

NR. -
01
JULI
·2025·

geo viden

PÅ OPDAGELSE I
**GRØNLANDS
GEOLOGI**

KOM MED I FELTEN
OG MÆRK NATUR,
BJERGARTER – OG MYG!



BLIV KLOGERE PÅ
KRITISKE RÅSTOFFER OG
MAGELØSE MINERALER

GRØNLAND ER HELT SIN EGEN

Så stort og stille. Blødt og hårdt. Stejlt og smukt. Grønlands natur rummer det hele. De enorme vidder, den lillebitte arktiske blomst på bjergsiden, en bjørn, der lunter over isen.

Og så er der geologien! Det er den, vi zoomer ind på i dette nummer af Geoviden, for i Grønland er den nemlig helt sin egen og flere steder faktisk unik. Man kan f.eks. gå en tur på nogle af verdens ældste bjergarter, dannet for knap fire milliarder år siden – og det er guld for geologer som dem, du kan møde på de kommende sider.

Men det stopper ikke der. Grønland er leveringsdygtig i lidt af det hele geologisk set – både gnejs og granit, lavaer og sedimenter, der kan gøre os klogere på hele Jordens udvikling. Og landet kan fremvise pragteksempler på fantastiske geologiske processer: bjergkædefoldninger, vulkanisme og fjeldskred. For slet ikke at tale om, at der i undergrunden findes eftertragtede mineraler, som blandt andet kan understøtte den grønne omstilling og bruges i vores telefoner og computere. De mineraler kan du selvfølgelig også blive klogere på her i bladet.

I sommeren 2024 besøgte jeg selv Grønland for første gang, da jeg i forbindelse med mit job som journalist i De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS) fik mulighed for at komme med på feltarbejde ved Ilulissat. Det var

en kæmpestor oplevelse, ikke mindst takket være min kollega, geolog og seniorforsker Thomas Find Kokfelt. For Grønland går rent ind og slipper dig ikke igen, hvilket du måske vil kunne mærke, når du læser reportagen fra vores oplevelser i felten.

Kort sagt er der simpelthen så meget at fortælle, når det gælder Grønlands geologi. Desværre har vi kun 36 sider at gøre godt med, så vi når kun omkring en brøkdel – men der er masser af henvisninger til, hvor du kan læse mere. For når først du er dykket ned i den grønlandske undergrund, er det svært at komme op igen!

Rigtig god læsning.



FIE KRØYER DAHL

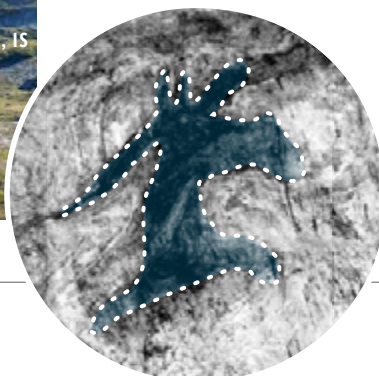
REDAKTØR OG SKRIBENT

PS. Hvis du undrer dig over, hvor al Grønlands indlandsis er blevet af i dette nummer, så skyldes det, at vi allerede har skrevet om den i Geoviden 3/2019. Indholdet kan findes på geoviden.dk.

INDHOLD



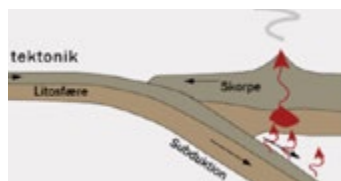
14 GRØNLAND: EN SKATKISTE AF RÅSTOFFER?



20



GRØNLÆNDERNE KORTLÆGGER LANDETS GEOLOGISKE SKATTE



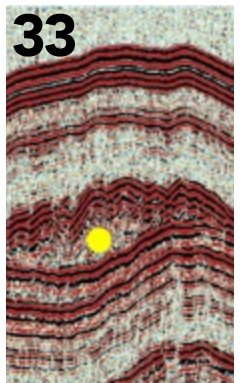
22 GRØNLANDS GEOLOGI VISER HELE JORDENS UDVIKLING

27

DRYPTSTENSHULER FORTÆLLER NYT OM FORTIDENS KLIMA



GEOFYSISK SUPERSYN VISER SPOR EFTER ISTIDENS TILBAGETOG



28

MED MAJKEN PÅ RUBINJAGT



Kalaallit Nunaat

[ka'la:tit 'nuna:t]

MIDT I DET ARKTISKE OCEAN, TÆT PÅ NORDPOLEN,
LIGGER KALAALLIT NUNAAT – GRØNLAND.
HER FÅR DU ET OVERBLIK OVER DE STØRSTE BYER OG
LIDT FAKTA, SÅ DU ER KLAR TIL AT LÆSE VIDERE!

MASSER AF IS

80% af Grønland er dækket af indlandsis, og kun 20% er isfrit. Isen er det største isdække i verden uden for Antarktis.

RIG PÅ RÅSTOFFER

I den grønlandske undergrund findes mineralske råstoffer som f.eks. grafit, kobber, kobolt og zink, som blandt andet er vigtige for den grønne omstilling.

STOR Ø MED FÅ MENNESKER

Grønlands samlede areal er 2,16 millioner kvadratkilometer. Det gør landet til verdens største ø (som ikke er et kontinent). Til gengæld er det med sine cirka 56.000 indbyggere et af de mindst befolkede lande i verden.

ET SKATKAMMER AF VIDEN

I havbundens sedimenter gemmer sig masser af viden om f.eks. fortidens klima.

ÆLDGAMLE BJERGARTER

Det er ikke alle forundt at kunne gå tur på klipper dannet for 3,8 milliarder år siden. Men bor man i Sydvestgrønland, så kan man!

VAR GRØNLAND GRØN?

Ja! Forskere mener, at området har haft grønne perioder afbrudt af større eller mindre isdækker indtil for omkring 1,9 millioner år siden.

Canada

Svalbard

Island

Grafik: Christian Brogaard, GEUS

I FELTEN MELLEM KLIPPER, IS – OG MASSER AF MYG!

Milliarder af års geologiske processer har kastet rundt med bjergarterne på Nunatarsuaq i Vestgrønland. Ja, faktisk er området lidt af en rodebutik rent geologisk – men det ser forskerne kun som en spændende udfordring. For hvornår blev bjergarterne dannet? Og hvorfor ser landskabet ud, som det gør? Det kan de blive klogere på i felten – og Geviden er taget med!

TEKST: FIE KRØYER DAHL
LAYOUT: STINE ØCKENHOLT
FOTO, HVOR ANDET IKKE ER ANGIVET: FIE KRØYER DAHL



Fie, journalist i GEUS, og Thomas, geolog og seniorforsker i GEUS.



“Det er jo ikke så slemt,” tænker jeg, da vi stiger ud af helikopteren. Men så kommer de. Myggene. Et halvt minut efter vi har sat fødderne i den bløde mos på klipperne, har de lugtet vores blod og opdaget, at der er mad – og vi må acceptere, at vi er landet i myggeland. Men hvilket land!

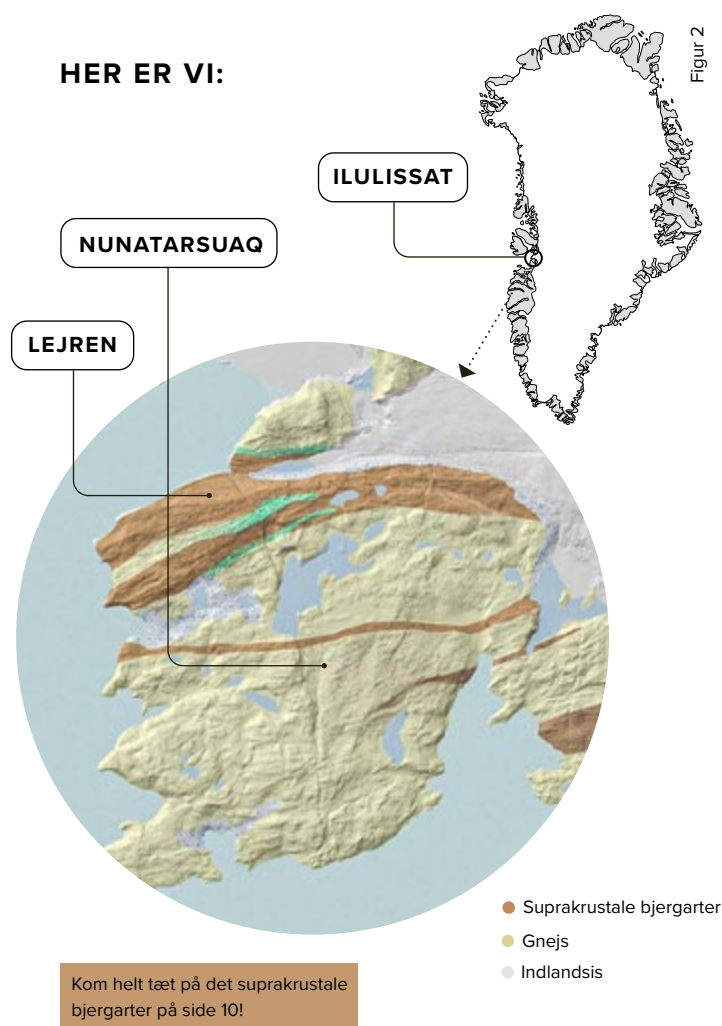
Rundt om os bugter terrænet sig op og ned. Fjorde og hav skimtes i det fjerne, og så er der isen. Indlandsisen. Den ligger lige der. En af dens mange gletsjere strækker sin tunge ud i fjorden, hvor vandet er nærmest selvlysende blågrønt. Isbjerge løsner sig og glider lydløst af sted.

Klask! En myg får snablen ind, mine ben er særligt udsatte, fordi buksernes stof ikke er tæt nok.

“Husk at lægge jer oven på bagagen,” råber piloten, som sammen med min feltmakker, Thomas, har tømt helikopteren for alt vores grej og skal til at lette.

Thomas og jeg smider os oven på rygsække, dry bags og poser med mad, jeg strækker en fod lidt længere, så den lige akkurat kan holde fast på et telt. Solen skinner fra en skyfri himmel, og endelig er vi her, i vildmarken. Ingen andre mennesker, langt fra by, butikker og almindelig

HER ER VI:



Figur 2

infrastruktur. På nær nogle få, ihærdige geologer er der højst sandsynligt ingen, som i nyere tid har gået eller stået lige præcis her, hvor vi i dette øjeblik ligger og klamrer os til bagagen.

NUL SIGNAL

Vi er taget på feltarbejde på Nunatarsuaq (på grønlandsk betyder det 'Det store land'), som er et isoleret landområde i Diskobugten afgrænset af is og vand, i nærheden af Grønlands tredjestørste by, Ilulissat. Som et ud af syv hold fra De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS) er jeg blevet sat af her sammen med Thomas Find Kokfelt, der er geolog og seniorforsker i Afdeling for Kortlægning og Mineralske Råstoffer, med lejrudstyr og proviant midt i den grønlandske natur – og lige præcis nul signal på mobilen. Til gengæld har alle hold en satellittelefon, så man kan kalde 'basecamp' inde i Ilulissat. I basecamp er de af vores kollegaer, som blandt andet står for at koordinere helikopterflyvninger, sørge for sikkerhed og ikke mindst at sende madforsyninger ud til os.

Hvert hold består af to geologer – ét hold dog af en geolog og en journalist denne gang – som skal dække et specifikt område og i løbet af tre uger indsamle prøver af bjergarter fra netop deres område (se vores område herover **på figur 2**).

>

Prøverne hentes løbende af helikopteren, typisk i forbindelse med, at et hold skifter lejrplads, og sendes samlet med skib til Danmark, når feltarbejdet er slut. Ved hjælp af forskellige slags analyser kan forskerne finde ud af alder og sammensætning på bjergarterne, og det gør dem i stand til at lave et kort over geologien i området omkring Ilulissat. Kortlægningen denne sommer er en del af GEUS' generelle geologiske kortlægning af Grønlands isfrie områder i skala 1:100.000. Det er den mest detaljerede serie af kortblade, som GEUS laver.

RIFFEL OG BJØRNEALARM

Jeg trækker sovemasken af. Her i juli skinner solen hele døgnet, så man må selv sørge for at lave nat. Jeg kigger ud ad teltåbningen, myggene sidder på spring lige på den anden side af insektnettet, men jeg får lynhurtigt hevet lynlåsen op og lukket igen bag mig, så ingen af dem slipper ind i teltet.

Lejren, som vi satte op efter ankomsten i går, består af to sovetelte og et fælles køkkentelt. Det hele er omkranset af en såkaldt 'bjørnealarm' som består af en tynd line på spinkle pinde, der er banket ned i jorden. Linen aktiverer en hidsig hyletone, hvis nogen, f.eks. en isbjørn eller en moskusokse, går ind i den.

Her på Nunatarsuaq er sandsynligheden for at få besøg af farlige vilde dyr meget lille, men jeg kan alligevel ikke helt slippe tanken om, at der for nylig er blevet spottet en isbjørn i Oqaatsut lidt nord for Ilulissat ... Så det er rigtig fint med både bjørnealarm og riffel, som er obligatorisk at have med, selvom alle selvfølgelig håber, at den forbliver ubrugt.

MORGEN-TJEK-IND

I køkkenteltet har Thomas tændt for primussen. Vi laver kaffe og balancerer en skål med havregryn på knæene i hver sin lave campingstol. Klokken lidt i otte tænder Thomas for radioen, som egentlig er en satellittelefon med radiofunktion. Den fungerer ligesom en walkie-talkie, hvor alle GEUS-hold kan lytte med og holde sig orienteret om, hvad hinanden laver.

"Basecamp kalder alle felthold," lyder det fra vores kollegaer inde i Ilulissat.



ISFJORDEN

Nunatarsuaq-området, som du kan læse om i den her artikel, ligger ud til Kangia, på dansk Isfjorden, som er en 50 kilometer lang fjord i Vestgrønland, tæt på Grønlands tredjestørste by, Ilulissat. I 2004 blev Kangia optaget på UNESCO's Verdensarvsliste.

Læs mere på www.kangia.gl



Tjek-ind i 'køkkenteltet' (gult/rødt) med basecamp og de andre hold i felten. Alle har en satellittelefon med radiofunktion: 'PTT' – Push To Talk.

Morgenrunden er i gang, og vi er nummer to til at tjekke ind. Efter at have givet en kort vejrstatus og en melding om vores planer for dagen lytter vi til de resterende hold, før vi slukker radioen. Så pakker vi rygsækken til en dagsvandring, griber en mellemstørrelse geolog-hammer hver og går af sted.

SAFETY FIRST

Hammeren viser sig at fungere rigtig godt som vandrestav i det meget kuperede terræn. Det ved Thomas selvfølgelig allerede, for han har været på feltarbejde i Grønland 15 gange før, både på øst- og vestkysten. Vi har begge to vand- og vindtæt overtøj på og høje, solide støvler, for selvom det er en lun sommerdag, kan vejret lynhurtigt skifte. Thomas har desuden en praktisk rød 'geologvest' på med lommer og reflekser. Det er nemlig påbudt at bære synlige farver i felten, i tilfælde af at man skal findes af et redningshold – hvilket vi selvfølgelig ikke regner med bliver aktuelt!

Vi laver et stop på en lille klippetop og tager et kig på kortet på felt-telefonen, som er en robust sag med en specialudviklet app, der viser hele området med højdekurver, tidligere optegnelser af geologien og andre relevante informationer. Thomas har planlagt en rute for dagen med lokationer, som han gerne vil undersøge nærmere.

“Basecamp kalder alle felthold ...”

KOLLEGAERNE INDE I ILULISSAT

GEUS

“Vi kan se, at der engang blev taget en prøve lige dér,” siger han og peger på grænsen mellem to områder med forskellig farve på kortet i app'en.

Farverne indikerer forskellige bjergarter, men det gamle kort, som er lavet af GEUS-emeritusserne Adam Garde og Agnete Steenfelt i 1980'erne, dækker kun en lille del af området. Formålet med feltarbejdet denne sommer er derfor at udvide kortlægningen og få udfyldt 'hullerne' for til slut at kunne tegne geologien inden for hele kortbladsområdet.

STRØET MED LØS HÅND

Vi vandrer mod vest, underlaget er blødt og eftergivende, det føles som at gå på en kæmpestor madras af mos. Nogle steder >



Thomas nærstuderer amfibolit, som er en af bjergarterne i det suprakrustale bælte i det nordlige Nunatarsuaq. Lige her er amfibolitten rusten og tydeligt foldet. At netop de rustne lag er mere foldede end de omkringliggende bjergarter skyldes forskelle i bjergarternes evne til at modstå deformation (kaldet rheologi). De rustne lag har en lavere rheologisk kompetence (sandsynligvis på grund af omdannelsen ved bjergkædefoldningen for 1,8 mia. år siden) og er derfor lettere at deformere.

GRUNDFJELDET I GRØNLAND – ET URGAMMELT BEKENDTSKAB

Grundfjeldet i Grønland består af sammensvejsede blokke af jordskorpe, som stammer fra urgamle bjergkædefoldninger. De ældste dele blev dannet i starten af den geologiske æon Arkæikum for omkring 3,8 mia. år siden, mens de yngste blev dannet i æonen Proterozoikum for mellem 1,8 og 1,6 mia. år siden (se tidslinjen på side 23).

Området omkring Isfjorden (Kangia), hvor blandt andet Ilulissat og Nunatarsuaq ligger, blev dannet i den mellemste del af denne lange geologiske periode, nærmere bestemt i den del af Arkæikum, som hedder Mesoarkæikum, der strækker sig fra cirka 3,2 til 2,8 mia. år

siden. På dette tidspunkt var kontinentdannelsen i fuld gang: Små mikrokontinenter smeltede sammen og skabte en mere stabil jordskorpe. Under disse processer blev der blandt andet dannet store mængder af bjergarten gnejs, som geologerne kalder 'grå gnejser' (fordi de er grå!).

Senere, for omkring 1,8 mia. år siden, blev området påvirket af den bjergkædefoldning, som hedder den Nagssugtoqidiske orogense – hvor blandt andet de grå gnejser og de yngre sedimentære bjergarter, som nu udgør det suprakrustale bælte omtalt i artiklen, blev deformerede og foldede.

kigger den underliggende klippe frem, den skifter mellem mørkegrå, næsten sort – det er bjergarten amfibolit – og lysere grå, som er glimmerskifer. Tykke årer af hvid kvarts, som er et almindeligt mineral på disse kanter, skærer flere steder igennem klippelandskabet, nogle steder gemt bag et lag af sort lav.

Sten i alle forskellige størrelser ligger spredt ud over det hele, som om en kæmpe er kommet forbi og har strøet dem med løs hånd ud over klipperne. Umiddelbart ser det helt skørt ud, at de bare ligger der, tilsyneladende tilfældigt dumpet ned. Men Thomas kan se fortællingerne i dem:

“Det er isen, som på et tidspunkt har transporteret dem hertil. De har ligget sådan i tusindvis af år, siden isen trak sig tilbage,” siger han.

Stenene stammer sandsynligvis fra et sted langt inde under Indlandsisen. Derfor kan de bestå af nogle helt andre bjergarter end dem, som Nunatarsuaq består af. Stenene kan bidrage til at danne et billede af, hvad der gemmer sig under den store iskappe, der dækker 80 procent af Grønlands areal.

“Der sker en masse rent geologisk på den nordlige del af Nunatarsuaq.”

THOMAS FIND KOKFELT

SENIORFORSKER, GEUS

Det føles lidt magisk, at vi kan stå her og betragte dem, selvom de hører til et helt andet sted, men faktisk er det ikke spor anderledes end mange af strandstenene i Danmark. En stor del af dem var engang grundfjeld i Norge, Sverige og Finland, og de er havnet på danske breddegrader, da isen smeltede efter den seneste istid.

GNEJS OG SUPRAKRUSTALE BJERGARTER

I det hele taget er geologien på Nunatarsuaq et godt billede på, hvad naturen formår at flytte rundt på over lang tid. Mange vil måske tænke på klipper og bjerge som noget meget solidt og statisk, men set med geologens øjne er det alt andet end det. Bjergarterne – særligt lige her – er nemlig i løbet af milliarder af år bogstaveligt talt blevet både trukket og skubbet rundt i manegen, blandt andet som følge af tektonisk aktivitet. De har været presset dybt ned i Jordens skorpe, hvor de er blevet udsat for tryk- og temperaturændringer, som har deformeret dem, og efterfølgende er de poppet op til overfladen igen, hvor skiftende istidernes erosion har slebet dem runde og bløde.

“Der sker en masse rent geologisk på den nordlige del af Nunatarsuaq. Vi befinder os midt i det her markante

øst-vest-bælte af det, der kaldes suprakrustale bjergarter – det vil sige bjergarter, der oprindeligt blev aflejret på Jordens overflade. Her snakker vi to milliarder år gamle sedimenter, som ligger omsluttet af de mindre opsigtsvækkende ’grå gnejser’,” forklarer Thomas.

Det suprakrustale bælte, som Thomas taler om, løber gennem landskabet og består af sedimenter og lavaer i form af glimmerskifer og amfibolit. De er i selskab med bjergarten gnejs, som udgør selve grundfjeldet og dermed er den ældste del af dette område.

Gnejsen og amfibolitten/skiferen i det suprakrustale bælte har grundlæggende ikke nogen direkte forbindelse. Dels er gnejsen med sine 2,8 milliarder år væsentlig ældre, dels er den dannet under helt andre geologiske forhold. Der er altså tale om bjergarter, der er dannet på forskellige tidspunkter og i forskellige geologiske sammenhænge. Det centrale spørgsmål er derfor, hvor gamle de præcist er, og hvilke geologiske processer de har været udsat for siden dannelsen. Det er netop noget af det, geologerne gerne vil finde ud af.

BJERGARTER, DER GRÆNSER OP TIL HINANDEN

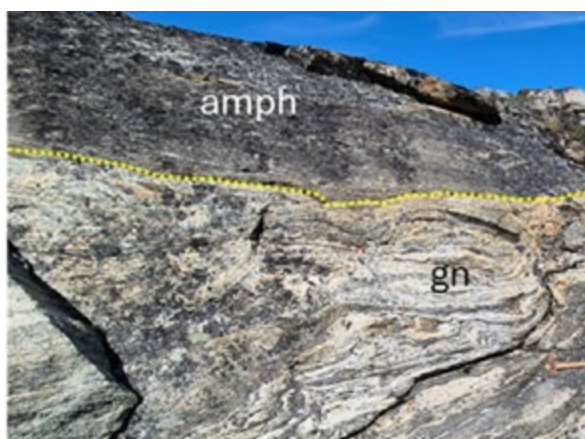


Foto: Thomas Find Kokfelt

Mødet mellem grundfjeldets gnejs og en af bjergarterne i det suprakrustale bælte, her amfibolit, er synligt i den centrale del af bællet.
(Amph = amfibolit, gn = orthognejs)

Figur 3

FOLDEDE BJERGKÆDER

En af de geologiske begivenheder, som har påvirket området, er den bjergkædefoldning, eller orogenese (se figur 4), der fandt sted for omkring 1,8 milliarder år siden lidt længere sydpå i Grønland – den Nagssugtoqidiske orogenese. I den forbindelse blev bjergarterne, herunder dem i det suprakrustale bælte, presset sammen til en opretstående fold langs en øst-vest-gående akse – parallelt med bæltets orientering. Efterfølgende har erosion blotlagt de underliggende gnejser, som nu er synlige i kernen af folden (se figur 5).

Det er altså de pladetektoniske processer, som førte til bjergkædefoldningen, der også sammenbragte bjergarterne her på Nunatarsuaq – selvom bjergarterne blev dannet forskelligt >

SÅDAN FOREGÅR EN BJERGKÆDEFOLDNING

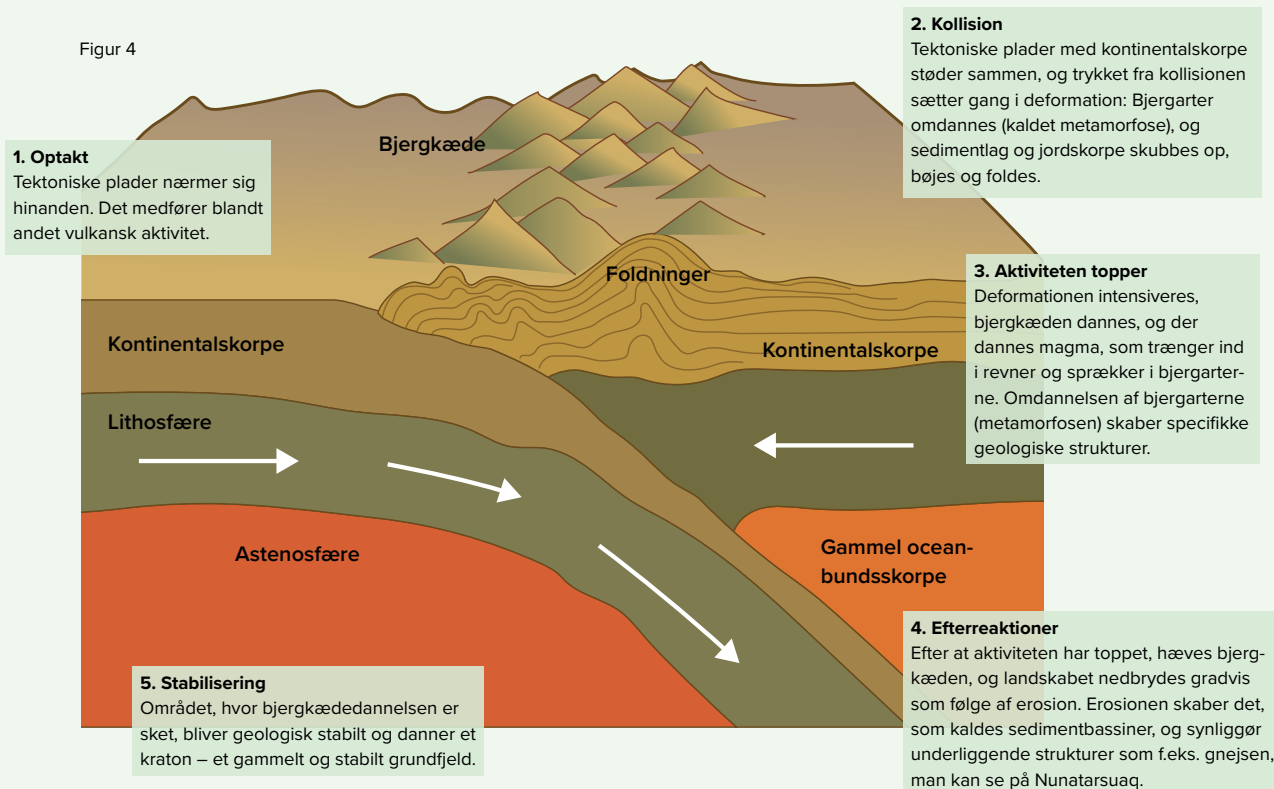
En bjergkædefoldning er en geologisk proces, hvor store områder af jordskorpen bliver presset sammen og foldet op til bjergkæder. Det kan sammenlignes med, at man skubber en dug hen ad et bord, og dugen danner en serie af bølgede kurver.

Bjergkædefoldninger sker typisk, når to kontinentalplader kolliderer og skubber jordlagene sammen, og processen kan vare mellem 50 og 100 millioner år. Resultatet af bjergkædefoldningen er, at der dannes bjerge og højderygge, dybe folder i jordlagene, nogle gange efterfulgt af jordskælv og vulkansk aktivitet.

Helt simpelt fortalt foregår det sådan:

Modellen her beskriver, hvordan bjergkæder dannes, og kan anvendes på flere klassiske bjergkædedannelser, f.eks. den Nagssugtoqidiske orogenese i Sydgrønland, som du kan læse om på siderne her, og Alperne i Sydeuropa.

Figur 4



FOLDEN PÅ NUNATARSUAQ

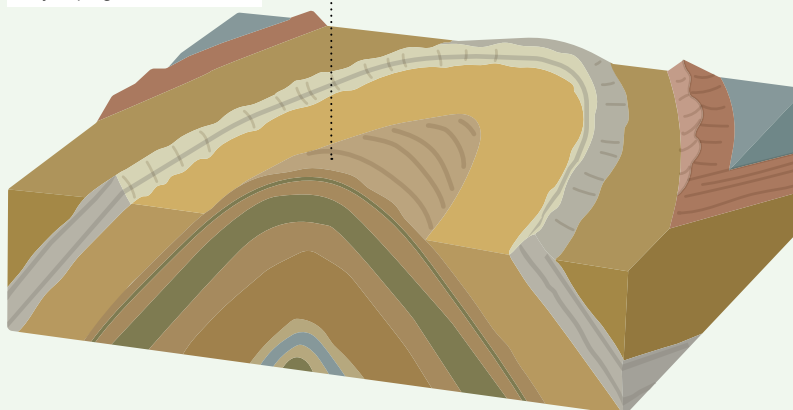
På Nunatarsuaq findes nogle af de nordligste spor efter den Nagssugtoqidiske bjergkædefoldning. Sporene stammer fra deformationen af bjergarter og foldning af lagene, som er beskrevet i figur 4 ovenfor.

En fold i en bjergkædefoldning kan se ud på flere måder, og figur 5 viser den type foldestruktur kaldet en antiform, som findes i den nordlige del af Nunatarsuaq.

Figuren viser 'toppen' af en fold, og i kernen af folden ses de ældste bjergarter. På Nunatarsuaq er det grå gnejs. I kernen af bjergarter er kommet til syne på grund af erosion, det vil sige nedbrydning af lagene, der lå oven på kernen.

Grundfjeldet, det vil sige de ældste bjergarter, er kommet til syne på grund af erosion.

Figur 5



i tid og rum. Det er derfor, vi nu kan stå og spejde ud over landskabet og se bjergarter, som grænser op til hinanden, og på det gamle kort kan vi se enheder af grønsort amfibolit, brun glimmerskifer og røde indtrængende årer af granit.

Vi tager et billede af en klippeside med ældgammelt grundfjeld og yngre sedimenter helt tæt sammen. Det er henholdsvis gnejs og amfibolit (**se figur 3**). Lige her er kontakten mellem bjergarterne meget tydelig, mens overgangene andre steder er mere udviskede, fordi bjergarterne i tidens løb er eroderet og deformeret.

Der er således sket lidt forskelligt med de oprindelige bjergarter i det suprakrustale bælte, siden de blev aflejret engang for to milliarder år siden, forklarer Thomas:

”Bjergarterne var engang en del af det, der hedder et sedimentært bassin. Det er et område, hvor der over tid er sket en indsynkning, som gradvist er blevet fyldt med materiale. Materialet har hovedsageligt været af vulkansk oprindelse – det vil sige, at der i nærheden af bassinet har været aktive vulkaner, som har sendt aske og lava ud i et formentlig lav-bundet bassin.”

ZIRKON AFSLØRER ALDEREN

Under bjergkædefoldningen for 1,8 milliarder år siden blev bassinets bjergarter på et tidspunkt presset ned i de dybere dele af jordskorpen, hvor de blev udsat for deformation. Det medførte, at bjergarterne ændrede karakter: De oprindelige mineraler blev ustabile og omdannet til nye gennem en proces kaldet metamorfose (**se boksen øverst på siden her**). I denne proces blev de basaltiske lavaer omdannet til amfibolit, mens de oprindelige sedimenter blev forvandlet til skifer.

Senere har landhævning bragt bjergarterne tilbage til overfladen – og derfor kan vi nu stå og kigge på dem. Nunatarsuaq er omtrent det nordligste sted, man kan se påvirkningen fra den Nagssugtoqidiske orogenese. Geologerne forsøger at fastslå mere præcist, hvornår og hvordan bjergarterne blev deformeret – herunder under hvilke tryk- og temperaturforhold i jordskorpen det skete. Samtidig undersøger de, hvor de oprindelige sedimenter i det suprakrustale bælte stammer fra, før de blev omlejret under bjergkædefoldningen.

Der findes flere metoder til at undersøge, hvor sedimenterne i det suprakrustale bælte stammer fra. En af de mest anvendte er at analysere aldersfordelingen i zirkon – et almindeligt og meget modstandsdygtigt mineral, der især findes i granitter.

”Ved at datere zirkonmineralerne i de suprakrustale bjergarter får man et aldersmæssigt fingeraftryk, som afspejler det område, sedimentet kom fra. Det fortæller os noget om, hvad oplandet var til det her bassin, dengang det blev dannet for godt to milliarder år siden,” fortæller Thomas.

Hvis forskerne eksempelvis finder mange gamle zirkoner i sedimenterne – det vil sige helt tilbage fra den geologiske

>

GÅ PÅ OPDAGELSE

Der er mange ting at kigge på, når man går rundt på Nunatarsuaq. Her kan du selv gå på opdagelse i landskabet.

ILULISSAT ISFJORD

OMDANNEDE BJERGARTER

Bjergarterne på Nunatarsuaq er alle metamorfe, det vil sige omdannet, så den oprindelige bjergart har ændret karakter, f.eks. på grund af tryk- og temperaturændringer.

RUSTNE LAG

Flere steder kan man se markante rustne lag på et par meters tykkelse. Rusten skyldes, at bjergarten har et vist indhold af sulfider (PYRIT, ELLER JERNKIS), der forvitrer, når det udsættes for ilt, og som indeholder et forhøjet indhold af zink og kobber.



PÅ TOPPEN AF DET SUPRAKRUSTALE BÆLTE

Man kan tydeligt se det suprakrustale bælte, som bugter sig gennem Nunatarsuaq. Bæltet består af suprakrustale bjergarter, det vil sige bjergarter, som er aflejret oven på en ældre base af jordskorpe, i dette tilfælde 3,7 milliarder år gammel gnejs.

TEMPERATUR:

10°C

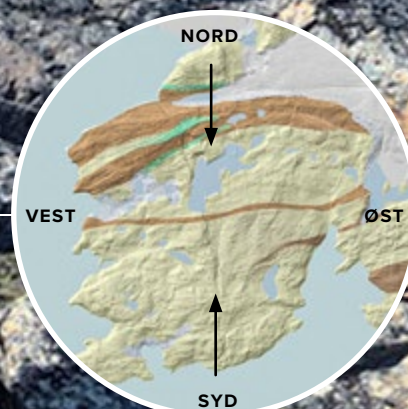
NUNATARSUAQ

BEVOKSNING:
MOSSER OG LAV

Der findes **SUPRAKRUSTALE BÆLT**ER flere steder i Grønland, blandt andet i Isua i Vestgrønland, som du kan læse om på **SIDE 22**.

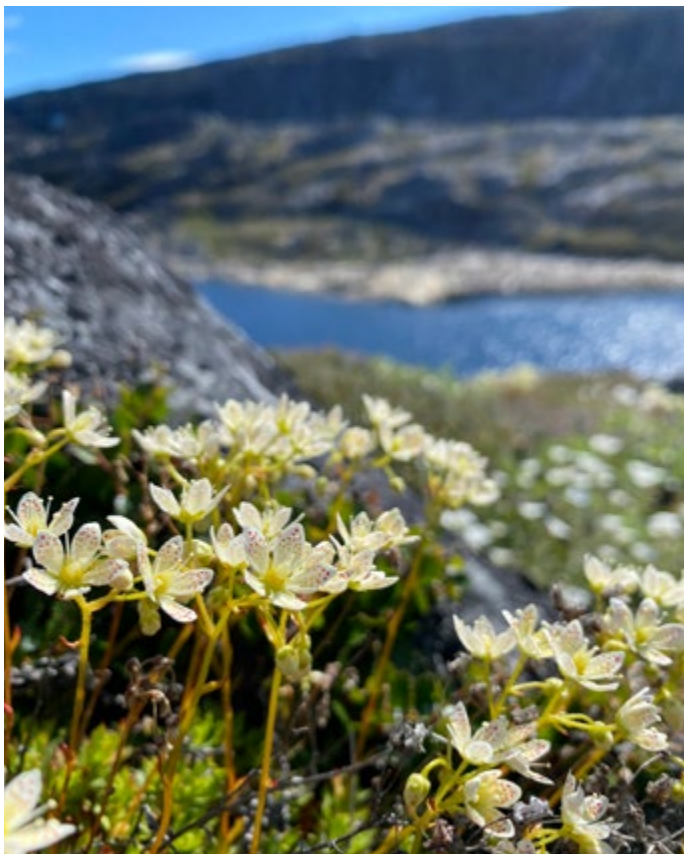
TYDELIG RETNING

Det suprakrustale bælte (den orange farve på kortet) løber i øst-vestlig retning. Det skyldes den overordnede nord-sydlig sammenpresning af området under den Nagssugtoqidiske bjergkædefoldning.

**TAG ET KIG PÅ BJERGARTEN**

Ved første øjekast kan det være svært selv for et trænet geolog-øje at vurdere, hvilken bjergart man har med at gøre. Nogle bjergarter ligner hinanden til forveksling, og derfor har geologer som Thomas et hemmeligt våben: en lillebitte lup som kan gøre dem klogere på, hvilke mineraler der er til stede, hvor store mineralcornene er, og hvordan de er placeret i forhold til hinanden.





Når man går rundt på Nunatarsuaq og i området generelt, møder man masser af mos, lav og forskellige slags blomster som f.eks. denne lille stenbræk (*Saxifraga* sp.), der trives i arktiske områder.

æon Arkæikum – tyder det på, at bassinet dengang lå tæt på et såkaldt 'kraton', som var de første stabile kontinenter på Jorden (læs mere om dannelsen af kontinenter **på side 22**).

ET GODT HUG

Vi står foran en lav blotning med lysegrå klippe pyntet med knaldorange lav. Det er tid til at tage en prøve, og mejslen må frem.

“Dette her er lidt sejt at få hul på,” siger Thomas om klippefremspringet, og der skal mange slag til, før han får flækket en blok af. Snittet er helt flot og rent (**se billede 2** nederst).

Thomas banker blokken i mindre stykker og udvælger de bedste – der er ingen grund til at slæbe mere end højst nødvendigt med hjem til lejren og i sidste ende til laboratorierne i Danmark. En typisk god prøve er på omkring et par kilo. Han udfylder en af følgesedlerne med fortløbende numre, som skal ligge ved hver enkelt prøve fra feltarbejdet. Så tager han et 'mugshot' af prøverne for at kunne dokumentere konteksten.

Ved hver lokalitet måler Thomas også inklinationen, det vil sige vinklen på lagene i klippen og den orientering, de har i forhold til nord. Det kaldes også for strygningen. Før i tiden havde man et fysisk kort med sig, som man noterede på, og et separat kamera. Nu gemmes alt direkte i app'en på felttelefonen, og på den måde er det hele samlet i en og samme digitale enhed. Så snart man er hjemme og har netforbindelse igen, kan det hele downloades til en fælles database og derefter hentes ud igen i et format, hvor feltdata så kan analyseres og samkøres med andre typer data.

LANDSKABSFORMEN FØLGER GEOLOGIEN

Prøverne ryger i rygsækken, og vi går videre. Der er en dejlig vind, ikke for varm, ikke for kold. Den er genial til at holde

FRA FELTARBEJDE TIL FÆRDIGT KORT

Feltarbejdet ved Ilulissat skal blandt andet danne grundlag for et nyt geologisk kort over området, og både prøver, optegnelser og flybilleder er vigtige for forståelsen af de bjergarter, som findes netop der. Få indblik i rejsen fra felt til færdigt kort.



DET RETTE STED

Thomas finder et fremspring i klippen, som ser ud til at være så 'rent' og upåvirket som muligt. Så er det frem med hammer og mejsel.



OVERBLIK

De stykker, som egner sig bedst til at tage med hjem og arbejde videre med, bliver udvalgt. Alle prøver får et nummer, så man kan finde hoved og hale i dem.



DEN LANGE VEJ HJEM

De tunge stenprøver sendes løbende med helikopteren til basecamp, hvor de bliver pakket i en container og til sidst sendt samlet til København med skib.





3D-FOTOS FRA LUFTEN ER AFGØRENDE

Det kræver høj koncentration at få brugbare optagelser i kassen med det kamera, som bruges til 3D-modellering af landskabet. Samtidig med at Thomas tager billeder, skal han instruere piloten i, hvilken retning og højde der skal flyves i. 3D-optagelser fra luften er et vigtigt element i kortlægningen og er afgørende for at kunne dække store arealer. I luften kan man desuden flyve over f.eks. stejle klippesider, som man ellers ikke ville kunne komme til.

Når feltarbejdet er slut, bliver optagelserne kombineret med andre typer digitalt billedmateriale i GEUS' flylaboratorium, hvor billederne skaber en række 3D-modeller. Modellerne kan blandt andet bruges til at måle strukturer i landskabet som f.eks. folder, forkastninger og sprækker med indtrængende magma. Det er med til at give geologerne en bedre forståelse af geologien i et område.

myggene væk, for de er så skravlede, at de helst vil være i læ. Et sted under os klukker en af områdets mange aflange søer. Den her er en af de større, og vandet er så klart, at man tydeligt kan se, hvordan de stejle bredder hurtigt forsvinder ned under overfladen, i hvad der virker som et bundløst mørke.

“Søens form følger geologien,” siger Thomas og fortsætter:

”Det vil sige, at bjergryggenes orientering og landskabets nuværende form afspejler den deformation, som området gennemgik, da bjergkædefoldningen trykkede området sydfra for 1,8 milliarder år siden. Det er altså de gamle geologiske processer, der stadig styrer landskabets former i dag – *geology rules!*” smiler han.

Vi går over en bakkekam, og under os åbner den fineste dal ud mod fjorden sig. I bunden af dalen minder en aflang lomme af sne os om, vi er i et arktisk område. En stor del af året er Nunatarsuaq snedækket og ufremkommeligt, og

derfor foregår feltarbejde som dette i sommerperioden. Der er dog ingen vejrgarantier, og en uges tid senere, da jeg for længst er hjemme i Danmark igen, og Thomas er rykket videre til næste lejrlokaltet og har fået en ny feltmakker, vågner de en morgen til et landskab klædt i hvidt.

I MORGEN ER ENDNU EN DAG

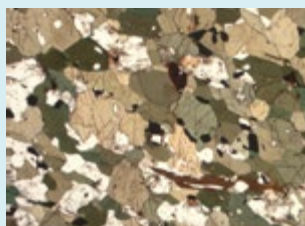
Det er sidst på dagen, og vores vandring ender, hvor den startede: I lejren. Benene er trætte, og vi kryber direkte ind i hver sit telt og lukker øjnene, tager en lille lur og en pause fra myggene.

Om lidt skal vi lave aftensmad i køkkenteltet, og klokken 20 har vi igen radiotid med basecamp og de andre hold. Og i morgen venter endnu en dag i felten, hvor vi har helikopteren til rådighed og kan komme vidt omkring og udforske geologien på Nunatarsuaq endnu mere. •



UDPAKNING

I GEUS i København pakkes prøverne ud. Så kigger geologerne nærmere på dem og forbereder nogle til videre analyse, som er essentiel for at karakterisere bjergarterne.



Mikroskopfoto: GEUS

PRØVERNE ANALYSERES

Geologerne bruger forskellige metoder til at analysere prøverne. Det er tidskrævende processer, og resultaterne kan være lang tid undervejs. Metoderne er: **Tyndslib:** En meget tynd skive af prøven (se billedet), der undersøges i mikroskop. **Kemiske analyser:** Prøven knuses til pulver og opløses for så at blive analyseret. **Datering med radiometriske metoder:** Uranholdige mineraler som zirkon separeres fra prøven og analyseres med laser.



Grafik: GEUS

FÆRDIGT KORT

I sidste ende resulterer alt det hårde arbejde i felten omkring Ilulissat samt i laboratoriet og foran computeren i København i et geologisk kortblad, som bliver en del af GEUS' samlede kortlægning af Grønlands isfrie områder i skala 1:100.000.

3D-MODELLER

Billeder taget fra luften bruges til den videre geologiske kortlægning i GEUS' foto-laboratorium, bl.a. ved at opstille 3D-modeller for området. Billeder taget fra luften bruges til geologisk kortlægning, men også til at optage topografi og lave 3D-modellering og -visualisering.

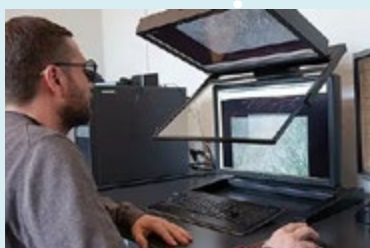


Foto: GEUS

GRØNLAND: EN SKATKISTE AF RÅSTOFFER?

Grønland omtales sommetider som en skatkiste af råstoffer, der bare venter på at blive gravet op. Der er rigtig nok blevet opdaget mange forskellige, kostbare råstoffer. Det er dog ikke ensbetydende med, at det kan betale sig at udvinde dem, fortæller råstofekspert.

TEKST: JOHANNE UHRENHOLT KUSNITZOFF • LAYOUT: LYKKE SANDAL



Der har været flere miner i Grønland over de seneste godt hundrede år. En af de kendte er minen kaldet Den Sorte Engel, som ses her. Her udvandt man zink, jern, bly og sølv fra 1973 til 1992. Al adgang til og fra minen foregik via en simpel kabelbane fra byen og på tværs af fjorden op til to store huller i 750 meters højde (se cirkel). Stedet kaldes også Maamorilik, da der lå et marmorbrud samme sted i 1930'erne.

Minen kaldes Den Sorte Engel, fordi en mørk aftegning på bjergsiden lige over minen ligner en engel.

Batterier, elbiler, mobiltelefoner, ledninger, vaskemaskiner, keramik, porcelæn, glas ... Listen af ting i den moderne verden, der kræver en eller flere ingredienser fra den mineralske verden er lang og ser kun ud til at vokse. Vi kalder dem mineralske råstoffer. Det vil sige materialer – eller grundstoffer – der er udvundet fra jorden, som f.eks. metaller, salte og ler. Materialerne sidder dog typisk fast i klipper og bjerge som de kemiske forbindelser, man kalder mineraler. Så med andre ord: Hvis der er klipper og bjerge, kan der være mineralske råstoffer.

Klipper og bjerge er der mange af i Grønland, og derfor er der også potentiale for mange råstoffer. Men hvilke? Hvad kan de bruges til? Og hvor meget er der egentlig?

Det ved råstofekspert Jakob Kløve Keiding. Han er chefkonsulent ved De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS). Han har selv været med til at kortlægge flere områder i Grønland med henblik på at finde nye mineralforekomster og følger nøje med i, hvad der bliver fundet hvor.

Hvilke mineralske råstoffer findes der i Grønland?

”Der er mange forskellige råstoffer i Grønland, blandt andet metaller, industrimineraler og smykkesten. Potentialet er derfor meget bredt, men det er særligt de såkaldt kritiske råstoffer, som har påkaldt sig mest interesse i den seneste tid – ikke bare i Grønland, men globalt set. Kritiske råstoffer er de råstoffer,

HVAD ER ET MINERALSK RÅSTOF?

I din hverdag bruger du mange forskellige materialer, der kaldes råstoffer. Råstofferne kan inddeles i kategorier, alt efter hvor de stammer fra:



Mineralske råstoffer som metaller, salte, sand, uran, ædelsten, ler.



Fossile råstoffer som olie, kul, gas, benzin.



Animalske råstoffer som kød, læder, fedtstof, fjer, uld, silke.



Plantebaserede råstoffer som grøntsager, træ, bambus, tang, gummi, kaffe, te.

Prøv selv: Se dig omkring og tænk over, hvilke af de fire slags råstoffer tingene i rummet består af. Hvad er der mest af? Og hvorfor er det mon netop de råstoffer, der er brugt? Er det rene råstoffer, eller er det en blanding?

som har stor betydning for vores økonomi, og hvor der er en betydelig forsyningsrisiko. Altså en risiko for, at vi ikke kan skaffe den mængde, vi skal bruge, når vi skal bruge den. Det er for eksempel sjældne jordartsmetaller, platingruppe-metaller, titanium og grafit, som blandt andet er vigtige til fremstilling af elbiler, vindmøller, katalysatorer samt inden for rum- og luftfartsindustrien. Vores undersøgelse viser, at der i Grønland findes 23 af EU's officielle liste med 34 kritiske råstoffer, så overordnet set er der et stort potentiale.” (**Se kort over kritiske råstoffer i Grønland på side 16 og stor udgave på side 18-19.**)

Hvorfor er der så mange mineralske råstoffer i Grønland?

”For det første er Grønland jo et stort land, over 40 gange større end Danmark. Alene i kraft af sin størrelse er der en statistisk sandsynlighed for rigdom på mineralske råstoffer, selv om størstedelen er dækket af is. Derudover – og vigtigere – har Grønland en lang og meget varieret geologisk udvikling. De ældste bjergarter er cirka 3,8 mia. år gamle, og mange forskellige geologiske miljøer er repræsenteret. De mange geologiske processer fører til en lang række forskellige typer af mineraldannelser og forskellige malmforekomster. Nogle af dem indeholder store koncentrationer og mængder af råstoffer, der er eftertragtede.”

Der er kun to aktive miner i Grønland (pr. maj 2025). Hvis der er så mange råstoffer, hvorfor udvindes de så ikke?

”Det står klart, at der findes mange forskellige typer af mineralske råstoffer rundt omkring i Grønland, men for flere af dem har vi kun begrænset viden om, hvor meget der egentlig er. Mange steder bygger vores viden på spredte prøver og enkeltfund, der kun antyder et muligt potentiale. I andre tilfælde er eksisterende

ressourcevurderinger baseret på gamle estimater, som ikke lever op til nutidens standarder.

Desuden er det meget vigtigt at skelne mellem råstofressourcer og råstofreserver. Først når man har bekræftet, at det er praktisk og økonomisk muligt at udvinde råstofferne, kaldes det reserver. Analysen af, om en ressource kan blive til en reserve, står råstofeftersøknings- og mineselskaberne for. Minedrift har hidtil kun fundet sted få steder eller i en relativt beskeden skala i Grønland. Dette skyldes blandt andet, at Grønland står over for nogle

specifikke udfordringer, f.eks. barske og isolerede arktiske forhold, mangel på infrastruktur og høje driftsomkostninger, som gør det mest kostbart at starte en produktion af råstoffer i Grønland.”

Hvis man ser på et kort over mineralforekomster i f.eks. Skandinavien og Grønland, så er der markant flere i

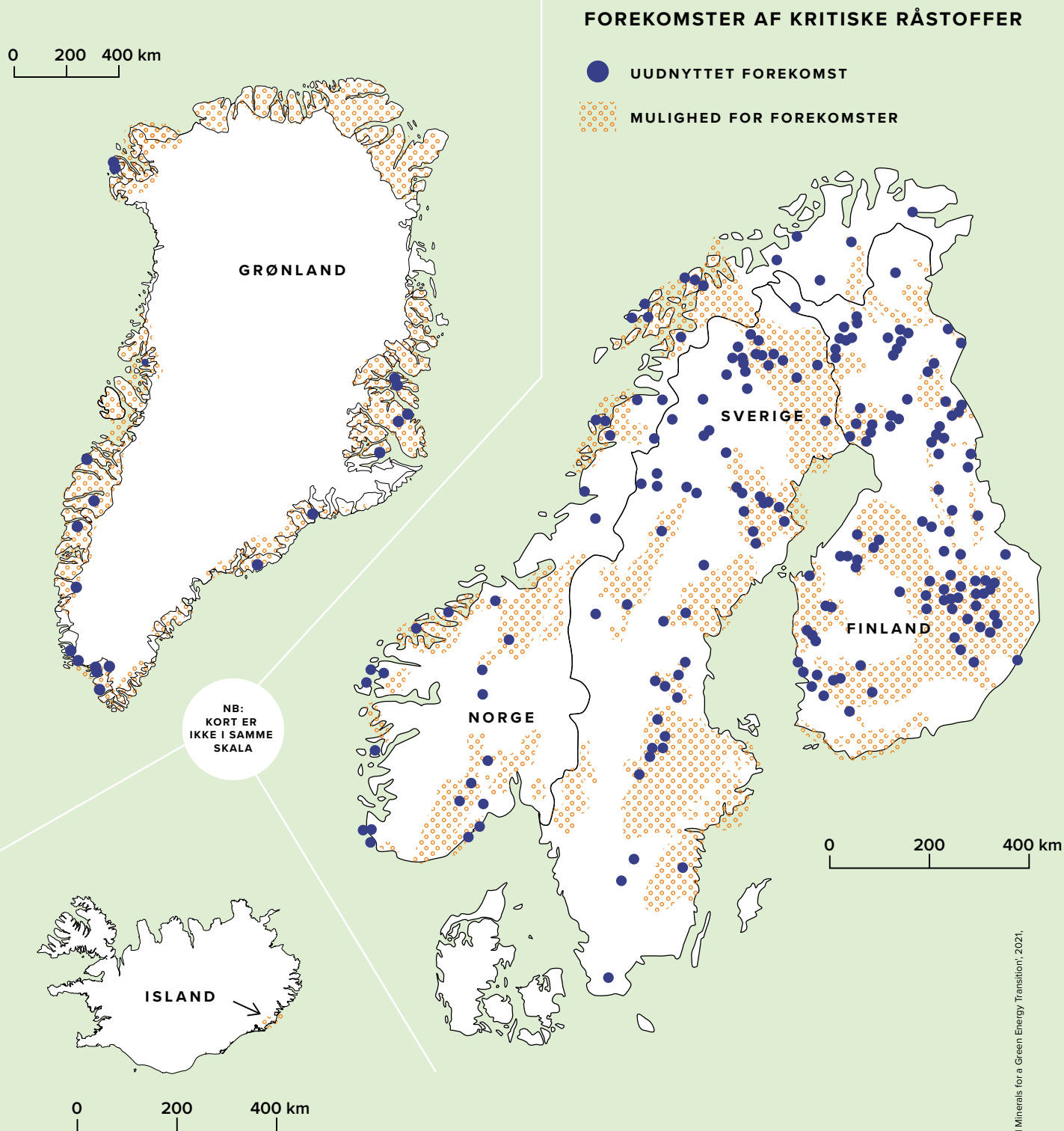
>



Foto: Jacob Lind Brendsen

JAKOB KLØVE KEIDING

Jakob er råstofgeolog og chefkonsulent hos De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS). Her har han været leder af det tidligere Videntcenter for Mineralske Råstoffer og Materialer (MiMa), og han arbejder med at indsamle og formidle viden om råstof-forsyning.



Figur 6

SKANDINAVISK SKATKAMMER?

Der er flere forekomster af kritiske råstoffer i vores nabolande i Skandinavien end i Grønland. I hvert fald som man kender til. Kortet her viser antallet af kendte forekomster af de kritiske råstoffer fordelt rundt i Skandinavien, Island og Grønland sammen med områder, hvor der er mulighed, rent geologisk set, for forekomster. I Skandinavien er der tilmed et minemiljø med god infrastruktur og typisk mildere klima, som også er vigtige faktorer i minedrift.

HVAD ER KRITISKE RÅSTOFFER?

I EU bruger vi begrebet 'kritiske råstoffer' om råstoffer, der er nødvendige for samfundets drift eller kan være svære at skaffe nok af. F.eks. kobber, krom, grafit, titanium osv. I skrivende stund regnes 34 råstoffer som kritiske i EU.

Du kan se, hvilke af de 34 der findes i Grønland, på kortet på side 18-19.



Til venstre: Bjergarten kakortokit med det rødlige mineral eudialyt, som indeholder grundstofgruppen kaldet sjældne jordartsmetaller. De bruges til mange ting, bl.a. magneter i elektroniske devices.

Til højre: Et stykke grafit, som bl.a. bruges i batterier – og i blyanter!

“De råstoffer der – måske – kan udvindes i Grønland, findes også mange andre steder.”

JAKOB KLØVE KEIDING

CHEFKONSULENT, GEUS

Skandinavien (se figur 6). Det afspejler, at der i vores nabolande er langt større kendskab til kvaliteten og udbredelsen af ressourcerne. Her taler man altså ofte om veldefinerede råstofressourcer, og ikke kun om mere udefinerede 'mineralpotentialer', som er tilfældet for en del af råstofferne i Grønland. Mange investorer vil derfor hellere satse på nye projekter i områder som for eksempel Skandinavien end i Grønland, som indebærer en større økonomisk usikkerhed.”

Er der også mineralske råstoffer under Indlandsisen, som man kan udvinde, efterhånden som den smelter?

”Det er der givetvis – men vi ved det faktisk ikke. Vi har kun et yderst begrænset kendskab til geologien under Indlandsisen, men undersøgelser indikerer, at de geologiske formationer, som er rige på råstoffer, også findes under Indlandsisen. Afsmeltingen har jo været i gang i nogen tid, men har endnu ikke ført til nye påviste forekomster. Måske er den vigtigste effekt, at det bliver lettere at operere for efterforsknings- og mineselskaber i Grønland pga. mildere klima og mindre havis og snedække. Den globale opvarmning, som får isen til at forsvinde, kan dog samtidig medføre, at permafrosten i de ikke-isdækkede områder også forsvinder. Det kan være et problem, da det vil gøre

jorden sumpet og ustabil og vanskeliggøre minedrift og logistik. Plus at hvis du bevæger dig længere ind i landet, så er der tilsvarende længere ud til havet, hvor dine transportskibe kan lægge til.”

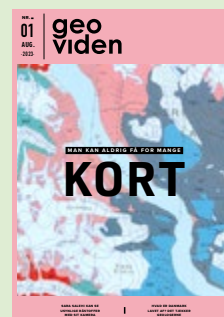
Er det vigtigt for råstofforsyningen i fremtiden, at de grønlandske råstoffer udvindes?

”De råstoffer, der – måske – kan udvindes i Grønland, findes også mange andre steder. Grønland kan bidrage til forsyningen, men løser ikke råstofudfordringerne alene – hertil vil produktionen være alt for lille. Derudover kommer, at det ofte ikke er selve udvindingen af råstofferne, som skaber forsyningsproblemerne. Der er i langt højere grad mangel på kapacitet og steder, der kan forarbejde den rå malm (klippestykkerne med råstofferne i, red.), man udvinder, så det bliver til noget brugbart. Processen fra malm til metal, eller hvilken form råstoffet nu har, før det indgår i et produkt, er lang og kompliceret. Det skal typisk knuses, sorteres, opkoncentreres og oprensnes, før det kan anvendes. Spredning af forsyningen af malmproduktionen kan dog i sig selv være væsentlig, så man er mindre sårbar for udsving og afhængighed af enkelte lande eller producenter. Her kan forsyning fra Grønland spille en rolle.” •

Se kort over Grønlands råstoffer på næste side ➤

HVORDAN FINDER MAN RÅSTOFFER?

Læs mere om geologisk kortlægning, og hvordan man egentlig leder efter – og nogle gange finder – råstofforekomster, i Geoviden nr. 1, Kortlægning, 2023.



FRA MINE TIL METAL

Hvordan får man lavet klippestykker om til f.eks. magneter til en telefon? Bliv klogere på processen fra mine til produkt på plakaten, der ligger på geoviden.dk/plakater



FIGUR 7

GRØNLANDS RÅSTOFFER

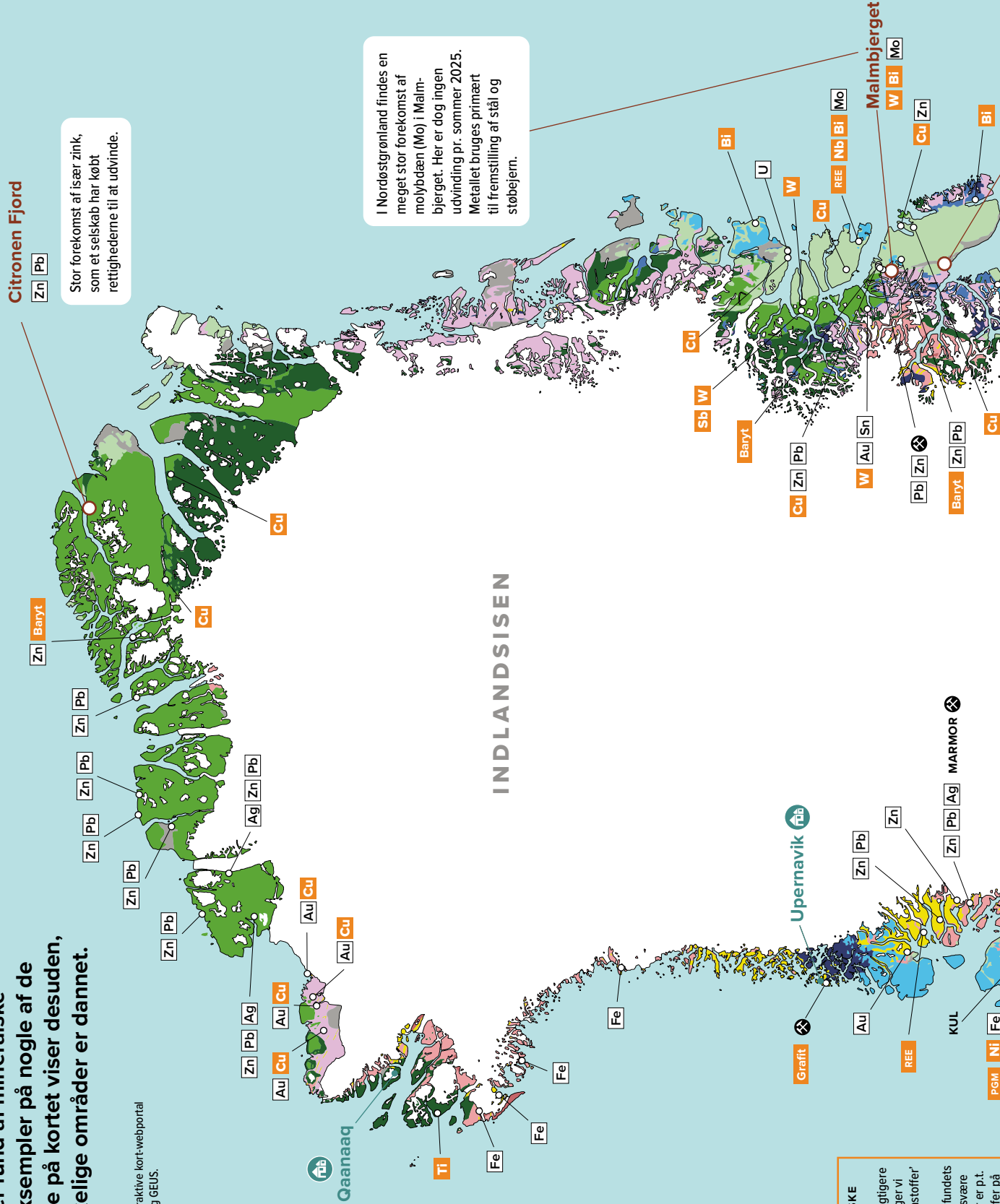
Her kan du få et overblik over fund af mineralske råstoffer i Grønland* samt eksempler på nogle af de største forekomster. Farverne på kortet viser desuden, hvordan og hvornår de forskellige områder er dannet.

*Få fuldt indblik i, hvilke mineraler der findes hvor, på den interaktive kort-webportal greenmin.gl, som er et samarbejde mellem Naalakkersuisut og GEUS.

KRITISKE RÅSTOFFER	IKKE KRITISKE
GRUNDSTOFFER	GRUNDSTOFFER
Sb Antimon	Pb Bly
Be Beryllium	Au Guld
Bi Bismuth	Fe Jern
Ni Nikkel	Cr Krom
Cu Kobber	Mo Molybdæn
Hf Hafnium	Ag Sølv
Li Lithium	Sn Tin
Nb Niobium	U Uran
P Fosfor	Zn Zink
Si Silicium	Zr Zirkonium
Sr Strontium	ANDET
Ta Tantal	Diamanter
Ti Titanium	Kul
W Tungsten (wolfram)	Kryolit
V Vanadium	Marmor
	Olivin
	Rubiner/safirer

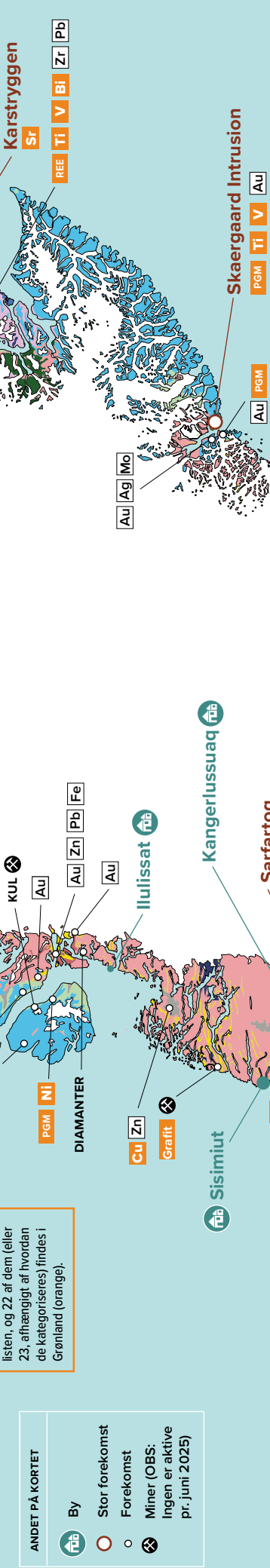
ANDET
Baryt
Feldspat
Fluorit
Fosfat
Grafit
PGM
Platingruppemetaller
REE
Rare Earth Elements (sjældne jordartsmetaller)

HVAD ER KRITISKE RÅSTOFFER?
Nogle råstoffer er vigtigere end andre. I EU bruger vi begrebet 'kritiske råstoffer' om råstoffer, der er nødvendige for samfundets drift eller kan være svære at skaffe nok af. Der er p.t. 34 forskellige råstoffer på



ANDET PÅ KORTET	
	By
	Stor forekomst
	Forekomst
	Miner (OBS: Ingen er aktive pr. juni 2025)

listen, og 22 af dem (eller 23, afhængigt af hvordan de kategoriseres) findes i Grønland (orange).



Qaqortoq
Feldspat

Delvist aktiv mine, dog uden produktion i 2025. Her udvindes feldspat, som bl.a. bruges i maling og som isolering.

Kuannersuit / Kvaneffeld
REE | Li | Fluorit | Be

Stor forekomst af sjældne jordartsmetaller (REE) samt andre kritiske råstoffer. Indeholder dog også uran i mængder, som p.t. er ulovlige at udvinde i Grønland.

Killavaat Aluunuat / Kringlerne
REE | Hf | Ta | Nb | Zr

Stor forekomst af sjældne jordartsmetaller (REE) og andre råstoffer, som modsat Kvaneffeld kun indeholder lave koncentrationer af uran. Der er ingen udvinding pr. juni 2025, men efterforskning er i gang.

Gammel grafitmine, som ønskes genåbnet. Valgt i 2025 som 'strategisk projekt' af EU for at imødegå EU's behov for grafit.

Guldminen Nalunaq er under genåbning. Var aktiv fra 2004 til 2013, hvor den lukkede pga. økonomiske problemer.

FARVER VISER GEOLOGIEN	
OVERORDNEDE GEOLOGISKE REGIONER OG EKSEMPLER	
	Is / søer
	Kvartære bjergarter
	Phanerozoiske bassiner (< 400 mio. år)
	Palæo-palæozoiske/neo-proterozoiske bassiner
	Meso-proterozoiske bassiner
	Palæo-proterozoiske suprakrustale bjergarter
	Palæogen magmatisk provins
	Kaledonisk magmatisk provins
	Proterozoisk magmatisk provins
	Proterozoisk grundfjeld
	Omdannet arkæisk grundfjeld
	Arkæisk grundfjeld
	F.eks. basalter og granitter
	F.eks. gnejsjer

Læs mere om de forskellige geologiske begreber på side 4-13 og 22-27.



GRØNLÆNDERNE KORTLÆGGER LANDETS GEOLOGISKE SKATTE

Siden 1989 har der i Grønland været afholdt en årlig 'jagt' på mineraler, som alle fastboende grønlændere kan deltage i. Det har ledt til opdagelsen af både guld, kostbare smykkesten og vigtige råstoffer. Og så har konkurrencen fået mange grønlænderes øjne op for landets spændende geologi.

TEKST: JOHANNE UHRENHOLT KUSNITZOFF • LAYOUT: LYKKE SANDAL

Grønland er gigantisk, og store dele af landet er meget svære at komme til. Af den grund er der stadig store områder, som ikke er kortlagt i detaljer, og sandsynligvis er der flere råstoffer gemt derude, end dem man kender til i dag. Derfor fik man i det daværende Grønlandske Hjemmestyre/

Namminersornerullutik Oqartussat i 1989 den idé at bede befolkningen om hjælp, inspireret af en lignende konkurrence i Sverige. Det blev startskuddet til den årlige mineraljagt 'Ujarassiorit', hvor folk kan indsende interessante sten, de selv har fundet,



Foto: GEUS

Majken Djurhuus Poulsen er grønlandsk geolog og har flere gange været dommer i mineraljagten Ujarassiorit.

til bedømmelse hos selvstyrets geologer. Vinderne får store pengepræmier, og konkurrencen er meget populær.

"Ujarassiorit har både været med til at øge interessen for geologi og geologiske ressourcer i befolkningen OG skaffet os vigtig ny viden om geologien og eventuelle råstoffer i Grønland," fortæller geolog Majken Djurhuus Poulsen, som er ansat ved De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS) og har deltaget som en af dommerne ved konkurrencen.

Hun er selv grønlænder og vokset op med Ujarassiorit som et tilbagevendende samtaleemne. Faktisk startede hun sin forskeruddannelse med at kortlægge en rubinforekomst fundet via konkurrencen. I 2009 vandt en prøve fra Tasiilaq-området på østkysten, der indeholdt rubiner. I forbindelse med kortlægnings-feltarbejde i 2014 ved Tasiilaq-området mødte Majken manden ved navn Vittus, som havde fundet den rubinholdige sten tæt ved Tasiilaq.

"Han viste mig stedet, hvor han havde fundet rubinerne (**se foto af begge herunder**), og på det tidspunkt var der ikke nogen, der havde undersøgt det nærmere. Så det kunne jeg jo gøre," fortæller hun.

Hun brugte de følgende år på at kortlægge rubinforekomsterne i området, og hvordan de var dannet. Der viste sig nemlig ikke kun at være én forekomst, men flere mindre forekomster. Desværre var forekomsterne ikke store nok til,

at det kunne betale sig at udvinde stene, men det gjorde nu ikke opdagelsen mindre vigtig ifølge geologen:

"Det var rigtig spændende og sjovt at være med til at beskrive landets geologiske historie på den måde," siger hun.

TILFÆLDIGT GRAFITFUND

I seneste runde af Ujarassiorit-konkurrencen i efteråret 2024 vandt en kvinde med et fund af en særligt grafitholdig sten. Eller nærmere beskrevet: et grafitholdigt metasediment fundet ved Qasigiannnguit, en lille by syd for Ilulissat (**se kort side 21**). Grafit bruges blandt andet i genopladelige batterier, som meget af vores moderne elektronik bruger, herunder telefoner, computere og elbiler. Den heldige finder vandt førstepremien på 50.000 kr. Andenpremien på 20.000 kr. gik til et



Majken Djurhuus Poulsen og 2009-vinderen af Ujarassiorit står ved stedet, hvor han fandt sin vinder-rubin (mørk åre i forgrunden). Læs mere om grønlandske rubiner på side 28-32.

Foto: Naalakkersuisut

Førstepladsen 2024

Bjergart med højt indhold af grafit fundet syd for Ilulissat. Stenen indeholdt også sølv, kobber og bly.



Andenpladsen 2024

Kobberholdig bjergart, hvor kobberet ses som grønne (irrede) felter. Fundet på Queqertarsuatsiaat (Fiskenæsset).



Tredjepladsen 2024

Et stykke marmor med blå spinel, der kan bruges som smykkesten. Fundet ved Nassuttooq.

UJARASSIORIT-STENENES TOP 10

På kortet ses et udvalg af de bedste fund gennem tiderne (ifølge konkurrencelederen) og vinderne fra 2024.

stykke bjergart med kobber, som er uundværligt i den grønne omstilling, da al elektricitet kræver kobber i en eller anden grad. Den blev fundet tæt ved Qeqertarsuatsiaat (Fiskenæsset). Tredjepræmien på 10.000 kr. gik derimod til et fund af mere æstetisk værdi: Et stykke marmor med blå spinel fra Nassuttooq-området. Den blå spinel kan nemlig – ligesom rubinerne – bruges som smykkesten.

TYPISKE TILFÆLDE

Det sker ret ofte, at vinderstenene er nogle, som folk er stødt på ved et tilfælde, når de har været ude i landskabet. Det fortæller Ujarassiorit-ansvarlig geolog Pele Tobiassen, der er ansat ved det Grønlandske Selvstyres Departement for Erhverv, Råstoffer, Energi, Justitsområdet og Ligestilling.

”Det var rigtig spændende og sjovt at være med til at beskrive landets geologiske historie på den måde.”

MAJKEN DJURHUUS POULSEN

CHEFKONSULENT, GEUS

Nikkel, guld og kobolt ved Inglefield land

Grafit fra Qasigiannuguit

Blåt spinel ved Attu og Nassuttooq

Sjældne jordarter og guld ved Attu

Nuummit fra Kapisillit

Guld ved Uunartoq fjord

Figur 8

Guld ved Amstrupfjord

Kobber og zink ved Ikerasassuaq

Nikkel ved Kulusuk

Rubiner ved Natsivit, Tasiilaq

”Typisk er det ’blikfangssten’, altså sten, der på en eller anden måde er anderledes end det, som folk kender til, der vinder. Nogle vindere har fundet deres vindersten, når de er ved at finde sten til deres bål eller er på jagt efter sten til lodvægt af fiskenet eller fiskeline,” fortæller han.

Ujarassiorit-prøverne er derfor også typisk opsamlet i sommerperioderne, hvor folk er mest udendørs og går på jagt og fisker og tager i sommerhus eller på lejrture. Det betyder, at Pele Tobiassen og kollegerne modtager rigtig mange prøver fra de samme områder, nemlig dem, som er populære til jagt og sommerhuse. Geologerne ved Grønlands Selvstyre håber derfor hvert år på endnu flere prøver fra f.eks. Nordgrønland og Østgrønland. Netop fordi det er disse øde områder, geologerne ved mindst om. Allerhelst prøver, der er hugget ud fra fast fjeld, da de er mindre forvitrede (nedbrudte). Og en god beskrivelse af, hvor de er fundet, så geologerne kan finde stedet igen, påpeger Pele Tobiassen.

”De seneste år er nogle folk begyndt at tage billeder og er selv kommet med gps-punkter for fundstedet. Dem ønsker vi flere af,” slutter han. •

GRØNLANDS GEOLOGI VISER HELE JORDENS UDVIKLING

Grønlands undergrund er ældgammel og fortæller historien om Jordens geologiske udvikling helt fra den spæde begyndelse. Det handler om kontinenternes dannelse og livets opståen, om tektonik og milliarder af år gammel granit, der opstod i en grød af magma. Alt det ser Geoviden nærmere på sammen med geolog og forsker Kristoffer Szilas.

TEKST: FIE KRØYER DAHL • LAYOUT: LYKKE SANDAL

I Grønland kan man nærstudere bjergarter fra Jordens tidligste barndom – og det er ret særligt. Ja, faktisk får man hele planetens geologiske udvikling serveret på et sølvfad, og det er perfekt, hvis man som Kristoffer Szilas har en faglig interesse i netop det.

Han er geolog og kurator med ansvar for den petrologiske samling på Statens Naturhistoriske Museum i København. Med 15 feltsæsoner i Grønland i rygsækken har han oparbejdet en solid viden om de processer, som har fået Jorden til at se ud, som den gør i dag:

”Hele Jordens udvikling er bevaret i Grønland. Det er jo et enormt område med en stor variation i geologien, og det

unikke ved Grønland er, at vi har nogle meget, meget gamle bjergarter, som er let tilgængelige lige ved overfladen.”

De gamle bjergarter, som Kristoffer Szilas taler om, udgør selve grundfjeldet i Grønland. Grundfjeldet er Jordens kontinentalskorpe, og det består hovedsagelig af bjergarten gnejs, som blev dannet helt tilbage for cirka 3,8 milliarder år siden.

Denne tidligste kontinentalskorpe af gnejs kan blandt andet ses i Sydvestgrønland i området nær hovedstaden Nuuk. Her findes bjergarterne som en stor sammenhængende, stabil grundfjeldsblok, som – siden dens dannelse i den geologiske tidsalder Arkæikum (se figur 10) – har ligget næsten upåvirket af, hvad der senere er sket af geologiske begivenheder.

Kristoffer Szilas (tv.) tager prøver af gnejs under et feltarbejde nord for Nuuk sammen med en kollega fra England og et par geologistuderende.

Tager man en tur til Nuuk, kan man derfor slå to fluer med et smæk: Man sætter fod på verdens største ø, samtidig med at man går en tur på et af Jordens allerførste kontinenter, hvor man kan følge hele planetens efterfølgende udvikling. Undergrunden netop der er simpelthen en slags 'Jorden version 1.0'.

ET SYSTEMATISK BLIK PÅ GEOLOGIEN

Det er især Isua-området tæt på Nuuk, som er velbeskrevet og ofte besøges af forskere fra hele verden, fordi der er tale om nogle af de absolut ældste og bedst bevarede tidlige arkæiske bjergarter. Ud over at man altså kan gå rundt på det ældste grundfjeld, kan man også se verdens største synlige forekomst af det, der kaldes suprakrustale bjergarter. De findes i et cirka 35 kilometer langt og 5 kilometer bredt bælte, der bugter sig gennem landskabet nordøst for Nuuk. De suprakrustale bjergarter er aflejret på Jordens overflade og omfatter både sedimenter (bjergarter, der er dannet ved geologiske processer på jordoverfladen) og lavaer (bjergarter, der er opstået ved størkning af magma). De giver vigtig viden om de vulkanske processer og klimaet for over 3,7 milliarder år siden (suprakrustale bjergarter kan du læse mere om på **side på 4-14**).

Kristoffer Szilas har besøgt mange forskellige områder i Sydvestgrønland, og gennem sit omfattende feltarbejde har han kunnet danne sig et systematisk blik på geologien i hele den ældgamle region. Szilas har undersøgt forskellige typer af bjergarter med aldre, der spænder hele den arkæiske æon, og på baggrund af sin forskning har han derfor kunnet sammenstykke ændringer i den geologiske udvikling.

Hans primære forskningsfokus er at se på, hvor langt tilbage i tiden man kan finde tegn på geologiske processer som f.eks. pladetektonik og dannelsen af kontinenter, og hvordan disse processer har ændret sig igennem milliarder af år.

”Det er vigtigt, fordi det kan give os en bedre forståelse af, hvordan planeter generelt udvikler sig, og hvordan og

hvorfor de kan blive beboelige. Desuden ser vi, hvordan samspillet mellem geologi og liv kan ændre en hel planets udvikling. Alt dette kan vi gøre ved at studere grundfjeldet i Grønland, hvor de ældste bjergarter er tilgængelige,” forklarer han.

MAGMAGRØDEN

Og noget rimelig radikalt må der jo være sket, for verden ser ikke ud, som den

gjorde, dengang det hele startede. Men hvordan startede det så egentlig? Hvordan blev kontinenterne dannet, og hvornår begyndte de at stikke op over havet – for derved at ændre planetens udvikling for altid?

Det har der ifølge Kristoffer Szilas været forskellige bud på i al den tid, videnskabsfolk har forsket i Jordens udvikling, og der er ikke helt enighed om svaret. Lige præcis de spørgsmål har også været omdrejningspunkter for hans egen forskning, og uenigheden vender vi tilbage til, for vi starter lige med at spole tiden fire milliarder år tilbage til, hvor den arkæiske tidsskala begynder. Dengang var Jordens indre markant varmere, og overfladen var en kæmpe grød af smeltet magma. Der var endnu ingen kontinenter med bjerge, dale og kyster, som vi kender dem i dag.

FRA BASALT TIL GRANIT

Magmagrøden simrede i millioner af år, og over tid blev Jordens overflade køligere. Lidt ligesom havregrød, der får lov at stå, begyndte overfladen at størkne og danne en skorpe af den sorte bjergart basalt (**se boks side 24**). Kort tid efter blev overfladen kold nok til, at vanddamp i den unge atmosfære kunne kondensere og blive til vand, og på den måde kunne oceanerne langsomt dannes.

”På dette tidspunkt for mellem 4 og 3,8 milliarder år siden var vores planet dækket af ét stort hav. Men under den basaltiske skorpe på bunden af det globale ocean simrede magmaen stadig videre som følge af den intense varme, der blev afgivet fra Jordens stadig glohede indre som følge af radioaktivitet,” fortæller Kristoffer Szilas.

20 til 30 kilometer nede fik varmen den basaltiske skorpe til delvist at smelte. Det resulterede >

2,5 mio. år siden
Menneskeslægten
opstår.

JORDEN ER VIRKELIG GAMMEL!
Tidslinjen her er inddelt i geologiske æoner, og bjergarterne, som du kan læse om i artiklen, er opstået i æonen Arkæikum, som var tiden fra 4.000-2.500 millioner år siden. Til sammenligning har menneskeslægten eksisteret i 2,5 millioner år. Det svarer til lidt over en halv procent af den tid, Jorden har eksisteret.

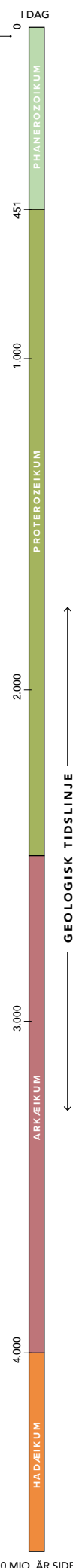
2.800 mio. år siden
De første egentlige landmasser og bjergkæder dannes. Landmasserne er blevet stabile og hæves over havniveau.

3.000-2.800 mio. år siden
Pladetektonik dominerer på Jorden. Tidligere var der vertikal tektonik. Se figur 12, side 26.

3.800 mio. år siden
Granitten, som udgør den ældste del af Grønlands grundfjeld, dannes.

Ca. 4.000 mio. år siden
Jordens overflade er en kæmpe grød af smeltet magma.

Figur 9



TAG EN BID AF JORDENS INDRE

Jorden består af forskellige lag, som har forskellige egenskaber. Her kan du blive klogere på opbygningen fra den yderste skorpe til den inderste kerne flere tusinde kilometer under vores fødder.

Figur 11

SKORPE

Skorpen er Jordens yderste lag. Kontinentalskorpe består primært af granit og kan have varierende indhold af mineralerne kvarts, plagioklas og alkalifeldspat. Oceanbundsskorpe består af bjergarten basalt, der primært er opbygget af mineralerne plagioklas, pyroxen og olivin.

OVEN PÅ LITOSFÆREN LIGGER KONTINENTER OG OCEANER:

Oceanbundsskorpen, der ligger under lagene af sedimenter aflejret i havet i tidens løb, består af bjergarten basalt. Kontinenterne består primært af bjergarten granit (læs mere i boksen nederst).

LITOSFÆRE

Jordens yderste stive skal kaldes litosfæren og er en samlet betegnelse for jordskorpen plus den øverste, kolde del af kappen, som udgør en stabil plade, der kan bevæge sig som en samlet enhed oven på den varme og deformerbare kappe (kaldet astenosfæren).

KAPPE

Kappen er Jordens midterste lag. Den udgør over 80 % af Jordens volumen. Kappen består af bjergarten peridotit, som er domineret af mineralerne olivin og pyroxen.

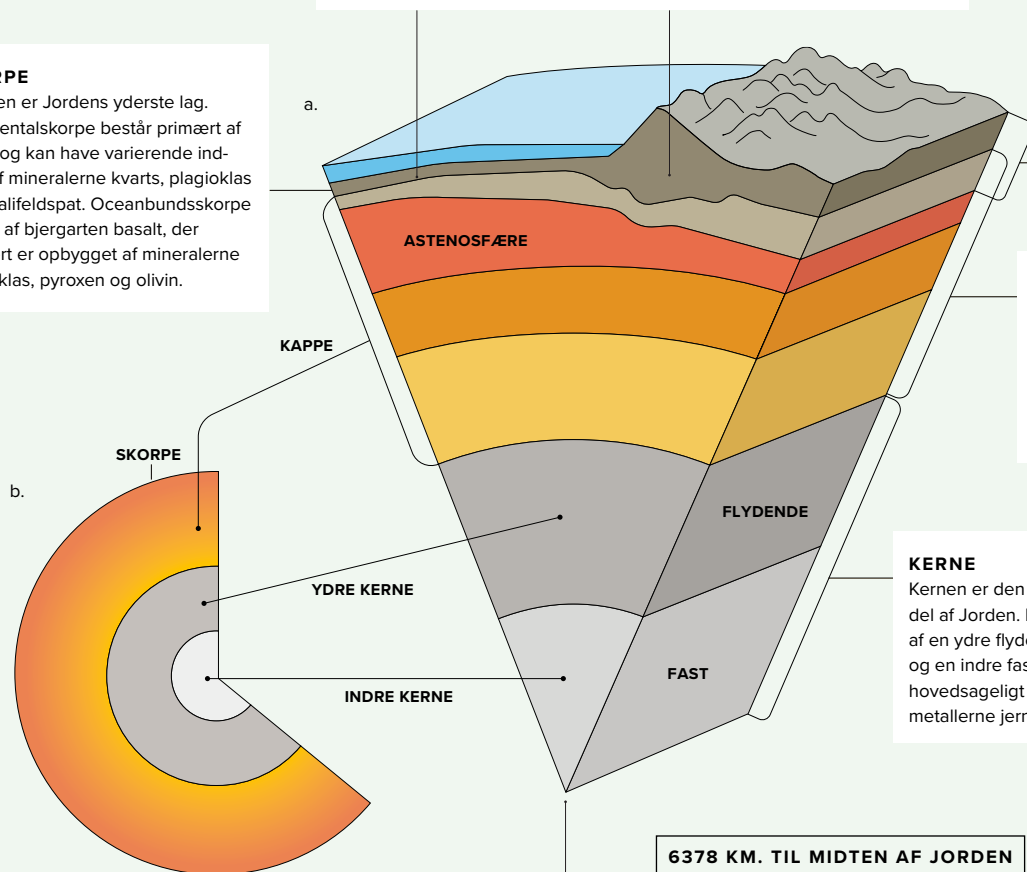
KERNE

Kernen er den inderste del af Jorden. Den består af en ydre flydende del og en indre fast del, der hovedsageligt består af metallerne jern og nikkel.

6378 KM. TIL MIDTEN AF JORDEN

Hvis du skulle rejse til Jordens midte, ville det svare til en tur fra København til USA's hovedstad, Washington, D.C.

I Figur 11 a er lagene ikke vist i korrekt størrelsesforhold i forhold til hinanden, mens figur 11 b er korrekt.



BASALT OG GRANIT

Basalt er den mest udbredte bjergart på Jordens overflade, og oceanbundsskorpen under lagene af sedimenter, der er aflejret i havet i tidens løb, består af basalt. Det er en mørk bjergart, der primært er opbygget af silikatminerallerne plagioklas, pyroxen og olivin.



Kontinenterne består primært af bjergarten granit, som kan optræde i mange forskellige farvenuancer afhængig af sammensætning af mineraler. Granit er primært opbygget af silikatminerallerne kvarts, plagioklas og alkalifeldspat.

i en smeltemasse med en anden kemisk sammensætning end den oprindelige basalt; nemlig granit. På den måde blev de allerførste frø til kontinenter faktisk dannet for omkring 3,8 milliarder år siden – og det er præcis den granit, man kan gå en tur på, hvis man tager til blandt andet Sydvestgrønland.

DELTE MENINGER

De første mikrokontinentblokke var små, men lige så langsomt samlede de sig i større og større landmasser, der voksede sammen, splittede sig op igen og bevægede sig rundt på jordkloden. Opsmeltningen i de dybere dele af Jordens basaltiske skorpe fortsatte, og der blev dannet mere og mere granit til de voksende kontinenter. For omkring tre milliarder år siden var landmasserne – også kaldet kratoner – efterhånden blevet så tykke, at de steg op over havoverfladen og blev til den første egentlige landjord med de første bjergkæder. Det skete på global skala for omkring 2,8 milliarder år siden.

Og her kommer vi så til den førnævnte forsker-uenighed om, hvordan jordskorpen er kommet til at se ud, som den gør. De delte meninger går blandt andet på, hvilken mekanisme inde i Jorden der har dannet al den granit og gnejs, som kernen i alle kontinenter består af.

“Tidligere har geologer antaget, at grundlaget for kontinenterne blev skabt i forbindelse med horisontal tektonik (...).”

KRISTOFFER SZILAS

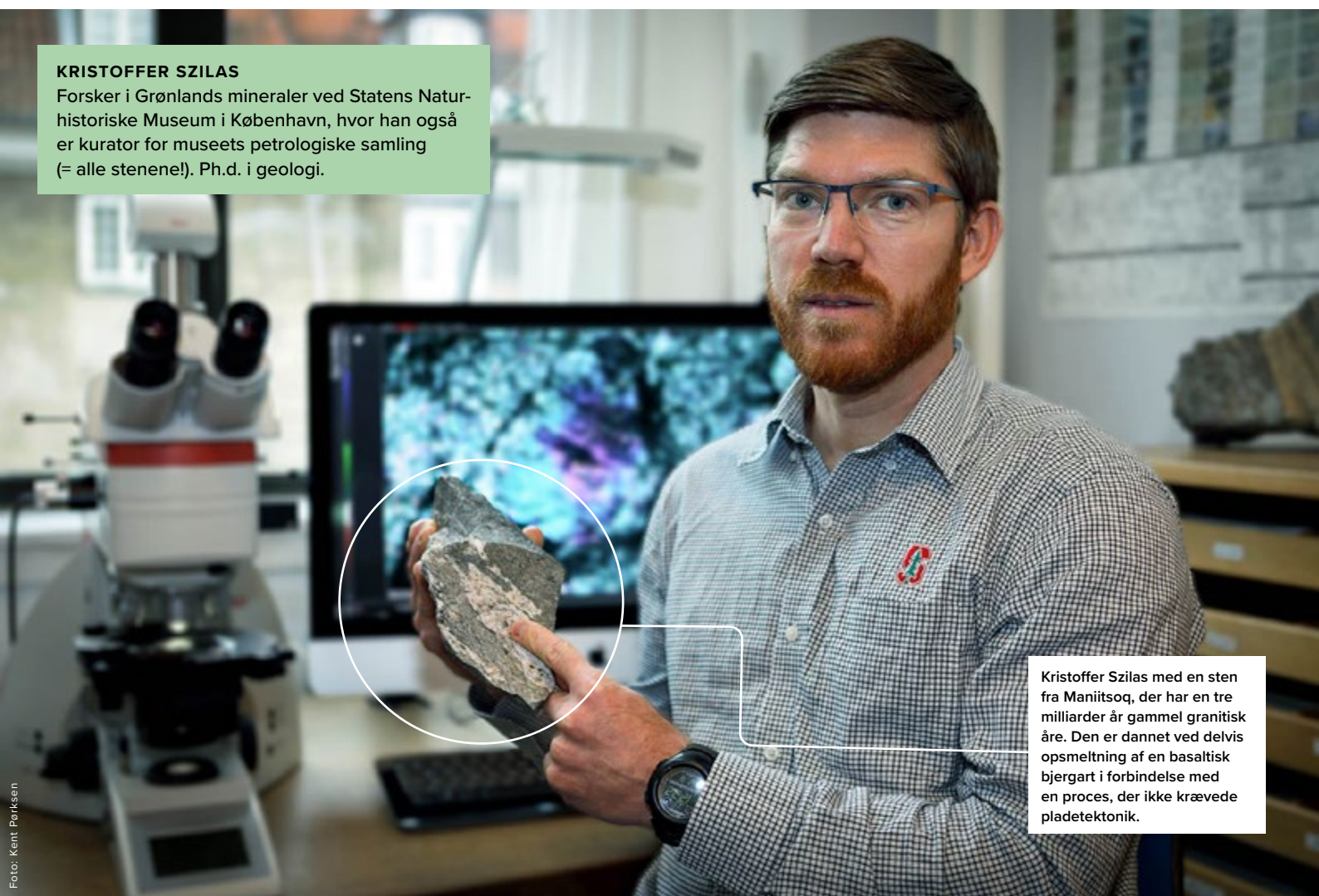
FORSKER, STATENS NATURHISTORISKE MUSEUM

Tidligere har geologer antaget, at grundlaget for kontinenterne blev skabt i forbindelse med horisontal tektonik – det, der også kaldes pladetektonik. Pladetektonik er en geologisk proces, hvor Jordens yderste skorpe – de stive, men bevægelige lithosfæreplader – hele tiden er i bevægelse. Nogle steder driver de fra hinanden, så der dannes ny oceanbundsskorpe (kaldet spredningszoner), og andre steder skubbes pladerne ind under hinanden (kaldet subduktionszoner, **se figur 8**).

Teorien om, at de første spæde skridt til dannelsen af kontinenter opstod cirka samtidig med pladetektonikken, bunder blandt andet i, at den kemiske sammensætning af >

KRISTOFFER SZILAS

Forsker i Grønlands mineraler ved Statens Naturhistoriske Museum i København, hvor han også er kurator for museets petrologiske samling (= alle stenene!). Ph.d. i geologi.



Kristoffer Szilas med en sten fra Maniitsoq, der har en tre milliarder år gammel granitisk åre. Den er dannet ved delvis opsmeltning af en basaltisk bjergart i forbindelse med en proces, der ikke krævede pladetektonik.

kontinenternes granit i høj grad minder om typen af lava kaldet andesit, der findes i vulkaner over subduktionszoner.

”Da subduktion er knyttet til pladetektonik, har det været en udbredt tanke, at kontinenterne også var opstået i forbindelse med denne proces,” fortæller Kristoffer Szilas.

EN UNG PROCES

Nyere forskning, blandt andet Kristoffer Szilas’ egen, viser dog, at den antagelse ikke holder. Med eksperimenter og termodynamisk modellering af, hvordan bjergarter omdannes – i fagsprog kaldet de metamorfe processer – og under hvilke tryk og temperaturer de smelter, har forskerne vist, at granitten af den type (tonalit), man finder i de ældste dele af kontinenterne, godt kan være skabt i et miljø *uden* pladetektonik. Forskning i metamorfe bjergarter, hvor forskerne gør brug af de nyeste og mest avancerede computermodeller, har også vist, at pladetektonik er en geologisk set ung proces, som slet ikke kunne eksistere i den meget varmere tidlige del



I et område syd for Isua i Sydvestgrønland kan man møde gnejs, som med en alder på 3.800 millioner år tilhører kategorien Jordens ældste bjergarter.

“Man kan beskrive vertikal tektonik som en lavalampe, hvor materiale bevæger sig op og ned.”

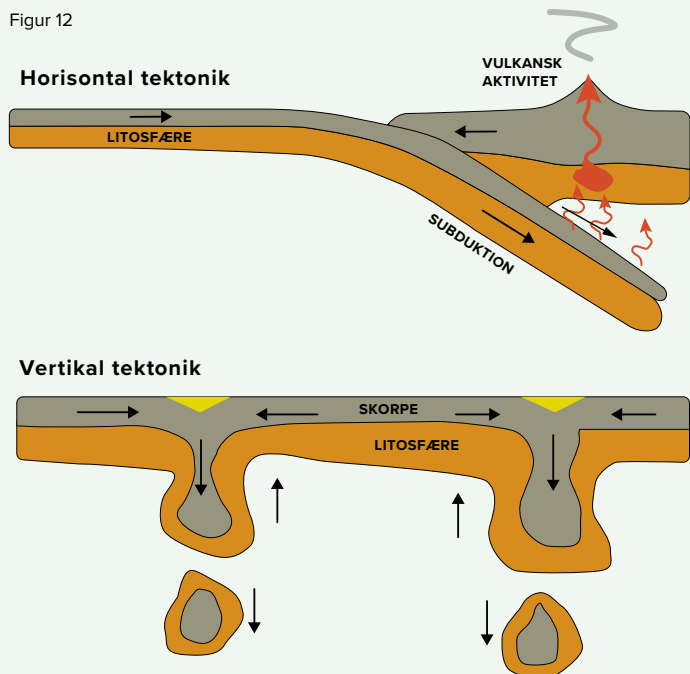
KRISTOFFER SZILAS

FORSKER, STATENS NATURHISTORISKE MUSEUM

FORSKELLIGE TYPER TEKTONIK

Figurene her illustrerer forskellen på vertikal tektonik i Jordens tidlige og varme fase i forhold til horisontal (plade)tektonik. Efter en vis grad af afkøling af Jordens kappe og skorpe blev det muligt at have stabile litosfæriske plader og dermed subduktionszoner, hvor kolliderende plader kan forskydes under hinanden.

Figur 12



ORDFORKLARING

PLADETEKTONIK er den teori, der beskriver litosfærepladernes bevægelse imod, forbi eller bort fra hinanden.

SUBDUKTION er den proces, hvor to litosfæreplader støder sammen, og den ene plade skubbes under den anden. Dette medfører vulkanisme med en karakteristisk lava, som man kalder andesit (opkaldt efter Andesbjergene).

Kilde: <https://aktuelt.naturvidenskab.dk/find-artikel/nyeste-numre/6-2021/mysteriet-om-jordens-kontinenter-og-pladetektonik>

af Arkæikum, det vil sige i den periode, hvor man ved, at den største del af den tidlige kontinental-skorpe er dannet.

I stedet for pladetektonik, hvor skorpen bevæger sig horisontalt rundt på Jordens overflade, var der i den første halvdel af Arkæikum en form for lodret (vertikal) bevægelse, hvor varme dele af Jordens kappe steg op, og kolde dele af skorpen sank ned. Det kaldes også vertikal tektonik (se figur 12).

”Man kan beskrive vertikal tektonik som en lavalampe, hvor materiale bevæger sig op og ned. Det sker som følge af ændringer i temperatur og densitet,” forklarer Kristoffer Szilas.

Kontinenterne er altså opstået i en tid, hvor de tektoniske processer på Jorden var markant anderledes end nu, hvilket blandt andet skyldtes, at Jordens lithosfære var markant varmere. Lokalt set skete overgangen fra vertikal til horisontal tektonik nok på forskellige tidspunkter, men der er meget, der peger på, at den horisontale tektonik, altså pladetektonikken, blev globalt dominerende for omkring 3 til 2,8 milliarder år siden. Stabiliseringen af den kontinentale skorpe og dets underliggende fundament af

kold kappe skete på dette tidspunkt. Dermed begyndte vores kontinenter ifølge Kristoffers Szilas og hans fagfællers forskning deres dannelseshistorie, længe før pladetektonik opstod – og altså ikke som en konsekvens af pladetektonik, men derimod som ophav til denne mekanisme. Noget, de blandt andet har fundet ud af ved at studere bjergarterne i Sydvestgrønland.

UNIKT ARKIV

Umiddelbart derefter havde kontinenterne nået en samlet udbredelse og højde over havet svarende til, hvad vi har i dag. Placeringen af dem var dog stadig langt fra, hvor de ligger nu, og de pladetektoniske bevægelser har nok flyttet Grønland mellem ækvator og Nordpolen indtil flere gange.

Der har altså været kontinenter, som vi kender dem nu, i groft sagt lidt over halvdelen af den tid, Jorden har eksisteret, og de gjorde en stor forskel for planetens efterfølgende udvikling, fortæller Kristoffer Szilas:

”De voksende landmasser med vulkansk aktivitet, jordskælv og bjergkæder, der hævede sig op og blev eroderet væk igen, medførte helt nye muligheder for kemiske reaktioner mellem land, atmosfære og ocean.”

Forskning peger på, at kontinenternes udvikling og opløft kan have spillet en afgørende rolle i forhold til at frigive næringsstoffer og til at ilte atmosfæren og oceanerne, hvilket i sidste ende fremmede biodiversiteten. Kort sagt gav det mulighed for de geologiske processer, som vi i dag er temmelig glade for, herunder kulstofkredsløbet, som alt liv udspringer fra. Det er alt sammen viden, som Grønlands ældgamle bjergarter har været med til at gøre os klogere på.

”Grundlæggende er Grønland et unikt geologisk arkiv over den tidligste fase af Jordens dannelse, og jeg tror aldrig, vi bliver færdige med at studere geologi i det kæmpestore område, som Grønland udgør,” slutter Kristoffer Szilas. •

DRYPSTENSHULER FORTÆLLER NYT OM FORTIDENS KLIMA

Et gammelt håndtegnet kort ledte i 2023 geolog Peter Frykman på rette vej til nogle ældgamle huler, som han havde besøgt i 1977 og nu skulle genfinde. Håbet var at finde drypsten, som kan fortælle om fortidens klima.



Foto: Lars Trolle (1977) og Bogdan Onac (2023)

På væggen i Peter Frykmans kontor hænger to næsten ens fotos, hvor han kigger ud ad en huleåbning. Det er samme sted, og ikke en sten har flyttet sig – men der er 46 år mellem de to billeder. Så lang tid tog det, før han kunne vende tilbage til de huler, han opdagede i 1977 på C.H. Ostenfeld Nunatak i Nordøstgrønland.

En nunatak er en større eller mindre 'ø' helt omgivet af indlandsis eller gletsjere. C.H. Ostenfeld Nunatak er cirka 5 x 15 kilometer og omgivet af Wordie Gletsjeren, og Peter Frykman skulle tilbage til netop denne nunatak for at kigge efter drypsten dybere inde i hulen, end han havde været som ung forsker. Sammen med sin feltmakker, Bogdan Onac, lykkedes det ham at genfinde hulen på en ekspedition i sommeren 2023.

Drypsten eller ej?

På skrivebordet på Peter Frykmans kontor står et par kasser. I dem ligger skiver skåret af de drypsten, der kom med hjem fra ekspeditionen. De er blevet poleret og viser tydeligt de mange tynde lag, som gemmer på signaler om det forhistoriske klima.

”Inden vi tog afsted i 2023, anede vi ikke om der overhovedet var drypsten

udfældet eller bevaret i de huler, jeg vidste var på den nunatak,” fortæller Peter Frykman.

”I 1977 havde jeg sammen med en medstuderende udforsket nogle af de mørke hulegange, kun hjulpet på vej af en blitz på vores kamera. Vi kom kun cirka 20 meter ind i kalkstensklipperne, før vi fandt det for risikabelt at gå videre – så vi nåede ikke at registrere, om der var den type aflejringer i hulerne.”

Læs hele Peter Frykmans fortælling om rejsen tilbage til nunatakken på www.geoviden.dk.



Foto: Peter Frykman

Huleloft med en til to centimeter store stalaktitter af ukendt alder. Disse var de eneste, geologerne fandt siddende fast på klippevæggene. Alle de andre, de fandt, var løse blokke fra tidligere huler.



Foto: Privat

MED MAJKEN PÅ RUBINJAGT

AF SARA KIRSTINE HALD, ARCTIC HUB
REDIGERET AF JOHANNE UHRENHOLT KUSNITZOFF
LAYOUT: LYKKE SANDAL

Du kan finde rubiner i naturen i Grønland, hvis du ved, hvilke geologiske spor du skal kigge efter. Geolog og rubinforsker Majken Djurhuus Poulsen forklarer her, hvordan man lærer at opspore de flotte, røde sten.

Med en kombination af held, tålmodighed og viden kan du finde rubiner i naturen i Grønland. For at klæde dig bedst muligt på til at gå på rubinjagt, hvis du er så heldig at befinde dig i Grønland, får du her geolog og forsker Majken Djurhuus Poulsens bedste tips. Majken, som er født og opvokset i Grønland, har altid været interesseret i sten og geologi. Hun er i særdeleshed fascineret af smykker og smykkesten, og derfor har hun gjort det til sin levevej at forske i blandt andet rubiner.

”Jeg har altid været sådan en, der gik på jagt efter flotte sten – helt siden barndommen. Når vi var ude at sejle, da jeg var barn, var jeg altid opmærksom på det, jeg så omkring mig. Jeg gik langs stranden og kiggede og var nysgerrig på alt,” siger Majken Djurhuus Poulsen.

Som geolog ved De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS) har hun blandt andet været med til at undersøge den kemiske sammensætning i rubiner fundet i Grønland. De adskiller sig fra rubiner fra andre lande, da de er dannet i et særligt geologisk miljø, der giver dem et unikt kemisk fingeraftryk (**læs mere i boks side 29**). Majken har været med til at fastslå alderen på rubiner i Østgrønland som en del af sin ph.d.-afhandling, og de er op mod 1,8 milliarder år gamle! Nogle af de ældste i verden.

IGEN OG IGEN

Inden Majken fandt sin første rubin, kunne hun gå rundt i landskabet i lang tid og lede, uden helt at vide hvad hun

1

GÅ EFTER DE ULTRAMAFISKE BJERGARTER

Grønlandske rubiner findes i såkaldte ultramafiske bjergarter, hvilket er særligt for rubinerne fra netop Grønland. På Majkens billeder til højre kan du se eksempler på ultramafiske bjergarter. Ultramafiske bjergarter er mørke og typisk lidt rødbrune i farven. De kan dog også være grønlige på overfladen. De omkringliggende sten er som regel lysere i farven, hvilket gør de ultramafiske sten nemmere at spotte. Ultramafiske sten er ofte formet som 'knolde', som, ifølge Majken, minder lidt om et månelandskab.

HVAD BETYDER 'ULTRAMAFISK'?

'Ultramafisk' har hverken noget med mafia eller fisk at gøre. Det stammer fra det engelske 'mafic', som er en blanding af 'magnesium' og 'ferric' (jernholdig). Altså en bjergart med (ultra)højt indhold af bl.a. jern og magnesium, som man typisk finder i Jordens dybere lag sammen med andre tunge grundstoffer, der er 'sunket' nedad.



Foto: Majken Djurhuus Poulsen



MAJKEN DJURHUUS POULSEN

Ph.d. i geologi ved Københavns Universitet, endda som den første grønlandske kvinde. Arbejder som geolog ved De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønlands (GEUS') kontor i Nuuk i Afdeling for Kortlægning og Mineralske Råstoffer.

ledte efter. Men da hun først havde fundet én, blev det nemmere at finde flere. Og hun fik blod på tanden.

”Når man først har fundet én, får man lyst til at gøre det igen og igen. Og det kan jeg godt forstå, hvis private også har lyst til at prøve,” siger Majken Djurhuus Poulsen.

Er hun ude i naturen med andre formål end at finde rubiner, kribler det i fingrene, hvis hun ser et område, hvor der kunne være rubiner til stede. Og hun har før oplevet at være på jagt efter fedtsten, men også finde rubiner, fordi ”man ikke kan lade være, når man først ved, hvad man skal kigge efter”.

Majken er altså blevet godt og grundigt bidt af jagten på de røde sten og beskriver det som en form for detektivarbejde:

”Jeg føler mig som detektiv, når jeg leder efter rubiner. Jeg ved, hvad jeg skal kigge efter, og så er det ret vildt, når jagten lykkes,” siger Majken Djurhuus Poulsen.

Hvis du også vil lære, hvordan man finder rubiner, får du Majkens tips til rubinagt nedenfor.

MANGE ANDRE SMYKKESTEN

Rubiner fra Grønland er sjældne og kan være kostbare (afhængigt af størrelse og kvalitet, red.). F.eks. gik det første smykke-sæt med grønlandske rubiner for 85.000 kroner på auktion i 2018. Der er dog også mange andre smykkesten end rubiner at

komme efter i fjeldene rundt omkring i landet. Det er noget, Majken Djurhuus Poulsen ville ønske, hun havde bedre tid til at udforske:

”Jeg ville gerne gå mere på jagt, hvis jeg kunne. Også her i Nuuk-fjorden efter for eksempel grønlandit, turmalin, måne-sten, beryl og nuummit,” siger Majken Djurhuus Poulsen.

Held og lykke med rubinjagten!



RUBINERNES FINGERAFTRYK

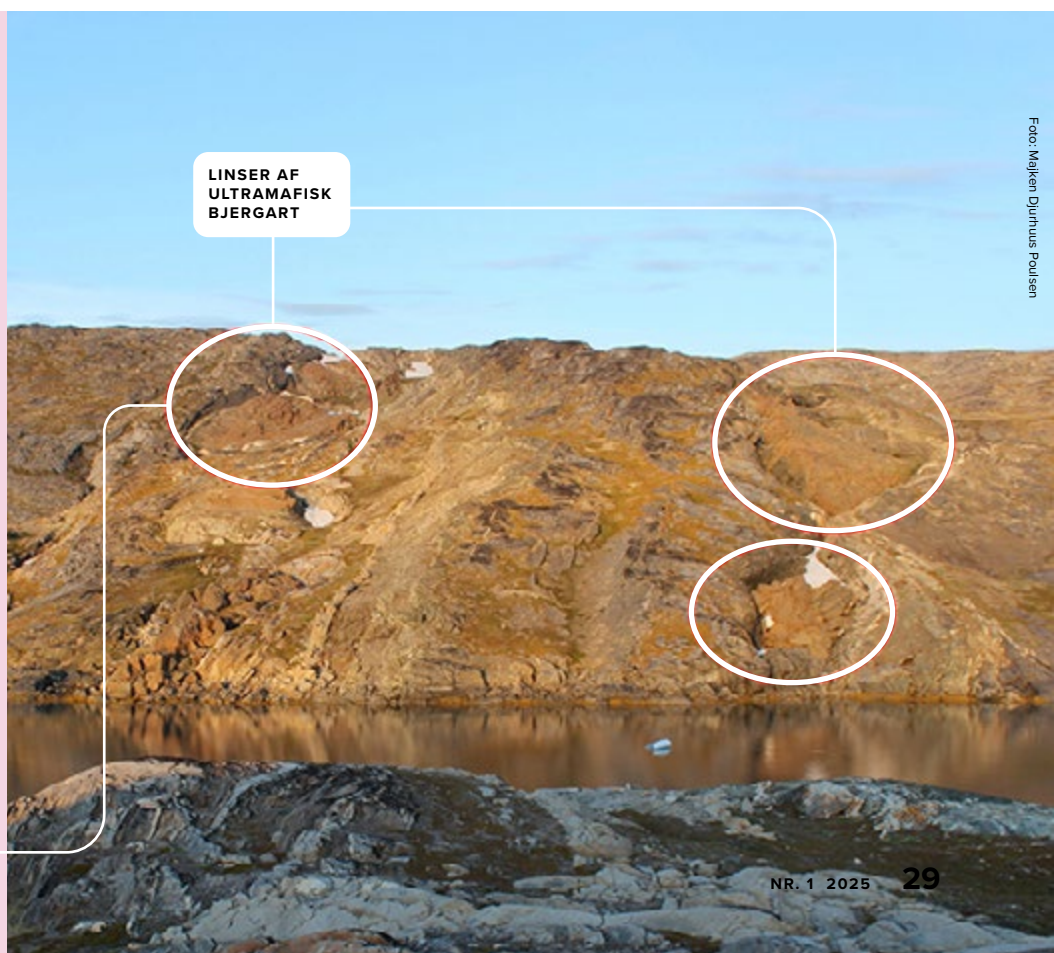
Rubinerne fra Fiskerøset i Vestgrønland (den eneste rubinmine, som dog ikke længere er aktiv) har en unik kemisk sammensætning, som gør det muligt at skelne dem fra andre rubiner. De har f.eks. særligt meget krom (Cr), som gør dem ekstra røde, og de har en unik blanding af små mineralurenheder fra den gang, de blev dannet.

2

LED I DET GAMLE GRUNDFJELD

I det gamle grundfjeld er der mulighed for at finde områder med ultramafiske bjergarter, som Majken også kalder 'linser' (se foto). Det gamle grundfjeld, som er en del af kontinentalpladen under Grønland, udgør terrænet i størstedelen af Sydgrønland (se kort s. 18-19). Her er der altså i teorien mulighed for at finde det mineral, som rubiner er dannet af – kaldet korund.

Er du i tvivl om, hvorvidt du har fundet en ultramafisk bjergart, kan du forsøge at holde en magnet hen til den. På grund af stenedes høje indhold af blandt andet jern og magnesium, kan de være lettere magnetiske.

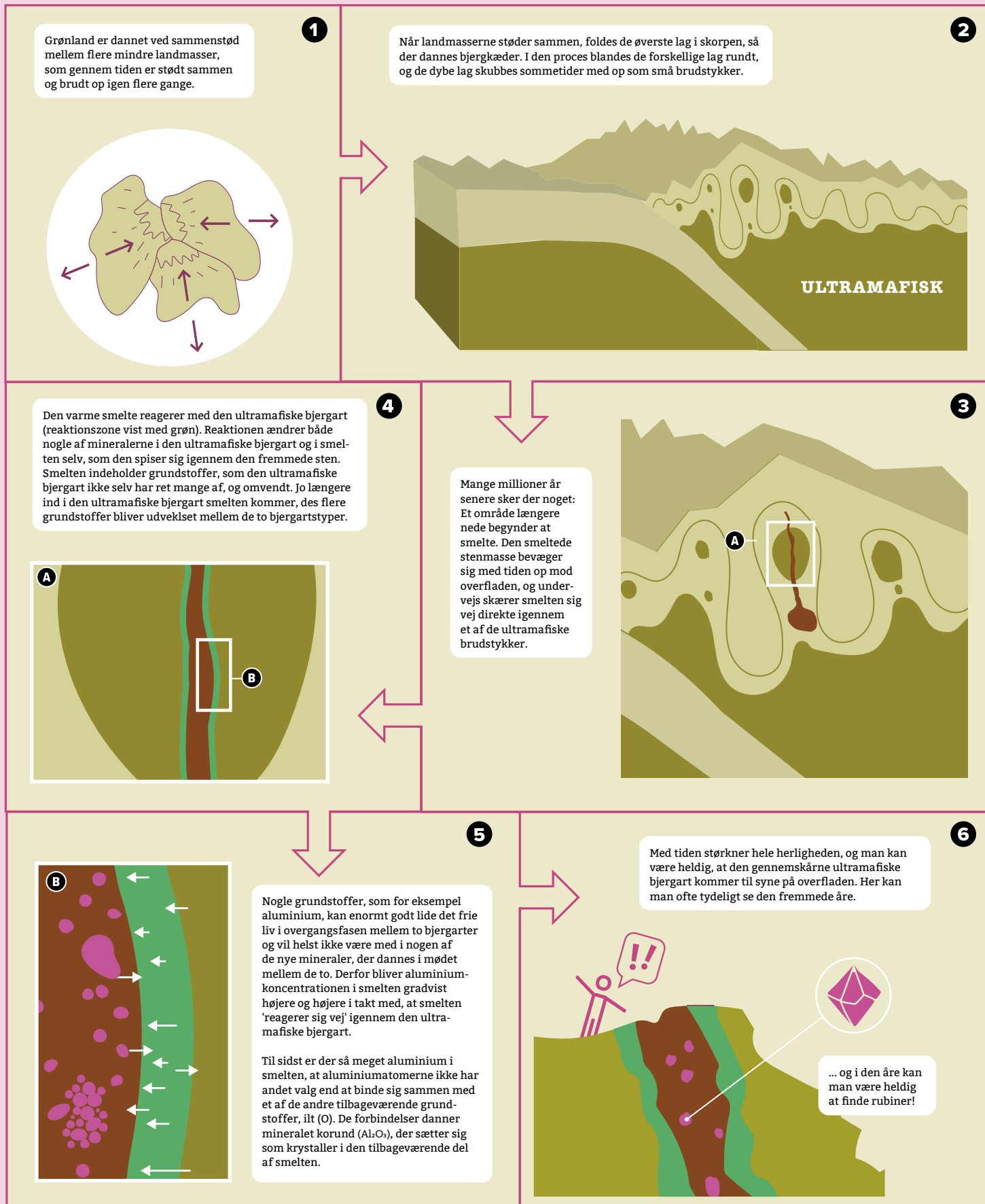


LINSE AF
ULTRAMAFISK
BJERGART

SÅDAN DANNES RUBINER

Rubiner kan dannes på flere måder. Det gennemgående princip er, at aluminium opkoncentreres i smeltet sten, som sidenhen størkner. Det er hovedbestanddelen i rubin. Her ser vi på, hvordan rubiner i Grønland er dannet. Det er den proces, som Majken Djurhuus Poulsen har kortlagt i sin ph.d. Her i en meget forsimplet udgave selvfølgelig.

Figur 13



3

KEND DIN KORUND

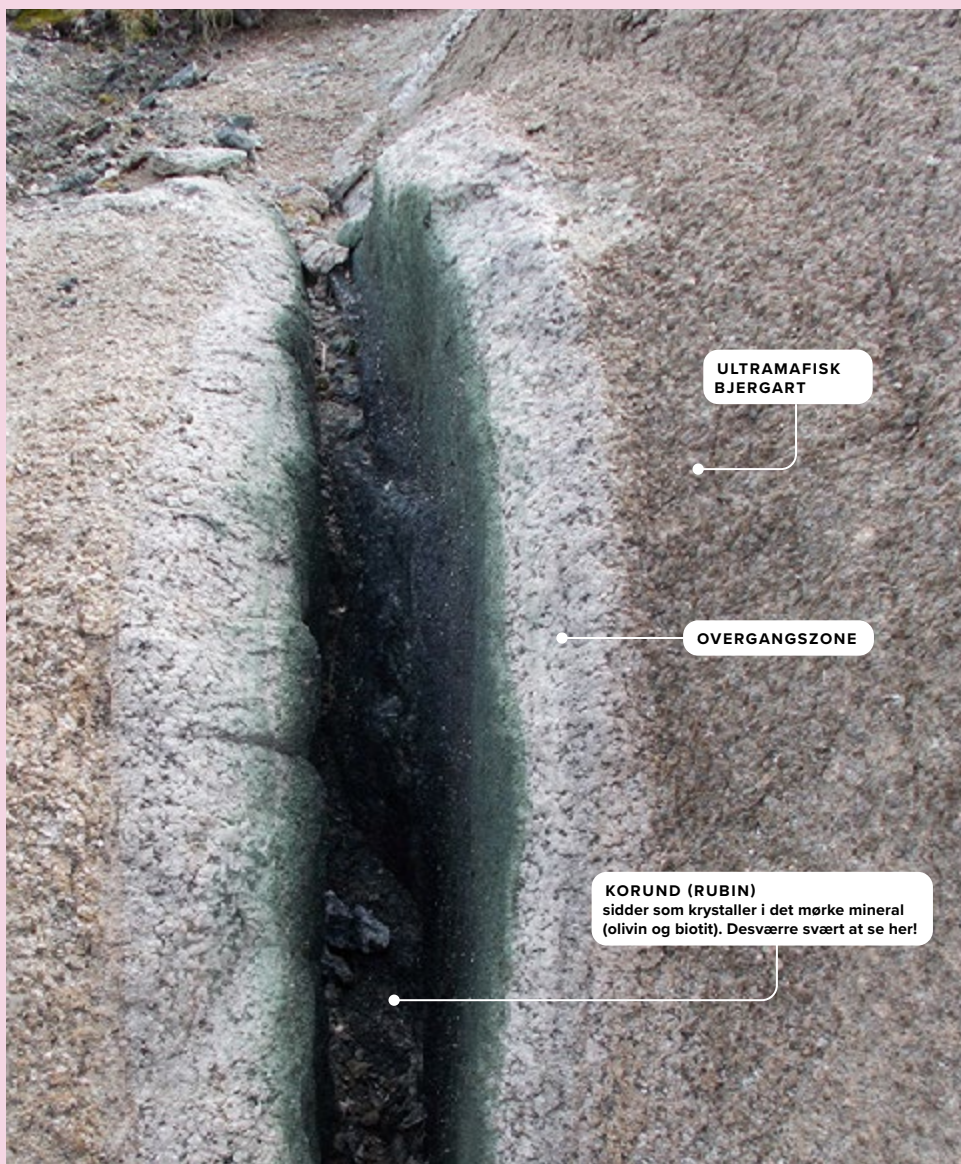
Rubiner består af mineralet korund, også kaldet aluminiumoxid (Al_2O_3). Korund findes i mange forskellige farver, alt efter hvilke andre grundstoffer der er kommet med i blandingen:

- Er korunden rød og klar, kategoriseres den som en rubin (**som på billedet th.**). Den røde farve stammer fra krom (Cr).
- Er den klar, men har en anden farve end rød, kaldes den en safir.
- En blå safir kaldes blot en safir, imens safirer i andre farver kaldes f.eks. gul safir, pink safir og grøn safir.
- Hvis korunden ikke er klar, er det 'blot' korund – uanset hvilken farve den har.

Hvis du skal på jagt efter rubiner, skal du altså i første omgang på jagt efter korund. Og hvis korunden så har den rette farve og kvalitet, kan du være heldig, at der er tale om en rubin.



Foto: Majken Djurhuus Poulsen



4

LED I ÅRER
ELLER SAMLINGER

Når du har fundet den ultramafiske bjergart, skal du lede efter steder, hvor den har reageret med en anden bjergart. For som du kan se på **figuren på side 30**, er det her, magien sker.

Nogle steder kan man for eksempel se, at der går en lys åre igennem bjergarten, eller at der er et 'bånd' langs kanten af bjergarten, som har en anden farve end resten. Det er ved overgangen mellem den ultramafiske bjergart og den anden bjergart, der har skåret sig igennem den ultramafiske, at korund kan dannes.

På billedet til venstre kan du se et godt eksempel på en rubinforekomst i Østgrønland. Her ses en ultramafisk bjergart med en tydelig åre med korund (rubin). Det er det mørke mineral i sprækken, der indeholder korund (rubin). **Figur 13 på side 30** viser princippet bag processen.

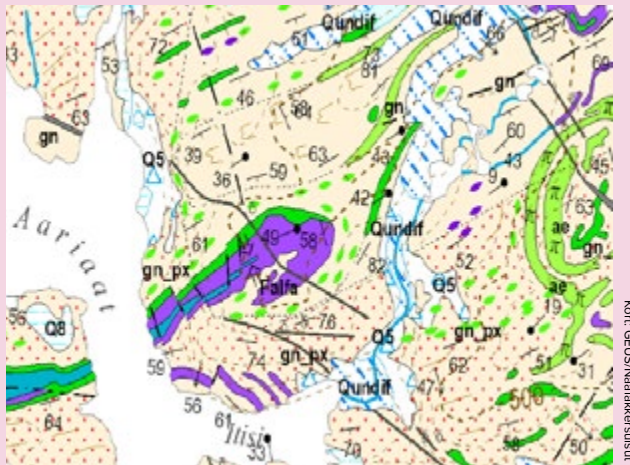
Foto: Majken Djurhuus Poulsen

5

BRUG ET GEOLOGISK KORT

De ultramafiske bjergarter er nogle gange markeret på geologiske kort. Sådanne kan du finde på nettet, og de kan være en stor hjælp. Du kan finde geologiske kort over Grønland på greenmin.gl, som er et samarbejde mellem grønlandske og danske myndigheder. På de geologiske kort (vælg kortene i skala 1:100.000) er ultramafiske bjergarter typisk markeret med lilla som vist herunder ved Fiske-næsset syd for Nuuk, hvor der også indtil for nylig lå en aktiv rubinmine.

Vær dog opmærksom på, at ikke alle områder med ultramafiske bjergarter er markeret på kortene. Hvis der for eksempel er tale om en enkelt, mindre knold, er det ikke sikkert, den fremgår.



Kort: GEUS/Nanakkerssua

6



VURDÉR STENENS FARVE OG KLARHED

Hvis du finder en korund, men er i tvivl om, hvorvidt den kan kaldes en rubin, skal du kigge på dens klarhed og farve. En rubin skal nemlig være klar og rød som den til venstre.

"Man kan bruge en farveguide til at afgøre, om noget er en rubin eller f.eks. en pink safir. Men det er typisk noget, en gemmolog, som er specialiseret i smykkesten, skal gøre," siger Majken Djurhuus Poulsen.

7

KIG PÅ STENEN I UV-LYS

Noget af det særlige ved rubiner er, at de lyser op i ultraviolet lys. Det gør det nemt at kende dem fra andre sten, der ligner.

"Det er ikke alle mineraler, der lyser op ved UV-lys. For eksempel har en rød granat næsten samme farve som en rubin, men den lyser ikke op i UV-lys," siger Majken Djurhuus Poulsen. Skal du på rubinjagt, kan det altså være en stor hjælp at have en UV-lommelygte med.

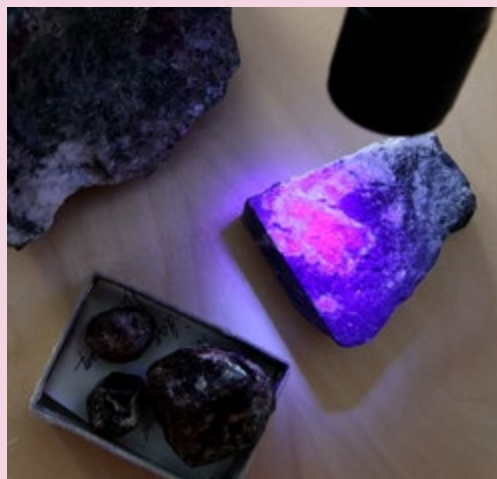


Foto: Sara Kirstine Hald

OBS: REGLER FOR RUBINJAGT

Du må gerne gå på geologisk skattejagt og beundre det, du finder. Det er dog kun tilladt for fastboende grønlandere at indsamle rubiner i Grønland. Er du turist, eller bor du kun midlertidigt i Grønland, må du ifølge råstofloven ikke indsamle mineraler i naturen – medmindre du har fået særlig tilladelse, f.eks. som forsker.



Foto: AdobeStock

GRØNLAND HAR

MANGE SMYKKESTEN

Der findes mere end 50 forskellige slags smykkesten i Grønland ud over rubiner. Læs om dem i rapporten 'Smykkesten fra Grønland i GEUS' prøvesamlinger', Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport 2020/50 af Martin Ghisler og Karsten Secher. Et eksempel er milaktit, der ses herunder.



Foto: GEUS

LÆS DEN FULDE ARTIKEL

PÅ ARCTICHUB.GL

Artiklen her er en forkortet udgave af artiklen 'Find rubiner i den grønlandske natur: Forskerens 17 tips til rubinjagt' bragt hos Arctic Hub i september 2023. Arctic Hub er et partnerskab mellem Grønland og Danmark og arbejder for at skabe en samlende platform for forskning i Grønland.

GEOFYSISK SUPERSYN VISER SPOR EFTER ISTIDENS TILBAGETOG

TEKST: MALENE DAVID JENSEN-JUUL · LAYOUT: LYKKE SANDAL

Fjordene på Grønlands nordøstkyst er fyldt med sediment fra den seneste istid for cirka 12.000 år siden, hvor isen smeltede og trak sig tilbage. Med geofysiske målinger kan forskerne se ned under havbunden og få en forståelse af de geologiske processer, som er skyld i de fyldte fjorde. Forhåbentlig kan det gøre os klogere på, hvad der kan ske i fremtiden.

For de fleste ligner linjerne og farverne på skærmen, som geofysiker Katrine Juul Andresen sidder foran en sen nat-tetime, måske bare tilfældig grafik. Men lad dig ikke narre.

For i linjerne og farverne gemmer sig historier om iskæmper, klimaforandringer og en dynamisk havbund, og har man som Katrine finpudset sine geologiske briller, kan historierne aflæses – og læses højt for andre.

”Ud fra vores undersøgelser langs Grønlands østkyst kan vi se, at mange af fjordene tilsyneladende er blevet fyldt med sediment ret hurtigt under tilbagetrækningen af iskjoldet i slutningen af den seneste istid. På de geofysiske data kan vi både se normal sedimentaflejring og forskellige skredtyper,”

fortæller forskeren, som er professor ved Institut for Geoscience på Aarhus Universitet.

Nogle skred er fjeldskred, hvor klippestykker skrider ned fra fjordens stejle sider og lægger sig i fjordbunden, mens der andre steder ses tegn på såkaldte 'turbiditstrømme', hvor mere finkornede sedimenter føres langt ud i fjorden. Turbiditstrømmene skal vi nok vende tilbage til.

GEOFYSISK SUPERSYN

I 2017 var Katrine på feltarbejde til søs med ekspeditionen NorthGreen2017,

hvor en gruppe forskere sejlede langs Grønlands nordøstkyst. De udførte mange forskellige studier med det fælles mål at få en bedre forståelse af, hvordan havis, gletsjere og havforhold ændrer sig over tid i et område, der er blevet kaldt for et hotspot for effekter af klimaforandringer. Hvis forskerne skal prøve at forstå, hvordan klimaændringerne vil påvirke verden fremover, er det vigtigt at vide noget om fortidens klimaændringer og de dynamikker, som de har igangsat.

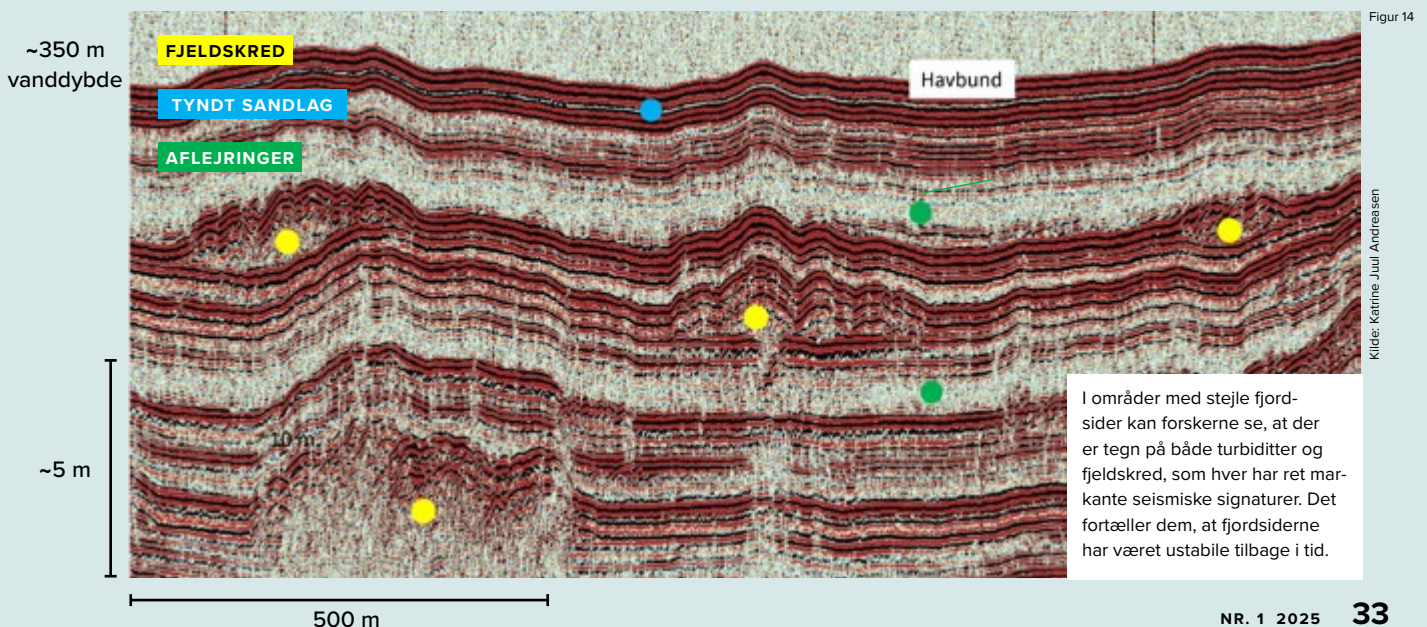
Katrines geofysiske undersøgelser gik ud på at indhente højopløselige refleksionsseismiske data. Det foregår, lidt ligesom når man bruger et ekkolod:

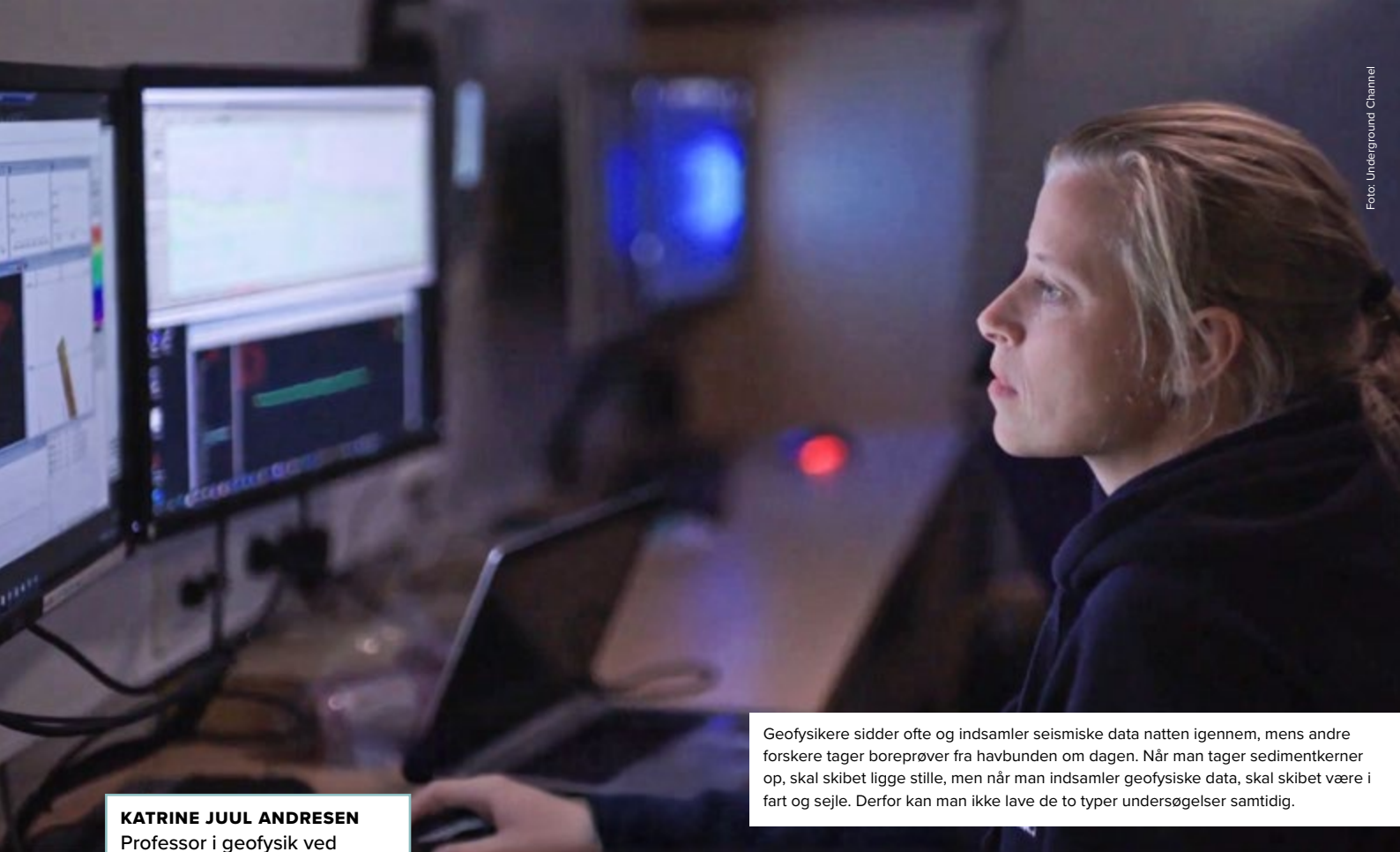
”Vi sender lydbølger ned mod havbunden, hvor de forplanter >

Seismisk profil viser fjeldskred, turbiditstrømme og sandlag

Disse flotte striber udgør en seismisk profil fra den dybe del af Young Sund i Nordøstgrønland. Den viser de forskellige skredtyper imellem de mere almindelige sedimenter. **Gule markeringer** viser fjeldskred med flad bund, bølgende top og begrænset udbredelse. **Grønne markeringer** er

aflejringer fra turbidit- eller de beslægtede såkaldte debris flow-strømme, som kendes på større udbredelse og svage, uregelmæssige refleksioner. **Den blå cirkel** markerer et tyndere sandlag, som måske også er en turbidit. Se, hvordan den seismiske profil skabes, **i boksen på side 35.**



**KATRINE JUUL ANDRESEN**

Professor i geofysik ved Institut for Geoscience på Aarhus Universitet. Hun arbejder bl.a. med geo-arkæologi i de oversvømmede og begravede landskaber i den danske Nordsø, men i denne artikel fortæller hun om sit arbejde i Grønland.

Geofysikere sidder ofte og indsamler seismiske data natten igennem, mens andre forskere tager boreprøver fra havbunden om dagen. Når man tager sedimentkerner op, skal skibet ligge stille, men når man indsamler geofysiske data, skal skibet være i fart og sejle. Derfor kan man ikke lave de to typer undersøgelser samtidig.

sig ned igennem de geologiske lag i undergrunden. Herfra reflekteres de og sendes tilbage til overfladen, hvor vi med måleudstyr er klar til at opfange signalerne.”

Signalerne omdannes til lodrette profiler af undergrunden, hvor refleksioner fra laggrænser fremstår som linjer og farver (se figur 15) – og Katrine forstår, hvad de betyder. Det seismiske udstyr giver hende et geofysisk supersyn, så hun kan se, hvad der er dybt under havbunden.

”Med denne type højopløselige lydkilder kan vi typisk se ned til omkring 25 til 50 meters dybde under havbunden afhængig af geologien i området,” siger hun. (Læs mere om højopløselige seismiske data i boksen på side 35.)

SNAPSHOTS AF HAVBUNDENS MORFOLOGI

Formålet med at bruge seismiske metoder er blandt andet at finde de bedste lokaliteter til at tage prøver af havbunden i form af sedimentkerner. De er et rent skatkammer af geologisk viden, forklarer Katrine:

”Når vi kigger på kerner fra havbunden, er det for at datere, identificere og analysere de enkelte lag i kernen – hvornår er dette sediment fra, og hvad består det af?”

Sammen med analyser af kernerne giver de geofysiske undersøgelser også forskeren og hendes kollegaer et billede af havbundens morfologi. Morfologi er et geovidenskabeligt udtryk

for, hvordan havbunden ser ud, og beskriver for eksempel, hvor noget er forsvundet (eroderet), og hvor noget nyt er kommet til (aflejret). Det giver et billede af de processer, der har fundet sted.

”Kernerne er typisk op til seks meter lange, og nogle steder er lagene i bunden cirka 11.000 år gamle. I vores seismiske data fra fjordene kan vi dog se, at der visse steder er meget mere sediment aflejret end de seks meter – nogle steder op til 50 meter sediment,” siger Katrine.

Hvis alt dette er aflejret, efter isen trak sig tilbage for cirka 12.000 år siden, er der blevet aflejret voldsomt meget sediment på ret kort tid. Der har altså været været heftige kræfter på spil i fjordene langs Grønlands nordøstkyst.

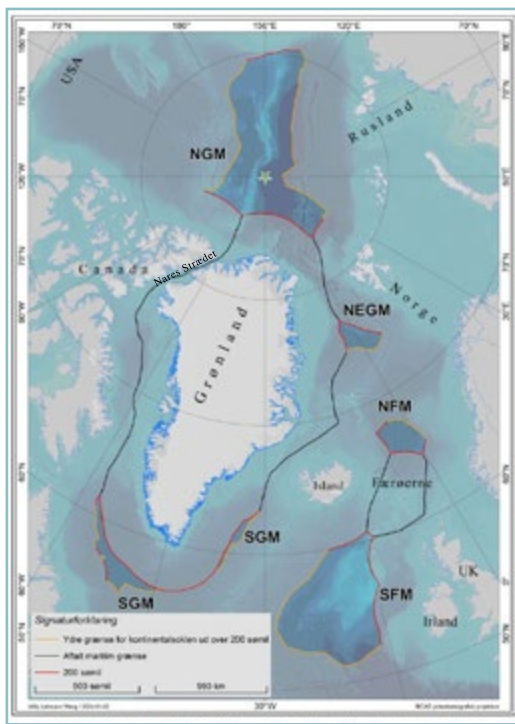
”Vi har registreret 40 meter sediment på omkring 1000 år, og det er ret meget.”

KNALD PÅ AFSMELTNINGEN

De store mængder sediment skyldes processer, som er sket i forbindelse med den seneste istid, Weichsel. Processerne har efterladt spor, som Katrine kan se på de geofysiske data fra ekspeditionen. Weichsel-istiden toppede for cirka 20.000 år siden, og dengang lå isen helt ud til det, man kalder kontinentalsoklen (se figur 15). Sporene kan være tegn på geologiske processer som f.eks.:

Skred: Under isens fremtog har isen mast sediment frem for sig. Da isskjoldet har trukket sig tilbage gennem de grønlandske fjorde, har det fået fjeld og ophobede bunker sediment til at skride.

Figur 15



Kilde: lex.dk

GRØNLAND STRÆKKER SIG LANGT UD I HAVET

Grønlands kontinentalsokkel strækker sig fra kysten og langt til havs og har typiske vanddybder på nogle hundrede meter. Kontinentalsoklen går ud til kontinentalskråningen, hvor vanddybden stiger ned mod den dybe oceanbund, hvor dybden typisk er 3-5 kilometer i områderne omkring Grønland.

at der har været knald på afsmeltningen af gletsjerne og aflejringen!”

Hun fortæller, at forskerne ser samme tendenser på øst- og vestkysten af Grønland, hvilket viser, at den slags fjord-opfyldning nok er et mere generelt fænomen. Fjordudfyldningen giver os derfor en forståelse af de geologiske processer, der sker under afsmeltning af gletsjere fra fjorde.

ISSKJOLDETS TILBAGETOG SKABTE SKRED

Observationerne af skred stemmer ifølge Katrine Juul Andresen godt overens med, at man er ret sikker på, at isen har trukket sig relativt hurtigt tilbage igennem fjordene. Et lille eksempel: Forestil dig, at du sidder på stranden. Du skubber dine hænder gennem sandet og danner en lille bunke sand med en skrænt vendt mod dig. Hvis du pludselig trækker hænderne til dig, vil skrænten falde sammen uden dine hænder at støtte sig op ad, og en lille flod af sand vil lande i sporet fra hænderne.

Det er cirka sådan, bare med et stort isskjold og nogle fjelde både over og under havoverfladen, at Katrine og de andre forskere forestiller sig, at der er sket skred dengang for godt 12.000 år siden, da Weichsel-istiden lakkede mod enden. Sammen med en drastisk afsmeltning i gletsjerne, der har pøset sediment ud i fjordene, er det fortidens klimaforandringer, der har efterladt sig spor i havbunden langs Grønlands kyster.

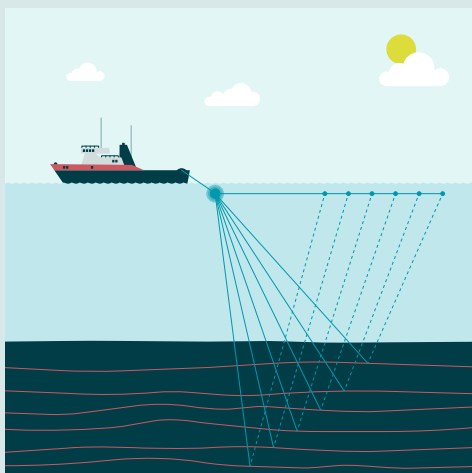
På trods af geofysisk supersyn, der giver indblik i processer i havbunden, så understreger Katrine, at der stadig er meget, som vi ikke forstår. Hvem ved, hvilke andre spor der bare venter på at blive kortlagt af en geofysiker en sen natte-time til søs – og hvad det kan lære os om fortiden og dermed gøre os bedre i stand til at forstå, hvad der kan ske i fremtiden. •

Turbiditstrømme: Når finkornet sediment under vand sættes i bevægelse af f.eks. et skred, hvirvles det op i vandsøjlen. Det sedimentmættede vand er tungere end det omkringliggende vand, og på grund af tyngdekraften skaber det en strøm mod dybere dele af havbunden. En turbiditstrøm kan komme langt omkring, før sedimentet aflejres.

Smeltevandsfloder: Ved slutningen af istiden har de grønlandske fjorde været omgivet af gletsjere, og der har sandsynligvis været store smeltevandsfloder, som har ført en masse sediment ud i fjordene. Gletsjere er som massive transportbånd, der frakter materiale, for eksempel sediment, fra det fjeld, som isen ligger på.

Sedimenterne fra skred, turbiditstrømme og smeltevandsfloder ses ifølge Katrine i dag tydeligt i fjordene, som ofte har stejle fjeldsider, der fortsætter ned under vandet:

”Når man kommer ned på omkring en kilometers dybde, bliver den ellers stejle fjordsbund ofte ret plan, fordi fjorden er blevet fyldt op med sediment til denne dybde. Det viser,

**SÅDAN FÅR KATRINE DETALJEREDE HAVBUNDSPROFILER**

Den type data, som Katrine indsamler, kaldes subbottom profiler. De indsamles med en meget højfrekvent lydkilde, der giver en lys lyd, som et 'ping.' Med de høje frekvenser kan man ikke se så langt ned i havbunden (typisk kun ned til omkring 50 meter under havbunden), men til gengæld kan man se ret detaljeret. Denne type højopløselige seismiske data giver profiler, hvor man kan adskille sedimentlag ned til tykkelser på 5 til 10 centimeter, og det er godt, når man leder efter områder med blødt mudder, hvor man kan få nogle gode

borekerner op. De højopløselige seismiske data er også ideelle til at sammenholde med undersøgelser af kernerens indhold og til at skelne mellem forskellige typer aflejringer, f.eks. turbiditter og fjeldskred.

Andre seismiske data indsamles med mere lavfrekvente kilder – som f.eks. en luftkanon. Her er lyden dyb, som et 'boom', der når flere kilometer ned i undergrunden. Data fra sådanne lydkilder giver et grovere billede med få detaljer, fordi det er i lav opløsning. Se, hvordan en seismisk profil kan se ud, i figur 14.

Udgiver: Geocenter Danmark

Ansvarshavende:

Anja Fonseca, GEUS

Redaktør

Fie Krøyer Dahl, GEUS

Skribenter:

Johanne Uhrenholt Kusnitzoff, GEUS

Fie Krøyer Dahl, GEUS

Design:

Lykke Sandal, GEUS

Stine Øckenholt, GEUS

Korrektur:

Caroline Dea Rutter, GEUS

Forsidefoto: Fie Krøyer Dahl

Tryk: Strandbygaard

Eftertryk: Tilladt med kildeangivelse, videresalg ikke tilladt.
Læs mere på geoviden.dk/copyright

Kontakt: geoviden@geus.dk

www.geoviden.dk

ISSN: 1604-6935 (papir)

ISSN: 1604-8172 (elektronisk)

GEOCENTER DANMARK

Geoviden udgives af Geocenter Danmark og er målrettet undervisningen i gymnasierne. Der udkommer to blade og en plakat om året. Abonnement er gratis og tegnes på geoviden.dk. Her kan man også læse bladet og finde ekstrap materiale, bl.a. video.

Geocenter Danmark, der udgiver Geoviden, er et samarbejde mellem De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS), Institut for Geoscience ved Aarhus Universitet samt Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning og Statens Naturhistoriske Museum, begge ved Københavns Universitet. Geocenter Danmark er et center for geoviden-skabelig forskning, uddannelse, rådgivning, innovation og formidling på højt internationalt niveau.



Foto: Humbert Entress, Visit Greenland

FORTSÆT LÆSNINGEN OM GRØNLAND:

HVOR ISTIDEN ALDRIG ENDTE

På geoviden.dk kan du blive klogere på Indlandsisen i Grønland, som er verdens næststørste ismasse, kun overgået af Antarktis. Isen i sig selv kan være mange tusind år gammel – men den er en dynamisk størrelse, der hele tiden er i bevægelse. For på samme måde som kroppens celler udskiftes Indlandsisen hele tiden, i takt med at den gamle is smelter væk ved kanterne.

+ Læs hele bladet om Indlandsisen (på både dansk og grønlandsk) på geoviden.dk/indlandsisen



GEUS

DE NATIONALE GEOLOGISKE
UNDERSØGELSER FOR DANMARK
OG GRØNLAND (GEUS)
www.geus.dk



INSTITUT FOR GEOVIDENSKAB
OG NATURFORVALTNING (IGN)
www.ign.ku.dk

STATENS NATURHISTORISKE
MUSEUM (SNM)
www.snm.ku.dk



AARHUS
UNIVERSITET

INSTITUT FOR GEOSCIENCE (IG)
AARHUS UNIVERSITET
www.geo.au.dk