

Foraminiferanalyse, ^{14}C -dateringer og stabil isotop analyse i kerne 95, Limfjorden

SUSANNE HEIER NIELSEN



Nielsen, S. H.: Foraminiferanalyse, ^{14}C -dateringer og stabil isotop analyse i kerne 95, Limfjorden. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1990-91*, side 39-45, København 18. november 1992.

Benthic foraminifera, stable isotopes (carbon, oxygen) and AMS ^{14}C measurements on foraminifera and molluscs from core 95 in Løgstør Bredning provide information of the palaeoenvironmental and depositional history of the central part of the Limfjord. Large volumes of sediment were transported both to and from Løgstør Bredning during the Holocene marine transgression. Stable isotopes provide information about changes in both temperature and salinity. These were probably controlled by local factors such as fluctuations in freshwater input. Sedimentation was extremely rapid during the Early Holocene. High concentration of redeposited foraminifera in this unit have resulted in ^{14}C ages that are 1500-2000 years older than expected, while ^{14}C dates on molluscs indicate that marine conditions were established in this part of Limfjord before 8,200 BP.

Stable isotopes and ^{14}C measurements show that the present day sea floor at the site represents a hiatus spanning the last 3,000 years.

Geological factors are considered to be the primary cause for the difference in ^{14}C ages between foraminifera and molluscs.

Susanne Heier Nielsen, Geologisk Institut, Aarhus Universitet, 8000 Århus C. 3. december 1991.

Indholdet af foraminiferer i kerne 95 (fig. 1) fra den centrale del af Limfjorden (Løgstør Bredning) er analyseret. Ved hjælp af foraminiferfaunaer samt anvendelse af to fysiske målemetoder opstilles en tolkningsmodel for de miljømæssige ændringer, som den centrale del af Limfjorden har gennemgået i aflejringsperioden.

Målemetoderne, som har været anvendt på skalmateriale fra kerne 95, er ^{14}C -datering af foraminiferer og mollusker og stabil isotop analyse af foraminiferskaller. ^{14}C -dateringerne er udført på AMS-faciliteterne ved Det Fysiske Institut, Aarhus Universitet, og stabil isotop analyserne er udført ved Geologisk Centralinstitut, Københavns Universitet.

Regionalgeologisk sammenhæng

Forstadiet til den nuværende Limfjord tænkes dannet under tilbagesmeltning af den sidste is, som dækkede området i slutningen af Weichsel. Den stadigt svingende balance mellem eustasi og isostasi, som har præget Holocæn, har virket forstærkende på dannelsen af Limfjorden og har betinget vekslende forbindelser mellem fjorden og Nordsøen. Ved transgressioner har havet skå-

ret render og klinger i højlandet, og ved isostatisk hævnning er de store mængder hævdede marine aflejringer, som især karakteriserer den nordlige side af Limfjorden, frembragt.

Mens det sydlige Danmark mest har været præget af generel eustasi, og Skandinavien af generel isostasi, ligger det nordjyske område i en zone,

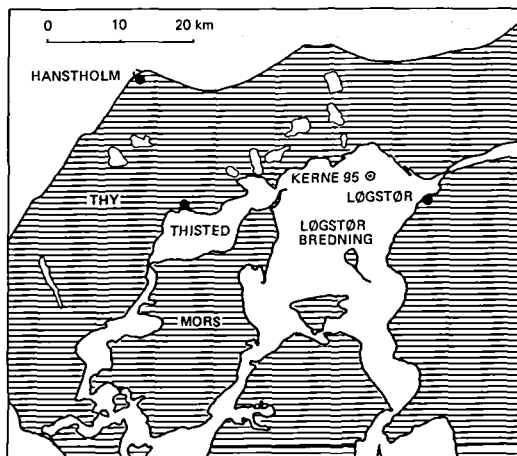


Fig. 1. Kort over den centrale del af Limfjorden.

Locality map.

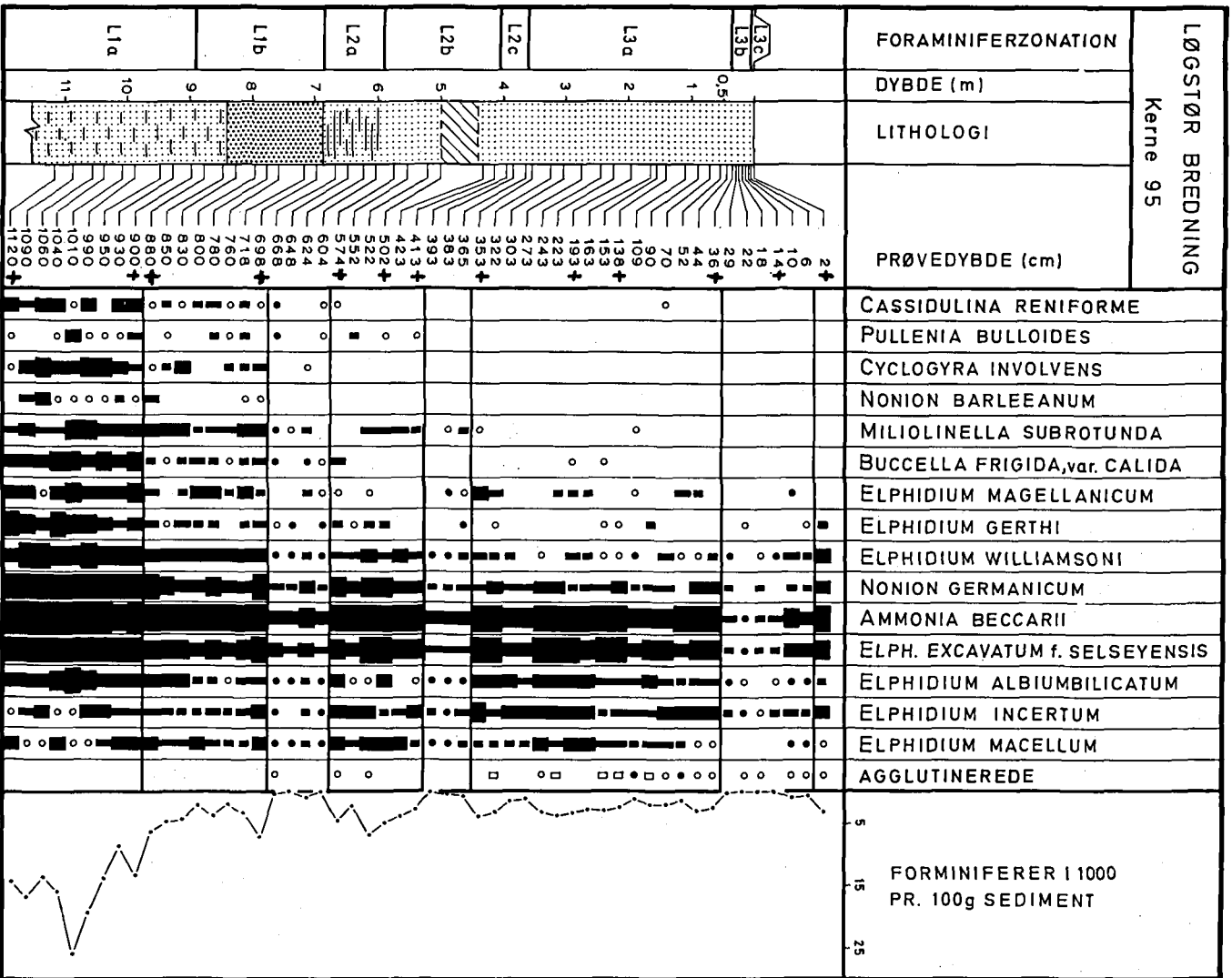
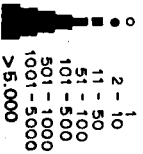


Fig. 2. Udvalgte foraminiferarters forekomst i kerne 95. Symbolerne angiver absolute tælleralter pr. sedimenttenthed (100 g). Dybder, i hvilke skalmateriale er ^{14}C -dateret, er markeret med +.

Abundance of selected foraminiferal species in core 95. Symbols indicate total number of specimens in 100 g of sediment. Depths from which shell material has been ^{14}C dated are marked with +.



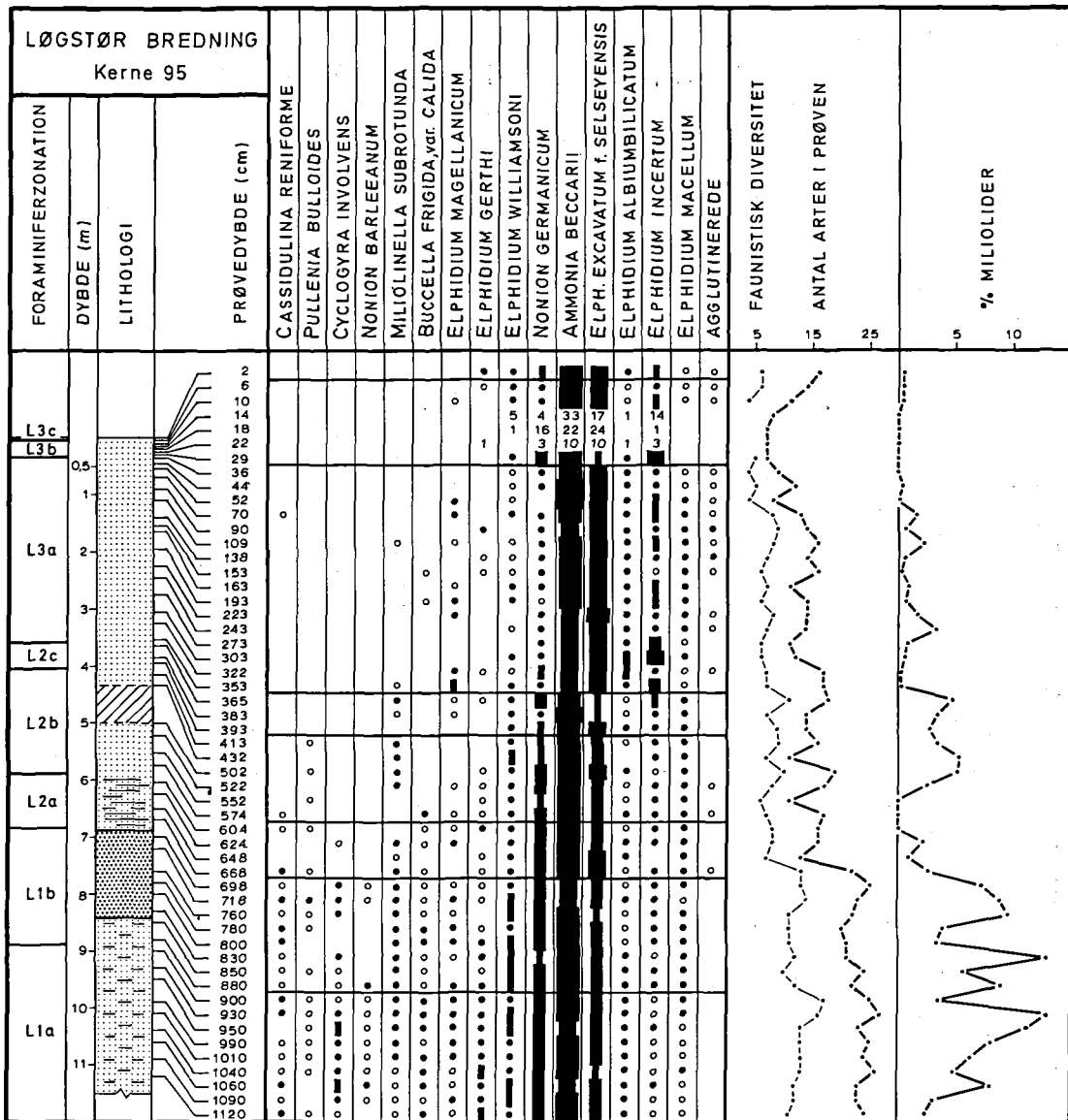
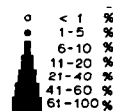


Fig. 3. Udvalgte foraminiferarters relative forekomst i kerne 95. Relative abundance of selected foraminiferal species in core 95.



hvor disse processer skiftevis har haft overtaget (Petersen 1976). Man må forestille sig, at hele denne voldsomme påvirkning af Limfjordsområdet også har givet anledning til en del tektoniske bevægelser. Dette kan have medvirket til pludselige skift i vandløbsretninger, og dermed i Limfjordens forbindelse med Nordsøen.

Fauna

På grundlag af foraminiferfaunaerne er kernen inddelt i faunazonerne L1-L3. Inddelingen er foretaget på basis af foraminiferernes optræden i absolutte tælltal pr. sedimentenhed (fig. 2), idet der i arternes relative forekomst ikke ses nogen

udvikling op gennem kernen (fig. 3). Stort set alle de repræsenterede arter kan findes på lokaliteten i dag; der er således ikke sket nogen væsentlig udvikling i aflejningsmiljøet gennem perioden. Makrofaunaens sammensætning ændres ligeledes meget lidt op gennem kernen, og praktisk taget alle arter vil kunne findes i Limfjorden i dag (Hylleberg, pers. medd., 1991).

Stabil isotop analyse

Til støtte for faunaanalysen er der udført målinger af isotopkoncentrationerne $\delta^{13}\text{C}$ og $\delta^{18}\text{O}$ i foraminiferskaller. Målingerne er foretaget på 1–2 mg's prøver af én art, *Ammonia beccarii*. Formålet med denne analyse er at få oplysninger om ændringer i den isotopgeokemiske sammensætning af foraminiferskallerne og dermed i aflejningsmiljøet gennem aflejningsperioden. Ændringer i temperatur, salinitet og den globale mængde isvolumen afspejles i havvands og dermed i marint dannet karbonats isotopsammensætning (Buchardt 1983).

I fig. 4 ses resultaterne af målingerne angivet i henhold til PDB-skala. Til sammenligning er værdierne for recente prøver fra Nr. Lyngby Strand og Livø Bredning plottet i diagrammet. Disse er medtaget for at anskueliggøre, hvordan hhv. åbne, marine forhold og det recente Limfjordsmiljø afspejles i isotopværdierne. Værdierne for kerne 95 varierer netop mellem yderpunkter, der svarer til disse miljøer.

Svingningerne i foraminiferskallernes isotopkoncentrationer tolkes her som et resultat af lokale faktorer, et samspil mellem tilførsel af skiftende mængder overfladeafstrømmet nedbør og deraf følgende salinitetsændringer, temperaturændringer og fordampning kunne betinge de her observerede fluktuationer.

^{14}C -dateringer

En række ^{14}C -målinger er gennemført på skalmateriale fra forskellige niveauer i kerne 95; målingerne er så vidt muligt foretaget på såvel fora-

miniferskaller som molluskskaller. Det primære formål med denne undersøgelse har været at datere stratigrafisk interessante niveauer i kernen og derved få supplerende oplysninger til brug ved tolkning af aflejningshistorien. Desuden er der udført målinger af foraminiferskaller og molluskskaller fra samme niveauer; dette for at sammenligne dateringer af foraminiferer med resultater fra skaller, som traditionelt har været næsten enerådende, indtil AMS-metoden åbnede mulighed for datering af foraminiferer.

Resultatet af målingerne er angivet i tabel 1 og fremstillet grafisk i fig. 5. Resultaterne er angivet som konventionel ^{14}C -alder BP. Kalibrering til kalenderår ved hjælp af dendrokronologi er kun mulig for den yngste del af kernen (Stuiver et al. 1986) og er derfor helt udeladt. For at kunne

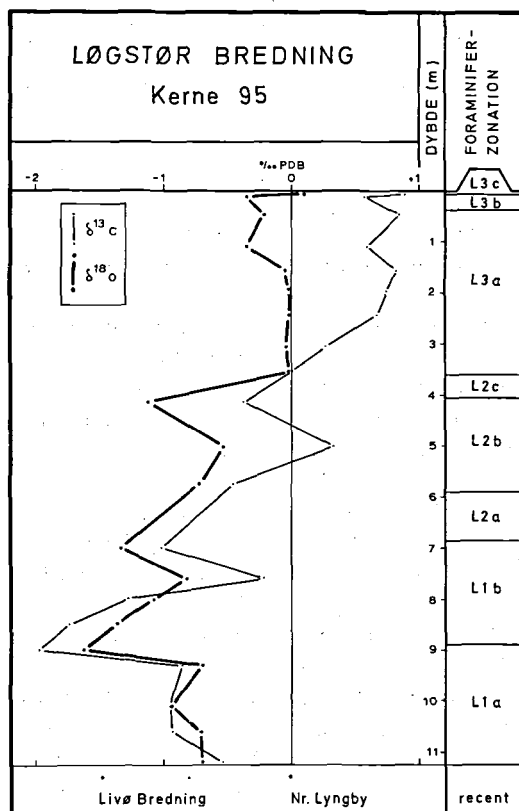


Fig. 4. $\delta^{13}\text{C}$ og $\delta^{18}\text{O}$ værdierne for kerne 95. Til sammenligning er plottet værdier svarende til de recente miljøer Nr. Lyngby Strand (Nordsøen) og Livø Bredning (Limfjorden).

$\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$ results for core 95. For comparison values from the recent environments of Nr. Lyngby Strand (North Sea coast) and Livø Bredning (Limfjorden) are given.

Tabel 1. Resultat af ^{14}C -målinger på henholdsvis mollusker og foraminiferer fra de angivne dybder i kerne 95; se fig. 2. Aldrene angives i ^{14}C -år BP, korrigeret for $\delta^{13}\text{C}$, ukorrigeret for havvandets tilsyneladende alder (reservoireffekt).

Results of ^{14}C measurements on foraminifera and molluscs from core 95. Ages are given in conventional radiocarbon years BP. Results are corrected for $\delta^{13}\text{C}$, but not for apparent age of sea-water (reservoir effect).

Dybde (cm)	Mollusker		Foraminiferer	
2-4	2.855 ± 90	(AAR-208)		
14-16	695 ± 75	(AAR-191)		
36-39	2.350 ± 120	(AAR-667)	3.430 ± 230	(AAR-649)
138-140	3.400 ± 130	(AAR-667)	4.510 ± 70	(AAR-650)
193-195	3.885 ± 130	(AAR-668)	5.145 ± 115	(AAR-651)
353-355	7.100 ± 130	(AAR-669)	8.235 ± 270	(AAR-639)
413-415			9.730 ± 120	(AAR-204)
502-504	8.625 ± 150	(AAR-210)	10.125 ± 130	(AAR-205)
574-576	8.780 ± 200	(AAR-677)	9.765 ± 290	(AAR-640)
698-700	9.320 ± 140	(AAR-209)	9.455 ± 240	(AAR-206)
880-882	8.530 ± 160	(AAR-671)	10.005 ± 95	(AAR-641)
900-902	8.680 ± 170	(AAR-672)		
1120-1122	8.615 ± 110	(AAR-211)	9.990 ± 140	(AAR-207)

sammenlignede med tidligere dateringsresultater, skal der korrigeres for reservoireffekt.

I kernen ses jævnt stigende aldre ned gennem de øverste 4 m, herefter er materialets alder nogenlunde konstant i de nederste 7 m. Foraminifererne viser ca. 10.000 BP, molluskerne ca. 8.600 BP (fig. 5). Ifølge begge fossilgrupper er toppen ca. 3.000 år gammel; formentlig skyldes dette, at store mængder materiale er fjernet fra området efter aflejring.

Forskellen i foraminiferernes og molluskernes aldre tolkes ikke som en metoderelateret forskel, men som et geologisk fænomen. Her må det gøres klart, at en prøve foraminiferer til ^{14}C -analyse består af 300-1000 individer, mens der for molluskskallernes vedkommende måles på et individ (eller en del heraf). For foraminiferernes vedkommende måles altså en gennemsnitsalder, mens måling på mollusker repræsenterer alderen af det enkelte individ. Eventuel intern konsistens i måleresultater på mollusker vil således være en garanti mod opblanding med omlejret materiale.

En mulig tolkningsmodel for Løgstør Brednings aflejringshistorie er den, at strømningshastighed, materialetransport og sedimentationshastighed har været meget høj i kernens nederste del; dog har det været muligt for både foraminiferer og mollusker at etablere en population. Det tilførte sediment har indeholdt mollusk- og foraminiferskaller fra ældre aflejringer, og ^{14}C -datering af foraminiferskaller repræsenterer altså en gennemsnitsalder mellem de på stedet levende og de tilførte foraminiferer. Molluskerne til datering er håndplukkede, og det er tilstræbt at individerne ikke har været transporterede, og at arterne har kunnet leve på lokaliteten. Modellen forklarer altså både foraminiferskallernes høje aldre og forskellen mellem foraminiferer og molluskers aldre i Løgstør-kernen. En følge heraf er, at molluskernes aldre sandsynligvis repræsenterer sedimentets sande alder; det kan derfor konkluderes, at marine forhold har eksisteret i Limfjorden siden 8.600 BP eller tidligere (ukorrigeret for reservoireffekt).

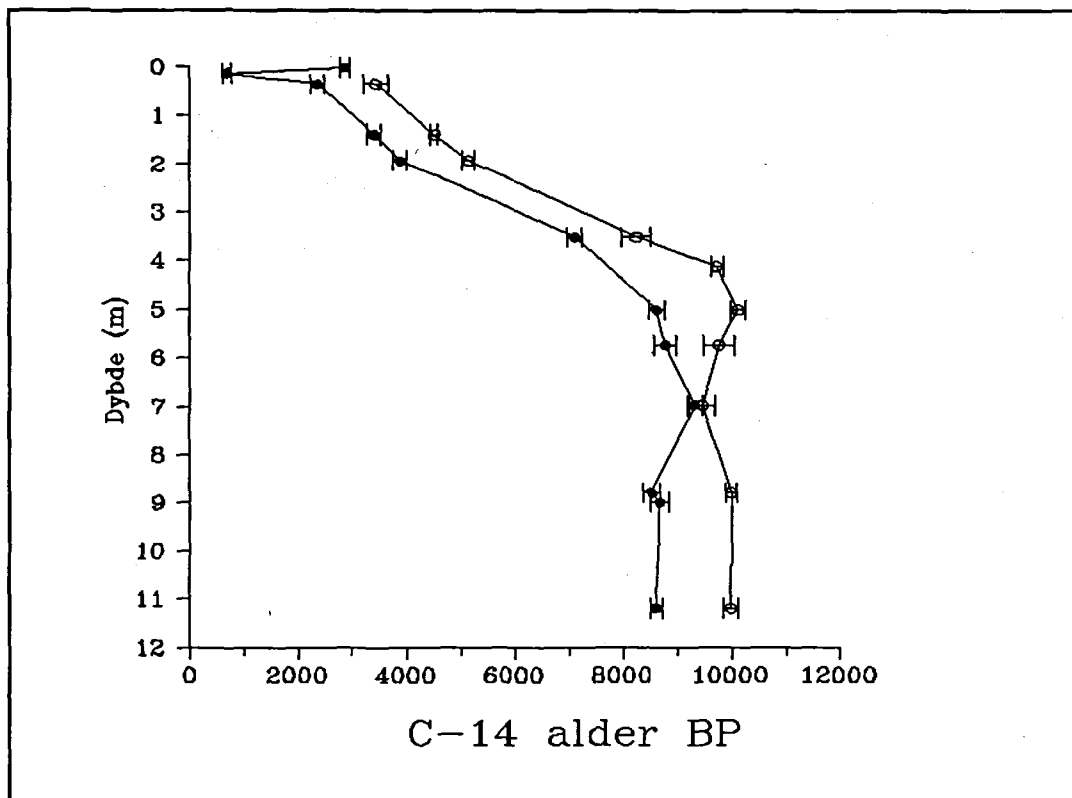


Fig. 5. ^{14}C resultater for kerne 95. Værdierne er angivet i tabel 1. Sorte prikker angiver målinger på mollusker, cirkler angiver foraminiferskaller.

^{14}C results from core 95. Values are given in table 1. Dots represent mollusc samples, circles represent foraminiferal samples.

Konklusion

Fauna-analysen, ^{14}C -dateringerne og stabil isotop analysen støtter hinanden i, at kernens top ikke er recent. Topprøverne indeholder foraminiferarten *Elphidium macellum* og muslingearten *Thyasira flexuosa*; ingen af disse arter kendes recent fra Limfjorden. Desuden ses af fig. 4, at isotopværdierne i kernens top er mere positive end nutidige værdier fra Vesterhavet (Nr. Lyngby). Stor materialetransport og deraf følgende hiati gør sig formodentlig gældende gennem hele aflejringsforløbet. Forskellen i aldre for foraminiferer og mollusker fra samme niveauer tolkes geologisk, og det sluttes derfor, at ^{14}C -målinger på molluskskaller umiddelbart kan tolkes som dateringsresultater.

Til vurdering af tidspunktet for den tidlige holocæne transgression i Limfjordsområdet må aldre angives sammenlignelige med tidligere angivelser (se Petersen 1976), dvs forsøgsvis korri-

geres for reservoireffekt. En reservoirkorrektion på ca. 400 år, som anvendes for Nordsøen, fratrækkes ^{14}C -alderen på kernens bund, og herved fremkommer en alder på ca. 8.200 ^{14}C -år BP. Dette betragtes som en minimumsalder, idet reservoirkorrektionen for et lavvandet område som Limfjorden, hvor vandmassen er i tæt kontakt med atmosfæren, og hvor der ikke sker upwelling af »gamle« vandmasser, tænkes at ligge et sted mellem 0 og 400 år. Dette indplacerer altså tidspunktet for transgressionen et sted mellem 8.200 og 8.600 ^{14}C -år BP. Til sammenligning angiver Petersen (1976) tidspunktet til 7.000 BP under anvendelse af en reservoirkorrektion på 400 år.

Som det fremgår af ovenstående, er reservoirkorrektion en vigtig størrelse ved beregning af ^{14}C -aldrer på marint materiale; det er derfor vigtigt i fremtiden at foretage målinger til bestemmelse af reservoireffekten af sådanne lavvandede områder.

Petersen (1976) angiver den tidligste holocæne

transgression til ca. 7.000 BP, mens denne undersøgelse altså foreslår senest 8.200 BP.

Tak

Karen Luise Knudsen takkes for inspirerende vejledning under studiet, Jørgen Hylleberg for bestemmelse af makrofossilerne i kerne 95 og Jan Heinemeier og Niels Rud for godt samarbejde omkring ¹⁴C-dateringerne. Bjørn Buchardt har lagt laboratoriefaciliteter til og deltaget i præparation af foraminiferprøver til stabil isotop analyse. David Penney har forbedret det engelske abstract, og Jette Gissel har tegnet figurer.

Litteratur

- Buchardt, B. 1983: *En introduktion til stabile isotopers geokemi*. 58 pp. Institut for Historisk Geologi og Palæontologi, Geologisk Centralinstitut, København.
- Petersen, K. S. 1976: Om Limfjordens postglaciale marine udvikling og niveauforhold, belyst ved mollusk-faunaen og C-14 dateringer. *Danm. geol. Unders., Årbog 1975*, 75-103.
- Stuiver, M., Pearson, G.V. & Braziunas, T.F. 1986: Radiocarbon Age Calibration of Marine Samples Back to 9000 Cal. Yr. BP. *Radiocarbon*, 28, No. 2B, 980-1021.