

A photograph of a geological cliff face next to a river. The cliff shows distinct horizontal layers of sedimentary rock, with some roots exposed. A large fallen log lies in the water in the foreground. The trees on top of the cliff have autumn-colored leaves.

Danmarks Geologi

EN KORT INTRODUKTION

Erik Skovbjerg Rasmussen og Arne Thorshøj Nielsen

Den geologiske tidsskala

Formålet med dette hæfte er at give danske naturvejledere, naturfaglærere, skoleelever og øvrige interesserede en kort introduktion til Danmarks geologi.

Hæftet giver en introduktion til det danske landskabs udvikling og dets samspil med pladetektoniske kræfter gennem den seneste milliard år. De overordnede geologiske tidsperioder gennemgås kronologisk og for hver tidsperiode vises et rekonstrueret kort over palæogeografien, som er baseret på en sammenstilling af mangeårig geologisk forskning.

Den læser, der bliver nysgerrig efter at gå i dybden med emnerne, anbefales at læse **Naturen i Danmark Bind 2: Geologien**

Dette hæfte er udgivet med støtte fra Nordea-fonden til projektet Junior Geologerne. Se mere på www.junior-geologerne.dk.

FORFATTERE

Seniorforsker Erik Skovbjerg Rasmussen
De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS)

Lektor Arne Thorshøj Nielsen
Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning (IGN), Københavns Universitet

REDAKTION

Seniorforsker Camilla S. Andresen
De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS)

GRAFIK

Geoviden
De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS)

LAYOUT

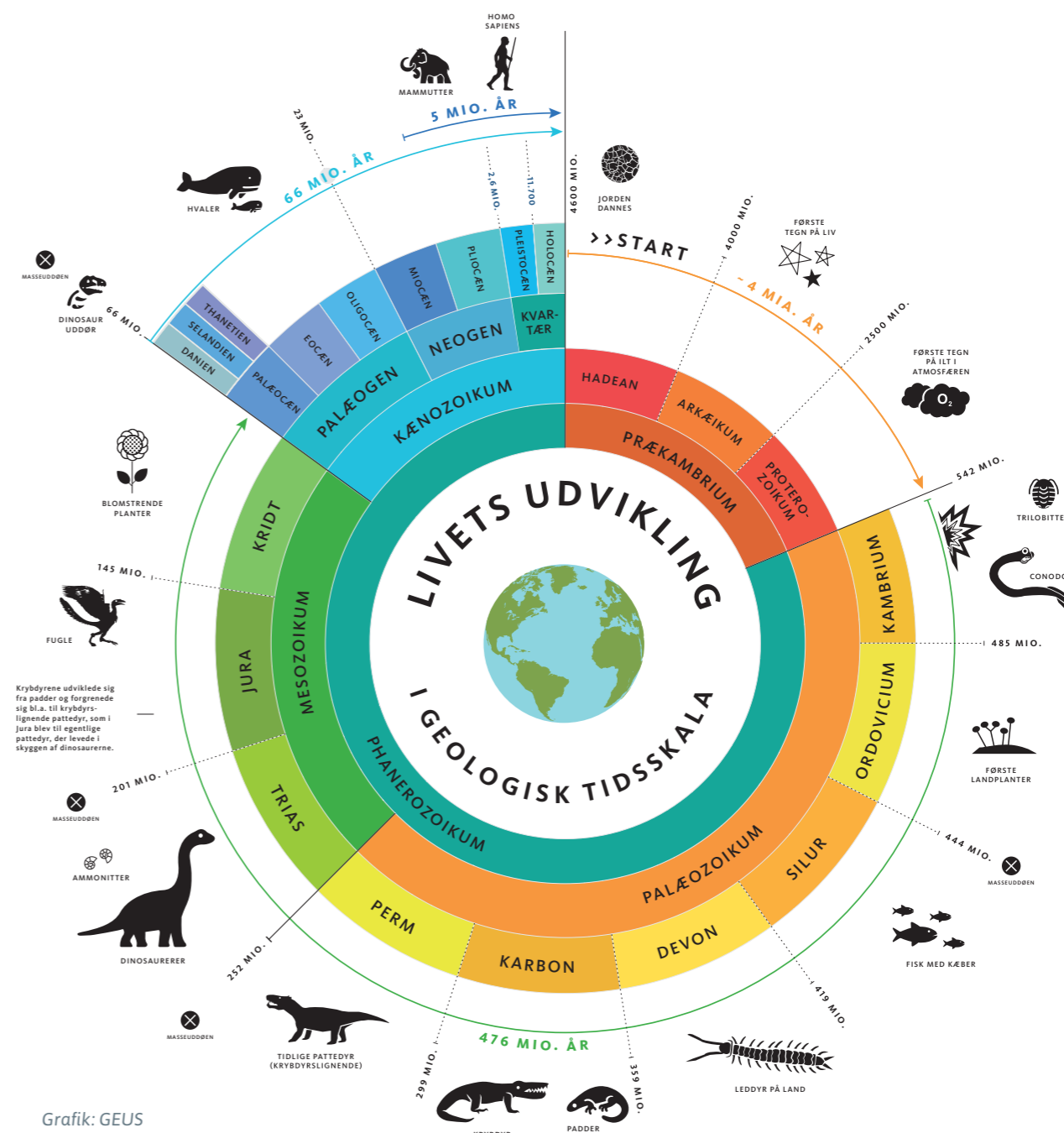
Grafisk designer Anne Sofie Obel
O2Design

FORSIDEFOTO:

Kystprofil med miocæne laguneaflejringer, Hagenør ved Lillebælt. Erik Skovbjerg Rasmussen

Udgivet: 1. udgave 2020
© 2020 Junior-Geologerne

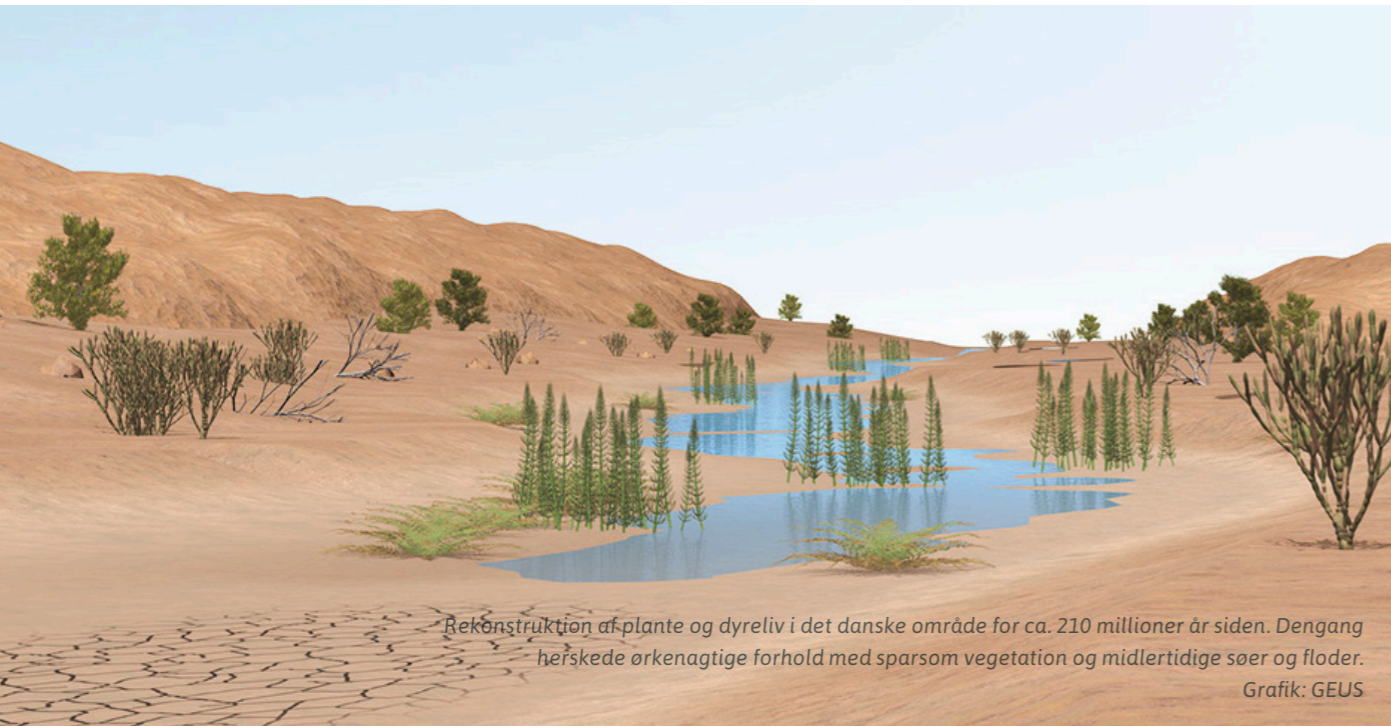
Jorden er 4,6 milliarder år gammel. Den er delt ind i geologiske tidsperioder, som er karakteriseret af store ændringer i livets udvikling på grænsen mellem to perioder.



Grafik: GEUS

Danmarks lange rejse

Danmark har ikke altid set ud, som det gør i dag. Fordelingen af hav og land har ændret sig gentagne gange, og dyre og planteliv på både land og i havet har også ændret sig igennem millioner af år. Disse ændringer skyldes både globale klimavariationer, og at Danmark på grund af jordpladernes bevægelse har bevæget sig fra den sydlige halvkugle og op på den nordlige halvkugle, hvor vi ligger i dag.

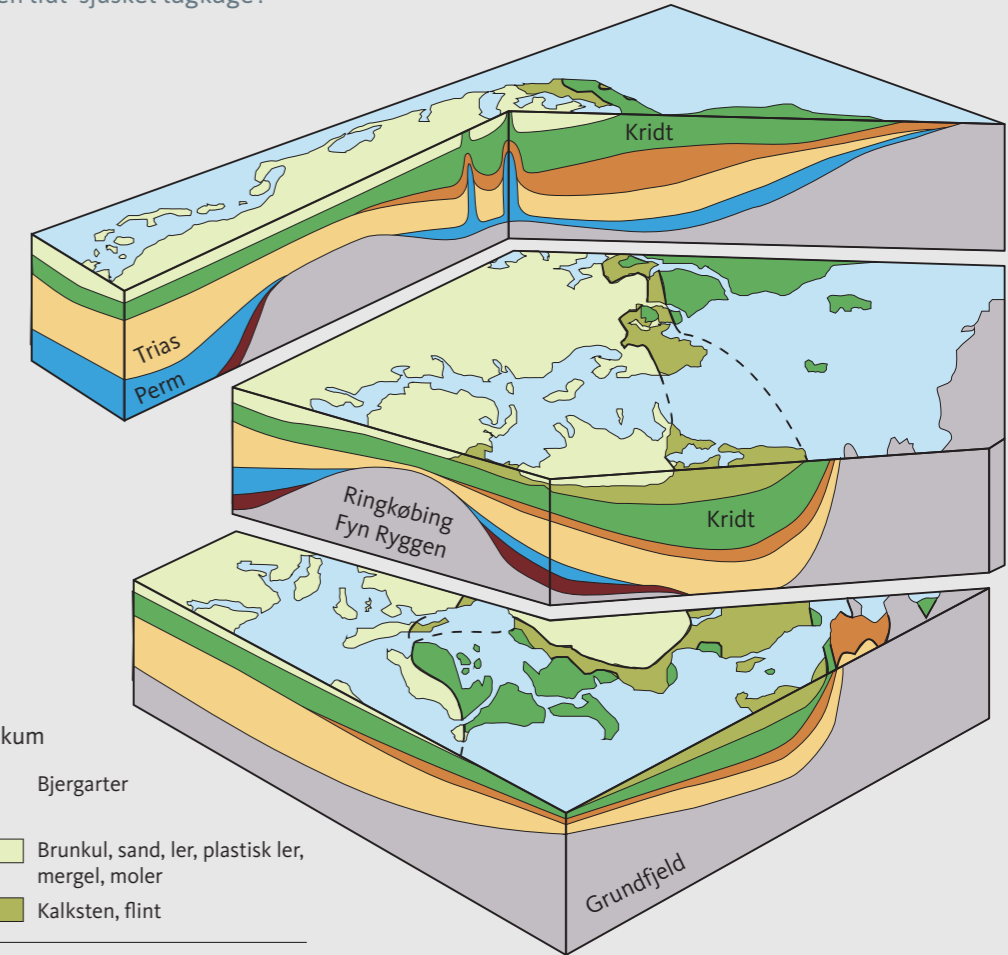


Rekonstruktion af plante og dyreliv i det danske område for ca. 210 millioner år siden. Dengang herskede ørkenagtige forhold med sparsom vegetation og midlertidige søer og floder.
Grafik: GEUS



Rekonstruktion af plante og dyreliv i det danske område for ca. 20 millioner år siden. Dengang løb der en meget stor flod ned gennem Jylland, som bragte grus, sand og ler med sig fra Norge og Sverige.
Grafik: GEUS.

Selvom jorden er 4,6 milliarder år gammel, så er de ældste bjergarter i Danmark "kun" 1,5 milliarder år gamle gnejs og granitter, såkaldt grundfjeld, som er dannet dybt nede i undergrunden. Grundfjeldet er gennem de sidste 550 millioner år blevet overlejret af sedimentære aflejringer i form af bl. a. sand-, ler-, og kalksten (med flint i), som er blevet afsat i forbindelse med at havet skyllede ind over Danmark. Der har også været vulkaner enten i eller nær Danmark i de geologiske tidsperioder Karbon, Perm, Jura og Palæogen, derfor finder vi vulkanske lag og bjergarter visse steder. Som følge af den geologiske udvikling ligner Danmarks undergrund i dag en lidt 'sjuksket lagkage'.



Kænozoikum	
KVARTÆR	Bjergarter
2,6 mio. år	
NEOGEN	Brunkul, sand, ler, plastisk ler, mergel, moler
23 mio. år	
PALÆOGEN	Danien Kalksten, flint
66 mio. år	
Mesozoikum	
KRIDT	Skrivekridt, flint
145 mio. år	
JURA	Kul, sand, ler
201 mio. år	
TRIAS	Ler
252 mio. år	
Palæozoikum	
PERM	Bl.a. salt
299 mio. år	
SILUR ORDOVICIUM KAMBRIUM	Kalksten, sorte skifre, sandsten
541 mio. år	
PRÆKAMBRIUM	Granit, gnejs

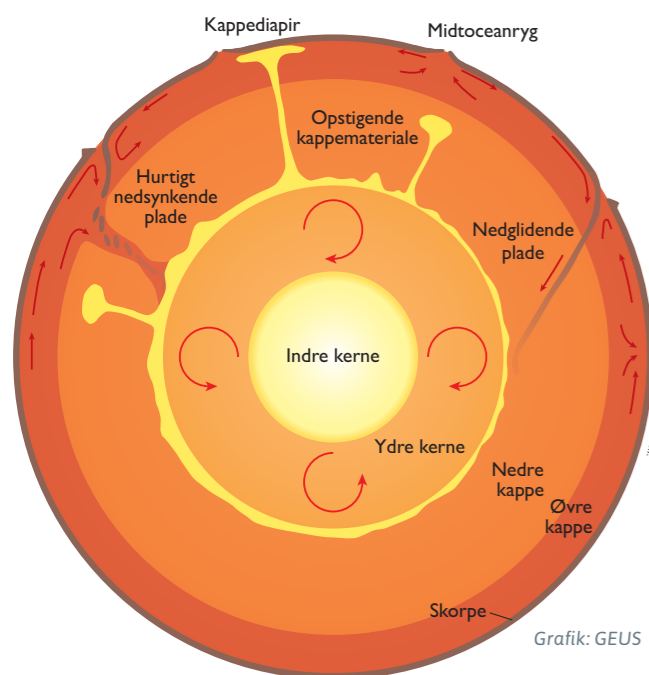
Kilde: Danmarks Natur, 1979 og Geografiforlaget

Pladetektonik - når bjerge dannes

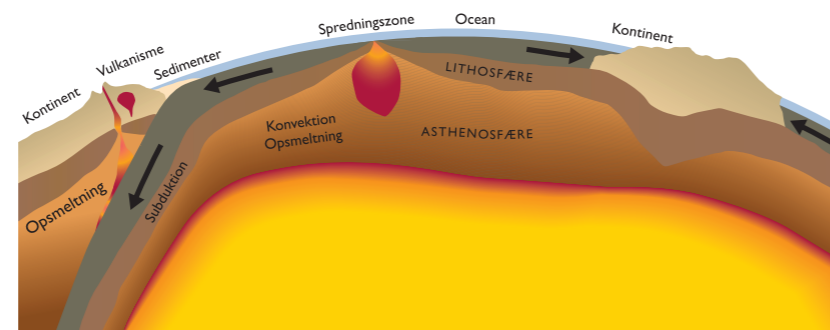
For at forstå Danmarks geologiske udvikling er det vigtigt at forstå, hvad pladetektoniske kræfter er. Jordens yderste lag består af større og mindre kontinentplader og oceanbundsplader, der bevæger sig i forhold til hinanden. Hvor de støder sammen dannes bjerge, og hvor de adskilles, dannes vulkanske zoner, der med tiden kan resultere i dannelse af ny havbund (oceanbund), som ofte kan danne høje undersøiske bjerge. Jordpladernes bevægelser forårsager også jordskælv. Alle disse processer kaldes samlet for pladetektonik. Jordpladerne flytter sig typisk 2-10 cm om året i forhold til hinanden. Det lyder ikke af meget, men eksempelvis har det danske område flyttet sig mindst 10.000 km igennem de sidste 550 millioner år. Dette betyder, at fortidens geografi var meget forskellig fra nutidens.

KONVEKTIONSTRØMME INDEN I JORDEN

Der er masser af varme i jordens indre, som gerne vil ud. Det varme materiale i jordens kappe stiger opad ligesom varm luft i atmosfæren. Koldt materiale synker nedad fra overfladen. På den måde cirkulerer materiale rundt i jordens kappe. Det kaldes termisk konvektion. Konvektionsstrømme kan iagttages i en gryde, der er i kog. I visse områder er der mange bobler. Det er her, at det varmeste vand kommer op i et område, man kan kalde en "hotspot". Når det varme vand bevæger sig væk fra "hotspotten", bliver det koldere og synker ned mod grydebunden igen. På den måde er der hele tiden bevægelse i vandet.



Grafik: GEUS



Grafik: GEUS

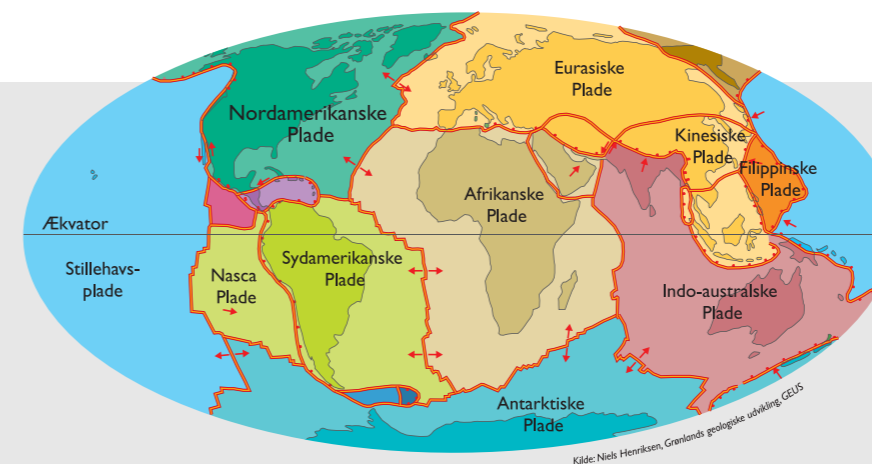
LITHOSFÆREPLADER

Jordens yderskal består af nogle store, stive såkaldte lithosfæreplader, der bevæger sig i forhold til hinanden. Under oceanerne kaldes lithosfæren for oceanplade og er 10-100 km tyk, mens den under landjorden kaldes for kontinentalplade og er 50-200 km tyk. Lithosfæren udgøres af skorpen og den øverste stive del af kappen.

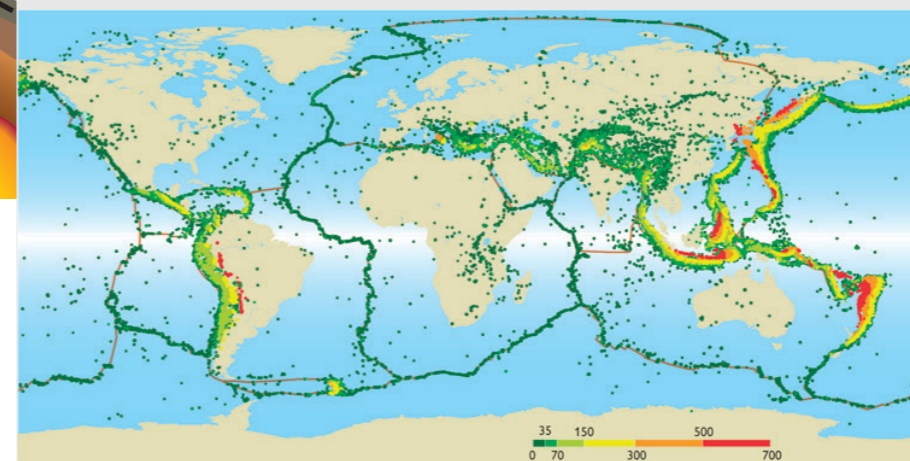
Nedenunder lithosfæren ligger den del af kappen som kaldes asthenosfæren, og som er karakteriseret af at være plastisk, fordi en lille del af stenmassen er smeltet. Denne opsmeltning betyder, at lithosfærepladerne har mulighed for at "skøjte" henover asthenosfæren. Lithosfærepladerne ligger derfor ikke stille i forhold til hinanden. De udgør et "levende" puslespil. Pladerne bevæger sig, fordi de bliver skubbet rundt af konvektionsstrømmene i jordens kappe.

PLADEGRÆNSER

Lithosfærepladerne bevæger sig forskelligt i forhold til hinanden forskellige steder i verden. Området hvor to plader mødes, kaldes for en pladegrænse, og dem findes der tre forskellige slags af: Bevarende pladegrænser, konstruktive pladegrænser og destruktive pladegrænser.



Pladegrænser i nutidens verden. De røde pile viser hvilken retning pladerne bevæger sig i forhold til hinanden.
Grafik: GEUS



Det er ved pladegrænserne de fleste og største jordskælv opstår. Her ses alle observationer af jordskælv gennem en periode på tre måneder.
Grafik: GEUS

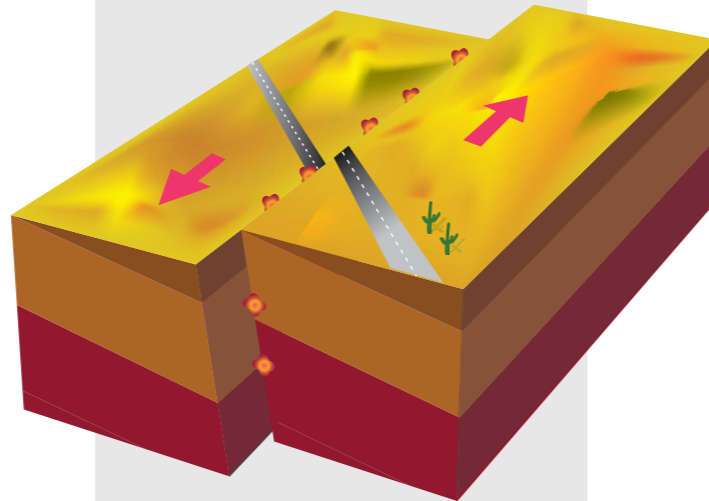
BEVARENDE PLADEGRÆNSE

Når to plader bevæger sig forbi hinanden i horisontal retning, kaldes det en bevarende pladegrænse. Ved denne type pladegrænse, der findes både mellem oceanplader og mellem kontinentalplader, kan der forekomme store, ødelæggende jordskælv. Den mest kendte bevarende pladegrænse er San Andreas forkastningen i Californien, hvor der jævnligt forekommer jordskælv.

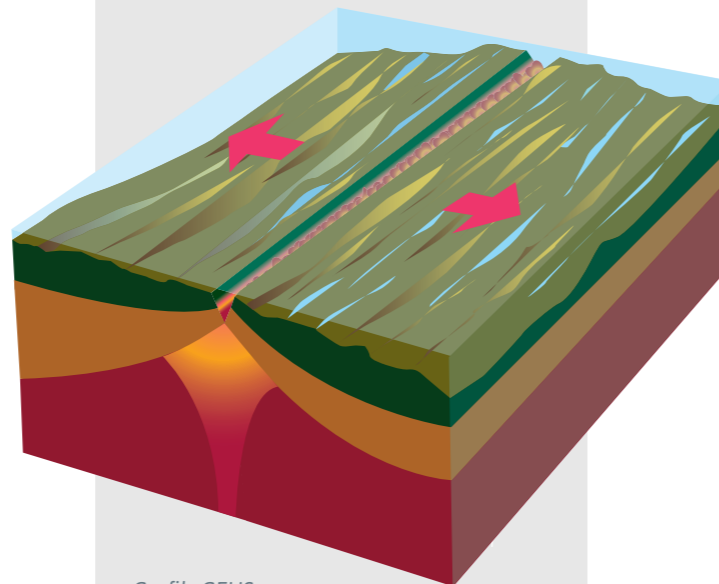
KONSTRUKTIV PLADEGRÆNSE

Når to plader bevæger sig væk fra hinanden, kaldes det en konstruktiv pladegrænse eller pladespredning. Denne type pladegrænse findes kun mellem to oceanplader. Der kommer også mange jordskælv ved en konstruktiv pladegrænse, men de er sjældent meget store.

Magma vælter op i sprækken mellem pladerne og bliver til ny oceanplade. Midt oceanryggene er vulkanske bjergkæder, der under havets overflade snor sig ned gennem for eksempel Atlanterhavet. Den markerer, hvor jordpladerne går fra hinanden (med en hastighed på et par cm om året), og der dannes ny havbund, som består af bjergarten basalt. På bunden af nutidens oceaner findes således over 70.000 km undersøiske vulkanske bjergrygge, der er flere km høje. Deres volumen påvirker det globale havniveau, så i perioder med høj pladespredning er havniveauet højt og omvendt i perioder med lav pladespredning. Forskellen på højt og lavt havniveau er mindst 200 m. I det østlige Afrika kan man se begyndelsen på en opsplittning, der kan ende med, at kontinentet sprækker op på langs og danner et nyt ocean. Derfor er der intens vulkanisme i det østlige Afrika.



Grafik: GEUS



Grafik: GEUS

DESTRUKTIV PLADEGRÆNSE

Når to plader bevæger sig frontalt ind i hinanden, kaldes det for en destruktiv pladegrænse. Denne type pladegrænse er ansvarlig for de allerstørste jordskælv.

Når to tykke kontinentalplader bevæger sig mod hinanden, er det svært at få den ene ned under den anden. I stedet rejser store bjergkæder sig ved sammenstødet. Det ses bl.a. i området ved Nepal og Tibet, hvor den Indiske Plade bevæger sig med ca. 4,5 cm/år ind under den Eurasiske Plade og danner Himalaya bjergene.

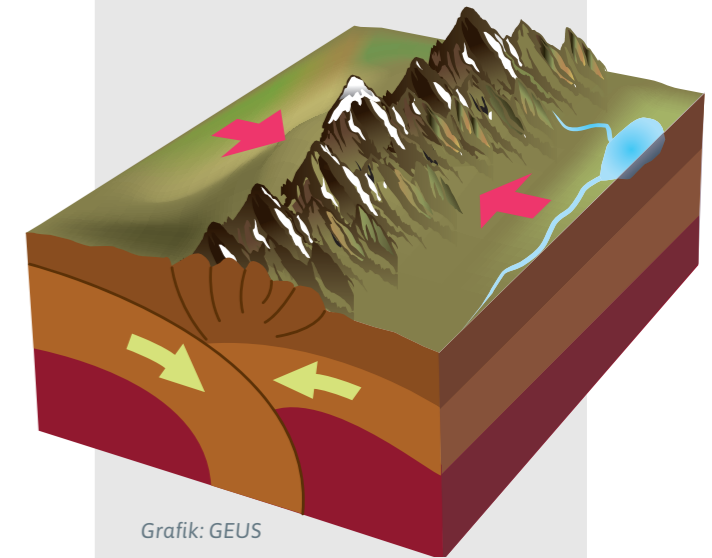
Bjergene udgøres ofte af sammenskubbede sedimentære aflejringer, der er blevet dannet i de have, som oprindeligt adskilte jordpladerne. Hvor bjergkæder opstår, dannes et meget stort tryk, både på grund af pladesammenstødet og på grund af vægten af selve bjergkæden. Under disse store trykforhold ændres de oprindelige bjergarter, og for eksempel kan der længere nede i jorden opstå den stribede bjergart gnejs. På stor dybde under bjergkæderne hersker dog så stort tryk og høje temperaturer, at bjergarterne smelter; dette kan føre til dannelsen af granit.

En destruktiv pladegrænse kan også være når en oceanplade og en kontinentalplade støder sammen.

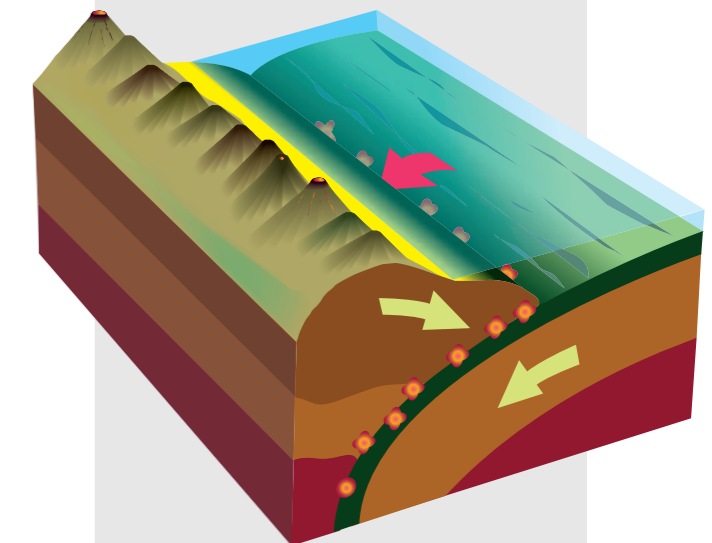
Rundt om Stillehavet bevæger Stillehavspladen sig ned under bl.a. Japan. Oceanpladen er tyndere og har højere massefylde end kontinentalpladerne, så den glider ned i en subduktionszone. Det giver dybhavsgrave i havbunden.

Den del af oceanpladen der subduceres afgiver vand, der stiger op i den overliggende plade. Vandet får smeltepunktet for pladens bjergarter til at falde. Det betyder at der dannes magma, som kan stige op og danne vulkaner.

Nogle af de jordskælv, der opstår under havet ved en destruktiv pladegrænse, kan starte en tsunami.



Grafik: GEUS



Grafik: GEUS

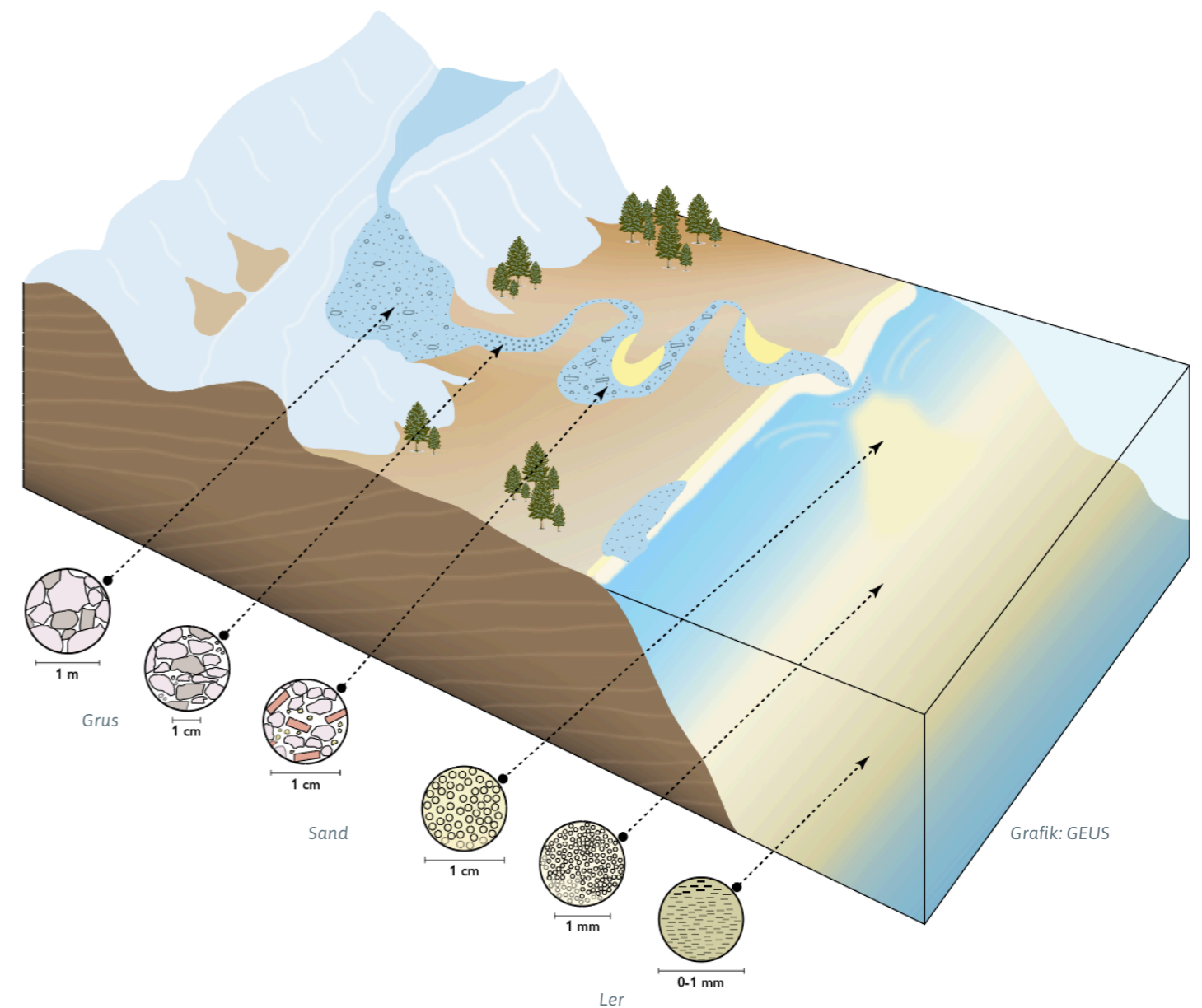
Vind og vejr - når bjerge nedbrydes

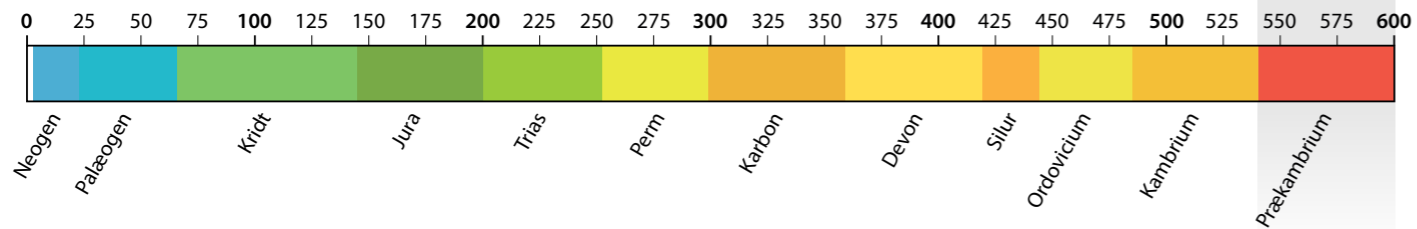
Hvor der er bjerge, er der ofte meget nedbør, fordi vanddamp fortættes til regn, når det føres op i koldere luftlag. Om vinteren sner det, og der er perioder med frost og tø. Derfor nedbrydes bjergene og bliver med tiden omdannet til grus, sand og ler, som vi samlet kalder for sedimenter. Denne form for erosion betegnes fysisk forvitring.

Hvis erosionen og nedbrydningen af bjergarterne skyldes plantevækst, rødder og bakterier, så kaldes det for biologisk forvitring.

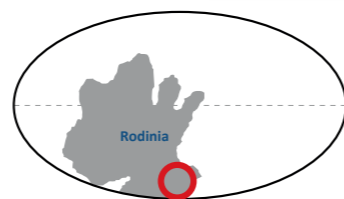
Når det regner, går regnvandet i forbindelse med luftens CO_2 og danner en syre. Denne kulsyre og vandets evne til at opløse stoffer (såkaldt hydrolyse), er også med til at nedbryde bjergene, hvilket kaldes for kemisk forvitring. Processen trækker CO_2 ud af luften, og er årsag til, set over meget lange perioder, at der altid opstår istider efter en periode med kraftig bjergkæde dannelse. Dette skyldes at det mindskede CO_2 indhold i atmosfæren resulterer i et koldere klima på jorden. Dette skete for eksempel efter bjergkædedannelser i Karbon og Neogen og er en af årsagerne til, at vi i dag lever i en geologisk tidsperiode, Kvartær, som er karakteriseret af istider.

Det grus, sand og ler, der bliver dannet ved nedbrydning af bjerge, transporteres med floderne mod havet. Grus bliver aflejret først øverst i flodsystemet, da det udgør de største og tungeste partikler, som ikke kan transporteres så langt. Ofte består disse grovkornede sedimenter af mange forskellige mineraler. Efterhånden som sedimenterne transporteres længere ned ad floden, bliver de mere finkornede, så som sand og ler. Dette materiale bliver først aflejret, når landskabet flader ud på flodsletten og floderne derfor taber deres energi. Sand bliver her ofte aflejret på indersiden af flodslyngninger, hvor der er mindst energi i flodens susende vand. Når floden møder havet, sker der en markant ændring i energiforholdene fra strømmende vand til forholdsvis stillestående vandmasser. Her bliver sand aflejret i deltaer, som vi for eksempel kender det fra Nilen i Middelhavet og Mississippi i den Mexicanske Golf. Leret, der også er transporteret med flodvandet fra bjergene, bliver ofte ført videre langt ud i havet, før det endeligt aflejres i det mere stillestående dybe vand. Her samles lerpartiklerne og synker langsomt ned på havbunden som sne, der falder ned fra himlen. Noget ler bliver spist af fisk og andre dyr i havet og bliver derfor aflejret noget hurtigere på havbunden i form af lidt tungere ekskrementer.





Prækambrium – den store bjergkæde



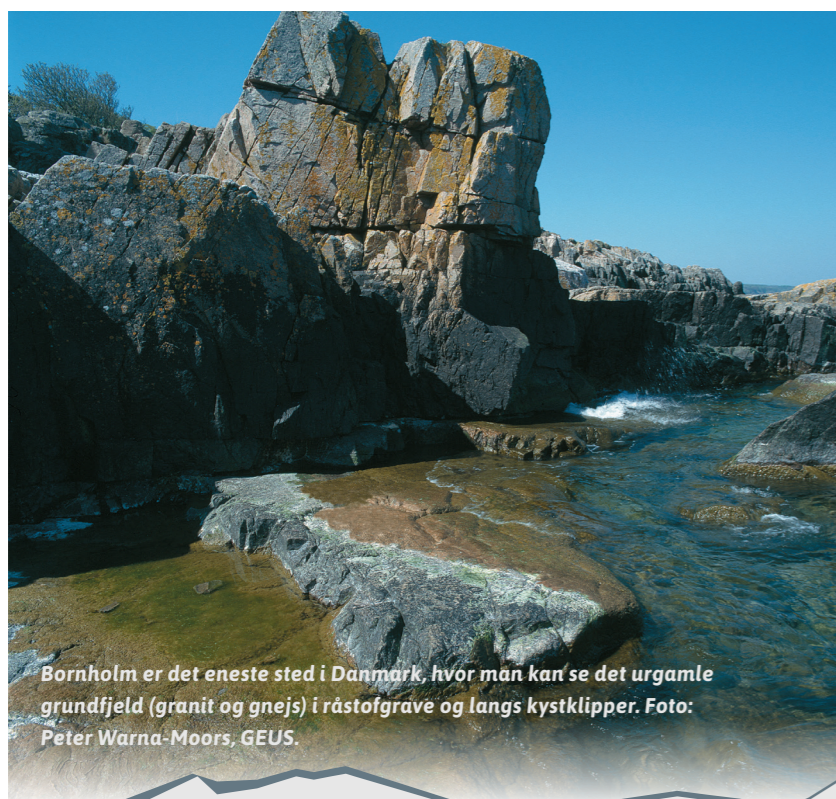
4600-541 MILLIONER ÅR

Prækambrium er en samlet betegnelse for den lange periode, også kaldet super-æon, fra jordens dannelse for 4,6 milliarder år siden og frem til Kambrium for 541 mio. år siden. Den under-indeles i Hadeikum (4,6-4,0 mia. år), Arkæikum (4,0-2,5 mia. år), og Proterozoikum (2,5 – 0,541 mia. år).

For ca. 1 milliard år siden var de fleste af jordens kontinentplader blevet samlet i et stort superkontinent, Rodinia. I sammenstødszonerne mellem pladerne var der dannet bjergkæder. Det danske område lå lige i sådan en pladegrænse og har været karakteriseret af bjerge på størrelse med Himalaya.

De ældste bjergarter i den danske undergrund repræsenterer således de dybe rødder af urgamle bjergkæder. Under de kilometerhøje bjerge var trykket og temperaturen så højt, at dele af stenmasserne smeltede – og ved den efterfølgende afkøling dannedes granit. De stenmasser, der ikke smeltede, blev omdannet til gnejs – en del gnejs er dog også dannet ved, at granit er blevet deformeret på grund af det høje tryk i dybet. Disse bjergarter udgør tilsammen vores nuværende grundfjeld.

Dette grundfjeld kan ses på Bornholm, mens det er begravet under yngre jordlag i resten af Danmark. Grundfjeldet er ikke kortlagt i detaljer, men i et vest-østligt strøg, midt henover Danmark (Ringkøbing – Fyn – Møn) er der kun 1-3 km ned til grundfjeldet, mens der i det øvrige Danmark er op til 15 km, lokalt endda 20 km ned til toppen af grundfjeldet.



Bornholm er det eneste sted i Danmark, hvor man kan se det urgamle grundfjeld (granit og gnejs) i råstofgrave og langs kystklipper. Foto: Peter Warna-Moors, GEUS.

I de yngste ca. 500 millioner år af Prækambrium blev bjergene slidt helt ned og i takt med nedslidningen hævedes undergrunden samtidigt op. Ved udgangen af Prækambrium for 550 millioner år siden var det danske område derfor pandekage-fladt.



For ca. 1 milliard år siden var det danske område en bjergkæde i stil med Himalaybjergene. Foto: Pixabay.com



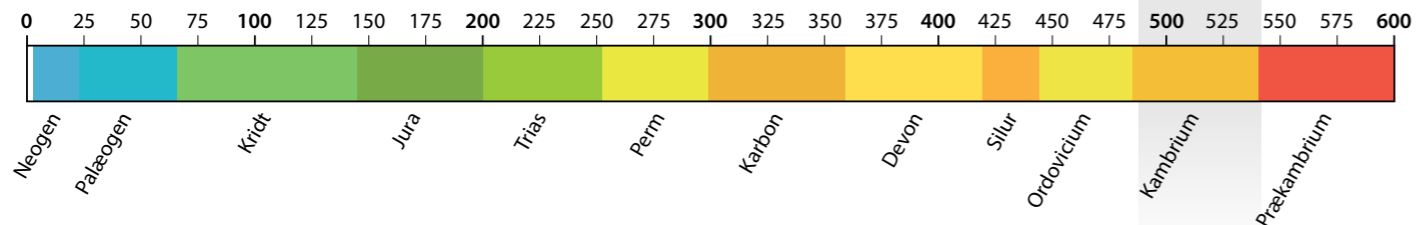
I Sverige, Norge og Finland ligger grundfjeldet de fleste steder oppe i overfladen. Granit, der stammer herfra, findes tit som løse blokke på de danske strande, hvor de er ført til af istidens gletsjere. Granit er dannet ved opsmeltning og størkning på stor dybde.

Foto : Sven Madsen.

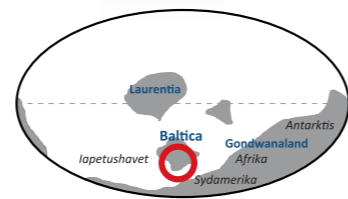


Store dele af grundfjeldet i Skandinavien udgøres af gnejs, der i modsætning til granit, er sribet på grund af en foretrukket orientering af mineralerne. Stribningen dannes på grund af et meget højt tryk fra en bestemt retning, som deformerer bjergarten. Løse blokke af gnejs, der stammer fra det skandinaviske grundfjeld, findes tit som løse blokke på danske strande.

Foto : Birgitte Bisgaard.



Kambrium - Danmark dækkes af havet



541-485 MILLIONER ÅR

Superkontinentet Rodinia begyndte at splitte op i allersidste del af Prækambrium. Spredningen af jordpladerne medførte dannelse af ny havbund og kilometer-høje undersøiske vulkanske bjergrygge. Disse bjergrygge optog volumen i de kambriske verdenshave, og som følge heraf steg havniveauet igennem Kambrium. Opsplitningen af Rodinia betød også, at Baltica, den kontinentale jordplade, som det danske område ligger på, kom til at ligge isoleret fra andre jordplader et godt stykke syd for Ækvator.

Det danske område var helt fladt på grund af den dybe nedslidning af landskabet, der var sket i Prækambrium, og ret hurtigt blev området derfor overskyldt af havet som følge af den globale havstigning. I flodsystemer og på lavt vand nær kysten afsattes sandlag, der sidenhen er blevet til hård sandsten. I takt med at havet steg, rykkede kystzonen gradvist ind over land og efterhånden steg havdybden betydeligt i det danske område.

I det dybe hav blev afsat finkornet ler, der siden er trykket sammen til skifer. Skiferen indeholder store mængder ikke-rådnende organisk materiale (kulstof), der farver den sort. Det skyldes, at iltniveauet i jordens atmosfære

var meget lavere i Kambrium end i nutiden, og i havet herskede derfor permanent iltvind.

I resten af verden foregik der dog en eksplosiv udvikling af en hel masse kalkskallede marine dyrearter, bl.a. snegle og muslinger. Det kaldes for "Den Kambriske eksplosion".

Lag fra Kambrium kan ses på Bornholm, hvor sandstenen fra tidlig Kambrium har været genstand for brydning i flere hundrede år. Samme type sandsten findes hyppigt blandt strandstenene i Danmark, mens den blødere skifer fra den yngre del af Kambrium sjældent overlevede at blive transporteret med istidens gletsjere.



Sandsten med bølgeribber på Bornholm, dannet på lavt vand i kystzonen for ca. 520 millioner år siden (tidlig Kambrium).
Foto: Peter Warne-Moors, GEUS.



Palæogeografisk rekonstruktion af det danske område i tidlig Kambrium for ca. 520 mill. år siden. Overordnet steg havet igennem Kambrium, men tilførsel af sand flyttede gentagne gange kysten mod syd i starten af perioden. I slutningen af Kambrium lå kystlinjen langt inde i Sverige, og hele det danske område var dækket af et dybt hav. Landområderne har været domineret af store sandklitter.

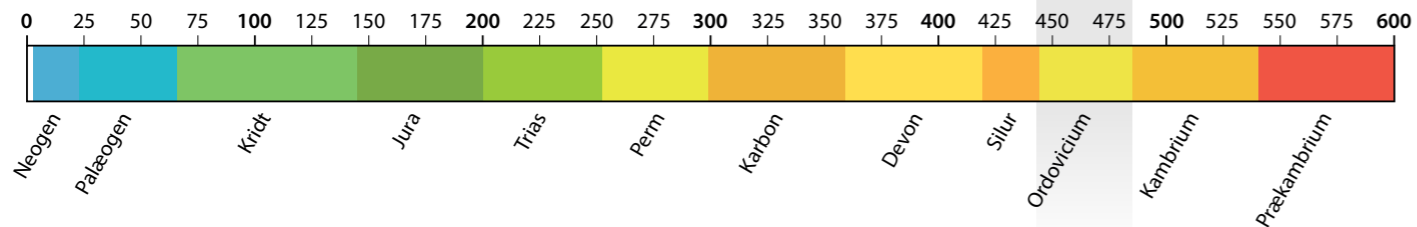
Grafik: GEUS



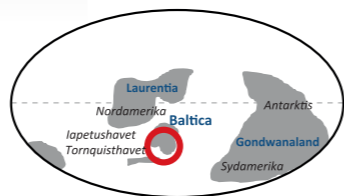
Sandsten fra tidlig Kambrium. Mange sandsten indeholder spor efter det dyreliv, der levede i det kambriske hav. Foto viser sandsten med lodrette grave gange lavet af orm lignende dyr, der levede på lavt vand i havet. Denne type sporfossil kaldes Skolithos. Foto: Sven Madsen.



Sort kalk, dannet ved udfældning af kalk i leret under den kambriske havbund, er mere robust overfor forvitring end skifer og ses derfor jævnligt som strandsten. De kan indeholde et væld af fossile dyr, som levede på bunden af datidens hav. Foto viser skeletdele af såkaldte trilobitter i flere forskellige størrelser. Foto: Jacob Schomann



Ordovicium – Det høje globale havniveau



485-444 MILLIONER ÅR

I løbet af Ordovicium drev Baltica, den jordplade det danske område ligger på, langsomt mod nord, det vil sige mod Ækvator, og sidst i perioden lå Baltica i subtropene.

Den globale havniveau-stigning, der begyndte i Kambrium, fortsatte ind i Ordovicium og kulminerede for ca. 450 millioner år siden. På det tidspunkt var det globale havniveau ca. 300 m højere end i nutiden, og det danske område var dækket af et meget dybt hav. Det høje havniveau skyldtes et relativt mindre volumen i verdenshavene som følge af talrige undersøiske bjergrygge. Manglende is ved polerne, som følge af det globale varme klima, bidrog også til det høje havniveau.

Som et resultat heraf var hele Skandinavien dækket af et forholdsvis dybt hav, og kysten lå langt inde i Rusland-Ukraine. I det danske område, fjernt fra kysten, nåede kun det fineste ler ud, og sedimentaflejringen gik meget langsomt, kun ca. 2 mm per 1000 år. Dette ler er sidenhen trykket sammen til skifer. I den lavere del af havet, som dækkede Sverige og de østbaltiske lande, afsattes samtidigt kalksten.

Lag fra Ordovicium, primært skifer men også grå kalksten, kan ses på Sydbornholm. I det øvrige Danmark er de dybt begravet under yngre lag. Jævndrende grå, grønlig og brunrøde kalksten, der er transporteret med gletsjere fra i Sverige og Østersøområdet, ses tit blandt stenene på danske strande.



Lag fra Ordovicium på Bornholm, som kan ses i skrænter langs Læsåen syd for Åkirkeby er berømte blandt geologer. De domineres af mørke skifer aflejret på dybt vand i havet. I skiferlagene ses af og til bløde lerlag, som udgøres af omdannet vulkansk aske, såkaldt bentonit. Vulkanerne lå dog et godt stykke fra det danske område. Foto: Peter Warnemoors, GEUS.



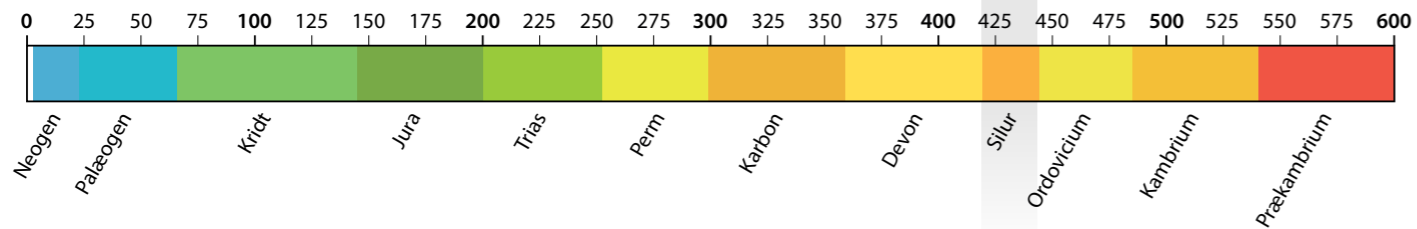
Palæogeografisk rekonstruktion af det danske område i Ordovicium for ca. 460 millioner år siden. Som følge af det meget høje globale havniveau var hele Skandinavien dækket af et forholdsvis dybt hav. Grafik: GEUS



På lavere vand i det ordoviciske hav blev aflejret kalksten, der kendes fra klipper mange steder i Sverige og Estland. Disse kalksten indeholder fossiler, og særligt typisk er de kamrede aflange skaller af blæksprutter, såkaldte orthoceratitter. Foto: Allan Teddie Larsen.



Trilobit fra Ordovicium. Foto: Allan Teddie Larsen



Silur – Bjerge i syd og havet fyldes op



444-419 MILLIONER ÅR

I Silur lå det danske område omkring Ækvator. Gennem perioden var det meste af området stadig havdækket, hvilket afspejler, at det globale havniveau var meget højt på grund af den stadig intense pladetektoniske aktivitet, der var begyndt i Kambrium.

Udover at forårsage et højt havniveau, så havde jordpladernes bevægelser også andre store konsekvenser for det danske område. Et fortidigt ocean, lapetushavet, mellem Baltica (vores jordplade) og Nordamerika lukkedes og i sammenstødszonen dannedes den norsk-svenske bjergkæde, kaldet Kaledoniderne.

Et mikro-kontinent, Avalonia, der oprindeligt havde været en del af det store Gondwana-kontinent, drev også nordpå. Avalonia indhentede til sidst Baltica – sammenstødet kulminerede i Silur. I sammenstødszonen dannedes en mindre bjergkæde, der havde udløbere ind i det sydligste Danmark (Sønderjylland-Lolland-Falster). Her består den dybe undergrund faktisk af omdannede havaflejringer, der oprindeligt blev afsat i havet mellem Afrika og Sydamerika, og som siden blev foldet og skubbet ind over sydkanten af Baltica i forbindelse med sammenstødet med mikrokontinentet Avalonia.

Erosion af de opfoldede bjerge mod syd og vest tilførte store mængder sediment til havet i det danske område. Lagene fra Silur tid er derfor kilometer-tykkede, men i Danmark finder vi blotninger af dem på Bornholm. De udgøres primært af skifre og finkornet sandsten. Samtidigt blev der afsat koralkalk i det varme tropiske hav, der dækkede de sydlige og østlige dele af Norge og Sverige væk fra bjergkæderne. Til allersidst i Silur og ind i Devon blev havet i det danske område fyldt helt op med sedimenter.

Grå-grønlig kalksten, ofte rig på fossiler, der stammer fra de tropiske koralrev i Norge-Sverige og Østersøområdet og er transporteret til det danske område af istidens gletsjere, kan tit findes på de danske strande.



Lag fra Silur kan ses på Sydbornholm, hvor de nedre 170 m af den oprindeligt ca. 3 km tykke lagpakke er bevaret og blottet langs et par åer. Her ses den silure Cyrtograptusskifer.
Foto: Finn Hansen (www.367ture.dk).



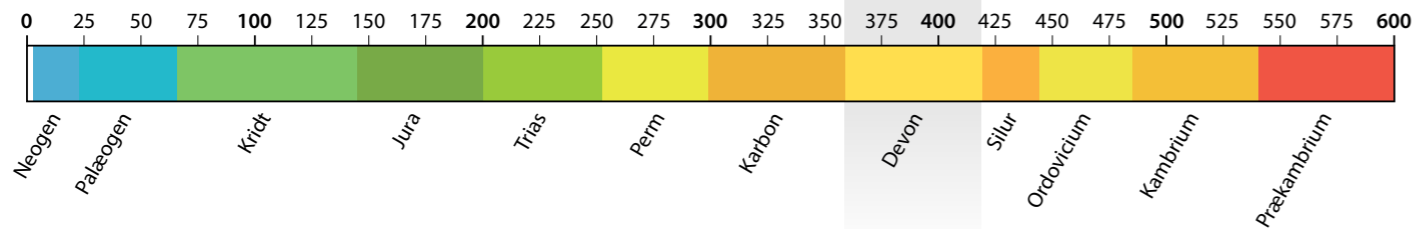
Palæogeografisk rekonstruktion af Danmark i Silur for ca. 430 millioner år siden. Pladesammenstød resulterede i en høj bjergkæde mod vest og en lavere mod syd, der havde udløbere ind i det sydlige Danmark. Det danske område var hovedsagligt havdækket, men fra slutningen af Silur og ind i tidlig Devon blev dette hav fyldt op med sediment fra nedbrydningen af de nye bjergkæder. Grafik: GEUS



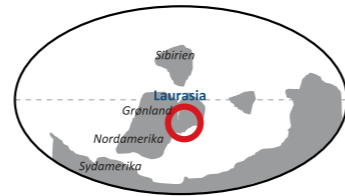
Fossilrige kalksten aflejret på lavere vand i det varme tropiske silure hav. Kalkstenen kan tit findes som istransporterede blokke på danske strande. På foto ses fossile skaller af såkaldte brachiopoder (der ligner muslinger) samt et hoved af en trilobit. Blokken stammer sandsynligvis fra Østersøområdet omkring Gotland.
Foto: Torben Ortvig Madsen.



På dybere vand i det silure hav var bundlevende dyreliv relativt sparsomt (iltniveauet var lavt). I lag afsat på dybere vand i havet kan i stedet findes fossiler af de dyr, som levede oppe i vandmasserne, og her er særligt graptolitter almindelige. Foto: Jacob Schomann



Devon - Danmark bliver land



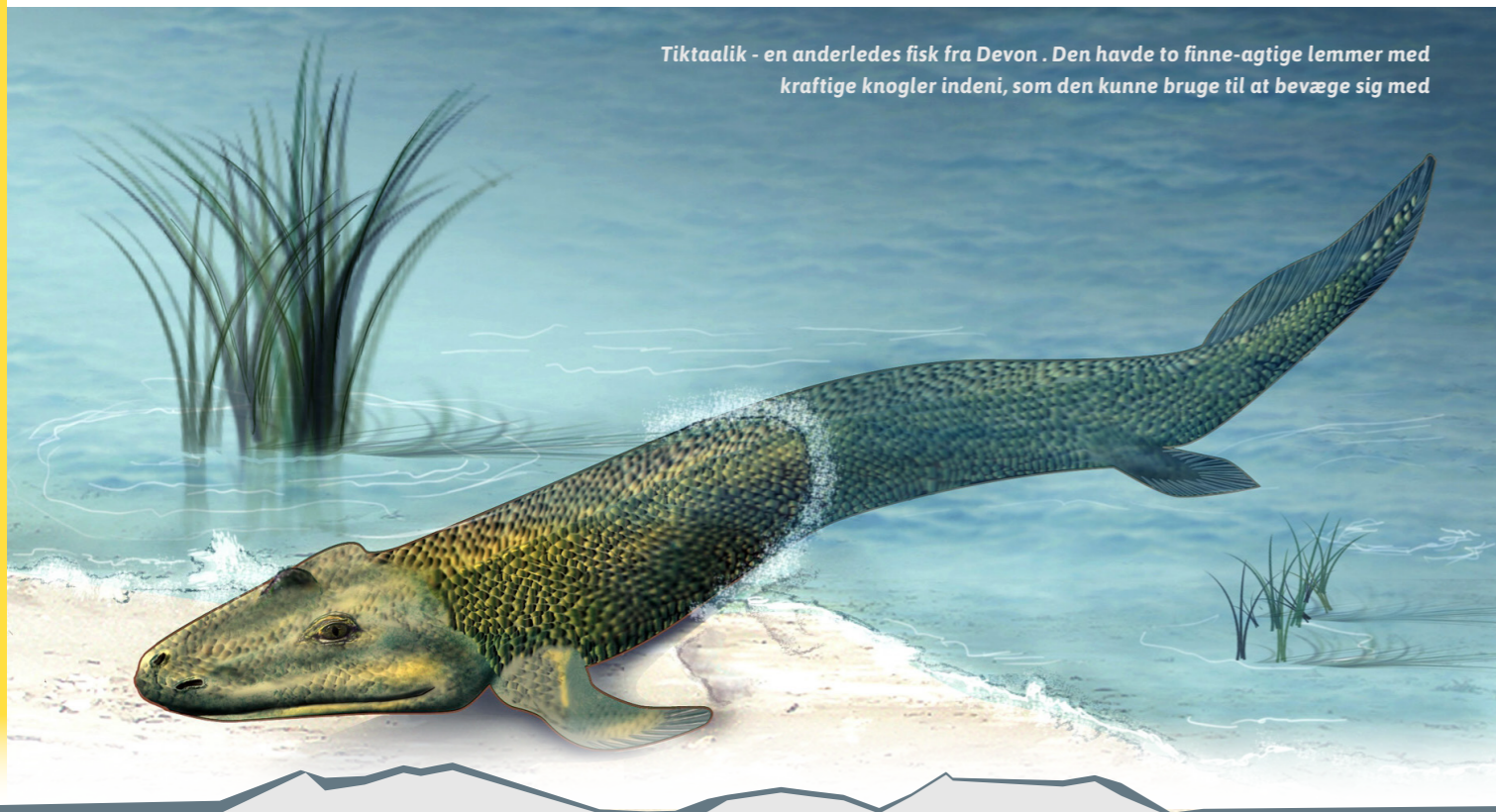
419-359 MILLIONER ÅR

I Devon var Baltica, med det danske område, blevet en del af en større kontinentmasse, Laurasia (som nogen forskere kalder Laurussia). Dette var sket som følge af pladesammenstødene under Silur.

De nyligt opfoldede bjerge mod vest og syd, dannet i Silur, blev udsat for erosion og i tidlig Devon blev havet, der ellers havde dækket det danske område siden Kambrium, fyldt helt op med sedimenter.

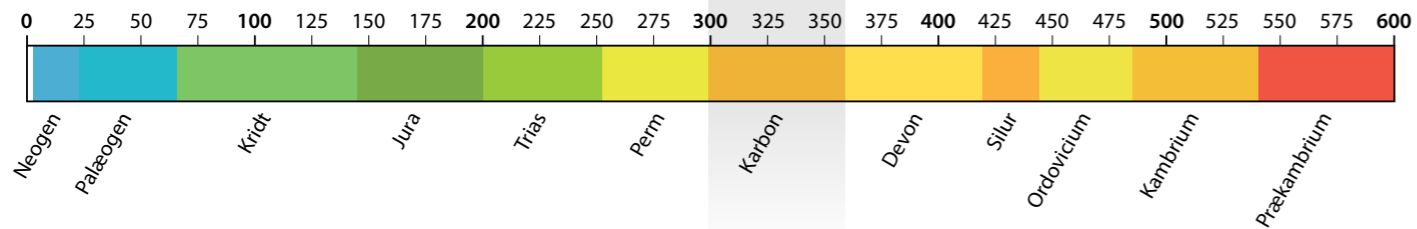
Der kendes ikke lag fra Devontiden i Danmark, men de er med stor sandsynlighed til stede i den dybe undergrund, i hvert fald under Falster og måske også den centrale Nordsø. Sandsynligvis blev dele af Danmark dækket af rødfarvede grove lag af konglomerater og sandsten, afsat i floder, hvor materialet stammede fra nedbrydningen af de nye bjergkæder mod vest og syd. Globalt set er Devon en meget vigtig tidsperiode i Jordklodens udvikling. Livet på planeten havde indtil da været begrænset til havet. Men nu udviklede planter og træer sig hastigt og jorden blev grøn. Iltniveauet i atmosfæren – dannet af planters fotosyntese – nåede nutidens værdier. Det øgede iltniveau fik både insekter og "firbenede fisk" til at gå land. Der findes ikke lag fra Devon på Bornholm og i nærområdet skal man helt til Østbaltikum for at finde bevarede lag fra denne tidsperiode. Det er derfor generelt ikke muligt at finde istransporterede sten fra Devon på stranden.

Tiktaalik - en anderledes fisk fra Devon. Den havde to finne-agtige lemmer med kraftige knogler indeni, som den kunne bruge til at bevæge sig med



Palæogeografisk rekonstruktion af Danmark i Devon for ca. 400 millioner år siden. Man kender ikke til devone lag i Danmark, men lag dannet i floder og floddeltaer er kendt fra de baltiske lande og her kan man ikke udelukke, at sedimenterne stammer fra bjergene i Norge. Derfor har det danske område sandsynligvis været domineret af flodsletter.

Grafik: GEUS



Karbon – Jordskælv og regnskov

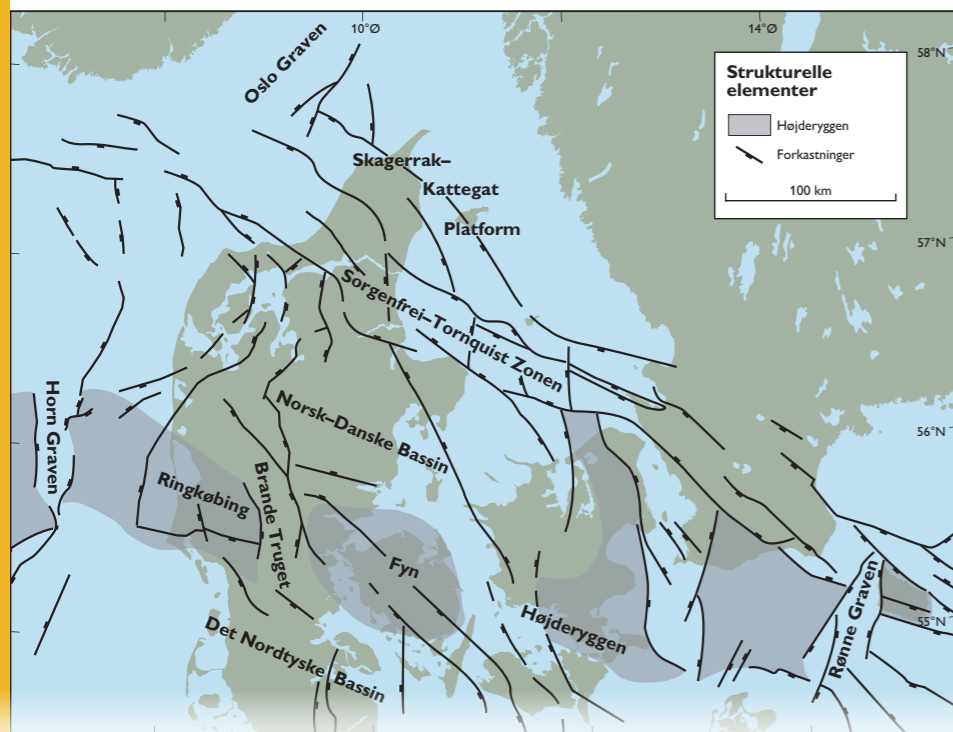


359-299 MILLIONER ÅR

I løbet af Karbon kolliderede kontinentet Laurasia, som det danske område nu var blevet en del af, med det endnu større Gondwana-kontinent. I sammenstødszonen, beliggende syd for det danske område (for eksempel Harzen i det sydlige Tyskland) dannedes en ny bjergkæde og et nyt superkontinent, Pangæa, opstod. Det danske område lå på det tidspunkt lidt nord for Ækvator.

Superkontinentet "knagede i fugerne", og der opstod brudzoner mange steder – der var givetvis mange jordskælv i det danske område i perioder. Til sidst i Karbon var der også vulkanisme i forbindelse med en begyndende opsplitting af Pangæa, i en zone der løb fra Oslo området og videre ned gennem den nuværende nordsø område vest for Jylland (Horn Graven, se figur). Hvis denne opsplitting var fortsat ville der være dannet et Atlanterhav i stedet for Nordsøen – men før det skete stoppede uroen i undergrunden.

Kun få steder i det danske område når borerer ned i lag fra Karbon, og kun de overordnede linjer i den geologiske udvikling kendes. I floder og tilknyttede sumpe afsattes sandede, kulførende lag, der kendes fra 5 km dybe borerer i Nordsøen. Rødlig sandsten uden kul kendes fra Kattegat og Nordjylland, og rødlig kalk, afsat i havet, er kendt fra en enkelt boring på Falster.



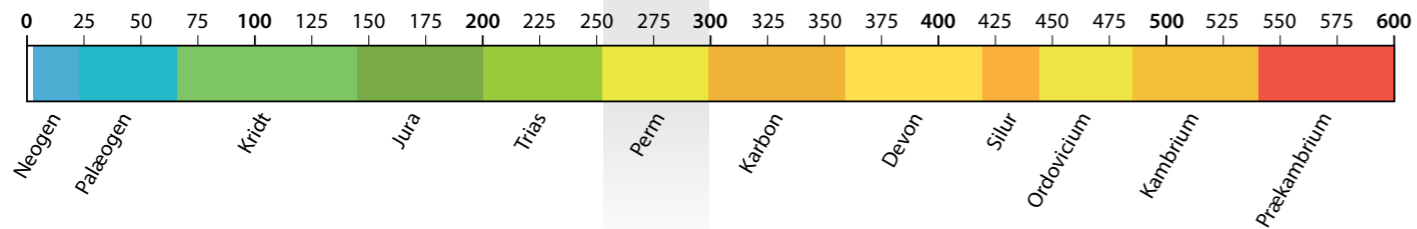
Kort over forkastninger dannet i Karbon. Den kraftige jordskælvsaktivitet i slutningen af Karbon resulterede i, at det danske område blev splittet op i en mosaik af højderygge og grave. Disse strukturelle elementer har siden haft stor betydning for udviklingen af lagene i undergrunden. Lagene er tykke i det Norsk-Danske Bassin og tyndest hen over Ringkøbing-Fyn Højderyggen. Sverige har til gengæld i meget lange perioder været land. En langt senere markant landhævning omkring brudzonen resulterede i at bl.a. den Bornholmske højderyg og Kullen i dag er blotlagt og viser os de dybtliggende bjergarter. For overblikkets skyld viser figuren beliggenheden af den nuværende kystlinje. Grafik: GEUS



Palæogeografisk rekonstruktion af Danmark i Karbon for 350 millioner år siden. Det danske område lå lidt nord for Ækvator og selv om der ikke er bevaret ret meget Karbon i den danske lagserie, så kan vi ud fra talrige fund af plante fossiler (sporer og pollen), regne ud at Skandinavien var dækket af regnskov. Med en tæt regnskov henover Danmark, må det også forventes at der i perioder har været store skovbrande, hvilket bekræftes af fund af fossilt trækul. Man har fundet havaflejringer i den sydøstlige del af landet, så her har der på et tidspunkt været hav. Grafik: GEUS



Stenkul fra Karbon. Foto: James St. John, Pixabay.com



Perm - Vulkanisme og en syndflod

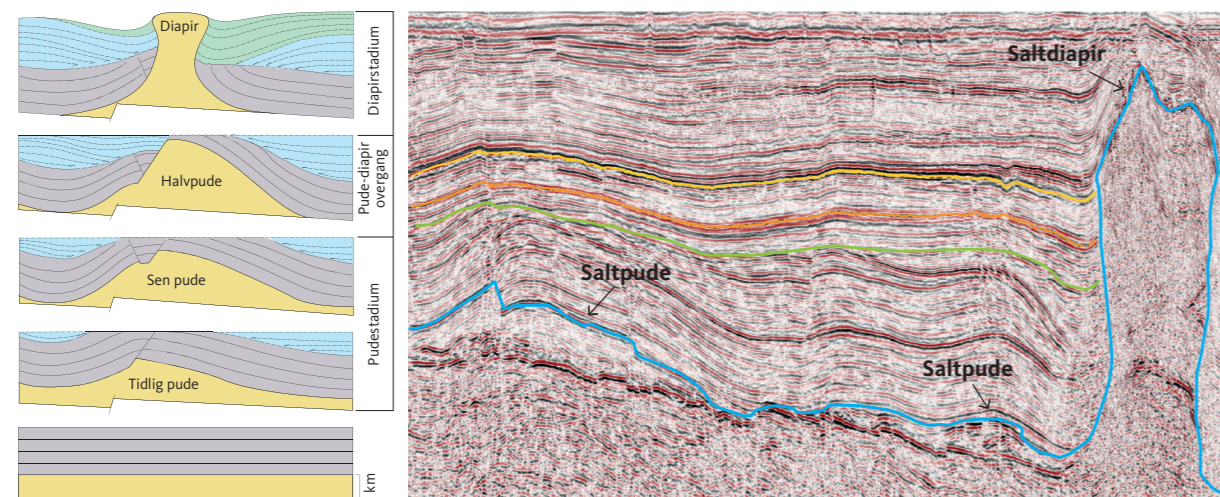


299-252 MILLIONER ÅR

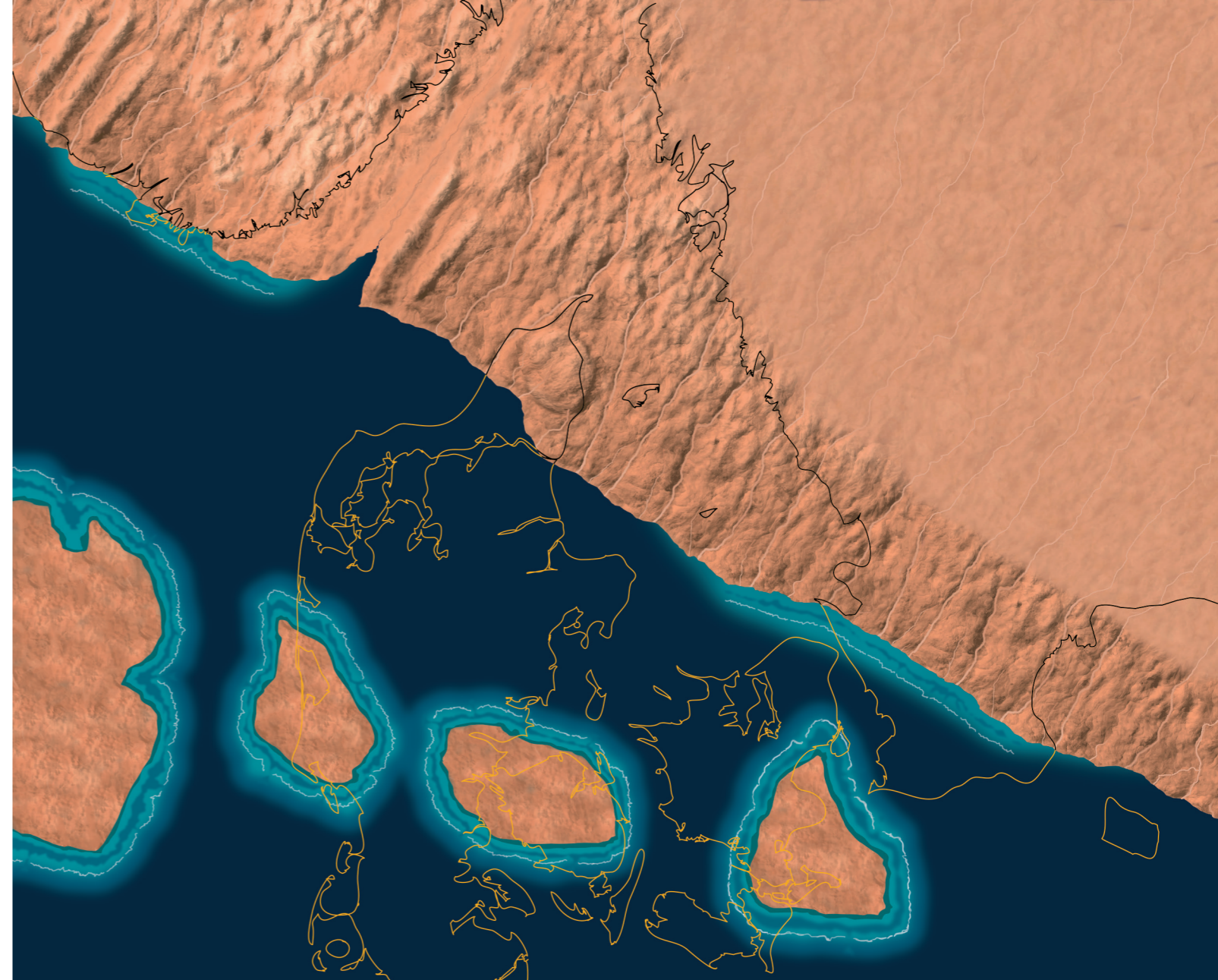
I Perm lå det danske område på ca. 15°N, hvilket svarer til den breddegrad nutidens Sahara ligger på, og udgjorde en lille del af det kæmpestore superkontinent Pangæa.

Uroen i undergrunden med jordskælv og vulkanisme, der var startet i slutningen af Karbon, fortsatte ind i tidlig Perm. Der var eksempelvis intense jordskælv og vulkanisme i en brudzone i undergrunden, der strækker sig fra Bornholm henover Skåne til Nordjylland (Sorgenfrei-Tornquist Zonen (se kort over forkastninger under Karbon)). I løbet af Perm klingede uroen dog af, undergrunden afkøledes og sank ind, og meget af Nordeuropa kom derfor til at ligge langt under havniveau. Men fordi området var en del af Pangæa, var der ikke forbindelse til havet. I stedet dannedes en ørken med høje sandklitter i store dele af det danske område.

Hen imod slutningen af Perm opstod der imidlertid forbindelse til verdenshavene via et stræde mellem Shetland og Norge – og vandet fossede ind i den lavtliggende ørken. Man mener, at havet steg 20-30 cm om dagen i nogle år – en kæmpe syndflod! Pludseligt stod de 50 m høje ørkenklitter på bunden af et hav! Kun det højtliggende grundfjeld i Ringkøbing-Fyn Højderyggen (se kort over forkastninger under Karbon) stak op som øer i dette hav. Fordampningen var høj i det varme klima og efterhånden blev havet salt, og der blev udfældet salt på havbunden. Det fordampede vand erstattedes hele tiden af nyt vand via strædet mellem Shetland og Norge, og saltlagene blev derfor meget tykke, helt op til ca. 1 km.



Salt har en lav vægtfylde og kan ikke trykkes sammen. I forbindelse med at saltlagene efter Perm blev dækket af yngre lag, bestående af tungere materiale (normal "stenvægt" er ca. 2,6 g/cm³ mens salt har vægtfylden 2,2 g/cm³), bliver saltet sejt flydende og søger langsomt opad, ligesom olie flyder ovenpå vand. Først dannes store buler i undergrunden, men efterhånden kan saltet gennembryde de overlejrende lag og danne såkaldte saltdiapirer/"salthorste". Grafik: GEUS.



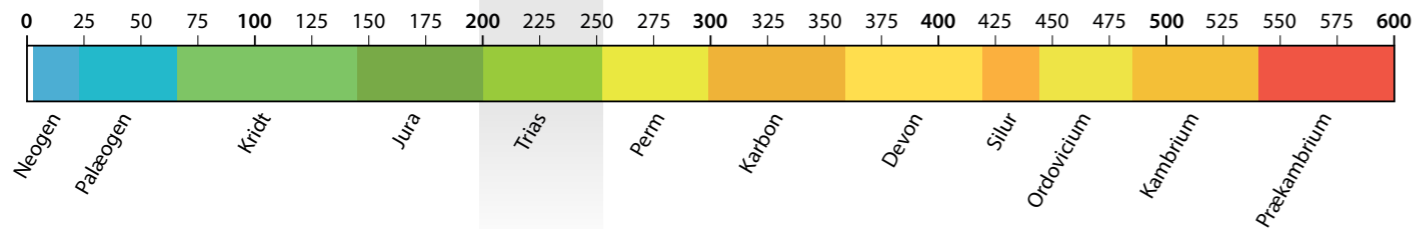
Palæogeografisk rekonstruktion af Danmark i sen Perm for ca. 300 millioner år siden. Henover Ringkøbing Fyn Højderyggen lå der flere landområder. På grund af et varmt og tørt klima fordampede havvandet, og der blev dannet tykke lag af salt på havbunden. Grafik: GEUS.



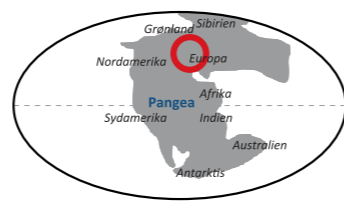
Borekerne af salt, bredden er 12 cm. Dansk salt i supermarkedet er fra Perm, udvundet fra en saltdiapir ved Mariager Fjord. Salt anvendes til vejsalt og i elektrolyseindustrien. Derudover har saltlagene en stor betydning for dannelsen af strukturer i undergrunden, hvor der kan lagres CO₂, hvis der er sandlag tilstede. Foto: GEUS.



Brudzoner og mindre gravsænkninger præger hele det danske område i Perm. Rhombeporfyr er dannet som lava i forbindelse med Oslogravens udvikling og siden ført fra Norge til Danmark af istidens gletsjere. Samme type bjergart kendes også fra Østafrika og er kendetegnende for store sprækkesystemer i kontinenter, der er ved at splitte op. Foto: Svend Madsen.



Trias - Ørkenagtig flodslætte



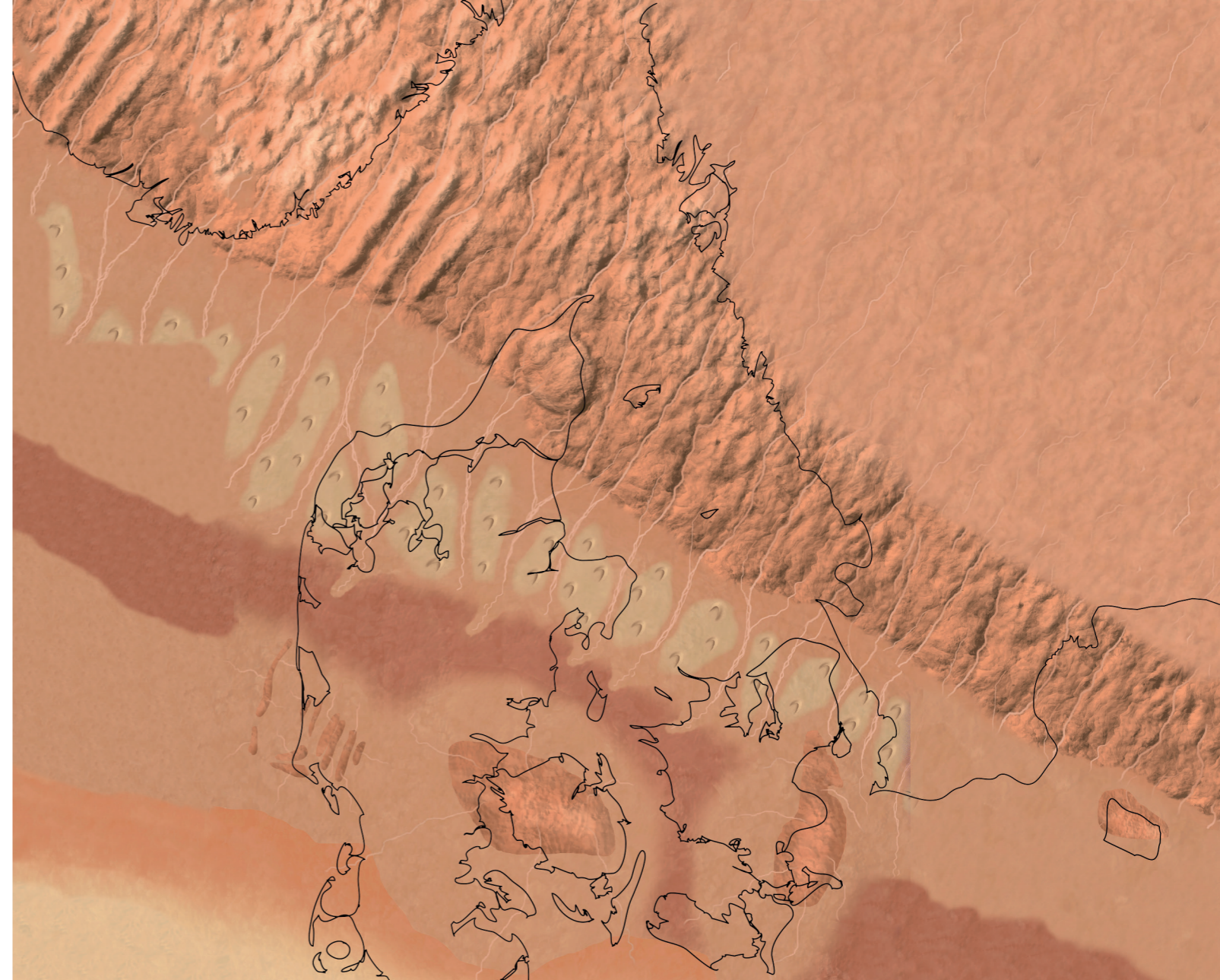
252-201 MILLIONER ÅR

I den geologiske tidsperiode Trias lå det danske område på ca. 35 nordlig bredde, som en del af det kæmpestore superkontinent Pangæa. Beliggenheden svarer omtrent til nutidens nordlige Afrika, og området var da også præget af ørkenlignende forhold.

Store mængder af sand, grus og ler blev transporteret af floder fra Norge og Sverige hen over det danske område. Floderne opstod når det regnede og tørrede derefter ud igen. I tørre perioder blev sand og finere støv omlejret af vinden og store klit formationer blev dannet. Lokalt dannedes der saltsøer, bl.a. i det nordlige Jylland, hvor ret tykke lag af stensalt blev aflejret. Af og til skyllede havet ind over det sydligste Danmark. Mod slutningen af Trias blev klimaet mere vådt og samtidig steg havet og overskyldede det meste af det danske område. Her aflejredes sand- og ler i et kystnært miljø. Disse lag kan ses på Sydbornholm, men findes stort set overalt i den dybe danske undergrund.



Rødt sand dannet i en ørken. I dette tilfælde fra Helgoland, hvor en "salthorst" har skubbet lagene til overfladen (se Perm). Overvejende røde lag afsat af floder nær kysten kan også ses på Sydbornholm. Lag som disse kan udgøre reservoir for varmt vand til geotermisk energi eller anvendes som lagre for CO₂ i undergrunden. Foto: Thomas Funck.

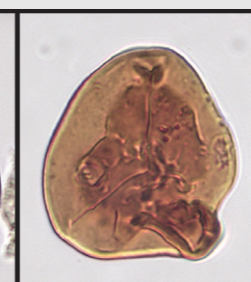


Palæogeografisk rekonstruktion af Danmark i Trias for ca. 230 millioner år siden. I lange perioder af Trias var Danmark en ørken og domineret af klitsedimenter. Tykke flodaflejringer vidner dog om kraftig regn indimellem. Grafik: GEUS.

NORMALT POLLEN

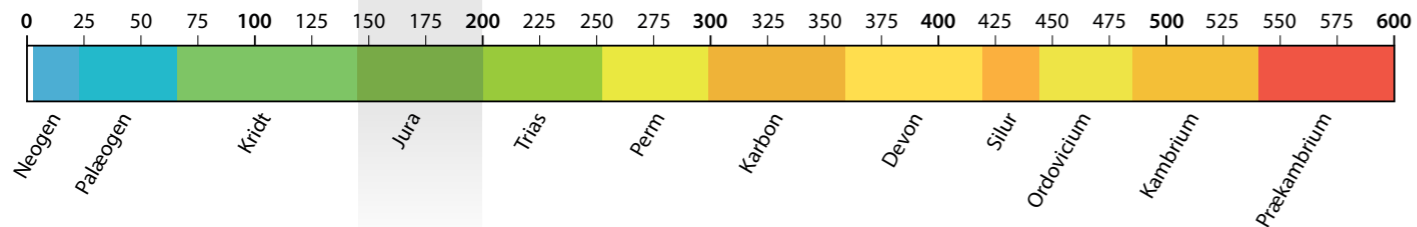


MUTERET POLLEN

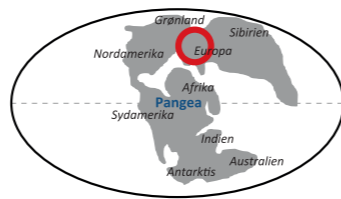


Pollen fra den vegetation, der voksede i Trias. Bemærk, at pollenkorntet til højre ser lidt misdannet ud. Dette skyldes, at kornet har været udsat for kviksølv forgiftning i forbindelse med kraftig vulkanisme i forbindelse med begyndende opsplitning af superkontinentet Pangæa. Denne vulkanisme resulterede i en masseuddøen på Trias-Jura grænsen. Vulkanismen var lokaliseret i det område, der senere blev til central Atlanten. Foto: Sofie Lindström

Efter en gigantisk masseuddøen i seneste Perm for ca. 252 millioner år siden (96% af alle dyr uddøde) kom livet til hæfterne igen i Trias. Her opstod dinosaurer, pattedyr, skildpadder, krokodiller m.fl. Der er fundet dinosaurfodspor af sen Trias alder i Skåne, så dinosaurer har med stor sandsynlighed gået rundt i det danske område, vi kender dog ingen fossiler af dem. Foto: Mikael Erlström



Jura - Floder og kystsletter



201-145 MILLIONER ÅR

I starten af Jura lå Danmark på ca. 40° nordlig breddegrad. I denne periode begyndte superkontinentet Pangæa at splitte op, og det globale havniveau steg. Havspejlsstigningen medførte, at store dele af det danske område blev dækket af havet. I dette hav aflejredes sand- og lersten. Langs kysterne blev der afsat flodslette- og kystaflejringer, som består af vekslende lag af ler og sand. De lag, der blev dannet i kystzonen, bærer spor af tidevand og storme. Fodspor af dinosaurer kendes fra Bornholm.

I midt Jura skete en hævnning af undergrunden. Centret for denne hævnning lå i ude i Nordsøen, men opløftet strakte sig også ind over Danmark. Hævningen resulterede i at tidligere aflejrede lag, som blev fritlagt i overfladen, blev udsat for kraftig erosion. Tilgængelig blev der lokalt aflejret sedimenter i nydannede gravsænkninger langs brudzoner i undergrunden.

Både i Nordsøen og Skåne var der intens vulkanisme som følge af brudaktiviteten. Det kunne have medført en opsplittning af vores plade, men processen stoppede og undergrunden afkøledes. Afkølingen fik lagene til at synke sammen, hvilket medførte fornyet indsynkning i bassinerne i Sen Jura, hvorfor havet på ny trængte ind over det vestlige Danmark, mens det østlige Danmark var præget af sand afsat i floder og langs kysten. Havalger, der blev aflejret i dybet af gravsænkninger i den sene del af Jura, blev senere, grundet tyngden fra de tykke ovenliggende lag, varmet op og omdannet til olie. Sandsten fra Jura har potentiale som lager for CO₂ og som reservoir for varmt vand til geotermisk energi.

Sandlag med tynde indslag af ler (sorte lag) dannet af strømmende vand nær kysten i Jura tid (Galgeløkken, Bornholm). Lerlagene ligger flere steder i par (dobbeltag). Det viser, at de er dannet i et tidevandsmiljø. Foto: GEUS.



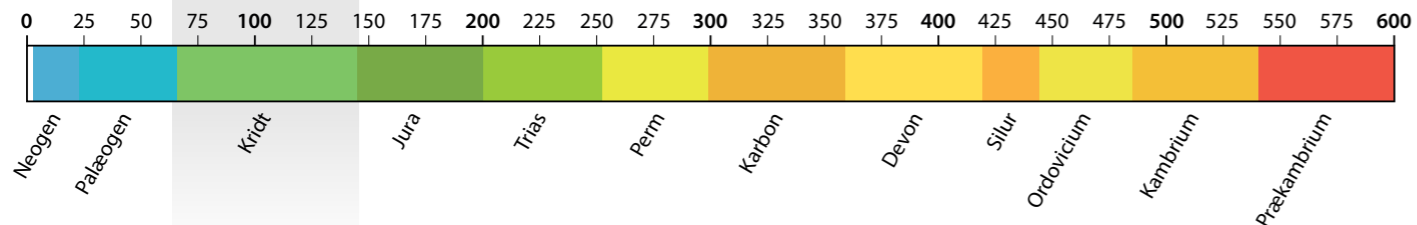
Palæogeografisk rekonstruktion af det danske område i Jura for ca. 200 millioner år siden. Det fugtige, varme klima bed sig fast og kom til at dominere helt frem til i dag. Floddeltaer førte sand og ler fra Skandinavien ned til Danmark. Grafik: GEUS



Fodspor af en lille rovdinosaur, der gik rundt på i det område, der i dag dækker Bornholm, afsat for ca. 190 millioner år siden. Foto: Jesper Milan.



Skånsk basalt dannet i Jura, der vidner om vulkansk aktivitet i denne periode. Der findes ca. 80 små kraterrør i Skåne. Denne stentype kan findes som løse blokke på danske strande. Foto: Svend Madsen.



Kridt - Det turkisblå hav med kalk-algeslam



145-66 MILLIONER ÅR

I Kridttiden fortsatte opsplittningen af superkontinentet Pangæa, hvor blandt andet Sydatlanten begyndte at blive åbnet. På grund af de høje pladespredningsrater steg det globale havniveau. I starten af Kridttiden strakte kysten sig fra Nordjylland til Bornholm, og dele af det sydlige Danmark var også landområde. Specielt på Bornholm aflejredes strand- og lagunesedimenter, men efterhånden blev landområderne oversvømmet, og i havet blev der aflejret lersten og efterhånden mergel (kalkholdigt ler).

I Sen Kridt forekom en af de største globale havspejlsstigninger, man kender til, og store dele af Skandinavien blev oversvømmet. Samtidig var landskabet meget nedslidt, hvorfor sedimenttilførselen til havet var uhyre lav. Vulkanismen, der fandt sted i forbindelse med havbundsspredningen, havde afgasset store mængder kuldioxid til atmosfæren. Den højere drivhuseffekt betød at klimaet blev varmere. I havet, der dækkede det danske område, dannedes tykke kalklag (lokalt > 2 km). Kalklagene består hovedsageligt af små kalkskallede alger (coccolitter), så havbunden har været en blød slam af kalk, hvori rester af den fauna, der levede i vandsøjlen og på havbunden er bevaret som fossiler. På stranden overalt i Danmark findes forstenede søpindsvin og "vættelys", der er den forstenede indre kalkpig fra tiarmede blæksprutter. I skrivekridtet findes dog talrige andre typer fossiler.

En af de almindeligste stentyper på danske strande er flint, der stammer fra både kridtet og den overliggende kalk (se Palæogen). Flint består af SiO₂ og er såkaldte konkretioner, der blev afsat fra gennemsvendende vand nede i havbunden ved udfældning omkring gravegange og døde organismer. Huller i flinten og mærkelige aflange former er ofte "arvet" fra disse gravegange, der blev lavet af krebsdyr (spøgelsesrejer) lige under datidens havbund.



Et parti af Møns Klint. De hvide kridtlag består af milliarder af alger (coccoliter). Klinten udgøres af store kridtflager, der er skubbet op af indlandsisen. Kalklag kan også ses ved tevns Klint, samt i mange råstofgrave, eksempelvis Rørdal i Aalborg. Foto: Ioannis Abatsis.



Palæogeografisk rekonstruktion af det danske område i S en Kridt for ca. 80 millioner år siden. Hele Nordeuropa var dækket af åbent hav, dog med enkelte øer i kystzonen. Vegetationen på land havde ligheder med den, man i dag finder på Ny Kaledonien i det sydvestlige Stillehav. Grafik: GEUS.



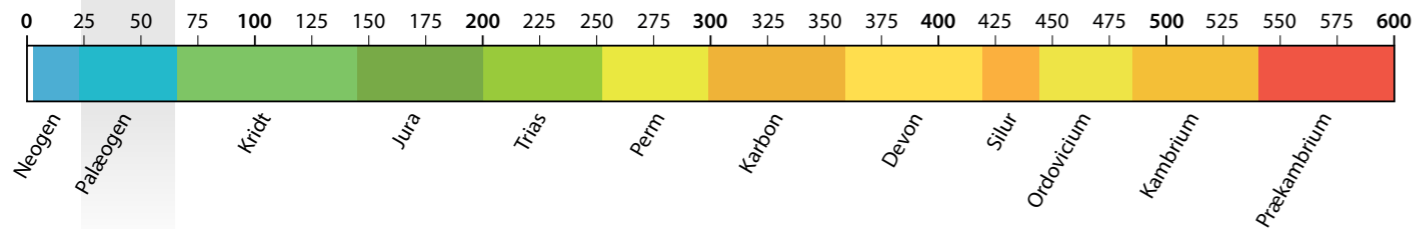
Søpindsvin fra kridtlagene. Bemærk de store pigge, der er udviklet som "snesko", så de ikke sank ned i kalkslammet. Foto: Jesper Milan.



Tand fra en mosasaur. Denne art kunne blive op til 15 meter lang. Mosasaurer var altædende rovdyr tæt beslægtet med slanger og firben. Foto: Jesper Milan



Forstenet søpindsvin dannet af flint. Foto: Pernille Borup Mortensen.



Palæogen

- Det store hav



66-23 MILLIONER ÅR

I løbet af Palæogen begyndte kontinentfordelingen så småt at ligne den nuværende, hvilket skyldes omfattende oceanbundsdannelse, bl.a. i dele af Atlanterhavet.

Aflejringen af kalk, som prægede Yngre Kridttid, fortsatte de første 4 millioner år af Palæogen. Kalksedi-menterne bestod i denne periode (som også kaldes for Danien) af koral- og bryozobanker ("mosdyr") dannet på lavere vanddybde end Kridttidens skrivekridt. Bryozobanker kan ses i Stevns Klint, Sangstrup Klint og Bulbjerg, og koralkalk graves i Faxe kalkbrud. Særligt koralkalken indeholder en rig fossil fauna, der vidner om et rigt dyreliv i datidens hav.

På grund af store jordskorpe bevægelser og vulkansk aktivitet i det nordatlantiske område steg tilførslen af ler til Nordsøen kraftigt tidligt i Palæogen, hvilket satte en stopper for afsætningen af kalk. I stedet blev der afsat ler på dybt vand. Leret har ofte markante grønne og røde farver, hvilket skyldes jernforbindelser. En særlig variant er det såkaldte Moler, der blev afsat i Limfjordsområdet for ca. 55 millioner år siden. Det indeholder mange skaller af kiselalger, og er så let, at tørt Moler kan flyde på vand. Under aflejringen var der generelt ingen eller meget lidt ilt på havbunden, så Moleret indeholder et væld af fossiler (fisk, fugle, skildpadder, insekter, planter osv).

I forbindelse med åbningen af Nordatlanten regnede vulkansk aske ned over det danske område; der kendes op til 200 askelag, som er særligt tydelige i Moleret. Klimaet var stadig varmt tempereret, som følge af atmosfærens høje kuldioxidindhold fra vulkanismen og kortvarigt herskede endda subtropiske forhold. I den sidste del af Palæogen medførte en begyndende hævnning af de norske fjelde i kombination med et køligere, mere regnfuldt klima, at deltaer begyndte at bygge ud i havet fra nord, men de nåede ikke ned til det danske område. I slutningen af perioden blev klimaet igen varmt tempereret.



Mørkebrunt, grønt og rødt palæogent ler aflejret i et relativt dybt hav langt fra en kyst. Det meste af leret er omdannet vulkansk aske, der har sin oprindelse i Nordatlanten. Leret fra Palæogen graves flere steder i Jylland (Hinge, Limfjordsområdet) og bruges til fremstilling af blandt andet kattegrus og isolerings- og byggemateriale til huse og højovne. Foto: GEUS.



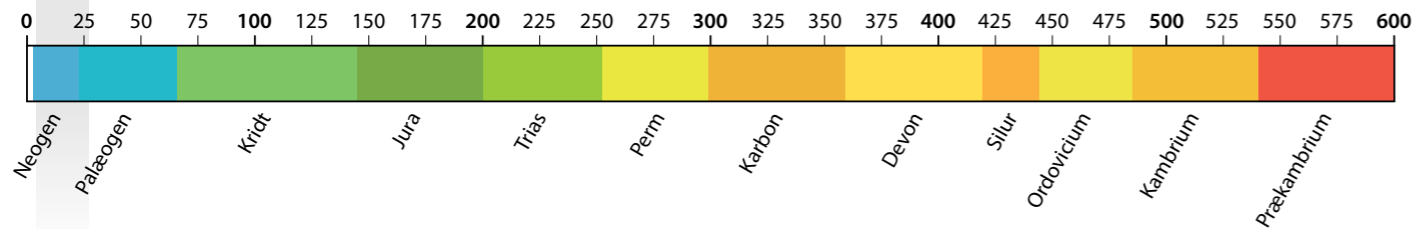
Palæogeografisk rekonstruktion af det danske område i Palæogen for ca. 50 millioner år siden. Hele Danmark og store dele af Norge og Sverige var dækket af havet og intet sediment herfra nåede det danske område. Grafik: GEUS



Skive Museum, Mors. Koralkalk fra Faxe. De enkelte grene er ca. 0,5 cm tykke. Foto: Jesper Milan.



Fossil fisk fra Moleret, en slægtning til smørfisk (10 cm lang). Foto: Skive Museum, Mors.



Neogen – De store deltaers tid



23-2,6 MILLIONER ÅR

Bevægelser i undergrunden forårsaget af store jordskælv for ca. 23 millioner år siden resulterede i en markant ændring af aflejningsmiljøet i det danske område. Bevægelserne havde forbindelse til havbunds-spredningen og åbningen af Nordatlanten.

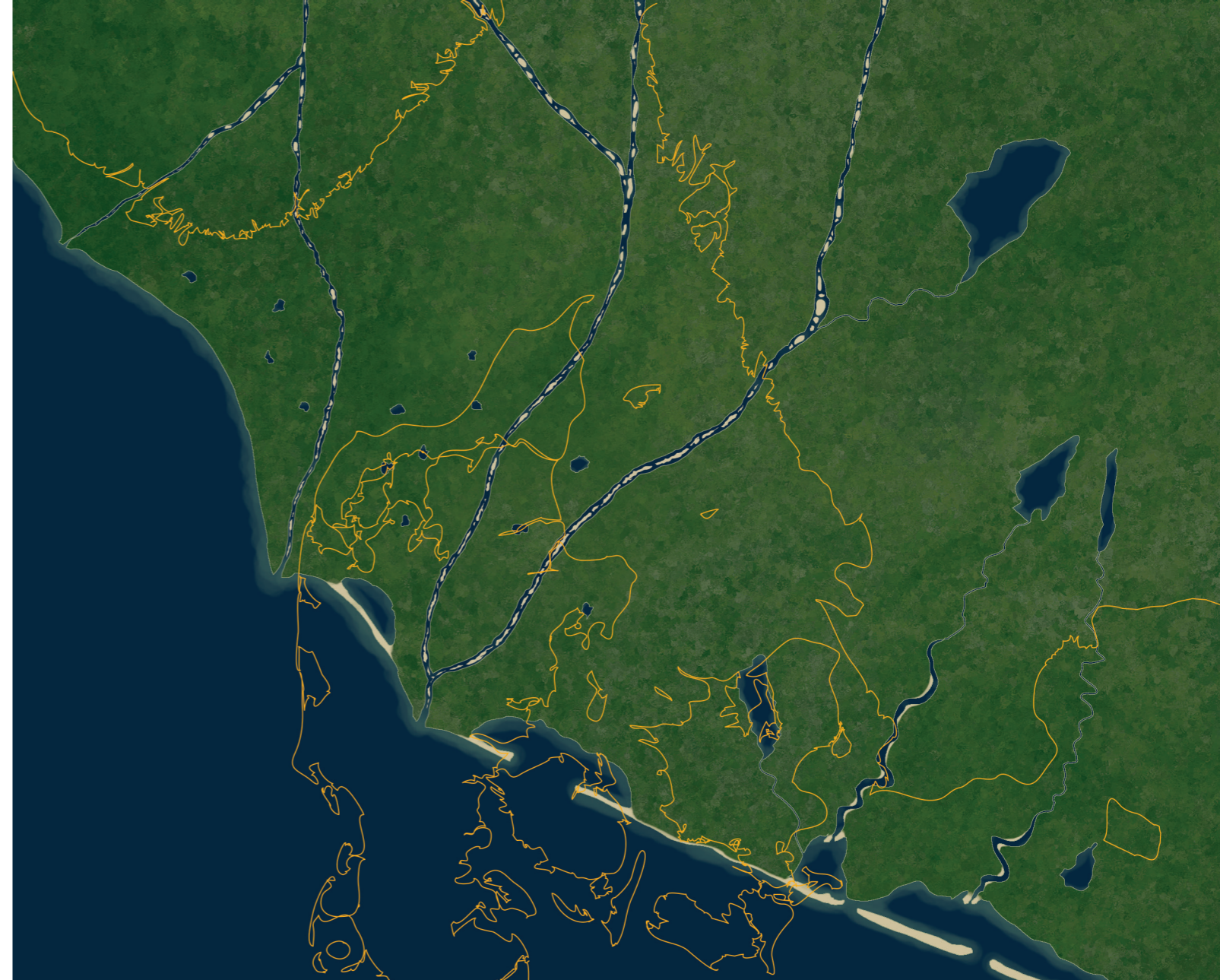
Bevægelserne i undergrunden resulterede i et opløft af de ellers helt nedslidte bjerge i Norge og Sverige. De nye bjerge blev udsat for erosion, hvilket gav en kraftig forøget tilførsel af grus, sand og ler, som via store floder blev transporteret ned mod Danmark. Nogle flodkanaler var over 25 m dybe og havde en vandføring højere end nutidens Donau flod. Disse floder dannede deltaer, hvor de udmundede i havet, og her aflejredes tykke lag af sand og grus. Disse lag ses i flere grusgrave i Jylland. Længere ude i havet blev der afsat ler; det kendes for eksempel fra lergraven i Gram.

For ca. 15 millioner år siden sank undergrunden ind, og havet trængte atter ind over det danske område. Samtidigt begyndte det globale klima at blive koldere, og iskapper dannedes i de polare egne. Havniveauet faldt derfor efterhånden, hvilket i samspil med tilførslen af grus og sand via floder fik kysten til at udbygges mod syd og vest hen over det danske område. Derfor blev de nordlige og østlige dele af Danmark atter land for omkring 7 millioner år siden.

Lag fra de sidste par millioner år af Neogen findes ikke i Danmark, men det skyldes efterfølgende erosion som følge af landhævning, der fjernede disse lag, bl.a. under sidste istid. Sandsten og flintkonglomerater fra Neogen er almindelige på stranden i den vestlige del af Limfjorden. Rustfarvede sandsten og konglomerater kan findes langs kysterne i Østjylland og fossilt træ er almindeligt i grusgrave syd for Silkeborg.



Sand og grus aflejret i et stort flodsystem i det centrale Jylland for ca. 20 millioner år siden (Tandskov grusgrav nord for Silkeborg). Udover at være vigtigt som byggemateriale inden for industri, konstruktion af huse og sportsanlæg, så kan de op til 50 m tykke sand- og gruslag indeholde 30% vand når de ligger i undergrunden – og er derfor vigtige grundvandsmagasiner. Foto: GEUS.



Palæogeografisk rekonstruktion af det danske område i Neogen for ca. 22 millioner år siden. Bemærk deltaet i Midtjylland med tilhørende odder og barriere øer i Østjylland og på Nordfyn. Danmark lå omtrent som i nutiden (ca.55°grader nordlig breddegrad), men klimaet var varmt tempereret som i nutidens Florida. Grafik: GEUS.



Megalodon tand fra Miocæn. Tanden er 12 cm. lang. Megalodon er formodentlig en af de største kødædende fisk, der har levet på jorden. Foto: Trine Sørensen.



Kraniet og kæbe fra en hval, der svømmede rundt i Nordsoen for 10 millioner år siden. Fundet i Gram lergrav. Kraniet er 138 cm langt. Foto: Martin Abrahamsson.

Anbefalet læsning

Larsen, G. & Sand Jensen, K. (Red) (2017)

Naturen i Danmark Bind 2. Geologien

Gyldendal, 552 pp. 3^{die} udgave

Lindow, B. & Krüger, J. (Red) (2011)

Geologiske naturperler danske brikker til Jordens puslespil

Gyldendal A/S København, 184 pp

Nielsen, A.T. (2010)

Danmarks geologiske udvikling fra 1.450 til 65 mio. år før nu

Geviden Geologi og Geografi 2010 nr. 2, 1 19

Heilmann Clausen, C. & Rasmussen, E.S. (2010)

Danmarks geologiske udvikling fra 65 til 2,6 mio. år før nu

Geviden Geologi og Geografi 2010 nr. 3, 1 19

Andersen, S. & Sjørring, S. (1997)

Geologisk Set Det nordlige Jylland

Geografforlaget, 210 pp

Gravesen, P. (1996)

Geologisk Set Bornholm

Geografforlaget, 210 pp

Gravesen, P., Jakobsen, P.R., Binderup, M. & Rasmussen, E.S. (2004)

Geologisk Set Det sydlige Jylland

Geografforlaget, 188 pp

Gravesen, P., Binderup, M. Houmark Nilsen, M. & Krüger, J. (2017)

Geologisk Set Sjælland og Øerne

Geografforlaget, 334 pp

Kronborg, C. & Larsen, G. (1994)

Geologisk Set Det mellemste Jylland

Geografforlaget, 272 pp

Larsen, G. (2002)

Geologisk Set Fyn og Øerne

Geografforlaget, 144 pp

Smed, P. 2016

Sten i det danske landskab

Højers Forlag, 271 sider.