

Unikátní okna do prvohor II. Ordovická lagerstätten

Jak jsme si přiblížili v úvodu tohoto seriálu, zkameněliny měkkých nebo jen lehce zpevněných organismů či jejich měkkých tělních částí poskytují unikátní zdroj informací o jejich morfologii, anatomii a ekologii (Živa 2022, 2: 50–55). Takové zkameněliny se však ve fosilním záznamu vyskytují velmi vzácně, na lokalitách s výjimečným způsobem zachování – tzv. Konservat Lagerstätten (dále jen lagerstätten). Díky nim máme daleko ucelenější představu o tehdejší biodiverzitě.

Usazené horniny prvohorního stáří obsahují množství takto jedinečných oken do minulosti. Pokud ale jednotlivá lagerstätten srovnáme podle jejich geologického stáří, bude na první pohled patrné, že některé časové úseky jich obsahují více a jiné méně. Nejvíce lagerstätten je soustředěno v kambriu, přičemž z mladších prvohorních útvarů jich známe podstatně méně. Kromě toho burgesský typ zachování (viz první díl v Živě 2022, 2) mizí z fosilního záznamu nadobro ještě v průběhu ordoviku. Přesto i z tohoto období pochází několik lokalit. Tento díl seriálu o prvohorních lagerstätten představí vybraná ordovická naleziště s výjimečným zachováním. (Pozn. redakce: latinské názvy jmenovaných taxonů uvádíme v kuléru na str. LXVI.)

V údolí řeky Dra

Asi 150 km jižně od vrcholů Vysokého Atlasu směrem do afrického vnitrozemí leží Zagora. Toto marocké město bylo za-

loženo ve 20. století, celá oblast byla ale osídlena dávno předtím. Planiny v okolí Zagory jsou ohraničeny vysokými útesy (obr. 1) a zdejší řeka Dra zásobuje vodou rozsáhlou oázu. Obyvatelé jihovýchodního Maroka se kromě jiného živi také sběrem a prodejem fosilií. V zimě na přelomu let 1999 a 2000 našel jeden z nich, Mohamed 'Ou Said' Ben Moula, v ordovických horninách severně od Zagory zkamenělinu členovce, který vzdáleně připomínal trilobita. Tento kus se poté dostal k belgickému paleontologovi Peteru Van Royovi, který rozpoznal, že zkamenělý živočich není trilobit, ale aglaspidiidní členovec rodu *Tremaglaspis*. Aglaspidiidi měli jen lehce zpevněné krunýře a ve fosilním záznamu se zachovávají zřídka. Ve snaze najít více podobných zkamenělin začal Peter společně s Mohamedem a jeho syny systematicky zkoumat zdejší horniny, tzv. fezouatské břidlice. Několik let poté se do terénních výzkumů zapojil také francouzský paleon-

tolog Bertrand Lefebvre se svými kolegy. Díky tomu došlo k objevům mnoha dalších unikátně zachovalých zkamenělin a k upřesnění našich poznatků o zdejším moři, jeho přesném stáří a způsobu zachování místních fosilií.

Fezouatské břidlice dosahují v okolí Zagory mocnosti asi 850 m. Výjimečně zachované zkameněliny se nevyskytují v celém sledu, ale pouze ve dvou úrovních, vzájemně oddělených asi 240 m, což odpovídá rozsahu několika milionů let. Starší vrstva s výjimečným zachováním je na základě přítomnosti graptolita *Sagenograptus murrayi* řazena ke konci ordovického stupně tremadok, tedy do doby asi před 480 miliony let. Mladší obsahuje graptolita *Baltograptus jacksoni*, který se vyskytuje v následujícím ordovickém stupni floian, což odpovídá době zhruba před 475 miliony let.

Tehdy se oblast dnešního Maroka nacházela na jižní polokouli, mezi 60. a 65. rovnoběžkou jižní šířky. Zdejší chladné moře leželo na okraji velkého kontinentu





1 Planina Ternata severně od města Zagora v Maroku s výchozy fezouatských břidlic (pahorky v popředí) stáří spodního ordoviku. Útesy v pozadí jsou tvořeny pískovci stáří středního až svrchního ordoviku.

2 Stylophoran rodu *Thoralicystis* z fezouatských břidlic. Stylophorani byli asymetričtí ostnokožci, kteří žili na mořském dně a svým ramenem filtrovali drobné organické částičky z vody. Délka jedince asi 2 cm. Foto M. Mergl

3 Houbovec rodu *Choia*. Kromě fezouatských břidlic se tento rod vyskytuje běžně na některých kambrických lokalitách, jako jsou např. burgesské břidlice. Na živočichovi vidíme jednotlivé jehlice (spikule) vybíhající radiálně z centrální části těla. Šířka jedince je asi 1 cm. Foto F. Pérez-Peris

4 Trilobit rodu *Anacheirurus* z fezouatských břidlic zachovaný z břišního pohledu. Na tomto exempláři jsou patrné kráčivé vnitřní větve dvouvětvných končetin. Délka jedince zhruba 1 cm. Foto F. Pérez-Peris

5 Nektaspididní členovec *Tariccoia tazagurtensis* z fezouatských břidlic. Tento druh, blízce příbuzný trilobitům, byl pojmenován podle domorodého názvu pro marocké město Zagora (Tazagurt v jazyce tamazight). Délka jedince asi 7 mm

Gondwany. Bahnitě až písčité dno bylo po většinu času mimo dosah běžných mořských vln, ale ne tak hluboko, aby ho občas nepromíchala sezonní bouře. Takové bouře pak vytvářely podmořské skluzy, které sjížděly po svahu do větších hloubek, kde pohřbily zde žijící organismy. Ve vrstevním sledu fezouatských břidlic se pak výjimečně zachovalé zkameněliny vyskytují téměř výhradně těsně pod těmito usazeninami podmořských skluzů.

Způsob zachování ve zdejších horninách lze klasifikovat jako burgesský typ (viz první díl), ačkoli se fezouatské zkameněliny v některých ohledech podstatně liší od těch z burgesských břidlic. Především se někteří mrtví živočichové ležící na mořském dně začali rozkládat ještě dřív,



než je stačil pohřbít podmořský skluz vyvolaný bouří. Tento rozklad byl nejspíše zpomalen přítomností specifických jílových minerálů. Po pohřbení živých i mrtvých těl na mořském dně došlo k rychlému uzavření pórů v sedimentu. Podobně jako v případě burgesských břidlic se pevnější části těl zdejší fauny (např. kutikuly) zachovaly jako tenké vrstvičky organického uhlíku. Rozkladem měkkých tkání za nepřítomnosti kyslíku vznikala sulfan a následně reagoval se železem v usazeninách mořského dna. Tak vznikaly krystaly pyritu, jež nahradily některé z těchto měkkých tkání. Díky intenzivnímu zvětrávání vlivem cirkulace vody z řeky Dra byla většina uhlíku vyloužena a pyrit se přeměnil na oxidy železa.

Částičkový rozklad před pohřbením způsobil, že se ve fezouatských břidlicích téměř nevyskytují zkameněliny živočichů, jejichž těla tvořily pouze měkké tkáně, např. medúzy nebo raní strunatci. Jejich absence ve zdejších fosilních záznamech ale neznamená, že tady tito živočichové nežili. Oproti burgesským břidlicím nebo Čcheng-tiangu (viz první díl) je výjimečný

způsob fosilizace ve fezouatských břidlicích limitován a zachovávají se tu primárně živočichové, kteří měli mineralizovanou či sklerotizovanou schránku, nebo tělo vyztužené mineralizovanými jehlicemi či destičkami nebo měli alespoň odolnou kutikulu. Pokud se dochovaly jejich měkké tkáně, téměř vždy jde o vnitřní části těla (např. trávicí soustavu), jež byly odděleny od vnějšího prostředí, a tedy chráněny před rozkladem.

Živočichové fezouatských břidlic zahrnují kolem 230 druhů, řada z nich však stále čeká na vědecký popis. Podobně jako na kambrických lokalitách zde největší diverzity dosahují členovci, kteří představují asi 25 % z celkového počtu druhů. Druhou nejdiverzifikovanější skupinou jsou ostnokožci, zastoupení mnoha rozličnými formami, včetně pralilijic nebo asymetrických stylophoranů (obr. 2). Následují houbovci (obr. 3), měkkýši (včetně hojných plžů a mlžů) a graptoliti. Místy hojnější jsou také paleoskolecidi, ramenonožci, konulárie nebo kroužkovci. Drobné fosfatické zoubky – konodonti – naznačují, že ve zdejších mořích žili i raní strunatci, ačkoli jejich těla podlehl rozkladu. Vzácně se vyskytují lobopodi, mechovky a organismy nejistého systematického zařazení. Ne všechny tyto druhy ale obývaly stejná prostředí. Jednotlivé lokality v rámci fezouatských břidlic se vyznačují specifickými společenstvy, jejichž diverzita a složení se mění v čase i prostoru.

Členovce fezouatských břidlic zastupují všudypřítomní trilobiti (obr. 4), kterých je odtud známo přes 30 druhů. Kromě nich se zde nachází i mnoho dalších členovců, včetně nektaspididů (obr. 5), již zmíněných aglaspididů, cheloniellidů, marrelomorfů (obr. 6) nebo druhů s dvoumiskovým krunýřem. Hojnější jsou tady nejstarší známí ostrorepi, kteří se morfologicky již velmi podobají těm současným. Ostrorepům blíže příbuzné synziphosuridy (obr. 7) odtud známe na základě stovek drobných jedinců. Někteří členovci mají dokonale zachované končetiny (obr. 4 a 6) nebo části trávicí soustavy. Poměrně hojně se tu nacházejí i jejich drobná vývojová stadia, ne větší než několik milimetrů. Mezi členovce patří také největší obyvatelé fezouatských



břidlic – radiodonti. Prozatím odtud byly popsány dva druhy příbuzné kambrickému rodu *Hurdia* (viz Živa 2019, 2: 66–69), ale nové nálezy naznačují, že jejich zdejší diverzita byla o něco vyšší. Gigantický radiodont *Aegirocassis* dorůstal délky až 2 m, byl vybaven robustním hlavovým štítem a specializoval se na požíráání planktonu. Jeho přední končetiny nesly dlouhé hřebínky, které používal k filtrování mikroskopických organismů z mořské vody.

Pozoruhodné jsou nálezy archaických měkkýšů patřících mezi blízké příbuzné rodu *Halkieria* z kambrického lagerstätte Sirius Passet (blíže první díl). *Calvapilosa* z fezouatských břidlic měla radulu, tělo pokryté drobnými jehličkami a na hlavové straně těla plochou ulitu. Za zmínku stojí také nález celého jedince červovitého živočicha rodu *Plumulites* včetně jeho měkkých částí. *Plumulites* měl tělo pokryté trojúhelníkovitými destičkami, které lze hojně najít v některých prvohorních vrstvách. Až donedávna však nebyla jasná jeho systematická příslušnost. Exemplář z fezouatských břidlic má zachovalá parapodia a chěty, což ho jednoznačně řadí mezi kroužkovce. Přes sto let stará otázka tak byla konečně zodpovězena.

Základ potravní sítě zdejšího moře představovaly mikroskopické řasy, jejichž odolné cysty dnes získáme rozpuštěním fezouatských břidlic. Většina místní fauny obývala mořské dno a buď se živila drobnými organickými částicemi, nebo zahrnovala predátory a mrchožrouty. Mezi zástupce planktonu patřili početní graptoliti, vznášející se volně v mořské vodě. Někteří dvoumiskoví členovci, radiodonti, hlavonožci nebo strunatci volně plavali nad mořským dnem. Jedním z důležitých aspektů zdejší fauny je její složení. Živočichové fezouatských břidlic obsahují jak typicky kambrické taxony (např. kambrické rody houbovců, halkieridní měkkýše, lobopody, paleoskolecidy, nektaspididní členovce nebo radiodonty), tak formy typické pro pozdější doby (ostrorepy, cheloniellidní členovce, hlavonožce, mlže, graptolity apod.). Ve fezouatských břidlicích tak můžeme pozorovat unikátní kombinaci kambrických a pozdějších ekosystémů.

Kopce nad Berounem

Zalesněné kopce severně a západně od Berouna jsou tvořeny odolnými horninami, většinou křemenci a pískovci, letenského souvrství. Díky místy hojnému výskytu zkamenělin jsou tyto horniny již od 19. století navštěvovány jak sběrateli, tak paleontology. Kromě běžných zkamenělin pevných částí těl dávno vymřelých organismů obsahuje letenské souvrství i zkameněliny mnohem vzácnější.

Letenské souvrství se usazovalo v pozdním ordoviku asi před 455 miliony let a svým stářím spadá do ordovického stupně sandbian. Oblast dnešního Berouna se tehdy nacházela na dně relativně mělkého a chladného moře na okraji Gondwany, ve vysokých zeměpisných šířkách jižní polokoule. Zdejší písčité mělčiny byly v dosahu běžného mořského vlnění, a šlo tedy o poměrně dynamické prostředí. Obývala ho bohatá fauna, zahrnující ramenonožce, konulárie, ostnokožce nebo trilobity. Z posledně jmenovaných zde běžně žily např. rody *Dalmanitina* a *Deanaspis*. Vedle trilobitů odsud pocházejí



nálezy dalších členovců, kteří měli jen lehce zpevněnou vnější kostru – marrellidů, aglaspididů, cheloniellidů a členovců s dvoumiskovým krunýřem.

Mezi letenské marrellidy patří poměrně hojný druh *Furca bohémica*, neformálně nazývaný vidlička česká. Toto pojmenování názorně ilustruje její morfologii. *Furca* měla hlavový štít se třemi páry trnů a vzdáleně připomínala koncovou část robustní vidličky. Žila poblíž mořského dna, kde se živila drobnými organickými částicemi, které zachytávala z mořské vody končetinami. Cheloniellidi byli zastoupeni rodem *Duslia* (obr. 8), nesoucím jméno berounského sběratele a podnikatele Martina Dusla. *Duslia* byla slepá a zřejmě žila mělce zahrabána do písčitého dna, podobně jako dnešní rejnoci. Její výrazný hlavový štít, článkovaný trup a klenutá osní část těla poněkud připomínají trilobity, s nimiž byla *Duslia* skutečně vzdáleně příbuzná. Podobný rod *Triopus* se v letenském souvrství vyskytoval mnohem vzácněji.

Z letenských pískovců pocházejí také vzácné nálezy aglaspididních členovců rodu *Zonozoe*, *Zonoscutum* a několika dalších forem. Ze všech bohužel známe pouze jejich hlavové štíty. V poslední době se odtud podařilo popsat nejstarší zástupce thylacocephalů – rody *Pseudoprotozoa* a *Bohemiacaris*. Thylacocephalové byli dvoumiskoví členovci s obrovskými očima a loupeživými předními končetinami. Někteří, např. *Pseudoprotozoa*, plavali ve volném moři, kdežto jiní, třeba *Bohemiacaris*, se zdržovali spíše při mořském dně. Tito členovci byli místními predátory nebo mrchožrouty. Ivo Chlupáč (blíže Živa 2019, 2: XXXVIII–XLI) popsal z letenského souvrství také zbytky krunýře velkého členovce, kterého s jistými pochybnostmi zařadil k eurypteridům.

Za zmínku stojí rovněž nálezy svalových vtisků a částí trávicí soustavy u některých trilobitů nebo ekologické interakce mezi jednotlivými živočichy – např. drobní ostnokožci přisedlí na trilobitech či konuláriích. V současné době byly při výzkumu vedeném prof. Oldřichem Fatkou z Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy zkoumány masové výskyty ostnokožců,



6 Doposud nepojmenovaný marrellidní členovec z fezouatských břidlic.

Kromě hlavového štítu s výraznými zahnutými trny je na exempláři zachován také trup s jednotlivými končetinami (dole) a tykadla (nahore).

Délka jedince asi 2,5 cm

7 Zatím nepojmenovaný synziphosuridní členovec z fezouatských břidlic

blízce příbuzný ostrorepům.

Délka těla přibližně 5 mm. Zkameněliny zachycené na obr. 3–7 jsou uloženy ve sbírkách Musée cantonal de géologie v Lausanne (Švýcarsko).

8 Cheloniellidní členovec *Duslia insignis* z letenského souvrství.

Kromě České republiky se podobný druh vyskytuje v marockém pohoří Antiatlas. Cheloniellidi jsou vzdálení příbuzní trilobitů. Jedinec dlouhý asi 7 cm, uložený ve sbírkách Národního muzea v Praze. Foto L. Váchová

9 Eldonie rodu *Discophyllum*

z tafilaltské bioty. Eldonie jsou diskovitě organismy nejistého systematického zařazení. Na obvodu lze rozeznat radiální žebrování a uprostřed světlejší pozůstatek stočeného vaku ve tvaru písmene C. Nález z hory Bou Nemrou ve východní části Antiatlasu.

Průměr jedince zhruba 15 cm. Snímky L. Laibla, není-li uvedeno jinak

10 Trilobit *Triarthrus eatoni* zachovaný

z břišní strany. Na exempláři jsou jasné patrné břišní sternity a pár tykadel vpředu na hlavě, následovaný dvouvětvnými končetinami. Pod lící napravo najdeme 7 jeho drobných vajíček. Jedinec dlouhý asi 2 cm, uložený ve sbírkách Yale Peabody Museum of Natural History v New Havenu (Connecticut, USA)

11 Líce trilobita rodu *Triarthrus*

se 7 drobnými vajíčky, která jsou umístěna v prostoru poblíž třetí hlavové končetiny. Detail jedince z obr. 10. Fotografie laskavě poskytl T. Hegna (obr. 10 a 11).

kteří zde nahromadily občasně bouře, a zkameněliny dalších měkkých a lehce sklerotizovaných organismů.

Marocké koláče

Zkameněliny podobné těm z letenského souvrství najdeme asi 2 500 km vzdálnou čarou jihozápadně od Berouna. Tzv. tafilaltská biota náleží východní části pohoří



Antiatlas v Maroku. Jedno z nejznámějších nalezišť se nachází poblíž hory Bou Nemrou, asi 25 km západně od města Rissani. Zdejší pískovce stáří odpovídají ordovickému stupni sandbian, a jsou tedy přibližně stejně staré jako české letenské souvrství. Tafilaltská biota se ale vyskytuje i na několika dalších místech východního Antiatlasu a časově je rozptýlena ve vrstvách od středního až do svrchního ordoviku.

Maroko v té době, asi před 455 miliony let, stále zůstávalo na okraji Gondwany ve vysokých zeměpisných šířkách. Zdejší chladné moře bylo mělké a neklidné. Písčité dno porůstaly mikrobiální povlaky a vlnění na něm vytvářelo výrazné čeřiny. Bohatě fauně dominovali členovci a ostnokožci. Z členovců byli obzvláště hojní trilobiti, např. rody *Selenopeltis*, *Uralichas*, *Placoparia* nebo *Birmanites*. Někteří z nich mají, podobně jako ti z letenského souvrství, zachovány zbytky trávicí soustavy nebo svalové vtisky. Z lehce sklerotizovaných členovců se zde poměrně hojně nachází *Duslia*, velmi podobná té, jakou známe z Čech. Ostnokožci, zastoupení především pralilijicemi rodu *Ascocystites*, v některých úrovních hromadně pokrývají vrstevní plochy. Dále jsou přítomny konulárie, graptoliti, ramenonožci a různí

měkkýši. Vzácně zde byli objeveni paleoskolecidi.

Jedny z nejhojnějších zkamenělin, na které lze na vrcholu Bou Nemrou narazit, představují eldonie – podivné organismy nejistého systematického zařazení, které svým vzhledem i velikostí poněkud připomínají menší české koláče (obr. 9). Stovky jejich zkamenělin se povalují v suti vykopané ze sběratelských jam a jsou zvláště patrné při východu a západu slunce, kdy jejich nízký reliéf vrhá výrazné stíny. Na povrchu eldonií je patrné radiálně uspořádané žebrování a někdy mají ve svém středu naznačený stočený vak, obklopující za života zvířete jeho trávicí trubici. Eldonie z Bou Nemrou náležejí ke druhu *Discophyllum peltatum*, ačkoli většinou bývají neformálně označovány jako *Eldonia berbera*. Předpokládá se, že žily přisedle na písčitém dně a filtrovaly drobné organické částičky z mořské vody.

Organismy obývající mělká moře na okraji Gondwany byly čas od času překryty sedimentem zvířeným sezonní bouří. Vzhledem k tomu, že mořské dno tady bylo velmi dobře okysličené a písčité sedimenty jsou značně propustné, je obtížné vysvětlit, co zastavilo mikrobiální rozklad a umožnilo zachování zdejších organismů s lehce sklerotizovanými těly. Jak tafilaltská biota, tak některé zkameněliny z letenského souvrství svým zachováním připomínají fosilie známé např. z Ediakarských vrchů v Austrálii (tedy ještě z doby starohor). Nabízí se možnost, že sediment, který pohřbil zdejší organismy, byl shora utěsněn mikrobiálními povlaky, které zamezily přístupu kyslíku a zároveň zpevnily měkká těla před jejich otisknutím do sedimentu podobným způsobem, jaký se předpokládá u ediakary.

Zlatí trilobiti

Koncem 19. století byla poblíž města Rome v americkém státě New York objevena vrstva tmavě šedých až černých prachovců se zlatými trilobity. Přestože nešlo o skutečné zlato, ale o pyrit, představovala tato vrstva pro paleontologů i tak hotový poklad. Pyritizování trilobitů se totiž zachovalo do nejmenších detailů, včetně břišní kutikuly, jednotlivých končetin nebo trávicí soustavy. Jako první je studoval paleontolog Charles Beecher z Yaleovy univerzity. Právě po něm bylo později zdejší lagerstätte pojmenováno jako Beecherova



vrstva s trilobity (Beecher's trilobite bed). Na počátku 20. století byla původní lokalita s výchozem Beecherovy vrstvy ztracena a většina paleontologů předpokládala, že zanikla naprostým vytěžením. Až v r. 1984 vrstvu znovuobjevili sběratelé Dan Cooper a Thomas Whiteley a připravili tak podmínky pro moderní výzkum tohoto lagerstätte.

Beecherova vrstva s trilobity se řadí k tzv. frankfortským břidlicím a původně šlo skutečně o jedinou vrstvu o mocnosti jen několik centimetrů. Dnes známe několik dalších vrstev se zachováním podobným původní Beecherově vrstvě, které pocházejí rovněž z nadložního souvrství Whetstone Gulf. Obě geologické jednotky náležejí k tzv. lorrainské skupině, která spadá stářím do ordovického stupně katiánu, a odpovídá tedy době zhruba před 453–445 miliony let. Velká část státu New York tehdy ležela na jižním okraji tropického kontinentu Laurentie, přibližně v prostoru mezi 20° a 30° jižní šířky. Místní organismy obývaly hlubší moře s nízkým nebo přinejmenším nestálým obsahem kyslíku při dně. Každá vrstva lorrainské skupiny s pyritizovanými zkamenělinami pak představuje záznam jednoho turbiditního proudu – podmořského sesuvu nezpevněných sedimentů, který strhl obyvatele mořského dna.

Nejhojnějším druhem ve zdejších vrstvách je trilobit *Triarthrus eatoni* (obr. 10), zástupce olenidních trilobitů, kteří byli velmi diverzifikovaní především na konci kambria a ve spodním ordoviku. *Triarthrus* má podlouhlé tělo s výrazně klenutou osní částí. Pyritizované zkameněliny ale odhalily mnoho dalších detailů o jeho vzhledu a anatomii, které můžeme zobecnit pro většinu trilobitů. Jeden z těchto poznatků ukazuje, že břišní kutikula každého článku (sternum) nekopíruje přesně pozici jeho hřbetní kutikuly (terga). Sternum i tergum jsou vůči sobě posunuté asi o polovinu článku. S nesouladem v článkování hřbetní a břišní kutikuly se setkáme i u jiných členovců a u trilobitů pravděpodobně představoval spíše pravidlo než výjimku. Podobný posun je totiž vidět i na jiných částech trilobitního krunýře (např. na svalových úponech) nebo na umístění jejich trávicích žláz.

Díky zdejším pyritizovaným zkamenělinám máme dobrou představu o tvaru a funkci trilobitích končetin. V přední části hlavy měli tito členovci vyvinuta poměrně dlouhá jednoduchá tykadla, složená z drobných prstencovitých článků. Další tři páry hlavových končetin, stejně jako všechny končetiny trupu a ocasního štítu (pygidia), byly dvouvětevné (výjimkou je rod *Olenoides* z burgesských břidlic, který měl pár jednoduchých končetin podobných tykadlům i na konci těla). Každá dvouvětevná končetina byla kloubena k břišní kutikule bazálním článkem – protopoditem. Tyto články byly na vnitřní straně vybaveny drobnými zoubky, které trilobiti používali k zachycení nebo zpracování potravy, podobně jako dnešní ostrorepi a někteří koryši. Z protopoditu vybíhala vnitřní kráčivá část končetiny tvořená 6 články a koncovými drápkami a vnější část (větev) končetiny, nesoucí početné lamely sloužící k dýchání.



12

12 Rekonstrukce gigantického konodontu rodu *Promissum*, podle nálezu ze soomských břidlic. Orig. N. Tamura, převzato z Wikimedia Commons, v souladu s podmínkami použití

Unikátně zachovalé zkameněliny lorrainské skupiny poskytly také překvapivé informace, jak ordovičtí členovci pečovali o své potomky. V posledním desetiletí odtud byly popsány lasturnatky rodu *Luprisca*, které mají pod dvoumiskovým krunýřem končetiny, embrya a nejspíše i čerstvě vylíhlé jedince. Tento nález naznačuje, že vývojové strategie lasturnatek se za posledních 450 milionů let prakticky nezměnily. V r. 2017 byl publikován článek popisující pyritizovaná vejčička výše zmíněných trilobitů rodu *Triarthrus* (Hegna a kol. 2017). Oválné útvary s velikostí menší než 0,2 mm byly umístěny ve slučicích pod lícními částmi hlavového štítu trilobita (obr. 10 a 11). Předpokládá se, že přinejmenším u tohoto rodu docházelo k vnějšímu oplození.

Kromě trilobita rodu *Triarthrus* a lasturnatky *Luprisca* je z vrstev s výjimečným způsobem zachování lorrainské skupiny známo několik dalších pyritizovaných trilobitů včetně rodů *Cryptolithus*, *Cornuproetus* a *Homotelus*, kteří se ale vyskytují mnohem vzácněji než zmiňovaný *Triarthrus*. Dále odtud máme doložený další druh členovců, ramenonožce, graptolity, plže, konulárie, ostnokožce a pravděpodobně i stélky řas. Všechny tyto organismy byly strženy turbiditními proudy, které je pohřbily a usmrtily, ačkoli je samotný turbiditní proud jednotlivě nesl jen na krátkou vzdálenost. Pyritizace měkkých tkání probíhala po zakrytí sedimentem a uzavření porů v horninách. Podobně jako v případě fezoatských břidlic se během rozkladu bez přístupu kyslíku uvolňoval sulfan, který se sloučil s vysoce reaktivním železem obsaženým ve zdejších sedimentech a nahradil všechny části těla organismů pyritem.

Jihoafričké tání ledovců

Stolové hory Jihoafričské republiky zaznamenávají klimatické výkyvy, k nimž došlo na samotném konci ordoviku. Výrazné ochlazení před 446 miliony let vytvořilo na jižní Gondwaně rozsáhlý kontinentální ledovec, jenž se v oblasti dnešního Kapského Města sunul do moře. Během tání se z ledovce uvolňovaly valouny hornin, písek i jíly, které se bez ladu a skladu usazovaly na mořském dně a dodnes se zachovaly jako tzv. diamiktity. Při následném oteplení a ústupu ledovce se sedimentace změnila a ve zdejších mořích se začaly

usazovat jemnozrné soomské břidlice. Nálezy drobných lahvičkovitých fosilií rodu *Spinachitina* (chitinovci) je řadí k ordovickému stupni hirnant, tedy do doby asi před 444 miliony let.

Zdejší moře bylo na konci ordoviku stále poměrně chladné, mělké a nedaleký tající ledovec snižoval jeho slanost. Takové prostředí obývalo druhově chudé společenstvo organismů, které jako poslední refugium přežilo jedno z největších vymírání v geologické historii Země. Nedostatek kyslíku u dna a občasná podmořská skluzza pomáhaly zastavit rozklad mrtvých jedinců a umožnily výjimečné zachování měkkých nebo lehce zpevněných tkání. Ty zde bývají nahrazeny tenkými vrstvičkami uhlíku nebo jílovými minerály.

Proslavenými fosiliemi soomských břidlic jsou konodonti. Zatímco na většině prvohorních lokalit se dají běžně najít jednotlivé zoubky těchto živočichů, ve zdejších břidlicích se místy nacházejí kompletní ústní aparáty a části jejich očí. U jednoho exempláře rodu *Promissum* (obr. 12) se dokonce zachovala část těla, včetně oddělených svalových segmentů – myomer – ve tvaru písmene V a tmavé skvrny, již někteří autoři interpretují jako játra. Srovnání s jinými unikátně zachovalými konodonty ze Skotska naznačuje, že *Promissum* mohlo dorůst až 40 cm. Vzhledem k tomu, že většina ostatních konodontů dosahovala délky několika centimetrů, byl tento rod skutečným gigantem.

Kromě konodontů odtud známe několik druhů členovců, včetně trilobitů, nektaspididů, lasturnatek, koryšů s dvoumiskovým krunýřem a eurypteridů (viz výše citovaná Živa 2019, 2). Někteří jedinci eurypterida rodu *Onychopterella* jsou odtud známi i se zachovanými zbytky svaloviny, trávicí soustavy a žaber. V soomských břidlicích se hojně vyskytují také ortokonní hlavonožci, z nichž někteří mají zachovalé zbytky raduly (pásky s chitinovými zoubky připomínající rašplí). Další zdejší nálezy zahrnují přílipkovce, čelistní aparáty kroužkovců, ramenonožce, řasy a organismy nejasného systematického zařazení.

Tento výčet ordovických lagerstätten není zdaleka vyčerpávající, dodnes bylo objeveno několik dalších lokalit s výjimečným způsobem zachování. Patří mezi ně např. souvrství Llanfallteg, souvrství Afon Gam nebo jílovce z Llanfawr ve Velké Británii či souvrství Floresta z Argentiny. Zajímavé jsou i břidlice z Winneshieku v USA, které představují usazeniny omezeného mořského prostředí zaplaveného impaktního kráteru (vzniklého po dopadu meteoritu) a obsahují eurypteridy a další klepítkatce, koryše nebo gigantické konodonty.

V následujícím dílu seriálu přiblížíme vybraná silurská, devonská a karbonská lagerstätten.

Článek byl napsán za finanční podpory RVO 67985831 Geologického ústavu Akademie věd ČR.

Seznam použité literatury uvádíme na webových stránkách Živy.