

Siluur en Devoon

Gevonden en gelezen op Wikipedia, de vrije encyclopedie

Het Siluur is in de geologische tijdschaal een periode (en in de stratigrafie een systeem) van ongeveer 443 tot 419 Ma (Ma=tijd) (miljoen jaar geleden). Het Siluur is onderdeel van het Paleozoïcum. Het volgt op het Ordovicium en komt voor het Devoon. In het Siluur was het klimaat warmer

Era	Periode	Tijd geleden (Ma)
Mesozoïcum	Trias	jonger
Paleozoïcum	Perm	251,0 - 299,0
	Carboon	299,0 - 359,2
	Devoon	359,2 - 416,0
	Siluur	416,0 - 443,7
	Ordovicium	443,7 - 488,3
Neoproterozoïcum	Cambrium	488,3 - 542,0
	Ediacarium	ouder

Indeling van het Paleozoïcum volgens de ICS.

en lag het zeeniveau hoger dan in het voorafgaande laatste deel van het Ordovicium. De landmassa was verspreid over het grote paleocontinent

Systeem	Serie	Etage	Ouderdom (Ma)
Devoon	Onder	Loosdouchen	jonger
Siluur	Pridoli		419,2-423,0
		Ludfordien	423,0-425,6
	Wenlock	Gorstien	425,6-427,4
		Homerien	427,4-430,5
	Llandovery	Sheinwoodien	430,5-433,4
		Telychien	433,4-438,5
Aeronien		438,5-440,8	
Ordovicium	Boven	Rhuddanien	440,8-443,4
		Kimanties	ouder

Indeling van het Siluur volgens de ICS.

Gondwana en een aantal kleinere continenten. Door de continentale collisie tussen twee van deze kleinere continenten, Laurentia en Baltica, vond de Caledonische orogenese plaats. Gedurende het Siluur verschenen ook de eerste planten op het land. Gewervelde dieren kwamen nog niet op het land voor, maar in de oceanen verschenen steeds beter uitgeruste soorten vissen. Bekende gidsfossielen uit het Siluur zijn verder graptolieten, brachiopoden en trilobieten.

Stratigrafie

Onderzoeksgeschiedenis

Het systeem Siluur werd gedefinieerd door de Schotse geoloog Roderick Murchison in de 1830er jaren.

Murchison deed dit na geologisch onderzoek in Zuid-Wales en noemde het Siluur naar een historische Keltische stam, de Siluren, die leefden op de huidige grens tussen Wales en Engeland. Zijn vriend Adam Sedgwick had gelijktijdig in Noord-Wales het systeem Cambrium gedefinieerd en de twee publiceerden hun onderzoek in 1835 samen. Toen men de gesteentelagen echter verder vervolgde bleken de twee systemen te overlappen zodat de twee ruzie kregen over waar de grens getrokken moest worden, wat het einde van de vriendschap betekende. De onduidelijkheid zou tot 1879 doorduren, toen Charles Lapworth van de omstreken lagen een nieuw systeem maakte dat hij Ordovicium noemde. De Franse geoloog Joachim Barrande probeerde in 1854 de gesteenten uit Wales te correleren met soortgelijke strata in Bohemen. Hij verdeelde het Siluur van Bohemen in acht etages en deed daarbij belangrijke nieuwe ontdekkingen over de evolutie van het leven tijdens het Siluur. Later bleek echter dat de bovenste drie etages van Barrande eigenlijk tot het Devoon behoorden.

Indeling

De basis van het Siluur wordt gelegd bij het eerste voorkomen van de graptolieten *Parakidograptus acuminatus* en *Akidograptus ascensus*, de top bij het eerste voorkomen van de graptoliet *Monograptus uniformis*. Recente dateringen laten zien dat het Siluur een ouderdom heeft van $443,4 \pm 1,5$ tot $419,2 \pm 3,2$ Ma.

Het Siluur werd door Murchison ingedeeld in drie series, Llandovery, Wenlock en Ludlow. De ICS heeft daar later nog een vierde serie aan toegevoegd, het in Tsjechië gedefinieerde Pridoli. Deze vier series zijn weer onderverdeeld in in totaal zeven etages.

Paleogeografie en klimaat

Tijdens het Siluur lag het grote paleocontinent Gondwana rond de zuidpool. Vanwege de afmetingen van dit continent lagen delen ervan (het tegenwoordige Australië en China bijvoorbeeld) echter tot aan de evenaar. Ook de kleinere continenten Baltica en Laurentia en het microcontinent Avalonia lagen rond de evenaar. Tussen deze drie landmassa's begon

in het Siluur de continentale collisie (botsing) die tot de Caledonische orogenese leidde, een fase van bergtevorming die zou voortduren in het Vroeg-Devoon. De landmassa die ontstond door de samenvoeging van de drie continenten wordt Euramerika genoemd.

In het Siluur lagen slechts twee kleine continenten geheel op het noordelijk halfrond: Siberia en Kazachstan. Het grootste deel van het noordelijk halfrond werd bedekt door de Panthalassa-oceaan. Andere oceanen waren de Iapetus Oceaan tussen Baltica en Laurentia, de Rheische Oceaan tussen Avalonia en Baltica, de Prototethys-oceaan tussen Gondwana, Siberia en Baltica, de Paleotethys-oceaan tussen Avalonia en Gondwana en de Oeralocean tussen Baltica en Siberia. Na de ijstijd in het Laat-Ordovicium trok de ijskap op de zuidpool (Gondwana) zich terug om in het Midden-Siluur bijna geheel te verdwijnen. Vanwege het smelten van gletsjers steeg aan het begin van het Siluur het eustatisch zeeniveau. Het zeeniveau lag tijdens het Siluur hoger en het klimaat was warmer dan tijdens het Laat-Ordovicium. Dankzij het relatief hoge zeeniveau waren de continenten bedekt met ondiepe binnenzeeën. Het veel voorkomen van coquina-afzettingen van gebroken schelpen uit het Siluur wijst erop dat in het warme klimaat vaak stormen voorkwamen, net als tegenwoordig in de tropen vaker cyclonen voorkomen. In het Laat-Siluur vond een kleine afkoeling van het klimaat (en een daling van de zeespiegel) plaats, maar op de overgang tussen Siluur en Devoon werd het klimaat weer warmer. Uit het feit dat evaporieten uit het Devoon tot op hogere breedtegraden werden afgezet dan tijdens het Siluur blijkt dat het klimaat tijdens het Devoon nog warmer moet zijn geweest dan tijdens het Midden-Siluur het geval was.

Silurische gesteenten

Gesteenten uit het Siluur bevinden zich in Europa in de kristallijne sokkel en zijn meestal in min of meerdere mate gemetamorfoseerd dankzij de latere Hercynische orogenese. Deze gesteenten dagzomen in de diverse middengebergtes van Europa, zoals in de Ardennen, het Zwarte Woud of de Vogezen. Ook in Wales, Schotland



Gefossiliseerd stuk Laat-Silurische ondiepe zeebodem. Wenlock-groep, Dudley (Engeland).

en Scandinavië komen Silurische gesteenten aan het oppervlak, in Noord-Europa zijn ze gemetamorfiseerd tijdens de Caledonische orogeenese. Sommige Silurische gesteenten zijn brongesteente voor olie of gas, of zijn bekend als vindplek van ijzererts.

Leven

In de zee

Het relatief hoge zeeniveau en warme klimaat van het Siluur boden een goede omgeving voor veel soorten marien leven. Diverse soorten brachiopoden, Bryozoa, mollusken en trilobieten zijn de meest voorkomende fossielen uit het Siluur. Voor het eerst kwamen er grote koraalriffen voor, die werden gebouwd door tegenwoordig uitgestorven soorten koraal als *Tabulata* en *Rugosa*. Ook verschenen de eerste beenvissen (*Osteichthyes*) tijdens het Siluur. Daarvan waren de *Acanthodii*, vissen bedekt met beenachtige platen, de belangrijkste Silurische vertegenwoordigers. De eerste vissen met beweegbare kaken verschenen tijdens het Siluur, deze worden verondersteld te zijn ontwikkeld uit kieuwbogen. Een van de grootste toenmalige vissen

was *Megamastax* met een lengte van een meter. In de ondiepe zeeën die *Laurentia* bedekten kwamen veel grote soorten zeeschorpioenen voor, die meerdere meters lang konden worden. Tijdens het Siluur verschenen verder de eerste bloedzuigers.

Op het land

In het Siluur worden de oudste grotere fossiele terrestrische levensvormen gevonden, in de vorm van mossen die rond rivieren en meren groeiden. Tijdens het Midden-Siluur verschenen de eerste vaatplanten, planten met weefsel waarin voedingsstoffen en water verplaatst kunnen worden. De oudste planten uit deze groep zijn *Cooksonia* (vooral gevonden op *Laurentia* en *Baltica*) en *Baragwanathia* (gevonden op *Gondwana*). *Psilophyta* waren primitieve planten die zowel xyleem als floeem hadden, maar geen onderscheid tussen wortels, stam en bladeren. Ze planten zich voort door middel van sporen. De ademhaling verliep door huidmondjes op alle naar buiten gerichte delen en fotosynthese vond waarschijnlijk plaats in al het naar buiten gerichte weefsel. In het Laat-Siluur

verschenen steeds ontwikkeldere vormen van planten, zoals *Rhyniophyta* en primitieve *Lycophyta*.

Laat-Silurische extinctie

Aan het einde van het Siluur vonden een aantal massa-extincties plaats, hoewel deze van minder belang waren dan de Laat-Ordovicische massa-extinctie. Mogelijke oorzaken worden gezocht in klimaatverandering of inslagen van meteorieten.

Het Devoon

Het Devoon is een periode in de geologische tijdschaal (en een systeem in de stratigrafie) die duurde van 419,2 ± 3,2 tot 358,9 ± 0,4 miljoen jaar (Ma) geleden. Het Devoon is onderdeel van het era Paleozoïcum. Het volgt op het Siluur en wordt opgevolgd door het Carboon.

Era	Periode	Tijd geleden (Ma)
Mesozoïcum	Trias	jonger
	Jura	251,0 - 209,0
Paleozoïcum	Perm	251,0 - 209,0
	Carboon	299,0 - 359,2
	Devoon	359,2 - 416,0
	Siluur	416,0 - 443,7
	Ordovicium	443,7 - 488,3
Neoproterozoïcum	Cambrium	488,3 - 542,0
	Ediacarium	ouder

Indeling van het Paleozoïcum volgens de ICS.

Het Devoon was een periode met een relatief warm klimaat en hoog zeeniveau. Er werden enorme riffen gevormd in ondiepe zeeën, terwijl op het land de primitieve Silurische planten en insecten zich verder ontwikkelden.

De eerste echte bossen ontstonden, waar onder andere de eerste zaadplanten groeiden. In de zee werden de kaakvissen steeds dominanter ten gunste van ostracodermi en placodermi. In het Devoon verschenen ook de eerste gewervelde landdieren. Dit waren amfibieën, die zich uit vissen ontwikkelden.

Vanaf het Midden-Paleozoïcum bewegen de belangrijkste continenten naar elkaar toe, dit zou leiden tot de Caledonische orogeenese in het Siluur en Vroeg-Devoon en de Hercynische orogeenese in het Laat-Devoon en Carboon.

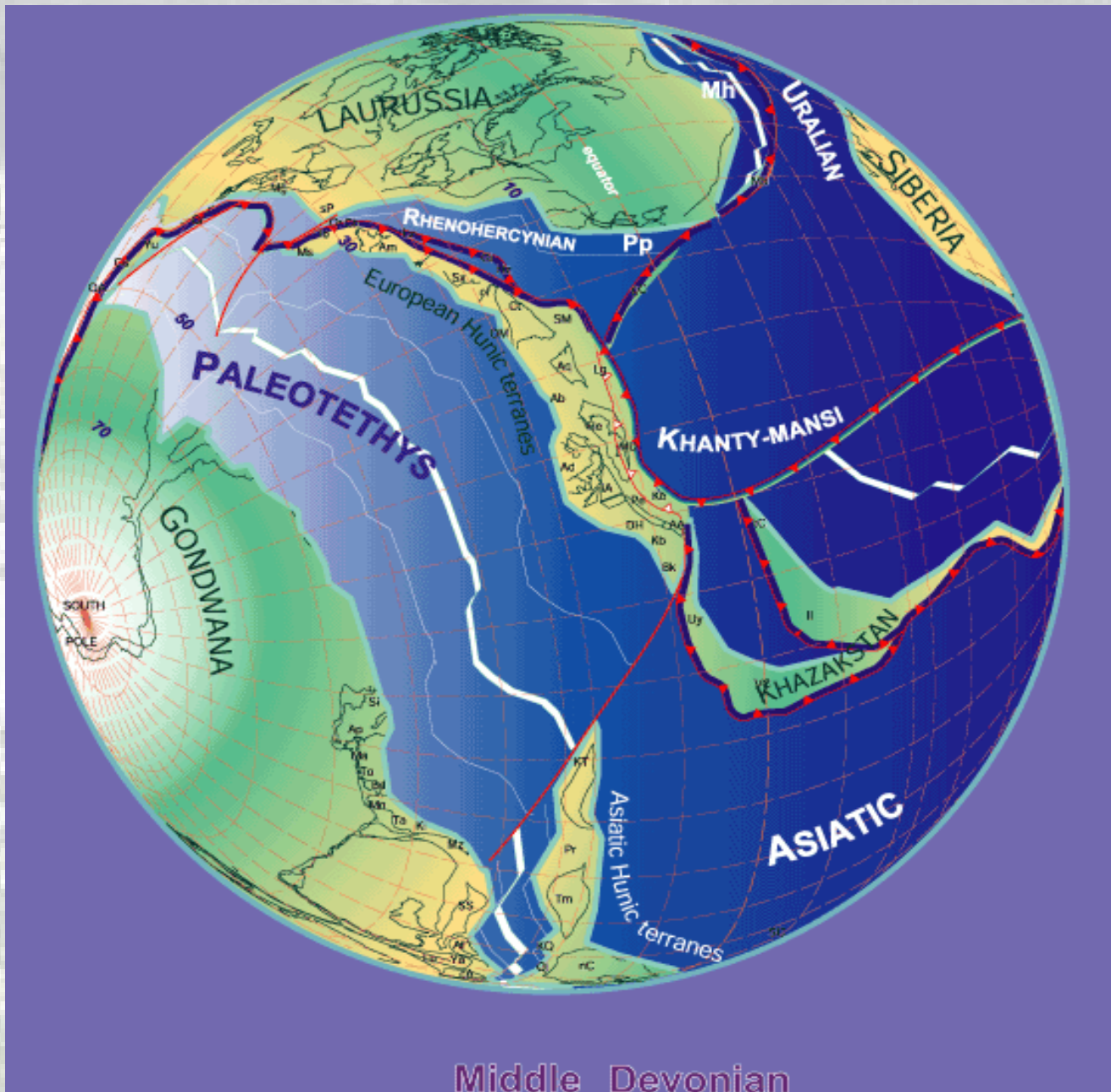
Naamgeving en indeling

De naam Devoon is afkomstig van het graafschap Devon in Engeland, waar Devonische gesteenten ontsloten zijn. Het tijdperk werd voor het eerst benoemd door de Britse geologen Adam Sedgwick en Roderick Murchison in 1839, na onderzoek aan de stratigrafie van Devon. Het Devoon wordt ingedeeld in drie chronostratigrafische series: Onder, Midden en Boven. Het Onder-Devoon is verdeeld over drie etages, het Midden- en Boven-Devoon elk over twee etages.

Paleogeografie

Een belangrijke gebeurtenis in het Vroeg-Devoon was het samenkomen van de continenten Laurentia (tegenwoordig Noord-Amerika) en Baltica (Noord-Europa) tijdens de Caledonische orogenese, het continent dat zo ontstond wordt Euramerika genoemd. Rond 410 tot 395 Ma was sprake van continentale collisie tussen de twee continenten, waarbij het gebergte de Caledoniden gevormd werd. Vanaf het zuiden voegde ook het microcontinent Avalonia zich bij Euramerika,

wat in het westen (het tegenwoordige Noord-Amerika) zorgde voor de Acadische orogenese, waarvan sporen zijn te vinden in de Appalachen. Verwarrend genoeg worden sporen van deze tektonische fase in Europa tot de Caledonische orogenese gerekend.[5] Tussen Euramerika en het continent Gondwana in het zuiden lag de Rheische Oceaan, die in de loop van het Devoon steeds kleiner werd omdat ook deze continenten naar elkaar toe bewogen. Gondwana lag gedeeltelijk over de Zuidpool, maar waarschijnlijk



Paleogeografie in het Devoon. In het zuiden (links) ligt Gondwana, ten noorden daarvan opende de Paleo-Tethysoceaan zodat de Hun-terreinen naar het noorden bewogen richting Laurussia (een synoniem voor Euramerika).

was er in het Devoon geen ijskap. Ten oosten van Euramerika lagen nog de continenten Siberia, Kazachstania en Zuid- en Noord-China. De laatste twee waren in de loop van het Siluur en Vroeg-Devoon van Gondwana afgebroken en bewogen naar het noorden. Het huidige Noordwest-Europa vormde in het Devoon de zuidelijke rand van Avalonia of Euramerika. Zuid-Nederland, Zuid-Engeland en Vlaanderen (het zogenaamde Londen-Brabant-massief, onderdeel van Avalonia) vormden een hoger gebied, dat boven water lag. Verder naar het zuiden lag de continentale marge en de Rheïsche Oceaan. Met het dichters naar elkaar toe bewegen van Gondwana en Euramerika was deze oceaan tijdens het Laat-Devoon een smal bekken geworden, dat het Rheno-Hercynisch Bekken genoemd wordt.

Gesteenten uit het Devoon Aan beide zijden van het Caledonisch gebergte werden afbraakproducten van het gebergte afgezet, zowel in Noord-Amerika als Noord-Europa zijn rode (continentale) zandsteen en conglomeraten typisch voor het Devoon. Een voorbeeld is de Old Red Sandstone in Engeland. Vergelijkbare gesteenten komen ook in de Ardennen voor, zoals in een rotswand bij Roche-à-Frêne.

Tijdens het Devoon werden op de zuidelijke continentale marge van Euramerika en in het Rheno-Hercynisch Bekken voornamelijk mariene kalken afgezet, die tegenwoordig bijvoorbeeld in de Eifel en Ardennen terug te vinden zijn.

Leven

Het Devoon is de eerste periode waarin het landoppervlak grotendeels met planten begroeid was. Dit had grote gevolgen voor het dierenleven. Planten hebben wortels die de bodem vasthouden en zodoende erosie voorkomen. Rivieren zouden voortaan minder sediment meevoeren. Onder de mariene organismen van de bentische zone (zeebodem) zorgde dit voor een opbloei van soorten die in helder water leven (bijvoorbeeld brachiopoden of crinoïden), terwijl mobiele soorten, die beter aangepast zijn aan modderig water (zoals trilobieten), juist afnamen. De grote hoeveelheid plantaardig voedsel op het land maakte de kolonisatie van het land door dieren



Trimerus, een trilobiet uit het Devoon.

mogelijk. De oudste fossiele insecten komen uit het Devoon, hoewel ze waarschijnlijk al eerder verschenen. In het Laat-Devoon verschenen ook de eerste amfibieën, die in tegenstelling tot de vissen ook voedsel op het land konden vergaren.

Mariene leven

Soorten mariene bodemdieren uit het Devoon zijn bijvoorbeeld diverse trilobieten, graptolieten, hellederiden, brachiopoden en bivalven. Tijdens het Vroeg-Devoon verschenen de eerste ammonieten, een opgerolde soort inktvissen waarvan wordt aangenomen dat ze zich uit nautilussen ontwikkelden. Een andere groep ongewervelde roofdieren waren de zeescorpionen.



Afbeelding van diverse Devonische soorten zeedieren: een haai, twee straalvinnigen, een longvis, een ostracoderm, mollusken en trilobieten.

De in eerdere periodes verschenen riffen van in symbiose levende organismen bereikten tijdens het Devoon enorme groottes. Deze riffen werden echter gevormd door andere groepen dan tegenwoordig het geval is.

De belangrijkste rifbouwers van het Devoon waren Tabulata, Rugosa (uitgestorven groepen koralen) en stromatoporen (sponsdieren). Op de riffen leefden ook crinoïden, Bryozoa, diverse mollusken (waaronder bivalven) en brachiopoden.

De vissen maakten tijdens het Devoon een belangrijke ontwikkeling mee, zowel in de zeeën als in zoet water. De Ostracodermi waren groepen kaakloze vissen met een met benen plaatjes bepantserde kop, die waarschijnlijk op de bodem van zeeën en binnenwateren leefden, vergelijkbaar met tegenwoordige modderkruipers. Ze zouden tijdens het Devoon steeds meer verdrongen worden door de tijdens het Siluur ontstane kaakvissen, met name een groep die placodermen genoemd wordt en tijdens het Devoon een grote diversiteit ontwikkelde. Kaken boden het voordeel dat grotere stukken voedsel verwerkt konden worden en op grotere prooien gejaagd kon worden. De meeste kaakvissen waren dan ook roofdieren die kleinere soorten aten. Ze verschenen in steeds grotere vormen. De grootste vissen van het Devoon waren placodermen als Dunkleosteus, die meer dan 7 meter lang kon worden. De placodermen hadden een zware "gepantserde" benen kop, maar een soepelere staart die beweging mogelijk maakte. Tegelijkertijd verschenen in het Devoon groepen vissen die ook tegenwoordig nog leven. Voorbeelden zijn de eerste straalvinnigen (bijvoorbeeld Cheirolepis of Hynieria) en kwastvinnigen (waaronder Eusthenopteron en de eerste longvissen). De laatsten waren, op de coelacanten na, zoetwaterdieren. In het Devoon verschenen ook de eerste haaien (voorbeelden zijn Stethacanthus en Cladoselache), die later de placodermen zouden gaan verdringen.

Landplanten

In het Vroeg-Devoon werden de mossen, algenmatten en primitieve planten uit het Siluur uitgebreid met de eerste vaatplanten. Deze bestonden uit een horizontaal wortelstelsel waaruit stammen omhoog schoten.[7] Een voorbeeld is het geslacht Rhynia. Uit deze primitieve planten ontwikkelden zich in de loop van het Devoon soorten met betere vaatstelsels, stevige wortels en bladeren.

Wouden van struikachtige primitieve planten moeten de continenten bedekt hebben: de eerste lycophyta, sphenophyta en varens verschenen in het Devoon. Sommige soorten konden al redelijk hoog worden. De boomvaren Archaeopteris en de Cladoxylopsida uit het Laat-Devoon konden de hoogte

van tegenwoordige bomen bereiken en hadden stevige, houten stammen. Prototaxites waren geen planten maar boomachtige schimmels die meer dan acht meter hoog konden worden. Aan het einde van het Devoon, rond 380 Ma, verschenen de eerste bomen (van het geslacht Wattieza) en bovendien de eerste zaadplanten. De verschijning van zoveel verschillende belangrijke nieuwe vormen planten in een relatief korte periode is wel de Devonische explosie genoemd, analoog met de Cambrische explosie uit het Cambrium.

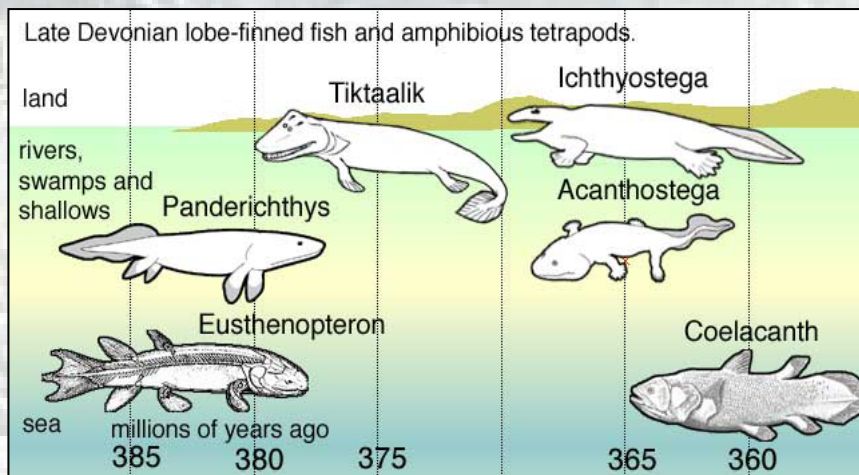
Landdieren

De opkomst van planten met wortels zorgde ervoor dat voor het eerst echte bodemvorming plaatsvond. In deze bodems konden veel nieuwe soorten

gangsvormen tussen kwastvinnige vissen en de eerste amfibieën heeft men een goed beeld van hoe deze evolutie plaatsvond. De nog geheel in het water levende Panderichthys was een soort die in zeer ondiep modderig water leefde. De (eerdere) ontwikkeling van longen in sommige vissen had het mogelijk gemaakt de kop boven water uit te steken om zuurstof uit de lucht te halen. Soorten als Tiktaalik en Acanthostega hadden een overgangsvorm tussen poten en vinnen. Poten maakten het mogelijk zich af te zetten van de bodem om de kop boven water te steken om te ademen of misschien insecten te vangen. Hiermee werd ook voortbeweging op land mogelijk. Ichthyostega had echte poten maar verder nog veel kenmerken van een vis, zoals een vissenstaart.

ten: de eerste aan het begin of ergens middenin de laatste tijdsnede in het Devoon, het Famennien; de tweede op de Devoon-Carboon-overgang zelf. Tijdens dit uitsterven verdwenen de tabulata en stromatoporen, de belangrijkste rifbouwers uit het Devoon. Het zou lang duren, tot in het Mesozoïcum, voordat er weer grote riffen zouden verschijnen. De ostracodermi (kaakloze vissen) stierven geheel uit en de ostracodermen en acritarcha werden zo sterk teruggedrongen dat ze nooit meer een belangrijke rol zouden spelen.

De reden voor deze massa-extinctie is onzeker, maar men vermoedt dat de oorzaak bij klimaatverandering lag. Door de toegenomen hoeveelheid landplanten en fotosynthese was de hoeveelheid kooldioxide (een broeikasgas) in de atmosfeer afgenomen. Door een zwakker broeikas effect begon wereldwijd de temperatuur te dalen, waardoor er gletsjers groeiden op de Zuidpool. Een plotselinge daling van het zeeniveau kan de massale extinctie onder de ondiep mariene soorten veroorzaakt hebben. De temperatuursdaling zou zich in het Carboon verder doorzetten en de Laat-Paleozoïsche ijstijd tot gevolg hebben.



Evolutie van tetrapoden in het Laat-Devoon. Afstammelingen van pelagische kwastvinnigen als Eusthenopteron ondergingen een stapsgewijze evolutie: Panderichthys kon in modderig ondiep water leven; Tiktaalik had poot-achtige vinnen waarmee hij het land op kon; Acanthostega had poten met acht tenen, Ichthyostega had volgroeide poten. Ook coelacanten stammen van kwastvinnigen af, zij trokken juist naar de diepzee.

geleedpotigen (Arthropoda) leven, zoals mijten, schorpioenen en duizendpotigen. Hoewel de oudst bekende fossiele insecten uit het Devoon komen wordt algemeen aangenomen dat insecten al eerder op het land verschenen, misschien al in het Cambrium. Sporenfossielen in Cambrische gesteenten (zoals Climactichnites) lijken hierop te wijzen. De oudste fossielen van gevleugelde insecten komen uit het Devoon, de vleugels verschillen sterk van de modernere soorten uit het Carboon.[8] Er is bewijs gevonden dat de soort Rhyniognatha rond 400 Ma al vleugels had. In het Laat-Devoon begaven ook de eerste gewervelden zich op het land. Dankzij vondsten van fossiele over-

De primitieve longen van longvissen ontwikkelden zich in organen die in de complete behoefte aan zuurstof konden voorzien, waarmee de eerste amfibieën ook langere tijd op het land konden doorbrengen. Hynerpeton was een overgangsvorm tussen vis en amfibie met complexere longen. In het Carboon zouden deze eerste amfibieën zich verder ontwikkelen en het land geheel koloniseren. Laat-Devonische extinctie

Op de overgang tussen Devoon en Carboon vond in het water een grote massa-extinctie plaats, waarbij ongeveer 40% van alle geslachten verdween. Het uitsterven concentreerde zich waarschijnlijk rond twee momen-

Met dank aan:

