

**Kortbladsbeskrivelse til Geologisk kort over
Danmark, 1:50 000, Sakskøbing 1411 I og
1412 II Syd
With a summary in English**

Stig A. Schack Pedersen, Leif Aabo Rasmussen og
Johnny Fredericia

Geological Survey of Denmark and Greenland Map Series 6

Søgeord

Geologisk kortlægning, glacial litostratigrafi, Weichsel istiden, Ungbaltiske Is, glaciotekonik.

Forside

Udsnit af den centrale del af Sakskøbing kortbladet. I det meste af området ses Lolland Till Formationens bundmoræne. I udsnittets nordvestlige hjørne findes desuden aflejringer tilhørende Birket kompleksets smeltevandsserie samt yngre ferskvandssand, der også forekommer ved Ravnsby Bakker og Bønnet Holme.

Hovedredaktør af denne serie: Adam A. Garde

Videnskabelig redaktør af dette bind: Peter Gravesen

Teknisk redaktion: Adam A. Garde og Jane Holst

Eksterne faglige bedømmere: Christian Abildtrup og Ole Graversen

Teknisk tegner: Eva Melskens

Digital fotoredaktion: Benny M. Scharck

Grafisk produktion: Kristian A. Rasmussen/Henrik Klinge Pedersen

Tryk: Rosendahls · Schultz Grafisk A/S, Albertslund, Danmark

Manuskript modtaget: 18. januar 2013

Endelig version godkendt: 8. december 2014

Trykt: 15. juli 2015

ISSN 1604-9780

ISBN tryk 978-87-7871-402-2

ISBN (online) 978-87-7871-403-9

Citation af navnet på denne serie

Det anbefales at denne series fulde navn bruges ved citation: Geological Survey of Denmark and Greenland Map Series.

Hvis det er nødvendigt at forkorte denne udgivelses navn, foreslås følgende: Geol. Surv. Den. Green. Map Series 6, 42 pp.

Kan købes fra

De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS)

Øster Voldgade 10, 1350 København K

Telefon: 38 14 20 00, fax: 38 14 20 50, e-mail: geus@geus.dk

eller downloades fra

www.geus.dk/publications/maps

© De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS), 2015

Læs den fulde GEUS copyrighttekst på www.geus.dk/publications/maps

Indhold

Sammendrag	5
Introduktion	6
Prækvarter aflejringer og strukturer	6
Undergrundsboringen Søllested-1	7
Saltteknik	8
Horst- og grabenstrukturer	9
Glaciale aflejringer og deres stratigrafi	11
Data og tolkning	11
Litostratigrafi	11
Tebbestrup Formation	12
Historie	12
Litologi og tykkelse	13
Grænser og udbredelse	13
Alder	13
Aflejringsmiljø	13
Midtdanske Till Formation	13
Historie	13
Litologi og tykkelse	13
Grænser og udbredelse	14
Alder	14
Aflejringsmiljø	14
Birket Formation	14
Historie	14
Navn og typelokalitet	14
Litologi	17
Facies A	17
Facies B	17
Facies C	17
Facies D	17
Grænser og tykkelse	19
Udbredelse	19
Alder	19
Aflejringsmiljø	19
Lolland Till Formation	20
Historie	20
Navn og typelokalitet	20
Grænser og tykkelse	20
Litologi	20
Till-fabric analyse	21
Andre retningsindikationer i Lolland Till Formation	21
Alder	22
Aflejringsmiljø	22

Senglaciale aflejringer	22
Grønge lag	22
Historie	22
Litologi og tykkelse	22
Grænser og udbredelse	22
Alder	23
Aflejringsmiljø	23
Postglaciale aflejringer	23
Ferskvandsaflejringer	23
Marine aflejringer og Smålandsfarvandets maringeologi	23
Lagseriernes optræden og beliggenhed	24
Sammenfatning af den glacialdynamiske udvikling	26
Landskabets udformning og dannelse	29
Geomorfologisk beskrivelse	29
Endemorænelandskabet	29
Drumlinområder og landskabsstribe	29
Moræneplateauet	30
Birket og Lindholm smeltevands- og åskomplekser	30
Sakskøbing Fjords lineære dræningssystem	30
Diskussion af Kvartær Periodens dannelser og aflejringshistorie	30
English summary	33
Tak	34
Referencer	34
Appendiks 1. Till-fabric analyse af Lolland Till Formationen	36
Till fabrics fra Vejrø–Torrige Vig-området	37
Till fabrics fra Birket–Fejø-området	37
Till fabrics fra Femø–Askø-området	37
Till fabrics fra Sakskøbing Fjord-området	40
Appendiks 2. De geologiske kortlægningsenheder og den litostratigrafiske inddeling på danske geologiske kortblade af Peter Gravesen og Stig A. Schack Pedersen	41
Jordartsklassifikation og symboler	41
Kortlægningen	41
Litostratigrafisk inddeling	42
Fra jordart til formation	42

Sammendrag

Pedersen, S.A.S., Rasmussen, L.Aa. og Fredericia, J. 2015: Kortbladsbeskrivelse, Geologisk kort over Danmark, 1:50 000, Saksøbing 1411 I og 1412 II Syd. With a summary in English.

Geological Survey of Denmark and Greenland Map series 6, 42 sider + kort.

Kortbladet Saksøbing dækker den centrale nordlige del af Lolland og det meste af Smålandsfarvandets øer. Den topografiske variation er generelt beskeden med en landoverflade mellem 5 og 10 m over havniveau (o.h.), og havbund i Smålandsfarvandet 3–7 m under havniveau (u.h.). Området Birket med Ravnsby Bakker afviger fra det flade landskab og indbefatter Lollands højeste punkter Bavnehøj og Ravnsby Bakker på 30 m o.h. Smålandsfarvandets flade bund gennemskæres af en markant, SØ–NV-strygende rende, Saksøbing Fjord – Ståldyb, med dybder ned til 16 m u.h. To parallelle render gennem Femø Sund og nordvest for Guldborgsund har mindre vanddybder.

I modsætning til landoverfladen har undergrunden meget varierende højdeforhold. Den kvartære lagserie er tykkest mod vest og tyndest mod øst. Således er dybden til den prækvartære overflade mere end 70 m ved Lindholm Dyb men kun ca. 5 m mellem Saksøbing og Havløkke. Prækvartæroverfladens bjergarter er overvejende Maastrichtien skivekridt. Skivekridtets overflade gennemskæres af ØSØ–VNV-strygende forkastninger, der begrænser flere langstrakte horst- og grabenstrukturer. Nøbbet Graben, Kragenæs Graben og Femø Sund Graben indeholder alle nedforkastet Danien bryozokalk med tykkelser på op til 20 m. Den mest markante horst er Merretskov Horsten, hvor skivekridtet ligger i kote 0, samt horsten øst for Ståldyb, hvor skivekridtet er blottet i et 3 m højt profil på vestsiden af Skalø.

De kvartære aflejringer består af fire formationer, hvoraf de to nederste kun kendes fra borer. De består nederst af en smeltevandsserie overlejret af moræner afsat af et isfremstød fra nordøst i slutningen af Weichsel-istiden for 23 000–20 000 år siden. Denne moræneaflejring er den Midtdanske Till Formation, som med en tykkelse på op til 25 m forekommer under overfladen i store dele af kortbladsområdet. Under afsmeltningen af Nordøstisen dannedes to smeltevandssystemer. Det største er Birket komplekset, hvor en op til 35 m tyk smeltevandsserie, Birket Formationen (ny formation), blev afsat i et NNØ–SSV-orienteret dødisområde ved overgangen mellem tilbagesmeltningen af Nordøstisen og fremrykningen af Den Ungbaltiske Is. Et tilsvarende, mindre åssystem udgøres af Lindholm Ås (engelsk: Esker) med ca. 10 m tykke smeltevandsaflejringer. Det meste af kortbladsområdet dækkes af Lolland Till Formation (ny formation) med en ret konstant tykkelse på ca. 5–6 m, som blev afsat af det Ungbaltiske Isfremstød for ca. 19 000–16 000 år siden. Der kendes forbavsende få tilhørende smeltevandsaflejringer afsat i forbindelse med dette isfremstød. Lolland Till Formationen er en meget ensartet bundmoræne med en veludviklet stenorientering, som viser en SØ–NV-rettet isstrømsbevægelse. I tilknytning til tilbagesmeltningen af Den Ungbaltiske Is opstod en markant israndslinje vest og nord om Vejro med 3–5 buedeformede submarine rygge, hvor Vejro indgår i den østligste ryg. De øvrige øer i den østlige del af Smålandsfarvandet er præget af drumlinformer, som fremgår af øernes kuplede og langstrakte morfologi.

Områdets ferskvandsaflejringer knytter sig altovervejende til lavninger i landskabet, der tolkes som tunneldalsystemer og dødishuller overlejret af Lolland Till Formationen. Marine aflejringer består mest af strandvoldsudbygninger med næs og odder i de marine forlande, for eksempel et vinkeludbygget strandvoldskompleks på Femøs sydpunt. Andre marine aflejringer forekommer inden for inddæmmede arealer, f.eks. på den sydlige del af Askø.

Forfatterens adresser

S.A.S.P. & J.F., *De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, Øster Voldgade 10, 1350 København K, Danmark.* E-mail: sasp@geus.dk

L.A.R., *Åskebäck Norregård 2, 36023 Älmehöda, Sverige*

Introduktion

Det geologiske kortblad Saksøbing i skala 1:50 000 svarer til det topografiske kortblad 1411 I og den sydlige halvdel af kortbladet 1412 II (Fig. 1). Kortbladet dækker et lavlandsområde domineret af glaciale sedimenter aflejret under den sidste istid. Geomorfologisk er landskabet præget af glaciale processer knyttet til fremstødet af Den Ungbaltiske Is (Houmark-Nielsen & Kjær 2003), for omkring 19 000–16 000 år siden. Alle aldersangivelser i denne kortbladsbeskrivelse følger Houmark-Nielsen *et al.* (2012).

Geografisk set dækker kortbladsområdet Smålandsfarvandets øhav og den centrale del af det nordlige Lolland. I øhavet ligger følgende øer nævnt fra nordvest mod sydøst: Vejrø, Rågø og Rågø Kalv, Fejø inklusive Skalø, Femø, Askø, Lilleø, Lindholm og Vigsø. Mellem øerne er havet relativt lavvandet med dybder til omkring 6–7 m. Det lavvandede havbundsplateau gennemskæres af flere submarine dale, nemlig Rågø Sund, Ståldyb – Lindholm Dyb – Oreby Rende og Femø Sund, der generelt stryger NV–SØ med havdybder på 10–15 m. Saksøbing Fjord og dens forlængelse i ådalen med Saksøbing Å udgør en fortsættelse af Oreby Rende mod sydøst. Landområdet består af tre dele: 1) området ved Birket, der er karakteriseret af bakker og lavninger og omfatter kortbladsområdets højeste punkt 30 m o.h., 2) et meget fladt lavland mellem landsbyerne Søllested, Stokkemærke og Nørreballe, beliggende i en højde af 5–10 m o.h., og 3) området omkring Saksøbing Fjord, Rødsnæs og Vignæs nord for Saksøbing, som domineres af et lineært dalsystem.

Kortbladsbeskrivelsen omfatter primært områdets kvartære aflejringer og landskabets glacialdynamiske udvikling i den sidste del af Weichsel nedisningen, samt de holocæne aflejringer, som stedvis dækker de kvartære aflejringer. Desuden gives en kort beskrivelse af de ældre, underliggende kvartære istidsaflejringer samt den overfladenære del af prækvartæret, der overvejende består af skrivekridt. I undergrunden findes flere SØ–NV-strygende forkastninger, hvor Danien kalkaflejringer er bevaret i grabenstrukturer.

Den systematiske geologiske kortlægning af den danske landoverflade består i vid udstrækning af undersøgelse af de kvartærgeologiske forhold, idet mere end 90 % af Danmarks landoverflade består af kvartære aflejringer. Kortlægningen udføres af De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS) og foregår ved, at der med ca. 100 meters mellemrum foretages en arealdækkende sondering med et karteringsspyd ned til ca. 1 m dybde. Herfra opsamles en prøve i en lille slids i spyddets spids, som bestemmes på stedet. Kortlægningen repræsenterer således sedimenterne under kulturlag og jordbundshorizonten. Formålet med kortlægningen er dels at kortlægge jordarter og deres grænser i felten, dels at sikre en ensartet dækning af sonderinger inden for hvert kortlagt jordartspolygon. Ofte foretages sonderingerne med karteringsspyddet med en tættere afstand end 100 m, især hvor geologiske grænser skal fastlægges. Desuden indsamles og optegnes data fra daglokaliteter, hvor jordarterne er blottet i klinter, udgravninger, grøfter og lignende.

I felten skelnes mellem ca. 40 forskellige jordartstyper og sedimenter. Hver enhed har et symbol, som indtegnes på feltkort i skala 1:25 000. Disse foreløbige jordartskort danner grundlaget for det publicerede geologiske kort. Digitale udgaver af de foreløbige jordartskort findes i GEUS' jordartsdatabase og kan rekvireres fra GEUS.

Kortlægningen til Saksøbing kortbladet blev forestået af Leif Aabo Rasmussen i årene 1994–2000. Området ved Birket blev kortlagt i forbindelse med Miljøstyrelsens overvågningsprogram for de ferske og salte vande samt grundvandet (Rasmussen & Jacobsen 1988). Daværende geologistuderende Peter Roll Jakobsen, Birgitte Lassen og Søren Bernhard Nielsen har deltaget i kortlægningen, og Johnny Fredericia har foretaget omfattende studier af Lollands geologi, specielt i området omkring Birket (cand.scient.-speciale, Fredericia 1979). Stig A.S. Pedersen har stået for kompilation af kortbladet og kortbladsbeskrivelsen.

Prækvartære aflejringer og strukturer

I modsætning til de ret ensartede geologiske overfladeforhold, der karakteriserer kortbladsområdet, er undergrunden komplekst opbygget, idet de prækvartære aflej-

ringer har været udsat for tektoniske bevægelser. Dette ses tydeligt på figuren Dybden til kridtoverfladen, vist på kortbladet, hvoraf prækvartæroverfladens varierede

topografi fremgår. I en regional tektonisk ramme ligger Saksøbing kortbladsområdet på den sydlige flanke af Ringkøbing–Fyn Højderyggen (Sorgenfrei & Buch 1964; Sorgenfrei 1966; Håkansson & Pedersen 1992). Denne beliggenhed er årsagen til, at der mod sydvest findes et aflejringsbassin, mens området mod nordøst er karakteriseret ved hævnning. De dybereliggende tektoniske strukturer kan tolkes ved hjælp af en række seismiske profiler tværs over Lolland og det kendskab til den prækvartære stratigrafi, der er opnået ved den dybe kerneboring Søllested-1 (Fig. 2; GEUS 1997). Desuden understøttes tolkningen af den prækvartære overflades urolige topografiske forhold af talrige grundvandsboringer, der er dokumenteret i GEUS' Jupiter database.

Undergrundsboringen Søllested-1

Søllested-1 boringen (Fig. 2) er den eneste dybe undergrundsboring inden for kortbladets område, men supplerende oplysninger om de prækvartære stratigrafiske forhold kan fås ved at korrelere med undergrundsborin-

gerne Rødby-1 og Ørslev-1 (GEUS 1997). Søllested-1 boringen blev udført af Mærsk Oil & Gas i 1982 og nåede en dybde af 2700 m under overfladen (Fig. 2, 3; GEUS 1997).

De øverste 86 m af boringen går gennem kvartære aflejringer. Ifølge informationerne fra omkringliggende vandboringer nær Søllested består denne succession overvejende af moræneler med kun få indslag af smeltevandsgrus. De underliggende ca. 500 m består af kalk fra Øvre Kridt, i almindelighed benævnt Kalk Gruppen, bortset fra nederste ca. 40 m, som er sandede sedimenter svarende til Jydegård, Robbedale og Rabekke Formationerne, som i dag findes blottet på Bornholm (Gravesen *et al.* 1982). Fra 599 m til 775 m gennemboredes Juraaflejringer. Disse kan betragtes som svarende til Bornholm Gruppen (Gravesen *et al.* 1982), der ligeledes består af relativt finkornet sand mellemleret af ler og kul. Den tykkeste enhed i Søllested-1 boringen er lagserien fra Trias. Denne enhed består af en næsten 1300 m tyk serie af lersten mellemleret af kalksten med indslag af anhydrit. Disse aflejringer kan stratigrafisk korreleres med tilsvarende aflejringer i Det Nordtyske Bassin, der også kendes fra dybe boringer i det sydlige Jylland. Under



Fig. 1. Indekskort over Danmark med beliggenheden af det sydøstlige Danmark (A) og kortbladet Saksøbing (B).
 Fig. 1. Index map of Denmark showing the position of south-eastern Denmark (A) and the area covered by the Saksøbing map sheet (B).

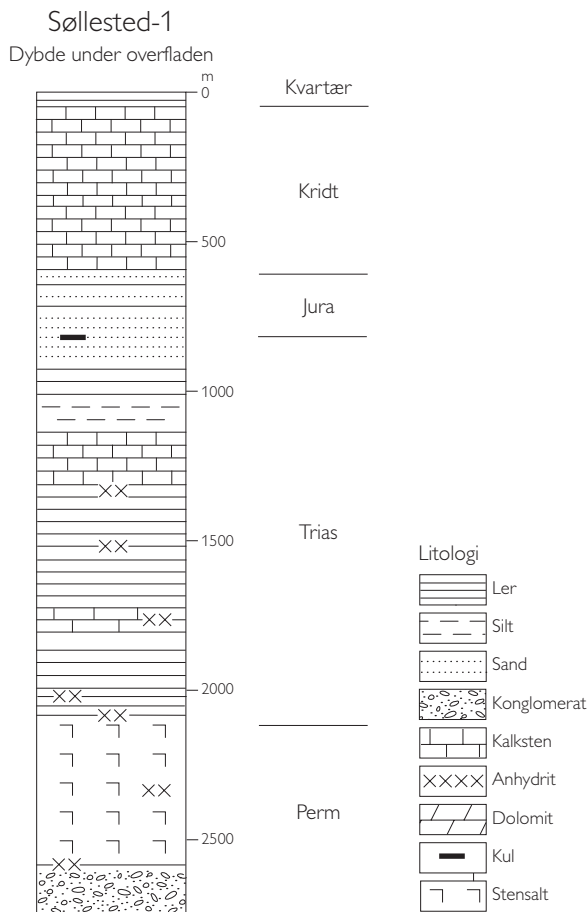


Fig. 2. Log af Søllested-1 boringen i kortbladsområdets sydvestlige hjørne. Den nederste del består af Nedre Perm konglomerat tilhørende Rotliegendes overljet af 600 m Øvre Perm salt tilhørende Zechstein Gruppen med indslag af anhydrit og karbonatbjergarter. I boringen ligger saltlagets top 2065 m under overfladen ved Søllested, men dets tykkelse varierer en del inden for kortbladsområdet på grund af salttektoniske bevægelser. Trias-aflejringerne består af terrestriske sandsten, der ligeledes har varierende tykkelse inden for kortbladsområdet. Jura-aflejringerne i boringen er tynde (176 m), mens aflejringerne fra Kridt har en tykkelse på godt 500 m (GEUS 1997).

Fig. 2. Log of the Søllested-1 well in the south-western corner of the map area. The basal unit consists of Lower Permian conglomerate of the Rotliegendes Group, overlain by 600 m of Upper Permian salt of the Zechstein Group with intercalations of anhydrite and carbonate rocks. The top of the salt is 2065 m below the land surface in Søllested-1, but the thickness of the salt layer is variable within the map area due to salt-tectonic movements. The Triassic deposits consist of terrestrial sandstones, which also vary in thickness within the map area. The Jurassic deposits are thin in Søllested-1 (176 m), whereas the Cretaceous deposits are more than 500 m thick (GEUS 1997).

aflejringerne fra Trias findes salt fra Øvre Perm, der i boringen optræder som en 611 m tyk enhed af evaporitter. Lagserien med salt henføres til Zechstein Gruppen med reference til lignende aflejringer i Det Tyske Bassin. Det

fremgår af de seismiske profiler på Lolland, at saltets tykkelse varierer betydeligt på grund af salttektoniske bevægelser. Den nederste ancorede enhed er sand og konglomerater tilhørende Rotliegendes Gruppen, Nedre Perm, som ligger under gips- og karbonataflejringer ved basis af Zechstein saltet. Grænsen mellem Zechstein og Rotliegendes er angivet til at være 2692 m under overfladen. Boringens bund er 2701,6 m under referenceniveauet ved jordoverfladen (Fig. 2; GEUS 1997).

Salttektonik

Den regionale geologiske ramme for kortbladsområdets præ-Kridt-aflejringer er det store nordeuropæiske Zechstein bassin, der i denne del af Danmark udgøres af Det Nordtyske Bassins nordlige rand (Vejbæk 1997). Langs den sydskrånende bassinkant blev det forkastningsprægede grundfjeld dækket med palæozoiske aflejringer, der også er forsat af normalforkastninger (Fig. 3, 4). Denne forkastningsaktivitet skyldes ustabile rift-tektoniske forhold i Rotliegendes, som efterfulgte Den Kaledoniske Foldning. Aflejringerne fra Rotliegendes kan inddeles i henholdsvis syntektoniske aflejringer og post-rift-aflejringer, som ikke er påvirket af strukturerne i det ældre forkastningssystem (Vejbæk 1997).

Aflejringen af Zechstein saltet og de øvrige evaporitter i den nordlige del af Det Nordtyske Bassin blev begrænset af den sydskrånende sydlige flanke af Ringkøbing-Fyn Højderyggen (Fig. 3, 4; Ziegler 1990). Den skrånende bassinbund medførte variationer i saltets aflejringsstykkelse, og vægten af de tykke Trias-sedimenter, som i løbet af en relativt kort periode blev aflejret oven på evaporitlagene, medførte bevægelse i saltlagene. I Søllested-Stokkemærke-området blev der blot dannet saltpuder, hvorimod der længere nede ad bassinskråningen svarende til positioner mellem Maribo og Rødby Havn og i Femern Bælt dannedes egentlige salthorste (Britze 1989). Denne generelle udvikling svarer til en model for udviklingen af tilsvarende saltstrukturer i Nordtyskland beskrevet af Trusheim (1960). Hvad angår de lokale forhold på Lolland antages det, at den gravitative spredning af saltet blev igangsat af forkastningsaktivitet langs de dybtliggende brudzoner under Stokkemærke Lineamentet (Fig. 4). Saltet blev valset ud på bassinskråningen, samtidig med at der blev dannet to saltpuder med SØ-NV længderetning mellem Stokkemærke Lineamentet og Den Centrale Lollandske Forkastningszone (Fig. 4). To større vækstforkastninger knyttet til den S-hældende normalforkastning under Stokkemærke Lineamentet var aktive samtidig med saltbevægelserne (Fig. 3, 4). I løbet af Jura klingede salttektonikken af, og i Kridt blev skrivekridtet, som er en ret ensartet horisontal lagpakke,

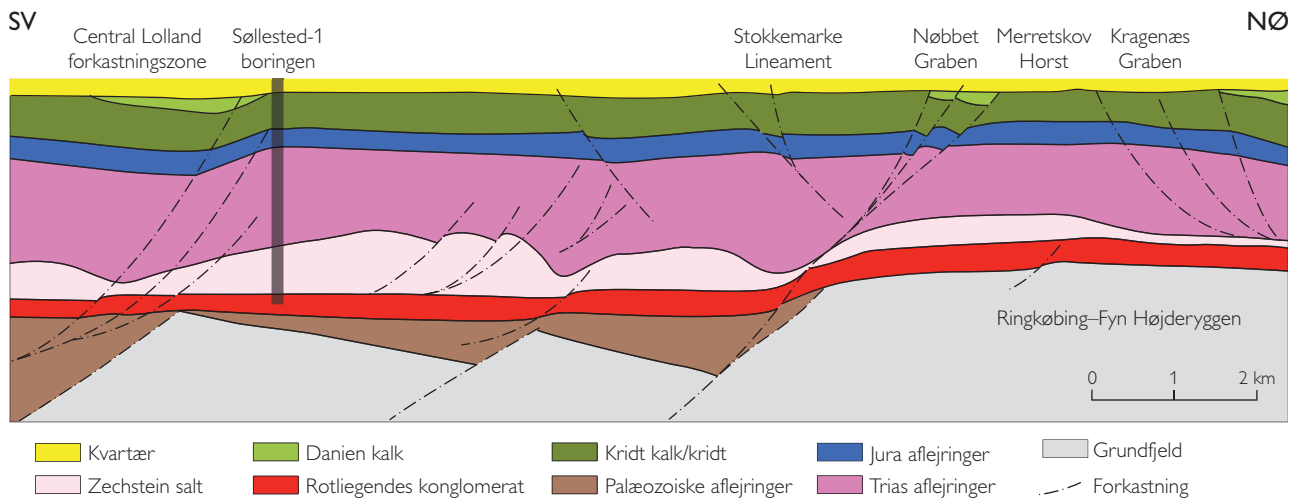


Fig. 3. Geologisk tværsnit gennem de prækvartære formationer. Profilet er baseret på Søllested-1 boringen og tolkning af den seismiske linje 8036 (Dansk Borelselskab A/S 1980), der krydser Søllested, samt supplerende informationer fra nabolinjer.

Fig. 3. Geological cross-section through the pre-Quaternary formations, based on the Søllested-1 well and interpretation of the seismic line 8036 (Dansk Borelselskab A/S 1980) crossing Søllested, as well as additional information from adjacent seismic lines.

aflejret på enheder og strukturer fra Trias og Jura. Som følge af fortsat ekstensionel tektonik i det mobile salt opstod der gennem Kænozoikum fornyet aktivitet langs de tidligere anlagte forcastninger, hvorved overfladenære horst- og grabenstrukturer opstod.

Horst- og grabenstrukturer

Kortbladsområdets prækvartæroverflade karakteriseres af bevaring af Danien bryozokalk i grabenstrukturer i Maastrichtien kridtoverfladen (se figuren Dybden til kridtoverfladen på kortbladet). Mellem grabenstrukturerne optræder markante horste, der danner langstrakte rygge af Maastrichtien kridt tæt under jordoverfladen. Forkastningsstrukturerne er kortlagt ved hjælp af data fra vandboringer i GEUS' Jupiter Database. Strygningen af forcastningssporerne og deres lineamenter er fastlagt ud fra forcastningsarkitekturen som tolket ved hjælp af seismiske profiler (Britze 1989).

Det mest iøjnefaldende lineament er Stokkemærke Lineament langs Merretskov Horst, der danner den langstrakte ryg i kridtoverfladen i kote 0 (se figuren Dybden til kridtoverfladen på kortbladet). Fra Merretskov Horst skræner kridtoverfladen mod sydvest med en lodret sænkning på 50 m over en horisontal afstand på ca. 2 km. I den sydvestlige del af kortbladsområdet findes en stor depression i kridtoverfladen mellem de to saltpuder i de dybere lag. Mod nordøst begrænses denne depression af Merretskov Horst. Langs horstens nordøstlige flanke udgør Birket-Våbensted Lineament sporet efter

en NØ-hældende forcastning. Følges Birket-Våbensted Lineament mod nordvest, spreder forcastningen sig ud til en vifteformet forcastningszone med Nøbbet Graben og Kragenæs Graben som to markante kileformede, nedforcastede blokke. Forkastningsviftens nordøstlige begrænsning er Ståldyb Fault (Ståldyb Forkastningen), som stryger SØ–NV mellem Kragenæs og Fejø. Denne forcastning forgrener sig mod sydøst, hvor en nordøstlig forcastning følger Fejøs sydvestkyst. Ståldyb (–Fejø) Fault tolkes som en større, sammensat normalforcastning, der samtidig udgør den stejlt SV-hældende side af Kragenæs Graben (som reelt er en half-graben). Fejø Fault kan have været aktiv i seneste del af Kvartær, idet der er bevaret en mere end 70 m tyk succession af glaciale sedimenter i den øvre del af den hængende blok i normalforcastningsstrukturen. Skulderen af den liggende blok følger Fejø og Skaløs sydvestkyster og består af skrivekridt, som træder frem i en ca. 3 m høj kystblotning på Skalø og overlejres af moræneler (Fig. 5). Mod sydøst kan det formodes, at Fejø Fault fortsætter i Saksøbing Fjord Lineament.

Femø Sund Fault og Graben i den nordlige del af kortbladsområdet er tolket ud fra forekomsten af Danien kalk i en boring på det østlige Fejø, kombineret med det regionale struktur mønster på kalkoverfladen. Det forcastningslineament, der er knyttet til Femø Sund Fault optræder på et seismisk profil umiddelbart sydøst for kortbladsområdet. Det samme gælder Femø – Vigsø Flak Lineament, som kan spores fra munden af Guldborg Sund til den smalle, indskårne fjord i den østlige del af Femø.

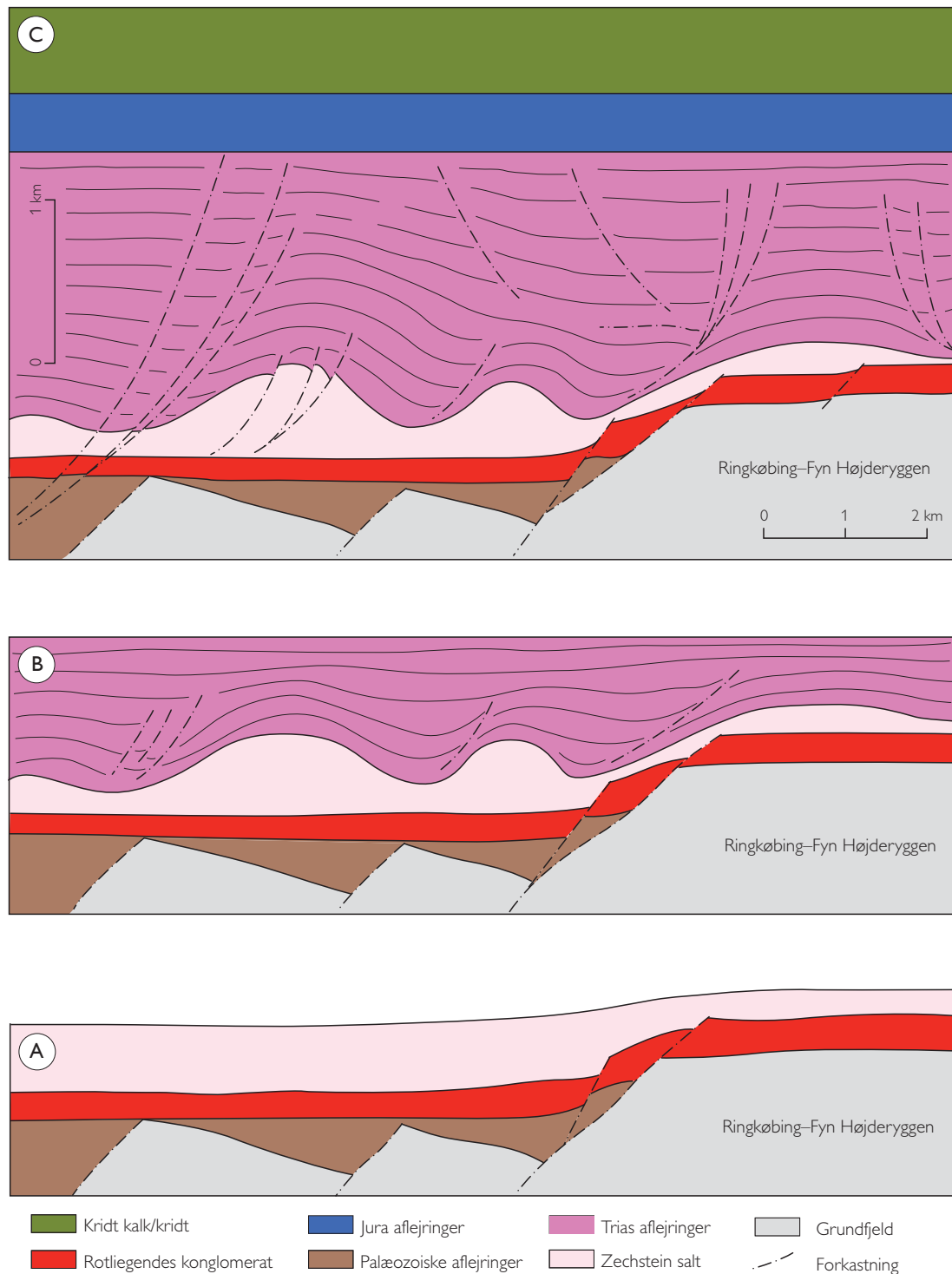


Fig. 4. Udviklingen af ekstensionelle forkastninger dannet ved salttektoniske bevægelser i Søllested området. **A:** Zechstein salt aflejres på palæozoiske grabenstrukturer ved bassinkanten langs Ringkøbing-Fyn Højderyggen. **B:** Der dannes saltpuder og forkastninger under sedimentation af triassiske aflejringer. **C:** Jura- og Kridtsedimenter aflejres diskordant på de tidligere dannede strukturer. I Tertiær reaktiveres forkastningerne, og der dannes forsætninger helt op til den prækvartære overflade (se Fig. 3).

Fig. 4. Development of extensional faults associated with salt-tectonic movements in the Søllested area. **A:** Zechstein salt is deposited discordantly upon Palaeozoic graben structures at the margin of the basin flanking the Ringkøbing-Fyn High. **B:** Salt pillows and faults develop during sedimentation of Triassic deposits. **C:** Jurassic and Cretaceous sediments are deposited on top of the Triassic deposits. The faults are re-activated during the Cenozoic, with displacements reaching the pre-Quaternary surface (see Fig. 3).



Fig. 5. Blotning af Maastrichtien skrivekridt på Skaløs vestvendte klint. Bemærk glaciotektonitten af kalk og den glacialtektoniske inkonformitet under Lolland Till Formationens sål.

Fig. 5. Exposure of Maastrichtian chalk on the west-facing cliff of the island of Skalo. Note the glaciotektonite consisting of chalk and the glacioteconic unconformity at the base of the Lolland Till Formation.

Glaciale aflejringer og deres stratigrafi

Data og tolkning

Den prækvartære overflades urolige relief overlejres af en op til 80 m tyk lagserie af glaciale sedimenter, der fortrinsvis er afsat i den sidste del af Weichsel-istiden for ca. 25 000 til 11 700 år siden. Under karteringen, hvor der foretages en sondering af jordarterne for hver ca. 100 m, skelnes mellem følgende glaciale jordarter: moræner, morænesand og morænegrus. Hertil kommer glaciofluviale og glaciolakustrine jordarter: smeltevandsgrus, smeltevandssand og smeltevandsler. Dataindsamlingen fra den systematiske geologiske overfladekartering opbevares i GEUS' arkiver. Langt den overvejende del af landarealet, som for Saksøbing kortbladets vedkommende udgør 303 km², dækkes af moræner, i alt 87 %. De sandede glaciale aflejringer domineres af smeltevandssand, som træder frem i overfladen på 2,5 % af kortbladsarealet. De resterende ca. 10 % af kortbladsarealet dækkes af holocæne ferskvandsaflejringer (5 %), holocæne marine aflejringer (3 %), byer og anlæg befæster 2,5 % (som ikke er karteret), og endelig udgør ferskvandssøer 0,2 %.

Den kvartærgeologiske stratigrafi er opstillet på basis af data fra kystprofiler og profiler i grusgrave, fortrinsvis Birket grusgrav. Desuden udgør tværprofilerne en væsentlig nøgle til forståelsen af den glaciale stratigrafi. Ved udarbejdelsen af profilerne er anvendt boringsdata fra GEUS' Borearkiv og Jupiter database samt en række seismiske profiler fra GEUS' Undergrundsarkiv.

Litostratigrafi

De glaciale enheder, der optræder inden for kortbladsområdet, henføres til aflejringer afsat i sidste del af den sidste istid for ca. 25 000 til 14 000 år siden, bortset fra nogle enkelte glaciale aflejringer påtruffet i bunden af de dybeste borer. Aflejringerne er opdelt i fire formationer (Fig. 6): Nederst Tebbestrup Formationen (Larsen *et al.* 1977) overlejret af Midtdanske Till Formation (Houmark-Nielsen 1987) og Birket Formation (ny formation),

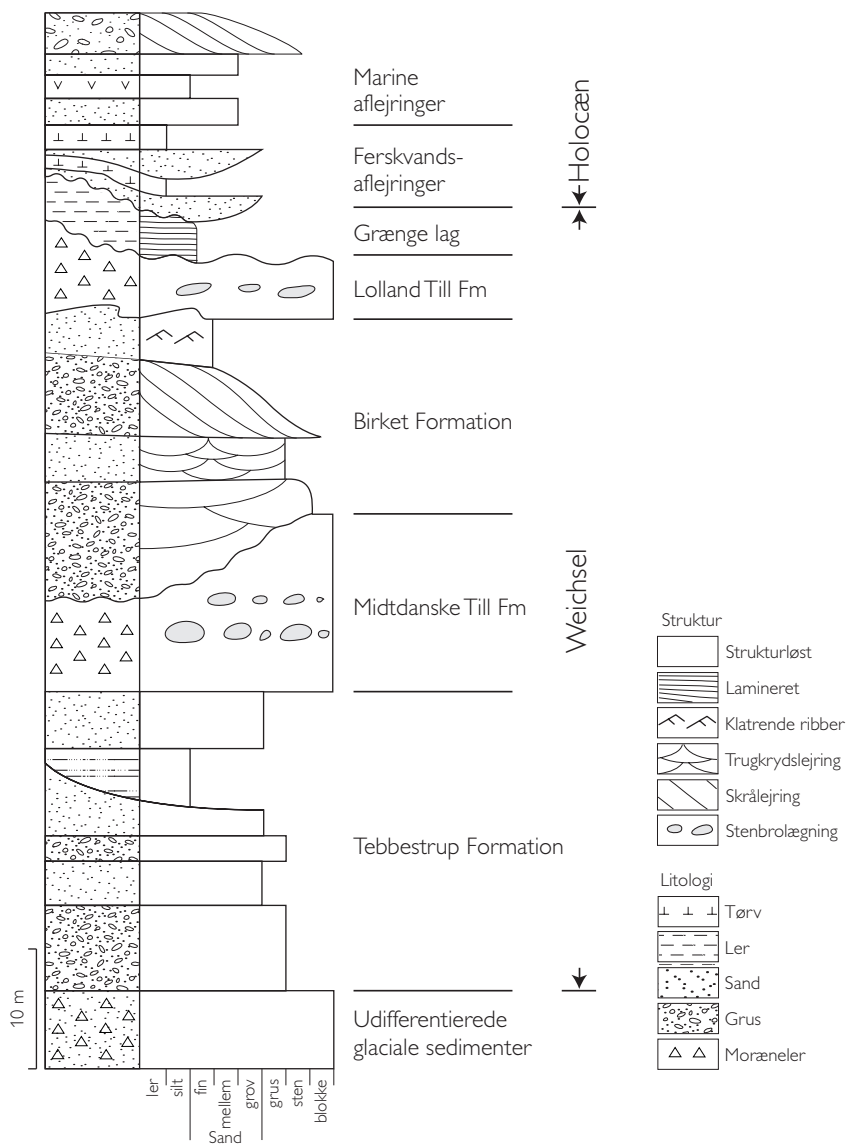


Fig. 6. Schematisk stratigrafisk log for de kvartære aflejringer, der er repræsenteret i Sakskøbing kortbladsområdet.

Fig. 6. Schematic stratigraphic log of the Quaternary deposits in the Sakskøbing map area.

og øverst Lolland Till Formation (ny formation). Lolland Till Formation overlejres af spredte ekstramarginale glaciolakustrine sedimenter, der er beskrevet under den uformelle betegnelse Grænge lag (Kolstrup & Buchardt 1982).

Den litostratigrafiske opdeling er baseret på aflejringeres litologiske sammensætning, herunder indholdet af lokale og fjerntransporterede sten- og grusmaterialer. Bevægelsesindikatorer i form af foretrukken till fabric (Appendiks 1), skurestriber og retninger af dislokationer i morænelerslag eller deres underliggende enheder er desuden med til at bestemme aflejringeres alder. Den stratigrafiske ramme og tilhørende nøglelokalitet er Ristinge Klint på Langeland, idet Midtdanske Till Formation aflejret af Nordøstisen er opstillet her (Houmark-Nielsen 1987). Midtdanske Till Formation kan korreleres med de aflejringer, som underlejrer de udbredte smeltevandsaflejringer ved Birket, der er dannet ved Nordøstisens afsmeltning. Det er vanskeligt at anvende litologiske ka-

raktertræk af det fjernttransporterede materiale i denne del af Danmark (Fredericia 1979). Derimod kan mængden af lokalt materiale udgøre en indikator, idet et højt indhold af flint og kalksten kan hænge sammen med en stor erosiv evne, som igen hænger sammen med isstrømmens størrelse og temperaturforhold. En omtale af opstillingen af de kvartære litostratigrafiske enheder i forbindelse med kortlægningen kan findes i Appendiks 2.

Tebbestrup Formation

Historie

Tebbestrup Formation blev opstillet af Larsen *et al.* (1977) for glaciofluviale sedimenter aflejret på sandurfladen foran den fremrykkende Nordøstis i den centrale del af Østjylland. Formationen blev af Pedersen & Peter-

sen (1997) i forbindelse med kortlægningen af Djursland defineret som den nederste enhed i Djursland Gruppe. Enheden er velkendt i det meste af det østlige Danmark, hvor den er påtruffet i undersøgelsen af talrige smeltvandsaflejringer lokaliseret under Midtdanske Till Formation (Houmark-Nielsen 1987, 1999). Inden for kortbladsområdet er sådanne glaciofluviale sedimenter kendt fra de dybere vandboringer. På basis af disse boringer og den regionale glacialgeologiske ramme henregnes den glaciofluviale enhed mellem den prækvartære overflade og bunden af Midtdanske Till Formation til Tebbestrup Formationen (se de geologiske tværprofiler i afsnittet Lagseriernes optræden og beliggenhed).

Litologi og tykkelse

Tebbestrup Formation består af smeltvandsaflejringer med kornstørrelser fra grovkornet grus til siltet og lerholdigt fint sand. Formationens største tykkelse træffes i Nøbbet Graben nær Nøbbet, hvor den er mere end 25 m tyk. En referencesektion for Tebbestrup Formationen i kortbladsområdet er boring DGU 230.263 ved Haltingbogård 1 km sydøst for Nøbbet. I Nøbbet Graben domineres formationen af en ca. 20 m tyk enhed af glaciofluvialt sand indeholdende et få meter tykt, uregelmæssigt optrædende lag af grus. De øverste 10 m består af glaciolakustrint fint sand, silt og ler, som i bund og top er veksellejret med glaciofluvialt sand. I Sakskøbing når formationen en tykkelse på 20 m. Her domineres den af groft sand og grusholdige glaciofluviale aflejringer. Jordartssymboler: **DS, DG, DV, DI, DL**.

Grænser og udbredelse

Generelt ligger Tebbestrup Formationen direkte på den prækvartære overflade. I størstedelen af kortbladsområdet er denne flade som nævnt sammenfaldende med kridtoverfladen. Undtagelsen herfra er bunden af grabendannelserne, hvor Tebbestrup Formationen hviler på Danien kalk eller på et tyndt dække af ældre udifferentierede glacialle sedimenter. I den dybeste del af Nøbbet Graben ligger bunden af Tebbestrup Formationen i kote -50 m, og ved Vesterby på Fejø i kote -70 m.

Tebbestrup Formationens øvre grænse er den glacialtektoniske inkonformitet under Midtdanske Till Formation. Den glacialle erosion (dannelsen af den glacialtektoniske inkonformitet) anses for den væsentligste årsag til, at Tebbestrup Formationen mangler i en del af kortbladsområdet. Tebbestrup Formationen er især bevaret i depressionerne i den prækvartære overflade. Foruden Nøbbet Graben er det depressionen langs med Sakskøbing Fjord Lineament, der mod nordvest udvik-

ler sig til en half-graben langs med Fejø Fault og Ståldyb Fault. Desuden optræder formationen i depressionen sydvest for Stokkemærke Lineament.

Alder

Tebbestrup Formation tolkes som afsat på en proglacial sandur foran den fremrykkende Nordøstis i sidste del af Weichsel-istiden. De seneste dateringer af Tebbestrup Formationen i det centrale og nordlige Jylland giver aldre på omkring 25 000 år. (Houmark-Nielsen 1999, 2003). Inden for kortbladsområdet er Tebbestrup Formationen formentlig lidt yngre, grundet dens distale position i forhold til aflejringerne på Djursland.

Aflejringsmiljø

Tebbestrup Formation er overordnet dannet på en sandur foran Nordøstisen, hvor de grovkornede sand- og grussedimenter er aflejret i flettede flodsystemer. Desuden findes mere finkornet sand, som kan være både silt- og lerholdigt, samt silt og ler aflejret i søer.

Midtdanske Till Formation

Historie

Midtdanske Till Formation (Mid Danish Till Formation) blev opstillet af Houmark-Nielsen (1987) for den litologiske enhed af moræneler, der dækker Danmark fra landets østlige grænse til Hovedopholdslinjen i det centrale Jylland. Formationen har typelokalitet i Ristinge Klint på Langeland, hvor den danner en resistent, ca. 15 m tyk, homogen till-enhed i de flager, som indgår i klintens glacialtektoniske kompleks.

Litologi og tykkelse

Inden for kortbladsområdet er Midtdanske Till Formation kendt fra blotninger i grusgravene ved Birket. Desuden er den kendt fra adskillige boringer spredt over hele kortbladsområdet. Ved Birket fremstår formationen som brunt, gråt til blågråt, lyst gråligt forvitret, siltet til ret fedt moræneler karakteriseret af et stort indhold af skrivekridt og kalksten. Stedvist repræsenteres formationen af en kalkcementeret enhed rig på fragmenter af bryozokalk. Formationen udgjorde en del af et nu dårligt blotet glacialtektonisk kompleks i den sydlige del af Birket området (Fredericia 1979). Her er der målt en till fabric

fra formationen, som viser en ØNØ–VSV isbevægelse (Fredericia 1979). Materiale fra formationen er endvidere inkorporeret som en tektonisk flage ved basis af Lolland Till Formation (se nedenfor). Midtdanske Till Formation har generelt en tykkelse på omkring 15 m. Fjerntransporterede flager af kalk kan optræde, som det ses i den centrale del af tværprofil A–B på kortbladet. I området omkring Søllested når tykkelsen af morænelejet mere end 75 m. Indtil nøjere undersøgelser eventuelt kan afsløre detaljer om denne formation på Lolland, betragtes den øvre del af morænelersserien under Birket Formationen (se nedenfor) som tilhørende Midtdanske Till Formation. Jordartssymbol: **ML**.

Grænser og udbredelse

Den nedre grænse af Midtdanske Till Formation er den glacialtektoniske inkonformitet, som adskiller toppen af Tebbestrup Formationen fra sålen af morænelersenheden (Fig. 6). Formentlig er Tebbestrup Formationen eroderet bort fra betydelige områder inden for kortbladsområdet. Derfor hviler Midtdanske Till Formation ofte direkte på kridtoverfladens erosive inkonformitet, hvilket sandsynligvis er årsagen til dens høje kalkindhold. Formationens øvre grænse er den erosive inkonformitet ved basis af Birket Formationen. Da Birket Formationens udbredelse er begrænset til nogle få områder, vil Midtdanske Till Formationens øvre grænse inden for størstedelen af kortbladsområdet være defineret ved den erosive kontakt ved basis af Lolland Till Formation. Da den overliggende Lolland Till Formation almindeligvis kun er op til 10 m tyk, anses den Midtdanske Till Formation for at være repræsenteret i alle områder, hvor Kvartærets tykkelse overstiger 10 m.

Alder

Den Midtdanske Till Formation er yngre end de ca. 25 000 år gamle smeltevandsaflejringer fra Tebbestrup Formationen, der underlejrer formationen i Jylland, og ældre end de overlejrende smeltevandsaflejringer, som i det østlige Jylland er dateret til omkring 18 000 år før nu. (Houmark-Nielsen 1999, 2003).

Aflejringsmiljø

Den Midtdanske Till Formation er en bundmoræneaflejrings (lodgement till), der er afsat under den maksimale udbredelse af Den Skandinaviske Iskappe i sidste del af Weichsel-istiden. Hovedopholdslinjen for dette isfremstød var beliggende 100 km syd og vest for Lolland i et

Modstående side:

Fig. 7. Fem sedimentologiske logs fra de stratigrafiske enheder blotet på typelokaliteten for Birket Formationen. Fire forskellige sedimentfacies er udskilt (A, B, C og D). Facies A er groft glaciofluvialt grus aflejret i bunden af en smeltevandselv. Facies B er fint glaciofluvialt grus og sand aflejret på en dalsandur. Facies C tolkes som henholdsvis aflejringstilvækst på en flodbanke (log 4 og 15) og progradering af et Gilbert delta ud i en isdæmet sø (log 20). Facies D repræsenterer glaciolakustrin aflejring af finkornet, lamineret, varvelignende materiale i en isdæmet sø og har karakteristiske forstyrrelser forårsaget af efterfølgende vandundvigelse. L.T.: Lolland Till Formation.

Facing page:

Fig. 7. Five sedimentological logs from the succession exposed at the type locality of the Birket Formation. Four sedimentary facies are differentiated (A, B, C and D). Facies A is coarse glaciofluvial gravel deposited at the bottom of a meltwater stream. Facies B is glaciofluvial gravel deposited on a meltwater plain ('sandur'). Facies C is interpreted to record deposition on a river bank (logs 4 and 15) and in a Gilbert delta prograding into an ice-dammed lake. Facies D represents glaciolacustrine deposition of fine-grained, laminated, varve-like material in an ice-dammed lake and shows characteristic post-depositional water escape structures. L.T.: Lolland Till Formation.

strøg, der strækker sig fra Flensborg og nord om Hamburg til Brandenburg, hvorfra den svinger syd om Berlin og ind i det nordlige Polen – den såkaldte Brandenburg Israndslinje (Smed & Ehlers 2002).

Birket Formation

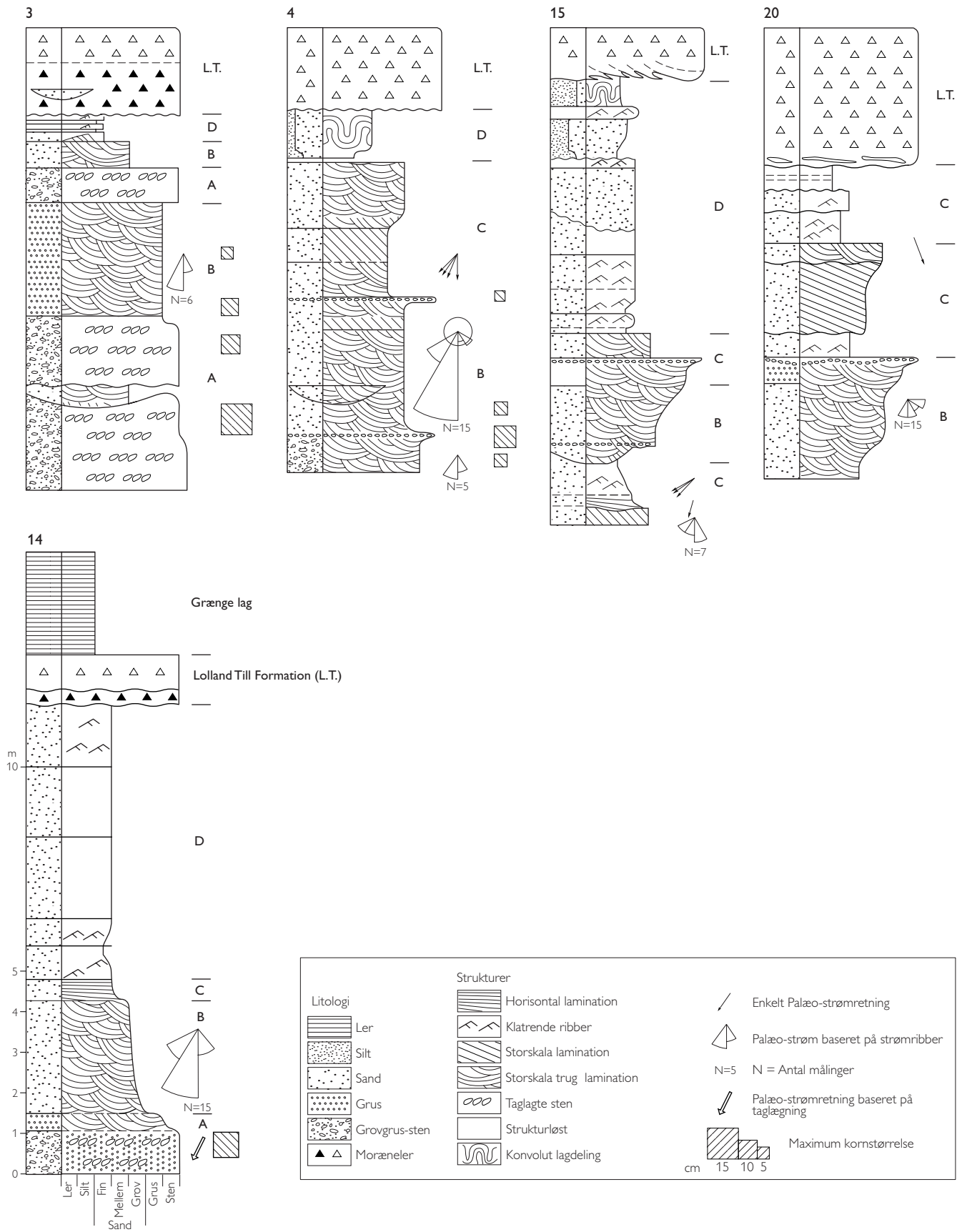
Ny formation

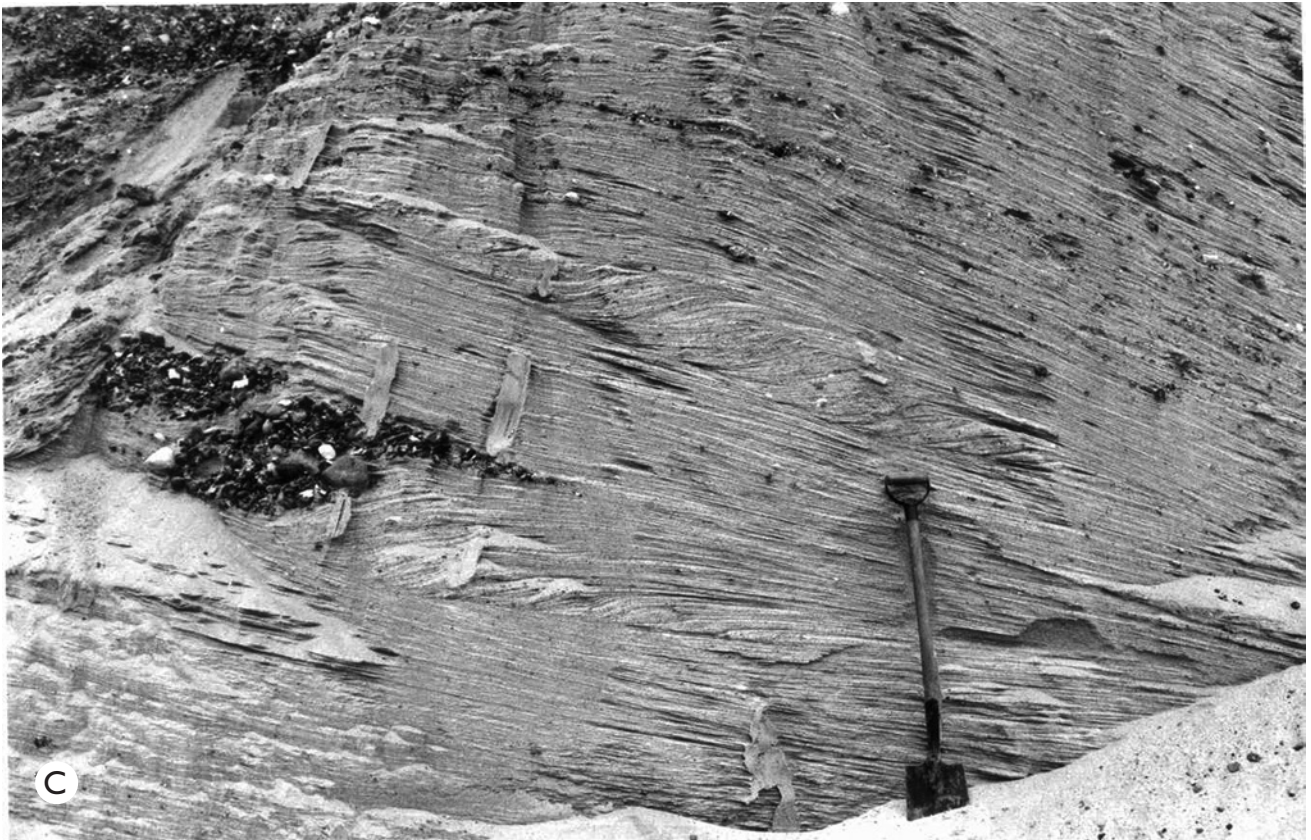
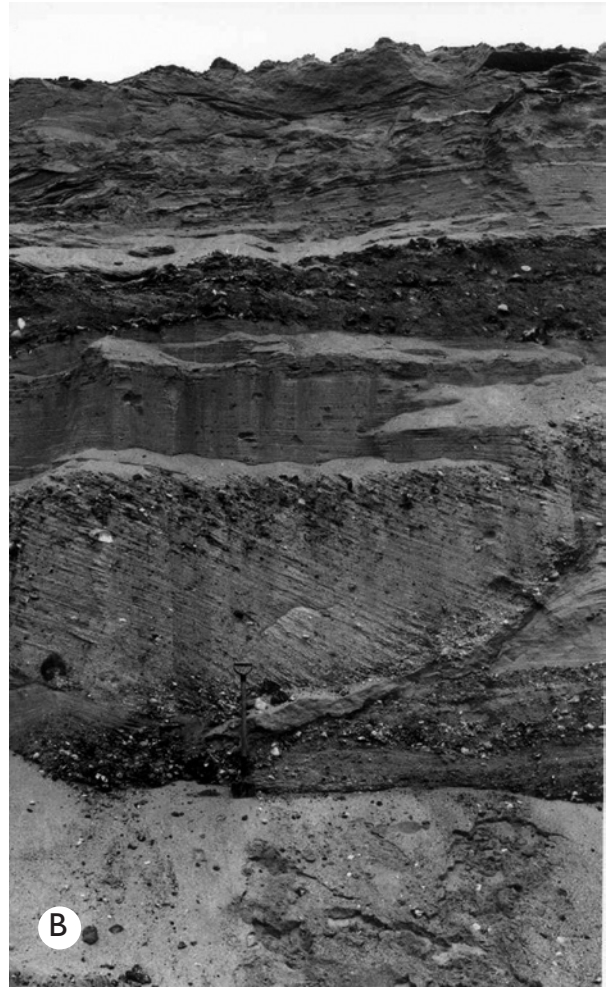
Historie

Birket Formationen er opstillet for de glaciofluviale aflejringer på toppen af den Midtdanske Till Formation (Fig. 6). Sand og grus knyttet til Birket Formationen har i mere end hundrede år været udvundet som råstof på den nordlige del af Lolland, og blottede sektioner af formationen har gennem mange år været tilgængelige for sedimentologiske studier (Nordmann 1927; Andersen 1957; Frederica 1979).

Navn og typelokalitet

Birket Formationen er opkaldt efter landsbyen Birket på den nordlige del af Lolland, hvor formationen er blottet og tilgængelig i store grusgrave. Grusgravene er tillige typelokalitet for formationen (Fig. 7).





Modstående side:

Fig. 8. Sedimentfacies i Birket Formationen. **A:** Klast-understøttet glaciofluvialt grus aflejret i en smeltevandsstrøm. **B:** Storskala-skrålejtret glaciofluvialt sand afsat i en dalsandur. Bemærk den listriske normalforkastning dannet under nedsmeltningen af en underliggende dødsklump, der har støttet aflejringsystemets dalside. **C:** Storskala-skrålejtret sand i et Gilbert deltasystem. Bemærk klatrende tilbagestrømsribber ('back flow ripples') i de storskala-skrålejtrede forsæt, som indikerer høj strømningshastighed, måske under afsmeltningen ved en forårsflom. I de skrålejtrede forsæt findes også linser af sten og grus, der tolkes som tabt fra lokale isbjerge i den isdæmmede sø.

Facing page:

Fig. 8. *Sedimentary facies of the Birket Formation. A: Clast-supported glaciofluvial gravel deposited in a meltwater stream. B: Large-scale cross-bedded glaciofluvial sand deposited in a 'sandur'. Note the listric fault, formed during the melting of an underlying body of dead-ice. C: Large-scale cross-bedded sand deposited in a Gilbert delta system. Note the back-flow ripples in the cross-bedded foresets indicative of high-velocity currents, perhaps during springtime meltwater surges. Lenses of cobbles and gravel in the cross-bedded foresets are interpreted as dropstone deposits from local icebergs in the ice-dammed lake.*

Litologi

Den del af formationen, som er blottet i grusgravene ved Birket, består af en 12–15 m tyk serie af glaciofluviale aflejringer (Fig. 6), som kan inddeles i fire klastiske sedimentære facies med den mest grovkornede grusfacies ved basis (facies A) og de mest finkornede, tyndeste sandlag på toppen (facies D; Fig. 7). Formationens sandlag er karakteriseret ved et usædvanligt højt indhold af kalkfragmenter, overvejende knuste bryozoskeletdele, som stammer fra Danien kalklag. Stedvis resulterer det høje kalkindhold i en stærk cementering af formationen.

Facies A

Facies A består af groft grus og sten, hvor stenene (klasterne) både kan forekomme med en homogen og en taglagt tekstur (Fig. 7, 8). Facies A forekommer fortrinsvis i bunden af formationen. Sedimentet er meget dårligt sorteret, og den gennemsnitlige maksimale kornstørrelse er omkring 15 cm. Klasterne består overvejende af flint og kalk. Krystallinske klaster optræder almindeligt, hvorimod kun meget få palæozoiske kalksten og sedimentære bjergarter er observeret. Ud fra retningsmålinger af de taglagte klaster (Rust 1975) er palæo-strømretningen bestemt til at være fra nord mod syd. Tykkelsen af lagene af groft grus er 1–2 m. Facies A tolkes som aflejret i et proksimalt glaciofluvialt miljø nær isranden, hvor klasttransporten er foregået langs bunden af stærkt strømmende smeltevandselve. Matriks imellem klasterne tolkes som

afsat under forhold, hvor strømmingen i vandløbene har været aftagende, hvorved det mere finkornede materiale er sunket ned mellem de stablede stenklaster (Boothroyd & Ashley 1975).

Facies B

Facies B er karakteriseret ved storskala-trugkrydslejtret sand og grus. Generelt er sedimentet dårligt sorteret, men nogle få 1 m tykke lag består af velsorteret mellem-til grovkornet sand (Fig. 8). Ofte er en opad-grovende tendens til stede i facies B, som forekommer i op til 4 m tykke enheder. Facies B overlejrer facies A uden synlig erosiv kontakt. Målinger af krydslejringerne forsæt viser en strømretning fra NNØ mod SSV (Fig. 7). Facies B tolkes som migrerende sandbarrer aflejret under nedstrømsopbygning i et fluvialt system (Boothroyd & Ashley 1975).

Facies C

Facies C består af storskala-planar krydslejtret grovkornet sand mellemlajtret af tynde gruslag. Krydslejrings bundsæt domineres af grus, som op ad forsættene går over i grovkornet sand. Forsættenes hældning er op til 25°, og klatrende bagstrømsribber er almindelige (Fig. 8). Linser af grus med sten på op til 0,5 × 1,5 meters størrelse forekommer som mellemlajrede indslag i forsættenes lagdeling. Topsættene er velbevarede og udviser en næsten kantvinklet bøjning fra stejlt hældende forsæt til en næsten horisontalt eller meget svagt hældende lagdeling (Fig. 8, 9B). Strømretningen, bestemt ved målinger af forsættenes orientering, varierer fra N–S til NØ–SV. Facies C tolkes som en Gilbert delta afsætning, der bygger ud mod syd i en isdæmmed sø (Clemmensen & Houmark-Nielsen 1981). Sandet til udbygningen af deltaet blev leveret af stærkt strømmende smeltevandselve mættet med sediment i suspension. De stenrige gruslinser tolkes som dropstensaafsætninger fra isbjerge i den isdæmmede sø.

Facies D

Facies D består af fin- til mellemkornet sand aflejret som planar lagdelt sand eller i form af klatrende ribbelamination. Facies D forekommer i op til 2 m tykke enheder, og en opad-finende stil er observeret i nogle få profiler. De allerøverste, finkornede til siltede sandlag er generelt forstyrret af belastnings- og vandundvigelsesstrukturer. Facies D tolkes som dannet i et glaciolakustrint miljø under stor sedimenttilførsel (Gustavson 1975). Jordartsymboler: **DG, DS, DV, DI**.

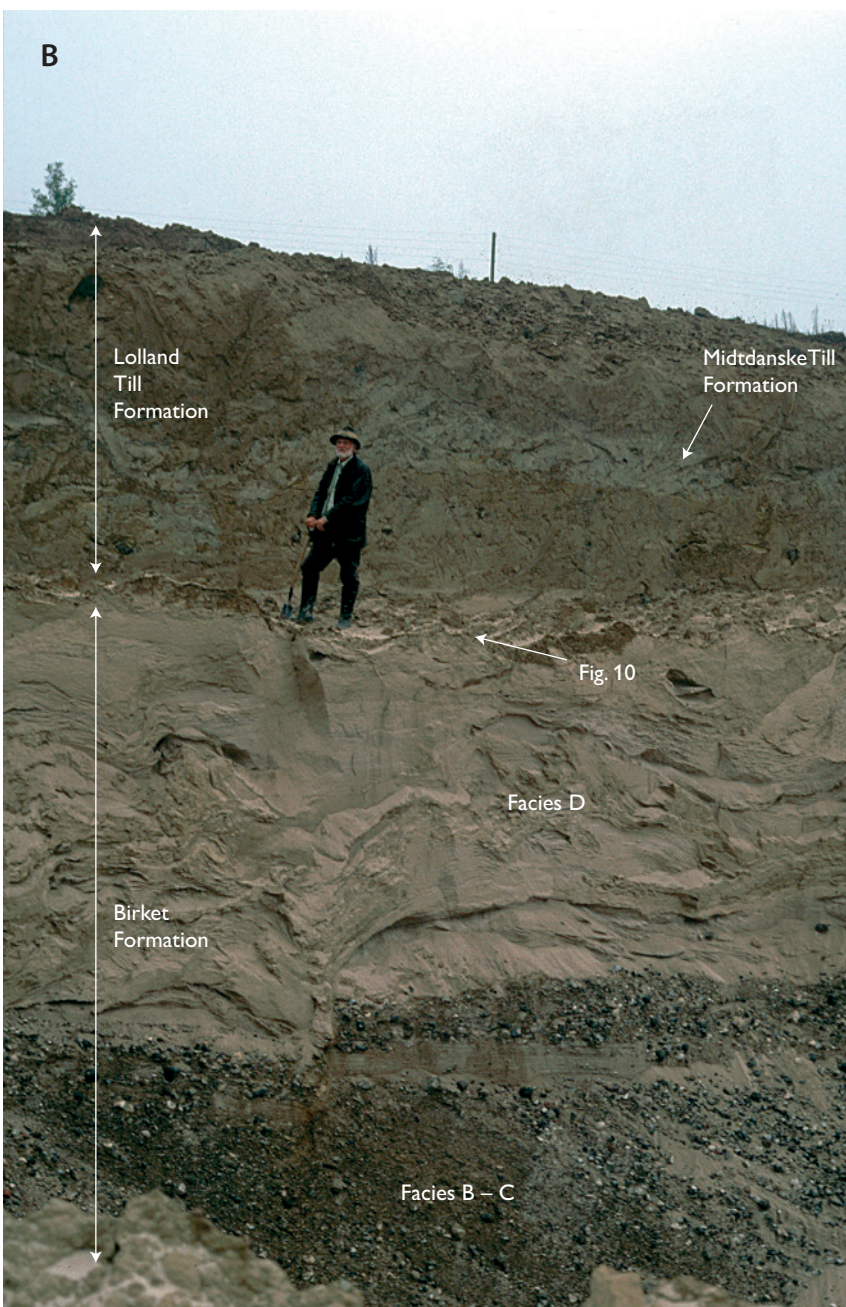
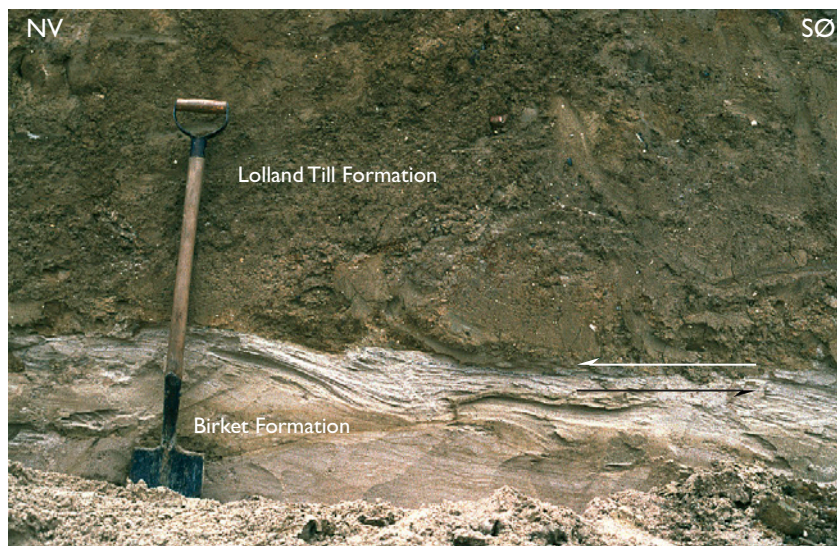


Fig. 9. Birket grusgrav. **A:** Profilvæg fra Birket Grusgrav orienteret SV-NØ, fotograferet i 2014. Nederst ses gråbrunt, krydslejet smeltevandssand og -grus fra Birket Formationen. Over en skarp grænse, som også kan ses som en farveforskel, følger gulbrunt moræneler fra Lolland Till Formationen. **B:** Lolland Till Formation overlejrende facies D i Birket Formationen i Birket grusgrav. Bemærk også den lysere, dislocerede tektoniske skive af Midtdanske Till Formation i Lolland Till Formation.

Fig. 9. Birket gravel pit. A: Section from the Birket gravel pit oriented SW-NE. The lower part consists of grey-brown, cross-bedded meltwater sand and gravel. Above a sharp boundary follows yellowish brown clayey till from the Lolland Till Formation. B: Lolland Till Formation overlying facies D of the Birket Formation in the gravel pit at Birket. Note also the lighter-coloured, dislocated tectonic lens of the Midtdanske Till Formation within the Lolland Till Formation.

Fig. 10. Glaciale tektonisk shearfoldning af sand i toppen af Birket Formationen langs Lolland Till Formationens sål. Birket grusgrav.

Fig. 10. Glacitectonic shear folding of sand at the top of the Birket Formation at the base of the Lolland Till Formation. Birket gravel pit.



Grænser og tykkelse

Birket Formationens nedre grænse er ikke blottet, men anses for at være repræsenteret ved en erosiv inkonformitet dannet på overfladen af Midtdanske Till Formation. Fra tid til anden har denne grænse været frigrauet i Birket grusgravene, men da den ligger under grundvandsspejlet, har tilgængeligheden hver gang været af begrænset varighed. Birket Formationens øvre grænse er den glaciotelektiske inkonformitet ved basis af Lolland Till Formationen, der skærer de sedimentære strukturer i den øvre del af Birket Formationen (Fig. 9, 10). Birket Formationens tykkelse er ca. 10–15 m i grusgravens blottede profiler. Imidlertid ses det af tværprofil A–B (se Sakskøbing kortbladet), at tykkelsen kan blive op til 25 m, men at formationen ved Nøbbet og på Fejø optræder med tykkelser på mindre end 10 m (tværprofil C–D). Se tværprofilerne på kortbladet.

Udbredelse

Birket Formationen er dominerende i Birket-området, men forekommer i øvrigt i store dele af kortbladsområdet som spredte sandlegemer, der adskiller den Midtdanske Till Formation fra den overliggende Lolland Till Formation. På flere steder kan den opad-finende tendens i formationen dokumenteres i brøndboringer, således f.eks. på Femø.

Alder

Birket Formationen anses for at være aflejret af smeltvand fra den iskappe, der aflejrede Midtdanske Till Formation. Det antages, at aflejringen fandt sted under tilbagesmeltningen af Nordøstisen for ca. 20 000 år siden.

Birket Formationens lagserier er stedvis stærkt forstyrrede. Deformationen af sedimenterne skyldes to påvirkninger. Sand- og gruslagene er forskubbet og skredet ud ved normalforkastninger, som kan henføres til aflastning ved smeltning af dødis. Desuden er Birket Formationen påvirket af foldning, som skyldes det Ungbaltiske Isfremstød. Argumentet for at henføre deformationen til Den Ungbaltiske Is er, at foldeakserne har retningen N-S, svarende til et ispres fra øst mod vest.

Aflejringsmiljø

Birket Formationen repræsenterer to forskellige, men samtidige aflejringsmiljøer, nemlig et glaciofluvialt aflejringsmiljø, hvor sand og grus blev aflejret på en sandurflade på Midtdanske Till Formation, og et glaciolakustring miljø, hvor smeltvandsaflejringerne blev afsat i delvist isdæmmede langsøer orienteret vinkelret på den tilbagesmeltende isrand. Facies A kunne tolkes som det tidligste stadie af en sedimentation, hvor meget grovklastisk materiale blev afsat i tunneldalslignende erosionsdale. Under israndens tilbagesmeltning fra syd mod nord blev de iskontakt-prægede afsætninger gradvis forskudt nordpå. I den distale del af smeltvandssletten mod syd blev der efterfølgende kun afsat banker med grovsandede trugkrydslejlrede sedimenter repræsenteret ved facies B. Denne aflejringsenhed kan også betragtes som et dal-sandur stadium, idet sandlegemet ligger i en aflang depression.

Hvor facies C og D optræder, er det tydeligt, at isen har efterladt en åben, langstrakt sø, der delvis kan have været opdæmmed af dødispartier. Langs søbredderne har isen kælvet, og de smeltende isbjerger har tabt materiale, som tidligere var fastfrosset i isen. Smeltvandet fra iskappen, der smeltede tilbage mod nord, blev drænet ud

i søen, hvor et eller flere Gilbert deltaer blev udbygget. Antagelsen om, at dødislegemer var med til at begrænse søens udstrækning og opstemning, er baseret på, at de yngste overprægningstrukturer i Birket Formationen er normalforkastninger, der tolkes som tilknyttet bortsmeltning af dødis (Fig. 8A). Efter at søens dybeste dele var fyldt op af grovklastisk materiale og isranden var smeltet så langt tilbage, at den grovklastiske materialestrøm til søen var aftaget, overgik søen til et mere lavvandet og roligt stadium, hvor kun silt og fint sand blev afsat fra suspension.

Lolland Till Formation

Ny formation

Historie

Lolland Till Formation tilhører de morænelersaflejringer, som dækker landskaberne i den sydøstlige del af Danmark. De bliver traditionelt henført til en bundmoræne afsat af Det Ungbaltiske Isfremstød. Denne morænelersaflejringer er i det sydlige og centrale Østjylland benævnt Østjylland Till Formation (East Jylland Till Formation, Houmark-Nielsen 1987). På Djursland er formationen beskrevet af Pedersen & Petersen (1997) under navnet Ebeltoft Till. På Omø nordvest for Vejro (Fig. 1) blev bundmorænen fra det Ungbaltiske Isfremstød beskrevet som todelt (Jacobsen 1976). Den nedre enhed blev tolket som tilhørende det isfremstød, der havde sin maksimale udbredelse frem til Den Østjyske Israndslinje. Den øvre enhed blev tolket som afsat under oscillerende isfremstød under isens tilbagesmeltning og i almindelighed kaldet Bælthav Till (fra Bælthav Isfremstødene, Houmark-Nielsen 1987, 1999). På kortbladet Nykøbing

Falster, som dækker det østligste Lolland og Nordfalster, er aflejringerne fra Det Ungbaltiske Isfremstød ligeledes delt i to enheder (Klint & Rasmussen 2011).

Navn og typelokalitet

Lolland Till Formationen er opkaldt efter øen Lolland i det sydøstlige Danmark. Såvel her som på de omkringliggende øer udgør formationen den øverste, dominerende aflejringer på landområdet (omkring 80–90 % af dæklagen). Typelokaliteten for formationen er grusgraven ved Birket (Fig. 7).

Grænser og tykkelse

Lolland Till Formationens nedre grænse er den glacialtektoniske inkonformitet ved dens sål. Den øvre grænse er i størstedelen af Lolland-regionen landskabets overflade. Generelt varierer tykkelsen fra 1–10 m, men den tiltager over mod Smålandsfarvandets øer, hvor formationen er op til 20 m tyk.

Litologi

Lolland Till Formationen består af leret, brunt til gulbrunt moræneler (Fig. 7, 9, 10, 11). Moræneleret er massivt og kan optræde med en svagt udviklet, subhorizontalt anastomoserende fissilitet. Små kalklinser og shear-lamineret kalk forekommer almindeligt spredt. Stedvis kan en stenbrolægning optræde i den midterste del af enheden, som f.eks. ved Blans Hoved (Appendiks 1, Fig. 19U). Hvor formationen overlejrer glacialtektoniske strukturer, som f.eks. ved Birket, kan brudstykker og

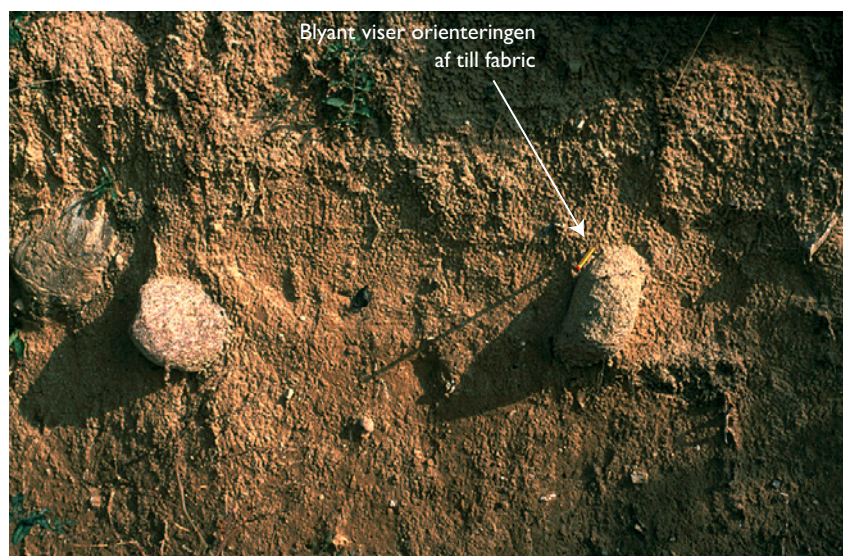


Fig. 11. Lolland Till Formation med ØSØ–VNV-orienterede klaster ved lokaliteten Vestermark (X på Fig. 12, 19).

Fig. 11. Lolland Till Formation with ESE–WNW-oriented clasts at the Vestermark locality (X on Figs 12, 19).

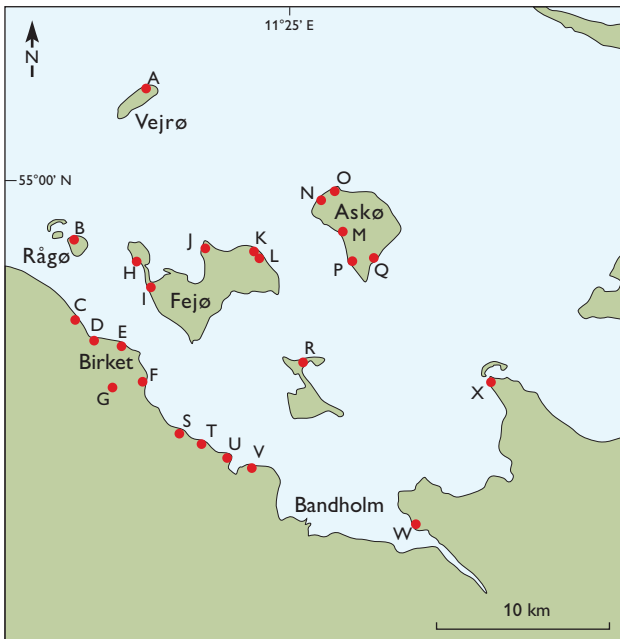


Fig. 12. Blotninger af Lolland Till Formation med till-fabric analyser. Isbevægelsesretninger er vist i en figur på kortbladet. Se forklaringer i Appendiks 1 og Fig. 18, 19 A–X.

Fig. 12. Exposures of the Lolland Till Formation with till fabric analyses. Directions of ice movement are shown on a map-sheet figure, with explanations in Appendix 1 and Figs 18, 19 A–X.

glacialtektoniske breccier af Midtdanske Till Formation være ført ind i Lolland Till Formation (Fig. 9). Disse litologiske indslag kan klassificeres som till-glaciotekonit, efter en definition foreslået af Pedersen (1988). Generelt optræder den mest fremtrædende glaciotekonit ved basis af formationen, hvor dele af Birket Formationen er plukket op ved småskala shear-foldning. Eksempler på, at kridt også kan indgå som en glaciotekonit i Lolland Till Formationen, er tillige observeret på Fejø (Fig. 5).

Formationens blokselskab er belyst ved klassifikation og optælling på 24 lokaliteter spredt i kortbladsområdet af de blokke, der optræder i landskabets overflade. På hver lokalitet er mere end 100 blokke klassificeret og optalt. Bloktællingen viser en meget ensartet sammensætning med følgende gennemsnit: 53,7 % krystallinske blokke; 8,9 % vulkanske blokke; 9,2 % kvartsit; 6,2 % sandsten og 22,0 % flint. Kalksten er generelt fraværende undtagen på Skalø, Lilleø og Femø. Omkring 3,8 % af blokkene er ledeblokke, fortrinsvis rød og brun østersøkvartsporfy og ålandsrapakivi (ca. 86 %), som klart dokumenterer en baltisk provenans. De resterende blokke af kinnekulladiabas og skånsk basalt (ca. 14 %) har midt-svensk provenans og tolkes som omljrede blokke fra inkorporerede brudstykker af Midtdanske Till Formation. Blokkenes generelle sammensætning betragtes som diagnostisk for Østersø–Storebælt-regionen (Petersen & Rasmussen 1989). Jordartssymboler: **ML**, **MS**.

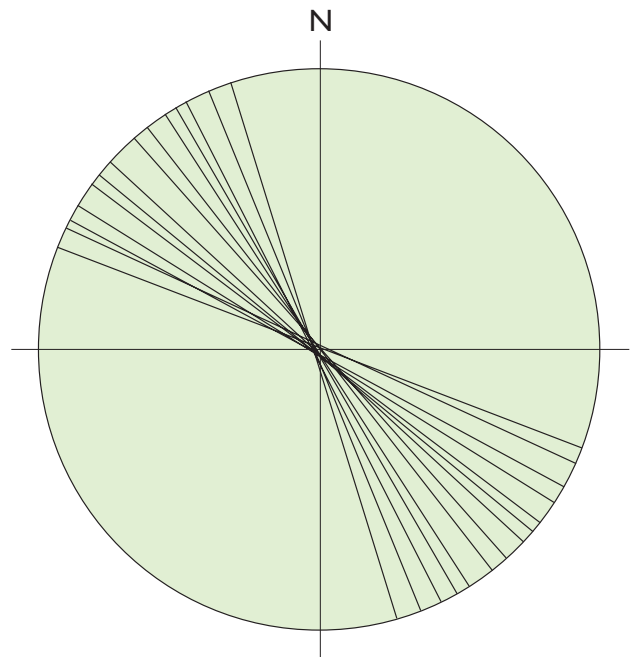


Fig. 13. Rosediagram visende retninger af glaciale skurestriber på undersiden af vandreblokke i Lolland Till Formation ved Birket. Skurestriberne viser en tydelig SØ–NV-isbevægelsesretning.

Fig. 13. Rose diagram showing directions of glacial striations on the basal sides of erratic blocks in the Lolland Till Formation at Birket. The striations show a distinct SE–NW direction of ice movement.

Till-fabric analyse

På alle tilgængelige lokaliteter af Lolland Till Formationen er der målt till fabric (se Fig. 12, 13 og figuren Topografi og glacialmorfologiske elementer vist på kortbladet). Alle till-fabric data er indsamlet og analyseret efter internationalt fastsatte principper som f.eks. beskrevet af Visser (1989). Resultaterne af denne analyse er sammenfattet i det ovenfor nævnte kort og viser en dominerende SØ–NV-rettet og en underordnet ØSØ–VNV-rettet isbevægelse. En detaljeret gennemgang af till-fabric studiet findes i Appendiks 1.

Andre retningsindikationer i Lolland Till Formation

En del af de større blokke, fortrinsvis i den nedre del af formationen, har en markant, fladpoleret nedadvendt side, som er præget af skurestriber. En opmåling af disse skurestriber er foretaget på blokke, der sad på plads (*in situ*) i grusgravsprofilet i Birket. Skurestribernes retning viser en tydelig SØ–NV-rettet isbevægelse (Fig. 13), som falder sammen med den isstrømsretning, der er bestemt ud fra till-fabric analyserne i Birket–Fejø-området.

Alder

Lolland Till Formationen har en alder på 16 000–13 500 år. En knogle af en saigaantilope (*Saiga tatarica*), som blev fundet i moræner ved Ringe på Fyn, er dateret til $13\,930 \pm 110$ kulstof-14 år B.P. (Aaris-Sørensen *et al.* 1999). Det svarer til 16 480–17 250 kalenderår B.P., hvis man bruger INTCAL13 datasættet (Reimer *et al.* 2013). Saigaantilopen levede under en isfri periode før Lolland Till Formationen blev dannet, og formationen må være yngre end knoglen.

Aflejringsmiljø

Under Nordøstisens tilbagesmeltning blev Lolland og Smålandsfarvandet efterladt som et småbakket morænelandskab med et mindre antal NØ–SV-orienterede dræningssystemer, der delvist var flankeret af dødis. Dette moræneplateau blev efterfølgende overskredet af den Ungbaltiske Is, der spredte sig mod vest fra den nordøstlige del af Østersøen. Den Ungbaltiske Is opfattes nu som en relativt hurtigt flydende isstrøm, der med en akse beliggende i den centrale del af Østersøen bevægede sig mod vest fra Bornholm gennem Femern Bælt til Den Østjyske Opholdslinje, men som i Nordtyskland fortsatte til en linje fra Slesvig til Flensborg (Stephan 1994). Denne lokalisering af den generelle isstrøm svarer til de Ø–V-orienterede till fabrics i kortbladsområdet (se figu-

ren Topografi og glacialmorfologiske elementer på kortbladet samt diagram C, E, U, V, W og X i Appendiks 1, Fig. 19).

Under fremrykningen af Den Ungbaltiske Is skete der en spredning af den frontale del af ismassen, som resulterede i isbevægelser ud mod siderne, dvs. på nordsiden isfremstød mod den centrale del af Danmark og på sydsiden mod Nordtyskland. På Lolland medførte dette, at isstrømmen, som først var Ø–V-rettet, drejede med uret og så skred frem mod NV. I det afsluttende stadie drejede den endda op mod NNV, som dokumenteret ved tillfabric målingerne fra Birket–Fejø området (Appendiks 1). Isfremstødet mod NV og NNV ophørte ved den Østjyske Israndslinje på den centrale del af Djursland, hvor gletsjerens afsmeltning gav ophav til den ekstramarginale Tirstrup Hedeslette (Pedersen & Petersen 1997). Fra denne stationære linje smeltede isen tilbage med oscillerende bevægelser. Oscillationen medførte bl.a. Bælthav Isfremstødene, hvor en serie lokale israndslinjer er kortlagt (Milthers 1948), og medførte også en opsplitning af Lolland Till Formation i to till-enheder. De to enheder er adskilt af et tyndt lag af smeltevandssand, som er dokumenteret på Omø i den nordvestligste del af Smålandsfarvandet (Jacobsen 1976). På Østlolland og Nordfalster er de to enheder adskilt af blokke. I den centrale vestlige del af Smålandsfarvandet blev en serie randmorænerygge dannet under tilbagetrækningen af Den Ungbaltiske Is.

Senglaciale aflejringer

Grænge lag

Uformel enhed

Historie

Grænge lagene består af arktisk-lakustrine aflejringer i spredte depressionsbassiner oven på Lolland Till Formation. Grænge lagene er opkaldt efter landsbyen Grænge lige uden for Sakskøbing kortbladsområdets østgrænse i den nordvestlige del af kortbladsområdet 1511 III, Nykøbing F. Lagserien har typelokalitet i Grænge Mose, en langstrakt mose langs Sakskøbing Å mellem Sakskøbing og Guldborg Bredning. Her blev der tidligere gravet ler fra lagserien til fremstilling af teglsten.

Litologi og tykkelse

Enheden består af en serie laminerede ler-, silt- og finsandsaflejringer på 3–5 m tykkelse (Fig. 6, sedimentologisk log nr. 14 i Fig. 7). Fra profilerne på lokaliteten ved Grænge er der ved basis beskrevet et få centimeter tykt lag af siltet kalkgytje. Herover følger ca. 2 m leret kalkgytje, som overlejres af siltet kalkgytje (Kolstrup & Buchardt 1982).

Grænser og udbredelse

Grænge lagenes nedre grænse er den erosive inkonformitet på toppen af Lolland Till Formationen. Den øvre grænse er den topografiske overflade, undtagen hvor holocæne aflejringer af ferskvandstørv dækker de depressioner, hvori Grænge lag er bevaret (Kolstrup & Buchardt 1982). Inden for Sakskøbing kortbladsområdet er enhe-

den kun kendt fra Birket-området, hvor den er opmålt i et af de tidligere tilgængelige profiler (sedimentologisk log 14 i Fig. 7).

Alder

Grænge lagene er dateret ved pollenanalyse til Ældre Dryas, Allerød og Yngre Dryas (Kolstrup & Buchardt 1982). Det svarer til tidsrummet mellem ca. 14 700 og 11 700 år. (Rasmussen *et al.* 2014).

Aflejringsmiljø

I 1942 og 1943 blev der fundet rester af tre uroksker i Grænge Mose (Andersen & Møller 1946), hvilket med-

førte en større undersøgelse af lagserien og dens pollenindhold. Senere undersøgelser af de arktiske søaflejringer og deres stratigrafi er baseret på pollenanalyse og iltisotopanomali i udfældet kalkgytje. Disse undersøgelser har godtgjort, at lagserien indeholder hele klimahistorien fra isens bortsmeltning i Ældre Dryas, den kortvarige opvarmning i perioden Allerød, hvor birkeskove spredte sig over landskabet, og en hensyning og uddøen af birkeskoven under den kolde periode Yngre Dryas, der slutter ved overgangen til Holocæn (Kolstrup & Buchardt 1982). De tørvelag, som overlejrer Grænge lagene, blev afsat i Holocæn, hvis nedre grænse er dateret til 11 700 år før nu. De betragtes ikke som en del af Grænge lagene men henføres til postglaciale aflejringer.

Postglaciale aflejringer

Ferskvandsaflejringer

De postglaciale ferskvandsaflejringer består af fem forskellige sedimenttyper: tørv, gytje, ler, sand og heterolitiske aflejringer (vekslende tynde lag af siliklastiske og organogene sediment). I alt udgør ferskvandsaflejringerne ca. 5 % af landarealet. Desuden forekommer ganske få områder med flyvesand. Ferskvandsaflejringerne er af Holocæn alder (yngre end 11 700 år gamle.) og grupperer sig i to systemer, nemlig dræningssystemerne og de isolerede lavninger i det småkuperede morænelandskab.

Dræningssystemerne er ret irregulære, dog med en generel retning fra den centrale del af Lolland mod nord til kysten. Nogle få dræningssystemer følger begravede tunneldale, der glacialdynamisk relateres til Nordøstisens fremstød, som f.eks. Vesterborg Sø – Uglemose – Ravnsby Mose, hvorimod dræningssystemet for Låge Å nord for Sakskøbing følger en retning, der blev anlagt efter Det Ungbaltiske Isfremstød.

Et stort antal isolerede forekomster af tørv findes i dødishuller, som opstod ved slutningen af senglacialtiden. Andre pletvise ferskvandsaflejringer blev dannet i flade lavninger på morænefladen og i det småbakkede morænelandskab.

Ferskvandsaflejringerne domineres af tørv. Undersøgelser viser et udviklingsmønster i vegetationen gennem Præboreal, Boreal, Atlantikum, Subboreal og Subatlantisk tid svarende til udviklingen i den øvrige del af det centrale og sydlige Danmark. Forekomsten af hornnød,

Trapa natans, i moserne ved Stokkemarke, Gallemosen og Søllested Mark betragtes som et resultat af stenalderfolkets aktive forsøg på at forøge udbyttet af nødder i Mesolitikum (Nordmann 1927).

Marine aflejringer og Smålandsfarvandets maringeologi

De postglaciale marine aflejringer udgør 3 % af jordarterne på land og opdeles i gytje og organisk mudder, ler, sand samt grus og sten i strandvolde. Strandvoldene udgør den dominerende del af havaflejringerne, og de danner vinkelforlande og krumoddesystemer på øernes fremskudte kyster og pynter, som er særligt fremtrædende på f.eks. Femø.

Smålandsfarvandets havbund består overvejende af moræneler, som på de dybeste dele (mere end 10 m u.h.) er dækket af marint mudder (Skov- og Naturstyrelsen 1987). Smålandsfarvandet er et relativt ungt havområde, der fra Senglacialtiden og frem til Præboreal og Boreal (fastlandstiden) udgjorde et vegetationsdækket lavlandsområde. Stenalderboplads var etableret i dette lavland. Undersøiske rester af den lavest liggende boplads er fundet ca. 12 km vest for Vejrhø 9 m u.h. De mesolitiske stenalderredskaber, der er bjærget herfra, består af tilvirket flint og brændt flint, som kan korreleres til Kongemose-

kulturen (Fischer 1993). Stenalderredskaber er også fundet på Rågø Flak, nordvest for Ståldyb og på Skellerev øst for Femø mellem 7 og 4,5 m u.h. Den atlantiske transgression druknede således først Smålandsfarvandets lavland for omkring 8000–7000 år siden, efter Kongemosekulturens tid. Transgressionen var ikke en kontinuerlig havstigning men bestod snarere i trinvis begivenheder, der resulterede i erosionsterrasser og abrasionsskuldre. Et af de mest markante erosionsnivauer findes 10 m u.h. og kan tydeligt følges rundt i hele Smålandsfarvandet (Skov- og Naturstyrelsen 1987).

Den eustatiske havstigning menes at have sluttet for omkring 7000 år siden. Fund af stenalderredskaber fra

Ertebøllekulturen på Ledas Grund ved munden af Guldborg Sund på 4–6 m vanddybde. (Fischer 1993) må betragtes som dokumentation for en regional indsykning i Subboreal–Subatlantisk tid (fra for ca. 6000 år siden). Denne indsykning forekommer i stærk kontrast til forholdene for samme type af stenalderbosættelser i den centrale del af Danmark, hvor f.eks. ertebøllebo-pladser og deres køkkenmøddinger på Djursland er beliggende 5 m o.h. (Pedersen & Petersen 1997). Baseret på denne havspejlsudvikling kan det fastslås, at aflejringen af de marine forlande langs med Smålandsfarvandets øer er yngre end 5000 år.

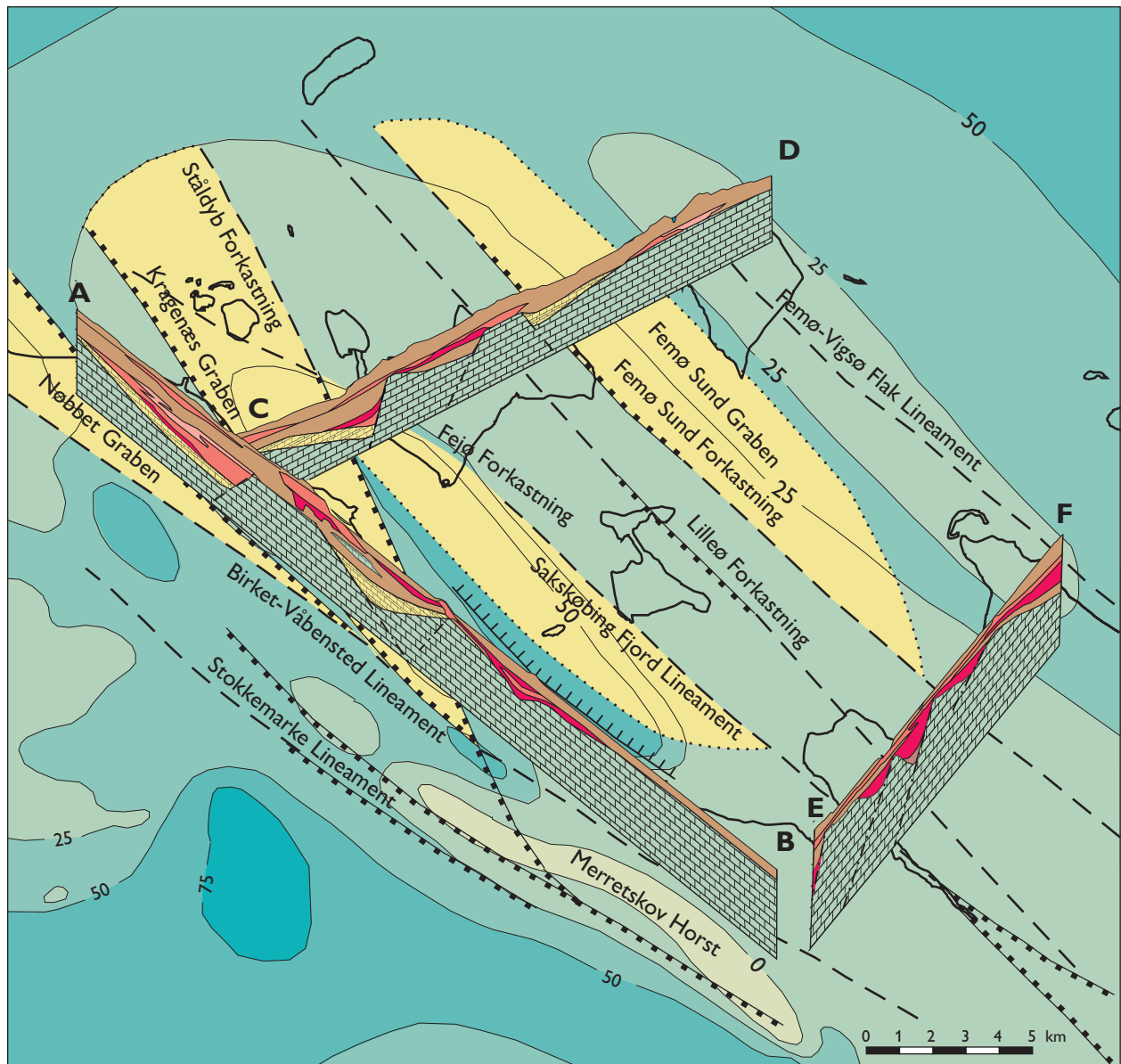
Lagseriernes optræden og beliggenhed

Til belysning af den kvartære og prækvartære lagseries rumlige opbygning i kortbladsområdet er der konstrueret tre geologiske profiler (tværprofiler) A–B, C–D og E–F som vist på kortbladet. En sammenstilling af alle tværprofilerne og kridtoverfladens højdeforhold er vist i Fig. 14, hvor beliggenheden af de fire formationer i den vestlige del af profil A–B og den sydvestlige del af profil C–D også ses. Et udsnit af tværprofilerne er desuden vist i Fig. 15, hvor formationsnavne og andre litologiske enheder er tilføjet. Tværprofilerne er baseret på tolkning af samtlige borer og inden for kortbladsområdet fra GEUS' Jupiter boredatabase, hovedsageligt grundvandsboringer.

Tværprofil A–B illustrerer to karakteristiske forhold. Mod nordvest skærer profilet to dybe grabenstrukturer, mens dets sydøstlige del viser den karakteristiske udbredelse af det tynde lag af moræneler tilhørende Lolland Till Formation på den plane kridtoverflade tæt på kote 0. Profilet skærer i en skæv vinkel to markante grabenstrukturer, i hvis bund Danien kalk er bevaret. I Nøbbet Graben mod nordvest er der tillige bevaret ældre smeltevandsaflejringer overlejret af Midtdanske Till Formation; i Kragenæs Graben blev der kun aflejret moræneler tilhørende Midtdanske Till Formation. Her forekommer en større skive af disloceret, istransporteret skrivekridt stammende fra undergrundens kridtlag længere mod nordøst. På begge sider af Kragenæs Graben ses endvidere tværsnit af to aflange landskabselementer ved Birket og Keldernæs–Lindholm domineret af Birket Formationen. Det fremgår af profilet, at dannelserne er aflejret i dale eller kanaler eroderet ned i Midtdanske Till Formation og er diskordant overlejret af Lolland Till Formationen.

Tværprofil C–D strækker sig fra Torrig Skov over Ståldyb til den centrale del af Fejø og videre mod nordøst til

Femø (Fig. 14, 15). Den mest markante struktur er Kragenæs Graben under Ståldyb. Fejø Forkastningen er tolket som den stejle side i en half-graben, langs hvilken Danien kalken er nedforkastet til 80 m u.h. Prækvartæroverfladen af skrivekridt ligger generelt 20 m u.h., hvilket giver en forsætning på ca. 60 m langs Fejø Forkastningen. Fra bunden af Kragenæs Graben stiger prækvartæroverfladen jævnt op mod Kragenæs på sydvestsiden af Ståldyb, hvor skrivekridtet igen findes i kote 20 m u.h. Grabenstrukturen indeholder også smeltevandssand og -grus, der tolkes som tilhørende Tebbestrup Formation. Det kan ikke afgøres, om smeltevandsaflejringerne er nedforkastet langs Fejø Forkastningen, eller om de er afsat i en kanal, der har fulgt graben-depressionens retning. I den nordøstlige del af tværprofil C–D ses endnu en graben med bevaring af Danien kalk. På samme måde som Ståldyb følger Kragenæs Graben, befinder Femø Sund sig over Femø Sund Graben. Vurderet ud fra Danien kalkens tykkelse er det mest sandsynligt, at Femø Sund Forkastningen danner den stejle, NØ-hældende forkastning i en half-graben med en forsætning på ca. 25 m. På sydvestsiden af Femø Sund Graben forekommer en mindre horst, som på Fejø er beliggende under Østerby. Dens sydvestlige begrænsning udgøres af Lilleø Forkastningen, som er parallel med Femø Sund Forkastningen. På tværprofil C–D ses også en mindre forekomst af smeltevandsler under den centrale del af Femø, som også optræder i et mindre område på øens sydlige del. Leret tolkes som glaciolakustrint og relateret til Birket Formationens aflejringsssystem. Endelig bemærkes på tværprofilet, at både Midtdanske Till Formation og Lolland Till Formation opnår anelige tykkelser på op til 20 m, og at de to for-



Danien bryozokalk
 Danian bryozoan limestone

Maastrichtien skrivekridt
 Maastrichtian chalk

0
 25
 50
 75
 meter under havniveau
 metres below sea level

Normalforkastning
 Normal fault

Stejlt hældende kridtoverflade
 Steeply dipping chalk surface

Tektonisk lineament
 Tectonic lineament

Usikker litologisk grænse
 Uncertain lithologic boundary

Fig. 14. Kort over prækvartæroverfladen under Smålandsfarvandet og den centrale del af det nordlige Lolland med tre tolkede geologiske profiler, med udgangspunkt i en tilsvarende figur nederst til højre på kortbladet. Detaljerne i tværprofilerne A–B, C–D og E–F ses på kortbladet, og de litostratigrafiske enheder fremgår af Fig. 15. Forkastninger med spor på det geologiske kort er indtegnet på profilerne (bemærk, at Lilleø Forkastning nu er navngivet og dens placering og udstrækning ændret i forhold til den oprindelige figur).

Fig. 14. Map of the pre-Quaternary surface under the coastal waters of Smålandsfarvandet and in the central part of northern Lolland with three interpreted geological cross-sections, updated from a similar figure in the lower right of the map sheet. See Fig. 15 and the map sheet for details and lithostratigraphic units. Faults indicated on the geological map have been drawn on the cross-sections (note that the Lilleø Forkastning (Fault) has been named and its position and length modified compared to the original figure).

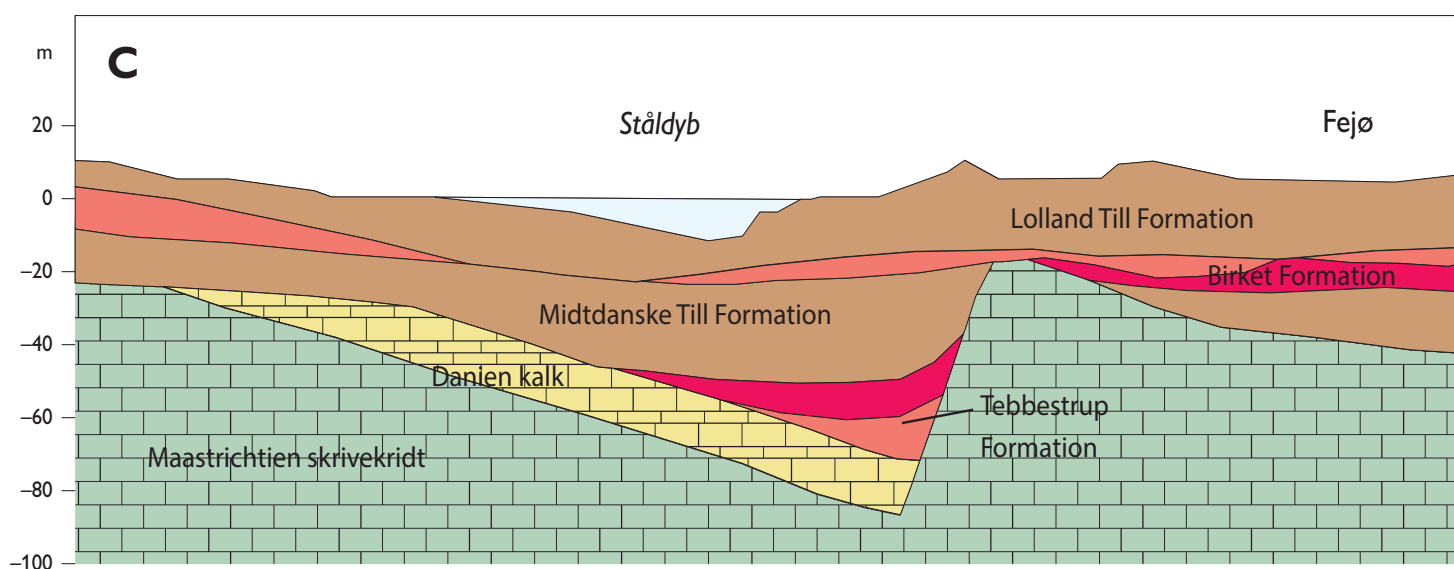
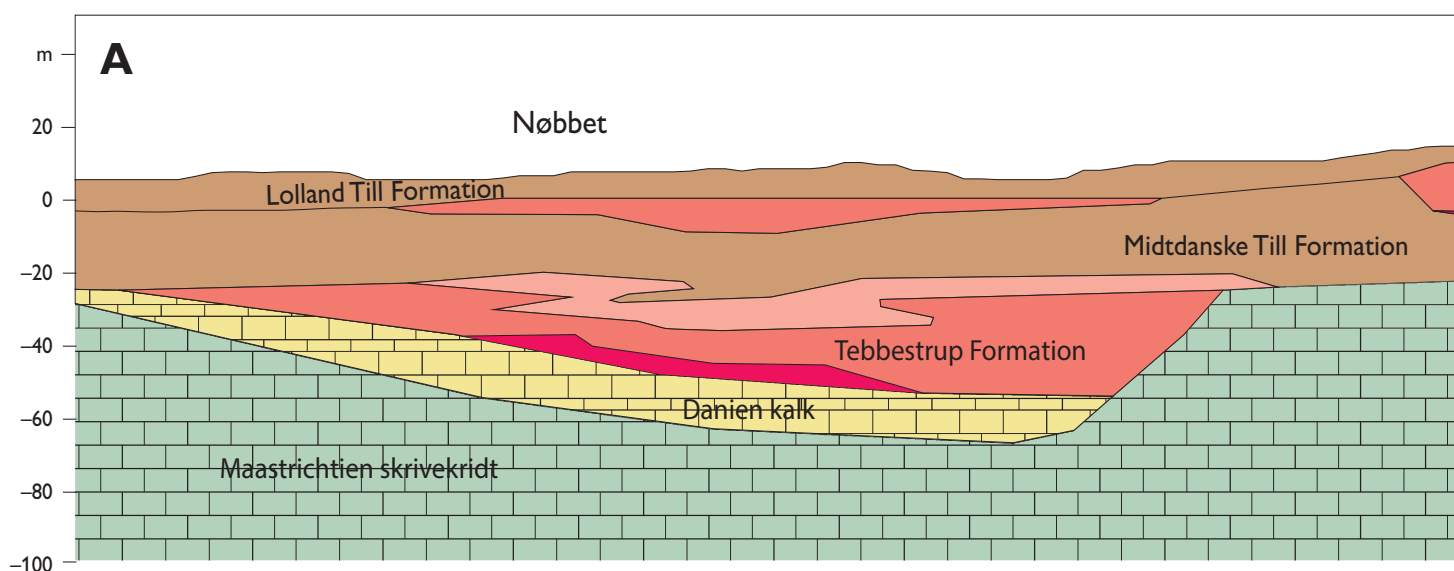


Fig. 15. Geologiske tværprofiler A–B og C–D med formationsnavne og andre litologiske enheder påført (sammenlign med tilsvarende tværprofiler og se signaturforklaringen på kortbladet). Profilerne er konstrueret og tolket ved hjælp af boredata fra kortbladsområdet. De kvartære aflejringer domineres af henholdsvis smeltevandaflejringer (røde farver) og moræner (brun farve). Tværprofil A–B er parallelt med Lollands nordøstkyst og følger hovedvejen mellem Bandholm og Birket, hvor der er god dækning af boredata. Tværprofil C–D er omtrent vinkelret på A–B og forløber fra Birket mod nordøst over Ståldyb til Fejø og Femø.

mationer i undergrunden under Fejø adskilles af Birket Formationens sand og grus.

Tværprofil E–F viser undergrundens opbygning vest og nord for Saksøbing i en linje vinkelret på Saksøbing Fjord. Det er påfaldende, at fjorden følger begravede dale, som er opfyldt med store tykkelser af smeltevandssand. Disse aflejringer henføres til Tebbestrup Formationen. Den overliggende Midtdanske Till Formation er stedvist borteroderet, sandsynligvis af de smeltevandfloder, som aflejrede Birket Formationen. Over den relativt tynde enhed af Birket Formationens smeltevandssand danner Lolland Till Formationen et tyndt plateaudække fra Kallø til Våbensted. I den sydøstligste del af profilet optræder Birket–Våbensted Lineamentet som en markant

SV-hældende undergrundskant. Muligvis er Våbensted Lineamentet en normalforkastning i en half-graben med Merretskov Horsten (Fig. 14) som sit sydvestlige hængselpunkt. En nærmere tolkning af denne struktur afventer nye undersøgelser i de tilstødende kortbladsområder.

Sammenfatning af den glacialdynamiske udvikling

Den glacialdynamiske dannelseshistorie i kortbladsområdet er illustreret i de tre blokdiagrammer vist i Fig. 16. Under fremrykningen af den Skandinaviske Iskappe fra

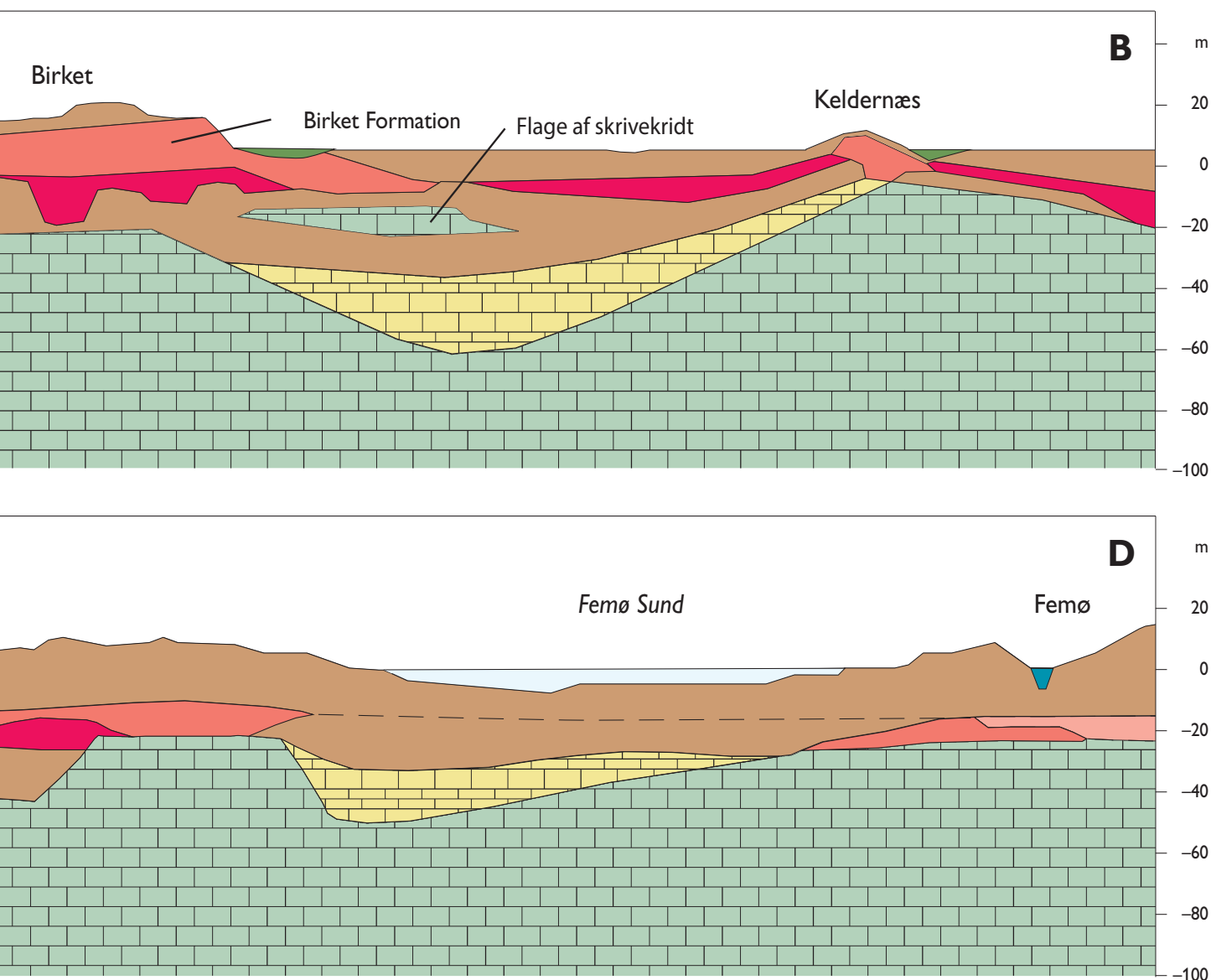
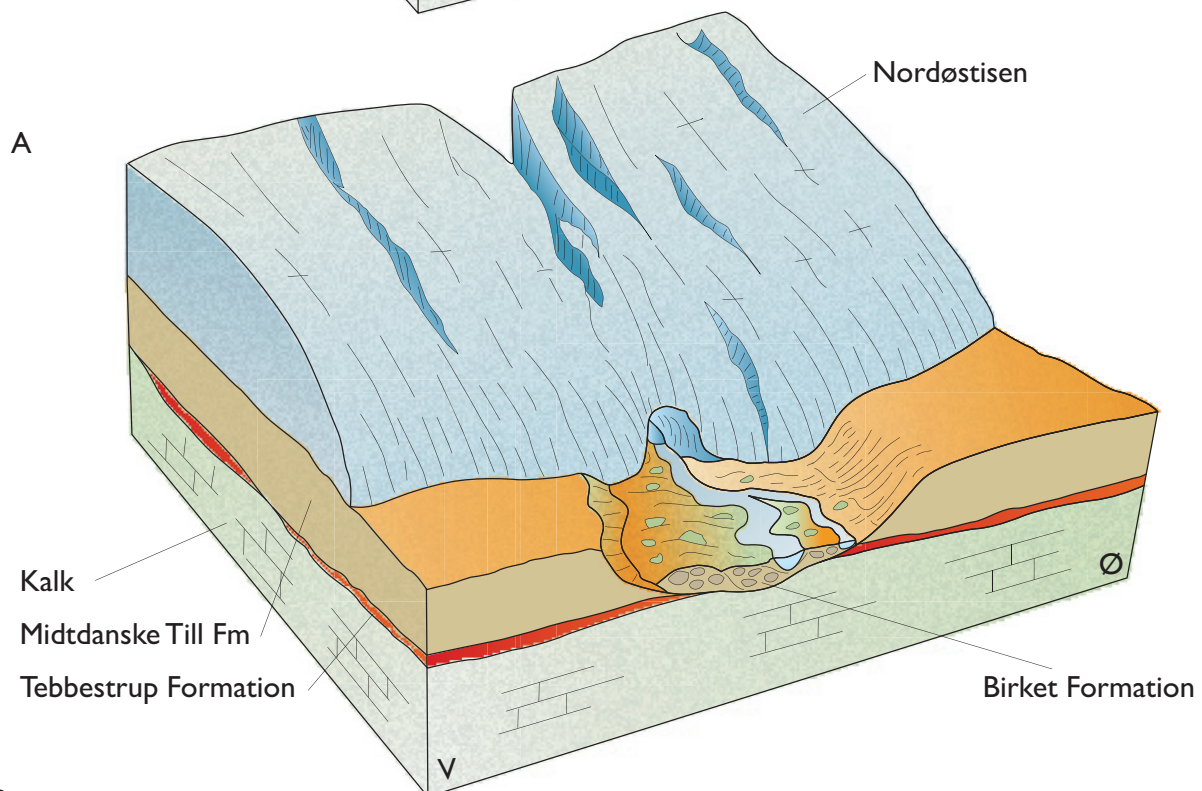
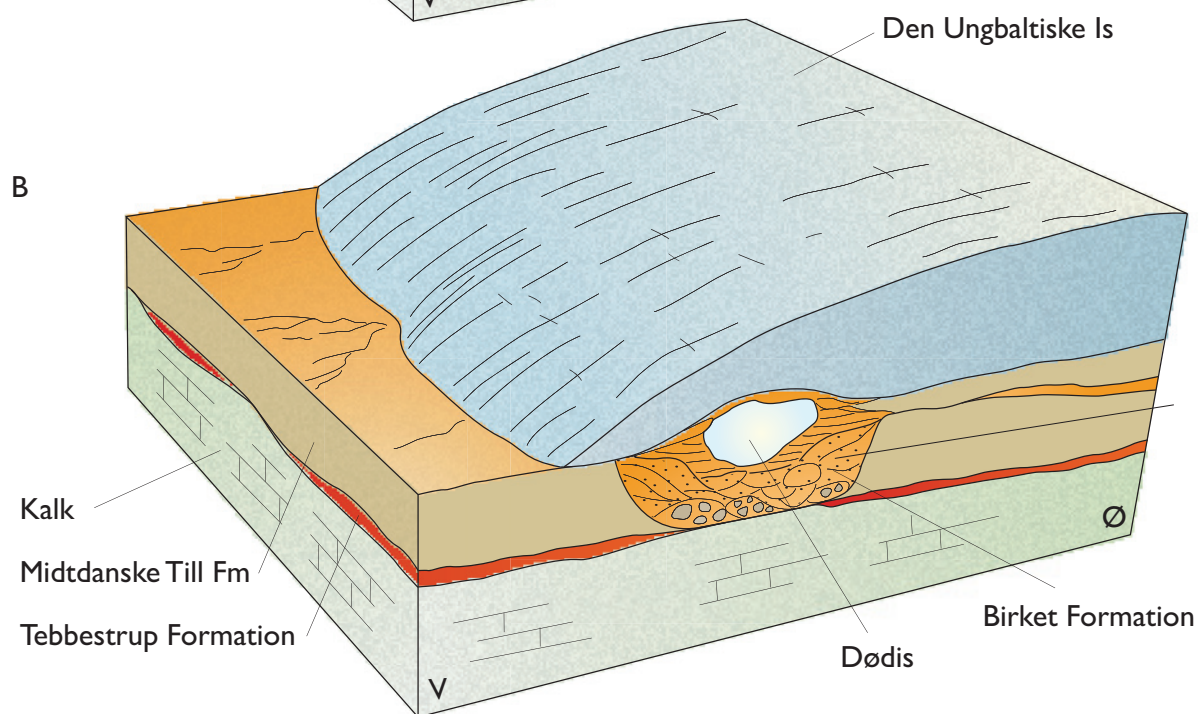
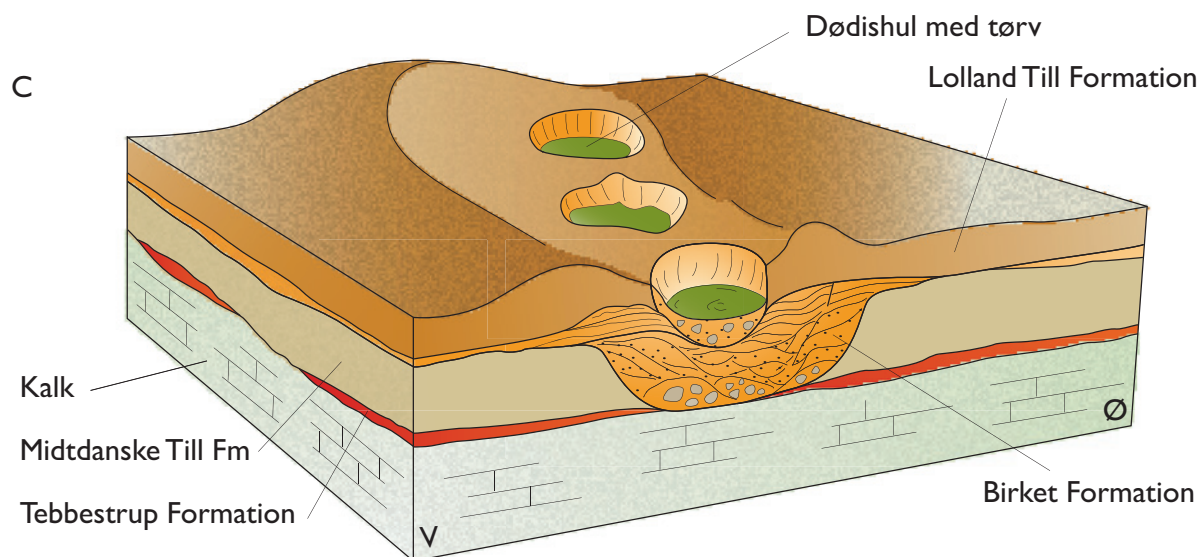


Fig. 15. Geological profiles A–B and C–D, annotated with formation names and other geological units (compare with corresponding profiles and the map-sheet legend). The profiles have been constructed and interpreted on the basis of well data from the map-sheet area. The Quaternary deposits are dominated by meltwater deposits (red colours) and till (brown colour). Profile A–B is parallel with the north-eastern coast of Lolland and follows the main road between Bandholm and Birket, an area that is well-constrained by well data. Profile C–D is roughly perpendicular to A–B and extends from Birket towards the north-east over Ståldybet to Fejø and Femø.

nordøst under det seneste glaciale maksimum i Weichselistiden for ca. 25 000 år siden (Houmark-Nielsen & Kjær 2003) blev et tyndt dække af Tebbestrup Formationens smeltevandssand aflejret på den nederoderede kalkoverflade. Under fremstødet til Hovedopholdslinjen var hele det lollandske landskab dækket af is, hvorunder bundmorænen, Midtdanske Till Formation, blev afsat. Under isen blev der også dannet tunneldale, som eroderede sig ned i både den Midtdanske Till Formation og den underliggende kalkoverflade, som det ses omkring Birket (Fig. 16). Ved tilbagesmeltingen af Nordøstisen blev der efterladt dødisklumper i en langsø i den uderoderede tunneldal. Søen blev opfyldt af sand og grus (Birket Formationen), som også dækkede dødisklumperne. Kort

tid herefter rykkede Den Ungbaltiske Is frem og dækkede både Birket og Midtdanske Till formationerne for ca. 18 000 år siden. Under Den Ungbaltiske Is blev der afsat en ny bundmoræne, Lolland Till Formation, der dækker det meste af Lolland. Efter afsmeltningen af Den Ungbaltiske Is smeltede også dødisklumperne, og det karakteristiske småkuperede landskab omkring Birket og Ravnsby Bakker opstod, se beskrivelsen i det følgende.



Modstående side:

Fig. 16. Glacialdynamisk model for udviklingen af de kvartære dannelser i Sakskøbing kortbladsområdet under to isfremstød. **A:** Dannelse af Tebbestrup Formationens smeltevandsaflejringer foran randen af Nordøstisen på den prækvartære overflades arktiske steppe. Den Midtdanske Till Formation blev derefter aflejret under den fremrykkende Nordøstis. Ved tilbagesmeltingen af Nordøstisen blev tunneldalsystemet ved Birket blottet samtidig med, at en isdæmmede langsø opstod vinkelret på isranden. **B:** Bevægelse af Den Ungbaltiske Isstrøm hen over det umodne landskab, der var efterladt af Nordøstisen. Adskillige dødisklumper og smeltevandslag i de tunneldalsbetingede dalsystemer blev under fremstødet begravet under Lolland Till Formationen. **C:** Afsmeltning af isranden i slutningen af istiden og smeltning af dødisklumper begravet under de to foregående isfremstød, hvorved der opstod afløbsløse lavninger (dødishuller) i terrænet.

Facing page:

Fig. 16. Glaciodynamic model of the Quaternary development in the Sakskøbing map area during two ice advance events. **A:** Deposition of the Tebbestrup Formation by meltwater on a steppe constituted by the peneplained pre-Quaternary surface in front of an advancing ice sheet (Main Weichselian Advance – Nordøstisen). The Midtdanske Till Formation was subsequently deposited under the overriding ice. On melting of the ice front (Nordøstisen), the tunnel valley at Birket was exposed, and an elongate, ice-dammed lake was formed perpendicular to the ice margin. **B:** Movement of the Ungbaltiske Isstrøm over the immature landscape left by Nordøstisen. Several dead-ice bodies and meltwater deposits in the tunnel valley systems were buried under the resultant Lolland Till Formation. **C:** Melting of the ice margin at the end of the ice age, and melting of the previously buried dead-ice bodies which created local, isolated depressions (kettle holes).

Landskabets udformning og dannelse

Geomorfologisk beskrivelse

I kortbladsområdet kan der skelnes mellem fem forskellige landskabsdannende geomorfologiske elementer (se figuren Topografi og glacialmorfologiske elementer vist på kortbladet): 1) et endemorænelandskab, der udbreder sig mod vest, 2) et område med drumlinbakker, som befæster størstedelen af øerne i Smålandsfarvandet og Lollands tilgrænsende kystområder, 3) et moræneplateau, som dækker den centrale del af det nordlige Lolland, 4) to ås- og dødiskomplekser, og 5) et linært drænerings-system, som gennemskærer Sakskøbing. Opdelingen af landskabet i disse geomorfologiske enheder er delvis baseret på dannelsesmæssige overvejelser.

Endemorænelandskabet

Endemorænelandskabet består af adskillige, overvejende undersøiske rygge, der danner randen af en glacial depressionslobe. Ryggene danner et halvmåneformet kompleks, som mod nord støder op til endemorænelandskabet på Knudshoved Odde langs Sjællands sydkyst (Krüger 1983). Mod syd klinger endemorænen ud i et småbakked morænelandskab (hummocky moraine plateau) ved Nøbbet. Dette endemorænelandskab blev kortlagt som en israndslinje af Pedersen (1995). På figuren Topografi og glacialmorfologiske elementer på kortbladet er den geomorfologiske struktur benævnt Smålandsfarvandets Israndzone (Smålandsfarvandet Ice Border Zone). To områder ligger over havniveau, nemlig Vejro og området ved Nøbbet. Vejro er en lille ø på ca. 1.5 km², som har en

NØ-SV længdeudstrækning parallel med endemoræneryggen. Øens højeste punkt er 4 m o.h., og øen danner toppunktet for en undersøisk bakke, der fra en havbund 10–15 m u.h. rejser sig op til en lokal havbundsdybde på 6 m. Den generelle dybde til havbunden er her 10–15 m. Den vestligste del af Vejro består af strandvolde, der udgør et marint vinkelforland. Området ved Nøbbet i den vestligste del af kortbladsområdet består af et småbakked morænelandskab med bakker, der når op til 18–25 m o.h. og adskillige mindre lavninger. Det småbakkede landskab tolkes som dannet ved interferens mellem et tidligere anlagt dødislandskab (svarende til det stadium i Nordøstisens tilbagesmeltning, som dannede Birket Formationen) og den efterfølgende sydlige udløber af Smålandsfarvandets Israndzone.

Drumlinområder og landskabsstriking

Drumlin er et irsk ord, som betegner en langstrakt bakke i et glaciallandskab. Typisk ligger drumlinbakker ved siden af hinanden i et strømnetmønster, hvor de danner drumlinfelter (drumlin fields). Deres strømnettede form med længdeaksen parallel med isbevægelsesretningen peger entydigt på, at de er opstået ved erosiv og aflejrende aktivitet under randområdet af et isdække (Boulton & Hindmarsh 1987). Drumlinbakkerne inden for kortbladsområdet ligger i den marginale del af den forhenværende islobe, der var knyttet til Smålandsfarvandets Israndzone. Sådanne drumlinfelter er tidligere beskrevet fra Storebæltsregionen (Rasmussen 1975) og fra det

glaciale landskab i Slesvig-Holsten (Stephan 1987). Den morfogenetiske opdeling foreslået af Piotrowski & Smalley (1987) har dannet baggrund for studiet af drumlinbakkerne i kortbladsområdet.

Hovedparten af Smålandsfarvandets ørige udgør et drumlinfelt, hvor øerne Rågø, Fejø-Skalø, Femø, Askø-Lilleø og Lindholm danner toppene af de enkelte drumlinbakker, som er blottet over havniveau. Endnu flere drumlinbakker kan svagt erkendes ved Rodsnæs og Vignæs i den østligste del af kortbladsområdet, og som undersøiske elementer i banken Stemmetofte i Tårs Vig og ved Egholm nordvest for Birket. På figuren Topografi og glacialmorfologiske elementer vist på kortbladet er drumlinfeltet benævnt Fejø Drumlinfelt (Fejø Drumlin Field).

Moræneplateauet

Det meste af kortbladsområdets sydlige og vestlige del dækkes af et moræneplateau, som mellem Søllested og Stokkemærke udgør en meget jævn overflade beliggende 6–12 m o.h. Moræneplateauet gennemskæres af tre N–S-udstrakte dræningssystemer, hvori vandløbene gennem Galling Mose og Sørup Sø og det vandløb, som dræner Hunse Mose og Hinsø, nu findes. Disse N–S-systemer tolkes som begravede tunneldale. Den nordvestligste del af moræneplateauet ved Nøbbet kan karakteriseres som et småbakket morænelandskab.

Birket og Lindholm smeltevands- og åskomplekser

Kortbladsområdets mest markante bakkeparti er Ravnsby Bakker, som rejser sig 8 m over moræneplateauet. Mod sydvest rejser bakkepartiet sig til det højeste punkt på Lolland, Bavnehøj på 30 m o.h. Bakkepartiet er på det glacialmorfologiske kort benævnt Birket åskompleks. Komplekset består af glaciofluviale grovklastiske dannelser (sten og grus i Birket Formation) dannet i isbegrænsede kanaler, der langs bunden blev eroderet ned i Midtdanske Till Formation (se tværprofil A–B). Efterhånden som isen smeltede og blev til dødis, blev aflejningsbassinet udvidet og overgik til et søstadium (kamebakke). Efter isens afsmeltning lå det afsatte materiale i smeltevandsdalen tilbage som en bakke, der ragede op over moræneplateauet. Den is, som støttede åsaflejringernes sider, var Nordøstisen, der under sin videre tilbagesmeltning tillige efterlod sig adskillige dødisklumper. Sporene efter dem ses nu i landskabet som dødishuller, der er et karakteristisk element i Birket Åskompleks (se figuren Topografi og glacialmorfologiske elementer på kortbladet). Den topografiske topkonstant inden for komplekset er omkring

22–25 m, mens bunden af dødishullerne er omkring 7 m o.h. De største dødishuller har en diameter på op til 1 km, hvor lavningerne Lyngmose og Møllelung kan nævnes (Møllelung er vist på Fig. 17).

Lindholm Ås (Lindholm Esker) kan føjes til systemet af NNØ–SSV-orienterede dræningssystemer og begravede tunneldale. Dette kompleks danner en langstrakt bakke, som er ca. 300 m bred og kan følges 2 km mod sydvest fra kysten ved Blans Hoved. Den kan desuden forbindes med erosionsresten af en ås på øen Lindholm mod nordøst. Lindholm Ås tolkes lige som Birket Åskompleks som en del af Nordøstisens dræningssystem under dens afsmeltning. De uderoderede dale, der ud fra deres ujævne profil tolkes som tunneldale, blev fyldt op med glaciofluviale sedimenter. De er nu begravede dale under Lolland Till Formation, der efterfølgende blev aflejret hen over det gamle landskab som et relativt tyndt dække.

Sakskøbing Fjords lineære dræningssystem

Landskabet omkring byen Sakskøbing er stærkt præget af det NV–SØ-strygende lineament, der fra Sakskøbing Fjord kan følges ind i den dal, hvori Sakskøbing Å løber. Dalen fortsætter ind til Flintinge Å, som har sit udløb mod sydøst uden for kortbladsområdet. En række moser, herunder Grænge Mose, findes her. Såvel den indre del af fjorden som ådalen ind mod Sakskøbing er relativt smalle, kun ca. 500 m bred, med bemærkelsesværdigt stejle sider. Ud fra de kortlagte prækvartære forhold og de lineære topografiske elementer tolkes dalsystemet som et tektonisk lineament, som på figuren Dybden til kridt-overfladen på kortbladet er navngivet Sakskøbing Fjord Lineament.

Diskussion af Kvartær Periodens dannelser og aflejningshistorie

Ved studiet af de kvartære dannelser i kortbladsområdet kan særligt tre forhold være genstand for diskussion. Det første er en mulig tektonisk kontrol af de kvartære aflejninger og deres strukturelle optræden. Det andet er den genetiske dannelse af Birket Formationens smeltevandsaflejninger. Det tredje er spørgsmålet om, hvorvidt Lolland Till Formation er en subglacial dannelse eller er opstået ved afsmeltning.

Det er vanskeligt at vurdere, hvor stor betydning en forkastning kan have på de strukturgeologiske forhold og landskabsdannelsen, når forkastningen er begravet under et senere dæklag. Dette er som nævnt tilfældet for kortbladsområdets forkastninger under de kvartære aflejrin-

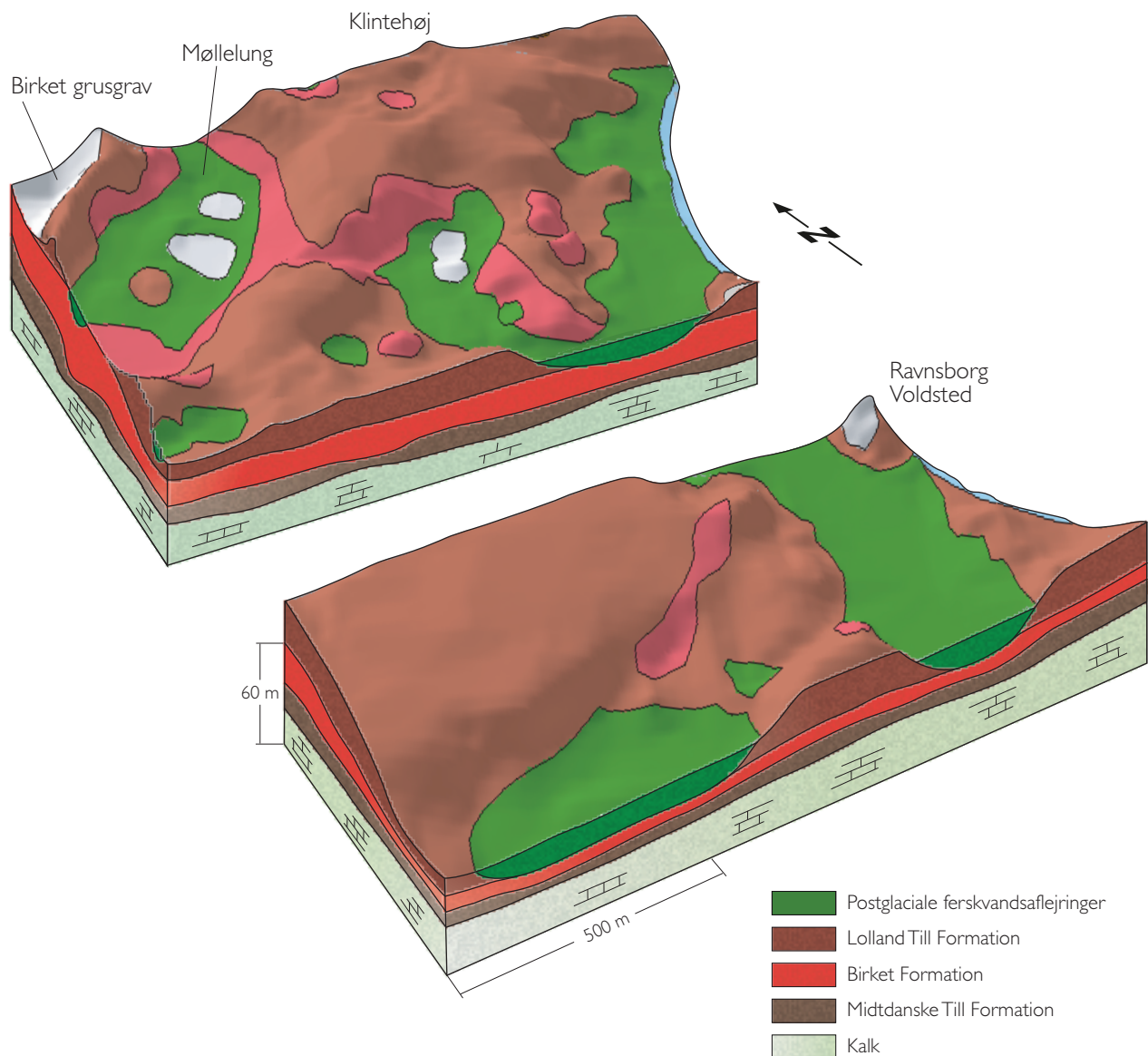


Fig. 17. Geologisk model af dødislandskabet ved Birket og de glacialmorfologiske Ravnsby Bakker med middelaldervoldstedet Ravnsborg slotsruin.

Fig. 17. Geological model of the dead-ice landscape at Birket, and glacial-morphological hills of Ravnsby Bakker with ruins of the medieval castle and fortification of Ravnsborg.

ger. Selve eksistensen af forkastningerne er dokumenteret ud fra borer og seismiske profiler, og lineamenter på det topografiske kort viser et forbavsende godt sammenfald med de fra prækvartæret kendte forkastningsstrukturer (Fig. 3, 16). Men har forkastningerne været aktive i Kvartærtiden? Fejø Forkastningen er den forkastning inden for kortbladsområdet, der har den største forsætning. I Kragenæs Graben, som er en half-graben under Ståldyb, har Danien kalken en vertikal forsætning på ca. 80 m i forhold til kridtoverfladen. På Danien kalken i bunden af Kragenæs Graben ligger Tebbestrup Formationen 45–75 m u.h., og Midtdanske Till Formation ca. 20–40 m u.h. Tebbestrup Formationen er ikke bevaret

på Fejø nordøst for forkastningen. Her burde den have ligget under bunden af Midtdanske Till Formation i en dybde af mindre end 20 m u.h. Kragenæs Graben tolkes derfor som uddybet ved forkastningsaktivitet langs Fejø Fault, på et tidspunkt, mens Nordøstisen skred frem over landskabet. Herved blev Tebbestrup Formationens aflejringer bevaret i bunden af en half-graben, d.v.s. på den hængende blok, mens de blev eroderet væk på toppen af den liggende blok, der udgøres af Fejø. Reaktivering af forkastningen tolkes som resultat af isostatisk belastning under Nordøstisens fremstød.

Dannelsen af Birket Formationen har været genstand for nogen diskussion. Andersen (1957) tolkede de op-

ragende partier af smeltevandssand ved Birket som erosionsrester af en udbredt smeltevandsslette. Fredericia (1979) tolkede de samme smeltevandsaflejringer som de uforstyrrede østlige dele af aflejringer i en dalsandur efterfulgt af et søstadium. I beskrivelsen af Birket Formationen skelnes mellem to typer af afsætning, dels de tykke afsætninger omkring Birket, dels tyndere smeltevandslag, der i borerer optræder mellem Midtdanske Till og Lolland Till Formationerne. Den sidste forekomsttype svarer til en udbredt sandur. Hvor Birket Formationen opnår sin maksimale tykkelse, er det tydeligt, at der har været en dødispræget ramme for aflejringen. På tværprofil A–B ses, at Birket Formationen er aflejret i en nederoderet dal i Midtdanske Till Formation. Denne dal er dannet i tunneldalsstadiet. Efterfølgende er dalen fyldt op med sediment, og på det tidspunkt, hvor sedimenterne i Birket Formationen afsattes over toppen af Midtdanske Till Formation, blev dalens sider støttet af dødis. Der var altså tale om et isdæmmede flod- og søsystem. Det isdæmmede aflejringsystem markerer sig som et aflangt landskabselement, mens Birket Formationen kun er sparsomt repræsenteret uden for systemet.

Morænelandskabet på det nordlige Lolland inklusive Saksøbing kortbladsområdet har tidligere været betragtet som et ablationslandskab, d.v.s. et landskab dannet ved nedsmeltningprocesser under isens tilbagesmeltning (Marcussen 1977). Det væsentligste argument for at

tolke Lolland Till Formation som en bundmoræne er det overvældende sammenfald af retningsbestemmelserne for Lolland Till Formationen, som er dokumenteret ved de mange målinger af till fabrics og skurestriber. En sådan ensartet stenorientering foregår ved shearbevægelse under isen, hvorved stenene orienterer sig parallelt med det maksimale shear. Ud fra målingerne af till fabrics ses et overordnet billede af en V-rettet isbevægelse. Ved nærmere gennemgang af målingerne ses det, at retningen er VNV-rettet i den østlige del af kortbladsområdet, og at en gradvis retningsændring mod NNV kan følges mod vest. Ved flere lokaliteter i den centrale del af området er der sket der en overprægning af de to retninger, som netop er sammenfaldende med det sted, hvor man må forvente, at drejningen mod en mere nordlig retning måtte have fundet sted, da isen ændrede retning for at nå op gennem Storebælt til Djursland. Fejø Drumlinfelt er styret af den samme generelle isbevægelsesretning, og drumlinbakkerne har med nogle få graders afvigelse en længdeudstrækning, der er parallel med till-fabric orienteringerne, og begge strukturelementer blev dannet under isdækket (Fig. 15). Derimod er randmorænekomplekset længst mod vest (Smålandsfarvandets Israndszone, Ice Border Zone) det tydeligste spor efter selve tilbagesmeltningen. Det repræsenterer kortvarige opholds- eller fremrykningslinjer under Den Ungbaltiske Isrands tilbagesmeltning til det sydsvenske landområde.

English summary

The geological map sheet Saksøbing on a scale of 1:50 000 comprises the topographical map sheet 1411 I and the southern part of the topographical map sheet 1412 II in southern Denmark. The map covers the central part of northern Lolland and the archipelago of Smålandsfarvandet to its north. The geological map sheet documents the distribution of Quaternary deposits in a region dominated by glacial dynamics related to the latest, Weichselian glaciation of southern Denmark.

The map sheet area consists of lowland with elevations mainly between 0–10 m above sea level (a.s.l.) and shallow marine areas with elevations between 0–7 m below sea level (b.s.l.). The area of Birket and Ravnsby Bakker constitutes a marked exception to the flat landscape and includes the two highest points of Lolland, Bavnehøj and Ravnsby Bakker around 30 m a.s.l. Along the trend formed by Saksøbing Fjord, the seabed of Smålandsfarvandet is incised by the up to 16 m deep trench of Lindholm Dyb – Ståldyb. Two shallower, parallel trenches are formed by Femø Sund and the extension of Guldborg Sund farther to the north-east. Although the topography of the map area is relatively flat, the depth to the top of the pre-Quaternary bedrock is quite variable. The thickness of the Quaternary deposits is greatest to the west, where it exceeds 50 m in the area around Lindholm Dyb between Fejø and Skifterne (Figs 14, 16), and decrease to only 5 m between Saksøbing and Havløkke in the centre of the map area.

The bedrock predominantly consists of Maastrichtian chalk, which is cut by several SE–NW-striking faults along elongate horst and half-graben structures (see inset figure Depth to top of chalk on the map sheet). Bryozoan limestone of Danian age with thicknesses of up to 20 m is preserved in the Nøbbet, Kragenæs and Femø Sund grabens. The most pronounced horst is the Merretskov Horst, where Cretaceous chalk occurs 0 m a.s.l. (Figs 14, 16). During the Mesozoic and Cenozoic the map area was under influence by salt tectonics as well as fault movements along the southern margin of the Ringkøbing–Fyn High (Fig. 3). The predominant SE–NW direction of the Mesozoic–Cenozoic faults re-occurs in the Quaternary geomorphology, suggesting Quaternary rejuvenation of the fault system.

The Quaternary deposits that overlie Maastrichtian chalk and Danian limestone vary in thickness between 5 and 75 m. These deposits are differentiated into four lithostratigraphic formations, which were deposited during glaciogeological dynamic events at the glacial maximum during the last part of the Weichselian ice age about 25 000–17 000 years ago. Two of these formations, namely the Tebbestrup and Midtdanske Till Formations, have previously been established and are recognised regionally in the central part of southern Denmark (Houmark-Nielsen 1987, 1999, 2003; Houmark-Nielsen & Kjær 2003). The two other formations, the Birket and Lolland Till Formations, are new (Fig. 6). The Birket Formation is interpreted as comprising recessive meltwater deposits overlying the Midtdanske Till Formation, and is mainly found in tunnel valleys formed during the retreat of the Main Weichselian Advance (Nordøstisen). The Lolland Till Formation comprises the predominant till that was deposited during the advance of the Ungbaltiske Is. Scattered occurrences of extramarginal, glaciolacustrine deposits overlying the Lolland Till Formation terminate the glacial deposition. These are informally named the Grønge lagene (beds), after bogs located along the Saksøbing Fjord Lineament south-east of Saksøbing. Here, remnants of *Bos taurus ursus* (Andersen & Møller 1946) have been found in peat beds covering these deposits.

Holocene terrestrial deposits are thin and comprise undifferentiated freshwater deposits, mainly peat, located in depressions and drainage systems. Holocene marine deposits comprise beach sand and gravel in beach ridges that build out marine forlands by accretion around points and necks. A good example is the angular spit at the southern end of Femø. Thin layers of marine gyttjas have mainly been accumulated in the deepest parts of Smålandsfarvandet. Marine deposits also occur in areas reclaimed from the sea behind artificial dams, e.g. in the southern part of Askø. The late Holocene evolution of the Smålandsfarvandet archipelago was characterised by the Atlantic transgression around 8000 years ago. The drowning of the landscape is documented by artifacts and other traces of Stone Age settlements of the Ertebølle culture, which have been found on the sea bed about 5 m b.s.l.

Tak

Under kortlægningen modtog de karterende feltgeologer hjælp fra adskillige lokale personer, heriblandt Leif Petersen, Bjarne og Thor Bott, Michael Rosenørn-Lehn, Klaus Grees, Adam Knuth og Kirsten og Jens Understrup. Kortbladsbeskrivelsen og udfærdigelsen af kortbladet blev støttet af flere medarbejdere ved GEUS: Torben Bidstrup og Peter Britze assisterede ved tolkningen af geofysiske data og Kaj Strand Petersen og Birger Lar-

sen bidrog til forståelsen af områdets kvartære og marine geologi. Kaj Strand Petersen og Gunver Krarup Pedersen har kommenteret tidlige udgaver af henholdsvis kortbladet og manuskriptet. Christian Abildtrup og Ole Gravesen har været eksterne bedømmere, og deres kritiske bemærkninger har medvirket til forbedring af teksten. Forfatterne takker hermed de ovennævnte personer for deres støtte og bidrag.

Referencer

- Aaris-Sørensen, K., Petersen, K.S. & Henriksen, M.B. 1999: Late Weichselian record of saiga (*Saiga tatarica* (L.)) from Denmark and its indications of glacial history and environment. *Quartär* **49/50**, 87–94.
- Andersen, L.J. & Gravesen, P. 1989: Cyclogram maps in the interpretation of pumping tests. In: Moore, J.E., Zaporozec, A., Csallany, S.L. & Varney, T.C. (eds): *Recent Advances in Groundwater Hydrology*. American Institute of Hydrology, 589–604.
- Andersen, S.A. 1957: Lolland i den sidste istid. *Meddelelser fra Dansk Geologisk Forening*, **13**, 225–235.
- Andersen, A. & Møller, K. 1946: Fund af Urokse (*Bos taurus urus* L.) i Grænge Mose paa Lolland. *Danmarks Geologiske Undersøgelse IV. Række* **3** (1), 16 sider.
- Boothroyd, J.C., Ashley, G.M. 1975: Processes, bar morphology, and sedimentary structures on braided outwash fans, northeastern Gulf of Alaska. I: Jopling, A.V. and McDonald, B.C. (red.): *Glaciofluvial and glaciolacustrine sedimentation*. Society of Economic Palaeontologists and Mineralogists, Special Publication **23**, 193–222.
- Boulton, G.S. & Hindmarsh, R.C.A. 1987: Sediment deformation beneath glaciers: Rheology and geological consequences. *Journal of Geophysical Research* **92**, 9059–9082.
- Britze, P. 1989: Geological evolution and hydrocarbon potential of the Lolland-Falster area, 114 pp. + bilag. Upubliceret cand.scient. opgave, Københavns Universitet.
- Clemmensen, L.B. & Houmark-Nielsen, M. 1981: Et glaciolakustrint Gilbert-delta ved Kyndby i NØ-Sjælland. *Dansk Geologisk Forening Årsskrift* **1980**, 35–38.
- Dansk Boreselskab A/S 1980: Zechstein Seismic Programme Lolland-Falster. 22 Seismic sections no. 7910, 7922–7926, 8018–8020, 8022–9024, 8035–8036. GEUS Subsurface Archive.
- Fischer, A. 1993: Stenalderboplader i Smålandsfarvandet (Stone Age settlements in the Smålands Bight): en teori afprøvet ved dykkerbesigtigelse. Miljøministeriet, Skov- og Naturstyrelsen, 139 sider.
- Fredericia, J. 1979: Kvartærgeologisk, sedimentologisk undersøgelse ved Birket, Nordvestlolland, 248 sider + bilag. Upubliceret cand.scient.-afhandling, Københavns Universitet.
- GEUS 1997: Well data summary sheets. Volume 32. Released wells from the Danish islands and Kattegat. Geological Survey of Denmark and Greenland Report **1997/119**, 118 sider.
- Gravesen, P. & Fredericia, J. (red.) 1984: ZEUS-geodatabase system. Borearkivet. Databeskrivelse, kodesystem og sideregistre. *Danmarks Geologiske Undersøgelse Serie D* **3**, 259 sider.
- Gravesen, P., Rolle, F. & Surlyk, F. 1982: Lithostratigraphy and sedimentary evolution of the Triassic, Jurassic and Lower Cretaceous of Bornholm, Denmark. *Danmarks Geologiske Undersøgelse Serie B* **7**, 51 sider.
- Gravesen, P., Pedersen, S.A.S., Klint, K.E.S. & Jakobsen, P.R. 2006: Geologiske kort i Danmark – hvad viser de kvartærgeologiske kort. *Geologisk Nyt* **2/06**, 10–14.
- Gustavson, T.C. 1975: Bathymetry and sediment distribution in proglacial Malaspina Lake, Alaska. *Journal of Sedimentary Petrology* **45**, 450–461.
- Houmark-Nielsen, M. 1987: Pleistocene stratigraphy and glacial history of the central part of Denmark. *Bulletin Geological Society of Denmark Denmark* **36**, 189 sider.
- Houmark-Nielsen, M. 1999: A lithostratigraphy of Weichselian glacial and interstadial deposits in Denmark. *Bulletin of the Geological Society of Denmark* **46**, 101–114.
- Houmark-Nielsen, M. 2003: Signature and timing of the Kattegat Ice Stream: onset of the Last Glacial Maximum sequence at the southwestern margin of the Scandinavian Ice Sheet. *Boreas* **32**, 227–241.
- Houmark-Nielsen, M. & Kjær, K.H. 2003: Southwest Scandinavia, 40–15 kyr BP: palaeogeography and environmental change. *Journal of Quaternary Science* **18**, 769–786.
- Houmark-Nielsen, M., Knudsen, K.L. & Noe-Nygaard, N. 2012: Istider og mellemistider. I: Larsen, G. & Sand-Jensen, K. (red.): *Naturen i Danmark*, 2. bind, Geologien, 2. udgave, 255–304. København: Gyldendal.
- Håkansson, E. & Pedersen, S.A.S. 1992: *Geologisk Kort over den danske undergrund 1:500.000*. København: Varv, særudgivelse.
- ISSC (International Subcommission on Stratigraphic Classification) of IUGS International Commission on Stratigraphy. 1994. *International stratigraphic guide*. 2nd edition, Amos Salvador, A. (ed.): Trondheim, Norway, International Union of Geological Sciences, and Boulder, Colorado, Geological Society of America, 214 sider.
- Jacobsen, E.M. 1976: En morænestratigrafisk undersøgelse af klinterne på Omø. *Dansk Geologisk Forening Årsskrift* **1975**, 15–17.

- Jakobsen, P.R., Hermansen, B. & Tougaard, L. 2011: Danmarks digitale jordartskort 1:25000. Version 3.1. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport **2011/40**, 28 sider.
- Jakobsen, P.R., Nielsen, A.M. & Pedersen, S.A.S. 2013. Geologisk kort over Danmark 1:50 000, Mariager. København: De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland.
- Klint, K.E.S. & Rasmussen, L.Aa. 2011: Geologisk kort over Danmark 1:50 000, Nykøbing Falster. København: De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland.
- Kolstrup, E. & Buchardt, B. 1982: A pollen analytical investigation supported by an ¹⁸O-record of a Late Glacial lake deposit at Grønge (Denmark). *Review of Palaeobotany and Palynology* **36**, 205–230.
- Kronborg, C., Bender, H., Bjerre, R., Friberg, R., Jacobsen, H.O., Kristiansen, L., Rasmussen, P., Sørensen, P.R. & Larsen, G. 1990: Glacial stratigraphy of East and Central Jutland. *Boreas* **19**, 273–287.
- Krüger, J. 1983: Glacial morphology and deposits in Denmark. I: Ehlers, J. (ed.): *Glacial deposits in north-west Europe*, 181–191. Rotterdam: Balkema.
- Larsen, G., Jørgensen, F.H. & Priisholm, S. 1977: The stratigraphy, structure and origin of glacial deposits in the Randers area, eastern Jutland. *Danmarks Geologiske Undersøgelse II. Række* **111**, 36 sider.
- Marcussen, I. 1977: Deglaciation landscapes formed during the wasting of the late Middle Weichselian ice sheet in Denmark. *Danmarks Geologiske Undersøgelse. II. Række* **110**, 72 sider.
- Milthers, V. 1948: Det danske Istidslandskabs Terrænformer og deres Opstaaen. *Danmarks Geologiske Undersøgelse III. Række* **3** (28), 234 sider + kort.
- Nordmann, V. 1927: Træk fra Lollands Geologi. Det fjerde Danske Hjemstavnskursus paa Lollands Højskole. Nykøbing F, 1.–7. august 1926, 15 sider.
- North American Commission on Stratigraphic Nomenclature 2005: North American Stratigraphic Code. *AAPG Bulletin* **89**, 1547–1591.
- Pedersen, S.A.S. 1988: Glacitectonite: Brecciated sediments and cataclastic sedimentary rocks formed subglacially. In: Godthwait, R.P. & Matsch C.L. (eds): *Genetic Classification of Glacigenic Deposits*, 89–91. Rotterdam: Balkema.
- Pedersen, S.A.S. 1995: Israndslinier og isafsmeltning i Norden. Kortblad i Andersen, S. & Pedersen, S.A.S. (red.): *Israndslinier i Norden*, 372 pp. + kort. TemaNord 1998: 594, Nordisk Ministerråd.
- Pedersen, S.A.S. & Petersen, K.S. 1997: Djurslands Geologi, 96 sider. + geologisk kort. København: Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse.
- Petersen, K.S. & Rasmussen, L.Aa. 1989: Vandmiljøplanens overvågningsprogram, Landovervågningsopland Loop 4. *Danmarks Geologiske Undersøgelse Intern rapport* **12**, 17 sider.
- Piotrowski, J.A. & Smalley, I.J. 1987: The Woodstock drumlin field, southern Ontario, Canada. I: Menzies, J. & Rose, J. (red.): *Drumlin Symposium*, 309–321. Rotterdam: Balkema.
- Rasmussen, L.Aa. 1975: Kineto-stratigraphic glacial drift units on Hindsholm, Denmark. *Boreas* **4**, 209–217.
- Rasmussen, L.Aa. & Jacobsen, P.R. 1988: Vandmiljøplanens overvågningsprogram, Landovervågningsopland Loop 1. *Danmarks Geologiske Undersøgelse Intern rapport* **88**, 21 pp.
- Rasmussen S.O. *et al.* 2014: A stratigraphic framework for abrupt climatic changes during the Last Glacial period based on three synchronized Greenland ice-core records: refining and extending the INTIMATE event stratigraphy. *Quaternary Science Reviews* **106**, 14–28.
- Rawson, P.F. *et al.* (eds) 2002: *Stratigraphical Procedure*. Professional Handbooks series, 57 sider. Geological Society, London.
- Reimer, P.J. *et al.* 2013: IntCal13 and Marine 3 radiocarbon age calibration curves 0–50 000 years cal BP. *Radiocarbon* **55**, 1869–1887.
- Rust, B.R. 1975: Fabric and structure in glaciofluvial gravels. I: Jopling, A.V. and McDonald, B.C. (red.): *Glaciofluvial and Glaciolacustrine Sedimentation*. Society of Economic Palaeontologist and Mineralogists, Special Publication **23**, 238–248.
- Rørdam, K. 1893: Geologisk kort over Danmark i målestok 1:100 000 med beskrivelser. Kortbladene Helsingør og Hillerød. *Danmarks Geologiske Undersøgelse Række* **1**, 110 sider.
- Skov- og Naturstyrelsen 1987: *Havbundsundersøgelser, Smålandsfarvandet*. Miljøministeriet, 56 sider.
- Sørensen, H. & Nielsen, A.V. 1978: Den geologiske kortlægning af Danmark, den hidtidige kortlægning – og den fremtidige. *Danmarks Geologiske Undersøgelse Serie A* **2**, 79 sider.
- Smed, P. & Ehlers, J. 2002: *Steine aus dem Norden. Geschiebe als Zeugen der Eiszeit in Norddeutschland*, 194 pp. Berlin-Stuttgart: Gebrüder Borntraeger.
- Sorgenfrei, T. 1966: Strukturgeologischer Bau von Dänemark. *Geologie* **15**, 641–660.
- Sorgenfrei, T. & Buch, A. 1964: Deep Tests i Denmark 1935–1959. *Danmarks Geologiske Undersøgelse III. Række* **36**, 146 sider.
- Stephan, H.-J. 1987: Form, composition and origin of drumlins in Schleswig-Holstein. I: Menzies, J. & Rose, J. (red.): *Drumlin Symposium*, 335–345. Rotterdam: Balkema.
- Stephan, H.-J. 1994: *Der Jungbaltische Gletschervorstoss in Norddeutschland*. Schriften des Naturwissenschaftlichen Vereins für Schleswig-Holstein **64**, 1–15.
- Trusheim, F. 1960: Mechanism of salt migration in Northern Germany. *AAPG Bulletin* **44**, 1519–1540.
- Vejbæk, O.V. 1997: Dybe Strukturer i danske sedimentære bassiner. *Geologisk Tidsskrift* **4**, 1–31.
- Visser, J.N.J. 1989: Stone orientations in basal glaciogenic diamictite: four examples from the Permo-Carboniferous Dwyka Formation, South Africa. *Journal of Sedimentary Petrology* **59**, 935–943.
- Ziegler, P.A. 1990: *Geological Atlas of Western and Central Europe* (2nd edn.), 239 sider. The Hague: Shell Internationale Petroleum Maatschappij B.V.

Appendiks 1

Till-fabric analyse af Lolland Till Formationen

På 24 lokaliteter i Saksøbing kortbladsområdet er der målt till-fabric orienteringer i tilgængelige blotninger af Lolland Till Formationen (Fig. 12, 18, 19). Ved till-fabric analysen blev stereoplot-programmet SSWIN og Kamb (sigma) beregningsmetoden benyttet. Retningsvektorer bestemt ved analysen af hver lokalitet (se Fig. 19) er repræsenteret ved pile på figuren Topografi og glacialmorfologiske elementer på kortbladet. Pilene angiver den maksimale densitet, egenvektor 3 (E_3) i den rumlige fordeling af målingerne. Vægtningen af de enkelte orienteringsmålinger er baseret på Volmer's Fabric Index i et trekantdiagram med cluster koncentration, storcirkelfordeling ('girdle') og ensartethed som trekantens hjørnepunkter (cgu-indekset, fra 'cluster-girdle-uniformity',

se nedenfor og Fig. 18). I dette diagram svarer en clusterfordeling til en veldefineret retning og en storcirkelfordeling til to eller flere retninger i samme plan, og endelig svarer en ensartet fordeling til fravær af en fremtrædende retning. Bemærk, at storcirkelfordelingen i en till-fabric analyse normalt refererer til fabric-akser fordelt i det horisontale plan eller i et plan, der hælder svagt mod shearbevægelsens retning. Ud fra en storcirkelfordeling kan det ikke bestemmes, om klasterne viser en A-akse- eller B-akse-orientering; det kan kun afgøres fra stereogramernes konturering (Fig. 19).

I det følgende beskrives og vurderes analysen af de enkelte stereogrammer ud fra det statistiske fordelingsdiagram i Fig. 18.

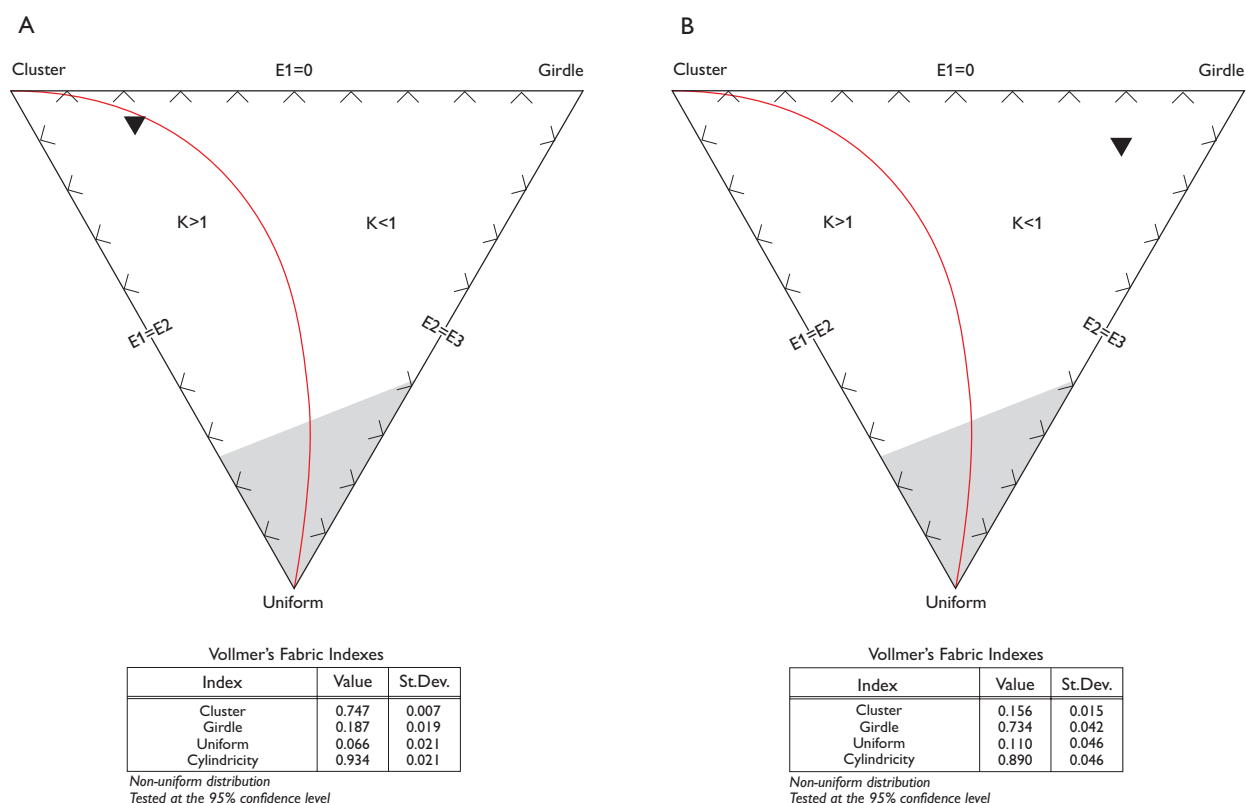


Fig. 18. Eksempel på et trekantdiagram anvendt i fabricanalysen af moræneblokke. Diagrammets hjørner markerer henholdsvis ren cluster-, storcirkel- (girdle-) og ensartet (uniform) fordeling af målingerne. Den sorte trekant markerer det vægtede maksimum. **A:** Eksempel på storcirkelfordeling med data fra lokaliteten på Rågå. **B:** Eksempel på clusterfordeling fra samme lokalitet.

Fig. 18. Example of a triangular diagram used in the fabric analysis of erratic blocks. The three apices mark pure cluster, girdle and uniform distributions of measurements, respectively. The black triangle marks the weighted maximum. **A:** Example of girdle distribution of data from the locality at Rågå. **B:** Example of a girdle distribution from the same locality.

Till fabrics fra Vejro – Torrig Vig-området

Till-fabric målingerne fra den nordvestlige del af Saks-købing kortbladsområdet er sammenfattende henført til Vejro – Torrig Vig-området. Analysen af områdets målinger viser, at isbevægelsesretningen varierer mellem NNV og VNV.

Vejro (Fig. 19A). Till-fabric analysen fra Vejro viser en storcirkelfordeling (Fig. 18). Eigenvektoren E_3 har retningen 137° og kan uden problemer tolkes som en A-akse-orientering, svarende til isbevægelsens gennemsnitlige retning. E_2 -retningen er vinkelret på 137° og tolkes som en B-akse-orientering. Tilstedeværelsen af en genkendelig B-akse-orientering afspejler en position i en randmoræne, hvor klasternes orientering skyldes en kombination af simple shear og rotation ved flexural slip omkring en akse vinkelret på isbevægelsens kompressionsretning.

Rågø (Fig. 19B). Målingen af till fabric i moræneleret fra Rågø er et godt eksempel på en cluster-fordeling med et cgu-indeks på $c=0.75$, $g=0.19$, $u=0.07$ (Fig. 18B). E_3 har retningen 147° svarende til en veludviklet A-akse fabric dannet ved isbevægelse fra SØ mod NV.

Egholm (Fig. 19C). Till-fabric målingerne fra denne lokalitet giver ikke nogen klar retningsbestemmelse, idet cgu-indeks har følgende resultat: $c=0.45$, $g=0.36$, $u=0.18$. Til sammenligning ville en god retningsbestemmelse give en c -værdi på over 0,5. Retningen aflæst fra E_3 -koncentrationen er 104° , der kan tolkes som en tidlig, ØSØ–VNV-rettet istryksretning med efterfølgende overprægning af en shear-retning mod NV, hvorved en ellers entydig, tidligt dannet till fabric blev erstattet af en ujævn fordeling.

Torrig Vig (Fig. 19D). Med et cgu-indeks på $c=0.53$, $g=0.30$, $u=0.16$ giver denne fabric en rimelig retningsindikation med en E_3 -koncentration omkring 150° , altså en isbevægelsesretning mod NV.

Kragenæs Øre (Fig. 19E). Till-fabric målingerne fra lokaliteten på nordkysten af Kragenæs giver et cgu-indeks, som med $c=0.26$, $g=0.60$, $u=0.14$ viser en meget uregelmæssig fordeling. Selv om retningspilen på diagrammet angiver en næsten ren Ø–V isbevægelse ($E_3 = 97^\circ$) skal fordelingen ikke opfattes som en entydig markør. Dette uregelmæssige diagram tolkes således, at en tidlig Ø–V-bevægelsesretning blev overpræget af en isbevægelse, der blev drejet mod nordvest under isfremstødets udvikling.

Kragenæs S (Fig. 19F). Till-fabric målingerne fra sydkysten af Kragenæs viser en rimelig retningsmarkering mod NV ($E_3 = 143^\circ$). Analysen af diagrammet har et cgu-indeks på $c=0.60$, $g=0.28$, $u=0.13$, hvilket er meget

tæt på de værdier, som er opnået fra Birket-området (se herunder).

Till fabrics fra Birket–Fejø-området

Till-fabric målinger fra dette område omfatter foruden Birket grusgrav kystprofiler på Fejø og Skalø (se Fig. 12 og 14).

Birket (Fig. 19G). Till-fabric målinger fra Birket giver en rimeligt ensartet retningsangivelse mod NNV ($E_3 = 152^\circ$). Med et cgu-indeks på $c=0.61$, $g=0.27$, $u=0.12$ kan bevægelsesretningen betragtes som ret entydig. Ved sammenligning med strømretningen fra Kragenæs S konstateres det, at isbevægelsesretningen undergik en højredrejning (rotation med uret) i området fra Kragenæs vestover mod Birket.

Fejø (Fig. 19H–L). Tre af till-fabric målingerne fra Fejø viser samstemmende retning mod NV ($E_3 = 124^\circ$). Fra disse tre lokaliteter giver cgu-indeks følgende resultater, Skalø: $c=0.59$, $g=0.25$, $u=0.16$; Klintgård: $c=0.27$, $g=0.57$, $u=0.16$; Nørrehede B: $c=0.38$, $g=0.41$, $u=0.21$. Det er dog kun målingerne fra Skalø, som kan opfattes som en god retningsindikator. De to andre retningsangivelser må karakteriseres som usikre eller tolkes som fabric-orienteringer fremkommet ved overpræget deformation. Det synes især at være tilfældet for Klintgård-lokaliteten (Fig. 19I), som lader til at have bevaret en gammel NØ–SV isbevægelsesretning, dvs. at et brudstykke af Midtdanske Till Formation er blevet omlejret i Lolland Till Formation. Fabric-målingen fra lokaliteten Skoven er meget usikker med et storcirkel-til ensartet fordelingsmønster med cgu-indeks på $c=0.08$, $g=0.62$, $u=0.21$. Endelig viser Nørrehede A lokaliteten (Fig. 19K) en rimeligt ensartet retningsangivelse mod NV ($E_3 = 144^\circ$) baseret på et cgu-indeks på $c=0.43$, $g=0.36$, $u=0.21$.

Till fabrics fra Femø–Askø-området

Till-fabric målinger fra Femø og Askø repræsenterer de centrale nordlige dele af Saks-købing kortbladsområdet.

Femø (Fig. 19M–Q). Tre af lokaliteterne på Femø (Fig. 19M–O) viser en nordvestlig retning med en E_3 -værdi varierende fra 120° til 153° . Ud fra cgu-indeks ses en rimelig cluster koncentration: $c=0.63–0.45$, $g=0.23–0.49$ og $u=0.24–0.06$ (Fig. 19M–O). De to sidste lokaliteter på Femø viser en storcirkelfordeling med cgu-indeks på $c=0.16$, $g=0.74$, $u=0.10$ og $c=0.19$, $g=0.78$, $u=0.06$ (Fig. 19P–Q). Disse fordelinger tolkes som et skift i isbevægelsesretningen under isoverskridelsens sheardeformation.

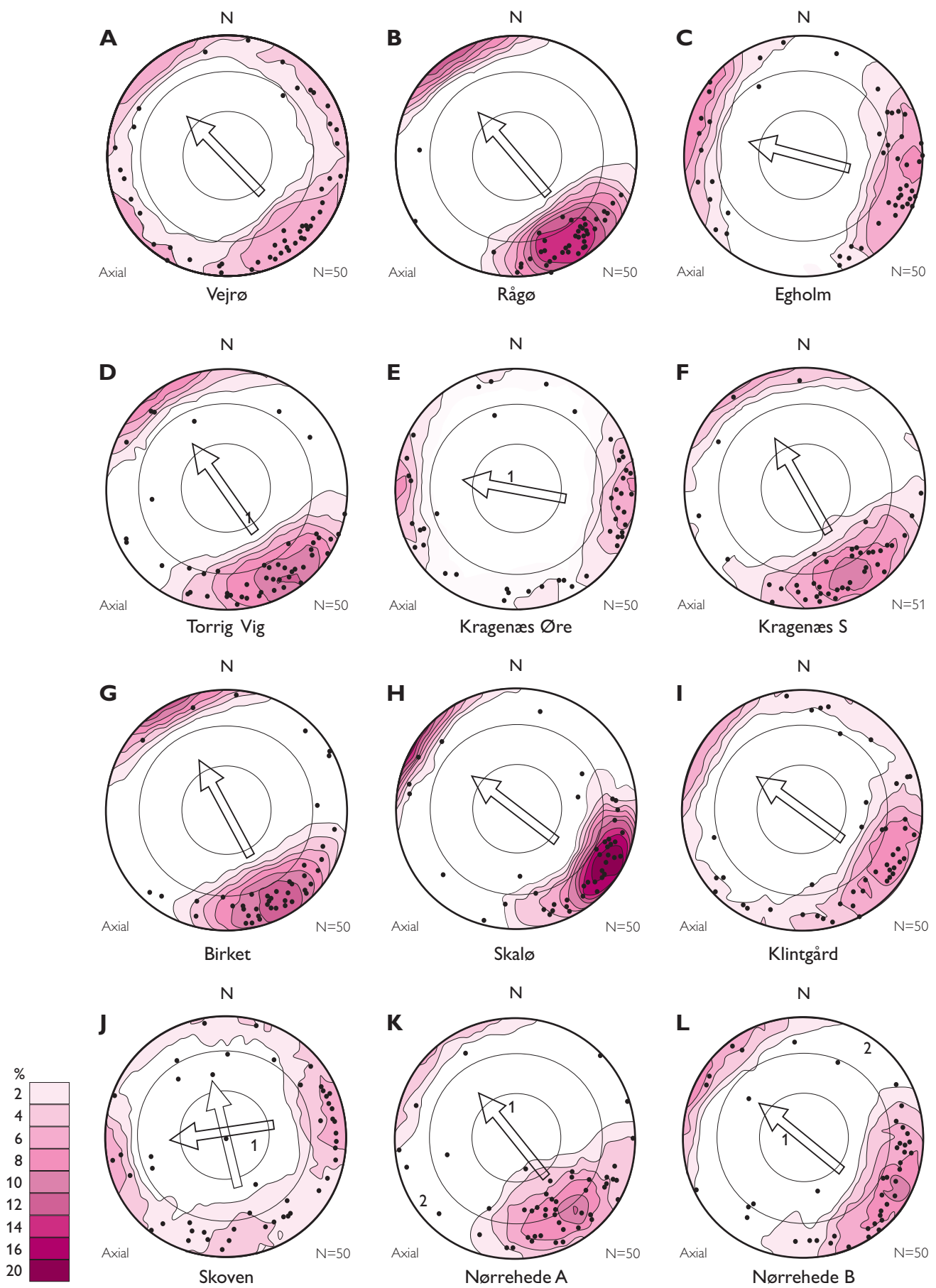


Fig. 19. Stereogrammer af fabricanalyser fra områderne Vejrhø – Torrig Vig (A-F), Birket-Fejø (G-L), Femø-Askø (M-R) og Saksøbing (S-X). Alle konturintervaller i de viste diagrammer er 2 %.

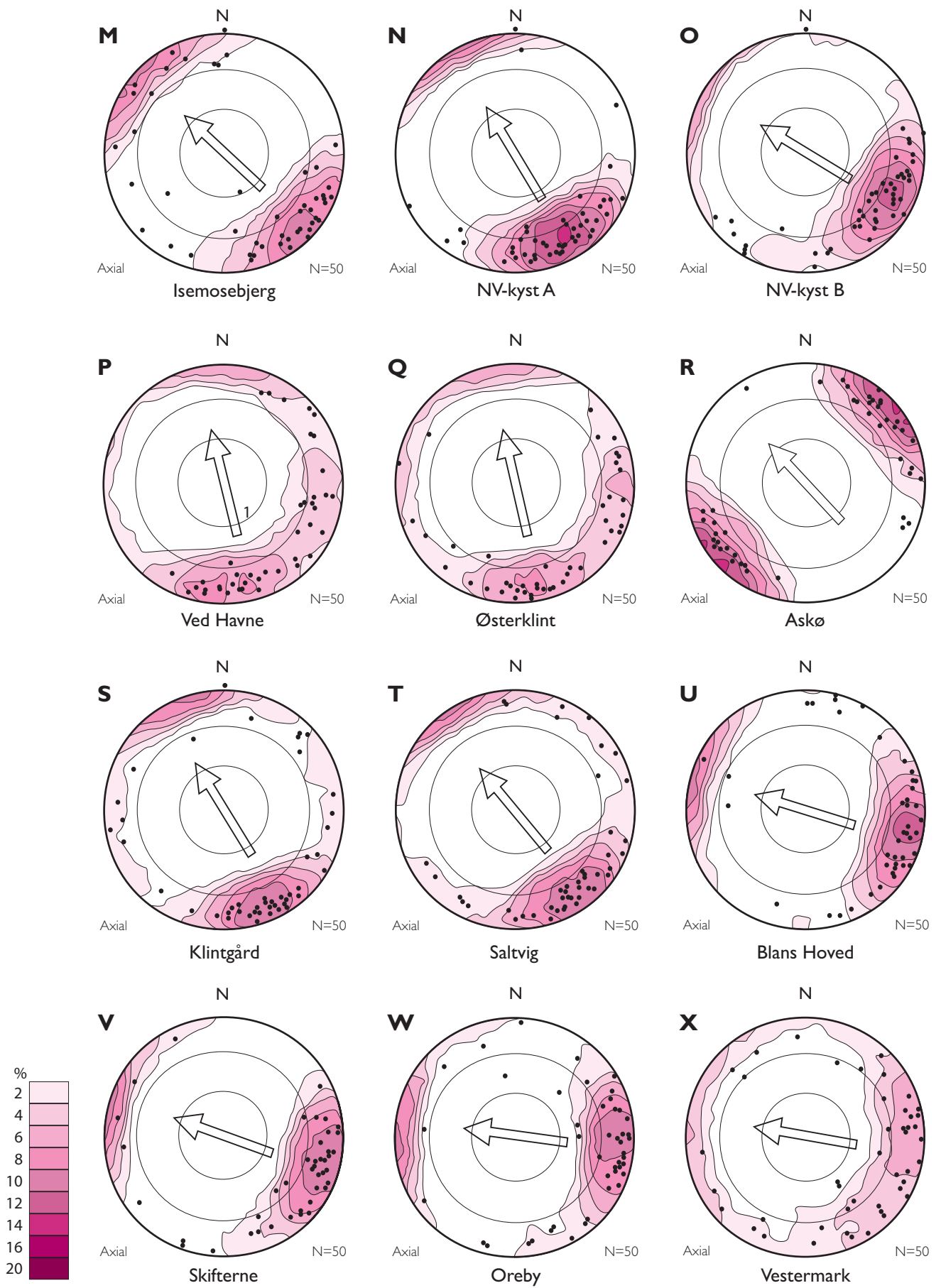


Fig. 19. Stereograms showing fabric analyses from the areas of Vejro – Torrig Vig (A–F), Birket–Fejø (G–L), Femø–Askø (M–R) and Sakskøbing (S–X). Contour intervals are 2% in all diagrams.

Askø (Fig. 19R). Till-fabric målinger fra Askø har en bemærkelsesværdig orientering vinkelret på den generelle trend. E_3 har retningen 50° og cgu-indekset viser en rimelig cluster fordeling ($c=0.65$, $g=0.18$, $u=0.17$). To tolkningsmuligheder kan foreslås. Enten repræsenterer fabric-målingerne en B-akse-orientering, som kunne relateres til en dårligt bevaret eller utydeligt markeret israndzone, eller også repræsenterer de en A-akse-fabric, som skyldes en isbevægelse fra NØ. Forfatterne hælder mest til den første tolkning, idet fordelingen er koncentreret omkring en horisontal, NØ–SV-orienteret akse. En A-akse-orientering bør altid have en svagt dykkende akse, hvilket ikke er tilfældet for målingerne fra Askø.

Till fabrics fra Saksøbing Fjord-området

Saksøbing Fjord repræsenterer den sydøstligste del af Saksøbing kortbladsområdet. Till-fabric målingerne i dette område omfatter fire lokaliteter på sydsiden af Saksøbing Fjord og to lokaliteter nord for fjorden. På sydsiden af fjorden drejer det sig om lokaliteterne Klintgård, Saltvig, Blans Hoved og Skifterne. Det nordlige område omfatter lokaliteterne Oreby og Vestermark. Ud fra fabric-retningerne knytter de to første lokaliteter sig til kortbladets centrale område, mens de sidste fire lokaliteter grupperer sig med retningsorienteringer karakteristisk for den østlige del af kortbladsområdet.

Klintgård og Saltvig (Fig. 19S–T). Disse to till-fabric diagrammer er meget ens med E_3 -retninger på henholdsvis 150° and 148° . Selvom fordelingen statistisk set nærmer sig en storcirkelfordeling med cgu-indeks på $c=0.40$, $g=0.50$, $u=0.10$ og $c=0.43$, $g=0.46$, $u=0.11$, kan fordelingen stadig tolkes som en NV-orienteret isbevægelse delvis sløret af nogle B-akse-orienterede klaster i till formationen.

Blans Hoved, Skifterne, Oreby and Vestermark (Fig. 19U–X). Disse till-fabric målinger viser en V-rettet isstrømsretning med en E_3 -retning på 95 – 112° . Det er tilmed påfaldende, at cgu-indekset er næsten ens (ca. $c=0.50$, $g=0.36$, $u=0.14$) bortset fra Vestermark, der viser en storcirkelfordeling ($c=0.20$, $g=0.56$, $u=0.24$). Fordelingen på Vestmark lokaliteten tolkes som en kombination af A- og B-akse-orienteringer.

Appendiks 2

De geologiske kortlægningsenheder og den litostratigrafiske inddeling på danske geologiske kortblade

af Peter Gravesen og Stig A. Schack Pedersen

Etableringen af litostratigrafiske enheder for aflejringer fra Kvartær Perioden, især for de glaciale aflejringer, tog sin begyndelse med Larsen *et al.* (1977), Houmark-Nielsen (1987, 1999), Kronborg *et al.* (1990) og Pedersen & Petersen (1997). Efterfølgende er opstilling af litostratigrafiske enheder blevet en integreret del af kvartærgeologiske undersøgelser af regional udstrækning for at øge forståelsen af sedimentlegemernes sammenhæng, udbredelse, strukturer og stratigrafi.

I kortbladsbeskrivelsen er de kortlagte jordarter/enheder samlet i litostratigrafiske enheder, formationer. Formationstemaet kan hverken ses på kortbladet eller i de geologiske profiler på selve kortbladet. Dog indeholder kortbladsbeskrivelsen en figur med geologiske profiler, som svarer til en del af profilerne på kortbladet, hvor navne på de beskrevne formationer er tilføjet for at illustrere den stratigrafiske opbygning.

Dette appendiks gør rede for, hvordan sammenhængen mellem jordarterne på kortbladet og formationerne i beskrivelsen er etableret.

Jordartsklassifikation og symboler

Den jordartsklassifikation, som anvendes ved kortlægningen, har sin tradition tilbage fra det første kort fra 1893 (Rørdam 1893; Sørensen & Nielsen 1978), men er blevet udviklet gennem årene. De jordartstyper, som kortlægges, kan ses på Fig. 20. En beskrivelse af en række af dem kan ses i Jakobsen *et al.* (2011). Bogstavsymboler baseret på den første landsdækkende hydrogeologiske kortlægning, som især anvendes på de geologiske basisdatakort (Andersen & Gravesen 1989), er efter 1980 også anvendt sammen med farvesymbolerne. De er dog først medtaget på det nyeste kortblad Mariager (Jakobsen *et al.* 2013). Nærværende kortbladsbeskrivelse indeholder

ikke selvstændige beskrivelser af de enkelte jordarter på kortbladet, som optræder ifølge signaturforklaringen, men jordarterne indgår i beskrivelsen af de litostratigrafiske enheder. Farvesignaturforklaringen kan sammenholdes med bogstavsymbolerne i Fig. 20. Derudover er jordarternes bogstavsymboler noteret ved beskrivelsen af de litostratigrafiske enheder, hvor der således kan findes samme symbol under forskellige litostratigrafiske enheder.

Kortlægningen

Jordartsbestemmelsen i felten foretages på prøver, der er taget op med karteringsspyddet fra lagene under jordbundshorisonten. Ved kortlægningen afgrænses arealer med samme jordart. Dette foretages i felten baseret på de litologiske karakteristika og vurdering af terrænformer og andre observationer om jordarterne, eksempelvis fra kystklinter, grusgrave og vejgennemskæringer, hvor også de strukturelle forhold som laggrænser, relationer mellem forskellige typer af litologi, glacialtektoniske strukturer, fabric analyser m.m. kan iagttages (Gravesen *et al.* 2006). Der indsamles således en række informationer om de geologiske forhold inden for kortbladsområdet, som ikke direkte kan ses på kortbladet.

Ved kortlægningen i felten medbringes en kopi af Jupiter Boringsdatabasen (Gravesen & Fredericia 1984). Herved kan der allerede ved kortlægningen etableres et rumligt billede af de kortlagte aflejringer og etableres en kvartærgeologisk model for kortbladsområdet. Dette er en forskel fra klassiske feltundersøgelser, hvor korrelationer mellem daglokaliteter blev foretaget uden at inddrage information mellem dem. Der vil desuden på et tidligt tidspunkt kunne foretages en vurdering af de kvartære aflejrings relationer til det prækvartære underlag.

Litostratigrafisk inddeling

En formel litostratigrafisk inddeling af sedimentære legerer (lag) følger regler, som er formaliseret af International Union of Geological Science, IUGS (ISSC 1994; North American Commission on Stratigraphic Nomenclature 2005), og ved opstilling af enheder anvendes også retningslinjer fra håndbogen udarbejdet af Rawson *et al.* (2002). Opstilling af enhederne: Led (Member), Formation (Formation) og Gruppe (Group) følger en fast procedure, som også er fulgt ved denne kortbladsbeskrivelse. Den basale enhed er formationen, som skal karakteriseres ved egenskaberne: Navn, historie, typelokalitet, litologi og strukturer, tykkelse, grænser, horisontal udbredelse og alder. Beskrivelse af aflejringsmiljø er ikke et krav, men indgår ofte i beskrivelsen.

Formationen er den grundliggende mindste enhed, der kan kortlægges. Den skal kunne følges over 'større' afstande og være sammenhængende. Hvad 'større' afstande betyder, er ikke præcist fastsat, men tilpasses oftest lokalt/regionalt, og kan f.eks. være en sammenhæng inden for et kortblad i 1:50 000 eller 1:100 000. I en formel enheds navn staves alle ord med stort: Lolland Till Formation.

Fra jordart til formation

Ved kortlægning af et område, som beskrevet ovenfor, indsamles de informationer, som er nødvendige for opstilling af en litostratigrafisk enhed, normalt en formation, i kombination med de centrale og basale informationer, som findes i forvejen (f.eks. borer og geofysik) og suppleret med senere laboratorieanalyser og aldersdateringer. En del af de eksisterende informationer gennemgås allerede inden kortlægningen påbegyndes, som f.eks. analyse af topografiske kort og analyse af flyfoto. Baseret på de indsamlede informationer omfatter formationskarakteristikaene følgende:

Daglokaliteter: Typelokalitet, laggrænser, tykkelse, litologi, strukturer, tektonik, retningsindikatorer (fabric, glacialtektonik) (punktinformationer).

Boringer: Laggrænser, tykkelse, horisontal udbredelse, litologi (punktinformationer).

Kortlægning: Litologi, arealer, horisontal udbredelse, laggrænser (arealinformationer).

Geofysiske data: Horisontal udbredelse, arealer, laggrænser, strukturer (arealinformationer).

Laboratoriedata: Kornstørrelser, petrologi (stentællinger, ledeblokke), fossilindhold, absolut alder.

Sammenstillingen af disse informationer kan føre til opstilling af f.eks. formationer, da alle relevante og nødvendige data vil være til stede. De sammensatte profiler viser den vertikale og horisontale udbredelse af de formelle enheder, som indgår i kortbladsbeskrivelsen. Desuden suppleres beskrivelsen af formationerne af geologiske logs og fotos.

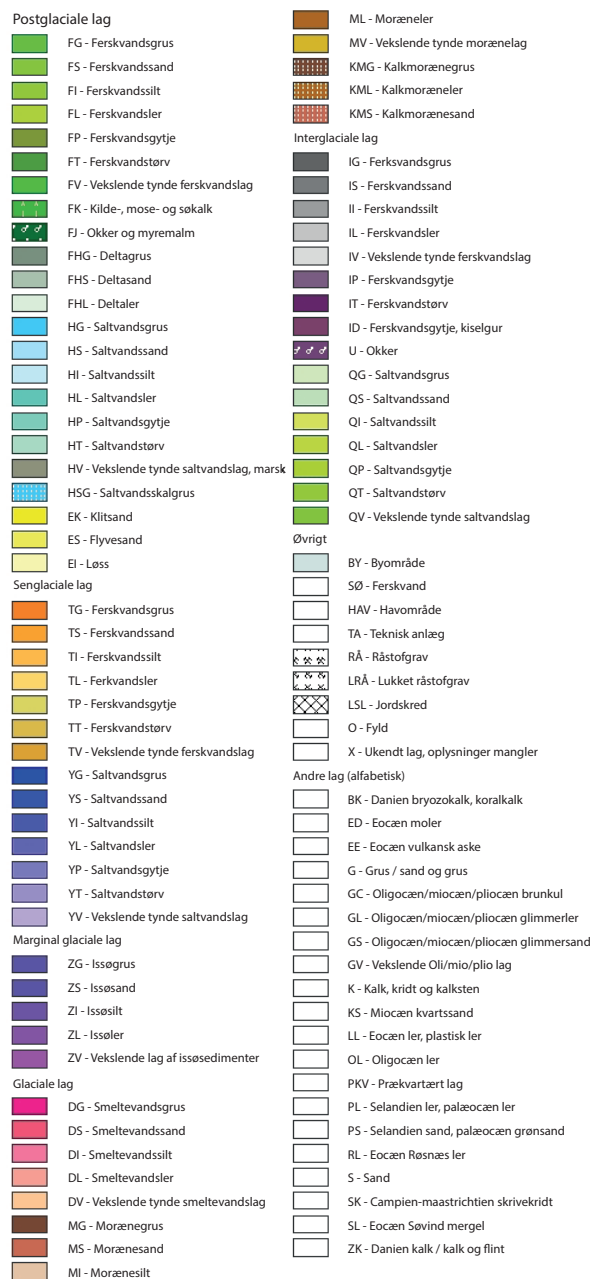


Fig. 20. Farve- og bogstavssymboler, der anvendes ved GEUS' geologiske kortlægning i Danmark. Fra Jakobsen *et al.* (2011).
 Fig. 20. Colour symbols and lettering used in geological mapping of Denmark by GEUS. From Jakobsen *et al.* (2011).

De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS)

Geological Survey of Denmark and Greenland

Øster Voldgade 10, DK-1350 Copenhagen K

Denmark

The series *Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin* started in 2003 and replaced the two former bulletin series of the Survey, viz. *Geology of Greenland Survey Bulletin* and *Geology of Denmark Survey Bulletin*. The twenty-one volumes published since 1997 in those two series are listed on the following pages. The present series, together with *Geological Survey of Denmark and Greenland Map Series*, now form the peer-reviewed scientific series of the Survey.

Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin

1	The Jurassic of Denmark and Greenland, 948 pp. (28 articles), 2003. <i>Edited by</i> J.R. Ineson & F. Surlyk.	500.00
2	Fish otoliths from the Paleocene of Denmark, 94 pp., 2003. <i>By</i> W. Schwarzghans.	100.00
3	Late Quaternary environmental changes recorded in the Danish marine molluscan faunas, 268 pp., 2004. <i>By</i> K.S. Petersen.	200.00
4	Review of Survey activities 2003, 100 pp. (24 articles), 2004. <i>Edited by</i> M. Sønderholm & A.K. Higgins.	180.00
5	The Jurassic of North-East Greenland, 112 pp. (7 articles), 2004. <i>Edited by</i> L. Stemmerik & S. Stouge.	160.00
6	East Greenland Caledonides: stratigraphy, structure and geochronology, 93 pp. (6 articles), 2004. <i>Edited by</i> A.K. Higgins & F. Kalsbeek.	160.00
7	Review of Survey activities 2004, 80 pp. (19 articles), 2005. <i>Edited by</i> M. Sønderholm & A.K. Higgins.	180.00
8	Structural analysis of the Rubjerg Knude Glaciotectonic Complex, Vendsyssel, northern Denmark, 192 pp., 2005. <i>By</i> S.A.S. Pedersen.	300.00
9	Scientific results from the deepened Lopra-1 borehole, Faroe Islands, 156 pp. (11 articles), 2006. <i>Edited by</i> J.A. Chalmers & R. Waagstein.	240.00
10	Review of Survey activities 2005, 68 pp. (15 articles), 2006. <i>Edited by</i> M. Sønderholm & A.K. Higgins.	180.00
11	Precambrian crustal evolution and Cretaceous–Palaeogene faulting in West Greenland, 204 pp. (12 articles), 2006. <i>Edited by</i> A.A. Garde & F. Kalsbeek.	240.00
12	Lithostratigraphy of the Palaeogene – Lower Neogene succession of the Danish North Sea, 77 pp., 2007. <i>By</i> P. Schiøler, J. Andsbjerg, O.R. Clausen, G. Dam, K. Dybkjær, L. Hamberg, C. Heilmann-Clausen, E.P. Johannessen, L.E. Kristensen, I. Prince & J.A. Rasmussen.	240.00
13	Review of Survey activities 2006, 76 pp. (17 articles), 2007. <i>Edited by</i> M. Sønderholm & A.K. Higgins.	180.00
14	Quaternary glaciation history and glaciology of Jakobshavn Isbræ and the Disko Bugt region, West Greenland: a review, 78 pp., 2007. <i>By</i> A. Weidick & O. Bennike.	200.00
15	Review of Survey activities 2007, 96 pp. (22 articles), 2008. <i>Edited by</i> O. Bennike & A.K. Higgins.	200.00
16	Evaluation of the quality, thermal maturity and distribution of potential source rocks in the Danish part of the Norwegian–Danish Basin, 66 pp., 2008. <i>By</i> H.I. Petersen, L.H. Nielsen, J.A. Bojesen-Koefoed, A. Mathiesen, L. Kristensen & F. Dalhoff.	200.00
17	Review of Survey activities 2008, 84 pp. (19 articles), 2009. <i>Edited by</i> O. Bennike, A.A. Garde & W.S. Watt.	200.00
18	Greenland from Archaean to Quaternary. Descriptive text to the 1995 Geological map of Greenland, 1:2 500 000. 2nd edition, 126 pp., 2009. <i>By</i> N. Henriksen, A.K. Higgins, F. Kalsbeek & T.C.R. Pulvertaft.	280.00
19	Lithostratigraphy of the Cretaceous–Paleocene Nuussuaq Group, Nuussuaq Basin, West Greenland, 171 pp., 2009. <i>By</i> G. Dam, G.K. Pedersen, M. Sønderholm, H.H. Midtgaard, L.M. Larsen, H. Nøhr-Hansen & A.K. Pedersen.	300.00
20	Review of Survey activities 2009, 106 pp. (23 articles), 2010. <i>Edited by</i> O. Bennike, A.A. Garde & W.S. Watt.	220.00
21	Exploration history and place names of northern East Greenland, 368 pp., 2010. <i>By</i> A.K. Higgins.	200.00
22	Lithostratigraphy of the Upper Oligocene – Miocene succession of Denmark, 92 pp., 2010. <i>By</i> E.S. Rasmussen, K. Dybkjær & S. Piasecki.	240.00
23	Review of Survey activities 2010, 84 pp. (19 articles), 2011. <i>Edited by</i> O. Bennike, A.A. Garde & W.S. Watt.	200.00
24	The East Greenland rifted volcanic margin, 96 pp., 2011. <i>By</i> C.K. Brooks.	200.00
25	Upper Cretaceous chalk facies and depositional history recorded in the Mona-1 core, Mona Ridge, Danish North Sea. 2011. <i>By</i> K. Anderskov & F. Surlyk.	200.00
26	Review of Survey activities 2011, 88 pp. (21 articles), 2012. <i>Edited by</i> O. Bennike, A.A. Garde & W.S. Watt.	200.00
27	Neoglacial and historical glacier changes around Kangarsuneq fjord in southern West Greenland, 68 pp., 2012. <i>By</i> A. Weidick, O. Bennike, M. Citterio & N. Nørgaard-Pedersen.	200.00

28	Review of Survey activities 2012, 76 pp. (17 articles), 2013. <i>Edited by</i> O. Bennike, A.A. Garde & W.S. Watt.	200.00
29	Tectono-magmatic evolution of the younger Gardar southern rift, South Greenland, 124 pp., 2013. <i>By</i> B.G.J. Upton.	240.00
30	Stratigraphic landscape analysis, thermochronology and the episodic development of elevated, passive continental margins, 150 pp., 2014. <i>By</i> Paul F. Green, Karna Lidmar-Bergström, Peter Japsen, Johan M. Bonow and James A. Chalmers.	250.00
31	Review of Survey activities 2013, 98 pp., 2014. <i>Edited by</i> O. Bennike, A.A. Garde & W.S. Watt	200.00
32	A catalogue of Danian gastropods from the Baunekule facies, Faxe Formation, Denmark, 117 pp., 2014 <i>By</i> B.W. Lauridsen & K.I. Schnetler.	240.00
33	Review of Survey activities 2014, 88 pp. 2015. <i>Edited by</i> O. Bennike, A.A. Garde & W.S. Watt.	200.00

Geological Survey of Denmark and Greenland Map Series

1	Explanatory notes to the Geological map of Greenland, 1:500 000, Humboldt Gletscher, Sheet 6, 48 pp. + map, 2004. <i>By</i> P.R. Dawes.	280.00
2	Explanatory notes to the Geological map of Greenland, 1:500 000, Thule, Sheet 5 (1991), 97 pp. + map, 2006. <i>By</i> P.R. Dawes.	300.00
3	Explanatory notes to the Geological map of Greenland, 1:100 000, Ussuit 67 V.2 Nord, 40 pp. + map, 2007. <i>By</i> J.A.M. van Gool & M. Marker.	280.00
4	Descriptive text to the Geological map of Greenland, 1:500 000, Dove Bugt, Sheet 10, 32 pp. + map, 2009. <i>By</i> N. Henriksen & A.K. Higgins.	240.00
5	Descriptive text to the Geological map of Greenland, 1:100 000, Kangaatsiaq 68 V.1 Syd and Ikamiut 68 V.1 Nord, 41 pp. + 2 maps, 2010. <i>By</i> A.A. Garde & J.A. Hollis.	280.00
6	Kortbladsbeskrivelse til Geologisk kort over Danmark, 1:50 000, Saksøbing 1411 I og 1412 II Syd, With a summary in English, 42 s. +kort, 2015. <i>Af</i> S.A.S. Pedersen, L.Aa. Rasmussen og J. Fredericia.	280.00

Geology of Greenland Survey Bulletin (discontinued)

183	Review of Greenland activities 1998, 81 pp. (10 articles), 1999. <i>Edited by</i> A.K. Higgins & W.S. Watt.	200.00
184	Collected research papers: palaeontology, geochronology, geochemistry, 62 pp. (6 articles), 1999.	150.00
185	Greenland from Archaean to Quaternary. Descriptive text to the Geological map of Greenland, 1:2 500 000, 93 pp., 2000. <i>By</i> N. Henriksen, A.K. Higgins, F. Kalsbeek & T.C.R. Pulvertaft.	225.00
186	Review of Greenland activities 1999, 105 pp. (13 articles), 2000. <i>Edited by</i> P.R. Dawes & A.K. Higgins.	225.00
187	Palynology and deposition in the Wandel Sea Basin, eastern North Greenland, 101 pp. (6 articles), 2000. <i>Edited by</i> L. Stemmerik.	160.00
188	The structure of the Cretaceous–Palaeogene sedimentary-volcanic area of Svartenhuk Halvø, central West Greenland, 40 pp., 2000. <i>By</i> J. Gutzon Larsen & T.C.R. Pulvertaft.	130.00
189	Review of Greenland activities 2000, 131 pp. (17 articles), 2001. <i>Edited by</i> A.K. Higgins & K. Secher.	160.00
190	The Ilímaussaq alkaline complex, South Greenland: status of mineralogical research with new results, 167 pp. (19 articles), 2001. <i>Edited by</i> H. Sørensen.	160.00

Geology of Denmark Survey Bulletin (36–37; discontinued)

36	Petroleum potential and depositional environments of Middle Jurassic coals and non-marine deposits, Danish Central Graben, with special reference to the Søgne Basin, 78 pp., 1998. <i>By</i> H.I. Petersen, J. Andsbjerg, J.A. Bojesen-Koefoed, H.P. Nytoft & P. Rosenberg.	250.00
37	The Selandian (Paleocene) mollusc fauna from Copenhagen, Denmark: the Poul Harder 1920 collection, 85 pp., 2001. <i>By</i> K.I. Schnetler.	150.00

Prices are in Danish kroner exclusive of local taxes, postage and handling

Note that information on the publications of the former Geological Survey of Denmark and the former Geological Survey of Greenland (amalgamated in 1995 to form the present Geological Survey of Denmark and Greenland) can be found on www.geus.dk