

SKÆRENDE RELATIONER

- EKSEMPLER FRA BORNHOLMSKE GRANITTER

Tommy Jørgart

Studier af skærende relationer er et af de grundlæggende elementer i det geologiske opklaringsarbejde, når aldersrelationer mellem to bjergarter eller strukturer skal fastslås. Det er i princippet nemt nok: En bjergart eller struktur A er yngre end den bjergart eller struktur B, den skærer igennem (figur 1). På internettet kan man finde instruktive eksempler f. eks.:

http://www-class.unl.edu/geol101i/08_geotime.html og

<http://www.usi.edu/science/geology/rcounts/geog112/Geologic%20Structures.ppt#1> .

På sidstnævnte www-side vises som de to sidste billeder den berømte lokalitet Siccar Point, der i 1788 gav James Hutton anledning til som den første at forstå og benytte princippet om skærende relationer. Ved Siccar Point skærer næsten vandrette lag af devon alder lodret stillede lag af ordovicisk og silur alder, rejst i forbindelse med den kaledonske foldning. Særligt interesserede kan søge på 'Siccar Point' på Google, og der kommer næsten 2000 fund med pragtfulde og instruktive billeder. På Bornholm



Figur 1.

To Rullesten fra Svarta Haller ved Mölle, Kullen.

Øverst: En diabasgang skærer igennem en gnejs med et amfibolitparti. Skæringen viser, at diabasen er yngre end sidestenen. Forsætningen af de to sider underbygger historien. Stykket er godt 10 centimeter langt.



Nederst: En diabasgang skærer igennem en gnejs med tydelig stribning. Skæringen viser, at diabasen er yngre end sidestenen. Til overflod er der fragmenter af gnejsen ude i gangen og en apofyse (åre) af basalt trænger ind i som en kile. Stykket er af størrelse som en amerikansk fodbold.

er der gode eksempler, idet vi i første omgang går udenom graniternes indbyrdes relationer. Ved Listed ses f. eks. en diabasgang, der skærer granitgrundfjeldet, som her består af Svaneke-granit. Diabasgangen skæres selv af kambriske sandstens-gange (se Varvs fører - Bornholms Geologi III fra 1989).

BORNHOLMS GRANITTER

De bornholmske grundfjeld omfatter mindst 4-5 granittyper plus en gnejs, sidstnævnte udgør arealmæssigt det meste af grundfjeldsområdet. Men der er en iøjnefaldende mangel på utvetydige skærende relationer. Forestillinger om, hvordan de utydelige strukturer kunne tolkes ved at udnytte og strække den begrebsverden, princippet om de skærende relationer er baseret på, har været anvendt i almindeligt nødværge bl.a. på følgende måde: Bornholmsk gnejs er sribet, idet de mørke mineraler ligger i flade eller langstrakte hobe, medens granitterne er (næsten) uden sribning. Adskillige steder er gnejs og granit i kontakt, og på disse lokaliteter kan der stedvis findes nogle sribner i gnejsen, hvorimod granitten tilsyneladende mangler sribning. Ganske vist har vi stadigvæk til gode at se gnejsens sribner ført frem til kontakten, hvor skæringen skulle finde sted som på figur 1. Andre overbevisende strukturer, som dem figur 1 viser, er ikke påvist. Alligevel kan det ud fra en fræk fortolkning søges hævdet, at granitten skærer gnejsen, altså at granitten er yngre end gnejsen. Hvordan skulle det kunne være anderledes? Svaneke-granitten og andre af de bornholmske - egentlige - granitter kan jo ikke bare dannes i den blå luft, hvorefter gnejsen kommer til senere i forløbet? Sådant er påstandssindholdet naturligvis heller ikke. Det skal nedenfor påvises, at sribningen i de fleste tilfælde, hvor fyldestgørende observationer har kunnet gøres, er yngre end både gnejs og granit. Udtrykt sådan er der tale om en selvmodsigelse, da det er sribningen, der betinger, at vi kalder bjergarten for gnejs. Det er nødvendigt at gøre sig klart, at det materiale, som gnejs og granit er dannet af, eksisterede, før gnejsen fik sin struktur (sribning).

FORHOLD OMKRING SKÆRENDE RELATIONER

Princippet om skærende relationer betegnes ofte som sund fornuft anvendt på geologiske strukturer og materialer, men der er faldgruber. Dette gælder særligt, når observationerne er mangelfulde. Et nøjagtigt observationsarbejde er således påkrævet for at dokumentere, hvad der foregik på lokaliteten. Naturen sætter dog af og til sine egne grænser. Selv om observationerne er klokkeklare, må der advares imod at slå over på logisk automatpilot, hvilket udtryk, jeg vil bruge til at dække flere slags fejl, der kan opstå ved letsindige tolkningsforsøg. Der er i det mindste følgende muligheder: 1) Begrebet 'skæring' bruges forkert eller på uklar måde, 2) ikke observeret skæring sluttes på grund af bekvemmelighed eller ønsketænkning, eller 3) det videnskabsteoretiske grundlag for tolkningerne er ikke forstået.

Ad 1) Vi ser på figur 2, hvordan revne A skærer revne B, hvorfor A er yngre end B. Forkert! En model for dannelsen af revner indebærer, at revnen vokser i spidsen (det kaldes propagerer) indtil den dør ud eller møder en forhindring. Revne B's videre udvikling er standset af revne A, der derfor er den ældste. Ordet 'skæring' er malplaceret i denne situation. Flere steder på Bornholm f. eks ved Helligdomsklippen kan man nummerere generationer af revner. Eksemplet viser, at formlen 'struktur A skærer struktur B' ikke kan stå alene. Læren om skærende relationer er kun brugbar i forbindelse med en dannelsesmodel.

Ad 2) Hvis observationen mangler visse af de diagnostiske elementer såsom kontakter, sribning, forsætning, apofyse (åre) er alt jo ikke tabt, men der kommer et tidspunkt, hvor observationen mangler for meget til en entydig fortolkning. Her kan geologen vælge at tilføje de manglende elementer mentalt, hvilket er meget risikabelt.

Ad 3). De iagttagne strukturer fortæller en historie, og gør det måske godt, men der er ingen sikkerhed for at der kun er et enkelt hændelsesforløb, der kan give anledning til de observerede strukturer. Dette er i realiteten et uomgængeligt vilkår, der kan vises at gælde for al videnskab, der bygger på eksperimenter og observationer: Disse fortæller intet i sig selv. En videnskabsteoretiker ville sige: 'Det er ikke muligt at



Figur 2.

Sprækker i maling på dørkarm. Der kan ses mange generationer af revner opstået gradvis ved, at malingen skrumper og træet holder sin form.

udlede tankenødvendige slutninger ud fra et sæt observationer'. Det, der kan gøres, er at frembringe hypoteser eller modeller, hvorefter der kan udledes konsekvenser, der kan testes ved observation. Der er ingen grænser for, hvor mange hypoteser, der kan opstilles. Når det alligevel ofte fremføres, som det også gøres i det følgende, at 'observationerne viser ...' er det i realiteten en overfortolkning, der ser bort fra andre mulige synspunkter. Den faglige debat foregår dog som regel uantastet og i mange tilfælde er der almindelig opslutning om en enkelt udlægning.

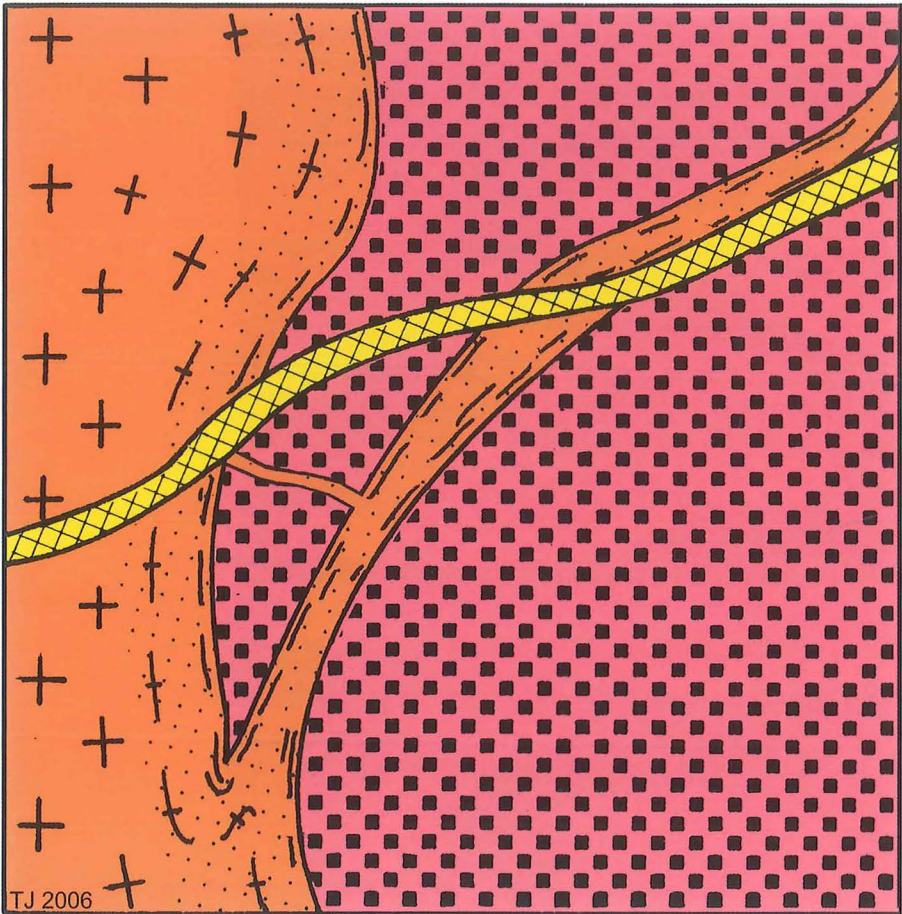
SKÆRENDE RELATIONER MELLEM BORNHOLMSKE GRANITTER

Den eneste sikre skærende relation, der fastsætter den indbyrdes alder af to af øens karakteristiske granitter, er kontakten mellem Vang-granit og Hammer-granit på lokaliteten Sjelle Mose. Denne lokalitet er et gammelt stenbrud nær Ols Kirke, behandlet fyldestgørende af Karen Callisen i 1932, omtalt i Varv-føreren 'Bornholms Geologi III' fra 1989 og stadig et besøg værd. Figur 3 viser den forenkede opbygning af et parti i bruddets nordvæg. Det ses, at Hammer-granitten sender en apofyse ind i Vang-granitten, som den altså skærer, hvorfor Hammer-granitten må være yngre. Det generer måske lidt, at apofysen ikke består af normal Hammer-granit, men af den finkornede bjergart aplit. Dette har offentligheden dog ikke ladet sig ryste af, idet Hammer-granit og aplit begge er meget lyse bjergarter i modsætning til den væsentlig mørkere Vang-granit. En model, der indbygger den lille forskel mellem Hammer-granit og aplit, er, at Hammer-granitten kun var ganske lidt smeltet, og med sin store andel af krystaller var for sej til at flyde ind i den forholdsvis snævre åbning i Vang-granitten. Kun dråber fra den lille mængde smelte lod sig vride ud af Hammer-granitten med henblik på at lade sig presse videre ind i revnen, hvor smelten krystalliserede som aplit.

Petrologiske smeltforsøg viser, at tilbageværende smelte i et afsluttende størkningsforløb konsekvent er sammensat med et maximum af de komponenter, der danner kvarts og feldspat og et tilsvarende minimum af de komponenter, der danner mørke mineraler som biotit, hornblende, titanit og malm. Hvis smelten formår at samle sig i separate legemer, vil den altså ende med at størkne som en meget lys bjergart af en nogenlunde ensartet sammensætning selv i forskellige miljøer. Summa Summarum: Takket være den petrologiske model, der underbygger køreplanen frem til dannelsen af de observerede strukturer, giver den fra Callisens tid erkendte aldersrelation ikke anledning til kritiske anmærkninger, selv om det ikke er Hammer-granit i sædvanlig forstand, der skærer Vang-granit. Vi ser endnu engang betydningen af en dannelsesmodel.

PROBLEMATISKE EKSEMPLER MED MIGMATIT

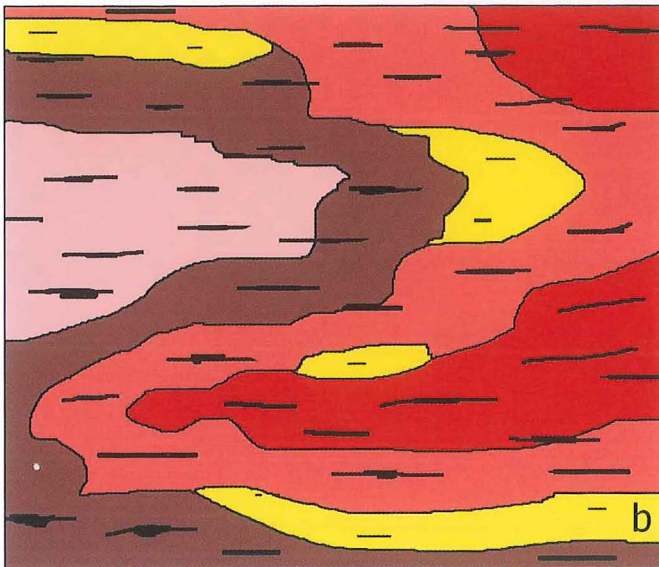
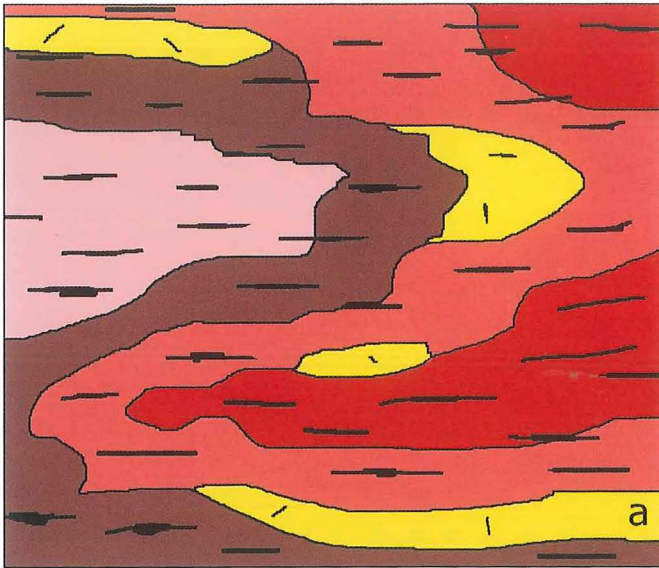
Herefter bliver det mere problematisk, og vi vil gå grundigt til værks. En faktabox giver et genopfriskningskursus vedrørende gnejs og migmatit og andet nødvendigt



Figur 3.

Kontakt mellem Hammer-granit og Vang-granit i et 4 meter bredt udsnit af nordvæggen i Sjelle Mose brud (omtegnet efter Callisen 1932). Der ses Vang-granit (lyserød med sorte kvadrater), Hammer-granit (orange med krydser, nogle mere aflange end andre for at tilkendegive stribningsintensitet), aplit (orange med linier og prikker), pegmatit (gul med netstruktur).

ordforråd. I det følgende indledes med en principiel diskussion, der skal afklare, hvordan tidsforløbet kan bedømmes. Udgangspunktet tages i figur 16.4 fra Wallace Spencer Pitchers bog: 'The nature and origin of granite' fra 1993, hvor Pitcher gør samme brug af eksemplet, som her gøres i det følgende. Pitchers figur er gengivet som figur 4, men der er foretaget visse opstramninger og farvelægning for tydeligheds skyld. Man skal ikke lade sig vildlede af, at de to halvdele af figuren er så godt som ens. Det er netop pointen. Man skal overvinde fristelsen til at lade automatpi-



Figur 4.
 Migmatitter (se faktabox) med strukturer, der viser subtile forskelle, der dækker over processer med vidt forskellige tidsforløb. (a) Leukosomet (gult) har striber med en helt anden orientering end de omgivende foldede gnejsiske lag, hvilket betyder, at leukosompartierne afskærer stribningen. Gnejsen med stribningen er altså ældst, leukosomet yngst. (b) Stribningen 'skærer' leukosomet. Stribningen er altså yngst.

loten råde. Det ville i givet fald føre til, at de lyse (gule) årer (leukosomet) i begge tilfælde afskærer striberne, de vandrette streger, der karakteriserer den omgivende gnejsstruktur, og derfor er yngre i begge tilfælde. Men der er en væsentlig forskel på figur 4a og 4b. På figur 4a er stribningen afbrudt af de lyse partier, hvilket må være kravet til den utvetydige skæring. Altså, leukosomet (åren) er yngst. I figur 4b fortsætter stribningen igennem det lyse parti, hvorfor åren er ældst og stribningen yngst. Det, der primært forhindrer, at dette straks ses, er, at den lyse åre stort set ikke indeholder mørke mineraler, og det er tydeligvis disse, der 'bærer' stribningen. Det er



Figur 5.

Migmatittisk gnejs fra gammelt brud ved Rokkestenen i Rutsker Højlyng. Hovedparten af stykket udgøres af normal nordbornholmsk gnejs med pæne lange striber. Derudover forekommer yderligere to enheder: Øverste del af håndstykket udgøres af en pegmatit, der synes at afskære gnejsens stribning. Lige nedenunder, parallelt med pegmatitten ses et uregelmæssigt og diffust parti af lys granit, hvis omrids tydeliggøres af en lyserød kurve. Det er dette parti, der gør gnejsen til en migmatit. Partiet selv betegnes et leukosom (se box) Det vi skal hæfte os ved her, er at leukosomet indeholder ganske små mængder af mørke mineraler, som giver partiet en svag stribning. Her er tale om ganske korte og tynde striber, og det er let at komme til at overse dem. Pilen peger på en diminutiv stribe, og umiddelbart til højre for den ses yderligere tre striber: I det lyse parti kan man tælle op imod tyve lignende striber: Stribningen i leukosomet har omtrent samme retning som i det gnejsiske mesosom, dvs den synes at skære igennem både gnejs og leukosom med samme orientering og er derfor yngre end begge enheder.

altså ganske svage spor, der skal opdages, men dette er jo ikke principielt anderledes end f. eks. et fingeraftryk, der uanset, det er ganske svagt og usynligt, når det observeres uden særlige hjælpemidler, er en observation, der regnes for så sikker, at den kan føre til rettergang og domfældelse. Sporene er svage, men alligevel tungtvejende, så længe vi holder os til principielle skitser. I virkeligheden er det sværere.

Figur 5 viser et håndstykke fra et gammelt stenbrud nær Rokkestenen i Rutsker Højlyng. Her er ikke meget tvivl: Stribningen skærer igennem leukosomet og er derfor yngst. Alligevel er der måske en lille tvivl, der gnaver. Dels er der nogle få striber af mørke mineraler, der ikke ligger med den 'korrekte' orientering. Dels er mineralernes kontakter temmelig slørede, så man kan måske blive fristet af den mulighed, at stribningen er en gammel struktur, der har overlevet i udvisket form. En tid var det en populær forestilling, at leukosomet har replaceret (erstattet) den oprindelige gnejs uden fuldt ud at gennemføre processen med at opløse og genafsætte de mørke mineraler med anden orientering. Dette blev af Harry Micheelsen kaldt dispers replacering og var hans foretrukne model for strukturens dannelse, da han studerede de bornholmske granitter omkring 1960. Når nærværende forfatter og de fleste andre geologer i dag foretrækker at betragte stribningen som yngst, skyldes det flere forhold, hvoraf tre skal nævnes. 1) Der er i dag større forståelse for, hvad overvejelser, som dem, der gøres i forbindelse med figur 4, egentlig går ud på. 2) Dispers replacering kræver omfattende udskiftning af kemiske komponenter, når gammel gnejs skal omdannes til leukosom, medens kun ubetydelig deformation og rekrySTALLISATION er nødvendig for at lave stribning i ustribede bjergarter. (Endnu et stykke videnskabsteori: Enkelhedens princip, hvis opståen tilskrives William af Occam, der arbejdede i begyndelsen af 1300-tallet og citeres for følgende: Man skal ikke gøre med meget, hvad man kan gøre med lidt.) 3) Et hændelsesforløb, hvor bjergkædefoldning står på igennem lang tid, er normalt præget af deformation både før, under og efter de magmatiske processer. Det kan ikke forventes, at deformationerne ophører senest samtidig med størkningen af de smeltede bjergarter. Det er dog tilsyneladende undtagelsesvist sket i andre granit-miljøer, f. eks. i Smålands granitter, der ikke bærer spor efter deformation overhovedet.

Til trods herfor må man dog se i øjnene, at eksemplet ikke vil overbevise alle om, at stribningen er yngst. I så fald vil det være endnu en stramning med det endnu vanskeligere eksempel vist på figur 6. I dette er der to retninger, der begge synes at have påvirket både leukosomet og de mørke mineraler, men ikke lige meget. Min fortolkning er, at den deformation, der rammer de større smeltedpartier (leukosom) er ældre end den, der rammer de mørke mineraler og de små og tynde leukosome årer. Den, der ikke føler sig tryk ved dette, må trøste sig med, at næste eksempel retter op på alle fortrædeligheder.



Figur 6.

Paradisbakke-migmatit på fladen umiddelbart ovenfor Præstebo bruds nordvæg. Midterfeltet i figuren er skærpet op med brug af diverse filtre i forbindelse med billedbehandling. Som yderligere hjælp til observationerne er indsat et lille felt, hvor leukosomet er fremstillet som lysegrønne bånd og melanosomet som lyserøde streger. De leukosome partier ('flammerne') og stribningen har ikke samme retning, men danner en vinkel på 35-40 grader. Hvad skærer hvad? Her benytter vi os af den gængse teori for dannelse af migmatit: Leukosomet har lokal oprindelse, idet det ved sin dannelse har afsat et ubrugeligt overskud af komponenter som en mørk zone, et såkaldt melanosom, langs med randen (se box). Stribningen her er meget iøjne-faldende vinklet i forhold til leukosomets retning. Da melanosomet ifølge dannelsesmodellen er samtidig med leukosomet og 'skæres' af stribningen, er stribningen yngst. Indrømmet, det vil næppe overbevise alle.

FRA GRANIT TIL GNEJS

Skærende relationer er i virkeligheden kun en af mange variationer over temaet 'strukturer fortæller den geologiske historie'. Fra Ringebakker bruddet stammer flere iagttagelser, der viser overgange fra Vang-granit til gnejs. Figur 7 viser et særlig lærerigt eksempel. Til venstre i figuren ses typisk Vang-granit, til højre i figuren ses en pegmatitgang. Overgangen fra Vang-granit til gnejs foregår midt i billedet, stribningen bliver mere intens tættere på pegmatitgangen. Indenfor de sidste centimeter før kontakten med pegmatitten topper stribningen med dannelsen af en finkornet bjergart, der smyer sig langs med pegmatitten. Forsiden viser et nærbillede. Stribningen opstår tydeligvis som et produkt af en udtværing af de mørke mineraler, mest intens

i den finkornede bjergart. En sådan finkornet bjergart dannet ved udtværing (også betegnet dynamo-metamorfose) kaldes mylonit. Pegmatitten selv er også ramt af dynamo-metamorfofen, men slet ikke i samme omfang som granitten. Fordelingen af zonerne viser snarere, at pegmatitten synes at have fungeret som det faste bolværk, deformationen spiller op imod. Dette er noget ganske uventet, idet pegmatitter såvel



Figur 7.

Vang-granit forvandles til gnejs og mylonit. Fladen er en del af en meget stor blok (5-8 tons), der har sin oprindelse i Ringebakker stenbrud syd for Vang. Indtil for nylig var den opstillet langs et hjulspor, der udgik fra Vang havn 400 meter mod syd. Men den forsvandt sporløst. NaturBornholm, som ejer blokken, har sat en eftersøgning i gang.

En dusør på 5.000 kr. udloves af forfatteren. Til hjælp for eftersøgning og identifikation kan en pdf-fil med mange billeder og dertil hørende beskrivelse hentes på Vang-monolithens webside <http://t.jorgart.googlepages.com/vangmonolith>. Oplysninger om og yderligere hjælp til eftersøgningen gives på NaturBornholms webside www.naturbornholm.dk. Se også forsidebilledet.



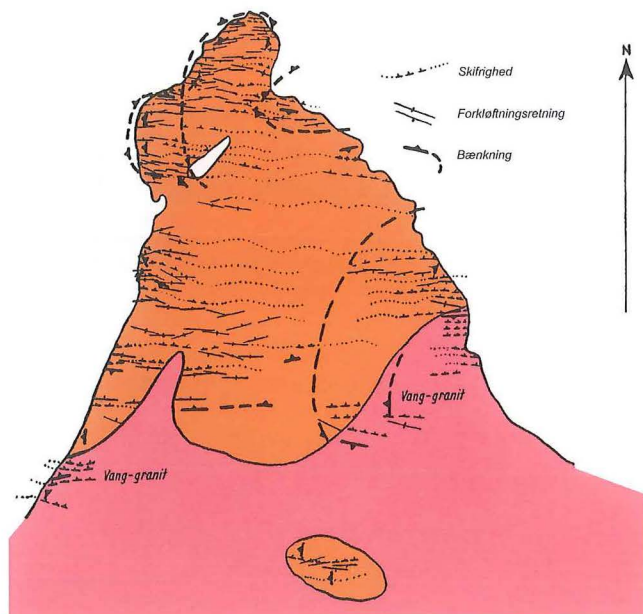
i almindelighed og på Bornholm i særdeleshed er de sidst størknede dele af granitgrundfjeldet og derfor skulle forventes at være de blødeste partier sent i forløbet. Forklaringen må være, at figur 7 har fastfrosset et tidspunkt, hvor størkningen defintivt er et overstået stadium. I den metamorfe fase, som fulgte efter størkningen, må granitten se sig om efter et andet smøremiddel til at befordre dens deformerbarhed, nu da de sidste smeltedråber, der kunne fungere som smøremiddel, ikke er mere. Her falder valget på biotit, mørk glimmer, som i kraft af sin laggitterstruktur tillader deformation (glidning) på langs af lagfladerne.

Det er meget vanskeligt at finde nogen anden dækkende forklaring på observationerne i figur 7 end netop metamorfose, dynamo-metamorfose i mylonitzonerne.

Specielt må det anses for hævet over al tvivl, at gnejs i dette tilfælde er opstået ud fra Vang-granit. I terrænet foregår overgangen fra Vang-granit til den syd for liggende gnejs ligeledes ganske gradvist, men her sker det over nogle kilometer. Gnejsen i området udviser stor lighed med Vang-granitten og har ikke mindst dennes vigtigste kendetegn: de velafgrænsede og store mørke pletter ('hobe'), som dog er blevet væsentlig fladere i gnejsen. Mod syd bliver stribningen mere og mere udtalt, mylonit-zoner ses dog ikke regionalt. Det må anses for muligt, måske ligefrem sandsynligt, at gnejsen i området syd for den typiske Vang-granits udbredelsesområde er opstået ud fra Vang-granit.

DEFORMATION OG DE BORNHOLMSKE GRANITTER

Man kan spørge, hvorfor deformationen ikke ramte den normale Vang-granit. Det gjorde den såmænd også og endda tillige Hammer-granitten længere mod nord, hvilket vises af en svag stribning i begge granitter (figur 8). I det hele taget er det almin-



Figur 8.

Stribning og anden deformation på Nordbornholm omfattende Hammer-granit (orange) og dele af Vang-granitten (lyserød). (Efter Bubnoff 1938.) Den øst-vest gående skifrighed (=foliation, se faktabox) er markeret med streger, der midtpå er forsynet med en lille tværstreg som regel pegende mod nord. Stregens orientering kaldes strygningen, tværstregen kaldes hældningen. Herved udtrykkes den rumlige orientering af foliationen. (De to øvrige signaturer, 'forkløftning' og 'bænkning', vedrører nogle grovere tektoniske strukturer, vi kan se bort fra i denne sammenhæng.)

deligt, at de bornholmske granitter er lidt sribede og næsten alle med den karakteristiske øst-vest strygning og den nordlige hældning som i gnejsen. En af dansk geologis mest fejrede personligheder N.V. Ussing studerede kontakten mellem gnejs og Svaneke-granit ved Listed i 1904, og bemærkede, at sribningen i gnejsen fortsatte ind i Svaneke-granitten hen over grænsen. Ussing drog den slutning, at sribningen var yngst. Karen Callisen protesterede voldsomt i sin doktordisputats 1932 og fik det sidste ord i meget lang tid. Callisens vigtigste argument var, at Svaneke-granitten førte indesluttede brudstykker af gnejs, der udviste den for gnejsen normale struktur, og derfor måtte have været fast, før Svaneke-granitten intruderede. Callisens opfattelse byggede på, at sribningen var en flydestruktur i smeltet granit. Her er altså tale om en overvejelse baseret på princippet om skærende relationer. Den er som foreskrevet ledsaget af en dannelsesmodel (men også, hvad vi ovenfor kaldte mental ekstrapolation). Diskussion mellem Ussing og Callisen kan vi afgøre i dag, idet NaturBornholm har opstillet et eksemplar af Svaneke-granit med en gnejsisk indeslutning (figur 9). Det ses tydeligt, at sribningen 'skærer' gennem granit og indeslutning med samme retning. Sribningen er altså yngst, Ussing havde ret.



Figur 9.

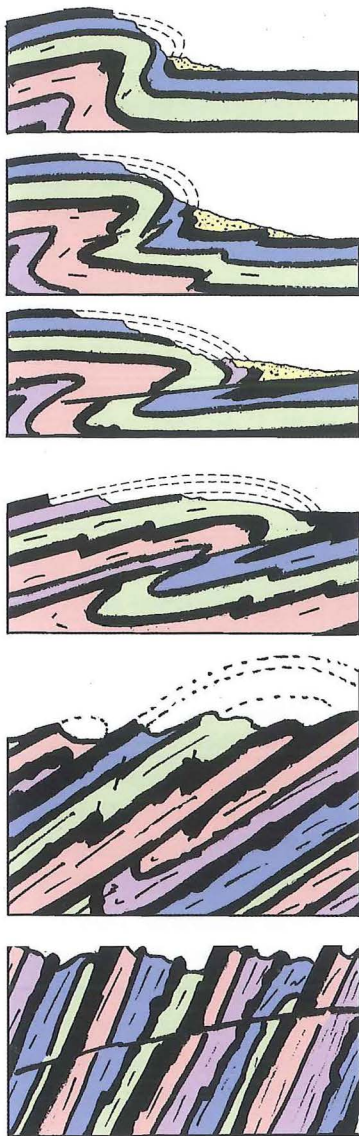
Svaneke-granit med stor indeslutning af gnejs. Sribningens retning i granit såvel som i gnejs-indeslutningen følges skråt ned over billedet, ca. 25 grader i forhold til billedets lodrette begrænsninger. Man skal fokusere på de enkelte sribers retning uden at blive vildledt af, at gnejsen indeholder et smalt mørkt bånd, hvis retning er nærmere 35 grader fra billedkanten. Dette bånd markerer muligvis en overlevende rest af en primær lagflade.

BETYDNING FOR KRONOLOGIEN

Callisen inddelte de bornholmske granitter i en ældre og en yngre afdeling. Denne kronologi står på to ben. 1) Kontaktrelationerne i Sjelle Mose bruddet sender Vang-granit til den ældre afdeling, Hammer-granit til den yngre. 2) Den ikke-eksisterende kontaktrelation, hvor Svaneke-granitten skærer gnejs, herunder Paradisbakke-granit, sender gnejsen til den ældre afdeling, Svaneke-granitten til den yngre afdeling. For at simplificere granitternes dannelsehistorie har Callisen altså besluttet sig for, at korrelere (dvs. sætte tidsmæssigt lighedstegn mellem) Hammer-granit og Svaneke-granit på den ene side og Vang-granit og gnejs på den anden. Men dette er ikke begrundet i de geologiske observationer. Ud fra Callisens observationer kan man ikke skelne mellem følgende tre muligheder: 1) Vestbornholm (Hammer-granit, Vang-granit) er i sin helhed yngre end Østbornholm (gnejs, Svaneke-granit), 2) det kan være omvendt, eller 3) der er tidsmæssigt overlap, endda flere muligheder. I litteraturen, heriblandt også dele af den nyere litteratur gengives den forenklede to-delte kronologi dog beklageligvis uden forbehold.

Callisens erkendte ikke, at gnejsen og Svaneke-granitten begge er præget af den samme stribning, men sært nok ændrer det kun lidt ved bedømmelsen af aldersrelationerne mellem granitterne på Østbornholm. Den største ændring sker med de ord, man benytter i beskrivelsen, når nu stribningen er et resultat af sen deformation under metamorfose. De materialer, der udsattes for deformationen, forgængerne for nutidens bjergarter Svaneke-granit og gnejs, betegnes protolither. Den almindelige opfattelse, at Svaneke-granitten intruderer gnejsen og Paradisbakke-granitten og derfor er yngre end disse, handler nu om disse bjergarters protolither, ikke dem, der er i dag, men deres måske ustribede, måske delvis smeltede forgængere. Begrundelsen for denne opfattelse, som altså ikke er så ny endda, kan altså ikke længere hvile på strukturelle observationer, men hentes fra andre geologiske discipliner. Frem for alt vides det efterhånden med stor sikkerhed, at større granittiske partier kun kan dannes ved smeltning af andre bjergarter i kontinentsskorpen. Hvad angår Svaneke-granittens oprindelse, tyder kemiske forhold på, at den kan være dannet ud fra Paradisbakke-granitten, som den støder op til, ved anatexis (delvis opsmeltning). (Efter dette fulgte muligvis nogle kilometers opstigning.) Dette bygger altså på andre metoder end observation af skærende relationer.

Vang-granittens plads i den reviderede kronologi kan indtil nogen undersøger forholdende mere grundigt foreløbig beskrives således: 1) Vang-granittens protolith dannes ved anatexis udfra ukendte bjergarter, der antagelig har lignet gnejsen eller rettere dens protolith. 2) Orogene bevægelser (bjergkædefoldning) og metamorfose danner Vang-granit og gnejs (giver dem deres nuværende udseende). Dette er naturligvis alt for kringlet sprogbrug, men mindre end det risikerer at drukne det vigtige budskab, at deformationen er yngst.



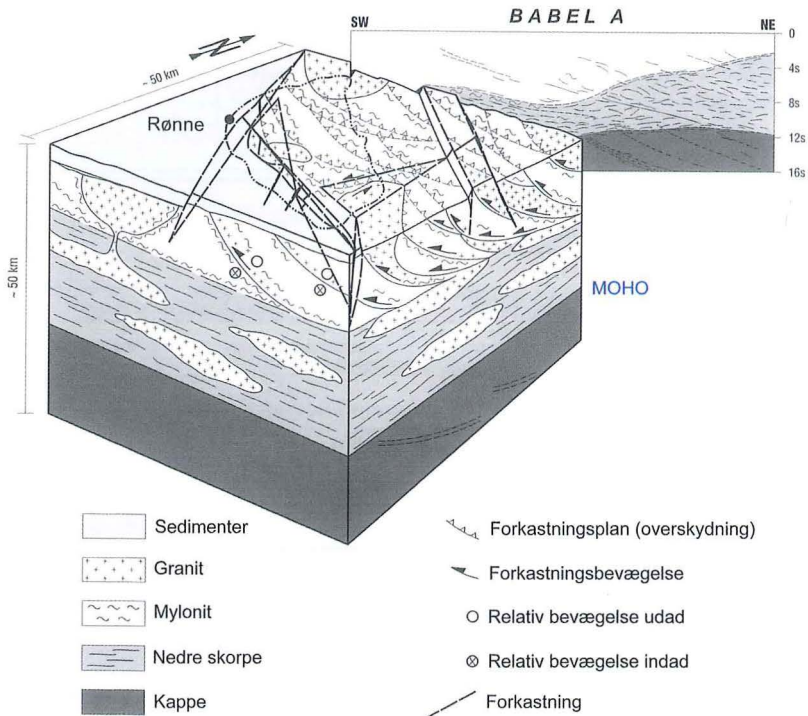
REGIONAL DEFORMATION

Historien er ikke slut, før der er givet en forklaring på den deformation, der efter alt at dømme ramte Bornholm efter, at granitterne var størknet. Resultatet var et grundfjeldsområde, som i sin helhed bestod af granitter og gnejser med en foliation med øst-vestlig strygning og en nordlig hældning på omkring 40 grader. Udstrækningen af det område, hvor denne orientering er fremherskende, omfatter hele det bornholmske grundfjeldsområde og går så langt nordpå som til Ertholmene, men i Skåne og Blekinge er orienteringen for det meste anderledes. Det begravede grundfjeld under Polen synes dog at have samme orientering som det bornholmske (Cymerman 2004). I dybet, helt ned under Moho (grænsen mellem skorpe og kappe) går den samme orientering igen (Balling 2000). Om dannelsen kan man have visse idéer. Figur 10 viser, hvordan sammenpresning kan vippe og folde kontinentale flager og siden rejse dem stejlere og stejlere. Enkelte observationer af overskydninger på Nordbornholm viser, at området vitterlig har været udsat for sammenpresning. Desværre kendes der ikke nogen gennemgående lag af genkendelige sedimentære eller vulkanske bjerg-

Figur 10.

Kontinentale flager under sammenpresning. Modellen viser effekten af sammenpresning opdelt i seks trin. Digteriske tilføjelser forekommer i form af sedimenter og forkastninger. Man må forestille sig Bornholm til og med Ertholmene som et ca. 40 kilometer langt profil opbygget som næstsidste figur igennem trin svarende til de fire første figurer. Den sidste figur har for stejl hældning, men er med for fuldstændighedens skyld.

arter, der kan give os hjælp til at udrede deformationens regionale aspekter. Alligevel er det en nærliggende fortolkning, at det Bornholmske granitgrundfjeld er resultatet af processer i en pladetektonisk kompressionszone. Cymermans model for Bornholm og tilgrænsende dele af Østersøens undergrund er vist figur 11.



Figur 11.
Cymermans model for opbygningen af Østersø-området omkring Bornholm.
Ballings seismiske profil (Babel A) er også gengivet.

EFTERSKRIFT

En del artikler har indenfor de sidste år nævnt de bornholmske granitter i sammenhæng med andre granitter fra det sydlige Østersø-område. Det fremgår, at over tyve granitforekomster i dette område har aldre på ca. 1450 millioner år. Dette er omtrent den samme alder som de bornholmske granitter har ifølge såvel gamle som nye isotopgeologiske målinger. En bjergkædefoldning, den dansk-polske orogenese, er blevet opstillet og eksporteret helt til Litauen på dette grundlag. Isotopgeologiske aldersbestemmelser er overordentlig vigtige, men ikke alle er lige imponeret over resultater, der opnås uden skærende relationer eller andre fundamentale geologiske principper. Ud fra de sidstnævnte i hovedsagen strukturelle metoder når vi frem til, at deformationerne er yngre end granitterne, men hvor meget vides ikke.

BOX

GNEJS OG MIGMATIT

Gnejs udgør hovedparten af det bornholmske grundfjeld. Gnejs er en kvarts-feldspat-bjergart, med lag eller striber. Det, der er mest karakteristisk for bornholmsk gnejs, er de tynde til tider lange striber af mørke mineraler (figur 5). Stribningen skyldes, at de mørke mineraler biotit, hornblende, titanit og malm samler sig i flade og/eller aflange aggregater eller hobe. Rumligt har aggregaterne form som et blad, og det siges da, at gnejsen har foliation eller er folieret. I fald aggregaterne har form som et langt blad så som et siv eller et strå, siges gnejsen at have lineation eller være linieret. Foliationen medfører en vis skifrihed, idet gnejsen spalter parallelt med foliationen, hvilket har sin årsag i en vis ensretning af biotitkrystallerne. Stribningen og krystallernes orientering har forbindelse til dannelsen af gnejsen, som på Bornholm som de fleste andre grundfjeldsområder i verden antages at være sket ved rekristallisation under deformation og metamorfose. Regionalt stryger gnejsens foliation gennemgående øst-vest og hælder mod nord. Lineationen dykker, hvis den er der, også mod nord. I øvrigt varierer bornholmsk gnejs temmelig meget mellem lyse og mørke, grove og fine varieteter. For fuldstændighedens skyld skal det nævnes, at de bornholmske granitter også er folieret med den samme orientering (skifrihed) som gnejsen (figur 8 og 9)

Migmatit er meget almindelig på Bornholm. Mest kendt er Paradisbakke-granitten, en mørk gnejs med lyse flammer (figur 6). Al bornholmsk gnejs er migmatittisk i forskellige grader. Migmatitter vil typisk være opbygget af to enheder: Mest karakteristisk er de lyse partier bestående af kvarts og feldspat af form som årer, linser eller lag, der kan være foldede. De omgives af en mere eller mindre mørk mellemmasse,

BOX *fortsat*

der dominerer kvantitativt. Migmatitstrukturen kan give bjergarten en lagdeling eller sribning, der i sig selv vil berettige til at bruge betegnelsen gnejs, men kun Paradisbakke-granitten har stedvis et tilstrækkelig båndet udseende til at kunne kaldes gnejs på dette grundlag. Paradisbakke-granitten har derudover ligesom de øvrige gnejsvarieteter den sædvanlige gnejsiske struktur defineret af de mørke mineralers foliation og lineation (figur 6). (Der er beklageligvis kun få, der har bemærket, at flammerne og den mørke sribning i Paradisbakke-migmatitten såvel som andre bornholmske migmatitter generelt ikke har samme retning. Callisen gjorde.

Der knytter sig en særlig forklaring til migmatittens opbygning af forskelligt farvede partier. Den lyse del, som altid er den mindste del, kaldes leukosom (leuko=lys), medens grundsubstansen (den 'normale' gnejs) kaldes mesosom (meso=mellem).

Den almindeligt accepterede opfattelse er, at migmatitter er opstået ved delvis smeltning af ældre bjergarter, hvor leukosomet repræsenterer smelte, dråbevis samlet i partier ikke langt fra de enkelte dråbers oprindelsessted, som antages at være mesosomet. Af og til kan det konstateres, at der i kontakten til leukosomet ligger en zone med et overskud af mørke mineraler, et såkaldt melanosom (melano=mørk).

Dette underbygger formodningen om, at migmatitstrukturen er opstået ved smeltning, idet eksperimenter med smeltning af silikatbjergarter viser, at smeltningen så godt som udelukkende frigør de kemiske komponenter, der indgår i kvarts og feldspat, men undlader at opløse de mørke mineraler. Den korte fortælling om migmatit er, at det er en bjergart, der indeholder både en magmatisk del, leukosomet, og en metamorf del, mesosom og melanosom.

Det er sandsynligt, at migmatitter skal forstås som ufuldkomne forstadier til dannelsen af større intrusive granitlegemer. Hvis leukosomet kan opsamles i større partier vil disse kunne frigøres og stige op igennem jordskorpen, hvor en lys granit, så som Hammer-granit kan dannes. Hvis smeltningen går langt nok inden leukosomet kan frigøres, vil hele migmatitten kunne mobiliseres og bevæge sig opad i jordskorpen. Sådan kunne Svaneke-granitten være opstået. I begge tilfælde sikres bevægelsen opad af smeltens lave massefylde sammenlignet med de faste bjergarter i omgivelserne.