

De Cambrische explosie

Het Cambrium is eigenlijk het vervolg van de ontwikkeling die aan het eind van het Cryogenium in gang is gezet, die zich vervolgens manifesteerde in de ediacarische fauna en daarna uitgroeide tot een soortenrijkdom die zijn weerga niet kent. Dat heeft alles te maken met de verdere opwarming van het klimaat op aarde. Tijdens het Cambrium heerste er een warm vochtig klimaat, waarin de vele levensvormen goed konden gedijen.

Kenmerkend voor het Cambrium is de komst van dieren met een kalkskelet. Voorbeelden hiervan zijn slakkenhuisjes, mossel- en oesterschelpen, alsmede het sepiaskelet van inktvissen. Ook ontstond de allereerste vorm van een ruggengraat die zo kenmerkend is voor de dieren in onze huidige tijd.

Men spreekt van de Cambrische explosie, omdat er op grote schaal fossielen van dierlijk leven uit die tijd gevonden worden. Dat is logisch, omdat een kalkskelet in staat is te verstenen en zodoende voor vele honderden miljoenen jaren bewaard blijft.

Ook wordt de Cambrische explosie in verband gebracht met een plotselinge toename van dierlijk leven, waar over het algemeen geen afdoende verklaring voor kan worden gegeven.

Dit laatste is natuurlijk een wetenschappelijke dwaling. De explosie van leven was al ingezet aan het eind van het Cryogenium en zette zich tijdens het Ediacarium en Cambrium gewoon voort. Gegeven de tijdspanne die het hier betreft, zo'n 200 miljoen jaar in totaal, is het niet moeilijk voor te stellen dat zich een veelheid aan levensvormen heeft ontwikkeld.

In het Cambrium verschijnen de voorlopers van alle insecten, ongewervelde dieren dus, maar wel met een pantser van harde delen.

Weekdieren, geleedpotigen, stekelhuidigen en armpotigen zijn in deze periode ontstaan. Dit zijn allen bekende stammen in het rijk der insecten.

Uit deze periode stammen dus de kwallen, de torren, de kevers, de wormen, de spinnen, de kreeften, de krabben, de zee-egels, de zeesterren etc. etc. Ook de voorlopers van de inktvissen zagen in deze tijd het levenslicht.

Een opvallend aspect is dat de dieren uit het Cambrium al veel meer op insecten gingen gelijken. Dat staat in schril contrast met de eerste dieren uit het Ediacarium die op varens leken.

Niet geheel toevallig zijn varens een van de eerste plantensoorten geweest die op het land zijn gaan leven. Door de gelijkenis van de allervroegste dierlijke organismen en dit plantaardig leven, is het zeker dat er uitwisseling van genetische informatie heeft plaatsgevonden. Endo-symbiose kan daarvoor gezorgd hebben, doch ook is het mogelijk dat deze gelijkenis tot stand is gekomen door een virusbesmetting.

De netachtige, fractale structuur van een *Charnia* lijkt daarnaast ook op de veer van een vogel. Hieruit blijkt dat deze wijze van opbouw van een lichaam of lichaamsdeel een succesformule is gedurende de hele aardse evolutie. Ook bestaat er een duidelijke symmetrie in de opbouw.

De *Charnia* en andere soorten uit het Ediacarium hadden een plat lichaam, hooguit enkele millimeters dik. Zij hadden nog geen spijsverteringskanaal, geen ogen, geen inwendige organen, noch een bloedsomloop. Een primitief zenuwstelsel bezaten ze echter wel, hiermee vond de communicatie plaats met de schimmel waaruit ze groeiden.

De wetenschap hecht een zeer groot belang aan de symmetrische opbouw van organismen, bilateria genoemd.

Het is inderdaad opvallend dat de meeste huidige organismen een tweezijdige symmetrie kennen. Zo hebben wij mensen 2 armen, 2 benen, 2 ogen, 2 neusgaten enz. Enkelvoudig voorkomende organen als het hart en de lever liggen in het midden van het lichaam. Er wordt nog verder onderscheid gemaakt in deze symmetrie maar het valt buiten het bestek van dit boek om hier dieper op in te gaan. Het is tenslotte al ingewikkeld genoeg nietwaar?

Eerst maar wat plaatjes om een en ander te verduidelijken.



Dit is een ingetekend plaatje van een Opabinia, een roofdier uit het Cambrium.

Het bezat een aantal facetogen en een mond in de vorm van een grijpertje. Een hard pantser van chitine beschermde het inwendige maag-darmkanaal.

Vanwege dit harde pantser zijn fossielen van dit diertje goed bewaard gebleven. Waarschijnlijk leefde het in de warme kustwateren, waar het over de bodem kroop op zoek naar voedsel.

Het lichaam van dit diertje lijkt nog op zijn ediacarische voorgangers.



De Anomalocaris was een groter roofdier uit het Cambriese tijdperk. Van dit dier zijn fossielen van bijna één meter lang gevonden, deze zijn omstreeks 500 miljoen jaar oud.

Opvallend zijn de facetogen op uitsteeksels, ieder oog bestond uit meer dan 10.000 lenzen. Alleen moderne libellen hebben er nog meer. Hierdoor kon het dier zeer scherp zien.

Dit dier is een voorouder van de inktvissen en is nauw verwant aan de trilobieten. Het bezat een zenuwbaan die in de rug lag, een wervelkolom had het echter niet.

Verder moet dit dier goed ontwikkelde hersenen hebben gehad om de informatie die de ogen waarnamen te kunnen verwerken.



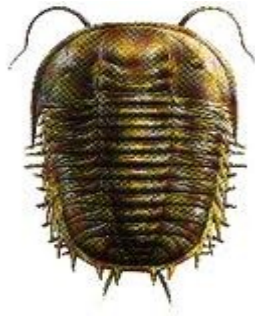
Een fossiel van een primitieve trilobiet.

Trilobieten waren één van de hoger ontwikkelde diersoorten uit het Cambrium.

Dit is de eerste diersoort op aarde die over hersenen beschikte.

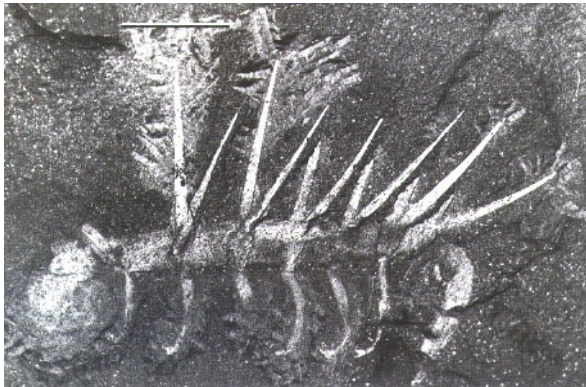
Trilobieten zijn de vroegste voorouders van de geleedpotigen, de inktvissen en alle gewervelde dieren op aarde. Dat zijn ook de enige diergroepen die tegenwoordig de beschikking hebben over hersenen.

Alle andere ongewervelden hebben wel zenuwbanen met ganglia, doch geen van de ganglia is hierbij uitgegroeid tot een brein.

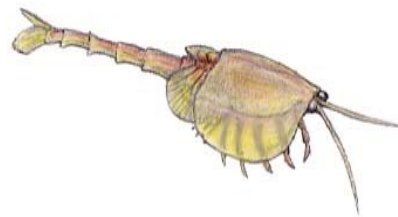
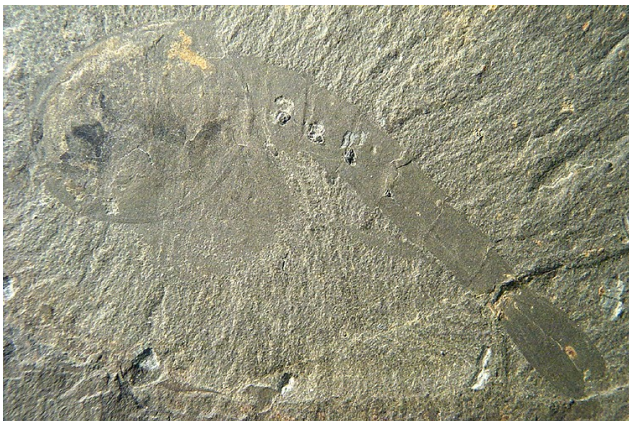


Een verder ontwikkelde Trilobiet. Qua vorm zou je zo kunnen zeggen dat het hier een moderne tor of pissebed betreft.

Deze diertjes leefden op en in de zeebodem, op zoek naar voedseldeeltjes in het slib. Om dit systeem te perfectioneren waren pootjes, ogen en een reukvermogen onmisbare ontwikkelingen.



Dit is een Hallucigenia, een vreemde verschijning. Dit diertje had een wormachtig lichaam met uitsteeksels en een ronde kop. Waarschijnlijk zijn de onderste uitsteeksels uitgegroeid tot poten waarmee het over de zeebodem kroop. Op de bovenste uitsteeksels zijn nog goed de netachtige structuren te zien die kenmerkend zijn voor de ediacarische fauna. Het bezat een mond waarmee het zich kon voeden, de netstructuren zorgden voor zuurstofopname en koolzuurafgifte en waren hiermee grondleggers voor kieuwen en longen.



Tweemaal een Waptia, een vroege voorouder van de garnaal. Ook dit diertje kende pootjes, ogen, een spijsverteringskanaal en het bezat hersenen.



Tweemaal een Pikaia. Dit diertje had een chorda, de voorloper van de visgraat en het latere skelet. Dit is vermoedelijk een voorouder van de eerste vissen op aarde. Ook dit wezentje beschikte over een hersenpan.

De Pikaia doet denken aan een naaktslak. Echter, een naaktslak heeft geen ruggengraat en dit diertje had dat wel. Op de afbeelding is duidelijk een visgraatstructuur te herkennen. De flappen aan de staart maakten het mogelijk dat dit wezentje kon zwemmen. Dergelijke flappen zien we ook terug bij vrijwel alle inktvissen. Het is vrijwel zeker dat dit dier aan de basis heeft gestaan van de ontwikkeling van alle gewervelde dieren.

Alle levensvormen die in het Cambrium zijn ontstaan behoren tot de ongewervelde dieren. Vissen, amfibieën enz. zijn pas veel later in de evolutie ontstaan. De inktvissen echter waren al aan het eind van het Cambrium geboren.

Het waren vreemde verschijningen, de dieren uit het Cambrium. Ze kwamen in vele vormen voor, sommigen met 6 poten, anderen met acht of tien of nog meer. De meeste hadden ogen, een noodzakelijke ontwikkeling om vrij levend, actief op de zeebodem op zoek te kunnen gaan naar voedsel.

Al deze dieren hadden een uitwendig skelet (exoskelet), zoals dat heden ten dage voorkomt bij vrijwel alle insecten. Dat skelet was opgebouwd uit chitine, een op cellulose gelijkend materiaal dat de diertjes een zekere mate van stevigheid en tegelijkertijd een goede bescherming bood.

In dit verband is het van groot belang een onderscheid te maken tussen cellulose en chitine. Cellulose wordt door planten gemaakt, organismen die aan fotosynthese doen. Cellulose is in feite een lange keten van glucose (suiker) moleculen en vormt het hoofdbestanddeel van hout. De meeste plantaardige organismen hebben een celwand die is opgebouwd uit cellulose. Chitine wordt door dierlijke organismen gemaakt en vormt het hoofdbestanddeel van de dierlijke celwand alsmede het uitwendige skelet dat zo kenmerkend is voor de insecten.

Chemisch gezien, bestaat er een groot verschil tussen cellulose en chitine. Chitine is ook een lange keten van suikers, doch nu zijn daar zogenaamde aminogroepen (een verbinding van stikstof en waterstof) in verwerkt. Simpel gezegd komt het er op neer dat cellulose geen stikstofgroepen kent en chitine die wel heeft.

Veel schimmelsoorten hebben ook een celwand van chitine en dat is weer een bewijs dat al het dierlijk leven voort is gekomen uit de schimmels.

Schematisch ziet dat er zo uit.

Bodembewonende protisten → schimmels → ediacarische fauna → cambrische fauna → ongewervelde dieren als inktvissen, insecten, garnalen, mossels, wormen enz. → gewervelde dieren als vissen, amfibieën, reptielen, vogels en zoogdieren waaronder de mens.

Fotosynthetiserende protisten → algen → zeewieren → mossen → varens → overige landplanten.

Natuurlijk, er heeft endo-symbiose plaatsgevonden, er zijn genmutaties opgetreden, er hebben zich virusinfecties voorgedaan en tot slot kende het leven geslachtelijke voortplanting. Dit alles zorgde voor een geweldige toename in de biodiversiteit.

Vanwege het feit dat de organismen in het Ediacarium en Cambrium genetisch gesproken nog zeer naaste familie waren, zullen vele organismen in staat zijn geweest met elkaar te paren en levensvatbare jongen voort te brengen. Dit alles verklaart de voortgaande explosieve groei van leven tijdens het Cambrium, in een periode waarin de aarde in een zeer warme periode verkeerde en met name de kustwateren warm water hadden.

Ik besef, na dit geschreven te hebben, dat het er allemaal niet eenvoudiger op wordt. Naarmate het leven op aarde complexer wordt, ondergaat dit verhaal eenzelfde lot.

Gesteld kan worden dat alle hoofdgroepen van ongewervelde dieren het levenslicht zagen tijdens het Cambrium. De kustwateren en rivieren zullen uitgepuild hebben van leven dat op en in de bodem rondscharrelde en vlak daarboven zweefde. Boven dat dierenrijk heersten vele soorten algen en wieren, badend in het zonlicht en de warme luchtlaag boven hen.

Al ontbreekt hiervoor elk bewijs, het is mijn stellige overtuiging dat er in deze periode ook relatief hoog intelligente levensvormen zijn ontstaan, nadat de natuur ook hersenen had uitgevonden.

Wanneer je bedenkt dat het grote volume van het menselijke brein in slechts 20 – 25 miljoen jaar is ontwikkeld, wordt het al minder onwaarschijnlijk dat er weekdierachtige levensvormen hebben bestaan die de beschikking hadden over een hoog ontwikkeld stel hersenen.

Het chitinepantser werd na verloop van tijd versterkt met calciumfosfaat en weer wat later met calciumcarbonaat.

Calciumfosfaat is een belangrijke voedingsstof voor ons mensen en is een belangrijk deel van ons beenderweefsel, ons skelet dus. Ook als conserveermiddel is het bekend onder nr. E341. De versterking van het chitine met calciumfosfaat staat aan de basis voor de skeletten van alle gewervelde dieren.

De versterking van chitine met calciumcarbonaat heeft de ontwikkeling van schelpdieren, slakkenhuisjes e.d. mogelijk gemaakt. Ook de schaal van eieren bestaat voor een groot deel uit calciumcarbonaat.

Een aparte groep vormen de al eerder aangehaalde sponsdieren.

Sponzen hebben een verbluffend vermogen om zichzelf te vermeerderen. Je kunt een levende spons fijn malen en alle afzonderlijke stukjes zullen uitgroeien tot identieke volgroeide sponzen. Dit wordt regeneratie genoemd. Van alle dierlijke organismen op aarde heeft een spons het sterkste vermogen tot regeneratie.

Sponzen kunnen worden beschouwd als één van de oudste en tevens primitiefste vormen van dierlijk leven. Sponzen hebben geen maag-darm kanaal, geen ogen en geen zenuwstelsel. Door openingen stroomt zeewater en het organisme filtert daar voedseldeeltjes uit.

Aanvankelijk bezaten de sponzen wel degelijk een zenuwstelsel met spiercellen en waarschijnlijk ook een zeer primitieve vorm van organen als spijsverteringskanaal. In de loop van de evolutie bood een elektrisch systeem in de vorm van een zenuwstelsel geen voordeel meer voor de spons, waarschijnlijk omdat een elektrisch systeem onnodig veel energie kostte. Uiteindelijk raakte de spons zijn elektrische vermogens en daarmee ook de spieren en het spijsverteringskanaal geheel kwijt.

Kenmerkend voor al het dierlijke leven, is het voorkomen van collageen dat de afzonderlijke cellen bijeen houdt. Collageen is het basismateriaal voor bindweefsel en komt alleen voor in dierlijke organismen. Zo is onze menselijke huid voor 70% opgebouwd uit collageen. Ook bloedvaten, spieren en kraakbeen bevatten grote hoeveelheden van dit materiaal. Ook de sponzen gebruiken collageen om de afzonderlijke cellen bijeen te houden en te rangschikken. Hieruit valt te concluderen dat de collageenproductie al minstens 650 miljoen jaar op aarde voorkomt en wellicht nog wat langer.

Nu is dat collageen niet zomaar iets. Het is een zeer groot en complex eiwitmolecuul en heeft de afgelopen 500 miljoen jaar nauwelijks veranderingen ondergaan. Zo kun je onmogelijk zeggen dat een naaktslak en een mens op elkaar lijken, echter de huid van beiden bevat vrijwel hetzelfde collageen en het wordt door beide organismen op dezelfde wijze geproduceerd.

Dat maakt deze uitvinding van moeder natuur tot een succesformule en zonder dit materiaal was dierlijk leven geheel niet ontstaan op aarde.

Het is van groot belang hierbij te beseffen dat, hoe primitief de eerste organismen in onze ogen ook zijn, ze wel in staat waren om zeer complexe biochemische structuren als RNA, DNA, chitine, collageen en andere eiwitten te bouwen. In onze tijd zijn er zeer krachtige computers nodig om dat kunststukje te herhalen, na te bootsen en de genetische informatie hiervan te ontrafelen.

Hoezo primitief dan???

In eerste instantie zal er een bacteriegroep zijn ontstaan die in staat was dit collageen te produceren en daarvoor was zuurstof nodig, veel, heel veel zuurstof. Dat betekent dat de collageenproductie pas op gang kon komen toen zuurstof vrij in het water en de lucht aanwezig was.

Een andere aanwijzing is de complexiteit van een collageenmolecuul. Er zijn waarschijnlijk vele miljoenen jaren overheen gegaan, voordat een levend organisme in staat was een zo ingewikkeld molecuul te produceren.

Naast regeneratie kennen sponzen ook zowel geslachtelijke, als ongeslachtelijke voortplanting. Er bestaan zelfs twee vormen van ongeslachtelijke voortplanting.

In het ene geval groeit er een soort knop aan de buitenkant van het organisme, die op gegeven moment loslaat. Het wordt door de waterstroom meegevoerd, zet zich vast op de bodem en groeit uit tot een nieuwe spons, identiek aan zijn ouder. In het andere geval, maakt de spons een soort spore, vergelijkbaar met de wijze waarop varens en vele bacteriën dat doen. De spore is in staat om vele honderden jaren te overleven, het kan zich in laten vriezen, het kan diep in de bodem begraven worden en wanneer de omstandigheden weer gunstig zijn, groeit de spore uit tot een nieuwe spons, opnieuw volkomen identiek aan zijn ouder.

Tot slot kunnen sponzen sperma- en eicellen produceren welke gelijktijdig worden losgelaten. Vrij zwevend in het water smelten ze samen wanneer ze elkaar aanraken en vormen een nieuwe cel. Deze wijze van voortplanten is welbekend bij ons mensen en alle andere dieren. Door deze geslachtelijke voortplanting kunnen nieuwe soorten sponzen ontstaan, vnl. door mutaties in de genen.

Kortom, de spons heeft vele technieken geleerd om te overleven en dat maakt dat dit organisme heden ten dage nog steeds in groten getale op de bodem van zeeën, oceanen en rivieren leeft. Sponzen waren gedurende het Ediacarium en Cambrium al een heel veel voorkomend organisme.

En lieve mensen, de wetenschap noemt dit één van primitiefste dierlijke wezens op aarde.

Wij mensen, wij kunnen geen sporen maken die we in de grond stoppen, zodat er over 1500 jaar een nieuwe mens uit tevoorschijn komt.

De spons kan dat wel! Hoezo primitief dan?

Natuurlijk, een spons kan niet lezen en schrijven. Een spons kan geen machines bouwen. Een spons kan niet praten. Vanuit dat oogpunt bekeken kan een spons met recht een primitief wezen worden genoemd.

Echter, vanuit een evolutionair standpunt bekeken is een spons een zeer succesvol organisme. Een spons is een "overlever pur sang". Een spons heeft diverse strategieën ontwikkeld om de meest barre omstandigheden te doorstaan en te overleven. In evolutionair opzicht kun je dus rustig stellen dat een spons een zeer hoog ontwikkeld wezen is, veel hoger ontwikkeld dan een mens bijvoorbeeld.

Sponzen leven al rond de 1 miljard jaar op aarde, dat is 5000 maal zo lang als de tijd dat er moderne mensen op aarde zijn.

En denkt u nu echt dat de mens zich 1 miljard jaar lang op aarde zal weten te handhaven?

Zodra er een nieuwe ijstijd optreedt, zodra er een groot brok ruimtepuin op aarde neerstort, zodra er een grote caldera ontploft (Yellowstone national park bijvoorbeeld) zullen de mensen in groten getale komen te sterven. Sponzen zullen deze rampen echter eenvoudig weten te overleven.

Tot de hoogst ontwikkelde en tevens talrijkste levensvormen in het Cambrium behoorden de Trilobieten (geleedpotigen zoals de spinnen en andere insecten van onze tijd) en de Brachiopoda (armpotigen, welke enigszins op mossels lijken, doch daar verder geen verwantschap mee hebben).

Beide groepen hebben een pantser van chitine, versterkt met calciumcarbonaat (kalk). Hierdoor worden er veel fossielen van deze soorten gevonden.

Van de armpotigen zijn heden ten dage minder dan 300 soorten in leven en ze worden allen op grote diepte in zee gevonden. Ze bezitten geen hersenen, doch wel een eenvoudig zenuwstelsel.

De geleedpotigen komen heden ten dage nog zeer talrijk voor en vormen derhalve een zeer grote groep van diverse insecten. Om u een indruk te geven; van elke vijf diersoorten op aarde, behoren er vier tot de geleedpotigen. Alle geleedpotigen bezitten hersenen en een goed ontwikkeld zenuwstelsel.

De Trilobieten zelf zijn al lang geleden uitgestorven. Een belangrijk kenmerk van deze diergroep waren de ogen. Voor zover bekend is dit de eerste diergroep die de beschikking had over een gezichtsvermogen. De ogen van de trilobieten kunnen worden beschouwd als de eerste ontwikkeling van de facetogen die zo kenmerkend zijn voor de insecten van vandaag de dag.

Fossielen van Trilobieten uit de beginperiode van het Cambrium laten zien dat deze dieren slechts in staat waren om licht en donker van elkaar te onderscheiden, ze zagen dus slechts schaduwen zonder dieptewerking.

Trilobiet-fossielen uit het einde van het Cambrium tonen aan dat de ogen van deze dieren al duidelijk vormen konden onderscheiden en een dieptewerking kenden, ze konden hierdoor afstanden inschatten. Deze ontwikkeling gaf hen een groot voordeel bij het zoeken naar voedsel op de zeebodem. Ook waren ze door het gezichtsvermogen veel beter in staat aanvallers aan te zien komen. Het ontstaan van ogen betekende een grote stap voorwaarts in de ultieme overlevingsstrategie. Uit al het tegenwoordige onderzoek blijkt dat de trilobieten een van de meest geavanceerde diersoorten waren die een half miljard jaar geleden de wereldzeeën bewoonden.

Aan het eind van het Cambrium verscheen de Anomalocaris. De facetogen van dit dier waren zo dermate goed ontwikkeld, dat alleen libellen in onze tijd nog hoger ontwikkelde facetogen hebben. Om de ogen van de Anomalocaris en ook van de Trilobieten goed te kunnen laten werken, was een brein nodig. Zonder het bestaan van hersenen, zou het onmogelijk zijn geweest om de coördinatie van de vele lenzen in de facetogen goed te regelen.

De hersenen zijn ontstaan uit het ganglion dat in de kop van het betreffende dier lag. Steeds meer zenuwcellen waren nodig om ogen en kaken aan te sturen en op elkaar af te stemmen en dat heeft tot het ontstaan van een brein geleid.

Aangezien de Trilobieten de eerste geledpotigen op aarde waren en de Anomalocaris de voorouder is van de inktvissen, is het niet zo verwonderlijk dat in onze huidige tijd alleen deze 2 groepen ongewervelde dieren de beschikking over hersenen hebben. Alle andere stammen ongewervelden bezitten slechts een hoofdzenuwbaan met een aantal ganglia.

Naar men aanneemt was de Anomalocaris in zijn tijd het hoogst ontwikkelde roofdier op aarde.