

2010

geoviden

GEOLOGI OG GEOGRAFI NR. 2

DANMARKS GEOLOGISKE UDVIKLING FRA 1.450 TIL 65 MIO. ÅR FØR NU

- Undergrundens lange rejse hen over Ækvator
- Bjergkæder, jordskælv og vulkaner i Danmark
- Fra ørken til syndflod
- Danmark på bunden af dybt hav
- Diamanter, malm og dinosaurer på Bornholm

DANMARKS GEOLOGISKE UDVIKLING

Den danske forhistorie, som vi kan 'læse' den ud af sten og klipper i undergrunden, strækker sig ca. 1,5 mia. år tilbage. Set med nutidens øjne kan de geologiske lag fortælle en spændende, meget fremmedartet og eksotisk historie om varierende naturforhold i vores lille del af verden. I løbet af dette umådeligt lange tidsrum har der i det danske område ligget bjergkæder, været heftige vulkanudbrud og jordskælv, mens området til andre tider har henligget som ørken, tropisk regnskov, flodslette eller været dækket af havet. Alene inden for de sidste 550 mio. år har det danske område flyttet sig fra en placering på den sydlige halvkugle svarende omtrent til sydspidsen af Sydamerika i nutidens verden, henover Ækvator til den nutidige beliggenhed på ca. 55° N, dvs. en rejse på mindst 12.000 km. Dette har naturligvis medført store klimatiske forandringer gennem tiden foruden at det globale klima har varieret. Undergrunden i den sydligste del af lille Danmark stammer endog fra en anden jordplade, der i tidernes morgen var placeret et sted i nærheden af, hvor Vestafrika stødte op mod det nordlige Sydamerika.

PRÆKAMBRIUM:

BJER GKÆDEFOLDNINGER

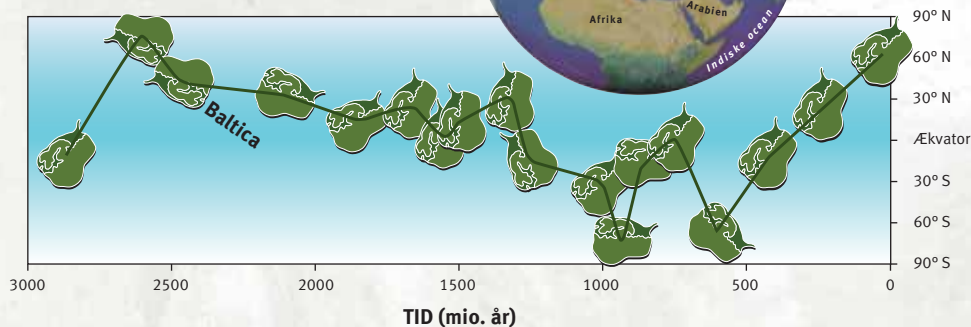
I Danmark kendes det urgamle Prækambriske grundfjeld, bestående af granitter og gnejser, bedst fra Bornholm, hvor det mange steder kan ses i kystklipper og stenbrud. Alderen er ca. 1.450 mio. år. Det bornholmske grundfjeld repræsenterer et dybt erosionssnit gennem en nu helt nedslidt bjergkæde. Når en bjergkæde dannes i forbindelse med sammenstød mellem jordplader, skubbes de lagpakker sammen, som tidligere var aflejret i havet mellem jordpladerne (se boks side 3). Det er disse kilometerhøje 'stakke' af sammenskubbet materiale, som danner bjerge. I de nedre dele af



Grundfjeldet på Bornholm brydes i talrige stenbrud. Det største ligger ved Stubbegård i Rønne.

For ca. 1 mia. år siden var de fleste af Jordens kontinenter samlet i superkontinentet Rodinia. Det danske område formodes at have ligget lige øst for Sydamerika.

Det danske område ligger på kanten af et urgamelt kontinent, Baltica, der i løbet af de sidste 400 mio. år er blevet 'svejet' sammen med Sibirien, Asien, m.fl. samt flere små europæiske jordplader.



Kontinentet Baltica opstod ved en række bjergkædefoldninger igennem Prækambrium og fik først sit endelige udseende omkring Prækambrium/Kambrium grænsen. Inden for de sidste 3 mia. år har kontinentet flyttet sig fra den nordlige halvkugle til den sydlige og tilbage igen.

'stakken' opstår der meget høje tryk og temperaturer og lagene kan smelte helt eller delvist. Denne smeltede stenmasse danner granitiske bjergarter, når den igen størkner. Hvis de mørke mineraler har en foretrukket orientering og giver stenen et stribet eller båndet udseende, betegnes bjergarten gnejs. Det bornholmske

grundfjeld blev dannet ved temperaturer på over 600° C på 15–20 km's dybde. Efterhånden som bjergkæden blev slidt ned, hævdes undergrunden.

På Bornholm er der fundet enkelte indeslutninger i grundfjeldet af de oprindelige sedimentære bjergarter, som ikke er smeltet helt om – det

Foto: Merete Binderup, GEUS.

Kilde: Geologisk Museum.

JORDENS KONTINENTER FLYTTER SIG

Den yderste del af Jorden består af store plader, som bevæger sig i forhold til hinanden. Der skelnes mellem kontinentalplader og de tyndere oceansplader. I forhold til deres areal er pladernes tykkelse ganske ringe, ca. 100 km. Pladerne 'svømmer' på et blødt, delvist opsmeltet lag i kappen og deres bevægelser skyldes varmestrømme i kappen. Nu bevæger pladerne sig 2–15 cm om året, men i den fjerne fortid kan bevægelserne have været større, fordi Jordens indre var varmere. Varmen skyldes radioaktivitet og den klinger jo af med tiden. Vulkanisme og jordskælvszoner på Jorden er hovedsagligt koncentreret til pladegrænserne. De steder, hvor pladerne driver fra hinanden, dannes ny oceanbund og undersøiske vulkanske bjergrygge. Er vulkanismen særlig intens, kan bjergryggen nå over havniveau, som fx Island i nutiden. Hvor pladerne støder sammen, dykker den ene plade ned under den anden i en underskydningszone og destrueres. Der er derfor kun få steder på Jorden, hvor oceanbunden er over 150 mio. år gammel. I sammenstødszonen dannes dybgrave, som den nutidige Marianergrav. Hvis sammenstødszonen er tæt på land, vil dybgraven typisk fyldes med sediment (jord, sand, ler m.m.), ført med floderne ud fra land. Dette sediment 'skræbes' efterhånden af i forbindelse med det fortsatte pladesammenstød og stables op – herved dannes en bjergryg, fx Andesbjergene. Toppen af nutidens højeste bjerg, Mt. Everest, består af 470 mio. år gammel havbund!

Både i den underskydende oceanbund og i de 'opstablede' lagpakker sker der en omdannelse (metamorfose) af stenarterne som følge af opvarmning og stort tryk. Opvarmningen kan blive så kraftig at stenarterne begynder at smelte. Herved kan der dannes granit.

Når den neddykkende oceanbundsplade til sidst er helt destrueret og sammenstødszonen udvikler sig til et kontinent-kontinent sammenstød vil pladebevægelsen typisk stoppe efter opfoldning af en bjergkæde. I sjældne tilfælde kan den ene kontinentalplade dog fortsætte bevægelsen ind under den anden og bjergkæden bliver meget høj, fordi den underskydende kontinent løfter den overliggende plade op. Et nutidigt eksempel er Indiens bevægelse ind under Asien og derfor er Himalaya usædvanlig høj.

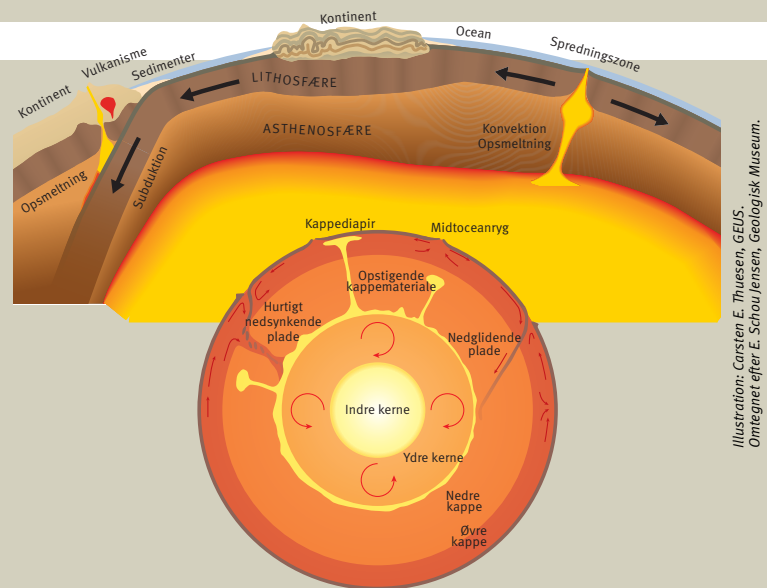


Illustration: Carsten E. Thuesen, GEUS. Omtegnet efter E. Schouten, Geologisk Museum.

Det danske område ligger på en kontinentalplade, der kaldes Baltica (se side 2). I øjeblikket er Baltica svejset sammen med en lang række andre jordplader i den Eurasiske plade.

Nye pladegrænser kan blive anlagt inde på eksisterende plader som følge af ændrede varmestrømninger i Jordens dybere lag, der giver en strækning af jordskorpen. I begyndelsen af denne proces gennemskæres jordskorpen af brudzoner og hæves op pga. opvarmningen nedefra. Vulkansk materiale kan trænge op langs brudzonerne og komme til udbrud på jordoverfladen, se 1 nedenfor. Fortsætter strækningen dannes en gravsænkning (såkaldt rift) begrænset af brudzoner. Den vulkanske aktivitet fortsætter (2). I nutiden er den Østafrikanske Riftzone et eksempel herpå. Hvis processen fortsætter vil kontinentet til sidst gå i stykker og de to dele bevæge sig væk fra hinanden. Mellemrummet fyldes ud med nydannet oceanbund, der produceres af opstrømmende vulkansk materiale (3). Et nutidigt eksempel herpå er Rødehavet. Hvis processen fortsætter dannes efterhånden et bredt ocean (4a). Ofte sker det imidlertid at rift-processen stopper. Herefter synker jordskorpen atter ind pga. afkøling af undergrunden (4b). Gravsænkningen fyldes derefter op med yngre aflejringer.

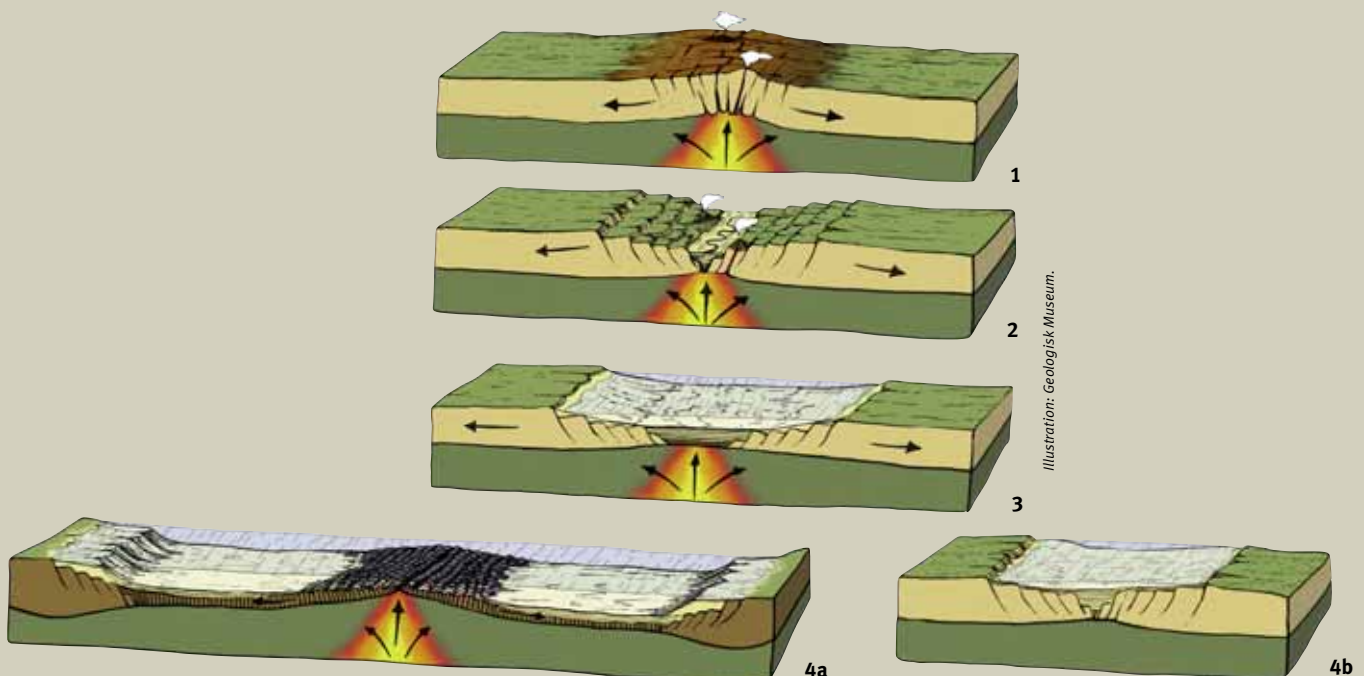


Illustration: Geologisk Museum.

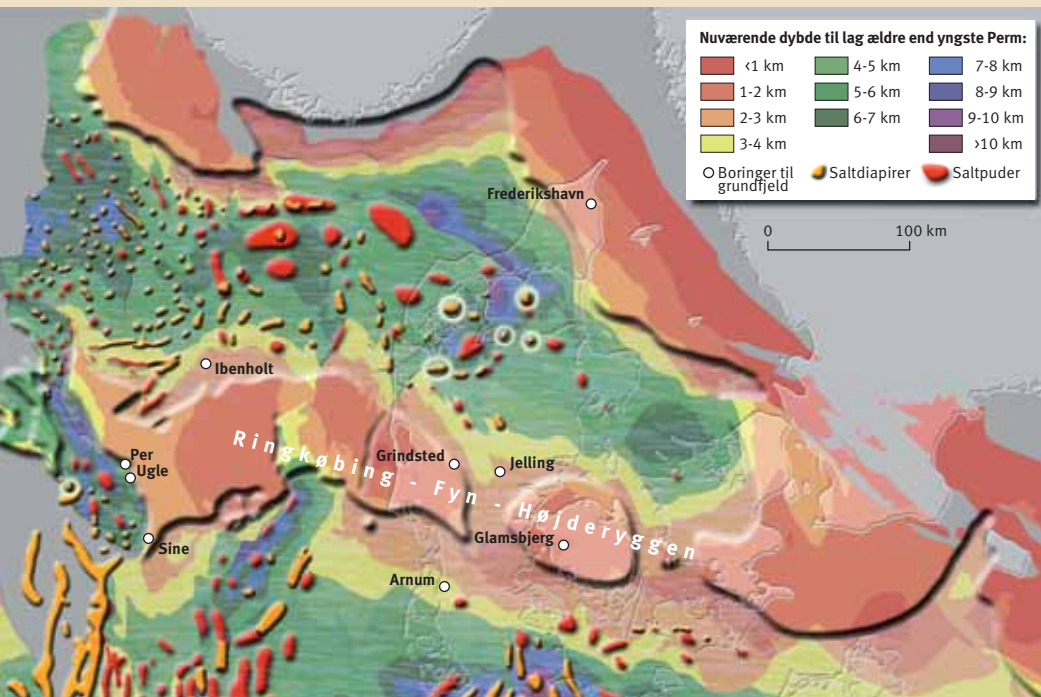


Illustration: Geologisk Museum.



Foto: Arne Thorshøj Nielsen, Geologisk Museum.

Fotos: Jørgen Butzbach.

Grundfjeldet ligger så dybt under store dele af Danmark, at det endnu ikke er kortlagt. Det dybeste niveau, som er kortlagt i hele Danmark, er en markant lagflade lige under saltaflejringerne fra yngste Perm. Af kortet fremgår det, hvor grundfjeldet ligger højt eller er dybt begravet. Under det centrale Nordjylland ligger grundfjeldet 3-4 km under den kortlagte flade.



Illustration: Geologisk Museum.

Efter grundfjeldets dannelse blev det gennemsat af sprækker, dannet af jordskælv. Flere generationer af disse prækambriske sprækker blev fyldt med glødende stenmasser, der trængte op fra Jordens dyb og som nu kan ses som mørktfarvede doleritgange i grundfjeldet. Sprækkerne kan have udmundet i vulkaner på Jordens overflade.



Foto: Jørgen Butzbach.

Grundfjeldet er ofte gennemsat af pegmatitgange, dannet i sidste fase af afkølingen af den smeltede stenmasse, hvor restsmelten samlede sig i sprækker i granitten. Pegmatit udgøres stort set af de samme mineraler som granit, men de enkelte krystaller er meget større pga. langsom afkøling. En række mere sjældne mineraler findes dog af og til i pegmatit. Her ses mineralet allanit, der er radioaktivt, så stenen uden om sprækker (lokalt kaldet en 'hønserøv'), samt lyseblå molybdænglans. Den røde sten til venstre indeholder magnetitkrystaller.

drejer sig om omdannede kalkbjergarter, sandsten og skifre eller lavaer, se fotos side 5. Der ses også en lang række indeslutninger af ældre grundfjeld, men hvad de kan fortælle om grundfjeldets forhistorie er foreløbigt ikke undersøgt.

Der findes også grundfjeld under det øvrige Danmark, men det ligger dybt begravet under yngre lag. Enkelte boringer er dog nået ned i grundfjeldet, først og fremmest i Nordjylland samt i en zone fra Møn henover Fyn til det centrale Jylland og videre ud i Nordsøen, hvor grundfjeldet kun ligger 1-3 km nede. Denne højtliggende grundfjeldsryg kaldes Ringkøbing-Fyn Højderyggen. Den opstod formodentligt i Perm-tiden for knapt 300 mio. år siden.

Grundfjeldet i det vestlige Danmark er en del yngre end på Bornholm og repræsenterer en ca. 1 mia. år gammel bjergkædefoldning, der formodes at være forårsaget af et kontinent-kontinent sammenstød, lige som nutidens Himalaya. Denne sandsynligvis meget høje foldekæde fortsatte op gennem Norge.

I sidste del af Prækambrium blev bjergkæderne udsat for gennemgribende nedslidning. Der var også jordskælvsperioder, hvor dybe brudzoner fyldtes med optrængende magma, og der kan have været vulkaner på overfladen af Bornholm og måske også andre steder i landet. De lava-fyldte gange betegnes diabas- eller doleritgange; de er fra ca. 1,3 til 0,95 mia.

år gamle og kan ses mange steder på Bornholm. Her er enkelte gange endda kun ca. 300 mio. år. Ekko-dalen er fx en gammel brudzone, hvor den bløde dolerit er fjernet af erosionen. De Prækambriske vulkaner på overfladen er dog for længst eroderet bort igen. Erosionsprocesser forløb meget hurtigere i Prækambrium end i nutiden, da der intet plantedække var på jorden. Som et resultat heraf var de 1-3 mia. år gamle bjergkæder i Skandinavien totalt forsvundet hen mod slutningen af Prækambrium og grundfjeldsoverfladen nærmest pandekageflad, et såkaldt peneplan.

DET GLOBALE KLIMA: DRIVHUS- OG KØLEHUS-PERIODER

'Drivhus-' og 'kølehus-' perioder

Jordens klima har varieret regelmæssigt igennem de sidste 600 mio. år. I to såkaldte 'drivhus-perioder' har det været varmere end i dag, især i de polare områder, mens klimaet i de mellemliggende perioder har mindet om nutidens med is og kulde ved polerne.

I 'drivhus-perioderne', især Ordovicium og Kridt, bevægede kontinenterne sig væk fra hinanden, hvilket medførte dannelse af flere undersøiske vulkanske spredningsrygge og derfor også et højt globalt havniveau. At dømme efter omfanget af vulkansk aktivitet var atmosfærens indhold af drivhusgassen kuldioxid (CO_2) også højt, idet kuldioxid især tilføres ved vulkanudbrud.

I 'kølehus-perioderne' lå kontinenterne forholdsvis samlet. Der var færre undersøiske vulkanske spredningsrygge og derfor et lavere globalt havniveau (se boks side 6). Og da der var lav vulkansk aktivitet, blev der udledt mindre kuldioxid til atmosfæren.

Atmosfærens sammensætning: ilt og kuldioxid

Der var ingen ilt i Jordens tidlige atmosfære. Den er siden tilført gennem planternes fotosyntese, der omdanner kuldioxid til ilt + organisk stof. Når planten dør og rådner bort, går processen normalt den anden vej: iltten forbruges og kuldioxid gendannes. Men hvis det organiske stof undgår forrådnelse og indesluttet som kul i de geologiske aflejringer forbliver iltten i atmosfæren.

Ved indgangen til Palæozoikum var iltindholdet i atmosfæren og havvandet væsentligt lavere end i dag. Det betød, at der ofte var iltmangel på havbunden, hvorfor en del af det organiske materiale blev begravet sammen med havbundens aflejringer. Derfor er sorte skifre fra dette tidsrum meget almindelige. Efterhånden steg iltindholdet i atmosfæren og nåede omkring Devon-Karbon-grænsen en koncentration som i nutiden, omkring 20 %. I løbet af Karbon (Kultiden), nåede iltindholdet i atmosfæren et højere niveau - måske over 30 % - fordi store mængder af organisk materiale blev begravet som kul. Det høje iltindhold gjorde det muligt for eksempelvis kæmpe-insekter at leve; bl.a. guldsmede med vingefang på 0,75 m og tusindben med en længde på næsten 2 m. Atmosfærens ilt medvirker til opbygningen af ozonlaget,

der skærmer mod Solens ultraviolette stråler. Landplanter opstod i Ordovicium, mens de første landdyr stødte til i Silur. Måske ydede ozonen først på dette tidspunkt tilstrækkelig beskyttelse til, at dyr kunne overleve på landjorden?

Kuldioxid tilføres hovedsageligt atmosfæren gennem vulkanudbrud. Den fjernes igen, når organisk materiale forhindres i at rådne, og når der dannes kalksten, som overvejende består af CaCO_3 , dvs. en kemisk forbindelse mellem kuldioxid og grundstoffet calcium. I Jordens underskydningszoner (se boks side 3), nedbrydes oceanbundens kalksten, og en del af den gendannede kuldioxid når atter atmosfæren via vulkaner. Overordnet har atmosfærens indhold af kuldioxid længe været faldende, set i geologisk perspektiv. Nutidens svage stigning, der er megen fokus på, skyldes afbrænding af kul og olie.

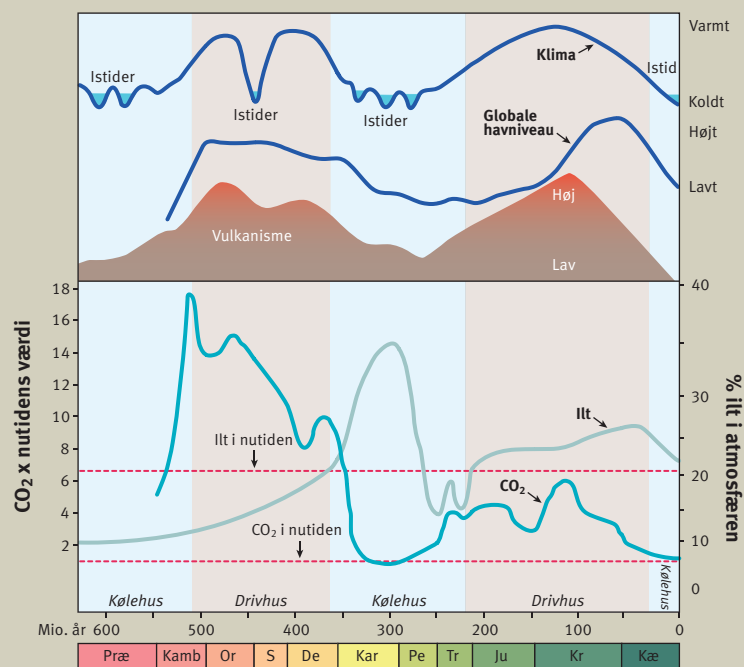


Illustration: Geologisk Museum.

Klima- og atmosfære-varationer gennem de sidste 600 millioner år. Øverste kurver viser klima- og havniveau-varationer sammenholdt med intensiteten af vulkanisme gennem tid, mens de nederste 2 kurver viser estimer af ilt- og CO_2 indhold i atmosfæren gennem tid. "Drivhus-perioder" er markeret med lyserød farve.

Sjældne indeslutninger fra det bornholmske grundfjeld af ældre bjergarter, som ikke smeltede helt under granittens dannelse.



Omdannet kalk

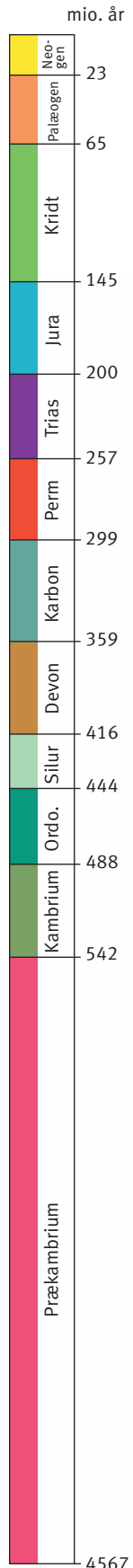


Indeslutning af sandsten



Sort glimmerig sten; formentlig omdannet lava fra en gang

Fotos: Sten Lennart Jacobsen, Geologisk Museum.



DET GLOBALE HAVNIVEAU

Det globale havniveau er især bestemt af den mængde vand, som de dybe ocean-bassiner kan rumme. Denne mængde afhænger af størrelsen af de undersøiske vulkanske bjergrygge, der opbygges over oceanbundspladernes spredningszoner (se boks side 3). I perioder med mange spredningszoner og hurtige pladebevægelser er ryggenes samlede rumfang stort, og havniveauet derfor højt. Tilsvarende er havniveauet lavt i perioder med få spredningszoner og langsomme pladebevægelser. Forskellen i havniveauet kan være op til 300 m, måske endda 400

m. I nutiden, hvor spredningsraterne er moderate, er de undersøiske vulkanske rygge over 70.000 km lange.

Under istider kan tykke isdækker på land binde vand og dermed sænke havniveauet med op til 250 m. Hvis alt is i Grønland og Antarktis smelter, vil det globale havniveau stige ca. 80 m. Under den sidste store nedisning for ca. 18.000 år siden var havniveauet omkring 125 m lavere end nu. Man kunne fx gå tørskoet fra Jylland til England om end der nok var et par floder på vejen som man skulle over!

ÆLDRE PALÆOZOIKUM: DANMARK DÆKKET AF HAVET

Det globale havniveau steg kraftigt i løbet af Kambrium og Ordovicium og kan hen mod slutningen af sidstnævnte tidsperiode, dvs. for ca. 450 mio. år siden, antages at have været 300 eller måske endog 400 m højere end i nutiden, fordi der var en meget høj bevægelsesrate af kontinenterne, se boks ovenfor. Det helt nederode-rede grundfjeld i det danske område blev meget hurtigt overskyldt af havet i løbet af Ældre Kambrium for 540–520 mio. år siden, og fra da af var området stort set havdækket frem til slutningen af Silur-tiden for ca. 415 mio. år siden.

På grund af det stigende havniveau blev hele den skandinaviske halvø efterhånden

havadækket i løbet af Kambrium, så der var ingen landområder tilbage til at 'levere' sediment til havet. Lagpakkerne fra den yngre del af Kambrium og fra Ordovicium er derfor meget tynde og domineret af finkornede skifre aflejret fjernt fra kysten. Særligt i Kambrium var der meget lidt ilt i havet (se boks side 5), så forrådnelsesprocesserne på havbunden gik langsomt og skifrene er derfor rige på organisk materiale, dannet ved delvis forrådnelse af det dyre- og planteliv, som fandtes i havet. I løbet af Ordovicium nærmede andre kontinentmasser sig Baltica og oceanerne syd og vest for det danske område indsnævredes. Samtidigt med

denne lukning af oceanerne opstod begyndende bjergkæder syd og i særdeleshed vest for os, i første omgang som øbuesystemer. Erosion af disse øbuer medførte efterhånden en stærk stigning i tilførslen af sediment til havet i det danske område, og Silur-tidens lag er derfor meget tykke, helt op imod 4 eller måske hele 5 km i det sydligste Danmark. Efterhånden blev havet fyldt op og i slutningen af Silur kom det danske område igen over havniveau.

Det danske område lå i begyndelsen af Kambrium på tempererede breddegrader på den sydlige halvkugle, men i løbet af Ordovicium forskubbete den baltiske jordplade sig op mod Ækvator og klimaet blev derfor subtropisk i sidste del af Ordovicium. I Silur lå det danske område i troperne. Korallrev fra Silur kendes fra Gotland og Estland og det er ikke utænkeligt, at der også skjuler sig yngre silure korallbanker i den danske undergrund, men igennem det meste af Silur-tiden var havet i det danske område for dybt til at koraller kunne leve der. I stedet blev der afsat tykke skiferlag, som er fundet i få dybe borer, og lag fra den ældre del af perioden er også bevaret på Bornholm.

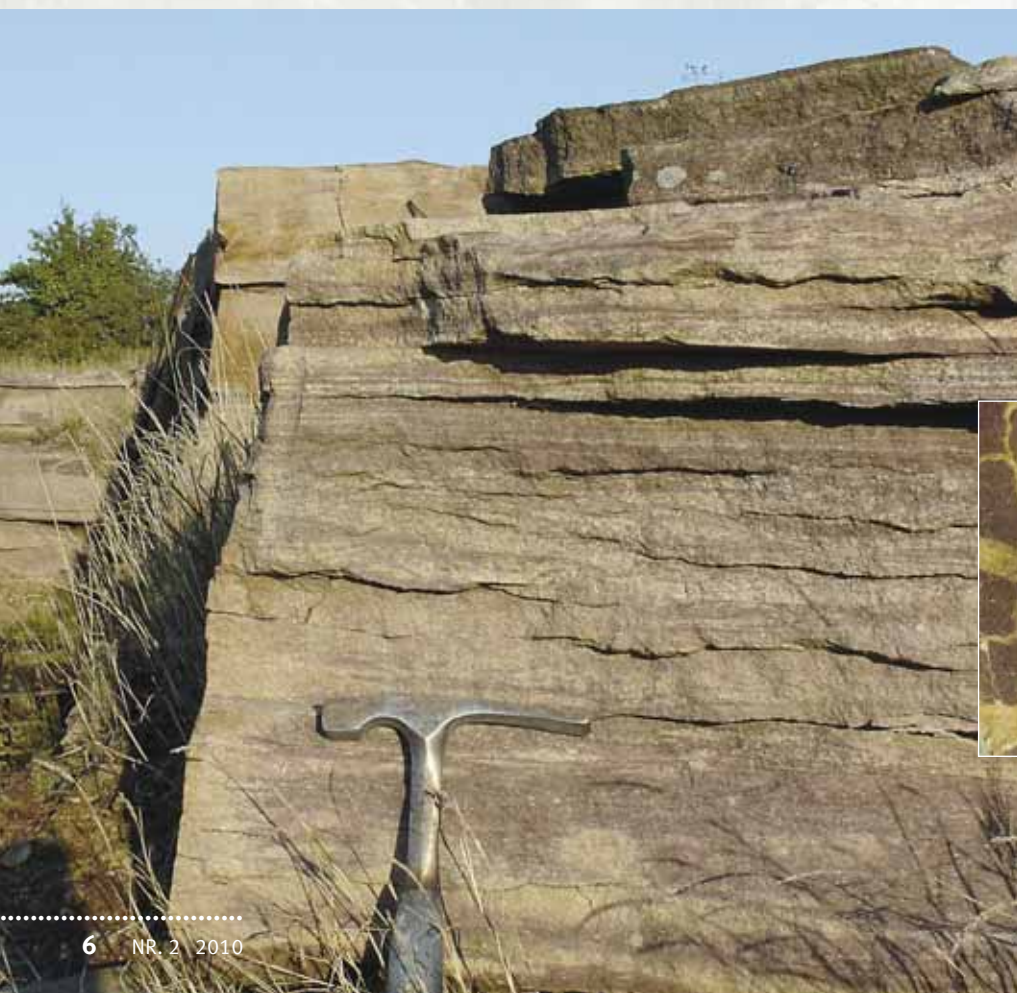


Foto: Jørgen Buzbach.



Foto: Jørgen Buzbach.

De ældste lag over grundfjeldet på Bornholm udgøres af den røde Nexø Sandsten, afsat i floder i ældste Kambrium. Tørkesprækker vidner om jævnlige udtøringer og lokalt blev sand omløjet af vinden.

Foto: Arne Thorshøj Nielsen, Geologisk Museum.



Foto: Jørgen Butzbach.

Forstenede strøm- og bølgeribber i mere end 530 mio. år gammel strandzone, bevaret i sandstensbruddet ved Strøby, Bornholm. Denne Hardeberga Sandsten indeholder de ældst kendte danske fossiler i form af forkullede ormerør afbildet øverst til venstre. Dele af sandstenen er også gennemgravet af dyr (huller i overfladen, som hammeren hviler på), der dog ikke er bevaret som fossiler.

Foto: Peter Warno-Moors, GEUS.



Foto: Valdemar Poulsen.



Fotos: Arne Thorshøj Nielsen, Geologisk Museum.

Øvre kambrisk Alunskifer ved Læsåen, Bornholm. Bollen i midten er en tidligt dannet kalksten, som skiferen smyger sig uden om på grund af kompaktion (den hårde kalk kunne ikke trykkes sammen). Kalken indeholder ofte et væld af fossiler, typisk trilobitter (indsat øverst) men også de muslinge-lignende brachiopoder ses (indsat nederst).



Kilde: Geologisk Museum.

I Sen Kambrium lå Baltica på høje sydlige breddegrader. I løbet af Ordovicium bevægede kontinentet sig op mod Ækvator. I Silur (øverst s. 9) dannede sammenstødet med Nordamerika den Norske Fjeldkæde og Appalacherne. Det lille kontinent Avalonia, der oprindeligt sad fast mellem Sydamerika og Afrika, drev også mod nord i løbet af Ordovicium og kolliderede med Baltica i Tidlig Silur. Undergrunden under det sydligste Danmark stammer fra Avalonia (borekerne, side 9 øverst, fra dyb boring ved Løgumkloster). Kernen repræsenterer omdannede lag, afsat i havet i Ordovicium tæt ved Vestafrika.

ORDOVICIUM 460 mio. år



Komstad Kalk, Bornholm. I Ordovicium blev der aflejret kalksten på lavere vand i Baltica og lerskifer på dybere vand. I forbindelse med et stort fald i det globale havniveau aflejredes der i en periode kalk på Bornholm. Kalken er rig på forsteninger.

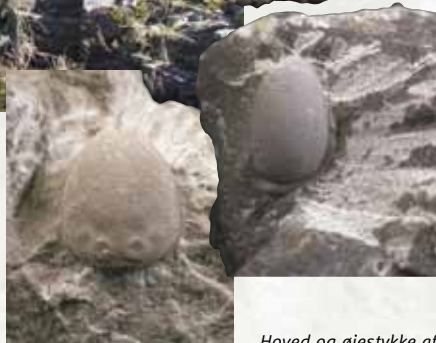


Hel trilobit, Nileus, fra Komstad Kalk.



Fotos: Jørgen Butzbach.

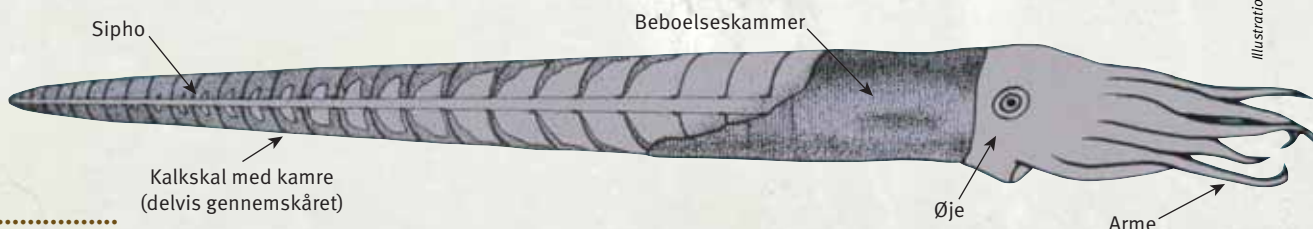
Forstenet blæksprutte, såkaldt orthoceratit, på kalkflade, og herunder en tegnet rekonstruktion. Disse blæksprutter levede i kamrede skaller, hvor gas- og væske i kamrene kunne udskilles via en central streng, siphon. Herved kunne dyret kontrollere opdriften efter samme princip som i en ubåd.



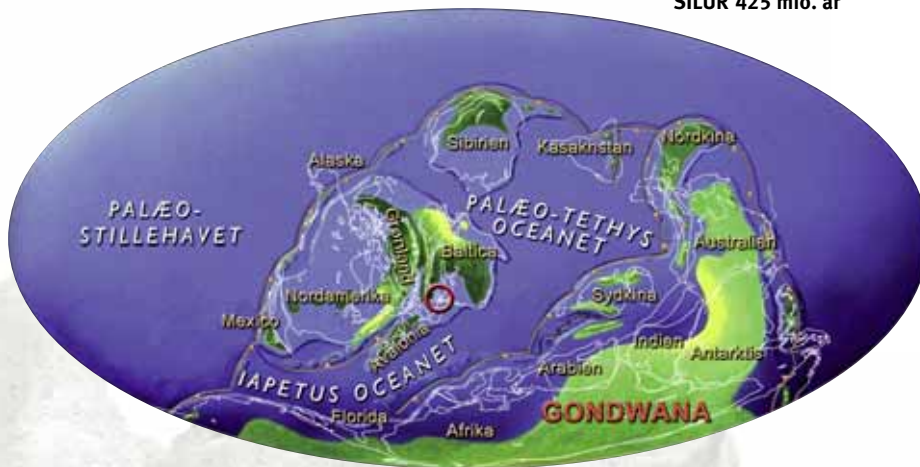
Fotos: Arne Thorshøj Nielsen, Geologisk Museum.

Hoved og øjestykke af lille svømmende trilobit, Cyclopyge. Disse usædvanlige trilobitter levede på dybt vand i oceanerne omkring Baltica. I forbindelse med stigninger i havniveauet kunne de 'invadere' områder langs kanten af kontinentet, bl.a. Bornholm.

Illustration: Geologisk Museum.



SILUR 425 mio. år



Kilde: Geologisk Museum.



Foto: Sten Lennart Jacobsen, Geologisk Museum.

Det lille kontinent, som mod syd stødte ind i det danske område i Silur betegnes Avalonia. Det formodes oprindeligt at have siddet fast på Vestafrika eller det nordlige Sydamerika. Omdannede skifre i undergrunden under Sønderjylland, hentet op fra dybe olieboringer, blev altså oprindeligt aflejret som slam på

havbunden nær Vestafrika eller Sydamerika! Det lille kontinent Avalonia, der findes en flig af i det sydligste Danmark fra Sønderjylland henover Lolland-Falster, omfatter undergrunden i det nordlige Polen, Nordtyskland, Belgien, sydlige England samt dele af Newfoundland. Da Atlanterhavet åbnede sig i Palæogen

kom dele af det til at ligge på den amerikanske side af Atlanterhavet!

Mod vest stødte den Nordamerikanske Plade ind i den Baltiske Plade og herved blev den norske fjeldkæde opfoldet i løbet af Silur. Grænsen imellem Baltica og den oprindelige amerikanske plade løber midt i Nordsøen.



Foto: Jørgen Butzbach.

Ordovicisk Dicellograptusskifer, Læså, Bornholm. I skiferen findes mange fossiler, bl.a. graptolitter. Disse kolonidannende dyr er vigtige for aldersbestemmelsen af lagene.

Foto: Peter Wærn-Moors, GEUS.

BORNHOLMSKE DIAMANTER

Som kuriosum kan nævnes, at der i de silure skifre på Bornholm findes kalkboller med såkaldte 'bornholmske diamanter', som har været anvendt til smykkefabrikation. Kalkbollerne, der kan være op til 1 m i diameter, indeholder åbne sprækker, der er beklædt med kalkspatkrystaller og enkelte op til 1 cm lange, klare kvartskrystaller, 'bornholmske diamanter'. Førhen antog man, at kvartskrystallerne kunne modnes til diamanter, deraf navnet. De fleste kalkboller blev fisket op fra havets bund syd for Bornholm. Bollerne var

meget eftertragtede omkring år 1800, og på et samtidigt kort er endda anført et diamantrev ud for Bornholms sydkyst! Det antages, at der er blevet slebet omkring 2000 bornholmske diamanter. Et diamantsliberi hævdes at være opført på sydkysten i 1791 af hof-stenhuggermester Karfleby. Diamanterne indbragte fra 24 skilling til 4 rigsdaler pr. styk, dvs. fra en dagsløn til en månedsløn for datidens arbejdsmand. Kalkbollerne på havets bund er nu fredede.



Fotos: Sten Lennart Jacobsen, Geologisk Museum.



Fotos: Sten Lennart Jacobsen, Geologisk Museum.



Foto: Merete Bjerrskov.

YNGRE PALÆOZOIKUM: VULKANER, ØRKEN OG EN SYNDFLOD!

Efter bjergkædefoldningerne i slutningen af Silur henlå det danske område som land, der blev udsat for intens nedslidning. Der kendes ikke lag fra tidsperioden Devon i Danmark. Det er dog sandsynligt, at de findes i den dybe undergrund under dele af Lolland-Falster, men endnu er ingen borerer nået så langt ned.

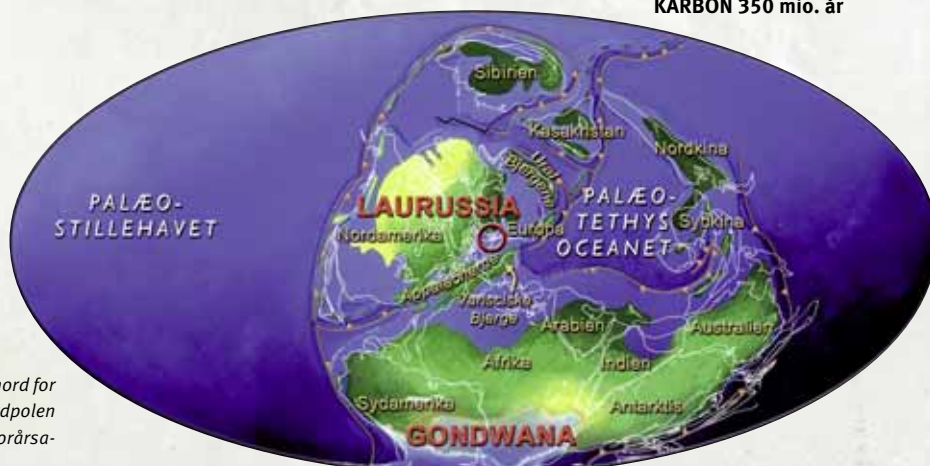
Som følge af forskydninger af den sammensmeltede store jordplade bestående af

Baltica–Avalonia–Nordamerika lå det danske område efterhånden lidt nord for Ækvator, og det er muligt, at en tropisk regnskov dækkede det ganske land i den tidlige del af Karbon, også kaldet Kultiden. Der kendes lag af Karbon alder fra det sydlige Danmark, Kattegat og den centrale Nordsø. Lagene blev afsat på lavt vand i havet og i flodsystemer. Stedvis indeholder de kullag og klimaet har sandsynligvis været tropisk varmt. Mod slutningen af Karbon blev klimaet mere tørt, formodentligt fordi det

De silure skifre, som kan ses flere steder på Sydbornholm, er rige på forstenede graptolitter, her *Cyrtograptus* (fossil med tegnet rekonstruktion). Mange arter af disse dyr, der levede frit svævende i vandmasserne, har en næsten global udbredelse, og er særdeles anvendelige til datering af lagene. Flere km-tykkede silure lag findes også i den dybe undergrund i det vestlige Danmark og er fundet i enkelte borer. Ovenfor ses sandet skifer fra Slagelse-boringen og rød sandsten fra Nøvling-boringen.

I Karbon (Kul-tiden) lå det danske område lidt nord for Ækvator. Store ismasser dækkede i perioder Sydpolen (sydlige dele af Sydamerika og Afrika), hvilket forårsagede store variationer i det globale havniveau.

KARBON 350 mio. år



Kilde: Geologisk Museum.

MALMGANGE PÅ BORNHOLM

Efter Napoleonskrigene måtte Danmark afstå Norge i 1814, og derved mistede man adgangen til en række råstoffer. Kongen sendte derfor en 'Kommission' under ledelse af den berømte fysiker H.C. Ørsted til Bornholm for at lede efter nye malmforekomster samt kul.

I 1818-19 blev øen besøgt i to omgange, og der blev bl.a. fundet en blygang i Læsåen (foto) vest for Åkirkeby, en kobbermineralisering nord for Nexø (runde foto) samt en

jernmineralisering ved Bobbe Å nord for Gudhjem. Samtlige forekomster skyldes metaludfældning fra varmt vand, der cirkulerede i sprækkezoner, sandsynligvis i ældste Perm. Ørsted foretog prøvebrydning af både kobber- og blygangene, men forekomsterne er alt for små til at danne basis for en rentabel produktion. Tilsvarende men større blyforekomster har været udnyttet i Skåne.



Foto: Sten Lennart Jacobsen, Geologisk Museum.

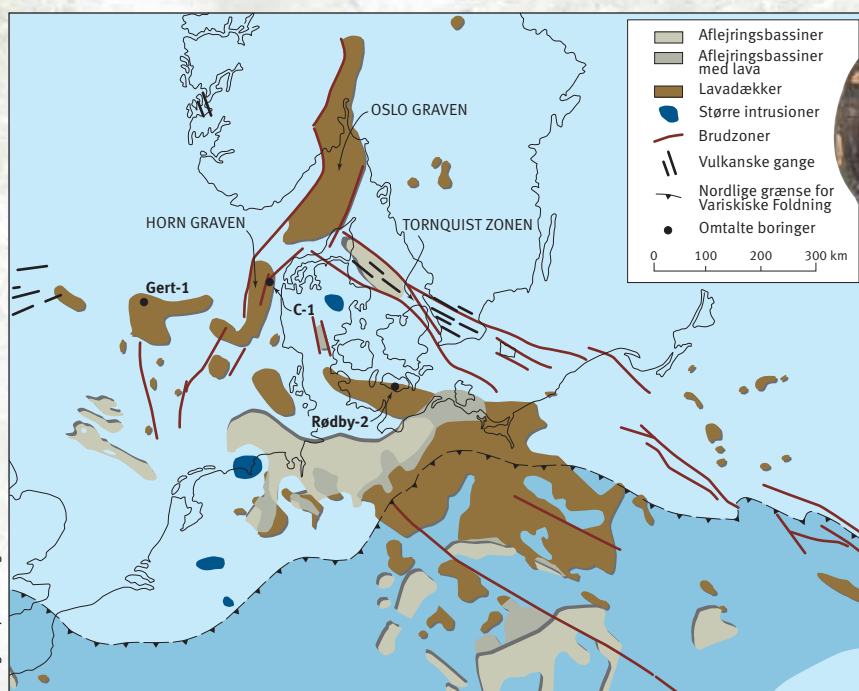


Illustration: Annabeth Andersen, GEUS. Omtegnet efter Geologisk Museum.



Foto: Sten Lennart Jacobsen, Geologisk Museum.

Vulkansk aktivitet var meget udbredt i ældste del af Perm og i mange dybe, danske borer er der påvist lava og stedvis også vulkansk aske. Lavaernes sammensætning viser, at det må have været en eksplosiv vulkanisme. Foto viser borekerne med tuf (sammenkittet vulkansk aske) fra 5 km's dybde i den centrale Nordsø (Gert-1). Stensmelter trængte op langs jordskælvsskabte brudzoner. Sandsynligvis førte en del af gangene op til vulkaner på overfladen. Således er der i en boring i Kattegat (Hans-1) påvist mere end 500 m tykke lag af sandsten vekslede med lavastrømme. Afvigelser i Jordens tyngdefelt i Silkeborg-området tyder på, at stensmelter her er trængt ind i jordskorpen og størket som en større, såkaldt intrusion, formodentligt på dette tidspunkt. Vulkanismen ledte til en opvarmning af det danske område, som derfor hævedes op. Området henlå sandsynligvis som ørken. Øverst ses en rombeporfy, der kendes som istransporterede blokke i Danmark og som repræsenterer lavadækker i Oslo-området fra Perm og Karbon.

danske område blev forskudt mod nord og derfor kom ud af regnbæltet. Det er også muligt, at de nydannede Varisiske bjerge i Centraleuropa dannede regnløse.

I slutningen af Karbon og den tidlige del af Perm-tiden var der voldsom jordskælvsaktivitet i Danmark og i flere perioder også intens vulkanisme. På dette tidspunkt dannedes Oslo Fjorden som er en rift-zone (boks side 3), og

dennes forlængelse i den østlige del af Nordsøen, Horn Graven. Disse gravsænkninger var associerede med intens vulkanisme. De karakteristiske rombeporfyre, der under sidste istid er bragt med gletsjere til Danmark fra Oslo-området, stammer fra lavadækker af Perm og Karbon alder. Der kendes også vulkanske bjergarter fra mange dybe borer i Danmark, bl.a. i Rødby. Og der er fundet en speciel slags vul-

kansk bjergart i borer i Nordsøen, som stammer fra glødelaviner (glødende gasskyer) af samme type som den, der på ét minut dræbte 26.000 mennesker på øen Martinique i 1902.

Skåne-Kattegat-området var en meget aktiv forkastningszone, Tornquist Zonen. Den blev ca. 10 km bredere i Karbon-Perm, fordi stensmelter trængte op i de aktive brudzoner og størkede som såkaldte doleritgange.



Klitsand fra Perm i det nordlige Skotland. Øverst ses et groft konglomerat, der blev dannet under havets syndflodsagtige indtrængen i sen Perm.

Foto: Lars Clemmesen, IGG, KU.

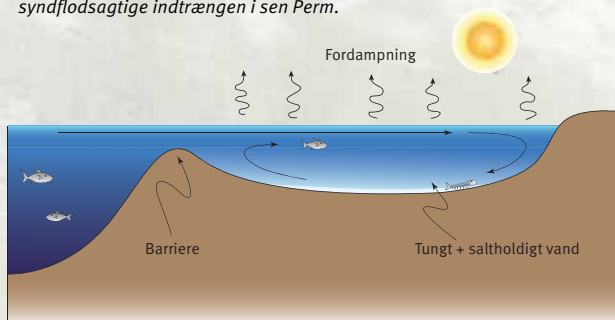


Illustration: Geologisk Museum.

Dannelsen af gravsænkningerne i Sydnorge og den østlige Nordsø var første skridt i en opsplitning af jordpladen (se boks side 3) og var processen fortsat, ville et tidligt Atlanterhav være blevet anlagt lige vest for den Jyske Vestkyst. Dette skete som bekendt ikke, fordi uroen i undergrunden stoppede hen mod slutningen af Perm. Men i løbet af denne Karbon-Perm jordskælvsperiode blev hele den grundlæggende opbygning af den danske undergrund med bassiner og brudzoner anlagt, som kom til at styre den geologiske udvikling i de efterfølgende 250 mio. år frem til vor tid.

Efter ophør af vulkanismen i slutningen af Perm afkøledes undergrunden, hvilket medførte en stor indsynkning. Efterhånden kom meget store dele af det danske område derfor til at ligge under havniveau, men fordi der ikke var forbindelse til verdenshavene blev Danmark ikke overskyldt af havet. I stedet vekslede mere regnfulde perioder, hvor midlertidige floder dannedes, med tørre perioder, hvor store dele af Danmark henlå som ørken med store klitsystemer. Dette er ikke så mærkeligt – områdets placering på kloden i sen Perm kan sammenlignes med Sahara i nutiden. Denne vekslen i klimaet mellem tørre og våde perioder skyldtes måske istider/mellemistider.

Perm-tidens Sydpol var dækket af det store kontinent Gondwanaland, bestående af Australien, Afrika, Antarktis, Sydamerika, Indien og

I løbet af Perm samledes de fleste af Jordens kontinenter i et superkontinent, Pangæa.

PERM 250 mio. år



Kilde: Geologisk Museum.

HAVET I YNGRE PERM

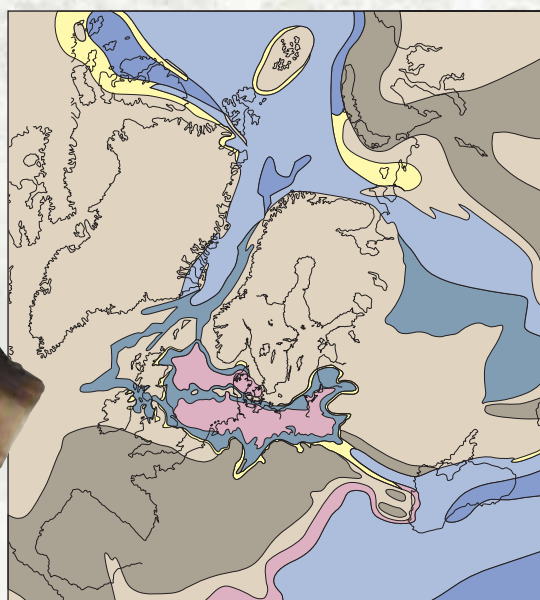


Illustration: Geologisk Museum.

Havets udbredelse mod slutningen af Perm. Indhavet i Nordeuropa var stærkt saltholdigt.



flere mindre kontinentmasser. Gentagne gange blev Sydpolen dækket af store ismasser i løbet af Perm. Dette gav formodentlig et mere ekstremt globalt klima med stærkere blæst og måske mindre nedbør.

Helt mod slutningen af Perm gik der pludseligt hul på barrieren ud mod verdenshavene og fra området mellem Shetland og Norge strømmede havvand ind over den lavtliggende nordeuropæiske ørken. Havet formodes at være steget 20-30 cm **om dagen** i Nordsø-området og denne Perm-tidens syndflod er vel nok en af de mest dramatiske hændelser i den danske fortid! I løbet af ganske få år kom 50 meter høje klitter i Nordsø-området til at ligge på bunden af et dybt hav. Kun den højtliggende Ringkøbing-Fyn Højderyg henover Syddanmark stak op over havet.

Klimaet var stadig meget varmt i slutningen af Perm, og der var derfor en høj fordampning af havvandet. Det fordampede vand blev erstattet med nyt havvand, der stadig strømmede ind over barrieren oppe ved Shetland og efterhånden dannedes et ekstremt salt indhav, et kæmpe 'Dødehav', som dækkede det meste af Danmark og Nordtyskland-Polen. Den høje saltholdighed betød, at salt udfældedes på havbunden, hvor tykke saltlag blev afsat. I de dybe dele af bassinet blev afsat op imod 1 km stensalt! Den præcise tykkelse kendes dog ikke for efterfølgende blev saltlagene dækket af yngre lag og kom derved under tryk – og så bliver saltet plastisk og flyder langsomt. Først dannes store buler, men efterfølgende kan store partier af salt presse sig vej op gennem de overliggende lag. Sådanne strukturer be-

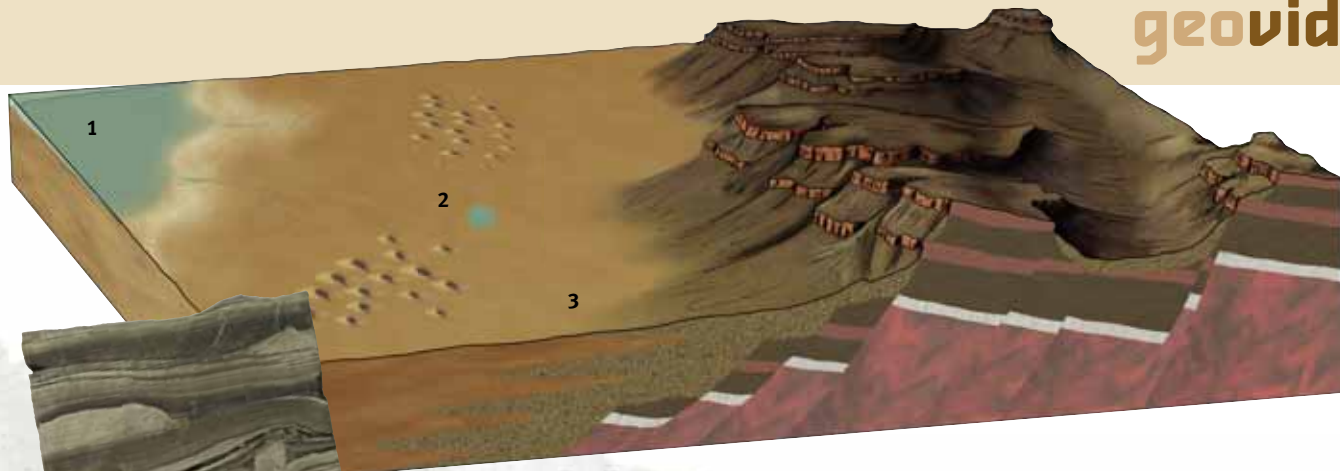


Illustration: Geologisk Museum.

I Trias sank det danske område kraftigt ind og lagene fra denne periode er meget tykke. De har ofte røde farver fordi de er aflejret i floder, der løb fra Skandinavien og syd på. Stensalt blev afsat i afløbsløse søer. Lagene fra sidste del af Trias er mere grålige pga. havets indtrængning.

tegnes diapirer eller 'salthorste' og kendes fra Jylland og Nordsø-området. Meget af det salt, vi sætter på spisebordet, stammer fra en salt-diapir ved Mariager Fjord, hvorfra saltet via boringer skylles ud og derefter indvindes ved bortkogning af vandet. Det meste af det salt, danskerne sætter på bordet, er altså mere end 250 mio. år gammelt og oprindeligt udfældet på bunden af Perm-havet på et tidspunkt, hvor Danmark lå en smule nord for Ækvator.

TRIAS: FRA FLODSLETTE TIL HAVBUND

Til sidst tørrede det salte Perm-hav ind fordi det globale havniveau sank, og det danske område kom til at henligge som en kæmpe ørkenagtig flodslette. Havniveauet var lavt fordi de fleste af klodens kontinenter var samlet i et stort superkontinent, Pangæa (se boks side 6). Når det regnede, opstod der midlertidige floder, som transporterede sediment fra Skandinavien sydover – i tørre perioder udtørrede floderne og sand og finkornede sedimenter blev blæst rundt. Næste gang det regnede blev floderne derfor ofte anlagt nye steder, fordi de



Foto: Peter Warma-Moors, GEUS.

Triaslag kan ses ved Risebæk på Sydbornholm. De udgøres af ler (ofte rødfarvet) og hvidlig sandsten (flodaflejringer).

gamle flodlejer var forsvundet. I nutiden ville dette landskab blive til en græssteppe, men græs opstod først i Palæogen for omkring 40 mio. år siden.

Aflejringerne fra Trias er meget tykke, lokalt i Horn Graven helt op til 7 km, for afkølingen af undergrunden efter Perm-tidens vulkanisme fortsatte, hvilket medførte kraftig indsykning. Til tider dannedes en stor indløbsløs saltsø i det jyske område som kan sammenlignes med nutidens Lake Eyre i Sydaustralien. Heri afsattes ret tykke lag af stensalt (se fotos af kerner) som fuldstændig ligner det ældre salt fra Perm. Med jævne mellemrum skyllede havet ind over det danske område sydfra og i mellemste Trias var det meste af Danmark havdækket i en periode. Havet bredte sig igen mod slutningen af Trias. De triassiske flod- og landaflejringerne har en karakteristisk rød farve, mens havaflejringerne typisk er grålige. Stærkt farvede lag fra Trias kan ses på Sydbornholm, men kendes også fra talrige boringer.



Fotos: Sten Lennart Jacobsen, Geologisk Museum.

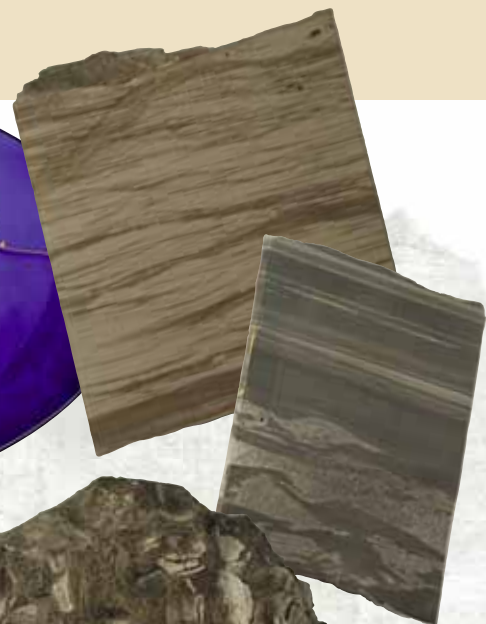
- 1: Sandsten aflejret i havet.
2: Cykliske tidevandsaflejringer.
3: Flodaflejringer.



Illustration: Geologisk Museum.

Det globale havniveau var lavt i Trias og det danske område henlå som landområde i lange perioder. I mellemste Trias og igen i sen Trias bredte havet sig fra syd indover Danmark.

Kilde: Geologisk Museum.



Fotos: Sten Lennart Jacobsen, Geologisk Museum.

Havaflejringerne fra Jura er ofte rige på fossiler – her ses ammonit (blæksprutte) og muslinger. Flodsystemerne i det bornholmske område var dækket af en yppig vegetation, der jævnligt findes bevaret fossilt, som det viste aftryk af en bregne. Jura-aflejringerne er gennemgående grå og sorte i modsætning til de stærkt farvede lag fra Trias.

JURA:

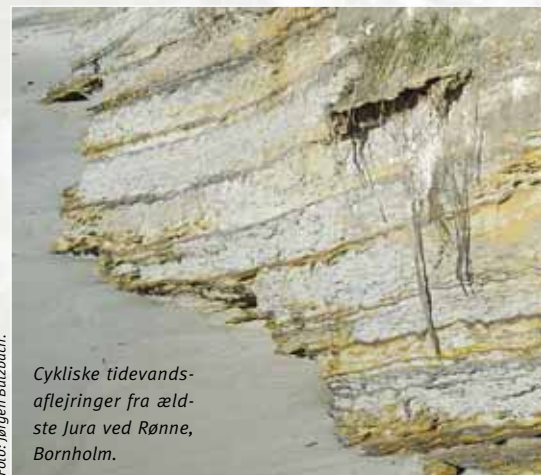
STØRRE UDBREDELSE AF HAVET, AFBRODT AF LANDHÆVNINGER I MELLEM JURA

Det stigende havniveau mod slutningen af Trias og ind i de efterfølgende tidsperioder Jura og Kridt afspejler, at superkontinentet Pangæa brød i mindre stykker, og der dannedes ny oceanbund og dertil hørende vulkanske undersøiske bjergrygge, som optog volumen i oceanerne.

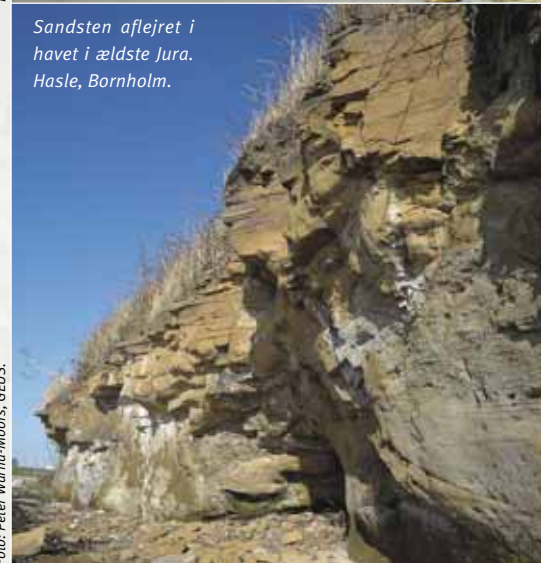
Tidligt i Jura havde havet bredt sig så meget, at stort set hele det danske område var havdækket. Kystlinjen løb henover Bornholm-Skåne-Kattegat-Nordjylland, og på Bornholm kan man se vekslende lag afsat i floder og deltaer og på lavt vand i havet. Den præcise placering af kysten afspejler ofte brudzoner i undergrunden, hvor hævnninger og sænkninger i forbindelse med jordskælv styrede hvilke områder, der blev oversvømmet, og hvilke der ikke gjorde.

I løbet af Ældre Jura blev der afsat et tæppe af lerede havaflejringer over store dele af Danmark og i dette ler kan man finde mange fossiler fra de dyr, som levede på havbunden – muslinger, blæksprutter osv. Fra de kystnære aflejringer på Bornholm kendes også en del fragmenter af svaneøgler, et knoglefragment er sågar blevet fundet i en borekerne fra den

centrale Nordsø. Mange steder blev disse lag fra Ældre Jura dog fjernet af erosion igen i forbindelse med omfattende landhævninger i mellemste Jura. Her kom meget store dele af det danske område igen over havniveau, se side 15. Store vulkanfelter opstod i den nordlige del af Nordsøen (uden for dansk sektor) samt i Skåne. Der kan stadig ses imponerende vulkanruiner kun 75 km fra Rådhuspladsen! Forenklet fremstillet kan man sige, at hvis denne rift-fase var fortsat ville vi have haft et Atlanterhav og ikke en Nordsø lige vest for Danmark. Men vulkanismen ophørte, undergrunden afkøledes og sank atter ind. Ned gennem Nordsøen dannedes et dybt indsynkningstrug, Central Graven. I den sene del af Jura-tiden var der forholdsvis dårlig udveksling af vandmasser i havet i Nordeuropa, måske pga. de mange små landmasser i området, så forholdene kan sammenlignes med nutidens indre danske farvande. Der opstod til tider iltmangel på havbunden – og det er disse lag, rige på ikke forrådnede organisk materiale – der er hovedkilden til den olie og gas, som i dag udvindes fra Nordsøen. Jævnaldrende lag findes også under store dele af Jylland. At der ikke er dannet olie og gas her skyldes at lagpakken ikke har været begravet dybt nok siden Jura, og derfor ikke er blevet opvarmet tilstrækkeligt til at danne olie og gas.



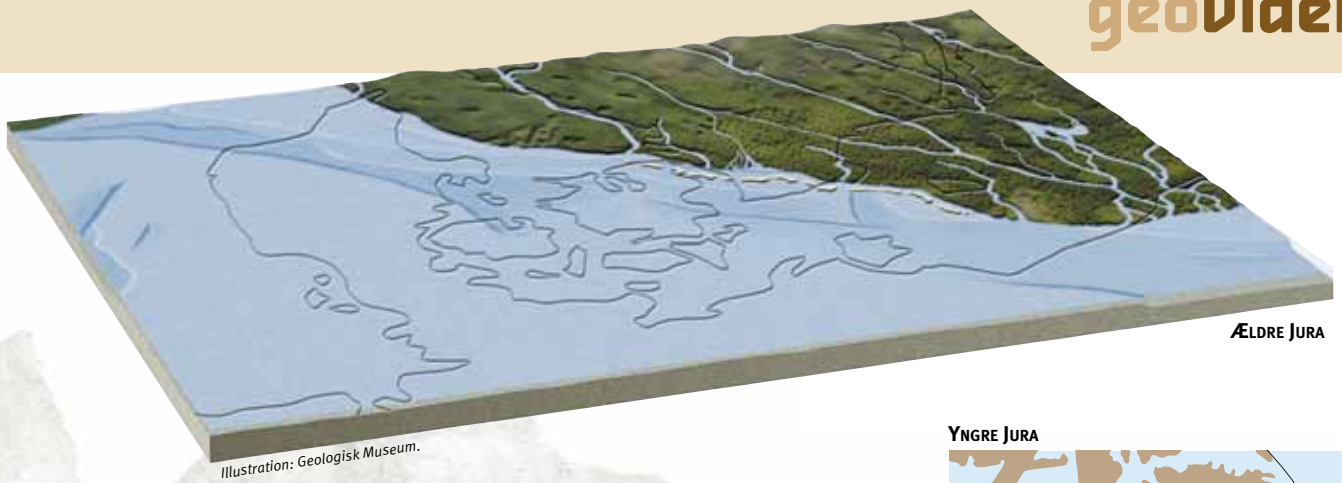
Cykliske tidevandsaflejringer fra ældste Jura ved Rønne, Bornholm.



Sandsten aflejret i havet i ældste Jura. Hasle, Bornholm.

Foto: Jørgen Butzbach.

Foto: Peter Wania-Moors, GELIS.



ÆLDRE JURA

Illustration: Geologisk Museum.

Det stigende havniveau i Jura medførte at hovedparten af Danmark blev dækket af havet og kysten kom til at strække sig fra Bornholm henover Kattegat til Nordjylland.

Lava (skånsk basalt) fra vulkanfeltet i Skåne (Jura-Kridt alder). Disse karakteristiske blokke kendes fra istidsaflejringer i det Østlige Danmark.



Foto: Sten Lennart Jacobsen, Geologisk Museum.

YNGRE JURA



Illustration: Geologisk Museum.



MELLEM JURA

Illustration: Geologisk Museum.

I mellemste Jura hævedes store dele af Nordeuropa i forbindelse med en vulkansk periode.

MELLEMSTE KRIDT



Illustration: Geologisk Museum.

Udvicleszoner/gravsænkninger Oceanbund
Brudzoner Udviclesretning Spredningscenter

Den vulkanske uro og efterfølgende riftfase i Nordsøen i Jura kunne have medført at Atlanterhavet åbnede her. Det skete imidlertid ikke. I mellemste Kridt blev aktive spredningszoner anlagt vest for Storbritannien. Spredningen fortsatte ind i Palæogen og Neogen.



YNGRE JURA

Illustration: Geologisk Museum.

I yngre Jura var Nordeuropa et ø-hav med forholdsvis dårlig udveksling af vandmasserne og der opstod jævnligt iltsvind på havbunden. Situationen kan sammenlignes med nutidens indre danske farvande.



KRIDT 95 mio. år

Kilde: Geologisk Museum.



ÆLDRE KRIDT



Illustration: Geologisk Museum.

YNGRE KRIDT



I Kridt begyndte bl.a. Atlanterhavet at blive anlagt. De mange pladeforskydninger medførte efterhånden et meget højt havniveau og hele det danske område blev oversvømmet af havet.

Illustration: Geologisk Museum.

KRIDTTID:

FORTSAT STIGNING I HAVNIVEAU; KALKPRODUCERENDE ALGER DANNER TYKKE KRIDTLAG

Det globale havniveau steg kraftigt i løbet af Kridt-tiden, og havdybden øgedes betydeligt i Nordeuropa. Alle mindre landområder i Nordsø-regionen forsvandt og hele det danske område blev dækket af havet. Det er uklart, hvor langt inde i Sverige kystzonen løb – og det er også omdiskuteret, om Sydnorge var dækket af havet. På grund af det stigende havniveau gentog historien fra Ordovicium sig: Der blev langt til kysten, hvor floderne tilførte ler og grus fra land, så lagene i den ældre del af Kridt-tiden blev mere og mere kondenserede og aflejringstakten sænkede markant. Det er tilmed muligt, at klimaet var forholdsvis tørt, så floderne ikke var specielt vandførende, hvilket også kunne have medvirket til at nedsætte tilførslen af sediment til havet.

Lag fra den yngre del af Kridt-tiden består næsten udelukkende af kridt og kalk, dannet af bittesmå skaller fra kalkalger (kokkoliter), som stortrivedes i de øvre vandmasser af havet, hvor sollyset kunne nå ned. Det er uklart, hvorfor kalk-producerende alger blev så almindelige; i nutiden ses sammenlignelige opblomstringer kun i de mest produktive dele af Stillehavet.

Kridt-havet var meget dybt, dels pga. det høje globale havniveau, som hen mod slutningen af Kridt-tiden var mindst 200 m og måske endda 300 m over det nuværende, dels pga. fortsat indsynkning af Nordsø-bassinet, som følge af afkøling af undergrunden efter vulkanismen i Jura-tiden. Det er muligt, at havdybden i den centrale del af Nordsøen var op imod 1 km. Det kalkskallede plankton dannede første led i fødekæden og nåede havbunden først og fremmest i form af fækalier, altså 'det der kommer ud i den anden ende'. Bundslammet blev derefter typisk gennemgravet og spist af bundlevende dyr, så der er ingen oprindelige

sedimentære strukturer bevaret – kun omrødet kridt med et tæt net af gravegange. I disse gravegange blev der ofte udfældet flint, som er almindeligt forekommende som knolde og lag i kridtet. Kridt- og kalklagene er lokalt helt op til 2,2 km tykke i den danske undergrund, men danner de fleste steder et lag på 200–400 meters tykkelse. Kridt- og kalklagene kan ses i råstofgrave og kystklinter mange steder i Danmark. I Nordsøen danner disse lag et af de vigtigste reservoirer for olie og gas.

Mange steder indeholder skrivekridtet en rig fossil fauna – mest kendt er nok forstenede søpindsvin og 'vættelys'. Sidstnævnte er brud-



Foto: Merete Bliderup, GEUS.



Fotos: Sten Lennart Jacobsen, Geologisk Museum.



Fotos: Sten Lennart Jacobsen, Geologisk Museum.

De mørke fordybninger i foto til venstre er tolket som fodspor afsat af dinosaurer i Kridt-tiden på Sydberholm. Neden for ses en kunstners indtryk af, hvordan landskabet kunne have set ud. Der er også fundet forstenede rovdinosaurtænder på Bornholm ("Velociraptor" som i Jurassic Park filmen).

Mange dybe borer er nået ned i lag fra Ældre Kridt-tid: de ældste lag er helt sorte i den centrale del af Nordsøen og er kildebjergart for meget af den olie og gas, som pumpes op af undergrunden. De yngste lag fra Ældre Kridt er helt rødfarvede. Farveskiftet afspejler bedre iltning af havbunden og en meget langsom aflejringstakt af bundslam.

Illustration: Geologisk Museum.





Arnager Kint, Sydbornholm

I yngre Kridt-tid aflejres tykke lag af Skrivekridt i den danske undergrund, som det fx kan ses i Møns Klint. Selv på Bornholm, ved Arnager, findes kalkaflejringer fra Kridt-tiden. Kridtet består hovedsageligt af mikroskopiske kalkalger, hvor mange kan ligne miniature-småkager. Algerne nåede havbunden som fækalier (S/H-fotos). Skrivekridtet er stedvist meget rigt på fossiler – her ses kiselsvamp, en tand fra Mosasaur og en musling.

Foto: Peter Warnn-Moors, GEUS.

Møns Klint



Fotos: Erik Thomsen, Aarhus Universitet.

Foto: Jørgen Butzbach.

Kokkolitter.



Kiselsvamp.



Mosasauertand.



Musling.

Fotos: Sten Lennart Jacobsen, Geologisk Museum.

FLINT

Flint består af kisel (SiO_2) ligesom kvarts. Kisen stammer fra letopløselige skeletter af bl.a. kiselalger og -svampe. Genudfældningen af den opløste kisel skete ca. 0,3-5 meter under havbunden i grænsezonen mellem det porevand, der havde mistet sin ilt pga. rådende organisk materiale, og det iltholdige porevand nærmere havbunden. I første omgang blev der udfældet mikroskopiske kisel-kugler. De fungerede som kim for den senere dannelse af egentlig flint, der blev udfældet fra gennemsvivende vand.

Flint findes typisk som mere eller mindre sammenvoksede knolde, der er knyttet til bestemte niveauer i kridtet og kalken fra Kridttiden og ældre Palæogen. Det skyldes, at aflejringen af kalkslam i perioder ophørte eller foregik meget langsomt. Derved kom grænsen mellem ilthol-

dig/iltfattigt porevand til at ligge samme sted i bundslammet i længere tid, og her blev der genudfældet megen kisel.

Flint er typisk afsat omkring krebsdyrenes grave-gange (foto th.). Gangene havde forbindelse med havbunden og stod åbne. Via gangene kom iltholdigt havvand i kontakt med iltfattigt porevand i bundslammet. Dette kunne føre til udfældning af kisel omkring gravegangene. Tidligt udfældet flint afspejler derfor mere eller mindre gravegangenes form. Overvoksninger af senere udfældet flint kan maskere eller helt skjule de oprindelige gravegange. Flintknoldenes uregelmæssige form forveksles derfor ofte med knogler, kranier (foto øverst th.) og tænder. Men lighederne er kun overfladiske og helt tilfældige.



Fotos: Sten Lennart Jacobsen, Geologisk Museum.



Foto: Sten Lennart Jacobsen, Geologisk Museum.

'Vættelys' (indre kalkpig fra blæksprutte) og forstenet søpindsvin fra Skrivekridt. Disse fossiler hører til de hyppigste, man finder i Danmark.

stykker af en indre kalkpig i en bestemt type blæksprutter (belemnitter).

I slutningen af Kridt-tiden skete en stor masseuddøen, hvor ca. 75 % af alle dyrearter på Jorden uddøde. Heraf er de mest velkendte dinosaurerne, men også blæksprutter (ammonitter, belemnitter), mikroorganismer, muslinger, store krybdyr m.fl. uddøde eller blev kraftigt decimerede – denne katastrofe er behandlet i Geoviden nr. 2008,4. Det menes, at et nedslag i Mexico af en asteroide med en diameter på 10-15 km for 65 mio. år siden var hovedårsagen til den økologiske katastrofe. Nedslaget skabte et krater med en diameter på ca. 200 km – dvs. rundt regnet et hul på størrelse med Belgien. Kraften i nedslaget svarer ifølge nogle forskere til én Hiroshima atombomben pr. menneske på jorden – plus yderligere 1 mia. bomber!

Ved nedslaget blev gigantiske støvmængder spredt i atmosfæren – sten slynget op i luften nåede halvvejs til Månen, før de atter begyndte at regne ned over Jorden. Jordens rotation bevirkede at støv og nedfald blev fordelt over hele kloden. Dette skærmede for sollyset og planter kunne ikke gro, hvorfor fødekæden brød sammen. De første planter, der

igen begyndte at trives efter katastrofen, var bregner, der jo er tilpasset vækst under skyggefule forhold. Månederne eller måske endda årene med skygge kan også have været ledsaget af markant nedkøling, en såkaldt atomvinter. På nedslagsstedet i Mexico var der desuden tykke lag af mineralet anhydrit (CaSO_4), som pulveriseredes og fordampede og derefter var årsag til en kraftig syrerregn på Jorden. Herved kan de øvre vandmasser i oceanerne være blevet forsurede, hvilket gik ud over de kalkskal-lede organismer. Dette kan have haft betydning for det havdækkede danske område. Her, som de fleste andre steder i verden, er grænselaget mellem Kridt og Palæogen (tidligere: Tertiær) perioderne markeret af et lerlag som viser, at der for en tid ikke blev produceret kalk i havet.

Danmark kom i øvrigt til at spille en central rolle for forståelsen af omstændighederne omkring denne masseuddøen. Amerikanske forskere havde undersøgt lokaliteter i Italien og fundet ud af, at et lerlag lige på grænsen mellem Kridt–Palæogen-perioderne indeholder usædvanligt store mængder af det sjældne grundstof Iridium, der minder om platin. Iridi-

um forekommer sjældent på Jorden og er forholdsvis mere almindeligt i meteoritter. De samme forskere undersøgte derefter grænselagene i Stevns Klint og genfandt her de høje Iridium-koncentrationer. Det fik dem til at opstille en teori om, at dinosaurernes forsvinden skyldtes følgevirkningerne af et nedslag af et stort himmellegeme. Idéen blev lanceret på en videnskabelig konference i København i slutningen af 1970'erne – og i starten var der meget få, som troede på de amerikanske forskere. Siden fandt man krateret i Mexico samt en masse andre indikationer på, at der var substans i teorien, som nu er generelt anerkendt. Henover Kridt–Palæogen-grænsen faldt havniveauet, men i Danmark fortsatte aflejring af kalk et kort stykke tid over grænsen. Denne kalk ligner overfladisk skrivekridtet fra Kridt-tiden, og indeholder også en fossil fauna af samme type, så i lang tid tillagde man ikke Kridt–Palæogen-grænsen større betydning i Danmark.

Den yngre geologiske historie i Danmark, inklusiv kalklagene lige over grænsen, behandles i næste hæfte af Geoviden.



Foto: Merete Binderup, GEUS.

Stevns Klint. Nederst skrivekridt fra Kridt-tiden, øverst flintring kalk fra Palæogen. Det tynde sorte lag, der bølger under grænsen mellem disse aflejringer er Fiskeler, der markerer Kridt/Palæogen grænsen, hvor 75 % af alle dyr uddøde som følge af et nedslag af en asteroide i Mexico.

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.

Forsidebillede: Klippekyst, Bornholm.

Foto: Peter Warna-Moors, GEUS.

Reprografisk arbejde: Benny Scharck, GEUS.

Illustrationer: Forfattere og Grafisk, GEUS.

Eftertryk er tilladt med kildeangivelse.



Kilde: Don Davis, NASA Ames Research Center.

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



GEOLOGISK INSTITUT

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