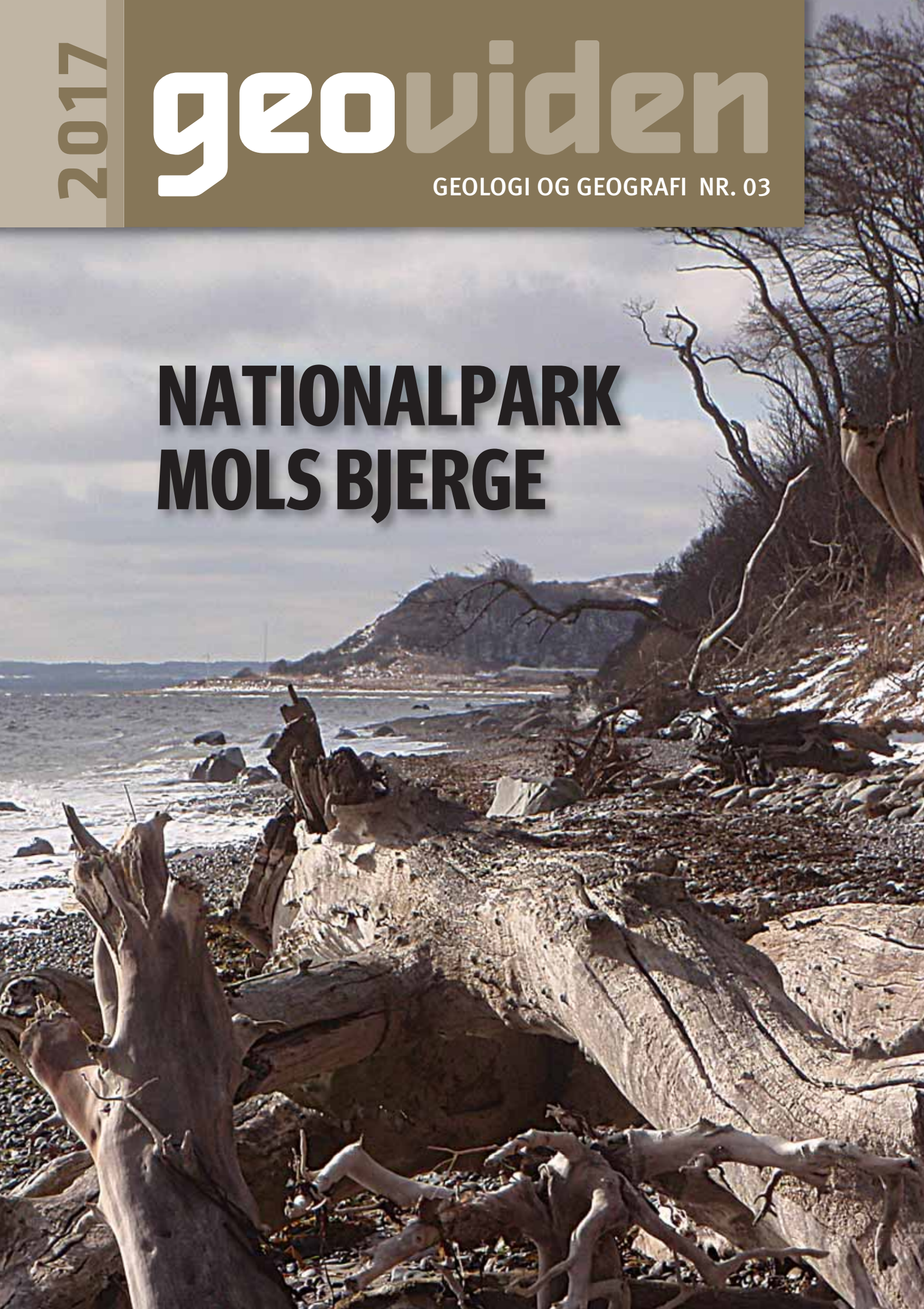


2017

geoviden

GEOLOGI OG GEOGRAFI NR. 03

NATIONALPARK MOLS BJERGE



Nationalpark Mols Bjerge - et landskab formet af is og vand

Nationalpark Mols Bjerge er geologisk set et rigtigt spændende område, hvor der er de bedste forudsætninger for at formidle historien om særligt istiden og dannelsen af landskaberne i Danmark. Siden 2013 har Nationalparken finansieret en række forskningsprojekter, der har tilvejebragt spændende ny viden: under selve Mols Bjerge er der blevet opdaget to kalkrygge. Undersøgelser af istidens aflejringer har vist, at lagserien er ældre og mere komplekst opbygget, end vi hidtil har vidst og undersøgelser af søsedimenter i to af nationalparkens søer har afdækket en spændende vegetationsudvikling, der blandt andet viser, at menneskelig aktivitet gennem tiden har haft stor indflydelse på landskabernes udseende. Det er disse vigtige forskningsresultater og historien om et landskab formet af is og vand, der formidles i dette nummer af Geoviden.

Nationalpark Mols Bjerge

Landskabet i og omkring Nationalpark Mols Bjerge udgør en af Danmarks mest imponerende glacielle landskabsserier med de smukke inderlavninger i Kalø og Ebeltoft Vig, høje randmorænebakker rundt om vigene, dødislandskabet, der stedvist draperer randmorænebuerne og endeligt smeltevandssletten nord for nationalparkgrænsen på Tirstrup Hedeslette. Desuden breder Stenalderhavets marine flader sig ud for foden af bakkerne og de gamle kystskrænter fra dette hav ses tydeligt i mødet mellem bakkerne og de marine forlande. Selv i dag foregår der landskabsdannende processer, hvor bølger, strømme og vind ved kysten flere steder eroderer og nedbryder land, mens der andre steder pålejres materiale. Alt i alt tilbyder nationalparken derfor en unik mulighed for at formidle geologi og geologiske processer.

Nationalpark Mols Bjerge dækker et 180 km² stort område, der strækker sig fra Kattegatkysten i øst til Kaløskovene i vest, fra de bugtede vige i syd over Mols Bjerges bakker til de flade sletter i nord, se kort s. 3 og 4. Området har foruden det imponerende landskab også en spændende og unik natur sammensat af store skove, hede- og overdrevsarealer samt søer, kyst- og havområder.

Nationalpark Mols Bjerge blev som landets anden nationalpark oprettet i 2009. I bekendtgørelsen om Nationalpark Mols Bjerge står der om geologien, at Nationalpark Mols Bjerge blandt andet har som formål "at bevare og styrke de landskabelige og geologiske værdier i det unikke istidslandskab" og at nationalparken blandt andet har som målsætning at "Nationalparkens karaktergivende landskabselementer og markante geologiske formationer, herunder randmoræner og dødislandskaber, skal bevares og synliggøres" (BEK nr. 868 af 27/06/2016). Landskabet og geologien fylder derfor rigtig meget i nationalparkens virke.

Nationalparkfonden har som vision

- at styrke og udbygge kendskabet til nationalparkens geologiske forhold og herunder isstrømmenes landskabsdannende processer.
- at synliggøre nationalparkens geologi og komplette serie af landskabstyper.
- at have stort fokus på formidling af landskabsdannelse i nationalparkens kommende velkomstcenter.

Nye geologiprojekter i nationalparken

Nationalparkfonden afholdt i maj 2013 en workshop og en ekskursion og inviterede blandt an-

Alle forfattere, alfabetisk efter efternavn

Jan-Pieter Buylaert, Lektor, IG
janpieter.buylaert@geo.au.dk

Ole Rønø Clausen, Lektor, IG
ole.r.clausen@geo.au.dk

Pia Højsager, Geologi-studerende, IG
piahojsager@hotmail.com

Anders Kristensen, Geolog,
Andreasen & Hvidberg a/s, Ak@aogh.dk

Nicolaj K. Larsen, Lektor, IG
nkl@geo.au.dk

Holger Lykke-Andersen, Lektor emeritus, IG
hla@geo.au.dk

Ingelise Møller, Seniorforsker, GEUS
ilm@geus.dk

Egon Nørmark, Laboratorieleder, IG
en@geo.au.dk

Bent Vad Odgaard, Professor, IG
bvo@geo.au.dk

Sofie Poulsen, Cand.scient, IG
sofie-poulsen@live.dk

Jens Reddersen, Natur- og projektmedarbejder
Nationalpark Mols Bjerge
jered@danmarksnationalparker.dk

Jette Sørensen, Chefkonsulent
VIA University College, jets@via.dk

Malene Sørensen, Pollenanalytiker
Moesgaard Museum
mks@moesgaardmuseum.dk

J. Richard Wilson, Lektor emeritus, IG
richard.lionheart.wilson@gmail.com



det de forskere, der gennem tiden havde arbejdet med geologien i Nationalpark Mols Bjerge. Formålet var at afdække den eksisterende geologiske viden, samt at få tilvejebragt et overblik over, hvor der mangler viden og med fordel kunne iværksættes nye undersøgelser. Endvidere var det formålet at få det faglige miljø inddraget i nationalparkens arbejde.

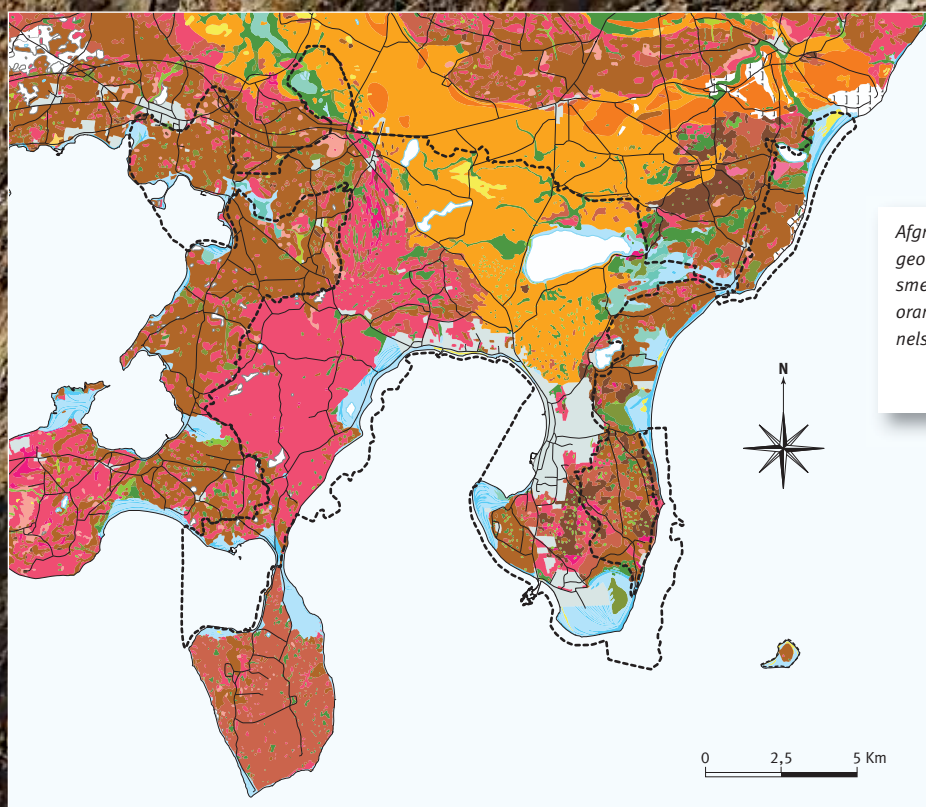
Efterfølgende blev der bevilget midler til tre projekter, der dels skulle bidrage med ny viden om kalkoverfladens struktur under de høje randmorænebakker i Mols Bjerge, dels udrede de kvartærgeologiske forhold med fokus på landskab og blotninger og endeligt fastlægge vegetationshistorien efter istiden ved at studere søsedimenter i en af søerne i nationalparken. Alle forskningsprojekterne er udført af forskere fra Institut for Geoscience på Aarhus Universitet. To af projekterne er efter afslutningen af en første fase blevet udvidet med supplerende undersøgelser og et enkelt nyt projekt om kortlægning af de store sten i nationalparken er kommet til. Tilsammen har projekterne givet os vigtig ny viden om områdets dannelse. Det er resultaterne af disse projekter, der beskrives i dette nummer af Geoviden.



De danske nationalparker

I Bekendtgørelsen af lov om nationalparker i Danmark fastslås det, at "Miljø- og fødevareministeren kan oprette en nationalpark, hvis området har national eller international betydning på grund af de naturmæssige og landskabelige værdier i området. Formålet med at oprette en nationalpark er at kunne forbedre og styrke mulighederne for en koordineret og langsigtet udvikling af de naturmæssige, landskabelige, geologiske, kulturhistoriske og friluftsmæssige værdier i samspil med nationale interesser, lokalbefolkningen og erhverv" (LBK nr. 120 af 26/01/2017).

Der findes i dag fire nationalparker: Thy, Vadehavet, Skjoldungernes land på Sjælland og Nationalpark Mols Bjerger, der tilsammen omfatter nogle af Danmarks mest enestående og værdifulde naturområder og landskaber.



Afgrænsning af Nationalpark Mols Bjerger vist på et geologisk jordartskort. Farverne viser følgende: Rød: smeltevandsaflejringer; brun: moræneaflejringer; orange: hedesletteaflejringer; grøn: ferskvandsdannelser; blå: marine aflejringer; gul: flyvesand.

Kilde: Pedersen, S.A.S. (red.), 1989.
Baggrundsfoto: Nicolaj K. Larsen

Fundamentet under Mols Bjerger

Mols Bjerger hører til blandt de mest markante landskaber i Danmark. Allerede for mere end 100 år siden nåede geologerne frem til teorien om, at Mols Bjerger måtte være opstået i et 'knibtangsfelt' mellem to istunger, som i den senere del af istiden bevægede sig op igennem lavningerne i Kalø og Æbeltoft Vig. Denne teori var overvejende baseret på studier af landskabsformerne. Inden for de seneste 25 – 30 år er der introduceret geofysiske værktøjer, som gør det muligt at supplere landskabsdata med data, som belyser undergrundens strukturer. Kombinationen af disse to datasæt kan gøre det nødvendigt at udbygge de gamle teorier. Seismiske undersøgelser har fx vist, at historien om Mols Bjergeres tilblivelse formentlig må føres helt tilbage til begyndelsen af tertiærtiden (Danien).

Seismiske undersøgelser i Mols Bjerger

I 2015 og 2016 lavede man undersøgelser med refleksionsseismik for at belyse de indre strukturer i Mols Bjerger. Forventningen var, at man ville finde strukturer af den type, som er kendt fra lokaliteter, der har været udsat for pres fra en fremrykkende indlandsis; i Mols Bjerger altså pres fra De Ungbaltiske Isstrømme, der for ca. 19.000 til 18.000 år siden lå i Kalø og Æbeltoft Vig.

Udstyret bestod af en seismisk vibrator som signalkilde. Signalerne blev opfanget af 72 geofoner monteret med 2,5 meters afstand på en såkaldt 'landstreamer'. Signalerne fra geofonerne blev registreret på seismografer med sammenlagt 72 kanaler.

De linjer, langs hvilke de seismiske profiler skulle opmåles, blev placeret på udvalgte vejstrækninger i området mellem Knebel, Agri, Basballe, Strandkær og Trehøje, se kortet. To af linjerne (nr. 3 og 6) var på tværs af bakkeretningerne i Mols Bjerger, mens fire linjer (1, 2, 7 og 8) stort set løb parallelt med bakkeretningerne, se kortet. Den samlede længde af profilerne er 11 km.

De seismiske profiler

De indsamlede feltdata er behandlet ved Institut for Geoscience med dertil indrettede computerprogrammer. Efter databehandlingen er der fremstillet billeder – seismiske pro-



Lokalisering af seismiske linjer nr. 1–3 og 6–8 (røde streger) med Den Danske Højdemodel (DHM 1.6m) som baggrund. Stjernen markerer positionen for boring DGU nr. 80.198.

filer – som viser strukturerne af lagene i undergrunden langs linjerne.

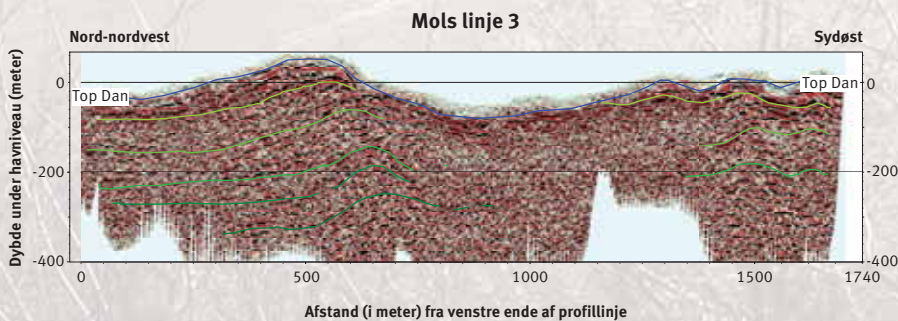
De seismiske profiler indeholder information ned til 300 – 500 meter under terræn. Som eksempel ses 'Mols linje 3' på s. 5. Profilets vandrette akse viser afstanden. Den lod-

rette akse angiver dybden under havniveau (0 på skalaen). I boksen på s. 5 er beskrevet, hvorledes dybderne er beregnet.

I alle de seismiske profiler optræder en markant og sammenhængende refleksion mellem kote ca. +50 og –120 m.



Foto: Jette Sørensen.



Seismisk profil Mols 3. Ingen overhøjning. Med blå streg er refleksionen fra toppen af Danienskalken markeret. De tynde, grønne streger markerer interne lagflader i kalken.

Takket være en dyb boring i Knebel (DGU nr. 80.198) har det været muligt at skønne den stratigrafiske placering af denne refleksion. I boringen fandt man Danienskalk ved kote -115 m. Det seismiske profil 8 slutter ca. 600 m nord for boringen. I de sydligste ca. 750 m af profil 8 findes en markant refleksion ved kote -120 ±10 m. Så selvom afstanden mellem boringen og profilet er anseelig, er det overvejende

sandsynligt, at den markante refleksion angiver overfladen af Danienskalken. Efterfølgende kaldes refleksionen Top Danien.

I de fleste af de seismiske profiler optræder der svage refleksioner under Top Danien.

Stedvist optræder der også refleksioner over Top Danien, men det er desværre ikke muligt med de foreliggende data at opnå nogen pålidelig geologisk tolkning her.

Geologisk tolkning af de seismiske profiler

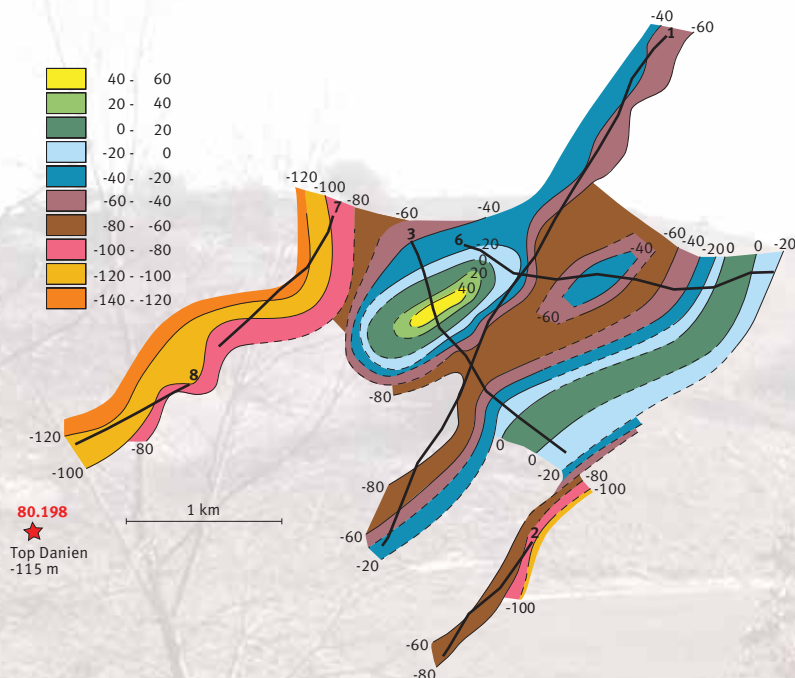
Tolkningen indledes med en opstregning af udvalgte refleksioner for at få et overblik over strukturerne i lagserien (se til venstre). I det næste skridt var det hensigten at lave højdekort baseret på de opstregede refleksioner. Med de foreliggende data var dette dog kun muligt for grænsefladen Top Danien, se nedenfor. Endelig kombineres alle iagttagelser med almindelig baggrundsviden for at beskrive en sandsynlig model for dannelseshistorien bag observationerne.

Den geologiske tolkning tager sit udgangspunkt i Top Danien (der er ca. 62 mio. år gammel). Denne refleksion er den eneste, der kan identificeres i alle de seismiske profiler. Til trods for en noget ujævn fordeling og varierende afstand mellem profilerne har det været muligt at udarbejde et reliefkort over Top Danien (se nedenfor). Alle de øvrige refleksioner, som er streget op i de seismiske profiler, kan ikke bindes sammen fra profil til profil, og tolkningen af disse refleksioner baseres derfor på hvert enkelt profil.

Refleksionerne under Top Danien repræsenterer interne laggrænser dannet i Danien eller eventuelt i Maastrichtien (Skrivekridt, ca. 72 til 66 mio. år før nu; i Øvre Kridt). Grænsen mellem Maastrichtien og Danien kan ikke fastlægges i de seismiske profiler. Men da tykkelsen af Danien i litteraturen angives til ca. 200 m

Profilernes lodrette akse

Koterne er beregnet ud fra de målte refleksionstider. Det er en beregning, som forudsætter kendskab til lydhastighederne i de enkelte lag. Da denne information ikke er til rådighed i Molsområdet, er dydberegningen foretaget ved brug af hastigheds(V)-dybde(z)-funktionen $V=1650+0.62 \cdot z$, som tidligere er udviklet og afprøvet ved en landsdækkende kortlægning af koten for overfladen af kridt- og kalkaflejringer (Skrivekridt/Danienkalk). Det formodes derfor, at dybdeskalaen for Mols-profilerne er rimelig retvisende ned til kalkoverfladen. Derunder vil de angivne dybder være noget mindre end de virkelige.



Kort over overfladen af kalken (Top Danien). Sorte streger: seismiske linjer. Ækvdistancen: 20 m.

i Mols-området, kan den dybeste del af nogle af de seismiske profiler nå ned i Maastrichtien. I begge tilfælde vil der være tale om laggrænser i marine aflejringer.

Refleksioner i kalken

I de fleste seismiske profiler kan der i kalken spores flere refleksioner, der ligger over hinanden. Det er et karakteristisk træk, at refleksionerne udviser et bølget forløb, og at bølgeformerne gentages – ofte lidt forskudt til siden fra de ældre til de yngre refleksioner. Fænomenet er særlig tydeligt i de profiler, der ligger på tværs af bakkeretningen (profil 3 og 6). Tilsvarende fænomen er tidligere beskrevet fra skrivekridtet under Stevns Klint og i Kattegat, hvor det tolkes som værende et resultat af omlejring af kalkpartikler forårsaget af bundstrømme i 'kalk-havet'.

Profil 3 (se s. 5) påkalder sig i den sammenhæng særlig interesse. I den venstre (nordvestlige) side af profilet (0 – 750 m) er forløbet af fem refleksioner internt i kalken markeret med grønne streger. Det er tydeligt, at der mellem refleksionerne mod nordvest er en ensartet, stor afstand (tykke lagpakker); at alle fladerne er jævne og at de hælder svagt mod nordvest. I retning mod sydøst forøges hældningerne, hvor fladerne danner nordvest-flanker af 150 – 200 m brede banker, der også har nogle relativt stejle flanker mod sydøst. Bankerne stables, samtidig med, at de for hver generation rykker ca. 30 m mod nordvest, og til slut danner øverste lag i den ca. 100 m høje bule, som ses i Top Danien (ved afstanden 500 m).

Umiddelbart sydøst for de 'opstablede' banker er der over en strækning på godt 500 m en zone, hvor det ikke er muligt med sikkerhed at identificere sammenhængende refleksioner i det seismiske profil. Den dybe lavning,

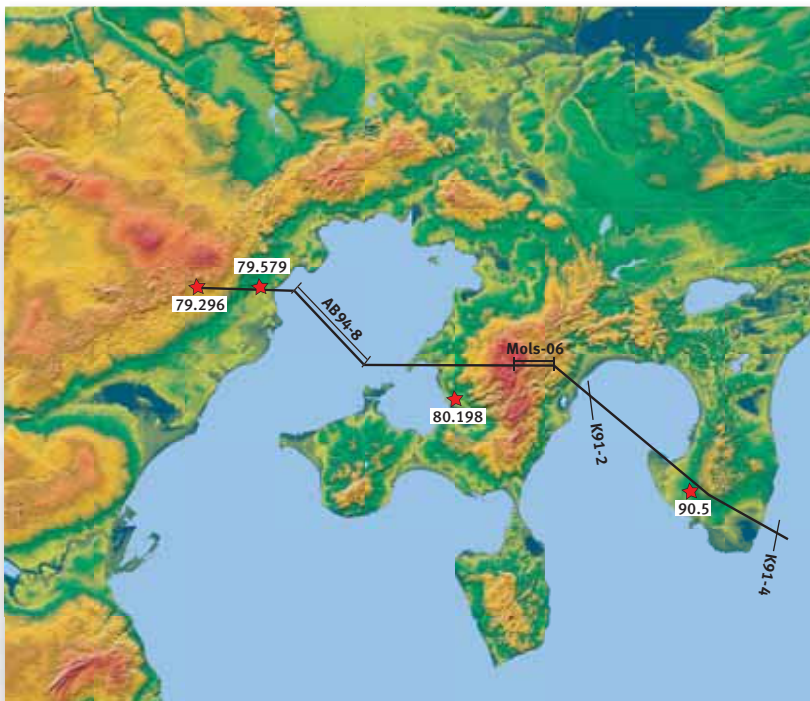
der præger Top Danien på denne strækning, tages som udtryk for, at kalksedimentationen lokalt har været reduceret. Måske kan en bundstrøm i lavningen være årsagen, og måske kan bulen nordvest for lavningen være dannet som en levée (vold) langs den samme bundstrøm. Accepteres disse overvejelser og denne tolkning, kan man forestille sig, at relieffet ved Top Danien har udgjort et topografisk element, formentlig et bakke – dal-strøg, på bunden af Danien-havet ved overgangen til Selandien.

Kort over Top Danien

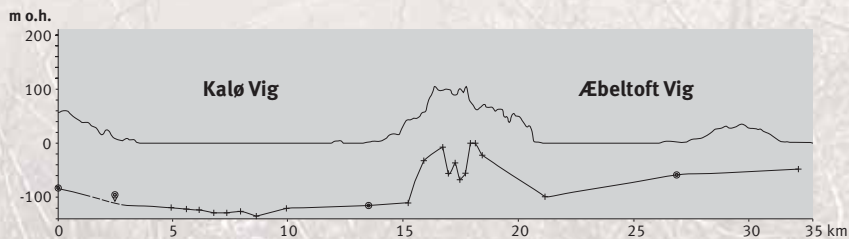
På grund af den spredte fordeling af datapunkter kunne konturerne på kortet ikke udtegnes maskinelt. Kortet (se til venstre) er derfor håndtegnet, hvilket selvfølgelig indebærer risiko for fejltolkninger. Risikoen er dog begrænset, fordi Top Danien-fladen har et meget beskedent relief i de seismiske profiler, der løber parallelt med bakkeretningerne, og fordi profilerne ligger ret tæt, hvor relieffet er størst. Der er ingen tvivl om, at kortet vil kunne forbedres, hvis der kommer flere data til rådighed, men selv i sin nuværende form viser konturkortet interessante træk ved relieffet i Top Danien. Et hovedtræk er, at relieffet generelt er domineret af nordøst-sydvest for-



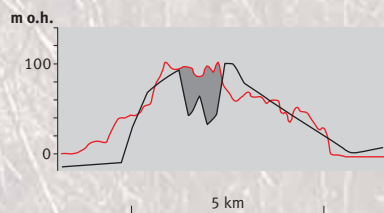
Markering med hvide signaturer af hovedelementerne i Top Danien på baggrund af DHM1.6m. (Jfr. kortet ovenfor).



Tracé for tværsnit med sammenstilling af relieffet i Top Danien og relieffet af det nuværende terræn, se profilerne nedenfor. Kortbaggrund: DHM1.6m. Boringer langs tracéen er markeret med stjerne og DGU nr. Seismiske linjer er angivet med tynde sorte streger og med navne på seismiske linjer.



Tværsnit med terrænprofil og Top Danien-profil. Boringer er markeret med cirkel/prik-signatur. Punkter fra seismiske profiler er angivet med kryds. Overhøjning 24x.



Mols Bjerges terræn (rød streg) sammenlignet med Top Danien overfladen (sort streg). Top Danien overfladen er løftet 110 m vertikalt op fra den sande placering, sammenlign med figuren ovenfor Overhøjning 24x.

løbende konturretninger. Top Danien under Mols Bjerge er således karakteriseret ved to nordøst-sydvest løbende og 500 – 750 m brede rygge, som er adskilt af en mellemliggende centrallavning, som mod nordøst er ca. 1 km bred og aftagende til ca. 500 m mod sydvest. På begge sider af ryg-lavning-ryg-komplekset falder koterne ud mod Kalø og Æbeltoft Vig. De lavest observerede koter er her henholdsvis –120 og –100 m.

Kortet til venstre viser, at der er nogenlunde overensstemmelse mellem hovedretningerne af havbundens bakkelandskab i Top Danien og i det nuværende terræn.

Top Danien i større perspektiv

Institut for Geoscience har siden 1989 indsamlet seismiske data i farvandene omkring Molshalvøen. Når disse data kombineres med de nye data fra Mols Bjerge og med boringer på land, er det muligt at konstruere et tværsnit, som viser relieffet i Top Danien fra Skødstrup over Kalø Vig, Mols Bjerge, Æbeltoft Vig til Kattegat. Lokaliseringen af tværsnittet ses på kortet ovenfor. Tværsnittet med Top Danien og det nuværende terræn er vist under kortet.

Ser man bort fra bankekomplekset i kalken under Mols Bjerge, så danner Top Danien i store træk en jævnt mod nordvest hældende flade fra

Kattegatkysten (kote ca. –40 m) og indtil cirka midten af Kalø Vig (kote ca. –135 m). Det gennemsnitlige fald er ca. 3,5 ‰. Fra Skødstrup (kote ca. –80 m) og til cirka midten af Kalø Vig er der et fald mod sydøst på ca. 7 ‰. I den store skala er der altså i Top Danien en lidt asymmetrisk lavning med det dybeste punkt under Kalø Vig, og bankekomplekset i kalken under Mols Bjerge er placeret på skrånplanet 7 – 13 km sydøst for det dybeste punkt i Kalø Vig.

Fokuserer man på bankekomplekset og det nuværende landskabs udformning i Mols Bjerge (nederst til venstre) opdager man, at ligheden er overraskende stor. Ligheder og forskelle træder tydeligt frem i figuren, hvor Top Danien tværsnittet er løftet 110 m lodret op fra sin virkelige position. Den væsentligste afvigelse findes ved toppen, hvor den ca. 50 m dybe og ca. 1 km brede centrallavning i Top Danien ikke genfindes i terrænet.

Afrunding

Med de seismiske undersøgelser er der påvist et hidtil ukendt bankekompleks i Danienkalken under Mols Bjerge. Overfladen af bankekomplekset er udformet med to rygge adskilt af en mellemliggende centrallavning. Det bemærkes, at ryggen og centrallavningen har omtrent den samme sydvest-nordøstlige retning, som præger terrænet i Mols Bjerge.

Bankekompleksets indre opbygning med stablede lag kan muligvis tolkes som udtryk for, at bankekomplekset er dannet af bundstrømme i Danien-havet.

Det grundlæggende spørgsmål, om hvilke faktorer, der har bestemt placeringen af bankekomplekset, kan ikke besvares ud fra de foreliggende data. Det er dog muligt, at analyser af data fra kulbrinte-efterforskningen på Djursland vil kunne bidrage til belysning af det spørgsmål.

I tværsnit afspejler Mols Bjerges terræn i forbløffende grad bankekompleksets relief. Der er dog afvigelser. Centrallavningen i toppen af bankekomplekset ses således ikke i det nuværende terræn. Det må betyde, at denne lavning i tiden efter Danien er fyldt op med enten palæogene (ca. 66 til 23 mio. år før nu) eller yngre sedimente eller begge dele. Lagpakken, som i øvrigt dækker bankekomplekset, kan ligeledes bestå af palæogene og kvartære aflejringer. Det kan konstateres, at tykkelsen af denne lagpakke er bemærkelsesværdig ensartet på ca. 100 – 120 m. Desværre tillader de foreliggende data ikke nærmere vurdering af aflejringsforholdene i post-Danien Palæogen og i Kvartær.



Forfattere: H.L.A., E.N., O.R.C.



Nationalpark Mols Bjerge – et enkelt istidslandskab med en kompliceret dannelse

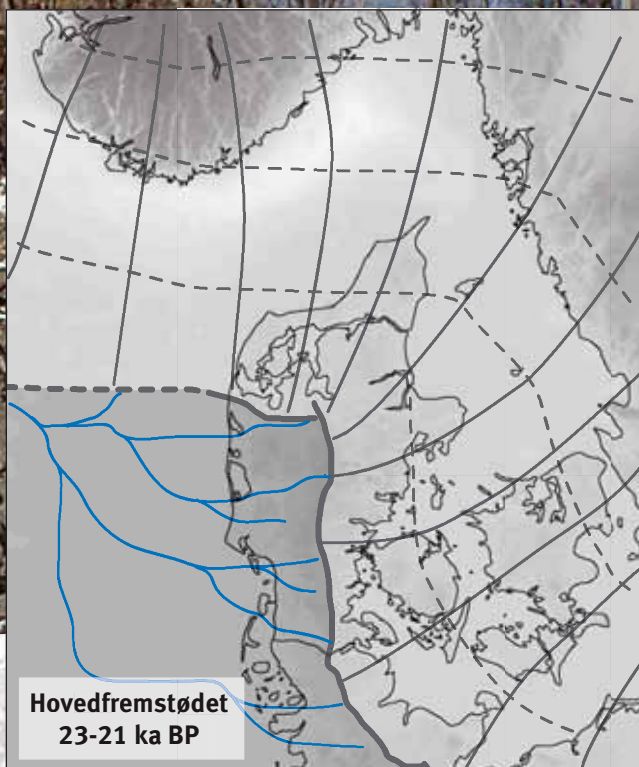
Mange mener, at tilblivelsen af landskabet i Mols Bjerge er afklaret: Det består af en klassisk landskabssekvens med inderlavning (Kalø og Ebeltoft Vig), randmoræner (Mols Bjerge) og en smeltevandslette (Tirstrup Hedeslette) dannet i forbindelse med Det Ungbaltiske Isfremstød for ca. 18.000 år siden. Men nyere studier har vist, at det måske er mere kompliceret, og at landskabet er dannet ved gentagne isoverskridelser, der hver især har bidraget til udformningen, og hvoraf den yngste, Den Ungbaltiske Is, naturligvis har efterladt et betydeligt aftryk på det nuværende landskab. Der er også stillet spørgsmålstejn ved, om bakkerne er dannet ved istektonik, eller om nogle af dem er issøbakker dannet i forbindelse med dødissmeltning. En af grundene til denne usikkerhed er, at der kun findes få blotninger, hvor geologien kan studeres, og hidtidige tolkninger af landskabets dannelse baseres i mange tilfælde primært på landskabsanalyse.

Istidshistorien i Nationalpark Mols Bjerge

De første spor efter istider i Danmark er ca. 800.000 år gamle, mens de ældste spor i Nationalpark Mols Bjerge formentlig er fra Elster

Istiden, som fandt sted for 490.000 til 410.000 år siden. Endvidere er der på Djursland konstateret istidsaflejringer fra Saale og Weichsel samt mellemistidsaflejringer fra Holstein og Eem. Det vil sige, at det nuværende landskabs

dannelse har en lang forhistorie, der kun kan belyses ved at kombinere landskabsanalyse af den nuværende topografi med studier af hvilke lag, landskabet er opbygget af. Det er dog klart, at landskaberne inden for Nationalpark Mols Bjerge primært er udformet i forbindelse med de to seneste isfremstød, Hovedfremstødet og Det Ungbaltiske Isfremstød, se figuren s. 9, hvor det sidstnævnte skabte den klassiske landskabssekvens med inderlavning, randmoræne og smeltevandslette, som udgør kernen af Nationalpark Mols Bjerge. Hovedtrækkene i dannelsen af landskabet blev allerede præsenteret i 1908 af statsgeolog Poul Harder, der kortlagde Den Østjyske Isrand (også kaldet Harders israndslinie), som blev dannet i forbindelse med Det Ungbaltiske Isfremstød. Senere un-



Udbredelsen af de to seneste isfremstød i Danmark: Hovedfremstødet (tv) samt Det Ungbaltiske Isfremstød (th). Det er i forbindelse med Det Ungbaltiske Isfremstød, at det glaciale landskab i Nationalpark Mols Bjerger primært blev skabt. Tidsangivelse 'ka BP' = 1.000 år før nu.

Kilde: Efter Larsen et al. (2009), se boks på s. 12.
Foto foroven: Jette Sørensen.

dersøgelser af kystprofiler og grusgrave har givet mere viden om istidshistorien, men der er ikke rokket grundlæggende ved tolkningen af landskabets dannelse. Udfordringen i Nationalpark Mols Bjerger er, at der er få blotninger, hvor man kan undersøge den geologiske opbygning og dermed fastlægge hvilke istids- og mellemistidslag, der findes. Endvidere er der også kun lavet et fåtal af absolutte dateringer, og det betyder, at sammenhængen mellem de geologiske lag, som udgør kernen af landskabet og landskabets dannelse, er uklar.

Hvordan daterer man istidsaflejringer?

En af de grundlæggende forudsætninger for at forstå dannelsen af geologiske lag er at kende deres alder. Men det kan være vanskeligt at datere istidsaflejringer, da de ofte ikke indeholder organisk materiale, som kan dateres vha. kulstof 14-metoden, og som kun rækker ca. 50.000 år tilbage i tiden. I stedet kan man benytte sig af Optisk Stimuleret Luminescens-

datering (OSL), som gør det muligt at datere uorganiske istidsaflejringer, som fx smeltevandssedimenter, se s.10. I nationalparken findes en række kystprofiler, hvor istidsaflejringerne er kortlagt, men hvor alderen er usikker og baseret på korrelationer, fordi man ikke har absolutte dateringer. I samarbejde med Nordisk Laboratorium for Luminescensdatering, Aarhus Universitet, er der lavet en række målinger for at datere de istidsaflejringer, som opbygger landskabet i nationalparken. Det var muligt at indsamle prøver fra Mols Hoved, Elsegårde og Kongsgårde i eller tæt på nationalparken samt fra en række nøglelokaliteter lidt længere udenfor, men stadig en del af samme istidshistorie. Andre klintprofiler i nationalparken, som tidligere har været blottet, var enten dækket af skred (Fuglsø, Rugård), eller også indeholdt de ikke lag, der kunne dateres (Ebeltoft Færgenhavn). De fleste af disse lokaliteter menes at indeholde lag fra den seneste istid, Weichsel, og derfor burde man kunne benytte OSL-metoden.

Nye OSL-resultater

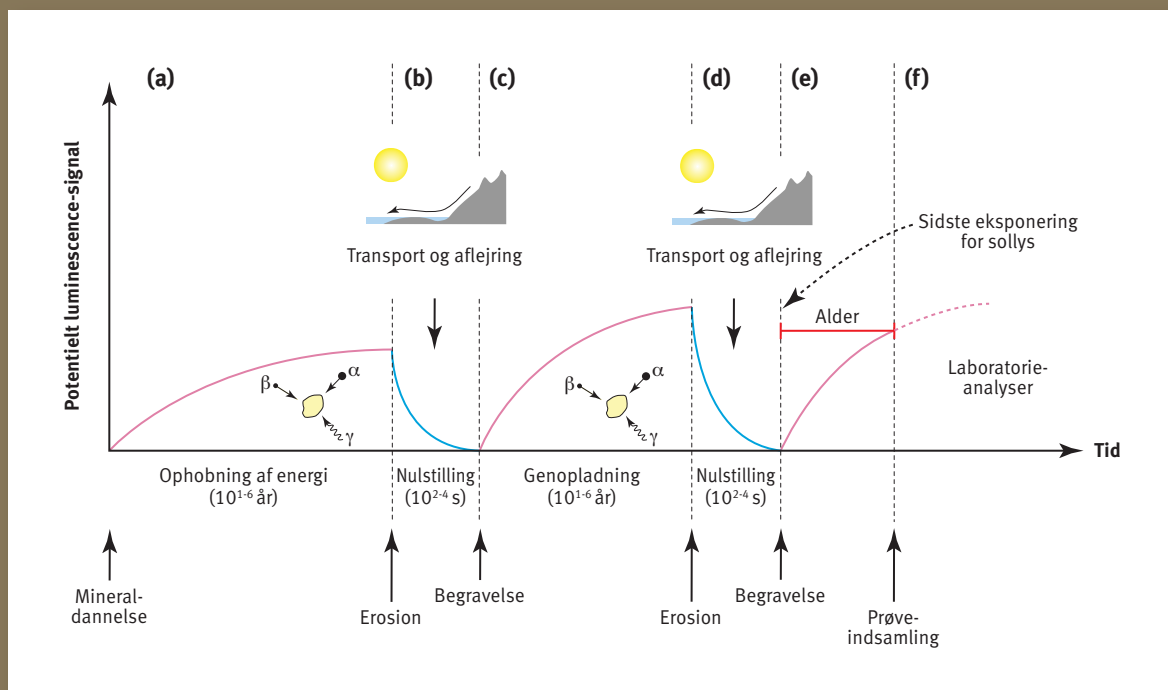
Vi har målt på både feldspat- og kvartskorn, og her viser de fleste dateringer en alder på 300.000 til 100.000 år, men i en række tilfælde er der betydelig forskel på de to metoder, hvilket der ikke burde være, se figuren s. 11 øverst. Denne fordeling kan enten skyldes, at kvartskornene er gået i mætning, dvs. de kan 'ikke blive ældre', eller at prøverne ikke blev nulstillet i forbindelse med den seneste aflejringsbegivenhed. Usikkerheden omkring tolkningen af OSL-dateringerne betyder, at det kan være svært at konkludere, om kvarts- eller feldspatdateringerne er de mest retvisende. Heldigvis er der nogle prøver, som er udtaget i aflejringer med kendt alder og hvor kvartsdateringerne giver de mest retvisende aldre. Det gælder bl.a. nogle skalførende marine Eem-aflejringer fra Mols Hoved og Elsegårde, som netop giver aldre mellem 130.000 og 115.000 år før nu, se s. 11 nederst. Det viser, at marine kystzonedimenter blev nulstillet og kan dateres med kvartskorn, mens feldspatkornene

OSL-metoden

I luminescensdateringer bruger man kvarts og/eller feldspat, fordi disse mineraler har evnen til at optage og afgive energi. Når mineralerne udsættes for sollys (eller høj varme), tømmes de for energi, mens de optager energi, når de er begravet. Energien optager de, når de rammes af den radioaktivitet, der er i sedimenterne omkring (^{40}K , ^{238}U og ^{232}Th er de vigtigste radioaktive isotoper i sediment) samt i kosmisk stråling fra verdensrummet, se figuren nedenfor. Kvarts- og feldspatmineraler er hovedbestanddele i mange bjergarter og findes i langt de fleste aflejringer i Danmark. Når vand, vind eller is eroderer disse mineraler og transporterer dem til et nyt sted, hvor de aflejres, får mineralerne sollys på deres rejse. Dette gør, at mineralerne under ideelle forhold mister al den energi, de har ophobet (de 'nulstilles'). Når mineralerne begravnes på deres nye aflejringssted, begynder de at ophobe energi igen. Hvis man så tager en prøve, uden at sedimentet får sollys, kan man i laboratoriet måle den absorberede strålingsenergi, der over tid gradvist er ophobet inde i mineralerne. Da det også er muligt at måle, hvor meget radioaktivitet, der er i jorden, kan man regne ud hvor meget energi, der tilføres mineralet pr. år. Man kan så, vha. følgende simple ligning, udregne alderen for, hvornår mineralerne sidste gang blev begravet – og dermed alderen på aflejringen.

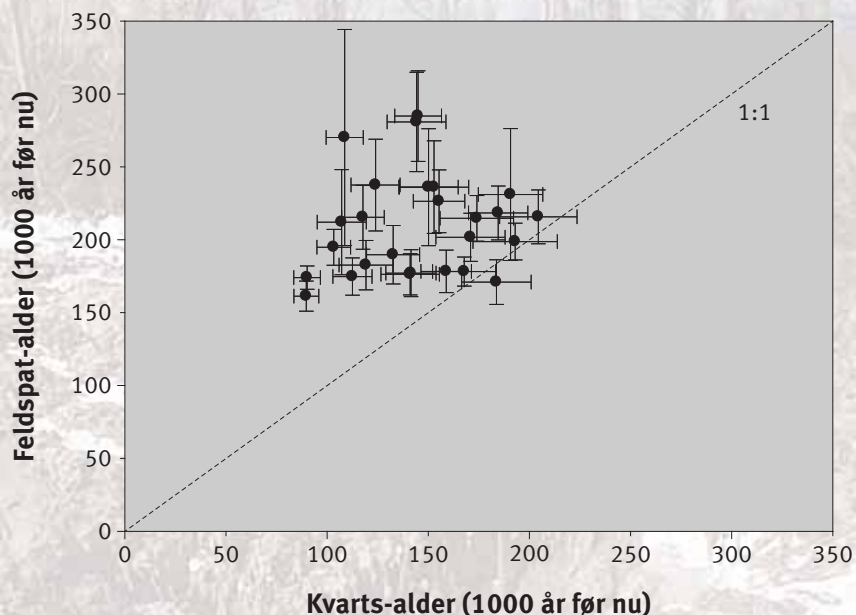
$$\text{Alder (år)} = \text{Energi i mineral} / \text{Energi tilført mineral pr. år}$$

Hvis man benytter kvarts, kan man datere sediment, der er op til 100.000 – 150.000 år gamle, mens feldspatkorn kan benyttes på sediment, der er op til 500.000 år gamle. Udfordringen med feldspatdateringer er, at de over tid mister en del af signalet, og derfor benytter man sig oftest af OSL-dateringer af kvartskorn. Men selvom OSL-dateringer på mange måder har gjort livet lettere for kvartærgeologer, så er der visse usikkerheder og faldgruber i målingerne. Der kan fx være vanskeligheder med at tolke luminescensaldrer, hvis man har mistanke om ufuldstændig nulstilling ved aflejring, eller hvis man får aldre på grænsen af, hvad det er muligt at datere med henholdsvis kvarts- og feldspatmetoden. Problemet er størst for sediment aflejret af smeltevand fra is og gletsjere, og mindst i sediment aflejret af vinden, fordi mineralerne skal have tilpas meget sollys for helt at blive nulstillet.



Principperne i luminescensdatering af istids- og mellemistidsaflejringer. Når sedimenterne bliver aflejret, starter 'uret', og der ophobes energi fra radioaktivt henfald (Alfa-, Beta- og Gammastråling). Ved at måle den ophobede energi kan alderen beregnes, når man kender raten af radioaktivitet i jorden. En forudsætning for at man får en alder, der viser aflejringstidspunktet, er, at prøven forinden er blevet 'nulstillet', hvilket sker, når den udsættes for sollys eller høj varme. Enheden s er sekunder.

Kilde: Efter Mellet, C.L. (2013).



Kvarts- og feldspatdateringer af 26 prøver fra Nationalpark Mols Bjerger. Dateringerne burde plote på linjen 1:1, men det gør de ikke, fordi feldspat generelt er ældre end kvarts. Forskellen kan skyldes, at kvartskorne er gået i mætning og derfor ikke kan blive ældre, eller at kornene ikke blev ordentlig nulstillet før den seneste begravelse.

giver aldre, som er ca. 30 % for gamle. Anderledes ser det ud med nogle af dateringerne af smeltevandssedimenter, hvor både kvarts- og feldspatkorn giver for gamle aldre. Dette skyldes formentlig, at kornene ikke har set tilstrækkelig meget sollys til at blive nulstillet i forbindelse med den seneste aflejningsbegivenhed. Samlet set viser de nye OSL-dateringer dog, at lagserien i flere tilfælde er ældre og mere kompleks end hidtil antaget, og det bety-

der, at kystklinerne i Nationalpark Mols Bjerger indeholder istidsaflejringer fra både Saale og Weichsel samt marine aflejringer fra Eem Mellemistid.

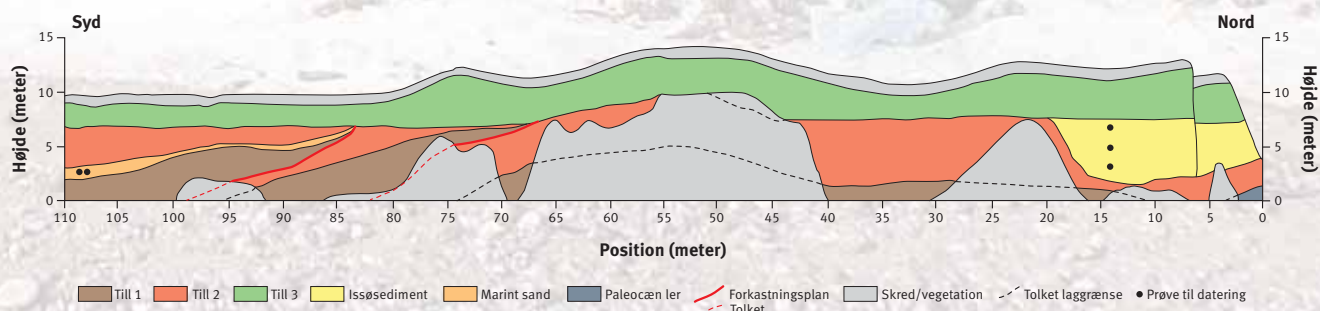
Bakkernes dannelse – georadar og LiDAR-kort

Bakkerne i Mols Bjerger er primært dannet i forbindelse med Det Ungbaltiske Isfremstød – men er det issøbakker, eller er det istekto-

nik, der har skabt dem? På LiDAR-kortet (se kortet øverst s. 7) fremstår bakkerne som en række aflange bakker i en hesteskoformet ring om Kalø Vig og Ebeltoft Vig. Det kunne altså tyde på, at bakkerne er et resultat af istektonik, men de kan også være issøbakker dannet ved at store mængder sand og grus er aflejret i sprækker og søer i dødisen oven på de andre istidslandskaber. Jordartskortet giver os et indblik i bakkernes opbygning, og nogle af dem indeholder smeltevandssand og -grus og kunne derfor være issøbakker. Andre består tydeligvis af moræneler og -sand og er formentlig dannet ved istektonik. LiDAR- og jordartskort giver os derfor ikke entydige svar, og den manglende mulighed for at undersøge bakkernes interne opbygning har gjort det svært at nå til enighed om, hvordan bakkerne er dannet.

For at belyse denne problemstilling kan man benytte en georadar til at kortlægge de øverste strukturer i undergrunden. En georadar benytter elektromagnetiske bølger til at kortlægge lagflader og strukturer i undergrunden. De elektromagnetiske bølger udsendes i korte pulser på overfladen, og de udsendte signaler reflekteres, når de møder en flade, hvor de dielektriske (ikke-strømledende) egenskaber ændres. Der er benyttet en 100 MHz frekvens antenne i forbindelse med undersøgelserne, hvilket giver en indtrængningsdybde på omkring 5 meter i de sandede sedimenter, mens lerholdige sedimenter giver en dårligere indtrængningsdybde.

To områder er blevet undersøgt, Kejlstrup og Agri Bavnehøj, hvor bakkerne er aflange, og hvor jordartskortet viser, at de består af



Opmåling af kystprofil ved Elsegårde. I klinten er der spor efter tre isfremstød markeret med brun, rød og grøn farve. Stratigrafien bygger på OSL-dateringer fra sandlag, der ligger mellem istidslagene, samt fund af skaller i det ene sandlag ved position 100–110 m. Vores foreløbige tolkning er, at det nederste istidslag (brun) er fra Saale efterfulgt af marine lag fra Eem Mellemistid (orange). Derefter følger endnu et istidslag (rød), som er afsat i forbindelse med Hovedfremstødet (23.000 – 21.000 år siden), hvorefter der bliver afsat sand (gul) i en stor isdæmmet sø, som dækkede hele Kattegat. Til slut skrider Den Ungbaltiske Is hen over området, folder og danner overskydninger i lagene fra en sydlig retning og afsætter det sidste istidslag (grøn).

Her kan du læse mere

Harder, P. 1908: En Østjydsk Israndslinie og dens Indflydelse paa Vandløbene. Danmarks Geologiske Undersøgelse II, 19, 227 s.

Houmark-Nielsen, M. 2008: Testing OSL failures against a regional Weichselian glaciation chronology from southern Scandinavia. *Boreas* 37, 660–677.

Houmark-Nielsen, M. 2010: Istidslandskabet omkring Nationalpark Mols Bjerge. *Geologisk Tidsskrift* 2010, 1–25.

Houmark-Nielsen, M. & Kjær, K.H. 2003: Southwest Scandinavia, 40–15 kyr BP: palaeogeography and environmental change. *Journal of Quaternary Science* 18, 769–786.

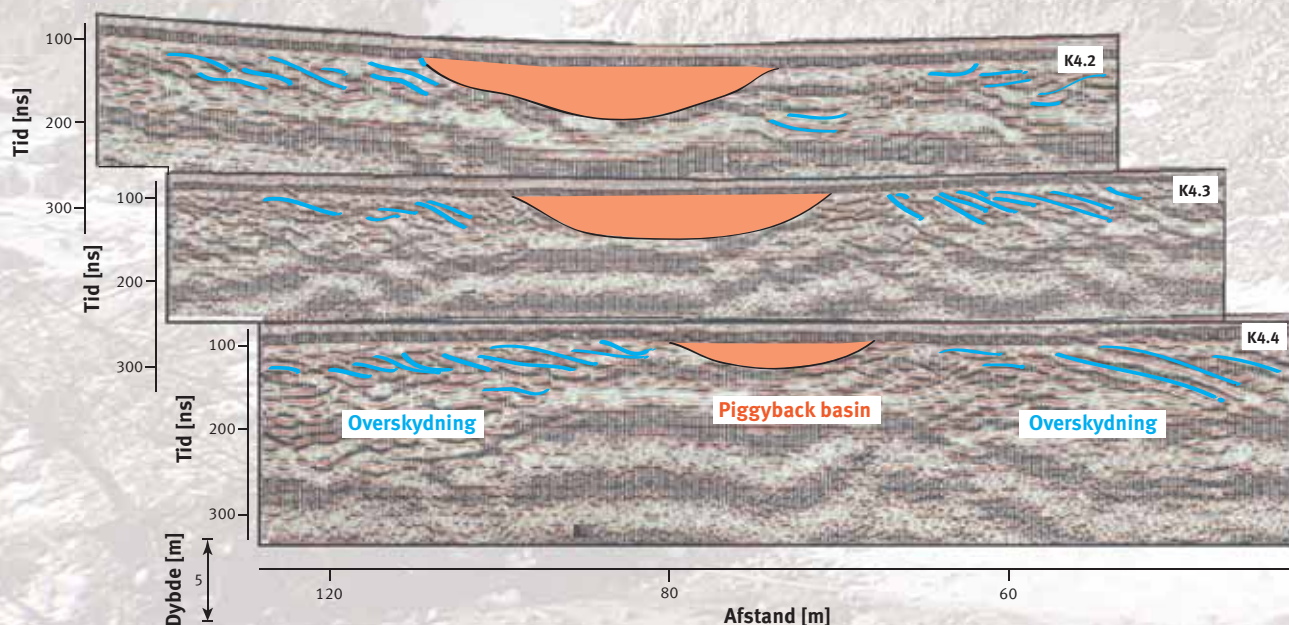
Larsen N.K., Knudsen K.L., Krohn C.F., Kronborg C., Murray A.S. & Nielsen, O.B. 2009: Late Quaternary ice sheet, lake and sea history of southwest Scandinavia – a synthesis. *Boreas* 38, 732–761.

Larsen, G. & Kronborg, C. 1994: Det mellemste Jylland. Geografforlaget, Brenderup.

Pedersen, S.A.S. & Petersen, K.S. 1997: Djurslands Geologi. Geografforlaget Brenderup, 96 s.

Morænelersskrænter ved Ebeltoft Færgehavn.

Foto: Jette Sørensen.



Georadarprofil fra Kejlstrup. Her er tydelige tegn på overskydninger, der viser at lagene er blevet istektonisk forstyrret fra nord og nordøst i forbindelse med Hovedfremstødet 23.000–21.000 år siden. Endvidere er der kortlagt et piggyback bassin, der er dannet som en lavning og samtidig udfyldt med smeltevandssand imellem de opskudte flager. Georadarprofilet er orienteret øst-vest og der er benyttet en bølgeudbredelseshastighed på 0.1 m/ns til dybdekonverteringen.

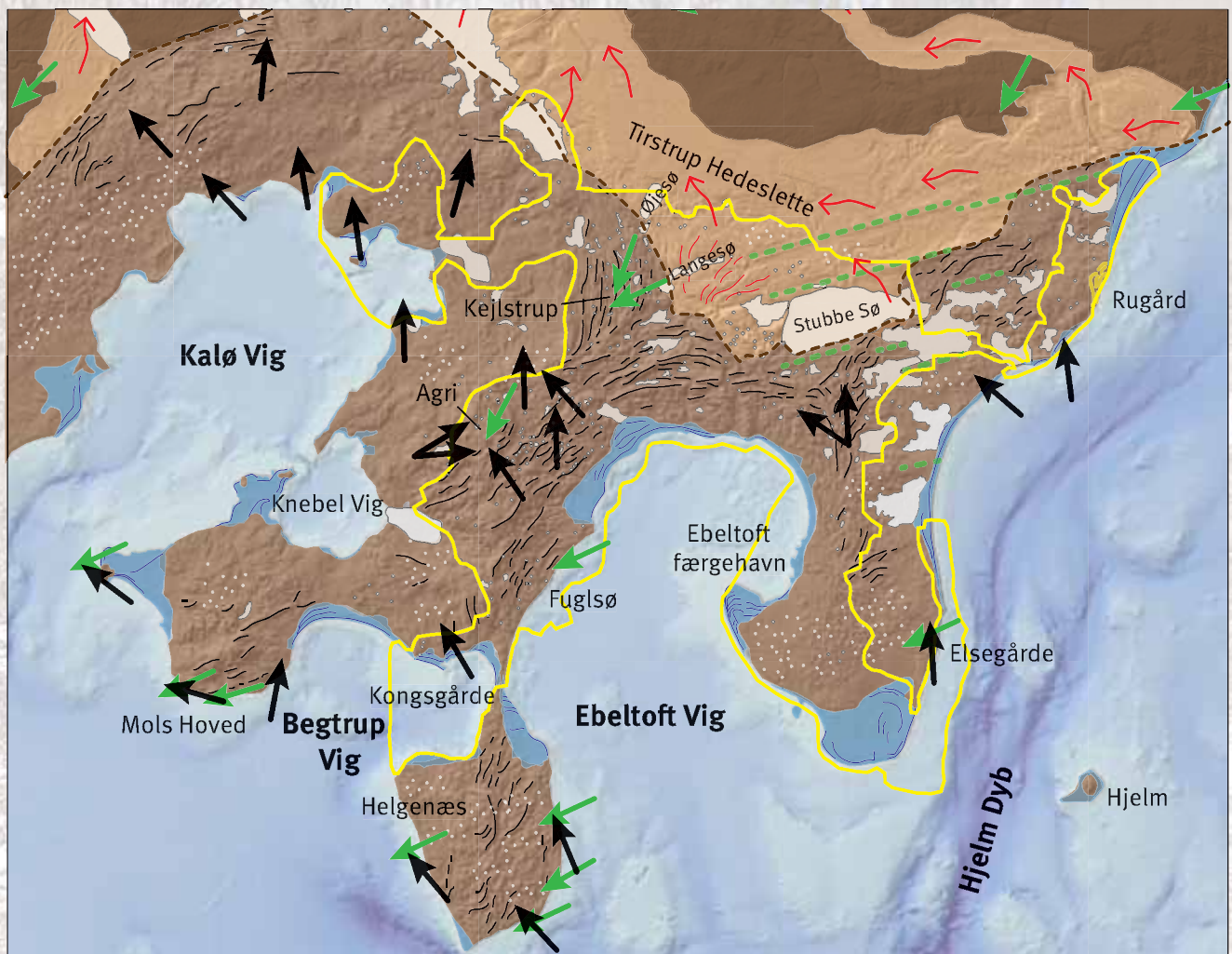
smeltevandssand og -grus. På georadarprofilerne er det tydeligt, at lagene generelt er istektonisk forstyrret, og ved Agri finder man lag, der hælder både mod øst og mod vest. Det viser, at bakkerne er dannet ved istryk fra både øst og vest, og det viser, at der må have været islober i henholdsvis Kalø og Ebeltoft Vig. Istektonik spillede også en rolle ved Kejlstrup,

men her hælder lagene mod nord-nordøst og kan dermed ikke umiddelbart relateres til Det Ungbaltiske Isfremstød, se figuren ovenfor. Det betyder, at bakkerne må være ældre, og at de formentlig er dannet i forbindelse med et fremstød under Hovedfremstøds afsmeltning.

Samlet set viser de nye resultater, at istidshistorien i Nationalpark Mols Bjerge er

mere kompleks end hidtil antaget. Aflejringerne i klinerne, som udgør basis for bakkelandskabet i Mols Bjerge, er ældre end tidligere foreslået og stammer fra Saale Istid, Eem Mellemistid og Weichsel Istid.

Landskabet er overvejende ungt og dannet i forbindelse med Det Ungbaltiske Isfremstød, men der findes også spor efter ældre



- | | | | | | | | |
|--|---------------------------------------|--|--|--|--|--|---|
| | NØ isens bundmoræne med terrænstriber | | Ungbaltens randzone med randmorænebakker | | Ungbaltens randzone med dødishuller | | Stenorientering, folder og overskydninger NØ isen (grøn) og Ungbaltens (sort) |
| | Smeltevandsslette med aflejningskegle | | Smeltevandsslette med dødispræg | | Hævet Littorinahavbund med strandvolde | | Strømningsretning i smeltevandssletter |

I forbindelse med Hovedfremstødet, som nåede sin maksimale udbredelse i Midtjylland 23.000-21.000 år før nu, blev der skabt en række istidslandskaber i den nordlige del af nationalparken. Det ses bl.a. nord for den Ungbaltiske isrand, hvor der er udviklet en række aflange bakker (terrænstriber, grønne striber) med en NØ-SV-orientering. Disse bakker er 5–10 m høje, 100–200 m brede og op til 10 km lange. Terrænstriberne er en del af det subglaciale landskab, dannet da Hovedfremstødet overskred Djursland fra en nordøstlig retning. Landskaberne fra Hovedfremstødet er overpræget af Det Ungbaltiske Isfremstød, der fremstår som en markant israndzone (brun stiplede linje). Overgangen mellem de to landskaber er nogle steder præget af dødislandskab, som viser, at der i forbindelse med Hovedfremstødet opstod en randzone, hvor dele af isfronten blev begravet af sedimenter, der forhindrede isen i at smelte. Dvs. dødisen blev efterladt i forbindelse med afsmeltningen efter Hovedfremstødet og indlejret i de landskaber, som blev dannet i forbindelse med det efterfølgende Ungbaltiske Fremstød. Dødisområdet omfatter bl.a. Stubbe Sø, Langsø og Øjesø samt hele området med terrænstriber.

begivenheder, bl.a. ved Kejlstrup, hvor der er bakker som øjensynligt er presset op fra en nord-nordøstlig retning. At landskabet, og især bakkerne, i høj grad er dannet af istektoniske forstyrrelser, er ikke ny viden. Det stemmer fint overens med tidligere observationer

fra de mange kystprofiler, hvor lagene er kraftigt foldet og overskudt samt fra dybe borer, hvor der er konstateret flager af plastisk ler, og det viser tydeligt, at istektonik spillede en afgørende rolle for landskabets udformning. De nye undersøgelser i Nationalpark

Mols Bjerge demonstrerer, at der er en fordel ved at inddrage flere forskellige analysemetoder i tolkningen af et istidslandskab, og at selv den simpleste landskabssekvens kan have en kompliceret dannelse.



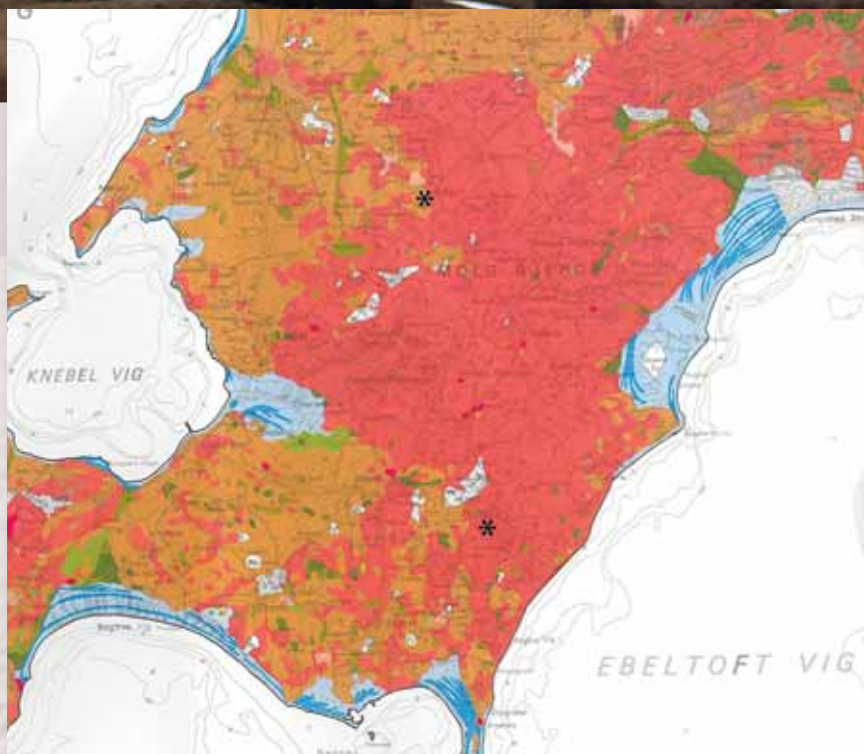
Forfattere: N.K.L., P.H., A.K., J.-P.B., I.M.

Landskabshistorie i Mols Bjerge efter istiden

Nye undersøgelser viser, at Mols Bjerge-landskabet først var færdigdannet mange årtusinder efter isen forlod Danmark. Hovedårsagen til det er, at dødsklumper lå begravet i landskabet meget længe før de smeltede, som fx ved Fuglsø Sø i 7.000 år. Nogle af dødshullerne blev som Fuglsø Sø vandfyldte, og aflejringerne i disse søer fortæller om skovene før landbruget kom, om åbne landskaber og bøgeskove i jernalderen og om den endelige skovtilbagegang i bakkerne for 1.000 år siden. Mols Bjerge har især været brugt som græsningsområde, en udnyttelse som har forårsaget stærk erosion. Agri Sø opstod først som sø efter omfattende lerskred for 1.000 år siden.

Mols Bjerges spektakulære landskabsformer rækker tilbage til istiden, men vores viden om dette landskabs historie i tiden efter isen forlod området er uhyre begrænset. Dødshuller er særdeles udbredte i bakkerne, men vi ved ikke, hvornår dødisen smeltede endeligt væk. Stærkt bakkede landskaber har som regel ikke været attraktive at opdyrke, og de har derfor generelt båret skov gennem efteristiden helt op til i dag. Det kender vi fx fra Silkeborgengen, Rold Skov og Grib Skov. Men når vi kigger på de mere end 200 år gamle udskiftningskort og såkaldte original-1 kort fra Mols Bjerge, ser vi et helt andet mønster: Bakkerne var blottede for skov. En fastlæggelse af, hvor langt tilbage denne åbenhed rækker og en dokumentation af de forudgående naturlige vegetationstyper giver en bedre baggrund for at forstå og pleje Mols Bjerges nuværende natur.

Søer og moser indeholder aflejringer (gytje og tørv), som gennem deres planterester kan fortælle om den skiftende flora og vegetation siden istiden. Aflejringerne i disse bassiner kan også bruges til at fortælle om landskabernes erosionshistorie, som ofte hænger tæt sammen med vegetationen og kulturhistorien. Er der tæt skov, er erosionen meget begrænset, mens den stiger voldsomt, når skoven forsvinder og erstattes af græsoverdrev, heder eller marker. Med erosionen følger også en næringsstofhistorie, fordi der tabes næringsstoffer fra overfladejorden, hvilket påvirker



Det geologiske kort over Mols Bjerges overfladeaflejringer viser, at smeltevandssand er dominerende – og så omkring Fuglsø Sø (den sydligste asterisk). Agri Sø (nordligste asterisk) er delvist omgivet af moræneler og smeltevandssand, se også kortet s. 3.

landbrugets produktionsmuligheder. Her er det især fosfortabet, der har betydning.

I Mols Bjerge ligger grundvandet dybt, ofte mere end 30 m under terræn, og der er derfor ingen søer og moser i bjergenes centrale dele. For at finde aflejringer til at beskrive Mols Bjerges udvikling efter istiden må man derfor ty til de mere perifere dele af bakkerne. Her finder vi højtbe-

liggende søer som Agri Sø (95 m.o.h.) og Fuglsø Sø (59 m.o.h.), og netop disse to (se kortet ovenfor) er blevet brugt i denne undersøgelse.

Søerne dannes

Under afsmeltningen efterlod isen store isklumper, såkaldt dødís, der under optøningsprocessen blev begravet af smeltevandssaflej-

Her kan du læse mere

Odgaard, B. 2006:

Fra bondestenalder til nutid. I: Larsen, G. (red.): Naturen i Danmark – Geologien. Gyldendal: 333-359.

Odgaard, B. V. og Rydén Rømer, J. (red.) 2009:

Danske landbrugslandskaber gennem 2000 år: Fra digevoldinger til støtteordninger. Aarhus: Aarhus Universitetsforlag, 302 s.

Odgaard, B. 2010:

Skovenes historie: Møller, P.F.(red.): Naturen i Danmark – Skovene. Gyldendal: 55-70.

Odgaard, B. og Sørensen, M.K. 2015:

Florahistorie i Mols Bjerge. Urt 39, 88-92.

Odgaard, B. 2017:

Bøgen - oprindelig eller spredt med kulturlandskabet? Skoven 49, 56-59.

Foto: Jette Sørensen.

ringer, som isolerede dem fra atmosfære og nedbør. Derved kunne dødisklumperne ligge i årtusinder, før de smeltede fuldstændig væk. Vi har hidtil ikke vidst meget om, hvornår dødisen helt forlod det danske landskab, men spredte undersøgelser viser, at det kunne være indtil ca. 1.000 år ind i vores varmetid, før alle bassiner (afstøbninger efter dødisklumperne) var færdigdannet. Boringen i Fuglsø Sø (foto til højre) viser, at Fuglsø-bassinet opstod lige på overgangen til vores varmetid, for knap 12.000 år siden. Det betyder, at dødisen – formodentlig fra Det Ungbaltiske Fremstød – her har ligget begravet 6 – 7.000 år, før den smeltede helt.

Agri Sø har en noget anden og overraskende historie. Boringerne i denne sø viste, at den indeholdt søsedimenter fra de sidste 1.000 år. Derunder lå et metertykt, kompakt lerlag med spredte planterester og et pollenindhold, der lignede det overliggende søsediment. Boreudstyret, som var beregnet på søsedimenter, kunne ikke bore igennem dette lerlag, men en ældre vandboring ved søens bred viser, at der under leret ligger mere end 20 m sand og at grundvandsspejlet her findes 27 m under terræn. Tolkningen af søens historie er derfor, at Agri-bassinet opstod som et dødishul ligesom Fuglsø-bassinet, men at det efter udsmeltingen forblev tørt, ligesom det velkendte dødishul Tinghulen i Mols Bjerge er i dag. Tørt, fordi grundvandet lå langt nede, og fordi der ikke var en lerforsegling til at holde på tilstrømmende overfladevand.



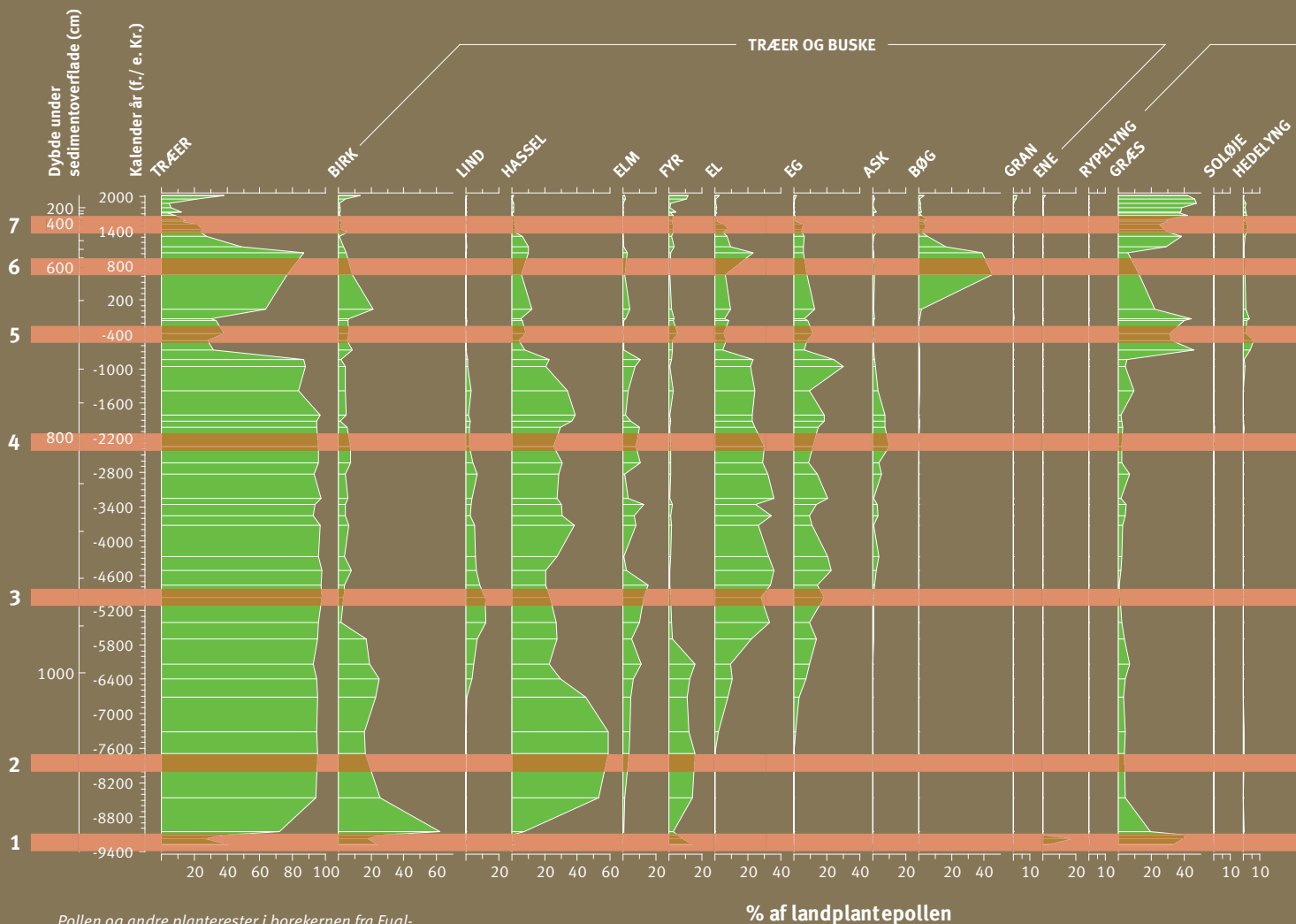
Her bores der i Fuglsø Sø fra en specialkonstrueret boreflåde.

Foto: Peter Gjelstrup.

Denne lerforsegling opstod først for 1.000 år siden, og den må være forbundet med en katastrofalt nedskylning – eller et skred – af ler fra det fede issøler, der ligger nordvest for søen. En så voldsom lerbevægelse kan dårligt være forekommet uden at området har været ryddet for vegetation og under opdyrkning. Man må forestille sig, at den tunge muldfjælsplow, der netop i Middelalderen bredte sig i Danmark, var en forudsætning for denne opdyrkning. Således betragtet kan Agri Sø måske betegnes som Danmarks første kunstigt anlagte sø, om end ikke anlagt med hensigt.

Efteristidens landskabsudvikling

Boringer gennem sedimentet på bunden af den 3 m dybe Fuglsø Sø afslørede 11 m aflejring. Altså må søen oprindeligt have været omtrentlig 14 – 15 m dyb. På basis af talrige kulstof-14-dateringer, røntgenskanninger af borekernerne og undersøgelser af pollen samt andre planterester op gennem de 11 m sediment kan områdets vegetations- og erosionshistorie dokumenteres – hér ved 7 tidssnit gennem karakteristiske perioder, se figuren på side 16 og 17.



Pollen og andre planterester i borekernen fra Fuglsø Sø afspejler 7 distinkte perioder i landskabets historie, se teksten nedenfor.

Snit 1 (ca. 9.300 år f.Kr.) afspejler en overgangsperiode, hvor temperaturen var tydeligt højere end under istiden og træer var begyndt at brede sig i det tidligere åbne landskab. Udviklingen mod skov holdes dog noget tilbage af en kortvarig klimaforværring omkring 9.400–9.200 år f.Kr. (*Den Præboreale Oscillation*) og tundraplanter som rypelyng trives stadigvæk lidt ind i varmetiden. Den begrænsede vegetation formår ikke at dække landskabet effektivt og erosionen er høj, se figuren ovenfor.

Snit 2 (ca. 7.800 år f.Kr.) viser et skovbevokset landskab domineret af hassel, birk og fyr. Nu er vegetationen tæt og erosionen generelt lav, men i de stejle bakker kan der stadig ske skred, som det er afspejlet af en erosionsbegivenhed omkring 8.200 år f.Kr.

Snit 3 (ca. 5.000 år f.Kr.). Her er flere varme- og næringskrævende træer ankommet fra deres istidsrefugier i Syd- og Mellemeuropa og landskabet dækkes nu af en tæt løvskov af lind, hassel, elm, el og eg. Når der tolkes på pollenprocenterne, skal der tages hensyn til de enkelte træers forskellige pollenproduktion, så selvom mængden af lindepollen er lav, har den

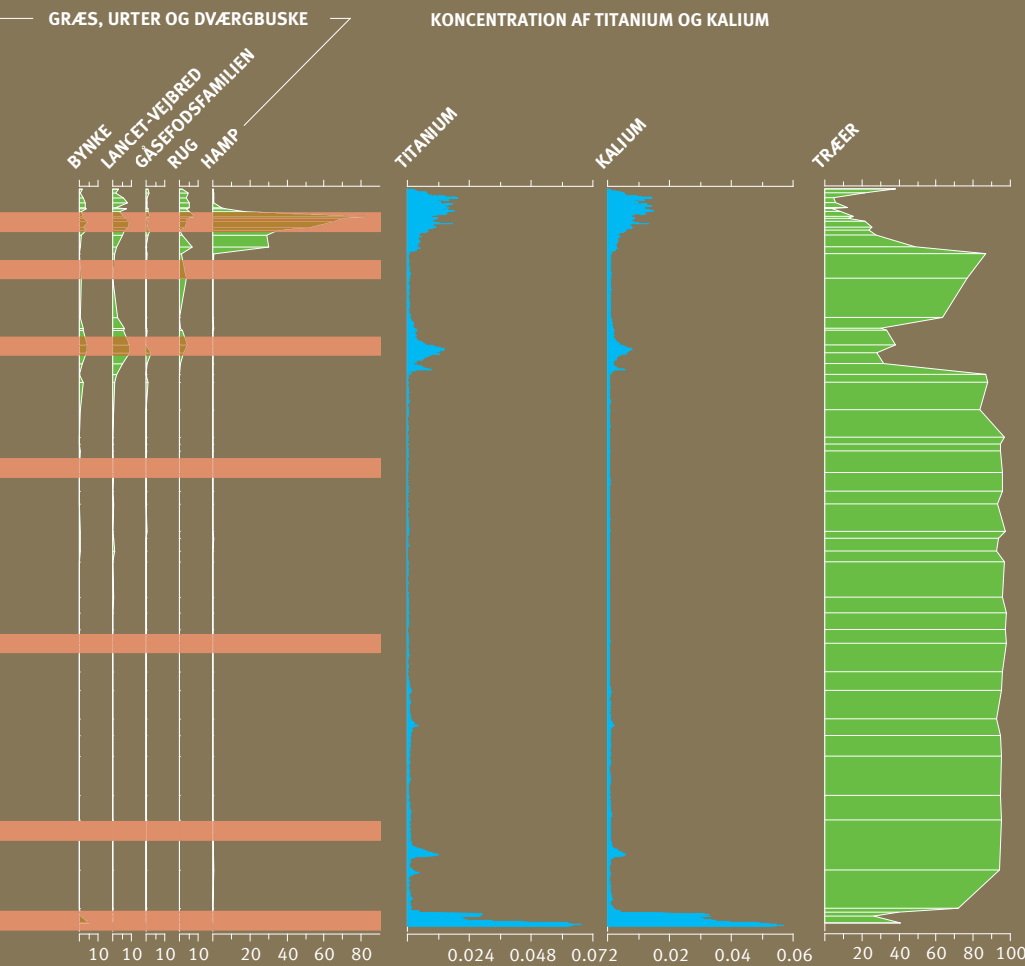
insektbestøvede småbladet lind været et af de dominerende træer. Der er også mange rester af dens frugter her. Blade af spidsløn viser, at denne træart, der er udbredt mod øst, også er naturligt forekommende i Jylland. Denne periode giver et fingerpeg om, hvordan Mols Bjerge ville have set ud, hvis der aldrig havde været mennesker i området.

Snit 4 (ca. 2.300 år f.Kr.). Selvom landbruget blev indført i Danmark omkring 4.000 år f.Kr., er der i dette tidssnit kun sket begrænsede ændringer i vegetationen i forhold til den uberørte skov i snit 3. Lind er blevet mindre hyppig, mens hassel og ask er gået frem, men skoven er stadig dominerende i landskabet. Der findes pollen af lancet-vejbred som tegn på at området i nogen grad bruges til de græssende husdyr, og det er på den baggrund, man skal forstå forekomsten af soløje, som har vokset i græssede lysninger i skoven. Der er fundet et blad af navr, som man ellers antog for ikke at være naturligt forekommende i Jylland. Erosionen er stadig lav.

Snit 5 (ca. 400 år f.Kr.) viser et landskab, som er meget åbent. Vedvarende og stærk husdyr-

græsning har forhindret nye træer i at vokse op og græsdominerede overdrev med mange forskellige arter dominerer nu. Lancet-vejbred er meget udbredt. Der dyrkes korn, og på markerne vokser gåsefødsplanter som ukrudt. Ændringen fra skov til åbent land betyder, at jordbunden igen bliver udsat for erosion, og der er kraftig transport af jord og mineraler til søbassinet.

Snit 6 (ca. 800 år e.Kr.). Husdyrgræsningen er aftaget og store dele af landskabet er nu vokset til igen i skov, denne gang med en ny træart, nemlig bøg. På bøgestammerne vokser der mosser som lav fladmos, stor stammemos og alm. cypresmos, som alle tåler stærk skygge. Bøgens indvandring til Danmark skete som følge af menneskets forstyrrelse af skoven, men bøgen bredte sig på noget forskellig tid i de forskellige egne af Danmark, tidligst mod sydøst. I Mols Bjerge skete ekspansionen således relativt sent. Bøgeskoven var mørkere og tættere end de oprindelige løvskove og erosionen var betydeligt reduceret. Der fandtes dog stadig åbne græsningsarealer og dyrkede marker.



Koncentrationen af grundstofferne titanium og kalium viser en meget tæt sammenhæng med landskabets åbenhed, som det afspejles gennem procentdelen af træpollen. Begge grundstoffer stammer fra søens opland, og de afspejler derfor erosion af topjorden.



Eksempler på pollen og andre planterester.

Snit 7 (ca. 1.600 år e.Kr.). Landskabet er nu næsten helt åbent efter meget kraftig skovtilbagegang i starten af Middelalderen. Det åbne Mols Bjerge-landskab med store græsningsarealer og marker med højrøggede agre er skabt. Rug er en vigtig afgrøde, og i markerne vokser ukrudt som kornblomst og klinte, i hørmarker den i Danmark i dag uddøde snylteplante hørsilke. Fuglsø Sø bruges i stor stil til at opbløde planter af hamp – den såkaldte 'rødning' – for at gøre den efterfølgende frilægelse af taverne nemmere. Hamp blev brugt til fremstilling af reb og groft klæde. Også hør blev lagt til rødning, men i mindre omfang. Hørrens fibre kunne bruges til finere klæde. Det åbne landskab, ikke mindst de nu mere udbredte marker, var stærkt udsat for erosion og søen modtager store mængder sediment og næringsstoffer fra de omkringliggende bakker. Dette, samt anvendelsen til rødning, gør, at søen bliver meget mere næringsrig, med opblomstring af alger til følge. Også åkander og andre vandplanter breder sig i stor stil.

De tilsvarende undersøgelser af aflejringerne i Agri Sø beskriver de sidste 1.000 års ud-

vikling og afspejler ligesom ved Fuglsø et skovfrit landskab med udbredte græsningsoverdrev og marker med stærk erosion samt intensiv anvendelse af søen til rødning af hamp og hør. Aflejringshastighederne i begge søer er meget høj gennem de sidste århundreder, for Fuglsø Søes vedkommende 15 gange højere end den var i urskovsfasen for ca. 7.000 år siden. Således er de øverste 5 m sediment aflejret gennem de sidste kun 1.000 år. Denne forskel kan ikke kun forklares med kompaktion (sammenpresning) af dybere sediment, men skyldes hovedsageligt den enormt forøgede erosion samt den dermed sammenhængende næringsberigelse af søerne gennem det sidste årtusinde. I dag har søerne således en meget kraftig algeopblomstring hver sommer. Når disse alger dør, synker de til bunds og er stærkt medvirkende til at give en høj aflejringshastighed.

Historien i landskabet

Når geologiske undersøgelser kan bringes helt op til nutiden, hjælper de os til at forstå landskabet i dag som et resultat af en meget lang

udvikling, en udvikling vi selv er en del af. Hvad vi i dag ser som normalt, fx søernes tilstand, kan således vise sig at være helt afvigende i et langt tidsperspektiv. For Mols Bjerges vedkommende ved vi nu, at det skovfrie landskab eksisterede i ca. 1.000 år, før anlæggelsen af plantager tog fat. For at forstå, hvorfor Mols Bjerge – i modsætning til mange andre bakkede områder – blev helt afskovede, må vi nok rette blikket på bakkernes meget kystnære beliggenhed, som gjorde udskibning af tømmer, trækul, huder og andre produkter meget enkel. I disse 1.000 år med ingen eller meget lidt skov nåede en artsrig, lyskrævende flora at indfinde sig på græsningsoverdrevene, hvoraf en del sjældenheder som soløje og hønsebær nu er forsvundet. Vi ved også, at før overdrevene var der udbredte bøgeskove i bakkerne, og at der engang endnu tidligere har været en løvskov med mange træarter. For slet ikke at tale om tundraen med rypelyng. Disse oplysninger kan anvendes i forvaltningen af nationalparken og til formidling af dens historie. En meget fascinerende historie.



Forfattere: B.O., S.P., M.S.

Den største indmeldte sten i Nationalpark Mols Bjerges kampagne lå på et lavt 'røn' i Kalø Vig, sydøst for Kalø Slotsruin. Opmålt til ca. 20 m³ og 54 ton. Fastfrosset i gletsjerbunden er den ene side slidt flad og har fået store skurestriber i bevægelsesretningen.

Foto: Nationalpark Mols Bjerge.

Her kan du læse mere

Larsen G. & Sand-Jensen K. (red.) 2017:

Geologien. Naturen i Danmark, bd. 2 (3. rev. udg.), Gyldendal, 552 s.

Reddersen J., 2015:

De kæmpestore kampesten og deres rejse. Kortlægning og formidling af Nationalpark Mols Bjerges største istransporterede sten. – Naturrapporter fra Nationalpark Mols Bjerge nr. 10. *Søg efter Naturrapporter fra Nationalpark Mols Bjerge nr. 10.*

Rasmussen T.G., 1999:

Sten på stranden. – Natur & Museum 38(4), Naturhistorisk Museum Aarhus, 36 s.

Kæmpestore kampesten

Om kampagnen 'Find de kæmpestore kampesten' i Nationalpark Mols Bjerge' – Fascination, formidling og fortællinger.

Bortset fra Bornholm har vi intet blottet grundfjeld i Danmark – måske er det derfor, danskerne er så vilde med sten? Prøv selv at finde en have i Danmark, hvor der ikke er opsat sten af den ene eller anden slags.

Men selv om det ikke er grundfjeld, findes der sten – også store sten – i det meste af Danmark, som med deres bestandighed og monumentale tyngde kan formidle istids-gletsjernes kræfter. I 2015 lavede Nationalpark Mols Bjerge en simpel kampagne, hvor borgerne skulle finde de største sten i nationalparken. Kampagnen kørte via lokalaviser, landbrugsaviser, offentlige stenture og Facebook; en metode, der let kan gentages i dit lokalområde. Her fortæller vi om vores projekt.

Vi definerede 'store sten' som over ca. 5 ton eller 2 m³. Vægten blev skønnet via opmåling; den beregnede volumen blev omregnet til vægt (masse) ud fra massefylden 2,6 t/m³.

Kampagnen havde gode konkurrencemomenter (find den største, god løbende presse-dækning (start, nye fund og "vinderen er..."), samt pænt med indmeldinger fra borgere, inkl. landmænd.

Vi udgav en net-rapport med de 19 største sten National Park Mols Bjerge, som efter en geologiske undersøgelse blev opdateret med stenenes vigtigste geologiske træk. For formidlingens skyld fandt vi navne til dem alle! Den største, Store Rønsten, se foto ovenfor, vejer ca. 54 ton og ligger på et lavvandet rev

sydøst for Kalø Slotsruin. Den er en mørk grovkornet granit med rektangulære op til 5 cm store lyserøde krystaller af kalifeldspat.

Enkelte af de store sten var 'ledeblokke'. Det er sten, som er let genkendelige på farve og/eller mineralsammensætning og som kan stedfæstes præcist til et oprindelsessted, hvorfra de er transporteret med isen. Kokkedal Dyssesten på 8,6 ton er således en *larvikit*, hvilket dog kun kan ses på undersiden, hvor stenen ikke er overgroet af lav. Et sydgående isfremstød har hentet denne grovkornede dybbjergart i Larvik-området i Syd Norge og lagt den her i et markskel tæt ved Knebel Agri-vejen. Den er meget rig på beige-/grå-farvet kalifeldspat. Larvikit er Norges national-

bjergart, der brydes og eksporteres til hele verden. Den bruges især i bygningsfacader pga. feldspattens flotte blålige farvespil.

Egens Hundshoved Dyssesten på 3 ton er også en ledeblok. Denne gang er der tale om en porfyr – en vulkansk bjergart med en meget finkornet grundmasse, hvori der ligger store krystaller. Her er grundmassen lillabrun med små strøkorn af kvarts og større af bleg kalifeldspat, begge rundede. Den ligner en Emarp-porfyr, der kommer fra Småland, øst for Jönköping.

Disse to ledeblokke – fra hhv. Larvik-området og det sydøstlige Sverige – fortæller, at nationalpark-området er blevet overskredet

af is fra mindst to retninger, fx hhv. Hovedfremstødet (ca. 23.000 – 20.000 år før nu) og Det Ungbaltiske Isfremstød (ca. 19.000 – 16.000 år før nu).

Der er mange øjeblikke blandt de store sten. Det skyldes, at det er en almindelig bjergart i både Sydnorge og Sydsverige og at det er en robust bjergartstype, der – ligesom granit – overlever transporten med isen. Flere sten har skurestriber (se s. 18), der vidner om transportlid.

Der er måske skuffende langt op fra nationalparkens 54 ton tunge sten til Danmarks største sten, fx Hesselager-stenen på knap 1200 ton eller Mørup-stenen ved Herning på

ca. 500 ton. Men kampagnen, fund, besøg, opmåling og navngivning var let og sjov. Interessen for kampagnen viste med al tydelighed, at danskere elsker store sten. Også vore forfædre havde smag for store sten – tre af de ti største var dæksten på 5.500 år gamle stendysser. Agri og Porskær Dyssesten er hver sin halvdel af en 35 ton stor sten, der dengang blev flækket (!). Formentlig er den store halvdel, Agri Dyssesten, anvendt lokalt, mens den 'lille' på 16 ton er slæbt 2,5 km og brugt til Porskær dysse (se nedenfor).

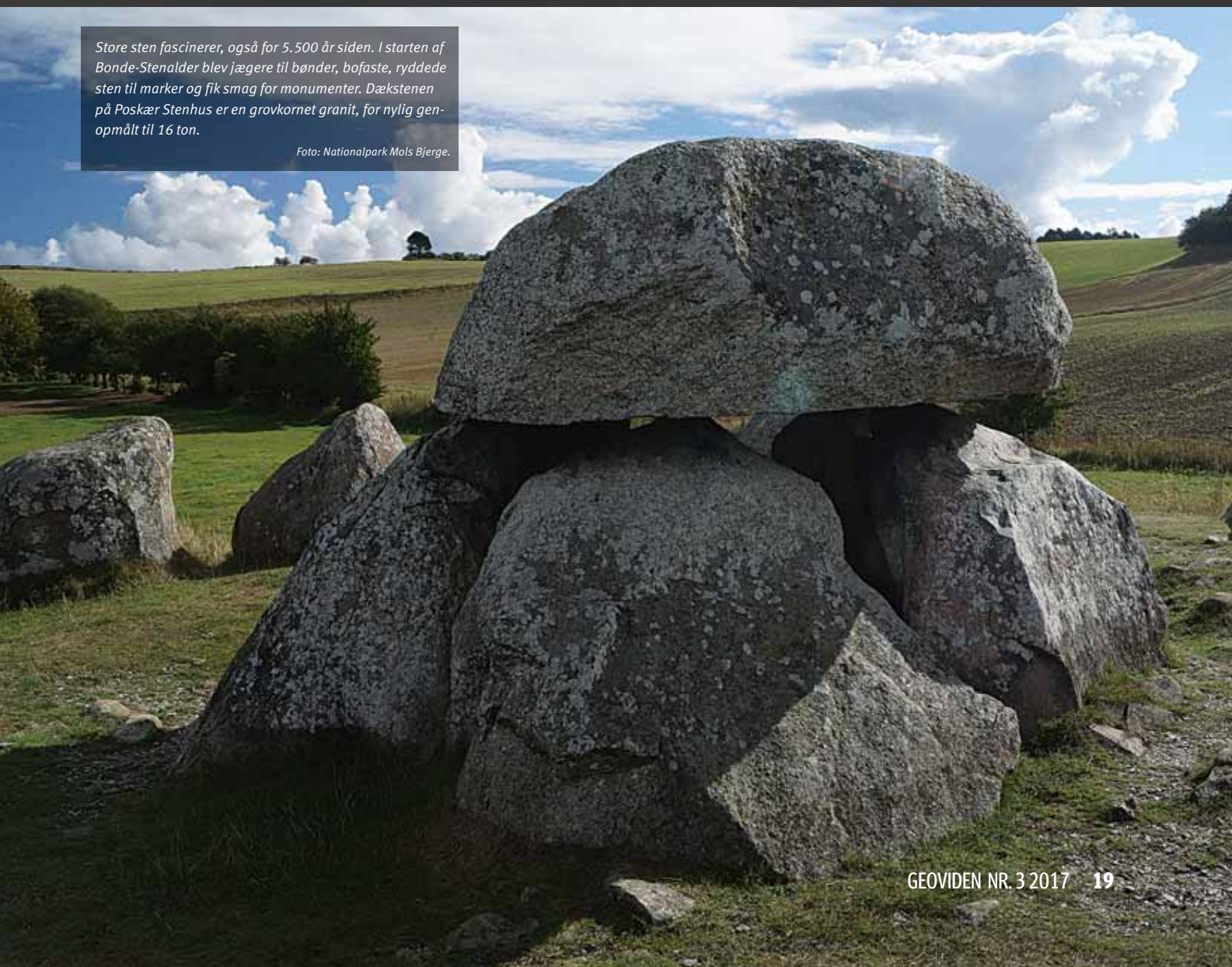
Et udvalg af stenene og deres geologi vil blive formidlet på anbefalede vandre- og cykelture i nationalparken.



Forfattere: J.R., J.R.W.

Store sten fascinerer, også for 5.500 år siden. I starten af Bonde-Stenalder blev jægere til bønder, bofaste, ryddede sten til marker og fik smag for monumenter. Dækstenen på Porskær Stenhus er en grovkornet granit, for nylig genopmålt til 16 ton.

Foto: Nationalpark Mols Bjerge.



Kære læser

Vi vil gerne gøre Geoviden endnu bedre, og det vil vi bede om din hjælp til. Vi vil derfor være taknemmelige, hvis du vil sende os en e-mail, hvor du giver din mening til kende sammen med evt. forslag og ønsker. Vi vil meget gerne høre fra alle læsere!

Til de læsere, der underviser i geo-fag, vil vi også gerne have svar på følgende:

1. Hvilke fag underviser du i og på hvilket niveau?
2. Bruger du Geoviden i undervisningen? Som en del af undervisningsmateriale eller som baggrundsviden? Hvor ofte i løbet af et år benytter du det?
3. Hvis nej – hvad skal der til, for at du vil bruge det?
4. Forslag/ønsker?

Alle svar, der er sendt til geoviden@geus.dk senest d. 1. december 2017 vil blive inddraget i vores videre arbejde med Geoviden.

Mange tak for hjælpen
Redaktør Merete Binderup

GEOCENTER DANMARK

GEOCENTER DANMARK

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

UDGIVER

Geocenter Danmark.

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 Annette Thy, tlf.: 91 33 35 03, e-mail: athy@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: Skred i fedt ler ved Ruggård Strand. I baggrunden ses Jernhatten, en flage af Kerteminde Mergel.

Foto: Jette Sørensen.

Reprografisk arbejde: Annabeth Andersen, GEUS.

Illustrationer: Forfattere og Grafisk, GEUS.

Eftertryk er tilladt med kildeangivelse.



GEUS

DE NATIONALE GEOLOGISKE UNDERSØGELSER
FOR DANMARK OG GRØNLAND (GEUS)

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



INSTITUT FOR GEOVIDENSKAB OG
NATURFORVALTNING (IGN)

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



INSTITUT FOR GEOSCIENCE (IG)

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

GEOLOGISK MUSEUM (SNM)

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

DANMARK

PP

Magasinpost UMM
ID-nr. 46439

PortoService, Postboks 9490, 9490 Pandrup