

**Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta
Ústav geologie a paleontologie**



DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Ichnologický výzkum lokality Loděnice – Vinice
(zahořanské souvrství, ordovik pražské pánve)**

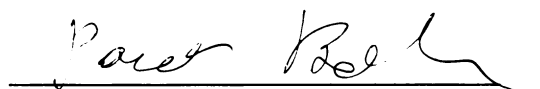
Řešitel: Pavel Bokr
Vedoucí: Doc. RNDr. Petr Kraft, CSc.
Školitel: RNDr. Radek Mikuláš, CSc.
Obor: Geologie – paleontologie

Akademický rok: 2006/2007

Prohlášení

Čestně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně a veškerou použitou literaturu stejně jako ostatní zdroje jsem řádně citoval. Souhlasím s využitím práce ke studijním účelům.

V Zahořanech 4. května 2007

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Pavel Bokr', written over a horizontal line.

Pavel Bokr

Obsah

Úvod.....	2
Poděkování.....	3
Metodika práce	4
Ordovik	7
Pražská pánev	9
Ordovik pražské pánve	13
Zahořanské souvrství	16
Ichnofosilie	18
Lokalita Loděnice – Vinice.....	20
Popis profilu.....	26
Systematická část.....	46
Charakter ichnospolečenstva	58
Výplň ichnofosilií	59
Intenzita bioturbace.....	60
Sukcese jednotlivých ichnotaxonů.....	61
Hloubkový rozsah jednotlivých ichnotaxonů	62
Sedimentační poměry	63
Shrnutí a diskuze.....	65
Závěr	66
Literatura.....	67
Tabule	71

Úvod

Diplomová práce byla zadána Ústavem geologie a paleontologie PřF UK. Cílem práce je podobněji a novými metodami zdokumentovat významnou a unikátní ichnologickou lokalitu Loděnice – Vinice z hlediska ichnologie a částečně i sedimentologie. Výsledkem práce by měly být i závěry ohledně sedimentačních podmínek a charakteru prostředí na této lokalitě ve svrchním ordoviku v období sedimentace zahořanského souvrství.

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat školitelům Doc. RNDr. Petru Kraftovi, CSc. a RNDr. Radkovi Mikulášovi, CSc. za vedení diplomové práce, cenné rady a konzultace. Dále bych chtěl poděkovat kamarádům zejména za pomoc s terénními pracemi a všem, kteří mě v činnosti na diplomové práci podpořili.

Metodika práce

Na základě literatury byla ještě před terénními pracemi sestavena databáze doposud popsaných taxonů fosilií ze zahořanského souvrství v pražské pánvi. Databáze byla vytvořena za účelem vyhledávání případných původců stop.

V průběhu roku 2006 byla zahájena hlavní etapa terénních prací na lokalitě Loděnice – Vinice, které spočívaly v dokumentaci lokality, sestavení profilu a detailním ichnologickém průzkumu jednotlivých vrstev. Podrobně profilována byla pouze východní část nejvyšší etáže vinice, kde bylo možné detailně studovat 1,5 m vrstevního sledu s některými vrstevními plochami odkrytými ve velké ploše (až první desítky metrů čtverečních). Západněji jsou také místy odkryty horniny zahořanského souvrství, jedná se však o omezené úseky vrstevního sledu.

Vrstevní sled byl profilován po jednotlivých vrstvách, které byly v terénu viditelně označeny bílou barvou pro snadnější orientaci a korelaci. Označení profilované části vrstevního sledu písmeny a čísly bylo zvoleno tak, aby co nejlépe vyjadřovalo skutečný stávající stav profilu a přitom umožňovalo případné korekce v rámci korelace vrstev mezi tektonickými bloky, na které je výchoz rozdělen několika poruchami. Každé označení vrstvy v sobě nese údaj o příslušnosti k některému z bloků a číslo vrstvy v rámci tohoto bloku. Výsledné číslování vrstev použité v této práci je stav po sjednocení, doplnění a dalších korekcích v pracovním označení.

Z každé vrstvy (pokud není v bližším popisu profilu uvedeno jinak) byl pro detailní studium ichnostaveb prozkoumán cca 1 m² v celé mocnosti. Při detailním průzkumu byla sledována zejména intenzita bioturbace a její charakter. Intenzita bioturbace byla charakterizována prostřednictvím indexu ichnostavby (dále jen ii) na základě stupnice Droserové a Bottjera (1986). Tato škála má celkem šest stupňů vyjádřených číslem od 1 do 6. Index ichnostavby 1 označuje nebioturbovaný záznam, index ichnostavby 5 označuje

kompletně bioturbovaný záznam a index ichnostavby 6 označuje skoro nebo úplně homogenizovaný sediment. V případě totální homogenizace a následné bioturbace homogenizovaného sedimentu je dále dle možností charakterizován i stupeň této následné bioturbace a to formou lomeného výrazu, kdy je před lomítkem původní bioturbace (tedy homogenizace – ii 6) a za lomítkem index ichnostavby druhotné bioturbace v rámci již homogenizovaného sedimentu. Dále byl studován výskyt taxonomicky klasifikovatelných ichnofosilií, jejich charakter a hojnost včetně vzájemných vztahů a tieringu (hloubkového rozsahu). Pro vyjádření hojnosti byla použita následující semikvantitativní škála:

- velmi hojný (jeden nebo více exemplářů na každý decimetr čtvereční vrstvy v celé mocnosti)
- hojný (4 a více exemplářů na 1 m² vrstvy v celé mocnosti)
- vzácný (3 a méně exemplářů na 1 m² vrstvy v celé mocnosti)
- ojedinělý (jen několik exemplářů v rámci celé studované vrstvy)

U vrstev s přístupnými vrstevními plochami byl proveden přehledný průzkum těchto ploch, který spočíval zejména v dokumentaci ichnostaveb na svrchních, případně spodních vrstevních plochách. Na třech svrchních vrstevních plochách byl proveden podrobný průzkum a dokumentace čtverců o ploše 1 m² (ichnologické snímkování). Pro tuto dokumentaci byly vybírány reprezentativní části vrstevních ploch. Každý čtverec byl rozdělen pravidelnou sítí na 25 menších čtverců o rozměrech 20 x 20 cm. V této síti byly přímo na vrstevní ploše vodou omyvatelnými fixy označeny různé prvky ichnostavby. Následně byla provedena fotografická dokumentace. Snímkován byl jak studovaný celek, tak i jednotlivé čtverce tvořící celou síť. Pomocí SW ESRI ArcMap byla provedena polynomická rektifikace třetího řádu celkového snímku do vlastního souřadného systému a následně byly na tento snímek kladeny snímky jednotlivých čtverců sítě, které byly opět rektifikovány do vlastního souřadného systému (polynomická rektifikace prvního až třetího řádu). Takto byl sestaven detailní snímek 1 m²

příslušné vrstevní plochy a následně byla provedena vektorizace ichnostaveb zachycených na snímku.

Na svrchní vrstevní ploše vrstvy č. 24 bylo dále provedeno měření orientace a velikosti ichnorodu *Bifungites*, které bylo dále vyhodnoceno a statisticky testováno na uniformní rozdělení pomocí výpočtu charakteristiky chí-kvadrát (pro výpočet napsán vlastní program v jazyce PHP verze 4).

Materiál získaný při terénních pracích je nyní uskladněn u autora. Do budoucna se předpokládá jeho předání do veřejných sbírek.

Ordovik

Ordovik je po kambriu druhým útvarem paleozoika. Zaveden byl v roce 1879 anglickým geologem Charlesem Lapworthem a je nazván podle latinského názvu Walesu – *Ordovicia*. Dlouho byl ordovik považován za součást siluru (spodní silur), nicméně již Barrande v roce 1846 vyčlenil pro ordovické sedimenty samostatnou Etage D, kterou později dále rozčlenil. Jako samostatný útvar byl ordovik kodifikován až v roce 1960 na 21. mezinárodním geologickém kongresu.

Ordovik zaujímá časový úsek přibližně mezi 488 a 440 miliony lety. Spodní hranice je definována na stratotypu Green Point na Newfoundlandu prvním výskytem konodonta *Iapetognathus fluctivagus* (Cooper, R. A. - Nowlan, G. S. - Williams, S. H. 2001).

V současné době je rozdělen na tři oddělení – spodní, střední a svrchní a na sedm stupňů: Tremadocian, Floian, „stupeň 3“, Darriwillian, Sandbian, Katian a Hirnantian. Stupeň č. 3 není zatím definitivně pojmenován (*International Stratigraphic Chart* [online]. c2007 [cit. 2007-05-03]. Dostupný z WWW: <<http://www.stratigraphy.org/chcu.pdf>>). Původní, široce používaná oddělení britské stupnice byla postupně revidována, neboť neodpovídala současným kritériím. V Českém masívu se stále využívají regionálně platná oddělení zavedená Havlíčkem a Markem (1973) dobrotiv, beroun, královor a kosov, která vznikla z potřeby mezinárodní korelace a problematické aplikace britských oddělení na českém území.

Rozložení kontinentů v období ordoviku bylo od dnešního stavu značně rozdílné. Na jižní polokouli se rozkládal megakontinent Gondwana a v oblasti mírného pásu a rovníku se pak nacházely kontinenty Laurentia, Siberia, Baltica, Kazachstania, Avalonia a případně další menší krustální bloky (Chlupáč, I. a kolektiv 2002).

Ordovické klima nebylo vyrovnané a docházelo k teplotním výkyvům. Klimatické změny dobře korelují s transgresními a regresními eventy (Spjeldnaes 1961). Ve svrchním

ordoviku došlo k výraznému poklesu teploty a zalednění, jehož doklady jsou patrné i v sedimentech pražské pánve.

Během ordoviku se opakovaly transgresní a regresní události. Nejvyššího stavu dosáhla hladina moří pravděpodobně v caradocu. V nejmladším ordoviku došlo k regresi v souvislosti s prudkým ochlazením (Chlupáč a kol. 2002).

Významnou složku ordovických společenstev tvořili trilobiti, brachiopodi, mlži, plži, hlavonožci, lilijice, jablovci a graptoliti. Pro stratigrafii jsou významní konodonti, graptoliti a systematicky nejisté skupiny Chitinozoa a Acritarcha.

Pražská pánev

Jako pražská pánev se označuje sedimentační prostor riftového charakteru protažený ve směru jz.-sv., jehož vulkano-sedimentární výplň (resp. její denudační zbytek) se dnes vyskytuje v oblasti středních Čech přibližně mezi východním okolím Prahy a Starým Plzencem. Sedimenty pražské pánve zasahují i dále na východ, kde jsou překryty mladšími platformními sedimenty české křídové pánve.

Pražská pánev vznikla na počátku ordoviku v oblasti při severním okraji megakontinentu Gondwany a zanikla na konci středního devonu při variské orogenezi, kdy Gondwana kolidovala s Laurasií. Následkem kolize došlo k výzdvihu středočeské oblasti a k ukončení sedimentace v pražské pánvi. Od ukončení variské orogeneze je zvrásněný vulkano-sedimentární sled pražské pánve pevně zapracován do geologické stavby Českého masivu.

Regionálně geologické zařazení

Z hlediska regionálně geologického členění zastupuje vulkano-sedimentární výplň pražské pánve podstatnou část regionálně geologické jednotky paleozoika Barrandienu, která zahrnuje sedimenty a vulkanity kambria, ordoviku, siluru a devonu v Barrandienu. Paleozoikum Barrandienu je součástí regionu Barrandien, který je tvořen nemetamorfovanými a slabě metamorfovanými sedimenty a vulkanity proterozoika a staršího paleozoika. Barrandien zaujímá území přibližně mezi Úvaly, Říčany, Příbramí, Klatovy, Borem u Tachova, Černošínem, Konstantinovými Lázněmi a Rabštejnem nad Střelou. V oblasti Rakovnicka, Kladenska, okolí Kralup nad Vltavou a východním okolí Prahy jsou jednotky Barrandienu překryty mladšími sedimenty platformního pokryvu.

Spolu s dalšími regiony patří Barrandien do středočeské oblasti (bohemika), která je součástí prevariského fundamentu Českého masívu. Český masív pak tvoří v rámci geologické

stavby Evropy významný celek, který se řadí mezi oblasti představující trosky variského horstva, které bylo vyvrásněno v průběhu variské orogeneze přibližně před 380 – 280 miliony let. Podle Chlupáče a Štorcha (1992), GÜRTLEROVÁ, Pavla. *Výběr regionálního členění* [online]. 1998-2000 [cit. 2006-03-07]. Dostupný z WWW: <http://nts2.cgu.cz/pls/portal30/DOK_BODY25.DB_REG_REPORT.show_parms>.

Stratigrafický rozsah

Sedimenty a vulkanity pražské pánve mají stratigrafický rozsah od spodního ordoviku do konce středního devonu. Sedimentace probíhala v tomto období bez výrazného přerušení a z celkového hlediska je sled v pražské pánvi konkordantní. Vznikl tak kontinuální sled sedimentů o mocnosti několika kilometrů.

Ordovická vulkano-sedimentární výplň pražské pánve je zastoupena na mnohem větší ploše než nadložní sedimenty a vulkanity silurské a devonské, které jsou omezeny pouze na centrální část pánve přibližně v oblasti mezi Zdicemi a Prahou.

Charakter sedimentačního prostoru

Pražská pánev měla již od svého počátku marinní charakter. V určitých stratigrafických úrovních se však projevuje blízkost pobřeží (Havlíček 1981) a dočasně snad i kontinentální podmínky (Kukal 1985).

Pánev byla převážně založena na kadomsky konsolidovaném podloží tvořeném sedimenty a vulkanity neoproterozoika kralupsko-zbraslavské a štěchovické skupiny. Podloží menší části pánevní výplně však netvoří přímo kadomský basement, ale kambrické sedimenty příbramsko-jinecké pánve a vulkanity křivoklátsko-rokycanského pásma.

Pánev si v průběhu svého vývoje pravděpodobně zachovávala lineární charakter. Osa protažení pánve byla orientována ve směru SV – JZ. Havlíček (1992) předpokládá, že pánev

nebyla širší více jak 25 km, avšak připouští možnost zaplavení přilehlých oblastí v určitých obdobích vývoje pánve.

Havlíček (1992, 1998 a další práce zde citované) a jiní autoři předpokládají rozčlenění pánve do podélných a příčných segmentů a to již od spodního ordoviku. Každý segment se mohl projevat různou intenzitou subsidence. Intenzivně subsidující segmenty se formovaly jako hluboce zakleslé kry.

Pánev je rozdělena tzv. příbramskou severo-jihní poruchou na východní a západní segment. Hranice je dobře patrná na mapách izolinií mocnosti jednotlivých ordovických souvrství.

Vývoj pražské pánve

Vývoj pražské pánve počíná ve spodním ordoviku (tremadoku), kdy do této oblasti proniklo moře přes severní úpatí Železných Hor a zasáhlo až k Holoubkovu (Havlíček 1992). Havlíček (1981) však nevyklučuje ani možné přímé propojení s oblastí Bavorska na základě příbuznosti faun. V tomto období předpokládá Havlíček (1981) a jiní autoři členité pobřeží s většími poloostrovy a menšími ostrovy budované kambrickými vulkanity.

Ve svrchním tremadoku sice došlo k menší regresní události, která se projevuje menším plošným rozsahem sedimentů, ale po další následné transgresi dochází k rozšíření prostoru zaplaveného mořem, které proniklo až ke Starému Plzenci a také na Rožmitálsko.

Počínaje klabavským souvrstvím je možné na mapách izolinií mocností sedimentů jednotlivých souvrství sledovat oblasti s větší a menší mocností sedimentů, které pravděpodobně reprezentují oblasti s různou intenzitou subsidence (Havlíček 1981). Zóny maximální subsidence se během vývoje pánve přesunovaly, výrazně však jen ve směru podélné osy pánve. Oblasti s různou subsidencí mohou být odrazem segmentace pánve. Tato segmentace je patrná i v silurských a devonských sedimentech, byť je jejich plošný rozsah ve srovnání se sedimenty ordovickými omezen jen na denudační zbytek v centrální části pánve.

Zóny maximální mocnosti sedimentů (signalizující vyšší intenzitu subsidence) se z globálního hlediska v průběhu ordoviku přesouvaly z oblastí Rokycanska do oblasti mezi Zdicemi a Úvaly.

V průběhu ordoviku je v pražské pánvi zaznamenána řada dílčích transgresí a regresí, které vyvrcholily regresí na konci ordoviku v souvislosti s klimatickými změnami a zaledněním.

Během ordoviku se v pražské pánvi akumulovaly především siliciklastické sedimenty a jen místy se vyskytují horniny karbonátového charakteru. V některých stratigrafických úrovních se pak vyskytují sedimentární železné rudy, které byly v minulosti na některých lokalitách předmětem těžby.

V siluru a devonu po sedimentaci spodnosilurských černých břidlic postupně převládla v pražské pánvi sedimentace vápenců. Karbonátová sedimentace zcela dominovala až do starší části středního devonu. V mladší části středního devonu opět nastala sedimentace siliciklastická jako důsledek blížící se kolize kontinentálních desek.

Zejména v průběhu ordoviku a siluru se v pražské pánvi projevoval silný bazický vulkanismus. V ordoviku byl soustředěn zejména v komárovském vulkanickém centru. Ve svrchním ordoviku se projevoval vulkanismus menšího rozsahu v oblasti Zdic a Lochovic. V siluru fungovalo několik center na hluboce založených synsedimentárních zlomech a jejich křížení.

Ordovik pražské pánve

Ordovik je v pražské pánvi zastoupen mocným sledem marinních siliciklastických sedimentů doprovázených vulkanickými členy. Litologický vývoj ordoviku je charakteristický kombinacemi písčitých a jílovitých facií, které se vzájemně zastupují a v celém sledu několikrát opakují. Písčité facie reprezentují spíše mělkovodní, dynamičtější prostředí s dostatkem písčitého materiálu a jílovité facie pak prostředí klidnější.

Mezi sedimenty převládají jílovité břidlice, prachovce, pískovce, droby a křemence. Méně jsou zastoupeny slepence a silicity a v některých stratigrafických úrovních se vyskytují protáhlá čočkovitá tělesa či rozsáhlejší obzory sedimentárních železných rud.

Vulkanity jsou zastoupeny bazickými vyvřelinami bazaltového typu označovanými jako diabasy a výrazně jsou zastoupena také pyroklastika. Vyskytují se v klabavském, šáreckém, dobrotivském, libeňském a letenském souvrství. Vulkanická činnost dosáhla svého maxima v průběhu sedimentace šáreckého souvrství. Drobné výskyty vulkanitů či pyroklastik jsou i v nadložních souvrstvích vinickém, zahořanském, bohdaleckém a královském.

Vrstevní sled ordoviku pražské pánve je členěn z litostratigrafického hlediska na 11 souvrství, které jsou charakteristické zejména svým litologickým obsahem.

Nejstarší jednotkou ordoviku a zároveň nejstarší jednotkou pražské pánve je třenické souvrství. Toto souvrství vykazuje transgresivní charakter a je tvořeno zejména mělkovodními křemennými pískovci, drobami, arkózami a slepenci. Klastika pochází z kadomsky konsolidovaného podloží i z křivoklátsko-rokycanského pásma.

Následující mlínské souvrství je tvořeno zejména silicity. Jeho plošné rozšíření je však menší než rozšíření podložního třenického souvrství. Jedná se o důsledek epizodické mořské regrese.

Klabavské souvrství naopak odráží mořskou transgresi. Převládají šedozelené břidlice s prachovou, písčitou a vulkanickou příměsí. Při bázi bývají vyvinuty červenavé lešenské břidlice.

Šárecké souvrství je mimo oblasti vulkanické aktivity charakteristické tmavě šedými jílovými a slídnatými prachovými břidlicemi. Ty odráží další fázi postupující transgrese.

Dobrotivské souvrství je kromě vulkanických členů zastoupeno písčitou facií – světlými skaleckými křemenci a jílovitou facií – tmavými břidlicemi.

Libeňské souvrství se podobně jako podložní souvrství dobrotivské vyznačuje mimo oblast vulkanické aktivity dvěma faciemi: mělkovodními řevnickými křemenci a černými jemně slídnatými jílovými a prachovými břidlicemi libeňskými.

Letenské souvrství je lokálně nejmocnější jednotkou ordoviku pražské pánve (až 650 m). Souvrství je tvořeno rychlým střídáním drobových a křemenných pískovců, drob, prachovců a břidlic.

Počínaje následujícím vinickým souvrstvím je litologický ráz usazenin pražské pánve výrazně jednotvárnější a nevyskytují se již ryze přibřežní facie. Pravděpodobnou příčinou je eustatický zdvih mořské hladiny (Chlupáč – Kukul 1988). Vinické souvrství je zastoupeno monotónním sledem černošedých jílových jemně slídnatých břidlic.

Zahořanské souvrství je tvořeno převážně šedými a šedozelenými slídnatými prachovci, místy s vápnitými konkrécemi případně čočkami.

Bohdalecké souvrství je podobně jako souvrství vinické tvořeno tmavě šedými jílovými břidlicemi.

Králodvorské souvrství je tvořeno zelenošedými, místy šedými jílovými břidlicemi s karbonátovými konkrécemi.

Nejmladší kosovské souvrství odráží výrazné globální ochlazení. Na bázi se sestává z hrubozrnných pískovců s vtroušenými klasty různých hornin transportovanými ledovcem. Výše se vyskytují pískovce, droby a prachovce.

Poznatky o ordoviku pražské pánve jsou sumarizovány zejména v pracích Havlíčka (1992, 1998), Havlíčka a Vaňka (1966), Havlíčka a Fatky (1992), Kukala (1963a 1963b), Chlupáče a Kukala (1988) a v souboru prací „Quo vadis Ordovician?“ (Kraft – Fatka, 1999).

Zahořanské souvrství

Zahořanské souvrství označuje litostratigrafickou jednotku užívanou pro vymezení části sledu ordovických sedimentů v pražské pánvi. Tento název poprvé použili Lipold a Krejčí (1860), kteří tak označili sedimenty Barrandova pásma d_4 jako vrstvy zahořanské. Později různí autoři přepracovávali litostratigrafické členění středočeského ordoviku. Termín vrstvy zahořanské tak měnil svůj význam. Přehled vývoje názorů na litostratigrafické členění do roku 1947 podávají Kettner a Prantl (1948) a přehled vybraných členění podává Chlupáč et.al (1992, 1998).

Stávající rozsah zahořanského souvrství stanovili Šuf a Prantl (1946), souvrství však bylo pojmenováno jako chlustinské vrstvy. Již v práci Boučka (1928) je samostatně vyčleňován přibližný stratigrafický rozsah dnešního zahořanského souvrství jako svrchní část vrstev loděnických, do níž jsou však na základě neúplných biostratigrafických a jiných poznatků řazeny také tektonické kry dnešního letenského souvrství, např. vrch Háj u Zahořan.

Mocnosti sedimentů zahořanského souvrství se pohybují od 150 do 400 metrů. Nejvyšší mocnosti dosahuje souvrství v okolí Hostomic. Severně od pražského zlomu klesá mocnost v údolí Kačáku na 70 m (Havlíček 1981, 1992).

Petrograficky je souvrství značně jednotvárné, podobně jako většina dalších litostratigrafických jednotek svrchního ordoviku Barrandienu. Zahořanské souvrství je tvořeno zejména sedimentárními horninami. Vulkanické horniny jsou zastoupeny jen místy v oblasti Lochovic, Praskoles a Zdic. V okolí Zdic se vyskytuje poloha tufů na rozhraní mezi zahořanským a bohdaleckým souvrstvím. Dominantním sedimentem jsou prachovce s určitým podílem karbonátu v základní hmotě, které místy obsahují písčitou příměs (zejména v sz. křídle pánve mezi Zahořany a Vráží). Místy se vyskytují i karbonáty s klastickou příměsí ve formě čoček a kongrecí. Na některých profilech je možné sledovat hrubnoucí trend klastického materiálu do svrchních poloh. Zejména ve východní části pražské pánve se v nejsvrchnějších

polohách vyskytuje až několik desítek metrů mocný sled jemnozrnných hornin. Z hlediska mineralogického složení sedimentů zahořanského souvrství převládá křemen, který tvoří přes 90% lehké frakce, dále se vyskytují draselné živce, kyselé plagioklasy, ojedinělá zrnka buližníků a kvarcitů a proměnlivé množství slíd - muskovitu i biotitu (Kukal 1960).

Interpretovatelné sedimentární textury nejsou v zahořanském souvrství příliš hojné. Sedimenty se většinou makroskopicky jeví jako nezvrstvené, pouze v některých oblastech lze pozorovat střídání hrubozrnnějších a jemnozrnnějších hornin či střídání pelokarbonátů a klastických hornin. Z hlediska morfologie zvrstvení převládá smouhovité zvrstvení a dále se vyskytuje i zvrstvení proudové. Výskyt laminace je omezen na oblast Vráže a Prahy (Libeň, Malešice). Na bázi několika relativně hrubozrnnějších vrstev byly zaznamenány rozmyvy, které však nejsou příliš hojné. Velmi hojné jsou naopak skluzové mikrodeformace. Vzácně se vyskytují čeřiny – byly zjištěny pouze drobné proudové čeřiny o délce vlny několika milimetrů v profilu u Vráže a Sedlce u Praskoles. Kukal (1960). Havlíček a Štorch (1990) identifikovali v Praze Libni výskyt bouřkových pískovců, u kterých se projevovalo hřbítkovité zvrstvení.

Sedimentační prostředí zahořanských vrstev bylo podle Kukala (1960) mělkovodní a pravděpodobně se jednalo o mělkou plochou pánev s malými faciálními rozdíly, která se mírně ukláněla jv. směrem. Mikuláš (1998) však ve svých rekonstrukcích naznačuje spíše členitější sedimentační prostor a to i v průběhu sedimentace zahořanského souvrství.

Havlíček (1982) definuje v zahořanském souvrství dvě faunistická společenstva. Většina sledu je zastoupena společenstvem *Drabovia latior*, jen ve sledu jílovitých břidlic (vzácně více než 10 m mocných) se vyskytuje společenstvo *Paterula bohemica*.

Ichnofosilie

Ichnofosilie jsou stopy po životní aktivitě různých skupin organismů. Oproti klasickým fosiliím s pevnou schránkou jsou ichnofosilie v naprosté většině případů zachovávány *in situ* a mají tedy větší vypovídací schopnost o podmínkách v místě nálezů.

Podle definice se za stopy považují výsledky činnosti organismů, které jistým způsobem odrážejí morfologii původce, ale neodpovídají přesně jeho tvaru, a při jejichž vzniku dochází k manipulaci s okolním materiálem (substrátem). Tím je vyloučena možnost, aby za ichnofosilie byly považovány například aglutinované schránky či vajíčka.

Studium a interpretace ichnofosilií v sedimentárním záznamu napomáhá při paleoekologických a paleogeografických rekonstrukcích. Také lze vyvozovat rámcové představy o podmínkách prostředí.

Ichnofosilie lze také lokálně využít ke stratigrafickým účelům. Největší stratigrafický význam mají ichnofosilie v nejsvrchnějším proterozoiku a nejspodnějším kambriu. Ichnofosilie jsou také odolnější vůči metamorfóze než fosilie s pevnou schránkou, což umožňuje částečné využití ichnofosilií ve stratigrafii metamorfovaných jednotek. Důležité jsou v případech, kdy se nezachovávají přímo pevné schránky organismů - například z důvodu rozpuštění schránek před fosilizací.

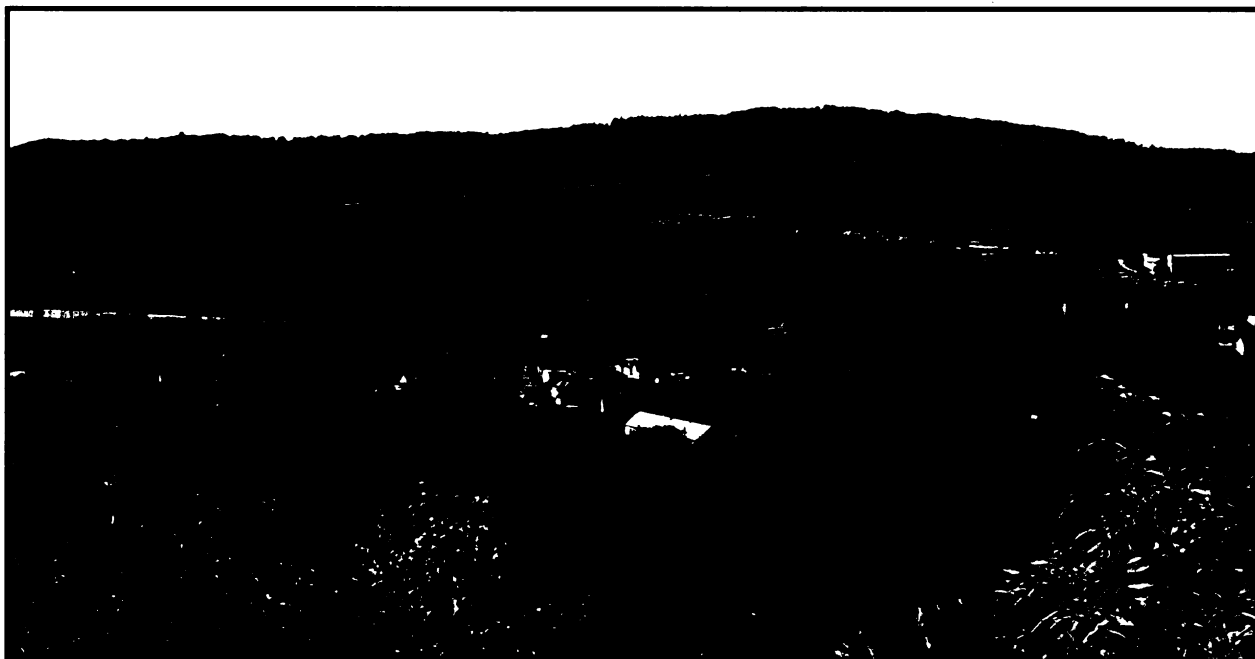
Ichnofosilie jsou označovány rodovými a druhovými jmény - ichnorod (ichnogenus) a ichnodruh (ichnospecies). Pro jejich klasifikaci se tedy využívá binomická nomenklatura.

Ichnofosilie je možné klasifikovat podle různých hledisek. Dnes se (kromě výše zmíněné klasifikace systematické, tedy ichnotaxonomické) nejvíce používá toponomická a etologická klasifikace. Na základě toponomické klasifikace jsou ichnofosilie děleny do skupin podle jejich pozice v sedimentárních vrstvách a na základě etologické klasifikace jsou vymezeny skupiny ichnofosilií podle chování (etologie) původce, které vedlo ke vzniku ichnofosilie.

V ichnologickém výzkumu prováděném přibližně od 60. let 20 století se klade důraz na studium ichnofacií, což jsou sledy sedimentů s charakteristickými asociacemi fosilních stop. Ty se často opakují v sedimentech různého stáří. Jejich opakování je dáno především výskytem srovnatelných podmínek prostředí. Na základě konceptu ichnofacií lze s větší pravděpodobností usuzovat na podmínky prostředí než na základě studia jednotlivých ichnorodů či ichnodruhů. Standardně je stanoveno několik ichnofacií, které odpovídají různým prostředím a mohou odpovídat různým faktorům prostředí jako např. vlnění, proudění, přínos živin, prokysličení, typ substrátu apod. Dnes se v rámci moderního přístupu kombinuje studium ichnofacií s komplexním zhodnocením ichnostaveb. Podle Peka a Mikuláše 1996, Uchmana a Mikuláše 2002.

Lokalita Loděnice – Vinice

Lokalitu představuje plošně rozsáhlý, zčásti zasucený, liniový výchoz, který je součástí dnes neobhospodařované a postupně zanikající vinice. Výchoz je přibližně 100 m dlouhý, 5 až 10 m vysoký a na své ploše odkrývá vrstevní plochy, které jsou dobře přístupné ke studiu. Je protažený ve směru vrstev (zjz–vsv.) a pod úhlem 40° se uklání k jyv.



Obr. 1 Celkový pohled na vinici na jižním svahu Kněžské hory v Loděnicích u Berouna.

Geografická pozice

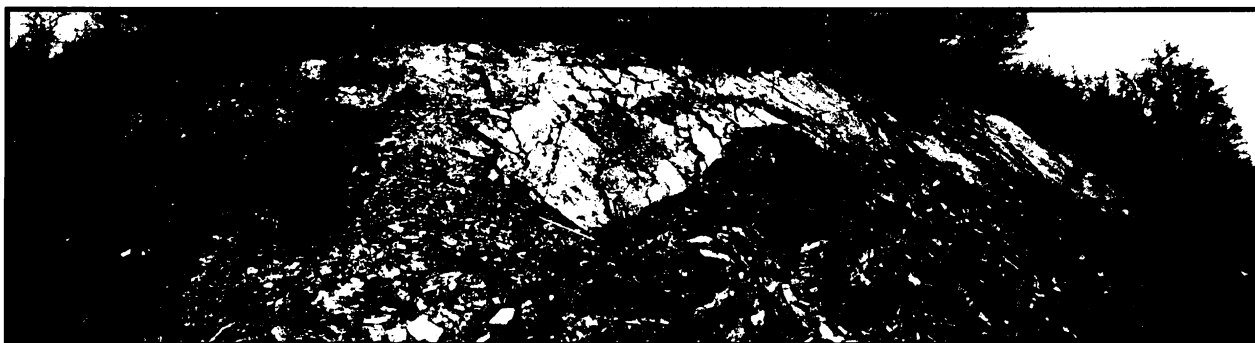
Lokalita se nachází ve Středočeském kraji v obci Loděnice 22 km zjz. od Prahy (při dálnici D5 mezi Berounem a Prahou) na vrchu Kněžská hora. Ta je situována při západním okraji Loděnic a sousedí s místním zámečkem. Jižní svah Kněžské hory je osázen vinnou révou.

Výchozová část lokality se nachází ve východní vrcholové části jižního svahu Kněžské hory na nejvyšším patře vinice (přímo pod temenem vrchu). Přístup k lokalitě je možný ze severovýchodního okraje vinice.

Lokalita se nachází 870 m východně od budovy železniční stanice v Loděnicích, 290 m severně od železničního viaduktu nad silnicí vedoucí do Svatého Jana pod Skalou a 900 m severovýchodně od železničního mostu nad dálnicí mezi Loděnicemi a Vráží.



Obr. 2 Pohled na výchozy vrstev zahořanského souvrství ve východní části na nejvyšší etáži vinice.



Obr. 3 Panoramatický snímek studovaného výchozu v nejvyšší části vinice.



Sjednocená legenda GeoČR 50

ČESKÝ MASIV - KRISTALINIKUM A PREVARISKÉ PALEOZOIKUM

paleozoikum

devon

devon střední

526 prachovce s vločkami pískovců, na bázi černe vápnité břidlice a bituminózní vápence

devon spodní, devon střední

527 biotitické, biotitické a mikritické vápence, vápnité břidlice

devon spodní

528 biotitické vápence až mikritické vápence, často nodule rohovců

529 biotitické a organogenní vápence, biotitické až mikritické hlízate vápence

530 biotitické vápence, mikritické vápence s vláčkami břidlic, dolomitické vápence, místy s rohovci

silur

ludlow, přídolí

532 biospantové vápence, mikritické vápence, vápnité břidlice, místy vulkanogenní příměs

llandoverý, wenlock

533 vápence, vápnité břidlice, silicity, jílovité a křemité břidlice, místy vulkanogenní příměs

534 granuláty, granulátové a popelové tufy, vulkanické brekcie

535 bazalty ('diabasy')

ordovik

ordovik svrchní

537 pískovce, prachovce, jílovité břidlice, na bázi diamiktity

538 zelenavé jílovce, jílovité břidlice

539 tmavošedé jílovce, prachovce

540 prachovce, tmavé břidlice

541 černošedé jílovité břidlice

542 střídaní drob, pískovců, prachovců a jílovitých břidlic

543 jílovité břidlice

ordovik střední, ordovik svrchní

544 křemenný pískovec (marinní)

ordovik střední

545 jílovité břidlice

546 železné rudy (sedimentární, marinní)

547 minetokersanti

Obr. 4 Geologická mapa s vyznačenou polohou studované lokality. Zahořanské souvrství je v legendě označeno číslem 540. Geologická mapa GeoČR 50 byla získána z mapového serveru České geologické služby (<http://nts5.cgu.cz/>), topografická mapa DMÚ 25 byla získána z mapového serveru CENIA (<http://geoportal.cenia.cz>).

Geologická situace

Výchoz se nachází v severozápadním křídle pražské pánve a je tvořen sedimentárními horninami zahořanského souvrství svrchního ordoviku (stupeň beroun). Odkryv velmi dobře sleduje směr a sklon vrstev a je tedy odkryt jen malý úsek vrstevního sledu.

Sedimenty jsou zastoupeny zejména šedými až šedo zelenými jemnozrnnými pískovci a místy se vykytují karbonátové čočky. Jemnozrnné pískovce jsou většinou intenzivně bioturbovány a jen místy obsahují primární sedimentární textury.

Výchoz je silně postižen recentními skluzy bloků po vrstevních plochách s vektorem pohybu o délce od centimetrů až po několik metrů.

Historie výzkumů

Na úpatí Kněží hory bylo v době Barrandově proslulé naleziště zkamenělin zvané Loděnice (Bouček 1928). Stejný autor uvádí i nejdůležitější taxony fosilií a podle litologické charakteristiky se dá usuzovat na dnešní zahořanské souvrství. Havlíček, Horný, Chlupáč a Šnajdr (1958) se o Kněží hoře zmiňují jako o známé paleontologické lokalitě, toho času již bohužel nepřístupné. Lokalitu Loděnice dále uvádí i Krejčí (1877) a Havlíček – Vaněk (1966). Poněkud nejisté je, zda profil podél vinice východně od obce Vráž uváděný Kukalem (1960), je totožný s některým z výchozů na Kněží hoře.

Podle Marka (1967) se měla v blízkosti Kněží hory vyskytovat lokalita významná nálezy hyolitů, kterou autor z důvodu její další nedostupnosti nahradil jinou lokalitou na jižním svahu blízkého pahorku, který se nachází severně od Kněží hory.

Studovaným výchozem v nejvyšší části vinice se zabýval Mikuláš (1990, 1997a, 1997b, 1999), který jej ve svých pracích charakterizoval zejména z pohledu ichnologie. Mikuláš (1990) jej popisuje jako plošně rozsáhlé odkryvy prachovců s polohami písčitých, místy karbonatických prachovců. Zároveň uvádí hromadný výskyt ichnorodů *Zoophycos*, *Bifungites*, *Helminthopsis* a *Thalassinoides*. Uvádí také nálezy inchofosilií *Didymaulichnus*,

? *Diplichnites*, ? *Palaeophycus*, *Taphrhelminthopsis*, a *Teichichnus*. Nalezeny byly také různé ichnofosilie z etologické skupiny pascichnia (stopy po pastvě). Na základě hromadného výskytu ichnotaxonu *Zoophycos* řadí Mikuláš (1990) tuto lokalitu do prostředí pod bází bouřkového vlnění.

Stejný autor se dále studovanému výchozu věnoval později (Mikuláš 1997a), kdy ho zařadil do střední až svrchní části zahořanského souvrství. Dále uvádí existenci vlnových čeřin na svrchních vrstevních plochách pískovcových vrstev a malých stop pravděpodobně po lezení členovců (? *Diplichnites*). Pískovce vykazují křížové zvrstvení či paralelní laminaci. Uvnitř vrstev jsou hojné stopy zejména po prožírání (*Zoophycos*, *Helminthopsis*, *Teichichnus*), obytné struktury (*Bifungites*) a pravděpodobně také kombinované obytné a užitkové struktury (*Thalassinoides*). Kromě ichnofosilií uvádí hojné fragmenty fosilií s pevnou schránkou, často koncentrované do malých čoček a shluků. Ty jsou řazeny ke společenstvu *Drabovia latior* vyčleněnému Havlíčkem (1982). Mezi zvláště hojné zkameněliny řadí Mikuláš (1997a) ramenonožce *Drabovia latior* Havl., *Aegiromena aquila aquila* (Barr.), *Heterorthina notata* (Barr.) a *Rafinesquina pseudoloricata* (Barr.) a trilobity *Dalmanitina proeva* (Barr.) a *Marrolithus ornatus* (Stbg.).

Mikuláš (1997a) dále konstatuje, že sedimentární záznam vykazuje znaky typické pro tempestity (bouřkové sedimenty), avšak výchoz poskytuje jen velmi malý úsek vrstevního sledu. Společenstvo ichnofosilií na lokalitě Loděnice - Vinice neodpovídá společenstvům na některých jiných lokalitách, které jsou obdobně zastoupením fosilií s pevnou schránkou a které jsou také řazeny do společenstva *Drabovia latior*. V zahořanském souvrství je společenstvo *Drabovia latior* doprovázeno v bouřkových sedimentech bohatým společenstvem ichnofosilií (příkladem je právě studovaný výchoz) či chudým společenstvem s dominancí ichnofosilií rodu *Zoophycos* v prostředí pod bází bouřkového vlnění (příkladem je nedaleká lokalita Loděnice - Holé Vrchy). Mikuláš (1997a) tedy předpokládá na této lokalitě sedimenty bouřkového původu.

Stejný autor dále zdůrazňuje, že většina původců stop, které zmiňuje, jsou infaunní elementy, ale na druhou stranu většina fauny s pevnou schránkou společenstva *Drabovia latior* je epifaunní. Mikuláš (1997a) se domnívá, že epifauna obvykle vykazuje rozdílné charakteristiky vymírání a obnovy ve srovnání s infaunními elementy, protože environmentální výkyvy v sedimentu vykazují rozdílnou dynamiku ve srovnání s místy na mořském dně.

Tato lokalita je podle Mikuláše (1997a) názorným příkladem facií bohatých jak ichnofosiliemi, tak i fosiliemi s pevnou schránkou.

V roce 1997 publikoval Mikuláš ještě krátkou zprávu (Mikuláš 1997b) o proudem orientovaných hlavových štítech trilobita *Dalmanitina proaeva*, ve které velmi stručně hodnotí i ichnologický obsah vrstvy s hlavovými štíty. Zároveň poukazuje na shodnou orientaci jedince stopy *Bifungites fezzanensis* s osami hlav trilobitů. Na základě těchto údajů předpokládá proudění ve směru od SSV.

Dále se tentýž autor studovanému výchozu věnuje v rámci exkurzního průvodce (Mikuláš 1999), kdy situuje lokalitu v době sedimentace zahořanského souvrství do blízkosti elevační zóny s vlivem nejsilnějších bouří.

V současné době je stejný autor názoru, že sedimenty byly v dosahu bouřkového vlnění při intenzivnějších bouřích (Mikuláš, ústní sdělení).

Popis profilu

Vrstva č. 1

Přibližně 5 cm mocná vrstva šedého až nazelenalého jemnozrnného slídnatého pískovce. Primární sedimentární textury byly pozorovány jen v nejvyšší části vrstvy v mocnosti 0,5 cm pod svrchní vrstevní plochou a to ve formě náznaků laminace. Zbývající část vrstvy je kompletně bioturována (ii 6/2 – 6/3) a primární sedimentární textury v ní nejsou zachovány.

Uvnitř vrstvy je zachycen výskyt ichnorodu *Thalassinoides*, který tvoří dobře vyvinutou šestiúhelníkovou síť v horní části vrstvy, asi 1 - 2 cm pod svrchní vrstevní plochou. Z celého profilu je tato síť nejlépe studovatelná v této vrstvě, protože je odkryta na ploše o rozměrech cca 60 x 40 cm a to v nejzápadnější části profilovaného vrstevního sledu. Dále se uvnitř vrstvy hojně vyskytují ichnorody *Planolites*, *Palaeophycus* a *Teichichnus*. Velmi hojně jsou pak ichnorody *Nereites* a *Zoophycos*. Posledně jmenovaný ichnotaxon je zastoupen jak samostatnými tunely či iniciálními stádii spreiten struktur tak i velkými laločnatými formami. Největší nalezený jedinec ichnorodu *Zoophycos* měřil na šířku 20 cm.

Na svrchní vrstevní ploše je pozorovatelná nereitová ichnostavba s ichnofosiliemi ichnotaxonů *Nereites* (drobný, v rozsahu několika milimetrů; velmi hojný; vytváří nepravidelné oblasti výskytu), *Helminthopsis* (velmi hojný), *Bifungites* (hojný) a *Palaeophycus tubularis* (spolehlivě identifikovány dva exempláře – jeden se zkolabovaným stropem tunelu). Na této ploše byl nalezen jeden exemplář ichnorodu *Spirocircus* o průměru 15 cm a také byl zdokumentován jeden zástupce ichnorodu *Didymaulichnus* a jeden fragment ichnorodu *Megagraption* (3 x 2 cm). Dále je v této vrstvě patrná obecná bioturbace zastoupená neúplně zachovalými, blíže neidentifikovatelnými horizontálními i vertikálními komponentami

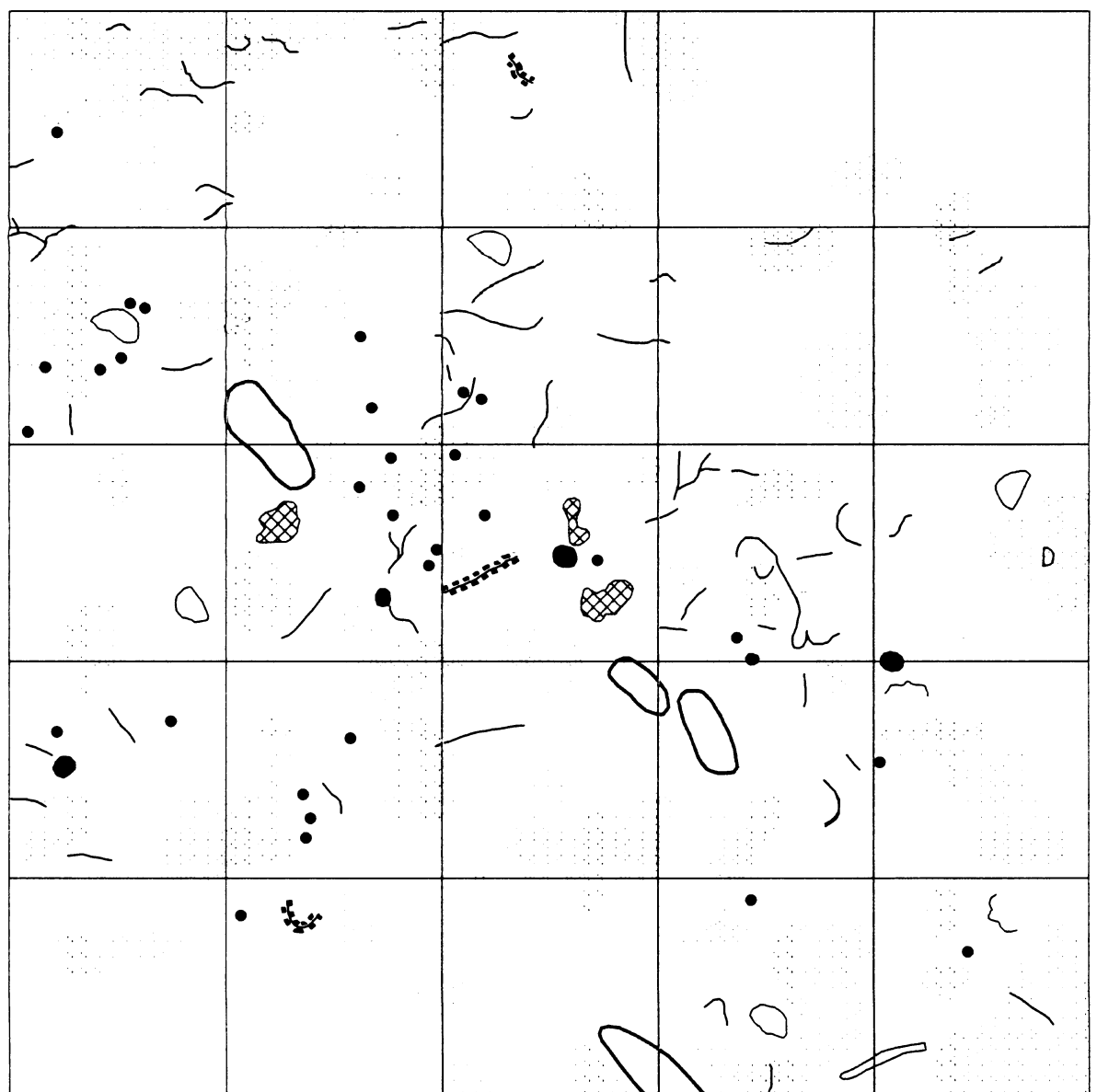
(povrchové stopy, ústí šachet). Z nadloží hojně protíná svrchní vrstevní plochu vertikální spreiten struktura ichnorodu *Teichichnus*.

V této vrstvě bylo zachyceno také vzájemné protínání ichnofosilií, kdy jedinec ichnorodu *Teichichnus* protíná ichnofosilii ichnorodu *Thalassinoides*.

Kromě ichnofosilií bylo na svrchní vrstevní ploše odkryté na rozloze přibližně na 5 m² zaznamenáno 8 cephalonů trilobita *Dalmanitina proeva* a dva cephalony trilobita *Marrolithus ornatus*. U druhu *Dalmanitina proeva* převažuje orientace severním směrem (byly naměřeny následující hodnoty směrů os cephalonů: 1°, 5°, 8°, 10°, 15°, 212°, 220° a 265°). Oba cephalony druhu *Marrolithus ornatus* pak byly orientovány východním směrem.

Odběry vzorků z této vrstvy byly ve srovnání s jinými vrstvami omezené z důvodu ochrany profilu, tedy aby nedošlo k narušení výchozů s dobře zachovanými fosiliemi.











Ichnologický snímek z vrstvy č. 1



0 10 20 40 cm

Orientace svislé hrady sítě: 151/48°

Legenda

-  Bifungites
-  Helminthopsis
-  Nereites
-  Paleophycus
-  Teichichnus
-  Průřezy šachet
-  Bliže nerozlišené ichnofosilie
-  Velmi drobná intenzivní nereitová ichnostavba
-  Plochy intenzivní bioturbace
-  Fosilie s pevnou schránkou

Obr. 5 Ichnologický snímek svrchní vrstevní plochy č. 1

Vrstva č. 2

Přibližně 5 až 6 cm mocná vrstva jemnozrného slídnatého pískovce zelenošedé barvy bez patrných primárních sedimentárních textur. Vrstva je kompletně bioturbována (ii 6/3). Na bázi vrstvy je místy zachovaná jílovitá lamina. Na bázi jemnozrného pískovce (tedy na rozhraní jílovité laminy a jemnozrného pískovce) je možné pozorovat reliéf drobných, hustě uspořádaných, mělkých kruhových jamek o průměru 1 – 2 mm.

Na bázi vrstvy se vyskytují zástupci ichnorodů *Bifungites* a *Teichichnus*. Ichnorod *Bifungites* je svým výskytem vázán na jílovou laminu, případně na rozhraní jílu a pískovce.

Uvnitř vrstvy byl zdokumentován výskyt ichnotaxonů *Nereites* (velmi hojný) a *Zoophycos* (hojný až velmi hojný, klasicky vyvinuté formy i iniciální stádia spreiten struktur, případně jednoduché tunely). Dále byl nalezen jeden fragment sítě ichnorodu *Thalassinoides* 1,5 cm pod svrchní vrstevní plochou. V této vrstvě se dále nacházejí obecné prvky ichnostavby, které nebylo možné z důvodu nedostatečného zachování blíže systematicky klasifikovat.

Během výzkumu bylo zaznamenáno vzájemné protínání ichnotaxonů, kdy jedinci ichnorodu *Zoophycos* ostře seřezávají chodby ichnorodu *Nereites*.

Vrstva č. 3

Přibližně 2,5 až 3 cm mocná vrstva jemnozrného pískovce až prachovce zelenošedé barvy. Spodní část vrstvy je kompletně bioturbována (ii 6/3) a nejsou v ní tedy patrné primární sedimentární textury. Svrchní část této vrstvy (asi 1 cm) je paralelně laminována s nízkým stupněm bioturbace (ii 2). V této vrstvě se nacházejí obecné prvky ichnostavby, které nebylo možné z důvodu nedostatečného zachování blíže systematicky klasifikovat.

Vrstva č.4

Přibližně 5 až 6 cm mocná vrstva jemnozrného slídnatého pískovce zelenošedé barvy bez patrných primárních sedimentárních textur. Uvnitř vrstvy se asi 1 cm pod svrchní vrstevní plochou nachází spára, podle které se vrstva v navětralém stavu rozpadá. Ve spodní části vrstvy (přibližně do 1 cm nad bází) a ve svrchní části vrstvy (přibližně do 1 cm pod svrchní vrstevní plochou) se místy vyskytují jílovité závalky. Střed vrstvy je masivní, bez závalků.

Vrstva je kompletně bioturbována. (ii se pohybuje v rozsahu hodnot od 6/2 ve středu vrstvy až po 6/3 při okrajích vrstvy).

Uvnitř vrstvy byl zachycen výskyt ichnotaxonů *Nereites* (velmi hojný), *Teichichnus* (hojný), *Planolites* (hojný), *Zoophycos* (hojný) a *Thalassinoides* (jeden fragment sítě, 1 cm pod svrchní vrstevní plochou). V této vrstvě se dále nacházejí obecné prvky ichnostavby, které nebylo možné z důvodu nedostatečného zachování blíže systematicky klasifikovat. Z nadloží místy protíná svrchní vrstevní plochu vertikální spreiten struktura ichnorodu *Teichichnus*.

Vrstva č.5

Přibližně 6 cm mocná vrstva jemnozrného slídnatého pískovce zelenošedé barvy bez patrných primárních sedimentárních textur. Při bázi vrstvy se vyskytují jílovité závalky. Vrstva je kompletně bioturbována (ii 6/2 – 6/3).

Uvnitř vrstvy byl zachycen výskyt ichnotaxonů *Nereites* (velmi hojný), *Zoophycos* (hojný až velmi hojný) a *Arenicolites* (nalezen jeden exemplář, zasahuje od svrchní vrstevní plochy do hloubky 2 cm). V této vrstvě se dále nacházejí obecné prvky ichnostavby, které nebylo možné z důvodu nedostatečného zachování blíže systematicky klasifikovat.

Vrstva č.6

Přibližně 6 cm mocná vrstva jemnozrného slídnatého pískovce zelenošedé barvy bez patrných primárních sedimentárních textur. Vrstvu lze štípat paralelně s vrstevnatostí podél predisponovaných ploch odlučnosti, které jsou často podmíněny ichnofosiliemi ichnorodu *Zoophycos*. Vrstva je kompletně bioturována (ii 6/3, místy 6/2).

Uvnitř vrstvy byl ve velmi hojném množství zaznamenán výskyt ichnorodů *Zoophycos* a *Nereites*. *Zoophycos* se vyskytuje v různých velikostech a stádiích vývoje. Jeden exemplář je tvořen netypickou meandrující spreiten strukturou. Hojně se v této vrstvě vyskytuje *Teichichnus* a *Planolites*. Dále byl zjištěn výskyt ichnotaxonů *Arenicolites* (jeden exemplář), *Palaeophycus tubularis* (jeden exemplář), *Scolicia* (jeden exemplář) a *Spirophycus cf. bicornis* (jeden exemplář). V této vrstvě se dále nacházejí obecné prvky ichnostavby, které nebylo možné z důvodu nedostatečného zachování blíže systematicky klasifikovat.

Vrstva č.7

Přibližně 4 až 5 cm mocná vrstva jemnozrného slídnatého pískovce zelenošedé barvy bez patrných primárních sedimentárních textur. V případě přítomnosti souvislejších ploch tvořených ichnofosilií ichnorodu *Zoophycos* lze vrstvu podle těchto ploch štípat. Při bázi a stropu vrstvy přibývá jílovitých závalků. Vrstva je kompletně bioturována (ii 6/2, místy 6/3).

Uvnitř vrstvy byly ve velmi hojném množství zaznamenány ichnorody *Zoophycos* a *Nereites*. *Zoophycos* se vyskytuje v různých velikostech a stádiích vývoje. V rozvětralé části profilu byl nalezen jeden exemplář rodu *Zoophycos* přímo napojený na horizontální meandrující přívodní tunel. Hojně se pak v této vrstvě vyskytuje *Teichichnus*. Dále byl identifikován jeden exemplář ichnotaxonu *Palaeophycus tubularis*. V této vrstvě se dále nacházejí obecné prvky ichnostavby, které nebylo možné z důvodu nedostatečného zachování blíže systematicky klasifikovat.

Vrstva č.8

Přibližně 5 až 6 cm mocná vrstva pevného jemnozrného slídnatého pískovce zelenošedé barvy bez patrných primárních sedimentárních textur. Uvnitř vrstvy se místy nacházejí malé, horizontálně protažené čočky světlejšího materiálu, které jsou zřejmě provápněné. Vrstva je zcela bioturbována (ii 6/2, místy 6/3).

Stejně jako u předchozí vrstvy byly i uvnitř této vrstvy ve velmi hojném množství zachyceny ichnorody *Zoophycos* a *Nereites*. *Zoophycos* se vyskytuje v různých velikostech a stádiích vývoje. Hojně se pak v této vrstvě vyskytuje ichnorod *Teichichnus*. Ojediněle byly identifikovány exempláře ichnodruhu *Palaeophycus tubularis*, z toho jeden s velmi silnou výztuží stěny. Ichnorody *Zoophycos*, *Nereites* a *Palaeophycus* zasahují až do úrovně svrchní vrstevní plochy. V této vrstvě se dále nacházejí obecné prvky ichnostavby, které nebylo možné z důvodu nedostatečného zachování blíže systematicky klasifikovat.

Vrstva č.9

Přibližně 2,5 až 3 cm mocná vrstva jemnozrného slídnatého pískovce zelenošedé barvy bez patrných primárních sedimentárních textur. Na bázi vrstvy se vyskytuje 2 - 3 mm mocná jílovitá lamina. Okrajové části vrstvy místy obsahují jílovité závalky či náznaky pseudolaminace. Vrstva je kompletně bioturbována (ii 6/2 až 6/3).

Při jílovité bázi byly zachyceny ichnotaxony *Bifungites* (hojný), *Palaeophycus tubularis* (hojný) a *Teichichnus* (vzácný). Uvnitř vrstvy, zejména pak v její svrchní části, se velmi hojně vyskytuje *Nereites*. V této vrstvě se dále nacházejí obecné prvky ichnostavby, které nebylo možné z důvodu nedostatečného zachování blíže systematicky klasifikovat.

Vrstva č.10

Přibližně 3 - 4 cm mocná vrstva pevného jemnozrného slídnatého pískovce zelenošedé barvy bez patrných primárních sedimentárních textur. Vrstva je kompletně bioturbována (ii 6/2 až 6/3).

Na bázi vrstvy byl identifikován jeden exemplář ichnorodu *Jamesonichnites* ve formě dvou těsně sousedících průřezů šachet. Uvnitř vrstvy byl ve velmi hojném množství zachycen výskyt ichnorodů *Nereites* a *Zoophycos*. Na svrchní vrstevní ploše se pak místy vyskytují zástupci ichnotaxonů *Teichichnus*, *Helminthopsis* a *Palaeophycus tubularis*. Hojně jsou také blíže neidentifikovatelné průřezy šachet. V této vrstvě se dále nacházejí i další obecné prvky ichnostavby, které nebylo možné z důvodu nedostatečného zachování blíže systematicky klasifikovat.

Vrstva č.11

Přibližně 3 až 4 cm mocná vrstva pevného jemnozrného slídnatého pískovce šedé až zelenošedé barvy. Na bázi vrstvy se místy vyskytuje přibližně 2 mm mocná tmavá lamina s vyšším obsahem jílovité frakce. Vrstva je kromě nejvyšší části kompletně bioturbována (ii 6/2, ojediněle 6/3). V horní části vrstvy (asi 0,5 cm pod svrchní vrstevní plochou) je patrná laminace, která se projevuje relativně hladkým povrchem svrchní vrstevní plochy. Tato část vrstvy je bioturbována jen velmi slabě (ii 2).

V této vrstvě nebyly zachyceny žádné spolehlivě identifikovatelné ichnotaxy, ale nacházejí se zde obecné prvky ichnostavby, které nebylo možné z důvodu nedostatečného zachování blíže systematicky klasifikovat.

Vrstva č.12

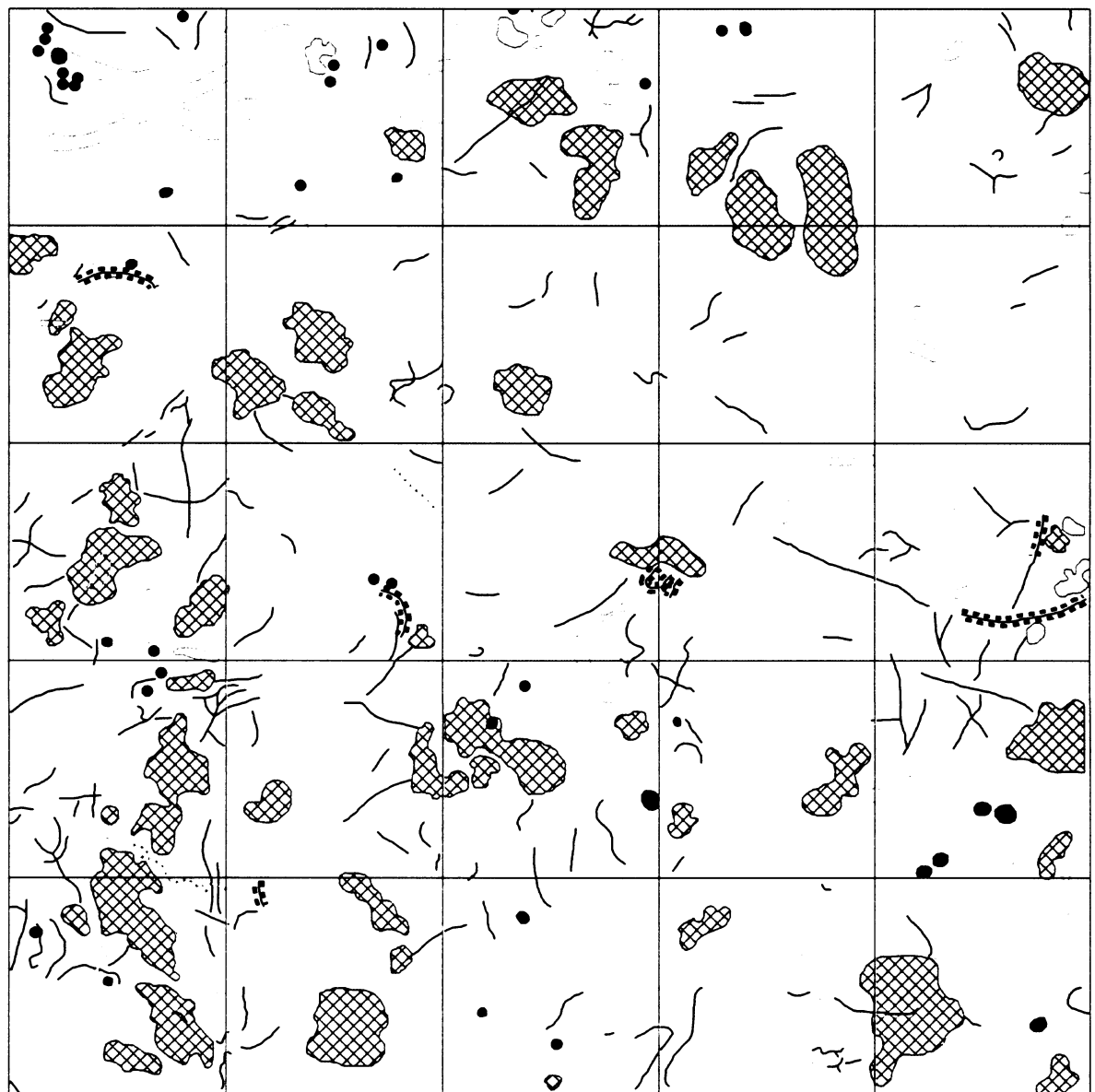
Přibližně 20 cm mocná pevná vrstva laminovaného provápněného jemnozrného pískovce se zřetelným obsahem slídy. Laminy jsou tvořeny střídáním světlejšího a tmavšího

sedimentu v intervalu přibližně 2 – 5 mm. V nejnižší části vrstvy o mocnosti 1 – 2 cm není však tato laminace vyvinuta. V nejvyšší části vrstvy (svrchních 5 cm) jsou velmi dobře patrné čeřiny. Pravděpodobně se jedná o proudové čeřiny ovlivněné činností vln. Čeřiny totiž obsahují prvky charakteristické jak pro proudové tak i oscilační čeřiny. Některé mladší čeřiny zároveň seřezávají čeřiny původní. Hřbety čeřin jsou orientované ve směru jz – sv. Místy je lze jako strmější pozorovat severozápadní stranu čeřin. Orientace hřbetů čeřin byla naměřena. Znamky bioturbace jsou uvnitř vrstvy ojedinělé (ii 1, ojediněle 2).

Ichnofosilie se v této vrstvě vyskytují převážně na svrchní vrstevní ploše. Zastoupeny jsou následující ichnotaxony: *Helminthopsis* (velmi hojný), *Bifungites* (hojný), *Nereites* (hojný), *Phycosiphon* (hojný), *Palaeophycus tubularis* (místy hojný), *Protovirgularia* (vzácný) a *Gordia* (ojedinělý, 1 exemplář). U ichnorodu *Nereites* byl nalezen jeden exemplář o šířce přibližně 2 cm (ostatní jedinci měřili na šířku 4 až 8 mm). Na svrchní vrstevní ploše se také hojně vyskytují zóny velmi intenzivní bioturbace o rozměru od 3 cm až přes 10 cm, kde není většinou možné blíže vyčlenit jednotlivé ichnotaxony. Uvedené zóny jsou vyznačeny na ichnologickém snímku této vrstevní plochy. V této vrstvě se místy vyskytují i další prvky obecné ichnostavby, které nebylo možné z důvodu nedostatečného zachování blíže systematicky klasifikovat.









Bylo zjištěno, že v některých případech plynule přechází ichnodruhy *Helminthopsis* a *Nereites* jeden do druhého.

Ichnologický snímek z vrstvy č. 12



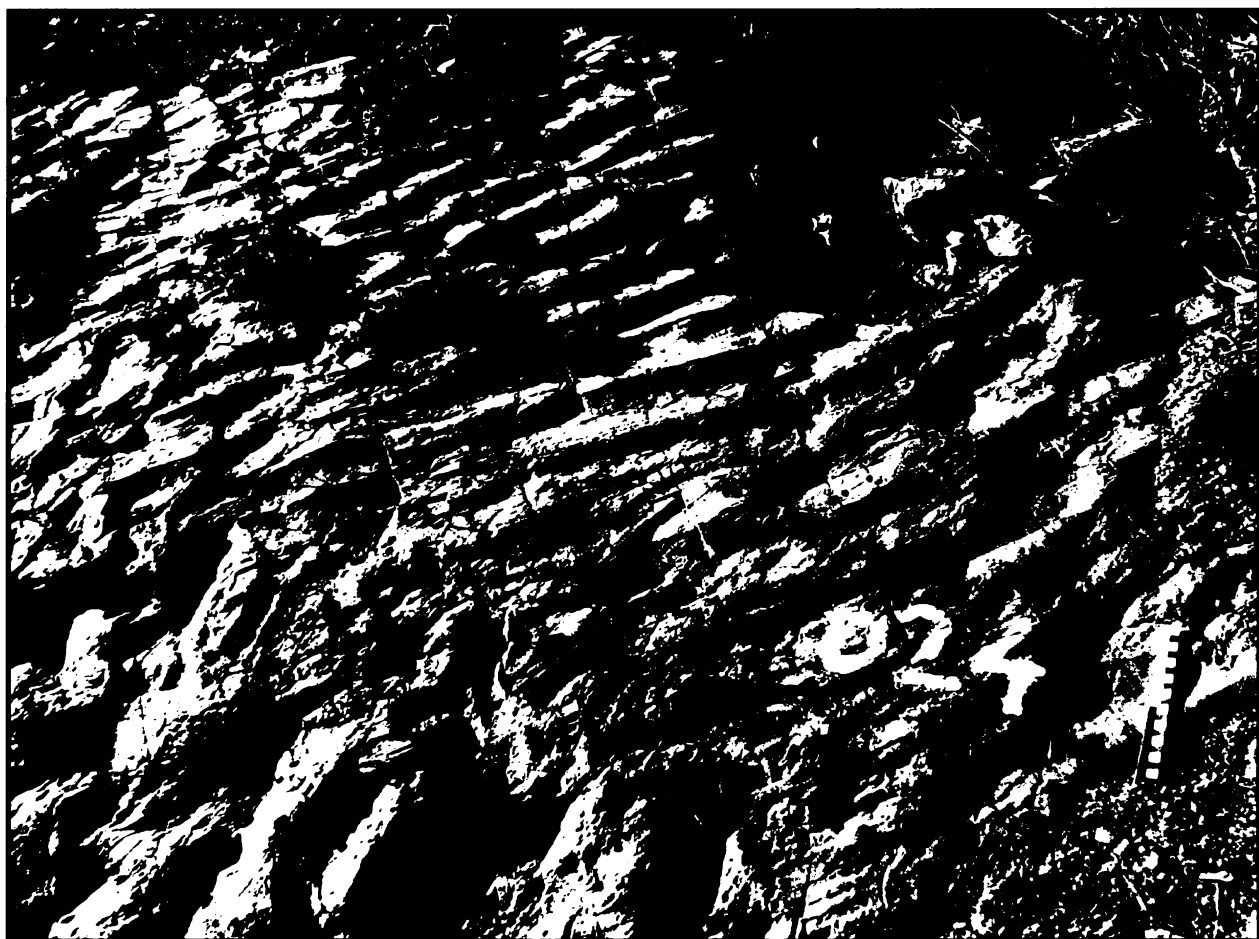
0 10 20 40 cm

Legenda

-  Bifungites
-  Helminthopsis
-  Nereites
-  Phycosiphon
-  Protovirgularia
-  Průřezy šachet
-  Blíže nerozlišené ichnofosilie
-  Plochy intenzivní bioturbace

Orientace svislé hrahy sítě: 150/47°

Obr. 6 Ichnologický snímek svrchní vrstevní plochy č. 12



Obr. 7 Čeřiny ve svrchní části vrstvy č. 12. Měřítka na snímku má délku 20 cm.

Vrstva č.13

Tato vrstva byla nalezena pouze v jedné části profilu. Vrstva není průběžná, spíše se jedná o vyklíňující čočku laminovaného provápněného jemnozrného pískovce s velmi nízkým stupněm bioturbace (ii 1, jen místy 2).

Odběr z této vrstvy byl omezen jen na několik málo vzorků z důvodu její další nepřístupnosti. I tak se ovšem podařilo uvnitř vrstvy identifikovat hojný výskyt ichnorodu *Polykladichnus*.

Vrstva č.14

Tato vrstva byla studována z důvodu její omezené přístupnosti jen v jedné části profilu a odběr byl omezen pouze na několik málo vzorků. Jedná se o přibližně 1,5 cm mocnou vrstvu prachovce hnědozelené barvy. Vrstva je kompletně bioturována (ii byl odhadnut na 6/2).

Přítomné jsou obecné prvky ichnostavby, které nebylo možné z důvodu nedostatečného zachování blíže systematicky klasifikovat.

Vrstva č.15

Stejně jako předchozí byla i tato vrstva studována z důvodu její omezené přístupnosti jen v jedné části profilu a odběr byl omezen pouze na několik málo vzorků. Jedná se přibližně o 3 cm mocnou vrstvu šedého laminovaného slídnatého prachovce. Vrstva je bioturobována jen poměrně slabě (ii 2). Uvnitř vrstvy se hojně vyskytují průřezy vertikálních šachet, které nebylo možné blíže systematicky klasifikovat.

Vrstva č. 16

Přibližně 2 – 4 cm mocná vrstva jemnozrnného slídnatého provápněného pískovce zelenošedé až modrošedé barvy. Na bázi vrstvy se vyskytuje maximálně 1 cm mocná tmavá jílovitá vrstva, která ostře přechází do zbývající části vrstvy tvořené pískovcem. Na bázi pískovce (tedy na rozhraní jílovité laminy a jemnozrnného pískovce) je možné podobně jako v případě vrstvy č. 2 místy pozorovat reliéf drobných, hustě uspořádaných, mělkých kruhových jamek o průměru 1 – 2 mm. Spodní část pískovcové vrstvy o mocnosti přibližně 1 – 2 cm je laminována a postižena mnohem nižším stupněm bioturbace (ii 1 až 3) nežli svrchní část pískovcové vrstvy o mocnosti přibližně 0 – 1 cm (ii 6). Místy intenzivněji bioturobovaná svrchní část pískovce úplně chybí.

Na rozhraní jílovce a pískovce jsou vázány některé ichnotaxy: *Bifungites* (hojný, místy velmi hojný), *Palaeophycus tubularis* (hojný) a *Megagraption* (vzácný). Uvnitř pískovcové vrstvy byly vzácně zachyceny ichnotaxy *Palaeophycus tubularis* a *Teichichnus*. Dále je patrná obecná bioturbace zastoupená neúplně zachovalými, blíže neidentifikovatelnými vertikálními a místy i horizontálními komponentami.

V této vrstvě bylo na bázi pískovce (na rozhraní pískovce a jílovce) zdokumentována vzájemná intersekcce jednoho jedince ichnorodu *Bifungites*, který protíná jedince ichnorodu *Palaeophycus*. Dále bylo v téže úrovni zaznamenáno vzájemné protínání a nepravé větvení jedinců ichnorodu *Palaeophycus*.

Vrstva č.17

Masivní vrstva jemnozrného slídnatého místy pevného provápněného pískovce zelenošedé až modrošedé barvy o mocnosti 4 – 6 cm. Spodní část vrstvy o mocnosti 3 – 5 cm je zcela bioturobována (ii 6/2 až 6/3). Svrchní část vrstvy o mocnosti asi 1 cm je laminovaná a vykazuje mnohem nižší stupeň bioturbace (ii 1, jen ojediněle 2).

Uvnitř vrstvy byly ve velmi hojném množství zaznamenány ichnorody *Zoophycos* a *Nereites*. *Zoophycos* se vyskytuje v různých velikostech a stádiích vývoje. Dále byl zjištěn hojný výskyt ichnotaxonu *Planolites* a místy také ichnotaxonu *Palaeophycus tubularis*. V této vrstvě se nacházejí obecné prvky ichnostavby, které nebylo možné z důvodu nedostatečného zachování blíže systematicky klasifikovat.

Vrstva č.18

Přibližně 5 – 6 cm mocná vrstva jemnozrného slídnatého místy velmi pevného provápněného pískovce zelenošedé až modrošedé barvy bez patrných primárních sedimentárních textur. Vrstva je kompletně bioturobována (ii 6/2 až 6/3).

Uvnitř vrstvy byl ve velmi hojném množství zaznamenán ichnorod *Zoophycos* a to jak v různých stádiích vývoje tak i velikostech. Dále byl v rámci téhož ichnotaxonu zachycen jeden exemplář s mírně vertikálním průběhem spreiten struktury (vertikální rozsah cca 1 – 1,5 cm). U některých jedinců byl dobře pozorovatelný okrajový tunel vyplněný kontrastním tmavým relativně jemnozrným materiálem, který lemuje spreiten strukturu. Dále byl zjištěn hojný výskyt ichnotaxonů *Teichichnus*, *Nereites*, *Planolites* a místy také hojný výskyt

ichnotaxonu *Palaeophycus tubularis*. Ojediněle byly zaznamenány ichnorody *Arenicolites* (jeden fragment), *Jamesonichnites* (jeden exemplář) a ? *Polykladichnus* (jeden exemplář). V této vrstvě se dále nacházejí obecné prvky ichnostavby, které nebylo možné z důvodu nedostatečného zachování blíže systematicky klasifikovat.

Vrstva č.19

Přibližně 6 cm mocná vrstva jemnozrného slídnatého místy pevného provápněného pískovce šedé, zelenošedé až modrošedé barvy, bez patrných primárních sedimentárních textur. Vrstva je kompletně bioturbována (ii 6/2 až 6/3).

Uvnitř vrstvy byl ve velmi hojném množství zaznamenán ichnorod *Zoophycos* a to jak v různých stádiích vývoje tak i velikostech. Místy byl zachycen velmi hojný výskyt ichnotaxonu *Nereites*. Vzácně se dále v této vrstvě vyskytují ichnorody *Jamesonichnites* a *Planolites*. V této vrstvě se dále nacházejí obecné prvky ichnostavby, které nebylo možné z důvodu nedostatečného zachování blíže systematicky klasifikovat.

Vrstva č.20

Přibližně 6 – 7 cm mocná vrstva šedomodrého, místy nahnědlého vápence s příměsí slídy, který zvětrává do oranžovohnědé barvy. Vápenec je laminovaný, případně obsahuje náznaky laminace. V horní části vrstvy jsou patrné čeřiny. Jedná se pravděpodobně o kombinaci proudových čeřin s oscilačními. Některé partie čeřin (zejména vyšší části některých hřbetů) jsou totiž charakteristické spíše pro prostředí s vlněním, jiné (zejména šikmo ukloněné sety uvnitř čeřin) pak pro prostředí s prouděním. Bioturbace není žádná (ii 1), případně je velmi ojedinělá (ve svrchní části vrstvy místy ii 2).

Na svrchní vrstevní ploše se místy vyskytují ichnofosilie ichnorodu *Zoophycos*, které do této úrovně pronikaly z nadloží. Dále se do této vrstvy nehluboko pod povrch (maximálně

do hloubky 1 cm pod svrchní vrstevní plochou) zařezává z nadloží vertikální spreiten struktura ichnorodu *Teichichnus*. Zejména ve svrchní části této vrstvy se ojediněle vyskytují obecné prvky ichnostavby, které nebylo možné z důvodu nedostatečného zachování blíže systematicky klasifikovat.

Vrstva č. 21

Přibližně 2,5 – 3,5 cm mocná vrstva jemnozrného slídnatého pískovce zelenošedé barvy bez patrných primárních sedimentárních textur. Uvnitř vrstvy se nepravidelně vyskytují jílové závalky, případně neprůběžné laminy. Báze vrstvy je tmavší s vyšším obsahem jílovité frakce. Vrstva je kompletně bioturobována (ii 6/2 až 6/3).

Uvnitř vrstvy byl místy zaznamenán výskyt ichnorodů *Zoophycos* a *Teichichnus*, které pronikají až na bázi této vrstvy. V této vrstvě se dále nacházejí obecné prvky ichnostavby, které nebylo možné z důvodu nedostatečného zachování blíže systematicky klasifikovat.

Vrstva č. 22

Přibližně 6 cm mocná vrstva jemnozrného slídnatého pískovce zelenošedé barvy. Ojediněle mohou být patrné primární sedimentární textury jako náznaky laminace. Na bázi se vyskytuje asi 3 mm mocná jílovitá lamina. Vrstva je velmi intenzivně bioturobována (ii 4 – 5).

Uvnitř vrstvy byl zaznamenán velmi hojný výskyt ichnodruhu *Zoophycos*. Vyskytuje se jak v různých stádiích vývoje tak i v různých velikostech. Dále se v této vrstvě hojně vyskytuje ichnorod *Teichichnus* a vzácně pak ichnotaxon *Palaeophycus tubularis*. Uvnitř vrstvy byl také identifikován jeden exemplář ichnodruhu *Palaeophycus sulcatus*. Dále se v této vrstvě vyskytují obecné prvky ichnostavby, které nebylo možné z důvodu nedostatečného zachování blíže systematicky klasifikovat. V rámci vrstvy byla zdokumentována vzájemná intersekce, kdy ichnofosilie ichnorodu *Teichichnus* protíná ichnofosilii ichnorodu *Zoophycos*.

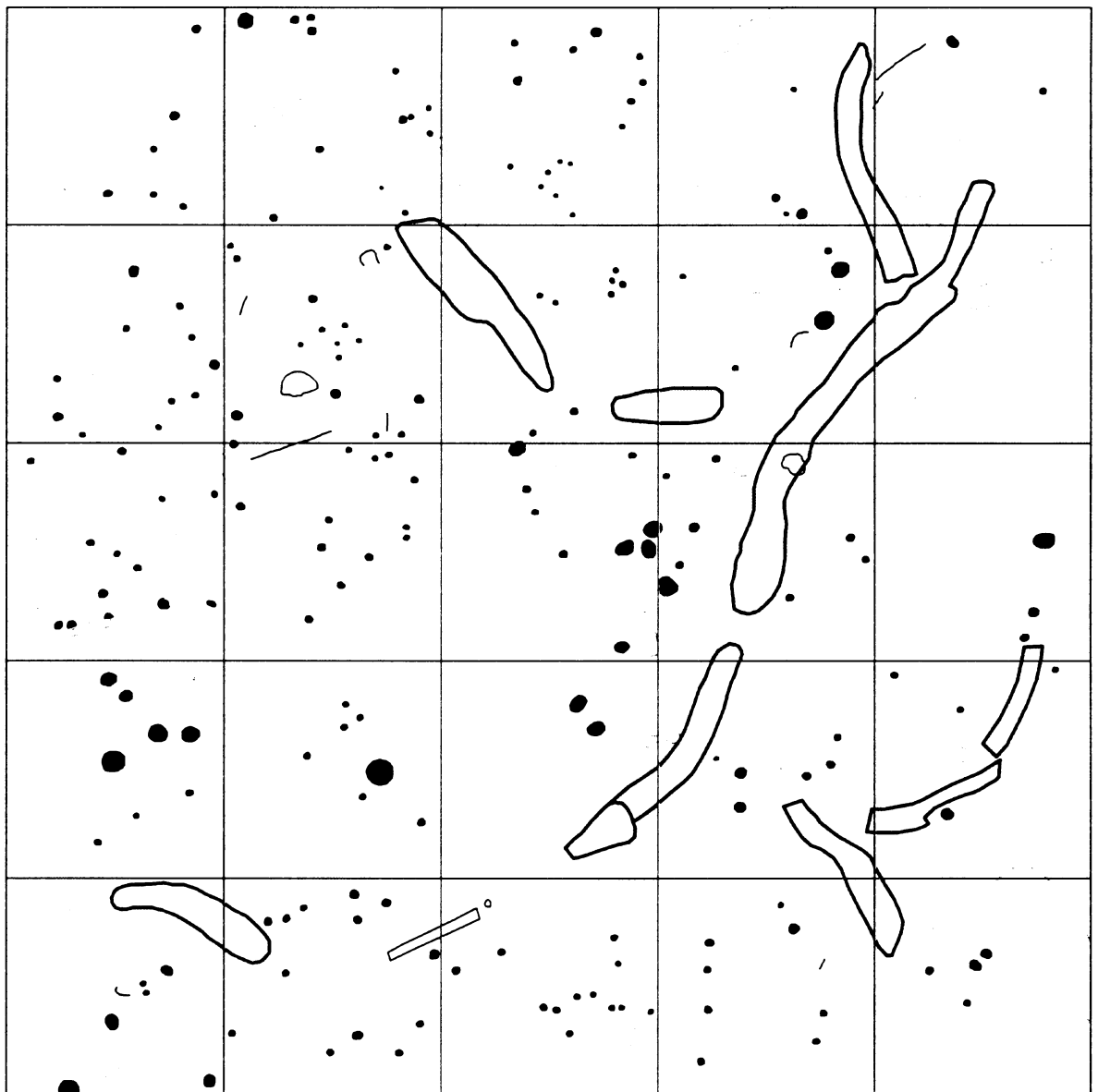
Vrstva č.23

Přibližně 6 – 8 cm mocná vrstva jemnozrného slídnatého pískovce zelenošedé barvy bez patrných primárních sedimentárních textur. Na bázi se vyskytuje cca 3 mm mocná jílovitá lamina. Vrstva je kompletně bioturbována (ii 6/2 – 6/3).

Uvnitř vrstvy byl ve velmi hojném počtu zaznamenán výskyt ichnorodů *Nereites* a *Zoophycos*. *Zoophycos* byl nalezen v různých stádiích vývoje i velikostech (nejmenší měřil na šířku 5 cm, největší zaznamenaný fragment 20 cm). V hojném množství se uvnitř vrstvy dále vyskytuje ichnorod *Teichichnus*. Na svrchní vrstevní ploše se pak vyskytují následující ichnotaxy: *Nereites* (místy velmi hojný), *Bifungites* (hojný), *Palaeophycus tubularis* (hojný, velmi často se zkolabovanou stropní částí tunelu), *Teichichnus* (hojný, proniká z nadloží), *Jamesonichnites* (vzácný), *Planolites* (vzácný), *Helminthopsis* (vzácný) a *Spirophycus* (jeden exemplář). V této vrstvě se dále nacházejí obecné prvky ichnostavby, které nebylo možné z důvodu nedostatečného zachování blíže systematicky klasifikovat.

V rámci vrstvy bylo zdokumentováno vzájemné protínání, kdy ichnofosilie ichnorodu *Teichichnus* protíná ichnofosilie ichnorodů *Bifungites*, *Palaeophycus* a *Zoophycos*.

Ichnologický snímek z vrstvy č. 23



Legenda

- Bifungites
- Palaeophycus
- Teichichnus
- Průřezy šachet
- Blíže nerozlišené ichnofosilie
- Fosilie s pevnou schránkou

0 10 20 40 cm

Orientace svislé hrady sítě: 142/45°

Obr. 8 Ichnologický snímek svrchní vrstevní plochy č. 23

Vrstva č.24

Přibližně 5 – 7 cm mocná vrstva jemnozrného slídnatého pískovce zelenošedé barvy. Na bázi vrstvy se vyskytuje tmavší 3 – 5 mm mocná lamina s vyšším podílem jílovité frakce. Spodní část pískovcové vrstvy o mocnosti 3 – 4 cm je kompletně bioturbována a neobsahuje žádné primární sedimentární textury (ii 6/2 – 6/3). Ve svrchní části vrstvy o mocnosti 2 – 3 cm jsou pozorovatelné primární sedimentární struktury v podobě laminace a nejistých náznaků čeřin. V této části vrstvy se také místy vyskytují vápnité čočky. Tato část vrstvy není postižena bioturbací (ii 1) a od spodní bioturbované části vrstvy je oddělena ostrou hranicí.

Na bázi vrstvy (v jílovité lamině) byl zjištěn výskyt následujících ichnotaxonů: *Bifungites* (hojný), *Palaeophycus tubularis* (hojný) a *Teichichnus* (místy hojný). Uvnitř vrstvy byl zaznamenán velmi hojný výskyt ichnorodů *Nereites* a *Zoophycos*. Hojně se pak dále vyskytuje ichnorod *Teichichnus*. V této vrstvě se dále nacházejí obecné prvky ichnostavby, které nebylo možné z důvodu nedostatečného zachování blíže systematicky klasifikovat.

Vrstva č.25

Přibližně 5 cm mocná vrstva jemnozrného slídnatého pískovce zelenošedé barvy bez patrných primárních sedimentárních textur. V rozvětralém stavu je možné vrstvu paralelně štípat na dílčí části. Na bázi se vyskytuje cca 5 mm mocná jílovitá lamina. Vrstva je kompletně bioturbována (ii 6/2 – 6/3).

Na bázi vrstvy (v jílovité lamině) byl stejně jako v předchozím případě zjištěn výskyt následujících ichnotaxonů: *Bifungites* (hojný), *Palaeophycus* (hojný) a *Teichichnus* (místy hojný). Uvnitř vrstvy byl zaznamenán velmi hojný výskyt ichnorodů *Nereites* a *Zoophycos*. Hojně se pak dále vyskytují ichnotaxony *Teichichnus* s *Palaeophycus tubularis*. Na svrchní vrstevní ploše pak byly nalezeny ichnotaxony *Nereites* (velmi hojný), *Bifungites* (hojný), *Palaeophycus* (hojný), *Teichichnus* (hojný), *Planolites* (vzácný) a *Jamesonichnites* (vzácný).

V této vrstvě se dále vyskytují obecné prvky ichnostavby, které nebylo možné z důvodu nedostatečného zachování blíže systematicky klasifikovat.

Vrstva č.26

Přibližně 3 – 4 cm mocná vrstva jemnozrného slídnatého pískovce zelenošedé barvy bez patrných primárních sedimentárních textur. Při bázi vrstvy byl zaznamenán zvýšený obsah jílovité frakce. Vrstva je kompletně bioturbována (ii 6/2 – 6/3).

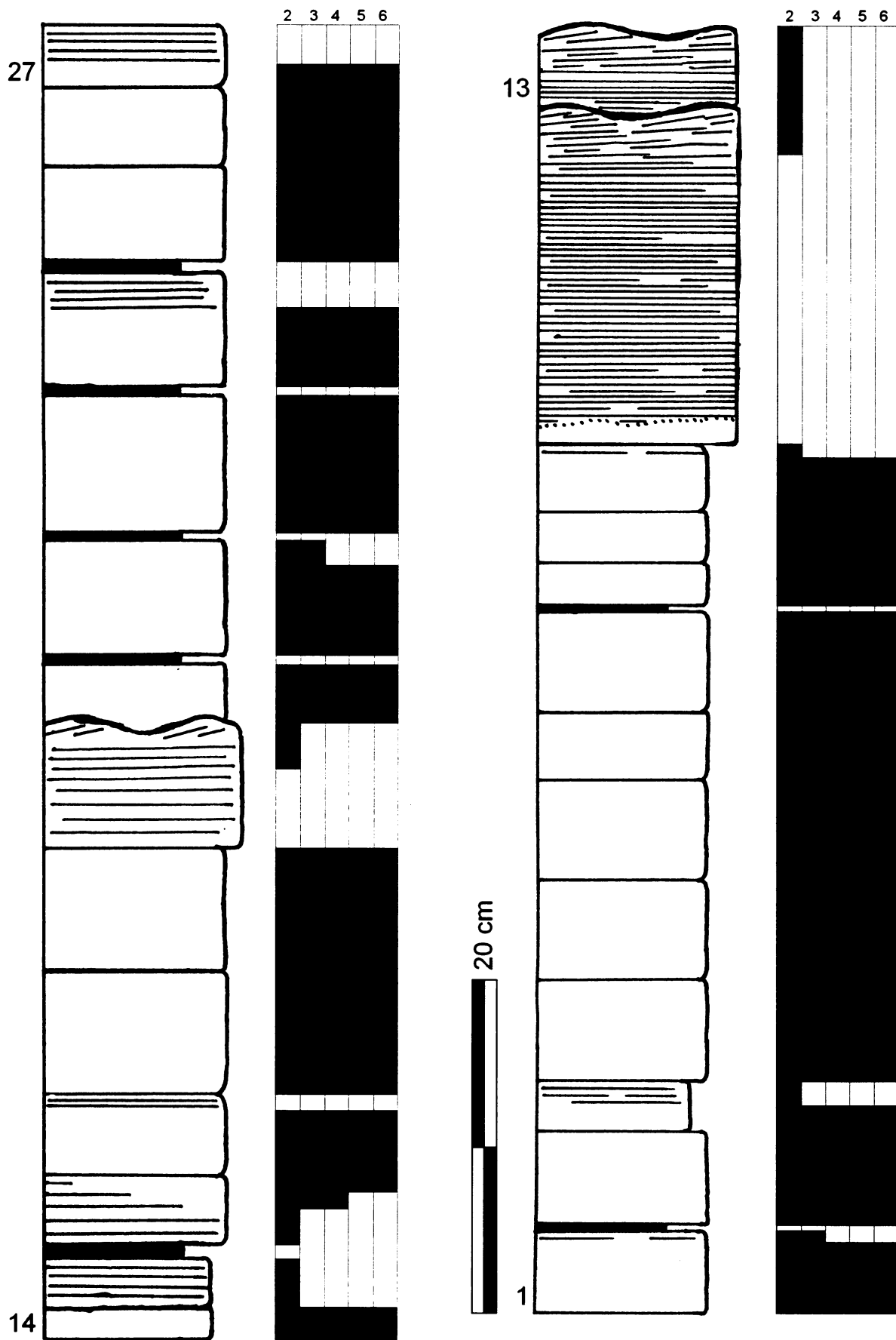
Na bázi vrstvy zjištěn výskyt ichnodruhů: *Bifungites* (hojný, jeden exemplář s dvoulaločným spojovacím tunelem), *Palaeophycus tubularis* (hojný) a *Teichichnus* (místy hojný). Uvnitř vrstvy byl zaznamenán velmi hojný výskyt ichnorodů *Nereites* a *Zoophycos*. Hojně se pak dále vyskytuje ichnorod *Teichichnus*. Mezi vzácně se vyskytující ichnorody uvnitř vrstvy patří *Planolites* a *Jamesonichnites*. Ojediněle byl nalezen ichnotaxon *Arenicolites*. V této vrstvě se dále nacházejí obecné prvky ichnostavby, které nebylo možné z důvodu nedostatečného zachování blíže systematicky klasifikovat.

V rámci vrstvy bylo zdokumentována vzájemná intersekce, kdy ichnofosilie ichnorodu *Zoophycos* protíná ichnofosilii ichnorodu *Nereites*.

Vrstva č.27

Přibližně 3 – 4 cm mocná vrstva jemnozrného slídnatého pískovce zelenošedé barvy. Spodní část vrstvy o mocnosti asi 1 – 2 cm je kompletně bioturbována (ii 6). Ve svrchní části vrstvy o mocnosti 2 – 3 cm jsou pozorovatelné primární sedimentární textury – laminace a nejspíše náznaky čeřin. Tato část vrstvy neobsahuje projevy bioturbace.

Uvnitř vrstvy byl zjištěn velmi hojný výskyt ichnorodů *Nereites* a *Zoophycos*. Na svrchní vrstevní ploše se pak místy vyskytuje ichnodruh *Palaeophycus tubularis* se zkolabovanou stropní částí tunelu. V této vrstvě se dále vyskytují prvky obecné ichnostavby, které nebylo možné z důvodu nedostatečného zachování blíže systematicky klasifikovat.



Obr. 9 Profil vrstevním sledem. Na stupnici je formou indexu ichnostavby znázorněna intenzita bioturbace jednotlivých vrstev.

Systematická část

V této části je shrnut výskyt jednotlivých ichnotaxonů, tak jak byl zaznamenán během výzkumů na lokalitě Loděnice – Vinice. Zejména jsou popsány jednotlivé ichnorody, případně ichnodruhy, které bylo možné systematicky klasifikovat. Dále je charakterizována forma výskytu a způsob zachování jednotlivých ichnotaxonů.

Arenicolites SALTER, 1857

Arenicolites ichnosp.

Tab. II, obr. 1

MATERIÁL: Několik nálezů, většinou jen fragmentů.

POPIS: Jednoduché vertikální stopy ve tvaru písmene U se dvěma ústími na povrch kolmé k vrstevnatosti. Předpokládaná vzdálenost vstupů cca 3 – 4 cm, hloubka stopy cca 2 – 3 cm. Stopy obsahují kontrastní (tmavou, jemnozrnnou) výplň ve srovnání s okolní horninou.

VÝSKYT: Zaznamenán ve vrstvách č. 5, 6, 18 a 26.

Bifungites DESIO, 1940

Bifungites fezzanensis DESIO, 1940

Tab. I, obr. 2; tab. 3 III, obr. 1 – 9

MATERIÁL: Více než 100 jedinců.

POPIS: Horizontální stopa ve tvaru činky se dvěma laloky a horizontálním spojovacím tunelem. Z každého laloku vedla k povrchu šachta, která však není ve většině případů zachována. U jednoho exempláře byla zaznamenána část této šachy o délce přibližně 2 – 3 mm. U některých jedinců je v místě vyústění šachty do laloku patrná jizva. Velikost stop je poměrně variabilní. Vzdálenost mezi středy laloků se pohybuje přibližně v rozmezí od 2 do 4,5 cm. Na svrchní vrstevní ploše vrstvy č.1 byl identifikován jeden exemplář dlouhý 6 cm. Šířka horizontálního

spojovacího tunelu se pohybuje v rozmezí 3 – 8 mm. Byl nalezen jeden exemplář s dvoulaločným horizontálním spojovacím tunelem. Tento ichnotaxon se zachovává ve formě konvexního epireliéfu na svrchních vrstevních plochách případně hyporeliéfu na bázi vrstev. Výskyt ve formě konvexního hyporeliéfu je velmi často vázán na rozhraní jílovce a jemnozrnného pískovce na bázi pískovcových vrstev.

POZNÁMKY: Na svrchní vrstevní ploše vrstvy č. 23 byla sledována orientace jedinců. Na ploše o velikosti přes 30 m² bylo zaznamenáno přibližně 10 případů, kdy se do vzdálenosti 20 cm od sebe vyskytovali dva jedinci se stejnou orientací. Nelze tedy vyloučit možnost převládání určitých směrů v orientaci tohoto ichnotaxonu, nicméně statistické vyhodnocení souboru o stovce jedinců neposkytlo jasný důkaz (pravděpodobnost jiného nežli uniformního rozdělení se pohybovala okolo jen 20%). Podle Mikuláše (1997a) se jedná o obytné stopy.

VÝSKYT: Zaznamenán ve vrstvách č. 1, 2, 9, 12, 16 a 23-26.

Didymaulichnus YOUNG, 1972

Didymaulichnus ichnosp.

Tab. II, obr. 4

MATERIÁL: Jeden jedinec.

POPIS: Dvoulaločný horizontální tunel o délce 6 cm a šířce 0,5 cm zachovaný ve formě konvexního epireliéfu. Exemplář je vzhledem k pozici na svrchní vrstevní ploše zachován ve špatném stavu.

POZNÁMKA: Podobně je zachováno i větší množství exemplářů ichnodruhu *Palaeophycus tubularis* zejména na svrchní vrstevní ploše vrstvy č. 23. V tomto případě je však dvoulaločný tunel důsledkem propadu stropní části jednoduchého tunelu *Palaeophycus tubularis*.

VÝSKYT: Na svrchní vrstevní ploše vrstvy č. 1.

Gordia EMMONS, 1844

Gordia ichnosp.

Tab. II, obr. 3

MATERIÁL: Jeden exemplář.

POPIS: Přibližně 3 cm dlouhá a 1 mm tenká, mělká, zakroucená, nepravidelně větvená a pravděpodobně jednou sama sebou překřížená červovitá stopa (brázda) vyvinutá ve formě konkávního epireliéfu.

VÝSKYT: Na svrchní vrstevní ploše vrstvy č. 12.

Helminthopsis HEER, 1877

Helminthopsis ichnosp.

Tab. IV, obr. 7, 8

MATERIÁL: Desítky jedinců.

POPIS: Horizontální, hladké, mírně zahnuté až nepravidelně meandrující, ojediněle nepravidelně větvené žlábky variabilní délky od několika prvních centimetrů po více než 10 cm. Šířka se pohybuje v rozmezí přibližně 2 – 5 mm. Vyskytují se na povrchu svrchních vrstevních ploch ve formě konkávního epireliéfu.

POZNÁMKY: V rámci jednoho jedince byly zaznamenány plynulé přechody ichnofosilií ichnorodu *Helminthopsis* do ichnofosilií ichnorodu *Nereites*. Lze tedy předpokládat, že někteří jedinci ichnorodu *Helminthopsis* a *Nereites* mají stejného původce.

VÝSKYT: Zaznamenán ve vrstvách č. 1, 10, 12 a 23.

Jamesonichnites DAM, 1990

Jamesonichnites ichnosp.

Tab. IV, obr 9 – 11; tab. V, obr. 3

MATERIÁL: Více než 10 jedinců.

POPIS: Průřezy vertikálních šachet s velmi silnou výztuží stěny, které se často koncentrují do shluků případně řad o dvou až pěti šachtách. Celkový průměr šachet se pohybuje v rozsahu cca od 0,8 až po 1,5 cm. Šířka vnitřní části šachty se pohybuje v rozsahu cca 0,4 – 0,8 cm a tloušťka výztuže v rozsahu 0,2 – 0,4 cm. Průřezy šachet byly nalezeny zejména na svrchních vrstevních plochách.

POZNÁMKY: Tento ichnotaxon popisuje z této lokality Mikuláš (1990) pod názvem *Liholites vinolentus* ichnosp. nov. Popisuje ho jako relativně mělké trubicovité stopy ve tvaru písmene U se silnou výztuží stěny, blízké ichnorodu *Arenicolites*. Pravděpodobně totožná struktura však byla popsána Damem (1990) v článku vyšlém o několik měsíců dříve jako *Jamesonichnites*; tento název má tedy přednost a *Liholites* je jeho mladším synonymem.

VÝSKYT: Zaznamenán ve vrstvách č. 10, 18, 19, 23, 25 a 26.

Nereites MACLEAY, 1839

Nereites ichnosp.

Tab. III, obr. 11; Tab. IV, obr. 1 – 5

MATERIÁL: Stovky jedinců.

POPIS: Horizontální, mírně meandrující stopy dlouhé přibližně 2 – 7 cm a široké od 4 mm do 1 cm. Vyskytuje se na povrchu svrchních vrstevních ploch ve formě konkávního epireliéfu a uvnitř vrstev ve formě plného reliéfu. V případě povrchových stop se jedná o žlabovité stopy s vyhrnutými laločnatými okrajovými valy. Podpovrchové stopy mají plochý charakter a okrajové valy nejsou zachovány. Podpovrchové formy jsou vyplněny tmavým jemnozrným materiálem a místy je uvnitř stopy slabě patrná měsíčkovitá struktura výplně. Na svrchní vrstevní ploše vrstvy č.12 byl nalezen jeden extrémně velký exemplář o délce 35 cm a šířce až 2 cm.

POZNÁMKY: Podpovrchovou formu ichnotaxonu *Nereites* s tmavou jemnozrnou výplní popisuje z této lokality Mikuláš (1990) jako *Helminthopsis abeli*.

VÝSKYT: Zaznamenán ve vrstvách č. 1, 2, 4-10, 12, 17-19 a 23-27.

Megagraption KSIAZKIEWICZ, 1968

Megagraption ichnosp.

Tab. V, obr. 4, 5

MATERIÁL: Několik fragmentů.

POPIS: Hladké, mělké, přibližně 1 – 2 mm široké, místy nepravidelně se větvící žlábký zachované na spodní případně svrchní vrstevní ploše pískovcových vrstev (zachované formou konkávního hyporeliéfu, případně epireliéfu). Velikost fragmentů se pohybuje přibližně od 3 do 7 cm.

VÝSKYT: Zaznamenán ve vrstvách č. 1 a 16.

Palaeophycus HALL, 1847

Palaeophycus tubularis HALL, 1847

Tab. II, obr. 7; tab. V, obr. 8, 9; tab. VI, obr. 2 – 7

MATERIÁL: Více než 30 jedinců.

POPIS: Horizontální případně subhorizontální tunely s výztuží stěn. Povrch tunelů je hladký. Délka se pohybuje od několika málo centimetrů až po dvacet centimetrové jedince a šířka pak přibližně v rozmezí 2 – 10 mm. Vyskytují se na povrchu vrstevních ploch ve formě konvexního epireliéfu případně hyporeliéfu a také uvnitř vrstev ve formě plného reliéfu. Některé tunely mohou být druhotně zploštělé a velmi často se na svrchních vrstevních plochách nachází jedinci s propadlou stropní částí tunelu, kteří pak mají dvoulaločný charakter.

VÝSKYT: Zaznamenán ve vrstvách č. 1, 6-10, 12, 16-18 a 22-27.

Palaeophycus sulcatus MILLER – DYER 1878

Tab. VI, obr. 1

MATERIÁL: Jeden jedinec

POPIS: Jednoduchý, horizontální, vyztužený tunel o délce 4 cm a šířce 7 mm zachovaný uvnitř vrstvy ve formě plného reliéfu. Na povrchu tunelu je místy patrné slabé nepravidelné podélné rýhování.

VÝSKYT: Zaznamenán ve vrstvě č. 22.

Phycosiphon FISCHER - OOSTER, 1858

Phycosiphon ichnosp.

Tab. V, obr. 1, 2

MATERIÁL: Více než 10 jedinců

POPIS: Horizontální stopy drobnějších rozměrů lalokovitého charakteru na svrchní vrstevní ploše zachované formou konkávního epireliéfu. Vnitřní strukturu tvoří drobné spreite. Maximální rozměr lalokovitého útvaru dosahoval 5 cm. Jednotlivé výskyty se místy koncentrují do shluků dvou až tří exemplářů, kdy se vzdálenosti mezi jednotlivými exempláři pohybují okolo 5 cm.

VÝSKYT: Na svrchní vrstevní ploše vrstvy č. 12.

Planolites NICHOLSON, 1873

Planolites ichnosp.

MATERIÁL: Více než 20 jedinců

POPIS: Přímé případně mírně zahnuté, hladké, jednoduché horizontální tunely kruhovitého průřezu bez výztuže stěny o délce přibližně od 2 cm až přes 10 cm. Průměr tunelu je taktéž velmi variabilní. Pohybuje se přibližně v rozmezí od 4 do 10 mm. Tunely jsou vyplněny buď

stejným materiálem, jakým je budovaná okolní hornina a nebo kontrastním jemnozrnným tmavým materiálem.

VÝSKYT: Zaznamenán ve vrstvách č. 1, 4, 6, 17-19, 23, 25 a 26.

Polykladichnus FÜRSICH, 1981

Polykladichnus ichnosp.

Tab. III, obr. 10

MATERIÁL: Fragmenty tří jedinců

POPIS: Vertikální případně ukloněné jednoduché šachty až tunely kruhovitěho průřezu o průměru 2 – 6 mm, které se směrem vzhůru větví pod ostrým úhlem. Zachované jsou ve formě plného reliéfu. Výplň je tvořena kontrastním tmavým jemnozrnným materiálem.

POZNÁMKA: Byly nalezeny pouze fragmenty s jedním větvením a nelze vyloučit možnost, kdy bude tento ichnotaxon tvořit i složitější a více rozvětvený systém.

VÝSKYT: Zaznamenán ve vrstvě č. 13. Jeden nejistý jedinec se dále vyskytuje ve vrstvě č. 18.

Protovirgularia M'COY, 1850

? *Protovirgularia* ichnosp.

Tab. VI, obr. 8, 9

MATERIÁL: Dva jedinci.

POPIS: Drobná povrchová stopa ve stylu řetízku tvořená řadou drobných měsíčkovitých vtisků, které svým tvarem připomínají písmeno C. Šířka vtisků je poměrně jednotná a pohybuje se v rozmezí 1 – 1,5 mm. Na délku měří první jedinec 5 cm a druhý 13 cm. První jedinec je přímý, druhý místy meandruje.

POZNÁMKY: Nelze vyloučit příslušnost k ichnotaxonu *Nereites uniserialis*.

VÝSKYT: Zaznamenán na svrchní vrstevní ploše vrstvy č. 13.

Scolicia DE QUATREFAGES, 1849

Scolicia ichnosp.

Tab. II, obr. 2

MATERIÁL: Jeden jedinec.

POPIS: Horizontální, ostře meandrující stopa složená ze středního tunelu a širokého okrajového lemu. Výplň tunelu je tvořená jemnozrným pískovcem, lem je tvořen tmavším jemnozrnějším materiálem. Celá stopa je dlouhá přibližně 19 cm. Vnitřní středový tunel je široký 5 – 8 mm, šířka okrajového lemu kolem středového tunelu se pohybuje přibližně v rozmezí 6 – 12 mm. Celková šířka stopy dosahuje 2 – 3 cm. Stopa je zachována uvnitř vrstvy tedy v plném reliéfu. Zejména okrajový lem má výrazně zploštělý charakter.

POZNÁMKY: Podle Häntzschela (1975) je název *Scolicia* používán pro různé stopy produkované pravděpodobně gastropody.

VÝSKYT: Zaznamenán ve vrstvě č. 6.

Spirocircus MIKULÁŠ – PEK, 1994

Spirocircus ichnosp.

MATERIÁL: Jeden jedinec

POPIS: Ploché horizontální tunely vytvářející několik kruhových tvarů, které se svojí větší částí vzájemně překrývají, avšak nejsou přímo soustředné. V současné době je exemplář velmi špatně zachovalý a patrně jsou pouze části dvou kruhových tunelů. Průměr stopy je přibližně 18 cm. Šířka jednoho tunelu se pohybuje v rozmezí 1,2 – 1,6 cm.

VÝSKYT: Na svrchní vrstevní ploše vrstvy č. 1.

Spirophycus HÄNTZSCHEL, 1962

Spirophycus ichnosp.

Tab. II, obr. 8

MATERIÁL: Jeden jedinec

POPIS: Přibližně 2 cm dlouhý a 0,4 cm široký přímý horizontální tunel, ze kterého pod úhlem 80° vybíhá jiný mírně zahnutý horizontální tunel, který je na svém konci zatočen do přibližně 1 cm velké spirály s jedním zákrutem. Stopa je zachovaná formou konvexního epireliéfu.

VÝSKYT: Svrchní vrstevní plocha vrstvy č. 23.

Spirocircus cf. *bicornis* HEER, 1877

Tab. II, obr. 6

MATERIÁL: Jeden jedinec

Popis: Jednoduchý, horizontální, 0,6 – 1 cm široký, přibližně 20 cm dlouhý silně meandrující tunel zachovaný uvnitř vrstvy ve formě plného reliéfu. Je možné, že jeho součástí byla alespoň část spirály, která je pro tento ichnotaxon charakteristická. To však nelze vzhledem k neúplnému zachování ani potvrdit ani vyvrátit.

Výskyt: Zaznamenán ve vrstvě č. 6.

Teichichnus SAILACHER, 1962

Teichichnus ichnosp.

Tab. VI, obr. 10; tab. VII, obr. 1 – 4

MATERIÁL: Více než 30 jedinců.

POPIS: Vertikální spreiten struktura tvořená soustavou hladkých, zploštělých, horizontálních případně subhorizontálních tunelů, jejichž seříznutím při následném pohybu původce vznikají charakteristické žlabovité struktury. Ty se místy nepravidelně větví pod ostrým úhlem. Ve většině případů se jedná o retrusivní spreiten strukturu (svrchní tunel je mladší nežli spodní,

tvorba tunelů probíhala směrem vzhůru). Méně často se podařilo najít spreiten strukturu protrusivní. Počet tunelů je velmi variabilní – od tří až po více než 10. Šířka je taktéž velmi proměnlivá a pohybuje se přibližně v rozmezí 1 – 3 cm. Délka dosahuje i více než 50 cm. Vyskytuje se jak uvnitř vrstev, tak i na spodních i svrchních vrstevních plochách. Velmi často dochází k pronikání do podložních vrstev.

POZNÁMKY: Podle Mikuláše (1997a) se jedná o potravní stopy.

VÝSKYT: Zaznamenán ve vrstvách č. 1, 2, 4, 6-10, 16, 18 a 20-26.

Thalassinoides EHRENBERG, 1944

Thalassinoides ichnosp.

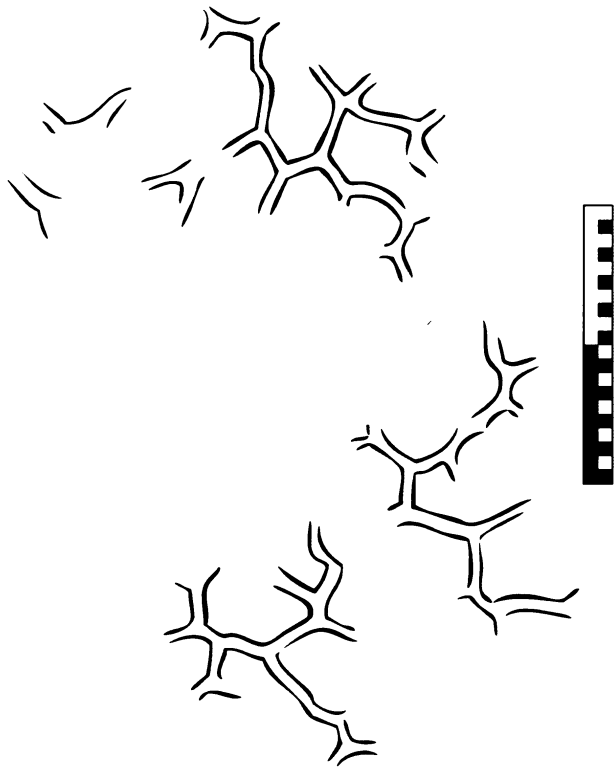
Tab. V, obr. 6, 7

MATERIÁL: 5 různě velkých fragmentů sítě.

POPIS: Síť horizontálních zploštělých tunelů vytvářející pravidelnou pětiúhelníkovou až šestiúhelníkovou síť vyvinutou v plném reliéfu uvnitř vrstev přibližně 1 – 2 cm pod svrchní vrstevní plochou. Tunely jsou 7 – 10 mm široké, hladké případně místy nepravidelně podélně rýhované. Šestiúhelníková síť je tvořena poměrně pravidelným větvením tunelů ve tvaru písmene Y většinou po každých 3 – 5 cm. Největší nalezený fragmentu sítě ve vrstvě č. 1 dosahuje rozměrů 60 x 40 cm.

POZNÁMKY: Podle Mikuláše (1997a) se pravděpodobně jedná o kombinované obytné a užitkové stopy. Cherns et. al. (2006) uvádí nález asaphidních trilobitů v tunelovém systému ichnorodu *Thalassinoides* z karbonátového prostředí středního ordoviku ze Švédska a pokládá je za původce této stopy.

VÝSKYT: Zaznamenán ve vrstvách č. 1, 2 a 4.



Obr. 10 Schématický nákres části systému ichnofosilie *Thalassinoides* zachovaného ve vrstvě č. 1. Délka měřítka je 20 cm s dělením stupnice po 1 cm.

Zoophycos MASSALONGO, 1855

Zoophycos ichnosp.

Tab. I, obr. 1; tab. VII, obr. 4; tab. VIII, obr. 1 – 7; tab. IX, obr. 1 – 9

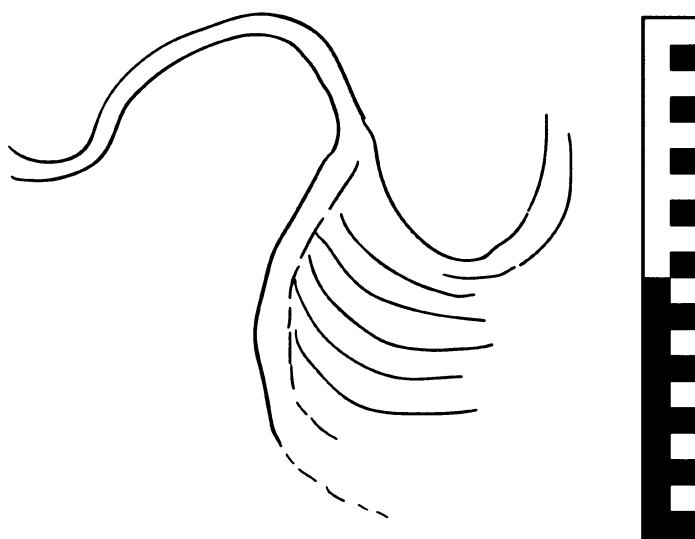
MATERIÁL: Více než 100 jedinců v různých stádiích vývoje.

POPIS: Horizontální případně subhorizontální spreiten struktury různých tvarů i velikostí. Byly pozorovány jak jednodušší, pravděpodobně iniciální, tak i složitější formy spreiten struktur. Také bylo nalezeno přímé propojení mezi spreiten strukturami, které jsou pro ichnorod *Zoophycos* charakteristické, a jednoduchými přímými případně zahnutými až meandrujícími tunely, které z těchto struktur vybíhají. Jak spreiten struktury tak i tunely jsou zachovány uvnitř vrstev ve formě plného reliéfu. Spreiten struktury vznikají často rozšířením přírodního tunelu. Mohou mít formu pouhých naduření přírodního tunelu, případně mohou být vyvinuty do podoby velkých laločnatých forem. Spreiten struktury jsou tvořeny stejným materiálem jako

okolní hornina. Přívodní a obvodové tunely jsou v některých případech také vyplněny materiálem totožným s okolní horninou, ale v hojném množství byly nalezeny také tunely s kontrastní tmavou jílovitou výplní, které pak mají zploštělý charakter. Bylo nalezeno několik vzorků, které prokazují boční napojení spreiten struktur na tyto tunely. Nebyl nalezen žádný vzorek, který by poukázal na napojení spreiten struktur na vertikální struktury. *Zoophycos* se ve většině vrstev vyskytuje ve velmi hojném množství a často tvoří skoro až souvislé plochy. Velikostně je velmi variabilní. Jednoduché tunely mohou mít velmi proměnlivou šířku od 4 mm až po 2 cm. Spreiten struktury mohou být široké od několika málo centimetrů až přes 20 cm.

POZNÁMKY: Tunely s kontrastní výplní byly pravděpodobně trvalejšího charakteru a mohly být využívány opakovaně. Některé komponenty přiřazené do ichnorodu *Zoophycos* by mohly být klasifikovány odděleně jako *Planolites*, případně *Helminthopsis*. Do ichnorodu *Zoophycos* byly zařazeny proto, že přímo souvisí se spreiten strukturami vlastního ichnorodu *Zoophycos* a jsou tedy produktem stejného jedince. *Zoophycos* je nejhojněji zastoupenou ichnofosilií v zahořanském souvrství (Mikuláš 1990). Podle Mikuláše (1990) se jedná o potravní stopy.

VÝSKYT: Zaznamenán ve vrstvách č. 1, 2, 4-8, 10, 17-27.

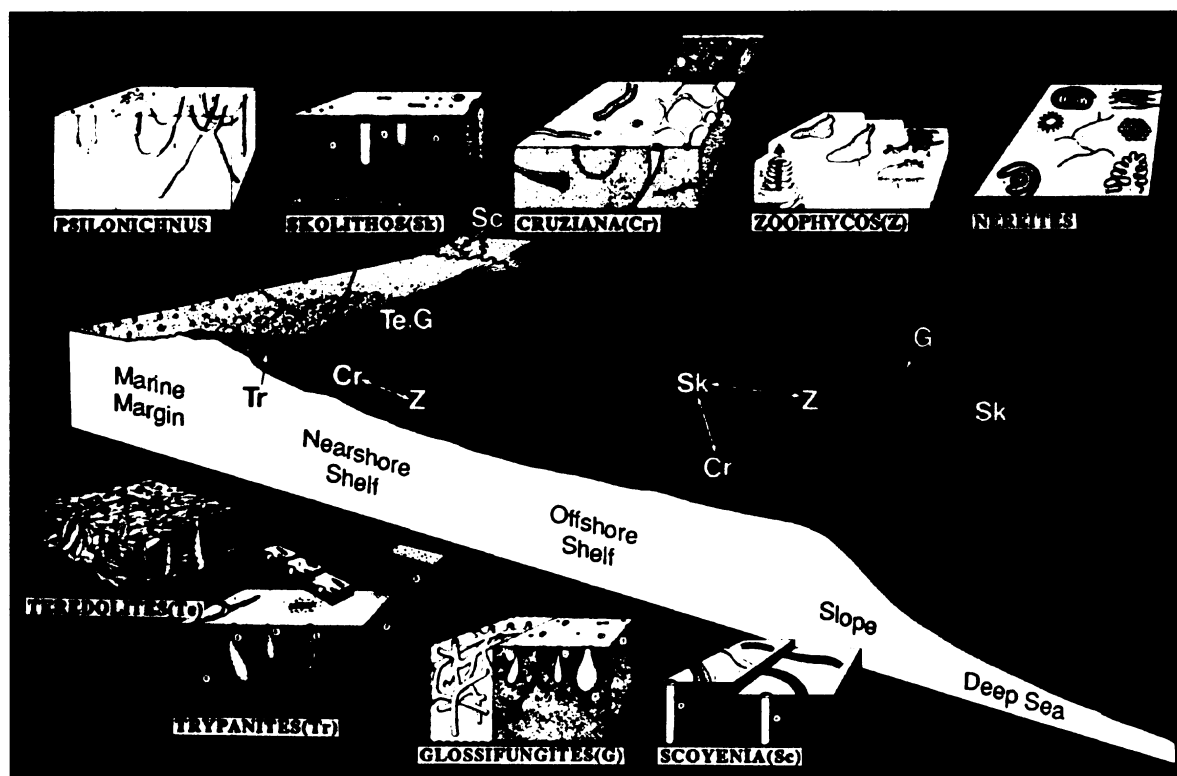


Obr. 11 Spreiten struktura ichnorodu *Zoophycos* s vybíhajícím tunelem. Schématický náčrt podle situace ve vrstvě č. 9. Délka měřítka je 20 cm s dělením stupnice po 1 cm.

Charakter ichnospolečenstva

Ichnospolečenstvo zaznamenané na lokalitě Loděnice – Vinice lze dle členění do ichnofacií podle Freye a Pembertona (1984) obecně zařadit do kruzianové ichnofacie. Do ní náležejí ichnorody *Arenicolites*, *Planolites*, *Teichichnus* a *Thalassinoides*. Na lokalitě se však také vyskytují dva zástupci zoofykové ichnofacie – *Zoophycos* a *Phycosiphon*, z toho první jmenovaný ve velmi hojném množství. *Zoophycos* je však, co se týče prostředí, velmi variabilní (Pek – Mikuláš 1996), a tak je přiřazení k zoofykové ichnofacii pouze na základě těchto ichnotaxonů sporné. Jedná se tedy spíše o kruzianovou ichnofacii s dobře vyvinutým zoofykovým tierem.

Na základě ichnofacií je možné nepřímo usuzovat na některé faktory prostředí. Kruzianová ichnofacie je podle Freye, Pembertona a Saunderse (1990) řazena do mělké oblasti šelfu (nad bází bouřkového vlnění), ale také do oblastí dále od březní linie se střední až relativně nižší energií prostředí.



Obr. 12 Zařazení ichnofacií do mořských prostředí. Podle Freye, Pembertona a Saunderse (1990)

Výplň ichnofosilií

U stop zachovaných v plném reliéfu je možné rozlišit dva typy výplně. Výplň může být buď shodná s okolní horninou a nebo je kontrastní a je tvořena tmavým jílovitým materiálem. Tento jev je možné dobře dokladovat na ichnorodu *Zoophycos*, který tvoří jak samostatné přívodní a obvodové horizontální až subhorizontální tunely tak i horizontální až subhorizontální spreiten struktury. Přívodní tunely jsou ve většině případů vyplněny kontrastním materiálem podobně jako některé obvodové tunely kolem spreiten struktur. Vlastní spreiten struktury ichnorodu *Zoophycos* jsou však vyplněny materiálem totožným s okolní horninou. Spreiten struktury vznikaly opakovaným prolézáním sedimentu soustavou těsně sousedících tunelů a je tedy velmi pravděpodobné, že vybudováním nového tunelu došlo k zahrnutí původního sousedícího tunelu. Tunely ve spreiten strukturách byly po svém vzniku rychle zahrnuty materiálem z těsného okolí. Přívodní a obvodové tunely vyplněné kontrastním materiálem byly pravděpodobně stálejšího charakteru a nelze vyloučit jejich opakované využití. Lze předpokládat jejich pasivní výplň kontrastním materiálem vytvořenou až po opuštění těchto tunelů. Z uvedených skutečností lze usuzovat že, aktivní výplň je tvořena stejným materiálem jako v okolní hornině a pasivní výplň tunelů s pravděpodobným opakovaným využitím je tvořena kontrastním materiálem. Zdroj kontrastního materiálu je nutné hledat v mezivrstevních spárách mezi vrstvami jemnozrnných pískovců, odkud byl v řadě případů ještě před usazením následující vrstvy erodován. Zachoval se jen v některých případech ve formě jílovitých lamin na bázi vrstev jemnozrnného pískovce. Na tomto základě je možné usuzovat na erozní bázi některých vrstev.

Kontrastní výplň se netýká jen ichnorodu *Zoophycos*. Byla pozorována i u zástupců ichnorodů *Arenicolites*, *Nereites* a *Polykladichnus*.

Intenzita bioturbace

Intenzita bioturbace byla stanovována formou indexu ichnostavby (ii) na základě stupnice publikované Droserovou a Bottjerem (1986) a charakterizuje stupeň bioturbace v jednotlivých vrstvách. Konkrétní hodnoty jsou uvedeny v popisu profilu, vývoj intenzity bioturbace ve studovaném sledu vrstev je přehledně vyneseno do schématického profilu.

Většina vrstev na lokalitě Loděnice – Vinice je kompletně bioturována a homogenizována (ii 6) a index ichnostavby následných projevů bioturbace zachovaných v rámci homogenizovaného sedimentu se ve většině případů pohybuje v rozmezí stupňů 2 až 3. Z tohoto důvodu také nejsou ve většině případů patrné primární sedimentární textury, což komplikuje možné interpretace sedimentárních podmínek.

Na základě intenzivní bioturbace s hojným výskytem potravních stop po prožírání substrátu (*Zoophycos*, *Teichichnus*) lze předpokládat, že jemnozrný pískovec byl alespoň v určitých obdobích v celé mocnosti velmi dobře prokysličený a zásobený živinami.

Sukcese jednotlivých ichnotaxonů

V rámci některých ichnotaxonů, které byly na lokalitě Loděnice – Vinice zaznamenány je možné na základě jejich vzájemného protínání stanovit posloupnost jejich vzniku. Během výzkumu byl detailně sledován i vzájemný vztah jednotlivých ichnotaxonů, který se však podařilo zdokumentovat jen u zlomku nalezených ichnorodů. U ostatních nebylo protínání zjištěno a nebo nebylo pro stanovení sukcese považováno za signifikantní.

Výsledky jsou shrnuty v tabulce č. 1. Tabulka je rozdělena na tři sloupce. Ichnodruhy označené červenou barvou v prvním sloupci jsou nejstarší, ichnodruhy označené v posledním sloupci jsou nejmladší.

<i>Bifungites</i>			
<i>Nereites</i>			
<i>Teichichnus</i>			
<i>Thalassionoides</i>			
<i>Zoophycos</i>			

Tab. 1 Posloupnost vzniku jednotlivých ichnotaxonů zjištěná na lokalitě Loděnice – Vinice

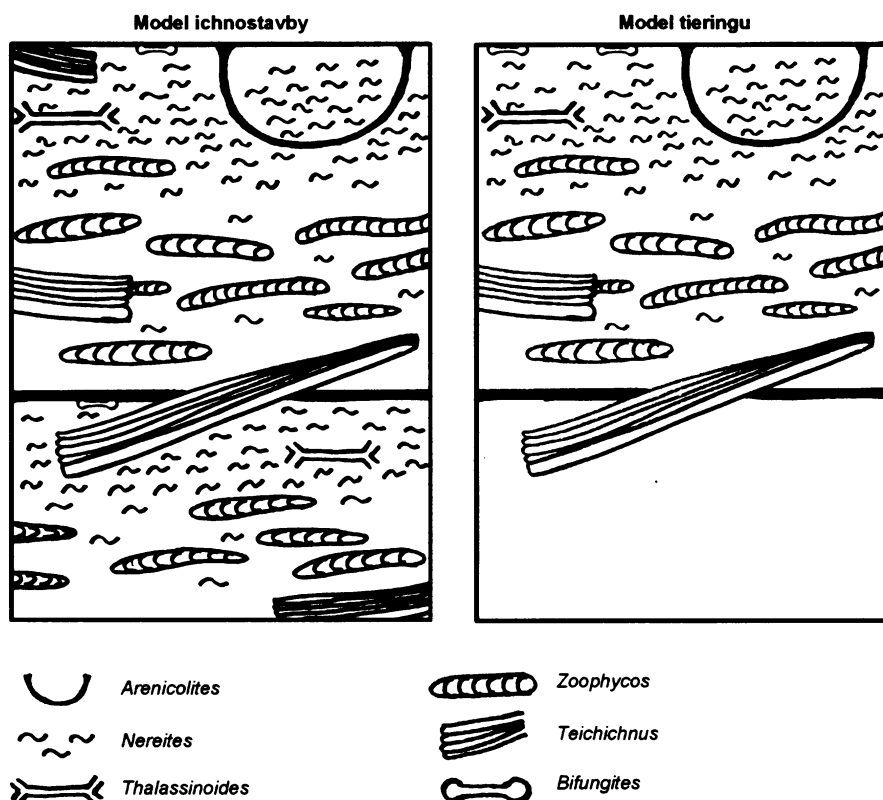
Z výsledků výzkumů jednoznačně plyne, že jako poslední vznikaly vertikální spreiten struktury klasifikované jako *Teichichnus*, které protínají ostatní ichnotaxony. Konkrétní určení další posloupnosti je již problematické, protože existuje více možných kombinací.

Hloubkový rozsah jednotlivých ichnotaxonů

U některých ichnotaxonů bylo možné sledovat hloubkový rozsah jejich výskytu zachovaný v substrátu v rámci jednotlivých vrstev. Na základě skutečností zjištěných při terénních pracích je možné vyvozovat závěry ohledně hloubkové diverzifikace jednotlivých ichnotaxonů – tzv. tieringu.

Model ichnostavby představuje generalizovaný pohled na ichnostavby, tak jak jsou v profilu zachovány. Model tieringu (hloubkového rozsahu jednotlivých ichnotaxonů) pak představuje rozsah ichnotaxonů pouze v určitém okamžiku. Model ichnostavby je tedy časově kumulativní, model tieringu charakterizuje hloubkové rozložení ichnotaxonů v určitém časovém řezu.

Na studované lokalitě jsou si oba modely dosti podobné. Do starších vrstev zasahuje pouze ichnorod *Teichichnus*. U ostatních ichnotaxonů nebyl prokázán přechod do podložních vrstev. Zbylé ichnotaxy jsou tedy omezeny jen na poslední usazenou vrstvu.



Obr. 13 Generalizovaný model ichnostavby a model tieringu na lokalitě Loděnice - Vinice

Sedimentační poměry

Vrstevní sled je tvořen zejména jemnozrnnými pískovci, které jsou ve většině případů kompletně postiženy bioturbací a primární sedimentární textury tak nejsou až na výjimky zachovány. Na bázi některých vrstev jsou zachovány tmavé jílovité laminy.

Sedimentace měla pravděpodobně epizodický charakter, kdy v určitých obdobích docházelo k jednorázové sedimentaci vrstev jemnozrnných pískovců. V mezidobích mezi sedimentací pískovcových vrstev docházelo k sedimentaci tmavého jemnozrnného materiálu. O řídicím mechanismu, který spouštěl sedimentaci pískovcových vrstev lze jen spekulovat. Mohlo se jednat například o bouřkové události, které přinášely hrubší materiál z vyšších oblastí pánve.

Velmi pravděpodobná je také částečná eroze některých vrstev, pro kterou svědčí výskyt podpovrchových ichnofosilií na povrchu stávajících svrchních vrstevních ploch a nápadně ostré hranice mezi kompletně bioturbovanou a nebioturbovanou částí některých vrstev. Částečnou erozí lze také vysvětlit zdroj kontrastní výplně některých ichnofosilií, kdy mezi některými vrstvami není tento materiál zachován, protože byl erodován.

Ve svrchní části vrstvy č. 12 byly také zaznamenány proudové čeřiny, jejichž hřbety byly pravděpodobně přepracovány vlněním. Na základě tohoto zjištění lze lokalitu zařadit do poměrně mělkého prostředí nad bázi bouřkového vlnění. Je pravděpodobné, že sedimentace probíhala v hloubce prvních desítek metrů pod hladinou moře. Samotné proudové čeřiny, které jsou často vzájemně erodované rovněž svědčí o vysoké energii během usazování této vrstvy, vyvolané například velmi intenzivní bouří.

Ze sedimentologického hlediska je také velice zajímavý společný výskyt povrchových a podpovrchových ichnofosilií na stávajících vrstevních plochách. Toto lze vysvětlit tak, že po usazení vrstvy došlo ke vzniku povrchových stop a následně docházelo k usazování jílovitého materiálu, který vrstvu překryl a na povrchu vrstvy tak mohly vzniknout podpovrchové stopy.

Následně mohla být jílovitá vrstva erodována a zůstal zachován povrch se společným výskytem povrchových a podpovrchových stop. Vzhledem k omezenému množství údajů však nelze vyloučit i jiné způsoby vzniku tohoto jevu.

Za současného stavu znalostí nelze ani usuzovat na rychlost sedimentačních procesů na lokalitě Loděnice – Vinice. Je sice velmi pravděpodobný jednorázový vznik pískovcových vrstev, nicméně těžko lze usuzovat na případné periody jejich vzniku a na délku mezidobí, kdy probíhala sedimentace jemnozrného materiálu. Ani na základě dosavadního studia ichnofosilií není za současného stavu možné usuzovat na délku osídlení intenzivně bioturbovaných vrstev jemnozrného pískovce.

Shrnutí a diskuze

Lokalita Loděnice – Vinice se v době sedimentace zahořanského souvrství nacházela v poměrně mělkém a spíše klidnějším mořském prostředí. Epizodickým způsobem docházelo k sedimentaci vrstev jemnozrného pískovce, jehož zdroj můžeme hledat v mělčích částech pánve. Vzhledem ke kompletní a intenzivní bioturbaci většiny pískovcových vrstev a hojnému zastoupení stop po prožírání substrátu lze předpokládat, že tyto vrstvy byly bohaté na živiny a byly dobře prokysličené. Ojedinele docházelo i k výraznějším sedimentačním událostem v prostředí s vysokou energií. Velmi častá též byla mělká eroze. V mezidobí mezi výraznými sedimentačními, případně erozními událostmi docházelo k sedimentaci tmavého jílovitého materiálu v klidném prostředí.

Na základě studia sedimentárních textur a petrografického složení vrstev je možné usuzovat na povětšinu času klidné prostředí s epizodickými projevy sedimentace a eroze v hloubce pod bází běžného vlnění a nad bází bouřkového vlnění. Hloubku lze odhadnout v řádu prvních desítek metrů. Ichnologický záznam není s tímto závěrem nijak v rozporu, spíše poukazuje na prostředí s převládající nízkou energií. Pravděpodobně se tedy jednalo o mělký, klidnou část pánve chráněnou před mořským prouděním v relativní blízkosti pobřeží, případně nějaké elevace. Lze tedy potvrdit závěry Mikuláše (1999), který řadí lokalitu do blízkosti elevační zóny s vlivem nejsilnějších bouří.

Závěr

Byla podrobně studována lokalita Loděnice – Vinice v zahořanském souvrství svrchního ordoviku pražské pánve. Výzkum byl zaměřen zejména na studium ichnofosilií a ichnostaveb, které jsou na této lokalitě zachovány ve zcela výjimečné formě co se týče hojnosti a komplexnosti zachování celého ichnospolečenstva. Dále byly sledovány i některé sedimentologické aspekty.

V současné době se jedná o unikátní výzkum spočívající v komplexní dokumentaci takto zachovaných ichnostaveb ve spodním paleozoiku. Práce poukázala na značný význam studované lokality z mezinárodního hlediska. Výzkum přinesl nové poznatky o spodnopaleozoických ichnostavbách v mělkovodním mořském prostředí (L. Buatois, osobní komunikace).

Byl sestaven profil východní souvislejší části odkryvů v nejvyšší části vinice včetně ichnologické charakteristiky jednotlivých vrstev. Na vybraných vrstvách bylo provedeno podrobné ichnologické snímkování, které přehledně zachycuje konfiguraci ichnostavby na svrchních vrstevních plochách. Systematicky byly charakterizovány jednotlivé ichnotaxony, které se na lokalitě podařilo identifikovat. U některých ichnotaxonů se podařilo rozšířit či zpřesnit jejich charakteristiku. Na základě získaných dat bylo možné učinit závěry o sedimentačním podmínkách a charakteru prostředí na této lokalitě v době sedimentace zahořanského souvrství.

Samozřejmě se nepodařilo zodpovědět všechny otázky a vyvstaly také některé nové problémy, které bude potřeba v budoucnu objasnit dalším studiem. Otevřenou zůstává otázka konkrétního propojení mezi stopami a jejich původci. Také nebylo dosud možné ozřejmit kombinace některých ichnologických a sedimentologických aspektů.

Literatura

BOUČEK, B. 1928. O vrstvách zahořanských – de českého ordoviku. *Rozpravy České akademie věd a umění, Třída II, 30(33)*, 1-60.

COOPER, R.A., NOWLAN, G.S., & WILLIAMS, S.H. 2001. Global Stratotype Section and Point for base of the Ordovician System. *Episodes 24(1)*, 19-28.

DAM, G. 1990. Taxonomy of trace fossils from the shallow marine Lower Jurassic Neill Klint Formation, East Greenland. *Bulletin of the Geological Society of Denmark 38*, 119-144.

DROSER, M.L. & BOTTJER, D.J. 1986. A semiquantitative field classification of ichnofabric. *Journal of Sedimentary Research 56(4)*, 558-559.

FREY R.W. & PEMBERTON S.G. 1984. Trace fossils facies models, 189-207. In WALKER B.G. (ed.) *Facies models*. Geoscience Canada.

FREY, R.W., PEMBERTON, S.G. & SAUNDERS, T.D.A. 1990. Ichnofacies and Bathymetry: A Passive Relationship. *Journal of Paleontology 64(1)*, 155-158.

HÄNTZSCHEL, W. 1975. Trace fossils and problematica. In: TEICHERT C. (ed.): *Treatise on Invertebrate Paleontology, Part W (Miscellanea), suppl. 1*. University of Kansas and Geological Society of America, Boulder, Colorado, and Lawrence. Kansas.

HAVLÍČEK, V. 1981. Development of a linear sedimentary depression exemplified by the Prague Basin (Ordovician-Middle Devonian; Barrandian area – Central Bohemia). *Sborník geologických věd, Geologie 35*, 7-48.

HAVLÍČEK, V. 1982. Ordovician in Bohemia: Development of the Prague Basin and its benthic communities. *Sborník geologických věd, Geologie 37*, 103-136

HAVLÍČEK, V. 1992. Pražská pánev, Ordovik, 56-116. In CHLUPÁČ, I. et. al. *Paleozoikum Barrandienu (kambrium – devon)*. Český geologický ústav, Praha.

HAVLÍČEK, V. 1998. Prague Basin, Ordovician, 39-79. In CHLUPÁČ, I. et. al. 1998. *Palaeozoic of the Barrandian (Cambrian to Devonian)*. Český geologický ústav, Praha.

HAVLÍČEK, V. & FATKA, O. 1992. Ordovician of the Prague Basin (Barrandian area, Czechoslovakia), 461-472. In WEBBY & LAURIE (eds) *Global Perspectives on Ordovician Geology*. Balkema, Rotterdam.

HAVLÍČEK, V., HORNÝ, R., CHLUPÁČ, I. & ŠNAJDR, M. 1958. *Průvodce ke geologickým exkursím do Barrandienu*. Nakladatelství ČSAV, Praha.

HAVLÍČEK, V. & MAREK, L. 1973. Bohemian Ordovician and its international correlation. *Časopis pro mineralogii a geologii* 18(3), 225-232.

HAVLÍČEK, V. & ŠTORCH, J. 1990. Storm sandstones and benthic fauna in the Zahořany Formation in Prague (Upper Ordovician, Czechoslovakia). *Věstník ústředního ústavu geologického* 65, 167-172.

HAVLÍČEK, V. & VANĚK, J. 1966. The biostratigraphy of the Ordovician of Bohemia. *Sborník geologických věd, Paleontologie* 8, 7-69.

CHERNS, L., WHEELLEY, J.R. & KARIS, L. 2006. Tunneling trilobites: Habitual infaunalism in an Ordovician carbonate seafloor. *Geology* 34(8), 657-660.

CHLUPÁČ, I. HAVLÍČEK, V., KRÍŽ, J., KUKAL, Z., & ŠTORCH, P. 1992. *Paleozoikum Barrandienu (kambrium – devon)*. Český geologický ústav, Praha.

CHLUPÁČ, I. HAVLÍČEK, V., KRÍŽ, J., KUKAL, Z., & ŠTORCH, P. 1998. *Palaeozoic of the Barrandian (Cambrian to Devonian)*. Český geologický ústav, Praha.

CHLUPÁČ, I. & KUKAL, Z. 1988. Possible global events and the stratigraphy of the Paleozoic of the Barrandian (Cambrian-Middle Devonian, Czechoslovakia). *Sborník geologických věd, Geologie* 43, 83-146.

CHLUPÁČ, I. a kolektiv. 2002. *Geologická minulost České republiky*. 436 pp. Academia. Praha.

CHLUPÁČ, I. & ŠTORCH, P. (eds) 1992. Regionálně geologické dělení Českého masívu na území České republiky. *Časopis pro mineralogii a geologii* 37(4), 257-275.

KETTNER, R. & PRANTL, F. 1948. Nové rozdělení a návrh jednotného značení vrstev střeodočeského ordoviku. *Věstník státního geologického ústavu Československé republiky* 23, 49-68.

KRAFT, P. & FATKA, O. (eds) 1999: „*Quo Vadis Ordovician?*“. *Acta Universitatis Carolinae - Geologica*, 43.

KREJČÍ, J. 1877. *Geologie čili nauka o útvarech zemských se zvláštním ohledem na krajiny československé*. Praha.

KUKAL, Z. 1960. Petrografický výzkum vrstev chlustinských barrandienského ordoviku. *Sborník ústředního ústavu geologického, Oddělení geologie* 26(1), 359-391.

KUKAL, Z. 1963a. Sedimentární textury barrandienského ordoviku. *Rozpravy Československé akademie věd, Řada matematická a přírodovědná* 73(2), 1-94.

KUKAL, Z. 1963b. Výsledky sedimentologických výzkumů barrandienského ordoviku. *Sborník geologických věd, Geologie* 1, 103-137.

KUKAL, Z. 1985. *Vývoj sedimentů Českého masívu*. 223 pp. Ústřední ústav geologický. Praha.

LIPOLD, M.V. & KREJČÍ, J. 1860. *In Vehrhandlungen des k. k. Geologische Reichsanstalt, Sitzungsbericht vom 24. April*, 88-91. Wien.

MAREK, L. 1967. The class hyolitha in the Caradoc of Bohemia. *Sborník geologických věd, Paleontologie* 9, 51-113.

MIKULÁŠ, R. 1990. Trace fossil from the Zahořany Formation (Upper Ordovician, Bohemia). *Acta Universitatis Carolinae, Geologica* 3, 307-335.

MIKULÁŠ, R. 1997a. Distributional patterns of Upper Berounian (Upper Caradocian) benthic shelly fauna communities and ichnoassemblages – ‚Loděnice-vineyard‘, 26-28. *In* Čerchan, P. & Hladil, J. (eds) *UNESCO – IGCP Project 335 „Biotic recoveries from mass extinctions“*. *Final conference recoveries '97, Field Trip Book*.

MIKULÁŠ, R. 1997b. Proudem orientované hlavové štíty trilobita *Dalmanitina proaeva* (Emmr.) na lokalitě Loděnice – vinice (zahořanském souvrství, ordovik Barrandienu). *Zprávy o geologických výzkumech v roce 1997*, 102-103.

MIKULÁŠ, R. 1998. Ordovician of the Barrandian area: Reconstruction of the sedimentary basin, its benthic communities and ichnoassemblages. *Journal of the Czech Geological Society* 43(3), 143-159.

MIKULÁŠ, R. 1999. Loděnice – vineyard, 39. In KRAFT, J., KRAFT, P. & FATKA, O. *Excursion guide Barrandian*. Západočeské muzeum v Plzni, Plzeň.

PEK, I. & MIKULÁŠ, R. 1996. *Úvod do studia fosilních stop*. Práce českého geologického ústavu č. 6. Český geologický ústav, Praha

SPIELDNAES, N. 1961. Ordovician climatic zones. *Norsk. geol. Tidsskr.* 41, 45-77.

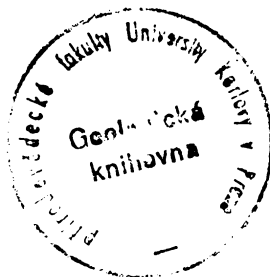
ŠUF, J. & PRANTL, F. 1946. Příspěvek k poznání geologické stavby mezi Berounem a Prahou. *Věstník státního geologického ústavu* 21, 42-69.

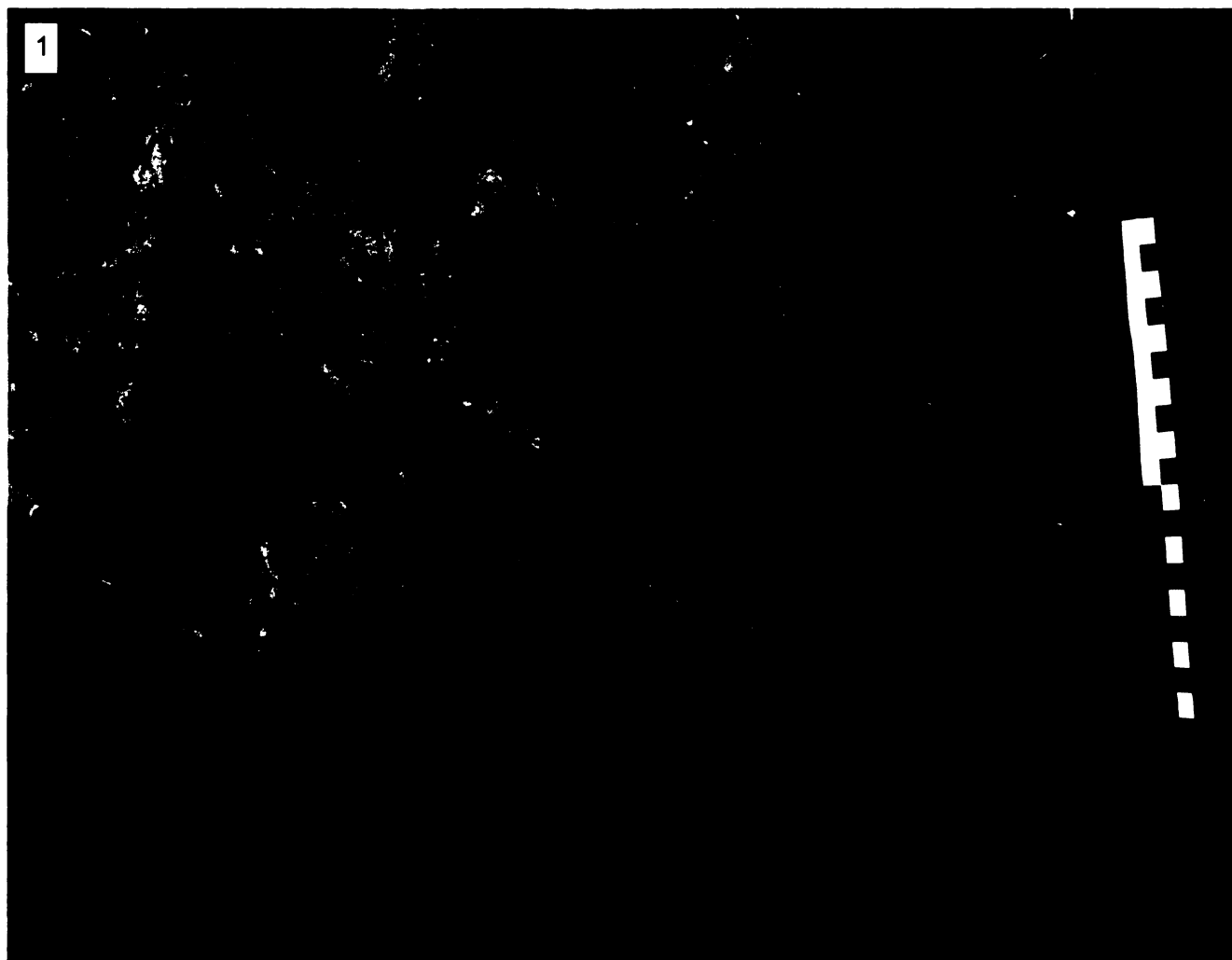
UCHMAN, A. & MIKULÁŠ, R. 2002. Krátký kurz studia fosilních stop. Olomouc 10 - 12. 4. 2002. MS.

Tabule

Veškerý dokumentovaný materiál pochází z lokality Loděnice – Vinice. Jedná se o snímky sebraného materiálu a o terénní snímky ichnofosilií, které byly ponechány na lokalitě. Pokud není dále u jednotlivých snímků uvedeno jinak, jedná se o sebraný materiál. Exempláře uvedené na tabulích, které byly na lokalitě sebrány jsou v současné době dostupné u autora. Do budoucna se předpokládá předání materiálu do veřejných sbírek.

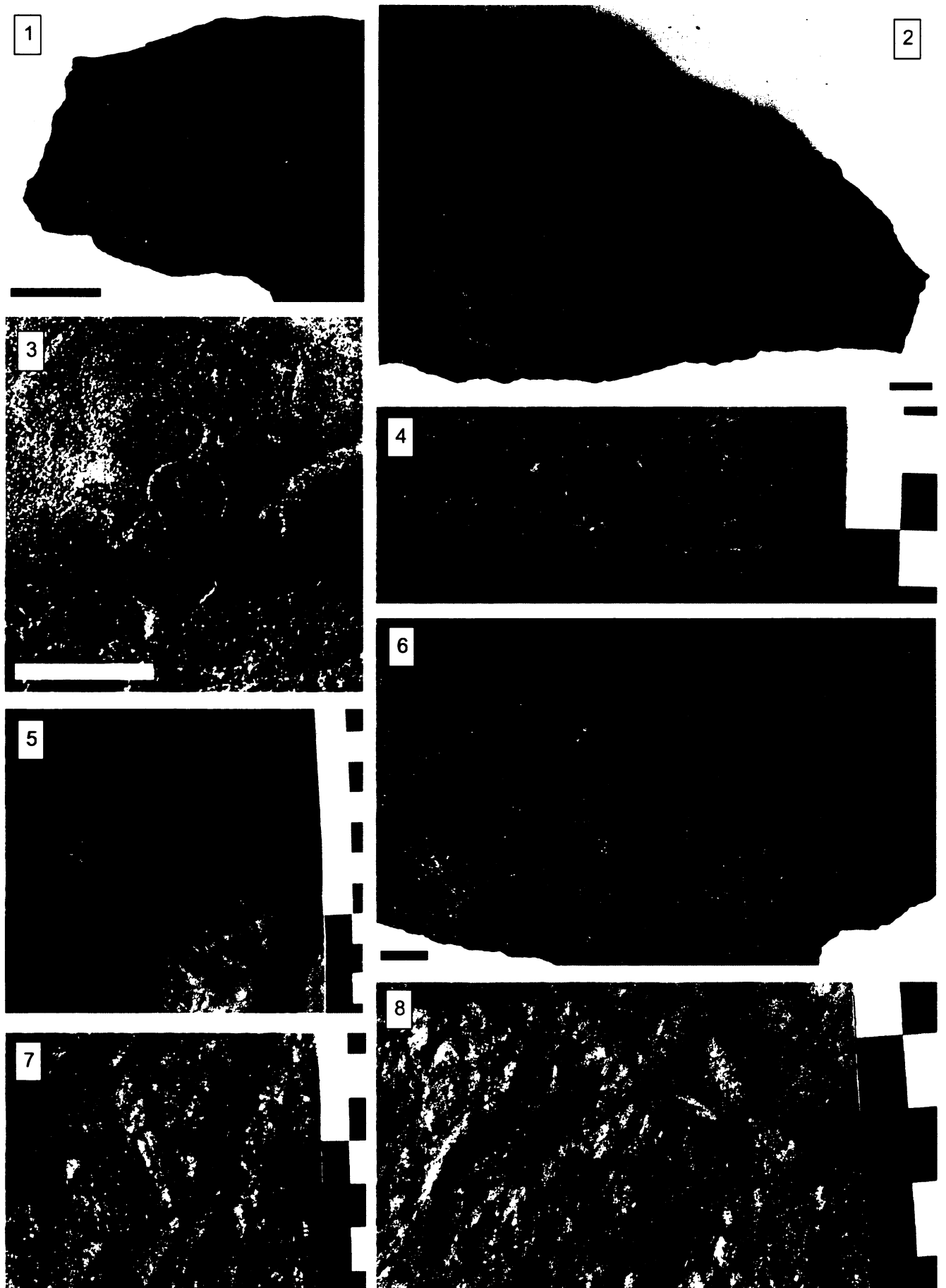
Měřítka je u snímků uvedeno formou bílé nebo černé úsečky o délce 1 cm (pokud není přímo u úsečky uvedeno jinak). U většiny terénních snímků je pak na snímku zachyceno terénní měřítko dlouhé 20 cm s dělením po 1 cm.





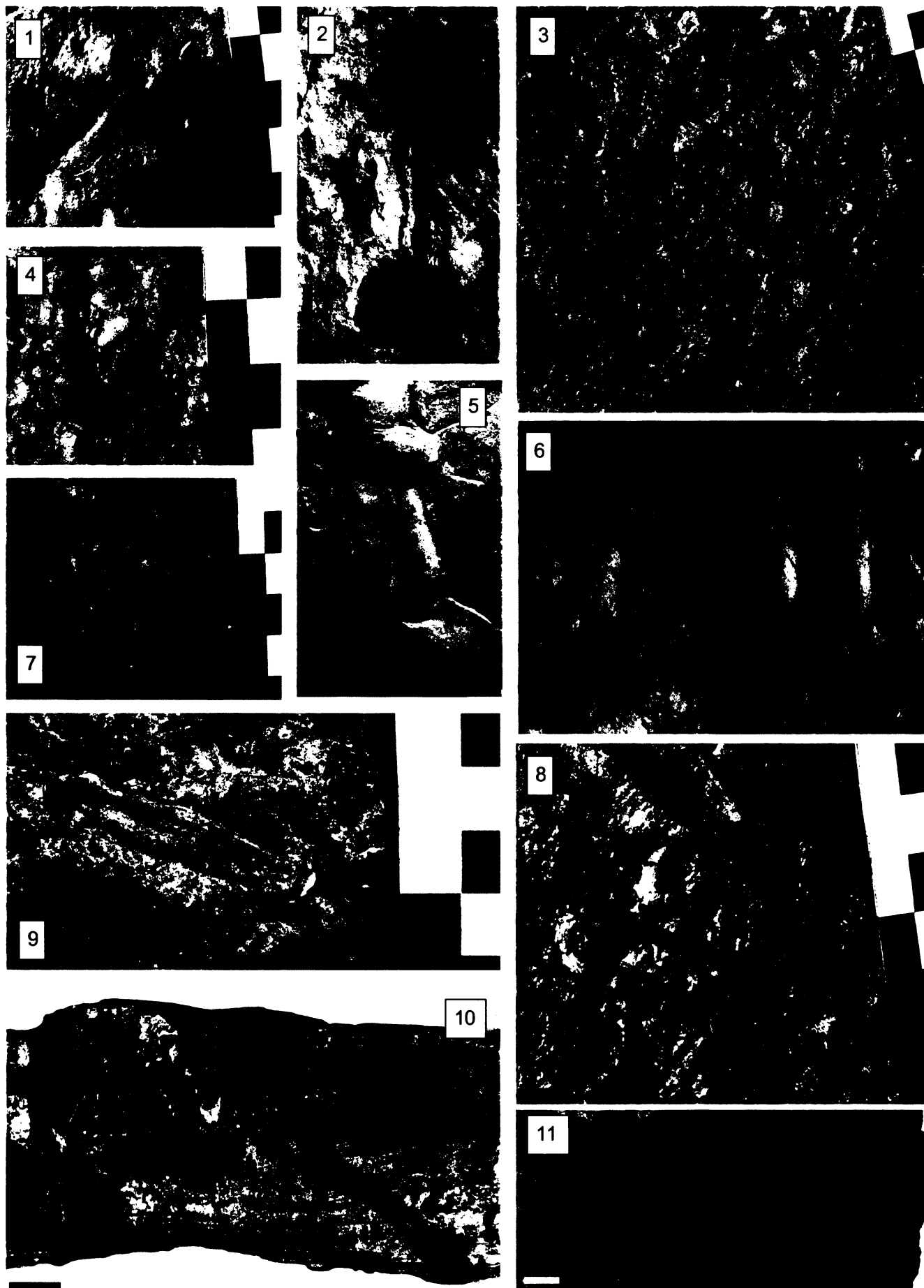
1: Zoofykový tier uvnitř velkého bloku vrstvy ze sutí; terénní snímek.

2: Svrchní vrstevní plocha č. 1 s drobnou nereitovou ichnostavbou, dvěma jedinci ichnorodu *Bifungites* a dvěma cephalony trilobitů rodů *Dalmanitina* a *Marrholithus*; terénní snímek.



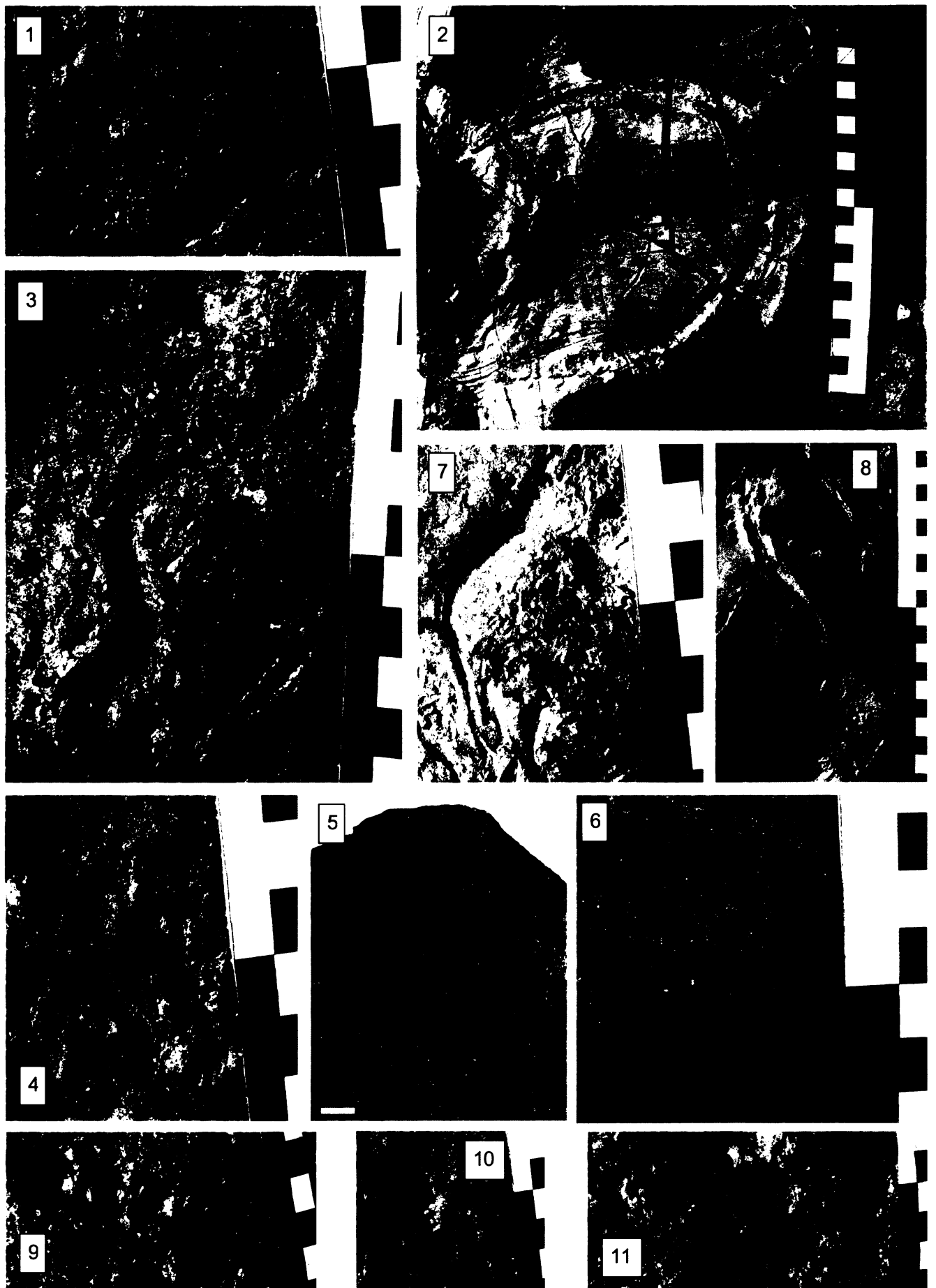
1: *Arenicolites* ichnosp.; vrstva č. 6. 2: *Scolicia* ichnosp.; vrstva č. 6. 3: *Gordia* ichnosp.; svrchní vrstevní plocha č. 12; terénní snímek. 4: *Didymaulichnus* ichnosp.; svrchní vrstevní plocha č. 1; terénní snímek. 5: Intenzivní blíže nerozlišená bioturbace na svrchní vrstevní ploše č. 12; terénní snímek. 6: *Spirophycus* cf. *Bicornis* HEER, 1877; vrstva č. 6. 7: *Palaeophycus* cf. *tubularis* HALL, 1847; svrchní vrstevní plocha č. 23; terénní snímek. 8: *Spirophycus* ichnosp.; svrchní vrstevní plocha č. 23; terénní snímek.

Tabule III



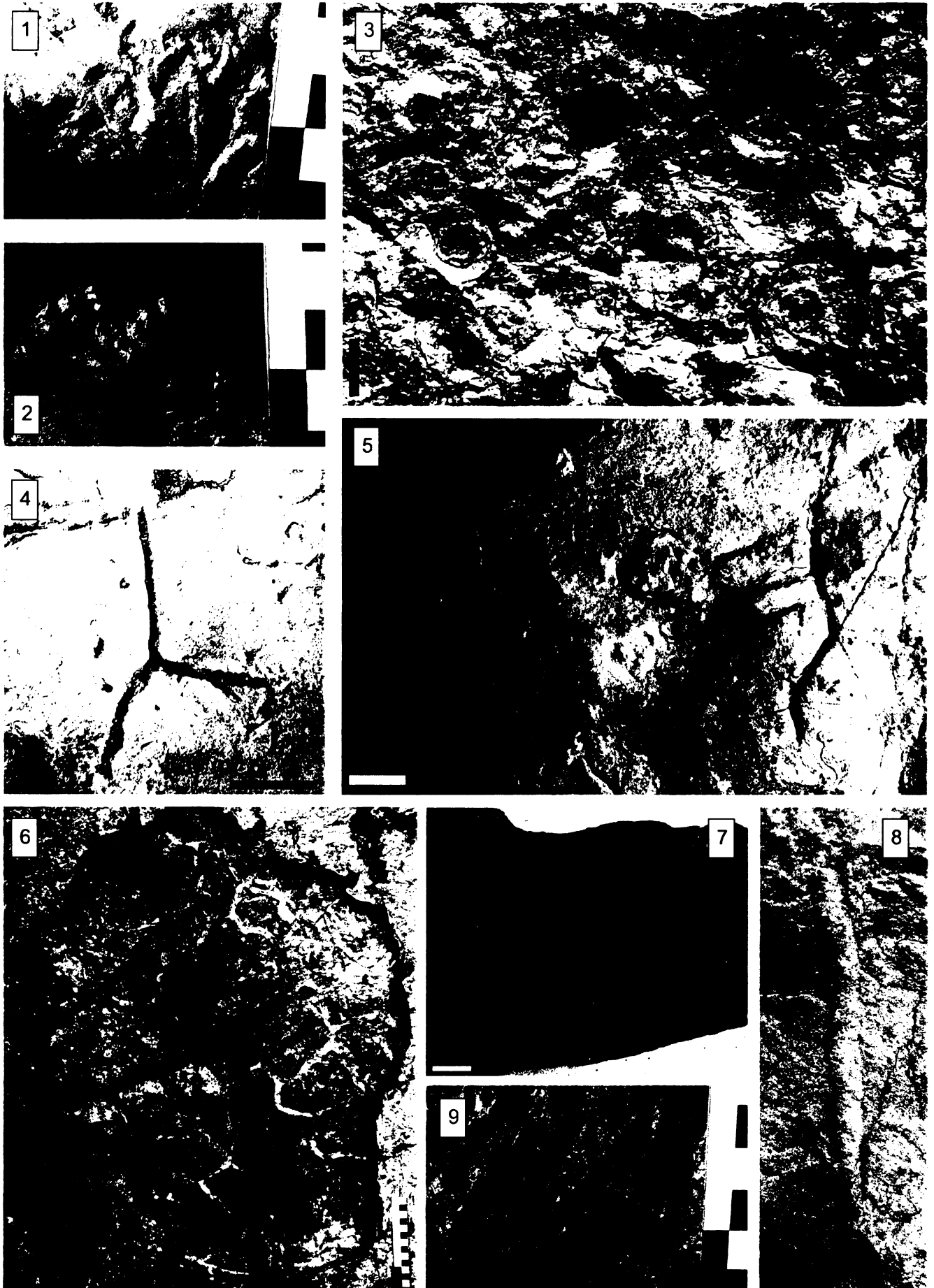
1 – 9: *Bifungites fezzanensis* DESIO, 1940. 1 – svrchní vrstevní plocha č. 12; 2 – báze vrstvy č. 26; 3, 4, 6, 7, 8 – svrchní vrstevní plocha č. 23; 5 – báze vrstvy č. 16; 9 – svrchní vrstevní plocha č. 1. Terénní smítky: 1, 3, 4, 7, 8 a 9. 10: *Polykladichnus* ichnosp.; vrstva č. 13. 11: *Nereites* ichnosp.; vrstva č. 2.

Tabule IV



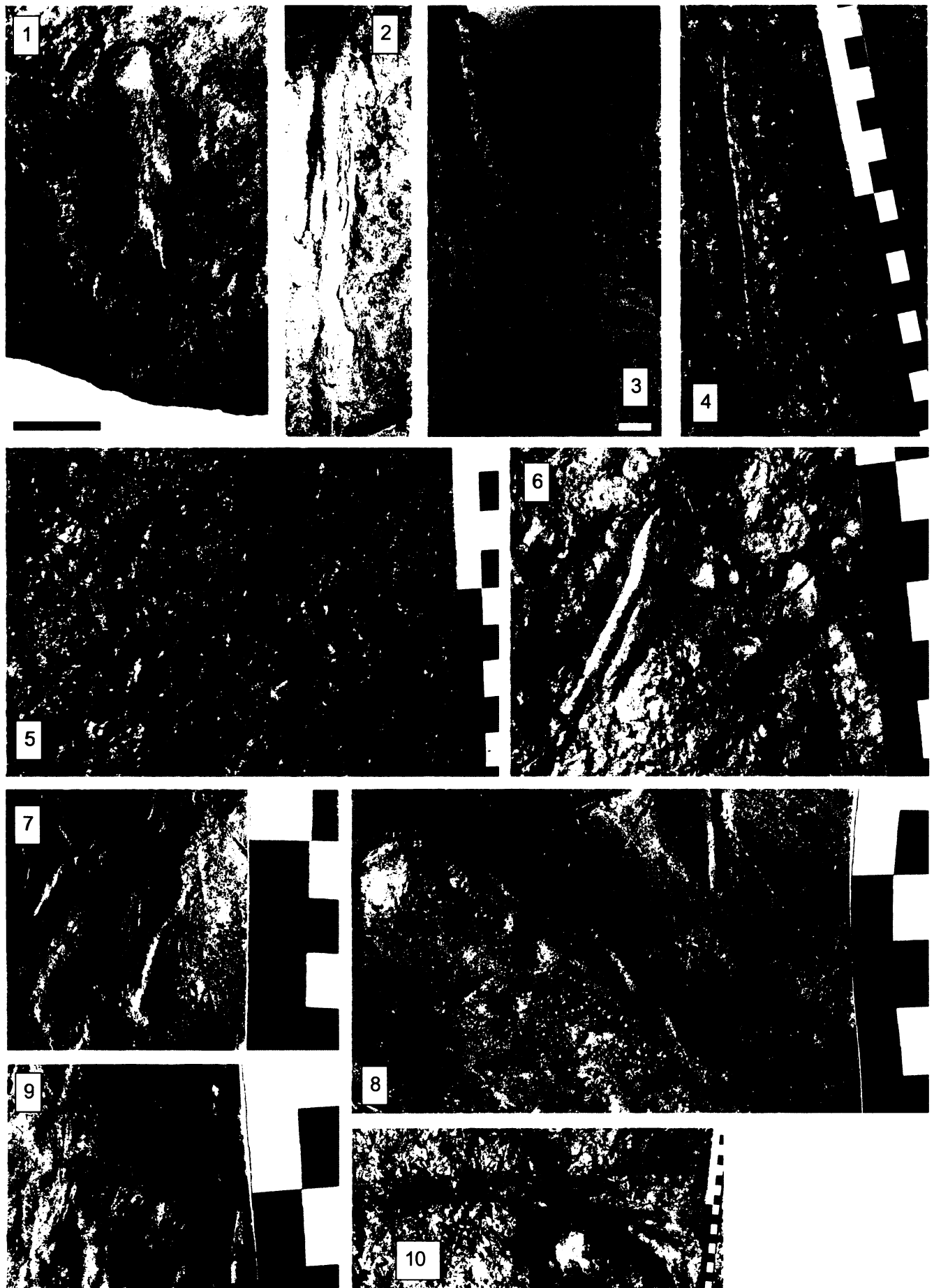
1 – 5: *Nereites* ichnosp. 1, 4 – svrchní vrstevní plocha č. 8, terénní snímky; 2, 3 – svrchní vrstevní plocha č. 12, terénní snímky; 5 – vrstva č. 24. 6: Drobná nereitová ichnostavba na svrchní vrstevní ploše č. 1, terénní snímek. 7 – 8: *Helminthopsis* ichnosp., terénní snímky 7 – svrchní vrstevní plocha č. 1; 8 – svrchní vrstevní plocha č. 12. 9 – 11: *Jamesonichnites* ichnosp.; svrchní vrstevní plocha č. 23, terénní snímky.

Tabule V

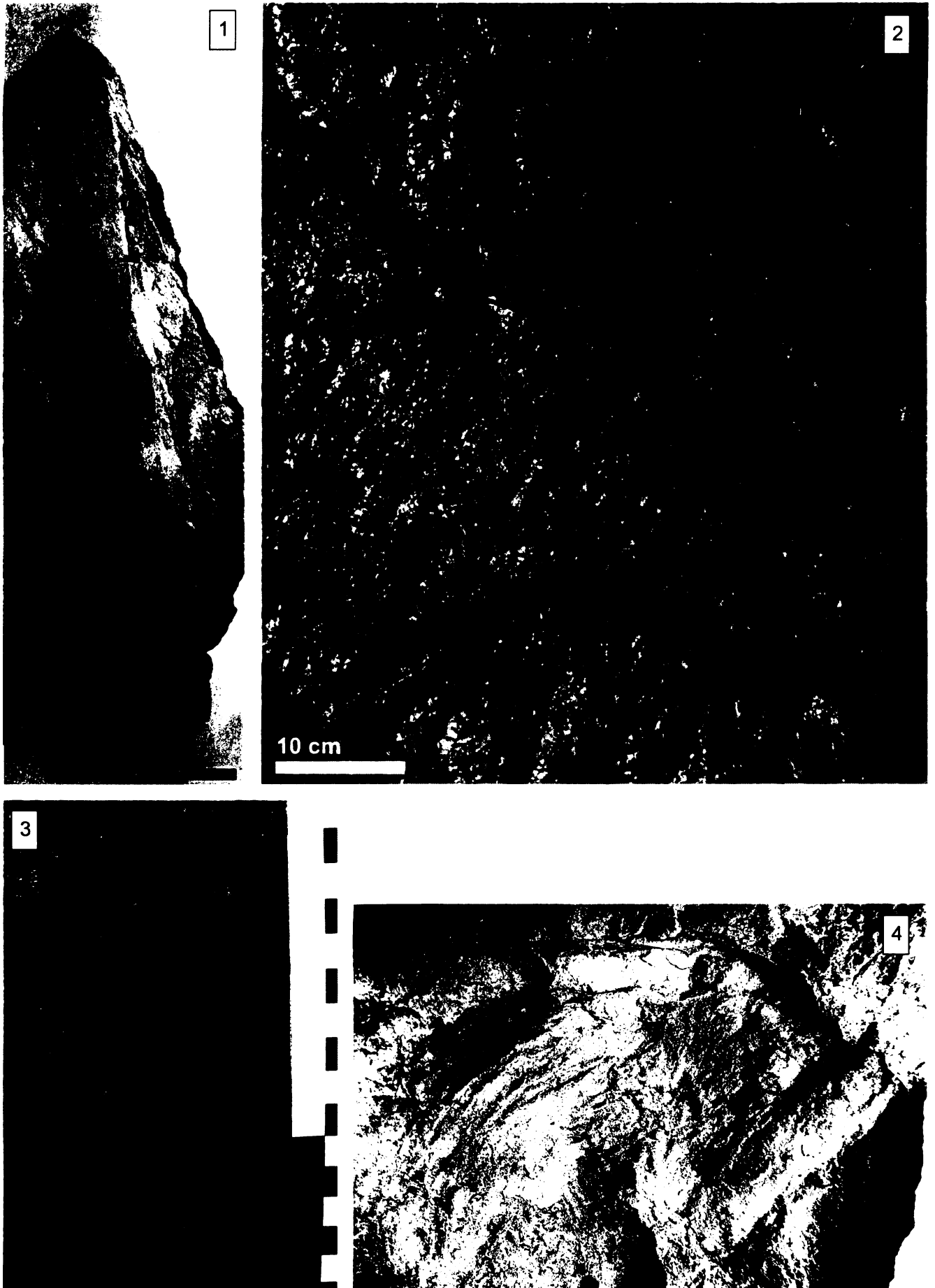


1 – 2: *Phycosiphon* ichnosp.; svrchní vrstevní plocha č. 12, terénní snímky. 3: *Jamesonichnites* ichnosp.; svrchní vrstevní plocha č. 25. 4 – 5: *Megagraption* ichnosp. 4 – svrchní vrstevní plocha č. 1; 5 – báze vrstvy č. 16. 6 – 7: *Thalassinoides* ichnosp. 6 – svrchní vrstevní plocha č. 1, terénní snímek; 7 – vrstva č. 2. 8: *Palaeophycus tubularis* HALL, 1847; vrstva č. 22. 9: *Palaeophycus* cf. *tubularis* HALL, 1847; svrchní vrstevní plocha č. 23, terénní snímek.

Tabule VI

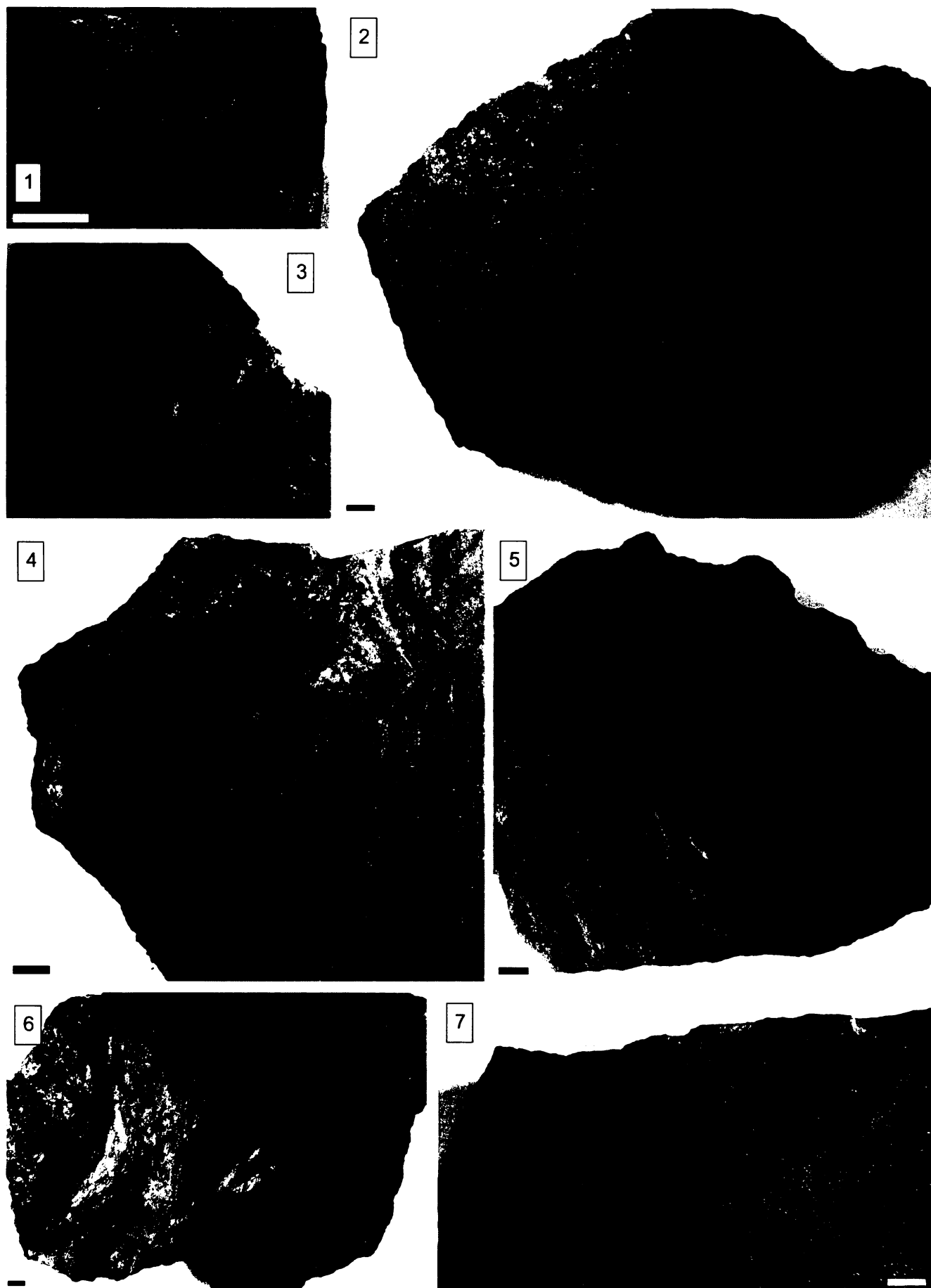


1: *Palaeophycus sulcatus* MILLER – DYER, 1878; vrstva č. 22. 2 – 7: *Palaeophycus* cf. *tubularis* HALL, 1847; 2 – vrstva č. 6; 3 – báze vrstvy č. 16; 4, 5, 6 – svrchní vrstevní plocha č. 23, terénní snímky; 7 – svrchní vrstevní plocha č. 12, terénní snímek. 8 – 9: ? *Protovirgularia* ichnosp.; svrchní vrstevní plocha č. 12, terénní snímky. 10: *Teichichnus* ichnosp.; svrchní vrstevní plocha č. 23, terénní snímek.

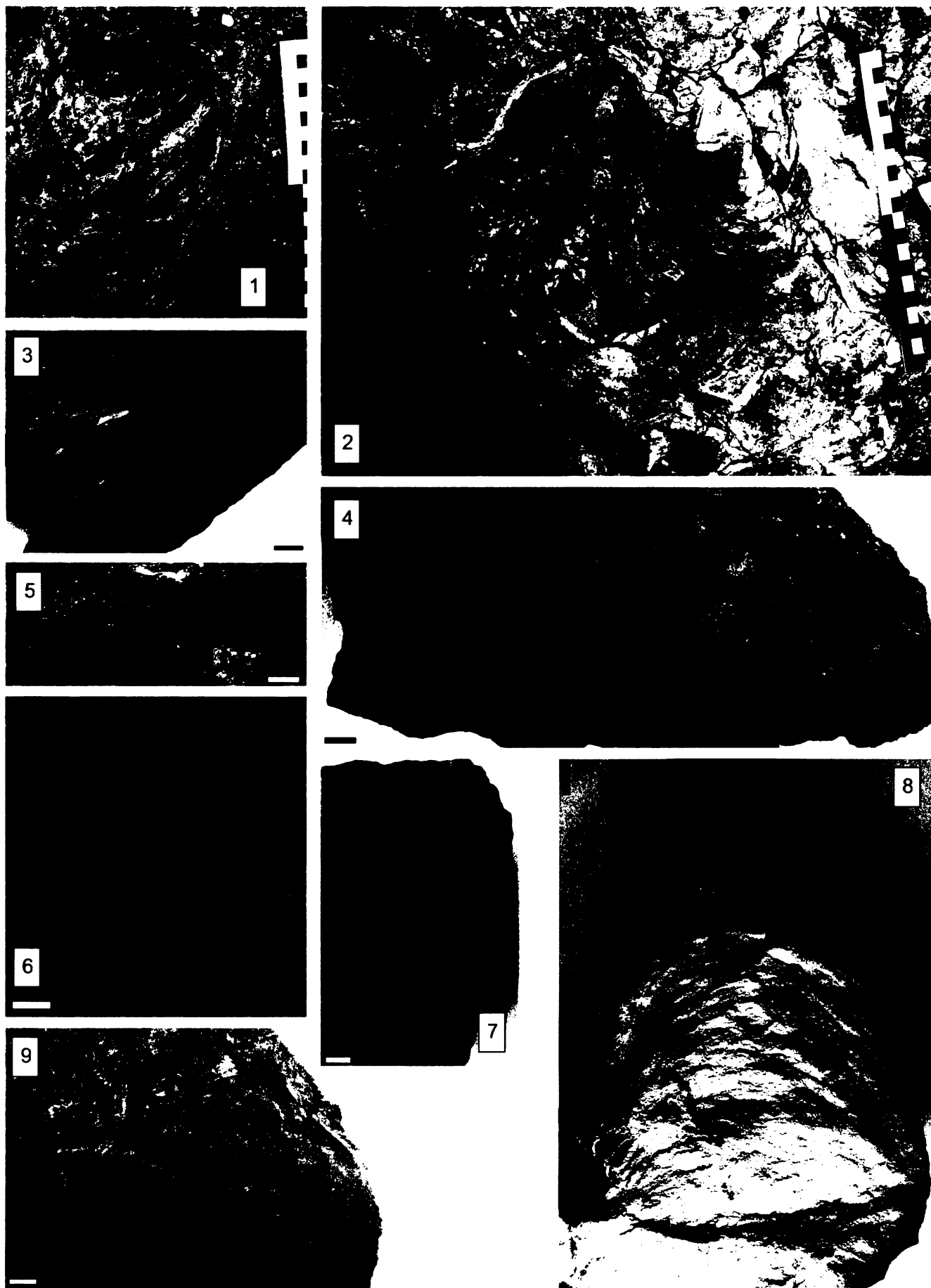


1 – 4: *Teichichnus* ichnosp. 1 – báze vrstvy nalezené v sutí; 2 – svrchní vrstevní plocha č. 23, terénní snímek; 3 – svrchní vrstevní plocha č. 1, terénní snímek; 4 – *Teichichnus* protíná ichnofosili ichnorodu *Zoophycos*, vrstva č. 23.

Tabule VIII



1 – 7: *Zoophycos* ichnosp. 1 – vrstva č. 25; 2, 3 – vrstva č. 23; 4 – vrstva č. 6; 5 – vrstva č. 1; 6 – vlevo iniciální stádium vývoje spreiten struktury, vpravo pak pokročilejší stádium, vrstva č. 17; 7 – spreiten struktura s vyběhajícím horizontálním meandrujícím tunelem, vrstva č. 26.



1 – 9: *Zoophycos ichnosp.* 1 – svrchní vrstevní plocha č. 8, terénní snímek; 2 – spreiten struktura s vyběhajícím meandrujícím tunelem, vrstva č. 9 (erodováno až do úrovně zoofykového tieru), terénní snímek; 3 – ústí tunelu na povrch, nález ze suti; 4 – horizontální meandrující tunel s variabilní tloušťkou, vrstva č. 6; 5 – přívodní tunel ke spreiten strukturám, vrstva č. 18; 6 – rozšiřování tunelu do podoby iniciální spreiten struktury, vrstva č. 23; 7 – kontrastní okrajový lem, vrstva č. 18; 8 - spreiten struktura s odbočujícím tunelem, vrstva č. 23; 9 – meandrující horizontální tunel s variabilní tloušťkou, vrstva č. 6.