

Nogle resultater af en marinseismisk undersøgelse i Bornholmbassinet

VIBEKE F. CHRISTENSEN, JOHN V. FRANSDEN, TUE H. LARSEN & KARIN E. MADSEN



Christensen, V. F., Frandsen, J. V., Larsen, T. H. & Madsen, K. E.: Nogle resultater af en marinseismisk undersøgelse i Bornholmbassinet. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1990-91*, side 117-128, København, 18. november 1992.

During October 1989, a shallow-seismic survey was carried out in the Baltic Sea, in the vicinity of the island of Bornholm, Denmark. About 1000 km seismic profile was acquired with a 24-channel digital recording equipment, producing a 6 fold CDP stack.

Processing was performed by means of a "NORSEIS" processing system at the Department of Earth Sciences, University of Aarhus. The seismic profiles contain information to depths in the range between 70 and 700 metres. Vertical resolution varies from about 2 metres in uppermost to 10 metres in lowermost parts of the seismic sections.

Geological interpretation is currently being carried out and some preliminary results are presented here, showing:

- 1) Deltaic complexes of supposed Late Cretaceous-Early Tertiary age in an area southeast of Bornholm.
- 2) Channel erosion in the Quaternary deposits north of Bornholm.
- 3) Giant banks north of Bornholm.
- 4) Faulting and folding of Mesozoic sequences adjacent to the island of Christiansø basement horst north of Bornholm.

Vibeke F. Christensen, John Vendelbo Frandsen, Tue Holm Larsen & Karin E. Madsen. *Geologisk Institut, Aarhus Universitet, Universitetsparken, 8000 Århus C.* 28. november 1991.

Indledning

I oktober 1989 blev der foretaget opmåling af ca. 1000 km refleksionsseismiske profiler i farvandet omkring Bornholm. Størstedelen af profilerne er lokaliseret øst og nord for Bornholm (fig. 1).

Opmålingen blev udført, som led i et togt, der tillige omfattede sedimentologiske og hydrografiske undersøgelser. Organisation og planlægning af togtet blev varetaget af USSR Academy of Sciences, Institute of Oceanology i Kaliningrad, under ledelse af E. Emelyanov. Dataindsamlingen blev foretaget fra fartøjet R/V »Prof. Shtokman«. Fra Geologisk Institut, Aarhus Universitet deltog Christian Christiansen, Holger Lykke-Andersen og Per Trinhammer.

De seismiske data blev optaget digitalt, med et 24-kanals optageudstyr fra Geologisk Institut i Aarhus. Som energikilde blev benyttet en enkelt 30 kubiktommer luftkanon, som blev affyret i punkter med en afstand på 12-15 meter. En ca. 150 m lang streamer indeholdende 24 geofon-grupper med en indbyrdes afstand på 6,25 m registrerede de seismiske data. Dette giver mulig-

hed for en gennemsnitlig 6-fold dækning af refleksionspunkter med afstanden 3,125 m.

Processering af de seismiske data, som er fore-

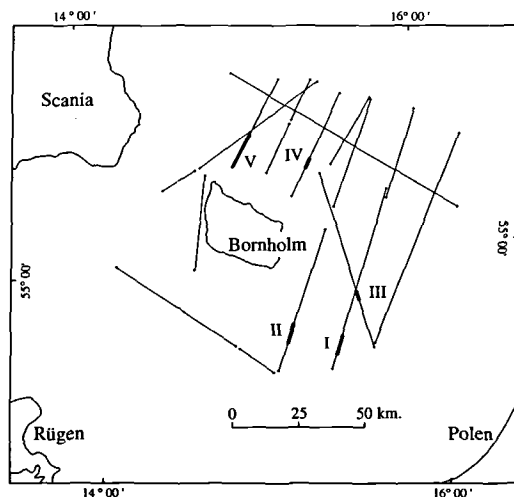


Fig. 1. Lokaltetskort med de seismiske linier. De i teksten omtalte sektioner er fremhævet.

Location of the seismic sections I-VI described in this paper.

taget ved hjælp af et »NORSEIS« processerings-system ved Geologisk Institut, Aarhus Universitet, er næsten tilendebragt. Den geologiske tolkning af profilerne er påbegyndt, og i det følgende præsenteres nogle foreløbige resultater i form af en række profiludsnit (fremhævet på fig. 1.). Profilerne belyser en række sedimentologiske og strukturelle fænomener i de prækvartære og kvartære afsnit af undergrunden i et område sydøst for Bornholm og omkring Christiansø horsten.

Delta-aflejringer, Kridt-Tertiær

Vertikalaksen på sektionerne I, II og III viser tovejsløbetider (TWT) i sekunder. Dybden kan derfor ikke aflæses direkte. Ud fra de hastigheder, som er anvendt under processeringen, er overhøjningen dog groft anslået til en faktor 5.

Sektionerne I, II og III (fig. 2-4) er beliggende 30-50 km sydøst for Bornholm (se fig. 1.). De udviser fællestræk i form af refleksionsmønstre med sydhældende klinoformer. Disse sekvenser tolkes som deltaaflejringer med lateral udbygning bestående af successivt yngre lag i retning mod syd. Specielt sektion I og II (fig. 2 og 3) viser lighedspunkter med Gilbert's klassiske deltamodel med karakteristisk opdeling i topset, foreset og bottomset lag. Topsetlagene kan erkendes på de to profiler, men er dog svagt repræsenteret.

Holdpunkter for den stratigrafiske tolkning af de seismiske profiler er få og usikre. En meget veludviklet ukonformitetsflade, som ses 20-40 ms (ca. 30 m) under havbunden, går dog igen på sektionerne I, II & III. Fladen anses for at repræsentere basis af Kvartæret. Refleksionen fra denne diskordans er betegnet *a* på profilerne, fig. 2, 3 og 4. Reflektoren benævnt *b* menes - ved korrelation med en tidligere seismisk tolkning af området (Vejbæk, 1985) - at kunne henføres til overgangen Nedre-Øvre Kridt.

På profilerne (fig. 3-4) ses refleksioner, der er markeret med *m*. Disse skal ikke umiddelbart opfattes som udtryk for laggrænser, men er multipelrefleksioner fra havbunden og laggrænser højere i lagfølgen. Sektionerne I og II repræsenterer profiler, der ligger i overgangszonen til et hævningssområde, som mod syd er afgrænset af stejle og reverse forkastninger ledsaget af flexurer i de øvre lag. Disse strukturformer tolkes som dannet i forbindelse med den inversionstektonik, som

ifølge Vejbæk (1985) sandsynligvis er sammenfaldende med den palæocæne Laramide Fase.

På sektion III, som ligger ca. 20 km nordligere end sektion I og II, ses ligeledes tegn på en strukturel udvikling, der formodes at kunne tillægges inversionen.

Sektion I

Reflektor *c* kan opfattes som undergrænsen for en sekvens bestående af lag dannet ved deltaudbygning (fig. 2). De interne reflektorer i sekvensen, som opadtil er afgrænset af reflektoren *d*, har en karakteristisk s-form med lag, som er tykkest og stejlest centralt i komplekset, og som kiler/flader ud mod enderne.

Sekvensen, der ligger over *d* og under *a* og *e*, opfattes som et yngre deltakompleks med et refleksionsmønster, der på eet punkt adskiller sig fra det førstnævnte, nemlig ved at de interne reflektorer opadtil afsluttes med en vinkeldiskordans mod reflektoren *a*. Dette forhold kan tolkes på flere måder. To muligheder skal her anføres. Det observerede mønster kan opfattes som de nederste dele af et deltakompleks, som oprindeligt var af samme type som det underliggende, men som efter aflejringen blev udsat for en dybtgående erosion med dannelsen af vinkeldiskordansen til følge. En alternativ tolkning kunne være, at opfatte de stejle, indbyrdes mere eller mindre parallelle, reflektorer som udtryk for et prograderende aflejringssystem dannet ved en betydelig sedimenttilførsel i en periode, hvor havniveauet har været konstant og svarende til den horisontale overflade af komplekset. Denne overflade kan have ligget umiddelbart over eller have været sammenfaldende med det niveau, som repræsenteres ved reflektor *a*. Tilsyneladende har både den yngre og den ældre deltasekvens været udsat for en vis grad af erosion.

Reflektor *e* synes at markere afgrænsningen af sedimenter, der har med selve deltaet at gøre. Reflektorer mellem *e* og *a* ligger nogenlunde horisontalt og danner onlap på deltakompleksets yngste foreset-lag.

Bunden af lagpakken med deltasedimenter ligger i en dybde af ca. 300 m, og den maximale hældning af lagene internt i formationen overstiger næppe 6-8°.

Det karakteristiske s-formede forløb (sigmoid prograderende, Mitchum et al., 1977) af den

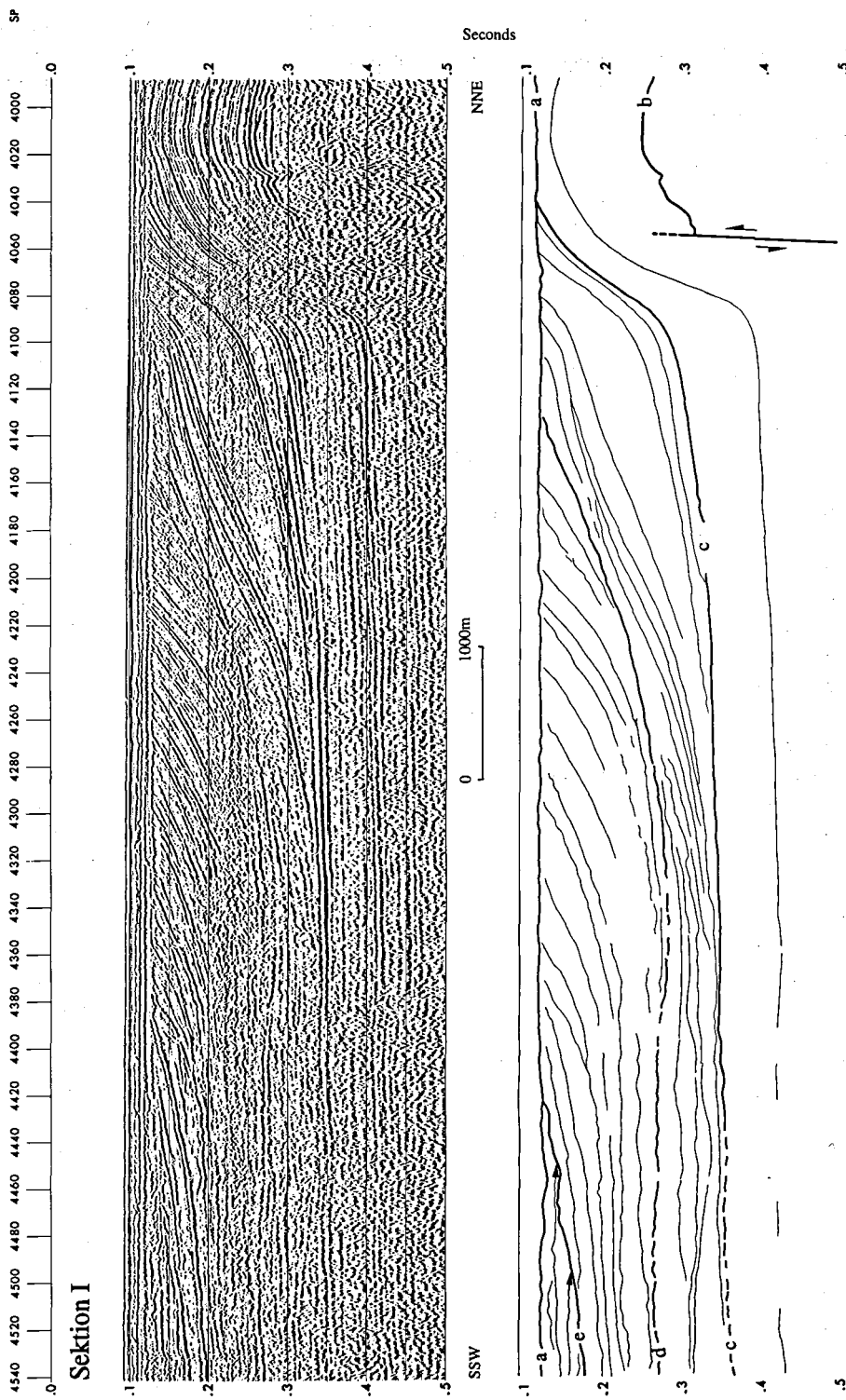


Fig. 2. Migreret sektion med profil, der viser den foreløbige geologiske tolkning. Se teksten for beskrivelse af laggrænserne a-e.

Section I, showing prograding sequences. (See fig. 1 for location). Base of Quaternary deposits is represented by reflection a. Age of b is supposed to be close to base Upper Cretaceous. c is interpreted as the lower limit of the delta(s). Vertical exaggeration close to 5.

ældre deltasekvens synes øverst at blive afløst af et stejlere afsnit (SP 4060–4100). Øjensynligt skal dette ikke opfattes som et udtryk for deltaets oprindelige form, idet man på dette sted ville forvente at se lagene flade ud som topset lag i deltaets proximale del. Hele den sedimentære lagpakke nord for SP 4100, deltaaflejringerne i dette område indbefattet, bærer præg af deformationer, som sandsynligvis må tillægges den omtalte inversionstektonik. Heraf må udledes, at deltaets ældste dele er aflejret samtidigt med eller før flexurdannelsen. Ophørstidspunktet for deformationen kan ikke fastlægges præcist, men øjensynligt er størstedelen af deltaets sedimenter aflejret efter inversionens ophør.

Med baggrund i Vejrbæk's (1985) slutninger om tidspunktet for inversionen, må man formode, at de deltasedimenter, der ikke er tektonisk påvirkede, er aflejret i Paleocæn eller senere.

Sektion II

Denne sektion (fig. 3) har mange lighedspunkter med den ovenfor beskrevne. Ligesom i sektion I ses der her et tværsnit i et deltakompleks, som er udbygget i retning mod syd, hvilket ses i form af de sydhældende interne reflektorer, (max. hældning ca. 9°). Som før repræsenterer reflektoren benævnt *c* bunden af det samlede deltakompleks. Dybden til denne laggrænse skønnes til ca. 250 m.

Reflektor *d* repræsenterer de yngste foreset-lag i delta-aflejringerne og afslutningen på de prograderende sekvenser. Igen kan der iagttages onlap af reflektorerne på denne flade. To mulige forklaringer på dette forhold, som også gør sig gældende på sektion I, skal nævnes: 1) Det prograderende aflejringsmiljø er afløst af et fald i havniveau, hvorefter en gradvis havspejlsstigning har medført transgressive forhold. 2) Det kan dog ikke afvises, at *d* og *a* afgrænser endnu en prograderende sekvens, som er resultat af en udbygningsretning på tværs af sektionen. I så fald skal refleksionerne, der danner onlap på *d*, opfattes som interne reflektorer i et yngre tværgående delta syd for det før omtalte. Reflektoren *d* repræsenterer i denne model grænsen mellem deltasekvenser og tillige den barriere mod nord, der har været til stede under udbygningen af det sidst dannede delta.

Deltasekvensen og den sydfor liggende sekvens afskæres opadtil af en ukonformitetsflade.

Refleksionen *a* repræsenterer her, med større tydelighed end det fremgik af sektion I, en erosionsbetinget diskordans. Erosionen har åbenbart haft en noget varierende effekt langs profilet med dannelsen af et uregelmæssigt relief ved basis Kvartær tilfølg.

Som på sektion I ses deltaets ældste dele (SP 1320–1420) at være deformeret. Deltaets relationer til de underliggende lag kan tyde på et geologisk udviklingsforløb, der kan sidestilles med det, som menes at gælde for profil I. Tidsbestemmelsen af aflejringerne skønnes derfor at svare til det, som kunne konkluderes for profil I.

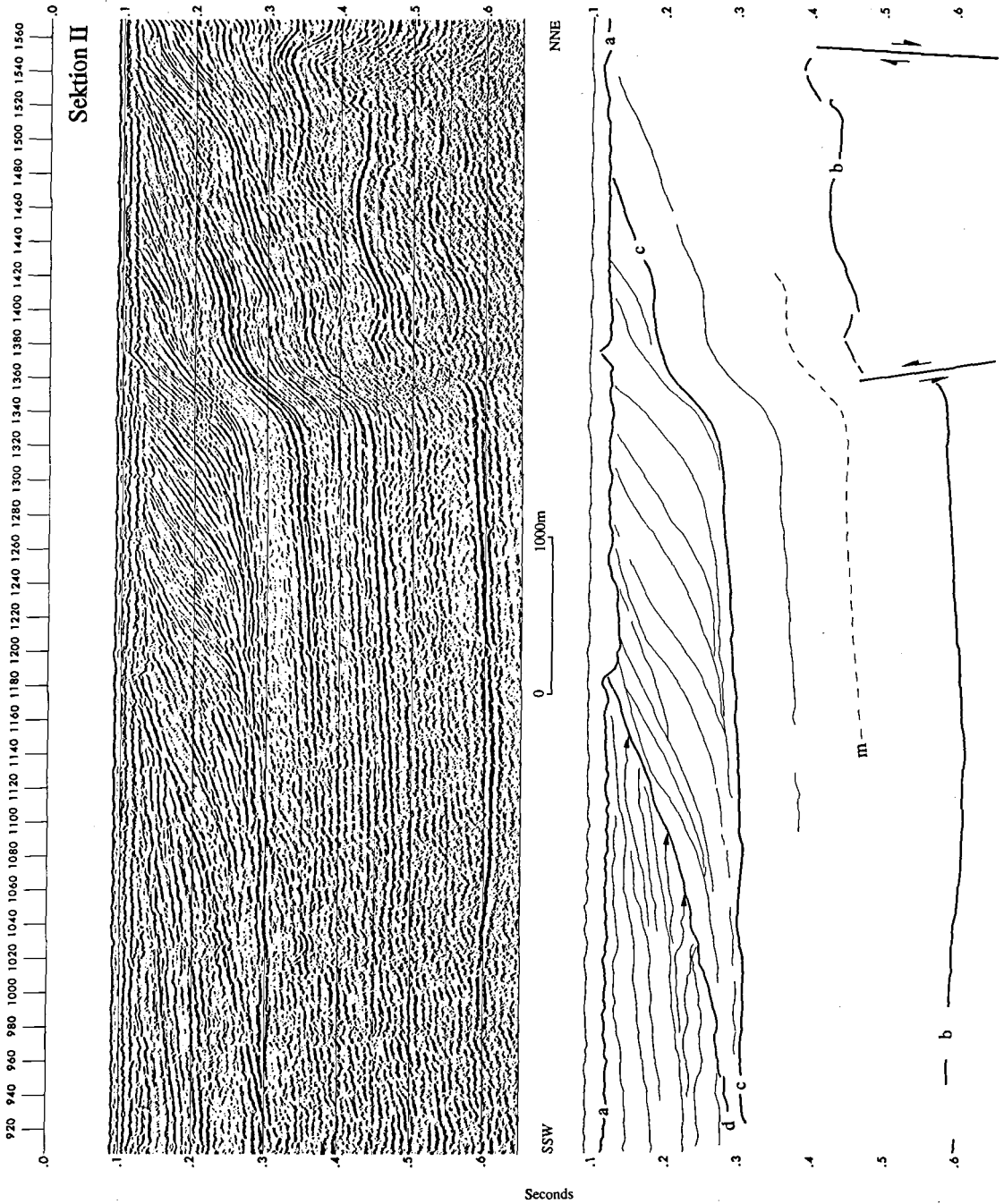
Sektion III

Sektion III (fig. 4) viser en anden udviklingshistorie end sektionerne I og II. Sekvensen med det prograderende refleksionsmønster som ses i den SSØ-lige ende af profilet (SP 3480–3650, 140–230 ms) er beliggende i en lagfølge, hvis geologiske udvikling kan forklares ud fra inversionsbetinget tektonik koncentreret omkring forkastningen ved SP 3480. Det ses, at forkastningsaktiviteten starter mellem reflektor *b* og *c*. I denne periode udvikles der et mindre indsynkningsområde nord for forkastningszonen.

Efter etableringen af reflektor *c* ændres billedet, således at den sydlige side nu nedforkastes, medførende bassinudvikling syd for forkastningszonen. Dette sker mellem reflektor *c* og *d*. Efter reflektor *d* skifter billedet igen, og bassinindsynkningen sker atter nord for forkastningszonen. Denne udvikling varer ved indtil etableringen af reflektor *e*.

Efter den vekslende indsynknings- og forkastningsperiode går forkastningen i stå, og sedimentationen bliver konstant over hele profilet. Tykkelsen af lagpakken mellem reflektor *e* og *f* er i det væsentlige konstant.

I perioden mellem reflektor *f* og *g* sker der en indsynkning syd for forkastningen ledsaget af betydelig materialetilførsel fra nord, og den prograderende sekvens, med sydhældende interne reflektorer, opstår. På tidspunktet omkring *g* reflektorens tilblivelse, evt. noget senere, har en reaktivering af forkastningen givet anledning til flexurdannelse og udvikling af et basin nord for forkastningen. Fra SP 3440 til SP 3500, ses en aggraderende sekvens med onlap mod reflektor *g*. Lagene lidt højere i den aggraderende sekvens ser ud til at være noget deformerede. Flexurdan-



SP
 Fig. 3. Den migrerede sektion II med tolkning. Sektionen ligger ca. 20 km vest for sektion I (Fig. 1). Se teksten for beskrivelse af laggrænserne a-d.

Section II is located about 20 km west of section I (Fig. 1). Like I, this section shows prograding sequences with dip of internal reflections towards south. a: Base Quaternary. b: Close to base Upper Cretaceous. c: Lower limit of deltaic deposits. Vertical exaggeration: Close to 5.

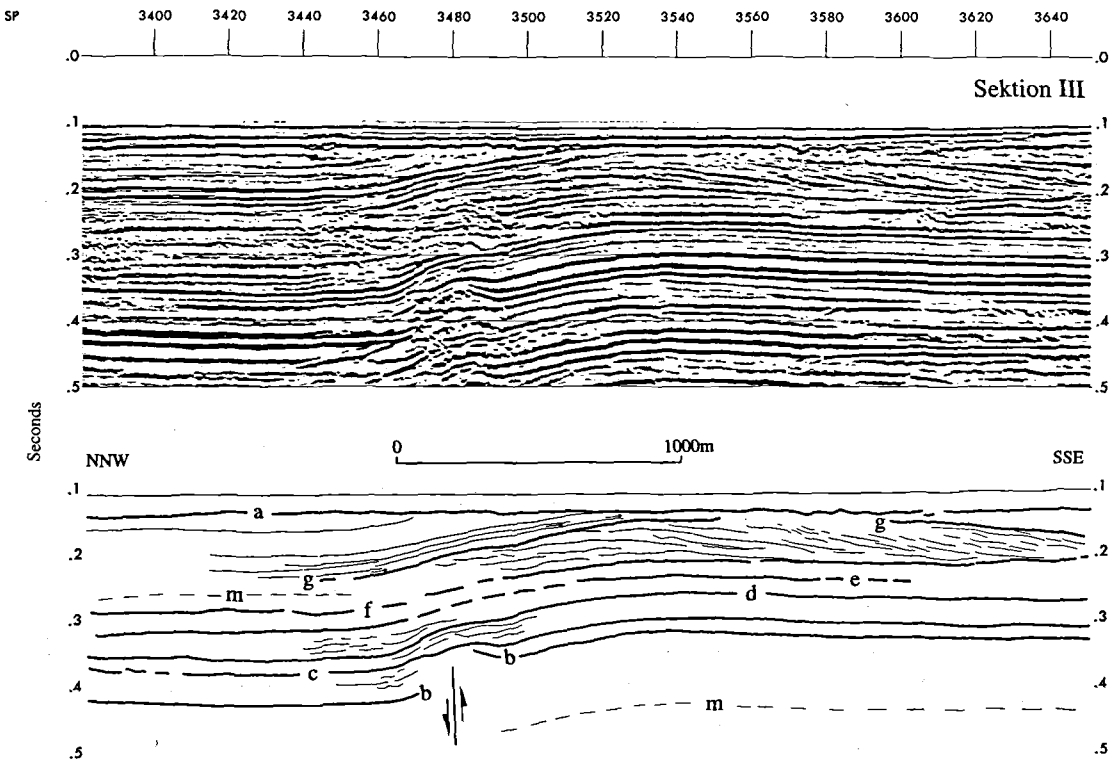


Fig. 4. Den migrerede sektion III med de laggrænser a-g, som omtales i teksten. Den prograderende sekvens ses mellem f og g.

Section III, located about 25 km north of section I. A prograding sequence can be seen between reflectors f and g. The delta is highly influenced by flexuring of the layers as a result of inversion movements. The inversion probably took place during the Late Cretaceous - Early Tertiary. Vertical exaggeration is close to 5.

nelsen har derfor tilsyneladende været aktiv nogen tid endnu, men er ophørt før etableringen af reflektor *a*, formentlig i det tidlige Tertiær. (Vejbæk, 1985). Herefter er der fjernet en ukendt del af de prækvartære sedimentter.

Deltaet må, i modsætning til de ovenfor beskrevne deltaer, være dannet og overlejret af yngre sedimentter inden inversionsperiodens afslutning.

Sammenfattende om deltaaflejringerne

Prograderende sekvenser er ikke begrænset til de her viste eksempler. Fig. 5 illustrerer den omtrentlige afgrænsning af de steder på de seismiske linier, hvor det umiddelbart har været muligt (de omtalte sektioner medregnet) at erkende refleksionsmønstre af tilsvarende art. De iagttagne prograderende sekvenser skal muligvis ikke alle tolkes som deltaer i lighed med de udvalgte sek-

tioner, men de viser alle den samme tendens til en sedimentær udbygning i sydlig retning. Dette betyder, at hele det på fig. 5 skraverede område har været udsat for en generel sedimenttilførsel fra nord.

Ved en umiddelbar sammenligning af de tre profiler forekommer sektionerne I og II at have de mest iøjnefaldende fællestræk. Om de to profiler skal tolkes som dele af et og samme aflejringskompleks må bero på et skøn, da afstanden mellem de tolkede linier er for stor (20 km) til at afsløre en direkte sammenhæng. Sektion III adskiller sig i det væsentlige fra I og II, ved at hele deltaet her er del af en flexur. Flexuren har deformeret hele lagpakken inkl. deltaet og ikke kun dele af denne som beskrevet for sektion I og II.

De øvrige observerede sektioner i området nordøst for sektionerne I og II (fig. 5) viser generelt, at de prograderende sekvenser er mindre og af ældre dato end de for sektion I og II. Erosio-

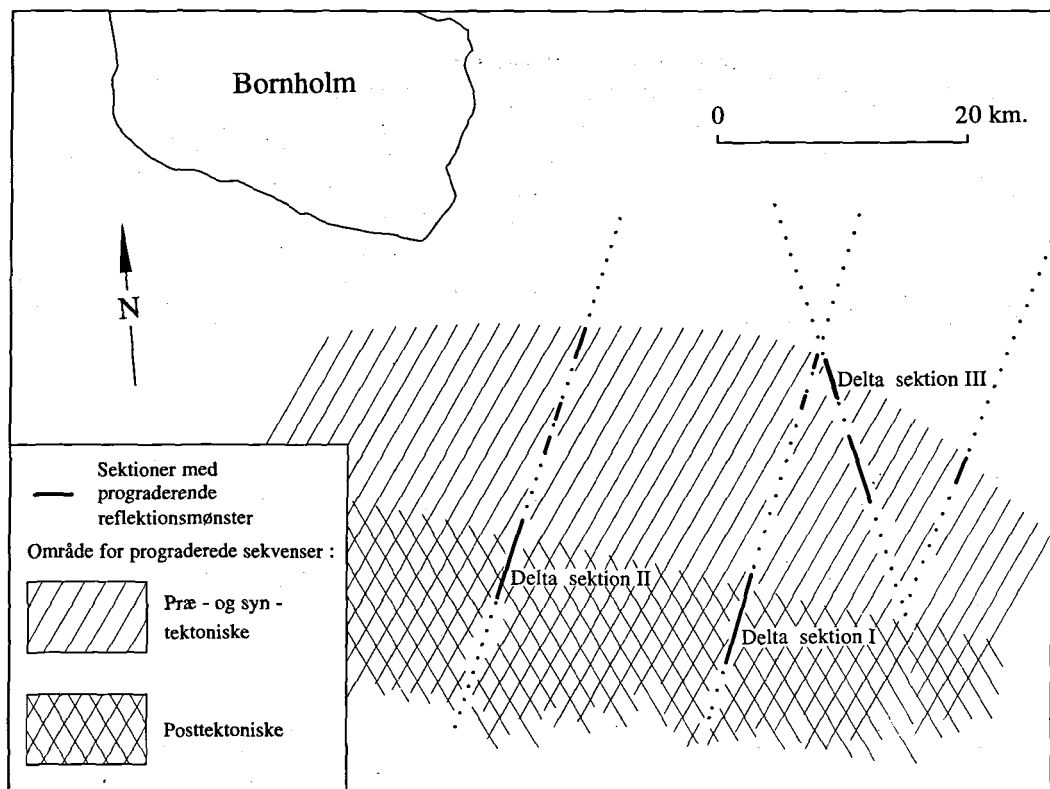


Fig. 5. Inden for det skråerede område har sedimenttilførslen resulteret i dannelse af prograderende sekvenser. I områdets sydlige del er sekvenserne formodentlig dannet efter inversionens ophør, mens sekvenserne nord for den viste grænse synes at være syn- og prætektonisk dannede i forhold til inversionen.

Map showing the location of prograding sequences seen on the seismic lines. An area that must have received sediments from north (because of the southward dip of internal reflections in the sequences) is defined. Deltaic sediments in the southern part of the area are not deformed by inversion movements. Therefore, deltaic sediments in this zone are supposed to be younger than the latest inversion movement. In the northern part, the delta sediments are older and pre- and syntectonically settled.

nen i toppen af sekvenserne mangler eller er mindre udtalt (som på sektion III), og de er øjensynligt indlejret i lagpakker, der som helhed har været mere eller mindre påvirket af inversionsbevægelser. Dannelsesstidspunktet for disse aflejringer kan som følge heraf ikke ligge efter inversionens ophør. Man må derfor formode, at de deltasedimenter, der er aflejret post-tektonisk (i forhold til inversionen), er begrænset til den sydligste del af området. Den mulige grænse mellem disse aflejringer og de, som skønnes at være præ- og syntektonisk aflejrede, er markeret på kortet (fig. 5) primært v.h.a. informationen fra sektion I og II. Datagrundlaget for denne opdeling af området er, som det fremgår, sparsom, og

den viste skitsering skal kun opfattes som en mulig tolkning af den information, der synes at ligge i den givne datamængde.

Overordnet synes der dog ret tydeligt at tegne sig et billede af et område, der har været modtager af erosionsprodukter fra egne længere mod nord. Dette har resulteret i dannelse af deltaformationer af aftagende alder sydover.

Disse sedimenter kan muligvis ses som et tidligt stadium i aflejringen af den Tertiære lagserie, som i det nordlige Polen er til stede i form af sedimenter fra Oligocæn, Miocæn og Pliocæn: (Znosko et al., 1968).

Relationerne til de formodede inversionsstrukturer muliggør en grov aldersbestemmelse, der

taler for, at de ældste deltasedimenter kan være af sen Kridtalders, hvorimod de yngste formodentlig er dannet umiddelbart efter det tidligste Paleocæn.

Kvartære erosionskanaler

Sektion IV (se fig. 1 og 6) viser et eksempel på to generationer af erosionskanaler, beliggende umiddelbart øst for Christiansø Horsten, i Hanö Bugt Bassinet.

Basis af de kvartære aflejring er foreløbig defineret som reflektor B udenfor kanalområdet, og ellers som reflektor A, der angiver bunden af den ældste kanal. Basis Kvartær reflektoren er hovedsageligt bestemt på grundlag af de overliggende lags lave intervalhastigheder. De prækvartære aflejring under reflektor A og B er af ubestemt mesozoisk alder (Kumpas 1980). Den svage synklinal struktur, som ses i den stærke refleksion ved ca. 400 ms., er formentlig fremkaldt af et *hastigheds-pull-down*, p.g.a. kvartær-aflejringernes lave hastighed og relativt store tykkelse i kanalen. Efter alt at dømme ligger refleksionerne i prækvartæret i realiteten vandret og uforstyrret under kanalen. Reflektor B er udenfor kanalområdet plan og trunkerer de underliggende refleksioner. Den kan følges over størstedelen af det undersøgte område. I selve kanalområdet angiver reflektor B en yngre og smallere erosionskanal dannet i den nordlige del af den tidligere kanal. Reflektor C, som ligger i en øvre, næsten transparent zone, afspejler den underliggende erosionskanal. Reflektor D repræsenterer havbunden.

Den ældste og bredeste erosionskanal, afgrænset nederst af reflektor A, er eroderet ca. 75 m ned i de prækvartære sediment. Kanaler, svarende til den her beskrevne, er fundet i Kattegat. De henregnes der til Saale istiden og opfattes som værende smeltevandskanaler. Indtil yderligere stratigrafiske data foreligger, anses det for muligt at sidestille kanalerne ved Bornholm med kanalerne i Kattegat. Det betyder, at kanaludfyldningsmaterialet i den ældste del af erosionskanalen mellem reflektor A og B antages at bestå af sen-Saale og Eem-aflejring. Reflektor B, der trunkerer de underliggende sediment, tolkes som en senere kanalerosion og peneplanisering af området udenfor kanalen.

Den yngste erosionskanal afgrænses nedefter af reflektor B. Alderen er også her svær at fastsætte, men et forslag kan fremsættes. Peneplaniseringen formodes at have fundet sted under Weichsel glaciationen. Den yngre erosionskanal kan således være dannet i sen-Weichsel som en smeltevandskanal under isens tilbagesmeltning.

Den transparente sekvens mellem reflektor B og C er formentlig en meget homogen aflejring bestående overvejende af ler. Dette understøttes af, at ler har en stor kompakteringssevne, og at denne sekvens udviser differentiell kompaktering, kraftigst omkring SP 1070, hvor sekvensens mægtighed er størst. Dette er ikke tilfældet i den underliggende sekvens mellem reflektor A og B. På fig. 6 ses, at reflektor B har en struktur tilsyneladende uafhængig af reflektor A's forløb. Lagene i denne sekvens består derfor formentlig af mere sandede sediment, hvori kompakterings- evnen er ringe.

Sekvensen mellem reflektor B og C antages at være aflejret i Senglacialtiden. Reflektor C, kan således formodes at være grænsen mellem senglaciale og postglaciale aflejring. Dette postuleres ud fra, at tykkelsen af intervallet B-C, som svarer til ca. 15 m, omtrent stemmer overens med tykkelser observeret i den dybere del af Østersøen, vest for Bornholm (Fredningsstyrelsen 1986). I følge Winterhalter et al., (1981) repræsenterer skiftet i sedimentfacies på grænsen mellem Ancylussøen og Litorinahavets aflejring i Postglacialtiden en god reflektor. Vi henfører derfor denne reflektor, som er beliggende i ca. 8 m's dybde, umiddelbart under reflektor D til denne grænse.

I følge T. Flodén (pers. medd.) optræder en del lignende erosionskanaler nordvest for Bornholm i Arkona Bassinet. Disse kanalers retning ser ud til at være overvejende SV-NØ. T. Flodén mener iøvrigt, at disse er af både to og tre generationer. Hvorvidt det viste eksempel her, eller andre erosionskanaler i det her omhandlede område, er af tre eller måske flere generationer, kan ikke afvises, men heller ikke bekræftes, da opløseligheden på seismogrammerne ikke er god nok.

Linseformede strukturer

Nordøst for Bornholm i Hanö Bugt-Bassinnet er havdybden knap 100 m. Her findes i havbunden nogle strukturer, der i tværsnit er linseformede.

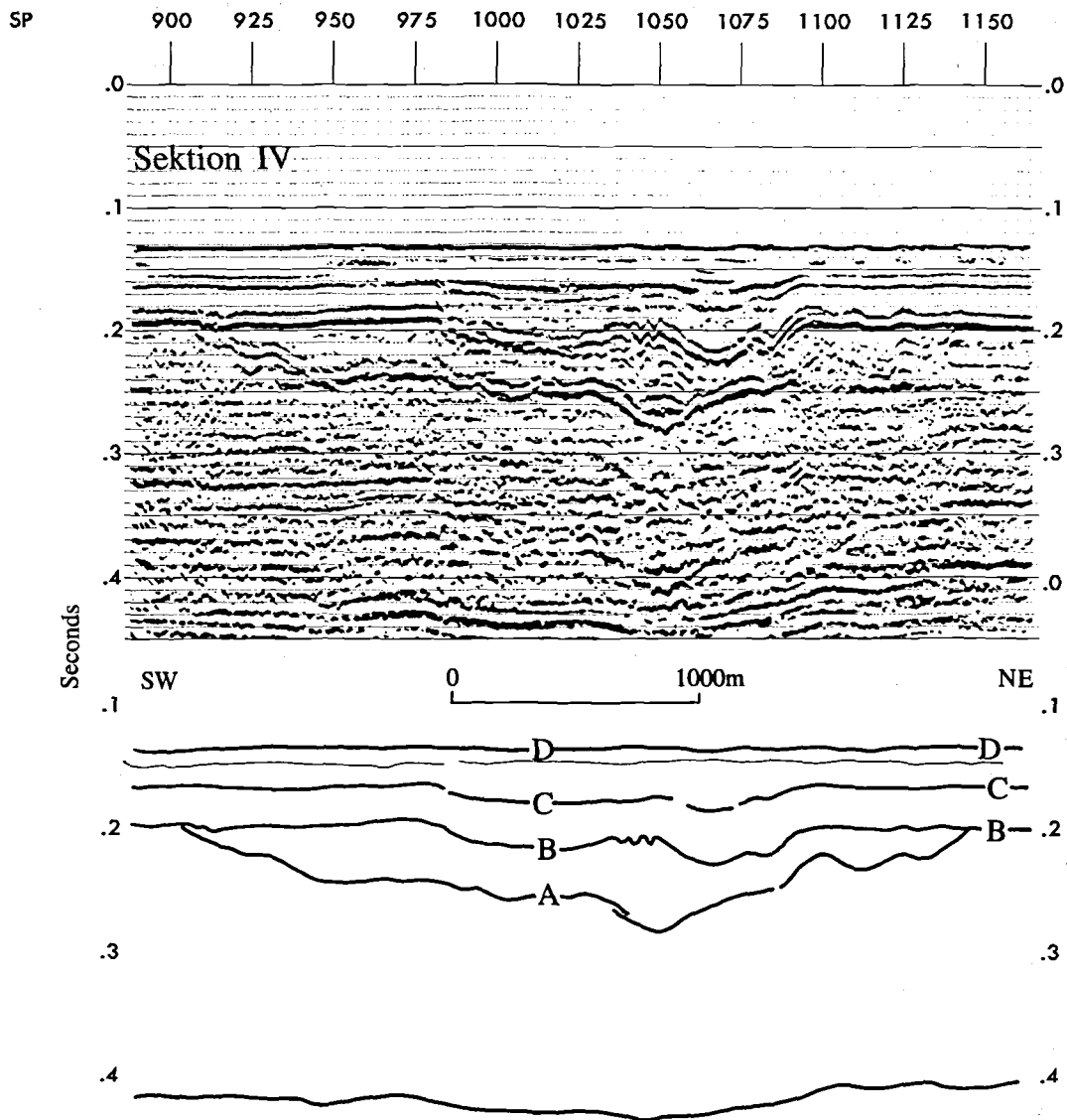


Fig. 6. Sektion IV (beliggenhed se figur 1). Udsnit af seismisk profil med to generationer erosionskanaler. Basis af de kvartære aflejringer er defineret af reflektor B udenfor kanalområdet og af reflektor A i selve kanalen. Reflektor A trunckeres af reflektor B, som definerer bunden af den yngste kanal i selve kanalområdet.

Den transparente zone mellem reflektor B og E formodes at bestå af finkornede sen- og postglaciale aflejringer.

Section IV (for location see fig. 1).

A section of a seismic profile, which shows two generations of erosional channels. The base of the Quaternary sediments is defined by reflection B outside the channel area, and by reflection A in the channel itself. Reflection A is truncated by reflection B, which defines the bottom of the youngest channel in the area.

The transparent zone between reflection B and D is believed to consist of late- and postglacial fine grained sediments.

Den laterale udbredelse af disse ligger i størrelsesordenen 70-200 m. Deres geografiske beliggenhed er tilsyneladende uafhængig af deres laterale størrelse (se fig. 7).

Den laterale variation behøver ikke nødvendigvis at være reel. Forskellen kan lige så vel skyldes, at det seismiske profil skærer strukturerne i forskellig vinkel. Af figur 7 ses, at linserne

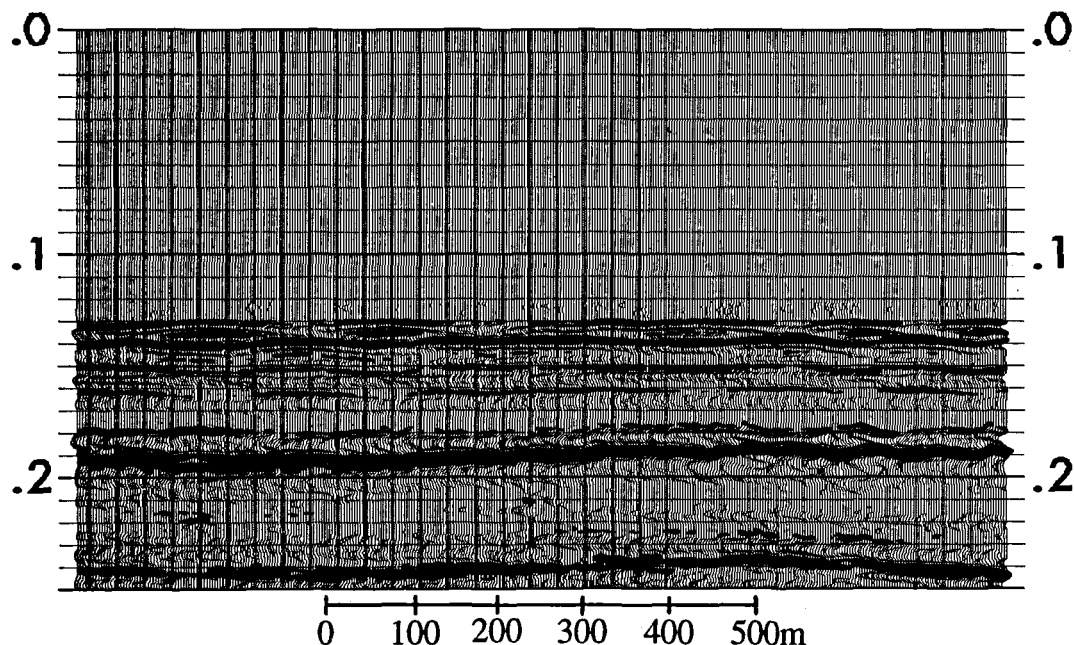


Fig. 7. Udsnit af et seismisk profil beliggende SØ for, og parallelt med sektion IV. Profilet viser de linseformede strukturer, som dels danner topografiske højdepunkter i havbunden, dels er sunket ned i de bløde postglaciale aflejringer. Tykkelsen af linserne er ca. 10 m.

Part of a seismic profile, which is located southeast of and parallel with section IV. The profile illustrates the lenticular structures, which partly form topographical heights in the sea bottom, and partly have settled in the soft postglacial deposits. The thickness of the lenses is approximately 10 metres.

har en maximal højde på 7 ms, svarende til ca. 5 m over havbunden. De er ligeledes sunket ned i det underliggende materiale, som formentlig består af blødt ler og mudder. Enkelte steder ses tegn på svag asymmetri, indikerende en lokal strømretning fra NØ mod SV. Et nøjere studium af den negative refleksion over linserne viser, at den kan følges kontinuert over bankerne. Dette kan med nogen forsigtighed tolkes som værende udtryk for, at den energikrævende bankedannelse er fossil. Herefter, under roligere forhold, har en sedimentation af finkornet materiale fundet sted.

Den kraftige refleksion i ca. 180–190 ms. afspejler i nogen grad havbundsreflektorens struktur. Den indeholder lignende linsestrukturer, omend ikke så tydelige. Det er påfaldende, at disse er beliggende direkte under linserne i havbunden, og hvorvidt det er et seismisk hastighedsfænomen, er endnu ikke klarlagt.

Både de unge linseformede dannelser og erosionskanalerne ses hyppigt på den NØ-lige side af Christiansø Horsten i Hanø Bugt Bassinet; men ingen af dem er genkendt på den SV-lige side af horsten ind mod Bornholm. Som det ses på figur 1, ligger de seismiske linier i det undersøgte om-

råde med en afstand på ca. 15 km. Så selvom der ses tegn på erosionskanaler på flere andre linier i Hanø Bugt Bassinet, har det på nuværende tidspunkt ikke været muligt at erkende kanalernes retninger. Det har heller ikke været muligt at finde en større sammenhæng af de linseformede strukturer m.h.t. regionale strømretninger.

Strukturer omkring Christiansø Horsten

Figur 8 viser et seismisk profil (sektion V), der giver et repræsentativt billede af tektonisk dannede sedimentære bassiner, som findes sydvest og nordøst for Christiansø Horsten.

På fig. 8 træder Christiansø Horsten frem i det 3–4 km brede interval mellem SP 2075 og 2350. De krystalline bjergarter findes blottede i havbunden i dette område. Horsten afgrænses på nordøstsiden af en meget stejl forkastning, der markerer randen af Hanø Bugt Bassinet (Kumpas, 1980). Sydvest-flanken af Christiansø Horsten angiver den nordøstlige afgrænsning af den

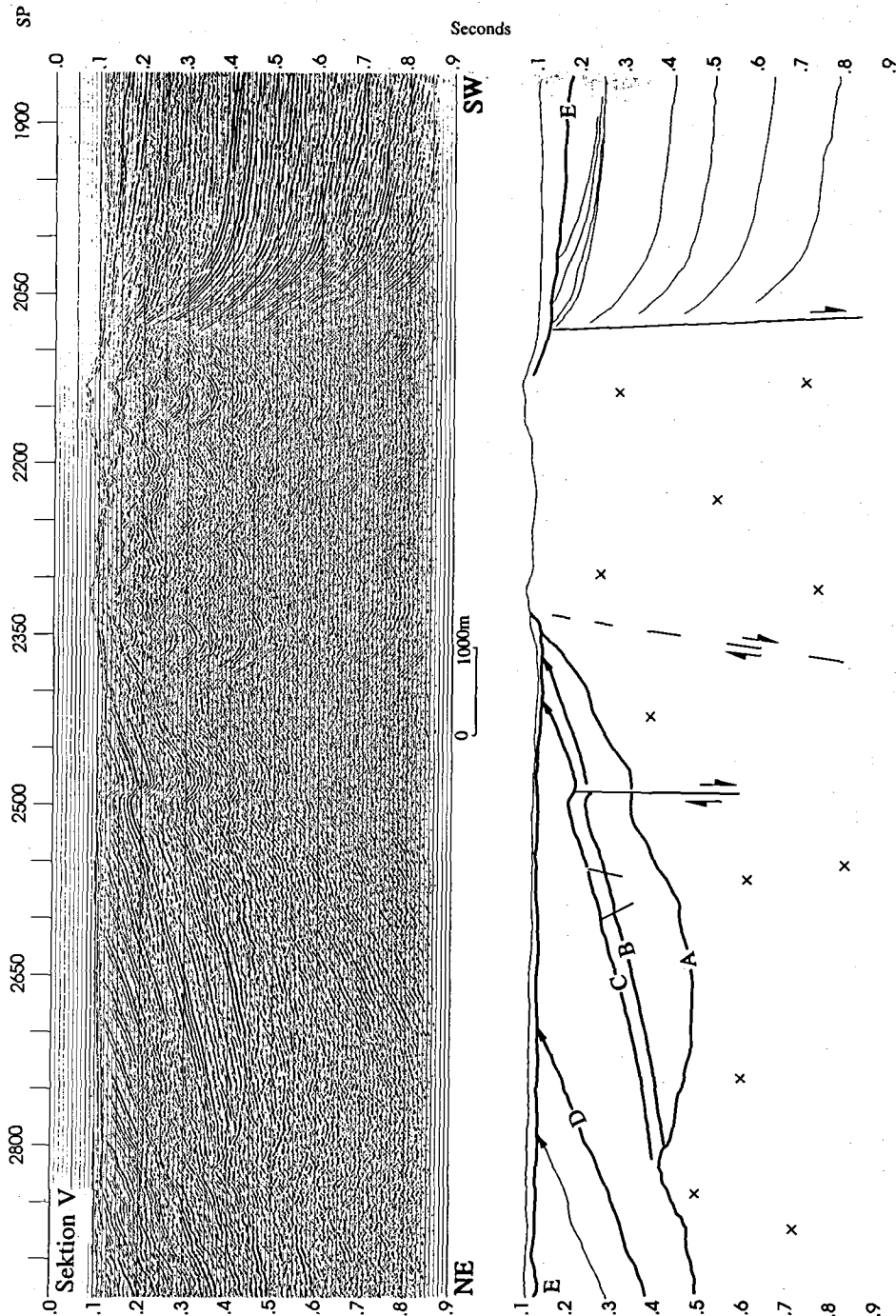


Fig. 8. Sektion V (beliggenhed se fig. 1). Udsnit af et seismisk profil, som viser de tektonisk dannede sedimentære bassiner omkring Christiansø Horsten. Christiansø Halvgraven, mod SV, har været kontrolleret af den forkastning, der definerer sydvest-flanken af Christiansø Horsten. Forkastningen antages oprindeligt at have været en syn-sedimentær normalforkastning. Forkastningen er senere reaktiveret som revers forkastning under inversion og endelig har lagserien været udsat for kraftig erosion.

Hanø Bugt Bassinet mod NØ kontrolleres af den stejle forkastning, der definerer Christiansø Horstens NØ-flanke. Her ses ingen tegn på inversion.

Section V (for location see fig 1). A section of a seismic profile, which shows the tectonically formed sedimentary basins around the Christiansø High. The Christiansø Halfgraben (located in the southwest end of the profile), has been controlled by the fault, which defines the southwest flank of the Christiansø-high. The fault is originally assumed to have been a syn-sedimentary normal fault. Later it has been reactivated as a revers fault during inversion and finally the deposits has been exposed to strong erosion.

The Hanø Bay Basin is limited to the south by the steep fault that defines the northeastern flank of the Christiansø High. There is no evidence of inversion on this side of the high.

såkaldte Christiansø Halvgrav (Vejbæk, 1985), som mod sydvest strækker sig ind mod Bornholms nordkyst.

I tidligere arbejder af f.eks. Wannäs (1980) er det foreslået, at de tektoniske strukturer i Hanö Bugt Bassinet er relaterede til strukturerne omkring de skånske horste, specielt Linderødåsen og, længere mod NØ, Nävlingeåsen. Således kan forkastningen, der afgrænser Christiansø Horsten mod NØ, formentlig betragtes som en forlængelse af den nordøstlige afgrænsning af Linderødåsen. Nävlingeåsens nordøstlige afgrænsning løber omtrent parallelt med denne forkastning og går ude i Hanö Bugt Bassinet over i en flexur. Denne flexur benævnes *Nävlingeflexuren* (Kumpas, 1980). Fra Nävlingeflexurens akse, mod sydvest, tiltager dybden til basement, indtil det på nordøst siden af Christiansø Horsten ligger i en dybde af ca. 900 m (Kumpas, 1980).

I Christiansø Halvgraven, nærmest Bornholm, kan grundfjeldet erkendes som ujævnt stigende op mod Christiansø Horsten, reflektor A, se fig. 8. Umiddelbart over grundfjeldet ses sekvenser, der alle er skråtstillede med sydlig hældning. Sekvenserne består antagelig af mesozoiske sedimenter (Wannäs, 1980). I de ældre sekvenser stiger mægtigheden mellem reflektorerne ud mod Christiansø Horsten, mens dette ikke er tilfældet med de yngre reflektorer, som er parallelle. Alle reflektorer afskæres opadtil af en næsten vandret ukonformitet, som antages at repræsentere basis af Kvartær, reflektor E.

I det følgende fremsættes en skitse til tolkning af den geologiske udvikling af Christiansø Halvgraven. Det bemærkes, at tolkningen har karakter af en arbejdshypotese, som skal nærmere afprøves på det samlede datasæt.

De ældste strata er under ekstension aflejret i et bassin, der er kontrolleret af en stor rotationsforkastning beliggende umiddelbart SV for horsten. Samtidig med hovedforkastningen har en lille synsedimentær normalforkastning omkring SP 2500 været aktiv. Den har været aktiv indtil dannelsen af reflektor C.

Bassinindsynkningen er ophørt omkring etableringen af reflektor D, idet reflektorerne over denne udviser ens mægtighed. Herefter udsættes

halvgraven for kompressiv stress fra syd. Under denne inversion reaktiveres rotationsforkastningen i modsat retning, lagene hæves og udsættes for erosion. Aktiviteten er standset før Kvartærperioden. Reflektorerne er derfor trunkerede ved basis Kvartær (reflektor E). Den mindre forkastning ved SP 2500 inverteres ligeledes, hvilket resulterer i en flexurdannelse i de overliggende lag.

Til forskel fra den SØ-lige side af horsten er der i Hanö Bugt Bassinet ingen tegn på den senere inversion, se fig. 8. Ved SP 2050 trunkerer reflektor E (basis Kvartær) en del mindre reflektorer, der tyder på tilstedeværelsen af en deltaudbygning mod NØ. Sedimenterne i deltaet er muligvis erosionsmateriale fra de i inversionsperioden eroderede mesozoiske sedimenter fra Christiansø Halvgraven.

Den tynde kvartære sekvens mellem reflektor E og havbundsreflektoren antages at bestå af den Baltiske Issøs strandgrus og Littorinahavets strandgrus, idet disse aflejringer forekommer på Bornholms nordkyst (Gry, 1977).

Litteratur

- Bergström, J., Holland, H., Larsson, K., Norling, E., Sivhed, U. 1982: Guide to excursions in Scania, *Sveriges geol. Unders. nr. 54*, Uppsala, pp. 28–48.
- Fredningsstyrelsen, 1986: *Havbundsundersøgelser. Råstoffer og fredningsinteresser*. Bornholm, pp. 19–29.
- Gry, H. 1977: Kvartær, I: Bruun-Petersen m.fl.: *Geologi på Bornholm*. Varv. ekskursionsfører nr. 1, 2. udg. pp. 90–92.
- Kumpas, M. G. 1980: Seismic stratigraphy and tectonics in Hanö Bay, southern Baltic. *Stockholm Contributions in geology*, 34: 4, pp. 35–168.
- Mitchum, R. M., Vail, P. R., Sangree, J. B. 1977: Seismic stratigraphy and global changes of sea level, part. 6, p. 125. In: *Seismic Stratigraphy – Applications to Hydrocarbon Exploration, AAPG Memoir 26*.
- Vejbæk, O. V. 1985: *Seismic Stratigraphy and Tectonics of Sedimentary Basins around Bornholm southern Baltic. Danm. geol. Unders. Serie A 8*, pp. 1–30.
- Voipio, A. 1981: The Baltic Sea. *Elsevier Oceanography Series* 30. pp. 1–120.
- Wannäs, K. 1980: Tectonic structures in the Bornholm Gat, southern Baltic. *Stockholm Contributions in geology*, 34: 1, pp. 1–14.
- Winterhalter, B. m.fl. 1981: *Geology of the Baltic Sea*.
- Znosko, J. & Aren, B. 1968: *Geological Atlas of Poland*. Geological Institute, Warsaw.