Sceneriet ved randen af nutidens gletschere viser det nære samspil mellem processer, materialer og terrænformer. Man befinder sig så at sige i et arbejdende istidslaboratorium.
Ved sydøstkanten af Myrdalsjökull er den smudsige isrand rykket ca. 150 m frem siden slutningen af 70'erne, og ved foden af den stejle isfacade er en randmoræne under opbygning. Den består af sammenskubbet materiale fra det foranliggende terræn samt sten og grus, der glider ned fra den forkløftede isfront. På begge sider af smeltevandsgabet ses en 5-6 m høj randmoræne fra 1950'erne, og bag den var der i 60'erne og 70'erne et smabakket landskab med dødisklumper. I dag har de mange smeltevandsløb nedbrudt morænelandskabet, der er blevet erstattet af jævne sandflader med flettede strømløb - vejen er banet for den fremrykkende gletscher, der sikkert om få år vil overskride den endnu synlige randmoræne.
En dansk forskergruppe følger på nærmeste hold, hvad der sker, og VARV vil følge efter med rapporter i de kommende år, for vi ved ikke meget om forholdene ved fremrykkende gletschere.

Johannes Krüger

VARV

NR. 1 BLADET MED DE ÆLDSTE NYHEDER 1987

HER SES ET UDSNIT AF OSCAR MATTHIESEN'S FRESCO MALERI PÅ VÆGGEN I GEOLOGISK MUSEUM I KØBENHAVN. BILLEDET VISER NIELS STENSEN, STENO, DER GØR OPTEGNELSER I ET TOSCANSK LANDSKAB UDEN FOR FIRENZE. DET ER 300 ÅR SIDEN STENO DØDE; I DEN ANLEDNING BERETTER VARV OM STENO SOM GEOLOG. FOR OMKRING 70 MILLIONER ÅR SIDEN LØB DER FLODER FRA SYD MOD NORD LANGS GRØNLANDS NUVÆRENDE VESTKYST. ET PAR GEOLOGER HAR SET NÆRMERE PÅ DEN GAMLE FLODS AFLEJRINGER OG HAR RAPPORTERET TIL VARV.
FOLDER DANNES VED DEFORMATIONER, DE PTYGMATISKE FOLDER ER INGEN UNDTAGELSE, MEN DERES SPECIELLE UDSEENDE HAR TIT UNDRET. VARV FORTÆLLER OM PTYGMATISKE FOLDER OG DERES DANNELSE.

ISSN 0105 - 6301 1987 - 03 - 10

GEOLOGISK MUSEUMs POPULÆRE FOREDRAG

Serien om katastrofer fortsætter, og på følgende datoer kan man kl. 19.15 prc. høre:

10. marts. Marianne Bagge Johansen: De bittesmå brachiopoder i skrivekridtet: Udvikling - masseuddøen - genetablering.

24. marts. Jane Richter & Ella Hoch: De store istidsdyrs endeligt.

7. april. Erik Schou Jensen: Er naturkatastrofer som jordskælv og vulkanudbrud stigende ?

De nævnte foredrag holdes i Auditorium 1, Geologisk Museum, Øster Voldgade 5, og der er gratis adgang for alle.

VARV

Adresse: Tidsskriftet VARV, Geologisk Centralinstitut, Øster Voldgade 10, 1350 København K. Telefon: 01 11 22 32

Kontor: Anita Ege, mandage 9 - 16. Andre dage kan henvendelse ske til Steen Sjørring på samme telefonnummer.

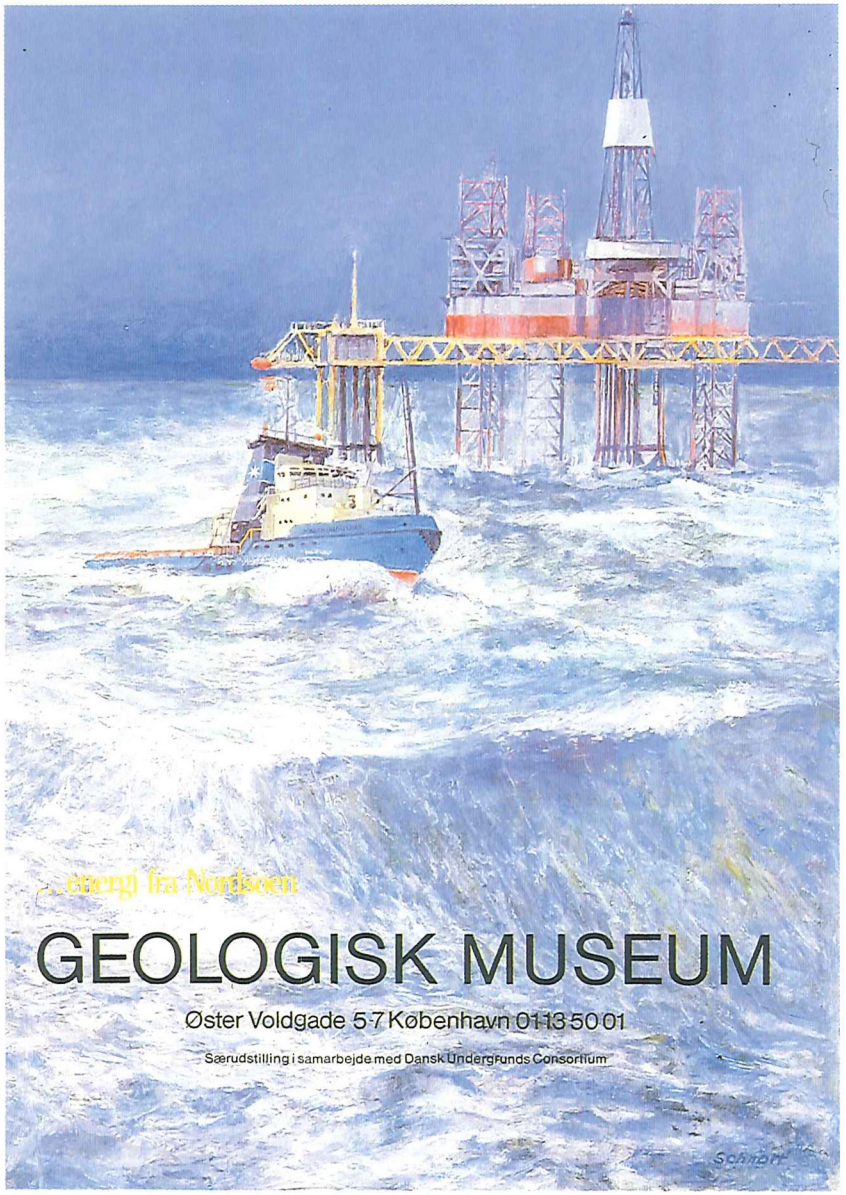
Redaktion: Valdemar Poulsen (ansvarshavende), Asger Berthelsen, Jens Konnerup-Madsen, Svend Pedersen, Steen Sjørring og Sven Laufeld (Sverige).

Renskrift: Gitte Sjørring
Montage: Svend Pedersen og Steen Sjørring
Repro: Vest-Scan a/s, Esbjerg
Tryk: Johnsen & Johnsen a/s, København

VARV udkommer 4 gange årligt. Prisen er 66 kr i abonnement i 1987. Abonnement tegnes ved at indsende beløbet til VARV. Postgiro 9 06 88 80 eller 60 SKr til VARVs svenske postgirokonto 4388-5.

Adresseændringer eller fejl ved bladets levering bedes meddelt Postvæsenet.

© 1987 VARV. Eftertryk af tekst og billeder kun efter aftale.



NYT FRA MUSEET

31. januar åbnede Geologisk Museum en ny særudstilling: **..energi fra Nordsøen.** Udstillingen er arrangeret i samarbejde med DUC.

Geologisk Museum viser fortsat en række særudstillinger, der behandler aktuelle emner mere indgående end den almindelige udstillingsvirksomhed normalt er i stand til.

Geologisk Museum (Øster Voldgade 5-7) har åbent: 13-15.30 tirsdag-fredag, og 13-16.30 lørdag og søndag. Mandag er museet lukket.

I juni 1986 påbegyndtes en boring tæt ved Siljan søen i Dalarne i Sverige. Formålet med den forventede 7500 meter dybe boring er at undersøge, om der dannes kulbrinter (gas og olie) dybt nede i Jorden ? - eller om kulbrinterne 'kun' er knyttet til de sedimentære aflejringer tæt ved overfladen ?

Boringen udføres i et område, hvor en meteorit ramte Jorden for omkring 300-400 millioner år siden og frembragte en næsten 20 km bred cirkelformet fordybning. Man forestiller sig, at olie og gas har kunnet bevæge sig igennem Jordens skorpe langs de revner og sprækker, der derved dannedes , og dette er baggrunden for, at den dybe boring netop er placeret her.

7. - 10. september 1987 afholdes der et internationalt symposium i Mora i Sverige. Man vil forsøge at gøre status over hvad man ved, og hvordan fremtidige dybe boringer kan udføres med det bedste resultat. Symposiet er organiseret af Chalmers Tekniske Højskole i Gøteborg, Sveriges Geologiske Undersøgelse i Uppsala og Statens Vattenfallsverk i Stockholm.

Endeligt program foreligger i maj 1987. Deltagerafgiften påregnes at blive 300-400 US Dollars. Yderligere oplysninger kan fås ved henvendelse til:

Deep Drilling Convention Bedrock
c/o Stockholm Convention Bureau
P O Box 6911
S - 102 39 Stockholm

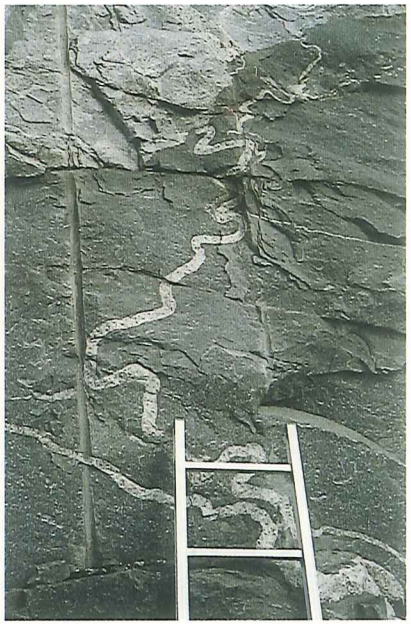
PTYGMATISKE FOLDER

af Lilian Skjernaa

Mange mennesker samler på mineraler eller forsteninger, men der er også nogle, der samler på folder. Folder findes i et utal af former og størrelser og er ofte meget dekorative. Men folder er også spændende, fordi de kan fortælle en historie om den deformation, der har ført til deres dannelse og dermed også om samspillet mellem geologiske kræfter og geologiske materialer.

Et af de større problemer ved at samle på folder er, at man oftest må slæbe en meget stor sten med hjem for at få folden med, så det er begrænset, hvor mange man kan få plads til i reolsystemet eller i vindueskarmen. I en stenmur i haven kan en foldesamling derimod være spændende.

Figur 1. Gnejs med ptygmatiske foldede årer af kvarts-feldspat. Østfold, Norge.



Figur 2. En monzonit, der er gennemsat af kvarts-feldspat årer, som senere er ptygmatisk foldede.

Figur 3. Gnejs med en tynd, tætfoldet ptygmatisk åre.

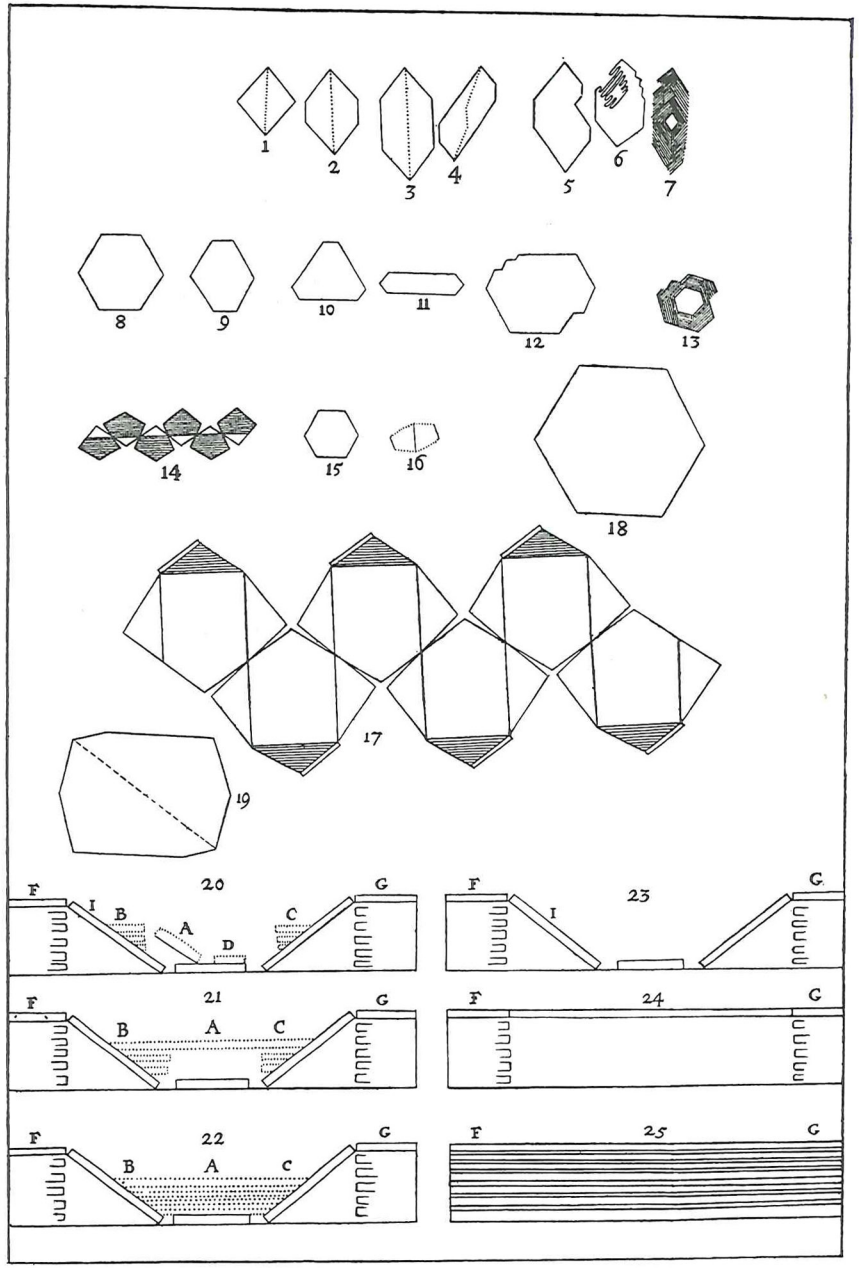
Der findes dog også mange små folder, og en særlig dekorativ type er de såkaldte ptygmatiske folder ('ptygma' er græsk og betyder foldet). Ptygmatiske folder dannes ved foldning af et enkelt stift lag, for det meste en kvarts eller kvartsfeldspat åre, som er omgivet af blødere sidesten, som f.eks. kan være en metamorf lerskifer, en gnejs eller lignende. Betegnelserne 'blød' og 'stiv' hentyder til bjergarternes egenskaber, som de var ved de tryk og temperaturer, der herskede, da folderne blev dannet, for det meste dybt nede i jordskorpen. En bjergart, som reagerer 'stift' i forhold til sin sidebjergart, kaldes *kompetent*, medens den blødere sidebjergart er *inkompetent*. Der er her tale om relative begreber, og en bjergart kan således reagere kompetent i forhold til en sidebjergart, men inkompetent i forhold til en anden.
Ptygmatiske folder er karakteriseret ved, at længden *(l)* af laget mellem to foldeombøjninger er stor - både i forhold til lagets tykkelse og til foldernes bølgelængde *(w)*. Forholdet *l/w* skal være større end 10. (se fig. 4). Folderne menes at være dannet ved en simpel bøjning eller bukning, der opstår når laget og den omgivende bjergart bliver presset sammen og forkortet i retningen parallelt med laget (fig. 4). Det vil sige, at laget bevarer både den oprindelige længde og oprindelige tykkelse. Foldernes størrelse anses for at være afhængig af kompetenceforskellen mellem lag og sidesten, jo større forskel i kompetence, jo større folder udvikles der. Her spiller lagtykkelsen dog også ind, jo tykkere lag, jo større folder, som det ses af fig. 5, der viser forskellen i størrelsen af ptygmatiske folder i lag med *samme* kompetence, men med *forskellig* lagtykkelse.

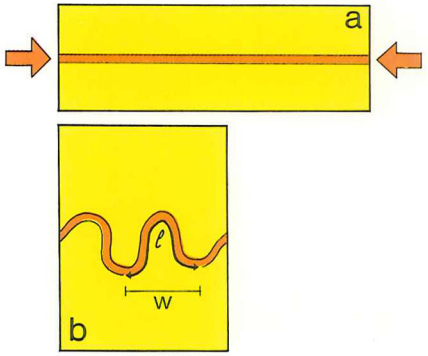
usædvanligt for hans samtids lærde, han forkaster al spekulation. Steno observerer og tænker med forstandens mådehold.

Om krystallerne siger han: 'En bjergkrystal vokser ved, at nyt krystallinsk stof aflejres på den allerede anlagte krystals flader. Og den opfattelse er følgelig ganske uholdbar, efter hvilken krystaller vokser på samme måde som planter og drager næring til sig fra den side, hvor de hænger fast til underlaget,...'. Steno fastslår loven om krystalvinklernes konstans. Til mange nutidige læseres overraskelse sker det ikke inde i værkets tekst, men bagerst, i figurforklaringen til bogens eneste tavle.

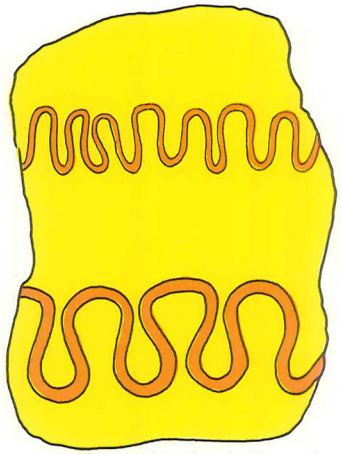
Sedimentære lag dannes, ifølge Steno, i væske, og deres 'øverste overflade er så vidt muligt parallel med horisonten'. 'Og det strider ikke herimod, at lagene nutildags har forandret stilling og viser blottede profiler'. 'Bjerge kan også dannes på anden måde, nemlig ved udbrud af ild, som udslynger aske og sten..., og endvidere ved regnskyls og bjergstrømmes voldsomme indvirkning, hvorved klippelagene, som allerede er spaltede ved varmens og kuldens vekselvirkning, styrtes ned, ...'. Er jordlagene forstyrret, f. eks. ved bjergkædedannelse, vil Steno spore dele af et og samme lag efter 'overensstemmelse i stof og form' i brudstykkerne. Og om sedimentære dannelsers oprindelse skriver han: 'Hvis man i et lag finder spor af havsalt, levninger af sødyr, planker af skibe og en substans, der ligner havbund, er det sikkert, at havet engang har dækket det pågældende sted, ..'. (Oversættelse ved August Krogh og Vilhelm Maar, 1902).

Tavlen fra Prodromus *(1669). Steno skriver i figurforklaringen, at han vedføjer disse figurer, 'da skriftets kortfattethed har bevirket, at meget er blevet mindre klart fremstillet'. Fig. 1-13: snit af kvartskrystaller. 1-7: langs krystalaksen, 8-13: vinkelret på krystalaksen. I krystallerne 'forandres både sidernes antal og deres længde på forskellig måde, uden at vinklerne forandres' (: Loven om krystalvinklernes konstans). Steno observerer også den lamellære krystalopbygning og tilstedeværelsen i nogle krystaller af væske/luft-fyldte hulrum. Fig. 14-19: 'jernerts', hæmatit. 17 viser alle tredive flader udbredt i et plan. Fig. 20-25 illustrerer - i omvendt talfølge - (25) lodret snit af Toscana med parallelle og vandrette jordlag, (24) et stort hulrum dannet ved indvirkning af ild eller vand, (23) dal og bjerge opstået ved indsynkning af det øvre lag, (22) nye lag afsat i dalen under en havstigning, (21) en proces i de nye lag svarende til fig. 24, og (20) dal og højdedrag dannet ved sønderbrydning af det øverste lag.*





Figur 4. Dannelsen af en ptygmatisk fold ved kompression. I (b) er foldens længde l *og bølgelængde* w *angivet.*



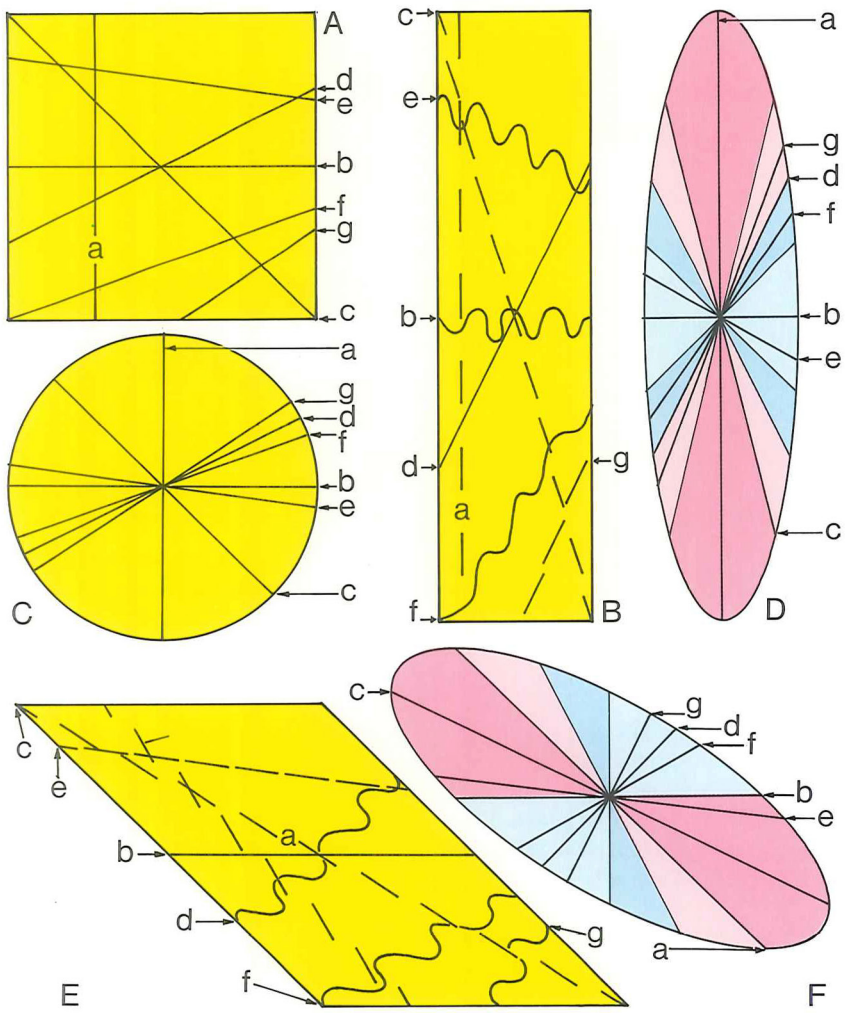
Figur 5. Størrelsesforskellen af ptygmatiske folder i lag med forskellig tykkelse, men med samme kompetence.

Forholdet l/w er et mål for forkortelsen af bjergartsmassen i lagets retning. Naturligvis måler man altid mange folder for at få en nøjagtig bestemmelse af forkortelsen. Forandringen af lagets længde kan udtrykkes: $e = (L\text{-}L_O):L_O$, hvor L_O er lagets længde før deformationen (måles langs den foldede flade), og L er længden efter deformationen.

Fig. 6a viser et kvadratisk udsnit af en klippeflade, der er gennemsat af 7 årer (eller lag) med forskellige orienteringer. Fig. 6b viser det samme fladeudsnit efter en deformation, hvor kvadratet er blevet presset sammen på den ene led og strakt tilsvarende på den anden. Fladens areal er altså det samme. Deformationer af denne type betegnes på engelsk 'pure shear'. Betegnelsen bruges ofte på dansk, selv om betegnelsen dobbeltshear har været brugt.

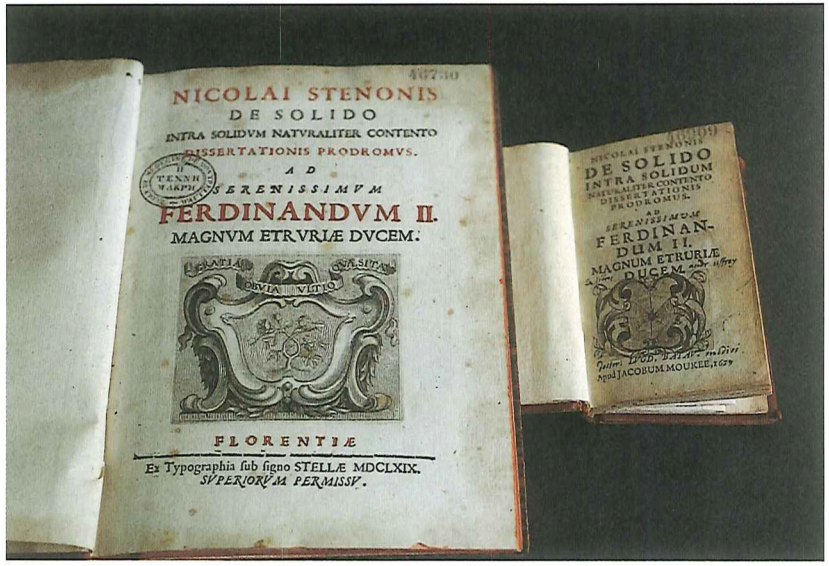
På fig. 6b ses årerne **b**, **e** og **f** deformeret til ptygmatiske folder. I tilfælde **b** er folderne symmetriske og i **e** og **f** asymmetriske med kipning mod henholdsvis venstre og højre. Åren **d** har bevaret sit retlinede udseende, mens årerne **a**, **c** og **g** er revet i stykker ved deformationen, de er blevet *boudinerede*.

Når et meget kompetent lag i en inkompetent sidebjergart bliver udsat for en strækning, vil det kompetente lag blive boudineret næsten med det samme, og den eventuelle fortsatte strækning parallelt med lagets retning vil medføre, at boudinerne fjernes fra hinanden. Forlængelsen i lagets retning kan derfor måles som summen af boudinernes længde i forhold til den totale nye længde, og forlængelsen kan udtrykkes talmæssigt på samme måde som forkortelsen i folder, nemlig ved: $e = (L\text{-}L_O):L_O$.



Figur 6. To hovedtyper for deformation. Fra udgangspositionen A, der er et kvadratisk område med indlagte årer (a-g) deformeres kvadratet ved pure shear deformation til B, der har samme areal. Ændringen af årernes position og udseende er angivet. Delafsnit af oprindelige ens årelængder er vist i C med samme retning som i A, og den tilhørende strain-ellipse er vist i D.
Ved simpelt shear af kvadratet A er resultatet vist i E med den tilhørende strain-ellipse i F. Se i øvrigt teksten.

de beskæftiget sig med geologiske fænomener, dog uden at opbygge et sammenhængende system af iagttagelser og ræsonnementer, som kunne kaldes geologi. Men Stenos påtænkte hovedværk blev aldrig fuldført, hvilket formodentlig skyldes, ikke at han konverterede til katolicismen (det skete i 1667), men at han indtrådte i præste- og senere i bispegerningen og derefter ikke fik mulighed for at studere naturen.



Stenos Prodromus *i to udgaver, den store udgivet i Firenze 1669, den lille i Leiden 1679. De to bøger tilhører universitetsbiblioteket i Montpellier, Frankrig. Også Danmark har bevaret nogle eksemplarer af værket.*

Allerede i *Prodromus* er nedfældet så megen forståelse for Jordens processer og materialer, at den er at regne for et geologisk hovedværk. Den moderne geologiske skolede læser kan naturligvis påpege mangler, forklarlige ved tidens teknologiske udviklingsstade og fraværet af international ideudveksling. Der er også fejl, såsom at fossile mammut- og andre elefantrester i Norditalien tolkes som levn fra Hannibals felttog over Alperne. Hannibal medbragte som bekendt til sit angreb på Rom tæmmede afrikanske elefanter, og en del af disse omkom i Alperne, vidste man. *Prodromus* er præget af en vis tilpasning til kirkens censurforordninger, hvilket nutiden må se skeptisk på. Selv en ven af storfyrsten måtte ikke drage Biblen i tvivl, f. eks. i spørgsmålet om Jordens alder.

Disse 'beklagelser' overstået, må man begejstres over klarheden i det sete og sagte. Steno har for længst i 1669 arbejdet sig ud af overtroen, og, hvad der er

Nicolaus Steno i bispedragt. Steno døde i en alder af 48 år som biskop i Schwerin i Nordtyskland. Det viste billede er et maleri, der findes på Frederiksborg Slot, Hillerød.

Ud for Toscanas kyst blev der fanget en meget stor haj. Da hertugen hørte om den, beordrede han dens hoved sendt til Steno. Ved undersøgelsen af det slår det Steno, så meget hajens tænder ligner tungestenene fra Malta. Han vidste fra litteraturen, at man i det klassiske Grækenland havde erklæret 'sten' af form som muslingeskaller, sneglehuse og fisketænder for at være de pågældende organiske rester i forstenet form hidrørende fra fortidige dyr, altså forsteninger eller fossiler. Men han vidste også, at hans samtid havde helt andre forestillinger om deres opståen: man troede bl.a., at de voksede i jorden eller var blevet til ved gudelig mellemkomst. Nu begynder Steno grundige sammenlignende studier af friske skaller og tænder og fortidige ditto og erklærer, først forsigtigt, men underbygget af klare ræsonnementer, i 1667, to år senere, i *Prodromus*, med overbevisning, 'at de legemer, som udgraves af jorden, og som i alle henseender ligner dele af planter og dyr, er frembragte på samme måde som selve planternes og dyrenes dele'.

PRODROMUS

Bogen med titlen *'De Solido intra Solidum Naturaliter Contento Dissertationis Prodromus'*, 'Foreløbig meddelelse om faste legemer, der findes naturligt indlejrede i andre faste legemer', udgivet i Firenze i 1669 og i en gennemrettet udgave i Leiden i 1679, var tænkt som en forløber for et større værk til Hertug Ferdinand om de erfaringer og konklusioner, Steno havde gjort vedrørende sten og bjergarters dannelse i hertugens land. Der eksisterede ikke nogen anerkendt videnskabelig disciplin *geologi* på Stenos tid. Descartes og andre, heriblandt som nævnt 'de gamle grækere' og også Leonardo da Vinci, hav-

Ved forkortelse (foldning) af lag vil e være negativ, og ved forlængelse af lag (boudinering) vil e være positiv. Sættes lagets oprindelige længde til 1, kan den nye længde beskrives som: $1 + e$, hvor e kan være både positiv og negativ.

Et samlet overblik over deformationsintensiteten i fig. 6b får man ved at tage lige lange stykker af de udeformerede årer i fig. 6a og placere dem som radier i en cirkel (fig. 6c). Under deformation er disse radier, bortset fra **a** og **b** som har beholdt deres orientering, roteret, så de er kommet nærmere **a**, og samtidig er alle radier, undtagen **d**, blevet enten længere eller kortere. Deres nye længde er, hvis den oprindelige længde sættes til 1, $(1 + e)$, hvor e kan måles direkte på de deformerede årer som ovenfor beskrevet, deres endepunkter vil ligge på en ellipse med **a** langs den længste akse og **b** langs den korteste (fig. 6d).

Den viste ellipse kaldes *strain-ellipsen* for deformation, og strain-ellipsens form, størrelse og orientering giver et fuldstændigt billede af den deformationsmængde, der er optaget i den betragtede flade. I alle retninger indenfor de røde felter er der sket en forlængelse, mens der er sket en forkortelse i alle retninger indenfor de blå felter. Linierne, der danner grænsen mellem røde og blå felter, har beholdt den oprindelige længde.

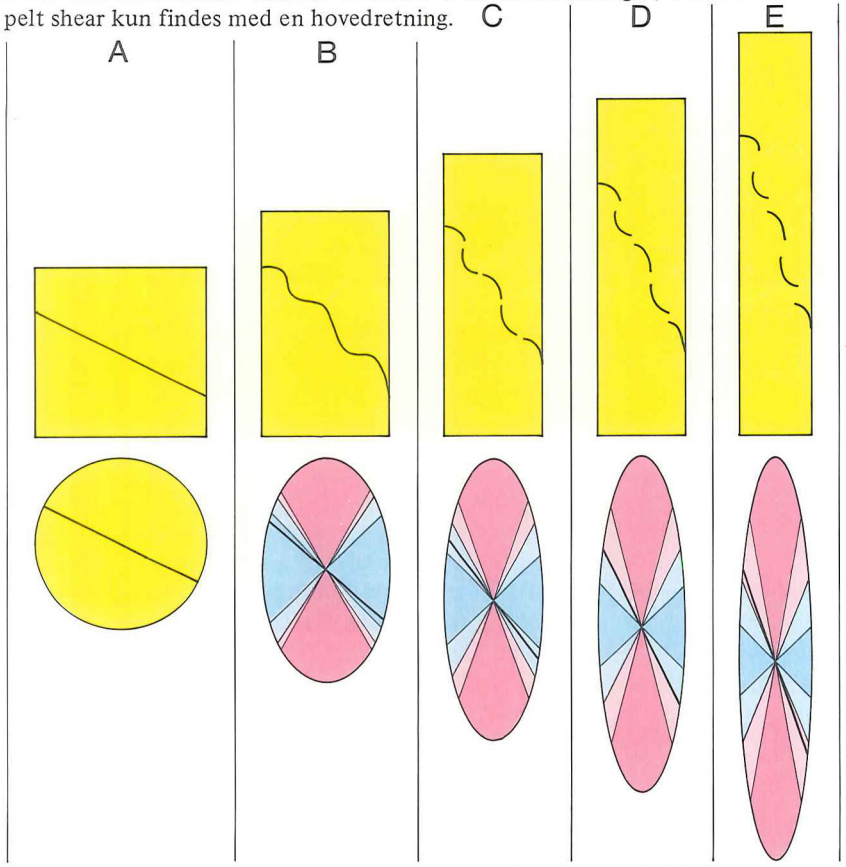
Det er altså muligt - ud fra de deformerede årer - at konstruere strain-ellipsen, uden at kende årernes oprindelige orientering, og strain-ellipsen viser strækninger og forkortelser, som kan måles på ellipsen, i alle retninger.

En anden form for deformation, såkaldt simpelt shear (også kendt som enkelt shear), er vist i fig. 6e. Her er de samme 7 årer fra tidligere blevet deformeret på en sådan måde, at det oprindelige kvadrats vandrette sider har beholdt deres længde og indbyrdes afstand, men de er forskudt i forhold til hinanden. Igen er nogle årer blevet foldet ved deformationen, og andre er blevet boudineret, - kun **b** har beholdt den oprindelige længde, mens de andre har ændret længde og er roteret mod uret og har nærmet sig **b**. Det bemærkes også, at de årer (**d**, **f** og **g**), der er blevet foldet ved denne deformation (simpelt shear), ikke er de samme, som blev foldet ved den tidligere omtalte (pure shear) deformation (**b**, **e** og **f**). På samme måde som før kan man imidlertid konstruere strain-ellipsen for deformationen ved at måle L og L_o, for de forskellige årer og beregne e for hver af dem og afsætte $1 + e$ værdierne parallelt med de respektive årer som radier i en ellipse (fig. 6f).

Medens strain-ellipsen giver et nøjagtigt mål for deformationens intensitet og orientering, siger den ikke noget om deformationstypen, om det har været pure shear, simpelt shear eller en mellemting. Når vi på figurerne kan se forskel på deformationstyperne er det fordi, vi har de deformerede kvadrater at holde os til, sådanne findes normalt ikke i naturen.

Et fingerpeg om deformationstypen kan man dog få i meget heldige tilfælde

ved at betragte de deformerede årer meget omhyggeligt. Under den rotation af årerne, der sker ved deformationen, kan der nemlig ske det, at nogle årer roterer fra en orientering, hvor de bliver forkortet, til en orientering hvor de bliver strakt, i fig. 6 gælder det for årerne **d**, **f** og **g** i pure shear deformationen, men ikke for nogen af årerne i simpelt shear deformationen. Disse årer skulle så teoretisk set starte med at blive foldet, senere skulle folderne blive trukket ud, og endelig kunne der til slut ske boudinage. Det er denne tænkte situation, der er vist i fig. 6b. I praksis vil der for det meste ske det, at det foldede lag bliver boudineret uden at folderne rettes ud først, og man vil derfor få boudinerede lag, hvor de enkelte boudiner indeholder folder eller fragmenter af folder.
Sådanne strukturer vil kunne findes i lag, der har orientering indenfor de mørkerøde og mørkeblå felter i fig. 6d og f. Det ses, at medens der i pure shear kan forekomme foldede boudiner i to hovedretninger, kan de for simpelt shear kun findes med en hovedretning.



Figur 7. Dannelsen af boudiner ved pure shear. Se teksten på side 9.

dets damp lægger sig endda som hvidt lag på tængerne, men når den ledes ind i en kolbe, bliver den atter til kviksølv; den er farlig for forgyldere, idet deres lemmer bliver lamme og kraftesløse, deres nerver slappes, ja ofte, når de fører hånden til munden, segner de om på siden med krampe.

OPBRUD og INTERMEZZO 1660-1666

Men det er ikke nok at sidde flittigt og læse, hvad andre har skrevet, tænke grundigt over det, gøre små eksperimenter og observationer og diskutere med sig selv og sine lærere og venner. Dengang som nu måtte man ud og suge til sig i det fremmede. Faktisk er selv den bedste hjemlige skoling stadig kun begyndelsen til den egentlige uddannelse. Det var man klar over på Stenos tid, og enhver student, der formåede det økonomisk, tilbragte en årrække ved de store europæiske læresteder. Af disse var Hollands, i Amsterdam og Leiden, og Frankrigs, i Paris og Montpellier, nogle af de foretrukne. Steno var aldrig rig, men hans familie var dog tilstrækkelig holden til at give ham så megen økonomisk støtte, at han ikke i sin ungdom behøvede at tage lønnet arbejde. Han rejste fra København i vinteren 1659 og ankom via Rostock til Amsterdam med en anbefalingsskrivelse fra Thomas Bartholin til dennes hollandske kolleger.

Nu springer vi nogle af Stenos vigtige lære- og arbejdsår over, hvor han i Holland og Frankrig, med et enkelt besøg i København, hævede sig fra at være en lovende, men stort set ukendt dansk student, til at blive en højt anset anatom af europæisk format. Selv i England, som han aldrig besøgte, talte man med beundring om hans opdagelser og så med forventning frem til ankomsten af hans nyeste afhandlinger. Vi indhenter ham ved afrejsen fra Montpellier i det sydlige Frankrig i 1665/66, hvor han har tilbragt et par vintermåneder med dissektion og studier ved det dengang næsten 400 år gamle Université de médecine. Steno drager til et af det datidige Europas kulturcentre, hos medicierne i Firenze.

INDGANGEN TIL GEOLOGIEN

Med megen hjertelighed tog Storhertug Ferdinand II af Toscana mod den danske lærde. I Firenze fandt Steno ideelle studieforhold, ikke mindst som følge af en stadig velvilje fra hertugen og hans familie. Ind imellem sine indendørs studier af anatomiske emner færdedes han i Toscanas milde og indbydende landskaber, hvor klipperne åbenbarede krystaller og stenlegemer af form som muslinger, snegle og fisketænder, og han oplevede Italiens vulkanisme - geologiske fænomener så langt mere talende til fantasien end det, de flade glaciale og marine aflejringer i Danmark og Holland kunne byde på. I pagt med tidens ånd havde Hertug Ferdinand ladet indrette et rarietetskabinet med samlinger af naturens mærkværdigheder. Fra sin barndoms København kendte Steno allerede *Museum Wormianum*, Professor Ole Worms samlinger af alverdens sære genstande, fra udstoppede gejrfugle til maltesiske tungesten.

måtte skrive ned, den anderledes historiske baggrund taget i betragtning. Manuskriptet har naturligvis stor værdi som de tidligste kendte ytringer fra en person, der udviklede sig til en af Europas fornemste naturforskere. Men lige så stor er værdien, dels som oversigt over, hvad der kunne læses som indledning til et naturvidenskabeligt studium på Stenos tid, dels slet og ret som et begavet ungt menneskes betragtninger over livet midt i 1600-tallet. Dog ikke hele livet - der er få emotionelle betroelser. Han iagttager og ræsonnerer, men sit følelsesliv lader han næsten kun komme til udtryk gennem religiøse lovprisninger, selvbebrejdelser og løfter. Vi må huske, at nutidens hyppigt demonstrerede mangel på blufærdighed er en slags modefænomen her i landet, eller i hvert fald så langtfra genspejler alle tidsperioders væremåde. Der var nok en bramfri folkeånd i renaissancens Europa - lyt blot til Shakespeare. Men Luthers lære bredte sig og kom til Danmark, og for en tænksom ung mand fra et puritansk protestantisk middelstandshjem i 1600-tallets København kunne følelser, og især drifter, ud over de religiøse forekomme utilladelige, for ikke at sige syndige. Observationer af ydre fænomener og de dermed forbundne tanker, derimod, måtte skrives ned ikke mindst for at kunne kritisk bearbejdes. Både i Chaos-manuskriptet og i de senere værker møder vi det tænkende, tvivlende og troende menneske: tænkende over det sete, tvivlende om egen ufejlbarlighed og troende på Gud.

I Chaos-manuskriptet dukker der også fragmenter af tidens overtro op. F.eks. skriver Steno for onsdag 30 marts 1659: 'En raslesten bundet til en barselskvindes lår fremskynder fødslen, idet den virker kraftigt på livmoderen, som derved sættes i bevægelse. En raslesten er frugtsommelig med en anden sten'. Så vanskeligt det må have været at adskille virkeligt fra uvirkeligt i en tidsalder, hvor end ikke elektricitetens væsen var begrebet! Man får nutidens brug af elektrolyse i tankerne ved læsningen af Stenos beskrivelse fra det hjemlige miljø af arbejdsprocesser med metaller, som forsølvning og forgyldning, for onsdag 16. marts:

For at kviksølv skal kunne hænge fast på metallet, kræves renhed i metallet, efter at snavs, som sidder i dets porer, er blevet fjernet enten med ild eller yderligere med vinsyre eller ved slibning med groft sand eller pudsning med pimpsten, og da der også skal sørges for, at kviksølvet lægges i et jævnt lag, må man bruge en væske blandet af vineddike og salpetersyre, og når det drejer sig om kobber, hældes salpetersyre i kviksølvet og gnides således ind i kobberet.

Med vor viden om forgiftninger gyser man over det, disse mennesker udsatte sig for, og følgerne var da også derefter (15. marts, 1659):

Kviksølv bevæger sig højst livligt, men det hænger altid sammen i en dråbe, som er rund eller undertiden oval; selvom træ anses for mere porøst end metal, opsuges kviksølv ikke deraf, men let af metaller, medmindre de er forurenede af fedt eller snavs; alle, som kviksølv trænger ind i, farver det hvide, ja

Alle linier, der på et givet tidspunkt i deformationsforløbet ligger i det lyseblå felt, har været under forkortelse i hele deformationshistorien. Linier i det mørkeblå felt er først blevet forkortede og senere strakt, men er alligevel totalt kortere end før deformationen begyndte. Linier i de mørkerøde felter er ligeledes forkortet først og derefter strakt, men de er længere nu, end før deformationen begyndte. Linier i de lyserøde felter har været under strækning gennem hele deformationen.

Fig. 7 viser udviklingen af foldede boudiner i forskellige stadier af en pure shear deformation. I fig. 7b har laget næsten opnået den maksimale forkortelse, det vil sige, at det ligger nær grænsen mellem lyseblåt og mørkeblåt i strain-ellipsen for dette deformationsstadium. I fig. 7c er laget roteret ind i ellipsens mørkeblå felt, det er begyndt at blive længere og er derfor gået i stykker, men det er stadigvæk kortere end før deformationen begyndte. I fig. 7d har laget fra endepunkt til endepunkt samme længde som før deformationen, men i stedet for at være et plant lag, er det nu opdelt i en række foldede boudiner: laget ligger på grænsen mellem rødt og blåt i strain-ellipsen. Endelig viser fig. 7e situationen, hvor laget er længere end udgangslængden, men det skyldes, at boudinerne er fjernet fra hinanden, - laget ligger i det mørkerøde felt i strain-ellipsen, og her vil det blive liggende under en eventuel fortsat deformation.

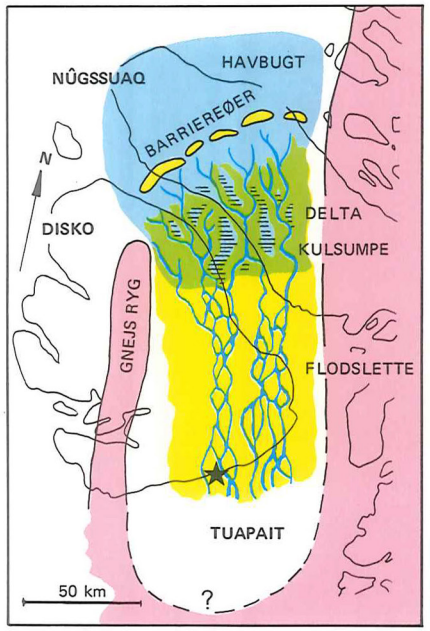
AFLEJRINGER I

FLETTEDE FLODER

af Gunver Krarup Pedersen og Morten Willaing Jeppesen

I Kridt- og Tertiærtiden fandtes der i Vestgrønland et stort flodsystem, der dækkede store dele af den nuværende ø, Disko, og den nordfor liggende halvø, Nûgssuaq. Floden afvandede de sydfor liggende landområder, og under sit løb mod nord opbyggede floden både en flodslette og tæt ved udløbet et delta i den datidige havbugt (fig. 1).

I slette-området bestod floden af et fletværk af flere mindre kanaler, der var adskilt af sandbanker, og denne flodtype kaldes derfor en 'flettet flod' (eng.: braided river). Kanalernes form og placering skiftede hyppigt, hvorfor sandbankerne sjældent er bevaret fuldstændigt. Nogle gange eksisterede bankerne dog så længe på samme sted, at de højestliggende dele blev dækket af vegetation. Planteforsteninger fra de gamle sandbanker har været anvendt til datering af flodens alder, og kullag, der stedvis ligger inde i sandet, vidner om et varmere klima end det nuværende.



Figur 1. Kortet giver indtryk af forholdene i en del af Vestgrønland i Kridttiden, hvor store dele af Disko og halvøen Nûgssuaq var dækket af et flodsystem med delta og kulsumpe i den nordlige del ved udløbet. Den beskrevne lokalitet, Tuapait, ligger på sydkysten af Disko. Kortet er modificeret efter GGU's Kulrapport, 1982.

hofmester Joachim Gersdorff, lod indrette kemiske laboratorier i deres hjem. Da Ole Borch blev ansat som lærer for Joachim Gersdorffs sønner, fik Steno lejlighed til at lave forsøg i deres laboratorium. En fornemmelse for grundstofferne og deres indbyrdes reaktioner havde han hjemmefra. Borch påvirkede Niels Stensen ved sine krav til nøjagtige og uhildede beskrivelser af det iagttagne.

DE TRE STUDIEÅR I KØBENHAVN

Niels Stensen blev immatrikuleret ved universitetet i 1656 atten år gammel. Han studerede især medicin, naturvidenskab, matematik og klassiske sprog. Det var her, hans navn, efter tidens skik, latiniseredes til *Nicolaus Stenonius.* Latin var jo det danske og internationale videnskabelige sprog på Stenos tid.

Som hovedvejleder ved universitetet valgte Steno anatomen Thomas Bartholin. Denne havde studeret ude i Europa gennem en lang årrække og var så anerkendt for sin opdagelse af lymfekarrene og deres funktion og for at lægge vægt på dissektion som videnskabelig metode, at han også tiltrak mange fremmede studerende, især tyske, til sin lærestol i København. Hans undervisning præger tydeligvis Steno.

I august 1658 blev København belejret af svenskekongen Carl X Gustav og hans hær. Det lagde pres på dagliglivet i hovedstaden. Ved universitetet gik undervisningen næsten helt i stå, mens studenterne blev sat til at hjælpe med forsvaret. Hvad Steno egentlig foretog sig i militær henseende, ved vi ikke ret meget om, men at krigen ikke i længden optog ham, får vi et indtryk af gennem dagbogsnotaterne fra tiden 8. marts - 3. juli 1659 (Chaos-manuskriptet), hvor han ikke nævner den med et ord.

Der er grund til at dvæle ved disse dagbogsnotater. De blev udgivet 5. december 1986 i dansk oversættelse fra Stenos latin. En udgave på engelsk ledsaget af den originale tekst er på vej, økonomisk støttet af Dronning Margrethe.

Dagbogen indledes med ordene: *'In nomine Iesu CHAOS'*, deraf betegnelsen Chaos-manuskriptet. Det indeholder Stenos daglige optegnelser og uddrag af de bøger, han læste gennem de knap fire måneder, dagbogen strækker sig over. Universitetet var stadig lukket på grund af krigen. Men heldigvis var der i 1657 blevet åbnet et nyindrettet universitetsbibliotek i salen over Trinitatis Kirke. Dets samlede bogbestand var på godt 10 000 bind og 650 håndskrifter. Hertil havde de studerende adgang. Steno benyttede tiden til selvstudier. Mens han førte dagbog, læste han og tog noter fra over 100 værker.

STUDENTENS OPTEGNELSER

Indholdet af Chaos-manuskriptet er såmænd ikke meget mere velformuleret eller genialt end hvad en intelligent og vågent iagttagende nutidig studerende

STENOS BARNDOM

Niels Stensen blev født i København i 1638. Forældrene havde guldsmedie og vinudsalg på hjørnet af Købmagergade og Klareboderne, ikke langt fra stedet, hvor kongen - som var Christian IV - mens Steno var dreng, lod opføre Rundetårn med det astronomiske observatorium.

Faderen døde, da Niels var seks år gammel. Moderen giftede sig igen med en guldsmed, og da denne døde, med endnu en guldsmed. Dødeligheden var høj i de tider. Til livets almindelige farer lagde sig for mange håndværkeres vedkommende erhvervssygdomme. Det var en respektabel familie, puritansk i livsførelse, velrenommeret som leverandør til kongehuset.

Som lille var Niels Stensen svagelig og blev ofte holdt inden døre. Han var en velbegavet dreng, der gerne lyttede til de voksnes tale. Han skriver selv senere, at han ikke havde nogen interesse i andres børns støjende lege. Han har nok været en lille gammelklog fyr, der dog havde øjnene med sig hjemme i guldsmedien, hvilket kom ham til gavn senere.

Betragtet som videnskabsmand må man sige, at Steno var meget heldig. Der er formodentlig ingen, der ved, hvor mange begavede, følsomme og lærevillige børn, der fødes verden over. Men givet er det, at kun en forsvindende lille del af dem får mulighed for at udvikle deres intellektuelle evner i et sådant omfang og sådanne omgivelser, at det falder i deres lod at føre menneskeheden et mærkbart skridt nærmere erkendelsen af sandheden. Indtil for nylig har omkring halvdelen kunnet udelukkes på forhånd, for de var piger og blev derfor holdt hen i uvidenhed om filosofiske emner. Kun nogle få kvinder, især inden for klostermurene, kom til at gøre sig gældende bogligt. Niels Stensen kom tidligt ind i de rette befordrende cirkler, da han blev sat i Vor Frue Skole, den senere Metropolitanskole, der lå en 5-10 minutters gang fra hans hjem. Dér tiltrak hans væremåde ligesindedes opmærksomhed. Utvivlsomt peges på noget væsentligt i indledningen til Stenos nysudgivne dagbogsnotater, det såkaldte Chaos-manuskript, ved følgende: ' I Simon Paullis hjem kom Niels Stensen ofte for at besøge sin ét år ældre kammerat Jacob Henrik. Niels Stensen, fra et håndværkermiljø, oplevede her et efter datidens forhold tolerant akademikermiljø'.

Det danske skolevæsen på den tid var plaget af megen udenadslæren fra klassiske kilder, så som Aristoles' værker. Selv ved universitetet var der endnu ingen eksperimenterende fysik- og kemilaboratorier. Men gennem sine bekendtskaber, bl.a. med læreren Ole Borch, fik Niels Stensen gode impulser. Tidens voksende interesse for naturvidenskaberne - hvoraf også var udsprunget kongens ønske om et tårn med et observatorium, Rundetårn - gav sig udtryk i, at velhavende og videnskabeligt interesserede privatpersoner, som rigs-

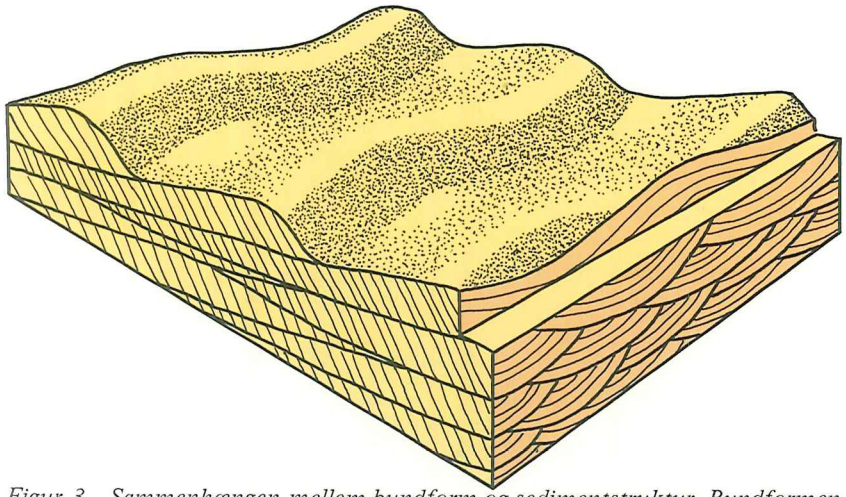
I dag kan man studere den gamle flods aflejringer i op til 1000 m's højde i kystklinter, flodskrænter og andre naturlige snit i bjergene, og det er muligt for geologerne at få et indtryk af den gamle flod. I forbindelse med en række undersøgelser i sommeren 1986 blev der således foretaget opmålinger i de gamle flodaflejrede sandsten ved Tuapait på det sydlige Disko. I det følgende skal to udsnit omtales nærmere, ikke på grund af, at de er typiske og almindeligt forekommende, men mere fordi de er gode illustrationer af aflejringsprocesserne i flettede floder.

Figur 2. Landskabsbillede fra det nordøstlige Disko. I flodskrænterne ses hvide sandaflejringer fra Kridttiden, og i baggrunden ses isbjergene i Vaigat og fjeldene på Nûgssuaq.

Om sedimentation i floder

Floder transporterer både grovkornede og finkornede sedimenter. Det grovkornede materiale er overvejende sand, men også grus og småsten, som flyttes langs bunden af flodløbet, hoppende eller trillende (eng.: bed load). De mere finkornede sedimenter, som silt og ler, findes derimod svævende i vandet (eng.: suspension load), og hvis strømhastigheden i floden er stor, vil også en del af det finere sand kunne transporteres i suspension.

Transporten af sedimentpartikler langs bunden er ikke en jævn og stadig bevægelse, men derimod dannes en række bundformer, der til stadighed flyttes. Bundformerne er nogle steder under opbygning, andre steder er de udsat for erosion. 3 bundformer er særlig vigtige i sandede, flettede flodsystemer, nemlig *småribber, megaribber og barrer* (eng.: ripples, dunes og transverse bars).



Figur 3. Sammenhængen mellem bundform og sedimentstruktur. Bundformen er her småribber med svagt bugtede ribberygge. I snit kaldes strukturen småskala trugkrydslejring, den opstår, fordi sandet til stadighed flyttes fra ribbernes stødside til deres læside.

Småribber er 3-5 cm høje og omkring 10-15 cm lange, og de kendes af alle, der har stået og set ned i et lille vandløb. Har man ventet længe nok, har man også set, at ribberne flyttede sig, idet strømmen til stadighed transporterer sediment op ad stødsiden og aflejrer det på læsiden (fig. 3). Ribberne vandrer altså og danner sedimentstrukturen *småskala krydslejring* .

Megaribber er større, med højder på 10-50 cm og 1-5 meters afstand mellem ribberyggene. Vandrende megaribber i flettede floder danner oftest strukturen *storskala trugkrydslejring.*

Barrerne er store og relativt flade bundformer, som er 20-200 meter lange med en 0,5 - 3 meter høj læside. Aflejring på læsiden giver ophav til sedimentstrukturen *storskala tabulær krydslejring.* Hvor flere barrer vokser sammen, opbygges komplekse sandbanker (eng.: sand flats), som delvis er tørre og ligger som øer i floden.

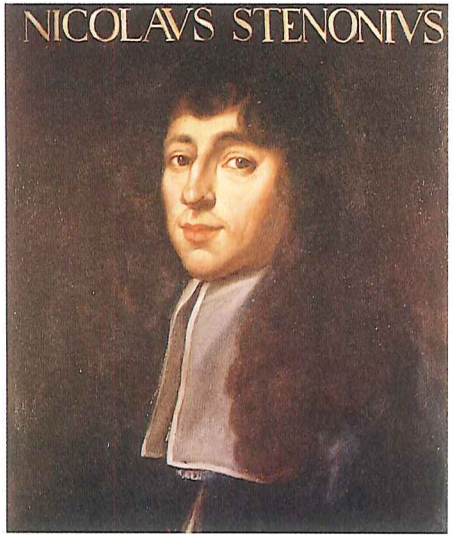
I gamle flodaflejringer kan de nævnte bundformer kun sjældent iagttages direkte, men i lodrette snit ses sedimentstrukturerne og kan danne udgangspunkt for en sedimentologisk tolkning af flodens tidligere udseende og geologisk udvikling.

Flodsedimenterne ved Tuapait

Blotningen ved Tuapait er et 10-15 meter højt og 100 meter langt snit i sandede sedimenter, der karakteriseres af storskala krydslejring. Det nuværende profil er

GEOLOGEN

NICOLAUS STENO



af Ella Hoch

Steno ca. 30 år gammel. Originalbilledet findes i Galleria Uffizi i Firenze.

I 1986 var det 300 år siden Steno døde. Andre 'Steno år' har været fejret, således 1969, der var 300-året for udgivelsen af Stenos berømte *Prodromus,* den første så at sige moderne lærebog i geologi, palæontologi og krystallografi. Da indstiftedes Steno Medaljen (se VARV nr 3 og 4, 1969), som uddeles hvert femte år og altid giver anledning til glædelig erindring om Steno og hans banebrydende forskergerning. Men 1986 havde man ikke fra geologisk side - så lidt som fra Københavns Universitets rektorat - tænkt sig at gøre noget særligt ud af. Et dødsjubilæum syntes man ikke skulle festligholdes.

Anderledes med byens katolske samfund. I overensstemmelse med katolsk tankegang - fordi Steno jo konverterede til katolicismen og blev pater og biskop - lagdes der megen iver for dagen i celebrationen af den afdøde. Man håber også snarest at se Steno indgå blandt kirkens helgener. Dertil kræves, at han har udvirket et mirakel. Steno vil i så fald blive den første kanoniserede geolog.

Aktiviteten havde flere gode følger. Foruden udgivelsen af tekster om og af Steno blev der åbnet en udstilling, 'På rejse med Niels Stensen', på Panuminstituttet (Blegdamsvej 3 C, København). Den er arrangeret af professor, dr. med. Harald Moe, som i ord og billeder ledsaget af enkelte genstande af geologisk relevans giver en fyldig skildring af Stenos liv. Udstillingen er åben for alle (mandage til fredage kl. 9-16) og er bestemt et besøg værd.

Kommentarer

De sedimentologiske undersøgelser og beskrivelsen af flodaflejringerne fra Tuapait på Disko fortæller om nogle specielle processer i et flettet flodsystem, og om de tilhørende bundformer. Sådanne informationer giver et mere nuanceret indtryk af det konkrete flodsystem og måske også oplysninger om flettede floder i almindelighed. Men det skal fremhæves, at to lokaliteter, som de beskrevne, sjældent er nok til at afgøre, om sedimentationen foregik i en flettet eller i en mæandrerende flod. Tolkninger om type og udseende bygger på mange observationer fra talrige lokaliteter samt på sammenligninger med observationer fra nutidige floder. De viste lokaliteter repræsenterer således kun øjebliksbilleder af et flodsystems lokale udvikling, men bidrager på den anden side med oplysninger, der kan give en mere præcis opfattelse af udviklingen.

Det er ikke muligt at studere flettede floder og deres bundformer i det nutidige danske landskab. Derimod kan man let komme til at se nærmere på strukturer, der er dannet i istidens flettede floder, idet det fortrinsvis er flettede floders aflejringer, der opbygger de sandede og grusede flader, hvori de fleste grusgrave er anlagt.

Vi håber, at dette lille indblik i sedimentologiske arbejdsmetoder giver læserne lyst til selv at undersøge nogle sand- og grusaflejringer og til selv at forestille sig de tidligere smeltevandsfloders natur.

Figur 13. Flodaflejringer med indlejrede kullag fra sydkysten af Nugssuaq. Det er samme flettede flodsystem, som det beskrevne fra det sydlige Disko.

næsten parallelt med den oprindeligt fremherskende strømretning. Her skal vi se nærmere på 2 snit gennem aflejringerne, det første illustrerer opbygningen af en sandbanke dannet af flere strømretninger, mens det andet snit viser den trinvise opbygning af en barre.

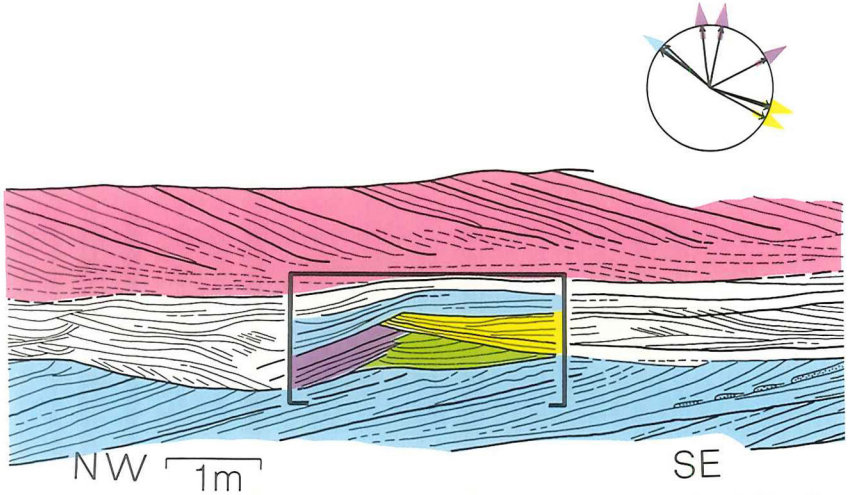
Figur 4. Modsat hældende sandlag, der tilsammen opbygger en lav sandtunge.

Lokalitet 1

Lokalitet 1 er vist på fig. 4 og 5. Fotografiet viser storskala krydslejring i gulligt mellemkornet sand, og midt i billedet ses lag, som hælder væk fra hinanden. Lagene er fremhævet med forskellige farver på figur 5, og fordelingen af strømretningerne er vist på strømrosen.

Profilet ved lokalitet 1 består af 3 enheder. Den nederste krydslejrede enhed (angivet med blåt) viser flodens hovedstrømningsretning og er dannet som aflejring på læsiden af en barre. Den øverste enhed (angivet med rødt) repræsenterer ligeledes en barredannelse. Det var imidlertid umuligt at komme op og måle strømretningen her, men billedet giver indtryk af, at den aflejrende strøm har været meget tæt på den retning, der er vist med de orange strømpile, altså næsten modsat rettet.

Den mellemste enhed (angivet med grønt, orange og lilla) er opbygget af modsat hældende lag, som tydeligvis er aflejret omtrent samtidigt. Strømrosen viser en spredning i strømretningerne inden for 125°, men der ses en tydelig gruppering. Det kan virke ejendommeligt, at man inden for så lille et område kan finde



Figur 5. Skitse af sandtungen samt de omkringliggende lag. De forskellige farver viser sammenhørende lag, og strømrosen (en kompasrose) viser, hvilken strømretning vandet havde, da de enkelte enheder blev aflejret. Den nederste storskala krydslejrede enhed, der er vist med blåt, repræsenterer den overordnede strømretning på lokaliteten.

tre forskellige strømretninger, hvoraf den ene endda er præcis modsat rettet hovedstrømningsretningen, - som om vandet var begyndt at løbe baglæns. Såvel sedimentationsforløbet som strømningsmønsteret kan imidlertid forklares ved hjælp af figur 6. Punkterne A, B og C viser udviklingen.

A. En barre vandrer nedstrøms og danner storskala krydslejring. På et tidspunkt ligger barren relativt stille, og der opbygges en sandbanke, som delvis er tørlagt.

B. Den efterfølgende barre (B) indhenter derved barre A og bremses op under dannelsen af en kerne. Herved ændres barrefronten, fordi vandet tvinges udenom kernen, og samtidig styres retningen af sandbanken A. I læsiden af den begyndende sandbanke fås to strømretninger, der løber mod hinanden og som opbygger en lang lav tunge af sand (fig. 7) foran barren. Denne sandtunge (fig. 7) draperes (overlejres) i fig. 5 af lag, der viser samme strømretning som i barre A, og denne drapering er derfor vist med blå farve. Draperingen skyldes formodentlig en kortvarig overskylning af kernen i sandbanke B, antagelig på grund af en øget vandføring i flodsystemet.

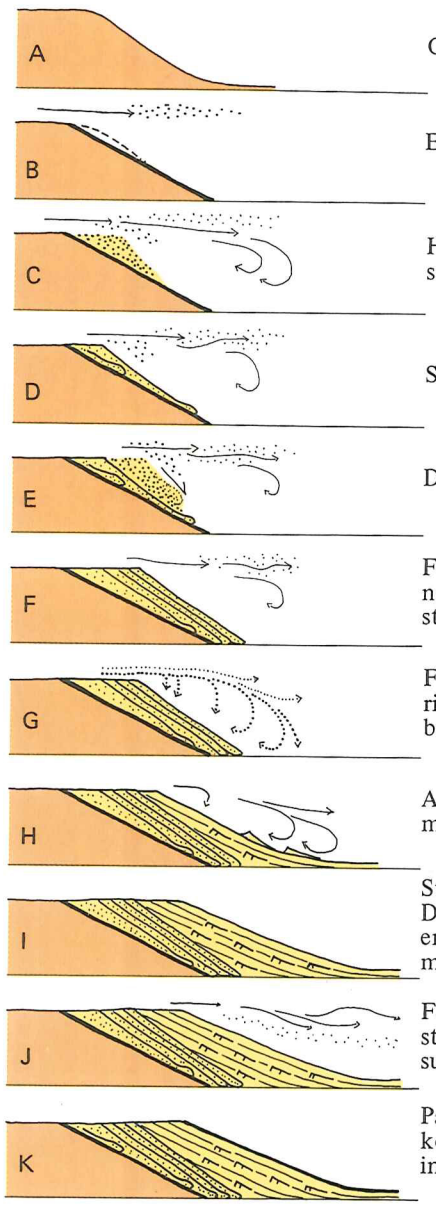
C. En ny barre overhaler barre B og giver den øverste krydslejrede enhed (i fig. 5). Man kunne tænke sig, at sandbanke B vokser ind mod flodløbets østre bred. Derved lukkes for den 'lilla strømretning' og den 'orange strømretning' kommer til at dominere. Barre C vil derfor følge i denne strømretning.

Dette sedimentationsforløb kan nu forklare strukturen (i fig. 5) ud fra processer, som finder sted i nuværende floder. Det kan imidlertid ikke udelukkes, at

Figur 12. Udsnit af en barre, som vist på fig. 9. To enheder er adskilt af en lavthældende reaktivationsflade. Herover ses foresæt med stejlere hældning.

Sedimentationsforløbet har været dette (se også fig. 11): Hver cyklus indledtes med høj strømhastighed, hvorunder kun grovkornet sediment aflejredes, først og fremmest på den øverste del af barrens læside (11, C). Herefter udløstes skred i form af sandtunger, når den stabile stablingsvinkel blev overskredet (11, D). I den periode, hvor sandtungeforesættene dannedes, var strømmen så stærk, at praktisk taget alt sediment, som var finere end mellemkornet sand blev holdt i suspension (11, F). Så snart strømhastigheden faldt lidt, ændredes aflejringsprocesserne på barrens læside, idet dannelsen af sandtunge-foresæt ophørte og afløstes af sedimentation fra suspension i vekselvirkning med dannelse af tilbagestrømsribber (11, G-H). Disse foresæt har en lavere hældning, de er tangentielle, og der ses en tydelig sammenfletning mellem foresæt og bundsæt. Processerne har muligvis været fulgt af en kortere pause, inden dannelsen af næste sedimentationsenhed.

Figur 9 viser de nederste 2 meter af en barre, som opad er afskåret af en erosionsflade. Barren kan have været væsentlig højere på aflejringstidspunktet. Om dimensionerne af det flodløb, hvor barren aflejredes, vides ikke meget, men formodentlig har gennemsnitsdybden været mindst 5 meter. Nærliggende blotninger viser snit gennem ca. 20 meter dybe kanaler med tilgroningskullag på toppen.



Oprindelig bundform

Erosion, reaktivationsfladen dannes

Hurtig aflejring af sediment, den stabile stablingsvinkel overskrides

Skred udløser sandtunger

Dannelse af sandtunger

Foresæt dannet af sandtunger. De danner tydelig vinkel mod top og bund, de står stejlt og har ensartet tykkelse.

Faldende strømhastighed, sedimentaflejring fra suspension. Hvirvler danner tilbagestrømme

Aflejring fra suspension. Foresæt sammenvæves med tilbagestrømsribber

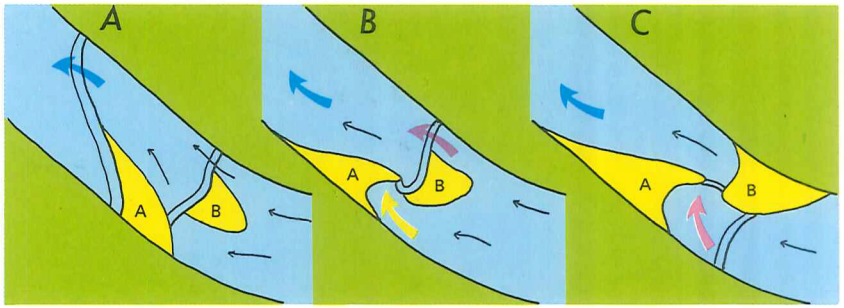
Suspensionsdominerede foresæt opstår. De hælder mindre end sandtungerne, og er tangentielle (meget spidsvinklede) mod bunden

Faldende strømhastighed, ingen tilbagestrøm - kun aflejring af fint materiale fra suspension

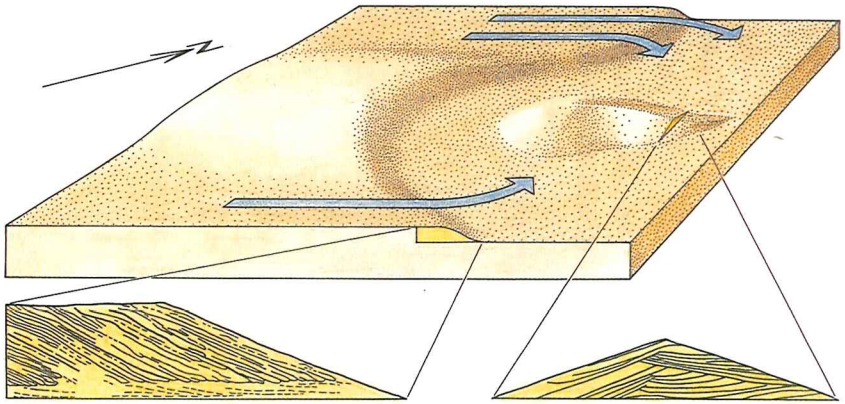
Pausesituation, drapering med lidt finkornet sediment, der delvis eroderes bort inden næste sandtungeforsæt aflejres

Figur 11. Dannelsen af en enkelt aflejringsenhed på en barres læside.

en lignende struktur kan opbygges ved andre aflejringsprocesser. Flere tolkningsmuligheder vil ofte være mulige, og usikkerheden vil være stor, når man kun har et enkelt snit til rådighed. Vi synes dog, at den fremsatte tolkningsmodel passer godt med vore øvrige felt-iagttagelser.



Figur 6. Den formodede udvikling af flodløbets udseende på det tidspunkt, da sedimenterne på lokalitet 1 blev aflejret.

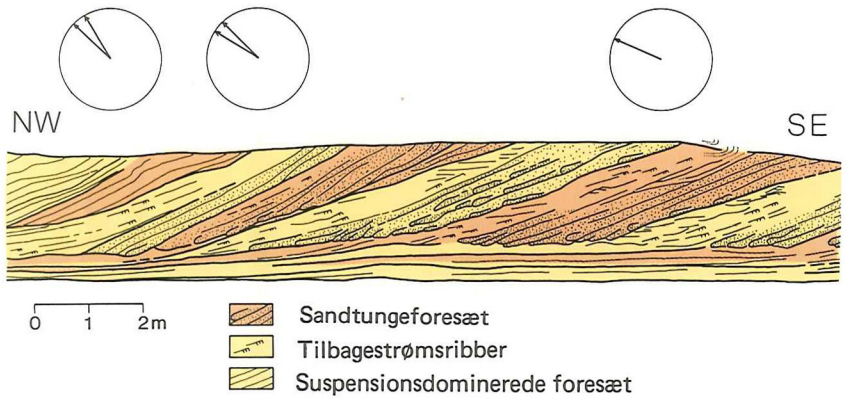


Figur 7. Skematisk tegning fra fronten (læsiden) af barre B med det højere midterparti og de to afbøjede strømretninger, der opbygger en lang, lav sandtunge foran barren B. Detailtegningerne viser dels snit gennem sandtungen vinkelret på strømmens retning, og dels et snit gennem barren parallelt med strømretningen.

Lokalitet 2

Lokalitet 2, der ses på fig. 8 og 9 repræsenterer et snit gennem en barre med en række træk, der fortæller om aflejringsprocesserne i floden. Barren er opbygget

Figur 8. Lokalitet 2 med den undersøgte barre centralt i billedet. Det ses, at barren er opbygget af en række enheder, der er adskilt af reaktivationsflader.



Figur 9. Skitse af den del af barren, der er længst tilbage i fig. 8. De to farver adskiller aflejringsenhederne, der hver især omfatter foresæt af nedskridende sandtunger samt tangentielle foresæt, der går kontinuert over i bundsættene. Strømretningsmålingerne viser, at barren er opbygget i en periode med næsten konstant strømretning.

af grågult mellemkornet sand, der optræder som en storskala krydslejret tabulær enhed med en konstant palæo-strømretning. Som det ses på fig. 9 består barren af flere identiske enheder, der gentages, specielt er det tydeligt i den midterste del af fig. 9. Hver aflejringsenhed består nemlig af foresæt dannet af nedskridende sandtunger, fulgt af tangentielle foresæt, som er sammenvævede med tilbagestrømsribber.

Sandtungeforesættene (eng.: sandflow cross strata) består af grovkornet sand og meget grovkornet sand. De danner en skarp vinkel med de underliggende bundsæt (fig. 10), og deres dannelse er skitseret på fig. 11.

De tangentielle foresæt består derimod af mellemkornet sand og har en tydelig udviklet zone, hvor foresæt og bundsæt væves sammen ved hjælp af tilbagestrømsribber. Disse foresæt har en lavere hældning end sandtungeforesættene. Denne vekslen mellem de to foresættyper illustrerer variationer i strømhastigheden (og dermed transportevnen) i flodløbet.

Aflejringsenhederne adskilles af reaktivationsflader, dvs. flader, som er dannet under pauser i sedimentationen. Længden af disse pauser kendes ikke, men den konstante strømretning tyder på, at der kun har været kortvarige ophold. Reaktivationsfladerne ses tydeligt på billedet (fig. 12), fordi de står frem med et lille relief.

Figur 10. Detailbillede af den nederste del af nedskridende sandtungeforesæt. De fleste korn, der kan ses, er 2-3 mm i diameter, og sammen med mindre iøjnefaldende partikler giver det en gennemsnitskornstørrelse på ca. 1 mm.