

# *Heterohelix dentata* Biozonen i boringen Rørdal-1, øvre nedre Maastrichtien, Nordjylland, Danmark

ERIK STENESTAD



Stenestad, E. 2005–08–05 *Heterohelix dentata* Biozonen i boringen Rørdal-1, øvre nedre Maastrichtien, Nordjylland, Danmark. *Geologisk Tidsskrift* 2005, hæfte 1, pp. 1–23, København.

*Heterohelix dentata* Biozonen findes i øvre nedre Maastrichtien lidt under grænsen til øvre Maastrichtien. Den indeholder en nordlig boreal shelf foraminiferfauna, hvoraf ca. 130 arter er identificeret. *Heterohelix dentata* Biozonen er i boringen Rørdal-1 ca. 30 m tyk, og den formodes at repræsentere et tidsinterval på ca. 1.000.000 år. Foraminiferfaunaen og de litologiske data antyder, at en mindre transgression fandt sted inden den afsluttende regression i sen Maastrichtien.

Erik Stenestad, Højbjerg Vang 23, 2840 Holte e-post: [estenestad@hotmail.com](mailto:estenestad@hotmail.com)

Cementfabrikken Rørdal ved Ålborg udførte i 1967 fire 100 m dybe kerneboringer på virksomhedens område med henblik på en vurdering af råstofforekomstens omfang og kvalitet (Fig.1).

Boreprøverne blev efter undersøgelsen stillet til rådighed for Danmarks Geologiske Undersøgelse (DGU), hvor de bl.a. indgik i et af Det Naturvidenskabelige Forskningsråd støttet forskningsprojekt sammen med prøveserier fra andre dele af Nordjylland. Projektet havde til formål at udvikle og afprøve en forenklet foraminiferstratigrafisk metode, især baseret på statistik over frekvensen af overordnede taksonomiske enheder, og at bidrage til en mere detaljeret biostratigrafisk inddeling af de danske Maastrichtien lag. Disse lag er generelt meget ensartet udviklet, såvel med hensyn til kridtlagenes litologi som til deres fossilindhold, hvilket vanskeliggør den stratigrafiske inddeling. Resultatet af projektet blev fremlagt i en rapport til forskningsrådet (Stenestad 1981).

Formålet med den her fremlagte undersøgelse er at give en nærmere beskrivelse af foraminiferfaunaen i *Heterohelix dentata* Biozonen på en lokalitet, hvorfra der foreligger en uafhængig beskrivelse af en anden fossilgruppe, *in casu* brachiopoder (Surlyk 1972, 1984). Det har ikke været hensigten at gennemføre en systematisk revision af de i materialet optrædende foraminiferarter. Alligevel har zonenavnet givet anledning til taksonomiske overvejelser.

Øvre Kridt lagene i Det danske subbassin er aflejret langt ude på kontinentalsoklen, og lagpakken er 1–2 km tyk i de dybeste steder i bassinet (Stenestad 1972). I Aalborgområdet har Øvre Kridt lagene formentlig kun været ca. 500 m tykke, og den øverste etage, Maastrichtien, har oprindeligt næppe udgjort mere end ca. 200 m. I boringerne Rørdal-1, -2 og -3

samt Sejlflod-1 er de øverste ca. 25–30 m af lagserien henført til *Heterohelix dentata* Biozonen i øvre nedre Maastrichtien. Zonearten optræder også sporadisk uden for dette interval, der er defineret som en *concurrent range zone*. Zonen kendes tillige fra Dansk Undergrunds Consortiums dybdeboring Rønde-1 på Djursland (Stenestad 1971), men her fra et skylleboeret interval (671–683 m). Grænsen til den overliggende biozone, *Pyramidina cimbrica* Zonen, er ikke sikkert påvist i de undersøgte boringer eller dagprofiler. Den antages at ligge i *tenuicostata-semiglobularis* brachiopodzonen. I Rørdal findes *Heterohelix dentata* Biozonens overgrænse omtrent ved kridtgravens bund formentlig i kote ca. 1,5 m, lige over toppen af boringen Rørdal-1. Grænsen mellem øvre og nedre Maastrichtien findes lige over bunden af *semiglobularis-humboldtii* brachiopod zonen (Surlyk (1984). *Heterohelix dentata* Biozonen må således placeres noget under grænsen mellem nedre og øvre Maastrichtien.

## Tidligere undersøgelser

Den biostratigrafiske inddeling af de danske kridt aflejringer har været genstand for intensive studier igennem mere end ét århundrede. Biostratigrafiske inddelinger af Maastrichtien er foretaget ved hjælp af en kombination af mikro- og makrofossiler bl.a. foraminiferer (Troelsen 1937; Berggren 1962; Stenestad 1971, 1973, 1979), belemnitter (Birkelund 1957; Christensen 1973), ammonitter (Birkelund *et al.* 1984), coccoliter (Perch-Nielsen 1969), brachiopoder (Surlyk 1971, 1972, 1984) og dinoflagellater (Hansen 1977) (Fig. 2).

En tentativ korrelation af foraminiferstratigrafiske



Fig. 1. Cementfabrikken Aalborg Portlands kridtgrav ved Rørdal nær Ålborg som den så ud i 1967. Billedet er taget omtrent hvor Rørdal-1 blev boret.

inddelinger af Maastrichtien i det nordvestlige Europa er baseret på data fra Nordtyskland, Sydengland, den sydlige del af Nordsøen og dansk landområde (Fig. 3). *Stensioeina esnehensis* Biozonen er kun påvist i jyske kridtprofiler mellem *Pseudotextularia elegans* Biozonen og Maastrichtien–Danien grænsen. Der savnes en revision af denne art, som synes at afløse *Stensioeina pommerana* kort før afslutningen af Maastrichtien. I disse 'overgangslag', hvor den maksimale regression sætter ind, kan miljøændringerne muligvis have givet anledning til fremkomsten af atypiske vækstformer hos de benthiske foraminiferer. Måske er *S. esnehensis* en sådan variant?

Forskellene i de benyttede arters lokale udbredelse kan ikke umiddelbart forklares. Der kan være flere mulige årsager. For det første kan forskellene være reelle og afspejle forskellige miljøforhold i forskellige dele af bassinet (temperatur, lys, vandets næringsindhold, havstrømme, vanddybde, afstand til kyster, beliggenhed på soklen eller kontinentalskråning osv.). For det andet kan den forekomst af arter, man registrerer, være påvirket af prøvernes art og oprindelse (dagprofil, borekerne, borespåner), af bevaringstilstanden (fx korroderet, rekrytalliseret), af prøvetætheden (mange meter eller få centimeter mellem prøverne) og den benyttede præparations- og analyseteknik. Måske finder man ikke en given art, selv om den faktisk er eller har været tilstede. Endelig må arternes naturlige og miljøbetingede variation tages i betragtning. Hvis man tolker en sådan variation lidt forskelligt vil udbredelsen af den pågældende art også blive registreret forskelligt.

## Materiale

Undersøgelserboringen Rørdal-1 blev udført fra bunden af Aalborg Portland Cement Fabriks kridtgrav (A.P.C.F. Rørdal) ca. 1400 m ØSØ for Sølyst Kirke og ca. 1200 m NØ for den trigonometriske station i Øster Sundby. På målebordsblad M 1113 findes borestedet 235 mm fra den østlige kortkant og 125 mm fra den sydlige. Gravens bundkote var på daværende tidspunkt ca. +3 m. Borearbejdet påbegyndtes i slutningen af marts 1967 og afsluttedes midt i april. Den blev udført af Geoteknisk Institut som en 86 mm kerneboring med kontinuert kerneoptagning. Kernerne blev efter optagningen emballeret i plastikfolie og mærket. I første omgang blev de sendt til fabrikkens laboratorium, hvor der blev udtaget prøver til kemisk analyse. Senere ændredes proceduren, således at prøverne til kemisk analyse blev udtaget på borestedet inden indpakningen. De blev udtaget af vertikalt gennemsave kerner, således at hele den opborede kerne var repræsenteret ved den senere geologiske besigtigelse på Danmarks Geologiske Undersøgelse (DGU). På DGU blev kernerne opmålt, registreret og beskrevet, og der blev udtaget mindre prøver til senere laboratorieundersøgelser, i første række til brug ved bestemmelse af porevandets saltindhold. Herefter blev materialet arkiveret, men det blev som nævnt i indledningen lejlighedsvis inddraget i forskellige forskningsprojekter, uden at der dog er sket en mere omfattende bearbejdelse. Et forenklet billede af lagserien er vist i Fig. 6.

## Metode

### Oparbejdning af materialet

Materialet er oparbejdet i DGU's laboratorier. Prøverne er slæmmede i vand gennem en 0,063 mm sigte. Prøveserien i denne undersøgelse er behandlet kvantitativt, således at der har kunnet udføres statistiske undersøgelser på materialet. Før udsortering af fossilindholdet blev slæmmeresten tørsigtet, og kun fraktionen > 0,1 mm indgår i undersøgelsen. En parallel semikvantitativ prøveserie er benyttet til supplerende studier af faunaen.

### Foraminiferprøvernes individ- og artsantal

Et ofte diskuteret problem ved udsorteringen af fossilprøver er antallet af individer (N), som er nødvendigt for at opnå et pålideligt indtryk af faunasammensætningen (fx Sorgenfrei 1958). Ved at øge individantallet vil der – op til en grænse – kunne påvises stadig flere arter. Et x-y plot af N mod artsantal viser i det aktuelle materiale en betydelig spredning omkring regressionslinien (Fig. 4). I den øverste del af *Hetero-*

*helix dentata* Zonen er der en vis korrelation mellem artsantal og antal udsorterede foraminiferer pr. prøve. I den nedre del af zonen er artsantallet derimod nogenlunde fast uanset antallet af frasorterede individer, og afvigelserne i artsantal i forhold til det forventede er større end øverst i zonen (Fig. 5). Da artsantallet i den nedre del af zonen således synes uafhængigt af antallet af udsorterede foraminiferer, må det nederst i zonen anses for at være reelt, mens det i den øverste del af profilet næppe er tilfældet. Artsantallet er da også i gennemsnit lidt lavere i prøve 1–12 (gns.: 23,1) end i prøve 13–30 i den nedre del af zonen (gns.: 24,4).

### Calcisfærer

Samtidig med optællingen af foraminiferarter blev prøvernes indhold af calcisfærer registreret. Calcisfærer optræder i de fleste prøver i meget stort antal, også i den undersøgte fraktion > 0,1 mm, og deres mulige bidrag til belysning af biozonen er undersøgt. Calcisfærer er hule, typisk sfæriske, kalkskallede nannofossiler med en ensartet sammenhængende væg, hvil-

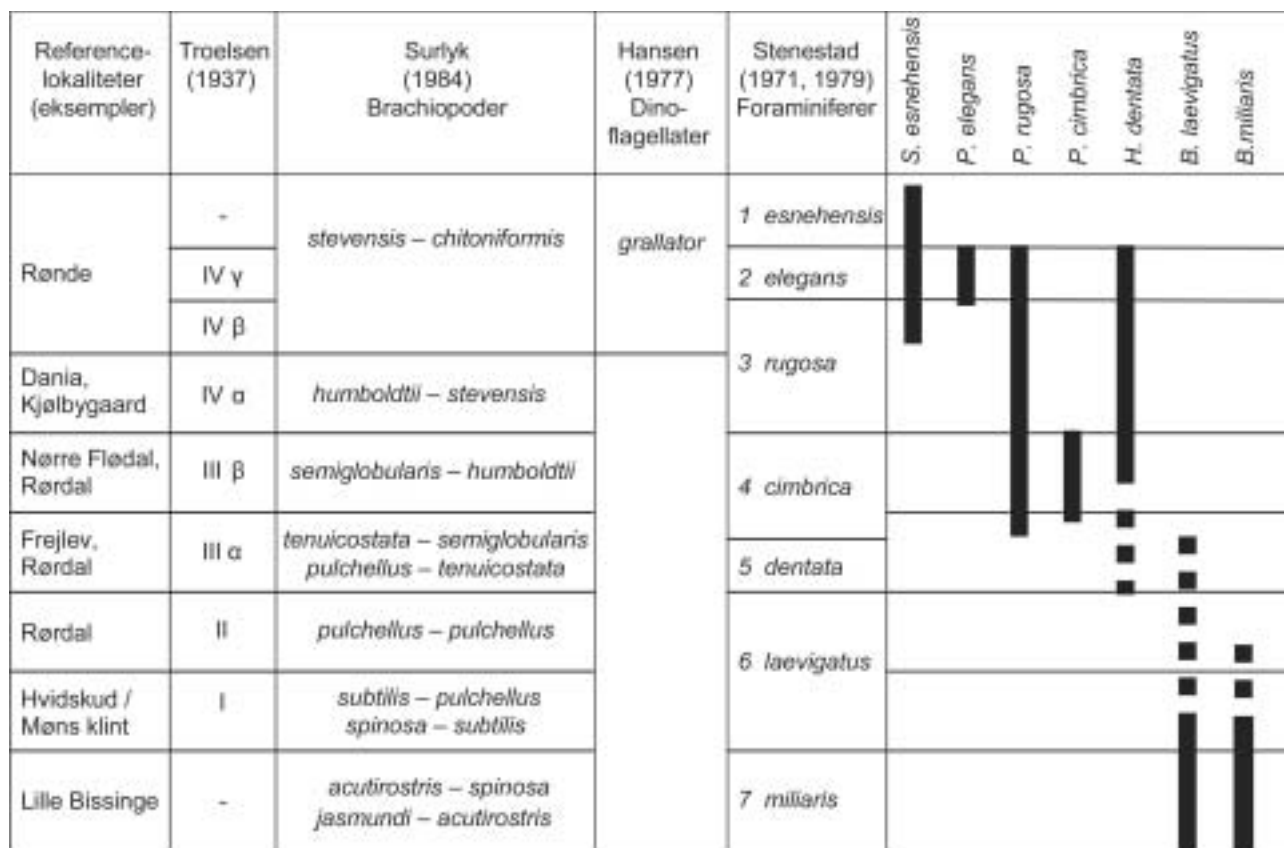


Fig. 2. Stratigrafisk inddeling af dansk Maastrichtien på grundlag af brachiopoder og bentske foraminiferer mv. Zonefossilerne for foraminiferzone 6 og 7 er lineage-arter; som opefter afløses af andre arter.

Koch (1977)	King et al. (1989)	Stenestad (1971, 1979)	<i>S. pommerana</i>	<i>S. pommerana</i>	<i>S. pommerana</i>	<i>S. esnehensis</i>	<i>P. elegans</i>	<i>P. rugosa</i>	<i>P. cimbrica</i>	<i>H. dentata</i>	<i>B. laevigatus</i>	<i>B. miliaris</i>
Nordtyskland	Sydlig Nordse	Dansk landområde	a	b	c	c	a	b	c	a	b	c
Øvre øvre Maastrichtien	FCS 23 b	esnehensis										
		elegans	■	■	■	■	■	■		■		
Nedre øvre Maastrichtien	FCS 23 a	rugosa					■	■	■			
		cimbrica					■	■	■			
Øvre nedre Maastrichtien	FCS 22 b	dentata	■	■	■	■				■		
		laevigatus									■	■
Nedre nedre Maastrichtien	FCS 22 a	miliaris									■	■
		pseudospinulosa										■
Campanien	FCS 21 b											■

Fig. 3. Stratigrafisk inddeling på grundlag af foraminiferer af Maastrichtien i Nordtyskland (a: Koch 1977), den sydlige Nordse (b: King et al. 1989) og dansk landområde (c: Stenestad 1971, 1979).

ket er i modsætning til coccosfærer, som er sammensatte strukturer dannet af talrige coccoliter. De antages at være dinoflagellatcyster (Nøhr-Hansen, personlig meddelelse 2003). De er beskrevet fra pelagiske aflejringer såvel på kontinentalskråningen som fra den ydre del af shelfen (Adams et al. 1967). De anses for at være planktoniske, og det må antages, at de udbredes med havstrømme, spredes og sedimenteres på tilsvarende måde som coccosfærer og planktoniske foraminiferer.

## Litologiske data

### Boringen Rørdal-1

**Kridtets matriks**, som overvejende udgøres af findelte skeletrester af bryozoaer, brachipoder, muslinger og andre faunaelementer, er i hele boringen meget fin-

kornet med slæmmerestprocenter > 0,1 mm på 0,5–5%, enkelte steder i den nedre del af boringen dog op til 6–8%. De mindst finkornede afsnit af kernen findes i den midterste del af *Bolivinoidea laevigatus* Zonen, der underlejrer *H. dentata* Zonen (Fig. 6).

**Flint** forekommer stort set ikke, og dette er i øvrigt velkendt for Aalborg kridtet, som generelt er flintfattigt.

**Lerede slirer og tynde mergellag** findes især i den øverste del af *Heterohelix dentata* Zonen og i den nederste del af *Bolivinoidea laevigatus* Zonen samt *Bolivinoidea miliaris* Zonen.

**Andre komponenter:** Slirer med kalk-finsand, brecierede kridtlag, slumping, grave gange og enkelte makrofossiler (belemnitrester) samt små forekomster af glaukonit er især set i den nederste del af boringen, hvor de må anses for primære karakterer.



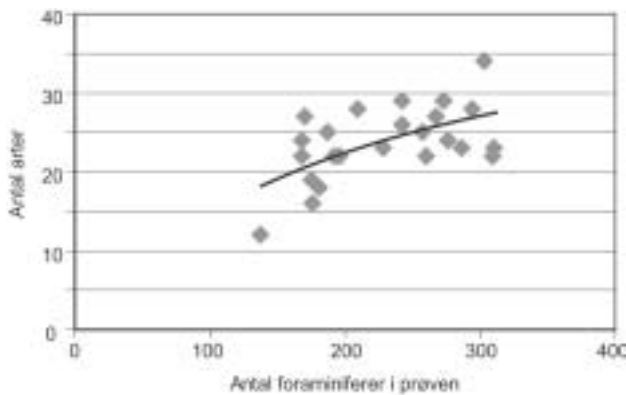


Fig. 4. Antal påviste arter vs. antal frasorterede foraminiferer (N) i *Heterolix dentata* Zonen. Regressionslinien er logaritmisk.

**Borekernens tilstand:** I den øverste del af *Heterohelix dentata* Zonen er materialet overvejende brokket eller knust, formentlig som følge af kvartære forstyrrelser. I den nederste del er kernen generelt lidt mere sammenhængende. Den er sprækket eller brokket, men sjældent knust.

**Stejltstillede sprækker og harniskflader** er almindelige, især i den nederste halvdel af boringen. På det foreliggende grundlag kan det ikke afgøres, i hvilket omfang opsprækningen i den øverste del af boringen er et resultat af glaciotektonik og/eller tektonik i forbindelse med hævnningen af området og strukturel inversion af Sorgenfrei-Tornquist Zonen i slutningen af Maastrichtien eller i Palæogen (se fx Vejbæk & Andersen 2002). De litologiske forhold i den nederste del af boringen viser derimod tydeligt hen til begivenheder i Maastrichtien. Aalborg kridtet ligger lige over en antiklinal (Clausen & Huuse 2002, fig. 7), og undersøgelser af profiler og andre borer i Rørdal kridtgraven har dokumenteret tilstedeværelsen af et overordnet sprækkesystem, som har dannet udgangspunkt for udviklingen af typisk karsttopografi med dannelse af karrenfelder, doliner, huler og underjordiske floder til dybder ned til ca. 50 meter under kridtoverfladen (Stenestad 1982). Karstudviklingen er muligvis startet allerede i Tertiærtiden, men der er endnu ikke fundet faste holdepunkter for denne formodning.

### *Heterohelix dentata* Zonen

*H. dentata* Zonen udgør de øverste ca. 30 m af lagserien i Rørdal (Fig. 6). En sammenstilling af prøvebeskrivelsen for dette afsnit af boringen findes i Bilag 1, hvor de udtagne prøvers placering desuden er vist. Som det ses af beskrivelsen er kridtet i den øverste

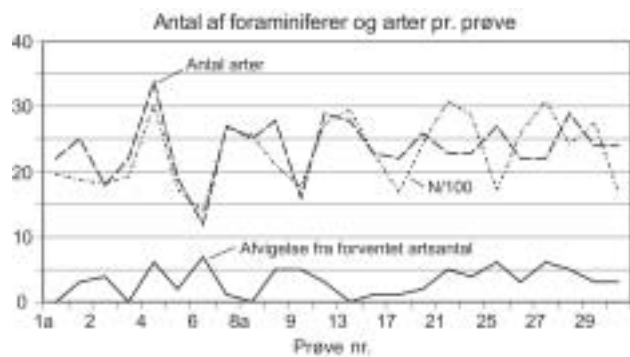


Fig. 5. Antal udsorterede foraminiferer og antal arter pr. prøve. Afvigelse fra ventet artsantal jf. regressionen i Fig. 4.

del af zonen præget af lerede slirer og er overvejende knust eller brokket. Under 17,9 m (svarende til prøve 17b) sker der imidlertid en ændring: Der er ingen lerede slirer af betydning, kernen er lidt mere sammenhængende og stejle spalter og harniskflader spiller en noget større rolle. I øvrigt fremtræder kridtet visuelt uhyre ensartet. Der ses imidlertid en ændring i matriks kornstørrelsesfordeling op gennem zonen (Fig. 6 og 8). Slemmerestprocenten > 0,1 mm varierer som nævnt mellem 0,5 og 5%. Man kan i grove træk se en *finende opad* udvikling fra bunden til midten af zonen efterfulgt af en *grovende opad* tendens i den øverste del.

Beskrivelsen af de kemostratigrafiske forhold (Mg, Sr, Mn og Zn) i Øvre Kridt i det Danske Subbassin indeholder en omtale af prøver fra boringen Rørdal-1 (Jørgensen 1986). Disse prøver hidrører fra brachiopodzonerne *acutirostris-spinosa* til og med *pulchellus-tenuicostata* (Surlyk 1984), svarende til den øverste del af *B. miliaris* Zonen, *B. laevigatus* Zonen og den nederste del af *H. dentata* Zonen. Der foreligger således ingen data, som kan bidrage til at belyse den mellemste til øverste del af *H. dentata* Zonen. Den kemostratigrafiske marker B, et markant niveauskift i Mn indholdet, er i Rørdal-1 boringen dateret til tidligt Maastrichtien, nærmere bestemt ved grænsen mellem brachiopodzonerne *spinosa-subtilis* og *subtilis-pulchellus*, svarende til den nederste del af *Bolivinoidea laevigatus* Zonen. Op gennem brachiopodzonerne *pulchellus-pulchellus* og *pulchellus-tenuicostata* ses imidlertid et aftagende kalkindhold (Jørgensen 1986, fig. 8), hvilket kunne passe meget godt med den aftagende kornstørrelse og det tiltagende lerindhold i den nedre del af *H. dentata* Zonen.

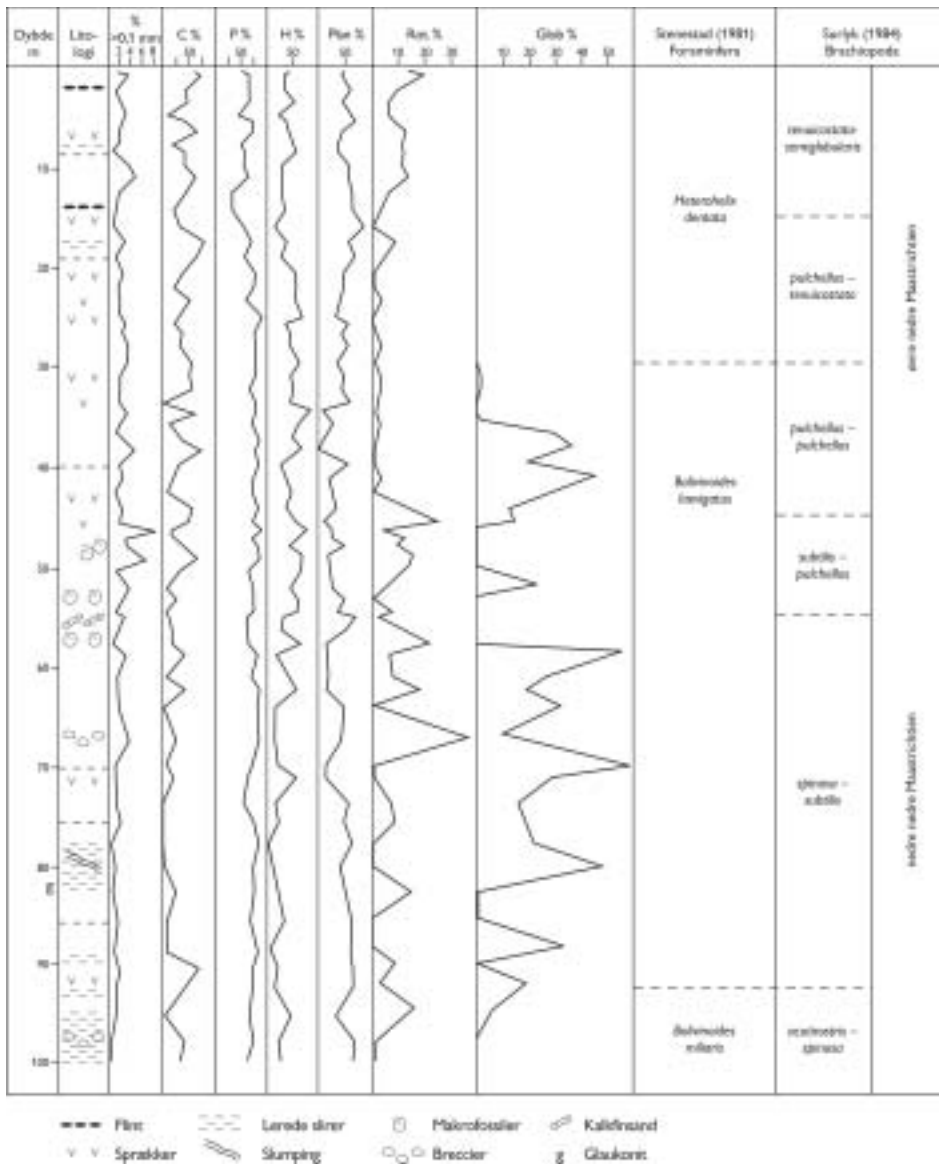


Fig. 6. Boringen Rørdal-1. Litologi, slæmmerestprocenter > 0,1 mm og relative frekvenser af calcisfærer (C), planktoniske foraminiferer (P), Heterohelicidae (H), Planomalinae (Plan.), Rotaliporidae (Rot.) og Globotruncanidae (Glob.). Bemærk anden skala for Rot. og Glob. Tentativ zoner efter Surlyk 1984 og Stenestad 1981.

## Palæontologiske data

Generelt om frekvensen af foraminiferer, planktoniske foraminiferfamilier og calcisfærer i boringen Rørdal-1

Til brug for den generelle oversigt over boringen (Fig. 6) er benyttet frekvenser af de planktoniske foraminiferfamilier Heterohelicidae, Planomalinae, Rotaliporidae og Globotruncanidae (Loeblich & Tappan 1988):

I **Heterohelix dentata Zonen** bemærker man umiddelbart fraværet af Globotruncanidae. Fra bund mod top af zonen ses et stigende indhold af Rotaliporidae, samtidig med at frekvensen af Heterohelicidae og planktoniske foraminiferer aftager. Antallet af calci-

sfærer er stort i forhold til antallet af foraminiferer, og deres frekvenskurve (dvs. den relative procent af calcisfærer + foraminiferer) følger ret nøje kurven for planktoniske foraminiferer.

I **Bolivinoidea laevigatus Zonen** er der en markant tilstedeværelse af familien Globotruncanidae. Der er også en god repræsentation af Rotaliporidae, især i den midterste del af zonen. Den relative procent af planktoniske foraminiferer er høj eller meget høj, især i den øverste del af zonen.

I den øverste del af zonen er Heterohelicidae og Planomalinae negativt korrelerede idet disse familier, som det er karakteristisk for det boreale øvre kridt, tilsammen udgør den helt dominerende del af faunen. Nederst i zonen er der et lille afsnit med tilsynela-

dende positiv korrelation mellem kurverne. Det skyldes, at samtidige maksima i de relative procenter af Rotaliporidae og Globotruncanidae tilslører to maksima i kurven for Planomaliniidae, som ville have givet det sædvanlige kurvebillede.

Calcisfærernes procentandel af prøverne er lav nederst i profilet, men er stigende til høj i den øverste del. På grund af den svagere repræsentation i denne del af profilet ses der ingen tydelig korrelation mellem kurverne for calcisfærer og planktoniske foraminiferer.

***Bolivinoidea miliaris* Zonen** findes i de nederste 7–8 m af boringen. De foreliggende 3 prøver afviger tilsyneladende ikke væsentligt fra de overliggende lag og giver ikke grundlag for en nærmere karakterisering.

### *Heterohelix dentata* Biozonens foraminiferer

Prøvematerialets ca. 130 foraminiferarter er anført i artslisten (Bilag 2). Listen medtager alle arter, som er fundet såvel i den kvantitative prøveserie som i de supplerende semikvantitative prøver. De arter, som ikke er opført i de kvantitative data (Bilag 3 og 4), må betegnes som meget sjældne. Artslisten er alfabetisk, og synonymer er normalt anført. I systematisk henseende er der taget udgangspunkt i Loeblich *et al.* (1964) og Loeblich & Tappan (1988). Afvigelser herfra er så vidt muligt angivet i bemærkningerne, men det har ikke været hensigten at bidrage til en revision af systematikken. Enkelte arter med trinominal nomenklatur er tentativt anført med binominal nomenklatur baseret på underartsnavnet. Det formelt rette navn fremgår af synonymlisten. Hvor der er benyttet åben nomenklatur, er det i bemærkningerne antydnet, hvilke morfologiske karakterer der er lagt vægt på.

Om foraminiferfaunaen i *H. dentata* Zonen kan det generelt siges, at de planktoniske foraminiferer er dominerende i alle prøver idet de udgør 38–91% af foraminiferfaunaen. To arter, *Heterohelix striata* og *Globigerinelloides multispina*, udgør alene 36–89% af foraminiferfaunaen, dvs. at de stort set alene tegner den planktoniske gruppe. Antallet af arter varierer fra 12 til 34 (Bilag 4), og 90% af faunaen i den enkelte prøve udgøres af 4–16 arter (Fig. 7).

De bentiske arter optræder i vidt omfang sporadisk med frekvenser på under 1% af faunaen. Et mindre antal bentiske arter er dog tilstede i hele zonen, og enkelte arter kan i nogle niveauer udgøre op til 10–18% af en prøve (Bilag 3).

Agglutinerende arter optræder kun sporadisk. Som anført af King *et al.* (1989) er NCA agglutinerende former ('non-calcareous-agglutinants') generelt forholdsvis sjældne i øvre kridts kalkfacies.

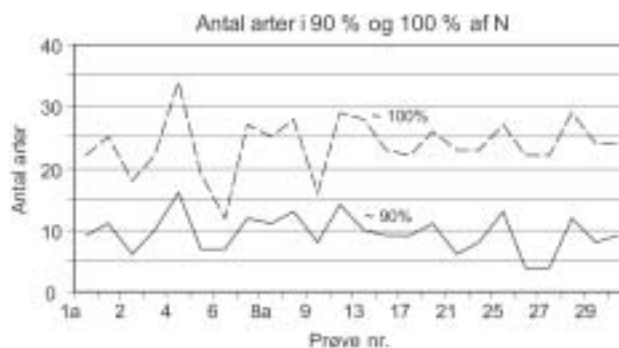


Fig. 7. Antal arter i henholdsvis 90% og 100% af antal foraminiferer i prøverne.

## Taksonomiske bemærkninger

Loeblich & Tappan (1988, pp. 454, 456) anser *Heterohelix*'s typeart: *Textilaria americana* Ehrenberg 1843 (som har tydeligt subtriangulære til lateralt apikulate kamre) for at være en anden art end (den globulært kamrede) *Spiroplecta americana* Ehrenberg 1844. I konsekvens heraf skulle zonenavnet så være *Spiroplecta dentata* Biozonen. Nederbragt (1991, p. 340) anfører *T. americana* som typeart for *Heterohelix* med *Spiroplecta* som synonym, idet Frerichs & Gaskill (1978) har påvist at *T. americana* falder inden for den naturlige variation af *H. americana* populationen.

Nederbragt (1991) henfører i sin revision af Heterohelidae de glatskallede former (herunder *Heterohelix dentata*) til *Laeviheterohelix*. I beskrivelsen af *H. dentata* og slægten *Heterohelix* angives det at kammer væggene hos *H. dentata* er glatte eller meget svagt striate (Stenestad 1968, 1969). To andre arter, *H. glabrans* og *H. pulchra* har mere eller mindre glatte kammer vægge. Foraminiferskallers ornamentering er imidlertid en delvist miljøafhængig og noget variabel parameter. Usikkerheden med hensyn til ornamenteringen demonstreres udmærket af figur og tekst hos Nederbragt (1991, p. 350, pl. 5, 1–2a,b,c.), der viser postuler "...that could be secondary". Foraminiferskallers porer (type, størrelse og fordeling) kan ligeledes synes at være et noget usikkert kriterium for adskillelse på slægtsniveau, også fordi konstateringen af tilstedeværelse eller ikke-tilstedeværelse kan være afhængig af den forstørrelse man anvender i lysmikroskop eller SEM. Så også af praktiske grunde er disse karakterer måske mindre velegnede til slægtsadskillelse. Da jeg således ikke deler Loeblich & Tappans opfattelse af Ehrenbergs *T. americana* og *S. americana* som to gode arter, og da jeg finder det problematisk at benytte små og usikre variationer med hensyn til ornamentation og porer som slægtskarakter, har jeg valgt at fastholde *Heterohelix* som slægtsnavn.

## Diskussion

### Artsantal og faunabilede i *Heterohelix dentata* Zonen

Det overordnede billede af den forholdsvis artsrige foraminiferfauna er at de planktoniske foraminiferer talmæssigt er stærkt dominerende, at agglutinerende foraminiferer er meget svagt repræsenterede, og at der optræder et stort antal arter af bentiske foraminiferer, hvoraf de fleste dog findes sporadisk og med lave individantal. Som nogle eksempler vil vise, er det relativt få arter, som karakteriserer de enkelte prøver:

Prøve 4 har et stort antal foraminiferer (N > 300). Antallet af arter er større end det forventede (Fig. 5), og 90% af faunaen udgøres af 15 arter, hvilket i denne sammenhæng er højt, mens de resterende 10% udgøres af 19 arter (Fig. 7).

Prøve 7 har ligesom prøve 4 et ret stort antal foraminiferer (N=270), men har det forventede antal arter.

Prøve 21 har som prøve 4 et stort antal foraminiferer (N > 300), men ligger ~5 arter under det forventede. 90% af faunaen udgøres af kun 6 arter. Antallet af øvrige arter er højt, men består af sporadisk forekommende sjældenheder.

Prøverne 26 og 27 viser et tilsvarende billede, men 90% af faunaen i disse prøver udgøres af kun 4 arter.

Mens de planktoniske foraminiferer næsten udelukkende er repræsenteret ved 2 arter udgør de bentiske foraminiferer en ganske divers gruppe, som synes tilpasset et bredt udvalg af forskellige økologiske niches.

### De planktoniske foraminiferers kvantitative fordeling

Sen Kridt havet i Danmark var epikontinentalt og relativt lavvandet med klartvandssedimentation og ringe terrigen influx. Udbredelse og fordeling af facies har derfor overvejende været afhængig af vandcirkulation, bølge- og strømaktivitet.

Nordjylland lå i Maastrichtien på den ydre sokkel, og fordelingen af planktoniske foraminiferer i kridtlagene må derfor antages dels at afspejle ændringer af generel regional natur såsom primærproduktion, havforbindelser og regionale strømforhold, dels lokale forhold vedrørende sedimentation, bioturbation, omlejring og diagenese.

Teoretisk kan fordelingen af de planktoniske familier såvel som de litologiske data indeholde vidnesbyrd om extraterrestriske påvirkninger, og der er da også i Rørdal daglokaliteten set profiler med rytmisk aflejret kridt (Surlyk og Stenestad ved besøg i Rørdal 1976). Ved antagelse af en sedimentationshastighed

på 3 cm/1000 år kan *H. dentata* Zonen tænkes at repræsentere et tidsinterval på henved 1.000.000 år. De i løbet af dette tidsrum indtrufne orbitale begivenheder med frekvenser på ca. 100.000, 41.000 og 21.000 år (fx Petersen 2003) må antages at have afsat spor i lagserien, men der kræves et langt mere omfattende datamateriale end det her foreliggende for med rimelig sikkerhed at kunne identificere dem (fx Zühlke *et al.* 2003).

I forhold til den underliggende *B. laevigatus* Zone, som er stærkt præget af familien Globotruncanidae (Fig. 6), synes *H. dentata* Zonen at repræsentere et skifte til et mindre oceanisk præget, men stadig åbent marint miljø. Måske har der i den forudgående zone været en mere åben forbindelse mod sydøst, således at varmere havstrømme har fundet vej fra Tethysområdet.

Globotruncanidae er som nævnt ikke påvist i *H. dentata* Zonen, der er karakteriseret ved en typisk boreal platformfauna, som helt er domineret af *Heterohelix striata* og *Globigerinelloides multispina*.

Op gennem den nedre halvdel af *Heterohelix dentata* Zonen falder indholdet af bestanddele > 0,1 mm, dvs. at kridtet generelt bliver mere finkornet. Indholdet af familien Heterohelicidae falder såvel i procent af det totale foraminiferindhold som i forhold til indholdet af familien Planomalindae. Det planktoniske index falder ligeledes, men er stærkt påvirket af at de helt dominerende Heterohelicer falder i antal. I midten af profilet skifter billedet: Heterohelixkurven stiger igen, og Rotaliporidae, der nederst i zonen er meget svagt repræsenteret, optræder opefter i større antal.

Ændringerne op gennem *H. dentata* Zonen (Fig. 8) kan muligvis tolkes som vidnesbyrd om en forbigående stigning i havspejlet efterfulgt af et fald, hvorved Rørdallokalitetens vanddybde og afstand til kysten er øget og atter mindsket. Der vil i givet fald være tale om en oscillation under det generelle fald i havniveau i den sene del af Maastrichtien.

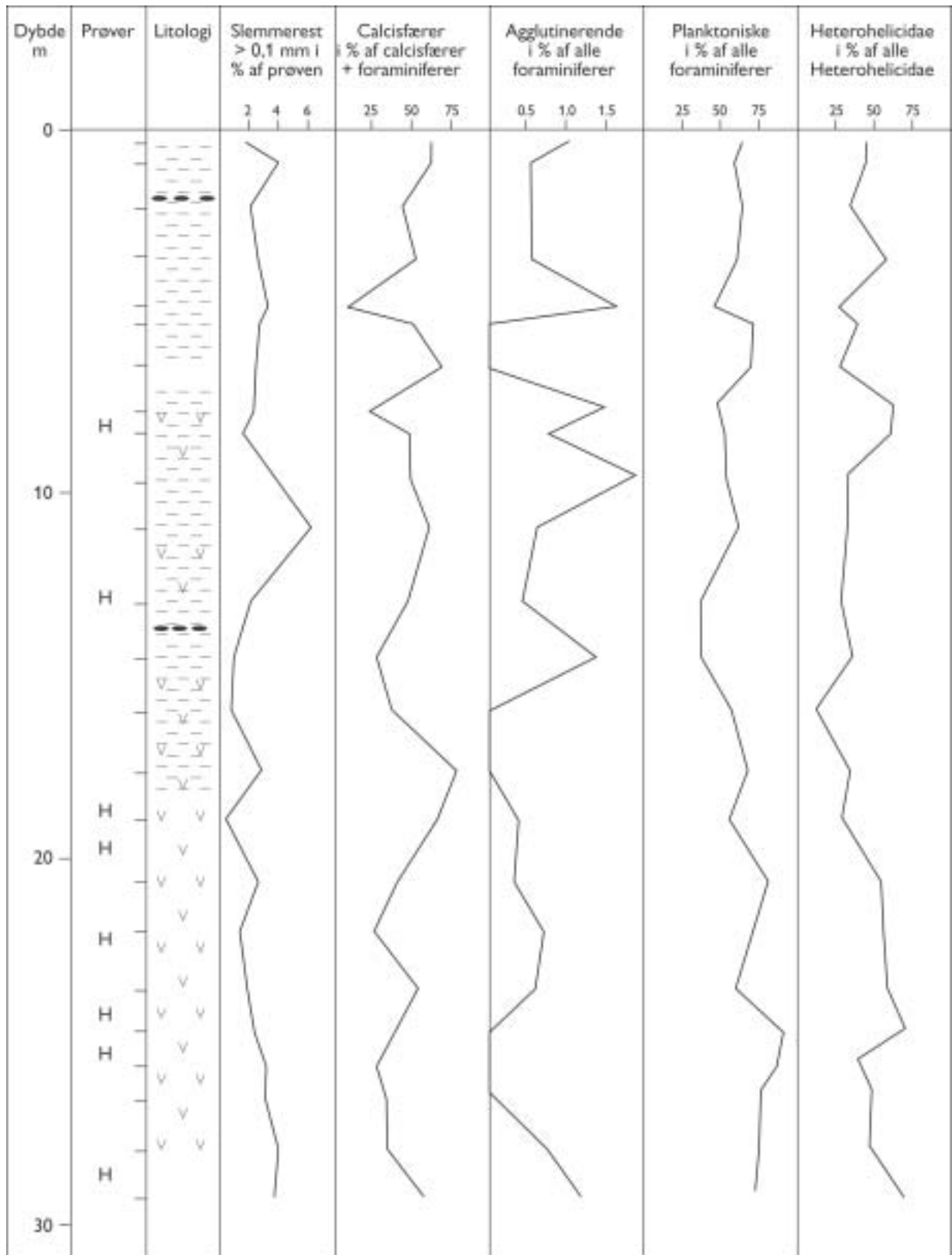
Den her foreslåede tolkning af miljøforholdene er som udgangspunkt baseret på en grov model for foraminiferfordelingen fra kyst til åbent hav (se fx Abramovich *et al.* 2003):

- 1: Nærmest kysten findes fortrinsvis store agglutinerende foraminiferer samt bentiske, kalkskallede foraminiferer.
- 2: Nær kysten kan man vente at finde faunaer domineret af Heterohelicidae.

*Modstående side:*

Fig. 8. Ændringer i *H. dentata* Zonen demonstreret ved ændringer i litologiske og palæontologiske parametre.





- - - Flint      ~ ~ ~ Leredes slirer      ○ Makrofossiler      ⊗ Kalkfinsand      H Harniskflader  
 v v Sprækker      ~ ~ ~ Slumping      ○ Breccier      g Glaukonit

- 3: I større kystafstand vil Heterohelicidae og Planomalinidae dominere.
- 4: Fjernere fra kysten vil Heterohelicidae vige for faunaer, som domineres af Planomalinidae og Rotaliporidae.
- 5: På åbent hav vil faunaer, der er domineret af Globotruncanidae, vidne om højmarine forhold.

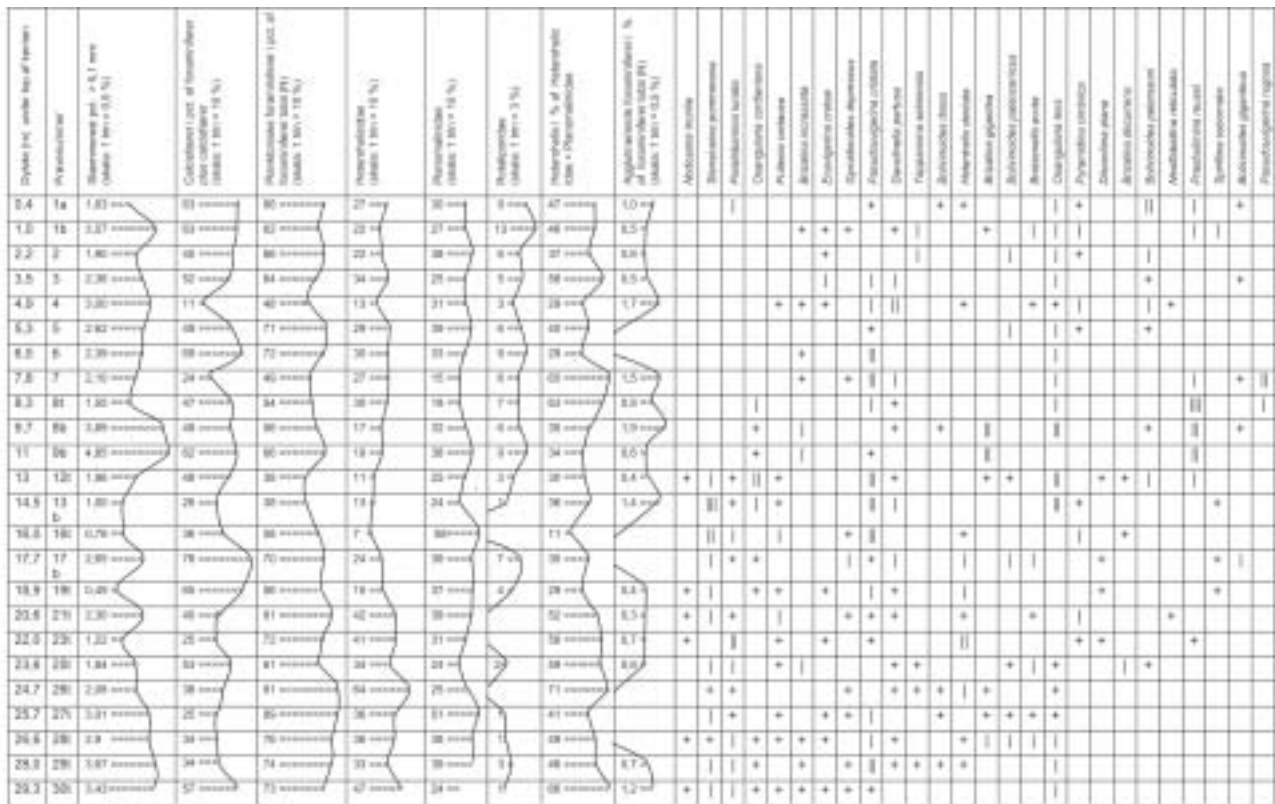
At der mellem den øvre og nedre del af *H. dentata* Zonen kan være sket mere betydende miljøændringer, understøttes såvel af ændringer i forekomsten af benthiske foraminiferer (Bilag 3, 4 og Fig. 9 heri) som i brachipodfaunaen (Surlyk 1972). De litologiske data peger som ovenfor anført i samme retning.

### Biostratigrafi

*Heterohelix dentata* Zonen blev i dybdeboringen Rønde-1 opstillet som en *concurrent range zone* med samtidig forekomst af *Heterohelix dentata* Stenestad 1968, der kendes fra den øverste del af nedre Maastrichtien og øvre Maastrichtien i Danmark, samt *Bolivinoidea decorata* (Jones) ssp. *laevigata* Marie 1941 (her: *Bolivinoidea laevigatus* Marie 1941), som ifølge Hofker (1957, p. 252) optræder sporadisk i den øvre del af nedre Maastrichtien, dvs. lidt senere end i Nordtyskland (Fig. 3; Koch 1977). *H. dentata* Zonen overlejrer *Bolivinoidea laevigatus* Zonen, der indeholder arter kendt fra nedre nedre Maastrichtien, og den efterfølges af *Pyramidina cimbrica* Zonen (tidligere kaldet *Pseudouvirgerina cimbrica* Zonen), som bl.a. er karakteriseret af *Pyramidina cimbrica*.

De benthiske foraminiferarter i *H. dentata* Zonen omfatter, foruden *Bolivinoidea laevigatus* Marie 1941, velkendte arter som *Stensioeina pommerana*, *Brizalina decurrens*, *Brizalina gigantea* (tidligere kaldet *Bolivina gigantea*), *Loxostomum selmaensis* og *Tappanina selmensis*.

En sammenligning med disse og andre arters stratigrafiske udbredelse i andre dele af sedimentationsbassinet viser, at der i Rørdalprofilen optræder enkelte arter som i naboområderne kan have en lidt anden udbredelse. *Tappanina selmensis* findes således i Nordtyskland i lidt yngre lag, mens *B. laevigatus* har en lidt ældre forekomst. Tilsvarende gælder enkelte arter fra den parallelle, semikvantitative prøveserie, fx *Loxostoma selmaensis* (et dårligt bevaret eksemplar) og *Pseudotextularia elegans?* (et delvist knust eksemplar



Frekvenser af benthiske foraminiferer: \* sporadisk (< 1%), | Få (1-3 %), || Almindelig (3-6 %), ||| Hyppig (6-10 %), |||| Talrig (10-15 %), ||||| Dominerende (>15 %)

Fig. 9. Sammenfatning af data fra *Heterohelix dentata* Zonen.

som måske har haft to aperturer og måske er en *Racemiguembelina fructicosa*?). I begge tilfælde er det arter, som forventes højere oppe i lagserien. Derimod er forekomsten af de øvrige arter i god overensstemmelse med det forventede. Specielt om *Stensioeina pomerana* kan det siges, at dens optræden i Rørdal profilet stemmer helt overens med den i Nordtyskland registrerede svage repræsentation og det senere fravær allerøverst i nedre Maastrichtien (Koch 1977). *Brizalina gigantea* findes i Nordtyskland øverst i nedre Maastrichtien og har sin hovedforekomst allerne-derst i øvre Maastrichtien. I *H. dentata* Zonen er den ikke ualmindelig, mens den i Aalborg kridtets daglokaliteter er ganske velkendt fra *P. cimbrica* Zonen.

Disse observationer understøtter placeringen af *H. dentata* Zonen i den øverste del af øvre nedre Maastrichtien.

Selvom mange af *H. dentata* Zonens arter er gennemgående, sker der dog en ændring op gennem zonen. Enkelte arter findes kun i den nedre del af zonen eller har deres hovedudbredelse her, mens andre er begrænset til eller er stærkest repræsenteret i den øverste del (Bilag 4, Fig. 9). Der er tydelig forskel på den øverste og den nederste del af zonen, men det er mindre tydeligt, hvor man eventuelt skulle placere en grænse mellem den øvre og den nedre del. De bentiske foraminiferer alene afgiver ikke et sikkert holdpunkt, men i kombination med de planktoniske arter og de litologiske data tegner der sig en mulig grænse midt i zonen i ca. 14–15 m dybde omkring prøve 12–13. I dette niveau antydes et skifte fra svag transgression til fornyet regression. Enkelte arter træder tilbage eller forsvinder mens andre arter kommer til eller bliver stærkere repræsenteret.

En sammenligning med andre borer i området (Rørdal-2 og -3 samt Sejlflod-1) viser, at sedimentationsforholdene inden for korte afstande (1–10 km) har varieret meget betydeligt, og dette afspejles også i de litologiske og palæontologiske data. I Sejlflodprofilet er der fx registeret 21 flintlag (heraf 7 i *H. dentata* Zonen) i det ellers så flintfattige Aalborg kridt.

Densiteten af foraminiferer i *H. dentata* Zonen er i Sejlflod ca. 100–200 eksemplarer pr. gram kridt, mens den i Rørdal er 200–1700 ekspl. pr. gram kridt. De åbenbart meget forskellige sedimentationsforhold og deraf følgende faunistiske forskelligheder er formentlig grunden til, at en detaljeret korrelation af de nævnte profiler har vist sig vanskelig at gennemføre. Et nyt og temmelig afgørende aspekt i tolkningen af sedimentationsforholdene i kridthavet er påvisningen af, at havbunden, i modsætning til tidligere opfattelser, har udgjort et meget dynamisk miljø, hvor langlivede bundstrømme har styret dannelsen af et betydeligt havbundsrelief. Seismiske data fra Øresund og stereofotogrammetrisk opmåling af Stevns Klint har

således påvist eksistensen af dalsystemer med bølgelængder i kilometer skala og med amplituder på op til 150 meter (Surlyk 2004, Lykke-Andersen & Surlyk 2004).

## Konklusion

I den øverste del af *Heterohelix dentata* Zonen i Rørdal-1 boringen er kridtet præget af lerede slirer, og borekernen er overvejende knust eller brokket. Nedefter er der færre lerede slirer og kernen er mere sammenhængende. Stejle spalter og harniskflader er hyppige og vidner om tektoniske begivenheder. Der er også en forskel op gennem zonen med hensyn til kridtets kornstørrelsesfordeling, idet matriks, der overvejende består af findelte skeletrester af bryozoaer, brachiopoder, muslinger, m.v., generelt bliver mere finkornet opad fra bunden til midten af zonen og tenderer at blive grovere opad i den øverste del. Dette tyder på mere transgressive forhold i den nedre del og mere regressive forhold i den øvre del.

*Heterohelix dentata* Zonen er med ca. 130 foraminiferarter forholdsvis artsrig. Antallet af arter varierer i prøverne fra 12 til 34, men mange arter er så individfattige, at 90% af faunaen i de enkelte prøver udgøres af fra 16 og helt ned til 4 arter. Planktoniske foraminiferer udgør 38–91% af faunaen. To arter, *Heterohelix striata* og *Globigerinelloides multispina*, tegner stort set alene denne gruppe. Familien Globotruncanidae er ikke repræsenteret i prøverne og må anses for uhyre sjælden eller manglende. De bentiske foraminiferer udgør en divers gruppe, som synes tilpasset et bredt udvalg af økologiske nicher. Nogle bentiske arter optræder i hele zonen og kan stedvist være hyppige, men de fleste optræder sporadisk med frekvenser på under 1 % af faunaen. Agglutinerende arter optræder kun sporadisk.

*Heterohelix dentata* Zonen formodes at repræsentere et tidsinterval på ca. 1.000.000 år.

I forhold til den underliggende *B. laevigatus* Zone synes *Heterohelix dentata* Zonen at repræsentere et skifte til et mindre oceanisk præget, men dog stadig åbent marint miljø, der er karakteriseret ved en typisk boreal sokkelfauna. Skiftet er formodentlig en konsekvens af den store marine regression i øvre Maastrichtien. De litologiske og faunamæssige ændringer i *Heterohelix dentata* Zonen tyder på, at der i den nedre del af zonen indtræffer en mindre transgression, som i den midterste del af zonen afløses af fornyet regression. Skiftet i midten af profilet synes at være sammenfaldende med den af Surlyk (1972) placerede grænse mellem brachiopodzonerne *pulchellus-tenuicostata* og *tenuicostata-semiglobularis*.

## Afsluttende bemærkninger

Denne undersøgelse ville ikke have kunnet gennemføres uden den beredvillige hjælp fra Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS), som har stillet prøvematerialet til rådighed og ydet teknisk bistand. Laboratoriefuldægtig Yvonne Desezar (GEUS) har udført præparationen af den kvantitative prøveserie. Præparationen af de semikvalitative parallelprøver er udført af vekslende medarbejdere ved det i indledningen omtalte af Det Naturvidenskabelige Forskningsråd støttede projekt. Jeg skylder stor tak til Jan Audun Rasmussen (Geologisk Museum) og Finn Surlyk (Geologisk Institut, Københavns Universitet), som har gennemgået manuskriptet i h.h.v. en tidlig og sen udgave og givet konstruktive rettelser og værdifulde kommentarer. Efter mere end 20 års afbrydelse i foraminiferstudierne har det desuden været en stor hjælp for mig at kunne benytte Svend Kragballe's upublicerede specialeafhandling om benthiske foraminiferers taksonomi og palæoøkologi i det allerøverste Maastrichtien i Danmark og Polen.

## Referencer

- Abramovich, S., Keller, G., Stüben, D. & Berner, Z. 2003: Characterization of late Campanian and Maastrichtian planktonic foraminiferal depth habitats and vital activities based on stable isotopes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **202**, 1–29.
- Adams, T.D., Khalili, M., & Said, A.K. 1967: Stratigraphic significance of some oligosteginid assemblages from the Lurestan Province, northwest Iran. *Micropaleontology* **13**, 55–67.
- Berggreen W.A. 1962: Some planktonic foraminifera from the Maastrichtian and type Danian stages of southern Scandinavia. *Stockholm Contributions in Geology* **9**, 107–129.
- Bandy, O.L. 1967: Cretaceous planktonic foraminiferal zonation. *Micropaleontology* **13**, 1–31.
- Birkelund, T. 1957: Upper Cretaceous belemnites from Denmark. *Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab Biologiske Skrifter* **9**, 1–69.
- Birkelund, T., Hancock, J.M., Hart, M.B., Rawson, P.F., Remane, J., Robaszynski, F., Schmidt, F. & Surlyk, F. 1984: Cretaceous Stage boundaries – Proposals. *Bulletin of the Geological Society of Denmark* **33**, 3–20.
- Brotzen, F. 1936: Foraminiferen aus dem Schwedischen Untersten Senon von Eriksdal in Schonen. *Sveriges Geologiska Undersökning* **C31(3)**, 5–206.
- Brotzen, F. 1945: De geologiska resultaten från borrhningarna vid Höllviken. *Sveriges Geologiska Undersökning Årsbok* **38 Serie C(7)**, 3–63.
- Clausen, O.R. & Huuse, M. 2002: Mid-Paleogene palaeogeography of the Danish area. *Bulletin of the Geological Society of Denmark* **49**, 171–186.
- Christensen, W.K. 1973: The belemnites and their stratigraphical significance. *Bulletin of the Geological Society of Denmark* **22**, 113–140.
- Franke, A. 1928: Die Foraminiferen der Oberen Kreide Nord- und Mitteldeutschlands. *Abhandlungen der Preussischen Geologischen Landesanstalt, Neue Folge, Heft* **111**, 208 pp.
- Frerichs, W.E. & Gaskill, C.H. 1978: *Textilaria americana* Ehrenberg: type species of *Heterohelix*. *Journal of Foraminiferal Research* **8**, 143–146.
- Gawor-Biedowa, E. 1992: Campanian and Maastrichtian foraminifera from the Lublin upland, eastern Poland. *Palaeontologia Polonica* **52**, 1–187.
- Hansen, J.M. 1977: Dinoflagellate stratigraphy and echinoid distribution in Upper Maastrichtian and Danian deposits in Denmark. *Bulletin of the Geological Society of Denmark* **26**, 1–26.
- Hermelin, J.O.R. & Malmgren B.A. 1980: Multivariate analysis of environmentally controlled variation in *Lagena*: Late Maastrichtian, Sweden. *Cretaceous Research* **1**, 193–206.
- Hofker, J. 1957: Foraminiferen der Oberkreide von Nordwestdeutschland und Holland. *Beihefte zum Geologisches Jahrbuch* **27**, 464 pp.
- Jørgensen, N.O. 1986: Chemostratigraphy of Upper Cretaceous Chalk in the Danish Subbasin. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* **70**, 309–317.
- King, C., Bailey, H.W., Burton, C.A. & King, A.D. 1989: Cretaceous of the North Sea. I: Jenkins, D.G. & Murray, J.W. (red.): *Stratigraphical atlas of fossil foraminifera*, 2. udgave, 372–417. Chichester: Ellis Horwood Limited.
- Koch, W. 1977: Biostratigraphie in der Oberkreide und Taxonomie von Foraminiferen. *Geologisches Jahrbuch* **A38**, 11–123.
- Kragballe, S. 1998: Benthic foraminifera from the uppermost Maastrichtian at Nazilów, central Poland, Stevns Klint and Nye Kløv, Denmark – taxonomy and palaeoecology. 170 pp. Upubliceret afhandling, Geologisk Institut, Københavns Universitet.
- Loeblich, A.R.Jr., Tappan, H., Barker, R.W., Cole W.S., Douglass, R.C. Reichel, M. & Thompson, M.L. 1964: *Treatise on invertebrate paleontology*, part C, Protista 2, Sarcodina, chiefly 'Thecamoebians' and Foraminiferida 1–2, 900 pp. New York: Geological Society of America (and University of Kansas Press).
- Loeblich, A.R.Jr. & Tappan, H. 1988: *Foraminiferal genera and their classification*, 970 pp. New York: Van Nostrand Reinhold Inc.
- Lykke-Andersen, H. & Surlyk, F. 2004: The Cretaceous–Palaeogene boundary at Stevns Klint, Denmark: inversion tectonics or sea-floor topography? *Journal of the Geological Society (London)* **161**, 343–352.
- Malmgren, B.A. 1982: Biostratigraphy of planktic foraminifera from the Maastrichtian white chalk of Sweden. *Geologiska Föreningen i Stockholm Förhandlingar* **103**, 357–375.
- Nederbragt, A.J. 1991: Late Cretaceous biostratigraphy and development of Heterohelidae (planktic foraminifera). *Micropaleontology* **37**, 329–372.
- Perch-Nielsen, K. 1969: Die Coccolithen einiger dänischer Maastrichtien und Danienlokalitäten. *Meddelelser fra Dansk Geologisk Forening* **19**, 51–68.
- Petersen, K. 2003: Milankovitch-teorien – istidernes astronomiske forklaring. *Geologisk Nyt* **2**, 26–29.
- Pessagno, E.A. 1967: Upper Cretaceous planktonic foraminifera from the Western Gulf Plain. *Palaeontographica Americana* **5(37)**, 445 pp.



- Sorgenfrei, T. 1958: Molluscan assemblages from marine middle Miocene of south Jutland and their environments. *Danmarks Geologiske Undersøgelse II. Række* **79**, 503 pp.
- Stenestad, E. 1968: Three new Species of *Heterohelix* Ehrenberg from the Upper Senonian of Denmark. *Meddelelser fra Dansk Geologisk Forening* **18**, 64–74.
- Stenestad, E. 1969: The Genus *Heterohelix* Ehrenberg, 1843 (Foraminifera) from the Senonian of Denmark. I: Brönnimann, P. & Renz, H.H. (red.): *Proceedings of the First International Conference on Planktonic Microfossils II*, 644–662. Leiden: E.J. Brill.
- Stenestad, E. 1971: Øvre kridt i Rønde nr. 1. I: Rasmussen, L.B. (red.): *Dybdeboringen Rønde nr. 1 på Djursland. Danmarks Geologiske Undersøgelse. III. Række* **39**, 53–60.
- Stenestad, E. 1972: Træk af det danske bassins udvikling i Øvre Kridt. *Dansk Geologisk Forening, Årsskrift for 1971*, 63–69.
- Stenestad, E. 1973: Øvre Kridt i Nøvling nr. 1. I: Rasmussen, L.B. (red.): *Dybdeboringen Nøvling i Midtjylland. Danmarks Geologiske Undersøgelse. III. Række* **40**, 86–99.
- Stenestad, E. 1979: Upper Maastrichtian foraminifera from the Danish Basin. I: Birkelund, T. & Bromley, R.G. (red.): *Cretaceous–Tertiary boundary events (Symposium). I. The Maastrichtian and Danian of Denmark*, 101–107. Copenhagen, Denmark: University of Copenhagen.
- Stenestad, E. 1981 (upubliceret): Foraminiferstratigrafisk undersøgelse af danske Maastrichtien-aflejringer. Beretning vedrørende Forskningsrådsbevillingerne j.nr. 11-9210 (511-15029) og 11-0037 (511-20037).
- Stenestad, E. 1982: Karst. *Varv* **4**, 113–119.
- Surlyk, F. 1971: Die Stratigraphie des Maastricht von Dänemark und Norddeutschland aufgrund von Brachiopoden. *Muséum de Mineralogie et de Géologie de l'Université de Copenhague, Communications Paléontologiques* **173**, 10 pp.
- Surlyk, F. 1972: Morphological adaptations and population structures of the Danish Chalk Brachiopods (Maastrichtian, Upper Cretaceous). *Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab Biologiske Skrifter* **19(2)**, 57 pp.
- Surlyk, F. 1984: The Maastrichtian Stage in NV Europe, and its brachiopod zonation. *Bulletin of the Geological Society of Denmark* **33**, 217–223.
- Surlyk, F. 2004: The dynamic chalk sea floor: seismic data and photogrammetry of the Stevns Klint area reveal long-lived contour current systems influencing bathymetry. *Dansk Geologisk Forening Nyhedsbrev* **6**, p. 5.
- Surlyk, F. & Birkelund, T. 1977: An integrated stratigraphical study of fossil assemblages from the Maastrichtian white chalk of northwestern Europe. I: Kauffman, E.G. & Hazel, J.E. (red.): *Concepts and methods of biostratigraphy*, 257–281. Stroudsburg, Pennsylvania: Dowden, Hutchinson & Ross, Inc.
- Troelsen, J.C. 1937: Om den stratigrafiske inddeling af skrivekridtet i Danmark. *Meddelelser fra Dansk Geologisk Forening* **9**, 260–263.
- Vejbæk, O.V. & Andersen, C. 2002: Post mid-Cretaceous inversion tectonics in the Danish Central Graben – regionally synchronous tectonic events? *Bulletin of the Geological Society of Denmark* **49**, 139–144.
- Zühlke, R., Bechstädt, T. & Mundil, R. 2003: Sub-Milankovitch and Milankovitch forcing on a model Mesozoic carbonate platform – the Latemar (Middle Triassic, Italy). *Terra Nova* **15**, 69–80.

# Bilag 1: Rørdal-1 kernebeskrivelse

Dybde / m	Flint	Lerede slirer	Mergelige afsnit	Horniske	Hærdning			Kemens tilstand			Prøve		Bemærkninger			
					Svag	Middel	Stærk	Hel	Sprækket	Brokket	Kruset	Dybde		Nummer		
0 - 0,3						+										Høsteholte dannelsen Zonen
- 0,60		+										+	0,4	11		
- 1,20		+											1,0	1a		
- 1,30																
- 1,50		+														
- 2,00	+	+				+										5 cm sort flint
- 2,50		+										+	2,2	2		
- 2,80		+										+				
- 3,20		+														
- 3,75		+														
- 4,10		+														
- 4,55		+														
- 5,10		+														
- 5,45		+														
- 5,85		+														
- 6,15		+														
- 6,40		+														
- 6,85		+														
- 7,15		+														
- 7,55		+	+													
- 8,05		+	+	+												Fåe lerde lag og slirer
- 8,35		+														Horniskede ved 7,65
- 8,75		+														
- 9,35		+														
- 9,75		+														
- 10,15		+														
- 10,55		+														
- 10,95		+														
- 11,35		+														
- 11,55		+														
- 11,95		+														
- 12,25		+														
- 12,50		+														
- 12,90		+														
- 13,10		+														
- 13,60		+														
- 13,75	+	+														
- 14,15		+														3 cm sort flint
- 14,55		+														Coring
- 14,85		+														
- 15,30		+														
- 15,60		(+)														Få lerde
- 15,85		(+)														do
- 16,25		(+)														do
- 16,60		+														
- 16,90		+														
- 17,10		+														
- 17,55		+														
- 17,90		+														Vertikal spalte
- 18,30																do
- 18,60																
- 19,05																
- 19,55																Vertikale spalter, Stejs hornskifer
- 20,05																
- 20,45																
- 20,80																
- 21,25																Støttskænde spalter
- 21,55																
- 22,10																
- 22,40																Stejs spalter
- 22,90																
- 23,20																
- 23,53																
- 24,20																Stejs spalter og hornskifer
- 24,64																
- 25,24																
- 25,60																Hornskifer
- 25,96																
- 26,48																
- 26,78																
- 27,20																
- 27,60																
- 27,82																
- 28,62																
- 28,97																
- 29,27																
- 29,77																
- 30,27																
- 30,87																
- 31,32																Top (Bakke) Zonen

## Bilag 2: Artsliste – *Heterohelix dentata* Zonen i Rørdal-1

Med henblik på eventuel senere systematisk revision er der i bemærkningerne stedvist henvist til arternes forekomst i præparaterne, fx [”Arter 1” celle 44] eller [Kvantitativ prøve 17b celle 19].

### ***Alabaminoides vitrea* (Parker)**

*Epistominella vitrea* Parker 1953: 9, pl. 4: fig. 34–36, 40, 41.  
*Alabaminoides vitrea* (Parker 1953). Kragballe 1998, p. 102, pl. 34: fig. 4–6.

Bem.: Et eksemplar er næsten carinat.

### ***Ammodiscus cretaceus* (Reuss)**

*Ammodiscus cretaceus* (Reuss 1845). Kragballe 1998 p. 23, pl. 1: fig. 1, 2.

### ***Anomalinoides ammonoides* (Reuss)**

*Anomalina ammonoides* Reuss. Franke 1928, p. 180, Taf. XVI: fig. 8a–c.

*Gyroidinoides anomalinoides* White. Brotzen 1936, p. 160, Taf. XIV: fig. 6a–c.

Bem.: Der er i litteraturen stor usikkerhed mht. henførelsen af forskellige lavt trochospirale til næsten planispirale arter til slægterne *Anomalina*, *Anomalinoides* og *Gyroidinoides*. Den foreliggende art er i god overensstemmelse med Frankes art. Den linseformede, glinsende skal med talrige porer ligner desuden habituel typearten *Anomalina pinguis* (Jennings), Treatise C755, fig. 619, 1a, b, c. Ligheden er dårligere med den bortkomne holotype *Anomalina punktulata* D’Orbigny 1928 Treatise C754 fig. 618. [”Arter 1” celle 14 og 15].

### ***Anomalionides* sp. cf. *A. minutus* (Mello)**

*Anomalinoides minutus* (Mello 1969). Kragballe 1998, p. 117 f., pl. 42: fig. 3, 5.

Bem.: Passer ret godt med Kragballes beskrivelse, men eksemplaret er mere fladt-linseformet og specielt er margin mindre bredt afrundet. Der er svagt limbate kanter ved kamersuturerne hvilket giver skallen et svagt ”ammonitlignende” udseende. Sml. med *Brotzenella acuta* som er fladere og med endnu tydeligere ”ammonitpræg”.

### ***Anomalinoides* sp.**

*Anomalinoides* Brotzen 1942. *Loeblich et al.* 1964, p. C755 f.

Bem.: Et dårligt bevaret eksemplar er henført til slægten *Anomalinoides* jfr. definition i *Loeblich et al.* (1964).

### ***Arenobulimina dorbignyi* (Reuss)**

*Arenobulimina dorbignyi* (Reuss 1845). Kragballe 1998, p. 35, pl. 5: fig. 9.

Bem.: Adskiller sig umiddelbart fra *A. preslii* ved den grove skalstruktur med røde korn. [”Arter 1” celle 42.]

### ***Arenobulimina* sp. cf. *A. dorbignyi* (Reuss)**

*Arenobulimina dorbignyi* (Reuss 1845).

Bem.: Eksemplaret mangler initialdelen (er keglestubformet), har tydelige vindinger og 4 globulære kamre i sidste vinding. [Kerne 8, kvantitativ, celle 1]

### ***Arenobulimina minutissima* Gawor-Biedowa**

*Arenobulimina minutissima* Gawor-Biedowa 1992. Kragballe 1998, p. 35 f., pl. 6: fig. 1.

Bem.: Længde: 0,33 mm. [”Arter 1” celle 42].

### ***Arenobulimina obesa* (Reuss)**

*Arenobulimina obesa* (Reuss 1851). Kragballe 1998, p. 36, pl. 6: fig. 2.

### ***Arenobulimina preslii* (Reuss)**

*Arenobulimina preslii* (Reuss). *Loeblich et al.* 1964, p. C273, fig. 183, 3 a, b.

*Bulimina preslii* (Reuss 1845). Kragballe 1998, p. 36, pl. 6: fig. 3.

Bem.: Længde: 0,75 mm.

### ***Arenobulimina sphaerica* Marie**

*Arenobulimina sphaerica* Marie 1941. Kragballe 1998, p. 36, pl. 6: fig. 4.

Bem.: [Arter 1” celle 44].

### ***Ataxophragmium crassum* (d’Orbigny)**

*Ataxophragmium crassum* (d’Orbigny 1840). Kragballe 1998, p. 37, pl. 6: fig. 5.

### ***Bolivina selmaensis* (Cushman)**

*Bolivina tenuis* Marsson var. *selmaensis* Cushman 1931.

*Loxostomum selmaensis* (Cushman 1931). Koch 1977, p. 63–64, Taf. 13: fig. 11.

’*Coryphostomella*’ *selmaensis* (Cushman 1931). Kragballe 1998, p. 89, pl. 27: fig. 7–9.

Bem.: Denne velkendte arts genus er omtvistet bl.a. på grund af dens simple tandplade (’tooth plate’). (Se fx diskussion i Kragballe 1998). Iøvrigt er dens marginalforhold væsensforskellige fra slægten *Loxostomum*, der jf. definitionen i *Loeblich et al.* (1964) p. C736, og fig. 603, 1–5 har et firkantet omrids, kendt fra arten *Loxostomum eleyi*.

### ***Bolivinoidea* sp. cf. *Bolivinoidea delicatulus* (Reiss)**

*Bolivinoidea delicatulus regularis* (Reiss 1954). Koch 1977, p. 58 f., Taf. 13: fig. 4, 5.

Bem.: Et eksemplar er næsten glat [kvantitativ prøve 17b celle 19].

### ***Bolivinoidea draco* (Marsson)**

*Bolivinoidea draco draco* (Marsson 1878). Koch 1977, p. 56–57, Taf. 12: fig. 4.

### ***Bolivinoidea giganteus* (Hilterman & Koch)**

*Bolivinoidea decoratus giganteus* (Hilterman & Koch 1950). Koch 1977, p. 63, Taf. 12: fig. 1a, b.

*Bolivinoidea giganteus* (Hilterman & Koch 1950). Kragballe 1998, p. 76, pl. 21: fig. 6–8.

### ***Bolivinoidea laevigatus* (Marie)**

*Bolivinoidea decorata* (Jones) ssp. *laevigata* Marie 1941.

*Bolivinoidea laevigatus* (Marie 1941). Koch 1977, p. 52, Taf. 13: fig. 7.

Bem.: Koch mener, at *B. laevigatus* afløses af *B. peterssoni* i nederste nedre Maastrichtien. Der er imidlertid fuldstændig overensstemmelse med beskrivelsen af *B. laevigatus* og ikke med *B. peterssoni*. *B. laevigatus* forekommer således sporadisk højere op i nedre Maastrichtien end Koch har fundet den. [Tabel 3 og Kvantitativ prøve kerne 5 celle 14].

### ***Bolivinoidea peterssoni* Brotzen**

*Bolivinoidea peterssoni* Brotzen, 1945. Kragballe 1998, p. 78, pl. 22: fig. 5–9.

### ***Bolivinoidea paleocenicus* (Brotzen)**

*Bolivinoidea paleocenicus* (Brotzen 1948). Kragballe 1998, p. 77, pl. 22: fig. 2–4.

### ***Brizalina incrassata* (Reuss)**

*Bolivina incrassata* Rss. Franke 1928, p. 153, Taf. XIV: fig. 6.

*Bolivina incrassata incrassata* Reuss 1851. Koch 1977, p. 54, Taf. 14: fig. 5–6.

Bem.: Længde 0,70 mm, bredde 0,25 mm

### ***Brizalina gigantea* (Wicher)**

*Bolivina incrassata gigantea* Wicher 1949. Koch 1977, p. 54–55, Taf. 14: fig. 1, 2.

*Brizalina incrassata* (Reuss 1851). Kragballe 1998, pl. 20: fig. 4–8.

Bem.: Længde 1,00–1,40 mm, br. 0,50–0,60 mm. Denne store form har lige som *B. incrassata* både mega- og megalosphaeriske kamre. Skalstørrelsen adskiller de to arter.

### ***Brotzenella acuta* (Plummer)**

*Brotzenella acuta* (Plummer 1926). Kragballe 1998, p. 123 f., pl. 45: fig. 3–5.

Bem.: Der er stor usikkerhed om slægten *Brotzenella*. Afhængig af vurderingen af hvad der er spiral- og umbilikalside henføres slægten til *Anomalinoides*- eller *Gavelinella*-

gruppen. *Cibicoides* og *Gavelinopsis* kan udelukkes bl.a. på grund af aperturforholdene. *Cibicides* har ikke været foreslået. Skallen er forholdsvis flad med prominent umbilicalpløk og den har på grund af lister langs suturerne et "ammonitlignende" udseende. Sml. *Anomalinoidea* cf. *A. minutus*.

### ***Bulimina* sp. cf. *B. presli* Reuss**

*Bulimina presli* Rss. Franke 1928, p. 156–157, Taf. XIV: fig. 15.

### ***Cibicides bembix* (Marsson)**

*Rotalia bembix* Marsson. Franke 1928, p. 188f. Taf. XVII: fig 10a–c.

Bem.: 13–15 kamre. Ø = 0,27–0,33 mm. Stor, meget fremtrædende umbilical plug. Eksemplarer op til 0,35 mm.

### ***Cibicides bosqueti* (Reuss)**

*Discorbina bosqueti* Rss. Franke 1928, p. 190, Taf. XVIII: fig. 5a–c.

*Cibicides bosqueti* (Reuss 1862). Kragballe 1998, p. 103, pl. 35, fig. 1–4.

### ***Cibicides mariae* (Jones)**

*Cibicides mariae* (Jones 1852). Kragballe 1998, p. 104, pl. 35: fig. 5–7.

### ***Cibicides succedens* Brotzen**

*Cibicides succedens* Brotzen 1948. Kragballe 1998, p. 105f., pl. 36: fig. 2–4.

Bem.: Mindre fremtrædende umbilical plug end hos *C. bembix*. 9–11 kamre. Ø = 0,73 mm. Eksemplarerne fra Rørdal er mindre.

### ***Cibicides voltziana* (d'Orbigny)**

*Truncatulina voltziana* d'Orbigny. Franke 1928, p. 177. Taf. XVI: fig. 7a–c.

Bem.: Spiralside og umbilicalside lige stærkt hvælvet. Fremtrædende umbilical plug. 9–10 kamre. Grovere end *C. succedens*. 8–9 kamre. Frankes art afviger fra D'Orbignys beskrivelse ved ikke at have køl. Ø = 0,2–0,4 mm. Franke nævner desuden kun arten fra Cenomanien og Turonien.

### ***Cibicides* sp. A cf. *Cibicides lobatulus* (Walker & Jacob)**

*Truncatulina lobatula* Walk. u. Jac.. Franke 1928, p. 176, Taf. XVI: fig. 1a–c.

Bem.: Hvid mat porcellænsagtig skal. Høj sidste vinding. Spiralsiden svagt konkav. Suturer kun svagt synlige i våd tilstand. Umbilicalsiden stærkt hvælvet. Umbilicus ikke synlig. Omrids paukeformet med skarp margin. Aperturet er en smal slids langs inderkanten af sidste kammer fra umbilicus og et par kamre ind på spiralsiden. Afviger fra *T. beaumontiana* D'Orb. ved porcellænsagtig overflade, porer, randforhold og spiralsidens bagud kurvede kamersuturer. [Kvantitativ prøve 2, celle 6 og prøve 13 celle 2].

### ***Cibicoides involutus* (Reuss)**

*Truncatulina involuta* Reuss 1851. Franke 1928, p. 177, taf. XVI: fig 4a–c.

*Cibicoides involutus* (Reuss 1851). Kragballe 1998, p. 101, pl. 33: fig. 6–9.

### ***Coleites crispus* Vassilenko**

*Coleites crispus* Vassilenko 1958. Kragballe 1998, p. 129, pl. 48: fig 7–9.

### ***Conorbina marginata* Brotzen**

*Conorbina marginata* Brotzen. Loeblich et al. 1964. Treatise C. 575, fig. 453: 1a–c.

*Conorbina marginata* n. sp. Brotzen 1936, p. 142–143, Taf. 10: fig. 5 a–c. Text Abb. 50.

### ***Coryphostoma limonense* (Cushman)**

*Coryphostoma limonense* (Cushman, 1926). Kragballe 1998, p. 88, pl. 27: fig. 3–4.

### ***Dentalina gracilis* d'Orbigny**

*Dentalina gracilis* d'Orbigny. Franke 1928 p. 29, Taf. II: fig. 22. Bem.: Kragballes eksemplar ligner ikke Frankes figur, da det har skrå kammervægge som fx Frankes *D. communis* (Taf. II fig. 26).

### ***Dentalina communis* d'Orbigny**

*Dentalina communis* d'Orbigny. Franke 1928, p. 31, Taf. II: fig. 26.

Bem.: Eksemplaret har 5–6 kamre. Længde 0,33 mm, br. 0,1 mm. Sidste kammer er 0,2 × 0,1 mm og udgør således ca. halvdelen af skallen. ["Arter 1" celle 33].

### ***Dentalina* sp. cf. *D. communis* d'Orbigny**

*Dentalina communis* d'Orbigny. Franke 1928, p. 31, Taf. II: fig. 26.

Bem.: Kammervæggene er til at begynde med skrå og uregelmæssige. Skallen tiltager abrupt i tykkelse efter de første kamre. Der er ingen spids på 1. kammer.

### ***Dentalina nana* (Reuss)**

*Dentalina (Laevidentalina) nana* (Reuss 1862). Kragballe 1998, p. 47, pl. 10: fig. 5.

Bem.: "Arter 1" celle 33.

### ***Discorbis plana* Brotzen**

*Discorbis plana* n. sp. Brotzen 1936, p. 146–47, Taf. X: fig. 6 a–c. Text abb. 52.

Bem.: [Kvantitativ slide 13 t, celle 8]. Stærkt variabel art.

### ***Dorotia oxycona* (Reuss)**

*Dorotia oxycona* (Reuss 1860). Kragballe 1998, p. 41, pl. 8: fig. 3–4.

### ***Dorotia irregularis* (Marsson)**

*Dorotia irregularis* (Marsson 1878). Kragballe 1998, p. 40 f., pl. 8: fig 2.

### ***Ellipsoidella cracillima* (Cushman)**

*Ellipsoidella cracillima* (Cushman 1933). Kragballe 1998, p. 91, pl. 28: fig. 8.

### ***Ellipsoidella* sp. A**

Genus: *Ellipsoidella* (Heron-Allen & Earland 1910). Loeblich et al. (1964), p. C728, fig. 594: 5, 7.

Bem.: E. sp. A. minder lidt om *E. gracillima*, men har glat 'banan-facon' uden tydelige kamre.

### ***Enantiomorphina* sp. A**

Genus: *Enantiomorphina* (Marie 1941). Loeblich et al. (1964), p. C530, fig. 415: 5a–c.

Bem.: Arten er en tydelig Polymorphinid. Den er relativt fladtrykt / elliptisk og kan umiddelbart have en vis ydre lighed med *Vaginulina*, men skallen er svagt snoet om længdeaksen med uregelmæssigt overlappende alternerende kamre. [Kerne 4, kvantitativ prøve, celle 24]. Et embryonalt eksemplar er forsøgsvis indplaceret i samme art.

### ***Eouvigerina cretae* (Ehrenberg)**

*Eouvigerina cretae* (Ehrenberg 1854). Kragballe 1998, p. 79 f., pl. 23: fig. 6, 7.

### ***Epistomina* sp. cf. *E. partschiana* (d'Orbigny)**

*Epistomina partschiana* d'Orbigny. Franke 1928, p. 185 f., Taf. XVII: fig. 9a–c.

Bem.: De to eksemplarer i kerne 7 er dårligt bevaret og mangler mundingspartiet.

### ***Fissurina alata* Reuss**

*Fissurina alata* Reuss 1851. Kragballe 1998, p. 71, pl. 18: fig. 9, pl. 19: fig. 1.

### ***Frondicularia mucronata* Reuss**

*Frondicularia mucronata* Reuss. Franke 1928, p. 61 f., Taf. V: fig. 5.

Bem.: ["Arter 1" celle 32].

### ***Frondicularia* sp. cf. *F. bififormis* Marsson**

*Frondicularia bififormis* Marsson 1878. Kragballe 1998, p. 52 f., pl. 11: fig. 8.

Bem.: Fragment med 3 kamre uden proloculus. Ingen ornamentation eller småkornet overflade. Truncate sider. Svagt lobat.



***Fronicularia intermittens* Reuss**

*Fronicularia intermittens* Reuss 1866. Kragballe 1998, p. 53, pl. 11: fig. 9.

***Fronicularia striatula* Reuss**

*Fronicularia striatula* Reuss 1844. Kragballe 1998, p. 54, pl. 12: fig. 1.

***Gaudryina laevigata* Franke**

*Gaudryina laevigata* Franke 1914. Kragballe 1998, p. 30, pl. 4: fig. 2–3.

***Gaudryina* sp.**

Genus *Gaudryina* (d'Orbigny 1839). Loeblich *et al.* (1988), p. 136–137, pl. 144: fig. 1–3.

***Gavelinella acuta* (Plummer)**

*Gavelinella acuta* (Plummer 1926). Kragballe 1998 p. 123, pl. 45: 3–5.

***Gavelinella pertusa* (Marsson)**

*Gavelinella pertusa* (Marsson, 1878). Kragballe 1998 p. 125 f., pl. 46: fig. 3–5.

***Glandulina* sp. 2**

*Glandulina* sp. cf. *G. soldanii* D'Orbigny. Franke 1928, p. 119, Taf. XI: fig. 7.

***Globigerinelloides multispina* (Lalicker)**

*Globigerinelloides multispina* (Lalicker 1948). Pessagno 1967, p. 276, pl. 91: fig. 1–2.

*Globigerinelloides multispina* (Lalicker 1948). Malmgren 1982, p. 261: fig. 4c–e.

***Globigerinelloides volutus* (White)**

*Globigerinelloides volutus* (White 1928). Pessagno 1967, p. 278, pl. 62: fig. 9–11, pl. 100: fig. 9.

***Globotruncanella petaloidea* (Gandolfi)**

*Globotruncanella petaloidea* (Gandolfi 1955). Pessagno 1967, p. 374, pl. 82: fig. 6–8, 9.

***Globigerinelloides subcarinatus* (Bronnimann)**

*Globigerinelloides subcarinatus* (Bronnimann 1952). Pessagno 1967, p. 278, pl. 62: fig. 12–13.

***Globulina lacrima* (d'Orbigny)**

*Globulina lacrima* (d'Orbigny 1845). Kragballe 1998, p. 66, pl. 16: fig. 8, 9.

***Guttulina trigonula* (Reuss)**

*Polymorphina communis* d'Orbigny. Franke 1928, p. 118, Taf. XI: fig. 3

*Guttulina trigonula* (Reuss 1846). Kragballe 1998, p. 67 f., pl. 17: fig. 7–8.

***Guembelitra cretacea* (Cushman)**

*Guembelitra cretacea* (Cushman 1933). Malmgren 1982, p. 364, fig. 5bB, E, G.

***Gyroidinoides depressus* (Alth)**

*Gyroidinoides depressus* (Alth 1850). Kragballe 1998, p. 118, pl. 42: fig. 9, pl. 43: fig. 1, 2.

***Gyroidinoides girardanus* (Reuss)**

*Gyroidinoides girardanus* (Reuss 1851). Kragballe 1998, p. 119, pl. 43: fig. 3–5.

***Gyroidinoides* cf. *laevis* (Brotzen)**

*Gyroidinoides laevis* (Brotzen 1940). Kragballe 1998, p. 119 f., pl. 43: fig. 6–8.

Bem.: Et dårligt bevaret eksemplar.

***Gyroidinoides nitidus* (Reuss)**

*Gyroidinoides nitidus* (Reuss 1845). Kragballe 1998, p. 120 f., pl. 44: fig. 1, 2.

***Hagenowina* sp. cf. *H. rimosa* (Marsson)**

*Hagenowina rimosa* (Marsson 1878). Kragballe 1998, p. 37, f. pl. 6: fig. 6, 7.

***Hedbergella monmouthensis* (Olsson)**

*Hedbergella monmouthensis* (Olsson 1960). Malmgren 1982, p. 362: fig. 5D, H.

*Globotruncanella monmouthensis* (Olsson 1960). Pessagno 1967, p. 374, pl. 61

***Heterohelix dentata* Stenestad**

*Heterohelix dentata* n.sp. Stenestad 1968.

***Heterohelix striata* (Ehrenberg)**

*Heterohelix striata* (Ehrenberg 1840). Stenestad 1969, p. 653 f., pl. II: fig. 1a–b, Text fig. 1a–c.

***Lagena amphora* Reuss**

*Lagena amphora* Reuss 1863. Kragballe 1998, p. 62, pl. 15: fig. 5. Bem.: Ved en multivariat analyse af costate *Lagena*-species i øvre Maastrichtien i Skåne (Hermelin & Malmgren 1980) viste det sig ikke muligt sikkert at adskille de undersøgte arter, som af forfatterne opfattes som økofænotype morphotyper af *Lagena sulcata*. De analyserede arter var: *L. amphora* (Reuss), *L. acuticaosta* (Reuss), *L. grahami* (Sliter), *L. semiinterrupta* (Berry) og *L. semilineata* (Walker & Jacob).

***Lagena apiculata* (Reuss)**

*Lagena apiculata* Reuss. Franke 1928, p. 86, Taf. VII: fig. 34, 35.

***Lagena globosa* (Montagu)**

*Lagena globosa* Montagu. Franke 1928, p. 85. Taf. VII: fig. 30. *Lagena* ? *laevis* (Montagu 1803). Kragballe 1998, p. 63, pl. 15: fig. 7.

Bem.: Eksemplaret i "Arter 1" celle 4 er intakt med fuldt bevaret stjerneapertur.

***Lagena paucicosta* (Franke)**

*Lagena amphora* Reuss f. *paucicosta*. Franke 1928, p. 87 Taf. VII: fig. 38.

*Lagena paucicosta* Franke, 1928. Kragballe 1998, p. 63, pt. 15: fig. 8.

***Lagena semiinterrupta* (Berry)**

*Lagena semiinterrupta* Berry, 1925. Kragballe 1998, p. 63 f, pl. 15: fig. 9 pl. 16: fig 1.

***Lagena sphaerica* (Marie)**

*Lagena sphaerica* (Marie 1941). Kragballe 1998, p. 64, pl. 16: fig. 3.

***Lenticulina (Astaculus) mundus* (Cushman)**

*Lenticulina (Astaculus) mundus* (Cushman, 1938). Kragballe 1998, p. 56 f., pl. 13: fig. 3, 4.

Bem.: [Kvantitativ slide 12 t celle 19].

***Lenticulina (Robulus) macrodiscus* (Reuss)**

*Lenticulina (Robulus) cf. macrodiscus* (Reuss 1862). Kragballe 1998, p. 56, pl. 12: fig. 8, 9.

***Lenticulina (Robulus) discrepans* (Reuss)**

*Lenticulina (Robulus) discrepans* (Reuss 1862). Kragballe 1998, p. 55, pl. 121: fig. 6, 7.

Bem.: Lidt mere evolut i sidste vinding, dvs. med meget stort 'apertural face'.

***Lenticulina (Robulus) subangulata (Reuss)***

*Lenticulina (Robulus) subangulata* (Reuss 1862). Kragballe 1998, p. 58, pl. 13: fig. 9, pl. 14: fig. 1.

***Lenticulina (Saracenaria) meudonnensis (Marie)***

*Lenticulina (Saracenaria) meudonnensis* Marie, 1941. Kragballe 1998, p. 56, pl. 13: fig. 1, 2.

***Lenticulina (Lenticulina) grata (Reuss)***

*Cristellaria grata* Reuss. Franke 1928, p. 106, Taf. IX: fig. 21a, b.  
Bem.: ["Arter 1" celle 33].

***Lenticulina (Lenticulina) secans (Reuss)***

*Lenticulina (Lenticulina) secans* (Reuss, 1860). Kragballe 1998 p. 57, pl. 13: fig. 7–8,

Bem.: Carinat med apertural face kantet af køle, som giver mønster på siden af skallen.

***Lenticulina (Saracenaria) triangularis (d'Orbigny)***

*Lenticulina (Saracenaria) triangularis* (d'Orbigny 1840). Kragballe 1998 p. 58, pl. 14: fig. 4–5.

***Loeblichella coarctata (Bolli)***

*Loeblichella coarctata* (Bolli). Pessagno 1967, p. 288, pl. 48, 61.

***Loeblichella hessi (Pessagno)***

*Loeblichella hessi* (Pessagno). Pessagno 1967, p. 288, pl. 48: fig. 17–19, pl. 61: fig. 6–8; 9–11, pl. 100: fig. 1–2.

***Loxostomum eleyi (Cushman)***

*Bolivinita eleyi* (Cushman). Brotzen 1936, p. 122, pl. 9: fig. 5a, b, text fig. 41. +

***Marginulina apiculata Reuss***

*Marginulina apiculata* Reuss. Franke 1928, p. 74, Taf. VI: fig. 24.  
Bem.: ["Arter 1" celle 33].

***Marginulina hamuloides (Brotzen)***

*Marginulina hamulus* Chapman. Franke 1928, p. 75, Taf. VI: fig. 26, 27.

*Marginulina (Pseudium) hamuloides* n. sp. Brotzen, 1936, p. 68 f., Taf. IV: fig. 10a–c, 11a–c.

***Marginulina* sp. cf. *M. linearis* Reuss**

*Marginulina* sp. cf. *M. linearis* Reuss. Franke 1928, p. 75, Taf. VII: fig. 4.

***Nodosaria aspera Reuss***

*Nodosaria aspera* Reuss, 1845. Kragballe 1998, p. 49, pl. 10: fig. 10.

***Nodosaria monile von Hagenow***

*Nodosaria monile* von Hagenow. Franke 1928, p. 31, Taf. II: fig. 27a, b.

Bem.: "Arter 1" celle 4 og celle 5

***Nodosaria naumanni Reuss***

*Nodosaria naumanni* Reuss. Franke 1928 p. 42, Taf. III: fig. 29.

***Nonionella* sp. A**

*Nonionella* sp. Kragballe 1998, p. 108, pl. 37: fig 4–6.

Bem.: [Kerne 4, kvantitativ prøve celle 14, 1 eksemplar]

***Orbignyna ovata von Hagenow***

*Orbignyna ovata* von Hagenow, 1842. Kragballe 1998, p. 39, pl. 7 fig. 3–4.

***Osangularia cordieriana (d'Orbigny)***

*Osangularia cordieriana* (d'Orbigny 1840). Kragballe 1998, p. 113 f., pl. 40 fig. 5–7.

Bem.: ["Arter 1" celle 59].

***Osangularila lens Brotzen***

*Osangularila lens* Brotzen, 1940. Kragballe 1998, p. 114, pl. 40: fig. 8, 9, pl. 41: fig. 1.

***Paralabamina lunata (Brotzen)***

*Paralabamina lunata* (Brotzen 1948). Kragballe 1998, p. 128, pl. 47: fig. 7–9.

Bem.: Kamre på den helt flade umbonalside er ikke oppustede. Sml. Kragballes "*Paralabamina* sp." p. 129, pl. 48: fig 4–6.  
[Kvantitativ slide 16 t., celle 5, næstnederste række. Kerne 8 t. Kvantitativ celle 15].

***Paralabamina* sp. A**

Genus: *Paralabamina* (Hansen 1970). Kragballe 1998, p. 127 f.

Bem.: Kamre på umbonalsiden svagt oppustede. Sml. Kragballes "*Paralabamina* sp." p. 129, pl. 48: fig 4–6. [Kerne 8 t. Kvantitativ. celle 14].

***Plectina ruthenica (Reuss)***

*Plectina ruthenica* (Reuss, 1851). Kragballe 1998, p. 29, pl. 3: fig 7.

***Pleurostomella subnodosa Reuss***

*Pleurostomella subnodosa* Reuss. Franke 1928, p. 129, Taf. XI: fig. 28a, b.

***Polymorphina* sp. cf. *P. gutta* d'Orbigny**

*Polymorphina gutta* d'Orbigny. Franke 1928, p. 116 f. Taf. X: fig. 17a, b.

***Praeulimina carseyae (Plummer)***

*Praeulimina carseyae* (Plummer, 1931). Kragballe 1998, p. 80, pl. 23: fig 8, 9

Bem.: længde 0,49 mm, br.: 0,30 mm. Slank form.

***Praeulimina reussi (Morrow)***

*Praeulimina reussi* (Morrow 1934). Kragballe 1998, p. 81, pl. 24: fig. 3, 4).

Bem.: længde 0,22 mm, br. 0,17 mm. Sidste vinding ~ 3/4 af skallen

***Praeglobulina imbricata (Reuss)***

*Praeglobulina imbricata* (Reuss 1851). Kragballe 1998, p. 86, pl. 26: fig. 6–8.

Bem.: [Kvantitativ slide 27 t, celle 24].

***Praeulimina* sp. cf. *B. polystropha* Reuss**

*Bulimina polystropha* Reuss. Franke 1928, p. 159 f., Taf. XIV: fig. 21.

Bem.: Eksemplaret i kvantitativ slide 27 t, celle 23 er klart trekantet og ligner i øvrigt Frankes beskrivelse og figur. Da sidste kammer mangler er mundingsforholdene ikke afklaret.

***Pseudonodosaria manifesta (Reuss)***

*Glandulina manifesta* Reuss. Franke 1928, p. 52, Taf. IV: fig. 28.

Bem.: Definition af *Pseudonodosaria* ifølge *Loeblich et al.* (1964) p. C522. Sammenlign med *Pseudonodosaria manifesta* (Reuss, 1851). Kragballe 1998, p. 50 f., pl. 11: fig 2. Eksemplaret i kerne 8t. kvantitativ, celle 6 er væsentligt slankere end Kragballes og ligner Frankes figur bedre.

***Pseudotextularia elegans (Rzehak)***

Bem.: 1 dårligt bevaret eksemplar er fundet i Rørdal 1, kerne 2 prøve 0,25–0,1 mm. Eksemplaret ser ud til at have haft 2 aperturer, så måske tilhører det *Raceminguembelina fructicosa*?

***Pseudouvigerina cristata (Marsson)***

*Pseudouvigerina cristata* (Marsson 1878). Kragballe 1998, p. 82, pl. 24: fig. 5–7.

***Pseudouvigerina rugosa Brotzen***

*Pseudouvigerina rugosa* Brotzen, 1945. Kragballe 1998, p. 82, pl. 24: fig. 8, 9.

**Pullenia cretacea Cushman**

*Pullenia cretacea* Cushman, 1936. Kragballe 1998, p. 108, pl. 37: fig. 7, 8.

**Pullenia jarvisi Cushman**

*Pullenia jarvisi* Cushman, 1936. Kragballe 1998, p. 109, pl. 37: fig. 9, pl. 38: fig. 1.

**Pullenia sp. cf. P. quaternaria (Reuss)**

*Pullenia cf. quaternaria* (Reuss 1851). Kragballe 1998, p. 109, pl. 38: fig. 2,3.

Bem.: På fragmentet i kerne 3 er det 4–5 sidste kammer mere slankt end vist på Kragballes figur. Det sidste kammer er til gengæld meget bredt.

**Pyramidina cimbrica (Brotzen)**

*Pseudouvierina cimbrica* (Troelsen). Brotzen 1945, p. 45, pl. 1: fig. 8, 9.

*Pyramidina cimbrica* (Brotzen, 1945). Kragballe 1998, p. 82 f, pl. 25: fig. 1, 2.

Bem.: Længde 0,28 mm, br. 0,11 mm. Et eksemplar fra Rørdal [prøve 1a] er l.: 0,23 mm, br.: 0,10mm.

**Pyramidina globulifera (Reuss)**

*Rhabdogonium globuliferum* Reuss. Franke 1928, p. 73, Taf. VI: fig. 21

Bem.: Består af kun 2 kamre. 1. kammer er globulært. 2. kammer er er trekantet som hos *P. cimbrica*. Jfr. Franke formodentlig et ungdomsstadium af *Rh. anomalum*? Højden er 0,23 mm dvs. ca. det halve af Fankes eksemplar, men alligevel er det for stort til at kunne være en megalosfærisk form af *P. cimbrica*.

**Pyramidina minuta (Marsson)**

*Pyramidina minuta* (Marsson 1878). Kragballe 1998, p. 83 f., pl. 25: fig. 3, 4.

Bem.: Se evt. diskussioner om aperturforhold og slægtsnavne i Kragballe p. 83 (*P. cimbrica*) og i *Loeblich et al.* (1964) p. C546: *Pyramidina* har tendens til at lukke sin aperturslit ved den basale sutur, hvorved der opstår et arealt apertur. Denne art er mere kraftig / tyk end *P. cimbrica*.

**Pyrolinoidea sp. cf. P. acuminatus (d'Orbigny)**

*Pyrolinoidea acuminatus* (d'Orbigny 1840). Kragballe 1998, p. 69, pl. 18: fig. 5.

Bem.: Det meget lille eksemplar [Kerne 4, kvantitativ prøve, celle 25] ser ikke ud til at have et spiralt initialstadium og tilhører derfor formentlig den helt biseriale *Pyrolinoidea*.

**Quadriformina halli (Jennings)**

*Quadriformina halli* (Jennings 1936). Kragballe 1998, p. 112, pl. 39: fig. 5–7.

Bem.: 1 dårligt bevaret eksemplar. [Kvantitativ slide 26, celle 5].

**Rosalina binkhorsti Reuss**

*Rosalina binkhorsti* Reuss 1862. Koch 1977, p.66 f, Taf. 6: fig. 8, 9.

Bem.: [”Arter 1” celle 25].

**Rugloglobigerina rugosa (Plummer)**

*Globigerina rugosa* Plummer, 1927. Pessagno 1967, p.366 f., pl. 75, fig. 2-3.

*Rugloglobigerina rugosa* (Plummer). Malmgren 1982, p. 362: fig. 4F, H.

**Spirillina incertus (d'Orbigny)**

*Ammodiscus incertus* d'Orbigny. Franke 1928, p. 13f. Taf. I: fig 14.

Bem.: Det er ikke undersøgt om arten er kalkskallet eller fint agglutinerende. Den er næsten hyalin i våd tilstand. Skallen er planospiral til meget svagt usymmetrisk med ovalt omrids. Længde 0,33 mm, br. 0,2 mm. [Kvantitativ slide kerne 5, celle 4].

**Spirillina minima Schacko**

*Spirillina minima* Schacko. Franke 1928 p. 16f., Taf. I: fig 21.

Bem.: Det er uvist om arten er kalkskallet eller meget fint agglutinerende. Skallen er næsten hyalin. Den er planospiral til svagt usymmetrisk med cirkulært omrids. Diameter: 0,18 mm. Se kvantitativ slide kerne 5, celle 4.

**Spirillina subornata Brotzen**

*Spirillina subornata* Brotzen, 1940. Kragballe 1998, p. 42, pl. 8: fig. 9.

Bem.: Det er uklart om arten er kalkskallet eller kalk-agglutinerende.

**Spiroplectamina rosula (Ehrenberg)**

*Spiroplectamina rosula* (Ehrenberg 1854). Kragballe 1998, p. 27, pl. 2: fig. 8.

**Tappanina selmensis (Cushman)**

*Tappanina selmensis* (Cushman 1933). Kragballe p. 75, pl. 20: fig. 9, pl. 21: fig 1.

**Verneuilina muensteri Reuss**

*Verneuilina muensteri* Reuss, 1854. Kragballe 1998, p. 32, pl. 4: fig. 8, 9.

**Verneuilina sp. A**

Genus: *Verneuilina* (d'Orbigny 1839). Loeblich *et al.* 1964, p. C68, fig. 179:1 a,b.

Bem.: [”Arter 1”, celle 42].

**Vaginulina (Vagulinopsis) sp. cf. V. (V.) ensis (Reuss)**

*Vaginulina (Vagulinopsis) sp. cf. Cristellaria ensis* Reuss. Franke 1928, p. 97, Taf. IX: fig. 1, 2, 3.

**Vaginulina (Vagulinopsis) tripleura (Reuss)**

*Vaginulina (Vagulinopsis) sp. cf. Cristellaria crepidula f. tripleura* Reuss. Franke 1928, p. 100, Taf. IX: fig. 11.

Bem.: Dårligt bevaret ekspl. [Kvantitativ slide 13t, celle 2] .





Bilag 3: Rørdal-1, foraminiferarter i *Heterolix dentata* Zonen (fortsat)

Arter	Arter til N		%	Agglerende	Total	%	Forskellige transiterer antal og %	Forskellige transiterer ( 5.500 optale skæringer )	Heterolix % af Heterolix + Pseudolix	Ceggerter ( 5.111 optale skæringer )	%	Prøve nr
	Arter	N										
Lenticulina (Saccarella) murchisonensis												
Murchisonia apiculata												
Murchisonia harrisioides												
Murchisonia murchisoni												
Nudoceras apertum												
Nudoceras montis												
Nudoceras murchisoni												
Nordalinea sp. A												
Ordalinea vatis												
Campylina conferta												
Campylina line												
Paraburina sp. A												
Pseudolix subnodosa												
Pseudolix carayae												
Pseudolix rufus												
Pseudolix subnodosa murchisoni												
Pseudolix sp. cf. P. guatemalensis												
Pseudolix carayae												
Pseudolix globulosa												
Pseudolix murchisoni												
Pseudolix sp. cf. P. acuminata												
Quadriloculina hali												
Spirulina murchisoni og 5 murchisoni												
Spirulina subnodosa												
Spirulina murchisoni												
Stenoloboceras murchisoni												
Stenoloboceras murchisoni												
Vaginulina cf. V. (Vaginulina) murchisoni												
SUM												
Forskellige transiterer ( 5.500 optale skæringer )												
Heterolix % af Heterolix + Pseudolix												
Ceggerter ( 5.111 optale skæringer )												
Total												
Agglerende												
Prøve nr												
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
31												
32												
33												
34												
35												
36												
37												
38												
39												
40												
41												
42												
43												
44												
45												
46												
47												
48												
49												
50												
51												
52												
53												
54												
55												
56												
57												
58												
59												
60												
61												
62												
63												
64												
65												
66												
67												
68												
69												
70												
71												
72												
73												
74												
75												
76												
77												
78												
79												
80												
81												
82												
83												
84												
85												
86												
87												
88												
89												
90												
91												
92												
93												
94												
95												
96												
97												
98												
99												
100												

# Bilag 4

Prøver / Arter	1a	1b	2	3	4	5	6	7	8a	8b	9	12	13	16	17	19	21	23	25	26	27	28	29	30	
Corymbus magyali																									
Dentaria sp.																									
Radulae ovata																									
Prasidaria Anata																									
Stenocera porteri																									
Dorita oycora																									
Aeneolusina dorkyn																									
Daenylus carbonis																									
Sperma nervis serie 5. nensis																									
Platyo cretica																									
Arenulodes cf. A. nivalis																									
Brachia hirsuta																									
Fourgaria crassa																									
Gyrodontes depressus																									
Cibicides lumbus																									
Cibicides succentris																									
Georgiobolus nathans																									
Gyrodontes cf. G. laevis																									
Gyrodontes nitidus																									
Melvostex nitidus																									
Melvostex nitidus																									
Lenticula (Poculum) neofida																									
Prasidaria carayae																									
Pseudopygma cristata																									
Lenticula (Poculum) decipiens																									
Gubina ingona																									
Gyrodontes gubensis																									
Pyrodontes nitida																									
Cibicides boqueti																									
Gavosia parva																									
Tapasina sakensis																									
Arenobolus arenosus																									
Arenobolus nesi																									
Bolivoides disco																									
Cibicides nesi																									
Halicinella dentata																									
Albanioides litha																									
Dentaria cf. D. coronata																									
Pulex cf. P. guatemalensis																									
Brachia gigas																									
Bolivoides parvicornis																									
Brachia eruli																									
Halicinella compacta																									
Daenylus lens																									
Halicinella gabriels																									
Lenticula (Poculum) subangulata																									
Pyrodontes cretica																									
Decoberia plana																									
Elphidium apiculata																									
Verrucosella nathans																									
Brachia decurva																									
Cibicides sp.A																									
Bolivoides pedunculatus																									
Arenobolus creticus																									
1a																									
1b																									
2																									
3																									
4																									
5																									
6																									
7																									
8a																									
8b																									
9																									
12																									
13																									
16																									
17																									
19																									
21																									
23																									
25																									
26																									
27																									
28																									
29																									
30																									

Legende: ■ : > 50 %, ■ : 25-50 %, III : 12-25 %, III : 6-12 %, II : 3-6 %, I : 1-3 %, + : < 1 %

Bilag 4 (fortsat)

Prøver / Arter	Aenobolus murinus	Aenobolus apurca	Pseudolima rusti	Lagena apiculata	Lagena acanthopora	Sphaera subornata	Boholobolus distictus	Coeloceras rugosum	Modiolites agilis	Pseudosolenites subrotunda	Pseudosolenites ventralis	Boholobolus laevigatus	Boholobolus gyareus	Vaginula cf. V. (V.) riparia	Orthis ovalis	Sphaerobolus rosalia	Modiolites murinus	Orthis irregularis	Colletes cf. C. vohra	Lagena paucicostata	Parabornia sp. A	Heterobolus rosalia	Pseudogemma rugosa	Lagena apiculata	Eponides cf. E. parvifera	Pseudosolenites cf. P. acuminatus	Boholobolus murinus	Leptoceras muricoides	Eponides sp. A	Myriophorus sp. A	Eponides sp. A	Parasolenites	Lentaceras (S.) neobornensis	Pseudosolenites globulatus	Total formlister (N)	Antal arter i høje prøver	Antal arter som udgør 50 % af N	Antal arter som udgør < 1% af N			
1a	*																			*																	196	22	9	11	
1b		*																																				187	25	11	12
2																																						181	18	6	12
3																																						192	22	10	14
4	*																																					303	34	16	13
5																																						175	19	7	12
6																																						137	12	7	12
7																																						267	27	12	15
8t																																						257	25	11	15
8b																																						209	28	13	15
9																																						176	16	6	12
12																																						273	29	14	17
13																																						294	28	10	15
16																																						228	23	9	12
17																																						168	22	9	13
19																																						242	26	11	12
21																																						310	23	6	9
23																																						286	23	8	8
25																																						170	27	13	12
26																																						260	22	4	6
27																																						309	22	4	5
28																																						242	29	12	13
29																																						276	24	8	11
30																																						168	24	9	10

Legende: ■ : > 50 %, \* : 25-50 %, III : 12-25 %, IIII : 6-12 %, II : 3-6 %, I : 1-3 %, + : < 1 %