

2012

geoviden

GEOLOGI OG GEOGRAFI NR.3

MOLERETS HISTORIE

- **JORDARTEN MOLER**
- **LANDET OMKRING MOLERHAVET**
- **DRIVHUSKLIMA I TIDLIGSTE EOCÆN**
- **ASKELAGENE I MOLERET
OG DEN NORDATLANTISKE VULKANPROVINS**
- **GLACIALTEKTONIK I MOLERET**
- **GLACIALTEKTONISK DEFORMATION FORAN
OG UNDER ISEN**
- **MOLER – ET GEOLOGISK RÅSTOF**



Den 25 m høje østvendte molerklint på Feggekliit. I klinten ser man lyst moler og tynde mørke askelag. De vulkanske askelag fremhæver de glacialtektoniske folder. Folderne er dannet af et istryk fra nord.

Foto: Stig A.S. Pedersen, GEUS.

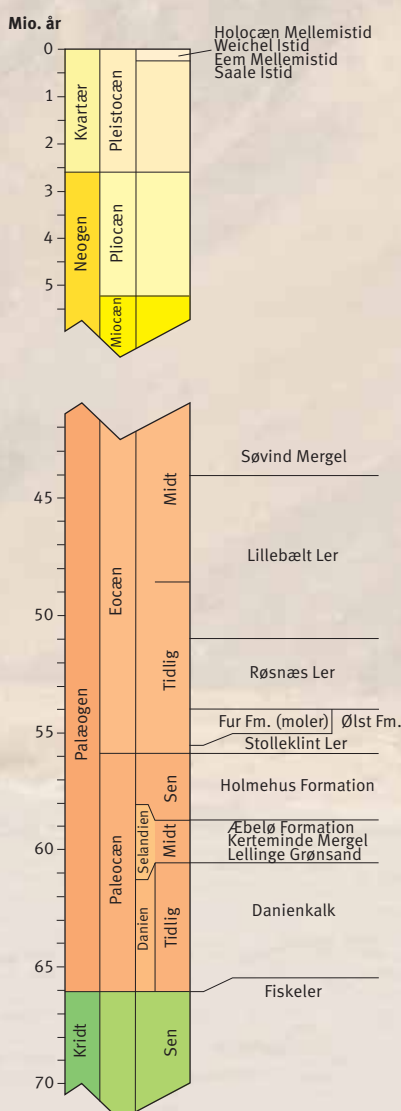
MOLERETS HISTORIE

Moler med askelag er et specielt dansk geologisk fænomen. Ingen andre steder i verden finder man denne kombination af tætliggende askelag og hvidt moler. Geologisk set er moler en diatomit, fordi bjergarten består af mere end 50 % diatome-skaller. Diatomeer er kiselskallede encellede alger, der havde en kraftig opblomstring i Nordsøbassinet for 54 millioner år siden. Mens diatomeerne trivedes i de øvre vandmasser og blev aflejret på havbunden, blev asken, der kom fra datidens meget aktive vulkaner i Nordatlanten, bragt hertil med vinden.

På havbunden blev der samtidig aflejret døde fisk, nogle af dem på grund af iltmangel. Fra land flød træstammer og planterester til havs og sank også til bunds, til tider sammen med sværme af insekter eller en enkelt fugl. Her blev de begravet og bevaret, for med tiden at opstå som smukke forsteninger.

Det er dog Den Skandinaviske Iskappe, der er årsag til, at vi i dag kan studere moler med askelag i kystklinerne langs Limfjorden. Under sidste istid blev moleret skubbet op foran fronten af den fremrykkende is. Herved dannedes de parallelle bakker, som udgør de karakteristiske bakkekroner på Mors og Fur, og hvis indre opbygning kan ses i molerklinerne.

Geologisk tidsskala



JORDARTEN MOLER

En af de meget specielle jordarter, som findes i Danmark, er moleret. Det findes kun blot i området omkring den vestlige del af Limfjorden, og ingen andre steder i Nordeuropa. Moler er fint og hvidt, og når det er tørt er det så let, at det kan flyde på vandet. Hvis man er heldig kan man finde en fossil fisk mellem de tynde lerlag. *Mo-ler* er en gammel betegnelse, som blot antyder at sedimentet er finkornet og lyst. Geologisk klassificeres moler som en eocæn, marin, leret diatomit. En diatomit er en sedimentær bjergart – en aflejring – som består af mere end 50 % mikroskopiske skaller af opal, produceret af diatomeer, som tilhører en stor gruppe af encellede alger. Mange af disse lever i havet (marine arter), mens andre lever i ferskvand. Op mod en tredjedel af moleret består af ler, altovervejende lermineralet smektit, deraf betegnelsen leret diatomit. Diatomitter kendes fra mange lokaliteter i verden og varierer fra rene diatomitter til kalk-diatomitter, eller diatome-gytje. Det sidste er velkendt fra søaflejringer, hvor diatomeerne er aflejret sammen med pollen og nedbrudt plantemateriale. Diatomitter dannes, hvor der er lys og næringsstoffer, som fører til en opblomstring af diatomeer. Marine diatomitter er specielt koncentreret på steder, hvor der sker opstrømning af koldt, næringsholdigt bundvand mod varmere overfladevand. Stillehavskysten ud for Californien er et område, hvor sådanne betingelser for diatomeers opblomstring er velkendt.



Stor diatome-skål tilhørende slægten *Coscinodiscus*. Skallen har en diameter på ca. 0,2 mm og er dermed blandt de største i moleret.

Illustration: Stig A.S. Pedersen, GEUS.

igennem lang geologisk tid. Oceanområderne langs med ækvator er tillige kendt for deres rigdom på diatomeer. Kortlægningen af diatomeslam på havbunden giver maringeologerne viden om varme havstrømmes forløb og ændringer gennem tiden. Specielt vil man ved studiet af fordelingen af diatomeer i tynde lag i dybhavsborekerner kunne vurdere frekvensen af klimavariationer som El Niño og La Niña (se fx Geviden 2011, nr. 4 s. 10).

Nordsøen og det danske område var i Eocæn dækket af et indhav, hvor køligt, næringsholdigt bundvand blev cirkuleret op til overfladen. Netop på overgangen fra Paleocæn til Eocæn for ca. 54 mio. år siden, indtraf en varmeperiode. I et lokalt havområde i det nuværende Nordjylland opstod ideelle forhold for diatomeopblomstringen, som var betingelsen for aflejringen af moleret.

Blandt geologer er moleret kendt som Fur Formationen. Det mest karakteristiske ved Fur Formationen er, at den ca. 60 meter tykke lagserie indeholder 187 vulkanske askelag. I det lyse moler står de vulkanske askelag frem som markante sorte striber. De tykkeste askelag er op mod 20 cm tykke, men de fleste lag er tyndere end 5 cm. I den danske geologiske viden-



Lamineret moler med to tynde lag af vulkansk aske. Bemærk at de groveste askepartikler ligger i bunden af lagene, fordi de er sunket hurtigst ned gennem vandsøjlen.

Foto: Gunver K. Pedersen, GEUS.

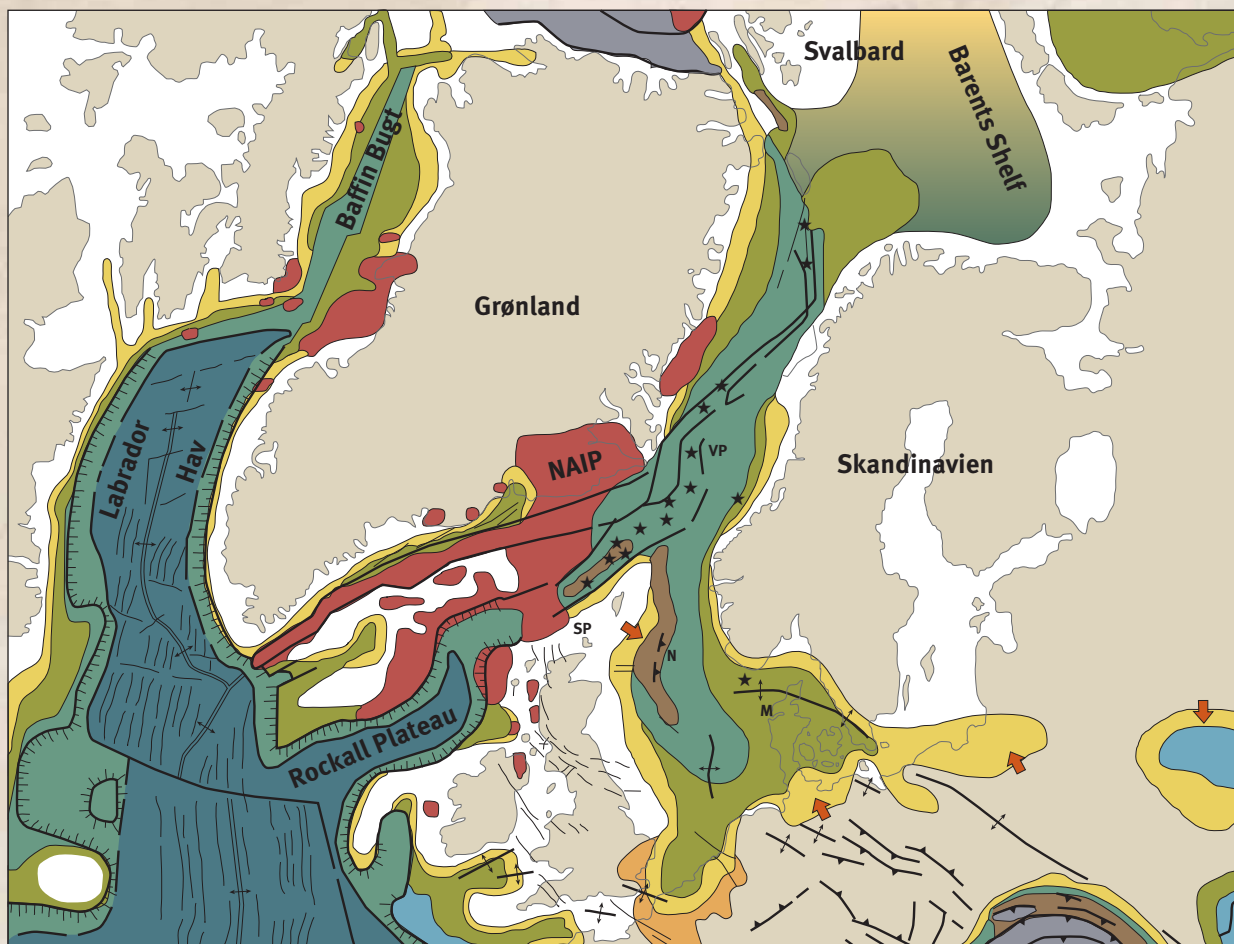
skabshistorie har disse askelag tiltrukket sig stor opmærksomhed, idet vulkaner af Tertiær alder ikke er kendt inden for det danske område. Efter adskillige års forskning og støttet af omfattende geokemiske analyser og de mest moderne geologiske erkendelser er det nu entydigt fastslået, at askelagene repræsenterer den mest komplette og bedst bevarede, blottede lagserie af vulkanske udbrudsprodukter fra fødslen af det Nordatlantiske Ocean for ca. 55 mio. år siden. Kilden til de vulkanske askelag er Den Nordatlantiske Vulkanprovins (NAIP=North Atlantic Igneous Province), som har haft udbrudcentre i Østgrønland, ved Færøerne, i Skotland og på shelfen vest for de Britiske Øer. Men det er først med viden om askeskyers

STIG A.S. PEDERSEN

Seniorforsker, GEUS.
sasp@geus.dk

GUNVER K. PEDERSEN

Seniorforsker, GEUS.
gkp@geus.dk

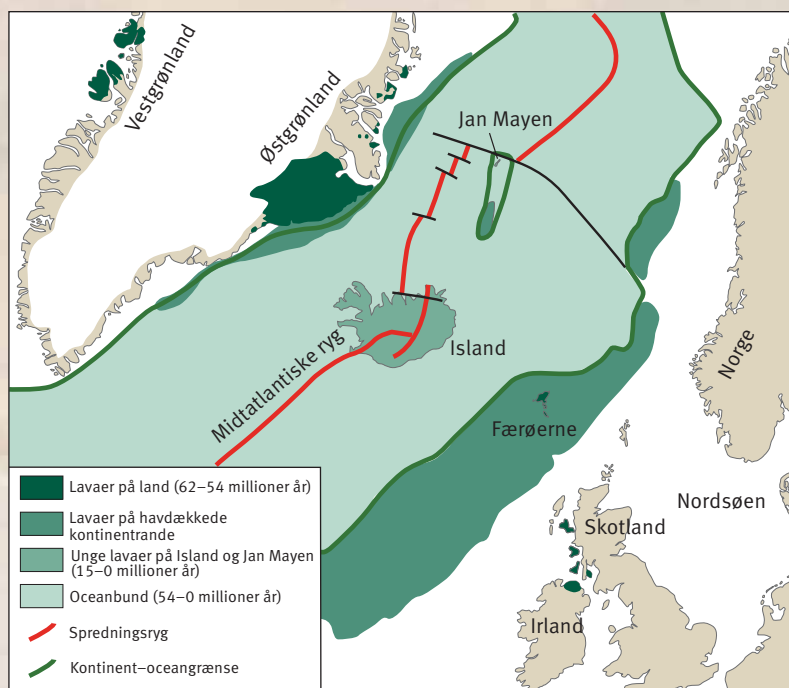


Palæogeografisk kort over Nordatlanten før havbundsspredningen begyndte for ca. 54 mio. år siden. NAIP=Nordatlantiske Vulkanprovins (North Atlantic Igneous Province), M=molerområdet, N=Nordsøen, SP=Shetland Platform, VP=Vøring Plateau. Bemærk at Nordsøen var et delvist aflukket havområde i Tidlig Eocæn.

Illustration: Annabeth Andersen, GEUS. Omtegnet efter Ziegler 1990.

spredning fra moderne vulkanudbrud, at vi i dag har modeller til at beregne spredning af relativt grovkornede askepartikler over afstande på mere end 1000 km. Et eksempel er udbruddet fra Eyjafjallajökull på Island i foråret 2010, som lammede flytrafikken på den nordlige halvkugle i adskillige dage.

Fur Formationen/Moleret kan opfattes som et arkiv, som rummer vigtig information om både vulkansk aktivitet og datidens dyre- og planteliv, idet diatomitten indeholder et meget stort antal meget fint bevarede fossiler. Fossilerne repræsenterer både livet i havet (fisk og andre havdyr) og livet på landet omkring molerhavet (fugle, insekter og planter). De smukkeste fossiler er dem, der er bevaret i cementsten, den lokale betegnelse for kalkkonkretioner, som med varierende hyppighed findes i forskellige niveauer i moleret. Blandt fossilerne er det især fuglene, som tiltrækker sig stor opmærksomhed. Dels er fundene meget velbevarede, dels repræsenterer de starten på de mo-



Hovedtrækkene i Nordatlantens geologi. Den røde linje markerer den Midatlantiske Spredningsryg. Den kappediapi, som er kilden til Islands nutidige vulkanisme, lå i sin tid først under Vestgrønland, siden under Østgrønland og Færøerne. Se også Geoviden 2007/4.

Kilde: Dansk Lithosfærecenter.



Landet omkring molerhavet var frodigt med skove, søer og floder. Herfra stammer de fugle, utallige insekter og plantedele, defindes som fossiler i moleret. Nogle af planterne findes som træstammer, andre som kviste og endelig er mange repræsenteret ved sporer og pollen. Nogle træstammer har drevet så længe, at de er blevet hjem-sted for blåmuslinger, som lever i saltvand.

Illustration: Stig A.S. Pedersen, GEUS.

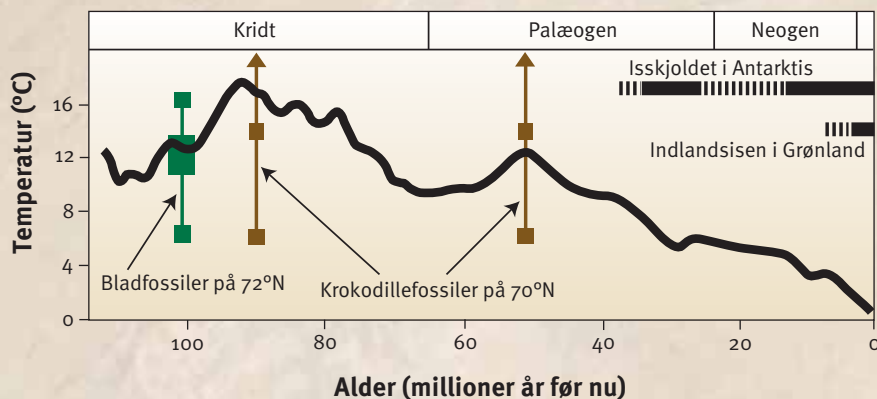
derne fugles gennembrud. Man kan næsten sige, at det er molerets fugle, der er forfædre/stamformer til alle de spurve, skader, ænder, måger og svaler vores nuværende natur er beriget med.

LANDET OMKRING MOLERHAVET

For flere år siden fandt fossilsamler Bent Søe Mikkelsen en meget smukt bevaret forstenet træstamme i cementsten, hvor dele af roden også er bevaret. Det er ikke det eneste fund af forstenet træ i moleret, faktisk er der fundet adskillige stykker træ, og det er lykkedes at grave enkelte træstammer på mere end 3 meter ud af en af molergravene. Men det særlige ved den 'fossile rodvælte' var, at der imellem rødderne stadig sad rester af den jordbund, træet havde vokset i. Det havde været en gruset, flint- og kalkrig skråning langs med en flod,

der efterhånden havde undermineret skrænten, hvor træet voksede. Til sidst var hele træet styrtet omkuld og med floden skyllet ud i havet, hvor det efter nogen tid sank til bunds. Jordarten mellem træets rodnetværk giver et meget fint billede af noget af det land, der lå tættest ved molerhavet. Den nærmeste kilde for flint og kalk er Danienkalken. Denne blev godt nok aflejret 5–10 mio år. før moleret i et havområde, som dækkede et større areal. I det mindste må Danienkalken være blevet løftet i vejret, så den har skabt en jordoverflade, som blev eroderet ned og dannede en grusaflejring neden for en kalkstensklippe. Det bedste bud på et sådan tektonisk påvirket landskab kunne være horsten under Anholt, hvor Danienkalken er borteroderet på toppen, men stadig findes på flankerne af horsten. De øvrige nærliggende landområder er Sveriges vestkyst, Nor-

ges sydkyst og England/Skotlands østkyst. Så tilbage står vi med viden om et skovrigt landområdet i et kuperet terræn. Men imellem skov og hav har der tillige været fladvandede sumpområder med mangrovelignende forhold. Vi kender dels flere sivilignende planterester, dels de storbladede *Macclintockia*. Desuden er moleret kendt for at have en fantastisk rigdom af insekter: græshopper, guldsmede, myg, stankelben og myrer. Alle sammen repræsenterer de relativt dårlige flyvere, som i en kraftig sommervind let har kunnet blive spredt ud over havet og efterfølgende er gået til bunds. Det samme gælder fuglene. De kendte fuglefossiler repræsenterer alle landlevende arter, idet der endnu ikke er fundet en eneste repræsentant for svømmefuglene.



Den rekonstruerede temperaturkurve viser at klimaet i både Kridt og Eocæn var meget varmere end i nutiden. For eksempel er der fundet rester af krokodiller på meget høje breddegrader. Se også Geoviden 2006/4.
Illustration: Christian J. Bjerrum, IGG, KU.

DRIVHUSKLIMA I TIDLIGSTE EOCÆN

På grænsen mellem Paleocæn og Eocæn indtræder en helt usædvanlig varmeperiode. Faktisk er grænsen mellem Paleocæn og Eocæn (PE) nu fastlagt ved PETM, den internationale betegnelse for det temperatur-maksimum (TM), som optræder på overgangen mellem de to epoker. Det var nu ikke nogen langvarig, global opvarmning; formodentlig varede den kun

200.000 år, hvilket dog er betydeligt længere end de seneste mellemistider. Metoden til at bedømme temperaturstigningen er at måle kulstof-isotop-sammensætningen i fossilt organisk materiale. En markant kulstof-isotop-anomali markerer starten af PETM, som en brat temperaturændring. Denne anomali kan genfindes i både marine og terrestriske aflejringer. Det anslås at der blev frigivet 1500–2000

gigatons ^{13}C -forarmet kulstof til oceanerne og atmosfæren i form af kultvejte eller metan. Dette svarer til, at der under PETM skete en stigning af havenes overfladetemperatur med 5°C i troperne og mere end 6°C ved polerne. Mængden af ^{13}C -forarmet kulstof er faktisk sammenlignelig med den hidtidige og forventede, fremtidige, menneskeskabte drivhuseffekt (CO_2 -udslip) ved fremskrivning af den nuværende tendens. Drivhuseffekten i Eocæn resulterede i de højeste temperaturer på Jorden inden for de sidste 65 mio. år.

Klimaændringen medførte en voldsom forsurening af oceanerne, hvorved 35–50 % af arterne af de bundlevende foraminiferer uddøde. Til gengæld opstod der nye arter af plank-



Hvilespore fra dinoflagellaten Apectodinium augustum, som optræder i meget stort antal i varmeperioden PETM. Længde: 0,1 mm.

Foto: Claus Heilmann-Clausen.

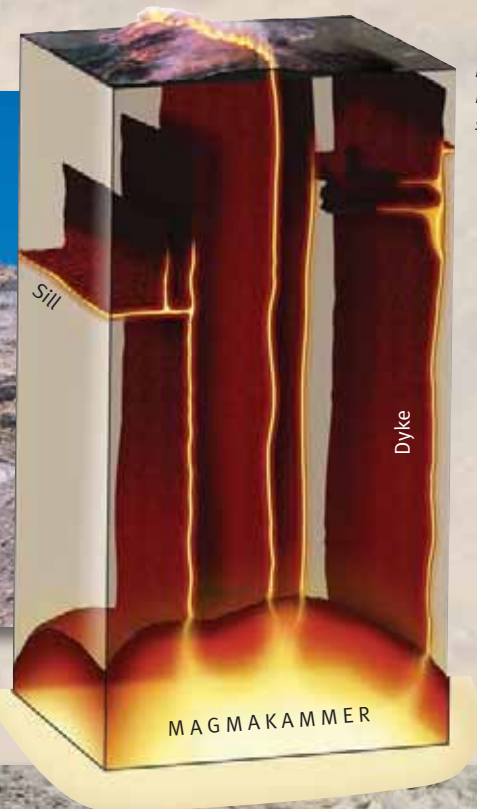


Den vestlige Limfjord med øerne Mors og Fur samt angivelse af vigtige molerlokalteter. På nordkysten af Fur ligger Stolleklint som har givet navn til Stolleklint Leret, der blev aflejret under PETM, se ovenfor.



En dyke er en lodret vulkansk gang, hvor lavaen er størknet i en sprække. Gangen skærer de ældre lag af sand og ler, som nu er eroderet væk og dyken står tilbage som en væg i landskabet. Sydkysten af Nuussuaq, Vestgrønland.

Foto: Gunver K. Pedersen, GEUS.



Principskitse af vulkanske gange. Se også Geoviden 2007/4.



En sill er en vandret vulkansk gang, hvor lavaen er trængt ind i en sprække parallelt med grænsefladen mellem to lag. Den viste sill er ca. 0,5 m tyk. Sydkysten af Nuussuaq, Vestgrønland.

Foto: Lotte Melchior Larsen.

toniske foraminiferer, men den mest signifikante begivenhed i den marine mikro-fauna er den globale opblomstring af dinoflagellater af slægten *Apectodinium*. Den optræder globalt i stort antal i kystnære havområder og benyttes til identifikation af PETM.

Det er markant at makro-dyreverdenen også undergik store forandringer, således dukkede der mange nye grupper af fisk op. Økosystemerne i havet og på land ændredes dramatisk, og på land forsvandt gamle grupper af pattedyr, mens mere moderne former opstod, som fx de første primater og heste.

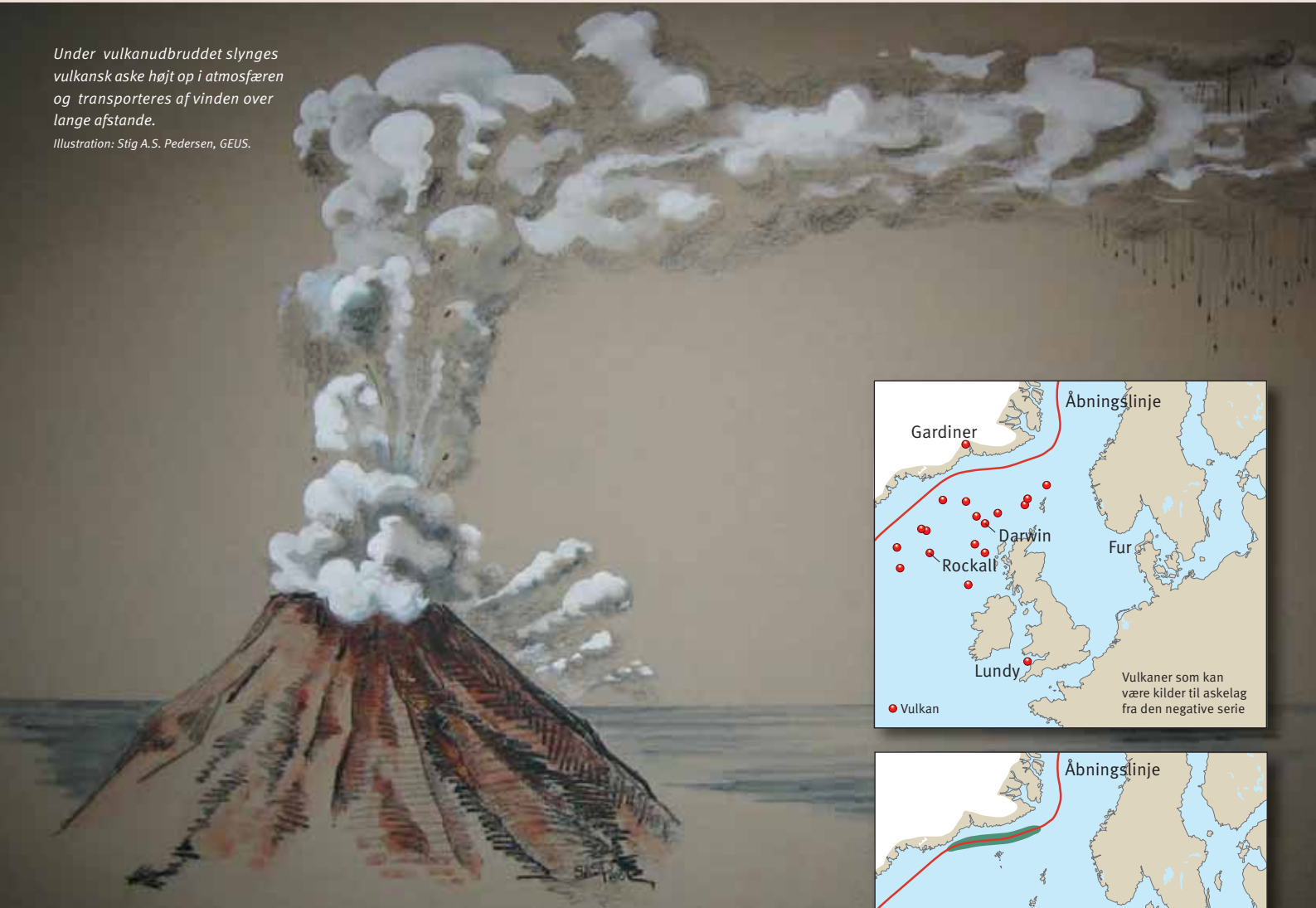
Årsagen til det høje CO₂-indhold i atmosfæren, som skabte drivhusperioden på Paleocæn–Eocæn-grænsen, er endnu ikke fuldstændigt klarlagt. Det er blevet foreslået, at metanhydrater på havbunden blev frigivet og efterfølgende oxideret til CO₂, eller at en komet med en diameter på 10 km ramte Jorden og frigav enorme mængder af 'let' kulstof. Argumentet for kometen er en lille Iridium-anomali, men denne kan overbevisende forklares ved periodens intense vulkanske aktivitet. Den bedste forklaring må imidlertid være, at riftdannelsen og den magmatiske aktivitet, der

førte til det Nordatlantiske Oceans dannelse, og som siden etablerede sig som den islandske hot-spot, udløste PETM, sandsynligvis ved udslip af ¹²C-beriget metan fra opvarmning af kulstofrige sedimenter. Opvarmningen stammede fra intrusionen af magmatiske gangsværme, enten i form af dykes eller snarere som massive sills.

De lag, som blev aflejret under PETM, ses som gråsort ler i Stolleklint på nordkysten af Fur. Den interesserede læser henvises til at dykke ned i litteraturen, der er nævnt i boksen på side 19.

Under vulkanudbruddet slynges vulkansk aske højt op i atmosfæren og transporteres af vinden over lange afstande.

Illustration: Stig A.S. Pedersen, GEUS.



ASKELAGENE I MOLERET OG DEN NORDATLANTISKE VULKANPROVINS

Det var flovt for de danske geologer, at man ikke fra starten selv fandt ud af, at de sorte lag i moleret var vulkansk aske. Den gamle professor i geologi ved Københavns Universitet, G. Forchammer, vurderede i første halvdel af 1800-tallet at lagene var kulsand. Det var dog en formodning, som var fremsat tidligere, og som i 1809 førte til iværksættelsen af brydningen af en stolle, minegang, ind i klinten på nordkysten af Fur. Heraf navnet Stolleklint. Kul blev der nu ikke fundet i den omkring 40 meter dybe stolle, som regeringen ved hjælp af svenske krigsfanger lod udgrave i 1809.

At det sorte sand egentlig bestod af vulkanske askepartikler blev først konstateret i 1883 af to belgiske forskere, som studerede molerets indhold af diatomeer. Opdagelsen kom nærmest ved en tilfældighed de danske geologer i hænde, idet en biolog ved Københavns Universitet forespurgte, om geologerne var bekendt med forekomsten af vulkansk aske i moleret? Og derpå gik det lynhurtigt med at få op-

målt og bestemt de vulkanske askelag i det nordlige Danmark. Professor N.V. Ussing, assisteret af den senere professor i mineralogi O.B. Bøggild, opmålte i begyndelsen af 1900-tallet askelagsserien på mange lokaliteter og gav askelagene numre fra $\div 39$ til $+140$. Deres resultater blev offentliggjort af O.B. Bøggild i 1918 (se boksen på side 19). I dag kan det undre, at der blev opstillet en positiv og negativ askelagsserie. Men dette skyldes en tidlig beslutning foretaget af Ussing. Da man under opmålingen ikke kunne være sikker på, at man kendte bunden eller toppen af askelagsserien, var det meget sikrere at starte et let genkendeligt sted, og $+1$ blev derfor defineret som det nederste af de tætliggende askelag. Herfra nummereres askelagene positivt opad i stratigrafien. Under askelag $+1$ er der større afstand mellem lagene, og de fik negative numre ned efter, således at askelag $\div 11$ er yngre end askelag $\div 17$ og så fremdeles.

Men det store spørgsmål forblev ubesvaret: Hvor kom askelagene fra? Der er ingen vulkanske centre i Danmark, så kildeområdet måtte

Vulkanske udbrudscentre, som de lå før dannelsen af ny oceanbund (øverst) og under den tidligste dannelse af oceanbund (nederst). Se også Geviden 2007/4.

Illustration: Helle Zetterwall, GEUS.

være uden for landets grænser. Ussing havde godt nok foreslået, at askelagene kunne sættes i forbindelse med den tertiære vulkanske aktivitet i Nordatlanten, idet det var påfaldende over hvor store afstande, askelagene kunne følges. Askelagene blev efterfølgende fundet i Midtjylland ved Ølst og på Helgenæs. Efter disse fund påviste S.A. Andersen, at askelagene aftog i tykkelse fra nord mod syd, hvilket pegede på Skagerrak som et sandsynligt nærliggende kildeområde. Først med den stigende olieefterforskningsaktivitet i Nordsøen blev det tydeligt, at askelagene kan følges over hele Nordsøen, Sydøstengland, Nordtyskland, Atlanter-

havet syd for Irland og flere andre steder. Derfor blev det mere og mere relevant at fokusere på Den Nordatlantiske Vulkanprovins (NAIP).

Det store gennembrud i korrelationen af askelagene med intrusionerne i NAIP blev leveret af dr. scient. Lotte Melchior Larsen fra GEUS i 2003. Ved hjælp af et omhyggeligt og omfattende geokemisk analysearbejde blev kildeområderne for de mest markante askelag fastslået. Desuden kunne den dynamiske udvikling af magmaprovinserne, som den afspejles i askelagene, endelig fastlægges. Den geotektoniske udvikling af Den Nordatlantiske Vulkanprovins starter med at et diffust magmacenter begynder at samle sig i kappen under kontinentalskorpen, hvorpå Østgrønland, Rockall Plateauet, Shetland Platformen, de Britiske Øer og Færøerne er beliggende. Det første vulkanske stadium repræsenteret i moleret består af de nederste askelag, fra $\div 39$ til $\div 22$, som har en basaltisk og rhyolitisk sammensætning. De stammer fra udbrudscentre på den nordvesteuropæiske kontinentsokkel, og iblandt dem kan lag $\div 33$ fremhæves som et let genkendeligt, hvidt, 10 cm tykt lag, som ligger lige over grænsen mellem det gråsorte Stolleklint Ler og det lysebrune moler. Den kemiske sammensætning af $\div 33$ svarer fuldstændig til sammensætningen af den granitiske intrusion Lundy beliggende ud for den engelske sydvestkyst, se kortet side 8. Stadium 2 er repræsenteret ved askelagene

$\div 21b$ til $\div 15$. Disse lag er stærkt varierende i sammensætning, og omfatter bl.a. SiO_2 -rige trakytter og dacitter, der kunne stamme fra de samme kilder som Stadium 1. Den bedste kandidat til oprindelsen af disse askelag er Gardiner-komplekset i Østgrønland, se kortet side 8. Blandt askelagene i Stadium 2 er det specielt askelag $\div 17$ som tiltrækker sig opmærksomhed. Askelaget er let genkendeligt som et 4 cm tykt lysegråt askelag, som forvitret orange-gult. Det har en rhyolitisk sur sammensætning, og indeholder mikroskopiske mineraler ud over korn af vulkansk glas. Sammensætningen er så markant, at det med sikkerhed kan fastslås, at asken stammer fra Gardiner-komplekset i Østgrønland. Her har man endvidere fundet et askelag med identisk sammensætning i en tyk serie lavabænke i Skrænterne Formationen. Blandt mineralerne er sanidin, en feldspat som er meget anvendelig til radiometrisk ($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$) datering af askelaget. Alderen ligger omkring 55 mio. år før nu, og angiver dermed også alderen på den nederste del af Fur Formationen. Stadium 3 indbefatter askelag $\div 13$ til $\div 10$, som består af alkalibasalter. Denne fase kan betragtes som en egentlig riftfase, altså en opsprækning, som gik i stå kort tid efter at den var begyndt. Stadium 4 omfatter alle de positive askelag fra $+1$ til $+140$. De har basaltisk, tholeiitisk sammensætning med undtagelse af askelag $+13$ og $+19$.

De mange basaltiske lag repræsenterer meget store udbrud på havbunden i et gigantisk vulkansk system svarende til en egentlig ocean-skorpe-dannelse. Stadium 4 repræsenterer hermed de første trin i af åbningen af Nordatlanten gennem dannelse af ny havbund. Ny havbund dannes fortsat langs Den Midtatlantiske Ryg, der går gennem Island. Askelag $+19$ er det lettest genkendelige askelag i Fur Formationen. Det er næsten 20 cm tykt og har en karakteristisk lysegrå farve.

Askelag $+19$ er genfundet så langt væk som i Østgrønland. Når asken blev spredt over så store afstande må vulkanudbruddet have produceret enorme mængder af aske, op i størrelsesordenen 2000 km³. Kildeområdet for $+19$ er ikke kendt, men vulkanen kunne have ligget på havbunden sydvest eller nordøst for Færøerne. Her er det kendt at nogle mindre bjergkædedannelser optræder som respons på de kompressive bevægelser i kontinentalskorpen omkring Nordatlantens spredningszone, forårsaget af den gigantiske geotektoniske ekstension.

Bjergkæderne i havbunden ud for Færøerne må være dannet under differentielle subduktionsbevægelser, og en af disse kan have været tilstrækkelig dybgående til at have forårsaget et eksplosivt andesitisk vulkanudbrud sammenligneligt med Mount St. Helens voldsomme udbrud i 1980.

Et tykt hvidt lag af vulkansk aske (nummer $\div 33$) adskiller mørkt ler (Stolleklint Ler) fra lyst moler (Fur Formationen). Asken menes at stamme fra en vulkan på øen Lundy, se kortet side 8. Lokaltiteten er beliggende på vestsiden af Fur Stolleklint.

Foto: Gunver K. Pedersen, GEUS.



LAMINATION OG BIOTURBATION, ET SPØRGSMÅL OM ILT PÅ HAVBUNDEN

Moleret er et finkornet sediment, hvor partiklernes størrelse varierer fra mindre end 0,002 mm til 0,2 mm som de største. Som tidligere nævnt stammer sedimentet fra tre kilder:

- kiselskallede alger (diatomeer), som lever i de øverste dele af vandsøjlen,
- lermineraller, som overvejende er tilført med floderne, og
- vulkansk støv, som er transporteret i atmosfæren.

Alle tre typer partikler sank ned gennem vandsøjlen og blev aflejret på havbunden som tynde lag af slam. I de fleste tilfælde vil der findes dyreliv på havbunden, både dyr med kalkskaller, der bevares som fossiler, og dyr uden kalkskaller, som derfor er dårligere kendt. Nogle dyr lever på overfladen af sedimentet mens andre lever nedgravet i det. Deres aktivitet afspejles i form af sporfossiler. Hvis der er mange dyr, eller hvis sedimentationshastigheden er lav, vil sedimentet ende med at fremstå strukturløst.

I Fur Formationen ser man tre typer moler: lamineret, svagt lamineret og strukturløst moler. I det strukturløse finder man relativt sjældne fossiler som muslinger, snegle, og slangestjerner, ligesom man kan se sporfossiler. Sporfossilerne ses tydeligst langs undergrænsen af de vulkanske askelag, fordi asken her udfylder gravegangene, og kontrasten mellem aske og moler fremhæver gravegangene. Sporfossiler er resultat af dyrenes adfærd, og de gravegange, som kendes fra Fur Formationen anses for at være 'sediment-ædere', altså dyr, som har levet af fødepartikler eller bakterier i sedimentet. Det er sandsynligt, at der også har været ådselædere. Det er derfor nærliggende at tolke det strukturløse moler som aflejret i perioder, hvor havbunden havde en fauna, hvis aktivitet gennemrodde og omrørte (bioturberede) sedimentet.

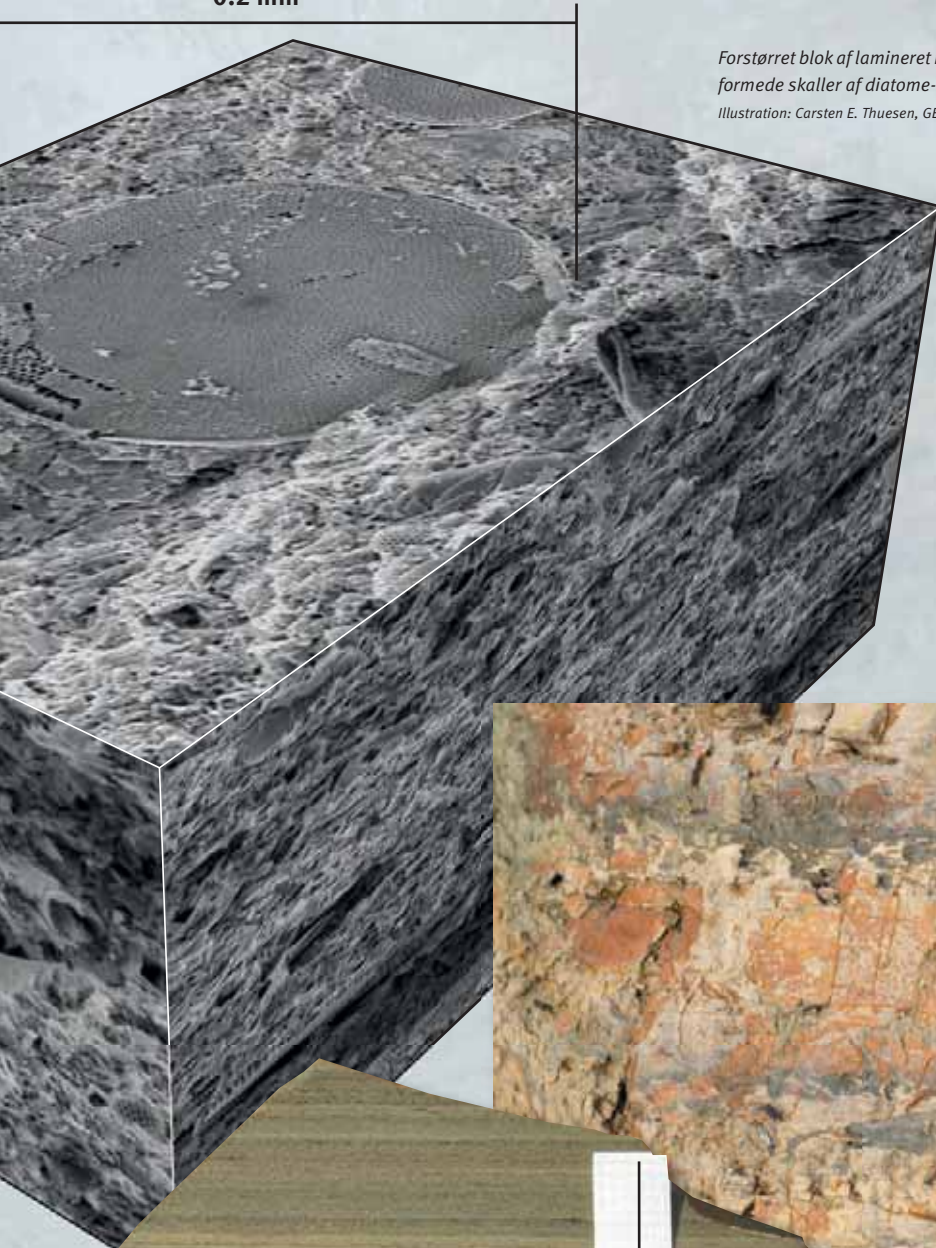
Det laminerede moler består af parallelle, millimeter-tynde lag, som varierer lidt i farve. I mikroskopet ses, at de tynde lag også varierer i sammensætning: nogle er rige på én art af diatomeer, andre indeholder mange arter af diatomeer, og endnu andre lag har et højt indhold af ler. I det laminerede moler findes kun sjældent kalkskallede fossiler af bundlevende dyr, og sjældent sporfossiler. Derfor tolkes det laminerede moler som aflejret i perioder, hvor havbunden var uden dyreliv. Dette støttes af, at fx fossile fisk er bevaret med uforstyrrede skeletter, hvilket tyder på, at der ikke har været ådselædere. Lagdelingen i det laminerede moler afspejler, at tilførslen af diatomeer, ler og støv ikke var jævn, og sedimentsammensætningen varierer derfor.

Det svagt laminerede moler tolkes som dannet i perioder, hvor havbunden havde en meget sparsom fauna.

Moleret består af de samme bestanddele, i samme mængdeforhold, uanset om det er lamineret, svagt lamineret eller strukturløst. Den faktor, som styrer om der er liv på havbunden, er indholdet af opløst ilt i havvandet ved bunden. Det vides fra undersøgelser af nutidige havområder, at hvis bundvandet bliver iltfrit kan bundfaunaen ikke leve, men selv lave iltindhold er tilstrækkelige til at tillade en sparsom, specialiseret fauna. Det konkluderes derfor, at iltindholdet i bundvandet har svinget fra iltfrit (ingen bunddyr, lamineret moler) til iltfattigt (nogle bunddyr, strukturløst moler). Man kan konkludere at bundvandet var iltfrit i store områder, fordi de vulkanske askelag blev aflejret samtidigt over enorme områder, og fordi man finder lamineret moler mellem bestemte askelag på alle lokaliteter. Tilsvarende er der andre askelag, som altid er mellemlagt af strukturløst moler. Svingningerne mellem iltfrit og iltfattigt bundvand var således regionale og ikke lokale.



0.2 mm



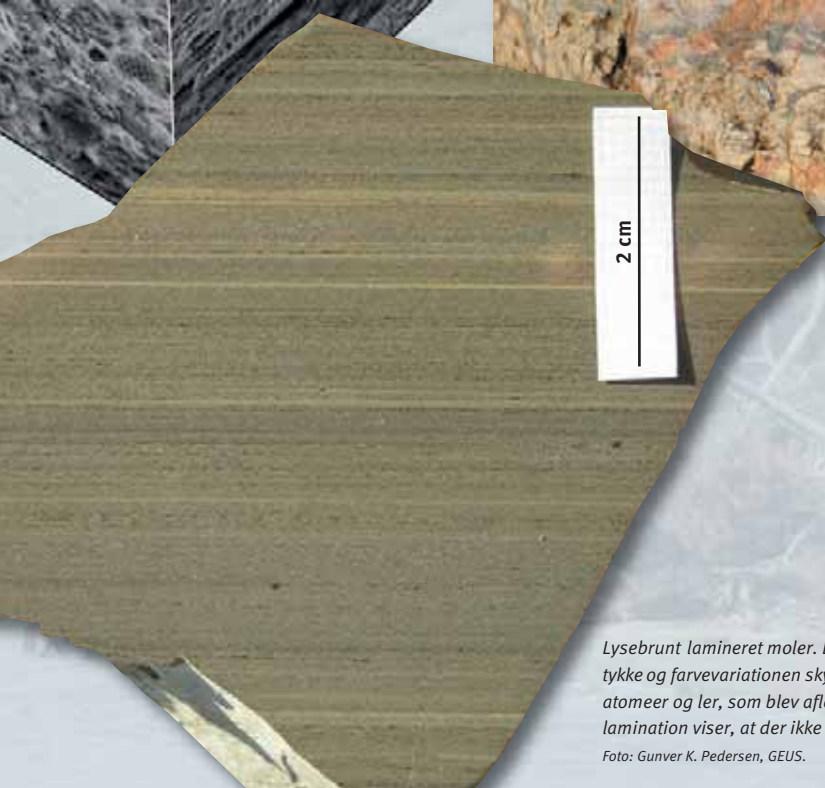
Forstørret blok af lamineret moler, som viser de store tallerkenformede skaller af diatome-slægten *Coscinodiscus*.

Illustration: Carsten E. Thuesen, GEUS.



Gulligt strukturløst moler med grå askelag, som fremhæver de talrige gravegange i havbunden. Laminationer i moleret er ud-slettet af havbundens dyreliv.

Foto: Stig A.S. Pedersen, GEUS.



Lysebrunt lamineret moler. De enkelte laminæ er 0,2 til 3 mm tykke og farvevariationen skyldes små forskelle i mængden af diatomeer og ler, som blev aflejret på havbunden. Den bevarede lamination viser, at der ikke levede dyr på havbunden.

Foto: Gunver K. Pedersen, GEUS.



'Rødfisk' med bytte. En rødfisk på ca. 3 cm længde har forslugt sig på et bytte, en slægtning til nutidens guldlaks. Guldlaksen har omtrent samme længde som rødfisken. Guldlaksens forende er mast sammen i rovfiskens mave, mens den bageste del af hvirvelsøjlen (pil) rager langt ud foran munden, dog er hvirvlerne gået fra hinanden og halefinnen mangler.

Foto: Sten Lennart Jakobsen.

Lille 'træsejler', Eocypselus sp. Fuglen har haft større lighed med nutidens træsejlere fra Indonesien og Australien, end med de mursejlere, som kendes i Danmark.

Foto: Sten Lennart Jakobsen.



Rekonstruktion af skrigfugl.

Illustration: Stig A.S. Pedersen, GEUS.



Næsten komplet skelet af fugl bevaret som et aftryk i blødt moler. Fuglen tilhører skrigfuglenes orden, som i nutiden omfatter isfugle, biædere, og hærfulge. Fuglen er rekonstrueret på tegningen.

Foto: Ole Bang Berthelsen.

Vadefugl, Morsoravis sedile. Fuglen mangler begge vinger og brystbenet, men er ellers særdeles velbevaret. Den er fundet i en cementsten (kalkkonkretion), og skelettets fine anatomiske detaljer er ikke forstyrret af kompaktion.

Foto: Sten Lennart Jakobsen.

FOSSILER OG DERES BEVARINGSTILSTAND

Fur Formationen er kendt blandt forskere og stenvener for sit indhold af fossiler, som dels er velbevarede, dels hører til grupper, som er sjældne i andre formationer: fugle, fisk, skildpadder, insekter, planter. Det er ikke muligt her at give en dækkende beskrivelse af alle disse grupper af fossiler. Heldigvis er der i de senere år udgivet gode og let tilgængelige beskrivelser af fossilerne, se henvisningerne i Boksen på side 19.

Overordnet kan man fremhæve tre ting:

- Fossilerne repræsenterer grupper, som optræder meget sjældent i andre formationer. Til gengæld er 'almindelige' fossiler, som muslinger, sjældne i moleret.
- Fossilselskabet omfatter både havets dyreliv og marine alger, samt landjordens dyre- og planteliv, hvilket gør det muligt at få et bedre billede af datidens dyreliv og miljø.
- Fossilerne er velbevarede, nogle er usædvanlig godt bevaret tredimensionelt.

Havaflejringer indeholder ofte fossiler, som henføres til grupperne af marine skalbærende invertebrater, altså dyr uden rygrad, men med et ydre skelet, som fx muslinger, snegle, ammonitter og mange flere. Disse fossilgrupper er sjældne i moleret, om end der er fundet skalløse aftryk af muslinger, enkelte lag af snegle bevaret i cementsten og slangestjerner i visse niveauer. Til gengæld indeholder Fur Formationen mange arter af fisk, flere fossile skildpadder, adskillige fossile fugle, tusindvis af insekter og en del plantefossiler, fra forkislede træstammer, nogle enkelte blade og grankviste, og talrige mikroskopiske sporer og pollen. De sidstnævnte giver et rimeligt dækkende billede af det skovklædte landskab domineret af nåletræer med pletvise åbne sletter, hvor løvtræer også er repræsenteret.

Fur Formationen blev aflejret ca. 10 mio. år efter den store masseuddøen, som skete på Kridt-Tertiær-grænsen. De mange fossile fugle og fisk fra Fur Formationen er derfor vigtige led i forståelsen af de nulevende fisk og fugles udvikling. Derudover kan samtlige fossiler anvendes til at dokumentere hvordan dyre- og plantelivet reagerede på den kortvarige, globale temperaturstigning, PETM, som begyndte umiddelbart før aflejringen af Fur Formationen. I den sammenhæng er det vigtigt, at man i de samme lag finder både marine og terrestriske fossiler, således at man er sikker på, at de levede samtidigt.

Eksempler på god bevaringstilstand er et fiskefossil med bevaret maveindhold (store fisk åd små fisk), en fugl, hvis knogler og kranium ikke er kompakteret, og hvor man derfor kan undersøge detaljer i skelettet, samt insekter med farvetegninger på vingerne og fossile græsshopper med så fint bevarede detaljer, at det seriøst overvejes at genskabe græsshoppernes 'sang'. Den gode bevaringstilstand er selvfølgelig en glæde for finderer, eller for museumsgæsten, som kan beundre fossilerne på udstillingerne. For eksempel kan man på Mølmuseet på Mors få lov til at lade fingrene glide undersøgende hen over de velbevarede ribben i et af de større fiskefossiler. Men de komplette skeletter gør det også muligt at få svar på spørgsmål af betydning for vores forståelse for de moderne dyregruppers udvikling.

De perfekt bevarede fossiler findes i lamineret moler, hvor skeletterne lå uforstyrret på havbunden mens de blev dækket af tynde lag af moler. Nogle af fossilerne er bevaret i kalkkonkretioner, lokalt kaldt cementsten. Disse er hårde, fordi alle porerum i moleret er udfyldt med calcit (CaCO_3) på et tidligt tidspunkt, hvor kompaktionen og overvægten af de overliggende lag endnu ikke var begyndt at påvirke sedimentet.



Stor løvgræshoppe, *Pseudotettigonia amoena*, 7 cm lang.

Foto: Henrik Madsen.



Kvist af nåletræ, formodentlig *Meta-sequoia* sp., som ligeledes kendes fra træstammer og pollen i moleret. Den fossile art har stor lighed med nutidens vandgran, som kendes fra haver og parker.

Foto: Henrik Madsen.



'Smørfisk'. 7,5 cm lang. Fisken er meget velbevaret, og dens finner har stor lighed med dem, som kendes fra nutidige smørfisk.

Foto: Henrik Madsen.



Fronten af en gletsjer ved Breidamerkurjökull i Island. Isen er grå af sediment, som smelter frem ved fronten. Bemærk den store forskel i kornstørrelse på det sediment, som isen har transporteret. Under foden af den fremrykkende isfront dannes bundmoræne, og i isen ovenover ses shear-sprækker, der skyldes den hastige fremrykning (sammenlign med blokdiagrammet side 14).

Foto: Gunver K. Pedersen, GEUS.



Hanklit, hvis top ligger 63 m over havet. Strukturen i klinten fremgår af tegningen. Det opmålte profil viser tre skiver af Fur Formationen med overliggende smeltevandssaflejringer, som er skudt op over hinanden fra nord mod syd. I spidsen af skiverne dannes en fold, en såkaldt frontal antiklinal. Cirklen markerer det samme sted på foto og tegning.

Foto: Merete Binderup, GEUS.

GLACIALTEKTONIK I MOLERET

Moleret blev aflejret som horisontale lag på en havbund, men sådan ser man dem ikke i dag. I Kvartærtiden har gletsjerfremstød fra Den Skandinaviske Iskappe skubbet til lagene, således at de nu er opskudte og foldede og indgår i alle de høje bakkedrag i molerområdet. De deformationer, som lagserien har været udsat for kaldes under ét for glacialtektonik. Selv om lagene er deformeret kan man stadig genkende den oprindelige lagdeling, og de store folder fremhæves af de mørke lag af vulkansk aske. I folderne indgår også lag, som er aflejret direkte af isen, eller i smeltevandsskud og -søer tæt ved isranden.

Alle de høje bakkedrag på Nordmors og Fur består af glacialtektoniske skiver af moler. Når man står ved højdepunktet Kridehøj og skuer ud over landskabet mod nordøst, får man tydeligt fornemmelsen af det parallel-ryggede landskab, som udgør et stort glacialtektonisk kompleks. I klinten Hanklit kan man studere et velblottet snit gennem disse strukturer. Her kan man se en tyk skive af moler samt smeltevandsskrud, som er skudt op over dybereliggende moler. Skiven er foldet i fronten, men i størstedelen af skiven ligger lagene parallelt. Adskillige andre steder står moleret på samme måde frem i kystklinterne. Fra toppen af Hanklit kan man længst mod vest se Silstrup Klint,

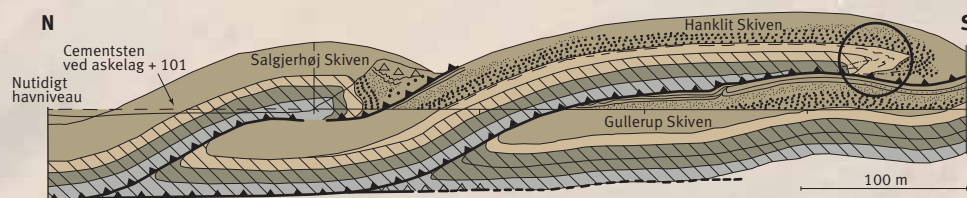


Illustration: Annabeth Andersen, GEUS. Omtegnet efter Knud Erik Klint, GEUS.

hvor moleret er skubbet op på samme geometriske måde som Hanklit-skiven med en markant antiklinal i fronten af skiven, se figuren ovenfor.

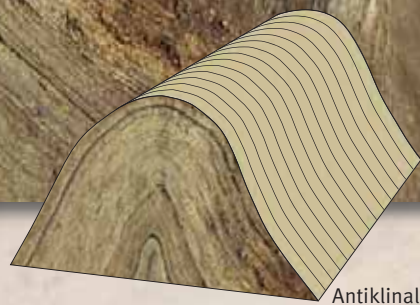
Nord for Hanklit findes klinter neden for Salgjerhøj, Skærbæk Klint og på østsiden af Mors er der Ejerslev Klint og nogle delvis tilgroede klinter mod nord. Den østvendte klint ved Feggeklit er lidt speciel, idet landskabet oven for klinten er fuldstændig fladt. Klinten indeholder den smukkeste foldede lagserie af Fur Formationen, men umiddelbart efter lagserien blev foldet op, overskred isen det glacialtektoniske kompleks og hævlede strukturerne ned til en plan flade.

Bakkerne er af stor landskabelig skønhed, og når man kender deres indre opbygning skyldes det, at moleret er et råstof, som har været udnyttet gennem ca. 100 år. Dette emne behandles på side 18. Gennem hele bakkedraget fra Sundby i vest til Flade i øst findes spor af molerudvinding og teglværksindustri. Fra toppen af det efterbehandlede landskab omkring Ejerslev molergrav kan man mod øst skimte klinterne på nordkysten af Fur. Knudeklinten på Furs nordvestlige spids står markant frem og viser tydeligt den indre opbygning af Furs bakkekroner. Bag ved Knudeklinten udvandt man moler i fem molergrave, der alle fulgte

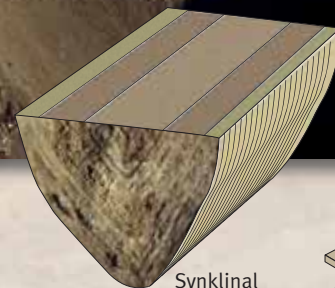


Foldet serie af moler med vulkanske askelag fra under +19 til over +101. Den intensive foldning blev dannet under fremrykningen af den Svenske Is fra NØ. Profilet er blottet i Egerslev molergrav på det nordlige Mors.

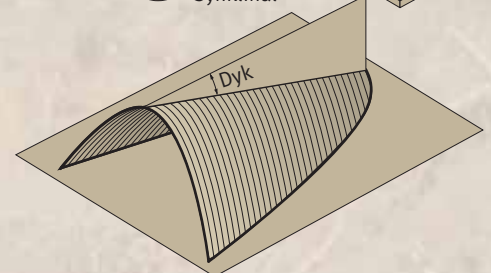
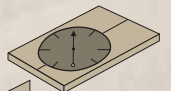
Foto: Stig A.S. Pedersen, GEUS.



Antiklinal

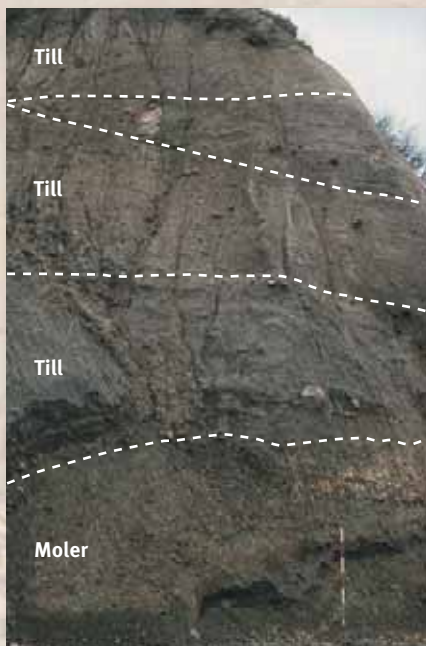


Synklinal



Hældning (dyk) og strygning (orientering i forhold til nord) af en foldeakse. Se endvidere teksten på side 17.

Illustrationer: Eva Melskens, GEUS.



Istidsaflejninger på Feggeklit. Tre enheder af moræneler (till) viser at moleret har været påvirket af flere isoverskridelser. Den nederste till repræsenterer et isfremstød i forrige istid (Saale), mens de to øverste till blev dannet under sidste istid (Weichsel). Grænserne mellem till-enhederne er fremhævet med stiplede linjer.

Foto: Stig A.S. Pedersen, GEUS.

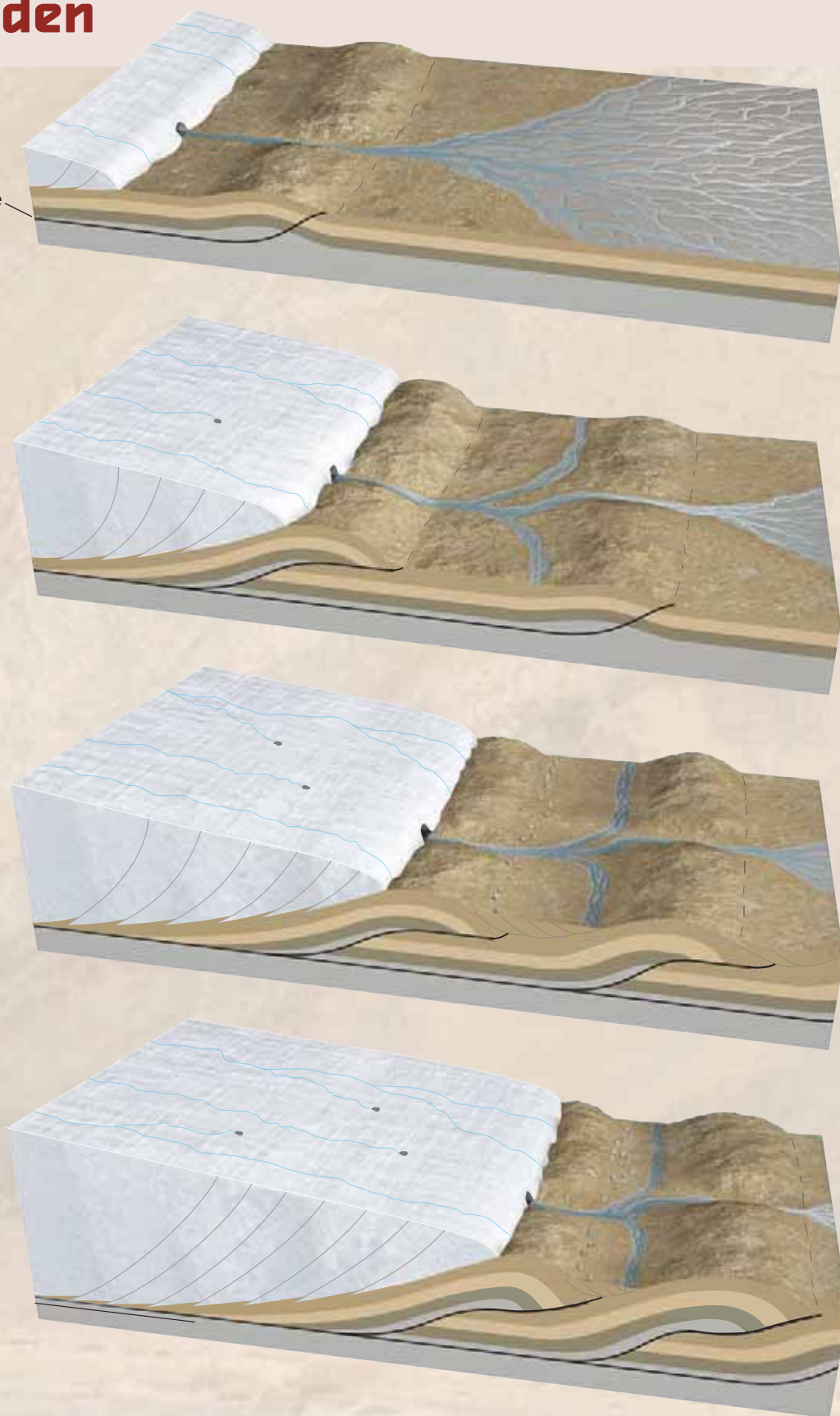
foldeaksens retning. Det gav næsten sig selv at moleret fandtes i de opfoldede antiklinaler, og det var en strukturgeologisk selvfølge, at man fulgte de glacialtektoniske skivers strygning, altså deres orientering i landskabet.

Den sidste molerindvinding på Knuden afsluttedes for få år siden, hvorefter det gamle molerværk blev ombygget til Fur Bryghus. Fra bryghusets restaurant fører et stisystem i dag de besøgende ind gennem de gamle molergrave og rundt i det naturskønne område på Knuden. Molerbrydningen foregår i dag i den centrale del af bakkekronen, hvor molergravens retning følger den strukturelle strygning øst-vest. Der findes tillige nogle mindre grave på den sydlige del af bakkekronen og skjult inde i bakkerne vil man kunne finde adskillige gamle molergrave, der som hulelignende slugter forsvinder ind i bakkelandet.

På Salling findes en langstrakt molergrav nord for Junget, og hele den nordøstlige del af Salling skjuler et uudnyttet molerfelt. Dette felt ligger tæt op ad sommerhusområdet Eskov Strandpark, og brydningen af feltet er indtil videre sat i bero. Ude ved kysten – ned mod fjor-

den og nord for Hvalpsund er blotningerne af Junget molerfelt ikke imponerende, da kystskrænten her domineres af jordskred. På den anden side af fjorden står molerklinten smukt frem ved Ertebølle. Denne klint markerer den østligste udbredelse af moleret i nutiden. Sandsynligvis bredte molerhavet sig videre nordpå i Danmark, men det nærmere forløb af kystlinjen er ikke kendt, fordi de sediment, som er samtidige med moleret, er eroderet væk i Vendsyssel og det nordlige Himmerland. I Østjylland finder man meget finkornet ler, såkaldt plastisk ler, fra Ølst og sydpå. Dette ler indeholder de samme askelag som moleret, men er aflejret i et havområde, hvor der ikke blev aflejret skaller fra diatomeer.

Décollement-flade



Blokdiagrammerne viser fire udviklingstrin for dannelsen af overskydninger i et glacialtektonisk kompleks, eksemplificeret ved Hanklit. I det første stadium (øverst) nærmer isfronten sig, og den første proglaciale bule eller ryg opstår i forlandet, der domineres af en smeltevandsslette. Ryggen opstår ved at en 'hængende-blok-antiklinal' dannes ved fronten af den opskudte skive. I næste stadium står isfronten næsten oven på den først dannede antikklinale 'bagflanke'. Trykket fra isen forplanter sig videre ud i forlandet, hvor den næste overskydning og hængende blok antikklinale begynder at komme til syne. Hele komplekset bevæger sig fremefter på en 'décollement-flade' i ca. 60–70 meters dybde. De opskudte skiver af moler og smeltevandssedimenter bliver skubbet op over hinanden, og afstanden mellem antikklinale-ryggene bliver kortere og kortere. Imellem ryggene bliver der aflejret smeltevandssand og -grus. I sidste stadium har isen skubbet de proglaciale overskydningskiver op, og umiddelbart derefter vil isen skride hen over de opfoldede strukturer.

Hanklit skiven blev ved den glacialtektoniske forskydning skubbet mere end 300 m fremefter foran isen, og dens ryg kom til at røge op i ca. 60 meters højde. Bemærk de kurvede shearplaner i tværprofil af isen. Disse sprækker giver sig udslag i linjer, der løber parallelt med isfronten på overfladen af isen. Ved sålen af isen starter de i bundmorænen, som også betragtes som et deformationslag, hvor aflejring og forskydning sker samtidig.

Illustration: Stefan Sølvberg, GEUS.

Hanklit er en imponerende kystklint på Nordmors, og den er et af de første eksempler på en fredning af et landskab. En stor gruppe borgere stiftede 'Foreningen til Hanklits Bevaring' omkring 1930 og købte klinten og de bagvedliggende arealer i 1934. Dette har beskyttet klinten mod bebyggelse og mod udnyttelse af råstoffer, men det beskytter ikke klinten mod den naturlige erosion. Hvert år løsner forvitringsprocesserne lidt af klinten, og det nedfaldne materiale fjernes af strøm og bølger. Resultatet er, at klinten til stadighed fremstår med et friskt snit gennem de geologiske lag.

Efterfølgende er der i Danmark ved lov sikret en kystbeskyttelseszone, således at alle kystklinter er beskyttet mod fremtidig udnyttelse.

GLACIALTEKTONISK DEFORMATION FORAN OG UNDER ISEN

Der er forskel på de strukturer og deformationsprocesser som hersker foran isranden (proglacialt) og under iskappen (subglacialt). Dannelsen af de glacialtektoniske strukturer er illustreret ved blokdiagrammerne på side 16, som viser udviklingshistorien for Hanklit. Vægten af den fremadskridende is forøgede gradvist poretrykket i sedimentet, hvorved overskydningsplanerne blev dannet, langs hvilke skiverne af moler blev skubbet op. Opskydningen og foldningen af skiver foran isranden be-

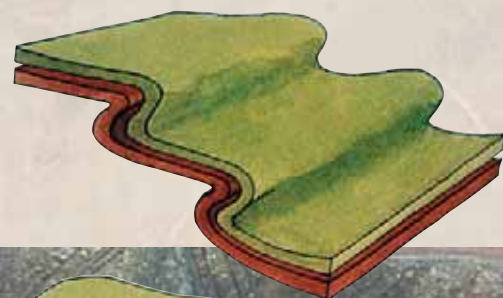
tegnes proglacial deformation, og typisk dannes der et kompleks af taglagte skiver. Sammenpresningen vil endvidere medføre, at der bliver dannet folder i spidsen af skiven (Hanklit) eller gennem hele skiven (Feggeklit). I princippet er der ikke forskel på folderne dannet ved glacialtektonik og folder dannet i bjergkæder. Geometrisk skelner man mellem antiklinaler, der betegner lag foldet op i en bule med de ældste lag i midten, og synklinaler, som betegner lag foldet ned i et trug med de yngste lag i midten, se figurer s. 15. Man kan beregne størrelsen af sammenpresningen (forkortelsen), og beregne dybden til den flade, som adskiller skiverne fra de uforstyrrede ældre aflejringer (décollement-niveauet). Over décollement-niveauet kan lagpakken være foldet som et gulvtæppe, hvorimod lagpakken under décollement-niveauet ligger fast som gulvet under tæppet. Under Feggeklit ligger niveauet i ca. 80 meters dybde. Det er slående, at toppen af molerbakkerne er ca. 80 meter over havet. Boringer gennem ikke-deformerede aflejringer viser at toppen af moleret ligger lidt under havniveau. Så dybden til décollement-niveauet og højden af bakkerne svarer til, at skiverne med moler er lagt en gang oven på hinanden.

Den proglaciale opskubning af bakkelandet skete formodentlig under et meget hurtigt isfremstød, kaldet 'surge'. Under opskydningen er isfremstødet midlertidigt opbremset, og det er karakteristisk, at de glacialtektoniske komplekser er skåret igennem af 'spillways', et dal-

system dannet af smeltevandserosionen fra iskappen. Daldraget Faskæret på Fur er et godt eksempel på en sådan dal, og en lignende dal forløber sydpå fra Gullerup umiddelbart vest for Hanklit. Når isen atter rykker frem overskrider den de allerede opskudte bakker, således at toppene bliver noget udjævnet. Det bedste eksempel på denne nedhøvling er, som nævnt, toppen af Feggeklit. Over en afstand på en halv kilometer kan man følge, hvordan antiklinalen centralt i profilet blev eroderet og knust til bjergarten breccie. Breccien blev dannet ved sålen af isen på grund af en forskydningspænding (shear) under fremrykningen og er derfor en istektonisk breccie. Da breccien domineres af moler, bliver den korrekte benævnelse en moler-glacitektonit, og den er karakteristisk for subglacial deformation, eller med andre ord en lokal bundmoræne.

Der er altid en klar rækkefølge således at proglaciale strukturer bliver overpræget af den efterfølgende subglaciale deformation. Man bliver derfor nødt til at acceptere, at glacialtektonik altid indeholder et element af overpræget deformation. Overpræget deformation opstår

Illustration: Stig A.S. Pedersen, GEUS.



Når en lagserie foldes to gange og derefter eroderes, kan der dannes en pilespidsstruktur, som den der ses i molergraven over for Moler-museet på det nordlige Mors.

Foto: Stig A.S. Pedersen, GEUS.

Foldet lagserie i Skarrehage molergrav – et af de steder, hvor molerbrydningen begyndte i starten af 1900-tallet.

Foto: Stig A.S. Pedersen, GEUS.



Neden for Skarrehage molergrav ligger Skarrehage molerværk, som i dag producerer molergranulat, hvoraf en del sælges som kattegrus. Røgen fra skorstenen består af vanddamp fra tørringen og opvarmningen af det naturfugtige moler.

Foto: Stig A.S. Pedersen, GEUS.



Gammel tørrelade ved Ny Klitgård (Mors) fra et for længst nedlagt molerværk (Skandinavisk Moler). Tørreladen blev i sin tid bygget oven over ringovnen for at udnytte varmen herfra. I de nærliggende bakker ved Stærhøj findes der stadig moler.

Foto: Stig A.S. Pedersen, GEUS.

også, hvis en allerede foldet lagserie bliver foldet igen under et nyt isfremstød. Dobbeltfoldninger kan skabe meget komplekse strukturer, men et heldigt snit gennem strukturen kan fx resultere i en pilespids-struktur, som den der er blottet i molergraven over for Molermuseet på Mors, se figur side 17.

MOLER – ET GEOLOGISK RÅSTOF

Et af de bedste steder at lede efter en fossil fisk, resterne af en flok insekter eller et stykke af en forstenet plante er i molergravene. På bunken af en afrømmet askelagsserie er der ofte meget gode muligheder for at finde et flot eksemplar af et fossil i de talrige friskt frem-

gravede molerklumper. Da askelagsserien, moleret imellem +19 og +118, ikke kan anvendes som råstof, vil det altid være afrømmet som 'overjord', og de talrige moler-brøkker er et godt mål for eftersøgning. I moderne tider har der dog altid været en mental konflikt imellem fossiljægerens skattekammer og naturromantikerens ønske om at bevare det smukke bakkelandskab. Også forfatteren Knud Sønderby udtrykte sin modstand mod råstofudnyttelsen således "Hvem kan nænne at bortgrave de flotte bakker blot for at bruge dem til kattegrus".

Men sådan så man ikke på det for hundrede år siden, da man begyndte at udvinde moler, hvis kvalitet som teglsten med både stor

styrke og høj isoleringsevne var blevet erkendt. Det er jo lidt fascinerende at tænke på, at dele af murværket i fx Buckingham Palace består af molersten. Da produktionen af molersten var på sit højeste for omkring halvtreds år siden bestod talrige høje og digle verden over af isolerende molersten, der kunne nedsætte energiforbruget ved metalfremstilling. Et biprodukt ved fremstillingen af molersten var det finkornede granulat, der blev til overs som smulder og støv. Man opdagede at det var et rigtig godt absorptions-materiale. For 40–50 år siden var der i talrige maskinværksteder placeret en tønde med molergranulat, som kunne strøs ud på gulvet, når der

var brug for at opsuge spildolie og lignende. Heraf udsprang ideen om at anvende granulatet som kattegrus. Omkring 35 mio. huskattetisser på absorberende granulat, og en af de mest succesrige udbydere af granulat til dette formål blev molerproducenterne.

I dag er der to store molerfirmaer, som producerer molerprodukter. For nogle år siden blev man enige om, at det var uhensigtsmæssigt at to danske firmaer konkurrerede indbyrdes på verdensmarked om at udbyde kattegrus. Resultatet af denne overvejelse blev, at man enedes om at SKAMOL A/S koncentrerede sig om produktionen af moler-bygningssten, mens DAMOLIN A/S overtog produktionen af kattegrus. I dag er SKAMOLs produktion af isoleringssten koncentreret til Fur, mens DAMOLINs produktion af moler-kattegrus foregår på Mors. DAMOLIN har dog også et produktionsanlæg på Fur, men dette værk koncentrerer sig om produktion og udvikling af alternative absorptionsmaterialer, fortrinsvis baseret på importeret bentonit. Udviklingen af produkter er naturligvis meget vigtig, og fra at kattegrus for ca. 20 år siden bar mere end 80 % af produktionen, er produkterne som fremstilles i dag fordelt på ca. 50 forskellige specialiserede materialer. De basale egenskaber er stadig isoleringsevnen og absorptionsevnen. Men et væsentligt nyt marked for molerprodukter er anvendelsen af granulat som 'carrier'. Specielt i foderstoffer er det vigtigt at bæreren af et specielt tilsætningsstof er kemisk inaktivt, hvilket netop er tilfældet for diatomeskallernes opal.

Råstofudvindingen af moler har igennem de sidste 25 år ligget på et forbavsende stabilt niveau. Der bliver således hvert år udvundet i størrelsesordenen 200.000 m³ moler. Så det naturlige spørgsmål rejser sig: 'hvor lang tid rækker ressourcerne til endnu'. Dette spørgsmål er mere eller mindre en fabriekshemmelighed. Men samtidig er den nationale råstoflov-

givning både en regulerende og strategisk planlæggende funktion. Siden begyndelsen af 80'erne har der eksisteret en moler-arbejdsgruppe med repræsentation af erhvervet og de statslige, regionale og kommunale forvaltningsmyndigheder. Desuden er repræsentanter for de lokale museer også med i arbejdsgruppen. I arbejdsgruppen gennemgår man grave og efterbehandlingsplaner. Detailspørgsmål bliver drøftet og planlagte fremtidige graveområder bliver vurderet i forhold til den seneste lovgivning.

Råstoflovgivningen har tre facetter:

- sikring af råstofforsyning
- hensynet til miljøet og
- den strategiske sikring af råstofforsyning i fremtiden

Efter den seneste kommunalreform er ansvaret for udlægning af råstofområder overdraget til Regionerne. Den 'daglige' forvaltning af råstoffertiladelser og godkendelse af efterbehandlingsplaner er overdraget til kommunernes ansvar. Det er derfor Regionernes ansvar at sikre, at tilgængelige råstoffer ligger inden for udlagte områder, hvor råstofudvinding kan foregå. Når man overordnet ser på områder, der er udlagt til udvinding af molerråstoffer, er der i øjeblikket råstoffer til ca. 40 års forbrug med det nuværende niveau af molerudvinding. 

Beskedent udsnit af den storslåede Knudeklint.

Foto: Merete Binderup, GEUS.

HER KAN DU LÆSE MERE

- Andersen, S. og Sjørring, S. (Red) 1992:** Geologisk Set: Det nordlige Jylland. GO Geografforlaget.
- Bonde, N., m.fl. 2008:** Danekræ – Danmarks bedste fossiler. Gyldendal.
- Bøggild, O.B., 1918:** Den vulkanske Aske i Moleret. Inkl. 14 tavler med de opmålte serier og korrelation af askelagene. Danm. Geol. Unders., II. Rk, Nr. 33.
- Geoviden 2007, nr. 4:** Vulkaner.
- Geoviden 2010, nr. 3:** Danmarks geologiske udvikling fra 65 til 2,6 mio. år før nu.
- Larsen, G. (Red) 2006:** Naturen i Danmark. Geologien. Gyldendal.
- Lindow, B. og Krüger, J. (Red) 2011:** Geologiske naturperler: Gyldendal.
- Pedersen, G.K., m.fl., 2012:** Molerområdet geologi – sediment, fossiler, askelag og glacialtektonik. Geologisk Tidsskrift for 2011, s. 41–135.



Forfatterne sidder her ved deres feltlejr på det nordlige Disko med udsigt til lavaffeldene på Nuussuaqs sydkyst (Vestgrønland). De vulkanske bjergarter er ca. 60 mio. år gamle og havde deres magmatiske kilde fra den kap-pediapir, der ca. 5 mio. år senere forårsagede vulkanismen i Østgrønland. Det er herfra den vulkanske aske i mo-leret stammer.

Foto: Nikolaj Blickfeldt.

GEOCENTER DANMARK

GEOCENTER DANMARK

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

UDGIVER

Geocenter Danmark.

REDAKTION

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

Geoviden – Geologi og Geografi udkommer fire gange om året og abonnement er gratis. Det kan bestilles ved henvendelse til Finn Preben Johansen, tlf.: 38 14 29 31, e-mail: fpj@geus.dk og på www.geocenter.dk, hvor man også kan læse den elektroniske udgave af bladet.



ISSN 1604-6935 (papir)

ISSN 1604-8172 (elektronisk)

Produktion: Annabeth Andersen, GEUS.

Tryk: Rosendahls - Schultz Grafisk A/S.

Forsidefoto: Stolleklint, Gunver K. Pedersen, GEUS.

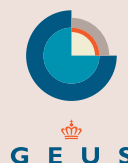
Reprografisk arbejde: Benny Scharck, GEUS.

Illustrationer: Forfattere og Grafisk, GEUS.

Eftertryk er tilladt med kildeangivelse.

DE NATIONALE GEOLOGISKE UNDERSØGELSER FOR DANMARK OG GRØNLAND (GEUS)

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



INSTITUT FOR GEOGRAFI OG GEOLOGI

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

GEOLOGISK MUSEUM

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



INSTITUT FOR GEOSCIENCE

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



DANMARK

PP

Magasinpost UMM
ID-nr. 46439

PortoService, Postboks 9490, 9490 Pandrup