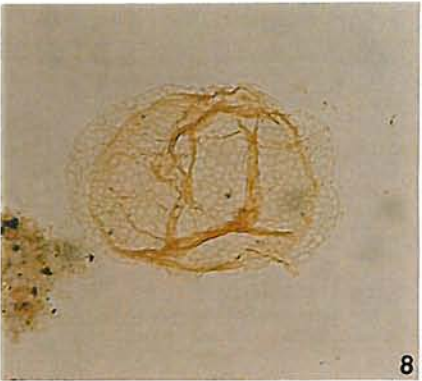
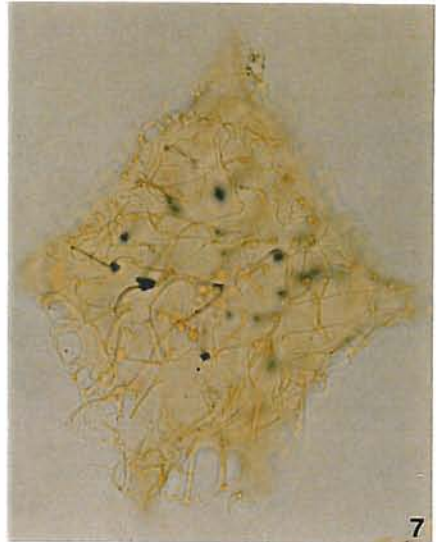
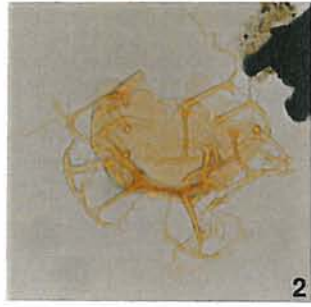
14



15

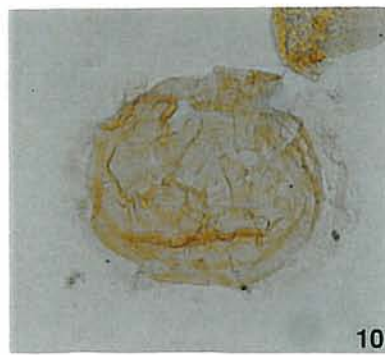
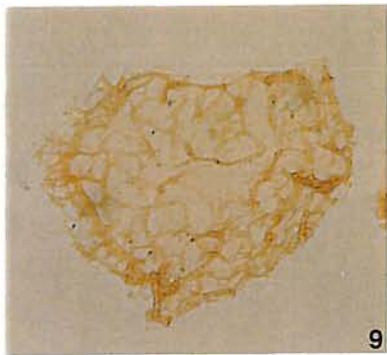
PLANSJE 4 (DINOFLAGELLATER)

- Fig. 1 Cribroperidinium giuseppi (Morgenroth)
Helenes 1984, x 500, 1060m (D34/1),
- Fig. 2 Areosphaeridium arcuatum Eaton 1971,
x 500, 1010m (M66/0)
- Fig. 3 Reticilatospaera actinocoronata (Benedek)
Bujak & Matsuoka 1986, x 500, 1080m (W65/A)
- Fig. 4 Wetzeliella articulata Eisenack 1938,
x 500, 1356,5m (H46/0)
- Fig. 5 Phthanoperidinium alectrolophum Eaton 1976,
x 500, 1356,5m (C60/3)
- Fig. 6 Cerebrocysta bartonensis Bujak 1980,
x 500, 1157m (N45/0)
- Fig. 7 Kisselovia coleothrypta (Williams & Downie)
Lentin & Williams 1976, x 500, 1045m (B37/1)
- Fig. 8 Heteraulacacysta porosa Bujak 1980, x 500
1022m (R27/0)
- Fig. 9 Apectodinium homomorphum (Deflandre & Cookson)
Letin & Williams 1977, x 500, 1356,5m (F52/0)
- Fig. 10 Apteodinium sp. I, x 500, 1022m (L23/0)
- Fig. 11 Deflandrea phosphoritica Eisenack 1938,
x 500, 1363,6m (B49/2)
- Fig. 12 Apectodinium angustum (Harland) Lentin &
Williams 1981, x 500, 1050m (G60/0)
- Fig. 13 Svalbardella cooksoniae Manum 1960, x 500,
1010m (N10/0)



PLANSJE 5 (DINOFLAGELLATER)

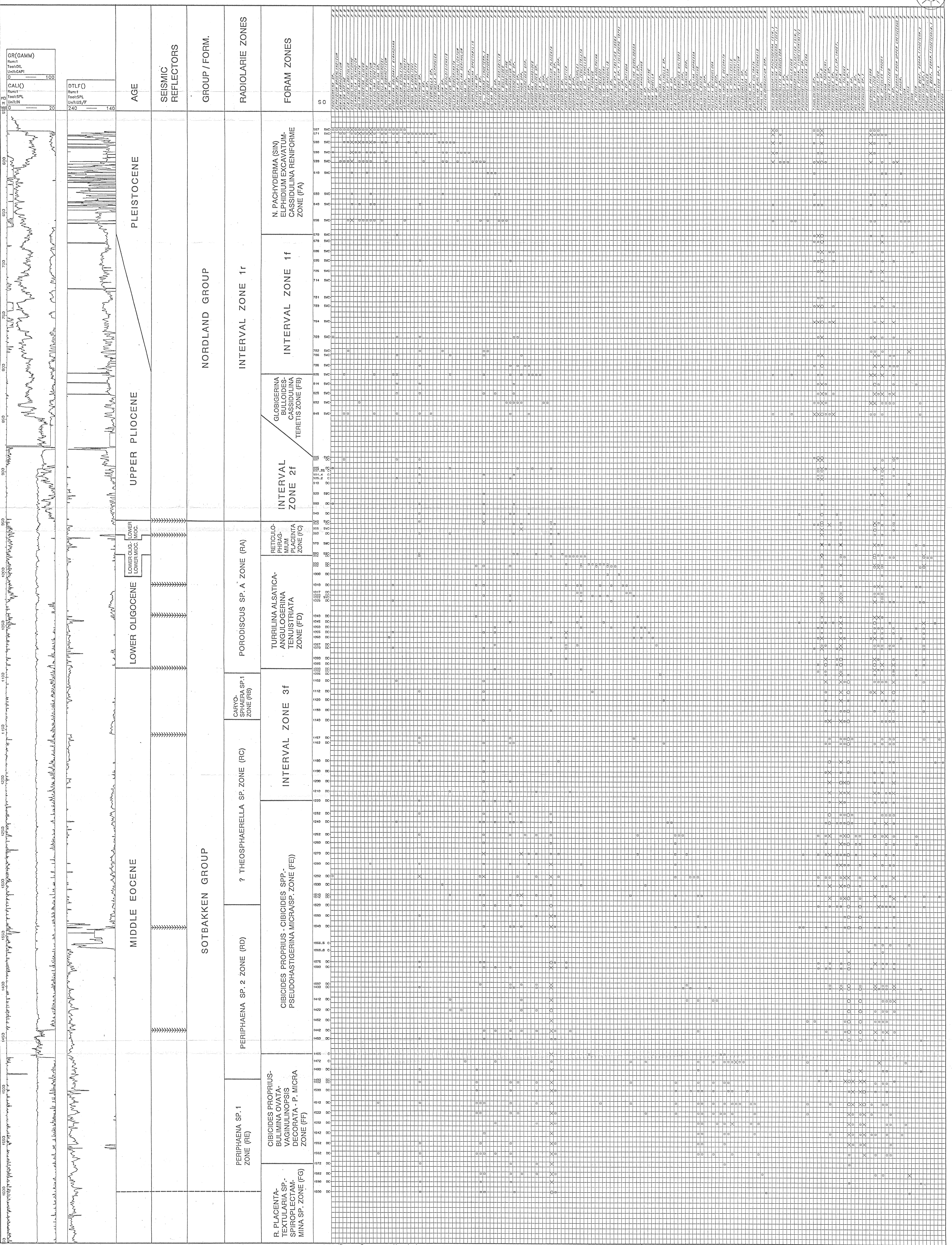
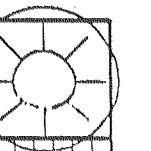
- Fig. 1 Lentinia serrata Bujak 1980, x 500,
1356,5m (H63/0)
- Fig. 2 & 3 Hystriosphæroopsis obscura Habib 1972,
x 500, 955 m (D44/2)
- Fig 4 Invertocysta tabulata Edwards 1984, x 500,
955m (D55/0)
- Fig. 5 & 6 Problematicum IV Manum 1976, x 500, 955m,
(P55/0)
- Fig. 7 Nummus sp. A, x 500, 1363,6m (E24/2)
- Fig. 8 Nummus sp. A, x 500, 1363,6m (H62/1)
- Fig. 9 Glaphydrocysta cf. panpercula Liengjarern et
al. 1980, x 500, 1080 m (P54/1)
- Fig. 10 Heteraulacacysta? leptalea Eaton 1976, x 500
1367,5m (G61/4)
- Fig. 11 Diphyes colligerum (Deflandre & Cookson)
Cookson 1965, x 500, 1472m (N24/2)
- Fig. 12 Palynofacies, x 125, 1465m



PLANSJE 6 (ISDROPPET MATERIALE)

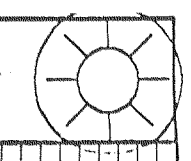
Bildet viser eksempler på deler av isdroppede steiner, som er funnet i øvre del av den kjernetatte sandige enheten; 896 - 906,6m. Øverst er det en kjernetatt del av en større blokk av leistein. En prøve av denne ble preparert for biostratigrafi, men inneholdt ikke fossiler. Nederst på hver side ligger deler av to rundete til kant-rundete steiner, som også består av leirstein. I midten er det en del av en kantrundet stein bestående av kvartsitt. Fyrstikkesken virker som målestokk.



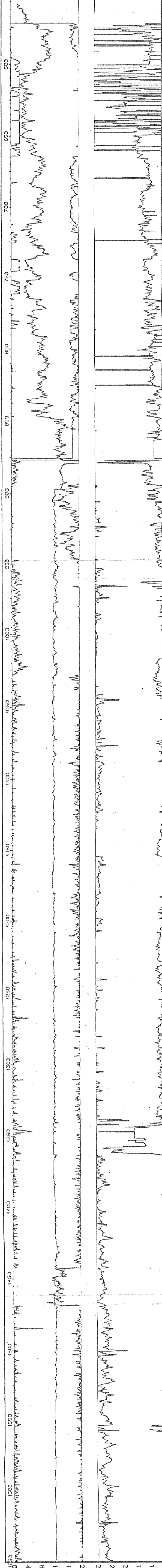


Scale 1: 2000
 Depth Unit: MD (RKB)
 Water depth: 454 M (MSL)

□ Rare, x Common, o Abundant
 FB = BENTHIC FORAMS FP = PLANTONIC FORAMS
 M = MISCELLANEOUS MICROFOSSILS
 X = MISC. OTHER FOSSILS BQ = BOLBOFORMA
 DC = DITCH CUTTINGS R = RADIOLARS C = CORE SWC = SIDE WALL CORE



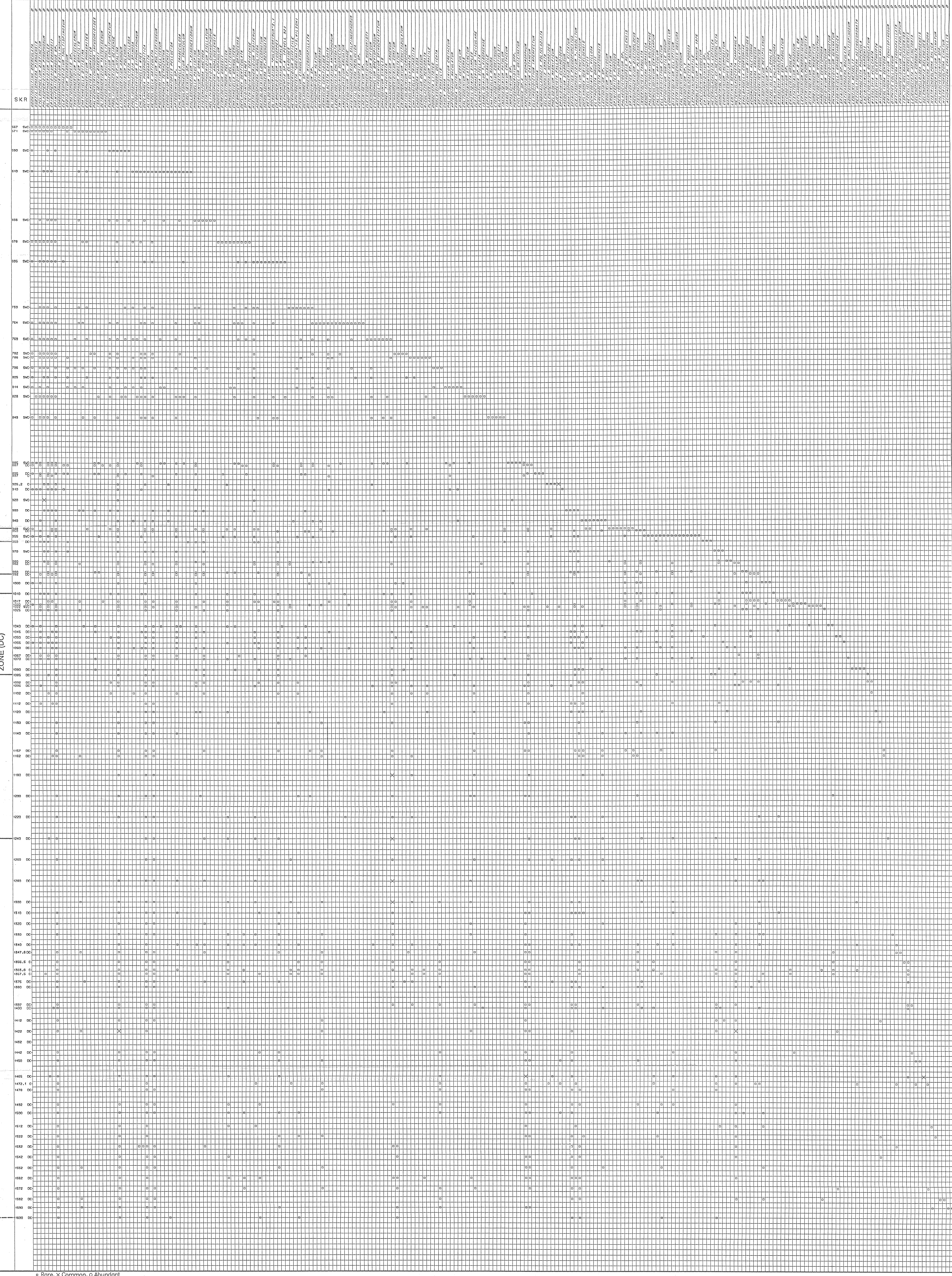
GR(GAMM)
 Run:1
 Tool:RIS
 Unit:GAP1
 CALI()
 Tool:SP
 Unit:IN
 DTLF()
 Run:1
 Tool:SP
 Unit:US/7



AGE
 SEISMIC REFLECTORS
 GROUP / FORM.

NORDLAND GROUP
 SOTBAKKEN GROUP

DINOFLAGELLATE ZONES
 INTERVAL ZONE 1 d
 AEROSPHAERIDIUM VITTATUM ZONE (DE)
 AEROSPHAERIDIUM ARCUATUM ZONE (DD)
 AEROSPHAERIDIUM ACTINOCORONATUM ZONE (DC)
 IMPAGINATUM ZONE (DB)
 INTERVAL ZONE 2a
 IMPAGINATUM ZONE (DA)



Scale 1: 1500
 Depth Unit: MD (RKB)
 Water depth: 454 M (MSL)

• Rare, X Common, O Abundant
 FB = BENTHIC FORAMS FP = PLANTONIC FORAMS
 M = MISCELLANEOUS MICROFOSSILS
 X = MISC. OTHER FOSSILS BO = BOLDIFORMA
 DC = DITCH CUTTINGS R = RADIOCARB C = CORE SNC = SIDE WALL CORE