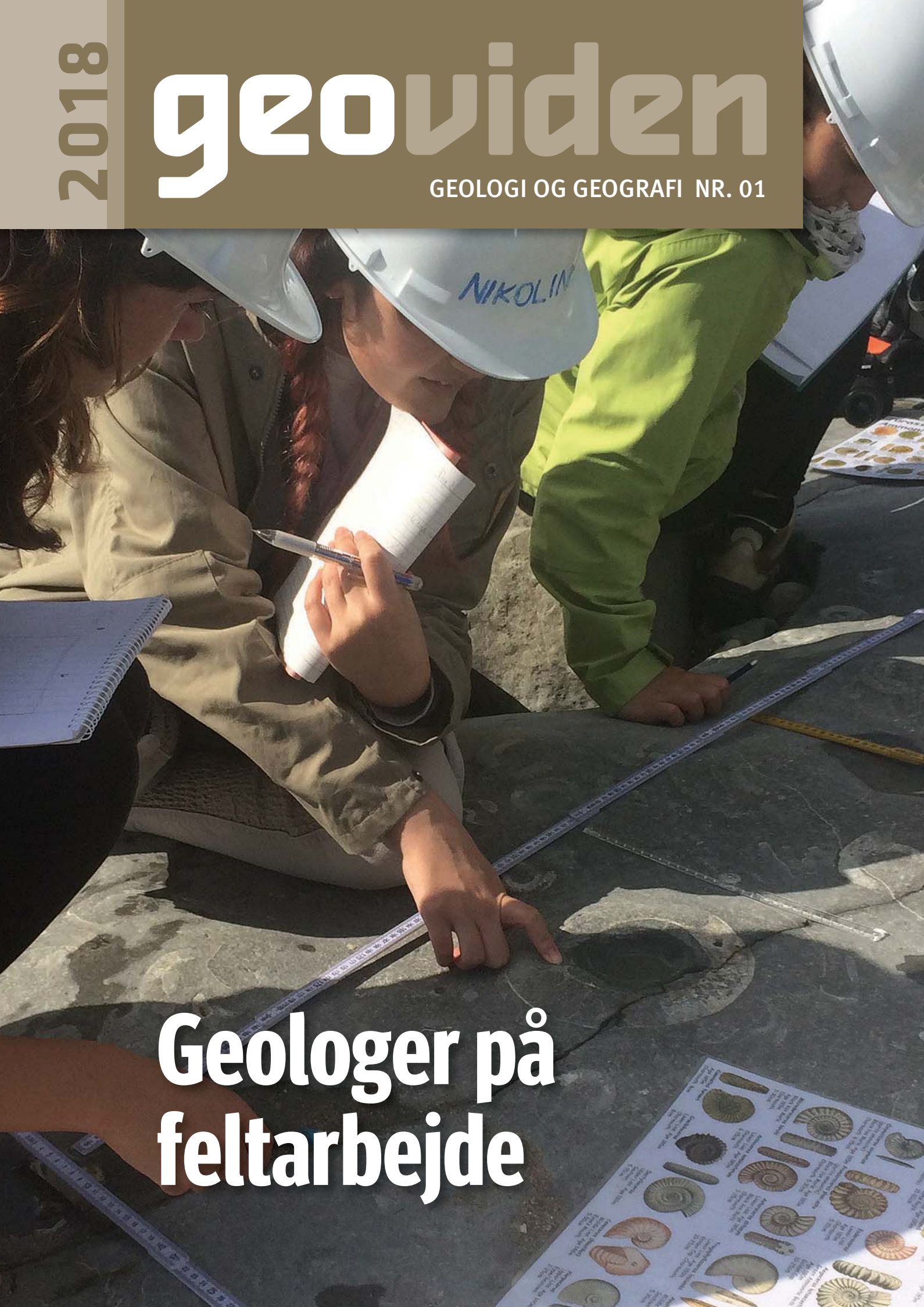


2018

geoviden

GEOLOGI OG GEOGRAFI NR. 01

A photograph showing three geologists in the field. They are wearing white hard hats and work clothes. One person is writing in a notebook, another is pointing at a rock sample, and a third is holding a measuring tape. A ruler and a geological chart are also visible on the rock surface.

**Geologer på
feltarbejde**

Feltarbejde – en vigtig del af geologens arbejde



Frokostpause for Jakob B. Kristensen (se s. 4-7) i Blomebukta, Svalbard, hvor overgangen mellem varmt og koldt vand i den nordlige del af Pangæa kan ses som et skift fra lyse til mørke karbonater.



Feltarbejde spiller en stor rolle i geologers forskning og praktiske arbejde. I felten bliver abstrakte geologiske teorier til konkrete eksempler. Feltarbejde er således en metode til at omsætte teori til praksis – og omvendt kan feltarbejde danne grundlag for nye ideer.

I dette nummer af Geoviden fortæller fire unge geologer om, hvordan feltarbejde indgår som en uundværlig del af deres arbejde og forskning. Uanset om destinationen er Svalbard, Island, Jylland eller Faxe, er forskernes feltmetoder grundlæggende de samme, selvom de rent fagligt har valgt meget forskellige karriereveje. Deres fælles fundament under feltarbejde er observation, måling og dataindsamling foruden dokumentation i både ord, tegninger og fotos. Målet er at tage så meget information, som muligt med hjem – heriblandt bjergarter, fossiler og vandprøver – så det danner et fyldestgørende udgangspunkt for senere analyser.

Udbyttet af forskernes feltarbejde spænder lige så bredt som deres fagligheder. Nogle skaber resultater inden for både geografiske og faglige områder, der hidtil har været fuldstændig ukendte, mens andre arbejder mere samfundsrelevant og lokalt. Det kan være målrettet oliebranchen på den anden side af Atlanten eller folk med beslutningskompetence på kommunal- og landsplan herhjemme. Mens nogle af forskerne arbejder med bjergarter og klimaet for flere milliarder af år siden, arbejder andre med grundvand, som snarere er 10.000 år gammel. Uanset deres forskellige arbejdsområder er feltarbejde fællesnævneren for forskerne i dette blad og de er alle enige om, at det både er spændende og givende at komme i felten. Balancen mellem teori og praktisk arbejde har været en af grunden til at de alle har valgt geologien som fag og levevej.

Et af formålene med Geoviden er netop at gøre flere unge mennesker interesserede i geofagene og vi håber, at vi, ved at sætte spots på forskerne i dette nummer kan formidle, hvordan feltarbejdet er med til at gøre geologien relevant og spændende foruden at være helt grundlæggende inden for fagdisciplinen.

Et andet initiativ er projektet *Geofelt*, hvor nogle fra Statens Naturhistoriske Museum (SNM) siden 2014 tre gange om året er taget af sted på feltarbejde i fire dage med en mindre gruppe elever fra gymnasier på tværs af landet. Vi drager af sted med det formål at give eleverne indblik i, hvordan man arbejder inden for geofagene og hvordan feltarbejde spiller en rolle i nutidens naturvidenskab.

Vores erfaring er, at feltarbejde er forbundet med endeløse 'aha-oplevelser', uanset om man er elev eller velbevandret geolog. Feltarbejde kan noget helt magisk og det giver et lynhurtigt fagligt udbytte for eleverne. Det vil vi på SNM gerne have at flere, både lærere og elever, opdager. Eleverne, der deltager i *Geofelt*, har alle mærket på egen krop, hvad der sker for læringen, når abstrakte geologiske teorier bliver til konkrete eksempler i felten.

Vores håb er således, at endnu flere nysgerrige unge mennesker med tiden vil finde vej ind i feltarbejdet og geofagernes forunderlige verden.



Interview med Jakob Bruun Kristensen

Hvad er din drømmelokalitet?

Overordnet set, er hele den norske øgruppe Svalbard én stor drømmelokalitet. Man har en rigtig stor en del af Jordens historie flot blotlagt og nem at komme til, inden for et relativt lille område, så man på kort tid kan 'rejse' gennem de sidste 300 mio. års historie. Og så er det bare et vildt smukt sted. Helt konkret er Blomebukta på Svalbard et af de fedeste steder, jeg har været (se foto s. 2-3). Der er utrolig smukt med to dale formet som en stor scene i et amfiteater. Der er vandfald, og i bjergsiderne kan man se præcis det tidspunkt, hvor Uralbjergene bliver dannet og stopper for tilførslen af varmt vand til Svalbard. Det ses som et skift fra lyse *varmtvandskarbonater*¹ (se s. 6 øverst) til mørke *spikulitter*², som bliver dannet i langt koldere vand. Det er altså ændringen fra varmt til koldt vand, der fandt sted på den nordlige del af superkontinentet *Pangæa*³. Det svarer til, at man som historieinteresseret tager til Normandiet for at se stedet, hvor D-dag udspillede sig. Det er ret stort!

Hvad er dit yndlingsfeltudstyr?

Geologisk hammer, lup og notesbog (se ovenfor). Det er i bund og grund alt, hvad man har brug for, for at rekonstruere fortiden. Det virker måske lidt simpelt, men grunden til, at det er så analogt, er, at en iPad eller computer vil kunne gå i stykker, mens jeg er ude. Jeg kan ikke lige hente eller få sendt ting ud. Så for at være sikker på, at de data jeg indsamler, også er dem, jeg får med hjem, skriver jeg det ned. Det er videnskabelig forskning på højt niveau, men med meget simple remedier.



Indholdet i min rygsæk på en typisk feltdag: Kamera. Prøveposser. Hammer. Tommestok. Geologisk og topografisk kort (til orientering og til at indtegne, hvor jeg har taget prøver og lavet opmålinger). Lille lup, så jeg kan identificere, hvad jeg har fundet. Blyanter, fordi blyantstreger kan holde til næsten alt, mens skriften forsvinder i regnvejr, hvis man har brugt kuglepen i notesbøgerne. Kompas med hældningsmåler. GPS. Notesbøger.

Hvad har været din vigtigste opdagelse opnået ved feltarbejde?

En erkendelse af, at langt den største del af Jordens historie stadig kun er meget simpelt beskrevet, og at der stadig er rigtig mange opdagelser at gøre. Man bliver ledt igennem et uddannelsessystem, hvor man får alle svarene foræret om, hvordan Danmark blev dannet og udviklede sig indtil i dag. Men når man går i gang med at undersøge det i detaljer, finder man ud af, at der er så meget, der ikke er beskrevet. Vi bliver kun undervist i den del, hvortil der hører meget og veldokumenteret forskning. Men der er så meget, vi endnu ikke ved noget som helst om.

Hvad arbejder du med?

Jeg begyndte at arbejde med dannelse og bevarelse af organisk materiale, mens jeg stadig var under uddannelse, og allerede dér synes jeg, det var et spændende emne. Nu har jeg fordybet mig endnu mere i det, og arbejder mere præcist med hvilke forhold, der fører til dannelse og bevarelse af organisk materiale, så det er muligt at finde det flere hundrede millioner år senere. Det er et interessant arbejde, og de data, jeg producerer, bliver blandt andet brugt i olieindustrien, hvilket også gør det direkte anvendelsesorienteret.



Alder
30 år

Uddannelse
Kandidat i Geologi fra KU, 2013

Hvor arbejder du?
Ph.d.-studerende ved Statens
Naturhistoriske Museum, KU

Tidligere arbejdssteder
Studiejob hos Cirkus Naturligvis (KU),
EKJ Rådgivende Ingeniører, underviser
på højskolekurser



Lyse gipsaflejringer og mørke karbonater dannet ved at området har vekslet mellem at være saltsø og en åben lagune.

Hvordan opstod interessen for sedimentologi og organisk geokemi?

Interessen opstod, da jeg begyndte at sætte mig ind i stoffet. Det er min erfaring, at når man virkelig sætter sig ind noget, så kan det næsten ikke undgå at fange ens interesse. Under mit speciale arbejdede jeg med nedbrydningen af moderne (nutidigt) organisk materiale i havbunden under iltfrie forhold. Jeg blev på den måde interesseret i, hvordan nedbrydningen af organisk materiale spiller ind i kulstofkredsløbet og derigennem påvirker Jordens klima.

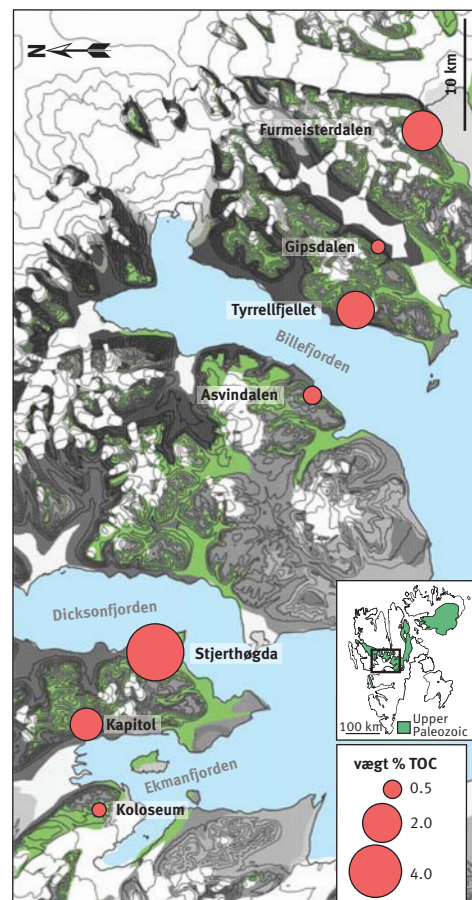
Hvorfor er feltarbejde vigtigt i dit arbejde?

Feltarbejde er måden man skaber ny viden på inden for geologien, og hvormed man kan teste sine hypoteser. I mit tilfælde bliver mine studier inddraget i olieeftersøgningen i Barentshavet, hvor Svalbard er en model for, hvad man kan finde længere mod syd i Barentshavet. Hvad vi ser i bjergsiderne på Svalbard, fortæller os, hvad man kan forvente at finde 2–5 km nede under havoverfladen i Barentshavet (se kortet til højre). Det er utrolig vigtig viden for at kunne minimere risici, når der børes efter olie og gas. På den ene side er der den økonomiske risiko ved overhovedet at smide penge efter en boring på en ny lokalitet. På den anden side er der også meget fokus på at minimere risikoen for et *blow-out*⁴ på boreplatformene, som i værste tilfælde kan resultere i et olieudslip. Mine data kan dog ikke stå alene, så i Barentshavet laves der

seismogrammer i tillæg til de data, jeg leverer. Det vil også altid være nødvendigt at lave prøveboringer, hvis data skal være anvendelige i olieeftersøgningen. Fidusen ved det arbejde, jeg laver på Svalbard, er altså, at det bruges som en analog til Barentshavet, så man har mest mulig viden, inden man eventuelt laver en prøveboring. Hvis man sætter det på spidsen, koster en prøveboring 150–200 mio. kroner, mens en uges feltarbejde kun koster omkring 10.000 kr. Det gør i den grad min forskning relevant og anvendelig.

Hvad laver du i felten?

Om sommeren tager vi ud i båd (se s. 6-7) eller med helikopter, mens vi om vinteren kommer rundt på snescooter. Lokaliteterne vælger vi enten ud fra steder, hvor vi tidligere har været, eller ud fra ældre studier og geologiske kort. På lokaliteterne har vi ofte en teltlejr, hvorfra vi vandrer op ad fjeldene og opmåler de udvalgte lokaliteter med tommestok, tager prøver med hammer og laver de første simple undersøgelser med en lille feltlup. Alle data skriver jeg ned i min notesbog, som jeg senere bruger til at tegne geologiske logs, der kan betragtes som en form for tidslinje over et områdes geologiske udvikling. I øjeblikket bliver der uddelt en masse efterforskningslicenser i Barentshavet, så olievirksomheder kan begynde at bore efter olie i undergrunden. Observationerne i Barentshavet underbygges med mine data, så olievirksomhederne får så præcise resultater, som muligt.



Lokaliteter på tværs af Spitsbergen (Svalbard), hvor vi har målt mængden af organisk materiale (angivet ved størrelsen af de røde cirkler) i et 10 m tykt geologisk lag. Vi er ved at undersøge årsagen til de store forskelle mellem lokaliteterne. Meget tyder på, at det skyldes et samspil mellem havbundens topografi og store havniveauændringer, forårsaget af skiftende istider og mellemistider for ca. 300 mio. år siden.

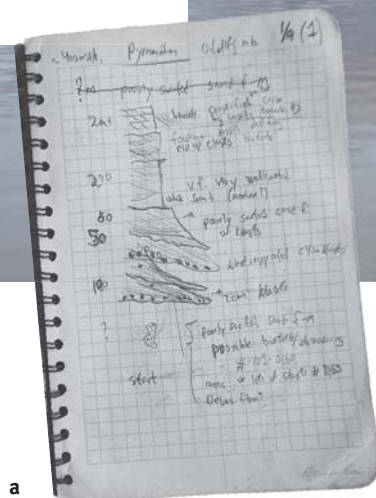
Forklaringer

- 1 Varmtvandskarbonater er dannet af karbonatsand, som bliver udfældet i strandkanten ved høj fordampning.
- 2 Spikulitter er skeletter fra svampe, der lever på havbunden.
- 3 Et superkontinent, hvor alle landmasserne var samlet, der eksisterede på Jorden for 200–300 mio. år siden.
- 4 Et blow-out er en ukontrolleret udblæsning af olie, gas og vand fra undergrunden. Det sker, når der opstår et pludseligt overtryk i en boring.
- 5 En detaljeret og kronologisk oversigt over de geologiske træk, der observeres i felten. Der beskrives både lagtykkelse, sediment type og størrelse, tilstedeværelse af fossiler, formations-type mm.

Eksempel på mine feltnoter (a). Jeg skriver, hvad vi foretager os, og hvilke observationer vi gør. Siden viser en log optegnet i felten. Når feltnoterne renskrives og prøverne analyseres, kommer loggen til at se sådan ud (b). TOC fortæller hvor meget organisk materiale, der er blevet bevaret, mens Mo (molybdæn) fortæller, hvordan iltforholdene i havet har været. Den nederste del af enheden er aflejret under iltrige forhold, hvorfor det organiske materiale må være aflejret hurtigt, fx under en storm, da det ellers ville blive nedbrudt i vandsøjlen eller på havbunden. Den øverste del af enheden er derimod aflejret under iltfrie forhold (iltvind), hvorfor det organiske materiale er blevet bevaret. Figuren er fra en af lokaliteterne vist på s. 5.

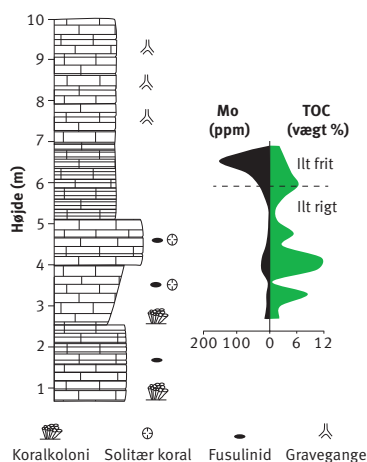
Hvad gør du med data indsamlet under feltarbejdet?

Data fra notesbøgerne bliver til *geologiske logs*⁵ (se ovenfor). De indsamlede prøver skal derimod igennem et længere forløb. Halvdelen af hver prøve bliver sendt til organisk-kemiske undersøgelser, hvor det organiske materiale bliver ekstraheret og analyseret for organiske forbindelser, der fortæller om hvilke organismer, materialet stammer fra. Resten af prøven bliver brugt til spormetalanalyser og tyndslib. Koncentrationen af forskellige metaller kan man blandt andet bruge til at afdække, hvad iltindholdet i vandet var, da prøvematerialet blev aflejret. Tyndslibene bruges til at genkende mikrofossiler, for derigennem at genskabe miljøet på aflejringstidspunktet (se øverst til højre). Alle de data, der kommer ud af feltarbejdet, sammenstiller jeg for at genskabe oceanografien, havbundstopografien og de overordnede klimatiske forhold på aflejringstidspunktet, som 'for



a

b



mine prøvers vedkommende' var i Karbon og Perm (359–254 mio. år siden). Det er en effektiv metode til at genskabe oceanografien, og den kan være ret præcis til at lave et øjebliksbillede af et givent tidspunkt i fortiden, både hvad angår lokale og globale mønstre. Ved at sammenligne med studier fra andre steder i verden kan man se, hvor omfattende de forandringer, man ser, i virkeligheden har været.

Hvad er dit bedste feltråd til andre?

Skriv alle observationer ned, tegn skitser og noter idéer og tanker. Selv ting, du finder ind-



Tyndslib af en foraminifer (encellet organisme i havet) omgivet af karbonatmudder og små dolomitmikralkrystaller. Et eksempel på, hvordan indsamlet materiale efterbehandles.

lysende eller ikke specielt interessante i felten, kan vise sig at være meget vigtige og svære at genskabe, når du kommer hjem. Ens dagbog er, sammen med fotos og prøver, alt hvad man har til at genskabe de idéer, man får i felten, når man senere sidder et andet sted og skal finde hoved og hale i, hvad det var, man lavede. Jeg har haft flere gode oplevelser med ting, som jeg har observeret i felten, skrevet ned og så senere hen fundet ud af, at jeg kunne inddrage i mine analyser. Jeg oplevede eksempelvis, at jeg havde indsamlet to prøver fra næsten samme sted, men ved nærmere undersøgelse kunne jeg se, at de havde store kemiske forskelle. Den ene var gul og den anden var hvid, og det ville man ikke forvente dér. I mine noter havde jeg skrevet, at lagene på den lokalitet gradvist ændrede farve og det virkede til, at lagene over og under min lokalitet var misfarvede. På den måde kunne jeg komme frem til, at farveskiftet og den ændrede kemi var en sekundær proces, der var sket efter aflejringen af det oprindelige materiale. Så mit råd vil helt sikkert være: få så mange informationer med dig som muligt.

Aflæsning ved ankomst til lokaliteten, hvor vi hovedsageligt skulle undersøge bjergsiderne i baggrunden.



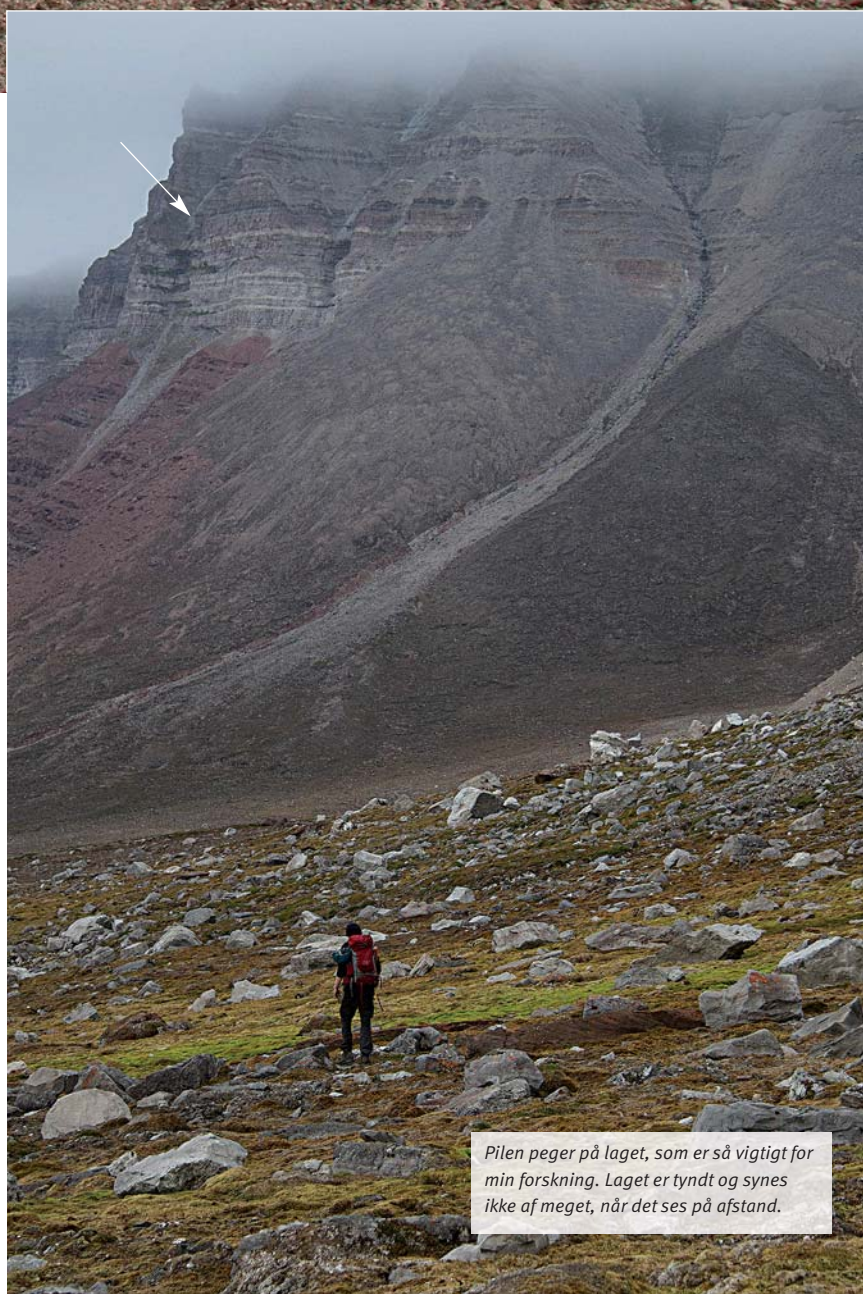
En velpakket båd med proviant, benzin og udstyr til 14 dages feltarbejde.

Hvornår er det virkelig gået galt?

Jeg havde en ung studerende med som feltassistent på Svalbard, og vi skulle ud til en lokalitet, som kun lå 20 minutter væk med båd. Bådens motor gik i stykker, og vi endte med at måtte tage turen til fods i stedet. Så en tur på 20 minutter blev til 16 timer t/r. Der var virkelig smukt, så jeg synes, det var det hele værd, men min feltassistent delte ikke helt min begejstring. Jeg har også haft en feltlokalitet på Svalbard, der gentagne gange har voldt mig problemer. I tre år prøvede vi at komme ud til den. Første år havde vi fået sejlet alt vores grej ud til en forladt by, der hedder Pyramiden. Vi endte med at opholde os dér en uge, fordi helikopteren, der skulle fragte os videre, ikke kunne komme ud til os på grund af dårligt vejr. Det andet år, vi skulle derud, udeblev isen, så vi ikke kunne komme derud på snescooter. Tredje gang var næsten lykkens gang. Vi kom endelig ud til lokaliteten, men den ene snescooter gik i stykker, så vi endte med kun at være der en halv dag. Men det lykkedes os dog at komme derud.

Hvad kan få dig til at juble?

Ofte når jeg tager ud, har jeg kun et kort at gå ud fra. Og det, jeg skal finde, er ikke særlig stort. Jeg leder efter et lag, som er 2–10 meter tykt, og når jeg leder efter det på en 1 km høj bjergside, er det ikke altid lige til (se foto til højre). Men når det så lykkes mig at finde laget, som jeg har sat som en lille prik på kortet, og laget er godt blottet, så bliver jeg virkelig glad.



Pilen peger på laget, som er så vigtigt for min forskning. Laget er tyndt og synes ikke af meget, når det ses på afstand.

Interview med Emily Catherine Pope

Hvad er din drømmelokalitet og hvorfor?

Jeg valgte at blive geolog, til dels fordi jeg ønskede at se verden. Jeg tror, at min drømmelokalitet er lige der, hvor jeg skal hen næste gang. Jeg bliver begejstret for et sted, når jeg planlægger min feltsæson. Min begejstring kommer, når jeg sætter mig ind i den lokale geologi, kultur, geografi, økologi og historie, og tænker på, hvad jeg måske kan finde der, og hvad jeg skal se efter. Selv blandt de steder, hvor jeg har lavet feltarbejde, er det vanskeligt at sætte fingeren på mit yndlingssted. Hvis jeg skal nævne én enkeltstående faktor, der gør et feltområde til en 'drømmelokalitet', er det når vegetationen er så begrænset, at jeg kan se klipperne! Og så er der 'sidegevinsterne': i Island kan man bade i varme kilder; Grækenland har fantastiske klipper lige ved siden af ligeså fantastiske strande; Grønland har tæpper af blåbær, der dækker jorden, så jeg kan samle bær, mens jeg samler bjergartsprøver - jeg skal bare være der i de rigtige uger!

Hvad er dit yndlingsudstyr og hvorfor?

Jeg har to stykker yndlingsudstyr: min geologhammer og mit kort (se foto ovenfor). Min geologhammer, fordi jeg bruger den til at få mine prøver. At udvælge en prøve, der er frisk og repræsentativ for det, jeg er interesseret i, er kritisk for mit arbejde, og man har brug for en god, stærk (og tung!) hammer for at kunne samle det rigtige materiale. Og det føles utroligt tilfredsstillende at hamre på klipperne!



Min oppakning på en typisk feltdag indeholder notesbog, kompas, kort, skriveredskaber, lup, multiværktøj, kamera, hammer og mejsel, førstehjælpsudstyr, vandflaske, solbriller, læbepomade, handsker, kasket og myggenet. Så er jeg beredt på lidt af hvert.

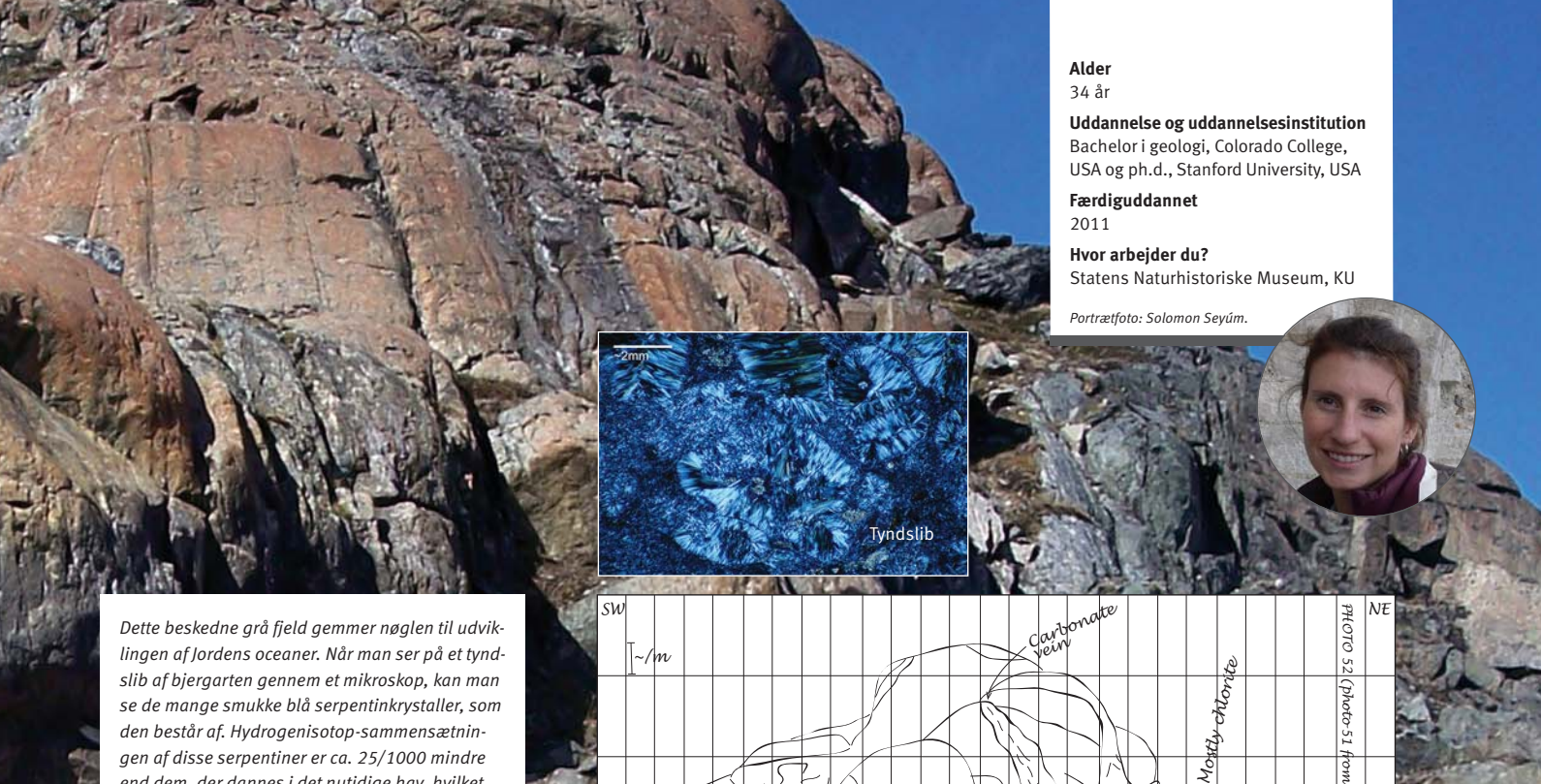


Udsigten er aldrig dårlig på feltarbejde. Her holder jeg pause, mens jeg tjekker kortet og orienterer mig i forhold til omgivelserne.

Foto: Morten Riishuus.

Min anden favoritting, kortet, skal fortrinsvis vise de geologiske formationer og topografi. Kortet er en favorit, fordi jeg gerne vil bevare overblikket, mens jeg kigger på detaljerne.

Det er vigtigt altid at forstå den større sammenhæng for den prøve eller den blotning, jeg er interesseret i.

**Alder**

34 år

Uddannelse og uddannelsesinstitutionBachelor i geologi, Colorado College,
USA og ph.d., Stanford University, USA**Færdiguddannet**

2011

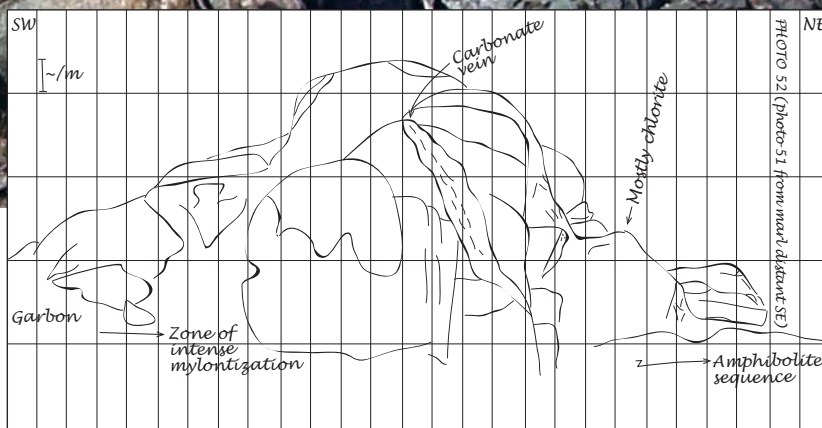
Hvor arbejder du?

Statens Naturhistoriske Museum, KU

Portrætfoto: Solomon Seyúm.



Dette beskedne grå fjeld gemmer nøglen til udviklingen af Jordens oceaner. Når man ser på et tyndslib af bjergarten gennem et mikroskop, kan man se de mange smukke blå serpentinkrystaller, som den består af. Hydrogenisotop-sammensætningen af disse serpentiner er ca. 25/1000 mindre end dem, der dannes i det nutidige hav, hvilket antyder, at det gamle havvand havde en anden hydrogenisotop-sammensætning. Ændringen i havvandsammensætningen er et resultat af kontinentdannelsen, stigningen i mængden af vand bundet i gletsjere og udslip af vand gennem atmosfæren ud til rummet. Al denne information er hentet fra en prøve af fjeldet ovenfor.



Feltskitse af fjeldet, der er vist ovenfor.

Hvad har været din vigtigste opdagelse opnået ved feltarbejde?

Jeg var så heldig at indsamle en bjergartsprøve, der var dannet i havet for 3,8 milliarder år siden. Sammensætningen af bjergarten ilt- og brintisotoper har medvirket til at fortælle os, at oceanerne var meget større, da Jorden var meget ung. Den har også hjulpet os til at forstå, hvilke processer der forårsager en ændring i havets volumen, såsom dannelsen af kontinenter, smeltning og opbygning af gletsjere, og endda udledningen af brintmolekyler til rummet! (se ovenfor).

Hvad arbejder du med?

Jeg er geokemiker, hvilket betyder, at jeg studerer bjergartsprøvernes kemi for at forstå de geologiske processer, der styrer bjergarternes dannelselse. Jeg er især interesseret i at forstå de *metamorfe*¹ og *hydrotermale*² processer, se side 10. Sådanne processer kan fortælle os meget om Jordens masse- og varmekredsløb, og om hvordan miljøerne på Jordens overflade har ændret sig gennem tiden.

Hvordan opstod interessen for geokemi?

Jeg fandt ud af, at jeg var vild med geologi, da

jeg var 13 år gammel. En professor fra universitetet i min hjemby afholdt geologi-ekskursioner for børn om sommeren. Vi tog til Yellowstone et år og Grand Canyon det næste. Han lærte mig at campere, at vandre, at læse kort og at læse landskabet. Og han lærte mig, at geologens arbejdsplads er verden udenfor. I løbet af min bachelor gik det op for mig, at geokemien var lige noget for mig, fordi jeg fandt ud af, at geokemi kan hjælpe med at forstå næsten ethvert geologisk fænomen. Jeg interesserer mig for alt inden for geologi. Hvordan bliver bjerge dannet? Hvordan virker pladetektonik? Hvad er det, der styrer klimaet? Hvorfor er der masseuddøen? Hvordan finder man guld? – og hvordan kan man bagefter takle de miljømæssige konsekvenser af at have udvundet guld? Som geokemiker har jeg værktøjerne til at studere alle disse spørgsmål og endnu flere.

Hvorfor er feltarbejde vigtigt i dit arbejde?

Feltarbejde er altafgørende i mit arbejde. En bjergartsprøve, som jeg analyserer kemisk, giver ingen mening, hvis jeg ikke ved, hvor prøven stammer fra. Det er feltarbejdet, der placerer bjergartsprøven i en sammenhæng. Et eksempel: jeg vidste, at jeg havde fundet

en prøve, som var dannet i havet for 3,8 milliarder år siden, netop fordi jeg undersøgte, hvordan denne bjergartsprøve relaterede sig til andre bjergarter i nærheden. Man kan ikke datere denne bjergartsprøve, men magma-bjergarter var trængt ind i det fjeld, som prøven var hugget ud af, og derfor ved vi, at bjergartsprøven er ældre end magma-bjergarterne. Selve prøven, kaldet en serpentinit, kan dannes i mange forskellige geologiske miljøer, men denne prøve blev fundet ved siden af andre bjergartstyper, kaldet *pudebasalter*³, *sheeted dykes*⁴ og *kumulerede gabbroer*⁵, som alle er bjergartstyper, der findes i oceanskorpen, så det giver mening, at også denne bjergartsprøve var en del af oceanskorpen (se fotos øverst på siden).

Feltarbejde hjælper også med at visualisere de geologiske processer, der er sket i fortiden, eller som finder sted under Jordens overflade, hvor du ikke kan se dem. Jeg har deltaget i feltarbejde, hvor vi skulle se på aktive hydrotermale systemer i Island, og der havde vi kun adgang til borekerner og knuste sten fra borer i geotermiske systemer. I Island har gletsjere imidlertid eroderet sig igennem gamle vulkaner og geotermiske systemer og blotlagt et tværsnit af kraterør, gange og magmakamre, som lavaen strømmer igennem

Forklaringer

- 1 Omdannelsen af bjergarter under højt tryk og høj temperatur.
- 2 Hydrotermale processer opstår, når varmt vand er i kontakt med bjergarter inde i Jorden.
- 3 Pudelava dannes ofte under vand, hvor lavaen afkøles ved kontakt med vandet, og derigennem størkner i en pudeform.
- 4 Opstår når magma siver igennem sprækker over et magmakammer og efterfølgende afkøler. Vil ofte befinde sig under pudelavaen.
- 5 En størknet magma bestående af gabbro. Når en basalt størkner langsomt, og udvikler store krystalkorn, vil den blive karakteriseret som en gabbro.

En blotning af en gammel vulkan i Island, eroderet af gletsjere. Magmagangen, som har skåret sig på tværs af de næsten vandrette lag, udgør vulkanens 'grundfjeld'. Ved at kigge på det eksponerede indre af denne gamle vulkan, hjælpes vi til at forstå de vulkanske og hydrotermale processer, der sker i Islands aktive vulkanske zone.



på vej til overfladen (se foto til venstre). Man kan se det gamle magmakammer, frosset som en indtrængende kerne, hvorfra magmatiske gange skærer sig ud gennem de omkringliggende lavaer. Varmen fra magmaen opvarmede grundvandet, så det reagerede med lavaerne og dannede de samme metamorfe mineraler, som jeg fandt i kernerne og bjergartsfragmenter fra de moderne hydrotermale systemer.

Hvad laver du i felten?

Når jeg er i felten, undersøger jeg sammenhænge mellem forskellige klippeformationer og forsøger at forstå de processer, der sætter disse forskellige bjergarter sammen. Dette kræver masser af omhyggelige observationer. Jeg tager mange noter, laver skitser, og henviser enten til offentliggjorte geologiske kort over regionen eller laver mit eget. Jeg tager også bjergartsprøver, som jeg tager med mig tilbage på museet, hvor jeg laver geokemiske analyser på dem. For at lave en korrekt indsamling af en bjergartsprøve, noterer jeg omhyggeligt prøvetagningsstedet vha. GPS-koordinater og fotodokumentation. Derefter bruger jeg hammer og mejsel til at frigøre et nyt prøvestykke fra bjerget. Jeg indsamler op til 15 prøver på en dag. Hver prøve vejer et par kilo, så når jeg går turen tilbage til lejren, er min oppakning meget, meget tung. Det er kun dér, jeg tvivler på mit valg af fag.



Dette var min første mislykkede elv-krydning. Jeg havde omhyggeligt taget sko, sokker og gamacher af for at holde dem tørre, og så faldt jeg straks i og fik alt, hvad jeg holdt lige så vådt som resten af mig.

Foto: Morten Riishuus.

Hvad gør du med data indsamlet under feltarbejdet?

Jeg udfører flere slags geokemiske analyser på de prøver, jeg indsamler, og undersøger koncentrationerne af grundstoffer og isotoper i de enkelte mineraler i bjergartsprøven. Så leder jeg efter relationer mellem stenedes kemiske sammensætninger og deres fordeling, altså, hvordan de er orienteret i forhold til hinanden og til den regionale geologi. Det er derfor, det er så vigtigt at notere nøjagtigt, hvor prøverne er udtaget.

Hvad er dit bedste feltråd til andre?

Prøv at begrænse forventningerne til, hvad man kan finde og gå i stedet ud og se, hvad der er. Brug tid på at undersøge feltområdet, og lad geologien og landskabet tale for sig selv. Du kan måske opdage noget, du ikke en-

gang vidste, du ledte efter. Sørg også for, at du har en meget varm og behagelig sovepose, for du bliver træt sidst på dagen!

Hvornår er det virkelig gået galt i felten?

Jeg har aldrig haft en meget skræmmende eller farlig oplevelse i felten i modsætning til mange, jeg kender. Min Ph.d.-vejleder strandede engang på en lille ø spærret inde af is i Østgrønland i 19 dage, før han blev reddet. Men jeg har haft min andel af barske dage. Det er hårdt at være i felten, når man er kold og våd. Den dag jeg faldt i elven – tre gange! – var en hård dag. Det var da jeg var feltassistent i Island, og vi samlede prøver af de forvitrede lag mellem skrænter af lavastrømme. Jeg skulle klatre op på de stejle skrænter, og det er nemmest via elvene. Lige på denne særlige dag blev den nemmeste sti op ad fjeldet ved

med at skifte fra den ene side af elven til den anden. Det var en kold regnvejrsdag, og jeg kunne bare ikke holde balancen ude i elven (se foto overfor). Jeg var så gennemblødt til sidst, at mit tøj må have vejlet 10 kg ekstra. Der gik mere end to dage, før det var helt tørt igen.

Hvad kan få dig til at juble?

Klikket. Det er det øjeblik, hvor alle dele af et problem, et forvirrende datasæt eller alle de forskellige blotninger, jeg har set i felten, eller de forskellige informationer, jeg har fået fra forskellige artikler, samles. De organiserer sig pludselig i mit hoved, og jeg ser historien, der forbinder de forskellige informationer. Jeg får det store overblik, som summen af de enkelte brikker danner. Det er både tilfredsstillende og spændende, når de 'klik' sker.



Basislejr for feltarbejde i Isua-området. De små telte er til overnatning, mens det hvide er køkkentelt.

Interview med Jacob Kidmose



Hvad er din drømmelokalitet?

For mig er en drømmelokalitet ikke kun defineret af hvad, der er videnskabeligt interessant, men også om lokaliteten er beliggende i et smukt område. Jeg er så privilegeret, at jeg i mit arbejde med de danske søer og deres samspil med grundvandet næsten altid kan udvælge søer, der omgives af smuk og interessant natur. Målet med mit arbejde er jo implicit at beskytte de områder, der er smukke, og når man, som jeg, bruger naturen i sit arbejde tror jeg også, at man føler et større ansvar for netop at beskytte den.

Hvad er dit yndlingsfeltudstyr?

Mit yndlingsfeltudstyr må være et ganske almindeligt pejll (se foto). Et pejll er en meget simpel anordning, som benyttes til at måle, hvor dybt grundvandet står i en brønd eller en boring. Pejlet er et simpelt og lavteknologisk målebånd, hvor der i den ene ende sidder en elektrisk føler, som registrerer, når den ned-sænkes i vand. Den danner et øjebliksbillede af vandstanden et givent sted. Det bliver dog mere nuanceret, når jeg bruger den på flere lokaliteter ad gangen, fordi det giver mig et klart billede af hvilken retning, grundvandet strømmer nede i jorden. De indsamlede data gør det muligt for mig at bygge en grundvandsmodel, som er en 3D computermodel af de forskellige grundvandsmagasiners egenskaber og strømninger. Modellen bruger jeg til at lokalisere, hvor det oppumpede vand fra en vandindvinding stammer fra, og hvilke områder, der skal beskyttes mod eksempelvis pesticider. Så det tilsyneladende meget simple redskab kan ende med at give mig nogle



Mit vigtigste feltudstyr på en typisk arbejdsdag i felten. Piezometerrør med stålfilter i enden, prøveposer og vandprøveflaske, handsker, tommestok, waders, flume, tryktransducer (måler vandtryk) og temperaturlogger (lille sort cylinder), differential GPS, notesblok og pejll.



Her ses hvordan optagning af vandprøver ved hjælp af minipiezometre kan se ud.



Afvandingsskanal ved Lammefjord.

Foto: Peter Warno-Moors, GEUS.

Alder

38 år

Uddannelse og uddannelsesinstitution

Kandidat i Geologi fra KU i 2007,
ph.d. fra KU i 2010

Hvor arbejder du?

De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS)

Tidligere arbejdssteder

Før min karriere som forsker arbejdede jeg i to år som reserveofficer i det danske forsvar. Arbejdet foregik ofte i den danske natur under meget forskellige forhold. Det gav mig inspiration til at søge en uddannelse, hvor feltarbejde var en integreret del af studiet. Efter studiet tog jeg en ph.d. på Københavns Universitet, og har sidenhen arbejdet som forsker på GEUS.



meget komplekse resultater, der er direkte anvendelige. Det synes jeg er ret fascinerende.

Hvad har været din vigtigste opdagelse opnået ved feltarbejde?

Min vigtigste opdagelse ved feltarbejde foregik på en tømmerflåde midt ude på en sø ved den jyske højderyg. Mine kollegaer og jeg havde sat os som mål at undersøge hvor og hvordan søvand strømmede ud af søen og videre ned i grundvandsmagasinet under søen. Ved hjælp af borekerner, geofysik (georadar) og nedstik af *piezometre*¹ i søbunden kortlagde mine kollegaer og jeg et område på kun 50 x 50 meter af søbunden, hvor søvandet viste sig at strømme ned i grundvandsmagasinet. Vores eneste ledetråd til at lokalisere udstrømningen var, at teorien fortalte os, at der skulle være en udstrømningszone. Computermodellen fortalte os, at den efter al sandsynlighed befandt sig langs søbredden. Efter en række ufrugtbare undersøgelser, bevægede vi os længere ind i søen, men fandt stadig intet. Det var kun fordi, at jeg insisterede og ikke ville give op, at vi omsider fandt udstrømningszonen. Det gik op for os, at vi havde fat i den lange ende, da trykniveauet på vores udstyr viste 1/2 meter under, hvad man ville forvente. Resultatet af vores feltarbejde og efterfølgende analyse var, at udstrømningszonen i søbunden kun dækker 2.500 m² af en sø på 760.000 m² – i min branche svarer det til at finde en nål i en høstak. Det var en vigtig opdagelse for projektet, at vi fandt udstrømningszonen, fordi det havde stor betydning for forståelsen af vandbalancen i søen. Det var helt afgørende,

og jeg er virkelig glad for, at min ihærdighed endte med at give pote.

Hvad arbejder du med i dag?

Kort sagt arbejder jeg med indsamling af data i felten og opbygning af grundvandsmodeller på baggrund af dataene. Det, som jeg synes er mest interessant at arbejde med, er både interaktionen imellem grundvand og søer eller åer, byhydrologi og hvordan klimaforandringer påvirker det hydrologiske kredsløb. På en måde er jeg med mit arbejde med til at tydeliggøre overfor eksempelvis politikere og andre med beslutningskompetence, hvor det brænder mest på, så der kan sættes ind de rigtige steder. Det er der, det bliver samfundsrelevant og grunden til, jeg synes, mit fag er så vigtigt.

Hvordan opstod interessen for grundvand?

Jeg har altid interesseret mig for naturen, men kun i meget lille grad været en, som samlede på sten. Til gengæld har samfundsrelevans, feltarbejde og det anvendelsesorienterede perspektiv tiltalt mig og været afgørende, da jeg valgte studie. Selvom det sikkert kun er de færreste, der tænker over det, blev grundvand ikke dannet i går. Ofte er det virkelig gammelt, faktisk flere tusinder år gammelt, og det er lige præcis tidsperspektivet, der er interessant for mig.

Hvis man ser på en sø ude i felten, kan søen godt være 'grim', selv om den er i en naturlig tilstand. En sø kan godt være næringsrig og have en lav biodiversitet, og altid have været sådan. Meget af vores lovgivning dikterer, hvordan en



En tømmerflåde pakket til en dag i felten, hvor vi især arbejder med optagning af kerner og piezometer-installation.

Forklaringer

- 1 Er en type trykmåler, der måler væsketrykket i en beholder eller et borehul.
- 2 Computermodeller af grundvandsstrømning.

sø skal se ud. Men det spørgsmål, man skal stille sig, er, hvad der er søens naturlige tilstand? Og hvornår var den i dens naturlige balance? Det er også spørgsmål, jeg synes der er interessante at have for øje i mit arbejde.

Hvorfor er feltarbejde vigtigt i dit arbejde?

Feltarbejde er essentielt for mit arbejde, da det giver mig vigtige data, som jeg især bruger i analyser af grundvandets strømning. Uden felt-data var der ingen ny viden – så enkelt er det.

Hvad laver du i felten?

I felten indsamler jeg en lang række data, så jeg senere kan lave nogle kvalitative analyser. Data kan deles op i pejlinger, geologiske prøver, geofysiske målinger samt vandprøver og klimadata (se foto nederst s. 12 og 13). Pejlinger af grundvandsspejlets trykniveau, dvs. måling af grundvandsspejlets højde, samt afstrømning i åer, er mine primære data. For at jeg kan danne mig et grundigt overblik over en lokalitet, er det også nødvendigt at optage og analysere geologiske borekerner. Det gør det muligt for mig at karakterisere det grundvands-system, jeg observerer. Dernæst indsamler jeg også information vha. geofysik, som fortæller mig om de forskellige jordlags evne til at reflektere lyd eller lede elektricitet. Det hjælper mig til at finde ud, hvor hurtigt vandet kan strømme i de forskellige lag. Vandprøver er helt uundværlige, da det geokemiske indhold fortæller om vandets alder eller oprindelse. For eksempel fortæller forholdet mellem de stabile isotoper O^{18} og O^{16} i søvand om fordampningsgrad



Flumen, også kaldet en transportabel strømningsrende, som måler vandtilstrømningen fra en grøft til Nørresø på Fyn.

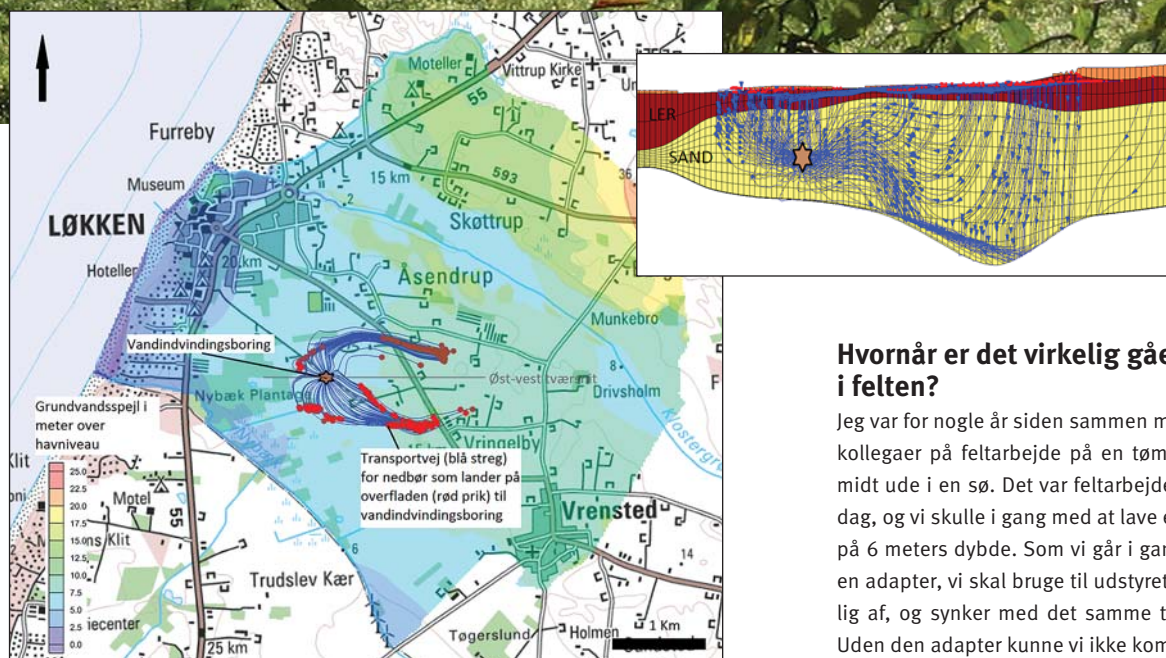
og dermed om vandets opholdstid i søen. Når en sø undergår helt almindelig fordampning, forsvinder der mere O^{16} end O^{18} , og der ender med at være mere O^{18} tilbage. Ud fra andre isotoper kan grundvandets alder, altså den tid, der er gået, fra det faldt som regn på jorden indtil nu, beregnes. Indhold af næringsstoffer som nitrat og fosfor, er også vigtige målinger

fra vandprøver. Søerne får generelt for meget næringsstof, og da grundvand udveksler vand med søer og åer, er det vigtigt at se nærmere på, hvor vandet egentlig stammer fra. Mit arbejde er med til at synliggøre, hvad det vigtigste er, så det rent politisk er muligt at sætte ind de rigtige steder. Men det hele starter med de data, vi samler ind i felten.



Hampen Sø, Midtjylland.

Foto: Bertel Nilsson, GEUS.



En 3D-grundvandmodel som simulerer vandstrømning til en vandindvindingsboring. Figuren viser det område, som 3D-modellen dækker, der er farvet afhængigt af højden af grundvandspejlet, som er simuleret af 3D-modellen. De røde prikker viser områder, hvor regnvandet lander på jordoverfladen og derefter siver ned til grundvandsmagasinet, hvor de blå streger viser hvilken vej, vandpartiklerne derefter tager til indvindingsboringen. Til højre er vist et tværsnit igennem jordlagene, og pilene illustrerer, hvordan vandpartiklerne transporteres mod indvindingsboringen (brun stjerne). Det tager 10 år for vandpartiklerne at rejse mellem hver blå pil på partikelbanerne (blå streger).

Hvad gør du med data indsamlet under feltarbejdet?

Data som pejlinger, vandføring i åer (se foto s. 14) og geologiske data benyttes direkte til opsætning og kalibrering af grundvandsmodeller². På baggrund af det, kan jeg også lave modellering af det hydrologiske kredsløb. Information fra vandprøver, som fx alder, kan testes og valideres i grundvandsmodellerne, men bruges også til selvstændige analyser af vand- og stofbalancer for en sø (se de 2 figu-

rer ovenfor). Næringsstofbalancen for en sø er afgørende for søens såkaldte økologiske tilstand, der omhandler forhold som vandkvalitet og biodiversitet.

Hvad er dit bedste feltråd til andre?

Mit bedste feltråd må være god planlægning og gennemtestning af udstyr, før man tager i felten – det har mange års feltarbejde efterhånden lært mig.

Hvornår er det virkelig gået galt i felten?

Jeg var for nogle år siden sammen med nogle kollegaer på feltarbejde på en tømmerflåde midt ude i en sø. Det var feltarbejdets første dag, og vi skulle i gang med at lave en boring på 6 meters dybde. Som vi går i gang, falder en adapter, vi skal bruge til udstyret, pludselig af, og synker med det samme til bunds. Uden den adapter kunne vi ikke komme videre, så gode råd var dyre. Jeg endte med at tage en dykkermaske på, og dykke ned på 6 meters dybde. Efter at have famlet rundt, fandt jeg det metalrør, adapteren oprindeligt sad fast på, og gudskelov stadig sad fast på. Den felttur var lidt dødsdømt fra starten, for den startede også virkelig uheldigt. Vi havde pakket en hel trailer med feltgrej til hele turen. Da jeg kørte afsted med bilen kunne jeg ud af sidespejlet pludseligt se, at traileren kørte den modsatte retning af mig og tilsyneladende ikke længere sad på bilen! Held i uheld trillede den stille hen og parkerede sig selv, så jeg kunne bakke op og få fastgjort den til bilen igen.

Hvad kan få dig til at juble?

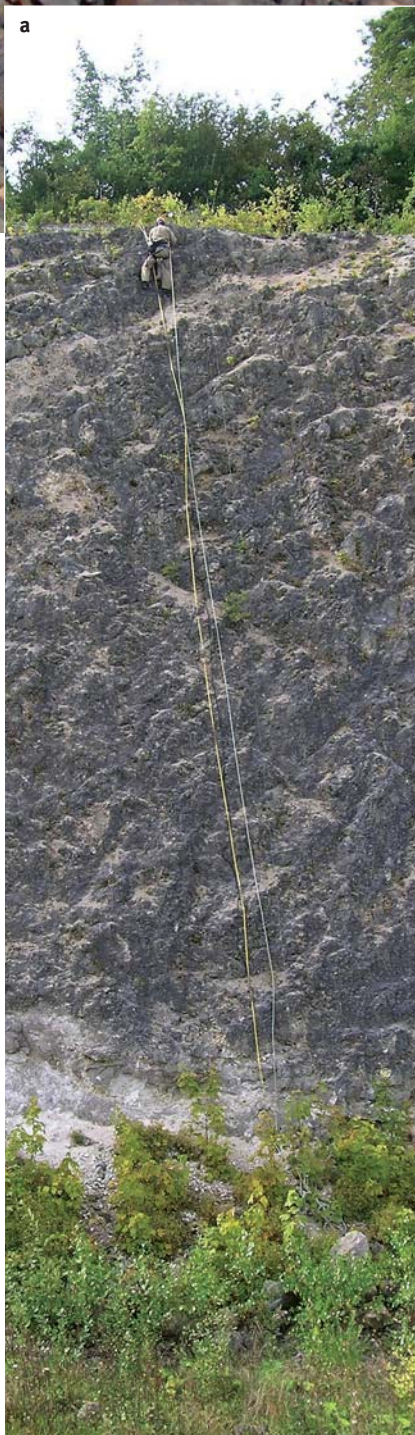
Når resultaterne giver klare svar. Det giver en stærkere argumentation for den tese, man arbejder ud fra, selvom der kan gå lange dage, uger og måneder før svarene kommer tilbage.



Interview med Bodil Wesenberg Lauridsen



Feltarbejde på Nordgrønland 700 km fra Nordpolen. Kun de allerbedste fossiler samles op, da hjemtransporten er dyr. Billedet bringes med tilladelse fra GEUS.



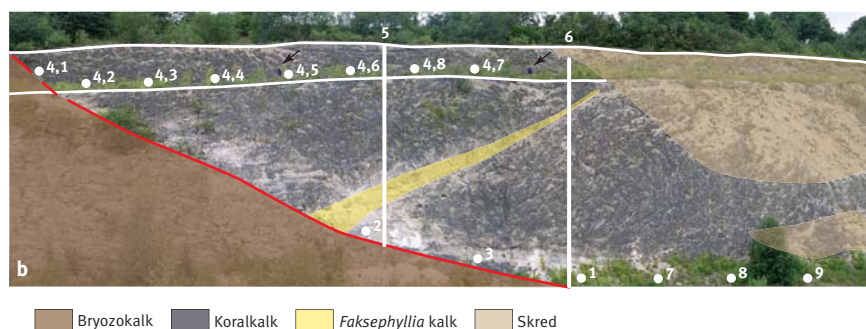
Hvad er din drømmelokalitet?

Min drømmelokalitet er en velblottet fossilrig lokalitet, hvor de gode historier vælter ud af *profilet*¹. Det kan være en sommerdag i Faxe Kalkbrud, en forårsdag langs Stevns Klint eller en fuldstændig ukendt lokalitet i Grønland et sted, hvor intet menneske har været før os (foto s. 16-17). Ofte, når jeg begynder at lave feltarbejde et 'kendt sted', har jeg en helt bestemt dagsorden. Men når jeg er et sted, hvor ingen før har været, har jeg ikke på samme måde en dagsorden. Det er mindre specifikt, men på en måde også mere vanskeligt, for hvor skal man starte og slutte? Hvad er det centrale, og hvor skal man lægge kræfterne? Der er ikke de samme forventninger til, hvad man skal foretage sig eller opdage. Det er helt ukendt grund, og det synes jeg er spændende! Men drømmelokaliteter kunne være mange steder. Det kunne også være at dykke ned på havets bund og opleve et moderne leven-

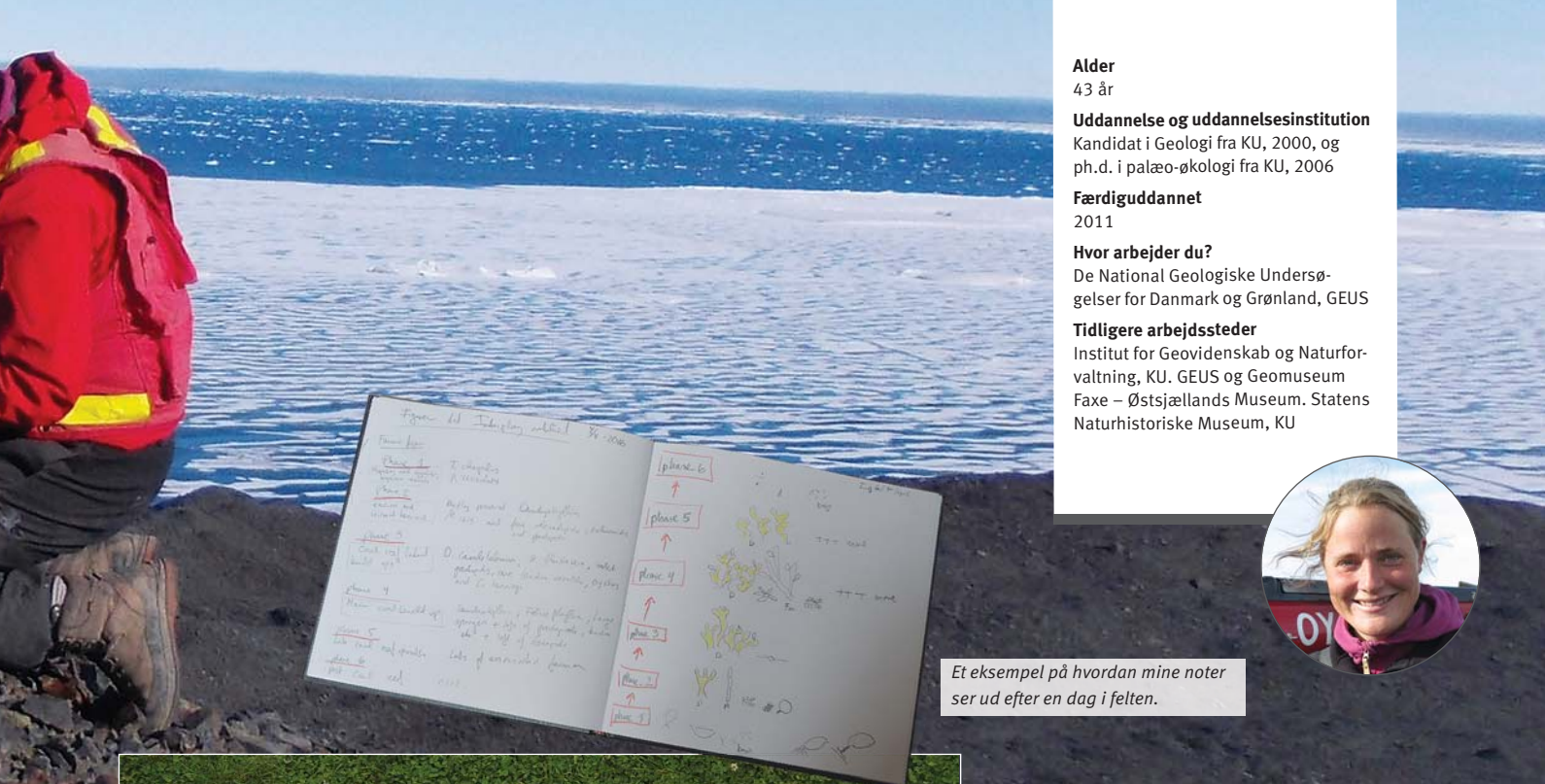
de koldtvandskoralrev. På listen over drømmelokaliteter ligger også en lokalitet i Grønland, der hedder Siriuspasset, og særligt faunaen her – blandt geologer/biologer også kaldet 'Livets vugge'. Det er der, man finder nogle af de allerældste fossiler på Jorden, fra den begivenhed man kalder den *Kambriske eksplosion* (se Geoviden 2008, nr. 3).

Hvad er dit yndlings feltudstyr?

Min hammer, mit kamera og min dagbog (se s. 17). Med min hammer går jeg på opdagelse og ved hvert knæk af en bjergart åbenbarer der sig nye historier. Med mit kamera dokumenterer jeg alt det, som jeg forstår eller i øjeblikket ikke forstår. Sammenhængene kan jeg måske først forstå, når jeg kommer hjem og stykker det hele sammen. Kameraet indsamler på en måde ubearbejdede data, og fungerer som en forlænget hukommelse. Endelig er min dagbog helt uundværlig. I den



Feltarbejde i Faxe Kalkbrud. Prøverne indsamles dels langs profilets bund og ved at klatre på tværs af profilet med klatresele (a) og linje 5 og 6 i b. 95 prøver på 1–8 kg blev indsamlet, og derefter var det muligt at fremstille en oversigt over kalktypernes udbredelse på vores lokalitet i Faxe (b). Pilene peger på en person.



Alder
43 år

Uddannelse og uddannelsesinstitution
Kandidat i Geologi fra KU, 2000, og
ph.d. i palæo-økologi fra KU, 2006

Færdiguddannet
2011

Hvor arbejder du?
De National Geologiske Undersø-
gelser for Danmark og Grønland, GEUS

Tidligere arbejdssteder
Institut for Geovidenskab og Naturfor-
valtning, KU, GEUS og Geomuseum
Faxø – Østsjællands Museum, Statens
Naturhistoriske Museum, KU



Et eksempel på hvordan mine noter
ser ud efter en dag i felten.



Min rygsæk på en typisk arbejdsdag i felten. Kort, prøveposer i forskellige størrelser, kamera, kikkert, kompas, dagbog, blyanter (i forskellige farver), papir til store skitser, lup, hammer og mejsel, kniv, målestok, sikkerhedshjelm, feltstøvler og dagens avis. Derudover også en GPS (ikke på billedet).

noterer jeg undervejs, skitserer og laver op-
tegnelser. Engang imellem må jeg stoppe op
og skrive mine tanker ned. I felten ser jeg nye
mønstre og opnår erkendelser ved nysgerrigt
at betragte sammenhænge. Når jeg er vel
hjemme på kontoret igen, bruger jeg dagbo-
gen og billederne til at genskabe det, jeg så
uberørt i felten.

Hvad har været dit vigtigste resultat opnået ved feltarbejde?

Stort set al min forskning er et resultat af de-
taljeret og grundigt feltarbejde ved gentagne
gange at besøge de samme lokaliteter og ind-
samle materiale. Den største opdagelse har
for mig været erkendelsen af, at koralkalken i

Faxe har haft en helt særlig betydning for ud-
viklingen af det moderne dyreliv i havet. Livet
i havet har fulgt nogle helt bestemte mønstre,
og i Faxe var der nogle særlige marine bund-
forhold som gjorde, at korallerne fik tilført en
masse næringsstoffer fra andre steder i ha-
vet. Det særlige økosystem, der blev skabt af
korallerne, gav mulighed for at store mæng-
der af andre arter også kunne leve der. Mange
arter kendes kun fra koralkalken i Faxe og det
viser, hvor højt specialiseret faunaen var til at
leve lige netop der. Koldtvandskorallerne i
Faxe er de ældste i verden. Vi kan altså bruge
de fossile koraller i Faxe til at forstå dem, der
findes på bunden af Atlanterhavet i dag.

Mine resultater fra feltarbejde i Nordgrønland
rummer også nogle meget spændende per-
spektiver, som jeg ser frem til at få publiceret.
Den lokalitet, vi arbejdede på, fungerer som
analog til de lag, der ligger så utilgængeligt i
Barentshavet. Det betyder, at hvis vi kan opstil-
le en geologisk model, for det vi finder på land,
kan vi måske også bedre forstå de borekerner,
der bliver hentet op fra Barentshavet. Vi fandt
en faunagruppe, som indeholdt en masse nyt-
tig information. Man havde ikke før kendt disse
dyrs potentiale i forståelsen af den geologiske
udvikling i Nordgrønland. Det var fedt!

Hvad arbejder du med i dag?

Jeg arbejder med fossiler og sedimenter. Fos-
siler er rester af det dyre- og planteliv, som var
på Jorden engang (se fotos s. 18-19). Sedi-
menter er det ler, sand, grus og kalk, som en-
gang udgjorde havbunden eller jorden, som
dyrene og planterne levede på. Ved at indsam-
le, beskrive og identificere disse rester, kan
jeg være med til at genskabe det miljø, der var
på Jorden i forhistorisk tid. Det er et spænden-
de arbejde at få sedimenter og fossiler til at
fortælle historier (se s. 19 nederst t.v.).

Hvordan opstod interessen for palæontologi?

Jeg har altid haft en stor interesse for naturen
og har været dybt fascineret af det tidsper-
spektiv, der findes i geologi. Jeg har aldrig
været et barn, der samlede sten eller havde
store fossilsamlinger, men jeg har altid elsket
naturhistorier. Jeg kan ikke sige, at min inter-
esse opstod som følge af en enkel begivenhed,

Forklaringer

- 1 Også kaldet et geologisk profil, er et snit gennem en begrænset del af jordskorpens bjergarter, fx en klint eller en grusgrav. Det bruges til at rekonstruere en geologisk udvikling.



Figuren illustrerer muslinger – Inoceramider – fra Nordgrønland. De er aldrig før beskrevet fra dette hjørne af verden.

Billedet bringes med tilladelse fra GEUS.

men blot noget der gradvist voksede i takt med, at jeg selv har fået større indsigt. Inden jeg begyndte at studere, læste jeg en artikel i *Hovedområdet* skrevet af en geologistuderende, som fortalte, hvor fedt det var at møde ligesindede. Andre, der også synes om de geologiske historier; at samle sten på en strand og få historierne til at give mening.

Hvorfor er feltarbejde vigtigt i dit arbejde?

Feltarbejde er det essentielle redskab i gen-skabelsen af forhistoriens dyre- og planteliv. Ved at undersøge fossilet i sedimentet eller bjergarten kan jeg forsøge at forstå samspillet mellem det oprindelige dyr og det miljø, som det levede i.

Hvad laver du i felten?

I felten beskriver jeg dels fossilet ud fra hvilket dyr det er, dels hvilke andre dyr, jeg finder sammen med det. Hvordan ligger fossilet i sedimentet? Er dyret mon begravet levende eller er det transporteret, efter det døde? Jeg observerer hvilken type sediment, jeg finder fossilet i, og hvilket miljø, det repræsenterer. Jeg overvejer, om der kan have været meget eller lidt ilt? Var det koldt eller varmt? Var der en stærk

eller en svag strøm? Jeg undersøger også, om sedimentet kun findes i et tyndt lag eller om det er udbredt både i tid og rum? Hvis jeg også finder spor fra andre organismer, der ikke længere er bevaret, er de også vigtige i beskrivelsen. En muslingeskal eller en fiskeknogle kan flyttes, efter de er døde, men ikke et fodspor. Sporfossilerne, som den gruppe af fossiler hedder, er derfor helt unikke i tolkningen af miljøet. Ud fra feltarbejdet forsøger jeg og mine kollegaer at genskabe et øjebliksbillede af livet på Jorden. Det gør vi ved at sammenligne det med det dyre- og planteliv, som vi har på Jorden i dag. Det er vigtigt, for ved at betragte nutiden, kan jeg lære at forstå fortiden og – måske – have nøglen til forståelsen af fremtiden.

Hvad gør du med data indsamlet under feltarbejdet?

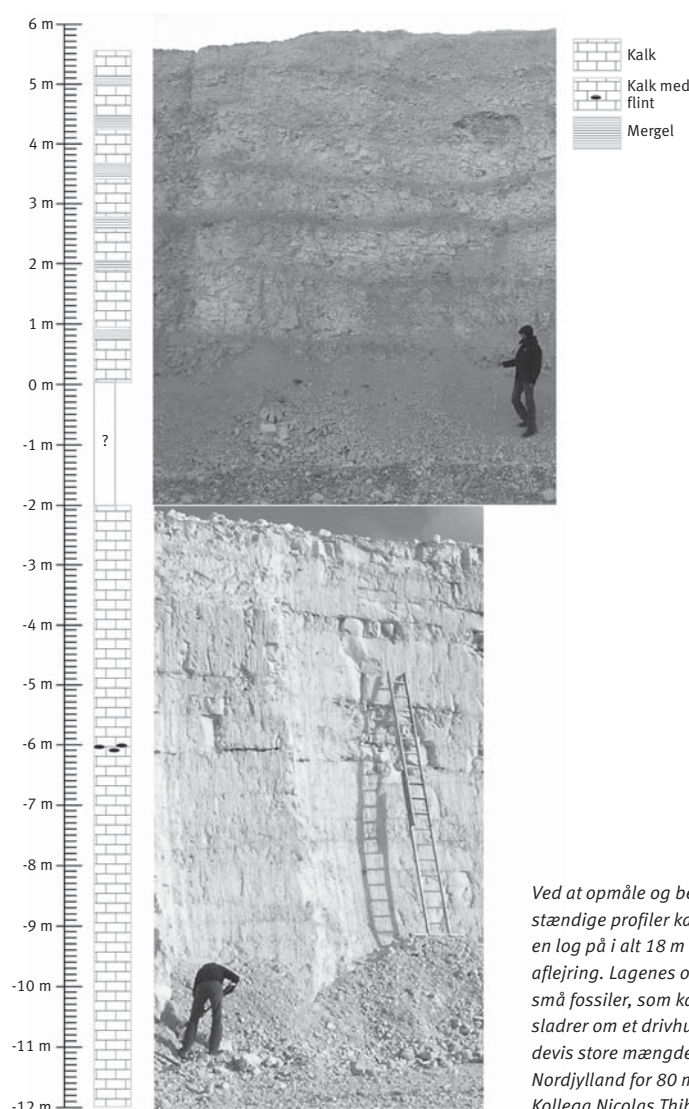
Det nemme ved feltarbejde er at indsamle, observere og spekulere. Når fossilerne er indsamlet og billeder og skitser er produceret, kommer det store tidskrævende arbejde med at rengøre og bestemme fossilerne. Det tager tid at rengøre fossiler, fordi man fx bruger et lille bor til at frigøre fossiler fra det omkringliggende materiale. Arbejder man med kalk, kan man koge og fryse det mange gange. I den

proces vil de kapillære kræfter sørge for at fossilerne så at sige sprænges fri og således kan frigøres fra kalken. I nogle tilfælde skal der laves aftryk af fossilet i gips eller gummi. Til min ph.d.-afhandling indsamlede jeg store kalkprøver fra lokaliteter i Danmark og England. Prøverne vejede op til 10 kg og ud fra ca. 2 ton kalk udpræparerede jeg omkring 35.000 fossiler i størrelsesorden mindre end 5 mm. Det tog mig ualmindeligt lang tid! Jeg plejer at sige, at vores forskning kun kan lade sig gøre, fordi vi høster frugterne af de detaljerede og tidskrævende beskrivelser af fossiler, som videnskabsmænd igennem 500 år har udarbejdet. Når fossilerne er beskrevet, og vi har fundet deres placering i *livets træ*, kan man fortsætte med at lave statistiske analyser af deres forekomster og samspil med andre fossiler og det miljø, som de levede i. Udover at beskrive sedimenterne, tager vi også kemiske prøver af skallerne og sedimentet for at analysere miljøet. Jo flere måder vi kan bearbejde materialet på, desto bedre for resultatet. Sammensætningen af iltisotoper i de fossiler jeg finder, kan fx sige noget om, hvor varmt der var, da de blev aflejret, og det giver tilsammen et meget mere nuanceret billede af miljøet på daværende tidspunkt.



Fotoet viser et lille udsnit af et eksemplar af en af verdens største muslinger, som vi fandt på Grønland. Denne her målte nok henvend en meter i længden dengang den var levende. Den blå substans bruges til at lave et aftryk af muslingen inden den fragtes hjem til Danmark.

Billedet bringes med tilladelse fra GEUS.



Ved at opmåle og beskrive de selvstændige profiler kan vi sammensætte en log på i alt 18 m kalk- og mergelaflejring. Lagenes opbygning og de små fossiler, som kalken indeholder, sladrer om et drivhusklima med periodens store mængder nedbør, der var i Nordjylland for 80 millioner år siden. Kollega Nicolas Thibault er skala.

Hvad er dit bedste feltråd til andre?

At være nysgerrig og klar på overraskelse! Gå aldrig i felten med en lukket dagsorden, men vær åben for andre tolkninger. Ved mødet med det uforudsete kan der skabes store opdagelser.

Hvad kan få dig til at juble?

Når jeg finder noget i felten, jeg ikke havde forventet – eller faktisk finder det, jeg havde forventet. Det er bare sjovt at være i felten.

Hvornår er det virkelig gået galt i felten?

En af de gange jeg var i Grønland, opdagede vi, at vi havde en isbjørnemor i nærheden og for at gøre det endnu mere nervepirrende, havde hun sine unger med sig. Det betød, at vi var meget bevidste om hendes færden, mens vi arbejdede og hele tiden havde styr på, hvor vores riffel var. Det var lidt for spændende! Jeg har også oplevet at være så opslugt af at logge (optegne) en kystblotning i Sydengland, at jeg, fordi jeg havde siddet med ryggen til, ikke havde opdaget, at højvandet var på vej ind. Så jeg måtte være meget kreativ med klatre for at nå ind til land, inden jeg blev helt fanget. Og i Sydengland er højvande ingen spøg!



STATENS NATURHISTORISKE MUSEUM

Har udviklet appen *Beskriv verden* til naturfaglige undersøgelser både ude og inde. Den kan hjælpe elever med at fastholde deres observationer og lave faglige beskrivelser. Appen er et redskab og kernen i *Beskriv verden* er arbejdsmetoderne observation, beskrivelse og undersøgelse, der er helt grundlæggende indenfor naturvidenskaben.

Brug fx *Beskriv verden* til overblik over fælles arbejde på feltturen, huskenoter, til resultater af prøver og til beskrivelser af genstande, prøver og materialer.

På www.beskrivverden.dk finder du materiale til inspiration og vejledning:

- Små film med forskere, der beskriver verden
- En kort vejledning og instruktionsfilm til 'Beskriv verden'
- En lille film, hvor naturfagsdidaktiker Jens Dolin fortæller om vigtigheden af observation, beskrivelse og undersøgelse i naturfagene



GEOCENTER DANMARK

GEOCENTER DANMARK

Er et formaliseret samarbejde mellem de fire selvstændige institutioner De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS), Institut for Geoscience ved Aarhus Universitet samt Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, samt Geologisk Museum (Statens Naturhistoriske Museum) begge ved Københavns Universitet. Geocenter Danmark er et center for geovidenskabelig forskning, uddannelse, rådgivning, innovation og formidling på højt internationalt niveau.

UDGIVER

Geocenter Danmark.

ISSN 1604-6935 (PAPIR)

ISSN 1604-8172 (ELEKTRONISK)

REDAKTION

Geviden – Geologi og Geografi redigeres af Seniorforsker Merete Binderup (ansvarshavende) fra GEUS i samarbejde med en redaktionsgruppe.

Geviden – Geologi og Geografi udkommer fire gange om året og abonnement er gratis. Det kan bestilles ved henvendelse til e-mail: geviden@geus.dk og på www.geocenter.dk, hvor man også kan læse den elektroniske udgave af bladet.

Produktion: Annabeth Andersen, GEUS.

Tryk: Rosendahls A/S.

Forsidefoto: Geofelt-elever på feltarbejde ved Lyme Regis, Sydengland.

Foto: Anna-Marie Elmkær Chwastek.

Reprografisk arbejde: Annabeth Andersen, GEUS.

Illustrationer: Forfattere og Grafisk, GEUS.

Eftertryk er tilladt med kildeangivelse.



GEUS

DE NATIONALE GEOLOGISKE UNDERSØGELSER
FOR DANMARK OG GRØNLAND (GEUS)

Øster Voldgade 10
1350 København K
Tlf: 38 14 20 00
E-mail: geus@geus.dk



INSTITUT FOR GEOVIDENSKAB OG
NATURFORVALTNING (IGN)

Øster Voldgade 10
1350 København K
Tlf: 35 32 25 00
E-mail: ign@ign.ku.dk



INSTITUT FOR GEOSCIENCE (IG)

Aarhus Universitet
Høegh-Guldbergs Gade 2, B.1670
8000 Aarhus C
Tlf: 89 42 94 00
E-mail: geologi@au.dk

GEOLOGISK MUSEUM (SNM)

Øster Voldgade 5-7
1350 København K
Tlf: 35 32 23 45
E-mail: snm@snm.ku.dk

DANMARK

PP

Magasinpost UMM
ID-nr. 46439