

Paleontologie in het kort

Deel III: Ongewervelde dieren 2 en de Gewervelden

door Trudi Buntsma

We vervolgen de rij van fossiele diergroepen, zoals die in het Gea-nummer van december 2000 is begonnen. Toen zijn de sponzen, de koralen, de Bryozoa, de brachiopoden en de weekdieren (Scaphopoda, slakken, koppotigen en tweeklep-pige schelpen) besproken.

Nu volgen de wormen, de geleedpotigen, de stekelhuidigen, de graptolieten en de vertebraten (gewervelden).

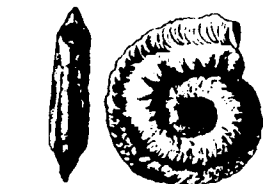
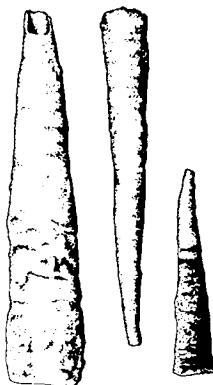
Wormen

Er bestaan en bestonden heel veel soorten wormen. Ze worden ingedeeld in negen verschillende phyla (= stammen). Het hoogst ontwikkeld is het phylum van de Annelida (ringwormen). Wormen zijn gesegmenteerd, dat wil zeggen, dat ze opgebouwd zijn uit vele gelijke deeltjes achter elkaar, de segmenten. Bij regenwormen is dat duidelijk te zien.

Fossielen van wormen zijn zeldzaam, want wormen missen doorgaans harde skeletdelen. Graafgangen van wormen komen fossiel veel meer voor. Er bestaat echter een familie van de Annelida, de Serpulidae, die een koker maakt om in te leven. Deze wormkokers zijn fossiel vaak aan te treffen. Ze komen vanaf het Siluur voor en werden in de Jura algemener.

De wormkokers kunnen gestrekt zijn (afb. 1), maar ook opgerold, zoals de schelp van een slak of een ammoniet (afb. 2). Gelukkig zijn er ook verschillen met slakken:

Afb. 1. *Sclerostyla mosae*, het olifantstandje. Vroeger voor een dentalium (Mollusca) gehouden, het heette toen *Ditrupa mosae*; ca. 5 cm. Veel voorkomende wormkoker in het Maastrichtien van Zuid-Limburg.



Afb. 2. *Rotularia* sp., kleine ronde wormbuisjes, die op een ammoniet lijken. 2 cm, Eoceen.



Afb. 3. *Scolecodonten*, wormkaakjes. Paleozoicum; de grootste meet 1,5 mm.

- de kokers zijn van binnen mooi rond;
- van buiten zijn ze onregelmatig, soms hebben ze kammen in de lengte;
- ze zitten meestal vast op een ondergrond;
- ze zijn dikwandig;
- ze bestaan uit twee lagen die beide concentrisch gebouwd zijn (een slakkenhuis bestaat ook uit twee lagen, maar de buitenste laag is radiaal opgebouwd);
- het operculum is bol of schotelvormig met een kegeltje eraan (bij slakken ontbreekt het kegeltje).

De tandjes van ringwormen kunnen fossiliseren. Men vindt ze terug in de boeken onder de naam **Scolecodonta** (afb. 3). Ze zijn hooguit 2 mm groot!

Arthropoda: geleedpotigen

Onder het phylum (stam) Arthropoda (geleedpotigen) vallen de volgende diergroepen:

- Trilobitomorpha - trilobieten;
- Chelicerata - Merostomata (Xiphosura, Eurypterida), Arachnida (spinnen, schorpioenen);
- Crustacea - Ostracoda, Cirripeda (zeepokken, eendemos-sels), Malacostraca (krabben, kreeften, garnalen);
- Myriapoda - duizendpoten, miljoenpoten;
- Hexapoda - insecten.

De kenmerken van alle geleedpotigen zijn uiteraard de gelede poten, het uitwendige skelet (chitine-pantser), de segmentatie, vervellingen en facetogen.

De geleedpotigen hebben zoals gezegd een chitine-pantser als uitwendig skelet. Chitine is een buigzame, hoornachtige stof. Op bepaalde plaatsen is het pantser versterkt met calciumverbindingen. Dit pantser biedt de Arthropoden bescherming tegen aanvallers. Het dier ontleent er ook zijn stevigheid aan (ter vergelijking: wij ontlene onze stevigheid aan een inwendig skelet). De spieren zijn aan het pantser gehecht.

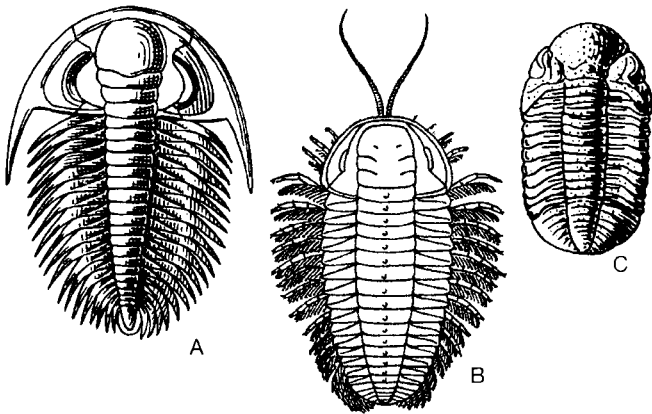
Een ander kenmerk is segmentatie, d.w.z. het lichaam is in principe opgebouwd uit een groot aantal segmenten. Segmentatie zagen we ook al bij de wormen. Bij de primitieve Arthropoden zien de segmenten er min of meer hetzelfde uit. Bij hoger ontwikkelde geleedpotigen kunnen een aantal segmenten versmolten zijn tot een kop, een borststuk of een achterlijf.

Elk segment heeft één of twee paar aanhangsels, o.a. poten. De ledematen bestaan ieder uit een aantal beweeglijk verbonden stijve leden. Vandaar de naam geleedpotigen. De aanhangsels kunnen ook omgevormd zijn tot bijvoorbeeld antennes, kaken, voortplantings- en ademhalingsorganen.

Arthropoda paren en leggen eieren. Uit het ei ontstaat een larve, die duidelijk gesegmenteerd is. Na enige vervellingen ontstaat weer een volwassen dier. Die vervellingen zijn een duidelijk kenmerk van Arthropoda; ze zijn nodig doordat het harde chitine-pantser geen groei toelaat. Groei treedt dan ook alleen op in de uren na een vervelling, wanneer het chitine-pantser nog zacht is. Een vierde duidelijk kenmerk zijn de facetogen, die veel verschillende vormen hebben. Deze ogen zijn eigenlijk opgebouwd uit vele lange kegelvormige oogjes, die het licht slechts in de lengte

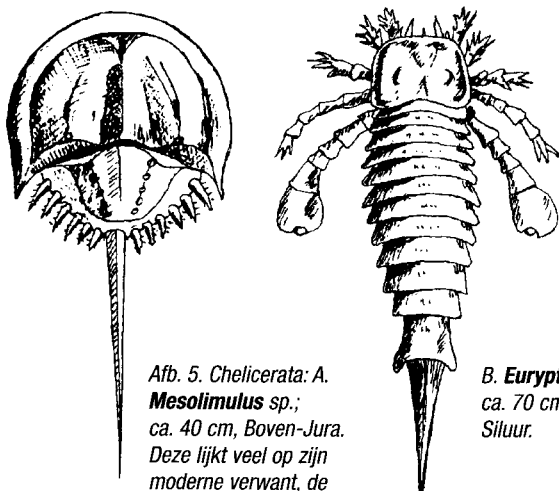
doorlaten en zo met elkaar een scherp beeld op kunnen bouwen zonder gebruik te maken van een lens. Er gaat met deze methode echter veel licht verloren vergeleken met een lens. Vandaar dat insecten en trilobieten grote ogen hebben. De oudste Arthropoda stammen uit het Cambrium. Er leefden toen al drie van de vijf als fossiel bekende klassen, namelijk de Trilobita, de Merostomata en de Malacostraca.

Trilobieten leefden van het Cambrium tot het einde van het Paleozoïcum. De naam trilobiet is afgeleid van "drielobbig": zowel in de lengte als in de breedte is een trilobiet in drieën gedeeld. De verdeling is als volgt: in de lengte kop (*cephalon*), borststuk (*thorax*) en achterlijf (*pygidium*) en in de breedte in het midden de *rhachis* en links en rechts de beide *pleura*. In de romp en het staartstuk is de segmentatie duidelijk waar te nemen (afb. 4 A en B). Het harde pantser, dat meestal gevonden wordt, is vaak versierd met stekels of knobbels. Zelden worden trilobieten gevonden, waar aan de onderkant aanhangsels zichtbaar zijn: één paar loopootjes en een paar kieuwtakken per segment.



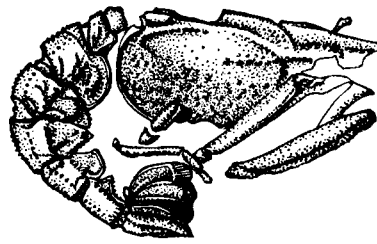
Afb. 4. Trilobieten. A: *Paradoxides* sp., ca. 11 cm, Midden-Cambrium. B: *Triarthrus* sp., rugzijde. Reconstructie; te zien zijn de aanhangsels: poten en kieuwen, die onder het pantser uitsteken. Ordovicium. C: *Phacops* sp., 4 cm, Devoon, komt o.a. in de Eifel voor.

Ook de facetogen zijn duidelijk waarneembaar en vaak mooi gefossiliseerd. Afb. 4 C. Fossilzoekers kunnen bij trilobieten wel eens ogen tegenkomen. Hoewel... er komen ook blinde trilobieten voor, zonder ogen dus. De meeste trilobietensoorten zijn met 3 tot 8 cm volwassen. Een enkele soort wordt echter 75 cm! Voordat het volwassen stadium bereikt wordt, heeft het dier al zo'n 30 of meer vervellin-



Afb. 5. Chelicerata: A. *Mesolimulus* sp.; ca. 40 cm, Boven-Jura. Deze lijkt veel op zijn moderne verwant, de degenkrab.

B. *Eurypterus* sp., ca. 70 cm; Boven-Siluur.



Afb. 6. *Meyeria* sp., ca. 7 cm, een kreeft uit het Aptien (Onder-Krijt).

gen doorstaan. Vandaar dat de meeste fossielen van trilobieten die wij vinden slechts stukken van afgeworpen pantsers zijn. De meeste trilobieten kropen over de zeebodem, hoewel sommige soorten waarschijnlijk wel konden zwemmen. De kruipsporen die ze achterlieten fossiliseerden soms ook.

Onder de **Merostomata** (een klasse van de Chelicerata) valt de nu levende *Limulus* oftewel de degenkrab (afb. 5 A), die sprekend lijkt op een voorvader uit de Jura-periode. Zijn groep gaat terug tot in het Cambrium.

Ook *Eurypterus* (afb. 5 B) valt onder de Merostomata. Deze rover, die mogelijk de vijand van de pantsersvissen was, werd ongeveer 1 meter lang; hij leefde in het Siluur. De leden van deze klasse komen als fossiel niet veel voor.

Anders is het gesteld met het vinden van fossielen uit het subphylum **Crustacea** oftewel de schaaldieren. Hieronder vallen de krabben en kreeften (de **Malacostraca**), de mosselkreeftjes ofwel **Ostracoda**, en de zeepokken en eendemossels. Aan de staarten van krabben en kreeften is de segmentatie nog waar te nemen (afb. 6). Doorgaans vindt men slechts fragmenten van deze dieren.

Ostracoda zijn slechts enkele millimeters groot en worden beschermd door twee schelpklepjes, die hen geheel omhullen. Ostracoden worden gebruikt in de geologie om o.a. het zoutgehalte van vroegere zeeën te bepalen. Ze komen in sommige lagen massaal voor.

Enkele groepen Arthropoda hebben de stap naar het vasteland gezet, namelijk de **Arachnida** (de schorpioenen en spinnen), de **Myriapoda** (miljoenpoten en duizendpoten) met hun vele identieke segmenten, en de **Hexapoda** (insecten). Insecten zijn fossiel bekend uit het Carboon, uit de lithografische kalk van Solnhofen en natuurlijk uit barnsteen. Maar hoewel de meeste dieren die nu leven tot de insecten behoren, vormen ze fossiel een bescheiden groep.

Echinodermata: stekelhuidigen

Veel Echinodermata onderscheiden zich van alle andere dieren door een vijfzijdige symmetrie. Ze bezitten een inwendig skelet, dat door een opperhuid bedekt wordt. Verscheidene groepen hebben een watervatsysteem, waardoor diverse lichaamsfuncties geregeld worden.

De voortplanting is geslachtelijk: de eieren worden buiten het lichaam in zee bevrucht. Uit de eieren ontstaan tweezijdig symmetrische, planktonische (vrijzwemmende) larven. Tijdens het volwassen stadium leven ze op of dichtbij de zeebodem. De stekelhuidigen leven allemaal in zee; de eersten bestonden al in het Cambrium.

Echinodermata zijn een zeer hoog ontwikkelde groep ongewervelden. Op één groep na (de Hemichordata) staan ze het dichtst bij de gewervelde dieren.

Het phylum (stam) Echinodermata is als volgt ingedeeld:

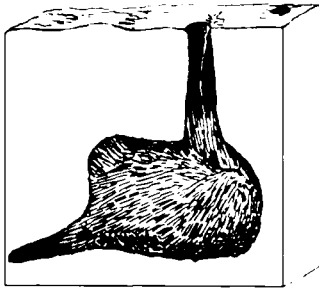
Echinozoa	- Holothuroidea: zeekomkommers
	- Echinoidea: zee-egels
Asterozoa	- Asteroidea: zeesterren
	- Ophiuroidea: slangsterren
Crinozoa	- Crinoidea: zeelelies
Blastozoa	- Cystoidea
	- Blastoidea

Echinoidea: zee-egels

Zee-egels zijn bolvormig tot halfbolvormig (soms afgeplat) met een kalken schaal. De schaal bestaat uit zeshoekige plaatjes. Van middenboven naar middenonder lopen vijf banen met twee rijen plaatjes waarin gaatjes zitten. Door de gaatjes steken de buisvoetjes van het watervatsysteem naar buiten. Deze banen heten de ambulacraalvelden. Tussen de ambulacraalvelden liggen de interambulacraalvelden.

De zee-egels zijn te verdelen in "regulaire" en "irregulaire" zee-egels. De "regulaire" zee-egels (Perischoechinoidea) zijn keurig vijfstralig symmetrisch. De plaatjes van de interambulacraalvelden hebben grote pukkels, tuberkels geheten. Op deze tuberkels staan stekels, deze dienen in de eerste plaats als verdediging, maar ook voor de voortbeweging: er zitten spiertjes aan om ze te besturen.

Bovenop zit de anus. De mond zit middenonder, een handige plaats bij het afgrazen van organisch materiaal van de zeebodem. Ze eten alles wat klein is, plantaardig en dierlijk. Ze hebben daartoe een kauwapparaat, lantaarn van Aristoteles geheten. Bij de "irregulaire" zee-egels (Euechinoidea) is in mindere of meerdere mate afgestapt van de vijfzijdige symmetrie: ze zijn tweezijdig symmetrisch. Ze hebben nog wel vijf ambulacraalvelden, vijf maal twee gaatjesrijen dus.

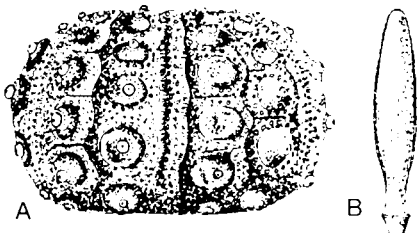


Afb. 7. *Echinocardium* sp., een recente "irregulaire" zee-egel in een gegraven holte in de zeebodem. Let op de lange podia voor aan- en afvoer.

Veel van deze zee-egels leven in het sediment, in de zeebodem (afb. 7). Daarom is de anus naar de achterkant of zelfs naar de onderkant verplaatst en is de mond meer naar voren opgeschoven. Ze eten zich door het sediment heen. De mond heeft vaak een soort lip gekregen, waardoor het organische materiaal in zand of klei zo naar binnen schuift. Binnen wordt het eetbare eruit gefilterd. De afvalstoffen verdwijnen door de anus weer naar buiten, waar een achterwaartse stroming wordt opgewekt door lange podia.

In verband met deze ondergrondse levenswijze zijn de stekels aanmerkelijk kleiner en ook de tuberkels waarop ze staan zijn kleiner, maar wel talrijker. De stekels dienen nu niet alleen voor verdediging en voortbeweging, maar ook voor graafwerkzaamheden.

Fossiel worden zee-egels veel aangetroffen, evenals losse stekels (afb. 8). Fossiele zee-egels waar de stekels nog op zitten zijn zeldzaam.



Afb. 8. *Paracidaris florigemma*, doorsnee 5 cm, en een stekel van deze soort. Boven-Jura. Een "regulaire" zee-egel.

Asterozoa

Zeesterren en slangsterren hebben vijf armen. De armen van de slangsterren zijn veel langer en beweeglijker dan de armen van

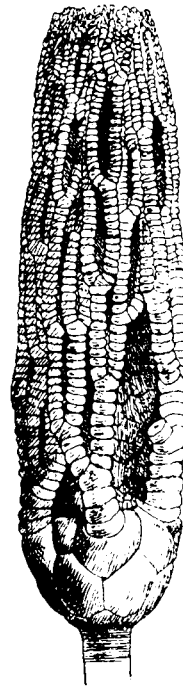
de zeesterren en hebben weinig verloop in dikte.

Zeesterren voeden zich vooral met schelpdieren en zee-egels, die ze omklemmen met hun armen; slangsterren eten doorgaans fijn verdeeld organisch materiaal.

Beide groepen hebben losse calciestukjes in de huid ter bescherming. Deze zijn fossiel te vinden. Complete fossiele exemplaren zijn zeldzaam. Soms worden ook wel fossiele rustsporen gevonden.

Crinozoa: zeelelies

Zeelelies bestaan uit een lange steel met bovenop een beker- of trechtervormige kelk met een "deksel", waarin een centrale mondopening zit. Daaromheen zitten vijf (of een meervoud van vijf) armen om kleine organismen (plankton) uit het water te vangen. Op het deksel van de kelk staat vaak een buis, de anaalpiramide, met de anus. De meeste zeelelies zitten met een steel en een soort wortel aan de zeebodem vast. Ook komen vrijzwemmende crinoiden voor, zij hebben uiteraard geen steel en gebruiken hun armen om te zwemmen.



Afb. 9. A. Crinoïde (zeelelie) *Cyathocrinus* sp., hoogte 9 cm, Boven-Siluur.
B. Stengellid van een *Pentacrinus*, een zeelelie met een kleine kelk en lange armen en steel. De leden waaruit de steel bestaat zijn platte, vijfpuntige plaatjes met een doorsnee van ca. 7 mm. Trias - Jura.

Meestal worden fossiel slechts onderdelen van zeelelies gevonden. Vooral veel steeldelen (afb. 9 B), delen van de armen, van de wortel of van de kelk. Soms wordt een hele kelk gevonden (afb. 9 A).

Cystoidea en Blastoidea

De Cystoidea en de Blastoidea leefden alleen tijdens het Paleozoïcum. In het volwassen stadium waren ze met een steel aan de zeebodem vastgehecht. Ze vormden een kelk of beker door middel van plaatjes en bezaten geen armen, maar wel korte uitsteeksel.

De Cystoidea (Ordovicium – Devoon) waren primitieve vormen, maar de Blastoidea (Ordovicium – Perm) hadden een meer geavanceerde bouw en waren duidelijk vijfstralig symmetrisch. In sommige afzettingen komen ze veel voor, bijvoorbeeld *Pentremites* uit het Carboon.

Chordata

Het phylum Chordata, waartoe het subphylum Vertebrata (gewervelden) behoort, omvat nog enkele andere subphyla, die door het bezit van gemeenschappelijke eigenschappen in deze systematische eenheid thuishoren. Deze eigenschappen zijn: kieuwspleten; een holle zenuwbuis aan de rugzijde; een chorda:

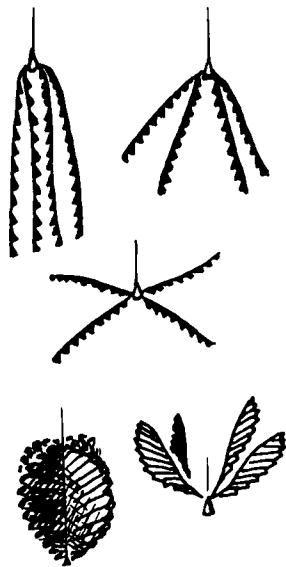
een juist onder de holle zenuwbuis gelegen verstevigingsstaaf; een tweezijdige symmetrie en over het algemeen een staart. Van de vier subphyla zijn, behalve de Vertebraten, de Hemichordata als fossielen van belang, omdat tot deze groep de graptolieten behoren.

Hemichordata

De Hemichordata hebben de onder "Chordata" genoemde eigenschappen slechts in beperkte mate: niet of nauwelijks een chorda en geen staart.

Graptolieten

Een graptoliet is eigenlijk een buisvormige kolonie van vele kleine bekertjes: de theca's. De graptolieten zijn uitgestorven, maar bestudering van zowel de graptolieten zelf als van nauwverwante levende Hemichordata wijst uit, dat in elke theca een organisme zat (afb. 10 en 11). Het kon zich helemaal in de theca terugtrekken, maar ook buiten de theca uitsteken om met zijn tentakels voedsel te vangen.

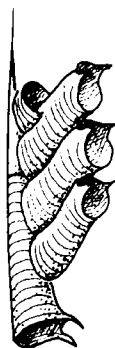


Afb. 10. Graptolieten. Boven: drie **Tetragraptus**-soorten. Dit genus evolueerde van hangend, via horizontaal, naar klimmend. x 1; Onder-Ordovicium; Zuid-Noorwegen. Onder: twee **Phyllograptus**-soorten. Links: klimmend langs de nema (draad); x 1, Onder-Ordovicium, Z-Noorwegen.

De eerste theca heet de *sicula*; deze is vaak naar beneden gericht en aan een draad, de *nema*, vastgehecht. Uit de *sicula* ontspringt de eerste theca en zo vervolgens (zie afb. 11). De theca's klimmen omhoog, langs de nema, of vormen omlaag- of zijwaarts gerichte takken. Deze theca's staan gerangschikt langs een of meer takken.

Er is een duidelijke ontwikkeling van de graptolieten door de geologische tijdvakken heen. In het begin van het Ordovicium kwamen nog vormen voor met 8 takken, maar vanaf het Onder-Ordovicium tot in het Siluur werden de kolonies steeds simpeler. Het aantal takken waaruit de kolonie bestond, nam af en de laatste twee overgebleven takken groeiden aan elkaar tot een tak met twee rijen theca's. Ten slotte verdween ook een van deze thecarijen.

In het Siluur was *Monograptus* een zeer algemeen geslacht, hierbij is nog maar één thecarij aanwezig. Afb. 11. In het Siluur ontstonden ook weer wat ingewikkelder graptolieten: er werden spiralen gevormd en ook zijtakken kwamen voor.



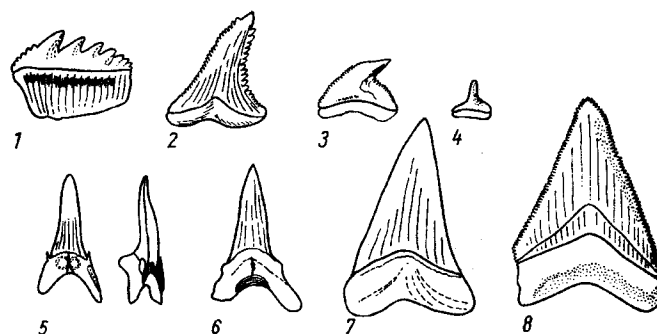
Afb. 11. De Silurische graptoliet **Monograptus**. Links: kolonie met één rij theca's, klimmend langs de nema. Rechts: begin van een kolonie: uit de omlaag gerichte eerste beker, de *sicula*, ontspringen klimmende theca's. Hoogte ca. 2 mm.

Vertebrata: gewervelden

De gewervelden is de groep waartoe ook de mensen behoren. De groep bevat dieren met een inwendig skelet, dat bestaat uit been of kraakbeen. In principe hebben ze een wervelkolom, een schedel en vier ledematen. De Vertebrata zijn in het Ordovicium ontstaan.

Van de gewervelden zijn normaal alleen de harde skeletresten gefossiliseerd, de botten en de tanden (afb. 20). Meestal vindt men slechts losse onderdelen en zelden een compleet skelet. Nadat het dier verteerd is, raken de skeletdelen meestal door o.a. zeestromingen uit elkaar. Op het land zijn fossiele resten van Vertebrata nog zeldzamer. De Vertebrata bestaan uit zeven klassen, die hier maar kort worden aangestipt:

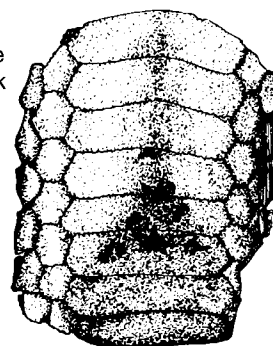
1. **Agnatha:** kaaklozen. Dit zijn vissen zonder kaak, zoals de lamprei. Ook de pantservissen uit het Siluur en het Devoon behoorden hiertoe.
2. **Chondrichthyes:** kraakbeenvissen, zoals haaien, roggen en katvissen. Van deze vissen zijn vooral de tanden, eventueel de wervels te vinden. Er zijn vooral veel fossiele haaietanden te vinden. Dat is geen wonder, want een haai had er ook heel wat. Hij heeft er veel naast elkaar, en ook nog eens zeven achter elkaar. Daarvan heeft hij er telkens een in gebruik, de andere zes zijn reserve. Breekt een in gebruik zijnde tand af, dan draait de volgende in positie.



Afb. 12. Diverse haaietanden uit het Tertiair. 1. **Hexanchus**, 2-2½ cm breed. 2. **Hemipristus**, 2½ cm breed. 3. **Galeus**, ca 1½ cm breed. 4. **Sequatina**. 5-7. **Isurus**, resp. 2½, 2½ en 3½ cm lang. 8. **Carcharocles megalodon**, 7-10 cm lang.

Er zijn heel wat soorten haaietanden. Niet alleen omdat er veel soorten haaien geweest zijn, maar ook omdat de vorm van de tand afhangt van de plaats in het gebit. Afb. 12. Een aantal roggen heeft tandplaten in plaats van normale tanden. Met deze tandplaten maalt hij de schelpen die hij eet, fijn. Er is ook altijd een slijtplek te zien op zo'n tandplaat (afb. 13).

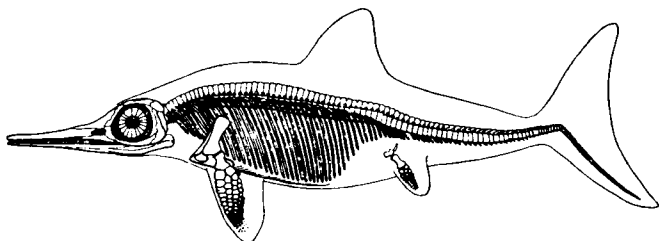
3. **Osteichthyes:** beenvissen. Van de beenvissen zijn vele fossielen van het complete skelet bekend. Tand en wervels worden echter het meest gevonden. Vooral in vrij oude afzettingen, b.v. de Muschelkalk van Winterswijk, zijn ook wel de glanzende ganoid-schubben te vinden.



Afb. 13. Kauwplaat van een rog, **Miliobatis dixonii**; hoogte 6 cm; Eoceen (Tertiair).

4. **Amphibia.** Amfibieën waren de eerste gewervelden die op het land leefden. Om eieren te leggen gingen ze echter terug naar het water. Fossiele onderdelen van amfibieën worden door amateurs nauwelijks gevonden.

5. **Reptilia.** Reptielen waren geheel aangepast aan het leven op het land. Ook de eieren konden aan land gelegd worden. Bij fossiele reptielen denkt men meestal meteen aan dinosauriërs. Als amateur zal men eerder een stukje van het pantser van een schildpad vinden of een *Plesiosaurus*-wervel of *Ichthyosaurus*-wervels. Vooral *Ichthyosaurus*-wervels zijn geen zeldzaamheid in de Onder-Jura van b.v. Whitby of Lyme Regis (Engeland). Afb. 14.



Afb. 14. Een *Ichthyosauriër*: *Stenopterygium*, ca. 2 meter lang, Onder-Jura.

6. **Aves:** vogels. Fossiele vogels zijn zeldzaam. De bekendste is de *Archeopteryx* uit de Boven-Jura. Deze heeft eigenschappen van zowel vogels als reptielen en is nog een tussenvorm.

7. **Mammalia:** zoogdieren. Fossiele botten, tanden en kiezen van zoogdieren zijn niet zeldzaam. Vooral in ons land zijn vele fossiele overblijfselen van ijstijd-zoogdieren gevonden, waarvan de mammoet wel de bekendste is. Afb. 15.

Afb. 15. Kaak van een fossiel hert; Pleistoceen; collectie O. Postma, Emmeloord.



In het Belgische Pliocene worden veel botten en gehoorbeentjes van zeezoogdieren gevonden.

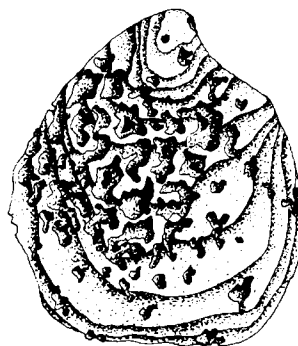
Fossiele mensenresten zijn uiterst zeldzaam. Dubois bijvoorbeeld vond aan het begin van de 20^e eeuw op Java drie menselijke resten tegen 20.000 andere zoogdierresten.

Ichnofossielen

Ichnofossielen zijn fossiele levenssporen, b.v. een voetspoor (afb. 16), een kruipspoor, een rustspoor, graafgangen (afb. 17), boorgaten (afb. 18), bijtsporen in botten, nesten van vogels en insecten, uitwerpselen.

Veel ichnofossielen werden aanvankelijk voor wieren gehouden en hebben daarom nog steeds een naam, die op phycus (=wier) eindigt.

Nog iets over de naamgeving: de sporen krijgen wel een naam, nl. een geslachtsnaam, maar meestal geen soortnaam. Dus geen dubbele naam zoals normaal bij fossielen, maar een enkele. Omdat vaak niet precies bekend is wat voor organisme het



Afb. 18. *Entobia*, boorgaten, veroorzaakt door de boorspons *Cliona* sp. Hoogte schelp ca. 5 cm. Maastrichtien (Boven-Krijt).

spoor veroorzaakt heeft, kunnen de sporen niet in families e.d. ingedeeld worden, zoals bij normale fossielen gebeurt. Soms weet men wel welk dier het spoor veroorzaakt heeft, zoals bij de boorgaten, die de naam *Entobia* dragen. Deze gaten worden veroorzaakt door de boorspons *Cliona* sp. (afb. 18).

Literatuur

Uit de omvangrijke literatuur over fossielen is hier een beperkte keus gemaakt. Eerst enkele standaardwerken:

R.C. Moore, C.G. Lalicker en A.G. Fischer: *Invertebrate Fossils*; McGraw-Hill Book Company, Inc., 1952.

E.N.K. Clarkson: *Invertebrate Palaeontology and Evolution*; George Allen & Unwin, Londen, 1979.

B. Ziegler: *Einführung in die Paläobiologie, deel I: Allgemeine Paläontologie*; E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 1975.

Idem, deel II: *Spezielle Paläontologie – Protisten, Spongiën en Coelenteraten, Mollusken*; 1983.

J.F. Geys: *De Geschiedenis van het Leven*. Vanaf 1985 verschijnt iedere twee jaar een deel. Momenteel is het Paleozoicum afgerond met deel 6c (Perm); Belgische Vereniging voor Paleontologie.

British Paleozoic/ Mesozoic/ Cenozoic Fossils; British Museum (Natural History), Londen; diverse drukken.

J.C. Fischer: *Fossiles de France et des régions limitrophes*; Masson, Parijs, 1980.

J.F. Kirkaldy: *Fossielen in kleur*; Moussault Uitg., Amsterdam, 1972.

A.E. Richter: *Fossielen verzamelen*; W.J. Thieme, Zutphen, 1980.

D. Nolf: *Haaie- en roggetanden uit het Tertiair van België*; Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Brussel, 1988.

D.J. Kemp: *Fossil Sharks, Rays & Chimaeroids of the English Tertiary Period*; Gosport Museum, Gosport, 1982.

Diverse auteurs: *Gids voor strandfossielen van Cadzand en Nieuwvliet-Bad*, Haaien- en roggetanden, schelpen, krabben, slangsterren, zoogdierresten; Nederlandse Geologische Vereniging, afdeling Amsterdam, 1998.

G.F. Willemsen: *Gids voor fossiele zoogdieren*; Thieme, Zutphen, 1987.

R. Marquet: *Gids voor de Ichnofossielen van België*; Belgische Vereniging voor Paleontologie, Antwerpen, 1984.

Over de in deze aflevering beschreven diergroepen verscheen in *Gea*:

P.H. de Buissonjé: *Paleontologie van de Ongewervelden*; *Gea*, 1993, vol. 26, nr. 1, 48 pag.

J. van Diggelen: *Fossiele wormen*; *Gea*, 1991, vol. 24, nr. 3.

G. Zuidema: *Fossiele Decapoda: over garnalen, kreeften en krabben, deel I: Garnalen en kreeften*; *Gea*, 1998, vol. 31, nr. 1.

Idem, deel II: *Krabben en Anomura*; *Gea*, 1998, vol. 31, nr. 2.

G. Zuidema: *Paleozoïsche zee-egels*; *Gea*, 1998, vol. 31, nr. 4.

G. Zuidema & Y.A. Baumfalk: *Zeeëgels*; *Gea*, 1980, vol. 13, nr. 3.

G. Zuidema: *Fossiele zee-egels van West-Europa*; *Gea*, 1999, vol. 32, nr. 3.

J. Stemvers-van Bommel: *Asterozoa, over zeesterren en slangsterren*; *Gea*, 1989, vol. 22 nr. 1 (Bundenbachnummer).

J. van Diggelen: Graptolieten; Gea, 1982, vol. 15, nr. 3.
W. in 't Hout: Haaletanden en andere Tertiaire visresten uit Kallo (België); Gea, 1985, vol. 18, nr. 4.

Over Trilobieten zal in september van dit jaar een themanummer verschijnen.



Afb. 16. Afdruk van voorpoot van *Rhynchosauroides paebodyi*, een viervoetig reptiel uit de Muschelkalk (Trias) van Winterswijk.



Afb. 17. Graafgang van een worm: *Diplocraterion*. Onder-Jura. Abrasieplatform Robin Hood's Bay, N-Yorkshire, U.K.

Sfaleriet van bacteriële oorsprong

Zwavelverbindingen, waaronder sfaleriet (ZnS) en pyriet (FeS₂), komen frequent al in heel oude gesteenten voor. Van pyriet was bekend dat de activiteit van sulfaatreducerende bacteriën daarbij in sommige gevallen een rol speelde. Dat blijkt nu ook te gelden voor de vorming van sfaleriet. Het gaat daarbij overigens wel om zeer kleine kristalletjes, die bolvormige aggregaten vormen met een diameter van slechts zo'n 2-5 nanometer (1 nm = 10⁻⁹ m). Deze zijn nu aangetroffen in zogeheten biofilms, dunne laagjes afgescheiden organisch materiaal, waarin vaak bacteriën overheersen van de familie Desulfobacteriaceae, die vooral gedijen onder zuurstofarme condities, maar die toch relatief goed tegen (zuurstof bevattende) lucht bestand zijn. In deze biofilms komen vaak elementen zoals zink, arseen en selenium voor in concentraties die wel een miljoen keer zo hoog kunnen zijn als in het grondwater. Het daarbij door bacteriën meest gevormde mineraal is gewoonlijk sfaleriet in de genoemde minuscule afmetingen. De vondst van sfaleriet als een product van sulfaatreducerende bacteriën is geologisch van belang omdat daarmee een nieuw gezichtspunt is geschapen in de discussie over oude ertsvoorkomens. Sulfiden komen in zeer oude gesteenten voor, en het was al bekend dat bij de vorming van pyriet in gesteenten van 3,9-2,9 miljard jaar oud een rol werd gespeeld door dergelijke organismen. Voor de vorming van sfaleriet was dat echter niet bekend, en er bestaan daarom nogal wat verschillende hypothesen over de vorming van dit mineraal in zeer oude afzettingen. Voor de ontwikkeling van het leven op aarde is de vondst ook van belang, omdat de zwavel- en koolstofcycli nauw met elkaar zijn verweven via de stofwisseling van micro-organismen. Verder is de rol van sulfaatreducerende bacteriën groot - en ook steeds groot geweest - onder reducerende omstandigheden, zoals die bijvoorbeeld oorspronkelijk in de aardatmosfeer bestonden. Wat daarover tot nu toe bekend was, betrof echter steeds groepen bacteriën die niet tegen (enig) zuurstof konden. Nu blijkt dat sfaleriet kan worden gevormd door bacteriën die een reducerend milieu nodig hebben, maar die wel een zekere hoeveelheid zuurstof kunnen verdragen, moeten veel hypothesen met betrekking tot de vroegere vorming van sulfiden worden herzien. Bovendien mag worden verwacht dat deze nieuwe onderzoeksrichting, waarbij geochemische cycli worden geanalyseerd op het niveau van micro-organismen, door dit resultaat een extra impuls zal krijgen en nog veel meer onverwachte resultaten zal opleveren over de processen die een rol speelden toen het zuurstofgehalte in de aardatmosfeer nog zeer gering was.

Labrenz, M., e.a., 2000. Formation of sphalerite (ZnS) deposits in natural biofilms of sulfate-reducing bacteria. *Science* 290, p. 1744-1747.

Vasconcelos, C. & McKenzie, J.A., 2000. Sulfate reducers - dominant players in a low-oxygen world? *Science* 290, p. 1711-1712.
A.J. van Loon

Literatuur bij Millennium Man (vervolg pag. 50)

Aiello, L.C. & Collard, M., 2001. Our newest oldest ancestor? *Nature* 410, p. 526-527.

Balter, M., 2001. Scientists spar over claims of earliest human ancestor. *Science* 291, p. 1460-1461.

Butler, D., 2001. The battle of Tugen Hills. *Nature* 410, p. 508-509.

Senut, B., Pickford, M., Gommery, D., Mein, P., Cheboi, K. & Coppens, Y., 2001. First hominid from the Miocene (Lukeino formation, Kenya). *Comptes Rendus Academie des Sciences de Paris, Sciences de la Terre et des Planètes*, 9 pp. (webpage version).