

Helt fossilt!

Fra dinosaurene til oljealderen

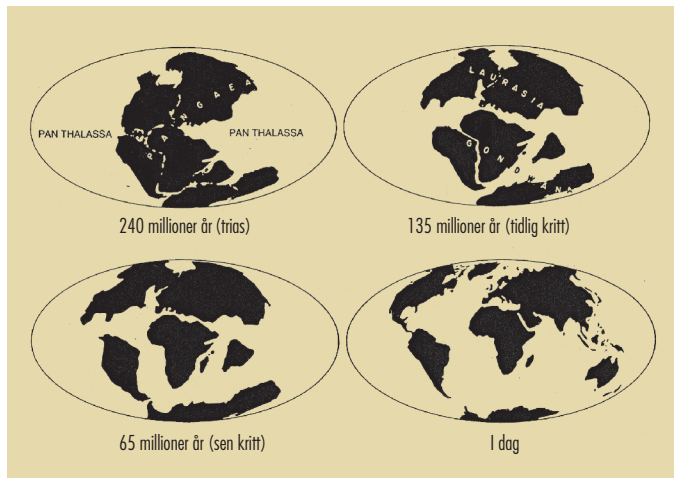


Vitenkapsmuseet

Mill. år	Jordhistoriens epoker
I dag-2	Kvartær
2-65	Tertiær
65-142	Kritt
142-206	Jura
206-248	Trias
248-295	Perm
295-354	Karbon
354-417	Devon
417-443	Silur
443-495	Ordovicium
495-545	Kambrium
545-4600	Prekambrium

Innhold

Masseutslettelse og evolusjon, <i>Alex Strømme</i>	3
Jordas mellomalder – krypdyras blomstringstid, <i>Dag Dolmen</i>	9
Er dagens fugler flygende dinosaurer? <i>Per Gustav Thingstad</i>	21
Fossile planter – døde og levende, <i>Dagmar Hagen</i>	27
Menneskets evolusjon, <i>Arne Moksnes</i>	34
Svalbard var tumleplass for dinosaurer, <i>Atle Mørk</i>	39
Fossiler i hverdagen, <i>Morten Smelror</i>	45
Litteratur	55
Forfattere og redaktør	59



Plasseringen av landmasser i midtre trias, tidlig og sen kritt og i dag. Etter Cloud (1978).

Masseutslettelse og evolusjon

ALEX STRØMME

Livet på jorda har utviklet seg gjennom milliarder av år, og utviklingen fortsetter den dag i dag. Det viser undersøkelser av blant annet fossile funn. Paleontologi er vitenskapen som studerer fortidens livsformer. Paleontologene har kunnskap om dyr og planters anatomi, systematikk og utviklingshistorie og har et nært samarbeid med andre biologer. De samarbeider også med geologer som kjenner jordas utvikling, og hvordan døde dyr og planter tar del i de geologiske prosessene på jorda.

Fossiler

Paleontologene er helt avhengige av å studere fossiler, som er rester av planter eller dyr som er blitt bevart i jord eller bergartslag. Når man finner et fossil, kan man vite (omtrent) hvor gammelt det er, hvis man kan bestemme alderen på jorda eller berggrunnen som fossilet er funnet i. Det finnes forskjellige typer fossiler. En type kan være organismer som har blitt "fanget" i for eksempel kvae eller is. De kan bli bevart meget godt gjennom mange tusen, faktisk millioner av år. Eksempler er insekter i rav eller mammuter som er frosset nede i tundraen. En annen form for fossiler er dyre- eller plantedeler som er blitt erstattet med bestandige mineraler. Dette kalles *forsteining*. Det er gjort en god del funn av forsteinede knokler og skall som nesten ser ut som de gjorde da dyrene eller plantene døde, men som har blitt til en "naturlig avstøpning" i stedet. Den vanligste formen for fossiler er rester etter skallbærende former.

Dette er organismer som skiller ut et kalkskall, enten for å bo i som muslinger, snegler og gamle blekk-spruter, eller som har et avstivende skjelett av kalk slik korallene har. Avtrykk etter fossiler i sedimenter er også vanlige, og organismene kan ofte være helt borte, men man kan se hvordan overflaten opprinnelig var, fordi den har blitt bevart som et avtrykk mellom ulike lag av mineraler.

Vi kjenner til ca. 750 000 fossiler av forskjellige dyrearter, og stadig nye arter blir funnet. De eldste fossile funnene er av bakterier som likner dagens blågrønne bakterier og er over 3 milliarder år gamle!

Livet oppsto i havet

De første organismene utviklet seg i havet, og det er sannsynlig at de første landplantene etablerte seg for ca. 470 millioner år siden. Etter at plantelivet på land hadde etablert seg, utviklet det seg stadig nye og mer komplekse livsformer på land. Man har mange fossiler fra dyr som viser tilpasninger til å kunne leve både i vann og delvis på land. Noen *nålevende* arter er meget lik fossiler som er mer enn 100 millioner år gamle. Eksempler er lungefisk og kvastfannede fisker. Studier av disse artene og fossilene er med på å forklare hvordan utviklingen av virveldyrene har vært; fra vannlevende til landlevende dyr.

De aller fleste fossilene er av marine organismer. Det er tre grunner til det. For det første var lenge alt liv knyttet til havet, for det andre er

artsmangfoldet og individtallet i havet meget stort og sist, men ikke minst, har organismer som lever i havet mye større sjanse til å bli fossilert enn organismer på land fordi de kan bli bevart i sand og leire i oksygenfattige omgivelser i sedimentasjonsbassenger. De kan derfor unngå å bli spist, råtner ikke, knuses ikke og kan bli forsteinet eller "bevart" som avtrykk.

Når vi studerer fossilene, blir det meget klart at de fleste arter bare har levd på jorda i en ganske kort og begrenset periode. I denne sammenhengen kan "kort periode" likevel være flere millioner år!

Evolusjon

Dinosaurene lever ikke i dag, og mennesket levde ikke samtidig med dinosaurene. Arter utvikler seg hele tiden fra eksisterende arter. Slektskapet kan bestemmes ut fra blant annet utseende og kroppsbygning. Biogeografi er også et viktig fagfelt for å forstå artenes utvikling. *Biogeografi* er læren om hvordan arter er spredd omkring på jorda. Når man vet hvordan kontinenter har flyttet på seg og hvordan øyer har oppstått (og forsvunnet), så er det viktig kunnskap for å forstå slektskapet mellom arter. Ved å samle mest mulig kunnskap om eksisterende og utdøde arter kan vi lage oss et "utviklingstre".

Man kan se på utviklingen av livet på jorda som et tre, der alle nålevende arter er som et blad ytterst på en grein, og arter som er i slekt sitter på nabokvisten. Følger

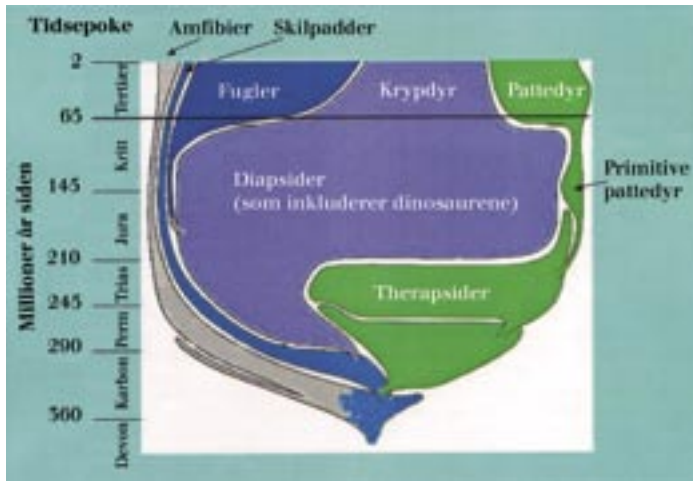
du kvistene nedover på treet, ser du at de samler seg og til slutt blir til stammen. Noen kvister er døde og tørket ut, mens andre steder skyter det nye skudd. Når du følger greinene nedover på denne måten, kan du tenke deg at du følger utviklingen av en art tilbake i tid. Vi kaller utviklingen av levende organismer over lengre tid for *evolusjon*.

Det er ingen seriøse forskere som er uenige i at dagens arter er oppstått ved evolusjon. Den uenigheten som finnes dreier seg om hvordan evolusjonen har skjedd og hvordan nye arter oppstår. Diskusjonen går tidvis ganske hett blant naturforskerne. Dette skal utdypes mot slutten av denne artikkelen.

En dyreart som er godt tilpasset en økologisk nisje som plutselig blir forandret, fører til at arten enten må tilpasse seg forandringene, eller at den dør ut. I og med at alle individer er litt forskjellige, vil de individene som er best egnet til å tåle forandringene klare seg bedre enn de som ikke er så godt egnet. En annen mulighet er at dyrearten dør ut.

Utdøing er regelen

Vi kan tro at utdøing er en sjelden begivenhet og knyttet til menneskelig aktivitet som forurensning, avskoging, jakt og fangst. Det er riktig at vi i vår tid er ansvarlig for at svært mange arter blir utryddet både lokalt og globalt. Men i historisk sammenheng er utdøing regelen, ikke unntaket! Mer enn 99 % av alle arter av planter og



dyr som har levd er forlenget borte. Om vi for enkelhets skyld sier at det finnes 1 million arter i dag, har det gjennom de siste 2-3 milliarder år levd 100 millioner arter som nå er utdødd. Utdøing av arter skjer hele tiden, men vi har kunnet registrere fem perioder der svært mange arter har dødd ut i løpet av relativt kort tid. I slike tilfeller kan man snakke om *massutslettelse*. Figuren viser en sammenlikning av diversiteten (mangfoldet) av landlevende virveldyr som har levd parallelt. Figuren viser ikke et historisk bilde av antall arter, men antall "dyregrupper" (familier). Bredden på grenene forteller om det relative forholdet mellom grupper til enhver tid. Vi skal fokusere på noen interessante ting som figuren viser.

Dinosaurernes tid

Man kan gjøre en grovinndeling av virveldyrene i blant annet *diapsider* og *therapsider* etter utseende på hodeskallen. Diapsider har to hull på hver side av hodeskallen, men therapsider har bare ett hull. Diapsider og therapsider hadde en felles avstamning for ca. 350 millioner år siden. Da skilte de lag og utviklet seg svært forskjellig.

Dinosaurerne var en type diapsider, mens pattedyrene er utviklet fra en type therapsider. Den dominerende "grenen" i jura- og krittperiodene besto av dinosaurerne. De hadde sin storhetsperiode i nesten 150 millioner år. I løpet av denne tiden skjedde det en kontinuerlig evolusjon av dinosaurarter, og svært mange døde ut etter hvert. For ca. 65 millioner år siden inntraff en eller flere fenomener som gjorde at svært mange dyrearter døde ut. Dette gjaldt særlig haier, pungdyr, firfirsler og dinosaurer. De første gruppene overlevde likevel som gruppe, men *alle* dinosaurerne døde ut i løpet av relativt kort tid. Om utdøing av dinosaurerne tok ett år eller 100 000 år vet vi ikke, men i geologisk sammenheng kan vi likevel slå fast at det skjedde raskt.

Etterkommerne

Men - døde dinosaurerne egentlig ut? Svaret er litt avhengig av hvordan vi definerer en dinosaur. Fra figuren ser vi at en dyregruppe skilte seg ut fra diapsidene midt i juraperioden. Da dinosaurerne døde, skjedde det en rask utvikling av artene i denne gruppen som ble til fugler. Hvis man vil, kan man si at dinosaurerne lever videre i dag som fugler! Fra figuren kan det se ut som om krypdyrene er direkte etterkommere av dinosaurerne. Dette er ikke riktig, da krypdyr er en egen gruppe diapsider som lever den dag i dag. Faktisk er fuglene på mange måter mer i "slekt" med dinosaurerne enn dagens arter krypdyr, men her vi skal ikke gå nærmere inn på systematikken

Forløperne til pattedyrene og dinosaurene ble utviklet omtrent samtidig. Gjennom hele jura og kritt levde det primitive arter av pattedyr. De var små, ikke større enn spissmus. Da dinosaurene døde, skjedde det en markant evolusjon av pattedyrene, som på ganske kort tid utviklet seg til avanserte pattedyr som på vesentlige punkter har lik anatomi og fysiologi som dagens pattedyr.

Artsdannelse

Antall fuglearter og pattedyrarter føk i været etter at dinosaurene døde. Nye arter ble til, mens forløperne til artene i stor grad døde ut. Vi har mange eksempler på hvordan dyr og plantearter kan utvikle seg fra generasjon til generasjon. Dette kan vi kalle mikroevolusjon, der vi kan bruke dyr i tradisjonell avl som eksempel. Naturlig dannelse av nye arter, derimot, er det ikke så lett å observere, og det er nettopp *artsdannelse* som skaper debatt både blant forskere og blant mer eller mindre seriøse innspill til alternativer til det vi ofte sammenfatter som *evolusjonslæren*.

Naturviterne er i hovedtrekk enige i at det er et samspill mellom seks faktorer som må til for at nye arter kan dannes i naturen. Dette er sammenfattet i en teori som kalles nydarwinismen. Teorien bygger på sentrale punkt i Darwins opprinnelige teori, men er supplert med kunnskap om genetikk, biokjemi, populasjonsøkologi, biogeografi og mange andre fagfelter. De seks faktorene er:

1 Naturlig seleksjon. Generelt produseres det mer avkom enn det som kan overleve, noe som resulterer i konkurranse. Alle individer er litt forskjellige, og forskjellene er til en viss grad arvelige. Dette gjør at enkelte individer kan være litt bedre tilpasset miljøet de lever i enn andre individer. De best egnede har større sjanse til å overleve og til å formere seg.

2 Seksuell seleksjon. Individene har forskjellig dyktighet til å finne og velge kjønnspartnere. Man må konkurrere med individer av samme kjønn og/eller imponere det annet kjønn. Dette kan faktisk være i strid med punkt 1 ovenfor, da det som kalles sekundære kjønnskarakterer faktisk kan være et handikap i forhold til miljøet.

Et eksempel på dette kan være påfuglens store hale, som kan være en ulempe i det daglige, men være en fordel ved partnervalg. Det er ikke alltid de største og sterkeste som vinner i kampen om en make. Av og til er det faktisk en fordel å være liten og "smart" mens alle de andre bruker krefter på å slåss og vise seg fram.

3 Mutasjon. Uforutsigbare endringer i arvestoffet (genomet) kan føre til endringer i avkommets utseende eller egenskaper (fenotypen). Som oftest er slike endringer umerkelige eller skadelige, men av og til kan de være gunstige og kan gi avkommet en fordel.

4 Rekombinasjon. Ved vanlig celledeling (mitose) blir de nye cellene helt like. Dette skjer når et

vev vokser eller fornyer seg. Men ved dannelsen av kjønnscellene (meiose) vil det skje en sammenblanding av kromosomene fra hver av foreldrene på en måte som gjør at alle kjønnscellene er litt forskjellige. Alle individer som er et resultat av kjønnslig formering, og ikke av kloning eller jomfrufødsel, vil ha forskjellig arvestoff og dermed også ulike egenskaper.

5 Migrasjon. Vanligvis vil en gruppe individer som lever på et relativt avgrenset område (en populasjon), og under stabile miljøbetingelser, ha ganske likt arvestoff. Man kaller den samlede mengden arvestoff i en populasjonen for dens *genbasseng*. Det hender at individer forflytter seg fra en populasjon til en annen; de bringer da med seg ”nytt blod”, dvs. litt nye gener. Dette skjer for eksempel når pollen blir blåst ekstra langt av sted, eller et enslig reinsdyr på vandring blander seg med en ny flokk.

6 Gendrift. Det kan skje en tilfeldig sammensetning i genbassenget. Er en populasjon liten, kan det oppstå en kritisk fase der gendriften kan føre til at ufordelaktige gener spres, noe som kan føre til at populasjonen dør ut. Men gendriften kan også føre til relativt store endringer i arvemassen til nye individer, uten at miljøbetingelsene er endret.

Punktene 5-6 er med på å forklare punkt 1 og 2. Nydarwinismen går ut fra at arter oppstår fra andre arter; altså at en stamart gir opphav til to eller flere datterarter. Selve begrepet art er ikke entydig definert,

men man går ut fra det biologiske artsbegrepet: ”Populasjoner av organismer som får fruktbart avkom med hverandre, tilhører samme art.” Man diskuterer altså en del om mekanismene i artsdannelsen. Mikroevolusjon skjer innen en art og fra generasjon til generasjon, men makroevolusjon er en så dramatisk endring i arvestoffet at nye arter oppstår. Arter oppstår ikke fra en generasjon til en annen; artsdannelse kan ta titusener av år. Det er viktig å huske tidsperspektivet i denne sammenhengen.

Ledige nisjer

Dinosaurene dominerte livet på landjorda, men da de døde, økte antall fugler og pattedyr, både med hensyn til antall arter og antall individer. Når noen dyrearter dør ut, kan det føre til en rask evolusjon av andre arter. Det er sannsynlig at dinosaurene etterlot seg *nisjer* som andre arter kunne utnytte. Nisjen en art opptar, er summen av alle de måter arten utnytter de ressursene den har til rådighet. Det inkluderer blant annet det fysiske leveområdet (habitatet), nærings-tilgang, temperaturforhold, forhold til andre individer av samme eller andre arter og muligheter for parring. En nisje for en art er altså noe mer enn bare et leveområde, det er i tillegg også *hvordan* arten lever. Noen ganger kan ikke en art fylle hele nisjen på grunn av nærvær (eller fravær) av andre arter. På grunn av konkurranse med andre arter, kan individer bli ”undertrykt” i sin nisje og evolusjonen av arten

tar preg av det. Da dinosaurene forsvant, endret det levestandardene for de dyrene og plantene som ble igjen. Konkurransen om maten ble annerledes, mange fikk bedre plass, og mange individer kunne dra nytte av egenskaper som lå latente hos dem, og noen fikk fordeler i den "nye" nisjen i forhold til artsfrender.

Det er kanskje riktig å bruke uttrykket "den enes død, den andres brød" når det gjelder utviklingen av nye arter etter en masseutdøing. Vi kan bruke mange kilder til å forklare hva som har skjedd i fortiden, og til en viss grad kan det hjelpe oss til å forutsi framtiden. Men selv om vi forstår mekanismene som virker i utviklingen av livet på jorda er det umulig å vite hvilke livsformer som er dominerende om 100 millioner år. Hvem vet når neste katastrofe vil inntreffe?

Jordas mellomalder – krypdyras blomstringstid

DAG DOLMEN

Krypdyra og jordas geologiske tidsaldrer

Vi skal her gi et lite innblikk i de forhistoriske krypdyras (reptilenes) verden, både til dinosaurer og andre grupper. Først tar vi et blikk på deres etterfølgere, dvs. dagens krypdyr, og deres klassifisering. De nålevende krypdyrformene er en liten rest av det som gjennom tidene har vært en svært stor og variert gruppe. Av nålevende krypdyr er det beskrevet ca. 6560 arter, se oversikten s. 11.

En definisjon på krypdyr er: amniotiske vertebrater (virveldyr) med skjellkledd kropp. (De fleste krypdyr har bein med klør eller i det minste omdannede eller rudimentære bein, og alle nålevende arter er vekselvarme. Det er mulig at noen utdødde former manglet tydelige skjell.)

For jordas epoker se tidsskala s. 2.

Moderne dinosaurhistorie

Kineserne synes å ha gravd fram gamle "dragetenner" fra jorda helt sia det 5. århundret, og har dokumentert slike fra det 16. århundret og senere. Tennene ble antatt å ha stor medisinsk verdi. Men bortsett fra dette kan vi si at den moderne historien om de forhistoriske kjempereptilene startet i England i det 19. århundret.

I 1822 var den engelske legen og amatørgeologen Gideon Mantell på pasientbesøk i Sussex sammen med sin kone. Mens fruene ruslet omkring utafor pasientens hus,

oppdaget hun i en vegskråning i nærheten beinbiter som så ut som tenner, og en stor knokkel med form som et horn. Hun grov dem fram og ga dem senere til sin mann, men uten at han klarte å avgjøre hvilket dyr de stammet fra. Beinbitene ble sendt til den berømte franske anatomen George Cuvier i Paris, som mente det dreide seg om en utdødd neshornart. Mantell var misfornøyd med svaret og spurte til råds teolog og geolog Dean William Buckland ved Oxford University. Buckland kunne imidlertid ikke gi fullgodt svar og var tilbøyelig til å gi Cuvier rett. Mantell var kritisk av natur og underkastet tennene et grundig studium. Det kom etter hvert fram at de hadde klare likhetstrekk med tennene til dagens iguaner (en krypdyrfamilie), med den forskjell at tennene fra vegskråningen var mye større. De stammet etter alt å dømme fra et stort planteetende krypdyr, som Mantell i 1825 beskrev under navnet *Iguanodon* ("iguan-tann"). "Hornet" antok han hørte til på snutepartiet, i likhet med dagens neshorniguan (*Cyclura cornuta*). Allerede i 1824 hadde Buckland beskrevet skjelettrestene av et stort rovdyr-liknende vesen som ble funnet i kalksteinslagene ved Stonesfield utafor Oxford. Han mente det måtte være restene av ei diger øgle og ga den navnet *Megalosaurus* ("diger øgle"). Mantell beskrev senere, i 1833, ytterligere et fossilt kjempekrypdyr, en bepansret planteeter: *Hylaeosaurus* ("skogslevende øgle").

Amniotisk vil si at dyra har egg med en membran (amnion) som omgir fosteret; dessuten et næringslager (plomme) og en egen "sekk" (allantois) for avfallsstoffer. Ytterst på egget finnes et semipermeabelt skall (som hos bl.a. skilpadder og fugler), dvs et skall som beskytter mot uttørring på land, men som har mikroskopiske porer som muliggjør gassutveksling (O₂/CO₂).

Navnet dinosaur ("skrekkøgle") på disse forhistoriske kjempekrypdyrene ble imidlertid ikke tatt i bruk før anatomen professor Richard Owen innførte termen under et møte i The British Association for the Advancement of Science, i Plymouth, Devonshire i 1841. Owen var blitt spurt om han kunne presentere en oversikt over alle fossile krypdyr som en til da hadde oppdaget. Cambridge-paleontologen Harry Govier Seeley kom i 1887 fram til at selv om dinosaurene hadde visse fellestrekk, bl.a. at beina var festet under dyra i rett linje (som hos pattedyr) og ikke vinklet ut til sida som hos krypdyr flest (jf. firfislere og krokodiller), så tilhørte dinosaurene to separate grupper (ordener) uten spesielt nært slektskap til hverandre: Saurischia ("de med øglebekken") og Ornithischia ("de med fuglebekken").

Så langt er mer enn 1000 ulike "arter" av dinosaurer blitt beskrevet. I tillegg kommer en mengde ikke-dinosaurer krypdyr. Til sammenlikning er antall nålevende, beskrevne arter av krypdyr vel 6500 – og av andre vertebrater: amfibier 4000, pattedyr 4680, fugler 9700 og fisker 19 000.

Fortidas krypdyr

De første vertebratene (virveldyra)

Ut fra fossiler og radiologiske og stratigrafiske dateringsmetoder for bergarter fra jordas oldtid (paleozoikum) har en påvist at det vi kaller kjeveløse "fisker" (overklasse Agnatha) for første gang påtreffes i kambrium og kan

følges gjennom ordovicium. I silur treffer vi også ekte fisker med kjever (kjevemunner: overklasse Gnathostomata). Allerede i silur – devon eksisterte alle de fire klassene vi kjenner til av ekte fisker (tre utdødde og en fortsatt eksisterende).

Seint i devon finner en de første amfibiske kvastfinnefiskene (*Ichtyostega*) og de første amfibier. Et høyt antall amfibiegrupper opptrådte gjennom de neste to tidsaldrene. Allerede i karbon er det påvist former med krypdyrliknende trekk, de såkalte reptiliomorfe. Disse hadde et sterkt skjelett med korte, kraftige lemmer. Noen reptilomorfer levde antakelig hovedsakelig i vannet, og ungene var utstyrt med gjeller, mens andre var landdyr, selv om det er usikkert om de la egg på land. Seint i karbon dukker de egentlige krypdyrene opp, definert (i forhold til reptiliomorfe) ut fra at de la amniotiske egg (se ovafor) på land.

Et av de første krypdyrene vi kjenner til er *Hylonomus* ("skogmus", underklasse Anapsida, orden Cotylosauria, se nedafor), som levde på slutten av karbon. *Hylonomus* kunne av form minne litt om ei vanlig, norsk firfisle, men var større (omkring 20 cm + hale). De mange, svært godt bevarte fossilene av denne "arten" er funnet i det berømte fossilområdet Joggins i Nova Scotia, Canada. Dyra synes ofte å ha blitt "fanget" i gamle, hule trestubber av digre kråkefottrær, der de søkte skjul eller føde. Gjentatte slamflommer har begravd stubbene med innhold, som senere er blitt til

Krypdyras system med både utdøde (orden merket *) og nålevende former. Underklassene er i stor grad basert på hvordan hodeskallen er bygd med antall temporale (dvs. i kinnområdet) åpninger (fenestrae) og deres plassering. Antall nålevende arter, der slike finnes, er angitt i parentes.

Klasse Reptilia

underklasse Anapsida

- orden Cotylosauria stamreptiler*
- orden Testudinata skilpadder (244)
- orden Mesosauria mesosaurer*

underklasse Lepidosauria diapsider

- orden Eosuchia eusucher*
- orden Rhynchocephalia tuatarer (1-2)
- orden Squamata (Lacertilia, Amphisbaenia, Serpentes) skjellkrypdyr = øgler, ormeøgler og slanger
 - underorden Lacertilia øgler (3750)
 - underorden Amphisbaenia ormeøgler (140)
 - underorden Serpentes slanger (2400)

underklasse Archosauria diapsider

- orden Thecodontia thecodonter*
- orden Crocodylia krokodiller (22)
- orden Pterosauria flygeøgler*
- orden Saurischia rov- og langhalskjepeøgler – dinosaurer*
- orden Ornithischia nebbkjepeøgler – dinosaurer*

underklasse Ichthyopterygia (tilsynelatende euryapsider)

- orden Ichthyosauria fiskeøgler*

underklasse Euryapsida

- orden Araucoscelidia areoscelider*
- orden Sauropterygia svaneøgler m.m.*
- orden Placodontia placodanter*

underklasse Synapsida

- orden Pelycosauria pelycosaurer*
- orden Therapsida therapsider, pattedyrøgler*

stein, og stubbene har under fossilifiseringsprosessen beskyttet dyra mot mekanisk ødeleggelse. Over 30 fossile trestubber er til nå oppdaget ved Joggins. *Hylonomus* hadde solid skalle med kraftige kjever og kjevemuskulatur og spisse tenner som egnert seg godt til å bite og knuse insekter og andre invertebrater (leddyr).

Ved sida av underklassen Anapsida fantes på slutten av karbon også noen representanter for underklassen Synapsida, med bl.a. den 3,5 m lange (og antakelig 30-50 kg tunge) *Ophiacodon* fra Texas, som var ett av de største landdyra på den tida. Den liknet ei kjempestor, tykk firfisle og levde sannsynligvis av amfibier og fisk.

Vi tar nå for oss de ulike geologiske tidsperiodene og hvilke krypdyrarter eller -former som da hersket på kloden. Mange former oppnådde betydelig størrelse, spesielt innen de to ordenene vi har kalt dinosaurer, selv om mange arter – også av dinosaurer – kunne være små som høns. Alle store dyr på den tida var nettopp krypdyr – og det var mange av dem(!) Pattedyr før tertiær var ennå ikke representert ved store former. Når det nedafor blir nevnt finnesteder for arter eller former, må en huske at kontinentene i de geologiske periodene hang sammen på helt andre måter enn de gjør i dag.

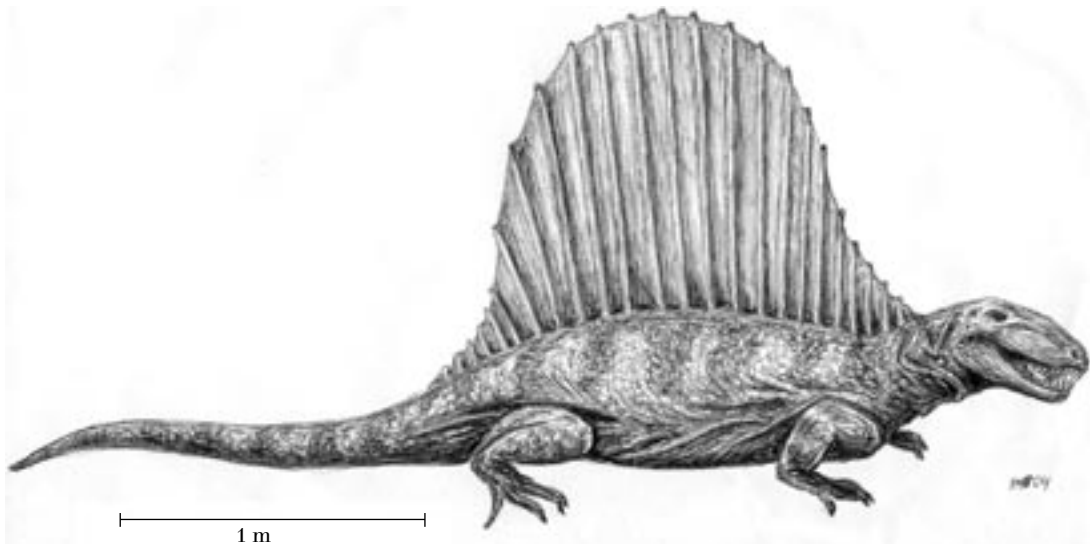
Reptilenes radiasjon

Gjennom neste geologiske periode, perm, opptrer stadig nye krypdyrformer, som ”utbrer seg” til stadig

nye økologiske nisjer: reptilenes radiasjon. Representanter finnes allerede innafor de fleste underklassene av krypdyr: Anapsida, Lepidosauria, Euryapsida og Synapsida, men ennå hadde ingen Archosauria, der dinosaurane og krokodillene hører heime, og heller ingen Ichthyopterygia, med fiskeøglene, entret arenaen.

Noen av de tidlige krypdyra i perm er gjerne kalt parareptiler (i underklasse Anapsida); de avviker en del fra andre permiske krypdyr, bl.a. på at de hadde skjold- og hornutvekster. Noen var tilsynelatende planteetere (bedømt ut fra tannstrukturen), andre insekt-spisere. *Scutosaurus* (”skjoldøgle”) fra Øst-Europa var 2,5 m lang, tungt og muskuløst bygd og med neshorn og store pigger som vokste ned fra underkjeven, nesten som hoggtenner. En annen form, *Elginia*, på 60 cm, og som er blitt funnet i Skottland, hadde lange pigger, hvorav to tynne (liksom ku-horn. Mesosaurane, med bl.a. den ca. 1 m lange *Mesosaurus* (”mellomøgle”) fra Afrika og Sør-Amerika, var vannlevende krypdyr med kraftig hale, og lemmenes fingre og tær hadde svømmehud. Kjevane var forlenget og hadde nåleskarpe tenner. Mesosaurane reknas som de første krypdyr som ”vendte tilbake” til akvatisk miljø.

Allerede i sein perm eksisterte det også et mylder av former av diapside krypdyr, dvs. Lepidosauria (Archosauria kommer seinere), bl.a. gravende, svømmende og svevende former. (De fleste av våre dagars



Dimetrodon – en rovform med to typer tenner.

krypdyr tilhører den samme underklassen.) Den 60 cm lange *Coelurosauravus* fra Europa og Madagaskar var en slik svevende form. Den levde antakelig i trærne og svevde fra tre til tre (eller til bakken) ved hjelp av en hudmembran som var strukket ut mellom ei lang rekke (22) staver på kroppssidene. Disse sammenfellbare ”vingene” minte i utseende mye om ”vingene” (brystfinnene) til dagens flygefisk. Altså ei øgle med fire bein, lang hale og flygefiskvinger!

Euryapsida, som senere hovedsakelig kom til å omfatte marine krypdyr, hadde i perm bare firfisle-liknende representanter.

Synapsidene var de viktigste og mest mangfoldige landlevende virveldyra i perm. To av de mest kjente pelycosaurene, begge fra Nord-Amerika og Europa, er *Dimetrodon* (”to typer tenner”), en 3,5 m lang rovform og *Edaphosaurus* (”jordøgle”), som antakelig levde av plantekost. Begge var utstyrt med et høyt ”segl” på ryggen, som trolig

hadde varmevekslende funksjon (oppvarming og avkjøling).

Førstnevnte form var muligens det rovdiret, som, med sine dolkeformete tenner og kraftige bitt, først var i stand til å nedlegge et bytte så stort som seg selv. Mange mener at therapsidene (pattedyrglene), som dominerte i sein perm, hadde sitt opphav i pelycosaurene.

Perm avsluttes med en masseutsløttelse av livsformer uten sidestykke i jordas historie. Kanskje bare 5 % av alle arter overlevde overgangen til trias. På denne tida var det en betydelig klimaforverring, muligens forårsaket av rask kontinentalforskyvning og voldsom vulkanisme. Dette kan ha vært de direkte årsakene til utsløttelsen.

Krypdyr i jordas mellomalder

De følgende geologiske periodene, trias, jura og kritt er kalt jordas middelalder (mesozoikum); dette blir mer enn noe annet ”krypdyras blomstringstid”.

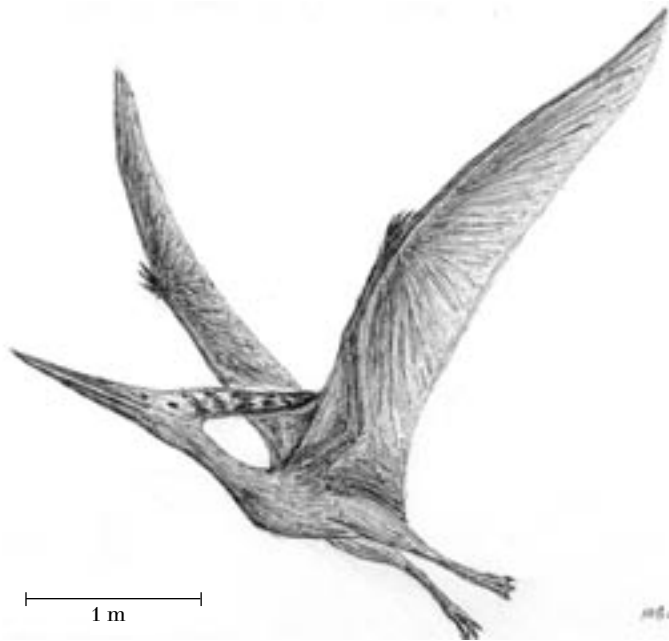
Trias. De første skilpaddene opptrer i trias, som små amfibiske dyr. Tradisjonelt er skilpaddene reknet til parareptilene (underklasse Anapsida), men noen forskere mener nå at de er høyt modifiserte diapside krypdyr. I løpet av trias – jura – kritt oppstår et høyt antall spesialiserte skilpadder, noen planteetere på land, andre altetere og predatorer i ferskvann, men etter hvert (i kritt) også rent marine arter som antakelig levde av maneter og svamper. (Dette er helt som i dagens situasjon.) Tidlige skilpadder hadde tenner, mens seinere former bare hadde et tannløst ”nebb”.

Synapsidene var til å begynne med fortsatt ganske viktige, men døde etter hvert ut som gruppe. De første pattedyrliknende dyr hadde imidlertid dukket opp i tidlig trias, bl.a. *Cynognathus* (”hundekjeve”), en avansert 2 m lang therapsid (pattedyrøgle) fra Sør-Amerika og Afrika, med utstående hjørnetenner, skjærende kinn tenner og kraftige kjevemusklær. Mange mener at dette kan ha vært pattedyras stamfar. Også det tidlige pattedyret *Megazostrodon* (fra Afrika og med liknende former i Eurasia) levde i trias – et lite, ca. 10 cm langt, spissmusliknende dyr med lang hale.

I havene opptrådte de første Ichthyopterygia med ichthyosaurene (fiskeøglene) fra sein trias gjennom jura og inn i kritt. De minste artene var omkring 1 m lange, mens de største artene kunne bli 20 m, dvs. de største marine reptilene til alle tider. De var strømlinjeformete som haier og delfiner, med luffer

og lange nebbliknende kjever med koniske tenner. Føden var bl.a. fisk og blekksprut. To av de mest kjente slektene er *Ichthyosaurus* (”fiskeøgle”) og *Stenopterygius* (begge fra Europas jura-bergarter). Fossile rester etter en *Ichthyosaurus* (fem ryggvirvler og noen bruddstykker av ribbein og skulderbelte(?), ble funnet på Andøya sommeren 1952 av en ekspedisjon fra Tromsø Museum. På 1970-tallet ble det funnet flere, nesten komplette fossiler. Disse dyra ble ca. 3 m lange.

Innafor Euryapsida orden Sauropterygia i trias levde både langhalsete og korthalsete svaneøgler i grunne havområder i Europa, Nord-Afrika og Asia. De tidlige formene hadde kraftige lemmer, og fingre og tær var antakelig utstyrt med svømmehud. *Nothosaurus* fra Europa og Midt-Østen var 1-3 m lang, langhalset og med langt, smalt hode og et høyt antall spisse tenner. Føden besto sannsynligvis av fisk. Andre former var pansrete, ofte skilpaddeliknende krypdyr som hadde avrundete eller flate tenner til å knuse maten (skalldyr?), eller ingen tenner overhodet (filtrerere?). Plesiosaurene (de egentlige svaneøglene) hadde lang hals og luffer; kroppen ellers kunne minne litt om dagens havlærskilpadder, men med lang, kraftig hale, mens pliosaurene hadde kort hals og svært hode. Den 9 m lange pliosauren *Kronosaurus*, fra Australia og Sør-Amerika i tidlig kritt, hadde en skalle på 3 m, og tennene kunne bli opp i 25 cm lange. Føden besto bl.a. av blekkspruter og dinosaurer. *Elasmosaurus* (”plateøgle”) fra sein kritt i Nord-



Pteranodon – med vinger og uten tenner.

Amerika var 14 m lang, hvorav halsen utgjorde omtrent halvparten. Ingen dyr i verden – så langt vi kjenner til – har hatt så mange halsvirkler (72).

De som overtar hegemoniet blant krypdyra er archosaurene. Gjennom perm og trias eksisterte det flere grupper av såkalte archosauromorfe krypdyr, dvs. krypdyr med trekk som minte om archosaurene. Blant disse har vi i Europa *Tanystropheus* fra trias, en 3 m lang marin, øggleiknende form med en hals som var dobbelt så lang som kroppen. Av archosaurer fantes i sein perm og trias ornithodirene, som etter hvert kom til å omfatte bl.a. krokodilledyr, pterosaurer (flygeøgler) og dinosaurer; disse dukket opp i sein trias.

En av representantene for krokodilledyr var bl.a. den marine *Metriorhynchus* fra midtre jura til kritt i Europa og Sør-Amerika. Den var 3 m lang og hadde vertikalstilt

”fiskehale”. En annen form var den kjempemessige *Deinosuchus* (”skrekkelig krokodille”) fra sein kritt i Nord-Amerika, som ble 10 m lang og veide anslagsvis 5 tonn. Den levde antakelig som dagens krokodiller, men med dinosaurer som byttedyr.

Pterosaurene (flygeøgler) var antakelig nært beslektet med dinosaurene. De hadde nebb, oftest tenner, og liksom dagens flaggermus en hudmembran utspent mellom de forlengete fingrene og bakbeina. I det minste noen pterosaurer hadde pelsaktig kropp og kan ha vært varmblodige. De største av de tidlige artene, slik som *Dimorphodon* (”ulikformete tenner”) fra England, hadde et vingspenn opp til 2-3 m. Senere pterosaurer, fra sein jura og seinere, slik som *Pteranodon* (”vinger og uten tenner”) fra Nord-Amerikas sein kritt, var avanserte – og også større – med vingspenn opp til 7-9 m. Den tannløse *Quetzalcoatlus*, funnet i Texas, hadde et vingspenn på hele 11 m. Mange av pterosaurene synes å ha levd av fisk som de fanget på det åpne hav eller plukket opp på stranda.

Dinosaurer (”skrekkøgler”) er blitt en fellesbetegnelse for de to archosaur-ordenene Saurischia (rov- og langhalskjempeøgler) og Ornithischia (nebbkjempeøgler). De tidligste dinosaurene var antakelig tobeinte rovdyr på størrelse med en hund. Men etter hvert oppsto et mangfold av former og arter; noen av dem var de største landdyr vi kjenner til, andre var mye mindre, og de

minste var fugleliknende krypdyr på størrelse med ei høne. Alle var terrestriske, dvs. de levde på land. Noen forskere regner med opp til 900 ulike dinosaurslekter. Ingen enkelt art overlevde antakelig mer enn noen få millioner år.

Mange av de små dinosaurene var trolig varmblodige. De store artene var neppe det pga. problemer med overopheting om dagen av så store, varme kropp. På grunn av størrelsen ble de heller ikke for mye avkjølt om natta (slik som de fleste krypdyr), men kunne være aktive så vel om natta som om dagen.

Blant dinosaurordenen Saurischia har vi fra sein trias coelurosaurer, som var kjøttetende theropoder, med gange på to bein og relativt lite hode. Størrelsen lå på 1-5 m. Allerede *Herrerasaurus* fra Argentina, som er den eldste kjente rovdinosaur, hadde skarpe tenner for kutting av kjøtt, og armer med gripehender og bare tre funksjonelle fingre (fjerde finger var tilbakedannet). Forskere i dag ser på disse dyra som forløperne for de store rovdinosaurene, som kom seinere.

I sein trias og tidlig jura fantes også prosauropodene, som gikk på to eller på fire bein og var planteetere med relativt lang hals og lite hode. De kunne variere i lengde, i størrelsesorden 2-8 m. Disse menes å være de store, langhalsete sauropodenes forfedre. Representanter for dinosaurordenen Ornithischia synes ennå ikke å eksistere. De kommer først i jura.

Jura. De fleste av synapsidene døde ut på slutten av trias, men noen små arter og dessuten pattedyr overlevde. Også mesteparten av archosaurgruppens krokodilledyr døde ut. Dinosaurer av ordenen Saurischia – og etter hvert også ordenen Ornithischia – overtok dominansen på landjorda.

De store dinosaurene var vekselvarme, skjellklede eller til dels pansrete slik som dagens krypdyr. De to ordenene av dinosaurer (Saurischia og Ornithischia) skilles først og fremst på bekkenets oppbygging. (Det er stor likhet i bekkenets oppbygning hos Ornithischia og fugler.)

Saurischia inkluderte i midtre jura kjøttetende theropoder som *Megalosaurus* og i sein jura carnosaurene *Ceratosaurus* ("hornøgle") og den digre, 12 m lange *Allosaurus* ("annerledes øgle") begge fra vestre Nord-Amerika, dessuten planteetende sauropoder (langhalser) som de nord-amerikanske *Apatosaurus* ("bedragerisk øgle", = *Brontosaurus* "tordenøgle"), *Diplodocus* ("dobbelbjelke") og *Brachiosaurus* ("armøgle") (sistnevnte også funnet i Afrika). Disse dyra var blant de virkelige kjempene. *Apatosaurus* kunne bli 23 m lang og 10 m høy og veide antakelig opptil 40 tonn. *Diplodocus* var hele 27 m lang, men litt smekre og veide mindre (10-50 tonn). Den kolossale *Brachiosaurus* var ikke fullt så lang (25 m) som *Diplodocus*, men til gjengjeld mer enn 13 m høy (dobbel så høy som en giraff) og trolig 50-80 tonn tung. Verdens største monterte dinosaur-skjelett, en *Brachiosaurus* fra

Dinosaurenes inndeling

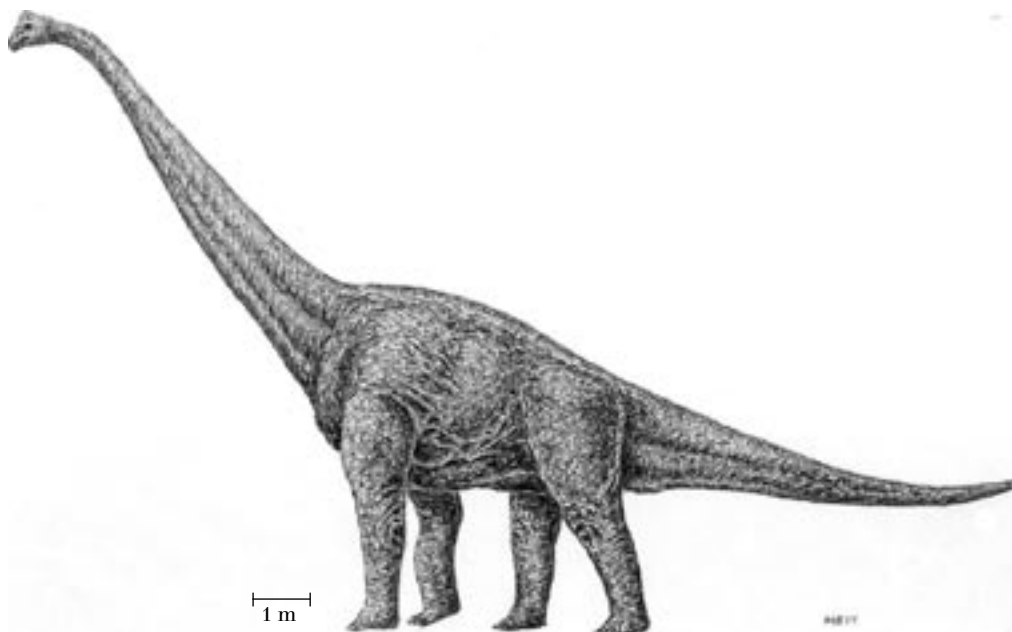
orden Saurischia rov- og langhalskjempeøgler

- underorden Theropoda ("grusomme føtter") rovdinosaurer, gikk/løp raskt på to lange, kraftige bakbein. Knoklene i lemmene var hule, hvilket gjorde dyra lettere. Klørne var skarpe. Tennene var også skarpe, i noen tilfelle knivskarpe.
- underorden Sauropoda ("øgleføtter") planteetere, "langhalser" med diger kropp, fire søyleformete bein og lang hale.

orden Ornithischia nebbkjempeøgler:

alle var planteetere.

- underorden Ornithopoda ("fugleføtter") gikk delvis på to, delvis på fire bein og minnet i form litt om theropodene.
- underorden Stegosauria ("takøgler") hadde lite hode og rekker av store, på høykant stilte plater langssetter ryggen.
- underorden Ankylosauria ("sammenvokste øgler") var bepanset av liggende plater og pigger langssetter ryggen og kroppssidene.
- underorden Ceratopsia ("hornete ansikter") var utrustet med nakkeskjold med pigger, og dessuten horn.

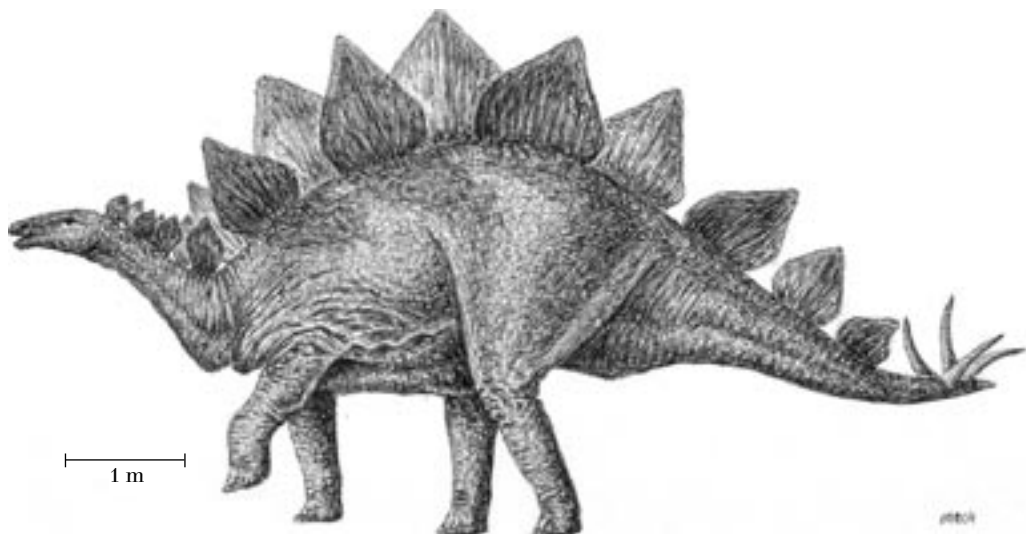


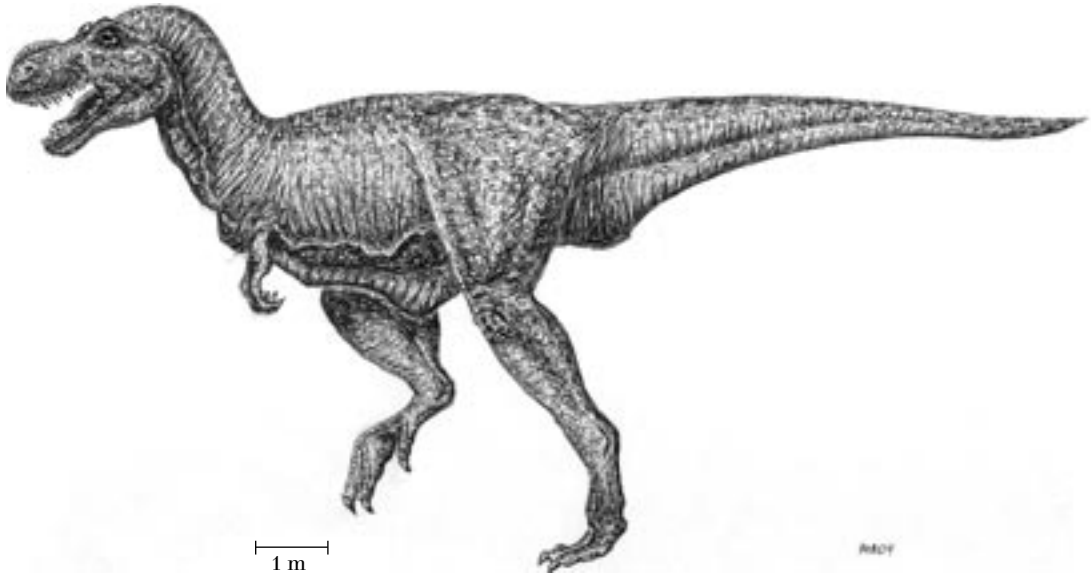
Brachiosaurus – armøgale. utgravningene i Tanzania i 1909, står utstilt på Humboldt-museet i Berlin. Et besøk der anbefales!

Ornithischia hadde sine første representanter i tidlig jura, slik som *Scelidosaurus* ("leggbeinøgale") fra Europa og Nord-Amerika, en

Stegosaurus – takøgale. 4 m lang ankylosaur armert fra

hode til halespiss med et utall av koniske beinknuter. Etter hvert fikk vi stegosauere (sein jura og inn i kritt). Her var det mange bisarre former, f.eks. den nord-amerikanske, 8 m lange og høyt hvelvete *Stegosaurus* ("takøgale") med to rekker leddete (og nedfellbare) plater ned langs





Tyrannosaurus rex – den største av tyrannaglene.

ryggen og enorme pigger nær hale-spissen. Ryggplatene var nok en del av forsvarsverket mot kjøttetende dinosaurer, men sto trolig også i varmereguleringens tjeneste. Flere slekter/arter er beskrevet.

I vannet svømte marine krokodiller, dessuten ichthyosaurer (Ichthyopterygia) og plesiosaurer (Euryapsida, Sauropterygia). I lufta fløy høyt utviklete pterosaurer, slik som den relativt lille Pterodactylus i Europa og Afrika, med et vingespenn på knapt 1 m, og dessuten de første fuglene, slik som den kråkestore urfuglen *Archaeopteryx* ("gammel fjær") fra Vest-Europa, som hadde flere fellestrekk med krypdyra. Mange mener nå at fuglene hadde sitt opphav i små theropode dinosaurer, som også synes å ha vært varmlodige og fjærklede. (Dinosaurer og fugler går ofte under fellesbetegnelsen Sauropsida.) På tross av bekken-likheten mellom Ornithischia og fugler, mener forskere altså at fuglene hadde

sitt opphav i Saurischia – faktisk i former som sto *Tyrannosaurus* nær (se over).

Kritt. Ordenen Saurischia: I kritt fantes et utall av ulike theropoder, bl.a. de relativt små og kvikke dromaeosaurene og de digre tyrannosauridene med bla. *Tyrannosaurus* ("tyrannogle") fra vestre Nord-Amerika, som var 14 m lange og 5-6 m høye. Kroppsvekta var trolig omkring 7 tonn. Noe mindre former var *Albertosaurus* (= *Gorgosaurus*) og *Daspletosaurus* fra det samme området. Andre tyrannosaurider (6-7 i tallet) er blitt funnet i Sør-Amerika og Asia inkludert India. *Tyrannosaurus rex* var imidlertid størst av dem og hadde bredere hodeskalle med framoverrettede øyne, hvilket skapte dybdesyn. De største theropodene (så langt vi kjenner til) var imidlertid *Giganotosaurus* og en art som ennå ikke har fått navn, begge fra Argentinas kritt. Disse tilhørte ikke tyrannosauridene (men carnosau-

riene), og var beslektet med den tidligere omtalte *Allosaurus* (fra jura).

I sein kritt finner vi *Oviraptor* ("eggtyv"), en opp til 2 m høy dinosaur. Navnet fikk den fordi de første fossiler av arten ble funnet (i Mongolia på 1920-tallet) sammen med et reir med dinosauregg, og en mente *Oviraptor* ranet andre dinosaurers reir. På grunnlag av flere tilsvarende funn tror en imidlertid nå at det var dyrets egne egg som ble funnet i reiret.

Av sauropoder i kritt kan nevnes titanosaurene med bl.a. den kjempemessige søramerikanske *Argentinosaurus* ("Argentina-øgle") som mange mener var den største dinosauren av alle. Mindre titanosaurer er ellers kjent fra de fleste verdensdeler.

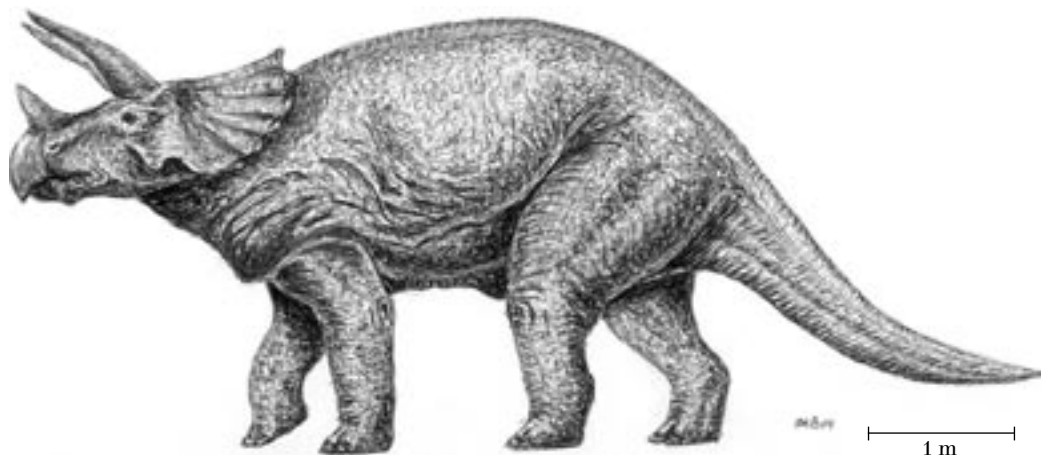
Ordenen Ornithischia: Den berømte *Iguanodon* (se avsnittet Moderne dinosaurhistorie) fra Eurasia og Nord-Amerika, som sorterer under Ornithopoda, stammer fra kritt. (Andre iguanodonter eksisterte allerede på slutten av jura.) *Iguanodon* var en av de første dinosaurene som ble vitenskapelig beskrevet og fikk et vitenskapelig navn. Det Mantell hadde trodd var et "nese-horn" viste seg i ettertid å være en sterkt spesialisert tommelfinger, som en lang, hard pigg og et dødelig forsvarsvåpen. Fossile fotspor av en nærstående form til *Iguanodon* er bl.a. funnet (i 1960 og på slutten av 1990-tallet) på Festningen ved Grøn fjorden på Svalbard. Også rovdinosaur-fotspor

er funnet på Svalbard. Flere 50 cm lange fotspor ble oppdaget i Kvalvågen på østsida av Svalbard i 1976.

Andre ornithopoder er hadrosauridene, hvorav noen hadde spektakulære utvekster eller "hjelmer" på hodet, f.eks. *Parasaurolophus* fra vestre Nord-Amerika. Nevnes bør også pachycephalosaurene (bl.a. den nord-amerikanske *Pachycephalosaurus*), 2-8 m høye/ lange dinosaurer som gikk på to og hadde enormt fortykkete skaller. En forestiller seg at de deltok i "skallekonkurranser", nærmest som villgeiter i dag.

Ankylosaurene var i varierende grad utrustet med beskyttende panser (slik som den nord-amerikanske *Nodosaurus*), hornliknende utvekster langs ryggen og kroppssidene (den europeiske *Polacanthus*), samt slagvåpen på halespissen (som den nord-amerikanske, 6 m lange *Euoplocephalus*). Forsvarsmekanismer som disse vitner om behov for forsvar mot de store predatorerne som f.eks. *Tyrannosaurus*. Utfallet av en kamp mellom disse kjempene var nok ikke gitt på forhand.

I tidlig kritt forekom også de første ceratopsiene, først ganske små psittacosaurer ("papegøyeøgler") og protoceratopsider ("første hornete ansikt"). *Protoceratops* fra Asia på 2 m lengde hadde kraftig "nebb" og nakkeskjold. I sein kritt fantes mye større former som bl.a. *Styracosaurus* og *Centrosaurus*, alle med



Triceratops – trehodet neshornøgle.

velutviklele nakkeskjold med eller uten pigger. På neseparti og panne fantes enorme horn, best utviklet hos den 9 m lange *Triceratops* (trehornet neshornøgle). Det fantes også flere andre former. Det største nakkeskjoldet hadde den nesten 8 m lange *Torosaurus*. Hodet dens var 2,6 m langt, dvs. det største hodet av noe kjent landdyr. De sistnevnte slektene er funnet i Nord-Amerika.

Selv om dinosaurene dominerte landjorda i (delvis trias,) jura og kritt, fantes fortsatt andre krypdyrgrupper, ikke minst innen Lepidosauria, bl.a. med øgler og (i kritt) de første slangene, mososaurer (digre, svømmende "rovfirfiser", orden Squamata). Mososaurene dominerte de grunne, kontinentale havene. Fossiler er funnet i Nord-Amerika og Japan. *Tylosaurus* var 11 m lang og et veldig rovdyr som antakelig levde av skilpadder, fisk og andre mososaurer. Hodet var langt, og både kjevene og tannbeinet hadde tenner. Lemmene var omdannet til luffer; den kraftige halen drev dyret fram gjennom vannet. Vel bevarte fossile mososaurtenner selges som suvenirer mange steder i verden

(sjekk Internet). Innen Anapsida oppsto de første marine skilpaddene i kritt, hvorav den største var den nesten 4 m lange *Archelon* fra Nord-Amerika. Også avanserte fugler eksisterte, hvorav noen akvatiske.

Avslutningen av krypdyras "blomstringstid" – et sceneskifte

Arter oppstår og dør ut. Hvor mange arter av dinosaurer og andre krypdyr som eksisterte mot slutten av kritt, dvs. for 65 mill. år sia, er det ikke lett å anslå, men antakelig var antall former allerede sterkt redusert i forhold til tidligere i perioden. Noen av de siste vi kjenner til var *Tyrannosaurus* (Saurischia) og *Triceratops* (Ornithischia). Utgravinger (fossiljakt) tyder på at det hele så tok en brå slutt (jf. avslutningen av perm). Og mange teorier er blitt satt fram omkring dinosaurenes utslettelse. Sammen med de siste dinosaurene døde også de fleste andre store krypdyr ut, dessuten mesteparten av den øvrige fauna og flora. Det må ha inntruffet en katastrofe av svære dimensjoner. Den rådende teorien i



1 m

Tylosaurus – et svært rovdyr som levde i havene.

dag er asteroideteorien, at jorda ble truffet av et himmellegeme. Denne teorien begynte å ta form rundt 1980 da forskere fant høye verdier av det på jorda sjeldne mineralet iridium i bergarter fra slutten av kritt. Dette mineralet er imidlertid vanlig i asteroider. I 1990 fant en beviset for et slikt nedslag i Mexico-gulfen. Asteroiden, som var 10 km i diameter, skapte et krater (Chicxulub-krateret) med diameter 200 km. Atmosfæren ble trolig formørket av støv som stengte ute direkte sollys gjennom mange år.

Noen grupper av krypdyr overlevde imidlertid kritt og ”fulgte med videre” til jordas nyere tid (kenozoikum): noen skilpadder, tuataraer, øgler/slanger og krokodiller, sammen med en del fugler og pattedyr. De som etter hvert kom til å overta hegemoniet som de dominerende skapningene på jorda gjennom de neste tidsalderne, dvs. tertiær og kvartær (inkludert nåtida), var pattedyra.

Er dagens fugler flygende dinosaurer?

PER GUSTAV THINGSTAD

Hoatzinen i Manu

For noen år siden befant vi oss i jungelen ute på en kroksjø ved elva Manu, en av kildeelvene til Amazonasfloden, i "Manu biosphere reserve" i Peru. Sakte, glidende på en treflåte over to kanoer av uthulte trestokker nærmer vi oss, nærmest i ærefrykt, et par karakteristiske, grå og brune fugler. Fuglene sitter i toppen av tørre tregreiner som henger ut over vatnet. Det er uten tvil to hoatziner (*Opisthocomus hoazin*), en fugleart som er så unik at den ikke bare representerer en egen slekt, men også en egen familie (Opisthocomidae). Mange fører den i dag sågar inn i en egen fugleorden (Opisthocomiformes). Disse fuglene, som blir knapt 70 cm store, er meget særegne. Både deres morfologiske (ytre) karakterer og atferd avviker så mye fra andre fugler at det er vanskelig å finne noen nære slektninger (se bilde under). Tilsynelatende må de ha gjennomgått en lang og uavhengig evolusjonær utvikling, der de har

beholdt visse primitive, opprinnelige karaktertrekk. Hoatzinen største særegenhet er kanskje dens unike formage (kro), som er langt større en selve magen, og som utgjør nærmere 25 % av fuglens totale vekt. Denne kan best sammenlignes med vommas funksjon hos drøvtyggere (som kyrne våre). Her bearbeides store mengder med tungfordøyelig planteføde, som stort sett består av bladverket fra tropiske belfrukter.

Idet hoatzinene letter like foran plattformkanoen vår, avdekkes et annet primitivt særtrekk. Selv om vingene er uforholdsmessig brede, avslører fuglene seg som dårlige flygere, og hodet er nesten groteskt lite med sin alltid oppslåtte fjærtopp. I lufta virker de nærmest mistilpasset i sin klossete og tunge flukt, som da også raskt avsluttes med to bråkete landinger i trær like ved. Mye av forklaringen til den dårlige flygeevnen er knyttet til deres store formage. Den opptar plassen til brystbeinet, som følgelig er sterkt redusert hos hoatzinene. Derfor er også flygemusklene, som vanligvis er festet til en stor kjøll på brystbeinet hos fuglene, tilsvarende reduserte hos denne arten.

Hoatzinen hekker i regntiden. Ettersom vi var i Manu på inngangen til regntiden, var vi ikke så heldige at vi fikk oppleve hoatzinens unger. Ungene har et anatomisk særtrekk som peker like mot de fossile funnene av de eldste fuglene vi kjenner, et trekk som de voksne fuglene mangler. Dersom ungene blir skremt når de ligger oppe i

To hoatziner ved Lake Salvadore, Manu, Peru. Disse primitive fuglene er trolig det nærmeste vi kan komme dinosaurens etterkommere i dag.

Foto: Per Gustav Thingstad





Archaeopteryx.

reirene sine, som er plassert i trær som henger ut over vatnet, kaster de seg i vatnet og svømmer raskt inn blant vegetasjonen på bredden. Her klynger de seg fast og klatrer opp etter plantene igjen når kysten er klar. Dette makter de ved hjelp av kraftige bein og to klør som de har på hver vingespiss. Dette siste trekket peker mot krypdyrforfedrenes atskilte fingre, og er helt samsvarende med de tre vingeklørne som er funnet blant annet på fossile avstøpninger av "urfuglen" *Archaeopteryx*

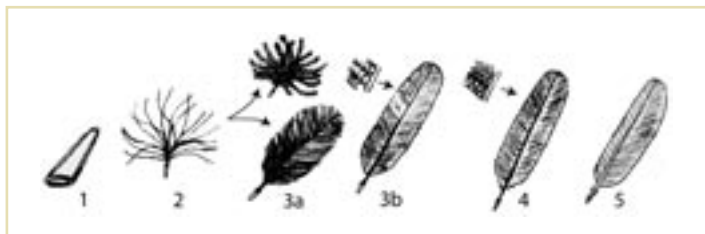
Urfuglen

Det første funnet av *Archaeopteryx* ble gjort ved Solnhofen i Bayern i Tyskland i 1860. Der ble det funnet et avtrykk etter ei 7 cm lang fjær i et sandsteinlag som stammet fra dinosaurenes dager, og året etter ble det avdekket et nesten komplett skjelett av en fjærkledd skapning på størrelse med en due like ved. Den fikk det vitenskapelige navnet *Archaeopteryx*, som egentlig betyr "gammel fjær". Dette var de første funnene som viste at fugler må ha opptrådt sammen med dinosaurene i jordas mellomalder. Skjelettet av urfuglen hadde altså tre "fingre" med klør på de fjærkleddede forlemmene. Dessuten manglet *Archaeopteryx* en kjøl på brystbeinet til feste for kraftige vingemuskler, men den hadde et ønskebein (som er en sammenvoksning av kragebeina) og en fjærkledd hale som var støttet av en forlengt ryggrad. I den nebbformete kjeven hadde den kjevebein med tenner i. På mange måter lignet den like mye på et krypdyr som en fugl.

Oppdagelsen av urfuglen kom like etter at Darwin hadde gitt ut "Artenes opprinnelse". Noen bedre dokumentasjon på Darwins, på den tiden så omstridte utviklingslære kunne en knapt ha håpet på. Huxley, en av Darwins støttespillere, hadde da også like forut for disse funnene beskrevet at det måtte ha eksistert en slik skapning, et utdødd bindeledd mellom krypdyra og dagens fugler. Flere funn ble senere gjort ved Solnhofen, og til sammen har disse fossilene gitt et godt bilde av urfuglens anatomi. Den nesten komplette fjærdrakten bidro til god isolasjon, og var trolig et viktig suksesskriterium for fuglens blomstringstid etter at dinosaurene døde ut. I alle fall bidro fjærdrakten til at det var mulig for fuglene å opprettholde en høy kroppstemperatur, noe som trolig hadde vært vanskelig for mange av dinosaurene. De første fjær og dunene hadde da heller ingenting med dyrenes flygeeve å gjøre, men det var heller deres isolasjonsevnen som var avgjørende for at de ble utviklet. Kanskje var mulighetene for bedre kamuflasje også viktig. Samtidig kunne en fjærbekledning også muliggjøre mer fargesprakende drakter. Fargepraktene har i alle fall vært en viktig funksjon hos hannene til mer moderne fugler, ettersom de ved hjelp av fargene kan sende ut attraktive signaler i spillet om å tiltrekke seg maker.

Et glimt av fortida

For å gå tilbake til hoatzinen et lite øyeblikk så mener en del moderne systematikere at klørne vi finner



Fjærviklingen (fra dinosaur til fugl) hovedsakelig basert på nyere fossile funn. De eldste fjærene (1) besto bare av hule sylindre, så en dusk av ugreinete stråler ut fra en fjærspole (2), deretter fikk vi mer avanserte dun med sidestråler eller også plane fjær med ugreinete stråler festet til en sentral fjærspole (3a). Noen fikk også plane, åpne fjær med enkle sidegreiner på strålene (3b), deretter symmetriske, lukkede fjær der fjærstrålene var sammenflettet via sidestrålene (4) og til slutt assymetriske, lukkede fjær (5) som hos *Eoalulavis* og moderne fugler (tilhører gruppen *Euornithes*). *Tyrannosaurus rex* hadde ikke fjærkleddning, men mange tror at de nyklekte ungene hadde en dunaktig bekkledning til beskyttelse mot været. Omtegnet fra Prum & Bruch (2004).

på vingespisser på dens unger like gjerne kan være en senere avledet karakter som en direkte arv fra dinosaurene. Det innebærer i så fall at klørne her er en sekundær tilpasning til et liv der det er viktig for overlevelsen at ungene raskt kan forlate reiret og unnsnippe predatorer lenge før de er i stand til å fly. De voksne hoatzinene har imidlertid også beholdt ungenes, og forløperne til de tidligste "fuglenes", tilbørighet til å klatre omkring i trærne. Uansett forhistorien til ungenes vingeclør: De primitive, obskure hoatzinene, med sine spesielle lyder og dufter, som sitter i trærne like ved oss i den frodige jungelvegetasjonen bidrar til at vi lett faller inn i en stemningen fra "Jurassic Park" og dinosaurenes tidsalder. Noen annen situasjon, der en kan komme nærmere etterkommerne til dinosaurene enn ved dette møtet med hoatzinene i "Manu biosphere reserve" i Peru er det da også vanskelig å tenke seg.

Fuglenes utvikling

Selv om hoatzinen er en dårlig flyger, er den nok langt dyktigere i lufta enn det *Archaeopteryx* og dens nære etterkommere noen gang var. Hoatzinens skjelett består som hos moderne fugler av lette,

hule bein, mens *Archaeopteryx* hadde krypdyras tunge bein og en kjeve tyngt med tenner. Nålevende fugler har i stedet utviklet nebbet som er en lett konstruksjon av keratin, og det er uten tenner. De har også fått et kraftig brystbein for feste av flygemusklene. Disse forbedringene har kunnet skjedd ved hjelp av naturlig utvalg over lang tid, for fuglene (eller deres fuglelignende forfedre) har etter det vi nå vet vært på jorda i minst 150 millioner år. Dette innebærer altså at fuglene beveget seg gjennom jura- og kritt-skogene sammen med dinosaurene. Men kan det dermed også ha eksistert noen felles avstamning av disse to dyregruppene? For å få svar på spørsmålet må vi gå til de sensasjonelle funnene som ble gjort i fossilrike steinbrudd, med tidlige krittavsetninger (124 - 128 millioner år gamle), i Liaoningprovinsen i nordøstlige Kina på slutten av 1990-tallet. Omstendighetene omkring disse funnene minner om en Indiana Jones-historie. Et av de første spektakulære fossile funnene herfra ble nemlig avslørt å være en forfalskning. I 1994 ble den første fjærkleddet dinosauren funnet her. Dette skjedde da gårdbrukeren Li Yinfang slo opp en steinhelle. Til hans forblyffelse kom et komplett skjelett av et langhalet, kylligstort dyr fram. Han forsto at han hadde funnet noe viktig, men det han ikke visste, var at han også hadde oppdaget den første fjærkleddet dinosauren. Dette var *Sinosauropteryx* med primitive, rørformete og kanskje også forgreinete fjærstrukturer.

Rekonstruksjon av **Bambiraptor**, modellert med en fjærdrakt som ligner den til voksne hoatziner.

Tegnet av Pat Redman. Fra Currie m.fl. (2004).



Den fire-vingete **Microraptor gui** må ha vært en effektiv glideflyger.

Theropoda

Dette er gruppen med kjøttetende dinosaurer som beveget seg på kraftige bakbein, men som hadde sterkt reduserte forlemmer. Et annet karakteristisk særtrekk var deres lange, kraftige haler. *Thyrannosaurus rex* tilhørte denne gruppen.

I perioden 1996-97 avdekket forskningsteamet som nå hadde ankommet Liaoning, flere meget interessante funn, blant annet en kalkunstor dinosaur (*Caudipteryx*) som også var meget godt bevart. På denne avdekket de fjær som lignet på moderne flygefjær på stjerten og på forlemmene. I 2005 ble en ny og meget spesiell art beskrevet. Dette var *Microraptor gui* som hadde asymmetriske fjær på både armer og bein. På moderne fugler er det asymmetriske fjær som bidrar til fuglenes gode flygeeve. Til sammen er det hittil på denne lokaliteten blitt funnet fossile fjær på mer en et dusin theropode dinosaurer, deriblant *Microraptor* og *Sinornithosaurus*.

I tusener av år trodde vi at fjær og fjærdrevet flukt var unikt for fuglene, men nå vet vi altså at theropode dinosaurer også hadde fjær, før fuglenes tidsalder, og at dinosaurene kanskje oppnådde noe

som ligner fuglenes flukt. Derfor har skillet mellom fugl og dinosaur stadig blitt mindre og mindre med dess flere nye funn som er blitt gjort. Funnet av *Bambiraptor feinbergi* fra Rocky Mountains i nordvestre Montana i USA er et annet slikt eksempel. Meget godt bevarte eksemplarer av denne lille, høyt utviklete, fuglelignende predator-dinosauren er nylig (publisert i 2000) blitt funnet i sedimenter som ble avsatt for 85 til 74 millioner år siden. Funnet av disse fossile skapningene avdekker flere ervervede karaktertrekk, blant annet en avansert hjerne og et velkoordinert skjelettsystem.

Evnen til å fly

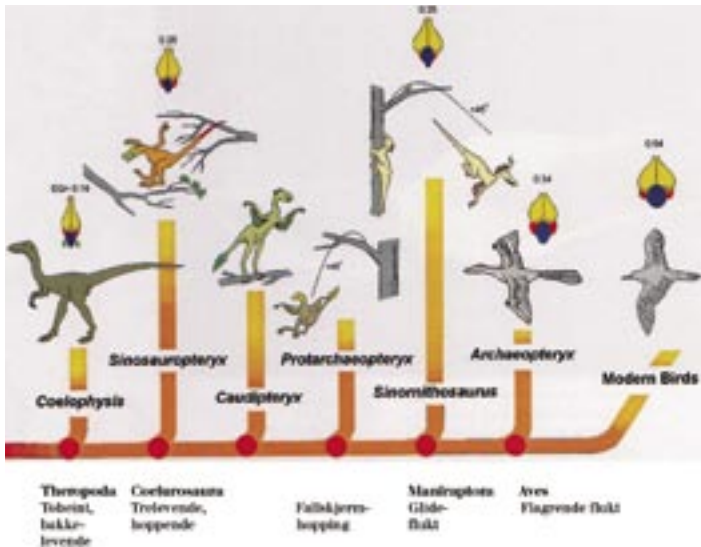
Spranget fra å være bakkelevende skapninger til å kunne fly gjennom lufta kan synes å ha vært stort, men i dag tror en at det hele startet med at de første fuglelignende skapningene utviklet seg fra små kjøttetende



Små kjøttetende *Sinosauropteryx* klatrer opp i trærne for å unngå større kjøttende dinosaurarter.

Tegnet av Kyle McQuilkin. Fra Currie m.fl. (2004).

Den paleoøkologiske utviklingen av fuglene og deres flukt. Fra bakkelevende, kjøttetende dinosaur til moderne, flygende fugl. Fra Currie et al. (2004).



dinosaurer (som *Sinosauropteryx*). For å unnsnippe større kjøttetende arter begynte de å klatre opp i trærne.

De trelevende formene var mer eksponerte for været, slik at dunlignende fjær trolig ble utviklet i isolasjonsøyemed. Men fra å få fjær til å få funksjonelle vinger er det fortsatt et langt sprang. Hvordan skjedde dette? Forlemmene til de bakkelevende dinosaurerne var som kjent sterkt tilbakedannet. Hos *Tyrannosaurus* var f.eks. indeksen for forholdet mellom lengden av for- og baklemmer 28 %, mens den hos den trelevende *Sinosauropteryx*, der bevegelsesfunksjonen til forlemmene (under klatringen) igjen fikk større betydning, var kommet opp i 35 %. Verken fjærkledning til *Sinosauropteryx* eller dens forlemmer ga imidlertid store bæreflater, så *Sinosauropteryx* sine luftferder

var nok begrenset til å foreta luftige sprang fra tre til tre. Gradvis finner vi imidlertid at forlemmene blir forlenget hos trelevende theropoder. Hos *Protarchaeopteryx*, som trolig foretok seg sprang som minnet om fallskjermhopping, var denne indeksen 66 %, og hos *Sinornithosaurus* som trolig bedrev en form for glideflukt, var den hele 96 %. *Microaptor gui* hadde et dobbelt sett med vinger, ett på for- og ett på baklemmene. Dette har nok vært en tilpasning til en mer effektiv glideflukt, men kanskje også et evolusjonært blindspor i forhold til en utvikling mot å kunne flagre med vingene, noe som er en forutsetning for at fuglene kan foreta lengre luftferder. Hos *Archaeopteryx* finner vi til sammenligning en for-/baklem-indeks på 100, dvs. at forlemmene (vingene) var like lange som baklemmene (føttene). Parallelt med forlengelsen av forlemmene skjedde utviklingen av fjærene, og hjernevolumet ble forstørret. Bevegelse gjennom lufta kunne bare skje ved hjelp av en tredimensjonal orienteringsevne, og dette betinget en større hjerne. I sum avdekker de mange nye funnene et mønster der en kan spore den gradvise utviklingen av forlemmer, fjær og hjerne. Dette har etter hvert muliggjort at dinosaurerne, og deres etterkommere fuglene, har kunnet foreta det endelige spranget fra et liv på bakken, via trærne, og fram til å bli luftens herskere.

Mellomleddene

Akkurat som nyere funn fra blant annet Kina har fylt ut gapet mellom



En av "terrorfuglene" *Andalgornis* i ferd med å fortære sitt bytte, et lite hestelignende pattedyr (*Brachytherium*) - en mulig scene fra rovfuglenes velmaktstid under tertiær.

Archaeopteryx og de typiske theropod-dinosaurene fra jordas mellomalder, har nye funn av fuglefossiler fra kritt begynt å fylle ut gapet mellom *Archaeopteryx* og moderne fugler. Blant annet er tre arter (*Ambiortus*, *Chaoyangia* og *Gansus*), som stammer fra tidlig kritt, blitt avdekket i Mongolia og Kina. Disse hadde markerte brystbein og en kraftig kjøll for feste av flygemuskler. Fra sentrale Spania kommer et annet verdifullt funn. På 1990-tallet fant en her et nytt fossil som var det første beviset på at en fugl hadde utviklet en fullverdig aerodynamisk flukt. Denne fossilerte, finkestore fuglen hadde en helt fuksjonell lillevinge (alula). Denne lille fjærviften øker krumningen av vingen, og virker som flapsene på fly ved start og landing. Fuglen, som fikk navnet *Eoalulavis hoyasi*, levde for omlag 115 millioner år siden, ca. 30 millioner år etter *Archaeopteryx*, og hadde altså allerede under kritt vært meget manøvrerbar og i stand til å fly med lave hastigheter.

Da dinosaurene forsvant

De dyrene vi tradisjonelt kaller dinosaurene døde ut på overgangen mellom kritt og tertiær (også kalt K-T-grensen). Uansett om årsaken til denne masseutslettingen var massive vulkanutbrudd og retrett av grunne sjøområder eller et fatalt meteorittnedslag, så forsvant den dyregruppen som hadde rådd grunnen på jorda i nærmere 150 millioner år i løpet av dette tidsintervallet. Eller mer presist, de bakkelevende store dinosaurene forsvant, men deres mindre,

fjærkledd, flygende etterkommere klarte seg sammen med blant andre en del primitive pattedyrgrupper som også hadde eksistert sammen med dinosaurene. Og nå sto mange nisjer ledige for de som hadde kommet seg gjennom ragnaroket på K-T-grensen. Det var nettopp dinosaurenes etterkommere, fuglene, som sto klar til å fylle dette tomrommet, og da spesielt nisjen til sine forfedre rovdinosaurene. Fram til så seint som for omlag 2 millioner år siden rådde fuglepredatorene grunnen i Sør-Amerika, da tok innvandrende rovpattedyr fra nord definitivt over også her. I løpet av denne tiden utviklet det seg noen helt groteske former som passer godt med navnet "the terror birds", f.eks. *Andalgornis* i Sør-Amerika. På matseddelen til disse rovfuglene sto små, hestelignende pattedyr (*Brachytherium*) som levde på denne tiden.

I Australia fantes det en periode bakkelevende fugler (innen familien Dromornithidae) som trolig veide så mye som 500 kg. Disse fuglene levde trolig hovedsakelig av åtsler, og de må ha vært de største rovdyra på to bein siden de kjøttetende dinosaurene. Men deres blomstringstid er et annet kapittel i jordas fantastiske utviklingshistorie; et kapittel vi ikke skal gå nærmere inn på i denne sammenheng. I dag får vi nøye oss med å beundre *Opisthocomus hoazin* (hoatzinen) i Sør-Amerikas jungel for å drømme oss tilbake til dinosaurenes eller de store rovfuglenes tidsaldrer. Kanskje er det like så bra at vi mennesker ikke var inne på deres arena.

Fossile planter – døde og levende

DAGMAR HAGEN

Dette kapitlet handler om planter som er mye eldre enn dinosaurene og som fremdeles finnes på jorda!

Plantelivet i dinosaurenes tid var tilsynelatende ganske forskjellig fra dagens, og de fleste artene fra denne tida har dødd ut. Men alle de store plantegruppene vi har nå fantes allerede den gang. Den største forskjellen er det store mangfoldet av blomsterplanter vi har i dag. Blomsterplantene har vist en fabelaktig evne til å tilpasse seg og erobre jorda.

Gigantiske slektninger til våre bregner, kråkefotplanter og sneller preget livet på landjorda for 300 millioner år siden. På dinosaurenes tid var det de nakenfrøete plantene (gymnospermene) som bartrær, konglepalmer og ginkoer som domerte. I dag er det de dekkfrøete plantene (angiospermene) som har overtatt denne rollen, både med tanke på arts mangfold og tilpasning til ulike miljøer på landjorda.

Planterikets utvikling

Mange av plantegruppene som dominerte på den tiden dinosaurene levde hadde da allerede levd en god stund. Mange av dem lever fremdeles i beste velgående rundt omkring på jorda. Dinosaurene beitet på planter som var nære slektningene til noen av de plantene vi ser ute i naturen, og til noen av dem vi har i vinduskarmen.

Hvordan kan vi vite hvilke planter som fantes for mange millioner år siden – og hvordan kan vi vite

hvordan de har utviklet seg og om de er i slekt med de plantegruppene vi har i dag? Kunnskap innen ulike fagfelt kombineres, som geologi, evolusjonsbiologi, paleobotanikk og økologi.

Det er grovt sett to måter å rekonstruere hvordan evolusjonen har foregått. Den ene er å ta utgangspunkt i det som var: ”fortida er nøkkel til framtida”. Dette er en geologisk framgangsmåte der studie av fossiler er svært sentral. Den andre er nesten motsatt, der man gjennom det som finnes i dag (likheter mellom organisme-grupper, planteorganer, molekyler) forsøker å skape et bilde av hvordan utviklingen kan ha foregått: ”nåtida er nøkkel til fortida”. Økologer og evolusjonsbiologer har ofte denne siste innfallsvinkelen. Begge tilnæringsmåtene har fordeler og ulemper, og det beste er om man klarer å kombinere dem.

Fossiler er svært viktige for å studere plantenes utviklingshistorie. Det finnes ulike typer fossiler, og disse kan gi oss kunnskap på forskjellige måter. Av og til finner man planterester i stein, og da kan det være mulig å ta ut DNA og dermed få informasjon om arvestoffet i den planten som er funnet. DNA fra den utryddede bregnearten *Hymeneia protera* er tatt ut fra rav ved hjelp av denne metoden. Mer vanlig er det å finne fossiler som forkulla avtrykk av sammenpresset plantemateriale. På slike fossiler er avtrykk av plante-strukturer som sporer og bladnerver godt synlige og kan studeres i detalj.

I 100 millioner år gamle fossiler av *Ginko gigitata* funnet på Svalbard er det lett å se det nære slektskapet ved nåtidens eneste gjenlevende ginko, *Ginko biloba*.

Fossiler kan bare gi enkelte glimt av fortida. Fossile planter er ofte dårlig bevart, og de fleste fossiler viser små og utydelige deler av planten. Da kan det være lett å feiltolke, slik at genetiske forskjeller innen en art (f.eks. store og små blad) oppfattes som ulike arter. I tillegg er det ikke alle plantegrupper som kan bevares som fossiler. Noen planter eller bløte plantedeler er lett oppløselige og vil råtne eller forsvinne i løpet av kort tid. Noen planter som vokser i sumper og vannkanter kan bli raskt begravd i sand, og uten tilgang på luft kan de bli bevart og komprimert, mens planter som har levd i andre miljøer ikke blir bevart på denne måten. Til sammen gjør alle disse begrensningene studie av fossiler til et svært komplisert puslespill med mange, små biter – der også mange brikker mangler.

De aller første plantene

Jorda er ca. 5 milliarder år, og i løpet av de siste vel 3 milliarder årene har livet utviklet seg. Den globale temperaturen, utviklinga av en atmosfære og utbredelsen av havområdene hadde til sammen skapt et miljø som gjorde utviklinga av liv mulig, og ble dermed starten for biologisk evolusjon. Det er først de siste 545 millioner årene at mer avanserte, flercellede organismer har utviklet seg.

Det første livet på landjorda besto av *prokaryoter*, dvs. svært enkle og små organismer som bakterier og blågrønnalger. De eldste fossilene som er funnet er fra Grønland og Australia og viser mer enn 3 milliarder år gamle prokaryoter. Etter hvert ble *eukaryote* celler utviklet. Eukaryote celler har cellekjerne og andre trekk som gjør dem mer avanserte enn de prokaryote. Det er funnet ca. 2 milliarder år gamle fossiler av eukaryote celler i Nord-Amerika. I dag finnes eukaryote celler som tre hovedtyper flercellede organismer: planter, dyr og sopp. Utviklingen av eukaryote organismer er kanskje den aller viktigste begivenheten i historien om livet på jorda.

Vi vet lite om utvikling og slektskap mellom de tidligste formene for planteliv, mellom annet fordi det finnes så lite fossilt materiale. Vi vet at *bakterier* og *blågrønnalger* (prokaryoter) har vært på jorda i flere milliarder år. De første algene ble også utviklet for svært lenge siden. *Rødalgenes* historie er best kjent, etter som mange av disse skiller ut kalk og dermed finnes som fossiler. *Brunalgene* går derimot raskt i oppløsning og finnes ikke som fossiler. Vi vet svært lite om deres historie. Det er funnet fossiler av flercellede *grønnalger* i 700 – 800 millioner år gamle avsetninger på Svalbard, og disse viser morfologisk forgreining som tyder på at grønnalgene kan være opphavet til den videre utviklingen i planteriket.

Plantelivets utvikling: perioden der de eldste fossilene er funnet eller periodene da gruppene levde.

Utdøde grupper er merket *. Antall nålevende arter i gruppene (unntatt for encellede alger) er angitt i parentes. Kilde: www.toyen.uio.no/palmsus/galleri.

Alger

Encellede alger

Kalkflagellater (coccolitter) – karbon

Fureflagellater (dinoflagellater) – silur

Kisعالger (diatoméer) – undre kritt

Kiseflagellater (silikoflagellater) – undre kritt

Makroalger

Grønnalger – prekambrium (ca. 20 000)

Rødalger – kambrium (ca. 4 000)

Brunalger – devon? (ca. 2 000)

Moser – silur (ca. 25 000)

Karsporeplanter

Rhyniofytter – midtre silur – tidlig devon *

Zosterofyllofytter – tidlig – sen devon *

Trimerofytter – midtre devon *

Progymnospermene – devon *

Kråkefotplanter – sen silur (ca. 1000).

Flere grupper *

Snelleplanter – midtre devon (25).

Flere grupper *

Bregner – midtre devon (ca. 9 500)

Froplanter

Nakenfrøede (gymnospermer)

Konglepalmer (cycadéer)

– tidlig karbon (ca. 100 arter)

Bennettittær – sen trias – sen kritt *

Frøbregner – sen devon – jura *

Ginkoer – sen karbon (1)

Cordaiter – karbon – perm *

Bartrær – sen karbon (ca. 600)

Dekkkfrøede (angiospermer)

Enfrøbladete – tidlig kritt (ca. 60 000)

Tofrøbladete – tidlig kritt (ca. 190 000)

Plantene erobrer landjorda

Plantenes kolonisering av landjorda er en annen svært viktig begivenhet i livets historie. Før landplantenes tid var jorda som en ørken uten vegetasjon, kanskje med unntak av litt alger og kanskje lav. Det er funnet makrofossiler fra devon ulike steder på jorda og som viser ekte landplanter. Slike fossilfunn er også gjort i Trøndelag.

I løpet av silur hadde det utviklet seg planter som var i stand til å leve permanent på landjorda. To viktige forhold gjorde dette mulig:

- I silur skjedde det miljøendringer på landjorda som gjorde at planter kunne leve her. Viktige miljøendringer var for eksempel stabilisering av havnivået og dermed mer stabile og tilgjengelige levemiljøer nær havet, etablering av jordsmonn og klimatiske forhold knyttet til temperatur og nedbør.
- Plantene utviklet morfologiske og fysiologiske trekk som satte dem i stand til et liv på land. De utviklet røtter og vev som var spesialisert til å transportere vann og næringsstoff oppover en stengel og støttevev slik at plantene kunne stå opprett på land. Plantene utviklet også et hudlag (kutikula) med spalteåpninger som gjorde dem i stand til å leve på land uten å tørke ut. Sporene, som var plantenes formeringsenhet, utviklet tilpasninger mot tørke og UV-stråling, og dermed kunne de spres med vind og ikke bare med vann som de mer primitive sporene.

Etter at de første plantene hadde erobret landjorda, gikk utviklingen fort. Det ble raskt flere arter og en differensiering innen artene; mangfoldet økte. Klimaet var ikke likt over hele jorda, og breddegradene var med på å skape ulike levevilkår. Forskjellige arter levde i ulike deler av jorda. Læren om slik geografisk fordeling av arter og økosystemer på landjorda kaller vi biogeografi. Allerede i slutten av karbon fantes det flere biogeografiske regioner på jorda. Også for de aller tidligste landplantene var miljøet styrende for hvor de kunne vokse.

Fossiler fra karbon og devon viser at det fantes skoger med opptil 50 meter høye trær. Dette var ikke trær som vi kjenner fra dagens skoger, men gigantiske slektninger av våre *bregner*, *sneller* og *kråkefotplanter*, såkalte karsporeplanter. De enorme sumpskogene i karbon ble etter hvert omdannet til kull og utgjør i dag svært viktige ressurser. På Spitsbergen og Bjørnøya er det gjort funn av kjempefossiler. I denne perioden lå Svalbard så langt sør som ca. 20-30° nordlig bredde, og klimaet var varmt og fuktig.

De store snellene og kråkefot-trærne døde ut i perm. Sneller finnes ennå, men i dag bare som urter, i snelleslekta *Equisetum* med om lag 25 arter. Også kråkefotplantene hadde sitt høydepunkt i karbon, men er fremdeles representert med om lag 1000 arter. Bregnene er den eldste plantegruppa på landjorda som fremdeles er av stor betydning. Det finnes ca. 10 000 arter fordelt på



Kråkefotplanten lusegras *Huperzia selago*.

Foto Eli Fremstad.



Bregnen strutseving *Matteuccia struthiopteris*.

Foto Bård Skavlan.

260 slekter, de fleste i varme strøk. De fleste bregnene er urter, men det eksisterer også store trær (trebregner). Mange av bregnefamiliene har få arter, noe som tyder på at de er rester, eller relikter, etter tidligere artsrike familier.

I løpet av karbon skjer det en svært viktig utvikling når plantegruppene *frøbregner* og *cordaiter* oppstår. Dette er de første plantene som formerer seg med frø, og ikke sporer slik tilfellet var fram til karbon. Begge plantegruppene døde ut, men fossiler av dem er funnet mellom annet i Oslofeltet. I løpet av perm utvikler *frøplantene* seg, og nye plantegrupper som *konglepalmer*, *bartrær* og *ginkoer* oppstår. Disse finnes fremdeles på jorda, mer enn 250 millioner år seinere, og mange av dem er også svært lik sine gamle slektninger. Det er blant disse plantegruppene vi finner det vi kaller *levende fossiler*.

Det er gjort funn av fossile sopp-sporene fra devon som viser at *sopp* eksisterte allerede for mer enn 360 millioner år siden. Trolig fantes *moser* i silur, samtidig som de første landplantene oppsto. Moser forekommer sjelden i fossilt materiale etter som plantevevet er forgjengelig. Vi har dermed liten kunnskap om opprinnelsen til mosene.

Allerede ved inngangen til jordas mellomalder, dinosaurenes periode, var de fleste plantegruppene representert på jorda med stort mangfold og ei viss geografisk fordeling.

Plantelivet på dinosaurenes tid

I løpet av jordas mellomalder forflyttet kontinentene på jorda seg over store avstander. Svalbard beveget seg i denne perioden fra ca. 45° til 60° nordlig bredde, og klimaet var temperert og fuktig.

Plantelivet var i begynnelsen av mellomalderen fremdeles preget av plantegruppene fra tidligere tider, som sneller, bregner og kråkefotplanter. Men i løpet av trias fortsetter utviklingen av *nakenfrøede* planter. Bartrær, ginkoer, konglepalmer og frøbregner blir etter hvert de viktigste gruppene. Vi kan spore opprinnelsen til alle bartrefamilier som lever i dag tilbake til trias. Velkjente slekter som barlind og sypress oppstår i jura, og konglepalmer og ginkoer når da sitt høydepunkt. (Disse plantegruppene finnes det nå spredte rester av.) I jura blir jordas vegetasjon totalt dominert av nakenfrøete planter,



Konglepalmen *Cycas revoluta* i Ringve botaniske hage, med nærbilde av blad. Foto Bård Skavlan.



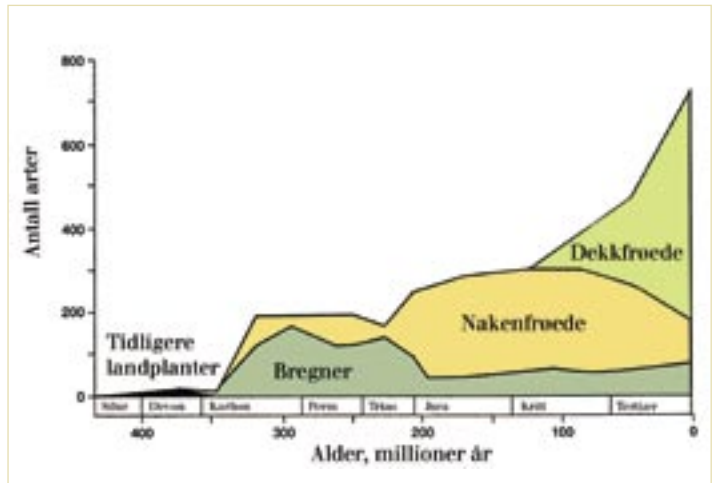
Ginkgo biloba: eneste gjenlevende art i sin gruppe. Foto Bård Skavlan.

og vi kan se antydninger av de biogeografiske hovedregionene som vi finner i dag.

Det neste viktige steget i plantenes historie er utviklingen av de *dekkfrøede plantene* (angiospermerne, blomsterplantene). Dette er planter der frøemnet er beskyttet inne i en fruktknute, i motsetning til hos de nakenfrøede der frøemnet er ubeskyttet. De dekkfrøede plantene skal vise seg å være et evolusjonært og økologisk "blinksudd". Det aller eldste kjente fossilet av en dekkfrøet plante er 140 millioner år gammelt (tidlig kritt). I løpet av perioden 140 – 65 millioner år ble denne plantegruppen dominerende de fleste steder på landjorda. I kritt er det en svært rask økning i antall slekter og arter. Svært mange av plantene som oppsto i kritt er fremdeles viktige. De fleste er tropiske slekter, men det gjelder også mange av våre hjemlige slekter som alm *Ulmus*, bjørk *Betula*, pil *Salix* og bøk *Fagus*.

Hvorfor oppsto blomsterplantene så seint, og hvordan kunne de få slik eventyrlig suksess?

- En påstand er at blomsterplantene oppsto mye tidligere, men at de ikke kunne bli påvist som fossiler pga. voksested eller mykt plantevev.
- Frøene til blomsterplantene ligger inne i et frøskall. De er dermed beskyttet mot tørke eller soppangrep. I tillegg har frøene evne til rask spiring og vekst.
- Det har også vært hevdet av dinosaurene påvirket vegetasjonen i retning av mer dekkfrøede planter. Dinosaurene beitet på bregner og nakenfrøede trær, og dette kan ha ført til overbeite eller åpninger i plantedekket som har gjort det mulig for de nye plantene å etablere seg. Dekkfrøede arter med evne til rask etablering kan ha blitt favorisert. Denne forklaringen er møtt med mye kritikk og motargumenter.
- I den samme perioden som



De dekkfrøede plantene dukket opp i kritt og økte veldig i tertier. Ormtegnat fra Willis & McElwain (2002).

blomsterplantene inntar jorda, øker mangfoldet av insekter raskt. Det er mange eksempler på at blomsterplantene har spilt på lag med insektene gjennom evolusjonen, og de to organisme-gruppene har hatt positiv virkning på hverandre.

Dinosaurene døde ut, men hva skjedde med plantene?

For om lag 65 millioner år siden var dinosaurenes periode over. Da var blomsterplantene allerede dominerende de fleste steder på landjorda. I dag er de totalt dominerende med mer enn 250 000 arter. Det finnes en del nakenfrøede arter som arealmessig er viktige i enkelte områder, men mangfoldet her er ikke overveldende: omlag 1600 arter bartrær, ca. 100 arter konglepalme og én ginko. Fremdeles lever de gamle plante-gruppene som bregner, sneller og kråkefotplanter i beste velgående, men uten å være arealmessig viktige.

For ca. 65 millioner år siden hadde kontinentaldrifta plassert kontinentene omtrent slik vi kjenner dem fra dagens globus, og de store fjellkjedene i Himalaya, Alpene og Kaukasus var på plass. Klimaet ble kaldere enn på dinosaurenes tid, og det var som kjent flere istider gjennom hele tertiær, med varmetider imellom. Fossiler fra denne perioden viser at plantene var tilpasset et varmt og fuktig klima, og at de forskjellene som fantes mellom hovedtypene av vegetasjon ikke i så stor grad

skyldtes klima, men trolig i hovedsak forskjeller i daglengde og sesongvariasjon. Fossiler fra Svalbard viser at øygruppen i denne perioden var dekket av frodige skoger med lauvtrær og bartrær. Disse skogene ga opphav til noen av kullagene som det drives gruvedrift på. I tertiær lå Svalbard på ca. 70° nordlig bredde.

Siden har det skjedd en enorm økning i mangfoldet hos dekkfrøede planter. De aller fleste arter og slekter som finnes i dag er yngre enn 65 millioner år, selv om de fleste plantefamiliene er eldre. En viktig og ung familie er grasfamilien *Poaceae*. Den oppsto for ca. 60 millioner år siden og erobret etter hvert store landareal på bekostning av skog. I dag finnes det mer enn 10 000 grasarter, og grasdominerte økosystemer utgjør mer enn 50 % av jordas landareal. Dette var et nytt evolusjonært "blinksudd". 52 % av karbohydratene i kostholdet til jordas befolkning kommer fra nettopp grasfamilien. Men dinosaurene fikk aldri anledning til å beite på frodige grasmarker. Forskere har ulike teorier om hvorfor grasfamilien fikk så rask og stor suksess. Det tørre klimaet i tertiær førte til at det oppsto hyppige branner. Grasartene har vekstpunkt helt nede ved bakken. Etter en moderat brann kan vekstpunktet være intakt, og veksten hos graset kan ta til umiddelbart. Mange andre planter har vekstpunktet i skuddspissene, og må dermed etablere seg på nytt etter brann. Sammensetningen av beitedyr kan også være med å forklare



Skuddspiss av vanngran *Metasequoia glyptostroboides* – et "levende fossil". Foto Bård Skavlan.

suksessen til grasfamilien i tertiær. Det ble færre krypdyr, mens det ble stadig flere pattedyr. Deriblant ble hovdyra ei viktig gruppe. Hovdyras beitemønster favoriserer trolig grasartene. Mens krypdyra reiv opp plantene med rota, beiter hovdyra på en måte som gjør at vekstpunktet til grasartene bevarer.

En annen viktig plantefamilie som oppstår i denne tørre perioden er korgplantefamilien *Asteraceae*. Korgplantene finnes i dag over hele jorda, og mange av artene har spesielle tilpasninger til overlevelse under tørre forhold.

Gjennom perioden 40 – 20 millioner år siden skjedde det enorme svingninger i klimaet på jorda, fra tropiske til polare forhold. Men for ca. 10 millioner år siden var fordelingen av tropisk regnskog, tempererte og boreale områder og tundra mot polene slik vi kjenner den i dag. Det finnes ikke fossile bevis for tundravegetasjon som er eldre enn 2-3 millioner år, men ut fra kjennskap til klimaforhold på denne delen av kloden blir det hevdet at den nordlige tundraen kan ha eksistert i 10 millioner år.

Levende fossiler

Det er ikke mulig å identifisere tilsvarende tydelige masseutslettelse av store plantegrupper tilsvarende det vi hadde for dinosaurene. De fleste store plantegruppene har levd på jorda over svært lange perioder, som algene (trolig mer enn 500 millioner år),

eller bregnene og snelleplantene (400 millioner år).

De fleste arter, slekter og familier innen de eldste plantegruppene har dødd ut gjennom tidene, mens nye har oppstått. Men faktisk finnes det eksempler på at dagens planter er svært lik sine gamle slektninger, som tempeltreet Ginko biloba og vanngran *Metasequoia glyptostroboides*. Tempeltreet er eneste gjenlevende ginkoart på jorda, men fossilfunn viser at den er svært lik slektningene fra perm. Vanngran var kun funnet som fossil inntil en japansk botaniker fant levende planter i Kina i 1941. Begge artene har overlevd dinosaurene. Disse "levende fossilene" finnes i Ringve botaniske hage. De oppbevares i veksthus gjennom vinteren, men om sommeren settes de ut i den systematiske avdelingen i hagen sammen med andre nakenfrøede arter.

Menneskets evolusjon

ARNE MOKSNES

Det nære slektskapet mellom mennesket og menneskeapene er godt dokumentert, spesielt mellom mennesket og sjimpansen som har 98,5 % av alle genene felles. Menneskeapene er nærmere beslektet med mennesket enn med laverestående primater (dyreaper). I dette ligger at mennesket og menneskeapene må ha hatt en felles stamfar i en ikke altfor fjern fortid.

De eldste fossilfunn av primater er datert til å være 65-70 mill. år gamle og stammer fra Nord-Amerika. De viser en tydelig tilpasning til livet i trær. De høyere primatene, Anthrooidea, ble sannsynligvis utspaltet for ca. 40 mill. år siden, og fra ca. 25 mill. år dominerer disse over halvapene når det gjelder fossilfunn. På denne tiden forsvant primatene fra Nord-Amerika og kom ikke tilbake hit igjen før det moderne mennesket, *Homo sapiens*, vandret inn fra nord under istidene.

De eldste fossilene av menneskeaper er over 30 mill. år gamle og ble funnet i Egypt. Afrika er menneskeapenes og menneskets opprinnelige hjemsted. Etter dette fulgte ca. 10 mill. år som er ganske ukjente fordi det er funnet svært få fossiler fra perioden. Det neste, mest kjente funn av menneskeaper er det nesten komplette skelettet av *Proconsul africanus* fra Kenya, som levde for omkring 20 mill. år siden. Den var kraftig bygd og hadde en del likhetstrekk med sjimpanse og gorilla.

Deretter fulgte fossilgruppen av menneskeaper som tidligere ble

mye diskutert som en mulig forløper for mennesket. Den fikk først slektsnavnet *Ramapithecus*. Den er funnet i Afrika, Europa og Asia med en alder som spenner fra 9 til 14 mill. år. *Ramapithecus* kunne vandre ut fra Afrika fordi Afrika og Eurasia på grunn av kontinentaldrift hadde "møttes" og smeltet sammen. Utbredelsen ble tidligere feilaktig brukt som argument for at mennesket ikke oppsto ute-lukkende i Afrika, men over et større område. Nå har det vist seg (bl.a. gjennom molekylærbiologiske undersøkelser) at *Ramapithecus* ikke var forløper for sjimpansen og mennesket, men derimot for orangutangen. Den regnes nå til en annen slekt, *Sivapithecus*.

Når ble fortidshominidene skilt ut fra en stamform som var felles med dagens menneskeaper? Dette har vært et sentralt tema i forskningen om menneskets evolusjon. Molekylærbiologiske undersøkelser antyder at det skjedde for ca. 5 mill. år siden, men på grunnlag av fossiler har mange paleontologer ment at det må ha skjedd noe tidligere. Et mye omtalt fossilfunn i Tsjad i 2001 kan kanskje peke i denne retning. Funnet besto av 6-7 mill. år gamle kranierester som ble klassifisert som en ny art, *Sahelanthropus tchadensis*. På tross av stor oppsikt var imidlertid materialet for lite til å gi grunnlag for vidtgående konklusjoner, bl.a. kunne det ikke avgjøres om *Sahelanthropus* hadde oppreist gange. Spørsmålet omkring delingspunktet for linjen fram til dagens menneskeaper og menneskelinjen

Primat

Alle arter som tilhører pattedyrordenen Primates.

Halvaper

underordenen Strepsirhini som er en av to underordener under Primates. Hit hører f. eks. lemurene på Madagaskar.

Dyreaper

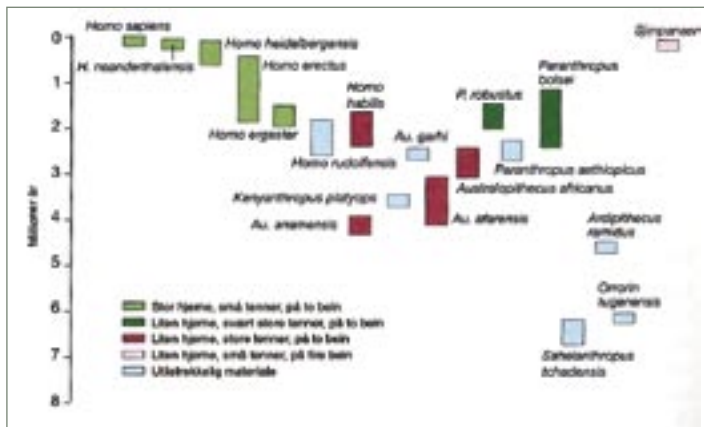
Alle oper i underordenen Haplorhini unntatt menneskeapene og mennesket. I denne underordenen finner vi de fleste av de nålevende arter av primater.

Menneskeaper

Sjimpanse, dvergsjimpanse, gorilla og orangutang.

Hominide

Betyr egentlig alle nålevende og utdøde arter innen familien Hominidae (menneskeaper og mennesket). Tradisjonelt er begrepet mye brukt om fortidsmennesker av slektene *Australopithecus* og *Homo*.



Oversikt over fossilfunn av fortidshominider med tidsangivelse. Horisontalt er artene gruppert sammen ut fra morfologisk likhet. Omtegnet etter Freeman & Herron (2004).

er usikkert fordi vi på grunn av lite fossiler har få holdepunkter for det som skjedd i perioden fra ca. 9 mill. år siden og fram til 4-5 mill. år. Det er i det hele tatt gjort få fossilfunn fra den lange perioden fra 14 til 4 millioner år.

Sannsynligvis har det eksistert mange arter av hominider de siste 4-5 mill. år (se figur 1), og det er presentert ulike hypoteser for slektskapet mellom dem. Imidlertid er graden av slektskap mellom artene ofte dårlig belyst. Nyere forskning har indikert at slektskapstreeet er mer forgrenet og komplisert enn en hittil har tenkt seg, bl.a. med mange utdøde grener. Artsbegrepet er også vanskelig å bruke på fossilt materiale. Det blir ofte et spørsmål om hvor stor variasjon en vil tillate innenfor det som blir definert som en art.

Ardipithecus ramidus, 4,4 mill. år
De første hominider er inntil nylig blitt plassert i slekten *Australopithecus* med

Astralopithecus afarensis som den mest kjente. Det vakte oppsikt i 1995 da det i Etiopia ble funnet tenner, kraniefragmenter og deler av en arm som ble datert til en alder på 4,4 mill. år, og som viste store likheter med sjimpanse.

Dette er den mest apelignende hominiden som er kjent, og den var betydelig eldre (0,5 mill. år) enn *Australopithecus afarensis*, som den gang var den eldste av de kjente hominidene. Etter først å ha blitt beskrevet som tilhørende slekten, *Australopithecus* er den nå plassert i en egen slekt med artsnavnet *Ardipithecus ramidus*.

Fossilene ga ikke grunnlag for å si noe om hvorvidt den hadde oppreist gange. Sedimentundersøkelser samt paleobotaniske og -zoologiske data antyder at den levde i et skoglandskap, og det samme var tilfelle med *Sahelanthropus tchadensis*. Det er blitt antatt at det var den etterfølgende *Australopithecus afarensis* med sin større økologiske toleranse som tok det endelige steget ut på den åpne savannen. Det har vært vanlig å tro at en stor del av menneskets utvikling skjedde på savannen, men kanskje hadde de første hominidene tilknytning til trær lenger enn antatt.

Australopithecus, 2,4 – 4,2 mill. år
Den eldste hominiden i denne slekten ble funnet i 1994 ved Turkana-sjøen i Kenya. Det mest sensasjonelle ved disse fossilene var at de i tillegg til bl.a. tenner, kjever og armskjelett, også omfattet leggbein med en bygning som ligner mye på menneskets. Detaljer viste at denne hominiden etter all sannsyn-

lighet hadde gått på to bein. Alderen ble datert til minst 4 mill. år som i dag er den eldste dokumentasjon av oppreist gange.

Denne nye hominiden, *Australopithecus anamensis*, ble på samme måte som de to foregående artene funnet i et område som en antar var skogbevokst da den levde der. Funnet har derfor ytterligere styrket den nye antagelsen om at oppreist gange utviklet seg allerede mens hominidene levde sammen med apene i skogsområder.

Om de senere års funn har vakt oppsikt, var sensasjonen enda større da det i Etiopia i 1974 ble funnet store deler av skjelettet av et over 3 mill. år gammelt individ som fikk artsnavnet *Australopithecus afarensis* og som også ble berømt under navnet "Lucy"- faktisk det mest berømte av alle hominidefos-siler. Individet som ikke kunne ha veid mer enn 25-35 kg hadde relativt liten hjerne og anatomiske trekk, spesielt en hoft, som viste at den hadde gått på to. At oppreist gange er et gammelt trekk, ble ytterligere bekreftet da det i Tanzania i 1977 ble funnet fotspor etter hominider i størknet vulkansk aske datert til en alder av 3,6 – 3,8 mill. år. Fossiler klassifisert til underfamilien Australopithecinae er med få unntak bare funnet i Rift Valley i Øst-Afrika samt i Sør-Afrika, men de har sannsynligvis hatt et langt større utbredelsesområde. På 1990-tallet ble det publisert fossilfunn fra Tsjad, 2500 km lenger vest, som viser lignende morfologi som *Australopithecus afarensis*,

og som er datert til en alder på 3,0 til 3,5 mill. år (*Australopithecus bahrelghazali*).

I tillegg til dem vi hittil har nevnt, er det beskrevet en rekke andre arter av *Australopithecus*, bl.a. de yngre artene *A. africanus* og *A. garhi*. Den utdødde slekten *Paranthropus* (se figur 1) ble tidligere klassifisert som tilhørende *Australopithecus*. *P. boisei* var lenge en vellykket art som overlevde alle artene av *Australopithecus*. I litteraturen er ofte *P. boisei*, *P. aethiopicus* og *P. robustus* slått sammen i gruppen "Robuste Australopithecus".

Homo habilis, 1,5 –2,4 mill. år
Den eldste av slekten *Homo*, *Homo habilis*, ble først identifisert i Olduvai-dalen i Tanzania omkring 1960. De fleste funnene har en alder på 1,5-2,4 mill. år. Her har det vært stor diskusjon omkring systematikken. Det er beskrevet en annen art fra samme tidsrom, *Homo rudolfensis*. Noen mener at dette er to arter, andre at det er én og samme art. Dessuten mener noen at disse fossilene skiller seg så lite ut fra *Australopithecus*-artene at de ikke gir grunnlag for å introdusere en ny slekt (selv om kranievolumet er noe større). All diskusjon til tross, det ser ut som om *Homo habilis* er kommet for å bli i litteraturen, men det kan være klokt ikke å ta systematikken altfor bokstavelig. Alle funn av *Homo habilis* stammer fra Øst- og Sør-Afrika. I tilknytning til disse fossilene er det for første gang funnet primitive steinredskaper; grovt tilhugne håndsteiner av den

såkalte Oldowan-typen. Arten fikk derfor artsnavnet *habilis* som betyr dugelig.

Homo erectus, 0,4 – 1,8 mill. år
Homo habilis ble etterfulgt av *Homo erectus* som ser ut til å ha oppstått for noe omkring 2 mill. år siden (fossilene er 0,5 – 1,8 mill. år gamle). En vanlig oppfatning er at *Homo erectus* oppsto i Afrika og senere, som den første innen slekten *Homo*, utvandret til Asia og Europa. Spørsmålene omkring *Homo erectus* er imidlertid blitt mer kompliserte fordi det nå er funnet like gamle (1,8 mill. år) fossiler av arten i Asia (Java) som i Afrika. Nyere funn fra Kina antyder også at det her levde en mer primitiv hominid enn *Homo erectus* allerede for 1,9 mill. år siden, og det er sammen med disse fossilene funnet enkle steinredskaper av Oldowan-typen. Slike gamle redskaper (1,8 mill år) sammen med en kjeve av *Homo erectus* er også funnet i Georgia. Funnene kan tyde på at *Homo erectus* hadde en forløper i Asia, men materialet som underbygger dette, er foreløpig svært spinkelt. De fleste mener fortsatt at slekten *Homo* oppsto i Afrika, men noen mener at *Homo erectus* var en distinkt asiatiske art, altså at det som oppsto i Afrika ikke var *Homo erectus*, men en annen art, *Homo ergaster* som etterfulgte *Homo habilis*. Mange mener imidlertid at *Homo erectus* og *Homo ergaster* er den samme. Her har vi i stor grad benyttet navnet *Homo erectus*, men vi ser igjen problemet med den paleontologiske artsdefinisjonen.

Homo erectus skiller seg tydelig fra de tidligere hominidene. Bl.a. økte kranievolumet betraktelig slik at hjernevolumet sannsynligvis lå nært opptil det vi finner hos nåtidsmennesket. Hos *Homo erectus* skjedde det også en betydelig kulturell utvikling idet både systematisk jakt, ild og relativt avanserte håndøkser (acheulenske redskaper; opphavet til navnet er funnstedet Saint Acheul i Frankrike) ble tatt i bruk. Kjøtt ser ut til å ha utgjort en vesentlig del av føden, og det har også vært påvist tegn til “bofasthet”. Et interessant trekk er at acheulenske steinredskaper ikke er påvist i Asia. Som årsak til dette er foreslått at *Homo erectus* her brukte bambusredskaper. Siden de avanserte steinredskapene har en alder på 1,4 mill. år, kan det tenkes at de som spredte seg til Asia før den tid, tok i bruk annen teknologi.

Homo sapiens, ca. 200 000 år
Det moderne mennesket, *Homo sapiens*, har større kranievolum enn *Homo erectus*. Neandertaleren, *Homo neanderthalensis*, dominerte i Europa, Midt-Østen og Vest-Asia fram til for ca. 35 000 år siden da den forsvant. Neandertaleren var kraftigere bygd enn det moderne mennesket, bl.a. i benbygningen, men ellers var det mange likheter. Kranievolumet var noe større enn hos nåtidsmennesket. Neandertaleren hadde bl.a. tatt i bruk flintredskaper. Det har vært mye debatt og kontroverser omkring slektskapsforholdene mellom *Homo erectus/ergaster*, neandertaleren og det moderne mennesket. Det er bl.a. foreslått en art, *Homo*

heidelbergensis, som en overgangsform mellom *Homo ergaster* og neandertaleren. Videre er en annen art, *Homo antecessor*, foreslått som en felles stamform til neandertaleren og det moderne mennesket.

Samtidig med at neandertaleren forsvant, dukket det moderne mennesket, *Homo sapiens*, opp i Europa. Muligens kom de som innvandrere og fortrengte neandertalerne. I Afrika er det gjort fossilfunn av moderne mennesker som er opptil 160 000 år gamle, og mye tyder på at *Homo sapiens* oppsto her før det spredte seg til de andre verdensdelene. Ifølge denne teorien, Afrika-hypotesen, som også har støtte i molekylærbiologien, utvandret det moderne *Homo sapiens* fra Afrika og erstattet etterkommerne av *Homo erectus/ergaster* i de andre verdensdelene. Motpolen til denne teorien er multiregionalhypotesen som antar at det moderne mennesket utviklet seg fra *Homo erectus* parallelt i Asia, Europa og Afrika og at *Homo erectus* stod for den eneste utvandringen fra Afrika. Som støtte for multiregionalhypotesen argumenteres det med at det over lange tidsrom er påvist regional kontinuitet i anatomiske trekk, bl.a. i hele serier av kranier fra Asia tilbake til *Homo erectus*, samt at menneskene i Asia ikke brukte avanserte steinøkser slik som i Afrika. Dette kan imidlertid skyldes at de som før nevnt brukte bambusredskaper. Det er Afrika-hypotesen som i dag samler mest støtte som forklaring på det moderne menneskets ekspansjon i de siste 200 000 år. Molekylær-

biologiske data støtter som før nevnt denne hypotesen foruten det faktum at fossiler av det moderne mennesket fra Afrika er eldre enn de fra Europa og Asia. Det kan imidlertid tenkes at *Homo sapiens* ikke utryddet menneskene i Asia og Europa, men blandet seg med dem og hybridiserte. Vi kan derfor tenke oss Afrika-hypotesen i en modifisert form som en sannsynlig modell.

Svalbard var tumleplass for dinosaurer

ATLE MØRK

Øygruppa Svalbard ligger halvveis mellom Fastlandsnorge og Nord-polen, men dette høyarktiske området har tidligere hatt et langt mildere og blomstrende klima. De siste 400 millioner årene har Svalbard drevet nordover fra en posisjon like sør for ekvator. Øygruppa har dermed passert en rekke klimabelter. Dette kan vi se i avsetningene fra de ulike tidsperiodene. La oss følge øygruppa på reisen nordover.

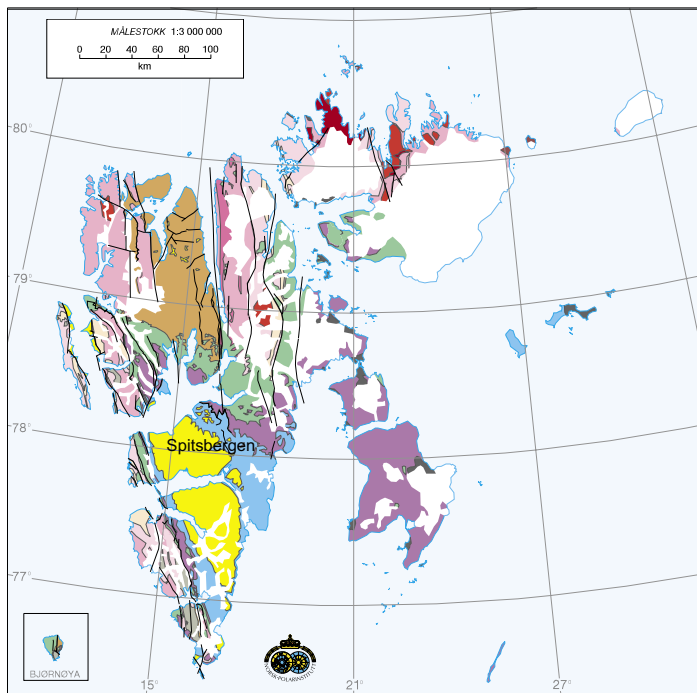
De eldste bergartene på Svalbard er dannet før den kaledonske fjellkjedefoldingen. De består av sedimenter og vulkanske bergarter som til dels er sterkt omvandlede (metamorfiserte). Den kaledonske

fjellkjedefoldingen skjedde for drøye 400 millioner år siden da Grønland og Nord-Amerika støtte sammen med Europa langs norskekysten og Barentshav-plata. Det ble dannet en fjellkjede som går langs Norge og altså fortsetter opp til Svalbard. Denne nydannede fjellkjeden ga opphav til store sedimentmektigheter som ble avsatt i elvesystemer og innsjøer. Slike sedimenter finnes over store deler av Nord-Europa og østre Nord-Amerika. Sedimentene ble avsatt i bassenger nær ekvator, og bergartene er rødfargete siden sedimentene ble oksidert før avsetning på samme måte som vi i dag ser i ørkener på lavere breddegrader. Dette har gitt opphav

STRATIGRAFISK OVERSIKT



Kart over berggrunnen på Svalbard. Norsk Polarinstittut.





Permsedimenter i Skansen, Isfjorden. Nederst til høyre like over strandkanten sees hvite gipslag. Så følger en bratt kalksteinslagrekke opp til en nær vertikal klippe av harde, flintsementerte kalk- og skiferavsetninger.

Foto Atle Mark.

til navnet ”Old Red Sandstones” eller ”det gamle røde sandsteinskontinentet”. Fragmenter av dette har vi også på Vestlandet med Hornelenfeltet som det største. Etter den kaledonske foldingen var relieffet på land høyt og erosjonen følgelig stor. Det er derfor avsatt store mektigheter av de røde sedimentene. I dag er de bevart i et basseng sentralt på Nord-Spitsbergen (det brune devonområdet på kartet).

Etter en tid begynte Amerika – Grønland og Svalbard – Nord-Europa igjen å drive fra hverandre. Dette førte til dannelse av mange dype revner eller trange forkastningsbasseng som strakte seg i nord – sør retning. Disse revnene var lokale sedimentasjonsbasseng som ble fylt med rasmateriale langs kantene. Her finner vi i dag grove konglomerater. Mer sentralt i disse bassengene, som kunne være flere kilometer brede, rant det elver som avsatte elveavsetninger med sandsteiner og slam. I noen områder ble det også dannet kullsummer. Dette hendte i karbon, og planteriket var nå rikt utviklet, med bregner og snelletrær som dannet rene urskoger. Kullagene på Bjørnøya som ble drevet under første verdenskrig, og kullene som russerne har drevet i gruvebyen Pyramiden ble avsatt i denne perioden.

Svalbard fortsatte nordover, og senere i karbon drev området inn i tørkesonen. Svalbard lå da noe nord for ekvator, omtrent som Den persiske gulf i dag. Samtidig var den gamle fjellkjeden nå godt nedslitt

slik at den bare ga små sedimentmengder. På samme måte som i gulfområdet i dag ble det avsatt inndampningsbergarter. Dette ser vi som gips og saltlag som avsettes i revnebassengene.

Relieffet på landområdene ble etter hvert utjevnet, havnivået steg, og et varmt, tropisk hav strakte seg over Barentssokkelen og Svalbard. Her ble det nå avsatt en tjukk kalksteinslagrekke som resultat av et yrende liv i grunnhavet. Langs gamle høyder vokste det rev som beskyttet innenforliggende laguner. Revene var på denne tiden ikke dominert av koraller som i dag, men av skorpeformende dyr som kalles *Palaeoaplysina* og som nå er utdødd. I tillegg var det mengder av alger, bryozoaer (mosdyr) samt mange andre organismer som trivdes i disse revomgivelsene. Dette kalksteinsmiljøet dominerte i nær 50 millioner år, langt inn i perm.

I begynnelsen av perm ble deler av det grunne havområdet avsnørt, og det ble dannet enorme saltinndampningsbassenger. Gips/saltlagene sees som hvite striper i fjellsidene.

Saltbassengene strakte seg over store deler av Barentshavet og innover Grønland og de arktiske kanadiske øyene. Disse saltlagene har senere dannet saltputer som har gitt mulige oljefeller slik vi ser det i dag i Nordkapp-bassenget nord for Finnmark.

Etter saltavsetningene ble det igjen avsatt mektige kalklag. Gradvis begynte nå klimaet å bli litt kjøligere etter som landområdet



Mariaholmen i Bellsund på Spitsbergen. Til høyre danner flintsementerte skifer og kalksteinslag en markert odde av yngste permsedimenter. Bukten består av bløte, lett eroderbare triassiske skifere. Sandsteiner mot venstre er hardere og danner en odde.

Foto Atle Mark.

drev nordover og inn i den tempererte sonen. Dette ser vi ved at typiske varmtvannsfosiler blir avløst av kaldtvannsformer. Samtidig blir havnivået dypere, og det blir igjen transportert inn noe sediment fra omliggende landområder. Det blir dannet en moderat dyp kontinentalsokkel. På denne vokser det store mengder kiselsvamper. Disse svampene har kisel(flint)nåler i kroppsvevet. Når selve svampene dør og råtner, blir flinten frigjort i sedimentet. Dette gir flintsementerte bergarter som er svært harde og kan sees som den vertikale klippen litt over midten av bildet av Skansen.

Den største økologiske katastrofen vi kjenner i jordens historie hendte i slutten av perm. Da døde antagelig så mye som 95 % av alt liv, og hele 65 % av dyre- og plantegruppene ble utryddet. Mange former, som trilobittene, forsvant fullstendig på denne tiden, mens andre grupper ble sterkt reduserte. Samtidig skiftet sedimentasjonsmiljøet dramatisk på Svalbard. De harde kalk- og flintlagene fra perm overlages nå

av langt bløtere og mindre erosjonsbestandige skifere og sandsteiner. På fotoet fra Bellsund på Spitsbergen ser vi at de flintrike sedimentene til høyre på bildet danner en markert odde. De bløtere skifrene fra trias eroderes lettere og danner den dype bukta. Mot venstre kommer det inn sandsteiner som danner en ny odde. Kystlinja gjennom disse triassedimentene viser større erosjonshardhet når sedimentene blir grovere og hardere.

Overgangen fra perm til trias var også overgangen fra jordas oldtid (paleozoikum) til mellomtid (mesozoikum). Etter den seinpermiske masseutsløttelsen (se eget kapittel i dette heftet) var det store mengder ledige økologiske nisjer som kunne fylles av nye dyreformer. I det paleozoiske havet dominerte en skjellfauna av brakiopoder (armfotinger). Selv om disse har fortsatt helt til i dag, så var deres storhetstid slutt. Deres plass ble overtatt av muslinger som i dag er en meget variert og tallrik gruppe. Sier man skjell i dag, mener man muslinger som blåskjell og lignende former.

I de eldste triassedimentene finner vi neste ikke fosiler, og det tok faktisk nesten 10 millioner år før verdenshavene hadde rike faunaer igjen. Muslinger og spiralformete blekkspruter (ammonoider) dominerte. Samtidig økte planteproduksjonen enormt, og særlig ulike algeformer bidro sterkt til at det i områder av kontinentalsokkelen ble avsatt skifere med meget høyt innhold av organisk

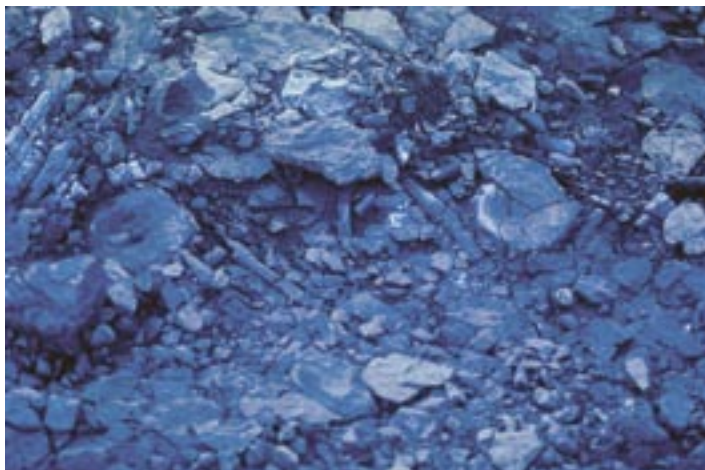
Svarte til blålig forvitrende skifer fra trias ses som mørke bånd i fjellsidene. De er utmerkete kildebergarter for olje med opp til 8 % organisk materiale.

Foto Atle Mark.



Fiskeøgler fra mellomtriasavsetninger på Edgeøya øst på Svalbard. Fiskeøglene (ichthyosaurene) hadde utseende og levevis som helt tilsvarer dagens delfiner. Midt i bildet ses lange, tynne ribbein og noen runde ryggvirvler.

Foto Atle Mark.



materiale. Det organiske materialet ble bevart ved at havbunnen i perioder var uten oksygen slik at forråtnelse ble hindret. Vannmassene over var derimot rike på både alger og dyreliv, noe vi ser av mengder av muslinger og ammonoider og reptiler som fiskeøgler. Disse kjennes lett igjen på de karakteristiske skiveformete ryggvirvlene og lange tynne ribbein.



Fjell på Edgeøya med rike svarte kildebergarter (mellomtrias) og over disse gode reservoarbergarter (overtrias).

Foto Atle Mark.

Mot slutten av trias og inn i jura ble området nordøst for Svalbard løftet opp. Store sandmengder ble erodert der og avsatt i mektige deltar som bredte seg sørover fra Edgeøya over Spitsbergen og langt utover Barentssokkelen. Disse sandsteinene kan danne gode oljeresservoarer. I trias har vi altså utviklet både rike kildebergarter og over disse gode reservoarbergarter som vist på bildet fra Edgeøya.

På Svalbard er disse mulige reservoarene blottlagt av dype daler, men om lignende forhold finnes i de dypere lignende bassengene ute på Barentssokkelen, kan det der være dannet store oljefelt.

Kontinentalsokkelen på Svalbard og utover i Barentshavet ble

fylt av sedimenter. Her var det store deltasletter med brede, grunne elver, grunne innsjøer og kullsumper. Etter hvert som landområdet ble sterkt nedslitt og havnivået steg noe, ble det dannet et enormt grunnhav som strakte seg over Svalbard og store deler av Barentssokkelen. Her ble sandsteiner stadig omvasket og mødnet ved at de svakeste mineralene ble slitt vekk. Det ble dannet et sandsteinslegeme av ren kvartssand som er et utmerket oljeresservoar, for eksempel på Snøhvitfeltet. Også i dette havet var det gode forhold i de øvre vannmassene, noe vi ser av en rik fauna av blekkspruter (ammonitter). I dette havet svømte det både svaneøgler og fiskeøgler. Havet strakte seg sørover langs norskekysten, og på Andøya er det funnet flere hele skjelett av fiskeøgler.

En markert økning i havnivået mot slutten av jura førte til at det ble avsatt svarte skifere over hele Barentssokkelen. På Svalbard ser vi dette som en flere hundre meter tjukk skiferformasjon. Disse skifrene er også organisk rike og gode kildebergarter for hydrokarboner. Skifersedimentasjonen fortsatte godt inn i kritt på



Foto av modell av fiskeøgler funnet på Andøya. Paleontologisk museum, Oslo.



En serie sandsteinslag med mellomliggende skifre av tidlig kritt alder viser at sedimentene ble avsatt i deltamiljø. Det er i slike lag dinosaursporene er funnet.

Foto Atle Mark.



Festningsandstein ytterst i Isfjorden. Denne vertikale klippen har dinosaurfotspor, men de godt bevarte fotsporene er nå knust i røysa ved havnivå.

Foto Atle Mark.



Dinosaurfotspor fra østkysten av Svalbard. Legg merke til klomerkene som viser at de er fra en rovdinosaur.

Foto Atle Mark.

Svalbard. Sørover i Barentshavet ble et større område løftet opp som en grunne, og her ble det faktisk dannet kalkbanker. Disse var dominert av tjukk-skallede muslinger.

Igjen ble området nord og nordøst på Svalbard løftet opp, og store deltaavsetninger bredte seg mot sør. Deltaavsetningene ser vi som flere markerte sandsteiner som representerer elvekanaler og kystsletteavsetninger. Mellom elvekanalsandsteinene er det tynne kullag.

Et markert sandlag fra denne enheten er kalt Festningssandsteinen siden den står opp som en festning ytterst i Isfjorden. Alle som har seilt inn til Isfjorden har derfor lagt merke til denne markerte øya. Det var i disse sandsteinene at de første godt bevarte dinosaurfotsporene ble funnet på Svalbard.

Seinere er dinosaurfotspor også funnet i tilsvarende lag på østkysten av Spitsbergen. Dette viser at store deler av Spitsbergen tidlig i kritt var et stort deltakompleks. På sandbankene mellom elvekanalene vandret dinosaurer. Sporet fra østkysten av Svalbard viser klare merker etter klør, og de er fra en kjøttetende dinosaur.

Men landet ble igjen slitt ned, havet trengte seg innover, og et grunnhav dekket Svalbard-området og øversvømte landområdene slik at bare marine former kunne overleve.

Mot slutten av kritt foregikk det

store endringer av kontinentfordelingen. Atlanterhavet hadde alt i over 100 millioner år holdt på å åpne seg. Det startet i sør, men i slutten av kritt begynte også Nord-Amerika og Europa å drive fra hverandre. Dette førte først til en oppløfting av Svalbard-området slik at sedimenter fra siste del av kritt ikke er avsatt eller bevart.

Strekkbevegelsene mellom Barentsplate, Grønland og Nord-Amerika førte til dannelse av lokale sedimentbasseng på Spitsbergen. Det største bassenget er sentralbassenget som dekker store deler av søndre Spitsbergen. Det første som ble avsatt i dette bassenget var deltasandsteiner, og i lokale laguner, til dels som mangroveskoger, ble det dannet store kullsummer. Det er disse kullagene som er grunnlaget for kulldriften på Svalbard, både i Longyearbyen og i Svea, og for russerne i Barentsburg. Klimaet på denne tiden var markert bedre enn i dag. Svalbard var nå allerede drevet nær sin nåværende breddegrad, så det er klart tale om et globalt varmt klima. Etter kullavsetningene ble det lokal innsynking av bassenget, og en mektig sand- og skiferlagrekke ble avsatt.

Under den tidligste fasen av åpningen av Nordishavet (Atlanterhavets nordligste arm) skumpet Grønland og Svalbard sammen, og vi fikk en fjellkjedefolding. Det er denne tidlig tertiære foldingen som har gitt de markerte, spisse fjellene langs vestre Spitsbergen.

Foldingen har faktisk vært en god

hjelp for geologene, for dermed er bergarter fra hele Svalbards mektige lagrekke stillet på høykant slik at man kan studere dem i kystprofil. Vakkert er det også.

Etter fjellkjedefoldingen, mens Grønland og Nord-Amerika drev fra hverandre, oppsto det et strekkeregime, og dette førte til dannelse

av en nedfallsgrøft, Forlandsundgrabenen, langs vestre Spitsbergen. Denne grøfta ble raskt fylt av grove sandsteiner og konglomerater og markerer den siste sedimentasjonsepisoden på Svalbard. Siste del av tertiær vet vi lite om da de siste istidene har fjernet de fleste spor fra denne perioden. Faktisk pågår jo istiden enda på Svalbard.

Her ser vi resultatet av den tertiære fjellkjedefoldingen i Bellsund på vestre Spitsbergen. Harde bergarter, som permiske flintrike lag og sandsteiner som er sementert med kalk, danner tjukke benker, mens skifrene er intenst foldet og har tatt opp det meste av deformasjonen.

Foto Atle Mark.



På Svalbard pågår istiden fortsatt. Hornsund på søndre Spitsbergen.

Foto Atle Mark.



Fossiler i hverdagen

MORTEN SMELROR

Til daglig er vi avhengige av produkter som har opphav i fossiler. Olje, gass, kull og kalk er blant de viktigste økonomiske ressursene i Norge. Vi kan knapt tenke oss en hverdag uten bensin, plast, maling, sement eller glanset papir. Velstandsfunnet er bygget på restene av forhistorisk liv. Fossiler har gjennom alle tider vært brukt som smykker og pynt, og ordet "fossil" har etter hvert blitt godt etablert i vår daglige tale. Men i et samfunn som er totalt avhengig av tilgang til fossilt brensel, er det å bli omtalt som "et fossil" eller bli tillagt "fossile meninger" ikke spesielt positivt ladet.

Uten fossilene, restene etter tidligere liv, ville mye vært annerledes. I dag tidlig skrev du kanskje en huskelapp over dagens gjøremål. Pennen du holdt i hånden er laget av plast (PVC). Plasten er dannet av *petroleum*. Oljen og gassen som er hentet opp fra kontinentalsokkelen er omdannede kjemiske rester etter planteplankton og høyere planter som en gang i jordens mellomalder fanget energien i sollyset, og av dyr og bakterier som ernærte seg av de forhistoriske plantene. Papir er som kjent tremasse, men uten tilsetning av kalk ville papiret vært brunt og mindre skrivevennlig. Kalken kommer fra kalkstein, som igjen er dannet av skallrester fra fossile planter og dyr (kalkalger, koraller, muslinger m.v.).

De fleste av oss bruker bil eller buss for å komme til jobben eller skolen. Drivstoffet er petroleum. Det meste av oljen på kontinentalsokkelen

kommer fra organisk rik skifer som ble dannet i jura. Uten den høye produksjonen av mikroskopiske planter og dyr som ble begravd i de organiske rike bunnlagene i jurahavet, ville Norge ikke ha vært en oljenasjon. Oljen og gassen er vår desidert viktigste inntekstkilde, og verdiene som tas opp fra sokkelen vil i uoverskuelig framtid langt overstige verdien av ressursene på fastlandet.

Fossilt brensel

Så langt tilbake som vi sporer menneskelige sivilisasjoner, har fossilt brennstoff vært brukt til varme og lys. I mange land og kulturer har man gjennom årtusener brukt kull, olje, oljeskifer og tjæresand som energikilde til matlaging, lys og varme. Sammen med naturgass utgjør disse det vi kaller *fossilt brensel*. Energien i det fossile brenselet er tidligere tiders solenergi, først samlet opp av grønne planter ved fotosyntesen, og siden lagret i ulike organiske stoffer, omdannet og konservert gjennom geologisk tid.

Her i landet har torv vært benyttet som brensel i flere tusen år, helt fram til våre dager. Mange steder der det er lite skog og tilgangen på ved har vært begrenset, har dette vært en nødvendig erstatning for tradisjonell vedfyring. God brenntorv har en brennverdi tilsvarende bjørkeved, og om lag 15-20 % av myrene våre har torv med god nok kvalitet til å kunne nyttes som brensel. På Andøya i Nordland drives det i dag torvuttak på et 2500



Brennende oljeskifer fra sørkysten av England.

dekar stort område. Det meste av de om lag 200 000 m³ som tas ut hvert år går til eksport som råtorv ut i Europa, hvor det videreføres til veksttorv og plantejord.

Kull på Svalbard

På Svalbard har fangstmenn siden tidlig på 1600-tallet benyttet kull som brensel. Kommersiell utnyttelse kom først i gang i begynnelsen av det 20. århundret, da ishavsskipper Søren Zakariassen brakte hjem til Tromsø den første lasten med kull for salg. I årene som fulgte etablerte norske, engelske, nederlandske og russiske gruveselskaper seg på øygruppen. Store Norske Spitsbergen Kullkompani AS etablerte seg i Adventdalen i 1916. Selskapet har fram til i dag produsert 25 millioner tonn kull. På Svalbard finnes kull fra flere geologiske perioder, men

de utnyttbare forekomstene er fra nedre karbon (Pyramiden, og på Bjørnøya) og tertiær (Ny-Ålesund, Longyearbyen, Svea, samt de russiske gruvene Grumant og Barentsburg). I dag foregår det meste av kullbrytingen i Svea Nord, der man ved hjelp av moderne Longwall strosseproduksjon og “Continuous Miner” har oppnådd en imponerende produksjon på 2,8 millioner tonn kull per år (2005)

Olje og gass

Det er imidlertid en annen type fossilt brensel som har bidratt til å bringe norsk økonomi helt i verdenstoppen hva gjelder inntekt per innbygger. Boringer på norsk kontinentalsokkel har påvist reserver på gigantiske 14,5 milliarder standard kubikkmeter (Sm³) av olje og gass. Nordsjøen og midt-norsk sokkel er gjennom de siste 40 årene etablert som en av verdens viktigste petroleumsprovinser. I tillegg er et drivverdig felt under utvikling utenfor kysten av Finnmark.

Oljen og gassen på norsk sokkel finnes i reservoarer av ulike geologiske alder. De yngste reservoarene er sandsteiner av tidlig tertiær alder (Balder, Cod, Frigg og Heimdal) og kalksteiner av sen kritt (Ekofisk, Eldfisk og Vallhall). Disse er alle i Nordsjøen og representerer også noen av de første funnene innenfor våre territorialfarvann: Cod i 1968, Balder og Ekofisk i 1969. Ekofisk er fremdeles det største oljefeltet på norsk sokkel, med utvinnbare ressurser beregnet til 534 millioner Sm³ olje og 252 milliarder Sm³ gass.

Kullproduksjon ved Sveagruva på Svalbard



Hovedtyngden av olje- og gassreservoarene på sokkelen finnes i sandsteiner fra midtre til tidlig jura (161-199 millioner år). Disse omfatter kjente felt som Statfjord, Sleipner, Oseberg og Gullfaks i Nordsjøen, og Njord, Smørbukk, Heidrun og Midgard i Norskehavet. I tillegg kommer Snøhvit som er under utvikling i Barentshavet. Draugenfeltet i Norskehavet, samt Ula og Gyda i den sydligste delen av Nordsjøen, er viktige funn i reservoarsandsteiner fra sen jura. Reservoaret i Agatfeltet i det nordlige Nordsjøen er i sandsteiner fra tidlig kritt.

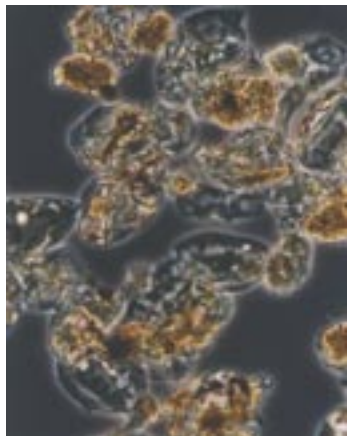
Kildebergarten til oljeforekomstene på norsk sokkel er i all hovedsak organisk rik skifer fra sen jura. I tillegg er organisk rik skifer og kull fra tidlig jura flere steder en kilde for gass. Den organisk rike overjura-skiferen finnes vidt utbredt fra Nordsjøen opp til Barentshavet og Svalbard. Det organiske materialet er en blanding av rester fra marine alger og dyr, med varierende innslag av rester fra landplanter som er blitt brakt ut på sokkelen med elver og vind. Oksygenfattige forhold på havbunnen og liten tilførsel av sedimenter i form av leire, silt og sand, har gjort at det organiske materialet har hopet seg opp i tykke lag på havbunnen. Typisk vil disse svarte/mørke skiffene inneholde 5-10 % organisk karbon. I ekstreme tilfeller, for eksempel der hvor det har funnet sted store algeoppblomstringer, kan innholdet komme opp i mer enn 20 %. Jo større innslag av alger og annet marint materiale, jo mer olje

vil kildebergarten kunne generere. Høyere innslag av materiale fra landplanter vil derimot gi økt potensial for dannelse av gass.

Fossiler på sokkelen

Nær sagt alle sedimentære bergarter på sokkelen inneholder mer eller mindre godt bevarte fossiler. I tillegg til at de organiske restene i fossilene er kilder for olje og gass, er fossilene også viktige hjelpemidler i jakten på olje- og gassforekomstene. Utviklingen av dyr og planter har vært en enveisprosess, og fossilene i de ulike avsetningene kan brukes til å bestemme den relative alderen på lagene de opptrer i. Gode ledefossiler er slike som har en stor geografisk utbredelse (slik at vi kan sammenligne avsetninger over store avstander og på ulike fortidskontinenter) og samtidig har en kort, velavgrenset opptreden gjennom tid (dvs. er karakteristiske for kun et lite, bestemt tidsrom av jordhistorien).

Innenfor oljeindustrien brukes nesten bare mikrofossiler som ledefossiler. Ved boring etter olje og gass får man vanligvis opp små mengder prøvemateriale (borekaks), og oftest inneholder det ikke identifiserbare makrofossiler. Å oppdage en ryggvirvel av en fiskeøgle fra jura, slik Statoil gjorde på Gullfaksfeltet, er en engangsforeteelse. Man må derfor basere seg på mikrofossilene som vanligvis finnes i hundre til tusentall i en steinprøve på noen få gram



Mikroskopiske alger og planterester i en boreprøve av tidlig kritt alder i Barentshavet.

Ved siden av aldersdatering av avsetningene, kan mikrofossilene også brukes til å gjenkjenne avsetningsmiljøet for en sedimentær bergart. Prøver som bare inneholder landplanter er mest sannsynlig avsatt i ferskvann, i en elv eller i et sumpområde. Finner vi i tillegg marine planter og dyr i en prøve, tyder dette på at dette sedimentet i sin tid ble avsatt i et kystnært, marint miljø. Kanskje i nærheten av et marint delta der landplantene er brakt ut med elvevannet? Å gjenkjenne et gammelt delta i en sedimentær lagrekke kan være av største betydning fordi slike avsetningsmiljøer ofte rommer både kildebergarter for olje og gass (organisk rike avsetninger, bl.a. kull avsatt på deltaflaten) og reservoarbergarter (porøs sandstein) der petroleum kan samles opp og holdes. I tillegg må sandsteinene være forseglet med en gunstig takbergart (vanligvis en tett skifer på toppen av sanden) slik at oljen og gassen ikke lekker ut.

Kalk, kritt og dolomitt

Kalkstein er en bergart som er dannet ved opphoping av kalsiumkarbonat, oftest i form av skallrester fra dyr og planter som lever i havet. Noen kalksteiner består nesten bare av skallrester fra mikroskopiske planktonalger (kalkflagellater) og amøbedyr (foraminiferer) som gjennom hundretusener og millioner av år har blitt anriket på havbunnen. Andre kalksteiner kan være dannet av koraller og andre revbyggende planter (kalkalger) og dyr (mosdyr, muslinger). Gjennom

tid vil skallrestene brytes ned, og under herdingsprosessen vil mye av kalsiumkarbonatet løses opp og felles ut. Alt avhengig av avsetningsmiljø og den "etterfølgende geologiske historien" vil derfor noen godt bevarte kalkavsetninger innholde nærmest perfekt bevarte fossiler, mens andre er sterkt om-dannede kalksteiner (som marmor) og vil være så godt som fossiltomme.

Kritt (skrivekritt) hører til den første kategorien. De hvite klippene ved Dover på sørkysten av England og kalksteinsklippene ved Møns Klint og Steves Klint i Danmark består nesten utelukkende av skallrester av kalkflagellater og foraminiferer som levde i "kritt-havet" for om lag 70-66 millioner siden. Disse kalksteinene er ikke sterkt herdet, og i Nord-sjøen utgjør krittavsetninger gode reservoarbergarter for petroleum. Best kjent blant disse oljefeltene er Ekofisk, som var et av de første oljefeltene som ble satt i produksjon på norsk sokkel.

Under havbunnen utenfor Finnmark finnes restene av et gigantisk rev-kompleks som utviklet seg under varme og tørre klimaforhold i karbon og perm. Revene består hovedsakelig av kalkalger, bryozoa (mosdyr), koraller og en helt spesiell type utdødd amøbedyr som kalles fusulinider. Revene strekker seg langs store deler av sokkelen utenfor Finnmark og nordover og østover i Barentshavet opp til Svalbard. Det har vært boret noen få letebrønner i disse revene, men så langt uten nevneverdige funn av olje og gass.

På fastlandet finner vi kalkstein spredt over det meste av landet. Oslofeltet har forholdsvis godt bevarte kalkavsetninger fra kambrosilur (570-395 millioner år tilbake). Flere av avsetningene inneholder lag som er rike på fossiler, og stedvis finnes godt bevarte, mindre rev. Kalksteinen som finnes i restene av den kaledonske fjellkjeden

som strekker seg fra Vestlandet til Finnmark, er derimot oftest sterkt omdannet (på grunn av de prosessene som skjedde under dannelsen/foldingen av fjellkjeden mot slutten av silur og i devon). Et godt kjent eksempel er den viktige forekomsten av marmor i Fauske i Nordland. Mye av Fauske-marmoren er ikke primær kalkstein, men dolomitt. Dolomitt dannes ved at aragonitt i fossile skjell og skallrester blir skiftet ut med mineralet dolomitt fra havvannet rundt. Den viktigste forskjellen mellom kalkstein og dolomitt er at dolomitt inneholder magnesium i tillegg til kalsiumkarbonat.

En annen kilde til kalk er forekomstene av skjellsand som finnes mange steder langs kysten. Skjellsand som brukes til kommersielle formål består av mer enn 85 % karbonat.

Kalkstein er ett av verdens mest brukte mineralske råstoffer. Den brukes som bygningsstein og som råmateriale til fremstilling av sement og kalksalpeter og i celluloseindustrien. Den mest synlige anvendelsen er nok som naturstein i monumenter og bygninger (se for eksempel Merkursenteret i Trondheim, der det er brukt bygningstein fra Oslofeltet som er full av fossiler). Kalkstein utgjør 85 % av råmaterialet i sementproduksjonen og om lag 30 % av fyllmaterialet i plast. I europeisk papirproduksjon er kalsiumkarbonat det viktigste fyllstoffet og bstrykningsmiddelet. Når glanset papir brenner såpass dårlig

Fasaden av Merkursenteret i Trondheim er dekket av kalkstein fra Oslofeltet full av fossiler.



og gir mye aske, er det fordi slikt papir inneholder mer kalkmineraler enn cellulose. Kalk brukes også til pH-regulering i prosesser (og sure vassdrag), rensing og avsvovling av gasser, og i sukkerraffinering. Skjellsand brukes som jordforbedringsmiddel, til hagebruk og som tilsetning til hønsefôr.

Her i landet produserte vi i 2005 om lag 6,5 millioner tonn kalkstein til en omsetningsverdi på mer enn 1,7 milliarder kroner. Det meste av dette er knyttet til Hustadmarmors produksjon av kalk til fyllstoff og produksjon av sement.

Fossiler og billedkunst

Fossiler har blitt brukt som pynt eller utgangspunkt for å lage kunstgjenstander som vi har likt å omgi oss med. Kunsten har også selv sine "fossiler" i form av hulemalerier og helleristninger. De eldste formene for maling finner vi i mer enn 10 000 år gamle håndtrykk, hovedsakelig fra kvinner og av venstre hånd. Håndtrykkene er funnet vidt omkring fra Middelhavslandene i Europa til Patagonia i Sør-Amerika og er assosiert med det vi kaller "Toldensis"-kulturen.

Fra langt tilbake i historisk tid og fram til i dag har mennesker brukt kull og kritt til å lage bilder og skrift. Selv i vår digitale hverdag er kulltegnning på ingen måte gått av moten som uttrykksform. Kalk er som nevnt en viktig bestanddel i maling. I en del land har det gjennom århundrer blitt brukt skrivekritt til dette formålet. Ved å påvise hvilke

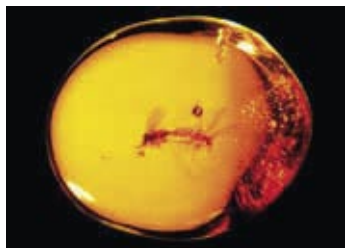
mikrofossiler som finnes i malingen på historisk kjente oljemalerier, har man funnet ut hvor maleriene opprinnelig har vært laget og kan dermed skille ut senere plagiat og forfalskninger.

Fossiler har alltid blitt, og blir fremdeles i dag brukt for å lage smykker og pyntegjenstander. Vanligst er fossilt elfenben, forsteinet tre og rav (fossil kvae). Rav har også blitt brukt til overdådige utsmykninger av kongelige residenser og i kirker mange steder i Sentral- og Øst-Europa. Et berømt eksempel er "rav-rømmet" som ble gitt i gave til tsar Peter I av hans sønn.

Fossilene har tjent som inspirasjon for billedkunstnere og skulptører. Hvis du har vært innom Paleontologisk museum i Oslo, har du nok lagt merke til Rolf Aamodts (1955) fargeillustrasjoner som pryder veggene i dinosaurhallen.

I Roma kan du besøke det nasjonale kunstgalleriet og se på skulpturene *Ricostruzione del dinosauro* og *Dinosauro che emerge* laget av Pino Pascali. Av betydelig eldre dato er tegningene av fossile skjell, armfottinger og reker laget i Kina av Li Shih-Chen for omlag 2000 år siden samt de fossile konglene i Pi Hungs berømte 800 år gamle fresco.

Ikke alle vet å sette pris på fossiler som kunst. I 1984 satte man opp en stålmmodell av en Stegosaurus i full størrelse (om lag 5 m lang og 3 m høy) i Torsovdalen i Oslo. Kunstverket ble like etter forsøkt sprengt vekk, men dinosaur-kolossen står fremdeles og vokter over hovedstaden.



Rav (fossil kvae) med innkapslet insekt.



Hodeskallen av *Tyrannosaurus rex* er et imponerende skue.

Fossiler i dikt og spenning, musikk og dagligtale

“... Stien strakte seg ut bak meg og jeg så ingenting. Men plutselig hørte jeg en forferdelig knaking og braking. De dumpe drønnene av kjempedyrets skritt og pesingen fra uhyrets lunger brøt stillheten. Det var rett i helene på meg, og det sprang fortere og fortere. Jeg var fortapt. ...”. Dette utdraget av *Den tapte verden* av Sir Arthur Conan Doyle illustrerer hvordan et møte mellom mennesker og dinosaurer ville ha vært. Dinosaurerne døde ut for om lag 65 millioner år siden, etter å ha vært særdeles vellykkete “leieboere” på jorden i mer enn 150 millioner år. Det moderne mennesket, *Homo sapiens sapiens*, er med sine 35 000 år derimot en ganske så fersk nyskaping.



Omslaget til den norske versjonen av “En verden under jorda”.

I Conan Doyles roman (1912) finnes dinosaurerne som eldgamle, overlevende relikter i Amazonas jungel. I den langt nyere boka *Juraparken* av Michael Crichton har forskerne klart å gjenskape levende dinosaurer gjennom “foredling” av fossilt dinosaur-DNA bevart i blodet av insekt innkapslet i rav. De nyskape dinosaurerne blir holdt i en planlagt turistpark på en øde øy. Men så går det meste galt, og jakten begynner ... Tradisjonen tro med *Tyrannoaurus rex* som kongen på haugen og *Homo sapiens sapiens* som det selvsagte byttedyret.

I den illustrerte romanen *Dinotopia* (1992) møter vi en annen verden. Her har forfatteren og illustratøren James Gurney skildret

et samfunn der mennesker og dinosaurer lever fredelig sammen. Dinosaurerne setter stor pris på *Homo sapiens*’ferdigheter og livlige måte å være på, mens menneskene trekker fordeler av de mye eldre skapningenes visdom, erfaring og vennlighet. De vakre illustrasjonene i boka framstiller på en suveren måte de arkitektoniske underverkene som er tilpasset det daglige samarbeidet mellom mennesker og de kjempstore dinosaurer. På øya Dinotopia finnes vannbyer og trebyer, opptog og festligheter, sportsarrangementer, og et kommunikasjonssystem som inkluderer transport med flyveøgler, såkalte himmelbaxer. De aller minste er tatt godt vare på. På klekkeriene passer menneskene på helt unge dinosaurer, og på lekeplassene passer dinosaurerne helt unge mennesker. Kontrasten til *Den tapte verden* og *Juraparken* kunne knapt vært større!

De litteraturinteresserte vil sikkert kjenne til mange andre eksempler på møter mellom mennesker og forhistoriske skapninger. Blant de mest berømte klassikerne hører *Tidsmaskinen* av H.G. Wells (1895) og Jules Vernes *Reisen til jordens indre* (1864).

Det å kunne sette seg i en tidsmaskin for å reise tilbake til tapte verdener kan sette fantasien i sving hos noen og enhver. Men fossilene har også vært en kilde til inspirasjon innenfor andre deler av litteraturen. I diktet *Ambra* av den italienske poeten Lorenzo de Medici en gang etter 1486 hører vi om

Utstrakt i dypet
under trykket fra kilometere
med forsteinede sedimenter

ligger Den kaledonske fjellkjeden fastkilt.
Ingen gikk fotturer der.
Ikke engang det elegante tusenbeinet.

Ingen hominid har slektinger
så dypet i fossillagene.
Amfibiehalen hos menneskefosteret
tangerer et lysere felt
i sedimentbrønnen:

Sumpsogger
med slør av fri oksygen.
Grunne hav der plankton sank
i graver av kalk.

Vi lever i klarofyllets øon
Lungetreets langstrakte epoke.

Dypt ned i fjellet
skygger av mektige bregner
der vinden har stilnet.

Halvard Foynes, "Kaledonia"

Stratigrafi er en disiplin innen geologien som behandler avsetningsmåte, lagdeling, karakter, alder og fordeling av sedimentære og andre lagdelte bergarter.

Den kaledonske fjellkjeden ble dannet for om lag 380-420 millioner år siden, da kontinentplatene med Grønland og Skandinavia kolliderte. Bergmassiver ble skjovet oppå hverandre, og en massiv fjellkjede med topper som strakte seg høyere enn dagens Himalaya vokste fram. Fjellkjeden strakte seg fra dagens Skottland (Caledonia) til Svalbard, og eroderte rester av denne fjellkjeden danner det meste av Norges berggrunn fra Vestlandet og opp til den sørvestlige delen av Finmark.

nymfen Ambra som velger å flykte
fra Ombrones tyngende kjærlighet
ved å bli forandret til rav - forsteinet
kvaev.

Også vår tids poeter har brukt
fossilene i sin diktning. Blant
de mest anerkjente er engelske
Kathleen Raines. I *Stone and Flower*
(1943) skriver hun de dystre strofene om
"alt livs forgjengelighet":

*"All turn to fossil
Turn to stone
The delicate shell
And mighty bone"*

Andre som fortjener spesiell oppmerksomhet er nobelprisvinneren Pablo Neruda med *Las piedras de Chile* (1960) og *Las piedras del Cielo* (1970), samt våre egne samtidsdiktere Halvard Foynes og Kolbein Falkeid.

I diktet *Kaledonia* fra samlingen *Siktdyp; Kambrium* (1995) har Foynes tatt i bruk et av de viktigste prinsippene innenfor *stratigrafien* som kunstnerisk virkemiddel, nemlig det forhold at i sedimentære (og andre typer lagdelte bergarter) som har ligget urørt og som ikke er forskjøvet eller foldet av bevegelser i jordskorpen, er de dypeste (underste) lagene eldre enn de som ligger ovenpå. Dette prinsippet ble først beskrevet av "den engelske geologiens far" William Smith for vel 200 år siden. Av prinsippet følger at de fossilene som forekommer i de nedre lagene nødvendigvis må være eldre enn fossilene i de øvre lagene. I diktet lærer vi at den kaledonske fjellkjeden ligger begravd under

kilometre med sedimenter, og at verken tusenbein eller mennesker eksisterte på jorden da denne fjellkjeden ble dannet (rundt midten av jordens oldtid).

Andre kunstnere har brukt fossiler som bilder i sangtekster. Ikke minst gjelder dette innenfor rocken. Det fører for langt å ramse opp disse, men et godt eksempel er Polices *King of Pain* fra albumet *Synchronicity* (1983). Andre rockegrupper har brukt dinosaurer (og pseudo-dinosaurer) i navn på gruppen (som for eksempel syttitallsgruppa T. rex), eller på sine album (albumet *Cultosaurus erectus* med gruppen *Blue Öyster Cult*). Mens referansen til fossiler i teksten i *King of Pain* utvilsomt gir egen lyrisk dybde i teksten, er bruken av dinosaurer i de to siste eksemplene neppe noe annet enn (salgsfremmende?) gimmik. Et litt morsom anekdote er at da rockegruppen XTC ga ut sitt samlealbum *XTC Singles 1977-92* ble denne kalt Fossil Fuel, og coveret prydet av en fossil blekksprut (ammonitt) på svart bakgrunn.

Fossilene inntar Hollywood

Selv om fossiler ser ut til å ha pirret nysgjerrigheten til leg og lærd i ulike samfunn og kulturer, kan vi nok si at det først ble fart i sakene i vår vestlige sfære da fossilene erobret Hollywood. Med filmer som *King Kong* (1935), *Journey to the Center of the Earth* (1957), *The Lost World* (1960), *Dinosaurus!* (1960), *The Time Machine* (1960), *The Valley of Gwangi* (1968), *The Land that*



"Istid" i Hollywood.

Time Forgot (1975), og ikke minst *Jurassic Park* (1995) ble dinosaurne gjenstand for en voldsom interesse blant det spenningsøkende publikumet. Flere av disse er filmatisering av klassiske og anerkjente romaner, og som vanlig kan det være fristende å hevde at romanene er "bedre enn filmene". Men noen av filmene inneholder rekonstruksjoner som nok er de mest realistiske vi kan skape basert på kunnskapen vi har om fortidsgigantene.

I Japan har dinosaurne lenge vært etablerte innenfor actionsjangeren. Et yndet tema både i film og tegneserier har vært "monstre i byen". Kjente karakterer er *Gorgo* (*Tyrannosaurus*), *Radon* (*Pterodactylus*) og ikke minst *Godzilla* (tyrannosaur-liknende øgle) som senere også har gjort det stort i Hollywood (filmen *Godzilla* fra 1998).

Disney og andre animasjonsprodusenter har også kastet seg på dinosaurbølgen, og en hel rekke mer eller mindre vellykkede tegnefilmer om dinosaurer har etter hvert sett dagens lys. En klassisk godbit, der dinosaurer riktignok spiller en birolle, er *Fantasia* (1940), der animasjon og klassisk musikk er vevd sammen i en enestående fantasiverden. I *Lillefot og vennene hans* (1988) møter vi igjen kampen mellom de gode (planteetende dinosaurer) og de onde (kjøteterne), fanget inn i rammen av en verden dominert av voldsomme naturkrefter (jordskjelv, vulkanutbrudd).

Mange av oss har vel også et forhold til *Familien Flint* skapt av Hanna og Barbara. Tegnefilmserien så dagens lys i 1958 og kan sees som en herlig parodi på det moderne forbrukssamfunn. "Vitenskapelig og kronologisk sett" er det full forvirring; her er mennesker, dinosaurer, samt pattedyr som ikke overlevde istiden (sabeltannkatta til herr Flint) mikset sammen i en sann røre.

Sabeltanntigre, dovendyr og mammuter og andre dyr fra istiden finner vi igjen i den makeløse animasjonsfilmen *Istid* (2002). Handlingen er lagt opp i kjent Disney-stil; en godslig mammut og et snilt dovendyr redder et menneskebarn fra en flokk blodtørstige sabeltanntigere. Et høydepunkt i filmen er sekvensen der vi får "forklaringen" på hvorfor, og ikke minst hvordan drontene døde ut.

Fossiler som fortsatt lever

Fossiler er definert som rester (og spor) etter tidligere tiders liv. I dagligtalen bruker vi ofte betegnelsen fossil om et menneske som begynner å dra på årene, selv om mange av oss med tenåringer i huset nok kan havne i samme kategori lenge før den berømte midtlivskrisen har innhentet oss. I media og i politisk debatt kan vi ofte høre at personer (eller partier) blir tillagt "fossile meninger". Dette begrepet er særlig mye brukt i forbindelse med diskusjoner om energipolitikk eller klimaspørsmål, da ofte slik at det å være tilhenger av økt oljeleting eller bygging av gasskraftverk blir betegnet som "fossile holdninger".

Når paleontologene og biologene snakker om levende fossiler tenker de verken på foreldregenerasjonen eller politikere. Levende fossiler er nålevende planter og dyr (slekter og arter) som også finnes som fossiler langt tilbake i geologisk tid. Et vakkert eksempel er ginkgotreet som finnes helt tilbake til perm, ca. 230-280 millioner år siden.

Fra dyreriket kjenner vi haier (slekten *Hexanchus*) og dolkehaler som finnes som fossiler tilbake til jura. Beltedyret og tapiren ser ut til å ha eksistert på jorden i mer en 20 millioner år, mens smånagere av slekten *Dielphis* har en mer enn 50 millioner år lang historie. Alle disse blir imidlertid som ungdommer å regne sammenlignet med armfotingene (brakiopodene) *Lingula* og *Crania* som ser ut til å ha levd sammenhengende på jorden i mer enn 500 millioner år!

Det mest spektakulære eksemplet på et levende fossil er kanskje kvastfinnefisk av gruppen Coelacanthidae som man bare kjente fra fossiler før et levende eksemplar ble fanget av en sørafrikansk tråler i 1938. Kvastfinnefiskene er kjent fra devon (345-395 millioner år),

og karakteriseres ved at de parrede finnene deres støttes av et kraftig skjelett omgitt av muskler, nærmest som små lemmer. En gruppe kvastfinnefisk, de såkalte Rhipidistia, utviklet mot slutten av devon antagelig utgangformer for amfibiene. Oppdagelsen i 1938 ble hilst som århundrets vitenskapelige sensasjon, og det ble satt i gang en omfattende leting etter flere eksemplarer. Først 14 år senere lykkes man, da en ny kvastfinnefisk (*Latimeria*) ble fanget ved Komorene i Det indiske hav. For de innfødte var imidlertid dette ikke noe nytt. De kunne fortelle at de fanget én til to slike fisker hver sesong på 200-300 meters dyp. Den sære fisken var imidlertid lite vedsatt; den var tung å få opp i kanoen, og kjøttet var oljeaktig og lite velsmakende. De grove og tunge fiskeskjellene var derimot nyttige. De kunne brukes til å pusse bilslangene med når de skulle lappe en punktering. Det levende fossilet ble altså til slutt bruk til å utbedre et moderne produkt laget av eldgammelt fossilt materiale ...

Kvastfinnefisk.



Litteratur

Figuren over kontinentaldrift er hentet fra Cloud, F. 1978. *Cosmos, earth and man*. - Yale University Press, New Haven, Connecticut.

Masseutslettelse og evolusjon
Hågvar, E.B. 1995. *Det zoologiske mangfoldet*. - Universitetsforlaget, Oslo.

Kardong, K.V. 1997. *Vertebrates, comparative anatomy, function, evolution*. 2. utg. - McGraw-Hill, Boston, Mass.

Raven, P.H. og Johnson, G.B. 2002. *Biology*. 6. utg. - McGraw-Hill, Boston, Mass.

Sandvik, H. 2001. *Dyrenes evolusjon*. - Tapir akademisk forlag, Trondheim.

Universitetet i Oslo, Palontologisk museum. <http://www.toyen.uio.no/almus/index.html>

Jordas mellomalder - krypdyras blomstringstid

Opplysninger i denne teksten er hovedsakelig hentet fra følgende litteratur, samt fra div. Internet-adresser. Illustrasjonene er ved Marina Bassargina.

Boas, J.E.V. og Thomsen, M. 1961. *Zoologi* 3. - Gyldendal, København.

Dolven, J.K. og Hurum, J.H. 2005. *Dødelige dinosaurer*. - Universitetet i Oslo, De naturhistoriske museer og botaniske hage.

Fastovsky, D.E. og Weishampel, D.B. 1996. *The evolution and extinction of the dinosaurs*. - Cambridge University Press, Cambridge.

Goin, C.J. og Goin, O.B. 1971. *Introduction to herpetology*. 2. utg. - W.H. Freeman & Co., San Francisco.

Heinz, A. 1964. *Forsteininger man kan finne i Norge*. - J.W. Cappelens Forlag, Oslo.

Holthe, T. 1987. *Systematisk zoologi*. - Universitetsforlaget, Oslo.

Kauri, H. 1964. *Grod- og kråddjur*. - Djurens värld 7. Förlagshuset Norden AB, Malmö.

Lambert, D., Naish, D. og Wyse, E. 2002. *Dinosaurer og forhistorisk liv*. - N.W. Damm & Søn AS, Oslo.

Norman, D. 1989. *Dinosaurs, a discovery guide*. - Salamander Books Ltd., London.

Petersen, K. 1958. *Fortidsdyr i farger*. - J.W. Cappelens Forlag, Oslo.

Semb-Johansson, A. og Frislid, R. (red.) 1979. *Cappelens dyreleksikon*. - J.W. Cappelens Forlag, Oslo.

Semb-Johansson, A. og Frislid, R. (red.) 1987. *Amfibier og krypdyr*. - *Verdens dyr* 10. J.W. Cappelens Forlag, Oslo.

Er dagens fugler flygende dinosaurer?

Attenborough, D. 1979. Livet på jorden. – William Collins & Co., Glasgow.

Chiappe, L. 1995. The first 85 million years of avian evolution. – Nature 378: 349-355.

Currie, P.J., Koppelhus, E.B., Shugar, M.A. og Wright, J.L. 2004. Feathered dragons. – Indiana University Press, Bloomington & Indianapolis.

Dingus, L. & Rowe, L. 1998. The mistaken extinction. Dinosaur evolution and the origin of birds. – W.H. Freeman and company, New York.

Fortey, R. 2002. Fossils: The key to the past. 3rd ed. – Natural History Museum, London.

del Hoyo, J., Elliott, A. og Sargatal, J. (red.) 1996. Handbook of the birds of the World. Hoatzin to Auks. – Lynx Edicions, Barcelona

Marshall, L.G. 2004. The terror birds of South America. – Scientific American 14: 82-89.

Prum, R.O. og Brush, A.H. 2004. Which came first, the feather or the Bird? – Scientific American 14: 72-81.

Sanz, J.L. m.fl. 1996. An early Cretaceous bird from Spain and its implications for the evolution of avian flight. – Nature 382: 442-445.

Fossile planter – døde og levende

Butterfield, N.J., Knoll, A.H. og Swett, K. 1994. Paleobiology of the Neoproterozoic Svanbergfjellet Formation, Spitzbergen. – Fossils and Strata 34: 75-82.

Brocks, J.J., Logan, G.A., Buick, R. og Summons, R.E. 1999. Archaean molecular fossils and the early rise of eukaryotes. – Science 285: 1035-1036.

Lambert, D., Naish, D. og Wyse, E. 2002. Dinosaurer og forhistorisk liv. – N.W.Damm & Sønn, Oslo.

Hjelle, A. 1993. Svalbards geologi. – Norsk Polarinstittutt, Oslo. (Finnes også i engelsk versjon. Inneholder geologisk kart, Svalbard 1 : 1 000 000.)

Willis, K.J. og McElwain, J.C. 2002. The evolution of plants. – Oxford University Press, Oxford.

<http://www.nhm.uio.no/palmus/>

Menneskets evolusjon

Freeman, S. & Herron, J.C. 2004. Human evolution. – s. 727-770 i Freeman, S. & Herron, J. C. 2004. Evolutionary analysis. 5. utg. Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River.

Rennie, J (red.) 2005. New look at human evolution. – Scientific American, Special edition, 13: 1-100.

Svalbard var tumleplass for dinosaurer

Hjelle, A. 1995. Svalbards geologi. - Norsk Polarinstitutt, Oslo. (Finnes også i engelsk versjon. Inneholder geologisk kart, Svalbard 1 : 1 000 000.)

Aga, O.J. og Worsley, D. 1986. The geological history of Svalbard. Evolution of an Arctic archipelago. - Den norske stats oljeselskap a.s, Stavanger.

Steel, R.J. og Worsley, D. 1984. Svalbard's post-Caledonian strata. An atlas of sedimentational patterns and palaeogeographic evolution. - s.109-135 i Spencer, A.M. m.fl. (red.) Petroleum geology of the North European Margin. Norwegian Petroleum Society, Graham & Trotman Ltd.

Worsley, D., Agdestein, A., Gjelberg, J.G., Kirkemo, K., Mørk, A., Nilsson, I., Olaussen, O., Steel, R.J. og Stemmerik, L. 2001. The geological evolution of Bjørnøya, Arctic Norway: implications for the Barents Shelf. - Norwegian Journal of Geology 81: 195-234.

Nøttvedt, A., Cecchi, M., Gjelberg, J.G., Kristensen, S.E., Lønøy, A., Rasmussen, A., Rasmussen, E., Skott, P.H. og Veen, P.M. van 1992. Svalbard-Barents Sea correlation: a short review. - s. 363-375 i Vorren, T.O. m. fl. (red.) Arctic geology and petroleum potential. Norwegian Petroleum Society Special Publication 2. Elsevier Scientific Publications.

Fossiler i hverdagen

Annoscia, E. 1981. Fossils unknown companions. - Soliart, Milano.

Attenborough, D. 1979. Livet på jorden. - H. Aschehough & Co., Oslo.

Carstens, H. (red.) 2000 ... bygger i berge. - Tapir Akademiske Forlag, Trondheim.

Gurney, J. 1995. Dinotopia: landet bortenfor tiden. - Aventura forlag, Oslo.

Lambert, M. 1980. Fossiler. - J.W. Cappelens forlag, Oslo.

Manum, S.B. 1979. Planterikets geologiske historie. - Universitetsforlaget, Oslo.

Neeb, P.-R. 2004. Mineralressurser i Norge. Bergindustrien i 2003. - NGU Rapport 2004.051.

Forfattere og redaktør

Dag Dolmen, zoolog med reptiler og amfibier som spesialitet.
Førseamanuensis, NTNU, Vitenskapsmuseet, Seksjon for naturhistorie.
Dag.Dolmen@vm.ntnu.no

Eli Fremstad, botaniker og redaktør av "Bli med ut!". Førsteamanuensis,
NTNU, Vitenskapsmuseet, Seksjon for naturhistorie.
Eli.Fremstad@vm.ntnu.no

Dagmar Hagen, botaniker, NTNU, Vitenskapsmuseet, Seksjon for
naturhistorie, Ringve botaniske hage. *Dagmar.Hagen@vm.ntnu.no*,
senere flyttet til NINA, Norsk institutt for naturforskning.

Arne Moksnes, zoolog med fugl og atferdsøkologi som spesialitet.
Professor, NTNU, Institutt for biologi. *Arne.Moksnes@bio.ntnu.no*

Atle Mørk, seniorforsker SINTEF, Avdeling for reservoarteknologi;
professor II NTNU, Institutt for geologi. *Atle.Mork@iku.sintef.no*

Alex Strømme, zoolog med biologisk fagdidaktikk som spesialitet.
Førsteamanuensis, NTNU, Institutt for biologi. *Alex.Strømme@bio.ntnu.no*

Morten Smelror, avdelingsdirektør, NGU, Geofaglig avdeling; professor II i
paleontologi Universitetet i Oslo, De naturhistoriske museer.
Morten.Smelror@ngu.no

Per Gustav Thingstad, zoolog med fugler som spesialitet. Forsker, NTNU,
Vitenskapsmuseet, Seksjon for naturhistorie. *Per.Thingstad@vm.ntnu.no*



“Bli med ut!”
er en serie hefter med emner
innenfor interesseområdet til
Vitenskapsmuseet, Seksjon for
naturhistorie.

Serien er uperiodisk og utgis med
varierende antall numre per år.
Heftelegges ut som pdf-filer på

Internett: http://www.ntnu.no/vmuseet/nathist/nathist_publ.htm

Heftene kan kjøpes fra Seksjon for
naturhistorie gjennom
inger.growen@vm.ntnu.no og
Vitenskapsmuseets museumsbutikk,
enkelte hefter også i museums-
butikken til Ringve Museum.



Utgiver
NTNU
Vitenskapsmuseet
Seksjon for naturhistorie

Redaktør
Eli Fremstad
Eli.Fremstad@vm.ntnu.no
ISSN 1504-1745 (papirutgave), 1504-2340 (nettutgave)
ISBN 82-7126-686-1

Trondheim september 2004

Referanse
Fremstad, E. (red.) 2004. Helt fossilt! Fra dinosaurene til oljealderen.
– Bli med ut! 1: 1 - 59.