

KÁMEN PŘEMYSLOVSKÉHO PALÁCE V OLOMOUCI

Stone of the Přemyslide Palace in Olomouc

JAN ŠRÁMEK

Při trati 1232, 141 00 Praha 4

Key words: Miocene silicite-limestone, mineral composition, physical data

Abstract: Miocene biomictic siliceous limestones – marly silicites, used as an architectural or building material in Romanesque Přemyslide Palace in Olomouc consist of 37–63 % calcite, 20–41 % of opal CT and quartz, 5–14 % of Na-feldspar and 7–15 % of mica and clay minerals. For the first time, physical parameters have been established. Due to its inhomogeneity, high porosity and soaking capacity the usage of these stones is questionable.

Úvod

V roce 1998 jsem byl požádán o provedení petrografického výzkumu a ke stanovení příčin a stupně degradace hornin románské části přemyslovského paláce v Olomouci. Ke studiu byly dodány čtyři vzorky kamene odebrané z románského paláce, nacházející se údajně v různém stupni narušení. K těmto čtyřem vzorkům byl přiřazen další, odebraný autorem z volně ležícího kusu na plechové střeše v létě 1997 při prohlídce kapitulního ambitu přestavěného z románského paláce údělných knížat.

Kámen se podle ZAPLETALA (1992a, b) a DVOŘÁKA (1996) dovážel v první polovině 12. století z oblasti Služína, s. od Prostějova. Byl nejprve užit pro výrobu architektonických článků, zejména dvojitých a trojítých oken a hlavic sloupů, později byl používán i v gotické části chrámu a při opakových rekonstrukcích na jiných místech v okolí. Proto ho dnes můžeme nalézt např. v opěrných zdech kolem gotického chrámu sv. Václava i v základech okolních středověkých domů. Bohatě zdobené dekorativní a architektonické články často opakován použité byly rovněž nalezeny v ruinách mladšího gotického hradu Melice u Vyškova.

Horninu bělošedé až nažloutlé barvy tvoří podle ŠTELCLA et al. (1984) vápenaté spongility (silicity) až křemičité (podle klasifikace Folka) „biomikriticke“ vápence s vysokou příměsí jehlic hub. Poměr kalcitu + prachových částic k úlomkům schránek je údajně v poměru 1 : 1. Obsahují bohatou faunu, jejíž hlavní složkou jsou až několik milimetrů velké ploché schránky foraminifer *Heterostegina costata* d'ORB. Kámen i přes hojnou přítomnost těchto nápadných fosilií je opakovaně zaměňován s křídovými opukami (KOPECKÁ 2004).

Cíle studia

Podle dohovoru cílem studia mělo být:

- zjištění současného stavu kamenů,
- stanovení stupně zasolení a zvětrání dodaných vzorků,

- získání základních informací o jejich chemickém, mineralogickém a petrografickém složení a
- stanovení základních fyzikálních charakteristik.

Makroskopický popis

Všechny odebrané vzorky jsou si navzájem podobné: bělavé, žlutavé miocenní slinité silicity až vápence. Horniny jsou variabilní kvality, rozpadavé, v ojedinělých případech s náznakem nesouvislého drolení podle špatně pozorovatelné vrstevnatosti. Drolení a postupné lupenité rozpadání na šupinky a drobné kousky o velikosti 5 až 2–1 mm výrazněji nastává po namočení vzorků, kdy se projevuje přítomnost bobtnavých jílových minerálů a výrazně klesá pevnost kamene. Hojně je v těchto horninách zastoupen opál CT, „amorfni“ a opticky i rentgenograficky obtížně identifikovatelná složka. Jinou významnou složkou je mikrozrnnitý „mikriticke“ kalcit, který bývá v množství 30–50 %, méně jsou přítomny kalcitové schránky a úlomky *Heterostegina costata* d'ORB. a někdy i jehlice ježovek. Přítomnost dobře zachovaných schránek umožnila přiřadit horniny do miočenu/svrchního terciéru, který je okrajovou facíí spodního badenu karpatské předhlubně.

Zvětrávání

V zadání byl požadavek stanovení „úbytku tmelotvorných složek“, což je vzhledem ke komplexnosti zvětrávacích procesů, primární variabilitě látkového složení a souběžně působícím několika příčinám zvětrávání zjednodušený požadavek, který nemůže být splněn.

Vedle vlivu látkového složení, podílu „stabilních a nestabilních“, špatně i dobře rozpustných a migrujících složek (např. kalcitu), vlivu fyzikálních vlastností, strukturálně-texturních parametrů, např. zrnitosti, působí na trvanlivost kamenů a rychlosť jejich zvětrávání i geografické, klimatické vlivy, způsoby těžby a opracování kamene i fyzikální vlastnosti horniny, např. hutnost, půrovitost, naškávost atd. Také přítomné slídové a jílové minerály, které – jak již bylo řečeno – bobtnají (smekty a minerály se smíšenou strukturou, illit-smektit) a vzhledem ke svému velkému specifickému povrchu snadno nasávají a zadržují vlhkost, mají nezanedbatelný vliv na kvalitu a stabilitu horniny.

Negativní vliv na trvanlivost hornin má především přítomný kalcit, který reaguje na změny teploty a je relativně snadno rozpustný v kyselých deštích. Také snadno reaguje se vzdušným SO₂ a vlhkostí a spolupodílí se na vzniku sádrovce. Ten svými narůstajícími jehličkovitými krystaly

v pôrech horniny a na jejich trhlinách zpôsobuje trhání a dezintegraci kamene. Rozpouštěním kalcitu v kyselých deštích navíc se zvyšuje pôrovitost horniny a neustále se zvyšuje prostor pro aktivnú uplatňování destruktívneho vlivu sádrovce.

Laboratorní metody

Laboratorní studium mikroznitých hornin vyžaduje kombinaci několika metod. S ohledem na přítomnost mikritickej i detritického karbonátu je optická identifikace „diagenetického“ opálu CT, ale i jemných šupinek jílových minerálů nemožná. Mikroskopické metody jsou naopak vhodné pro stanovení podílu větších prachových a písčkových zrnek křemene nebo živců. Rentgenografické metody zase umožňují identifikaci jílových minerálů, kaolinitu, illitu a illitu-smektitu. Chemické analýzy pak dovolují stanovení kvantitatívного obsahu složek.

Rentgenografické studium

Pro identifikaci minerálů v dodaných vzorcích i v jejich sekundárních krustách nebo degradovaných zónách bylo použito rentgenografické metody. Všechny vzorky pomleté na analytickou jemnost byly analyzovány rentgenostrukturním difraktografem zn. PHILLIPS 1050 za běžných laboratorních podmínek.

Na rentgenografických záznamech se projevily vyšší obsahy sekundárního sádrovce (reflexe 7,6 Å), kalcitu (3,86 a 3,03 Å), křemene (4,25 a 3,343 Å) a živců (4,18 a 4,22 Å); z jílových a slídových minerálů byl identifikován illit/muskovit s reflexí 10 Å, méně hojný kaolinit (7,15 Å) a minerály se smíšenou strukturou illit-smektit (11–9 Å).

Chemické analýzy

Vzhledem ke známé variabilitě v řadě silicita-vápenec bylo u všech vzorků stanoveno jejich chemické složení. Analýzy byly provedeny také v rentgenové disperzní rentgenové fluorescence na přístroji SPECTRO-X LAB na rozptylových terčích karbidu boru za běžných laboratorních podmínek.

U každého vzorku bylo stanoveno 54 prvků, pouze hlavní byly přepočteny na oxidy, doplněny o CO₂, sečteny a zařazeny do tabulky 1. Stopové prvky mohou být použity při případném srovnávání podobných vzorků v budoucnosti.

Výsledky ilustrují obtíže při pokusu o objektivní označení a zařazení smíšených sedimentů jen podle vzhledu nebo chemických analýz. Mezi vzorky lze rozlišit dvě skupiny hornin: v první skupině jsou vzorky 1 až 3, ve druhé jsou si velmi podobné vzorky 4 a C/97, které mají vysoké obsahy vápníku a křemíku, ale malé podíly Al₂O₃, tedy i málo jílových minerálů a živců. U prvních tří vzorků je

možné počítat s vyšším podílem jílových a slídových minerálů (illitu, kaolinitu) nebo živců (viz tabulka 2).

Určitý rozdíl se projevuje mezi „čerstvými“ (vzorek 4 a C/97) a „navětralými“ vzorky, které mají vysoký podíl SO₃ iontů, které při oxidaci reagují s kalcitem a vzdušnou vlhkostí. Nejvyšší obsahy sádrovce byly zjištěny ve vzorcích 1, 3 a 4, ačkoliv vzorek 4 byl deklarován jako „čerstvý“, údajně nezvětralý. Představu o reálném obsahu sádrovce si lze udělat po přepočtech chemických analýz na normativní minerály uvedených v tabulce 2.

Z uvedených výsledků vyplývá, že vysoký obsah křemičitého materiálu byl zjištěn pouze u vzorku 1, ostatní vzorky mají vyšší podíl kalcitu, proto jsou označeny jako vápence, přesněji jako jílovito-křemičité vápence. U vzorku 1 je přesný petrografický název ve smyslu klasifikace KONTY (1973) jílovito-vápenatý silicit. Ani u jednoho vzorku však nemůžeme stanovit, kolik „tmelotvorného“ kalcitu bylo rozpuštěno a odneseno a ubylo při zvětrávání.

Tabulka 1. Chemické analýzy horniny z přemyslovského paláce

oxidy	1	2	3	4	C/97
SiO ₂	51,91	41,42	46,38	31,94	31,65
TiO ₂	0,26	0,25	0,26	0,14	0,10
Al ₂ O ₃	5,23	5,60	5,91	2,86	2,13
Fe ₂ O ₃	1,49	1,24	1,53	0,80	0,52
MnO	0,04	0,05	0,03	0,02	0,01
MgO	0,56	1,25	1,00	0,54	0,49
CaO	21,19	26,55	22,70	33,55	35,18
Na ₂ O	0,59	1,45	1,60	1,65	1,74
K ₂ O	0,82	0,89	1,02	0,63	0,38
SO ₃	1,21	0,34	1,84	1,02	0,07
P ₂ O ₅	0,12	0,10	0,13	0,06	0,06
CO ₂	16,55	20,86	17,60	26,51	27,61
SrO	0,03	0,02	0,03	0,04	0,04
suma	100,00	100,02	100,03	99,76	99,98

Tabulka 2. Normativní složení a petrografické názvy vzorků stanovené na základě výsledku propočtu

normativní minerály	1	2	3	4	C/97
název horniny	jílovito-vápenatý silicit		jílovito-křemičitý vápenec		křemičitý vápenec
kalcit + dolomit	36,7	46,9	38,7	59,2	62,6
modif. SiO ₂	40,9	26,4	32,0	20,0	19,3
albit	4,9	12,2	13,3	10,3	10,9
illit + muskovit	8,2	6,4	7,0	6,3	3,8
kaolinit	5,5	4,4	5,6	2,4	3,2
sádrovec	2,6	0,7	3,3	1,8	0,1
ostatní	1,2	3,0	—	—	—
součet	100,0	100,0	99,9	100,0	99,9

Tabulka 3. Některé fyzikální parametry vzorků z románského paláce v Olomouci

číslo vzorku	1	2	3	4	C/97
objemová hmotnost (g . cm ⁻³)	2,04	1,98	1,84	1,96	2,02
hustota (g . cm ⁻³)	2,615	2,677	2,657	2,664	2,679
hutnost (%)	78,0	74,0	69,2	73,6	75,4
pórovitost (%)	22,0	26,0	31,7	26,4	25,6
nasákovost (hmot. %)	10,34	13,78	13,85	14,65	13,22
pevnost v tlaku po vysušení * (MPa)	76,1	31,1	22,0	28,1	50,7

* údaje vypočtené podle závislosti zjištěné na souboru opuk (viz ŠRÁMEK 1992)

Fyzikální parametry

Pro detailnější hodnocení kvality a trvanlivosti kamene, pro případné vzájemné srovnání, někdy také pro stanovení „provenience“, volbu vhodného postupu čistění, zpevňování i případné další konzervátorské a restaurátorské zásahy je třeba znát aspoň některé základní fyzikální parametry kamenů, jako např. objemovou a měrnou hmotnost (hustota), hutnost kamene, pórovitost, nasákovost a pevnost.

Stanovení objemové hmotnosti bylo provedeno podle ČSN 72 1154 a ČSN 72 1156 na pravidelných tělesech vyříznutých diamantovou pilou z větších úlomků. Z normativních analýz byla vypočtena měrná hmotnost (hustota). Nasákovost vzorků byla stanovena ponořením úlomků do vody při zahráti na 80 °C po dobu tří hodin. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 3. Ze zjištěných hodnot byla vypočtena hutnost a pórovitost kamenů. Hodnoty pevnosti v tlaku pro suché vzorky byly vypočítány z naměřených hodnot podle rovníc a závislostí, zjištěných u turonských opuk, autorem (ŠRÁMEK 1992).

Z výsledků v tab. 3 je zajímavá nízká objemová hmotnost od 1,96 do 2,04 g . cm⁻³ a hutnost 69,2–78 %, s níž odpovídají hodnoty 22–32 % pórovitosti a 10–15,8 % nasákovosti kamene. Údaje o pevnosti v tlaku, jak již bylo řečeno, byly odvozeny ze statistických závislostí. Jsou u většiny sledovaných vzorků nízké a limitují použití kamene na náročnější stavby. Ilustrují variabilní, často nízkou kvalitu kamene. Hodnoty navíc neodrážejí lokální povrchy, trhliny nebo jiné skryté vady kamene a nehomogenity, které se projevují při práci se vzorky i negativní vlivy přítomných jílovitých a slídových minerálů a smíšených struktur I–S. Údaje o pórovitosti a nasákovosti jsou potřebné pro volbu vhodných konzervačních a hydrofobizačních prostředků.

Závěr

Studium pěti vzorků spongilitických hornin mio-cenního stáří z románského paláce při chrámu sv. Václava v Olomouci ukázalo, že jde o sedimenty z řady silicita-vápenec s variabilním podílem pelitickej a prachové složky, tj. jílovito-vápenaté silicity nebo jílovito-křemičité vápence. I když se uvedené horniny podobají turonským opukám české křídy, podle nápadných hojných a dobře zachovaných velkých schránek foraminifer rodu *Heterostegina costata* d'ORB. jsou od turonských opuk odlišitelné.

Chemickými analýzami a přepočty byly stanoveny kvantitativní obsahy kalcitu, modifikací SiO₂, sádrovce a dalších složek. Nižší podíl kalcitu u vzorků 1, 2 a 3 samozřejmě může být důsledkem jak primárního obsahu, tak jeho částečného, nikoliv ale podstatného odnosu při zvětrávání.

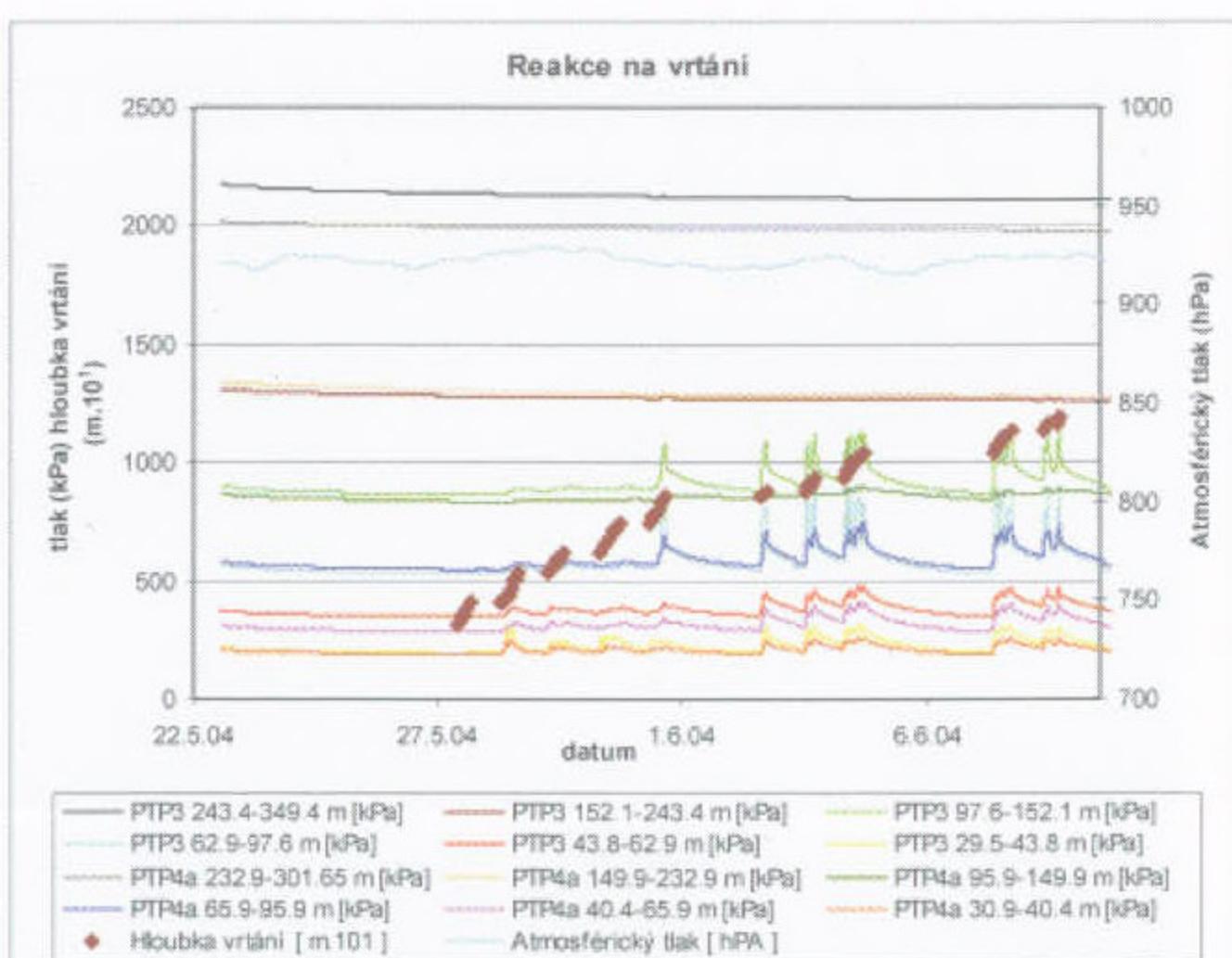
Fyzikální parametry kamene odpovídají nízké kompakci miocenních sedimentů. Za „zasolení“ nelze považovat 2,6–3,3% podíl sádrovce, i když jeho obsah souvisí s dlouhodobým působením znečistěné atmosféry středověkého města. Stupeň zvětrání nemůže být zjištěn, pokud neznáme původní složení a parametry kamene.

Stanovené fyzikální parametry, zejména vysoká pórovitost a nasákovost sledovaných hornin, ukazují na možnou dobrou konzervaci, zpevnění a hydrofobizaci hornin.

Literatura

- DVOŘÁK, J. (1996): Horninový materiál středověkých staveb v Olomouci. – Výroč. Zpr. Pam. Úst. v Olomouci za Rok 1995, Olomouc 1996, 71–78.
- KONTA, J. (1973): Kvantitativní systém reziduálních hornin, sedimentů a vulkano-klastických usazenin. – Univ. Karl., Praha, 375 str.
- KOPECKÁ, I. (2004): Degradace obnaženého opukového zdiva. – Sbor. Sanace a rekonstr. staveb 2004; 26. konf. VTA CZ, 165–167.
- ŠRÁMEK, J. (1992): Relationships between mineralogy, physical-mechanical properties and durability of Cretaceous calcitic spongilites. – 7th Intern. Congr. on Deter and Conserv. of Stone 1, 57–66, Lisboa, Portugal.
- ŠTELCL, J. sen. – ŠTELCL, J. jun. – SOTÁK, J. (1984): Stone in the medieval history of the Drahany Upland (Central Moravia), ČSSR. – Report III. Semin. in Petroarch. Plovdiv, 336–346, Plovdiv.
- ZAPLETAL, J. (1992a): Origin of a stone material of Romanesque architectural elements of the Přemyslide Palace in Olomouc and those of the Melice Gothic Castle. – Scripta, 22, Geol., Fac. Sci. Masaryk Univ. Brno, 41–45.
- ZAPLETAL, J. (1992b): Nový nález románského stavebního kamene v okolí Přemyslovského paláce v Olomouci. – Vlastivěd. Věst. mor., 44, 3, 350–356, Brno.

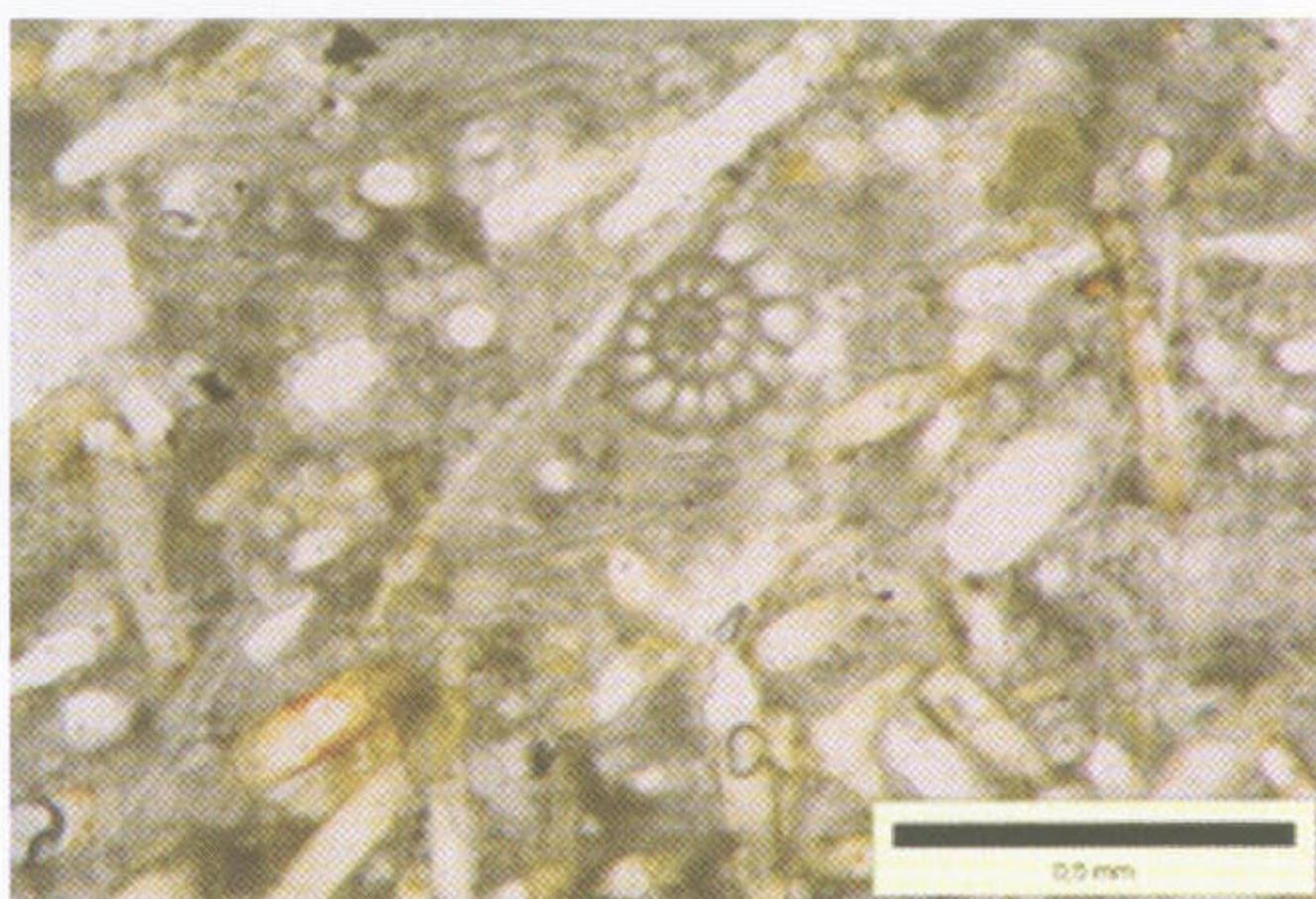
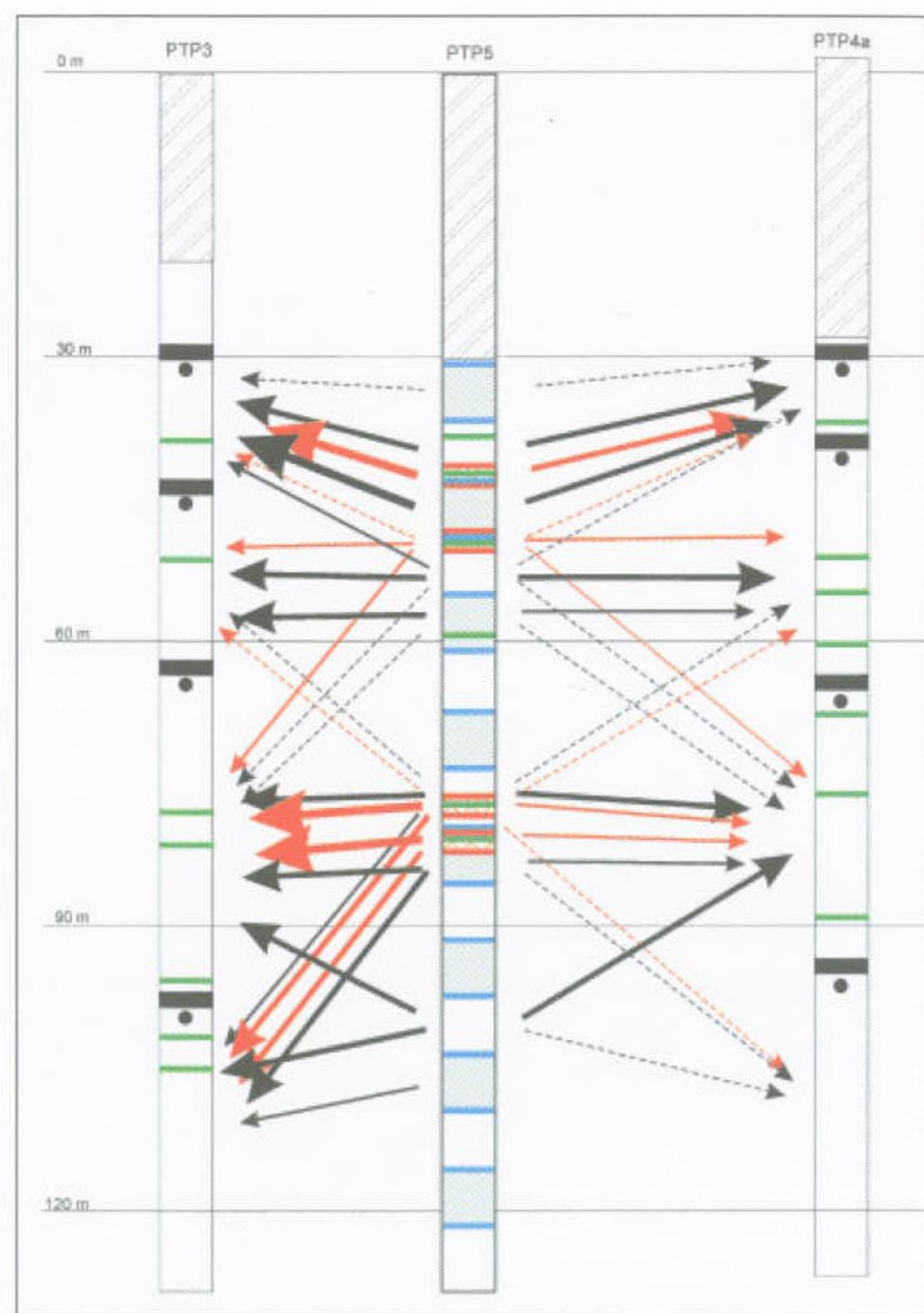
Fotografie silicitu je v příloze XIV



1 | 2

- Příklad záznamu reakcí monitorovaných etáží vrtů PTP3 a PTP4a na vrtání vrtu PTP5.
- Komunikace mezi vrty na lokalitě Potůčky-Podlesí. Zapažený úsek vrtů je vyznačen šrafou. Na obou monitorovaných vrtech PTP3 a PTP4a je silnou černou čarou zakresleno umístění pakrů multipakových systémů a černým kruhem umístění tlakových čidel. Hloubky přítoku podzemní vody do vrtů indikované karotáží – metodou rezistivimetrie při čerpání (LUKEŠ 2004) – jsou ve všech vrtech znázorněny zelenými liniemi. Testovaný vrt PTP5 je rozdělen na etáže se stabilní délkou 6,08 m, etáže jsou pro větší názornost odlišeny barevně. Modré linie odpovídají umístění pakrů při standardních VTZ. Černé šipky ukazují směr a velikost reakcí na standardní VTZ, které byly zaznamenány v monitorovaných vrtech. Síla čáry odpovídá kvantitě reakce. Červenými šipkami jsou znázorněny reakce na speciální VTZ na jednotlivých významných puklinách, tj. puklinách indikovaných karotáží, u kterých byla vyšší propustnost ověřena standardními VTZ. Pukliny v hloubkách 42,5, 49,5, 77,5 a 81,0 m byly izolovány pomocí dvojice pakrů s konstantní vzdáleností 2,05 m. Umístění pakrů ukazují červené linie, testované etáže jsou červeně vyšrafovány.

K článku L. Rukavičkové na str. 166



Vápenatý silicit z Přemyslovského paláce v Olomouci s průřezem schránky foraminifery *Heterostegina costata* d'ORB.

K článku J. Šrámka na str. 150



Pohled do výkopu na horizont s rozbitymi zlomky gotických skulptur se stopami zlacení a polychromie, se zlomky malovaných okenních vitráží, torzy architektonických článků a částmi železné okenní mříže. Všechny artefakty nesou stopy záměrné destrukce a požáru.

K článku J. Šrámka a K. Nováčka na str. 153