

**UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI  
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA  
KATEDRA GEOLOGIE**

**Petrografická charakteristika  
stavebního kamene zříceniny kláštera  
Kartouzka u Dolan**

---

**Bakalářská práce**

**Martin Zácha**

**Environmentální geologie (B 1201)  
prezenční studium**

**vedoucí práce: RNDr. Zdeněk Dolníček, Ph.D.**

**Červen 2013**

## **Bibliografická identifikace:**

Jméno a příjmení autora: Martin Zácha

Název práce: Petrografická charakteristika stavebního kamene zříceniny kláštera Kartouzka u Dolan

Typ práce: Bakalářská

Pracoviště: Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra geologie

Vedoucí práce: RNDr. Zdeněk Dolníček, Ph.D.

Rok obhajoby práce: 2013

Abstrakt: V úvodní části své bakalářské práce jsem provedl stručný souhrn historie dolanské Kartouzky a stručný přehled geologie jejího okolí. Během vlastní práce byly petrograficky a geochemicky studovány vzorky stavebních materiálů. Horninové vzorky jsem petrograficky klasifikoval jako petromiktní slepenec, drobu, arkózu, křemenný pískovec a lumachelu. Slepence a droby pocházejí z okolních výchozů nízkojesenického kulmu, zatímco kamenické prvky vytvořené z arkóz, křemenných pískovců a lumachely byly importovány ze vzdálenějších lokalit (pravděpodobně z okolí Uničova, Maletína a Služína). Dále je v práci popsána malta, hrubozrnná stavební keramika (cihly) a jemnozrnná stavební keramika. Dále jsem stanovil fázové složení expandovaných břidlic obsažených v cihlách a břidlic expandovaných v laboratorních podmínkách a na základě toho stanovil, že se jedná o jílovou břidlici víceméně shodného složení tedy pravděpodobně těžené na téže lokalitě.

Jazyk: Čeština

Klíčová slova: Kartouzka, kulm Nízkého Jeseníku, droba, slepenec, arkóza, křemenný pískovec, expandovaná břidlice, lumachela, stavební keramika, malta, Maletín, Služín

**Bibliographical identification:**

Authors firstname and surname: Martin Zácha

Title: Petrographic characterization of building stone of the ruin of the Kartouzka Monastery near Dolany

Type of thesis: Bachelor

Institution: Palacký University in Olomouc, Faculty of Science, Department of Geology

Supervisor: RNDr. Zdeněk Dolníček, Ph.D.

The year of presentation: 2013

Abstract: In the first part of this thesis I summarized history of the Kartouzka Monastery and geological situation of wider surroundings. My own work was focused to petrography and geochemistry of materials used for construction of this building. The rock samples were classified as conglomerate, greywacke, arcose, quartzose sandstone and lumachella. The conglomerates and greywackes originated from adjacent outcrops of the Nížký Jeseník Culm, whereas the architectonic elements formed by arcose, quartzose sandstone and lumachella were imported from farther sites (probably from the surroundings of Uničov, Maletín and Služín). In addition, mortar, coarse-grained ceramics (bricks) and fine-grained ceramics are described. I also determined the phase composition of fragments of expanded shales from bricks and had compare it with those of artificially – expanded local shale. I suggest that both shales had similar composition and may have been originated from the same locality.

Language: Czech

Key words: Kartouzka Monastery, Nížký Jeseník Culm, greywacke, conglomerate, arcose, quartzose sandstone, expanded shale, ceramics, mortar, Maletín, Služín

Děkuji RNDr. Zdeňku Dolníčkovi, Ph.D. za odborné vedení práce, vstřícné poskytování cenných rad a připomínek a pomoci v terénu a při přípravě výbrusů. Děkuji také Mgr. Tomáši Lehotskému, Ph.D. za poskytnutí cenných rad a těžko dostupných literárních pramenů. Dále děkuji RNDr. Petru Sulovskému, Ph.D. za pomoc a instruktáž při realizaci rentgen-fluorescenčních analýz, Mgr. Janu Filipovi, Ph.D. za provedení rentgen-difrakční analýzy a Mgr. Daliboru Všianskému, Ph.D. za provedení rentgen-difrakční analýzy ve Výzkumném ústavu stavebních hmot v Brně.

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně za pomoci uvedených pramenů a literatury.

V Olomouci dne:

## **Obsah:**

<b>1</b>	<b>Úvod</b> .....	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Historie kláštera Kartouzka v Dolanech</b> .....	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Dosavadní výzkumy</b> .....	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Geologická charakteristika okolí</b> .....	<b>10</b>
4.1	Kulm Nížkého Jeseníku .....	10
4.2	Hornomoravský úval .....	13
<b>5</b>	<b>Metodika</b> .....	<b>15</b>
<b>6</b>	<b>Terénní etapa</b> .....	<b>17</b>
<b>7</b>	<b>Laboratorní etapa</b> .....	<b>19</b>
7.1	Makropetrografický popis vzorků .....	19
7.2	Mikropetrografický popis vzorků .....	25
7.3	Chemické složení vzorků .....	45
7.4	Fázové složení expandovaných břidlic .....	48
<b>8</b>	<b>Diskuse</b> .....	<b>50</b>
8.1	Petrografie vzorků .....	50
8.2	Chemismus vzorků .....	52
8.3	Fázové složení expandovaných břidlic .....	55
8.4	Provenience stavebního kamene .....	55
<b>9</b>	<b>Závěr</b> .....	<b>57</b>

# 1 Úvod

Téma mé bakalářské práce jsem si zvolil, protože kartuziánský klášter v Dolanech u Olomouce, místně nazývaný Kartouzka, je zajímavý z mnoha důvodů. Architektonické uspořádání Kartouzky se oproti klasickému uspořádání kartuziánských klášterů liší tím, že je přizpůsobené tvaru ostrožny, na níž byl klášter postaven. Dalším důvodem je fakt, že za svého ani ne čtyřicetiletého trvání, stihla Kartouzka sehrát výraznou roli v historii Olomoucka; z přísně katolického kláštera se stala marně obléhanou baštou husitů, až byla nakonec vykoupena a samotným biskupským vojskem zničena. Během 60. až 70. let 20. století byl pak na Kartouzce prováděn podrobný archeologický průzkum, díky kterému byla ruina někdejšího kláštera odkryta, což z ní sice dělá zajímavý turistický cíl, nicméně také způsobuje rychlé zvětrávání a rozpad zbylého zdiva, které bylo po několik století zasypané destrukcí horních partií stavby (viz obr. 1). Dále je zarážející fakt, že ač bylo při výkopových pracích vyzvednuto a podrobně popsáno mnoho artefaktů (včetně architektonických článků), nebyla věnována detailnější pozornost petrografickému vyhodnocení stavebních materiálů, a to i přesto, že na stavbu byly použity i horniny těžené a dovážené z lokalit vzdálených i několik desítek kilometrů.

Záměrem mé bakalářské práce je přinést nové poznatky o horninách a stavebních hmotách použitých ke stavbě bývalého kartuziánského kláštera v Dolanech u Olomouce. Studium odebraných materiálů je v rámci této práce založeno především na podrobném makro- i mikroskopickém pozorování. Petrografická charakteristika je doplněna i o geochemické analýzy. Na základě těchto údajů by mělo být možné určit alespoň přibližnou provenienci stavebního materiálu.

## 2 Historie kláštera Kartouzka v Dolanech

Roku 1378 byla litomyšlským biskupem Albertem II. ze Šternberka založena druhá česká kartuzie v Tržku u Litomyšle. Většina klášterního majetku, jenž sestával z obcí Dolany, Toveř, Moravičany a Palonín, se nacházel na Olomoucku. Vzdálenost kláštera tedy neumožňovala kartuziánům efektivní správu pozemků, což vedlo k neustálým hospodářským problémům. Během let 1389 byla tedy část kartuzie přenesena do Dolan, odkud bylo možné snáze spravovat klášterní majetek (Vrána, 2007).

Stavba dolanské Kartouzky začala roku 1387 a trvala do roku 1409, kdy byl dokončen kostel. Mniši se stěhovali do ještě ne zcela dokončeného kláštera (Vrána, 2007).

V únoru roku 1425 mniši z dolanské Kartouzky prchli před husitským vojskem do Olomouce. Kartouzka pak byla husity obsazena a opevněna, a stala se jedním z klíčových bodů pro husitskou blokádu Olomouce. Katolická vojska města Olomouce a Znojma několik měsíců Kartouzku marně obléhala. Do rukou katolické církve se Kartouzku podařilo dostat až ke konci roku 1425, kdy byla vykoupena, a po opuštění husitskou posádkou rozbořena, aby již nemohla být využita jako vojenská základna (Vrána, 2007).

Roku 1716 nechal na ruinách bývalého kláštera převor olomoucké kartuzie postavit kapli sv. Kříže, ta však byla roku 1800 zrušena a stavební materiál byl použit na stavby v okolí (Vítek, 2005; Vrána, 2007).



Obr. 1 Současný stav zříceniny Kartouzky u Dolan



### 3 Dosavadní výzkumy

Zřícenina kartuziánského kláštera byla prakticky po celou dobu své existence objektem zájmu amatérských průzkumníků, zejména z řad obyvatel Dolan. O začátku výzkumu jako takového je možné mluvit od roku 1956, kdy zde skupina tří žáků střední školy začala kopat. Tito amatérští archeologové pak odevzdali do Krajského vlastivědného muzea v Olomouci některé nalezené artefakty (Kšír, 1960).

Po tomto činu byla učiněna přítrž amatérským výkopům a v letech 1962 až 1975 probíhaly na Kartouzce pod vedením dr. Václava Buriana rozsáhlé archeologické práce. Území, na kterém se nalézají ruiny někdejší kartuzie, bylo nejprve geodeticky zaměřeno a následně rozděleno do osmdesáti čtverců o rozměrech 5x5 metrů, mezi kterými byly ponechány kontrolní bloky o šířce 0,5 m. Na tomto vyznačeném území pak byl proveden odkryv zeminy a destrukční vrstvy až na dolní partie staveb (Vrána, 2007). O jednotlivých ročních etapách nebo dílčích tematických okruzích výzkumu napsal V. Burian podrobné nálezové zprávy (Vítek, 2005). Souhrnnou publikaci vycházející z Burianových zpráv vydali Vítek (2005) a Vrána (2007). Za zmínku jistě stojí i ověřovací hypotéza Gardavského (1962), který poukazoval na jisté rozdíly v členění a tvaru dolanské Kartouzky v porovnání s jinými kartuziemi.

Ačkoliv dr. V. Burian, provedl pečlivý výzkum archeologický, o materiálovém složení stavebního materiálu jsou k dispozici informace pouze velmi obecné. Vrána (2007) ve své práci, shrnující historii a výzkumy o dolanské Kartouzce zmiňuje, že se zde jako stavební materiály vyskytují lokální droba, slepence a břidlice, dále zmiňuje světlý pískovec, který byl podle historických pramenů těžen mezi Uničovem, Troubelicemi a Medlovem. Dále zde byl ke stavbě užit neogenní vápenec těžený údajně nedaleko Služína u Prostějova; tuto horninu ve svém článku, ve spojitosti s Kartouzkou, zmiňuje též Dvořák (1996). Z technických materiálů Vrána (2007) zmiňuje stavební keramiku, konkrétně cihly, hřebenáče a dlaždice, které byly údajně vyrobeny z hlíny těžené na jednom a též místě. Dalším zmíněným materiálem je vápenná malta, jež byla použita jako pojivo na zdech staveb, a jako lůžko pro keramické dlažďení podlah.

## **4 Geologická charakteristika okolí**

Zřícenina kláštera Kartouzka se nachází na ostrožně vybíhající z masivu Nízkého Jeseníku směrem k západu do Hornomoravského úvalu. Ze severu a z jihu je od okolního masivu oddělena zlomy, překrytými kvartérními sedimenty. Horninové podloží ostrožny, na které se Kartouzka nachází, náleží k moravickému souvrství kulmu Nízkého Jeseníku (viz obr. 2), jehož náplň tvoří jemnozrnné tmavě šedé až šedohnědé droby, které střídají polohy šedých prachovců. Kvartérní pokryv ostrožny je tvořen svahovými sedimenty, které jsou do značné míry antropogenně přepracované. Na dnech údolí pod svahy ostrožny se vyskytují fluvialní sedimenty říčky Truskavky a Dolanského potoka.

### **4.1 Kulm Nízkého Jeseníku**

Pod geologickou jednotku kulmu Nízkého Jeseníku spadají souvrství andělskohorské, hornobenešovské, moravické a hradecko-kyjovické. Tato souvrství pokračují dále na SV v osoblažské kře, která je od nízkojesenické kry oddělena zlatohorsko-krnovským zlomem (Maštera, 1997).

#### **Andělskohorské souvrství**

Andělskohorské souvrství (AHS) je nejspodnějším členem nízko-jesenického kulmu. Stáří je datováno do stupně famen až tournai. AHS je vymezeno na Z stykem s vrbenskou skupinou, na V na něj nasedá souvrství hornobenešovské (viz obr. 2). Typickým znakem pro andělskohorské souvrství je střídání břidlic a jemně až středně zrnitých gradačně zvrstvených drob. Přítomné jsou též slepence a slepence skluzového původu (Mísař et al., 1983; Dvořák 1994), tzv. parakonglomeráty ve smyslu Zapletala (1987).

#### **Hornobenešovské souvrství**

Hornobenešovské souvrství (HBS) je omezeno ze západu AHS a z jihovýchodu moravickým souvrstvím (viz obr. 2). HBS konkordantně nasedá na souvrství ponikevské (Chlupáč, 2002). Stáří HBS je datováno do spodního až středního visé. HBS je tvořeno komplexem masivních drob a břidlic. Při bázi komplexu se vyskytují moravskoberounské slepence (Dvořák, 1994). Kumpera (1983) zmiňuje též čočky gravelitových konglomerátů obsažené v komplexu drob.

## **Moravické souvrství**

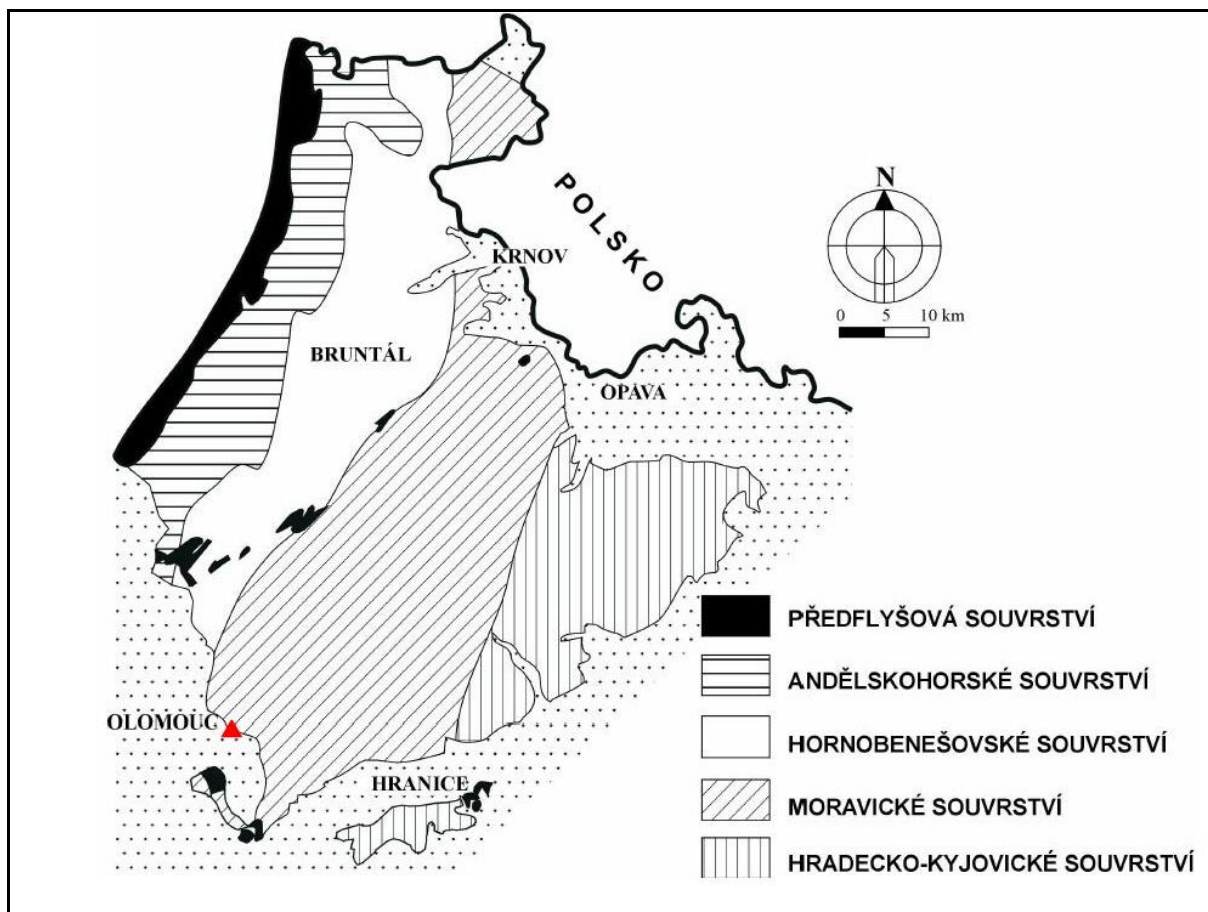
Moravické souvrství (MS) na severozápadě nasedá na souvrství HBS, z jihovýchodu je omezeno nasedajícím hradecko-kyjovickým souvrstvím, na jihozápadě a severovýchodě je hranice MS a Hornomoravského úvalu překryta neogenními sedimenty (viz obr. 2). V SV-JZ směru je patrná cyklická sedimentace, podle které se souvrství dělí do pěti dílčích členů – bělské (bílčické) vrstvy (Zapletal, 1977), bohdanovické vrstvy, cvilínské vrstvy, brumovické vrstvy a vikštejnské vrstvy (Kumpera, 1983). Stáří tohoto souvrství je datováno podle goniatické fauny do svrchního visé (330 Ma). Litologickou náplň moravického souvrství tvoří hlubokomořské sedimenty, převážně jílové a prachové břidlice a prachovce; dále pak droby a slepence. Bazální sedimentační cyklus je tvořen hrubozrnnými klastiky, které se směrem do nadloží zjemňují. Střední a vyšší část moravického souvrství je tvořena desítky až první stovky metrů mocnými polohami laminitů – periodicky se střídajícími vrstvami jílovců a prachovců. Polohy laminitů často uzavírají desítky až první stovky metrů mocná čočkovitá tělesa drob (Bábek et al., 2001). Fosilní záznam je poměrně chudý, z vyskytujících se fosilií lze zmínit schránky mořské fauny, zvláště pak stratigraficky významnou skupinu goniaticů, zbytky terestrické flóry (*Archaeocalamites* sp.) a ichnofosilie (Chlupáč et al., 2002).

## **Hradecko-kyjovické souvrství**

Hradecko-kyjovické souvrství (HKS) na severozápadě ostře nasedá na MS (viz obr. 2), na východě přechází do ostravských vrstev. Stáří HKS je datováno do svrchního visé až spodního namuru. Bázi HKS tvoří lavicovité droby a slepence, vyšší polohy tvoří laminované břidlice střídající se s jemnozrnnými drobami (Mísař et al., 1993).

## **Šternbersko-hornobenešovský pruh**

Ze sedimentů hornobenešovského souvrství lokálně vystupují izolované ostrovy starších hornin tvořící tzv. šternbersko-hornobenešovský pruh. Ten je tvořen izolovanými tektonickým šupinami vyzdviženého devonského až spodnokarbonského podloží (Mísař et al., 1983; Melichar a Buček 1994). Horninovou náplň těchto struktur lze členit do dvou komplexů, a to vulkano-sedimentárního a „flyšového“ kulmské facie. Vulkano-sedimentární komplex je tvořen tělesy vulkanických hornin - spilitů, stínavsko-chabičovským souvrstvím a moravsko-berounskými slepenci (Melichar; 1994). Na tělesa vulkanických hornin jsou vázány výskyty ložisek železných rud typu Lahn - Dill (Chlupáč et al., 2002).



Obr. 2 Schematická mapa kulmu Nízkého Jeseníku (Lehotský, 2008). Dolanská Kartouzka je v mapě označena červeným trojúhelníkem

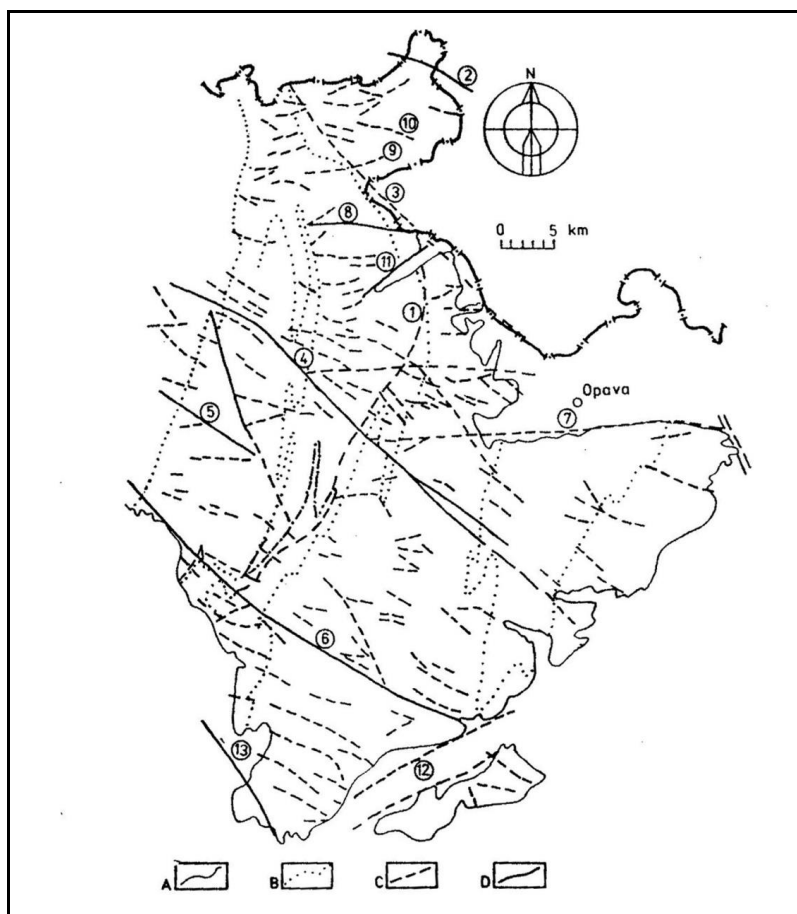
### Tektonická charakteristika Nízkého Jeseníku

Podle Kumpery (1983) vytvářejí zlomy v Nízkém Jeseníku poměrně hustou soustavu, tvořenou několika zlomovými systémy (viz obr. 3). Tyto systémy autor dále dělí na zlomy sudetského směru, zlomy podélné, a zlomy hlubinné povahy.

Za zlomy sudetského směru považuje Kumpera (1983) zlomy SZ-JV (saxonského) směru, které jsou v Nízkém Jeseníku převažující. Tyto zlomy autor označuje za oživené dislokace, zasahující do podloží kulmských sedimentů. Zejména významné jsou zlomy bělský, klepáčovský, a temenický, s nímž paralelní dislokace odděluje kumul Nízkého Jeseníku od neogénu Hornomoravského úvalu.

Podélné zlomy se vyskytují zejména ve šternbersko-hornobenešovském pruhu, kde jsou zachovány v podobě drobných dislokací jeho šupinovitě stavby (Kumpera, 1983).

Hlubinnými zlomy jsou podle Kumpery (1983) hlubinný zlom šternbersko-hornobenešovského pruhu; dále bělský zlom, a opavická hlubinná zóna, jež odděluje nízkojeseníckou kru od osoblažské kry.



Obr. 3 Schematická mapa zlomové soustavy Nížkého Jeseníku (Kumpera, 1983)

1 – hlubinný zlom šternbersko-hornobenešovského pruhu; 2 – osoblažský okrajový zlom; 3 – opavická hlubinná zóna; 4 – bělský zlom; 5 – klepáčovský zlom; 6 – temenický zlom; 7 – jesenícký okrajový zlom; 8 – purkartický zlom; 9 – biskupský zlomový systém; 10 – pisárenský zlomový systém; 11 – brantický zlom; 12 – severní okrajové zlomy prolomu Moravské brány; 13 – zlom Olomouc – Přerov

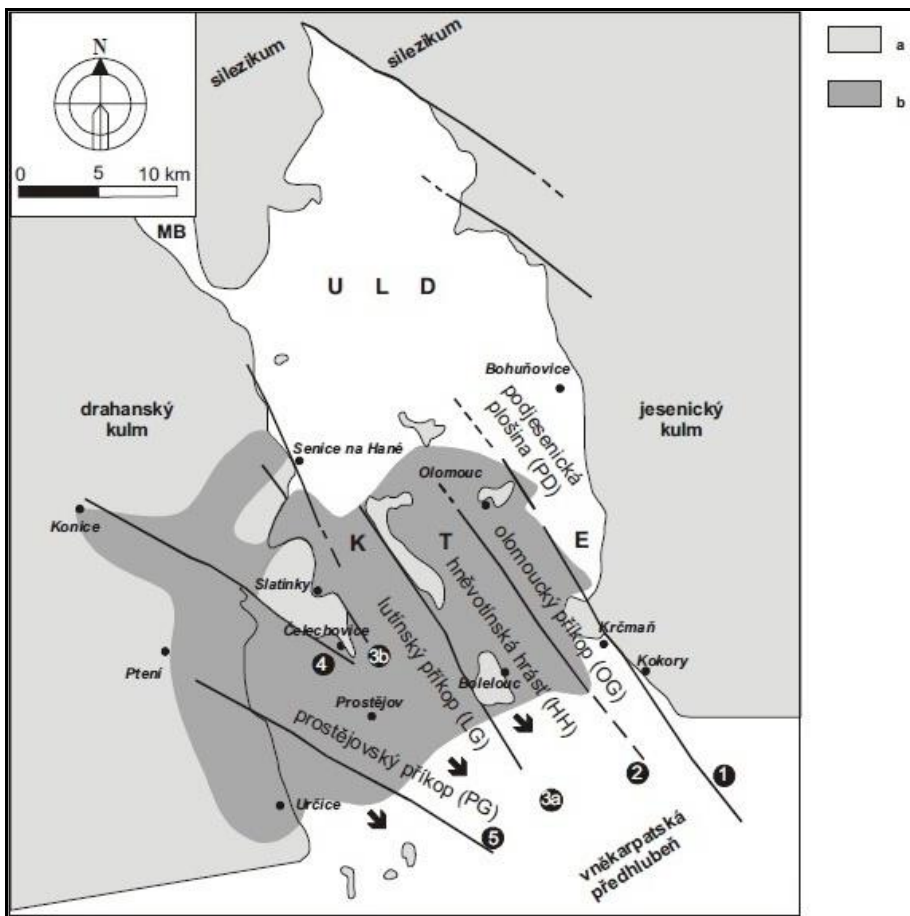
A – orografické omezení výchozů paleozoika; B- hranice hlavních geologických jednotek; C – předpokládané zlomy; D – ověřené zlomy

#### 4.2 Hornomoravský úval

Hornomoravský úval spadá do oblasti karpatské předhlubně. Sníženina Hornomoravského úvalu začala vznikat koncem miocénu, kdy došlo k poklesům podloží na zlomech SZ-JV směru, které oddělují drahanskou kru, bradelsko-malenickou kru a kru Hornomoravského úvalu. Dnešní podobu pak Hornomoravský úval nabyl v pliocénu, kdy došlo k poklesu severní části kry bradelsko-malenické (Barth et al., 1971). Tímto vznikla sedimentační pánev, která se během pliocénu až pleistocénu vyplňovala jezerními a říčními sedimenty. Litologicky se jedná o petromiktní písky, štěrky a pestré jíly. V severní části úvalu

převládají sedimenty derivované z Českého masivu, v jižní části pak převládá materiál přinesený z Karpat (Chlupáč, 2002).

Vnitřní tektonické členění Hornomoravského úvalu lze rozdělit na podélné a příčné (viz obr. 4). Příčně je Hornomoravský úval rozdělen na uničovsko-litovelskou depresi a kosířsko-tršickou elevaci. Podélné dělení probíhá v SZ-JV směru podél zlomů tzv. zlomového pásma Hané. Tyto podélné zlomy rozdělují kosířsko-tršickou elevaci na podjeseničskou plošinu, olomoucký příkop, hněvotínskou hráň, lutínský příkop a prostějovský příkop (Zapletal, 2005).



Obr. 4 Schematická mapa Hornomoravského úvalu (Zapletal, 2005)

Zlomové linie pásma Hané: 1 – olomoucko-přerovská; 2 – holešovská; 3a – východní lutínská; 3b- západní lutínská; 4 – nectavsko-konická; 5 – kvasická.

Hornomoravský úval: ULD – uničovsko-litovelská deprese; KTE – kosířsko-tršická elevace; MB – mohelnická brázda.

a – předneogenní útvary; b – rozšíření sedimentů sp. badenu v olomoucko-prostějovské pánvi

Šipky označují přímé spojení s vněkarpatskou předhlubní.

## 5 Metodika

Během terénní etapy jsem provedl rekognoskaci zříceniny Kartouzka a jejího nejbližšího okolí. Na místě zříceniny někdejšího kláštera jsem provedl fotografickou dokumentaci současného stavu Kartouzky; fotografickou dokumentaci jednotlivých odebraných vzorků jsem kvůli nevhodnému osvětlení musel provést až v interiérových podmínkách. Fotografickou dokumentaci v terénu i v interiéru jsem prováděl digitálním fotoaparátem Panasonic DMC-TZ5. Na místě jsem odebral jedenáct reprezentativních vzorků pro laboratorní zpracování. Odběr vzorků jsem prováděl geologickým kladivem, přičemž, jsem se snažil odebrat vzorek z každého zde zastoupeného typu horniny či stavebního materiálu. Odebral jsem i vzorky z výchozů nad a pod areálem vykopávek za účelem korelace s lokálními horninami obsažených ve zdivu. Místa, ze kterých jsem vzorky odebíral, jsem označil do plánu Kartouzky (viz obr. 5), a slovně popsal do terénního deníku. V případě vzorků z volných bloků, pocházejících z žeber klenb a podobných kamenických prvků, jsem změřil velikost jednotlivých bloků. Dále jsem jednotlivá odběrová místa/bloky fotograficky zdokumentoval.

Během laboratorní části jsem u odebraných vzorků nejprve makroskopicky popsal texturu a předběžně je označil. Dále jsem zhotovil zakryté výbrusy pro pozorování v procházejícím světle.

Při pozorování v procházejícím světle polarizačního mikroskopu Olympus BX41 jsem nejprve popsal minerální složení každého vzorku, určil jejich strukturu a změřil velikost zrn/pórů. Dále jsem provedl planimetrickou analýzu vzorků klastických sedimentů a technolitů. Planimetrickou analýzu jsem prováděl pomocí integračního zařízení ELTINOR 4. Pro každý vzorek bylo vyhodnoceno 1000 až 1500 bodů, při délce kroku 375  $\mu\text{m}$ . U vzorku lumachely jsem provedl pouze určení struktury a minerálního složení. Všechny výbrusy, jsem také fotograficky zdokumentoval digitálním fotoaparátem Olympus C-7070 nainstalovaným na polarizačním mikroskopu Olympus BX50 s trinokulárním tubusem. U hrubozrnných vzorků jsem provedl fotografickou dokumentaci tímž fotoaparátem nainstalovaným na stereomikroskop Olympus SZX12, fotografie byly pořízeny v procházejícím světle.

Dále jsem u všech vzorků hornin a malty stanovil chemické složení metodou rentgen-fluorescenční analýzy (XRF). Z každého analyzovaného vzorku jsem odebral 10 až 20 g materiálu, který jsem dále namlel v planetovém mlýnku z chrom-niklové oceli na analytickou jemnost, zhomogenizoval a umístil do pouzdra na sypké vzorky. Měření jsem prováděl na

energiově-disperzním rentgen-fluorescenčním analyzátoru Innov-X DELTA, umístěném ve stojanu. Každý vzorek byl analyzován v modu „lehká matrice“ po dobu 170 s, a poté v modu „mining plus“ po dobu 115 s. Z naměřených dat jsem u silikátových hornin vyhodnotil pouze vybrané vedlejší a stopové prvky analyzované v módu „lehká matrice“. U lumachely a malty, kde šlo hlavně o stanovení chemismu karbonátu, bylo stanoveno množství Mg v módu „mining plus“.

Z odebraných úlomků lokálních jílovců a prachovců, a zejména pak z úlomků jílových „pokryvačských“ břidlic jsem část vzorku experimentálně vypálil v laboratorní pícce za teploty 1200°C po dobu 30 minut. Účelem tohoto experimentu bylo zjistit, zdali jsou tyto horniny schopny expandovat, tak jako úlomky jílovců a jílových břidlic v některých cihlách. U úlomků, schopných expandovat a u expandovaných úlomků z cihel bylo stanoveno fázové složení metodou rentgen-difrakční analýzy (XRD). Vzorek expandované břidlice jsem rozetřel v achátové třecí misce na analytickou jemnost. Dále byl vzorek nanesen na bezdifrakční podložku z monokrystalického křemíku a přitlačen skleněnou destičkou, čímž bylo docíleno hladkého povrchu. Analýza vzorku byla provedena na difraktometru PANalytical X`Pert PRO v laboratoři Katedry experimentální fyziky PřF UP. Vzorek byl analyzován po dobu pěti hodin v úhlovém rozsahu  $5 - 90^\circ 2 \Theta$ . Výsledky měření byly zpracovány do podoby výstupních diagramů v programu X`Pert HIGHSCORE PLUS. Vzorek expandované břidlice byl v práškovém stavu analyzován ve Výzkumném ústavu stavebních hmot v Brně na přístroji Bruker D8 Advance v úhlovém rozsahu  $5 - 80^\circ 2 \Theta$ . Výsledky měření byly zpracovány do podoby výstupních diagramů v programu X`Pert HIGHSCORE PLUS.



## 6 Terénní etapa

Během terénní etapy jsem odebral vzorky všech nalezených stavebních materiálů, tj. kulmských sedimentů, tedy droby a jemnozrnného slepence, dále pak vzorky světlých pískovců, vápence a technolitů. Nejhojněji zastoupeným stavebním kamenem je na Kartouzce kulmská droba, která je ve formě neopracovaného lomového kamene, použitá na stavbu obvodových zdí. Ostatní kulmské horniny se vyskytují v mnohem menší míře vesměs ve formě neopracovaného lomového kamene s výjimkou jílových břidlic, které se vyskytují ve formě drobných úlomků. Dalším hojně zastoupeným typem stavebního kamene jsou hrubozrnné pískovce až slepence, které jsou opracované do podoby rozličných kamenických prvků, jako jsou: sloupy, klenební žebra, okenní/dveřní oblouky atd. (viz obr. 6 A - C). Jemnozrnný křemenný pískovec a vápenec se vyskytují jen sporadicky ve formě opracovaných bloků požitých na římsy (viz obr. 6 D).



Obr. 5 Plán Kartouzky (Burian, 1975, upraveno) s rozmístěním dokumentačních bodů 1 až 20



**Obr. 6 A – zlomenný blok z okenního/dveřního oblouku zhotovený z hrubozrnného pískovce;  
B, C – opracované kamenné bloky hrubozrnného pískovce; D – okenní římsa zhotovená z jemnozrnného pískovce**

## 7 Laboratorní etapa

### 7.1 Makropetrografický popis vzorků

#### Droba

Kulmská droba (viz obr. 7) se na Kartouzce vyskytuje ve formě lomového kamene použitého na výstavbu obvodových zdí. Blok, ze kterého byl vzorek odebrán, měl rozměry 20x15x10 cm. Místo odběru je v plánu označené číslem 15 (viz obr. 5).

Barva této droby je na povrchu šedohnědá, na čerstvém lomu šedá. Makroskopicky jsou ve hmotě horniny rozlišitelné klasty křemene, živce a velmi jemné šupinky muskovitu; horninové klasty nejsou patrné. Droba je jemně zrnitá, bez patrného gradačního zvrstvení.



Obr. 7 Droba odebraná z obvodové zdi (obr. 5, dokumentační bod 15)

#### Slepenec

Kulmský slepenec (viz obr. 8) se na Kartouzce vyskytuje jako lomový kámen použitý na stavbu obvodových zdí, stejně jako droba. Blok, ze kterého byl vzorek odebrán, měl rozměry 25x20x10 cm. Místo odběru je označeno číslem 14 (viz obr. 5).

Barva slepence je jak na povrchu, tak na čerstvém lomu šedohnědá. Z makroskopicky rozlišitelných klastů jsou zastoupeny horninové úlomky (světlé a tmavé břidlice, jílovce, prachovce), které jsou zhruba ve stejném poměru s klasty křemene, a živce. Pojivo slepence je drobové. Ve slepenci je patrné paralelní uspořádání a víceméně shodná orientace protažených horninových úlomků. Horninové úlomky jsou poloostrohanné, klasty křemene a živce jsou dobře opracované, velikost úlomků je kolem 1 cm.



Obr. 8 Slepenec odebraný z obvodové zdi (obr. 5, dokumentační bod 14)

### Pískovce

Na Kartouzce byly na kamenických prvcích (klenební žebra, okenní římsy, podpůrné sloupy, špalety, dveřní obruby, římsy a lavabo) použity různé druhy pískovce. Mezi nimi převažuje středně až hrubě zrnitý pískovec, který v některých partiích přechází až do jemnozrného slepence. Vzorky jsem odebíral z rozlámaných bloků klenebních žeber a pravděpodobně oblouku dveřní obruby a z rohového kamene zdi kostela (viz obr. 5, dokumentační body 1 až 9 a 13), přičemž vzorky pro laboratorní zpracování pochází z bloků 2, 6, 8 a 13 (viz obr. 9 A - E). Rozměry bloků se pohybují v rozmezí 50x30x30 cm až 80x40x35 cm.

Barva horniny na povrchu je šedá až šedohnědá, barva na čerstvém lomu je žlutohnědá až šedohnědá. Makroskopicky jsou patrné cca 1 až 2 mm velké klasty křemene, zbarveného většinou bíle; nažloutlé a narůžovělé zbarvení je spíše výjimkou. Dále jsou makroskopicky patrné až cca 0,5 až 2 mm velké klasty silně zvětralých živců, šedobílé až žlutohnědé barvy, které se snadno vydrolují. Výjimečně se vyskytují křemenná i živcová zrna o velikosti až cca 5 mm. Hornina je porézní, za sucha poměrně soudržná, avšak bloky nasáklé vlhkostí soudržnost ztrácí a drolí se.

Druhým typem pískovce, který se zde vyskytuje, je jemnozrnitý pískovec (viz obr. 8), použitý na okenní římsu (viz obr. 5, dokumentační bod 16). Rozměr tohoto bloku je 80x30x30 cm. Barva této horniny je na povrchu šedohnědá, na čerstvém lomu je pískovec jasně žlutý s oranžovými až sytě červenými smouhami limonitu, které jsou navzájem paralelní. V těchto

polohách jsou patrné nepravidelné dutinky velké až 5 mm. Makroskopicky je tento pískovec velmi kompaktní a nejsou v něm rozlišitelné jednotlivé klasty.



Obr. 9 A – vzorek č. 1, odebrán z volného bloku (obr. 5, dokumentační bod 2); B – vzorek č. 2, odebrán z volného bloku (obr. 5, dokumentační bod 6); C – vzorek č. 3, odebrán z volného bloku (obr. 5, dokumentační bod 8); D – vzorek č. 4 odebrán z volného bloku (obr. 5, dokumentační bod 13); E – vzorek č. 11, odebraný z okenní římsy mnišské cely (obr. 5, dokumentační bod 16)

## Řasový vápenec – lumachela

Vzácněji se v ruinách Kartouzky dají najít bloky řasového vápence a lumachely (viz obr. 10), použitého na některé okenní, a pravděpodobně i jiné, římsy. Bloky této horniny jsou zvětralé a rozpadají se do větších kusů, proto je prakticky nemožné je změřit. Vzorek pro laboratorní zpracování jsem odebral z torza římsy v hlavní lodi kostela (viz obr. 5, dokumentační bod 12).

Makroskopicky je řasový vápenec či spíše lumachela složena z až 5 cm velkých úlomků schránek mlžů a drobnějších rourek červů. Hornina je velmi porézní. Barva na lomu je šedobílá.



Obr. 10 Lumachela, odebraná z římsy (obr. 5, dokumentační bod 12)

## Cihly a dlaždice

Cihly (viz obr. 11 A. B) byly na Kartouzce použity k vyzdívání, některých drobnějších architektonických článků, které jsou ovšem málokde dochované v původní pozici, takže se cihly nachází spíše roztroušené a vysypané ze zdi. V místě někdejšího výklenku vpravo od oltáře (viz obr. 5, dokumentační body 10 a 11) jsem odebral vzorky dvou cihel, přičemž jeden z cihly o normálním stupni výpalu a druhý z cihly přepálené. Další odběrovou lokalitou byla samostatně stojící budova, dnes již ukrytá v lese (viz obr. 5, dokumentační bod 19). Na této lokalitě jsem odebral vzorek dlaždice, sloužící coby podlahová krytina. Poslední lokalitou, na které byl odebrán vzorek stavební keramiky, je hromada cihel na východním okraji prostranství před Kartouzskou, která zde zbyla po archeologických pracích (viz obr. 5,

dokumentační bod 20). Na této lokalitě dr. Lehotský našel cihlu, v níž je zachována psí stopa (viz obr. 11 A).

Makroskopicky se cihly dají rozdělit do dvou skupin a to na „normálně“ vypálené (viz obr. 11 A), které mají běžnou cihlově červenou barvu, a na cihly přepálené (ať již při výrobě nebo při požáru za husitských válek), ty mají barvu temně rudou až černou (viz obr. 11 B). Na lomných plochách normálně vypálených cihel jsou patrné úlomky hrubšího ostřiva, a to hlavně břidlic a křemene; některé póry jsou vyplněné žlutobílým sekundárně vysráženým karbonátem. U přepálených cihel je barva na povrchu tmavě rudá, uprostřed až hnědočerná. Na lomu jsou z hrubších úlomků ostřiva patrné křemeny a černé bublinaté úlomky. Přepálené cihly jsou makroskopicky rozpraskané a uvnitř některých jsou až několik centimetrů velké zploštělé dutiny nepravidelného tvaru. Vnitřní povrch těchto dutin je hrubý a makroskopicky kompaktní.

Podlahová dlaždice je neglazovaná, cihlově oranžové barvy, na její pravděpodobně spodní části jsou zachované zbytky malty (viz obr. 11 C). Tloušťka dlaždice není rovnoměrná a pohybuje se v rozmezí 2 až 3 cm. Na lomu je dlaždice zbarvená stejně jako na povrchu, bez patrných úlomků ostřiva. Makroskopicky jsou patrné až 3 mm velké póry okrouhlého tvaru, které jsou vyplněné jemným drolivým karbonátem bíložluté barvy.

### **Malta**

Malta (viz obr. 12) je použita jako pojivo stavebního kamene, cihel i kamenických prvků ve zdivu, a dále pak na lůžko pod keramickými dlaždicemi, jak je možno soudit z vrstvy malty na nalezené dlaždici. Vzorek malty jsem odebral ze zříceného klenebního oblouku (viz obr. 5, dokumentační bod 17).

Makroskopicky je malta šedobílá na povrchu a šedá na čerstvém lomu. V plnivu jsou makroskopicky patrná hlavně různě barevná dobře opracovaná zrna pefitické frakce tvořená hlavně křemenem, živci a úlomky hornin. Dále jsou patrné cihlově červené poloostrohanné až ostrohanné keramické střepy, velké až 0,5 cm; a až několikacentimetrové ostrohanné úlomky jílové břidlice šedé až černošedé barvy. Malta je porézní, křehká a větší úlomky plniva se z ní snadno vydrolují.



**Obr. 11 A – Cihla s dochovanou psí stopou, odebraná z hromady cihel (obr. 5, dokumentační bod 20); B – Přepálená cihla odebraná z rozbořeného výklenku (obr. 5, dokumentační bod 10); C – Dlaždice nalezená v samostatné budově (obr. 5, dokumentační bod 19)**



**Obr. 12 Malta odebraná ze zříceného klenebního oblouku (obr. 5, dokumentační bod 17)**



## 7.2 Mikropetrografický popis vzorků

### Droba (vzorek č. 7)

Struktura droby je psamitická s aleuriticko-pelitickým pojivem (viz obr. 13 – A). Ve složení droby (viz tab. 1) mírně převažuje křemen (32,6 obj. %) nad živci (32,1 obj. %), minerální klasty (70,7 obj. %) výrazně převažují nad horninovými úlomky (0,9 %). Z akcesorických minerálů je přítomen zirkon a apatit ve formě inkluzí v živcích, a granát. Pojivo je tvořeno aleuriticko-pelitickou frakcí, z celkové hmoty horniny tvoří pojivo 27,7 obj. %, v pojivu se vzácně vyskytují drobné póry (0,7 obj. %).

Křemenné klasty jsou převážně poloostrohranné až nedokonale zaoblené. Převažuje monokrystalický křemen nad polykrystalickým. Velikost klastů se pohybuje od desítek  $\mu\text{m}$  po 0,5 mm. Většina křemenných klastů uzavírá fluidní inkluze. Většina křemenných klastů zháší undulózně, některé klasty jsou granulované.

Z živců výrazně převažuje K-živce nad plagioklasem. Klasty K-živce jsou převážně nedokonale zaoblené. Velikost klastů se pohybuje v rozmezí 0,25 až 1 mm, zpravidla však nepřesahuje 0,5 mm. U některých klastů je patrné mikroklinové mřížkování nebo pertity nepravidelného nebo okrouhlého tvaru; jeden klast ve vzorku srůstá dle karlovarského zákona. Některé klasty uzavírají drobné inkluze apatitu a zirkonu. Mnohé z klastů podléhají sericitizaci, většina pouze na okrajích.

Plagioklas je zastoupen nedokonale zaoblenými až poloostrohrannými klasty. Velikost klastů se pohybuje v rozmezí 120 až 250  $\mu\text{m}$ . Některé plagioklasové klasty obsahují drobné inkluze apatitu, méně pak zirkonu. Prakticky všechny plagioklasy ve výbruse jsou polysynteticky lamelované (viz obr. 13 – B). Většina klastů je postižena sericitizací patrnou hlavně na okrajích a štěpných trhlinách.

Muskovit se ve vzorku vyskytuje hlavně ve formě sericitu v pojivu. Ve výbruse se vyskytují sericitové shluky (viz obr. 13 – B) tvaru izometrických zrn o velikosti až 0,2 mm. Z tvaru je patrné, že se jedná o klast, nelze však stanovit, jedná-li se o zcela pseudomorfovaný klast živce, či úlomek sericitické břidlice. Klastický muskovit má tvar tenkých šupin či tabulek o velikosti 0,2 až 0,63 mm. Okraje šupinovitých klastů jsou zpravidla roztřepené, některé šupiny jsou zohýbané.

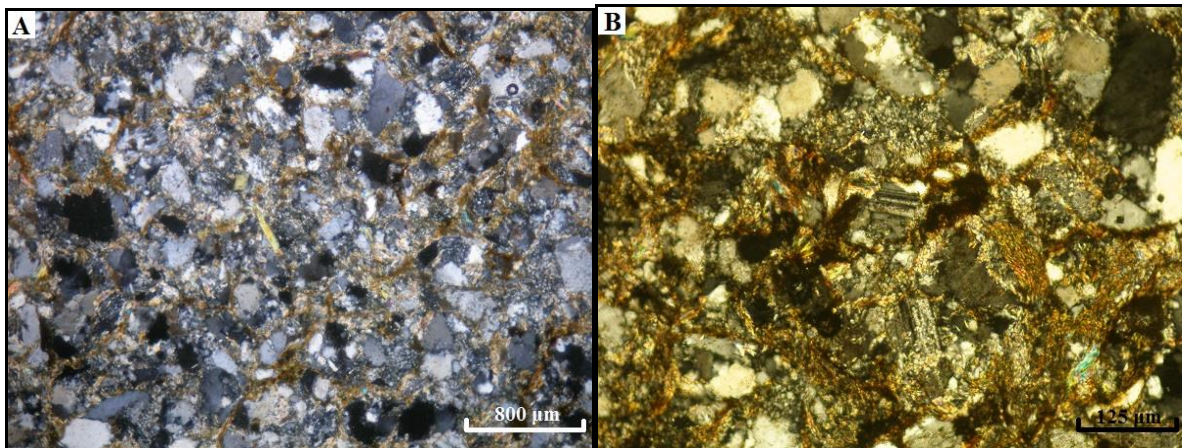
Horninové úlomky jsou ve vzorku zastoupeny zejména drobnými úlomky jílových břidlic a kvarcitu. Velikost těchto klastů zpravidla nepřesahuje 0,5 mm. Klasty jílových břidlic mají semiovální až ovální tvar. Struktura břidlicových klastů je pelitická, paralelně

uspořádaná. Úlomky břidlic jsou tvořené křemenem sericitem a dalšími opticky nerozlišitelnými minerály.

Klasy kvarcitu jsou poloostrohranné. Struktura kvarcitových klastů je granoblastická. Kvarcity jsou tvořeny prakticky pouze granulovaným polykrystalickým křemenem a výjimečně i drobnými lupínky muskovitu.

Póry se vyskytují v pojivu, mají okrouhlý nebo jedním směrem protažený tvar. Okraje některých pórů jsou korodované. Velikost pórů nepřesahuje 320  $\mu\text{m}$ .

Pojivo má charakter směsi zrněk křemene, sericitu a jílových minerálů. V pojivu jsou místy patrné polohy – smouhy limonitu, temně červené až červenohnědé barvy. Limonitové polohy jsou vázány pravděpodobně na trhliny, a působí jako kontaktní tmel mezi některými klasy.



**Obr. 13** Mikrofotografie droby (vzorek č. 7): A – pelitická struktura s aleuriticko-pelitickým pojivem (XPL); B – polysynteticky lamelované plagioklasy, klast tvořený sericitem – zcela pseudomorfovaný klast živce nebo úlomek sericitové břidlice (XPL)

### **Slepenec (vzorek č. 9)**

Struktura slepenec je psefitická s aleuriticko-pelitickým pojivem. Větší jedním směrem protažené horninové klasy jsou víceméně subparalelně uspořádané (viz obr. 14 – A), menší horninové a minerální klasy jsou rozptýlené v pojivu a často tvoří shluky. Složení slepenec (viz tab. 1) je následující – hlavní složkou jsou klasy (73,5 obj. %) převažující nad pojivem (26,5 obj. %). Výrazně převládají horninové úlomky (66,4 obj. %) nad minerálními klasy (7,1 obj. %). Mezi horninovými úlomky výrazně převažují metagranitoidní horniny (29,8 obj. %) nad drobnými (11,3 obj. %), jílovcí (9,5 obj. %), kvarcity (8,2 obj. %) a prachovci (7,6 obj. %). Minerální klasy jsou zastoupeny zejména K-živcem, který převažuje nad křemenem, plagioklasem a muskovitem.

Klasy křemene jsou poloostrohranné až nedokonale zaoblené, velikost křemenných klastů se pohybuje od desítek  $\mu\text{m}$  po 100  $\mu\text{m}$ . Monokrystalický křemen převažuje nad polykrystalickým. V křemenných klastech jsou hojné fluidní inkluze, vzácně se jsou v některých klastech i drobné uzavřeniny šupinek muskovitu. U některých zrn je patrné undulózní zhášení, často i granulace.

K-živce výrazně převažuje nad plagioklasem. Klasy jsou převážně poloostrohranné až zaoblené. Velikost klastů se pohybuje v rozmezí 350  $\mu\text{m}$  až 1 mm. V některých zrnech se vyskytují pertity tvaru tlustých tabulek, lišt (viz obr. 14 – D) nebo izometrických zrn; u několika klastů je patrný dvojčatný srůst podle karlovarského zákona, případně mikroklínové mřížkování. K-živce mohou uzavírat drobné inkluze apatitu a zirkonu, ty se vyskytují i v pertitech. Většina klastů je postižena sericitizací, která je patrná zejména na okrajích klastů a na štěpných trhlinách. Některé klasy jsou uvnitř zakalené postupnou kaolinizací.

Plagioklas se ve vzorku vyskytuje kromě klastů i ve formě pertitických odmíšenin v K-živci. Klasy plagioklasu jsou poloostrohranné, jejich velikost se pohybuje od 0,5 do 1,2 mm. Plagioklasy jsou polysynteticky lamelované (viz obr. 14 – C), u jednoho klastu je patrné polysyntetické lamelování v kombinaci se srůstem podle karlovarského zákona. Inkluze apatitu a zirkonu jsou patrné takřka ve všech klastech. Inkluze apatitu jsou drobné a hojnější než inkluze zirkonu, které jsou méně časté, avšak větší a často zonální. Plagioklas je postižen sericitizací, která je patrná hlavně na okrajích klastů a na štěpných trhlinách.

Muskovit se ve vzorku vyskytuje převážně ve formě sericitu, který je obsažen v pojivu a/nebo tvoří pseudomorfózy po živcích. Klastický muskovit tvoří tenké, často zohýbané a roztržené lišty, o velikosti 50 až 250  $\mu\text{m}$ . Některé klasy vykazují pleochroismus ve slabě nazelenalých odstínech.

Úlomky granitoidních až metagranitoidních hornin vykazují různý stupeň tlakového postižení. To se projevuje uspořádáním lišt muskovitu, které je v některých vzorcích nahodilé, v jiných plošně paralelní, a rekrystalizací křemene. Úlomky jsou nedokonale zaoblené. Velikost klastů se pohybuje mezi 0,3 až 8 mm. V úlomcích je patrná granitická až granoblastická struktura. Úlomky jsou tvořené K-živcem, křemenem a muskovitem. K-živce mírně převažuje nad křemenem, tvoří xenomorfně omezená zrna. Zrna K-živce obsahují četné drobné inkluze apatitu a zirkonu. Některá zrna jsou na okrajích slabě postižena sericitizací. Křemen tvoří xenomorfně omezená zrna, obsahující fluidní inkluze. Prakticky všechna zrna křemene undulózně zháší a/nebo jsou granulovaná. Muskovit se vyskytuje ve formě drobných

hypidiomorfni omezených lišt a lupínků. V jednom klastu se vyskytují tenké protažené dutinky po zcela vylouženém minerálu (viz obr. 14 – E, F) - původní minerál (podle tvaru pravděpodobně fylosilikát) měl tvar tenkých lišt či lupínků o velikosti okolo 10  $\mu\text{m}$ . Tyto dutinky nejeví žádnou přednostní orientaci. Dutinky jsou od stěn zaplňovány povlaky limonitu, a některé tenčí jsou limonitem zaplněné zcela.

Klasy droby jsou poloostrohranné až zaoblené. Maximální velikost drobových úlomků je 12 mm. Struktura droby je psamitická s aleuriticko-pelitickým pojivem. V drobě převažují klasy nad pojivem. Mezi klasy lehce převažuje křemen nad živci, dále se v úlomcích vyskytuje klastický muskovit, akcesoricky je přítomný apatit ve formě inkluzí v živcích a granát. Vzácně se v některých úlomcích drob vyskytují klasy prachovců nebo polykrystalického křemene. Křemenné klasy jsou poloostrohranné, jejich velikost zpravidla nepřesahuje 80  $\mu\text{m}$ . Většina zrn obsahuje fluidní inkluze. Většina zrn unduózně zháší, některá jsou granulovaná. Z živců převažuje K-živce nad plagioklasem. Klasy K-živce jsou nedokonale zaoblené, o velikosti 0,1 mm až 0,5 mm. Dvojčatné srůsty či mikroklinové mřížkování nejsou patrné. Některé klasy jsou slabě sericitizované. Klasy plagioklasu jsou poloostrohranné. Velikost klastů plagioklasu nepřesahuje 380  $\mu\text{m}$ . Plagioklas je polysynteticky lamelovaný. Většina klastů plagioklasu je postižena sericitizací, která je patrná hlavně na okrajích klastů a na štěpných trhlinách. Muskovit se v drobě vyskytuje hlavně ve formě sericitu v pojivu, v menší míře i klastický. Klasy muskovitu mají tvar drobných na koncích roztřepených lišt, o délce do 60  $\mu\text{m}$ . Klasy jílovců v úlomcích droby jsou semiovální. Jejich velikost nepřesahuje 0,5 mm. Pojivo je tvořeno aleuriticko-pelitickou frakcí, tvořenou zrníčky křemene a sericitem.

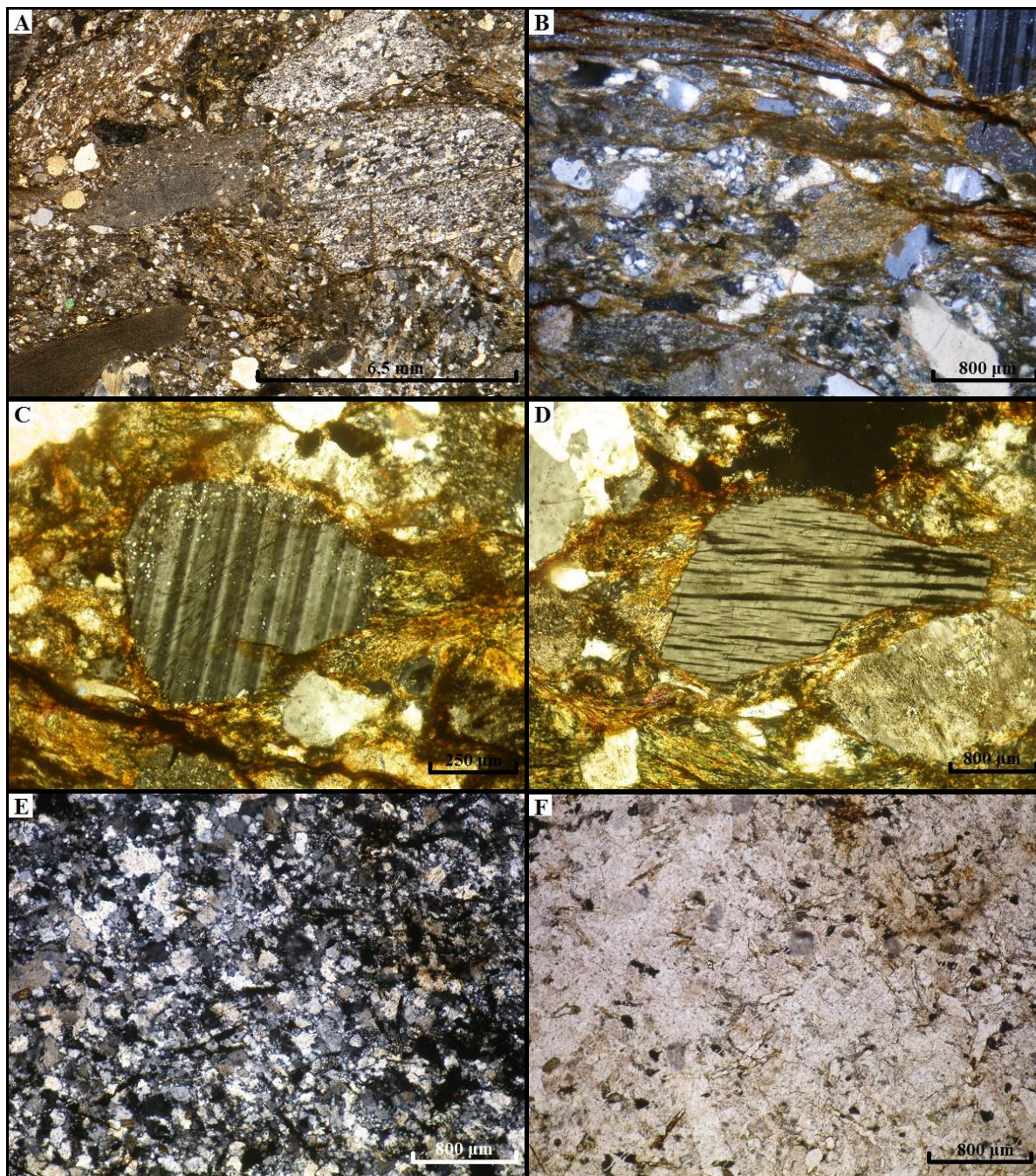
Úlomky jílové břidlice jsou semiovální až ovální. Jejich velikost se pohybuje od 2 do 8 mm. Struktura břidlice je pelitická, subparalelně uspořádaná, v některých úlomcích se vyskytuje příměs aleuritické frakce. Opticky jsou rozeznatelné klasy křemene a sericit. V některých úlomcích jsou patrné povlaky tmavě hnědého limonitu.

Klasy prachovce jsou zaoblené až semiovální. Jejich velikost se pohybuje v rozmezí 0,8 až 10 mm. Struktura prachovce je aleuritická s pelitickou příměsí. Prachovec je tvořen směsí jemnozrnného křemene a sericitu, výjimečně se objevují i větší lupínky klastického muskovitu.

Kvarcitové úlomky jsou ostrohranné až poloostrohranné, jejich velikost se pohybuje mezi 0,5 až 1,7 mm. Struktura kvarcitových úlomků je granoblastická, u některých úlomků granoblastická zubovitá. Kvarcit je tvořený křemenem, který výrazně převažuje nad ostatními

minerály – K-živcem, muskovitem a akcesorickým apatitem, který se vyskytuje ve formě inkluzí v K-živci. Křemen v kvarcitu tvoří izometrická zrna, která undulózně zhášejí a jsou většinou alespoň částečně granulovaná. V mnohých zrnech jsou patrné fluidní inkluze. Izometrická zrna K-živce se vyskytují pouze v některých kvarcitových úlomcích a jsou výrazně menší než zrna křemene. V některých zrnech K-živce se vyskytují drobné inkluze apatitu častěji okrouhlého než sloupečkovitého tvaru. Některá zrna K-živce jsou sericitizovaná, většina je však bez přeměn. Muskovit se vyskytuje ve formě tenkých krátkých lišt a lupínků, které jsou často zohýbané.

Pojivo ve vzorku je tvořeno aleuriticko-pelitickou frakcí složenou z křemene a sericitu. V některých partiích jsou výrazné povlaky tmavě hnědého limonitu (viz obr. 14 – B), který obaluje některé klasty, nebo tvoří výrazné smouhy.



Obr. 14 Mikrofotografie slepence (vzorek č. 9): A – subparalelní uspořádání největších klastů (XPL); B – limonitové povlaky vysrážené na trhlinkách v pojivu a na povrchu některých klastů (XPL); C – polysynteticky lamelovaný slabě sericitizované plagioklas s inkluzemi apatitu (XPL); D – pertické odmišleniny v K-živci (XPL); E – dutinky po vylouženém minerálu v úlomku granitoidní horniny (XPL); F – dutinky po vylouženém minerálu v úlomku granitoidní horniny (PPL)

### Arkózy (vzorky č. 1, 2, 3)

Struktura arkóz je psamitická s proměnlivým obsahem aleuriticko-pelitického pojiva. Arkózy jsou tvořeny (viz tab. 1) hlavně klasty křemene (37,9 až 47,9 obj. %) a K-živce (22,4 až 38,6 obj. %), poměry těchto hlavních složek se ve výbrusech různí. Další klastické

složky horniny jsou plagioklas (0,4 až 2,6 obj. %) a muskovit (0,5 až 2,5 obj. %). Akcesoricky je přítomný apatit a zirkon, ve výbrusu č. 2 je akcesoricky přítomný biotit (0,2 obj. %) bez patrných přeměn (viz obr. 15 – D), v pojivu se akcesoricky vyskytují opakní fáze. Pojivo je tvořeno křemenem a sericitem aleuriticko-pelitické frakce, jeho obsah se ve vzorcích pohybuje v rozmezí od 5,1 do 11,8 obj. %. Póry zaujímají 14,8 až 21,8 obj. %. Velikost klastů jednotlivých složek se ve výbrusech různí (viz obr. 16).

Křemenné klasty jsou většinou poloostrohranné, jejich velikost se pohybuje od 125  $\mu\text{m}$  do 1 mm. Monokrystalický křemen ve všech výbrusech výrazně převažuje nad polykrystalickým. Prakticky ve všech klastech jsou přítomné fluidní inkluze, u vzorku č. 3 jsou v několika klastech uzavřené i šupinky muskovitu. Téměř všechny klasty zhášejí undulózně, granulace je však patrná jen zřídka.

Klasty K-živce jsou poloostrohranné až zaoblené. Velikost klastů se pohybuje od 15  $\mu\text{m}$  do 1,3 mm. U některých zrn jsou patrné výrazné štěpné trhliny, poměrně často patrné je mikroklinové mřížkování, dvojčatné srůsty se vyskytují jen výjimečně. Pertity se v klastech vyskytují pouze sporadicky, převážně tvaru drobných tabulek nebo izometrických zrn. Pro všechny výbrusy platí, že mnohé klasty K-živce uzavírají drobné inkluze apatitu, které jsou hojnější než inkluze zirkonu. Většina klastů je postižena sericitizací (viz obr. 15 – A), patrnou hlavně na okrajích klastů, a na štěpných trhlinách. Některá zrna jsou zakalena kaolinizací, která je patrná zejména ve výbruse č. 3.

Plagioklas se ve vzorcích vyskytuje klastický a ve formě pertitů v K-živci. Klastický plagioklas je zastoupen poloostrohrannými až dobře zaoblenými klasty, jejichž velikost se pohybuje v rozmezí 0,2 až 1,7 mm. Velmi časté je výrazné polysyntetické lamelování. Některé klasty uzavírají inkluze apatitu nebo zirkonu. Většina klastů je silně postižena sericitizací, některé klasty jsou téměř zcela pseudomorfovány sericitem. Ve výbrusech jsou patrné dutiny lemované sericitem, které tvarem odpovídají plagioklasovým klastům, v některých z nich jsou patrné i zbytky zrn, které se vydrolily při výrobě výbrusu (viz obr. 15 – B, C). Je tedy patrné, že obsah plagioklasu ve vzorku může být nepatrně vyšší, než kolik je ho vidět ve výbruse.

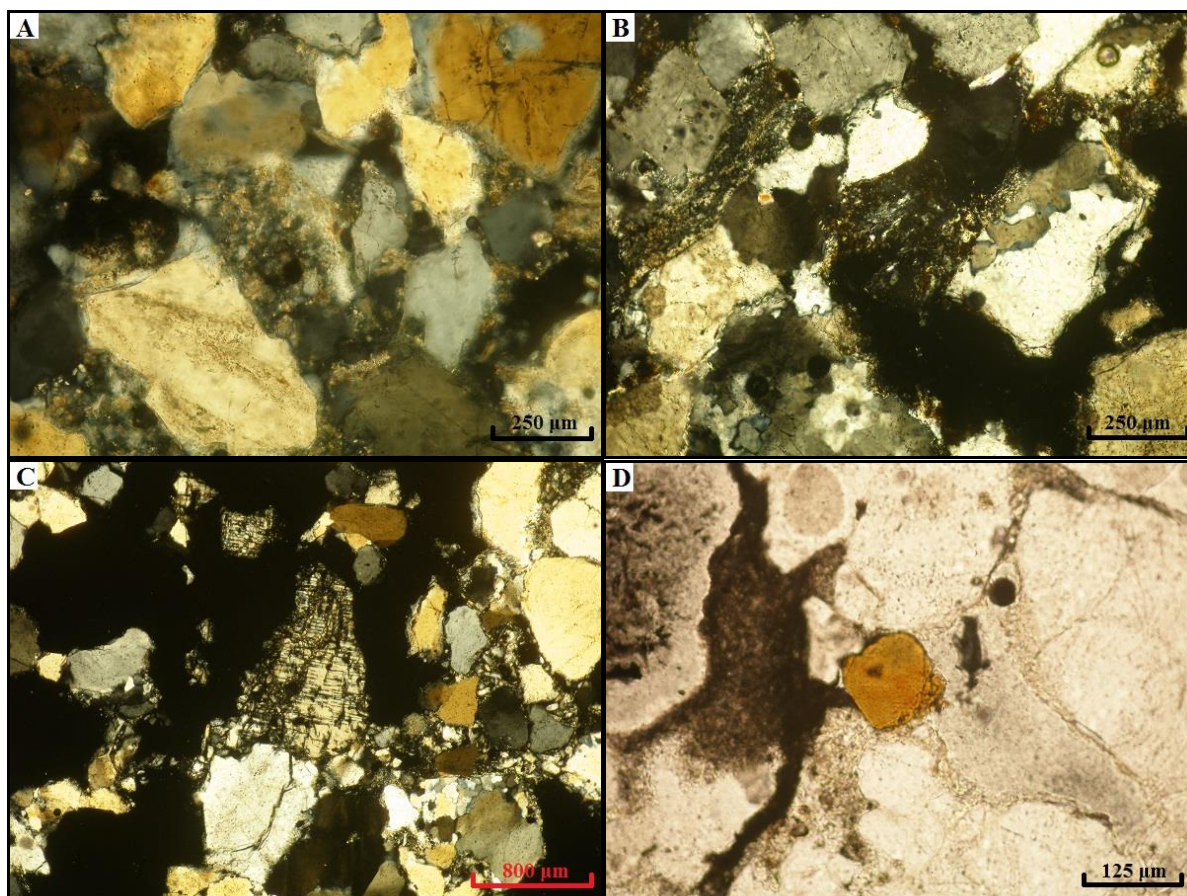
Muskovit se vyskytuje hlavně ve formě sericitu v pojivu a v pseudomorfózách po živcích. Klastický muskovit není příliš hojný. Klasty mají, v závislosti na orientaci, tvar tenkých lišt až šupin nebo izometrických zrn. Lišty jsou často prohnuté a s roztřepenými okraji. Velikost klastů muskovitu se pohybuje mezi 70 až 350  $\mu\text{m}$ .

Pojivo je tvořené zrníčky křemene a šupinkami sericitu. V některých vzorcích jsou v pojivu vzácně patrné partie zbarvené limonitem, dále se v pojivu vzácně vyskytují roztroušené opakní minerály. Ty mají tvar izometrických zrn, krátce sloupečkovitý nebo okrouhlý tvar. Zrna opakních fází jsou velice drobná, většinou nepřesahují 15  $\mu\text{m}$ . Pojivo vyplňuje prostory mezi jednotlivými klasty. Póry jsou izometrického tvaru, některé póry jsou okrouhlé. Velikost pórů se pohybuje od prvních desítek  $\mu\text{m}$  do 340  $\mu\text{m}$ . Na okrajích některých pórů jsou patrné povlaky limonitu.

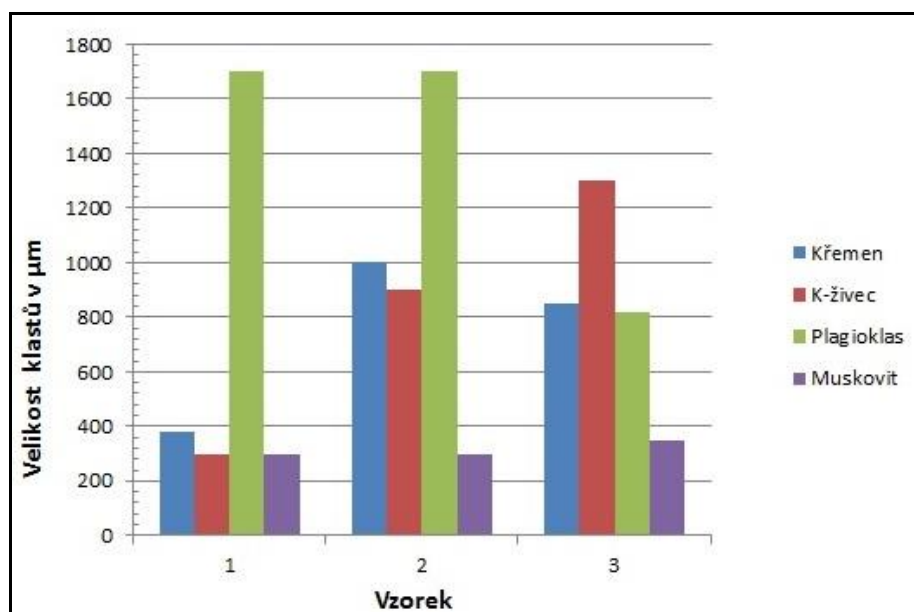
Výbrus	č. 1	č. 2	č. 3	č. 4	č. 11	č. 7	č. 9	č. 5	č. 6	č. 10
<b>Křemen</b>	37,9	47,9	40,5	84,2	79,7	32,6	1,8	2,2	-	3,6
<b>K-živce</b>	38,6	22,4	23,7	6,5	0,8	28,4	3,8	3,4	-	5,3
<b>Plagioklas</b>	0,5	1,4	2,6	-	-	3,7	0,7	-	-	-
<b>Živce <math>\Sigma</math></b>	39,1	23,8	26,3	6,5	0,8	32,1	4,5	3,4	-	5,3
<b>Muskovit</b>	2,5	1,2	0,5	0,2	3,9	5,9	0,7	1,3	-	0,6
<b>Granát</b>	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	-
<b>Biotit</b>	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Min. klasty <math>\Sigma</math></b>	79,5	73,1	67,3	90,9	84,4	70,7	7,1	6,9	-	9,5
<b>Droba</b>	-	-	-	-	-	-	11,3	-	-	11,3
<b>Jílová břidlice</b>	-	-	-	-	-	-	9,5	-	-	5,0
<b>Prachovec</b>	-	-	-	-	-	-	7,8	-	-	5,8
<b>Metagranitoid</b>	-	-	-	-	-	-	29,8	-	-	-
<b>Kvarcit</b>	-	-	-	-	-	-	8,2	-	-	4,8
<b>Litické klasty <math>\Sigma</math></b>	-	-	-	-	-	0,9	66,4	13,5	-	26,9
<b>Keramika</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,8
<b>Pojivo</b>	5,7	5,1	11,8	6,7	14,5	27,7	26,5	74,9	83,9	46,1
<b>Vyplněné póry</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	4,8	1,3
<b>Prázdné póry</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	11,3	13,4
<b>Póry <math>\Sigma</math></b>	14,8	21,8	20,9	2,4	1,1	0,7	-	4,7	16,1	14,7
<b><math>\Sigma</math> všech složek</b>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tab. 1 – Výsledky planimetrické analýzy vzorků v obj. %





Obr. 15 Mikrofotografie arkóz: A – sericitizované klasty živce mezi klasty křemene (vzorek č. 1) v XPL; B – relikty částečně vydroleného sericitem pseudomorfovaného živce (vzorek č. 3) v XPL; C – relikty částečně vydroleného sericitizovaného plagioklasu (vzorek č. 2) v XPL; D – šupina biotitu (vzorek č. 2) v PPL



Obr. 16 Srovnání zrnitosti arkóz

### **Pískovce (vzorek č. 4, 11)**

První ze studovaných vzorků (výbrus č. 4) má psamitickou strukturu s aleuriticko-pelitickým pojivem. V klastické složce (viz tab. 1) výrazně převažuje křemen (84,2 obj. %) nad K-živcem (6,5 obj. %) a muskovitem (0,2 obj. %). Pojivo ve vzorku zaujímá 6,7 obj. %. Akcesoricky je přítomný apatit a zirkon. Dále se vyskytuje i plagioklas ve formě pertitů v K-živci a sericit. Póry zaujímají 2,4 obj. %.

Křemenné klasty jsou poloostrohranné až zaoblené, velikost klastů se pohybuje od 250  $\mu\text{m}$  do 1 mm. Monokrystalický křemen lehce převažuje nad polykrystalickým. Prakticky všechny klasty undulózně zhášejí, granulace je patrná jen vzácně. Prakticky všechna zrna uzavírají velké množství fluidních inkluzí, u polykrystalických klastů se vzácně vyskytují i uzavřené šupiny muskovitu.

Klasty K-živce jsou zaoblené až semiovální, jejich velikost je 0,5 až 1,75 mm. Ve většině klastů jsou patrné štěpné trhliny, vzácně vyskytují srůsty podle karlovarského zákona. V některých klastech jsou patrné pertity okrouhlého nebo tlustě tabulkovitého tvaru; některé odmíšeniny albitu jsou polysynteticky lamelované a obsahují inkluze zirkonu. Některé klasty uzavírají inkluze zirkonu, méně často i apatitu. Většina klastů je zakalena kaolinizací; některé klasty jsou postižené sericitizací. Některá silně sericitizovaná zrna jsou ve výbruse zjevně vydrolená.

Muskovit se vyskytuje hlavně ve formě sericitu v pseudomorfózách po živci a/nebo v pojivu. Klastický muskovit má tvar tenkých krátkých lišt nebo okrouhlých šupin s olámanými okraji. Velikost klastů muskovitu se pohybuje v prvních desítkách  $\mu\text{m}$ .

Pojivo (viz obr. 17 – A) je tvořeno zrníčky křemene a šupinkami muskovitu aleuriticko-pelitické frakce a opticky nerozlišitelnými jílovými minerály. Vzácně se v pojivu vyskytují drobná zrna opakních minerálů (viz obr. 17 – B), které mají tvar drobných izometrických zrníček. V pojivu okolo některých opakních zrn se vyskytují tmavé limonitové povlaky, které směrem od zrna světlají. Póry ve studovaném vzorku jsou nepravidelného, zaobleného tvaru. Velikosti zpravidla nepřesahuje 200  $\mu\text{m}$ . Většina porů se vyskytuje v pojivu.

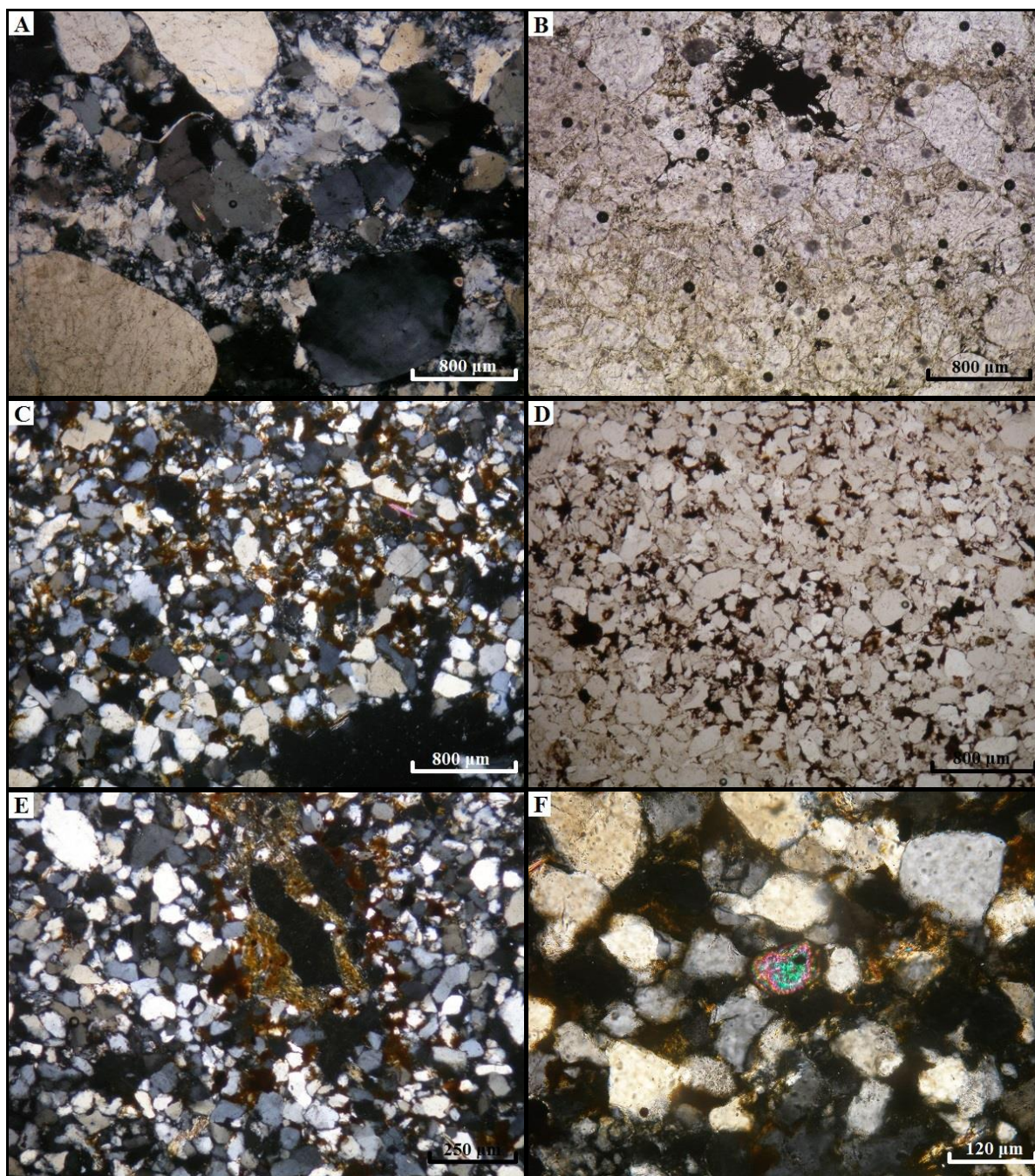
Druhý studovaný vzorek (výbrus č. 11) má psamitickou strukturu. Horninu tvoří (viz tab. 1) převážně křemen (79,7 obj. %), dále pak muskovit (3,9 obj. %), K-živec (0,8 obj. %). Pojivo/tmel zaujímá ve vzorku 14,5 obj. %. Obsah porů je 1,1 obj. %. Akcesoricky je přítomný klastický zirkon (viz obr. 17 – F) a turmalín.

Klasy křemene jsou poloostrohranné až ostrohranné, o velikosti 25 až 320  $\mu\text{m}$ . Ve výbruse výrazně převažuje monokrystalický křemen nad polykrystalickým. Prakticky všechna zrna zhášejí undulózně, granulovaná zrna se vyskytují velice vzácně. Téměř všechna zrna obsahují malý počet drobných fluidních inkluzí; poměrně hojně se v křemeni vyskytují drobné karbonátové inkluze okrouhlého tvaru. V polykrystalických klasech jsou zřídka uzavřeny lístečky muskovitu. Kromě křemene se ve výbruse vyskytuje i chalcedon, který tvoří nepravidelné jednosměrně protažené vláknité agregáty, nebo velmi jemně zrnité okrouhlé agregáty s charakteristickým agregátním zhášením. Velikost chalcedonových agregátů se pohybuje do 25  $\mu\text{m}$ .

Klasy K-živce jsou poloostrohranné až nedokonale zaoblené, velké od 20 do 250  $\mu\text{m}$ . Některé klasy obsahují drobné inkluze apatitu. Většina klastů je postižena kaolinizací.

Muskovit se vyskytuje jak ve formě sericitu v pojivu, tak i klastický. Klastický muskovit má v závislosti na orientaci řezu tvar tenkých lišt nebo nepravidelných zrn. Velikost klastů je 25 až 170  $\mu\text{m}$ .

Pojivo pískovce je tvořeno křemenem aleuriticko-pelitické frakce a šupinkami sericitu (viz obr. 17 – C). Ve velké míře je v pojivu přítomný tmavě hnědý až rudo-hnědý limonit (viz obr. 17 – C, D), který zároveň působí jako obalový, v některých partiích až pórový tmel. Výjimečně se v pojivu vyskytují drobná zrna opakních fází (viz obr. 17 – D). Tato zrníčka mají nepravidelný tvar, jejich velikost je zpravidla do 15  $\mu\text{m}$ . Kolem mnoha opakních zrn se tvoří limonitové povlaky, zbarvující okolní pojivo. Póry mají nepravidelný, převážně jednosměrně protažený tvar. Velikost pórů se pohybuje od desítek  $\mu\text{m}$  do 2 mm. V mnoha, převážně menších pórech jsou na okrajích patrné povlaky tvořené sericitem (viz obr. 17 - E), u větších pórů převažují povlaky limonitu, které někdy zaujímají značnou část objemu póru.



Obr. 17 Mikrofotografie pískovců: A – poloostrohranné až zaoblené klasty křemene, křemen – sericitové pojivo (vzorek č. 4) v XPL; B – opakní fáze ve vzorku č. 4 (PPL); C – poloostrohranné klasty křemene a limonitový tmel ve vzorku č. 11 (XPL); D – limonitový tmel ve vzorku č. 11 (PPL); E – póry ve vzorku č. 11, na jejichž okrajích jsou patrné sericitové a/nebo limonitové povlaky (XPL); F – klast zonálního zirkonu ve vzorku č. 11 (XPL)

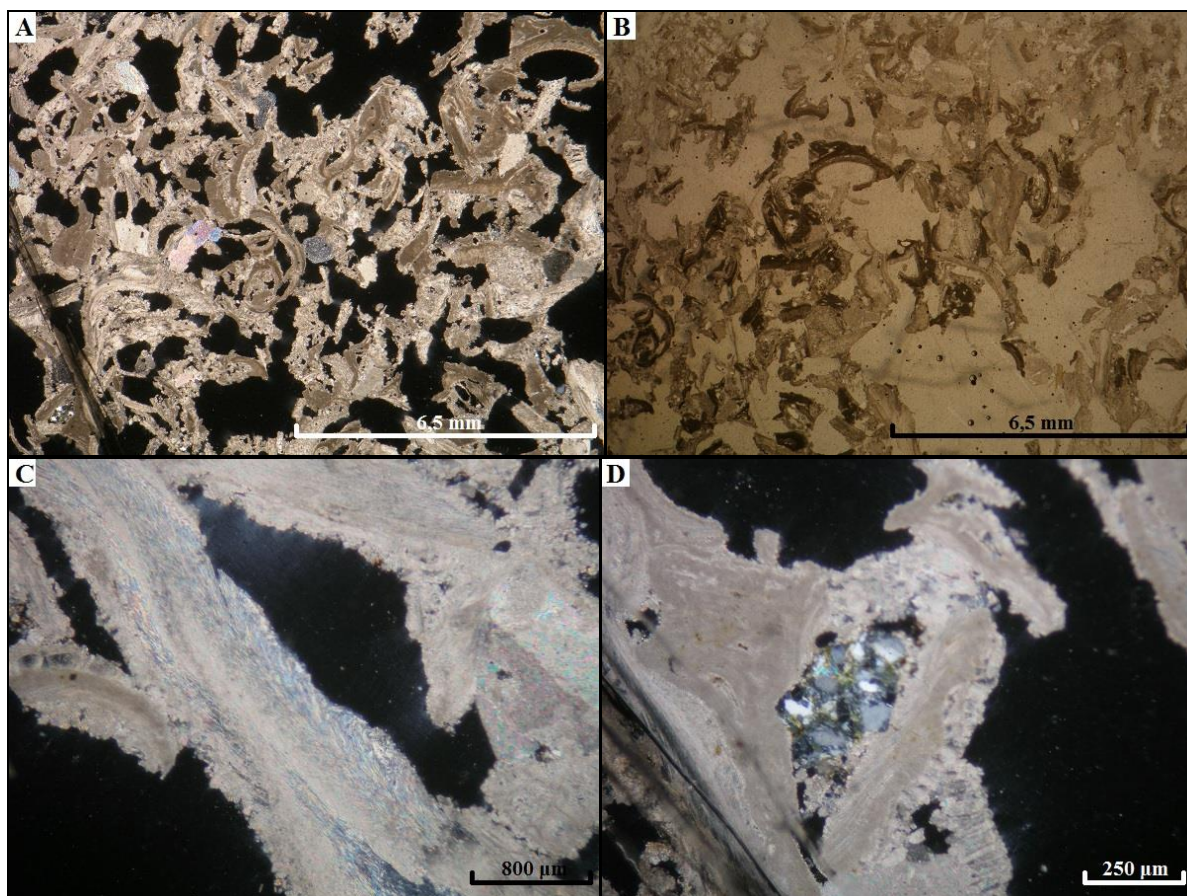
### Lumachela (vzorek č. 8)

Struktura lumachely je organodetrická s psamiticko-aleuritickou příměsí (viz obr. 18 – A). Hlavní složkou horniny jsou úlomky karbonátových schránek mlžů o velikosti až 3 cm, u schránek je zachována zejména prizmatická vrstva, tvořená krátkými sloupečky kalcitu.

U některých úlomků je patrná i perleťová (hypostrakum) a porcelánová vrstva (ostrakum), ty mají vláknitou nebo jemně zrnitou až mikritickou stavbu (viz obr. 18 - C). Výjimečně je u některých schránek, které jsou z vnější strany obaleny tmelem, patrná dutina po vyloužené organické vrstvě schránky. V menší míře se vyskytují rourky červů, které jsou špatně patrné, neboť jsou vyplněny tmelem. Výjimečně se vyskytují téměř celé planispirální schránky plžů. Tyto úlomky k sobě pojí dotykový karbonátový (kalcitový) tmel mikritického charakteru, který místy přechází až v tmel obalový, v menší míře pak vyplňuje dutinky mezi úlomky schránek. Mezi jednotlivými úlomky schránek jsou až centimetrové nevyplněné dutiny.

Zvláštností ve výbruse je asi 160  $\mu\text{m}$  velký automorfně omezený šestiboký krystal kalcitu (viz obr. 18 - A), vyskytující se v jedné z dutin. Ve stavbě krystalu je patrné oválné jádro a automorfní omezená přírůstková zóna. Jak jádro, tak i mladší přírůstek v sobě uzavírají četné opticky nerozlišitelné nečistoty.

Vzácně se ve vzorku vyskytují klasty psamitické až aleuritické frakce (viz obr. 18 – D), které jsou rozptýlené v tmelu a/nebo uzavřené v dutinkách mezi úlomky či uvnitř schránek. Klastická příměs je tvořena převážně křemenem, plagioklasem, K-živcem a muskovitem, přičemž křemen výrazně převažuje nad živci. Křemenné klasty jsou ostrohranné až poloostrohranné. Patrné jsou drobné fluidní inkluze. Klasty plagioklasu jsou poloostrohranné. U některých klastů je patrné polysyntetické lamelování. Některé klasty uzavírají ojedinele drobné inkluze zirkonu. K-živce je zastoupen jen nepatrně, tvoří poloostrohranné klasty. V K-živci nejsou přítomny žádné inkluze. U jednoho klastu K-živce je patrný srůst dle karlovarského zákona. Jak plagioklasy, tak i K-živce jsou ve vzorku většinou bez přeměn, pouze některé klasty jsou na okrajích sericitizované. Muskovit se vyskytuje převážně ve formě sericitu, klastický muskovit je méně hojný a tvoří většinou nepravidelné roztřepené lupínky rozptýlené v tmelu, nebo se vyskytuje společně s křemenem a živci v dutinkách.



Obr. 18 Mikrofotografie lumachely (vzorek č. 8): A – organodetritická struktura lumachely s psamitickou příměsí, uprostřed výbrusu je patrný automorfně omezený krystal kalcitu s růstovou zonálností (XPL); B – organodetritická struktura lumachely (PPL); C – střídání vláknité a mikritické stavby karbonátové schránky mlže (XPL); D – klastická příměs mezi úlomky schránek (XPL)

### Hrubozrnná keramika (přepálená cihla, vzorek č. 5)

Hrubozrnná stavební keramika má fluidální stavbu; je tvořena (viz tab. 1) převážně matrix (74,9 obj. %), ostřívo (20,5 obj. %) je tvořeno převážně horninovými úlomky (13,5 obj. %). Minerální zrna jsou zastoupena hlavně, K-živcem (3,4 obj. %), dále křemenem (2,2 obj. %) a muskovitem (1,4 obj. %). Póry zaujímají 4,7 obj. %. Akcesoricky je přítomný apatit a zirkon ve formě inkluzí v živci. Horninové úlomky jsou zastoupeny hlavně úlomky expandované jílové břidlice. Dále se vyskytují úlomky prachovce, které se často laminárně střídají s jílovou břidlicí v rámci jednoho úlomku. Výjimečně jsou expandované i úlomky prachovce. Poslední vyskytující se horninou je kvarcit.

Úlomky jílových břidlic mají velikost do 5 mm, tvar úlomků je ovální. Struktura expandovaných úlomků je bublinatá (viz obr. 19 – D), výjimečně se slinutými okraji. V PPL jsou úlomky velice špatně průhledné (viz obr. 19 – A), v XPL tmavě hnědé (viz obr. 19 – B). Opticky patrné fáze jsou křemen, sklo a opakní fáze. Křemen má tvar izometrických zrníček.

Křemen je prakticky pouze monokrystalický, bez fluidních inkluzí. Sklovitá fáze vyplňuje mezery mezi krystalickými fázemi. Ve sklovité hmotě jsou uzavřeny drobné opakní inkluze způsobující, že je skelná fáze v PPL špatně průhledná. V XPL je sklo izotropní, barva je tmavě hnědá až rudohnědá s černými skvrnami opakních inkluzí. Póry v expandovaných břidlicích jsou velké okolo 10 až 20  $\mu\text{m}$ , mají okrouhlý tvar a hladké celistvé okraje.

Prachovec je zastoupen semioválnými až oválnými úlomky, velkými až 5 mm. Struktura prachovce je aleuriticko-pelitická, často laminovaná (viz obr. 19 – A, B). U expandovaných úlomků se vyskytují bublinaté polohy. Prachovec je tvořen především křemenem, K-živcem, muskovitem a opakními fázemi. Křemenné klasty mají tvar izometrických zrn, vyskytuje se prakticky pouze v monokrystalické formě. Vzácně se vyskytují drobné fluidní inkluze. U některých křemenných úlomků aleuritické frakce je patrné undulózní zhášení. Klasty K-živce mají tvar izometrických zrn. Mikroklinové mřížkování ani dvojčatné srůsty nejsou patrné. Vzácně se vyskytuje i klastický muskovit, ve tvaru drobných roztrpených šupin. Opakní fáze se vyskytují ve formě jemných šupin rozptýlených v celém objemu prachovce. V expandovaných úlomcích se vyskytuje velké množství opakních inkluzí. Póry v expandovaných úlomcích mají okrouhlý tvar a hladké celistvé okraje. Kolem okrajů je patrná izotropní sklovitá hmota.

Úlomky kvarcitu jsou ostrohranné, mají granoblastickou zubovitou strukturu (viz obr. 19 – C), jejich velikost se pohybuje do 4 mm. Kvarcit je tvořen křemenem, muskovitem a vzácně i K živcem. Prakticky všechen křemen je polykrystalický. Křemenná zrna undulózně zhášejí, velmi častá je i granulace. Fluidní inkluze se takřka nevyskytují. Zrna K-živce se vyskytují jen vzácně v některých úlomcích. K-živce má tvar izometrických zrn. V K-živci se vzácně se vyskytují drobné inkluze apatitu. Některá zrna jsou na okrajích postižená sericitizací. Muskovit tvoří tenké dlouhé lišty plasticky zohýbané mezi zrny křemene. Vzácně se vyskytují i drobnější uzavřené lupínky muskovitu v granulovaném křemeni.

Křemenné úlomky jsou poloostrohranné až ostrohranné, mají tvar izometrických zrn. Jejich velikost se pohybuje od desítek  $\mu\text{m}$  do 1,5 mm. Monokrystalický křemen převažuje nad polykrystalickým. Většina zrn zháší undulózně, na některých (převážně polykrystalických) zrnech je patrná granulace. Ve většině křemenných zrn se vyskytují fluidní inkluze.

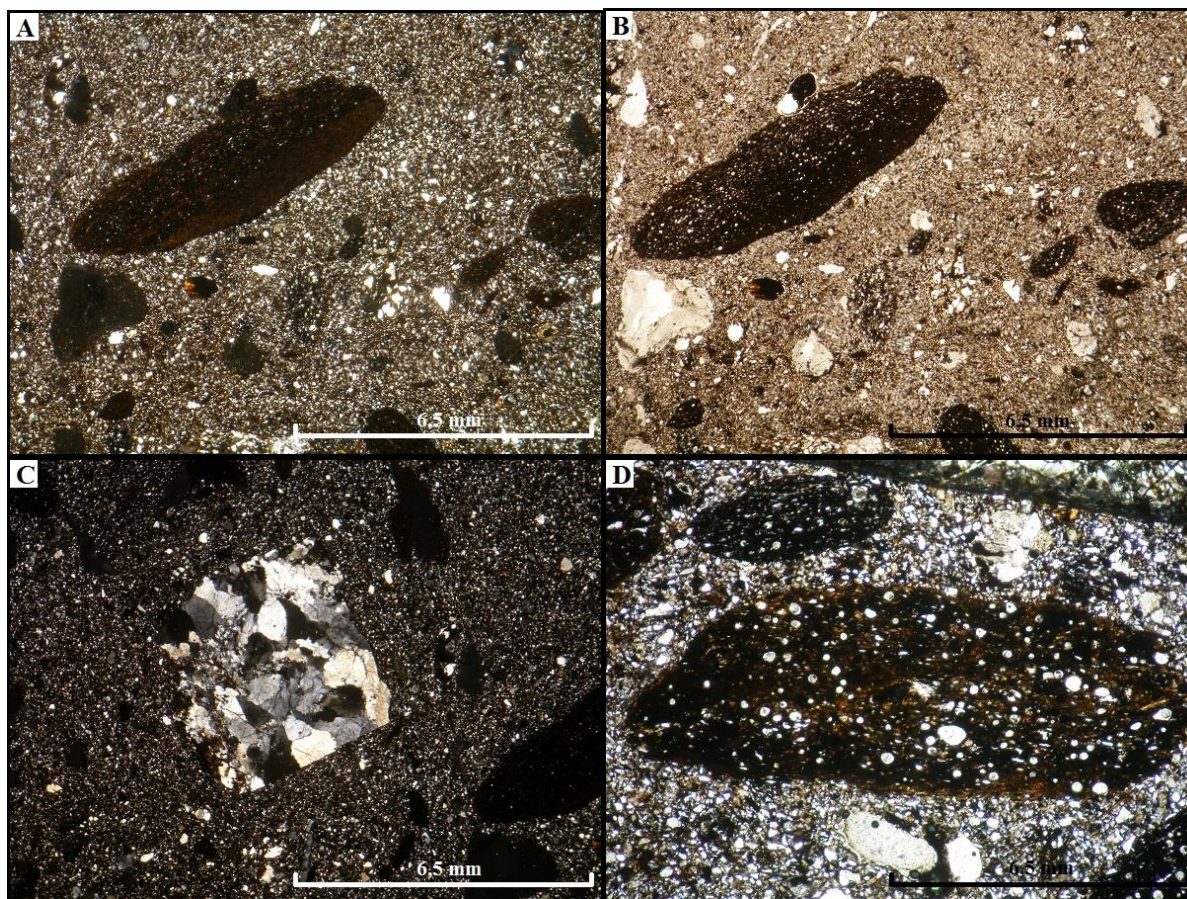
Úlomky K-živce jsou převážně poloostrohranné a mají tvar izometrických zrn. Jejich velikost nepřesahuje 0,5 mm. U většiny zrn jsou patrné výrazné štěpné trhliny, u některých zrn je patrné mikroklinové mřížkování, vzácně jsou patrné dvojčatné srůsty podle karlovarského zákona. V některých úlomcích jsou uzavřeny inkluze apatitu a/nebo méně

hojně a drobnější inkluze zirkonu. Většina zrn je postižena kaolinizací, na některých je na okrajích či štěpných trhlinách patrná též sericitizace.

Muskovit se vyskytuje ve formě drobných šupin ališt rozptýlených v matrix. Velikost úlomků muskovitu je od 25 do 80  $\mu\text{m}$ .

Matrix má smíšený charakter, tj. obsahuje krystalické i sklovité fáze; v krystalické fázi je rozlišitelný křemen, a jemně šupinovitý hematit; tyto minerály velikostně odpovídají aleuriticko-pelitické frakci. Hematit v pojivu má tmavě hnědou barvu a je špatně průhledný. Mezi špatně průhlednými šupinami hematitu vyskytují i izotropní v průhledu červenohnědé fáze, u nichž není vyloučeno, že se jedná o ferity. V pojivu se vyskytují póry a trhliny. Trhliny mají úzký jedním směrem protažený tvar, konce trhlin vyklišují a často se stáčí z původního směru. Délka trhlin je až 5 mm. Uvnitř některých trhlin jsou vysrážené tenké karbonátové povlaky. Dále se v matrix vyskytují póry, většinou okrouhlého, vzácně izometrického tvaru, které dosahují velikosti až 2 mm. Většina pórů je částečně vyplněná sekundárním karbonátem, některé drobnější póry jsou karbonátem vyplněné zcela, v některých pórech se karbonátové povlaky vůbec nevyskytují.





**Obr. 19** Mikrofotografie hrubozrnné keramiky (vzorek č. 5): A – usměrněné úlomky jílové břidlice, prachovce a kvarcitu uložené v matrix (XPL), u protaženého úlomku vlevo nahoře je patrné laminární střídání aleuritické a pelitické frakce; B – úlomky jílové břidlice, prachovce a kvarcitu (PPL); C – ostrohranný úlomek kvarcitu (XPL); D – expandovaná jílová břidlice (XPL)

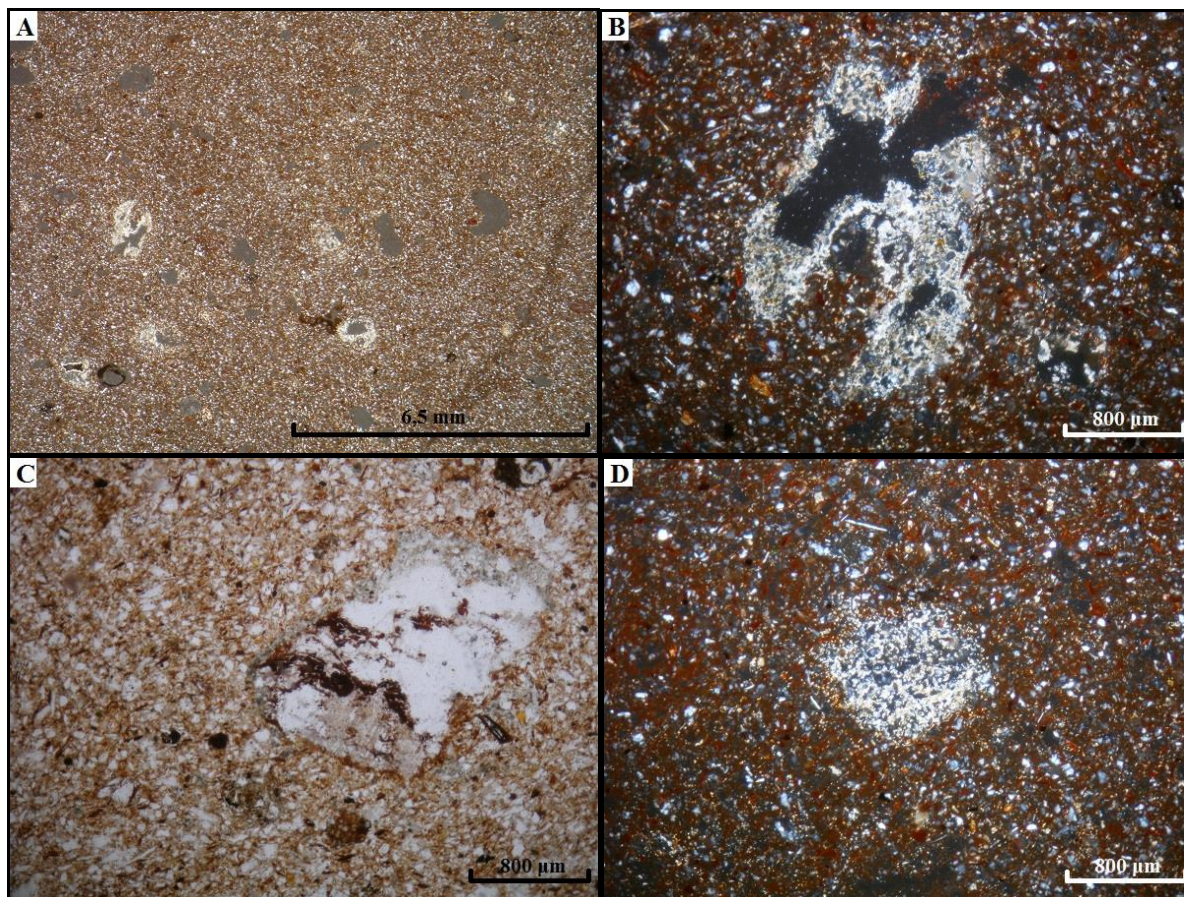
### **Jemnozrnná keramika (dlaždice, vzorek č. 6)**

Jemnozrnná keramika je tvořená (viz tab. 1) pouze matrix (83,9 obj. %), bez příměsí ostřiva (viz obr. 18 – A). Stavba keramiky je porézní (16,1 obj. %), přičemž některé póry jsou zaplněné sekundárním karbonátem (4,8 obj. %), zbylých 11,3 obj. % tvoří prázdné póry.

Matrix je tvořena směsí jemných zrníček křemene a hematitu (viz obr. 20 – B). Křemenné úlomky mají ovální až poloostrohranné tvar. Patrné je undulózní zhášení. Křemen se vyskytuje prakticky pouze v monokrystalické formě. Vzácně jsou patrné fluidní inkluze. Zrníčka hematitu mají šupinovitý, vzácně kulovitý tvar. Hematit je ve výbrusu izotropní, v PPL má sytě rudou (viz obr. 20 – B, D) či cihlově červenou barvu (viz obr. 20 – C). Vzácně se v matrix vyskytují i rozptýlené šupiny muskovitu.

Póry mají okrouhlý, méně často nepravidelný tvar. Velikost pórů se pohybuje od 25  $\mu\text{m}$  do 2 mm. Póry, které jsou vyplněné sekundárním karbonátem, jsou ve výbruse rozmístěné víceméně nahodile, avšak jsou hojnější na té straně, kde byly na dlaždici zbytky

malty (viz obr. 20 – A). Karbonát vyplňující póry tvoří jemně zrnité až mikritické povlaky a agregáty (viz obr. 20 – B, D), v nichž jsou často uzavřena drobná zrníčka sericitu a křemene.



**Obr. 20** Mikrofotografie jemnozrné keramiky (vzorek č. 6): A – porézní struktura keramiky bez ostřiva (XPL), póry s vysráženým karbonátem; B – karbonátem částečně vyplněný pór (XPL); C – matrix s karbonátem částečně vyplněným pórem (PPL); D – pór zcela zaplněný karbonátem (XPL)

### Malta (vzorek č. 10)

Malta má porézní brekciovitou strukturu. V složení malty (viz tab. 1) převažuje pojivo (46,1 obj. %) nad plnivem (36,2 obj. %). V plnivu převažují úlomky hornin (26,9 obj. %), nad minerálními zrny (9,5 obj. %) a keramickými střepy (2,8 obj. %). Horninové úlomky jsou zastoupeny především drobou (11,3 obj. %), dále prachovcem (5,8 obj. %), jílovou břidlicí (5,0 obj. %) a kvarcitem (4,8 obj. %). Z minerálních zrn převažuje K-živce (5,3 obj. %) nad křemenem (3,6 obj. %) a muskovitem (0,6 obj. %). Akcesoricky je přítomný zirkon, méně pak i apatit, ve formě inkluzí v K-živci. Póry v pojivu zaujímají 14,7 obj. %, z toho 1,3 obj. % je zaplněno novotvořeným karbonátem a 13,4 obj. % porů je prázdných.

Droba je v maltě zastoupena poloostrohrannými až semioválnými úlomky o velikosti 1 až 6 mm. Struktura droby je psamitická s aleuriticko-pelitickým pojivem. V klastické složce lehce převažuje křemen nad živci. Muskovit je přítomný prakticky pouze ve formě sericitu

v pojivu a pseudomorfózách po živci. Akcesoricky je přítomný apatit a zirkon ve formě inkluzí v živcích. V jednom úlomku je též přítomný klast chloritizovaného granátu. Křemenné klasty jsou převážně poloostrohranné, izometrického tvaru. Poměry monokrystalického a polykrystalického křemene se v úlomcích různí. Prakticky všechny klasty křemene zhášejí undulózně. V mnoha klastech jsou přítomné fluidní inkluze. Mezi živci výrazně převažuje K-živec nad plagioklasem. K-živec má tvar izometrických zrn. Mikroklinové mřížkování není patrné, výjimečně se vyskytují dvojčatné srůsty. V některých klastech jsou patrné inkluze zirkonu, vzácně zonálního a drobné inkluze apatitu. Pertity v K-živci nejsou patrné. Mnoho zrn je na okrajích postiženo sericitizací, patrné jsou i sericitové pseudomorfózy. Plagioklas se vyskytuje pouze sporadicky, v některých úlomcích droby není přítomný vůbec. Klasty plagioklasu jsou oproti K-živci drobnější, mají tvar izometrických zrn. Plagioklasy jsou polysynteticky lamelované, vzácně jsou patrné drobné inkluze apatitu. Prakticky všechny plagioklasy jsou postiženy sericitizací. Pojivo je tvořeno drobnými zrníčky křemene a šupinami sericitu. V některých úlomcích jsou v pojivu patrné limonitové smouhy.

Prachovce mají subparalelní aleuritickou strukturu s pelitickou příměsí, u některých úlomků je patrné laminární střídání aleuritické a pelitické frakce. Velikost úlomků prachovce je 2 až 6 mm. Prachovcové úlomky mají semiovální až ovální tvar. Prachovec je tvořen křemenem a K-živcem v aleuritické složce, v pelitické složce je opticky rozlišitelný křemen a sericit. Tak jako u jílové břidlice se na některých vrstevních plochách a trhlinách vyskytují tenké povlaky tmavě hnědého limonitu.

Úlomky jílové břidlice mají pelitickou paralelně uspořádanou strukturu, v některých úlomcích je patrné laminární střídání pelitické a aleuritické frakce. Velikost úlomků je 4 mm až 2 cm. Tvar úlomků je semiovální až ovální. Opticky rozlišitelné minerály jsou křemen a sericit. U některých úlomků jsou na vrstevních plochách a/nebo deformačních trhlinách patrné tenké limonitové povlaky.

Kvarcit (viz obr. 21 – A) je zastoupen ostrohrannými až poloostrohrannými úlomky o velikosti 0,5 až 4 mm. Struktura kvarcitu je granoblastická až granoblasticky zubovitá. Ve složení výrazně převažuje polykrystalický křemen nad monokrystalickým. Prakticky všechna zrna křemene zhášejí undulózně, některá zrna jsou granulovaná. Prakticky ve všech zrnech se vyskytují fluidní inkluze, v některých zrnech jsou patrné i uzavřeniny lišt muskovitu. Výjimečně se v některých úlomcích kvarcitu objevuje i K-živec, ve tvaru izometrických zrn. V některých zrnech K-živce jsou patrné inkluze apatitu. Takřka ve všech úlomcích kvarcitu se

vyskytují tenké dlouhé lišty muskovitu, které jsou často plasticky zohýbané mezi zrna křemene, v některých případech jsou lišty zatlačené do granulovaných zrn.

Úlomky hrubozrné keramiky jsou většinou poloostrohranné mají velikost od 1 do 5 mm. V úlomcích je patrná fluidální stavba. Ostřivo je tvořené křemenem, kvarcitem a K-živcem; tyto úlomky zpravidla nepřesahují 2 mm. Křemenné úlomky jsou převážně ostrohranné, monokrystalický křemen převažuje nad polykrystalickým. Fluidní inkluze nejsou patrné. K-živce se vyskytuje pouze sporadicky, úlomky mají tvar izometrických zrn. Většina zrn K-živce je postižena sericitizací. Kvarcitové úlomky jsou výrazně větší než úlomky křemene a živce. Úlomky jsou ostrohranné; jejich struktura je granoblastická zubovitá. Tvořené jsou prakticky pouze polykrystalickým křemenem, který zháší undulózně, častá je i granulace zrn. Vzácně se v některých úlomcích vyskytují lišty muskovitu. Matrix je tvořena směsí jemnozrného křemene, sericitu, v XPL rudohnědého hematitu a opakních fází, díky kterým je matrix v některých úlomcích takřka neprůhledná. Pojivo je kompaktní bez pórů.

Jemnozrná keramika (viz obr. 21 – A) je zastoupena úlomky, tvořenými křemenem, živci, sericitem a hematitem aleuriticko-pelitické frakce, bez patrného hrubozrnějšího ostřiva. Šupiny hematitu mají v XPL červenohnědou barvu. V PPL je průhlednost jemnozrné keramiky je lepší než u hrubozrné. V některých úlomcích se vzácně vyskytují drobné okrouhlé póry.

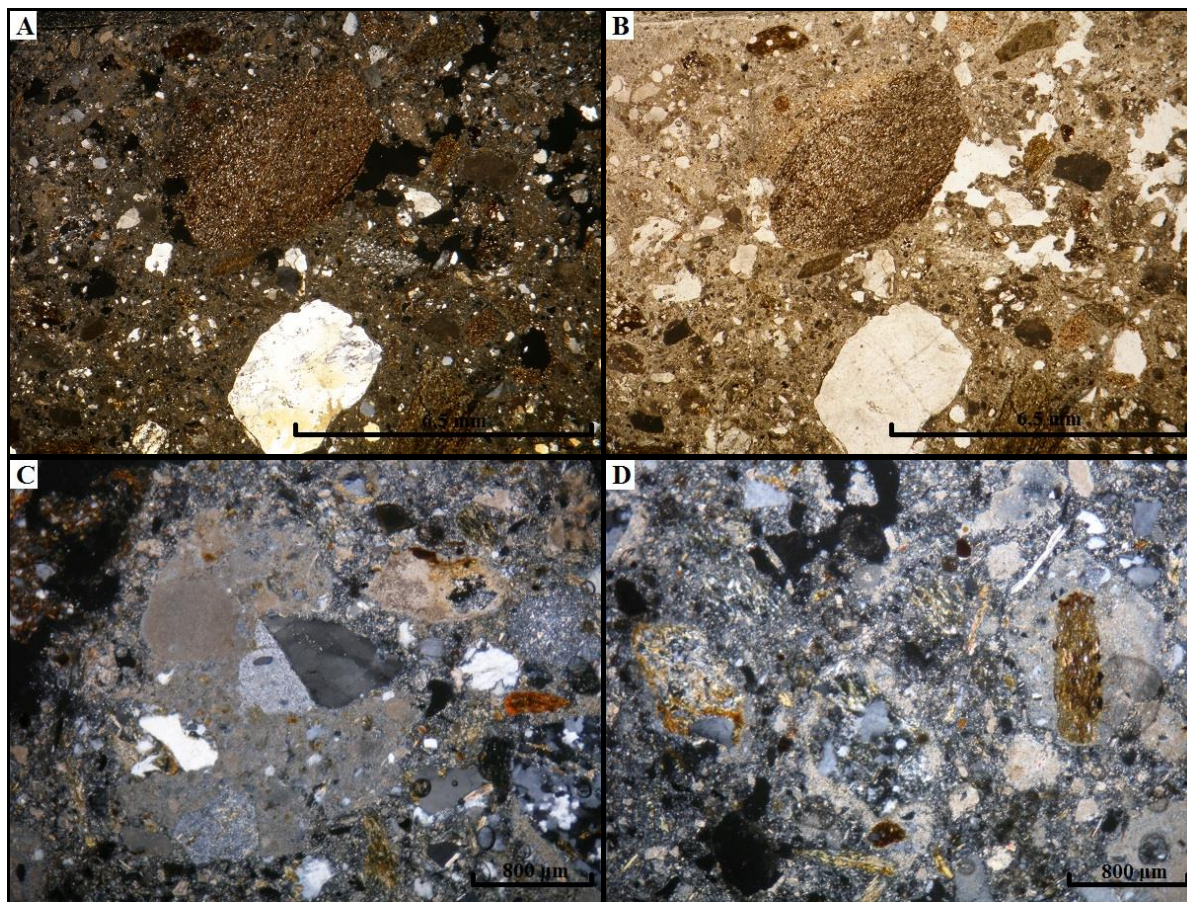
Křemenné úlomky v maltě jsou ostrohranné až zaoblené. Velikost křemenných úlomků se pohybuje od 50  $\mu\text{m}$  do 320  $\mu\text{m}$ . Převažuje polykrystalický křemen nad monokrystalickým. Většina zrn obsahuje fluidní inkluze, vzácně se vyskytují drobné kalcitové inkluze. Prakticky všechna zrna křemene zhášejí undulózně.

K-živce je zastoupen převážně poloostrohrannými úlomky, zpravidla nepřesahujícími 250  $\mu\text{m}$ . Na některých úlomcích je dobře patrné mikroklinové mřížkování, vzácně se vyskytují zrna s pertity a dvojčatně srostlá zrna. V mnoha zrnech jsou obsaženy drobné inkluze apatitu, méně často i zirkonu. Většina zrn je postižena kaolinizací, na okrajích a štěpných trhlinách některých zrn je patrná sericitizace.

Muskovit se vyskytuje ve formě sericitu, méně často drobných lišt a šupin nepřesahujících 20  $\mu\text{m}$  rozptýlených v pojivu. Většina lišt má roztržené konce. Na povrchu některých větších lišt jsou patrné tenké hnědé povlaky limonitu.

Pojivo je tvořeno jemně zrnitým karbonátem, ve kterém jsou místy špatně průhledné mikritické shluky (viz obr. 21 – C). V některých partiích je pojivo do hněda zbarvené limonitem, který tvoří nepravidelné skvrny (viz obr. 21 – D). Dále se v pojivu vyskytují

šupinky řídkce rozptýleného sericitu. Pojivo je dobře průhledné. Póry v pojivu dosahují velikosti až 5 mm, mají nepravidelný tvar. Vzácně jsou některé póry vyplněné sekundárním kalcitem bez klastických příměsí.



Obr. 21 Mikrofotografie malty (vzorek č. 10): A – malta v XPL, úlomek jemnozrnné keramiky a kvarcitu v porézním karbonátovém pojivu (XPL); B – porézní karbonátové pojivo (PPL); C – mikritické shluky v pojivu (XPL); D – limonitové skvrny v pojivu, nahodilá orientace muskovitových lišt (XPL)

### 7.3 Chemické složení vzorků

#### Kulmské horniny

Z kulmských hornin byly metodou XRF analyzovány dva vzorky droby, a to jeden odebraný ze zdi (vzorek č. 7) a jeden odebraný ze skalního výchozu na lokalitě (vzorek č. 5 - 1). Dále byly analyzovány tři úlomky jílovce, jeden separovaný z malty, jeden odebraný ze skalního výchozu ve svahu nad lokalitou a jeden odebraný ze skalního výchozu ve svahu pod lokalitou. Výsledky analýz jsou uvedeny v tabulce č. 2.

U obou vzorků droby jsou podobně vysoké obsahy K (14 964 a 15 381 ppm). Obsahy Fe jsou 26 801 a 37 846 ppm. Mangan se vyskytuje v hodnotách 389 a 557 ppm. Dalším

prvkem s vyšší hodnotou zastoupení je Ca (2 465 a 3 703 ppm). Ve vzorku č. 7 je obsah Ca výrazně vyšší než ve vzorku č. 5-1. Dále se ze stopových prvků v obou vzorcích droby v podobném zastoupení vyskytují Rb (74,5 a 78,3 ppm) a Sr (110 a 149 ppm). Poměrně vysoké hodnoty má v obou analyzovaných vzorcích Zr (278 a 299 ppm). Dále se v obou vzorcích v podobných koncentracích vyskytují: Cr (53 a 67 ppm), Co (10,6 a 13,4 ppm), As (10,8 a 13,4 ppm) a Pb (21,6 a 23,6 ppm).

Ve vzorcích jílovců vykazují nejvyšší hodnoty Fe (46 036 – 58 748 ppm). Dále jsou výrazné obsahy K (26 144 – 38 883 ppm). Dalším zastoupeným prvkem je Ca (1174 – 7527 ppm). Obsahy Cr, Rb a zvláště pak As jsou u jílovce separovaného z malty nápadně vyšší než u vzorků z výchozů, u nichž jsou si hodnoty poměrně blízké (viz tab. 2). Naměřené hodnoty Zr, Co, Sr a Pb jsou u všech tří vzorků velice podobné.

	K	Ca	Cr	Mn	Fe	Co	As	Rb	Sr	Zr	Pb
Droba 7	15381	3703	67	389	26801	10,6	10,8	78,3	148,8	299	23,6
Droba 5 – 1	14964	2465	53	557	37846	14,9	13,4	74,5	109,9	278	21,6
Jílovec (malta)	38883	7527	114	728	58748	21,9	33,7	169,1	96,6	233	24
Jílovec 3 – 1	26144	1174	71	651	46036	18,1	11,6	122,1	94,7	251	16,4
Jílovec 4 – 1	27598	2968	84	802	58154	20,6	9,6	117,6	97,9	263	21,5

**Tab. 2: Výsledky XRF analýz kulmských sedimentů (hodnoty v ppm)**

### Arkózy

U analyzovaných vzorků arkóz se obsahy Fe pohybují většinou od 3 174 do 4 056 ppm s výjimkou vzorku č. 2, v němž je obsah Fe výrazně nejvyšší (7 065 ppm). Mn má výrazně nejvyšší hodnoty právě ve vzorku č. 2, v ostatních vzorcích jsou jeho obsahy nízké (viz tab. 3). Naměřené obsahy K se pohybují od 563 ppm (vzorek č. 3) do 6 056 ppm (vzorek č. 1). U vzorku č. 3 jsou naopak nejvyšší hodnoty Ca (834 ppm) oproti vzorkům č. 1 a 2, ve kterých nebyly naměřeny vyšší hodnoty Ca než 59 ppm. Naměřené obsahy Rb a Zr (viz tab. 3) jsou si u vzorků č. 1 a 2 nápadně blízké a výrazně vyšší než u vorku č. 3. Naopak obsahy Mn, Fe, Co, Rb, Sr, Zr a Pb naměřené u vzorku č. 3 jsou velice blízké a mnohdy zcela

shodné s naměřenými hodnotami pískovce č. 4. Zvláště pak velice blízké jsou obsahy Sr, Rb, Co, Zr a Pb. Obsahy As se u vzorků č. 3 a 4 nepatrně liší.

### **Pískovce**

Chemismus obou pískovců se značně liší. Vzorek č. 4 se svým chemickým složením nápadně blíží arkóze č. 3. Zvýšenou hodnotu má Fe (3 892 ppm). Dalším prvkem v tomto pískovci je Ca (2 678 ppm). Obsah K v pískovci č. 4 je pouhých 737 ppm. Stanovené množství Mn je 26 ppm. Obsah Sr (10,6 ppm) je vyšší než u vzorku č. 11. Obsahy Rb a Zr jsou velmi nízké (viz tab. 3), stejně tak jsou velmi nízké i obsahy těžkých kovů (Cr, Co, As, Pb).

Ve vzorku č. 11 je obsaženo zvýšené množství Fe (9 848 ppm). Obsah K je 1713 ppm, naopak množství Ca (52 ppm) je velice nízké. Oproti vzorku č. 4 je v tomto vzorku vyšší obsah Mn (37 ppm). Nápadně vysoký je obsah Zr (244 ppm). Obsahy Sr a Rb jsou poměrně nízké (viz tab. 3). Těžké kovy (Cr, Co, Pb) a As se vyskytují v nízkých koncentracích.

	K	Ca	Cr	Mn	Fe	Co	As	Rb	Sr	Zr	Pb
Arkóza 1	6056	51	21	17	4056	1,6	1,8	17,4	12	110	6,6
Arkóza 2	5885	59	19	132	7065	2,7	2,6	17,6	9	114	10,8
Arkóza 3	563	834	15	26	3174	1,4	3,9	2,1	10,8	32,7	3,7
Pískovec 4	737	2678	14	26	3892	1,5	2,4	3,3	10,6	32,6	4,1
Pískovec 11	1713	52	22	37	9848	3,6	4,4	8,7	7,1	244	6,9

**Tab. 3: Výsledky XRF analýz arkóz a pískovců (hodnoty v ppm)**

### **Lumachela**

Obsah K je 2 065 ppm. Poměrně vysoké jsou obsahy Fe (1 325 ppm) a Mn (755 ppm). Obsah Sr je poměrně vysoký (254 ppm), naopak obsah Rb je nízký (5,2 ppm). Nízké je i obsažené množství Zr (8,1 ppm). Z těžkých kovů je se v malém množství vyskytují As a Pb. Obsah Mg v lumachele je pod detekčním limitem.

## Malta

Malta obsahuje poměrně vysoké množství K (21 745 ppm). Dále se v maltě vyskytuje zvýšené množství Fe (26 003 ppm) a Mn (793 ppm). Obsah Sr je 183 ppm. Množství Rb je 84,1 ppm. Poměrně vysoký je obsah Zr (254 ppm). Poměrně vysoké jsou obsahy těžkých kovů (Cr, Co, Pb) a As. Obsah Mg byl stanoven na 1 100 ppm.

	K	Cr	Mn	Fe	Co	As	Rb	Sr	Zr	Pb	Mg
Lumachela	2065	-	755	1325	-	2,5	5,2	284	8,1	6,9	-
Malta	21745	55	793	26003	10,3	10,6	84,1	183	254	22,5	1100

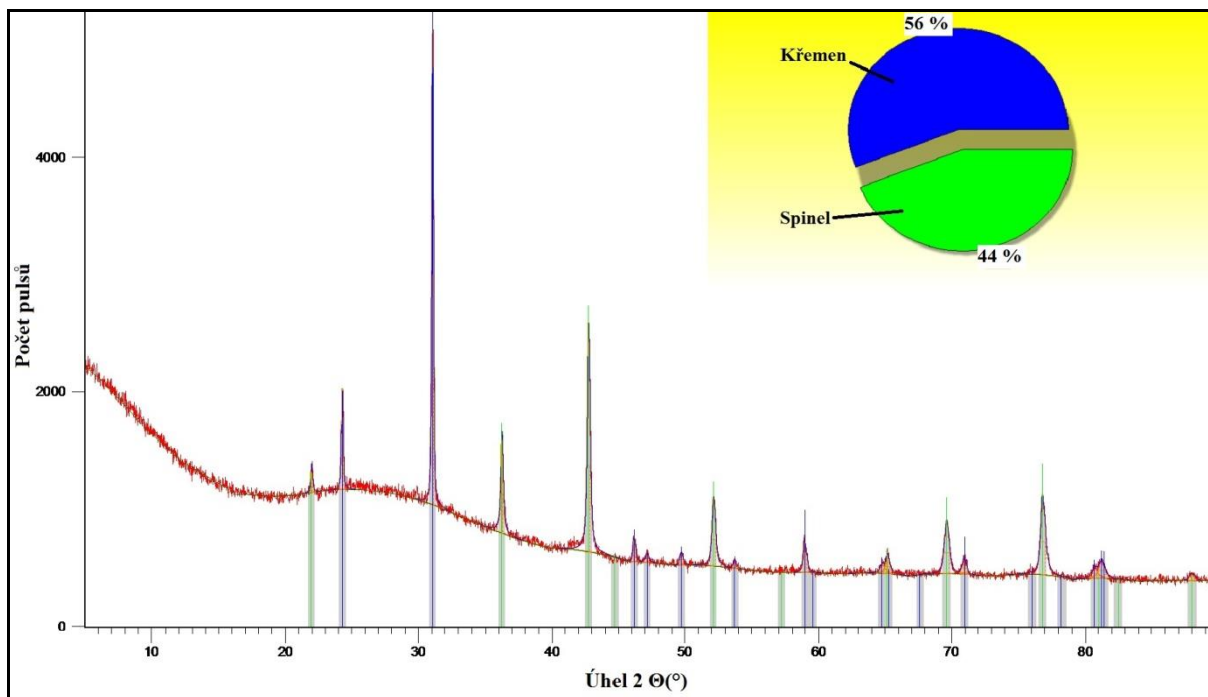
Tab. 4: Výsledky XRF analýzy lumachely a malty (hodnoty v ppm). Pomlčkou jsou značené obsahy prvků, které byly pod detekčním limitem.

## 7.4 Fázové složení expandovaných břidlic

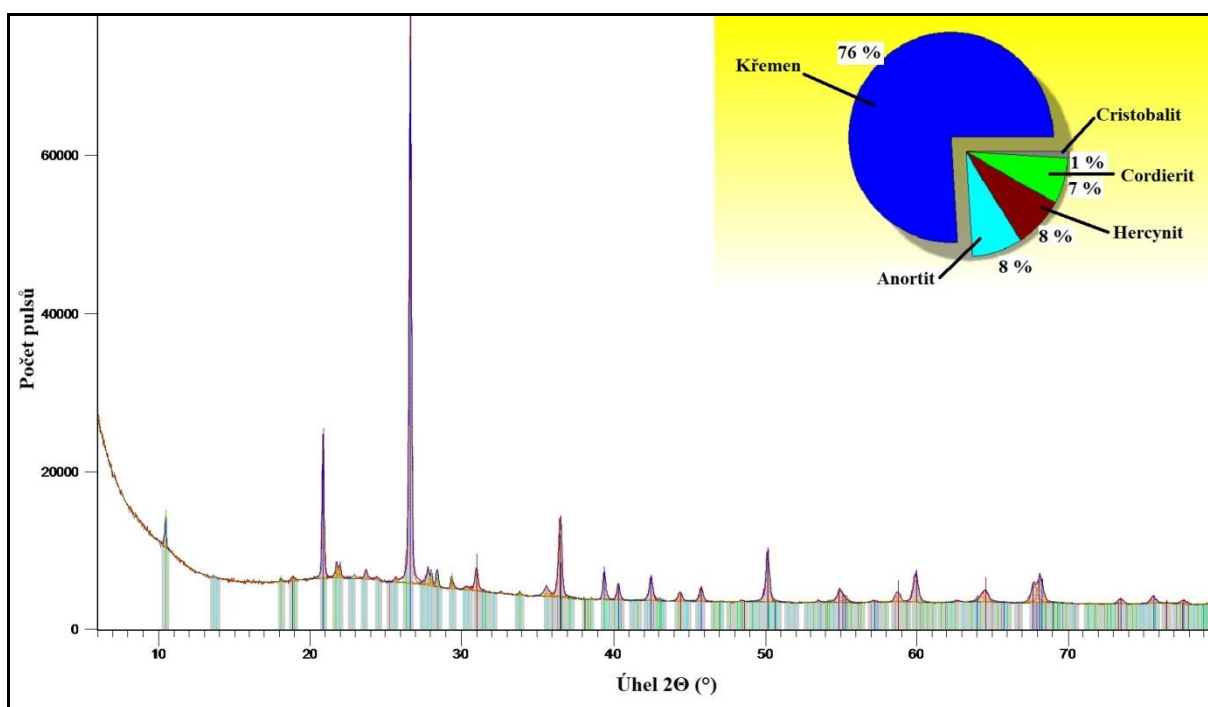
Metodou XRD analýzy bylo stanoveno fázové složení úlomků expandované jílové břidlice, obsažené coby ostřívo v přepálených cihlách. Dále bylo stejnou metodou stanoveno fázové složení úlomku v laboratorních podmínkách expandované jílové „pokryvačské“ břidlice odebrané přímo na lokalitě. Účelem porovnání je stanovení zda se jedná o tutéž břidlici.

Úlomek, který byl expandovaný v laboratorních podmínkách, je tvořen (viz obr. 22) z 56 % křemenem a ze 44 % spinelem s podílem hercynitové složky ( $Mg_{0,7}Fe_{0,23}Al_{1,97}O_4$ ). Výraznější pozadí difrakčního záznamu indikuje vyšší podíl amorfni složky, v tomto případě sklovité fáze. Oproti tomu expandovaná břidlice separovaná z přepálené cihly (vzorek č. 5) je tvořena (viz obr. 23) převážně křemenem (76 %), anortitem (8 %), hercynitem (8 %), cordieritem (7 %) a cristobalitem (1 %). Pozadí je poměrně nízké, což poukazuje na malý podíl amorfni fáze (skla).





Obr. 22: Výstup z fázové analýzy laboratorně expandované břidlice



Obr. 23: Výstup z fázové analýzy expandované břidlice z přepálené cihly (vzorek č. 5)

## 8 Diskuse

### 8.1 Petrografie vzorků

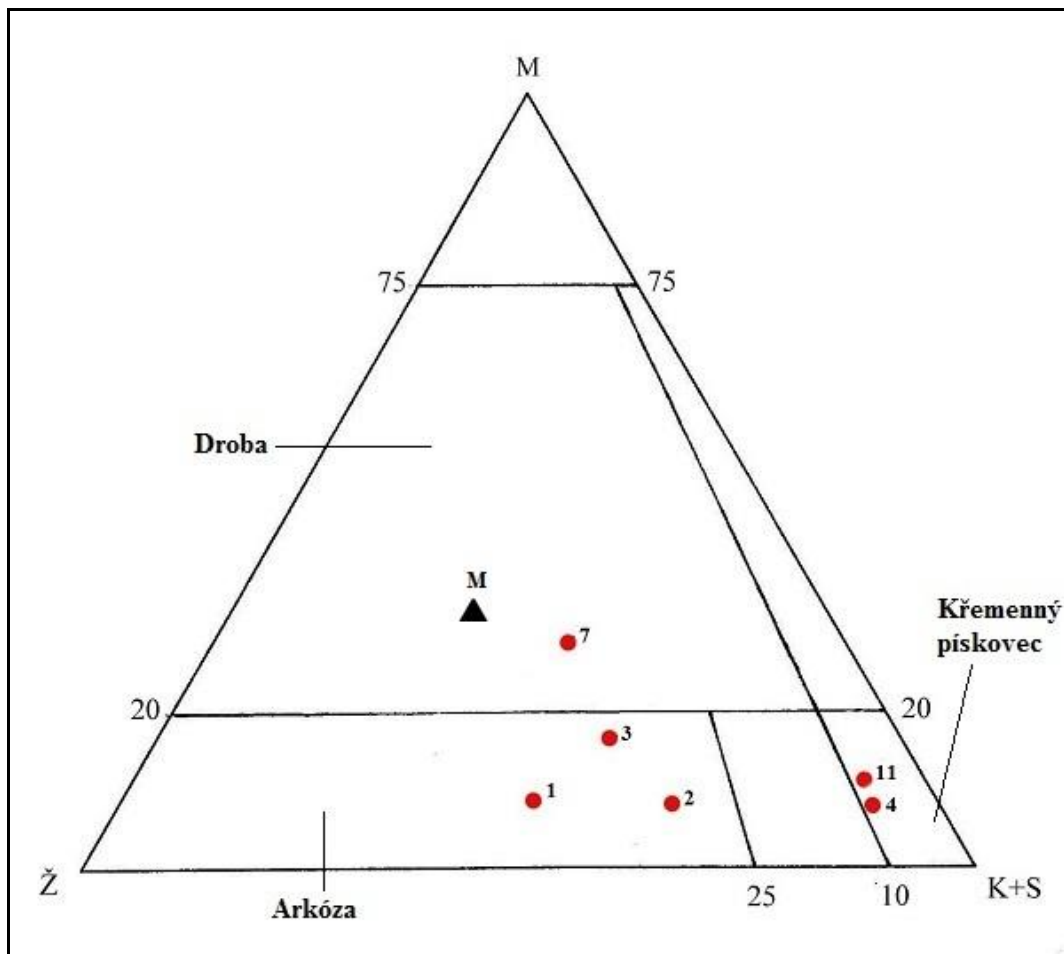
Na základě modálních analýz jsem u klastických hornin provedl klasifikační zařazení (viz obr. 24) pomocí ternárního diagramu s vrcholy Q + S (křemen + stabilní minerály), M (matrix) a Ž (živce) podle Kukala (1985).

Modální složení kulmských hornin je obdobné a liší se hlavně zrnitostí. Ve vzorku droby (vzorek č. 7) je poměr klastů křemene a živců prakticky vyrovnaný, horninové úlomky ve vzorku nejsou zastoupeny, což je v rozporu s výsledky, které pro bohdanovické vrstvy uvádí Bábek et al. (2004). V klasifikačním diagramu podle Kukala (1985) se pozice droby (vzorek č. 7) nepatrně liší vyšším obsahem křemene a nižším množstvím matrix v porovnání s údajem Maštery (1997) pro droby moravického souvrství (viz obr. 24). Polymiktní slepenec (vzorek č. 9) je tvořen hlavně úlomky granitoidů až metagranitoidů, dále kvarcitem a úlomky sedimentů. Oproti údajům Bábka et al. (2004) pro horniny moravického a hradecko-kyjovického souvrství, je obsah křemene ve vzorku č. 9 výrazně nižší (viz obr. 25). Prakticky všechny klasty psefitické frakce jsou subparalelně uspořádány a takřka všechny křemenné klasty zhášejí undulózně a častá je i granulace zrn, což může poukazovat na to, že byl slepenec tektonicky postižený.

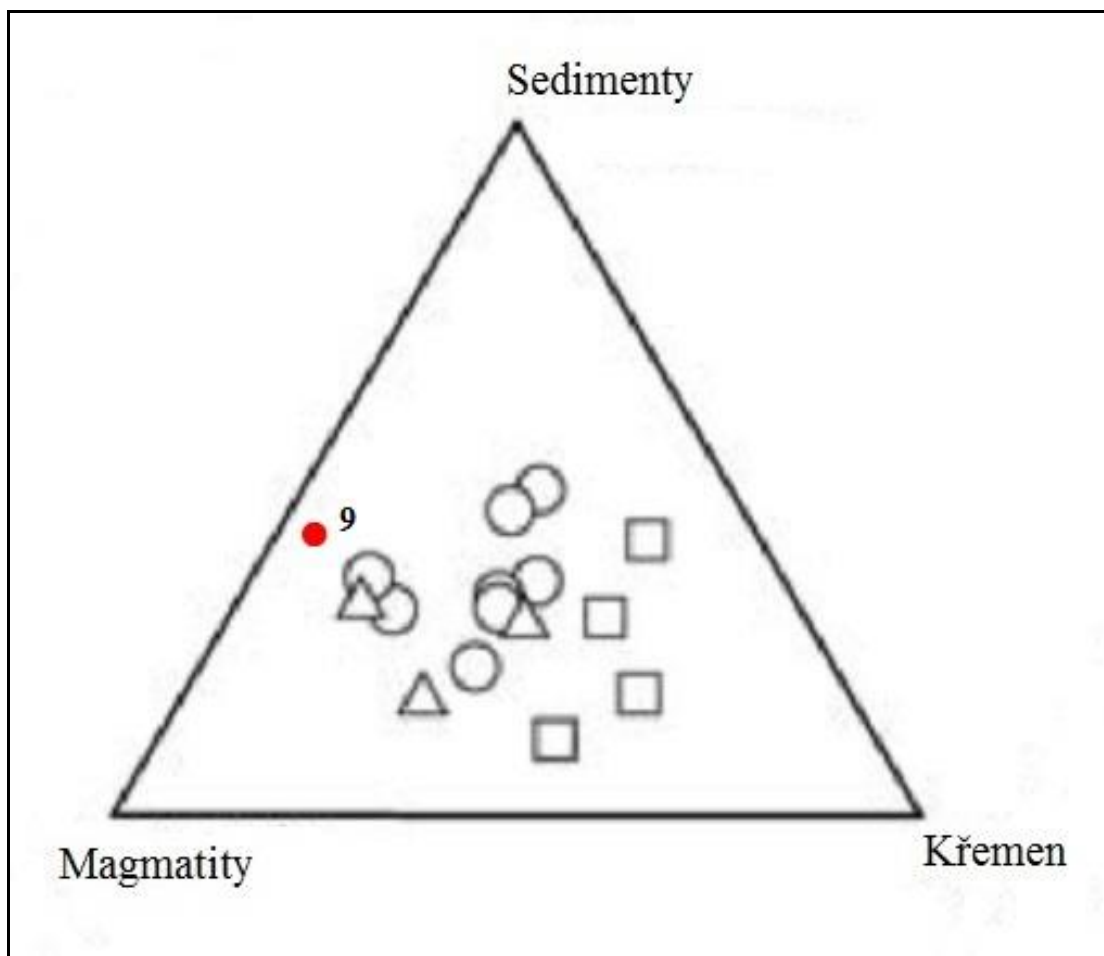
U vzorků č. 1 až 4 je patrná víceméně shodná textura i struktura horniny, s nápadnou silnou alterací živců (převážně plagioklasu), která se projevovala při výrobě výbrusů snadným vydrolováním postižených zrn. V klasifikaci podle Kukala (1985) odpovídají první tři vzorky arkózám, zatímco vzorek č. 4, křemennému pískovci. Výsledky planimetrické analýzy u těchto čtyř výbrusů mohou být do jisté míry zkreslené nezapočítáním vydrolených částí zrn silně alterovaných živců. Vzorek pískovce č. 11 je podle Kukala (1985) klasifikován jako křemenný pískovec. Ve vzorku nebyl nalezen glaukonit, což naznačuje, že pískovec vznikl ve sladkovodním prostředí (Gába, 1994).

Ve stavební keramice byly zjištěny póry částečně nebo zcela vyplněné sekundárním karbonátem, z čehož lze soudit, že ve zdivu docházelo ke vztlínání vlhkosti, rozpouštějící karbonátové pojivo malty. Charakter ostřiva hrubozrné keramiky a plniva malty je víceméně obdobný – jedná se hlavně o opracované úlomky lokálních kulmských hornin, poloostrohanné až ostrohanné úlomky kvarcitu a dobře opracované minerální klasty, z nichž převažuje křemen a v menší míře živce. Podle víceméně stejného petrografického složení úlomků a takřka shodného opracování soudím, že šterky a písky použité k výrobě těchto

stavebních hmot jsou fluviálního původu, a že byly těžené nejspíš na stejné lokalitě. Provenienci hlíny, ze které byla vyráběna stavební keramika, není možné určit, avšak podle velikosti zrn v matrix se jedná hlavně o aleuriticko-pelitickou frakci stejně jako u jemnozrné keramiky. U té není přítomna žádná hrubší frakce, je tedy nasnadě, že zdrojový materiál byl dobře zrnitostně vytříděný - pravděpodobně se jednalo o spraše, které byly podle Vrány (2007) těžené na jednom a témže místě.



Obr. 24: Zařazení psamitů do klasifikačního diagramu podle Kukala (1985). Vzorky č. 1 až 3 se nacházejí v poli arkóz, vzorky č. 4 a 11 v poli křemitých pískovců a vzorek č. 7 v poli drob; černým trojúhelníkem a písmenem „M“ je označena pozice průměrného složení droby moravického souvrství podle Maštery (1997).



Obr. 25: Srovnání složení klastů ve vzorku č. 9 s údaji Bábka et al. (2004) pro slepence moravického a hradecko-kyjovického souvrství. Kroužkem jsou značené údaje zjištěné v bohdanovických a cvilínských vrstvách, trojúhelníkem údaje zjištěné v brumovických a vikštejnských vrstvách, čtverečkem jsou značené údaje naměřené v hradecko-kyjovickém souvrství.

## 8.2 Chemismus vzorků

Výsledky XRF analýz vybraných vedlejších a zvláště pak stopových prvků výrazně pomohly určení proveniencí hornin, z nichž byly odebrány vzorky. Ve všech vzorcích mají z analyzovaných prvků nejvyšší obsahy K, Fe a Ca. Obsahy K (563 až 38 883 ppm) jsou způsobené nejspíš přítomností K-živců, které jsou prakticky u všech vzorků mikroskopicky doloženy. Stejně tak se prakticky ve všech vzorcích vyskytuje muskovit, buď klastický, nebo ve formě sericitu. Dále se draslík může vyskytovat i v illitu, který může být obsažen jak v klastech jílovců, tak i v pojivu arkóz. U malty je vysoký obsah K dán jak přítomností úlomků silikátových hornin, v nichž je draslík obsažen (droby, jílovce), tak i přítomností jílových minerálů v zakaleném karbonátovém pojivu.

Obsahy Fe (1 325 až 58 748 ppm) souvisí u většiny vzorků nejspíš s přítomností (hydroxy)oxidů Fe – limonitu, který je u většiny vzorků patrný jak makroskopicky, tak i mikroskopicky. Limonitové povlaky nejsou opticky patrné pouze u vzorků č. 4 (pískovec) a 8 (lumachela); v těchto vzorcích je Fe zřejmě obsaženo v akcesorických minerálech. V jílovcích a drobách může být Fe obsažené i v chloritech, které jsou součástí aleuriticko-pelitické matrix daných hornin (Gilíková et al., 2003; Niederle, 2009). Je nasnadě, že společně s Fe se ve formě (hydroxy)oxidů v limonitových povlacích vyskytuje i Mn. Nápadně vysoké obsahy Mn jsou v lumachele, ve které může být Mn vázán na akcesorie (magnetit, rutil) či tmel. Dále je poměrně vysoký obsah Mn v maltě, kde může být vázán jak v těžké frakci, tak i v limonitu. Zajímavý je zvýšený obsah Mn v jílovcí separovaném z malty oproti obsahům Mn v jílovcích odebraných z výchozů.

Množství Ca v silikátových horninách se pohybuje v rozmezí 51 až 7 527 ppm. Obsahy Ca v kulmských horninách mohou být způsobeny hlavně přítomností plagioklasů, výjimkou je jílovec separovaný z malty, ve kterém je zvýšený obsah Ca (7 527 ppm) v souladu s předpokladem o migraci Ca z malty během rekrystalizace vápenného pojiva ve vlhkém prostředí. V arkózách (vzorky č. 1 a 2) koreluje nízký obsah Ca s nízkým obsahem plagioklasů a absencí karbonátového tmelu. U arkózy č. 3 a pískovce č. 4 jsou obsahy Ca výrazně vyšší, tento fakt je u vzorku č. 3 zapříčiněn mírně zvýšeným obsahem plagioklasů oproti vzorkům č. 1 a 2. U pískovce, ve kterém plagioklasy nejsou obsaženy, poukazuje přítomný Ca na přítomnost karbonátu v tmelu.

Obsahy Rb (2,1 až 169,1 ppm) jsou ve vzorcích velmi variabilní, obecně však lze předpokládat, že je Rb vázané silikátech, pravděpodobně v živcích, slídách, případně jílových minerálech, ve kterých může docházet k substituci K a Rb (Šinálková, 2012). Nejvyšší obsahy Rb jsou v jílovcích, z nichž nejvyšší obsah má jílovec separovaný z malty. Oba vzorky drob mají obsahy Rb velice podobné. V arkózách a pískovcích jsou hodnoty Rb velmi nízké. Ve vzorcích č. 1 a 2 jsou hodnoty Rb takřka shodné a velice blízké jsou si i obsahy Rb ve vzorcích č. 3 a 4. Ve vzorku č. 11 je obsah Rb velmi nízký oproti obsahům naměřených Šinálkovou (2012) v křídových pískovcích z lomů u Maletína, což je zřejmě dáno nízkým obsahem živců, slíd a jílových minerálů. Poměrně vysoký obsah Rb je v maltě, což může být způsobené přítomností hojných úlomků siliciklastických hornin. V lumachele je obsah Rb nízký, což je zapříčiněno velmi nízkým obsahem silikátů.

Obsahy Sr jsou nejvyšší u vzorků s obsahem karbonátu, tedy lumachely a malty. Dále jsou poměrně vysoké obsahy Sr obsažené v drobách. Vysoké obsahy Sr jsou přítomné

i v jílovcích, kde jsou jeho koncentrace u všech tří vzorků téměř totožné. Nápadně podobné jsou si i obsahy Sr u vzorků č. 3 a 4. V arkózách č. 1 a 2 se obsahy mírně liší. Nejnížší obsah Sr je pak v pískovci č. 11. Předpokládám, že u silikátových hornin je Sr vázané hlavně na živce, které se v pískovci č. 11 takřka nevyskytují, proto je jeho obsah oproti zjištěním Šinálové (2012) z maletínských pískovců velice nízký.

Nejvyšší obsahy Zr jsou u obou vzorků drob, ve kterých jsou mikroskopicky doložené inkluze zirkonu v živcích; tyto obsahy jsou si poměrně blízké. Nepatrně nižší obsahy Zr než v drobách jsou přítomné v jílovcích; obsahy Zr u všech tří jílovců jsou si velmi blízké. Dále je zvýšené množství Zr v pískovci č. 11, který obsahuje klastický zirkon (viz obr. 16 - F), zajímavé je, že obsah Zr ve vzorku je více než dvojnásobný než ve vzorcích maletínských pískovců Šinálové (2012). U vzorků č. 1 a 2 jsou si obsahy Zr nápadně podobné, u vzorků č. 3 a 4 jsou pak obsahy Zr takřka shodné. Dále se vyskytuje zvýšené množství Zr v maltě, což je způsobeno zřejmě přítomností úlomků kulmských hornin s jeho vysokým obsahem.

Chrom je v jednotlivých vzorcích dosti variabilní, obecně jsou však nejvyšší obsahy Cr v kulmských horninách a zvláště pak v jílovcích. Naopak v pískovcích a arkózách jsou obsahy Cr velice nízké. Obsah Cr ve vzorku č. 11 je v souladu s hodnotami, které naměřila Šinálová (2012) v maletínských pískovcích. Zvýšený obsah Cr je i v maltě, v níž jsou přítomny úlomky kulmských hornin. V lumachele Cr není přítomný. Přítomnost Cr lze zřejmě vysvětlit přítomností akcesorických těžkých minerálů např. spinelidů; jako další možnost se jeví přítomnost fuchsitové složky ve slídách, čemuž nasvědčuje i nazelenalý pleochroismus některých klastů muskovitu (Gregerová et al., 2002) v drobě (vzorek č. 7).

Dále se z těžkých kovů vyskytuje Co, jehož obsahy jsou opět nejvyšší v kulmských horninách a v maltě, v níž jsou jejich úlomky obsaženy. V jílovcích jsou obsahy Co ze všech vzorků výrazně nejvyšší a dosahují hodnot okolo 20 ppm. Obsahy Co v drobách jsou řádově poloviční. Obsahy Co ve vzorcích č. 1 až 4 jsou velmi nízké (1,4 až 2,7 ppm), což může poukazovat na jistou shodu proveniencí. V pískovci č. 11 je obsah Co srovnatelný s výsledky Šinálové (2012) z miletínských pískovců. V lumachele je Co pod mezí stanovitelnosti.

Nejvyšší obsahy Pb jsou v kulmských horninách, v nichž je jeho obsah ve všech pěti vzorcích víceméně podobný. Z arkóz mají vyšší obsahy Pb vzorky č. 1 a 2; arkóza č. 3 a pískovec č. 4 obsahují nižší, velmi podobné množství Pb. Obsah Pb v pískovci č. 11 je v souladu s množstvím naměřeným Šinálovou (2012) v maletínských pískovcích. Olovo je ve vzorcích přítomné nejspíš v akcesorických minerálech (radiogenní Pb v zirkonu) či v silikátech (živce, jílové minerály).

Obsah As je výrazně nejvyšší v jílovcí vyseparovaném z malty (33,7 ppm), což je zhruba třikrát vyšší hodnota, než bylo stanoveno ve vzorku malty nebo ve vzorcích ostatních kulmských hornin. Nabohacení tohoto vzorku As lze vysvětlit prouděním roztoků v maltě, ve které jsou jako plnivo použité fluviální písky, v nichž se As často kumuluje; další vysvětlení vysokého obsahu As je jeho výskyt společně s (hydroxy)oxidy Fe a Mn (Koplík et al., 1997). Ve vzorcích č. 1 až 4 a v lumachele jsou obsahy As velice nízké. V pískovci č. 11 je obsah As nepatrně vyšší a v souladu s výsledky Šinálové (2012) naměřenými v maletínských pískovcích.

Obsah Mg v lumachele je pod detekčním limitem. Na základě tohoto zjištění lze prohlásit, že všechny schránky i tmel v lumachele jsou tvořeny čistě kalcitem bez příměsí dolomitu. Nízké množství Mg v maltě (1100 ppm) připouští, že se v karbonátovém pojivu může vyskytovat malé množství dolomitu, pravděpodobnější je však vliv přítomnosti chloritů v jílovcích, jílových břidlicích (Niederle, 2009) a drobách (Gilíková, 2003), které jsou v maltě obsaženy.

### **8.3 Fázové složení expandovaných břidlic**

Z výsledků XRD analýz obou expandovaných břidlic usuzují, že cihla byla vypálena při nižší teplotě než úlomek břidlice vypálený v laboratorní pícce, tedy při teplotě nižší než 1200 °C. Tomu nasvědčuje jak nižší pozadí vzorku separovaného z cihly, poukazující na menší podíl amorfní fáze (skla), tak i vyšší počet přítomných krystalických fází (křemen, hercynit, anortit, cordierit, cristobalit). Naopak u vzorku vypáleného v laboratorní pícce je pozadí výrazně vyšší, což svědčí o tom, že došlo k intenzivnějšímu tavení materiálu a ve vzorku je ve vyšší míře přítomná sklovitá fáze, navíc jsou ve vzorku přítomné už jen dvě fáze krystalické, a to křemen a spinelid s podílem hercynitové složky. Podle pozice a intenzity nejvýraznějších píků (viz obr. 21 a 22) usuzují, že obě výchozí břidlice měly obdobné složení, pouze každá prodělala výpal při jiné teplotě.

### **8.4 Provenience stavebního kamene**

Na základě shodných petrografických charakteristik drob a jílovců odebraných ze zdiva a výchozů v bezprostřední blízkosti Kartouzky, a také na základě velmi blízkých obsahů stopových prvků lze souhlasit s tvrzením Vrány (2007), že droba použitá jako stavební kámen a jílovce, použité ve velké míře jako plnivo malty, byly skutečně těženy v bezprostřední blízkosti dolanské Kartouzky. Přesnou provenienci slepence nebylo možné určit, lze však

předpokládat, že rovněž pochází z blízkého okolí Kartouzky, tedy z moravického souvrství, pravděpodobně z bohdanovických vrstev. Modální složení slepence se oproti složení uváděného Bábkem et al. (2004) poměrně výrazně liší vyšším obsahem klastů magmatitů (granitoidů), je však třeba respektovat fakt, že slepence moravického souvrství tvoří čočkovitá tělesa a v důsledku vytřídění klastického materiálu se jejich složení může odlišovat.

Za místo těžby „hrubozrnných pískovců“ udává Dvořák (1996) lomy mezi Uničovem, Troubelicemi a Medlovem. V této oblasti se podle Dvořáka (1994) nachází jednak bazální devonské klastické souvrství, tvořené křemennými slepenci a hrubozrnnými, místy arkózovými nevápnitými pískovci, zčásti růžově zbarvenými, jednak horniny moravskoberounského souvrství, které je v dané lokalitě zastoupeno silně vápnitými, hrubozrnnými, místy arkózovými pískovci s lokální příměsí valounků křemene. Popisu první varianty odpovídají vzorky č. 1 a 2, které mají navíc takřka shodné obsahy stopových prvků, které nasvědčují, že vzorky obou hornin pocházejí z téže lokality. Vzorky č. 3 (arkóza) a č. 4 (křemitý pískovec), mohou pocházet z téhož souvrství, avšak zvýšený obsah Ca odpovídá spíš horninám moravskoberounského souvrství. Obsahy stopových prvků vzorků č. 3 a 4 nasvědčují stejné provenienci těchto hornin, rozdílné modální složení může být způsobené vytříděním materiálu při sedimentaci.

Pískovec č. 11 podle svého modálního složení odpovídá maletínskému pískovci. Na rozdíl od Šínalové (2012) v mém vzorku není obsažený glaukonit, což je důkazem, že vzorek pochází z nižších limnických vrstev (Gába, 1994). Drobné odchylky v chemismu maletínského pískovce oproti údajům Šínalové (2012) připisují hlavně tomu, že zmíněná autorka do svých měření zahrнула i mladší glaukonitové pískovce, které sedimentovaly v marinním prostředí. V rámci pískovců sedimentujících v limnickém prostředí mohou být rozdíly dané tím, že pískovec použitý při stavbě Kartouzky byl těžen o dvě až tři století dřív než pískovec použitý na většinu staveb, u nichž Šínalová (2012) prováděla svá měření, a mohl být tedy těžen z jiných vrstev či v jiných lomech.

Provenienci lumachely se mi nepodařilo vypátrat. Dvořák (1996) uvádí, že byly neogenní vápence použité i na stavbu Kartouzky těženy u Služína u Prostějova, tato lokalita je však v současnosti již zaniklá (Lehotský, 2006).



## 9 Závěr

Cílem mé bakalářské práce bylo stanovení alespoň přibližné provenience stavebního materiálu, zejména stavebního kamene, použitého na stavbu dolanské Kartouzky.

U vzorků stavebního kamene a dalších stavebních hmot odebraných na místě ruiny někdejšího kláštera, jsem provedl podrobný makropetrografický i mikropetrografický popis, u klastických hornin a u stavebních hmot včetně planimetrické analýzy. Na základě těchto výsledků jsem vzorky klastických hornin klasifikoval jako: petromiktní slepenec, křemen-živcovou drobu; dále hrubozrnné arkózy a hrubozrnný křemenný pískovec, které mají velmi podobné stavební znaky i stupeň navětrání, a jemnozrnný křemenný pískovec. Vzorek biogenního vápence jsem klasifikoval jako lumachelu s malou příměsí siliciklastického materiálu aleuriticko-pelitické zrnitosti. Ve stavebních hmotách jsem mikroskopicky stanovil pórovitost; v klastické složce hrubozrnné keramiky a malty jsem zjistil takřka shodné složení psefitické až psamitické složky ostřiva/plniva, reprezentované převážně ostrohrannými úlomky lokálních kulmských hornin (jílovce, jílové břidlice, droba) a úlomky křemene, kvarcitu a živců, jejichž dobré opracování poukazuje na fluvialní původ.

Metodou XRF jsem stanovil chemismus kulmských hornin (droba, jílovec), odebraných jak ze zdiva, tak i z výchozů v bezprostřední blízkosti zříceniny, a také vzorků importovaných hornin a malty. Srovnáním naměřených výsledků pro vybrané vedlejší a stopové prvky obsažené v lokálních horninách odebraných ze zdiva a z výchozů, jsem došel k závěru, že droby a jílovce byly skutečně těženy v místě stavby. Zjistil jsem také, že malta je obohacená stejnými stopovými prvky, jako se vyskytují v lokálních horninách, a že je tedy nanejvýš pravděpodobné, že úlomky sedimentárních hornin v maltě jsou taktéž kulmské sedimenty z bezprostřední blízkosti Kartouzky. U pojiva malty a u lumachely jsem zjistil, že jsou tvořené prakticky pouze kalcitem, bez dolomitické příměsi. U arkóz (vzorky č. 1, 2 a 3) a hrubozrnného křemenného pískovce (vzorek č. 4), které mají velmi podobnou stavbu, jsem díky výsledkům XRF analýzy dokázal identifikovat příměs karbonátu v tmelu vzorků č. 3 a 4. Velmi blízké obsahy stopových prvků ve vzorcích č. 1 a 2, a ve vzorcích č. 3 a 4 dokládají, že tyto dvojice vzorků s největší pravděpodobností nenáleží stejným vrstvám. U vzorku jemnozrnného křemenného pískovce, jsem na základě údajů naměřených Šinálovou (2012) v lomech u Maletína dospěl k závěru, že se jedná o maletínský pískovec.

Dále jsem provedl experimentální výpal úlomků místních jílových „pokryvačských“ břidlic abych mohl porovnat jejich fázové složení se složením expandovaných úlomků obsažených v přepálených cihlách. Srovnáním XRD analýz obou vzorků jsem došel k závěru,

že místní jílová břidlice z okolí Kartouzky mohla být „protolitem“ expanditů přítomných v cihlách. Podle počtu přítomných fází jsem dále došel k závěru, že cihly byly vypalovány při teplotě nižší než 1200 °C, což byla teplota, při níž byla expandována břidlice v laboratorní píce.

Na základě výše uvedeného studia vzorků a literárních údajů, jsem tedy došel k závěrům, že na stavbu dolanské Kartouzky byly použity především lokální kulmské horniny (zejména droby, méně slepence), které byly těženy v místě stavby, stejně jako jílovec, použitý jako plnivo malty a ostřívo stavební keramiky. Z importovaných hornin byly ke zhotovení kamenických prvků použité hrubozrnné arkózy, pocházející zřejmě ze spodnosedevonských bazálních klastik, i vápnité pískovce a arkózy náležející pravděpodobně moravskoberounskému souvrství, těžené v okolí Uničova. Na některé drobné kamenické prvky bylo použito lumachely, importované nejspíše ze zaniklých lomů v badenských vápencích v okolí Služina u Prostějova. Na jednu okenní římsu byl použit jemnozrnný křemenný pískovec, který svým modálním i chemickým složením odpovídá svrchnokřídovému „kvádrovému“ pískovci z Maletína. Na přesné stavební práce bylo použito hrubozrnné stavební keramiky (cihel) jejichž stupeň výpalu se různí. Jako ostřiva bylo u těchto cihel užito úlomků lokálních hornin, především jílovců a jílových břidlic (které jsou u cihel o vyšším stupni výpalu často expandované), a fluviálních písků. Keramické kachle, použité jako podlahová krytina, jsou tvořeny jemnozrnnou keramikou bez hrubšího ostřiva. Jako pojiva bylo na Kartouzce použito vápenné malty, v níž jsou jako plnivo přimíchány převážně úlomky lokálních kulmských hornin, fluviální písek a zřídka i drobné úlomky stavební keramiky.

## Literatura:

- Bábek O., Mikuláš R., Zapletal J., Lehotský T. (2004): Combined tectonic-sediment supply-driven cycles in a Lower Carboniferous deep-marine foreland basin, Moravice Formation, Czech Republic. – *Int. J. Earth Sci. (Geol. Rundsch.)*, 93, 241–261.
- Bábek O., Mikuláš R., Zapletal J., Lehotský T., Pluskalová J. (2001): Litofacie a fosilní stopy jemnozrnného turbiditního systému v jižní části moravického souvrství jesenického kulmu, Český masiv. - *Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 2000*, 38 – 41. Brno.
- Barth V., Kopečný V., Panoš V., Pek I., Zapletal J. (1971): Geologické vycházky do Hornomoravského úvalu a okolí. – Vyd. Přír. fak. UP Olomouc.
- Burian V. (1972): Předběžná zpráva o archeologickém výzkumu Kartouzky v Dolanech r. 1971. - *Zpr. Vlast. Úst. Olom.*, 154, 18-21. Olomouc.
- Burian V. (1975): Předběžná zpráva o výzkumu v Dolanech r. 1974. - *Zpr. Vlast. Úst. Olom.*, 172, 16-23. Olomouc.
- Dudek A., Fediuk F., Palivcová M. (1962): Petrografické tabulky. Praha.
- Dvořák J. (1996): Horninový materiál středověkých staveb v Olomouci. - In: Výroční zpráva Památkového ústavu v Olomouci za rok 1995, 71-78.
- Dvořák J. (1994): Styk geologických struktur jesenického a drahanského regionu mezi Mohelnicí, Uničovem a Litovlí. - *Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 1993*, 30 – 31. Brno.
- Dvořák, J. (1994): Variský flyšový vývoj v Nížkém Jeseníku na Moravě a ve Slezsku. *Práce ČGÚ*, 3. Praha.
- Gába Z., (1994): Maletínský pískovec. – *Kámen* 1, 2, 105 - 110.
- Gardavský Z. (1962): Ověřovací hypotéza klášterní dispozice u Dolan. – *Zpr. Vlast. Úst. Olom.*, 106, 10 – 16.

- Gilíková H., Maštera L., Otava J. (2003): Charakteristika spodnokarbonských klastických sedimentů na listu 25-123 Hranice. - Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 2002, 44 – 47, Brno.
- Gregerová M., Fojt B., Vávra V. (2002): Mikroskopie horninotvorných a technických minerálů. - MZM, PřF MU. Brno.
- Chlupáč I., Brzobohatý R., Kovanda J., Stráník Z. (2002): Geologická minulost České republiky. Academia. Praha.
- Koplík R., Čurdová E., Mestek O. (1997): Speciace stopových prvků ve vodách, půdách, sedimentech a biologických materiálech. – Chem. listy, 91, 38 - 47.
- Kukal Z. (1985): Návod k pojmenování a klasifikaci sedimentů. - ÚÚG, 1 - 80. Praha.
- Kumpera O. (1983): Geologie spodního karbonu jesenického bloku. – ÚÚG, Praha.
- Kšír J. (1960): Kartouzka v Dolanech (výkopy na zříceninách kláštera). - Zpr. Kraj. Vlast. Střed. Olom., 84, 54-56. Olomouc.
- Lehotský T. (2008): Taxonomie goniatitové fauny, biostratigrafie a paleoekologie jesenického a drahanského kulmu. – Disertační práce, MU, Brno.
- Lehotský T. (2006): Ophiomorpha isp. – první nález fosilní stopy ze Služína (karpatská předhlubeň). – Přír. stud. Muz. Prost., 9, 141 – 142. Prostějov.
- Maštera L. (1997): Petrofaciální srovnání drob kulmských souvrství sv. a jz. od zlatohorsko - krnovského zlomu. – Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 1996, 66 – 68. Brno.
- Melichar R., Buček Z. (1994): Tektonika jižní části šternbersko-hornobenešovského pruhu v Nížkém Jeseníku. – Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 1993, 45 – 66. Brno.
- Mísař Z., Dudek A., Havlena V., Weis J. (1983): Geologie ČSSR I. Český masív. - SPN Praha.

Niederle P. (2009): Možnosti využití odpadů z těžby stavebního a dekoračního kamene z vybraných lomů v Olomouckém kraji. – Bakalářská práce, UP. Olomouc.

Vítek T. (2005): Kartouzka v Dolanech. – In: Olomoucké kláštery, sborník příspěvků ze semináře konaného u příležitosti Dnů evropského kulturního dědictví, 44 – 51. Olomouc.

Vrána J. (2007): Kartuziánský klášter v Dolanech u Olomouce. - edice Archeologické památky střední Moravy, sv. 13. Vyd. Archeologické centrum Olomouc.

Šinálová V. (2012): Pískovce na historických objektech Olomouce. – Diplomová práce, UP, Olomouc.

Zapletal J. (2005): poznámky ke geologickému vývoji severozápadní části Hornomoravského úvalu. – Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 2004, 69 – 71. Brno.

Zapletal J. (1977): Příspěvek k litologické korelaci kulmu na východním okraji šternbersko-hornobenešovského pruhu. – Sbor. Prací Univ. Palack., Geogr. Geol. 16, 193 – 217. Praha.