

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

**Detailní zpracování konodontových faun
se zaměřením na hranici silur/devon v lokalitě
Na Požárech (Barrandien, Česká republika)**

Aneta Hušková

Mladá Boleslav 2012

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor SOČ: 5. Geologie, geografie

Detailní zpracování konodontových faun se zaměřením na hranici silur/devon v lokalitě Na Požárech (Barrandien, Česká republika)

Detailed processing conodont faunas with a focus on the Silurian/Devonian boundary at the locality Na Požárech (Barrandian, Czech Republic)

Autor: Aneta Hušková

Škola: Gymnázium Mladá Boleslav
Palackého 191/1
Mladá Boleslav
293 01

Konzultant: RNDr. Ladislav Slavík, CSc.

Mladá Boleslav 2012

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou práci vypracovala samostatně, použila jsem pouze podklady uvedené v příloženém seznamu a postup při zpracování práce je v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech související s právem autorským a o změně některých zákonů v platném znění.

V Mladé Boleslavi dne 5. února 2012

Aneta Hušková

Poděkování

Nejvíce bych chtěla poděkovat RNDr. Ladislavu Slavíkovi, CSc., který byl po dva roky mým konzultantem. Děkuji za veškerý čas, který mi byl věnován, za trpělivost, ochotu, nepostradatelné rady, pomocné připomínky a nejvíce za otevření pomyslných dveří do světa geologie, o které jsem dříve věděla jen málo. Také děkuji za poskytnutí materiálů a za pomoc při odběru vlastních vzorků v terénu.

Děkuji také projektu Otevřená věda II, který mi umožnil poznat geologii v praxi pomocí dvouleté stáže.

Anotace:

Tato práce je vědeckým výstupním závěrem z mikropaleontologického výzkumu v lokalitě Na Požárech, Praha-Řeporyje v oblasti Barrandienu. Výzkum byl prováděn za účelem získání nových informací pomocí detailního zpracování konodontových faun na stratigrafické hranici silur/devon.

V rámci projektu probíhaly práce jak v terénu (odběr vzorků, studie a fotodokumentace lokality i stratigrafického profilu), tak v laboratoři (práce se vzorky a jejich zpracovávání, rozpouštění v kyselinách, plavení, získání mikropaleontologického materiálu). Na vědeckém pracovišti byla mimo jiné studována odborná literatura, probíhalo mikroskopování a odborné zpracování získaných mikropaleontologických objektů.

Výsledkem je vytvoření modelu fylogeneze na základě nově získaného i původního mikropaleontologického materiálu - jednotlivých elementů z trávicího aparátu fosilních mořských živočichů konodontů. Podrobný popis a interpretace morfologických změn v části spathognathodontidové linie konodontů na hranici silur/devon bude sloužit jako základ pro detailní korelaci této časové úrovně v dalších stratigrafických řezech v rámci Barrandienu, ale i v dalších světových oblastech.

Klíčová slova: Konodonti, paleozoikum, stratigrafie, Barrandien, paleontologie, silur, devon

Anotation:

The work is a result of scientific research at the locality Na Požárech, Praha-Řeporyje, Barrandian area. The main purpose of the research was to obtain new data from detailed study of conodont faunas from the Silurian/Devonian boundary.

The project work consisted from fieldwork (sampling, making photographic documentation and standard geological praxis at the locality) and work in laboratory (sample processing, maceration and levigation and extraction of micropaleontological objects). The work at the institute included study of scientific literature, microscopy and evaluation of extracted micro-elements.

The main output of the project is a proposal of phylogenetic model based on newly and formerly obtained micropaleontological material, i.e. – elements of feeding apparatus of marine fossil animals - conodonts. Presented detailed description and interpretation of morphological changes in part of the spathognathodontid conodont lineage across the Silurian/Devonian boundary will be a base for a detailed correlation of this stratigraphic level also in other stratigraphic sections in the Barrandian area and in other regions all over the world.

Key words: Conodonts, Palaeozoic, Stratigraphy, Barrandian, Palaeontology, Silurian, Devonian

Obsah

1. Úvod	7
2. Metodika.....	8
2.1 Odběr vzorků	8
2.2 Rozpouštění sedimentárních hornin	8
2.3 Plavení	8
2.4 Separace v těžkých kapalinách	9
2.5 Mikroskopování	9
3. Teoretická část.....	10
3.1 Konodonti	10
3.2.1 Charakteristika konodontů	10
3.2.2 Konodontové elementy a terminologie jejich popisu	11
3.2.3 Výskyt konodontů v České republice	12
3.2.4 Výňatek z historie nálezů konodontů.....	12
3.2.5 Význam konodontů	13
3.2 Charakteristika lokality Na Požárech - Řeporyje	14
3.3 Problematika stratigrafie.....	14
3.3.1 Problematika hranice silur/devon	14
4. Výsledky.....	16
4.1 Charakteristika morfologických skupin.....	16
4.1.1 Morfologická skupina A	17
4.1.2 Morfologická skupina B	17
4.1.3 Morfologická skupina C	17
4.1.4 Morfologická skupina D	18
4.1.5 Morfologická skupina E.....	18
4.1.6 Morfologická skupina F	19
4.1.7 Celková charakteristika získaného materiálu.....	19
5. Diskuze.....	20
6. Závěr.....	21
7. Seznam použité a citované literatury.....	22
8. Seznam příloh.....	24
9. Přílohy	25

1. Úvod

Základem této práce je biostratigrafický výzkum založený na základě živočišných fosílií konodontů, který probíhal pod vedením RNDr. Ladislava Slavíka, CSc. (Geologický ústav AV ČR, v.v.i.) na geologicky významné lokalitě Na Požárech, Praha-Řeporyje v oblasti Barrandienu (viz *Příloha č. 1*).

V průběhu mojí práce jsem měla příležitost vyzkoušet si každodenní úděl geologa počínaje prací v terénu, přes zpracování vzorků v laboratoři, evidenci a zařazování elementů až po drobnou práci s mikroskopem a vyhledávání informací v odborné literatuře.

Výzkum na hranici siluru a devonu navazuje na množství původních geologických prací, zejména z oboru stratigrafie, sedimentologie a paleontologie.

Výsledkem této práce je fylogenetická rekonstrukce části konodontové čeledi Spathognathodontidae na hranici mezi silurem a devonem. Zjištěné informace pomohly interpretovat změny v úseku této fylogenetické linie jako interakci na globální (eventostratigrafickou) událost na této stratigrafické úrovni.

2. Metodika

Práce začala probíhat v lednu roku 2010 a skončila v lednu roku 2012. Zahrnovala různé okruhy aktivit od teoretických po praktické.

2.1 Odběr vzorků

Vzorky byly odebrány v červnu roku 2010 na lokalitě Na Požárech, která se nachází přibližně 1 km východně od části Praha – Řeporyje v oblasti zvané Barrandien. Z předem vybrané stratigrafické úrovně, tedy konkrétně v místě hranice silur/devon, byly odebrány čtyři vzorky ze značených vrstev č. 158, 158T, 159B, 159P. Vzorek 158 byl odebrán z prvního metru vrstvy 158 a vzorek 158T z posledních 20 cm vrstvy 158 (tzv. „top“ vrstvy). Vzorek 159B byl odebrán z báze vrstvy 159, tzn. z prvních 40 cm vrstvy, vzorek 159P byl odebrán z prostředku vrstvy 159, což je přibližně 40 – 70 cm od báze vrstvy (*přehled odebraných vzorků viz Příloha č. 2*). Průměrná hmotnost vzorků pro získání mikropaleontologických exemplářů byla 2.5 až 3.5 kg. Při odebírání vzorků bylo užito běžných terénních nástrojů, například geologické kladívko, palice, majzlík, ochranné brýle, rukavice a vzorkovací sáčky.

Odebrané vzorky z vápencových vrstev nejsvrchnějšího siluru a nejspodnějšího devonu byly poté převezeny do Laboratoře mikropaleontologické macerace v Geologickém ústavu.

2.2 Rozpouštění sedimentárních hornin

Pro získávání konodontových elementů z jednotlivých vzorků bylo nutné sedimenty rozpustit v kyselinách v laboratorních podmínkách. Nezbytnými pomůckami byly chemický plášť a rukavice. Vzorky byly umístěny do nádob o objemu 10 až 12 litrů. Oválné nádoby se opatřily štítky s příslušným označením.

Na rozpouštění byla použita koncentrovaná kyselina octová a voda v poměru 1:9 (1 CH₃COOH : 9 H₂O). Poté byly nádoby umístěny do digestoře s odsáváním par, kde přibližně po tři měsíce probíhala chemická reakce – rozpouštění karbonátové složky horniny. Průběžně byl průběh reakce kontrolován, a pokud rozpouštění přestalo probíhat, byl daný roztok obnoven.

2.3 Plavení

Když po rozpouštění hornin zbyl na dně nádob pouze nerozpustný zbytek (t.j. nekarbonátová složka z jemného křemičitého písku s pestrou směsí silikátových minerálů a oxidů železa, manganu či hydroxidů a bioklastů), bylo přikročeno k dalšímu kroku. Vzorky

byly přeplaveny ve speciálním plavicím stolku s výlevkou přes dvě kalibrovaná síta s většími a menšími otvory. Pro plavení nejjemnějšího materiálu bylo použito síto s otvory 90 μm . Nadsítná složka byla zachycena do porcelánových misek. Jemný kal byl vyplaven a v misce zůstal pouze jemný nerozpustný zbytek. Po pěti až desetiminutovém odstátí se materiál usadil na dně a přebytečná voda byla následně odlita. Minimálně hydratovaný vzorek v misce byl dán na suché místo (do speciální laboratorní skříně) k pomalému vysychání (přibližně čtrnáct dní až měsíc).

Po vyschnutí byl obsah misky přesypán do plastových uzavíratelných lahvíček, ve kterých je materiál lépe skladovatelný. Po každém vzorku bylo nutné pečlivě vyklepat filtrační papír a vymýt misky, aby nedošlo ke kontaminaci (smíchání různých vzorků), jelikož by tím mohly vzniknout vážné nepřesnosti ve výsledcích.

2.4 Separace v těžkých kapalinách

Po umístění vzorků do výše popisovaných lahvíček (jejich objem byl samozřejmě úměrný jejich obsahu), byly předány odbornému pracovníkovi – chemikovi na další zpracování – separaci v těžkých kapalinách. Podstata této separace je založena na principech rozdílných hustot různých částic detritu. Vzorek je vložen do kádinky s tetrabromethanem (takzvaná „těžká kapalina“), kde látky s menší hustotou, než má tetrabromethan, zůstanou plovat na hladině a těžké klesnou ke dnu.

Díky tomu se zmenší objem daného vzorku o velmi výraznou část, tudíž se ušetří spousta času při následném třídění pod mikroskopem. Konodontové elementy mají poměrně vysokou měrnou hmotnost, proto po separaci náleží právě nízkoobjemové těžké frakci. Poté, co je separace ukončena, chemik předá výsledný vzorek opět do našich rukou.

2.5 Mikroskopování

Závěrečnou fází a také fází nejdůležitější je práce s mikroskopem. Na separační obdélníkovou misku s vyznačenou mřížkou je nasypána část vzorku tak, aby bylo dobře patrné rozmístění jednotlivých fragmentů. Misku následně vložíme pod mikroskop, nastavíme optické zvětšení, aby byly dobře viditelné i nejmenší úlomky konodontů. Poté ještě připravíme speciální štěteček pouze s jedním vlasem (aby byl kýžený exemplář lépe a snadněji uchopitelný), malou (libovolnou) misku s vodou a volnou mikropaleontologickou komůrkou, kam se ukládají nalezení konodonti. Takto definitivně oddělíme konodonty od jiných fragmentů a můžeme přejít do fáze detailního zkoumání.

Získané konodontové elementy bylo možné nakreslit pomocí kreslicí hlavice (Camera lucida) mikroskopu, což je pro práci velmi zásadní.

3. Teoretická část

3.1 Konodonti

Konodonti (Conodonta) jsou dávno vyhynulá a z biologického hlediska nepříliš známá skupina živočichů, která žila v oceánech a mořích v období od paleozoika až do počátku mezozoika, konkrétněji od kambria až po trias. Pokud bychom se zabývali časovou datací, tak konodontové zonace můžeme využít pro časové rozmezí zhruba 550 milionů let až 200 milionů let.

Ve své době byli konodonti významnou součástí mořské fauny a zaujímal tak i významné místo v potravním řetězci; stávali se kořistí větších ryb či paryb. Způsob výživy konodontů však zatím zůstává nejasný.

3.2.1 Charakteristika konodontů

Ve většině případů se jedná pouze o nálezy mikroskopických (milimetrových) fosilních elementů trávicího aparátu (*viz Příloha č. 3*), tudíž nemůžeme mluvit o celkovém vzhledu živočicha. Díky několika významným nálezům, kde byly zachovány i otisky částí měkké tkáně – Granton Schrimp Bed ze Skotska (- spodní karbon, Briggs et al. 1983), Brandon Bridge Dolomite z Wisconsinu (- spodní silur, Mikulic et al. 1985) a Soom Shale z jižní Afriky (Aldridge a Theron, 1993) můžeme však určit přibližný vzhled.

U posledního nálezu byla poměrně dobře zachovalá měkká tkáň – konkrétně oční svalová vlákna, tzv. myomery. Z toho můžeme vyvodit existenci očních bulv či kapsulí, jejich možnou pohyblivost a tím tedy tvrdit, že zrak byl jejich důležitým smyslem.

Jejich tělo bylo úzké a protáhlé. Dospělí jedinci dosahovali obvykle délky kolem 10 - 15 centimetrů, největší nález svědčí o velikosti až 40 centimetrů (usuzováno dle nálezů fosilních částí a z výpočtů jejich poměru vůči tělu). V ocasní části se nacházel ploutevní lem usnadňující pohyb ve vodě, šupiny však zřejmě nebyly vyvinuty.

Hlavová část není od zbytku těla nijak oddělena. Je znám i nález pozůstatku diferenciovaného mozku, což nás nutí k zamyšlení, čím byl tento důležitý orgán krytý. Jelikož doposud není známý žádný nález lebky patřící této třídě živočichů, je velice pravděpodobné, že mozek byl chráněn pouze chrupavčítým obalem. Zřejmá je také absence čelistí.

Z těchto známých faktů vyvozují mnozí vědci závěr, že by zařazení konodontů v taxonomické posloupnosti mělo být následovné:

Říše: Animalia (Živočichové)

Oddělení: Triblastica (Trojlistí)

Kmen: Chordata (Strunatci)

Podkmen: Vertebrata (Obratlovci)

Třída: Agnatha (Bezčelistnatci)

Podtřída: Conodonta (Konodonta)

Díky tomuto zařazení ve výše uvedené třídě bychom si konodonty mohli zjednodušeně představit jako příbuzného mihulím (Petromyzontida), případně sliznatek (Myxinoidea). Tyto podtřídy zřejmě nejsou různým stupněm vývoje téhož živočicha ani jeho současníci, všechny tyto taxony však nesou podobné znaky (protáhlé tělo bez končetin, absence čelistí, primitivní mozek v chrupavčitém obalu a patrné oční bulvy).

Mnozí vědci ovšem výše uvedenou taxonomickou klasifikaci považují za nepodloženou a mluvit o konodontech jako o prvních obratlovcích pokládají za přehnané. I přesto se toto zatím nepodložené zařazení dostalo i do některých učebnic.

3.2.2 Konodontové elementy a terminologie jejich popisu

Z hlediska stratigrafického datování jsou ovšem nejdůležitějšími důkazy o existenci konodontů pozůstatky jejich trávicího aparátu, které vzbuzují zájem mnoha badatelů. Jedná se o mikroskopické (v řádu milimetrů) skeletové elementy fosilního původu. Celý aparát čítá kolem 15-19 elementů v závislosti na druhu, přičemž prostorové postavení jednotlivých elementů v aparátu není vždy známé, stejně tak i umístění celého aparátu v těle živočicha. Jasný je však význam těchto elementů. Sloužily jako prvky aparátu pro trávení a zpracování potravy, můžeme je tedy do jisté míry přirovnat k našim zubům.

Samotné elementy se zachovaly až do dnešních dnů díky velmi odolnému materiálu, ze kterého jsou tvořeny. Podle chemických analýz víme, že jde o frankolit (karbonátapatit) známý pod vzorcem $\text{Ca}_5\text{Na}_{0,14}(\text{PO}_4)_{3,01}(\text{CO}_3)_{0,16}\text{F}_{0,73}(\text{H}_2\text{O})_{0,85}$. Jedná se v podstatě o fosfát – apatit (fosforečnan vápenatý), ve kterém se ukládají různé soli, případně je zpevněn vodou a dalšími prvky. Díky tomuto chemickému složení je možné konodontové elementy využít i pro sledování změn chemismu prostředí, ve kterém žili.

Po odumření živočišného organismu se jeho tělo dostalo na mořské dno, kde byly organické zbytky zakryty sedimentem, který se postupně usazoval. Díky snadné fosilizaci dnes můžeme najít množství fosfatických elementů ve vápencích, břidlicích a v jiných mořských sedimentárních horninách. Elementy konodontů prošly během fosilizace různými změnami. Získaly například barvu v závislosti na nejvyšší teplotě, které byla sedimentární hornina vystavena po jejím vzniku.

Pokud bychom si tyto elementy chtěli zjednodušeně představit, stačí pomyslet na naše zuby vklíněné do dásní, samozřejmě převedeno do milimetrových rozměrů (viz. Příloha č. 3).

Celkem rozlišujeme tři základní druhy elementů podle morfologie – koniformní, platformní a ramiformní. Poslední dva typy elementů jsou pro nás z hlediska stratigrafického datování nejdůležitější. Skládají se ze dvou základních částí – z čepele a bazální dutiny, díky které je element připojen k měkké části těla. Pro platformní elementy je typické, že postranní výběžky jsou rozšířeny kolmo na hlavní osu elementu, což je způsobeno větší otevřeností

bazální dutiny. Pokud se tedy na tento element podíváme svrchu (z orální strany) pod mikroskopem, můžeme jej lehce rozpoznat od ostatních typů. Na rozdíl od platformního elementu má ramiformní element postranní výběžky velmi malé, situované přesně pod zoubky. Podíváme-li se tedy na tento objekt z orální strany pod mikroskopem, uvidíme jen nepříliš silnou tyčinku.

Typy elementů se u každého druhu konodontů poněkud liší díky rychlému vývoji morfologie v čase vzhledem k adaptaci na složení potravy. Podle morfologie jednotlivých typů elementů můžeme usuzovat, že některé druhy konodontů byly nejspíše dravci, jiní se mohli živit jako bentofágové.

3.2.3 Výskyt konodontů v České republice

V paleozoiku došlo k rozdělení superkontinentu známého jako Pangea na Laurasii a Gondwanu. Vlivem kontinentálního driftu ve spodním a středním paleozoiku patřila většina území dnešní České republiky na přelomu siluru a devonu k perigondwanské skupině teránů, které náležely do tropického až subtropického klimatického pásma. Klimatické podmínky dnešní doby a doby středního paleozoika tedy nejsou srovnatelné.

Tak jako v ostatních částech světa, kde se konodonti hojně vyskytují v mořských sedimentech, jsou jejich nálezy i u nás velmi časté. Nejsnadnější získávání konodontových elementů je z karbonátových hornin (vápenců). Hojné výskyty jsou zejména v silurských a devonských uloženinách v Barrandienu ve středních Čechách. Neméně významné jsou nálezy z mladšího paleozoika na Moravě - konkrétně ze svrchního devonu a spodního karbonu, například v Moravském krasu. V obou oblastech slouží tyto nálezy k detailnímu stratigrafickému datování, přičemž Barrandien patří mezi klasické světové oblasti stratigrafických studií a z hlediska celosvětové časové korelace má klíčový význam.

3.2.4 Výňatek z historie nálezů konodontů

Poprvé se zmínky o konodontech objevují v Rusku, kde paleontolog Ch. H. Pander objevuje ve vzorcích z ordoviku a siluru drobné fosilie zoubkovitých tvarů. V roce 1856 o nich píše jako o pozůstatcích čelistí neznámého druhu ryb. Vyčleňuje 56 druhů a 14 rodů, přičemž neuvažuje o možnosti, že různé elementy mohou patřit jednomu druhu.

Mnoho následujících paleontologů zastávalo názor, že se jedná o zuby vyhynulých ryb, ale časem se začaly tyto hypotézy měnit.

Teprve geolog Hinde přichází s myšlenkou, že odlišné elementy mohou tvořit dohromady jediný aparát. V roce 1879 ve svém díle popisuje konodontový druh *Polygnathus dubis*.

Významnými pro stratigrafii se však konodonti stávají teprve v roce 1926, kdy Američané Ulrich a Basler popisují další nové rody a dávají podnět k tomu, aby se konodonti

využili jako celosvětový korelační nástroj, protože jsou rozšířeni ve většině mořských paleozoických sedimentárních hornin.

V roce 1941 přicházejí vědci Ellison a Graves s metodou rozpouštění vápenců kyselinou octovou, což je pro získání konodontů velmi zásadní objev. Vápenec se tak stal hlavním zdrojem fosilií.

Od roku 1950 se začali geologové intenzivněji zabývat výzkumem konodontů, čímž se rychle zpřesňovala globální stratigrafie vzhledem k využívání biostratigrafie pro těžbu strategických surovin, zejména ropy a zemního plynu. Začalo se více využívat zejména opakujících se skupin elementů a na základě multielementových rekonstrukcí celých aparátů byly definovány nové druhy.

S přesnější diagnostikou druhů přicházejí až v roce 1966 Sweets a Bergström, kteří zařazují konodony do zoologické taxonomie. Jejich teorie byla postupně přijata většinou geologů.

Významným krokem podporujícím paleontology, kteří se zabývali konodonty, bylo vytvoření Panderovy společnosti v roce 1967. Tato společnost existuje až dodnes a umožňuje dobrou komunikaci mezi badateli a rychlou výměnu vědeckých informací.

Postupně vzrůstala snaha najít fosilizované zbytky měkkých tkání kvůli paleobiologické rekonstrukci celého organismu, což se podařilo v roce 1983 geologovi Briggsovi v karbonových břidlicích nalezených ve Skotsku. O příslušnosti nálezu k organismu konodonta se dlouho spekovalo, později však bylo přiřazení potvrzeno. Při systematickém zařazení do zoologického systému však došlo k problémům, které nakonec vedly k vytvoření samostatného kmene Konodonta (Conodonta).

Později se konodonti začali rozlišovat na prakonodonty a eukonodonty (tzv. pravé konodonty) a všemu vévodila nejednoznačnost v názorech, jedná-li se o příbuzné skupiny, nebo o různé vývojové stupně.

Koncem 20. století přicházejí i další důležité nálezy a výzkumy geologů Aldridge a Briggse. Aldridge (1998) na základě způsobu života a stavby těla vyzdvihuje podobnosti konodontů se sliznatkami v rámci obratlovců.

3.2.5 Význam konodontů

Největší význam mají konodontové elementy v geologii pro určování stáří hornin vzhledem k velmi rychlému vývoji morfologie v čase. To, jak se jejich morfologie rychle mění, umožňuje velmi detailní stratigrafické členění použitelné napříč světovými oblastmi, což vede k vytvoření přesných biostratigrafických škál pro regionální i globální využití. Některé významné hranice geologické časové škály jsou přímo definovány prvním výskytem určitého konodontového taxonu, jedná se například o hranice mezi stupni v devonu.

Na základě konodontů a dalších spolu se vyskytujících skupin fosilních organismů můžeme usuzovat o charakteru prostředí vzniku sedimentů - o paleoenviromentálních podmínkách. Je možné zjistit například hloubku a případnou pozici na kontinentálním svahu v oceánu, příslušnost k bioprovinciím apod.

Jak již bylo zmíněno, fosfatické konodontové elementy mění barvu v závislosti na teplotě. Podle sestavené barevné škály můžeme díky odstínu jednotlivých elementů stanovit nejvyšší teplotu, kterou sediment ve svém vývoji prošel. Tyto informace pak slouží k rekonstrukci termální historie (metamorfních změn) celých oblastí.

Vzhledem k tomu, že konodontový karbonátapatit je velmi vhodný k uchování původního chemického složení mořské vody ve které konodontový organismus žil, slouží konodonti jako vynikající nástroj pro chemostratigrafii a oceánskou geochemii. Z konodontových elementů lze získat izotopová data kyslíku, která slouží jako prostředník pro rekonstrukci trendů změn teploty mořské vody v čase. Měření obsahu vzácných zemin zase přispívá k rekonstrukcím orogenních procesů na planetě.

3.2 Charakteristika lokality Na Požárech - Řeporyje

Lokalita Na Požárech se nachází v oblasti Barradienu přibližně 1 km od části Praha – Řeporyje. O této lokalitě víme, že zde docházelo k sedimentaci vápenců zejména v období od svrchního siluru do spodního devonu (přibližně před 410 – 390 miliony lety).

Právě v profilu "Požáry" můžeme najít například světově stanovený stratotyp ve svrchním siluru – Přídolí, nebo karbonátový ekvivalent hranice mezi silurem a devonem, který je velmi vhodný pro stratigraficko-sedimentologické výzkumy. Jedná se tedy o jednu z nejvýznamnějších geologických lokalit v České republice, počty publikovaných prací o lokalitě dosahují mnoha desítek. Detailnější popis lokality a profilu Na Požárech poskytl např. Kříž et al. (1986) a Chlupáč (1993).

3.3 Problematika stratigrafie

Obor stratigrafie je přímo závislý na výskytu vhodných sedimentárních hornin, které dokážou uchovat co největší množství nejrůznějších dat, jež se pak dají vzájemně korelovat. Jedná se o chemicko-fyzikální, sedimentologické a biostratigrafické informace. Některé vrstvy v sedimentárním profilu mohou být nekompletní, nebo úplně chybět (vytvoření tzv. hyátů).

Sedimentární profil na hranici siluru a devonu v lokalitě Na Požárech je z větší části kompletní, sled vápencových vrstev je většinou kontinuální. Sedimentární profily s takovými vlastnostmi a dostatkem stratigrafických dat jsou ideální pro tvorbu globální stratigrafické škály (Geological Time Scale – GTS).

3.3.1 Problematika hranice silur/devon

Problematika hranice silur/devon je velmi rozsáhlá. Světový stratotyp pro toto rozhraní se nachází na vrchu Klonk u Suchomast na Berounsku. Stratotyp hranice byl

definován na základě prvního výskytu graptolita *Monograptus uniformis*, který se vyskytuje v hlubokovodnějších sedimentech. Konodontová fauna na Klonku je však velmi chudá.

Mnohem lepší podmínky pro mělkovodní fauny je možno pozorovat právě v lokalitě Na Požárech. Již dřívější výzkumy ukázaly, že množství konodontů ve vápencích na hranici silur/devon je zde reprezentativní pro detailní výzkum. Na hranici mezi silurem a devonem došlo k významným událostem v globálním měřítku, na které reagovaly jednotlivé faunistické skupiny. Charakteristickým znakem v devonu je oproti siluru vyšší diverzita živočišných fosílií, což svědčí o patrné expanzi mnoha druhů v době jejich života. Některé taxony však přecházejí hranici beze změn, nebo naopak zanikají.

Pro skupinu konodontů je typický nástup rodu *Icriodus hesperius*, který se objevuje přímo na bázi devonského souvrství.

V předkládané práci bylo hlavním úkolem zjistit rozsah změn ve významné konodontové linii (čeleď Spathognathodontidae) na hranici silur/devon v lokalitě Na Požárech.

4. Výsledky

Zpracovány byly údaje ze vzorků odebraných v lokalitě Na Požárech. Nově odebrány byly čtyři vzorky, dva ze spodního devonu (Lochkova) a dva ze svrchního siluru (Přídolí). Pro rozšíření dat a porovnání materiálu bylo ale použito také dalších šest vzorků ze silurského souvrství, odebraných již dříve v této lokalitě RNDr. Ladislavem Slavíkem, CSc.

Všechny vzorky byly velmi bohaté na konodontovou faunu, zastoupena byla většina typů elementů konodontových aparátů. Nejméně získaných fosílií bylo z vrstvy číslo 151 (14 elementů), stejně tak z báze vrstvy číslo 159 (20 elementů). Nejhojnější výskyt konodontů byl ve vrstvách číslo 153 (150 elementů) a 154 (170 elementů) (*detailně viz Příloha č. 4 a Příloha č. 5*).

Všechny určené morfologické skupiny spadají do čeledi Spathognathodontidae. Nalezeny byly také tři fragmenty platformních elementů rodu *Icriodus*.

4.1 Charakteristika morfologických skupin

Vzhledem k množství zpracovávaných exemplářů a zejména k složité situaci v taxonomii v čeledi Spathognathodontidae není možné v tomto stádiu rozpracování zařadit získané platformní elementy do druhů a poddruhů. Žádné získané a studované exempláře v této práci nenáležejí k již existujícím druhům. Úroveň taxonomie spathognathodontidů na této stratigrafické úrovni je v globálním měřítku příliš liberální a nepřiliš detailně zpracovaná. V podstatě by bylo nutné přiřadit množství morfologicky odlišných forem pouze k jednomu taxonu - tj. "*Ozarkodina remscheidensis*". Pro další studium a pro stratigrafii by tento přístup postrádal smysl, proto bylo přistoupeno k velmi detailnímu popisu jednotlivých morfologických skupin, které budou základem pro případný popis morfotypů či druhů v dalším výzkumu. Terminologie popisu je převzata z práce L. Slavíka (1999).

Celkem bylo identifikováno šest morfologických skupin na základě předem definovaných znaků – celkových proporcí elementu, postavení bazální dutiny, její velikosti a tvaru, tvaru čepele, počtu zubů, viditelného rozlišení hlavního zubu nad dutinou a dalších výrazných znaků. Jednotlivé skupiny, které jsou charakterizované množstvím společných znaků, mají různé stratigrafické rozšíření v rámci studovaného intervalu v profilu. Některé elementy zatím nebylo možno zařadit do morfologické skupiny, protože disponují příliš výraznými odlišnostmi a materiál je mnohdy nedostačující (fragmentace elementů, minimum exemplářů). Některé morfologické skupiny jsou charakteristické frekventovaným zastoupením ve většině vzorků, u jiných je výskyt přerušovaný (*viz Příloha č. 6*).

4.1.1 Morfologická skupina A

Morfologická skupina A je charakteristická téměř pravidelným výskytem ve vzorcích. První jedinci z této skupiny se nacházejí ve vzorku 151, další pak ve vzorcích 152, 153, 154, 155, 158 a přecházejí hranici až do vzorku 159B. Společným znakem této skupiny je malá, ze svrchního pohledu kruhovitá a symetrická bazální dutina, nepříliš otevřená, která je umístěna blíže k posteriorní části. Během vývoje dochází k jejímu posunu směrem do středu hlavní osy elementu. U všech elementů je nad bazální dutinou přítomen nevýrazný hlavní zub, který často nepřevyšuje ostatní zuby. Nejvyšší zub čepele se směrem od stratigraficky nejstarších ke stratigraficky mladším exemplářům posouvá směrem od posteriorní části k bazální dutině (viz. *Příloha č. 6, vzorek 158 a 159B*). Elementy nejsou mohutné, patří spíše k subtilnějším v rámci materiálu. Čepel není v hlavní ose rovná, kratší posteriorní část je odkloněna a stáčí se směrem k dutině. Zuby jsou palisádovité, jejich úklon je téměř nepatrný. Počet zubů kolísá od 12 do 16. Tento typ patří k méně četným a postupem času počet elementů této skupiny klesá od 12 až ke 2 exemplářům.

4.1.2 Morfologická skupina B

Dalším morfotypem je skupina B. Elementy z této skupiny nacházíme ve všech vrstvách od vzorku 151 až po vzorek 159P. Pa elementy tohoto druhu jsou charakteristické zaoblenou, široce otevřenou dutinou srdcovitého tvaru, která se nachází ve dvou třetinách elementu směrem k posteriorní části. V průběhu času se na rozdíl od předchozího typu bazální dutina posouvá k posteriorní části, čímž se anteriorní část prodlužuje. Z bočního pohledu je možné pozorovat zdviženou anteriorní část čepele. Spodní okraj je tedy nerovný. Čepel není příliš mohutná, na anteriorní části je však o málo vyšší než na posteriorní části. Zuby jsou opět palisádovité, ve vzorcích 158, 158T a 159B se v posteriorní části čepele vyvinul shluk tří zubů převyšujících ostatní – takzvaný kohoutí hřeben. Hlavní zub se nachází přímo nad středem velmi otevřené bazální dutiny a je snadno rozpoznatelný. Úklon zubů je nerovnoměrný, ve vzorcích 152, 153 a 154 si můžeme všimnout rovných zubů ve střední a anteriorní části; v posteriorní části se zuby uklánějí dozadu. Čepel je dlouhá a od toho se odvíjí také počet zubů, který se pohybuje v rozmezí od 14 do 18. Podle toho, jestli je čepel v kratší posteriorní části rovná nebo zahnutá, můžeme odlišovat od vzorku číslo 153 typy B1 a B2 (viz. *Příloha č. 7*), které mají pravděpodobně stejného předka B. Počet elementů se od vrstvy 151 do vrstvy 156 zvyšuje od 4 ke 20, poté ovšem znovu klesá až ke 3.

4.1.3 Morfologická skupina C

Nejpočetněji zastoupenou morfologickou skupinou je C. Její první výskyt je ve vzorku 152, následně tato skupina pokračuje až do nejvyššího odebraného vzorku. V prvním vzorku

151 byly nalezeny pouze úlomky, proto jejich zařazení může být nepřesné. Tento druh je velmi rozdílný od typu A, s typem B má několik společných znaků. Jednoznačným odlišením je otevřená dutina nacházející se v posteriorní části. Dutina má oválný až obdélníkový tvar. Postupně se ve stratigraficky mladších vzorcích zvětšuje, její poloha v rámci elementu však zůstává stálá. Při detailním zvětšení můžeme pozorovat drobnou nesouměrnost dutiny – na jedné straně bývá lalok větší a na druhé menší. Čepel je dlouhá a mohutná, v posteriorní části se postupně zvyšuje, netvoří však charakteristický hřebínek. Zuby nejsou špičaté, spíše palisádovité. Hlavní zub není znatelný. Počet zubů je 16 až 19. Jedná se o nejvýrazněji zastoupenou skupinu, která představuje hlavní část Pa elementů téměř ve všech vzorcích. Od vrstvy 151 do vrstvy 154 stoupá četnost těchto elementů od 40 do 50, následně do vzorku 156 klesá na 3 a poté se počet pozvolna zvyšuje na 5.

4.1.4 Morfologická skupina D

Další morfologickou skupinou je typ D, který se neobjevuje ve všech vzorcích, jeho výskyt je však častý ve vrstvě 151, 152, 155, 156 a 159B. Ve vzorku 153 se sice nachází úlomek s mnoha shodnými znaky, ale pro jeho neúplnost není uveden v souhrnném výčtu. Všechny elementy jsou typické velmi výraznou bazální dutinou s ornamentací na orální části postranního laloku. Laloky jsou nesouměrné a nacházejí se přibližně v polovině čepele. Ornamentace je vyvinuta formou výrazné podpěry na svrchní části jednoho bazálního laloku; u elementů z vrstvy 151 jsou dokonce na stejném místě přítomny dva až tři zuby. Tím se platforma výrazně odlišuje od předchozích typů. Bazální dutina má oválný tvar, v případě třech elementů z vrstvy 151 je navíc dále členěna do výběžků. Čepel je rovná, dlouhá a mohutná. Hlavní zub je nevýrazný, jednotlivé zoubky jsou palisádovité až trojúhelníkovité. Jejich počet se pohybuje mezi 15 – 19. Elementy tohoto typu patří mezi méně časté, jejich počet se ve vzorcích pohybuje v rozmezí od 1 až po 8.

4.1.5 Morfologická skupina E

Další morfologickou skupinou je E, která je zastoupena pouze ve stratigraficky starších vzorcích – 151, 152, 153, 155 a poté již nebyla zaznamenána, nebo je jejich četnost tak nízká, že nebyla ve vzorcích zachycena. Tento typ je velmi podobný skupině C kvůli své oválné bazální dutině, která je ovšem na rozdíl od skupiny C umístěna uprostřed elementu. Dutina je také méně otevřená, což souvisí s celkovými proporcemi elementu. Na rozdíl od předchozích skupin je typ E drobnější a kratší. Mohlo by se samozřejmě jednat i o juvenilní formy typu C, ale v porovnání s daným typem má druh E souměrnou dutinu a na elementech nepozorujeme žádné zvýšení čepele k jedné straně. Zuby jsou ostré, mají jehlovitý tvar a nevýrazný sklon, hlavní zub není patrný. Počet zubů se pohybuje mezi 12 až 16. Četnost těchto elementů postupně klesá od 12 k 9.

4.1.6 Morfologická skupina F

Morfologická skupina F je v několika znacích shodná se skupinou předchozí. Jejího výskytu si ale můžeme všimnout pouze ve vzorcích 151, 158 a 158T. Od předchozího typu se liší tvarem bazální dutiny i její velikostí. V případě těchto elementů je totiž bazální dutina malá, kulatá a málo otevřená, zatímco u předchozí skupiny (E) je výraznější a oválná až obdélníkovitá. Je umístěna přibližně ve dvou třetinách čepele blíže k anteriorní části, ve které je k vidění i výrazné seskupení větších zubů (3-4). Čepel je rovná, relativně nízká, není mohutná. Výrazný hlavní zub je přímo nad bazální dutinou. Zuby mají palisádovitý tvar. Jejich počet se pohybuje v rozmezí od 10 do 14. Elementy se vyskytují v počtu od 5 do 2.

4.1.7 Celková charakteristika získaného materiálu

Ve vzorku 159B byl zaznamenán druh *Icriodus hesperius* Klapper & Murphy 1974, patřící do konkurenční čeledi Icriodontidae, který je indexem pro bázi devonu. Spolu s jeho nástupem dochází k výraznému poklesu počtu elementů ostatních taxonomických skupin, z čehož lze vyvodit, že *Icriodus hesperius* byl dané době a jejím podmínkám lépe přizpůsoben, zatímco méně adaptabilní morfologie ostatních taxonů začaly být v novém prostředí nevýhodné.

Od vrstvy 151 do vrstvy 154 počet Pa elementů v jednotlivých vzorcích stoupá od 140 až k 170. V následujících vrstvách však dochází ke značnému poklesu, v poslední silurské vrstvě 158T nacházíme 30 Pa elementů a v devonské vrstvě číslo 159P pouze 6. Nízký počet elementů se také odráží v diverzitě druhů, která postupně klesá směrem k devonské hranici. Hranici mezi silurem a devonem překračují pouze čtyři morfologické skupiny ze šesti vyčleněných. Vytvářejí se také nové experimentální formy ve snaze přizpůsobit se danému prostředí. Tyto formy většinou po čase zanikají, početnější morfologické skupiny pokračují vývojem nových morfologií. Vzhledem k množství získaných elementů však tuto hypotézu zatím nelze potvrdit, dokud nebudou odebrány další vzorky ze studovaného intervalu.

5. Diskuze

Z výsledků je patrné, že od vzorků stratigraficky starších ke vzorkům stratigraficky mladším postupně ubývá počet i diverzita elementů. Nemusíme však z toho nutně usuzovat, že v daných vrstvách byl výskyt konodontových živočichů hojnější nebo naopak redukovaný. V daném časovém intervalu - na začátku devonu - na studované lokalitě došlo k rychlejší sedimentaci vápence (Vacek 2007), velký vliv měli také paleoekologické podmínky. Je nutné počítat i s možným turbiditním transportem bioklastů do hlubší části pánve a tafonomickými podmínkami. Přesto je velmi pravděpodobné, že vznik konkurenčního rodu *Icriodus*, který je charakteristický pro mělkovodní prostředí, měl zásadní vliv na složení ostatních prvků konodontových faun. Předkládaná studie to potvrzuje.

Exempláře nejstaršího zástupce rodu *Icriodus* (druhu *Icriodus hesperius*) se prvně objevily ve vzorku 159B. Od této časové úrovně je zjevný pokles četnosti a morfologické rozmanitosti v čeledi Spathognathodontidae (*Příloha 6*). Vedle dříve úspěšných morfologií se začínají objevovat morfologie nové, přičemž některé z nich představují i pravděpodobně experimentální formy s řídkou se vyskytující ornamentací na bazálních lalocích. Ty mohou tvořit v budoucnu nové taxony, ale vzhledem ke stávajícímu množství dosud získaných informací z konodontových společenstev této stratigrafické úrovně je zatím vhodné ustanovit. Některé z forem po dalším důkladném testování a globální korelaci mají potenciál stát se indikátory hranice mezi silurem a devonem.

6. Závěr

Celkem bylo identifikováno šest morfologických skupin s prozatímním označením A až F v čeledi Spathognathodontidae v krátkém stratigrafickém intervalu hranice silur/devon v profilu Požáry (lokalita Na Požárech, Praha-Řeporyje, Barrandien). Některé elementy (kompletní nebo fragmenty) v rámci nově získaného i dříve odebraného materiálu morfologicky nevyhovují ani jedné z vyčleněných skupin; proto byly zatím ponechány bez zařazení. Morfoskupina B se dále dělí podle zakřivení čepele na morfotypy B1 a B2. Morfologické skupiny A, B, C, D přecházejí hranici silur/devon bez výraznějších morfologických změn v rámci navržené vývojové linie. V posledním studovaném vzorku z vrstvy 159P se již vyskytují pouze skupiny B a C.

Ve vzorku 159B byly získány exempláře taxonu *Icriodus hesperius*, který je indexem báze devonu, vyskytuje se však pouze v mělkovodním prostředí. V čeledi Spathognathodontidae, jejíž výskyt je z hlediska hloubky mnohem více tolerantní, můžeme pozorovat značné změny v morfologii a četnosti, které vznikly jako reakce na přizpůsobení se novým paleoekologickým podmínkám při poklesu mořské hladiny a souvisejícím nástupem konkurenčního rodu.

Tato práce byla koncipována jako základ pro dlouhodobou stratigrafickou studii, která má v budoucnu komplexně vyřešit identifikaci hranice silur/devon na základě konodontových faun v globálním měřítku bez ohledu na hloubku prostředí. Profil Požáry se jeví jako velmi vhodný pro studium konodontových faun na hranici silur/devon i z globálního hlediska. Pro vytvoření univerzálního stratigrafického modelu na hranici silur/devon na základě konodontových faun bude nutné získání dalšího potřebného paleontologického materiálu z širšího stratigrafického intervalu v profilu Požáry a jeho detailní korelace s dalšími světovými oblastmi.

7. Seznam použité a citované literatury

- ALDRIDGE, R. J., BRIGGS, D. E. G., SMITH, M. P., CLARKSON, E.N.K., CLARK, N. D.L. (1993): *The anatomy of conodonts*. - Phil. Trans. R. Soc. Lond. B, 340, 405-21.
- ALDRIDGE, R. J., THERON, J. N. (1993): *Conodonts with preserved soft tissue from new Ordovician Konservant-Lagerstätte*. - J. Micropalaeontol., 12, 113-7.
- BERGSTRÖM, S. M., SWEET, W. C. (1966): *Conodonts from the Lexington Limestone (Middle Ordovician) of Kentucky and its lateral equivalents in Ohio and Indiana*. - Bulletin Am. Paleontol., 50, 257-441.
- BRIGGS, D. E. G., CLARKSON, E. N. K., ALDRIDGE, R. J. (1983): *The conodont animal*. - Lethaia, 16, 1-14
- HINDE, G. J. (1879): *On conodonts from the Chazy and Cincinnati group of the Cambro-Silurian and from the Hamilton and Genesee shale division of the Devonian in Canada and the United States*. - Geol. Soc. London Quart. Jour., vol. 35, no. 3, 351-369.
- CHLUPÁČ, I., JAEGER, H. A ZIKMUNDOVÁ, J. (1972): *The Silurian-Devonian boundary in the Barrandian*. - Bull. Canad. Petrol. Geol., 20 (1), 104-174, Calgary
- CHLUPÁČ, I. (1993): *Geology of the Barrandian*; Senckenberg. - Buch, 69, 1-163, Frankfurt am Main
- KŘÍŽ, J., JAEGER, H., PARIS, F. & SCHÖNLAUB, H. P. (1986): *Přídolí – the fourth subdivision of the Silurian*. - Jahrbuch den Geologischen Bundesanstalt 129, 291–360.
- KLAPPER, G., MURPHY, M. A. (1974): *Silurian-Lower Devonian conodont sequences in the Roberts Mountains Formation of central Nevada*. - University of California Publications in Geological Sciences 111, 1-62.
- MIKULIC, D. G., BRIGGS, D. E. G., KLUESSENDORF, J. (1985): *A Silurian soft-bodied fauna*. - Science, 28, 715-717. Washington.
- MIKULIC, D. G., BRIGGS, D. E. G., KLUESSENDORF, J. (1985): *A new exceptionally preserved biota from the Lower Silurian of Wisconsin, USA* - Phil. Trans. R. Soc. Lond. B311, 75-85.
- PANDER, Ch. H. (1856): *Monographie der fossilen Fische des silurischen System der russisch-baltischen Gouvernements*. - Akad. Nauk. SSR, Nauchobiograficheskaya seriya, 93 p. Moskow-Leningrad.
- POKORNÝ, V. (1954): *Základy zoologické mikropaleontologie*. - Nakladatelství Československé akademie věd, Praha
- SLAVÍK, L. (1999): *Přehled světové konodontové biostratigrafie spodního devonu (Rešeršní práce pro kandidátské minimum)*. - MS Geologický ústav AV ČR, Praha, 93 p.

- ŠTEINEROVÁ, J. (1959): *Nálezy konodontů v Barrandienu*. - Sborník Ústř. ústavu geologického, 34, 459-46, Praha
- ULICH, E. O., BASSLER, R. S. (1926): *A classification of the toothlike fossils, conodonts, with descriptions of American, Devonian and Mississippian species*. - U. S. Nat. Museum. Proc., vol. 68, no. 2613.
- VACEK, F. (2007): *Carbonate microfacies and depositional environments of the Silurian-Devonian boundary strata in the Barrandian area (Czech Republic)*. - Geologica Carpathica 58, 497-510.
- ZUSKOVÁ, J. (1991): *Conodont faunas from the Lower/Middle Devonian section in Praha-Barrandov*. - Věst. Ústř. Ústavu geologického, 66, 2, 107-116, Praha

8. Seznam příloh

Příloha č. 1: Interval hranice silur/devon, Profil Požáry (lokalita Na Požárech, Praha - Řeporyje, oblast Barrandien) linie označuje hranici mezi silurem a devonem - první výskyt devonského taxonu *Icriodus hesperius* je na bázi vrstvy 159.

Příloha č. 2: Zjednodušený nákres intervalu hranice silur/devon, profil Požáry (lokalita Na Požárech, Praha-Řeporyje, oblast Barrandien) s vyznačenými čísly vrstev, studovaným intervalem, místy odběru vzorků a stratigrafickým rozsahem ustanovených morfologických skupin.

Příloha č. 3: Ukázka konodontových elementů, foceno elektronovým mikroskopem VEGA3 TESCAN

Příloha č. 4: Přehled získaných elementů ve vzorcích z vrstev 151 - 156, ukázka pracovního materiálu

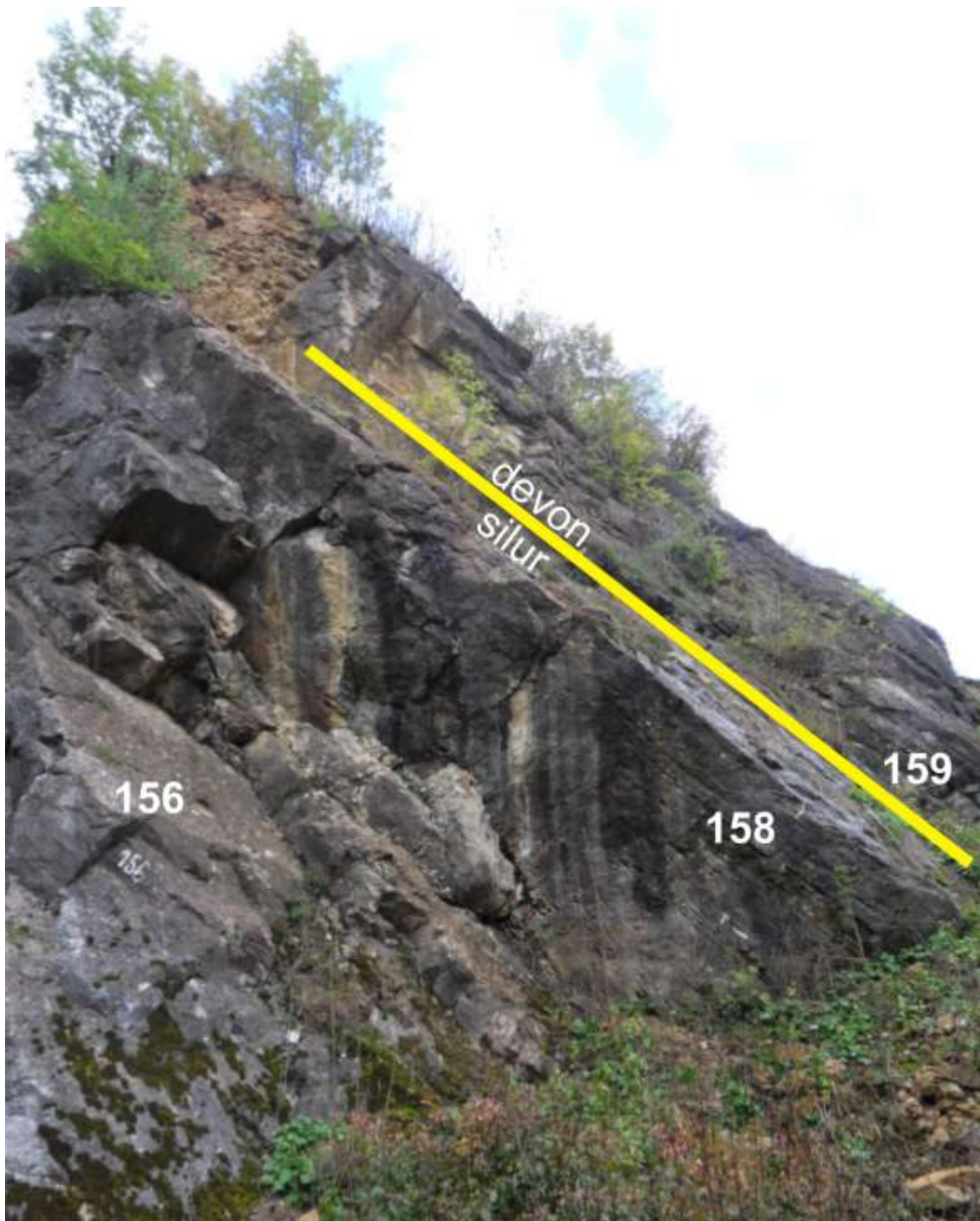
Příloha č. 5: Přehled získaných elementů ve vzorcích z vrstev 158 - 159P, ukázka pracovního materiálu

Příloha č. 6: Časová distribuce vyčleněných morfologických skupin

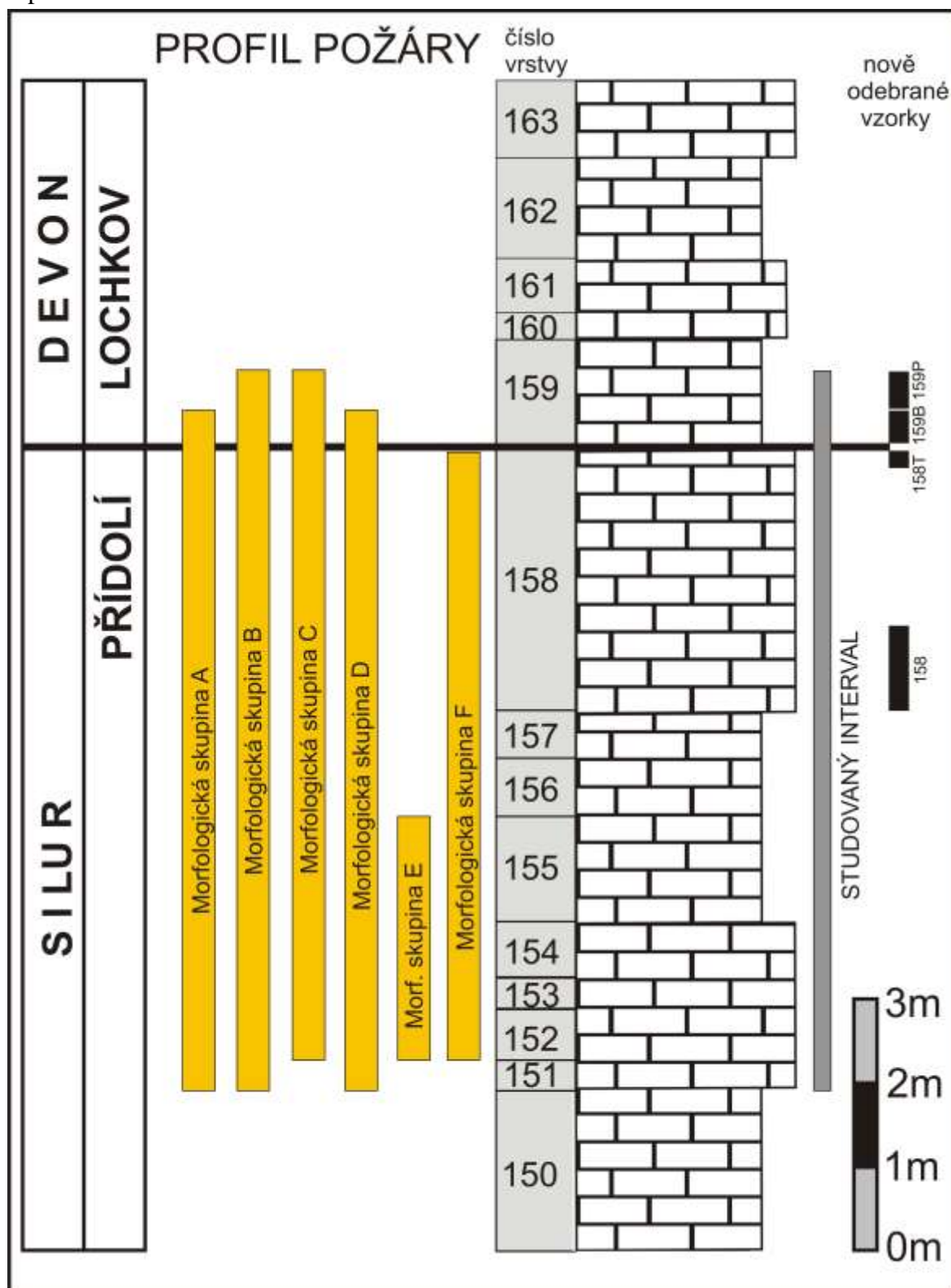
Příloha č. 7: Morfotypy B1 a B2 vzniklé ze štěpení v morfologické skupině B, ukázka pracovního materiálu

9. Přílohy

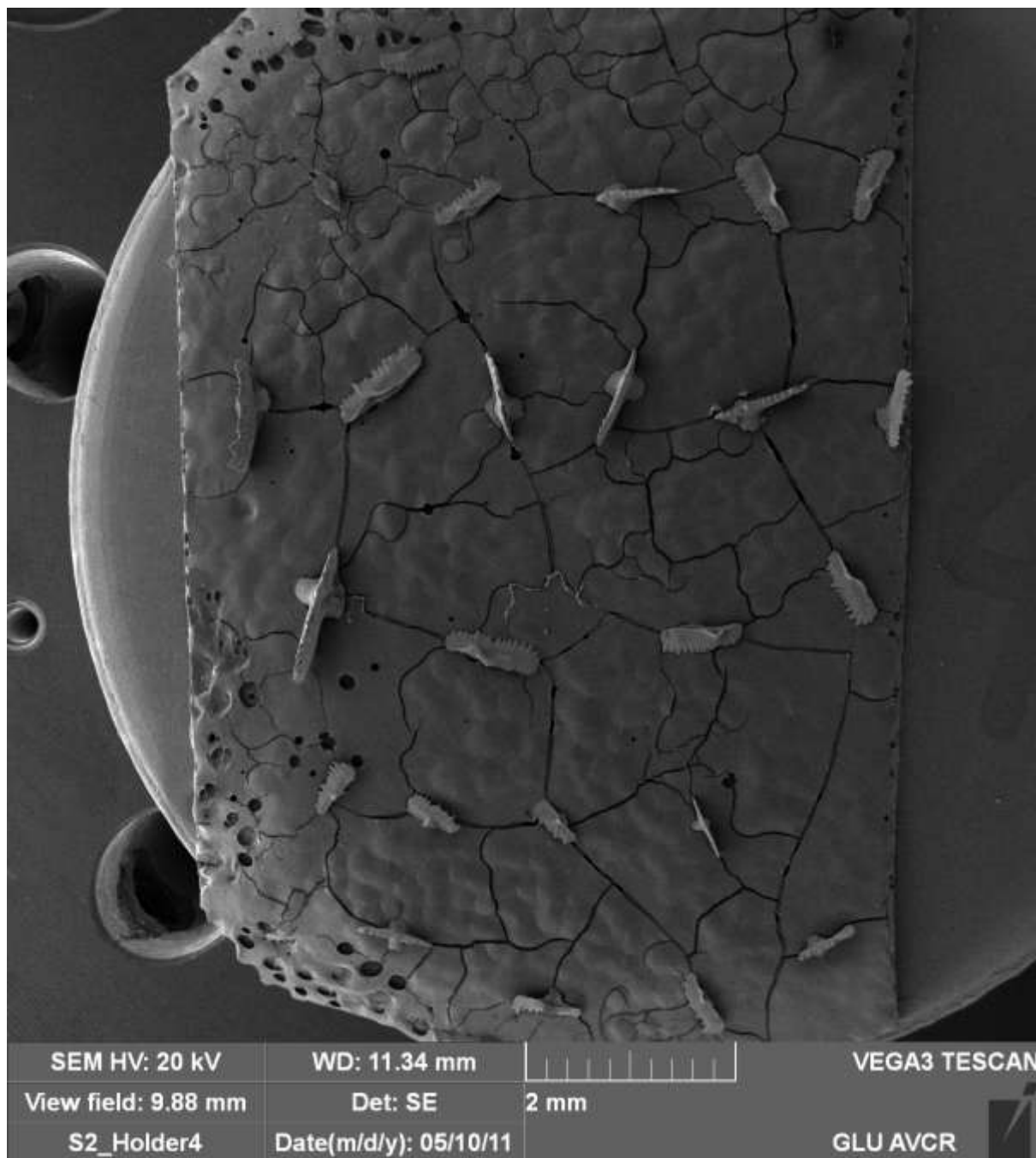
Příloha č. 1: Interval hranice silur/devon, Profil Požáry (lokalita Na Požárech, Praha - Řeporyje, oblast Barrandien) linie označuje hranici mezi silurem a devonem - první výskyt devonského taxonu *Icriodus hesperius* je na bázi vrstvy 159.



Příloha č. 2: Zjednodušený náčrt intervalu hranice silur/devon, profil Požáry (lokalita Na Požárech, Praha-Řeporyje, oblast Barrandien) s vyznačenými čísly vrstev, studovaným intervalem, místy odběru vzorků a stratigrafickým rozsahem ustanovených morfologických skupin.















Příloha č. 3: Ukázka konodontových elementů, foceno elektronovým mikroskopem VEGA3 TESCAN



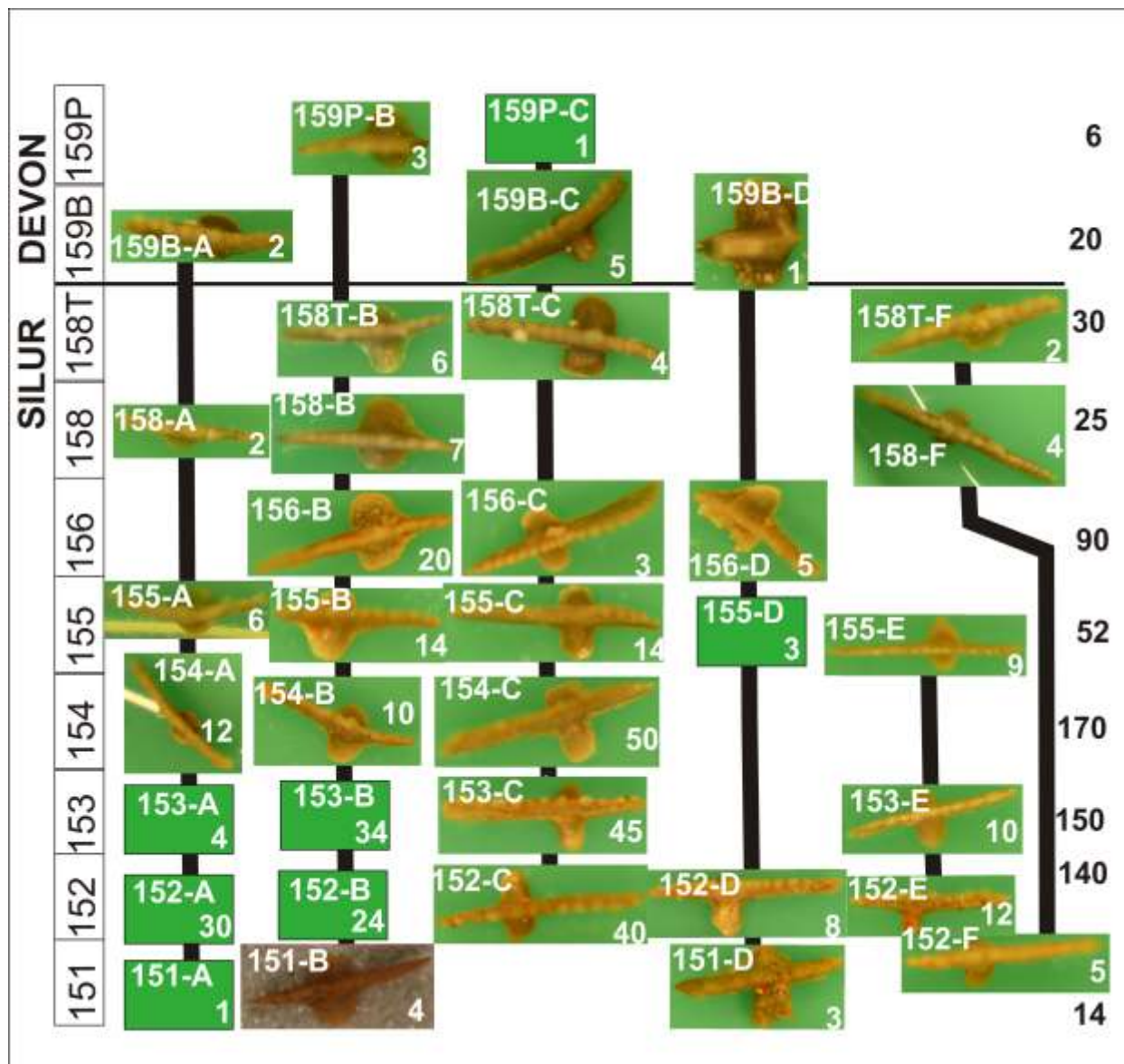
Příloha č. 4: Přehled získaných elementů ve vzorcích z vrstev 151 - 156, ukázka pracovního materiálu

ZODRAZ	TYPY ELEMENTŮ: <i>Spillopsalix</i>						čet prvků v 100g
	Typ A:	Typ B:	Typ C:	Typ D:	Typ E:	Typ F:	
105 156		20 		20 2 	5 	3 	90 2 prvků
104 155	1A 1-2-6 	4B 8-6-14 	2C 1-2 	30 3 	50 9 		52 2 prvků
103 154	6A 42 	5B 40 	2C 20 80 		30 32 		170 2 prvků
102 153	6A 4 	7B 7 	5C 15 	7D 40 	1E 	40 	450 prvků
100 152	6A 21-7-2 	5D 4-2-1 	3E 40 	20 6 	4E 12 		170 2 prvků - 2 prvků - 2 prvků
98 151	7A 1 	4B 4 	6C 3 	4D 3 	5E 2 		14 2 prvků

Příloha č. 5: Přehled získaných elementů ve vzorcích z vrstev 158 - 159P, ukázka pracovního materiálu

VZOREK	TYPY ELEMENTŮ: <i>Stalognathodonta</i>						Zurück
	Typ A	Typ B	Typ C	Typ D	Typ E	Typ F	
6 159P 159P	/	(2a3) 3 	(1C) 2 	(2bD) 1 	/	/	/
20 159P 159P	/	(6B) 6 	(5C) 5 	(2D) 1 	/	/	Olivacea 
30 158T 158T	/	(2B) 6 	(1C) 4 	/	/	/	/
25 158 158	(5A) 2 	(5B) (2B) 2 	/	/	/	(5) 1 	/

Příloha č. 6: Časová distribuce vyčleněných morfologických skupin



Příloha č. 7: Morfotypy B1 a B2 vzniklé ze štěpení v morfologické skupině B, ukázka pracovního materiálu

