

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

**Příspěvek ke studiu provenience  
stavebního kamene zříceniny kláštera  
Kartouzka u Dolan**

---

**Diplomová práce**

**Martin Zácha**

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

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

**2016**

## **Bibliografická identifikace:**

Jméno a příjmení autora: Martin Zácha  
Název práce: Příspěvek ke studiu provenience stavebního kamene zříceniny kláštera Kartouzka u Dolan  
Typ práce: Diplomová  
Pracoviště: Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra geologie  
Vedoucí práce: RNDr. Zdeněk Dolníček, Ph.D.  
Rok obhajoby práce: 2016

### **Abstrakt:**

V rámci práce byla studována provenience siliciklastických hornin, použitých na stavbu zříceniny kláštera Kartouzka u Dolan. Předmětem studia byly jak zjevně importované různé druhy pískovců až slepenců z architektonických článků, tak vzorky droby ze zdiva i ze skalních výchozů v blízkosti lokality. Dále byly odebrány vzorky různých druhů pískovců a slepenců na potenciálních zdrojových lokalitách v okolí Troubelic, Medlova, Úsova, Klopiny a Moravského Berouna. Horninové vzorky byly petrograficky klasifikovány jako křemenné pískovce, křemenné pískovce až slepence, arkóзовé pískovce až slepence, droby, arkózy a pískovce. Dále byly u všech vzorků vyhodnoceny asociace těžkých minerálů. Asociace průsvitných těžkých minerálů pískovců jsou tvořeny stabilními a ultrastabilními těžkými minerály (zirkon, turmalín, apatit, rutil). Asociace průsvitných těžkých minerálů droby tvoří zejména zirkon, apatit, turmalín, granát a epidot. U vzorků hornin byly též gamaspektrometricky stanoveny obsahy přirozených radioaktivních prvků (K, U, Th), které jsou u většiny pískovců velice nízké, u vzorků droby odpovídají obsahům v drobách moravického souvrství. Droby použité na stavbu zdi Kartouzky pocházejí z okolních výchozů nízkohesenického kulmu, zatímco architektonické prvky vytvořené z ostatních jmenovaných siliciklastických hornin byly importované, pravděpodobně z okolí Moravského Berouna a Maletína.

Jazyk: Čeština  
Klíčová slova: Kartouzka, kulm Nízkého Jeseníku, droba, slepenec, arkóza, křemenný pískovec, moravskoberounský slepenec, vrabecká klastika, těžké minerály, přirozené radioaktivní prvky, Maletín, Moravský Beroun, Medlov, Troubelice

**Bibliographical identification:**

Authors firstname and surname: Martin Zácha  
Title: Contribution to study of provenance of building stone of the ruin of the Kartouzka Monastery near Dolany  
Type of thesis: Master  
Institution: Palacký University in Olomouc, Faculty of Science, Department of Geology  
Supervisor: RNDr. Zdeněk Dolníček, Ph.D.  
The year of presentation: 2016

**Abstract:**

This work is focused to evaluation of provenance of siliciclastic rocks, which were used for construction of buildings of the Kartouzka Monastery near Dolany. Various kinds of evidently imported sandstones-to-conglomerates used for architectonic elements, as well as greywacke samples from the ruin walls and also from the outcrops around the locality were studied. Further, samples of sandstones and conglomerates were taken at potential resource localities around Troubelice, Medlov, Úsov, Klopina and Moravský Beroun. The samples of rocks were petrographically classified as quartz sandstones, quartz sandstones-to-conglomerates, arcose sandstones-to-conglomerates, greywackes, arcoses and sandstones. In addition associations of heavy minerals were determined in all the samples. Associations of translucent heavy minerals of sandstones are composed of stable and ultrastable heavy minerals (zircon, tourmaline, apatite, rutile). Associations of translucent heavy minerals of greywackes are composed especially of zircon, apatite, tourmaline, garnet and epidote. Contents of natural radioactive elements (K, U, Th) were determined in the rock samples using gamma-ray spectrometry; they are very low in most sandstones, in the samples of greywackes they correspond to the greywackes of Moravice Formation. The greywackes used for building the walls of the Kartouzka Monastery came from the surrounding outcrops of the Nížký Jeseník Culm, while architectonic elements made from the other mentioned siliciclastic rocks were imported probably from the surroundings of Moravský Beroun and Maletín.

Language: Czech

Key words: Kartouzka Monastery, Nížký Jeseník Culm, greywacke, conglomerate, arcose, quartz sandstone, Moravský Beroun conglomerate, Vrabec clastics sediments, heavy minerals, natural radioactivity elements, Maletín, Moravský Beroun, Medlov, Troubelice

Děkuji RNDr. Zdeňku Dolníčkovi, Ph.D. za vysoce odborné vedení práce, vstřícné poskytování cenných rad a připomínek a pomoci v terénu, při přípravě vzorků a korekturu práce. Děkuji také Mgr. Tomáši Lehotskému, Ph.D. za poskytnutí některých těžko dostupných literárních pramenů. Děkuji RNDr. Kamilu Kropáčovi, Ph.D. za konzultaci metodiky stanovování těžkých minerálů. Dále děkuji RNDr. Petru Sulovskému, Ph.D. za poskytnutí vzorku maletínského pískovce a konzultaci. Děkuji rovněž RNDr. Jiřímu Otavovi, CSc. za konzultaci asociací těžkých minerálů z moravskoberounských slepenců. Děkuji doc. RNDr. Jiřímu Zimákovi, CSc. za konzultaci interpretace gamaspektrometrie, a Bc. Kateřině Mičudové za instruktáž práce s laboratorním gamaspektrometrem.

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

V Olomouci dne:

## Obsah

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	7
<b>2</b>	<b>HISTORIE DOLANSKÉ KARTOUZKY</b> .....	8
<b>3</b>	<b>DOSAVADNÍ VÝZKUMY</b> .....	9
<b>4</b>	<b>GEOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA</b> .....	10
4.1	Geologická charakteristika okolí Kartouzky .....	10
4.2	Kulm Nízkého Jeseníku .....	10
4.3	Hornomoravský úval.....	15
4.4	Česká křídová pánev .....	16
4.5	Klastika j. části vrbenské skupiny.....	19
<b>5</b>	<b>METODIKA</b> .....	20
5.1	Terénní rekognoskace a odběr vzorků .....	20
5.2	Laboratorní etapa .....	21
<b>6</b>	<b>TERÉNNÍ ETAPA</b> .....	23
6.1	Kartouzka.....	23
6.2	Potenciální zdrojové lokality .....	24
<b>7</b>	<b>LABORATORNÍ ETAPA</b> .....	31
7.1	Makroskopický popis vzorků.....	31
7.1.1	Vzorky z lokality Kartouzka .....	31
7.1.2	Vzorky z potenciálně zdrojových lokalit .....	34
7.2	Mikroskopický popis .....	39
7.3	Charakteristika asociací průsvitných těžkých minerálů.....	53
7.4	Gamaspektrometrická charakteristika.....	58
<b>8</b>	<b>DISKUSE</b> .....	60
8.1	Petrografie vzorků.....	60
8.2	Asociace těžkých minerálů .....	64
8.3	Gamaspektrometrie vzorků.....	69
<b>9</b>	<b>ZÁVĚR</b> .....	71

# 1 Úvod

Cílem mé diplomové práce je přinést nové poznatky o látkovém složení a zejména pak provenienci hornin použitých ke stavbě bývalého kartuziánského kláštera v Dolanech u Olomouce. Tato práce je pokračováním mé bakalářské práce (Zácha, 2013), v níž se mi provenienci importovaných hornin nepodařilo zcela uspokojivě objasnit. Na stavbu kláštera bylo použito několika typů siliciklastických hornin, a to jak lokálních tak i zjevně importovaných. Studium vzorků hornin odebraných ze zříceniny Kartouzky a z možných zdrojových lokalit je v této práci založeno především na podrobném mikroskopickém vyhodnocení výbrusů a na studiu těžké minerální frakce, s důrazem na asociaci průsvitných těžkých minerálů. Tyto metody jsou v mé práci stěžejní pro vzájemnou korelaci horninového materiálu obdobně jako v pracích Kropáče et al. (2004), Kropáče (2005), Čopjakové et al. (2007) a Zapletala et al. (2012), kteří se provenienčním studiem archeologických artefaktů v širším regionu rovněž zabývali. Navíc je v této práci využito i gamaspektrometrie. Na základě všech těchto údajů bych rád co nejpřesněji stanovil provenienci importovaného horninového materiálu, který byl použit na stavbu Kartouzky.

## 2 Historie dolanské Kartouzky

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

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

Poté co v únoru roku 1425 mniši z dolanské Kartouzky uprchli před husitským vojskem do Olomouce, byla Kartouzka husity obsazena a opevněna a stala se tak jedním z klíčových bodů pro husitskou blokádu Olomouce. Katolická vojska města Olomouce a Znojma Kartouzku několik měsíců marně obléhala, dokud ji na konci roku 1425 od husitské posádky nevykoupila. Po opuštění husity byla Kartouzka 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).



### 3 Dosavadní výzkumy

Prakticky po celou dobu své existence byla zřícenina kartuziánského kláštera objektem zájmu amatérských průzkumníků, zvláště pak z řad obyvatel Dolan. O začátku výzkumu jako takového je možné mluvit teprve 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 této události byla amatérským výkopům učiněna přítrž a během let 1962 až 1975 zde pod vedením dr. Václava Buriana probíhaly rozsáhlé archeologické práce. Území, na kterém se nalézají ruiny někdejší kartuzie, bylo geodeticky zaměřeno a 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 poukazyval 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 téže místě. Dalším zmíněným materiálem je vápenná malta, jež byla použita jako pojivo na zdech staveb, a jako lůžko pro keramické dláždění podlah. Práce Záchy (2013) potvrzuje, že droby použité na stavbu obvodových zdí, i jílovce a jílové břidlice použité jako plnivo v maltě a ostřivo v cihlách jsou lokálního původu. U jemnozrnného křemenného pískovce použitého na některé architektonické články uvádí, že je křídového stáří a byl těžen pravděpodobně v lomech u Maletína. U hrubozrnných klastik, z nichž jsou některé architektonické články zhotoveny, uvádí Zácha (2013) že se jedná pravděpodobně o devonská bazální klastika, ne zcela jasné provenience, pravděpodobně z pruhu moravskoberounských slepenců.

## **4 Geologická charakteristika**

### **4.1 Geologická charakteristika okolí Kartouzky**

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. 1), 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 fluviální sedimenty říčky Truskavky a Dolanského potoka.

### **4.2 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 nejstarším členem nízkojesenického 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. 1). 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 et al. (1989).

#### **Hornobenešovské souvrství**

Hornobenešovské souvrství (HBS) je omezeno ze západu AHS a z jihovýchodu moravickým souvrstvím (viz obr. 1). HBS konkordantně nasedá na souvrství ponikevské (Chlupáč et al., 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 a kvartérními sedimenty (viz obr. 1). 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 goniatitové 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 prvními stovkami 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 goniatitů, 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. 1), 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).

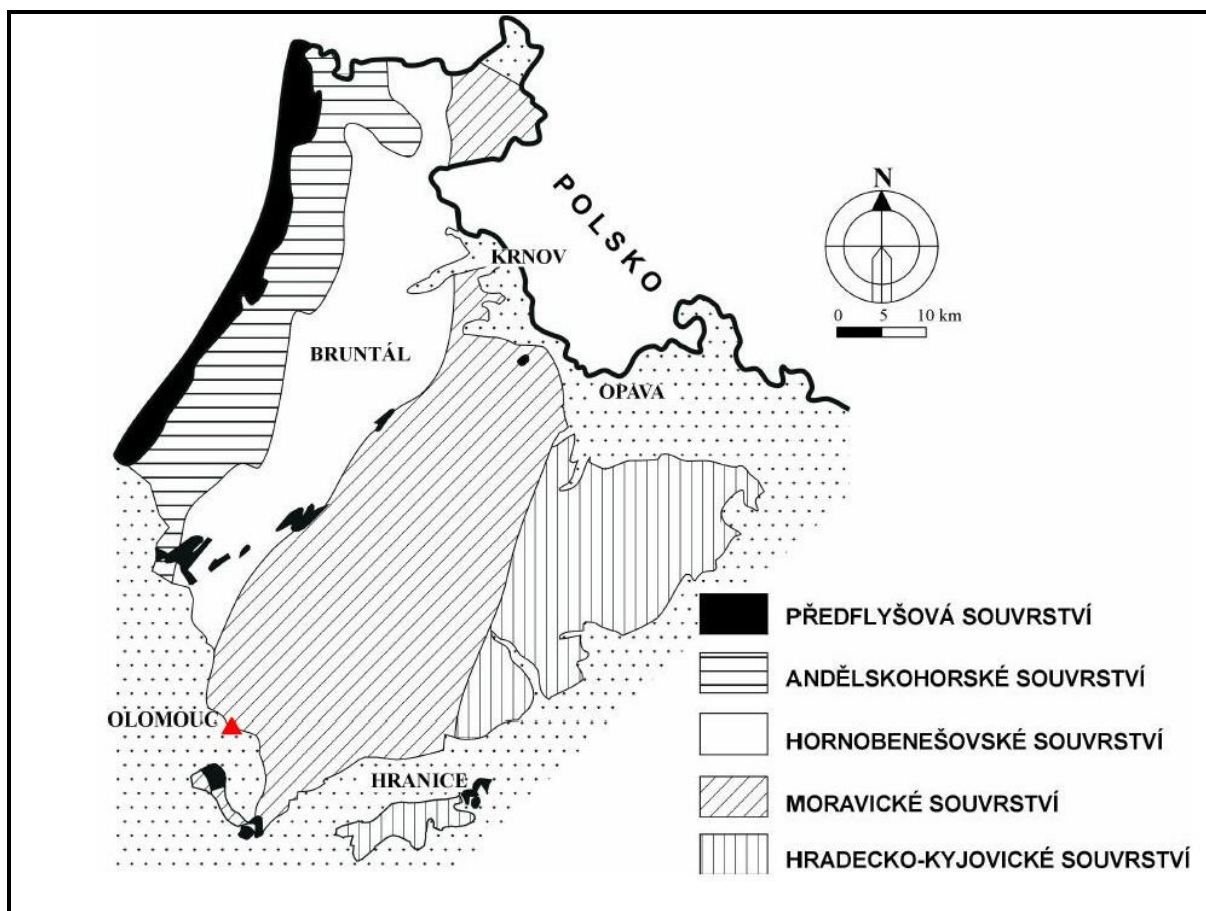
### **Šternbersko-hornobenešovský pruh**

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 vulkanosedimentárního a „flyšového“ kulmské facie. Vulkanosedimentární komplex je tvořen tělesy vulkanických hornin-spilitů, stínavsko-chabičovským souvrstvím

a moravskoberounskými slepenci (Melichar a Bouček, 1994). Na tělesa vulkanických hornin jsou vázány výskyty ložisek železných rud typu Lahn-Dill (Tomšík, 1993; Skácel, 1966 in Chlupáč et al., 2002).

### **Moravskoberounské souvrství**

Podle některých autorů jsou moravskoberounské slepence vymezovány jako samostatné souvrství na bázi souvrství hornobenešovského (Jaroš a Mísař, 1955). Podle jiných je řazeno do tektonických šupin vulkanosedimentárního komplexu šternbersko-hornobenešovského pruhu (Melichar a Bouček, 1994). Avšak oproti devonským paleovulkanitům, jsou klastika tohoto souvrství spodnokarbonského stáří (Chlupáč, 1966; Chlupáč et al., 2002). Litologii tohoto souvrství podrobně popsal Zapletal (1972), který uvádí, že souvrství je tvořeno křemitými středně až hrubě zrnitými pískovci, a také slepenci. Klastická složka je podle něj tvořena z více než 90 % křemenem. Pískovce popisuje jako na výchozech silně rozpadavé v důsledku vyloužení karbonátového pojiva.

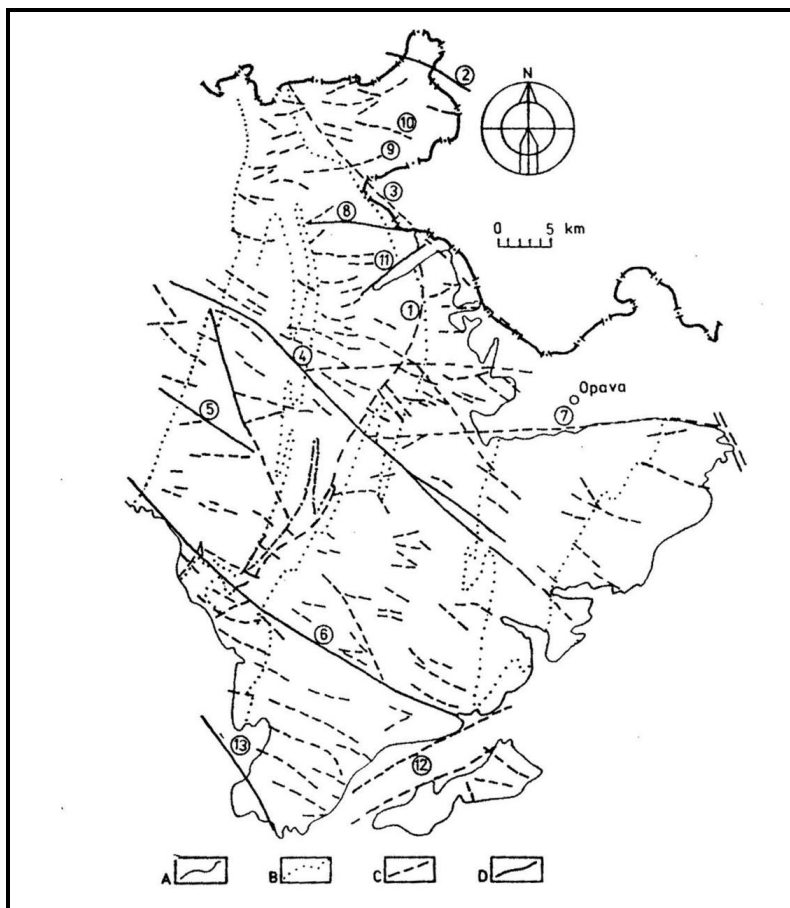


Obr. 1 Schematická mapa kulmu Nížkého Jeseníku (upraveno podle Dvořáka, 1988 a Lehotského, 2008). Dolanská Kartouzka je v mapě označena červeným trojúhelníkem

### Tektonická charakteristika Nížkého Jeseníku

Podle Kumpery (1983) vytvářejí zlomy v Nížkém Jeseníku poměrně hustou soustavu, tvořenou několika zlomovými systémy (viz obr. 2); zlomy sudetského směru, zlomy podélné, a zlomy hlubinné povahy.

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



Obr. 2 Schematická mapa zlomové soustavy Nízkého 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 – jesenický 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

Podélné zlomy mají směr SV-JZ až SSV-JJZ a vyskytují zejména ve šternbersko-hornobenešovském pruhu, kde jsou zachovány v podobě drobných dislokací jeho šupinovitě stavby (Kumpera, 1983).

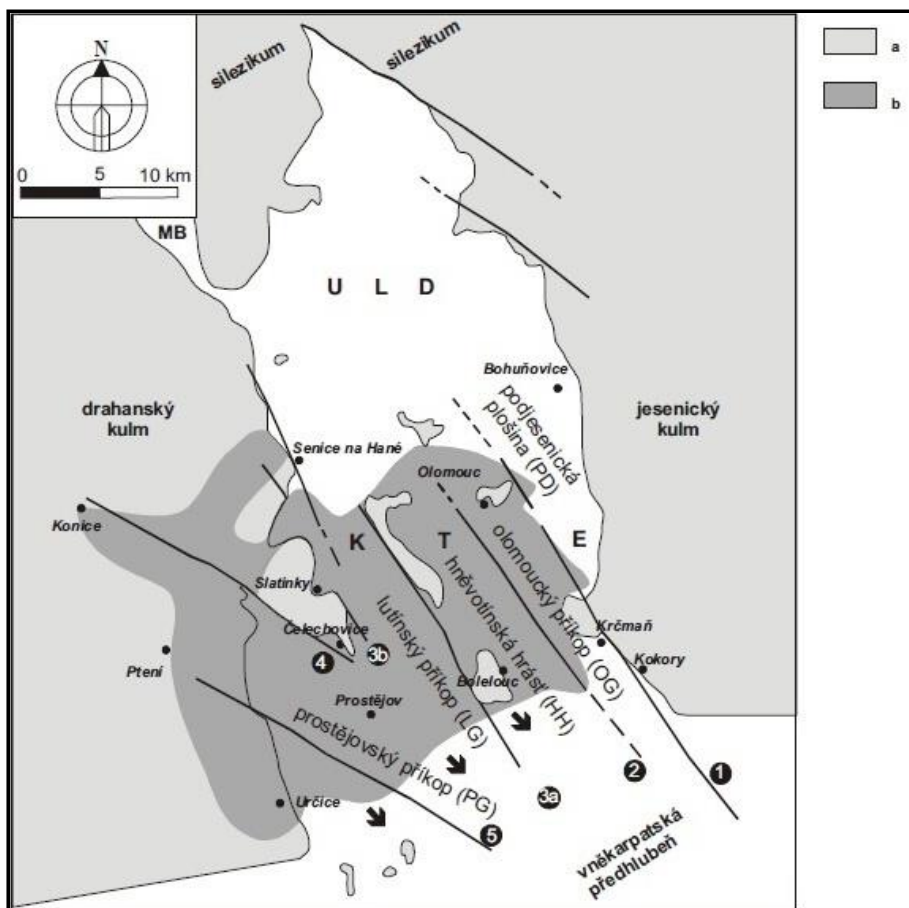
Hlubinnými zlomy jsou podle Kumpery (1983) hlubinný zlom šternbersko-hornobenešovského pruhu; dále bělský zlom, a opavická hlubinná zóna, jež odděluje nízkojesenickou kru od osoblažské kry.

### 4.3 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 nabył 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, jejichž klastický materiál byl derivován z Českého masivu, v jižní části pak převládá materiál přinesený z Karpat (Chlupáč et al., 2002).

V několika oblastech Hornomoravského úvalu ostrůvkovitě vystupují horniny jeho paleozoického a proterozoického podloží. Jedná se zejména o výchozy brunovistulických granitoidů a na ně nasedajících spodnopaleozoických (zejména devonských) sedimentů v oblasti kosířsko-tršické elevace (Zapletal, 2005). Na území města Olomouce vychází k povrchu několik drobných ker tvořených kulmskými sedimenty (Zapletal, 2001). Ve strukturně nejmladší části Hornomoravského úvalu, kterou je uničovsko-litovelská deprese (viz obr. 3), vystupují na mnoha drobných elevacích horniny silezika a kulmu Nížkého Jeseníku (Zapletal, 2001). Zejména se pak jedná o bazální klastika devonského stáří; horniny stínavsko-chabičovského souvrství, zejména metapelity a metabazity (s čočkami železných rud typu Lahn-Dill) a místy i vápenců; na stínavsko-chabičovské souvrství poté ostře nasedají svrchnodevonské bazální klastika moravsko-berounského souvrství (Dvořák, 1994).

Vnitřní tektonické členění Hornomoravského úvalu lze rozdělit na podélné a příčné (viz obr. 3). 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 zlomy jsou zřejmě založené již v nejnižším proterozoickém strukturním patře a směrem do nadloží prokopírované do patra paleozoického a neoidního (Zapletal, 2001). Podélné zlomy rozdělují kosířsko-tršickou elevaci na podjesenickou plošinu, olomoucký příkop, hněvotínskou hrást', lutínský příkop a prostějovský příkop (Zapletal, 2005).



Obr. 3 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 – kosiřsko-tršická elevace; MB – mohelnická brázda.

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

Šipky označují přímé spojení s vněkarpatskou předhlubní.

#### 4.4 Česká křídová pánev

Ačkoliv se tato nenalézá v bezprostředním okolí studované lokality, je na Kartouzce prokazatelně použito křídových pískovců maletínského typu. Proto je záhodno zmínit v této kapitole i stručnou charakteristiku české křídové pánve s důrazem na orlicko-žďárskou oblast, ve které se lomy kolem Maletína nachází (viz obr. 4).

Česká křídová pánev je nejrozsáhlejší dochovanou sedimentační pánví na území ČR. Pokrývá značnou plochu severní části Českého masívu o ploše cca 14 600 km<sup>2</sup> a táhne se ve směru SZ-JV od Drážďan až na sz. Moravu (viz obr. 4). Soudě podle toho, že okrajové



sedimenty nejsou ve většině případů dochovány, byl původní rozsah pánve ještě mnohem větší (Chlupáč et al., 2002).

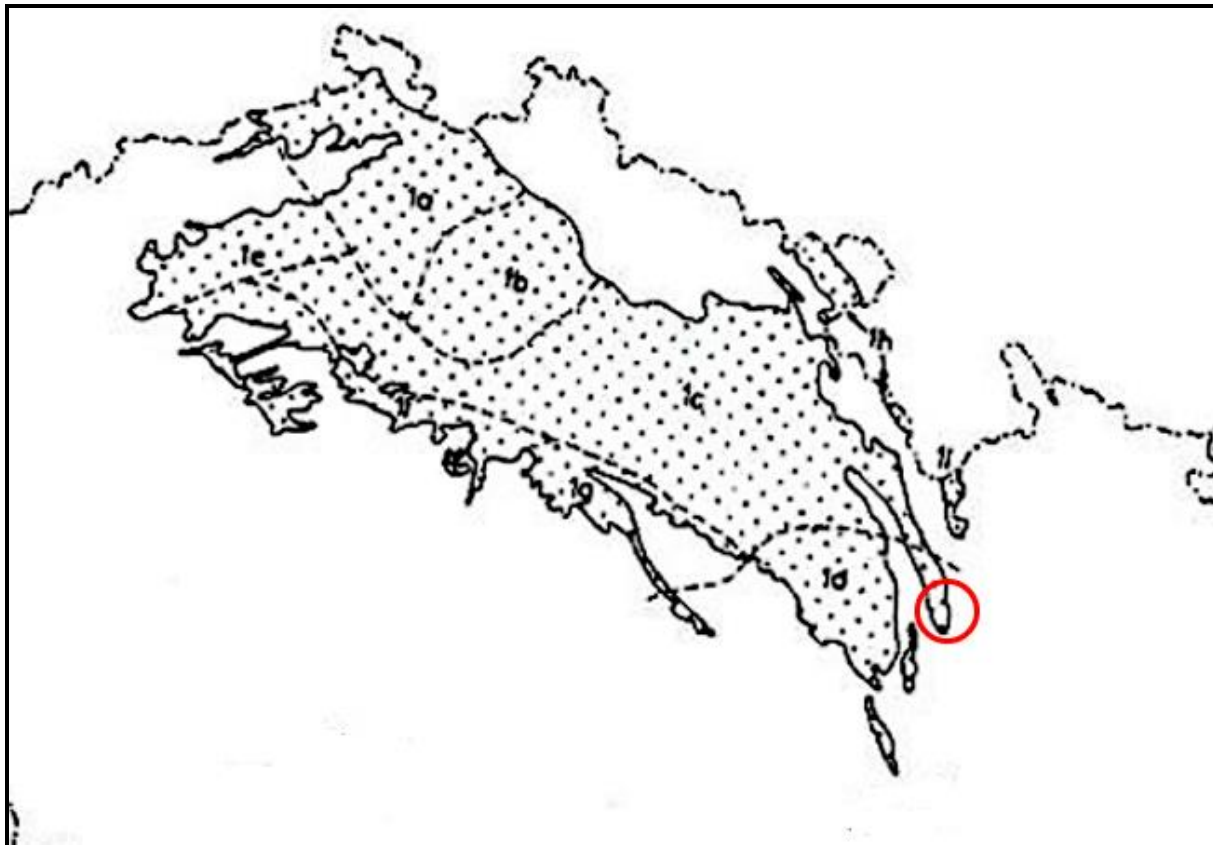
Pánev lze podle Herčíka et al. (1999) rozdělit do několika litofaciálních oblastí, na základě jejich historicko-geologického vývoje.

Bázi vrstevního sledu tvoří perucko-korycanské souvrství, zahrnující vrstvy perucké a vrstvy korycanské. Tyto tvoří několik sedimentárních cyklů limnických slepenců, pískovců a jílovců, které sedimentovaly v nesouvislých dílčích depresích v období od spodního do středního cenomanu (Chlupáč et al., 2002), podle některých autorů probíhala sedimentace dokonce již od svrchního albu (Herčík et al., 1999). Sedimentace korycanských vrstev probíhala od středního do svrchního cenomanu. V důsledku mořské transgrese přechází původně limnické sedimenty do sedimentů lagunárních a ve svrchním cenomanu do marinních sedimentů reprezentovaných tmavšími prachovci a jílovcí. Typickými horninami korycanských vrstev jsou šedé a rezavé pískovce (ve kterých směrem do nadloží přibývá glaukonitu) střídající se s polohami jemnozrnných slepenců (Chlupáč et al., 2002). Korycanským vrstvám v orlicko-žďárském vývoji náleží i polohy maletínského a mladějovského pískovce (Šrámek, 2004).

Začátek turonu se ve vrstevním sledu projevuje hiátem, v jehož důsledku nasedá nadložní bělohorské souvrství na podložní korycanské vrstvy se skrytou diskordancí. V důsledku masivní mořské transgrese a subsidence pánve byly zaplaveny i poslední elevace a bělohorské souvrství sedimentuje od spodního do poloviny středního turonu v souvislé ploše. Typickými horninami jsou opuky a slínité vápence (Chlupáč et al., 2002), pouze v oblasti lužického a jizerského vývoje dochází od druhé poloviny středního do začátku svrchního turonu k sedimentaci glaukonitických a křemenných pískovců jizerského souvrství (Skoček a Valečka, 1983; Herčík et al. 1999).

Poslední etapa vývoje české křídové pánve je charakterizována dílčí transgresí a ukládáním prachovito-písčitých sedimentů teplického souvrství probíhajícím od druhé poloviny svrchního turonu do konce spodního coniacu. Zrychlená subsidence dna v centrální oblasti pánve vedla k flyšoidní sedimentaci pískovců a jílovců březenského souvrství, které se ukládalo od začátku středního coniacu až po bázi santonu. Nejmladším souvrstvím české křídové pánve je souvrství merboltické, které sedimentovalo během spodního santonu (Herčík et al., 1999). Typickou horninou tohoto souvrství jsou jemnozrnné pískovce, které jsou však v důsledku eroze zachovány pouze v zakleslých krách v Českém Středohoří (Chlupáč et al., 2002).

Tektonika české křídové pánve se projevuje pouze křehkou deformací, vyvolanou během svrchní křídý pohyby na zlomech převážně sz.-jv. (saxonského) směru (Chlupáč et al., 2002).



**Obr. 4** Rozsah české křídové pánve na území ČR (upraveno podle Valečky, 1999 in Chlupáč et al. 2002): 1a – lužický vývoj; 1b – jizerský vývoj; 1c – labský vývoj; 1d – orlicko-žďárský vývoj (kroužkem je označena oblast s výskytem maletínského a mladějovského pískovce); 1e – ohárecký vývoj; 1f – vltavsko-berounský vývoj; 1g – kolínský vývoj; 1h – hejšovinský vývoj; červeným kroužkem je označena oblast výskytu maletínského a mladějovského pískovce

## 4.5 Klastika j. části vrbenské skupiny

Přestože tato geologická jednotka neleží v blízkosti Kartouzky, je pravděpodobné, že některé vzorky by mohly pocházet z jejího nejjihnějšího nemetamorfovaného sledu, jehož horniny vystupují na povrch v okolí Uničova.

Podle Koverdinského (1970) byla tato oblast zkoumána a mapována v rámci prospekce ložisek železných rud již na přelomu 19. a 20. století Roemerem, Kretschmerem a Bukowským. Ačkoliv se tyto prospektoři zajímali zejména o ložiska železné rudy vázaná na paleovulkanity, jejich pozornosti neušly výskyty klastických sedimentů a kvarcitů. Jejich interpretace původu a geologické pozice těchto hornin jsou však značně nepřesné a mnohdy až rozporuplné. Koverdinský (1970) dále uvádí, že po 2. světové válce se oblastí zabýval Kettner (1947) a zejména pak Petránek (1947, 1953). Ten jako první vymezil pruhy klastických hornin (Bílého kamene, Bradla, Holubice a Vystříbra) a popsal jejich rozdílnou litologii a stupeň metamorfózy. Tyto pruhy vedou v jz.-sv. a jjz.-ssv. směru, jsou tvořené křemennými konglomeráty a křemenci. Tyto pruhy siliciklastických hornin vystupují z okolních vulkanitů a fylitů vrbenské skupiny a kulmských hornin andělskohorského souvrství, a zpravidla v krajině tvoří elevace, neboť lépe odolávají zvětrávání (Koverdinský, 1970).

Pro potřeby této práce je stěžejní pruh Holubice a Vystříbra. Pruh Vystříbra se táhne od vrchu Vrabec (kóta 342 m n. m.) na JZ k obci Troubelice na SV. Tento pruh je tvořen rozpadavými křemitými, místy arkózovými, pískovci až slepenci s již vylouženým vápnitým tmelem. Tyto horniny Koverdinský (1969) označuje jako pískovce/slepence ve vrabeckém vývoji (podle vrchu Vrabec, kde jsou tyto horniny ve starém lomu odkryty v plném profilu).

Pruh Holubice se táhne od obce Úsov na JZ k sz. okraji obce Troubelice na SV a je tvořen většinou hrubozrnnými rozpadavými sericitickými pískovci. V j. části sledu (okolo Úsova) je pak tvořen hrubozrnnými (valouny o velikosti až 15 cm) křemennými slepenci. Tyto slepence tvoří přechodný člen mezi vrabeckými klastiky pruhu Vystříbra a křemenci západnějších pruhů (Koverdinský, 1970).

## 5 Metodika

### 5.1 Terénní rekognoskace a odběr vzorků

V terénní etapě jsem provedl rekognoskaci zříceniny Kartouzka a jejího blízkého okolí. Na místě jsem provedl fotografickou dokumentaci současného stavu zříceniny a detailní fotografie architektonických článků a skalních výchozů, ze kterých jsem odebíral vzorky. Nejprve jsem odebíral vzorky arkóz, pískovců a slepenců z bloků rozlámaných architektonických článků, ze kterých jsem již dříve odebíral vzorky pro zhotovení petrografických výbrusů (Zácha, 2013). Z toho důvodu mají tyto vzorky přiřazena stejná čísla, jako vzorky z nichž byly výbrusy zhotoveny, zatímco číslování ostatních vzorků z této lokality navazuje na číslování z předchozí práce. Dále jsem odebral vzorek lokální droby ze skalního výchozu cca 20 m v. od zříceniny, vzorek jemnozrnné droby vypadlý ze zdi a vzorek hrubozrnné droby z nově objeveného reliktu architektonického článku. Veškerá odběrová místa jsem zaznačil do plánu zříceniny. Vzorky jsem se snažil odebírat pokud možno tak, aby jejich odběr nevedl k devastaci památky.

V další fázi jsem rekognoskoval lokality, odkud mohla pocházet surovina importovaných architektonických článků. Lokality v okolí Uničova jsem vybíral podle geologické mapy (mapový list 14-44, v měřítku 1:50 000) a soupisu lomů (Polák, 1951). Odběr na lokalitě Gizita u Moravského Berouna (mapový list 15-33, v měřítku 1:50 000) jsem prováděl na základě makroskopické shody některých vzorků z Kartouzky se vzorky z této lokality. Na každé lokalitě jsem provedl terénní rekognoskaci, fotografickou dokumentaci výchozů či lomových stěn, ze které jsem odebíral vzorky a geologickou dokumentaci s důrazem na petrografickou charakteristiku hornin. Jednotlivé lokality jsem zaznačil do geologické mapy (výřez mapového listu 14-44 a 15-33). Na každé lokalitě jsem odebral reprezentativní vzorky o hmotnosti cca 5 až 8 kg ze všech vyskytujících se typů pískovců, arkóz či slepenců. Tyto vzorky jsou číslovány nezávisle na vzorcích odebraných na Kartouzce. Veškerou fotografickou dokumentaci jsem pořídil digitálním fotoaparátem Panasonic DMC-TZ5.

## 5.2 Laboratorní etapa

Během laboratorní etapy jsem nejprve provedl důkladné očištění a osušení vzorků. Poté jsem provedl jejich fotografickou dokumentaci, makropetrografický popis vzorků a ověřil přítomnost karbonátu ve vzorcích pomocí 10% kyseliny chlorovodíkové nanášené na očištěnou čerstvou lomnou plochu.

Dále jsem vzorky o hmotnosti cca 3 až 5 kg zpracoval tak, aby z nich bylo možné separovat těžké minerály. Vysušené vzorky jsem v laboratorním čelistovém drtiči Brio Hranice BCD2 nadrtil na frakci pod 1 cm, a tu následně pomlel za pomoci planetového mlýnku z chrom-niklové oceli. Pomletou horninu jsem přesítoval na frakci pod 1 mm. Vzorky jemnozrnných drob jsem sítoval na frakci pod 0,5 mm. Těžkou frakci jsem z namletých vzorků oddělil za pomoci rýžovací misky. Získaný šlich jsem vysušil v laboratorní sušičce BMT Venticell při teplotě 50 °C po dobu 48 hodin. K oddělení těžkých minerálů od zbytku lehké frakce jsem používal bromoform (1,1,1-tribrometan o hustotě cca 2,87 g.cm<sup>-3</sup>). Takto vydělený těžký podíl jsem důkladně propláchnul lihem a nechal vysušit v digestoři. Pozorování těžkých minerálů v procházejícím světle jsem provedl v polarizačním mikroskopu Olympus BX41. Jako imerzní medium jsem při pozorování použil acetylentetrabromid (1,1,2,2-tetrabrometan, n=1,635). V rámci tohoto pozorování jsem stanovil zastoupení jednotlivých těžkých minerálů v každém z pozorovaných vzorků. Zrna zirkonu jsem třídil do skupin na základě jejich morfologie a stupně opracování, reprezentativní typologické vyhodnocení zirkonů podle Pupina (1980) však nebylo možné provést kvůli vysokému počtu zaoblených zrn. Pro nízký počet vydělených zrn průsvitných těžkých minerálů jsem u vzorků č. 2, 10 a 11 provedl znovupřerýžování vysušené lehké frakce. Malé množství takto dodatečně oddělených zrn těžkých minerálů jsem přičítal k zrnům získaným a pozorovaným v prvním kole.

Ze vzorků drob odebraných na Kartouzce a všech vzorků z potenciálně zdrojových lokalit jsem vyrobil zakryté výbrusy. Ty jsem následně pozoroval v procházejícím světle polarizačního mikroskopu Olympus BX41, popsal jejich strukturu a minerální složení, dále změřil velikost klastů i pórů a popsal morfologii klastů. Následně jsem u všech výbrusů stanovil modální složení na základě planimetrických analýz provedených za pomoci integračního zařízení ELTINOR 4. Pro každý vzorek jsem vyhodnotil 1000 až 1500 bodů, při délce kroku 375 μm. Vzhledem k tomu, že vzorek droby 24 je makroskopicky zcela totožný se vzorkem 7, studovaným v mé bakalářské práci (Zácha, 2013), nebyl vz. 24 dále studován

a místo něj byl dále studován vzorek 7. Poněvadž v dalších částech této práce prezentuji výsledky dalšího studia vzorků 2, 4, 7 a 11, jejichž petrografické popisy a modální složení jsem prezentoval již ve své bakalářské práci (Zácha, 2013) jsou tyto vzorky pro odlišení od vzorků studovaných v rámci této práce označeny 2\*, 4\*, 7\* a 11\*.

Všechny mikrofotografie jsem zhotovil fotoaparátem Olympus C-7070, instalovaným na polarizačním mikroskopu Olympus BX50 s trinokulárním tubusem.

Pro gamaspektrometrické stanovení obsahů U, Th a K jsem očištěné a vysušené vzorky drtil v čelistovém drtiči BCD 2. Tyto vzorky jsem nechal po dobu minimálně 21 dní v uzavřených plastových krabičkách o objemu 250 ml. U takto upravených vzorků jsem provedl měření na stíněném laboratorním spektrometru GS-320 se scintilačním detektorem 3 x 3“ NaI. Měření probíhalo v módu G250 programu LAB Center s iniciací spektra metodou nejmenších čtverců. Spodní limit stanovitelnosti tohoto přístroje je pro K 0,5 hm. %, a pro Th a U 1,5 ppm. Na rozdíl od přímo měřeného K, je Th a U stanovováno nepřímou, tzn. na základě aktivity dceřiných produktů, proto jsou dále v textu označovány jako eTh a eU.

## 6 Terénní etapa

### 6.1 Kartouzka

Během terénní etapy jsem nejprve odebral vzorky pískovců a arkóz z rozlámaných bloků architektonických článků, položených kolem ohniště (obr. 5, vzorky 2 a 7) v západní části kostela. Vzorky pro laboratorní zpracování jsem záměrně odebíral z bloků, ze kterých jsem již v minulosti odebíral vzorky pro přípravu výbrusů. Dále jsem odebral vzorek slepence z rozbitého klenebního žebra ležícího u vchodu do mnišské cely (obr. 5, vzorek 20). Novým objevem byl relikt architektonického článku, patrně patky podpůrného sloupu, zhotovený z hnědé hrubozrnné droby (obr. 5, vzorek 21), která nemá jinde na Kartouzce období. Tento relikt jsem proměřil a taktéž z něj odebral vzorek pro další laboratorní zpracování.



Obr. 5 Plán Kartouzky u Dolan s vyznačením pozice odebraných vzorků (podklad převzat z Buriana, 1975)

Vzorek křídového pískovce jsem odebíral z desky vnějšího ostění kostela (obr. 5, vzorek 22). Jako vzorek jemnozrnné droby, která na místě jako stavební materiál jednoznačně převládá, jsem zvolil jeden z dále neopracovaných lomových kamenů, jaké jsou použité na stavbu

prakticky všech obvodových zdí (obr. 5, vzorek 24). Vzorek lokální droby (obr. 5, vzorek 23) jsem odebral ze skalního žebra vystupujícího cca 20 m v. od lokality. Toto skalní žebro má podobu cca 50 m dlouhého a 10 – 20 m širokého oblého valu s půdním pokryvem, porostlým lesem. Na několika více exponovaných místech je skalní podklad obnažen a tvoří (pravděpodobně) přirozený výchoz. Jemnozrná droba se na tomto skalním žeburu nachází pouze na jeho z. straně, směrem k východu se již vyskytují v důsledku kliváže silně zbrídlíčenaté prachovce.

## **6.2 Potenciální zdrojové lokality**

### **Troubelice**

Zájmovou lokalitou je opuštěný jámový lom nacházející se cca 500 m sv. od obce Troubelice (viz obr. 6). Někdejší lom se nachází v nevelkém remízu uprostřed pole na oblém návrší, místně zvaném „Dolní Padělky“ (kóta 264 m n. m.). V současné době zde neprobíhá těžební činnost, lokalita je dost zašlá, zčásti zavezená černou skládkou (viz obr. 8d). Stěny lomu jsou hojně zarostlé mechem a lišejníkem, v některých částech lomu též překryté drobnými sesuvy. Prakticky celý lom je založený v okrově zbarveném hrubozrnném pískovci až slepenci (viz obr. 7a) tvořícím místy silně rozpukané cca 0,3 až 1 m mocné lavice s úklonem 75° k západu (Polák, 1951). Oproti popisu Poláka (1951) zde v současnosti nejsou patrné vložky šedých pískovců ani křemenné žíly. Nelze vyloučit, že se nacházely v hlubších, dnes již nepřístupných částech lomu. Vzorek horniny (vzorek č. 1) pro laboratorní zpracování jsem odebral v jz. části lomu (viz obr. 8a), kde se nachází nejvyšší lomová stěna (cca 10 x 3 m).

### **Klopina**

Odběrová lokalita se nachází cca 1 km sv. od obce Klopina, v oblasti místně zvané „Na Horkách“ (viz obr. 6). Jedná se o malý, zřejmě již dlouho nepoužívaný lom založený v jz. svahu kopce Skalka (kóta 426 m n. m.). Lom je protaženého tvaru, o půdorysu cca 100 x 25 m. Čelní a z větší části i sz. lomová stěna je vysoká cca 10 až 15 m, jv. stěna dosahuje výšky cca 8 m. Pod těmito stěnami se nacházejí sut'ové kužely. Dno lomu je zahliněné, porostlé trávou a náletovými dřevinami.

V nejvyšších partiích lomu je na odkryvu patrný styk několika horninových typů. V sz. části lomu se nachází šedý, silně rozpukaný kvarcit až křemenný metakonglomerát (viz obr. 7c). Na některých foliačních plochách této horniny jsou patrné až půl centimetru silné,



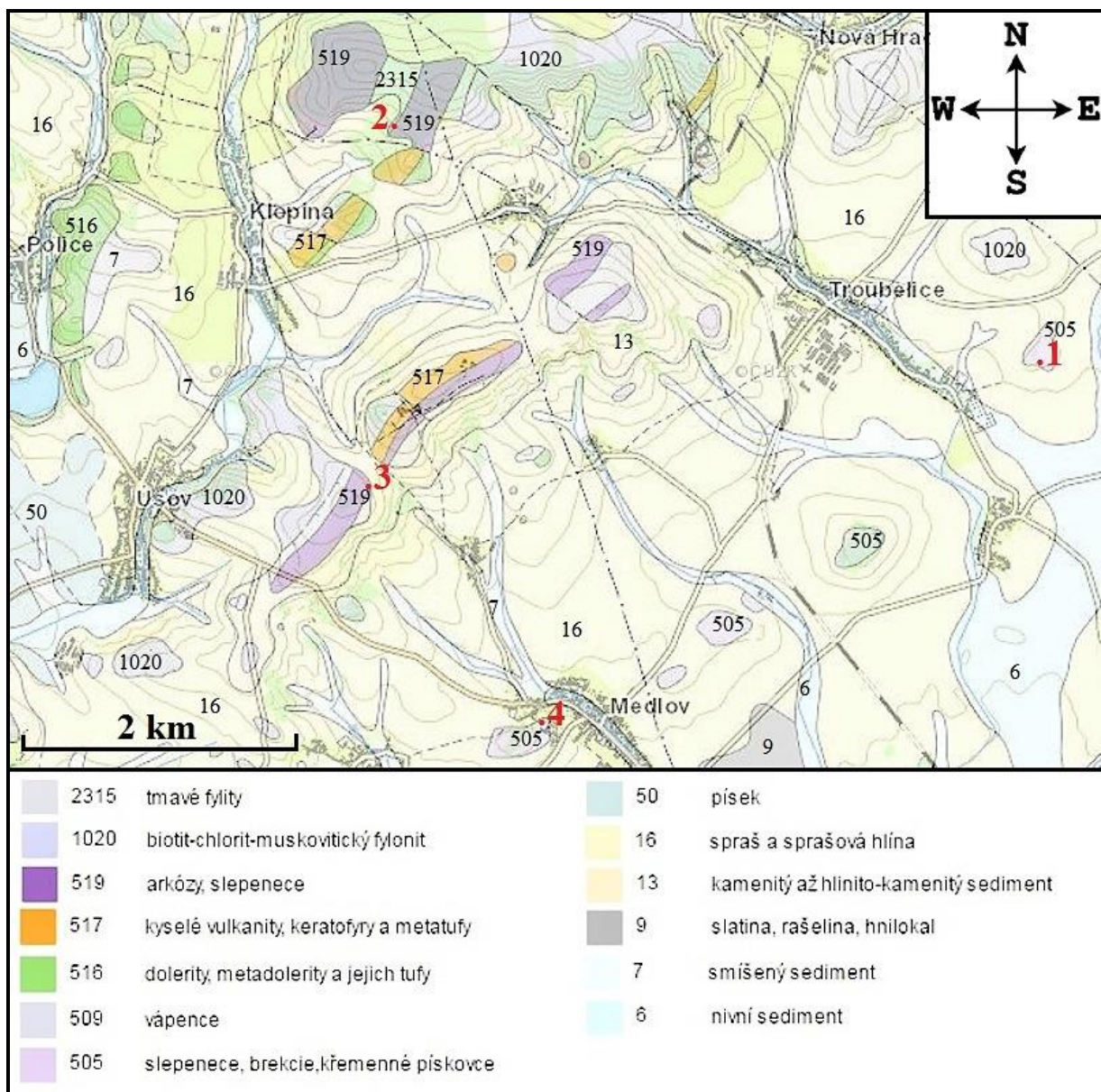
černé povlaky limonitu. Horninu proniká několik až 10 cm mocných žil mléčného křemene. V nejvyšší kvarcitové partii je patrné střídání kvarcitu s 1 až 3 cm mocnými polohami tmavě zeleného fylitu. Ten, již bez přítomnosti kvarcitu či metakonglomerátu, tvoří i několik drobných výchozů cca 10 m výše po svahu od s. hrany lomu.

V z. části čelní stěny lomu se vyskytuje červenohnědý středně zrnitý křemenec, tvořící různě mocné strmě k západu ukloněné lavice. Vztah této horniny ke kvarcitu není zřejmý, protože hranice je překryta sutí, která je tvořena oběma typy hornin. Křemenec je poměrně silně rozpuštěn několika systémy puklin, z nichž některé jsou vyplněny drobnými křemennými žilkami. Na povrchu některých částí výchozu se nachází až 1 cm silné, místy práškovité povlaky sytě červeného limonitu (viz obr. 8b).

Východní část čelní stěny a jv. stěna lomu je založena ve světle hnědém hrubozrnném křemenném pískovci až slepenci (viz obr. 8a), ze kterého jsem, pro jeho makroskopickou podobu s některými pískovci užitými na Kartouzce, odebral vzorek pro laboratorní zpracování (vzorek č. 6). Hornina tvoří cca 2 m mocnou lavici, ukloněnou stejně jako nadložní křemenec. Hornina je rozpuštěna několika systémy puklin, z nichž některé jsou vyplněny až 3 cm mocnými křemennými žilami, ve kterých křemen zpravidla tvoří drúzy narůstající na pískovec a střed žily je vyplněný rudým až tmavě hnědým limonitem, či blíže neurčenými rudními minerály šedé až černé barvy (viz obr. 7d). V blízkosti vyplněných i nevyplněných puklin je hornina často impregnována limonitem do hloubky kolem 5 cm.

## Úsov

Tato lokalita se nachází cca 1 km za obcí Úsov (viz obr. 6), asi 50 m v malém lesíku vlevo od silnice vedoucí do Medlova. Prakticky celý lom je zasypán navážkou a zeminou, a zarostlý stromy a křovím. Z tohoto důvodu není možné najít reprezentativní skalní výchoz, nýbrž jen volné bloky světlého slepence (vzorek č. 9) tvořeného prakticky výhradně křemennými valounky o průměru cca 0,5 až 4 cm, tedy takového, jaký z této lokality popisuje i Polák (1951). Balvany této horniny a velké množství vyvětralých křemenných valounků se ve velkém množství vyskytují i v okruhu cca půl kilometru od této lokality.

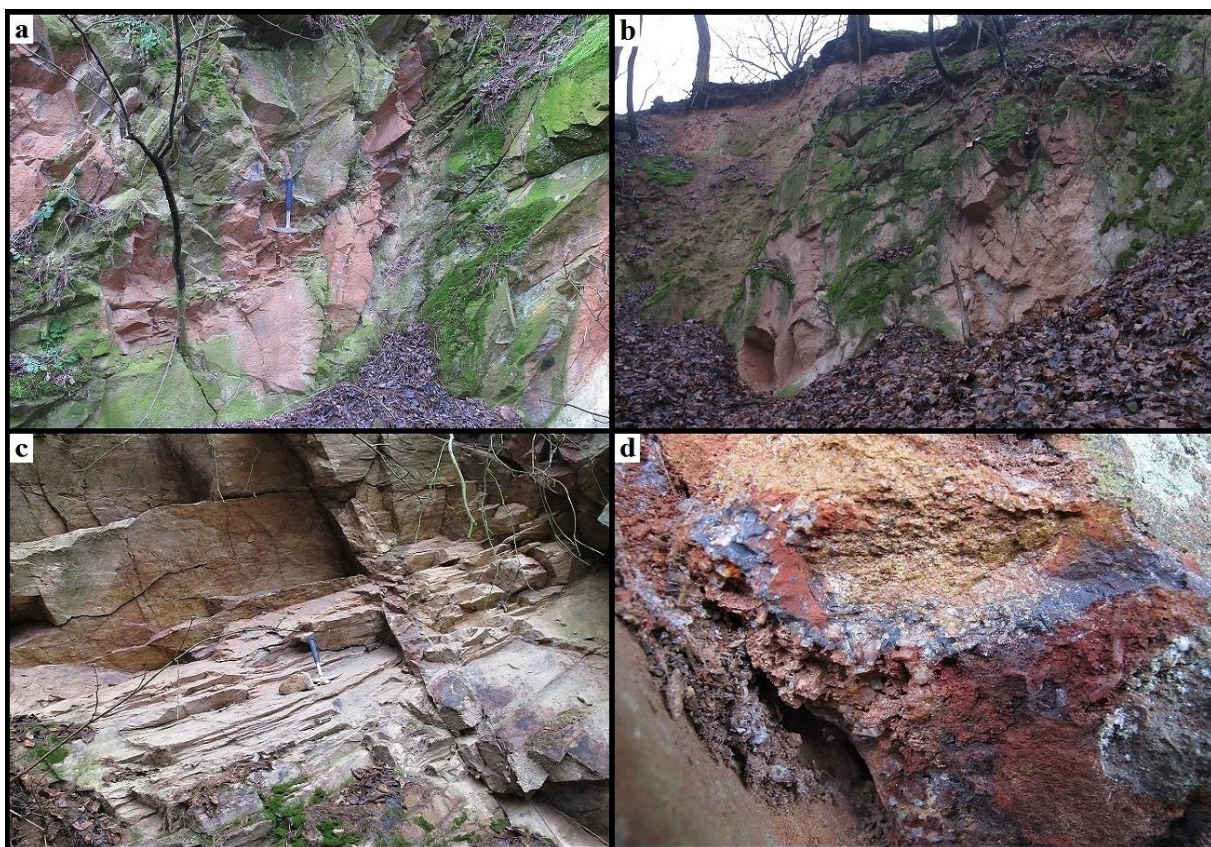


Obr. 6 Geologická mapa navštívených potenciálně zdrojových lokalit v j. části vrbské skupiny se značenými místy odběrů vzorků: 1-Troubelice-Dolní Padělky; 2-Klopina; 3-Úsov; 4-Medlov-Skalky; podkladová mapa převzata z mapového serveru ČGS (<http://mapy.geology.cz>)

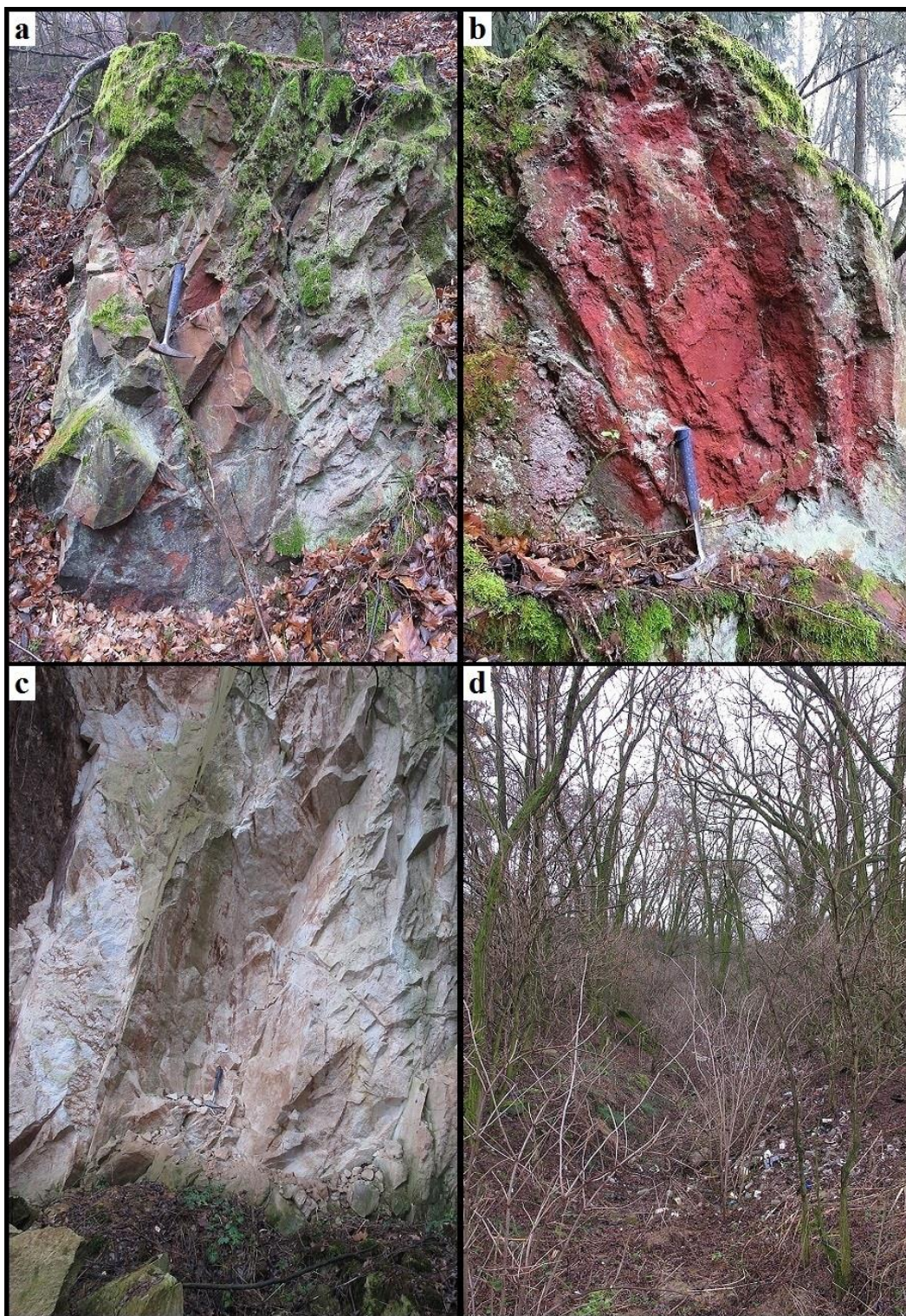
## Medlov

Lokalitou je Přírodní památka „Skalky“ nacházející na okraji obce Medlov, cca 100 m zjz. od kostela (viz obr. 6). Tato lokalita je původně starým dvouetážovým lomem, který je v současné době upraven jako lesopark a zároveň zde pískovce slouží jako kolektor pitné vody pro Medlov. V nižší části lomu vycházejí na povrch dvě skalní stěny o rozměrech cca 10 x 5 m a 15 x 8 m tvořené nápadně bílým středně zrnitým pískovcem (viz obr. 8c), který je narušený jednak několika systémy puklin, jednak kořeny stromů rostoucími při hranách

skalních stěn. V nadloží tohoto typu pískovce, a zároveň v druhé etáži lomu, se nachází středně zrnitý žlutohnědý pískovec (viz obr. 7b) vycházející v nízké táhlé lomové stěně o rozměrech cca 50 x 8 m a několika dalších drobných výchozech. Díky lesoparkové úpravě je však většina stěn, které nejsou kolmé, zasypána hlínou a pokrytá vegetací. Tento pískovec je taktéž rozpukán několika systémy puklin a má více méně kvádrovou odlučnost. Sekundární výplň puklin (žíly) jsem v prostoru lomu nenašel. Vzorky jsem odebral z obou typů vyskytujících se hornin (vzorky č. 10 a 11).



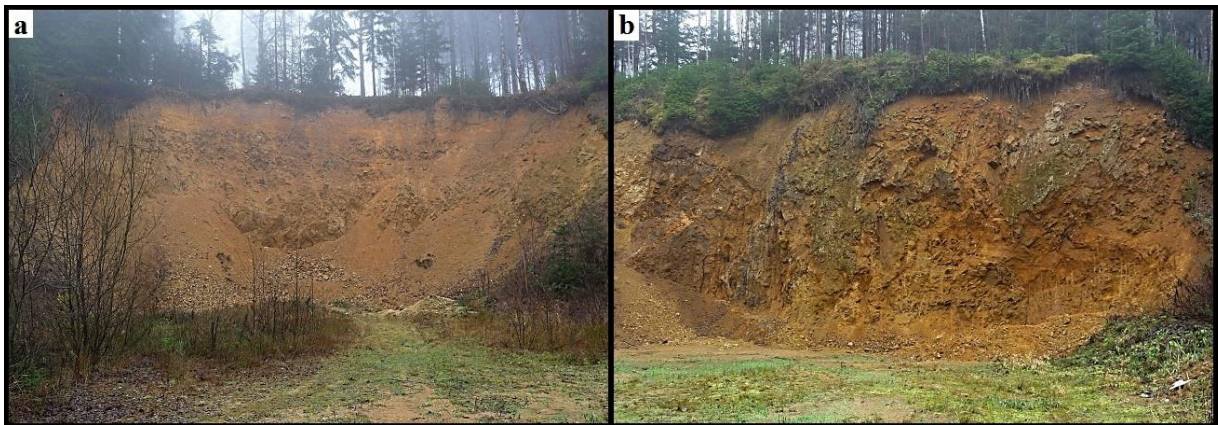
**Obr. 7** Fotografie z odběrových lokalit: a-odkryv načervenalého pískovce na lokalitě Troubelice-Dolní Padělky; b-odkryv hnědého pískovce na lokalitě Medlov-Skalky; c-odkryv křemenného metakonglomerátu v sz. části lomu u Klopiny; d-rudní mineralizace v křemenném v pískovci na lokalitě Klopina



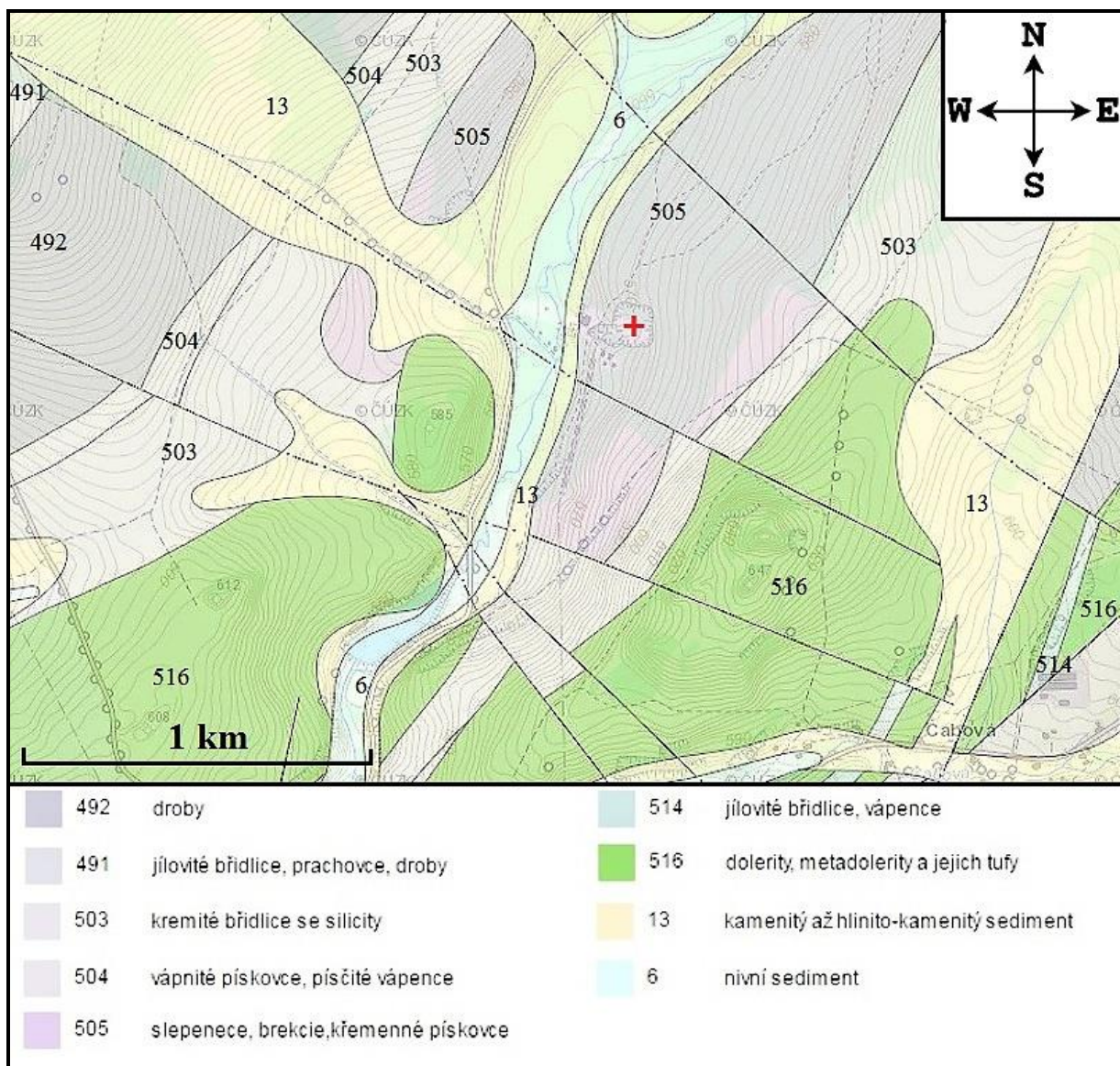
**Obr. 8** Fotografie z odběrových lokalit: a-odkryv křemenného pískovce v zjz. části lomu u Klopiny; b-povlaky limonitu na puklinách křemence v čelní stěně lomu u Klopiny; c-odkryv bílého pískovce na lokalitě Medlov-Skalky; d-černá skládka na lokalitě Troubelice-Dolní Padělky

## Moravský Beroun (Gizita)

Lokalitou je pískovcový lom, místně zvaný „Pískoviště“ (viz obr. 10), ve kterém probíhá pouze příležitostná těžba silně rozpadavého žlutohnědého hrubozrnného pískovce až slepence. Lokalita se nachází asi 400 m vjv. od silnice z Moravského Berouna do Nových Valteřic, asi 100 m za penzionem Gizita. Lomová stěna (viz obr. 9a, b) má půdorys písmene „L“, delší (západní) část má rozměry cca 35 x 8 až 12 m, přiléhající menší stěna má rozměry cca 20 x 5 až 12 m. Pod hlavní lomovou stěnou je masivní osypová vrstva zakrývající spodní část stěny do třetiny až poloviny její výšky. Stěny lomu jsou tvořeny velmi rozpadavým žlutohnědým slepencem, který do nadloží přechází do žlutohnědého rozpadavého hrubozrnného pískovce. Textura obou horninových typů se ve vzorku jeví jako všesměrně zrnitá, na lomové stěně je však patrná nepříliš výrazná normální gradace. Na stěnách nejsou patné žádné žíly ani systém puklin. Dno lomu je porostlé trávou a křovisky, část dna pokrývají i dvě nevelká jezírka. Vzorky jsem odebíral jak ze slepence (vzorek č. 25), tak i z pískovce (vzorek č. 26).



Obr. 9 Fotografie odběrové lokality Moravský Beroun Gizita: a-hlavní (západní) lomová stěna; b-vedlejší (severozápadní) lomová stěna;



**Obr. 10** Geologická mapa výskytu moravskobohemských slepenců, červeným symbolem + je označena odběrová lokalita u penzionu Gizita podkladová mapa převzata z mapového serveru ČGS (<http://mapy.geology.cz>)

## 7 Laboratorní etapa

### 7.1 Makroskopický popis vzorků

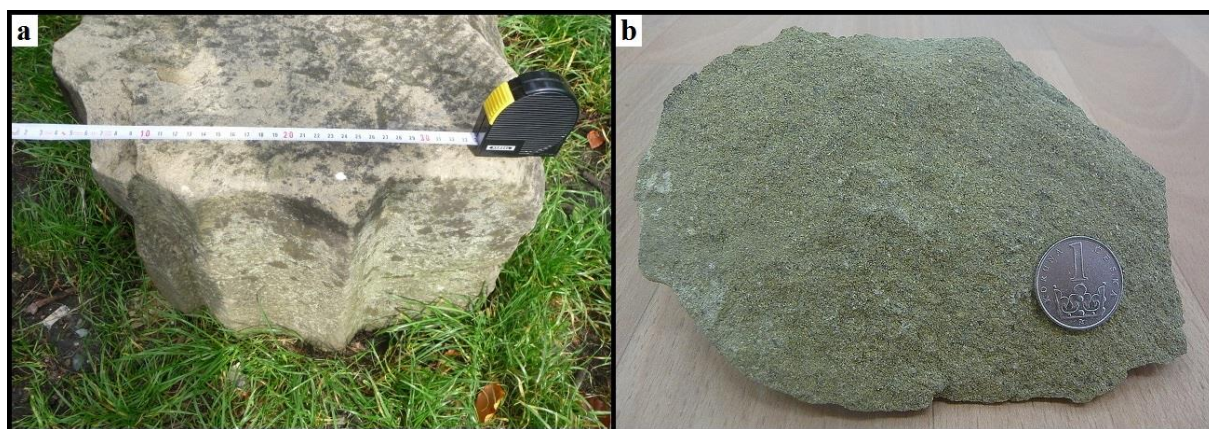
#### 7.1.1 Vzorky z lokality Kartouzka

##### Droba

Jemnozrnná droba je na Kartouzce nejrozšířenějším stavebním kamenem. Použita je pro výstavbu prakticky všech obvodových zdí, kde se vyskytuje ve formě neopracovaného lomového kamene (viz obr. 12e). Velikost kamenných bloků použitých pro výstavbu zdí nepřesahuje 50 cm. Vzhled této droby je makroskopicky takřka totožný s drobou na skalních výchozech v bezprostředním okolí Kartouzky (viz obr. 12f).

Droba je na čerstvé lomové ploše šedá až šedohnědá, na navětralém povrchu má hnědou patinu. Textura horniny je masivní, bez patrného gradačního zvrstvení. Makroskopicky patrné jsou klasty křemene, živce a jemné šupiny muskovitu, jehož obsah u jednotlivých bloků kolísá. Horninové klasty nejsou makroskopicky zřejmé. Hornina na výchozech je slabě zbřidličnatělá v důsledku kliváže. Na většině puklin je patrný oxyhydroxid železa (limonit) tvořící celistvé matné povlaky, méně často dendrity. Puklinatost je patrná i na stavebním lomovém kameni použitém na stavbu zdí. Lokální droba je i přes navětrání poměrně soudržná, nedrolí se za sucha ani za vlhka.

Druhým typem droby, která se na Kartouzce vyskytuje, je droba poměrně hrubozrnná (viz obr. 11b), která byla nalezena pouze na jednom reliktu architektonického článku, pravděpodobně patky či hlavice sloupu (viz obr. 11a), o rozměrech cca 30x40x40 cm.



Obr. 11 Fotografie vzorku č. 21: a-nově nalezený relikv architektonického článku; b-hrubozrnná droba z architektonického článku

Barva této horniny na čerstvé lomové ploše je šedá až hnědošedá, na navětralém povrchu má tato droba světle šedou, místy až bělavou patinu. Textura horniny je masivní bez patrného gradačního zvrstvení. Droba je bez makroskopicky patrných puklin a/nebo minerálních žilek. Makroskopicky patrné minerály jsou zejména křemen, živec a v malém množství granát, muskovit je z makroskopického pohledu zastoupen pouze nepatrně. Horninové klasty nejsou makroskopicky rozlišitelné. Tato droba je neobyčejně soudržná a pevná, nedrolila se ani vlhká (nálezový stav) ani po vyschnutí, odebrání vzorku kladivem bylo poměrně obtížné, stejně tak následná dezintegrace.

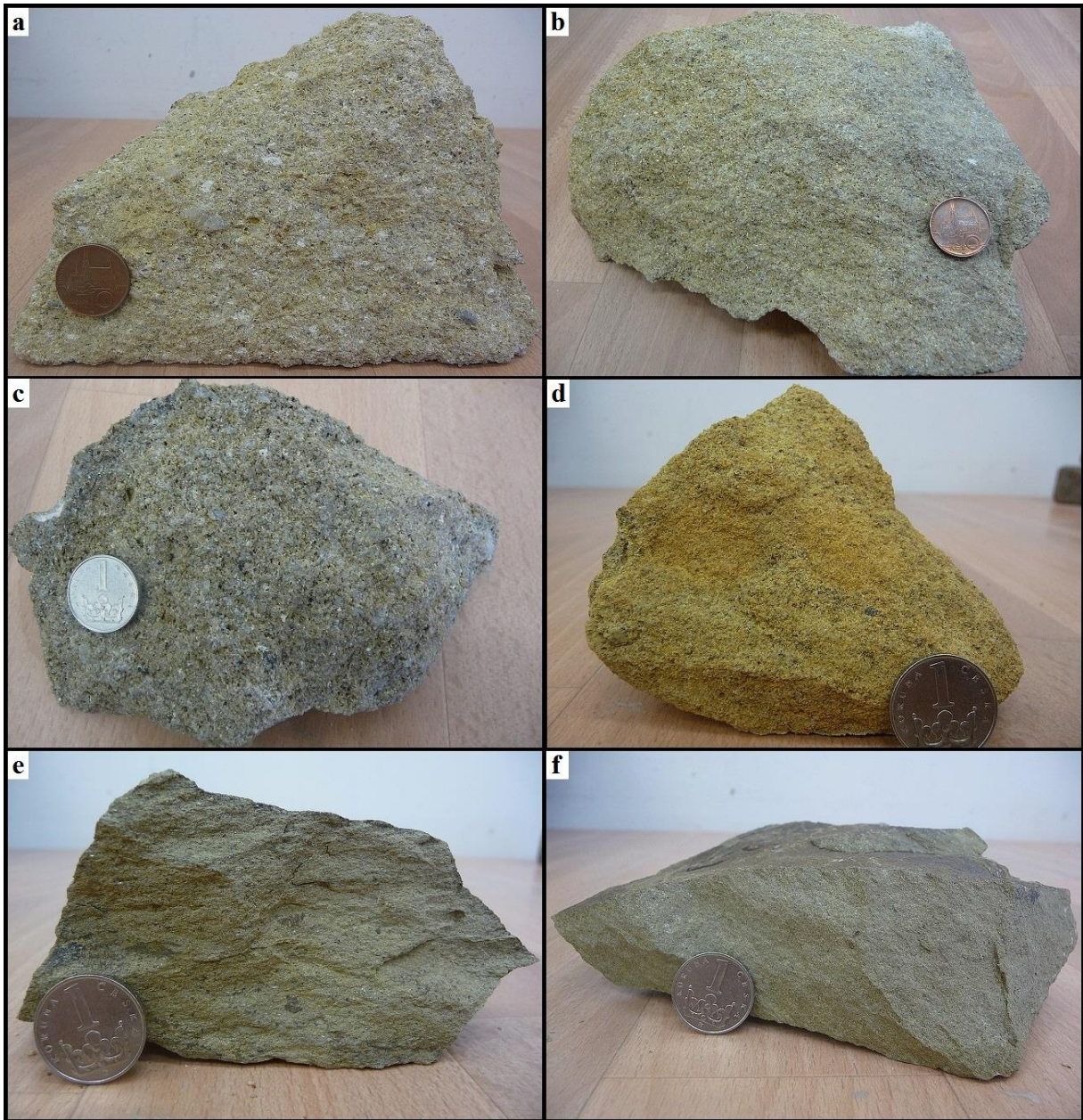
### **Pískovce, arkózy**

Nejrozšířenějším typem importovaného pískovce používaného na architektonické články je na Kartouzce hrubozrnný křemenný pískovec (viz obr. 12c). Tento pískovec má na navětralém povrchu tmavě šedou barvu, na čerstvé lomové ploše je šedý, šedohnědý až bělavě šedý. Textura pískovce je všesměrně zrnitá, průměrná velikost klastů je cca 2 mm. Makroskopicky patrný je zejména křemen, v menší míře silně alterované, vydrolující se klasty živců. Křemen je zbarvený šedě či bíle. Alterované klasty živců jsou mléčně bílé. Klasty jsou zpravidla subangulární. Přítomnost horninových klastů není makroskopicky zřejmá. Tento pískovec je poměrně silně porézní. Zkouška kyselinou chlorovodíkovou vyloučila přítomnost karbonátového tmelu v odebraném vzorku. Pískovec je za vlhka (v nálezovém stavu) drolivý a ne příliš soudržný, po vyschnutí je však neobyčejně pevný a jeho dezintegrace značně obtížná.

Dalším poměrně rozšířeným typem pískovce je na Kartouzce jemnozrnný křemenný pískovec maletínského typu (viz obr. 12d). Tento pískovec je použitý na jednu okenní římsu mnišské cely a na vnější ostění kostela. Barva pískovce je na čerstvé lomové ploše žlutá až žlutohnědá, u některých bloků jsou patrné polohy s oranžovými až sytě červeně zbarvenými smouhami způsobenými zřejmě přítomností limonitu v tmelu pískovce. Na navětralém povrchu má pískovec světle hnědou až šedohnědou patinu, ta tvoří na bloku „slupku“ o mocnosti do 1 cm. Textura pískovce je všesměrně zrnitá, průměrná velikost zrn je cca 0,5 až 1 mm, vzácně se vyskytují vtroušené/nepřavidelně rozmístěné větší (do 5 mm) klasty křemene. Z makroskopicky patrných minerálů je patrný zejména křemen, klasty živců nejsou patrné, muskovitu je v pískovci velmi málo. Vzhledem k malé velikosti zrna nelze makroskopicky posoudit přítomnost horninových klastů. Pískovec je poměrně porézní.



Karbonátový tmel není přítomen. Pískovec je poměrně rozpadavý a drolí se, ve vlhkém stavu jsou pak tyto vlastnosti ještě výraznější.



**Obr. 12** Fotografie vzorků odebraných na Kartouzce: a-arkózový slepenec z rozlomeného klenebního žebra (vzorek č. 20); b-hrubozrnný pískovec z architektonického článku (vzorek č. 7\*); c-hrubozrnný křemenný pískovec z architektonického článku (vzorek č. 2\*); d-jemnozrnný křemenný pískovec z ostění kostela (vzorek č. 22); e-jemnozrnná droba ze zdiva (vzorek č. 24); f-jemnozrnná lokální droba z výchozu (vzorek č. 23)

Ke zhotovení mnoha architektonických článků bylo na Kartouzce použito i hrubozrnných arkóz až arkózových slepenců (viz obr. 12a, b). Většina těchto hornin má

všesměrně zrnitou texturu. Zbarvení arkóz na čerstvé lomové ploše je žlutohnědé, červenohnědé či šedohnědé. Textura arkóz je všesměrně zrnitá, u některých je patrné gradální zvrstvení; průměrná velikost zrn se pohybuje okolo cca 2 mm, v některých polohách se však objevují nahodile rozptýlené dobře zaoblené valounky křemene, z nichž některé mají velikost až 2 cm. Obsah psefitické příměsi v blocích kolísá, a navíc bývá koncentrována v nepravidelných polohách. Většina těchto valounků je zbarvena šedě, některé křemeny jsou mléčné, hnědě zbarvené křemeny jsou spíše vzácné. Další makroskopicky patrné minerály jsou živce, které jsou silně alterované a drolí se. Barva těchto živcových klastů je bílá, nažloutlá či načervenalá; muskovit je zastoupen poměrně málo. Další horninotvorné minerály nejsou makroskopicky patrné. Při zkoušce s HCl se vzorky chovají různě, některé jsou zcela bez karbonátové příměsi, v některých vzorcích (často jen v některých partiích) je v pojivu přítomné malé množství karbonátu.

### **7.1.2 Vzorky z potenciálně zdrojových lokalit**

#### **Troubelice**

Na lokalitě Troubelice-Dolní Padělky se vyskytuje prakticky pouze jeden typ hrubozrnného pískovce až jemnozrnného slepence (viz obr. 12a). Tato hornina má všesměrně zrnitou texturu, průměrná velikost zrna je cca 2 až 4 mm. Barva na čerstvé lomové ploše je okrová až žlutohnědá. Na navětralém povrchu má hornina hnědou až hnědočervenou patinu, která tvoří cca 1 cm silnou kůru. Z horninotvorných minerálů je makroskopicky patrný zejména křemen, tvořený dobře opracovanými klasty šedé, méně často bílé barvy. Dalším minerálem jsou poměrně silně alterované živce, které mají žlutavě hnědou či okrovou barvu. Muskovit či jiné běžné horninotvorné minerály či horninové klasty nejsou makroskopicky patrné. Hornina je bez puklin a žil, je však poměrně silně pórovitá. Vlhký pískovec se snadno rozpadá a klasty z něj se snadno vydrolují. V suchém stavu je hornina poměrně pevná a nedrolí se. Zkouška s HCl vyloučila přítomnost karbonátu v pojivu.

#### **Klopina**

Ve starém lomu u Klopiny je odkrytý styk čtyř různých typů sedimentárních až metasedimentárních hornin – fylit, kvarcit resp. křemenný metakonglomerát, křemenec a křemenný pískovec až slepenec (dále jen pískovec). Vzhledem k tomu, že z hornin

použitých na stavbu Kartouzky je potenciálně ekvivalentní pouze křemenný pískovec až slepenec, nebudu v této práci zabývat ostatními horninovými typy.

Křemenný pískovec až slepenec (viz obr. 13b) má na navětralém povrchu světle hnědou barvu, na čerstvé lomové ploše je barva horniny žlutohnědá. Textura pískovce je všesměrně zrnitá. Pískovec je značně zrnitostně nevytříděný a dal by se popsat jako hrubozrnný porézni křemenný pískovec s průměrnou velikostí klastů cca 1 až 2 mm, v němž jsou nepravidelně rozmístěné křemenné klasty psefitické frakce. Mimo křemene není makroskopicky zřejmý žádný další horninotvorný minerál. Křemenné klasty psamitické frakce jsou spíše ostrohranné a mají šedou barvu. Psefitická příměs je zastoupena zpravidla lépe opracovanými, zaoblenými valounky mléčného křemene. Hnědavé zbarvení horniny je dáno přítomností oxy-hydroxidů železa (limonitu), který je patrný v tenkých povlacích na klastech a v pórech. Pískovec je jak ve vlhkém stavu, tak i po vysušení velmi tvrdý, soudržný a nedrolí se. Pískovec neobsahuje karbonát.

## **Úsov**

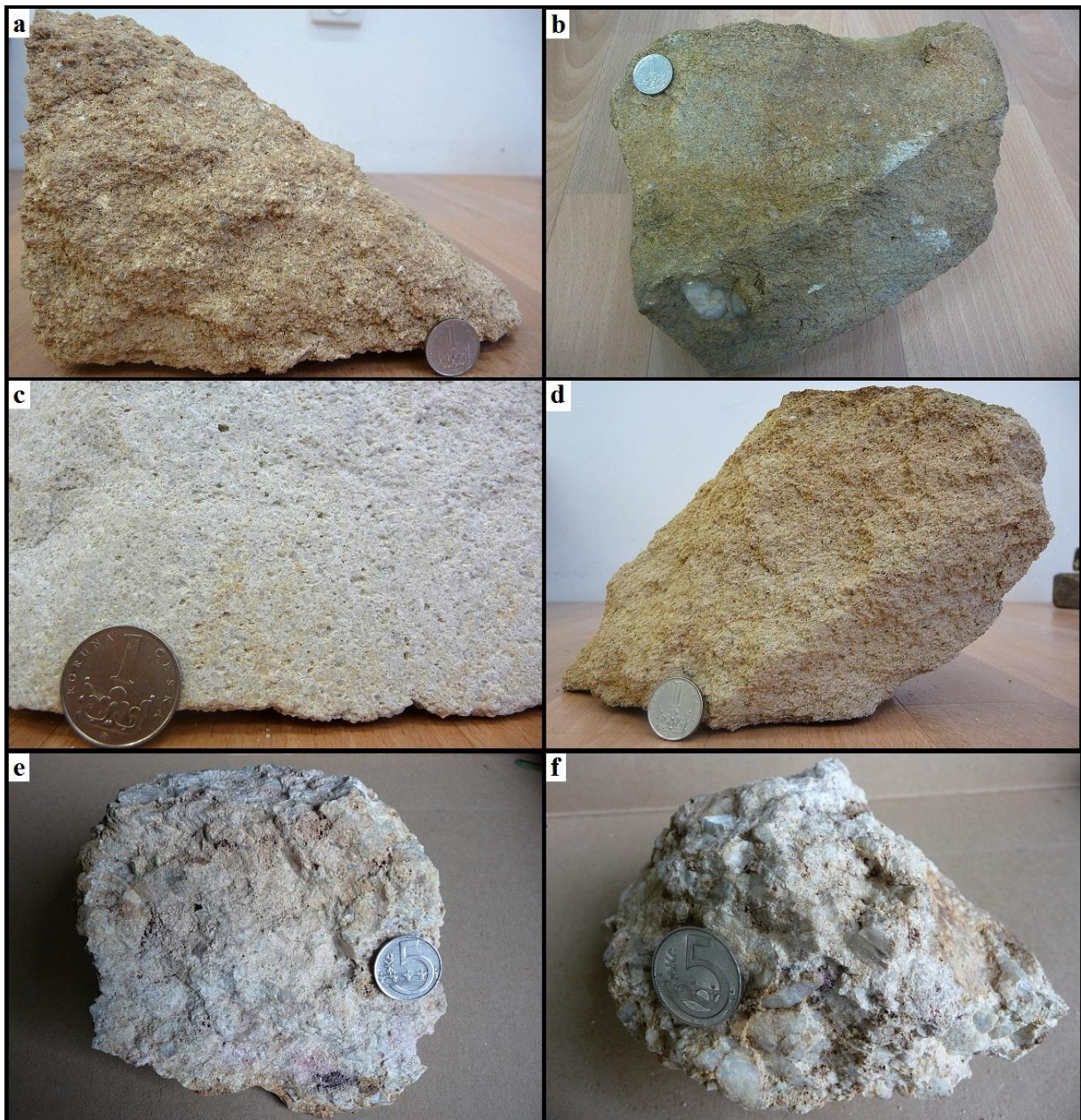
Slepenec z lokality Úsov má na navětralém povrchu šedobílou až okrovou barvu (viz obr. 11e), na čerstvé lomové ploše je spíše bělavá až nažloutlá. Textura horniny je (uvnitř mohutných lavic) masivní, bez zřejmé gradace či přednostního uspořádání klastů (viz obr. 13f). Slepenec je tvořen z hlavní části poloostrohrannými klasty křemene o průměrné velikosti cca 0,5 až 3 cm. Prakticky všechny křemenné klasty jsou bílé, šedě zbarvené se vyskytují pouze sporadicky. Mimo křemen nejsou makroskopicky znatelné další minerály. Křemenné klasty jsou uloženy v porézním karbonátovém pojivu, ve kterém je patrná makroskopicky blíže neurčitelná aleuriticko-pelitická příměs, nápadným rysem této horniny je absence psamitické frakce. Zbarvení pojiva je světle šedé až žlutavě šedé, případně se v pojivu vyskytují až několik centimetrů velké silně porézni partie sytě fialového zbarvení (viz obr. 13e) tvořené buď z části vyluhovaným karbonátem, nebo úlomky alterovaných vulkanitů. Slepenec je slabě rozpukaný, avšak i ve vlhkém stavu poměrně pevný a soudržný, po vysušení se tyto vlastnosti ještě umocňují a dezintegrace horniny je velmi obtížná.

## **Medlov**

Na lokalitě Medlov-Skalky jsou přítomné dva druhy poměrně dobře vytříděných středně zrnitých pískovců.

Prvním typem je středně zrnitý „bílý“ pískovec (viz obr. 13c). Ten má na čerstvé lomové ploše nápadnou zářivě bílou barvu, na navětralém povrchu je tento pískovec pouze lehce nahnědlý (pravděpodobně infiltrace látek vyloužených z půdního pokryvu nad výchozem). Textura pískovce je všesměrně zrnitá. Z makroskopicky patrných minerálů je patrný prakticky jen křemen, tvořený subangulárními klasty s průměrnou velikostí zrna cca 1 až 2 mm. Většina křemenných klastů má mléčné nebo světle šedé zbarvení. Prostor mezi těmito klasty je vyplněný jemnozrnnou bílou hmotou, u které není makroskopicky zřejmé, jedná-li se o pojivo, či velmi silně alterované drobné klasty živců. Pískovec je porézní. Ve vlhkém stavu se velmi snadno drolí a rozpadá, po vysušení je soudržný a na povrchu se drolí méně snadno. V pojivu pískovce není obsažen karbonát.

Druhým typem vyskytujícím se na lokalitě je „hnědý“ pískovec (viz obr. 13d). Tento pískovec je na navětralém povrchu světle hnědý až okrový, na čerstvé lomové ploše je žlutohnědý. Textura pískovce je masivní. Průměrná velikost zrna se pohybuje kolem cca 1 až 2 mm. Makroskopicky patrné minerály jsou zejména křemen a živec, slídy nejsou patrné. Křemenná zrna jsou subangulární, zbarvená šedě, méně často bíle. Dále jsou patrné klasty silně alterovaných živců, žluté, okrové či červenohnědé barvy. Pískovec je silně porézní. Ve vlhkém stavu není příliš soudržný a poměrně snadno se rozpadá a drolí, po vyschnutí je soudržný, avšak odrolování povrchu přetrvává. Po vysušení jsou na povrchu pískovce patrné jemné bílé povlaky, zkouška s HCl však vyloučila přítomnost karbonátu v pojivu.



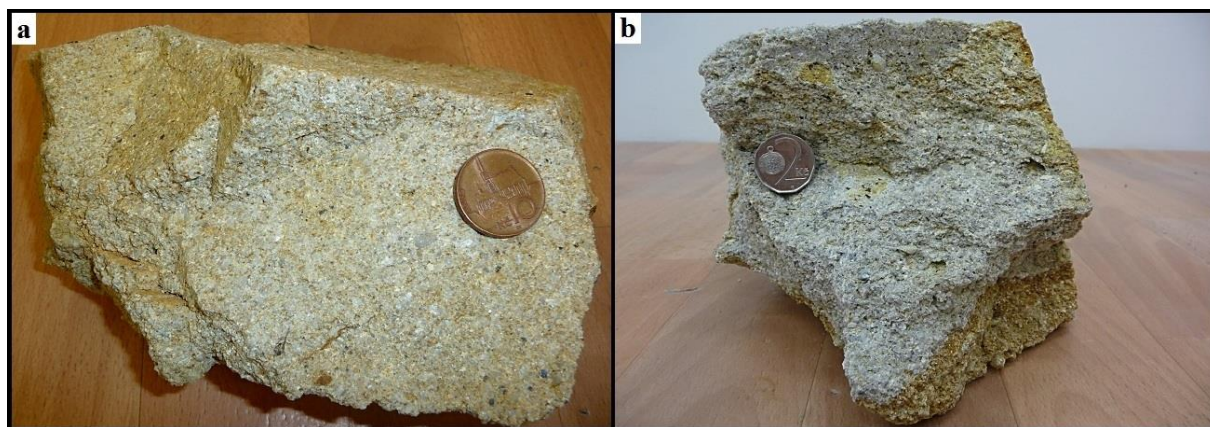
Obr. 13 Fotografie vzorků z potenciálně zdrojových lokalit: a-pískovec až slepenec z lokality Troubelice-Dolní Padělky (vzorek č. 1); b-křemenný pískovec až slepenec z lokality Klopina (vzorek č. 6); c-bílý pískovec z lokality Medlov-Skalky (vzorek č. 10); d-hnědý pískovec z lokality Medlov-Skalky (vzorek č. 11); e-křemenný slepenec z lokality Úsov (vzorek č. 9) s patrnou vrstevní plochou a vyluhovanou partií fialové barvy; f-slepenec z lokality Úsov tvořený převážně bílými křemennými valouny

### Moravský Beroun-Gizita

Na lokalitě Moravský Beroun-Gizita se vyskytují dva typy zpevněného sedimentu, a to slepenec a hrubozrnný pískovec až slepenec (viz obr. 14a, b). Textura těchto hornin se ve vzorku jeví jako všesměrně zrnitá.

Slepenec (viz obr. 14b) je na navětralém povrchu žlutohnědý. Na čerstvé lomové ploše je patrná asi 3-5 cm silná navětralá „slupka“ pod níž má slepenec světle šedou barvu. Makroskopicky ve složení převládají poloostrohranné křemenné klasty velké 2-5 mm. Vyskytují se však i ojedinělé větší valounky (do 2 cm). Barva křemene je převážně šedá. V některých vzorcích jsou patrné až několik centimetrů velké poloostrohranné útržky silně zvětralých jílových břidlic. Klasty živců jsou málo hojné, velmi silně alterované a drolí se. Slídy nejsou makroskopicky patrné. Klasty jsou uloženy ve světlešedé základní hmotě psamiticko-aleuritického charakteru. Slepenec je silně porézní. V nálezovém stavu byl slepenec velmi mokrá, rozpadavý a drolivý. Po vysušení je vzorek poměrně soudržný, avšak stále poměrně náchylný k oddělování povrchu.

Pískovec (viz obr. 14a) je na navětralém povrchu stejně žlutohnědý jako slepenec, avšak na čerstvé lomové ploše u něj není patrná navětralá slupka, nýbrž je v celé ploše žlutavě šedý. Makroskopicky jsou v pískovci patrné převážně subangulární křemenné klasty šedé a bílé barvy, jejichž velikost se pohybuje mezi 1,5-3 mm. V hornině jsou nahodile přítomny i větší valounky (kolem 1 cm). Dále jsou přítomny silně alterované žlutohnědé klasty živců, které se z horniny snadno vydrolují. Klasty hornin a slídy nejsou patrné. Pískovec je oproti slepenci poréznější, avšak póry jsou menší. Za mokra byl pískovec velmi rozpadavý a drolivý, bez obtíží rozdrolitelný v holé ruce. Po vyschnutí je pískovec soudržnější než slepenec, vydrolování zrn z povrchu je však stále poměrně snadné. Zkouška s HCl nepotvrdila ani u slepence ani u pískovce přítomnost karbonátu v hornině.



Obr. 14 Vzorky hornin z lokality Moravský Beroun-Gizita: a-hrubozrný pískovec, b-slepenec

## 7.2 Mikroskopický popis

### Droba (vz. 21, 23)

Studované vzorky drob se od sebe nepatrně liší modálním složením, jejich struktura a zrnitost je však výrazně rozdílná.

Droba vzorku 21 má psamitickou strukturu s aleuriticko-pelitickým pojivem (viz obr. 15a). V modálním složení (viz tab. 1) výrazně převažuje křemen (45,8 obj. %) nad živci (23,3 obj. %), přičemž dominantní zastoupení má živec draselný (20,5 obj. %). Horninové úlomky tvoří 5,1 % z objemu vzorku a jsou zastoupeny kvarcitem, jílovou břidlicí a jílovcem. Nepatrně je v drobě zastoupen muskovit (2,4 obj. %). V akcesorickém množství jsou přítomny opakní minerály (0,8 obj. %), granát (0,2 obj. %), zirkon a apatit. Pojivo tvoří 22,3 % objemu horniny. Póry se ve struktuře droby ve výbrusu nevyskytují.

Křemen v drobě je zastoupen převážně ostrohrannými, méně často poloostrohrannými klasty o velikosti 20 až 200  $\mu\text{m}$ . Klasty monokrystalického křemene výrazně převažují nad klasty křemene polykrystalického. Většina křemenných klastů zháší undulózně, zrna postižená granulací se ve vzorku vyskytují jen vzácně. Prakticky ve všech klastech jsou patrné fluidní inkluze, vzácně jsou v některých klastech patrná i drobná zrnka karbonátu.

Klasty K-živce jsou ostrohranné a/nebo poloostrohranné. Velikost klastů se pohybuje mezi 30 až 160  $\mu\text{m}$ . V K-živci jsou hojné drobné uzavřeniny apatitu, v některých zrnech jsou uzavírány i zrna zirkonu, tyto inkluze jsou však méně hojné. Mikroklinové mřížkování není na klastech ve výbruse patrné. Pertity jsou patrné jen velmi vzácně, zpravidla mají nepravidelný tvar a jsou polysynteticky lamelované. Většina klastů je postižena argilitizací, která se projevuje částečným či úplným zakalením minerálu. Některé klasty jsou postiženy sericitizací, některé pouze na okrajích a/nebo štěpných trhlinách, některé jsou však téměř zcela pseudomorfovány. V některých klastech se projevují obě přeměny.

Plagioklas je v drobě zastoupen převážně poloostrohrannými či ostrohrannými klasty, jejichž velikost se pohybuje mezi 40 až 120  $\mu\text{m}$ . Plagioklas je téměř ve všech případech polysynteticky lamelovaný. Lamely jsou prakticky u všech klastů průběžné a tenké. Ve výbruse nejsou přítomna zonální zrna. Myrmekity nejsou v klastech plagioklasu ve výbruse zastíženy. V plagioklasu jsou uzavřeny inkluze zirkonu, méně apatitu. Všechny klasty jsou nepatrně postiženy sericitizací, která se projevuje pouze na jejich okrajích a štěpných trhlinách.

Klasy muskovitu mají tvar převážně širších, krátkých nezohýbaných lišt či drobných okrouhlých šupin. Velikost těchto individuí zpravidla nepřesahuje 60  $\mu\text{m}$ .

Granát je ve studovaném vzorku zastoupen pouze několika klasy. Tyto klasy jsou poloostrohanné a/nebo zaoblené. Granáty mají jak nepravidelný, tak i vejčitý či okrouhlý tvar. Velikost klastů nepřesahuje 64  $\mu\text{m}$ . Okraje klastů jsou korodované. V jednom klastu je patrná inkluze křemene, v ostatních klasech jsou uzavírány pouze drobná izometrická zrníčka opakních minerálů. Granát je bez přeměn.

Klasy zirkonu jsou v drobě obsaženy velmi vzácně. Klasy jsou poloostrohanné a mají tvar hypautomorfne omezených sloupečků, nebo jsou ovální. V zirkonu jsou patrné drobné inkluze biotitu, opakních minerálů a pravděpodobně fluidní inkluze, z nichž některé se tvarem blíží negativnímu krystalu. Pouze u jednoho individua je patrná zonálnost. Velikost individuí zirkonu nepřesahuje 25  $\mu\text{m}$ .

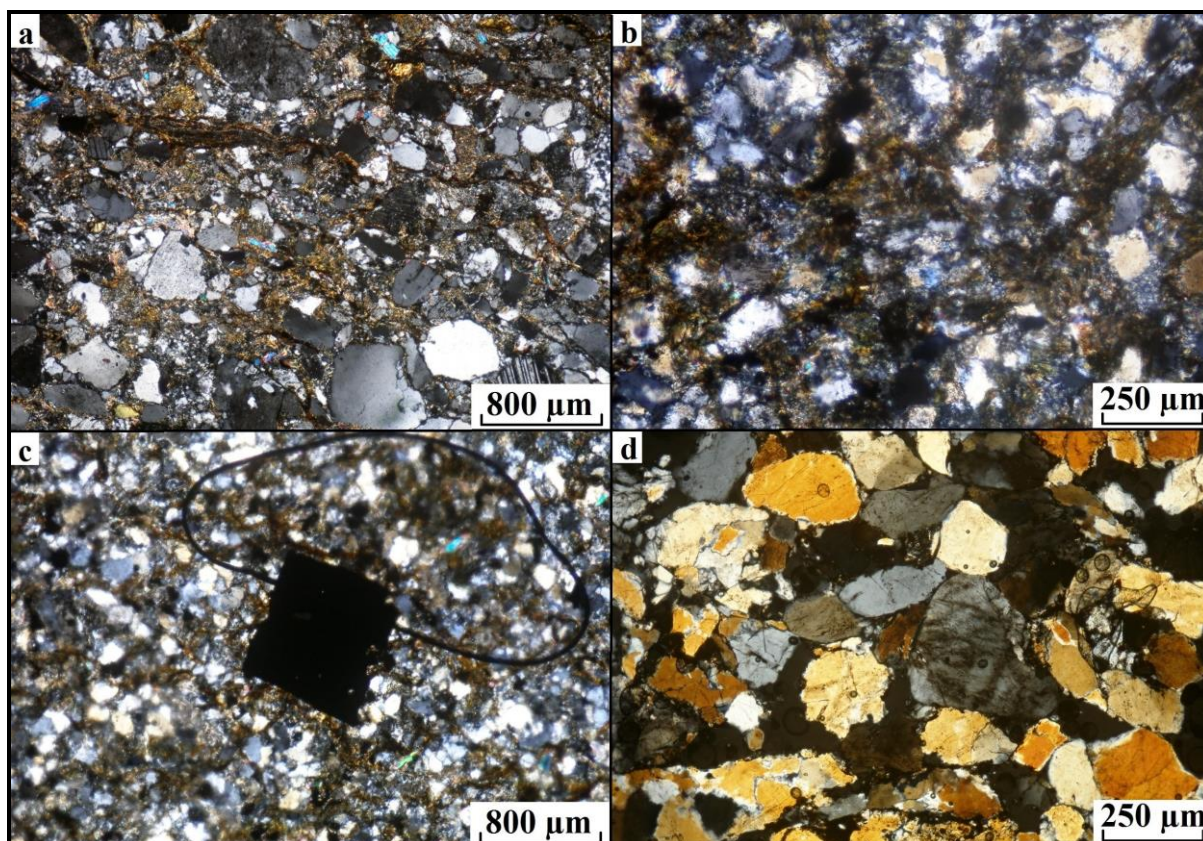
Opakní zrna jsou ostrohanná, poloostrohanná i ovální; zpravidla mají izometrický tvar. Kolem některých zrn jsou patrné limonitové smouhy. Velikost opakních zrn nepřevyšuje 30  $\mu\text{m}$ .

Úlomky kvarcitu jsou převážně poloostrohanné, méně ostrohanné. Velikost úlomků je 160 až 240  $\mu\text{m}$ . Struktura těchto úlomků je granoblastická či granoblasticky zubovitá. Ve složení těchto klastů velmi výrazně dominuje křemen, dále jsou klasy tvořeny K-živcem, muskovitem a opakními minerály. Některá zrna křemene zhášejí undulózně, poměrně častá je granulace. Křemenná zrna mají izometrický tvar. Některá zrna obsahují hojné fluidní inkluze. Zrna K-živce se vyskytují pouze v některých úlomcích. Pertity, dvojčatění či mikroklinové mřížkování v těchto zrnech nejsou patrné. Zrna mají izometrický tvar a některá z nich obsahují inkluze apatitu či zirkonu. Zrna jsou s různou intenzitou postižena argilitizací a/nebo sericitizací. Muskovit tvoří zpravidla tenké zohýbané lišty. Opakní zrna se vyskytují pouze v některých úlomcích.

Klasy jílové břidlice jsou poloostrohanné a mají jednostranně protažený, plochý tvar (paralelní s břidličnatostí). Struktura těchto klastů je pelitická, případně aleuriticko-pelitická, s patrným planárním uspořádáním částic. V jednom úlomku není planární uspořádání částic patrné. Vzhledem ke stejnému minerálnímu složení není jisté, jedná-li se o úlomek jílovce a/nebo jílové břidlice, jejíž břidličnatost je paralelní s rovinnou řezu výbrusu. Velikost břidlicových úlomků je 40 až 230  $\mu\text{m}$ . V břidlicových klasech jsou opticky rozlišitelné klasy křemene, sericitu a opakní zrnka, z větší části je však břidlice tvořena opticky nerozlišitelnými jílovými minerály.



Pojivo droby je tvořeno směsí křemene a sericitu aleuriticko-pelitické frakce. V některých partiích, zvláště tam kde je hodně opakních zrn, je pojivo zabarveno do rezava až tmavě hněda smouhami limonitu. Limonit rovněž tvoří povlaky na některých zrnech a tvoří výplň trhlinek v pojivu.



Obr. 15 Mikrofotografie výbrusů v procházejícím světle (XPL) a-struktura droby z architektonického článku (vz. 21); b-struktura droby ze skalního výchozu (vz. 23); c-automorfně omezené opakní zrna v drobě (vz. 23); d-struktura jemnozrného křemenného pískovce (vz. 22)

Droba vz. 23 je velmi jemnozrná; má aleuriticko-psamitickou strukturu s pelitickým pojivem (viz obr. 15b). Ve složení (viz tab. 1) opět převažuje křemen (46,8 obj. %) nad živci (21,7 obj. %), přičemž K-živec (20,3 obj. %) výrazně převažuje nad plagioklasem. Poměrně hojně jsou zastoupena zrna opakních minerálů (4,2 obj. %), méně pak muskovit (1,8 obj. %) a horninové úlomky (1,2 obj. %), které jsou zastoupeny pouze kvarcitem. Obsah pojiva v drobě je 24,4 obj. %. Droba je bez pórů.

Křemenné klasty jsou převážně poloostrohranné. Jejich velikost se pohybuje mezi 15 až 80  $\mu\text{m}$ . Monokrystalický křemen ve vzorku výrazně převažuje nad křemenem

polykrystalickým. Klasty zhášejí undulózně, granulace je velmi vzácná. V mnohých klastech jsou patrné fluidní inkluze.

Klasty K-živce jsou převážně poloostrohranné, méně ostrohranné. V několika klastech je patrný dvojčatný srůst podle karlovarského zákona. Pertity se v K-živci ve vzorku vyskytují velmi málo, zpravidla mají tvar tlustých tabulek a/nebo nepravidelné. Mikroklinové mřížkování není na klastech K-živce ve výbruse patrné. V některých zrnech jsou patrné drobné inkluze apatitu. Prakticky všechny klasty jsou lehce postiženy sericitizací, pouze na okrajích a štěpných trhlinách.

Plagioklas je zastoupen poloostrohrannými klasty velkými 20 až 70  $\mu\text{m}$ . Plagioklas je polysynteticky lamelovaný, lamely jsou zpravidla různě silné a průběžné celým klastem. Velmi vzácně jsou klasty zonální. Myrmekity nejsou ve výbruse patrné. Prakticky všechny klasty uzavírají inkluze apatitu a zirkonu. Plagioklas je postižený sericitizací, některé klasty pouze na okrajích a/nebo na štěpných trhlinách, některé jsou již zčásti přeměněny.

Muskovit je zastoupen převážně krátkými širokými lištami, které nejsou zohýbané, pouze na koncích roztřepené. Méně se vyskytuje ve formě šupin. Velikost muskovitových klastů nepřesahuje 20  $\mu\text{m}$ .

Poměrně hojně jsou ve výbruse zastoupena opakní zrna. Většinou se jedná o drobná izometrická zrnka, jejichž velikost nepřesahuje 30  $\mu\text{m}$ , avšak jsou zde obsažena tři zrna o velikosti až 2 mm. Dvě z těchto zrn jsou okrouhlá a mají korodované okraje. Jedno zrna (viz obr. 15c) je víceméně automorfne omezeno, má čtvercový průřez a korodované okraje. Ve všech třech těchto velkých zrnech jsou patrné drobné inkluze křemene. Kolem velkých opakních zrn nejsou patrné limonitové smouhy ani povlaky.

Úlomky kvarcitů jsou ovální, méně často poloostrohranné. Velikost úlomků zpravidla nepřesahuje 260  $\mu\text{m}$ . Struktura úlomků je granoblastická. Převládajícím minerálem těchto úlomků je křemen. Tento křemen je převážně polykrystalický. Zrna křemene zháší undulózně, některá jsou granulovaná. V mnohých zrnech jsou patrné fluidní inkluze. V některých klastech se vyskytují též zrna K-živce. Vzhledem k malému počtu zrn a značné alteraci zrn nejsou patrné žádné dvojčatné srůsty ani pertity. Tato zrna jsou poměrně silně postižena sericitizací a některá zrna jsou již z větší zčásti přeměněná. V některých klastech se sporadicky vyskytují šupiny nebo tenké lišty muskovitu.

Úlomky jílové břidlice mají charakter drobných poloostrohranných plochých útržků, jejichž velikost nepřesahuje 120  $\mu\text{m}$ . Ve složení lze mikroskopicky rozlišit křemen, sericit

a limonitové povlaky na laminačních plochách, dále je značná část úlomků jílové břidlice tvořena mikroskopicky nerozlišitelnými jílovými minerály.

Pojivo droby má charakter jemnozrné směsi křemene a sericitu vyplňující prostor mezi klasty. Pojivo je často rezavě až tmavě hnědě zbarveno limonitem. Toto zbarvení je nejsytější v oblasti kolem malých opakních zrn. V pojivu nejsou patrné póry ani trhliny.

**Tab. 1 Modální složení (v obj. %) studovaných výbrusů z drob a křemenných pískovců z Kartouzky; vzorky 2\*, 4\*, 7\* a 11\* jsem studoval v rámci své bakalářské práce (Zácha, 2013), u těchto vzorků nebyly v rámci planimetrické analýzy počítána opakní zrna**

	vz. 20	vz. 21	vz. 22	vz. 23	vz. 2*	vz. 4*	vz. 11*	vz. 7*
Křemen	63,5	45,8	83,9	46,8	47,9	84,2	79,7	32,6
K-živce	0,0	20,5	0,9	20,3	22,4	6,5	0,8	28,4
Plagioklas	0,0	2,8	0,0	1,4	1,4	0,0	0,0	3,7
Živce ( $\Sigma$ )	0,0	23,3	0,9	21,7	23,8	6,5	0,8	32,1
Muskovit	1,0	2,4	0,0	1,8	1,2	0,2	3,9	5,9
Biotit	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
Granát	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
Opakní zrna	0,2	0,8	1,5	4,1	-	-	-	-
Jíl. břidlice	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Kvarcit	0,0	4,5	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,9
Lit. klasty ( $\Sigma$ )	0,0	5,1	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,9
Klasty ( $\Sigma$ )	64,7	77,7	86,3	75,6	73,1	90,9	84,4	71,6
Pojivo	24,5	22,3	2,0	24,4	5,1	6,7	14,5	27,7
Póry	10,8	0,0	11,8	0,0	21,8	2,4	1,1	0,7

### **Křemenný slepenec a pískovec z Kartouzky (vz. 20, 22)**

Struktura křemenného slepenec (vz. 20) je psefitická s hojným obsahem psamiticko-aleuritického pojiva (viz obr. 16d). Prakticky všechen klastický materiál ve vzorku je tvořena křemenem (63,5 obj. %). Mimo křemen jsou ve výbruse akcesoricky zastoupeny šupiny muskovitu (1,0 obj. %), roztroušená opakní zrnka (0,2 obj.) a velmi vzácně se v pojivu vyskytují zrnka zirkonu. Pojivo, tvoří 24,5 obj. % vzorku. Póry zaujímají 10,8 obj. %. Absence psefitických klastů popsaných v kapitole 7.1 je dána záměrným vedením řezu mimo tyto klasty.

Klasy křemene jsou převážně poloostrohranné. Velikost klastů ve výbrusu se pohybuje v rozpětí 80 až 1440  $\mu\text{m}$ . Monokrystalický křemen výrazně převažuje nad polykrystalickým křemenem. Většina zrn křemene zháší undulózně, granulace je patná jen u několika zrn. Většina zrn v sobě obsahuje fluidní inkluze. Minerální inkluze ani žilky se v křemeni nevyskytují.

Muskovit se ve vzorku vyskytuje jen velmi zřídka ve formě drobných šupin či lišt rozptýlených v pojivu. Velikost těchto klastů zpravidla nepřevyšuje 60  $\mu\text{m}$ .

V akcesorickém množství je v pískovci obsažen zirkon. Ten se vyskytuje ve formě drobných poloostrohranných hypautomorfních sloupečků vzácně se vyskytujících v pojivu.

Pojivo je tvořeno jemnozrnným křemenem aleuriticko-pelitické frakce. V pojivu není patrný sericit ani jílové minerály. Vzácně se v pojivu vyskytují drobná opakní zrnka nepravidelných tvarů. Póry jsou převážně protaženého, méně pak okrouhlého tvaru, mají velikost do 640  $\mu\text{m}$  a jsou bez sekundární výplně.

Křemenný pískovec (vz. 22) (viz obr. 15d) má psamitickou strukturu. V minerálním složení (viz tab. 1) tohoto pískovce výrazně převažuje křemen (83,9 obj. %) nad ostatními složkami. Ty jsou zastoupeny již pouze K-živcem (0,9 obj. %), opakními zrnky (1,5 obj. %) a pojivem (2,0 obj. %). Akcesoricky se v pískovci vyskytuje ještě zirkon, apatit a karbonát. Porozita vzorku je 11,8 obj. %.

Křemenné klasy jsou převážně poloostrohranné, méně ostrohranné. Velikost klastů je 30 až 1320  $\mu\text{m}$ . Monokrystalický křemen převažuje nad polykrystalickým. Téměř všechna zrna zháší undulózně, granulace je patná pouze u několika málo klastů. Prakticky všechna křemenná zrna uzavírají fluidní inkluze.

K-živce je zastoupen poloostrohrannými klasy o velikosti 40-320  $\mu\text{m}$ . Některé klasy jsou zcela pseudomorfovány sericitem, některé jsou sericitizací postižené pouze na okrajích zrn. U několika zrn je patná též částečné zakalení v důsledku argilitizace. Dvojčatění či pertity na zrnech v důsledku silné alterace nejsou patná. Některá zrna obsahují drobné inkluze apatitu.

Muskovit se vyskytuje ve formě drobných šupin, jejichž velikost zpravidla nepřesahuje 80  $\mu\text{m}$ .

Velmi vzácně se ve vzorku vyskytuje zirkon. Ten je přítomný pouze v počtu několika zrn. Ta mají izometrický a/nebo sloupečkovitý tvar. Velikost těchto zrn nepřesahuje 15  $\mu\text{m}$ .

Opakní zrna jsou velmi drobná, mají nepravidelný tvar a kolem některých jsou difúzní limonitové smouhy.

Pojivo pískovce je křemité, tvořené jemnozrnnou směsí křemene a sericitu. Pojivo je obalového až pórového charakteru. V některých partiích je pojivo do červenohněda zbarveno limonitem. Limonit též tvoří v tenké povlaky kolem některých zrn a/nebo mezi některými klasty působí jako dotykový tmel. Póry v tomto pískovci jsou malé, zpravidla ne větší než 300  $\mu\text{m}$ , mají nepravidelný tvar a zpravidla postrádají sekundární výplň.

### **Hrubozrnné pískovce a arkóza vrabeckého typu (vz. 1, 10, 11)**

Hrubozrnný pískovec (vz. 1) a hrubozrnný křemenný pískovec (vz. 10) mají obdobné složení (viz tab. 2) i strukturu. Vzorek 11 se od nich strukturou, a především modálním složením, liší.

Vzorky 1 a 10 (viz obr. 16a, b) mají psamitickou strukturu s vtroušenými klasty psefitické frakce a pojivem aleuriticko-pelitické frakce. Ve složení výrazně převažuje křemen (73,4-78,5 obj. %) nad K-živcem (0,5-4,5 obj. %) a horninovými úlomky (6,2 obj. %), které se vyskytují pouze ve vz. 1. Dále je ve vzorcích obsažen muskovit (0,3-0,5 obj. %) a opakní zrna (0,8-2,0 obj. %). Pouze v akcesorickém množství je ve vzorcích přítomen turmalín, zirkon, apatit, granát. Sekundární minerály jsou zastoupeny karbonátem a „limonitem“. Absence příměsí psefitických klastů popsaných v kapitole 7.1 je dána záměrným vedením řezu mimo tyto klasty.

Křemenné klasty jsou převážně poloostrohranné, méně ostrohranné, některé menší klasty jsou i dobře zaoblené. Velikost křemenných klastů se pohybuje od 40 do 1640  $\mu\text{m}$ . Ve vzorku 1 mírně převažuje monokrystalický křemen nad polykrystalickým křemenem, ve vzorku 10 naopak mírně převažuje polykrystalický křemen. V obou vzorcích jsou obsaženy ostrohranné úlomky žilného křemene s vícegeneračním vývojem. Na těchto klastech je patrná celým klastem probíhající linie korozní plochy, na kterou narůstá nová generace křemene. Ve starší části zrna, je dobře pozorovatelný konec linie primárně-sekundárních fluidních inkluzí, končící právě na korozní ploše a nepokračující do mladší části zrna. Klasty křemene zhašejí undulózně, granulace je patrná pouze u několika málo zrn. V křemeni jsou hojně obsaženy fluidní inkluze. Vzácně jsou některé klasty protínané jemnými žilkami kalcitu. Některé klasty jsou protínány vláknitou křemennou žilkou (viz obr. 17f).

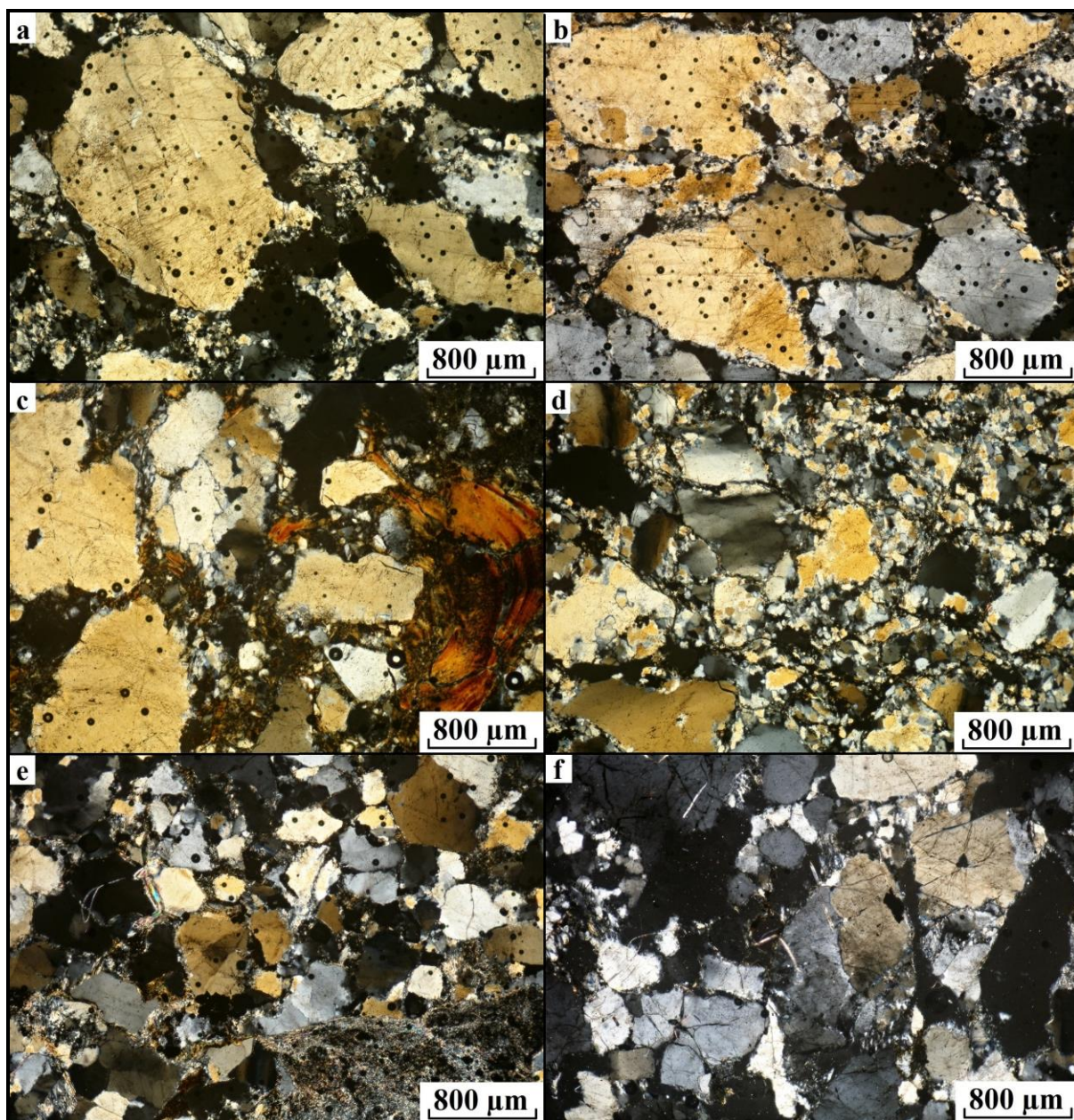
Klasty K-živce jsou poloostrohranné a/nebo zaoblené. Velikost živcových klastů se pohybuje v rozmezí 80 až 1480  $\mu\text{m}$ . Většina klastů K-živce je zcela pseudomorfovaná sericitem, v některých klastech jsou patrné drobné reliktů původního nepřeměněného minerálu. V některých z těchto reliktů je patrné mikroklinové mřížkování. Dvojčatné srůsty

a/nebo pertity nejsou v nepřeměněných reliktech zrn patrné. V některých klástech jsou obsaženy drobné inkluze zirkonu a/nebo apatitu.

Muskovit tvoří ve výbrusech drobné šupiny či krátké tenké lišty s roztřepenými konci. Velikost klastů muskovitu je 80 až 120  $\mu\text{m}$ .

Úlomky kyselých metamorfovaných hornin se vyskytují pouze ve vz. 1. Klásty jsou poloostrohranné, velké 80-680  $\mu\text{m}$ . Horninové úlomky mají granoblastickou mozaikovou strukturu. Ve složení převládá křemen nad K-živcem. V akcesorickém množství je zastoupen muskovit, karbonát, zirkon a opakní zrna. Křemen má izometrický tvar, někdy se zubovitými výběžky. Většina křemenných zrn zhasí undulózně a poměrně často je patrná i granulace zrn. V křemeni jsou vzácně uzavírány drobné okrouhlé inkluze karbonátu a/nebo jemné šupinky muskovitu. V některých zrnech jsou uzavírány též fluidní inkluze. Zrna K-živce mají izometrický tvar, jsou zpravidla menší než zrna křemene. Na okrajích jsou zrna K-živce postižena sericitizací, některá zrna jsou zcela pseudomorfována. V několika málo zrnech jsou obsaženy drobné pertity tenké tabulkovitěho tvaru. Mikroklinové mřížkování či dvojčatné srůsty nejsou v těchto zrnech patrné. V některých zrnech živců jsou obsaženy drobné inkluze apatitu. Opakní zrna izometrického tvaru jsou velice drobná a vyskytují se pouze v některých klástech.

Pojivo obou pískovců je tvořeno jemnozrnnou směsí křemene aleuriticko-pelitické frakce, sericitu a opakních zrn. Opakní zrna v pojivu mají izometrický tvar, jsou velmi drobná a kolem některých jsou patrné tmavě hnědé smouhy limonitu. Limonit tvoří v pojivu místy i dotkový až obalový tmel či tenké povlaky na některých zrnech. Póry jsou velké 80 až 200  $\mu\text{m}$ . Menší póry v pojivu jsou zpravidla okrouhlé, mají tvar protažený nebo nepravidelný. Na stěnách některých porů jsou patrné tenké povlaky limonitového tmelu.



Obr. 16 Mikrofotografie výbrusů v procházejícím světle (XPL) a-struktura hrubozrnného pískovce z lokality Troubelice (vz. 1); b-struktura hrubozrnného pískovce z Medlova (vz. 10); c-struktura hrubozrnného pískovce z Medlova (vz. 11) s výraznými klasty biotitu; d-struktura jemnozrnější partie křemenného slepence z Kartouzky (vz. 20); e-struktura hrubozrnného pískovce z lokality Gizita (vz. 25); f-struktura slepence z lokality Gizita (vz. 26)

Hrubozrnný arkózový pískovec (vz. 11) (viz obr. 16c) má psamitickou strukturu s hojným obsahem psefitické příměsi a aleuriticko-pelitickým pojivem. Klastická složka se skládá převážně z křemene (48,0 obj. %) a horninových úlomků (10,4 obj.). Ve vedlejších množstvích je ve vzorku obsažen biotit (3,8 obj. %) a K-živce (1,6 obj. %). V akcesorickém

množství jsou přítomny granát a opakní zrna (po 0,2 obj. %), turmalín, apatit a zirkon. Pojivo tvoří 13,0 obj. % vzorku. Póry ve vzorku zaujímají 12,4 obj. %.

Klasy křemene jsou převážně poloostrohranné, méně často zaoblené, menší klasy jsou zaoblené lépe. Velikost klastů se pohybuje od 30 do 840  $\mu\text{m}$ . Monokrystalický křemen převažuje nad křemenem polykrystalickým. Křemenné klasy zhášejí prakticky všechny undulózně; granulace je patrná jen velmi zřídka, zpravidla na menších klastech. Fluidní inkluze jsou patrné takřka ve všech klastech, vzácně jsou v některých klastech patrné též drobné okrouhlé inkluze karbonátu. Některá zrna jsou protínána tenkými karbonátovými žilkami.

K-živce je ve vz. 11 zastoupen poloostrohrannými klasy. Velikost živcových klastů nepřevyšuje 320  $\mu\text{m}$ . Prakticky všechny klasy jsou pseudomorfovány sericitem. V některých klastech jsou patrné ještě nepřeměněné reliktů K-živce uzavírající v sobě vzácné drobné inkluze apatitu. Dvojčatění ani pertity nejsou v nepřeměněných reliktech patrné.

Poměrně hojným minerálem je biotit (viz obr. 16c), který se vyskytuje v podobě nepravidelných šupin s olámanými okraji a silnějších plasticky zohýbaných lišt s třepícími se konci. Velikost jednotlivých individuí se pohybuje od 40 do 320  $\mu\text{m}$ . Biotit je postižen baueritizací, v důsledku které má velmi světle hnědou až hnědožlutou barvu. Minerální inkluze v biotitu nejsou patrné.

Klasy granátu jsou dobře zaoblené a mají okrouhlý či vejčitý tvar. Ve všech klastech jsou patrné drobné inkluze, které jsou tvořeny ponejvíce křemenem, méně pak apatitem a opakními minerály. Některé klasy jsou slabě chloritizovány.

Horninové klasy jsou zastoupeny jílovou břidlicí a kvarcitem. Jílová břidlice je zastoupena pouze jediným, poloostrohranným, jednostranně protaženým klastem. Délka klastu je 1540  $\mu\text{m}$ . Struktura břidlice je pelitická s planárním uspořádáním částic. Břidlici tvoří křemen a jílové minerály. Klasy kvarcitů jsou převážně poloostrohranné. Struktura kvarcitů je granoblastická až granoblasticky zubovitá. Skládají se převážně z křemene s příměsí muskovitu a opakních zrn. Zrna křemene zhášejí undulózně a často jsou i granulovaná. U některých zrn jsou patrné fluidní inkluze. Muskovit je zastoupen pouze sporadicky, a to drobnými šupinkami a/nebo o něco většími tenkými zohýbanými lištami. Opakní zrna jsou málo hojná a patrná jen v několika klastech, mají izometrický tvar.

Pojivo vzorku je tvořeno jemnozrnným křemenem aleuriticko-pelitické frakce. Mimo křemene se v pojivu vyskytují drobná izometrická opakní zrna, kolem některých z nich jsou patrné limonitové smouhy. Limonit v některých partiích tvoří obalový až pórový tmel, který



potahuje klasty i zrníčka pojiva a/nebo vyplňuje prostor mezi nimi. V některých partiích pojiva se vyskytuje sericit. Póry v pojivu jsou nepravidelného, méně protaženého nebo okrouhlého tvaru. Velikost pórů je až 800  $\mu\text{m}$ . Některé velmi malé póry jsou vyplněny limonitem, velké póry jsou bez sekundární výplně.

**Tab. 2 Modální složení (v obj. %) studovaných výbrusů z pískovců až slepenců z potenciálních zdrojových lokalit**

	<b>vz. 1</b>	<b>vz. 10</b>	<b>vz. 11</b>	<b>vz. 25</b>	<b>vz. 26</b>
Křemen	73,4	78,5	48,0	52,4	71,2
K-živce	4,5	0,5	1,6	6,3	6,3
Plagioklas	0,0	0,0	0,0	1,8	0,0
Živce ( $\Sigma$ )	4,5	0,5	1,6	8,0	6,3
Muskovit	0,5	0,3	0,0	0,0	0,2
Biotit	0,0	0,0	3,8	0,0	0,0
Granát	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0
Opakní zrna	2,0	0,8	0,2	0,5	0,2
Jíl. břidlice	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0
Jílovec	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Kvarcit	6,2	0,0	10,2	16,0	1,5
Granitoidy	0,0	0,0	0,0	0,0	7,8
Lit. klasty ( $\Sigma$ )	6,2	0,0	10,4	16,0	9,3
Klasty ( $\Sigma$ )	86,6	80,1	74,6	76,9	87,1
Pojivo	4,2	6,9	13,0	2,4	2,5
Póry	9,2	13,0	12,4	20,7	10,4

### **Moravskoberounský hrubozrnný arkózový pískovec, hrubozrnný pískovec až slepenec (vz. 25, 26)**

Struktura hrubozrnných pískovců z lokality Gizita u Moravského Berouna je psamitická s obsahem aleuriticko-pelitického pojiva a hojnými vtroušenými klasty psefitické frakce (viz obr. 16e, f). Horniny jsou tvořené (viz tab. 1) převážně křemennými klasty (52,4-71,2 obj. %), méně pak úlomky hornin (12,6-16,0 obj. %) a klasty K-živce (6,3 obj. %). Sporadicky se v klastické složce objevuje plagioklas (1,8 obj. %) a muskovit (0,2 obj. %). V akcesorickém množství se vyskytují apatit, zirkon, granát a kalcit. Pojivo je obsaženo

v množství do 2,5 obj. %. Póry v hornině zaujímají 10,4-20,7 obj. %. Absence psefitických klastů popsaných v kapitole 7.1 je dána záměrným vedením řezu mimo tyto klasty.

Klasty křemene jsou převážně poloostrohranné, některé menší klasty jsou zaoblené. Velikost křemenných klastů se pohybuje od 40 do 720 (vz. 25) až 1122  $\mu\text{m}$  (vz. 26). Ve vz. 25 převažuje výrazně polykrystalický křemen nad monokrystalickým, ve vz. 26 naopak monokrystalický křemen. Prakticky u všech klastů je pozorovatelné undulózní zhášení, granulace se vyskytuje jen zřídka, převážně u polykrystalických zrn. Fluidní inkluze všech tří genetických typů jsou patrné téměř ve všech klástech. Zajímavé jsou drobné, okrouhlé inkluze karbonátu uzavírané v některých zrnech. V některých polykrystalických křemenech jsou uzavírány drobné lišty muskovitu.

K-živce je zastoupen převážně poloostrohrannými klasty o velikosti 150 až 480  $\mu\text{m}$ . Všechny klasty jsou velmi silně postiženy sericitizací, některá zrna jsou zcela pseudomorfována sericitem a jsou jen těžko odlišitelná od pojiva, jen vzácně jsou v některých klástech patrné reliktů nepřeměněného zrna. V některých z těchto klastů jsou patrné drobné inkluze zirkonu, méně pak apatitu; dvojčatné srůsty však patrné nejsou.

Plagioklas je obsažen podstatně více ve vz. 25. Klasty mají velikost od 40 do 600  $\mu\text{m}$ . Klasty plagioklasu jsou ostrohranné či poloostrohranné. U všech je patrné polysyntetické lamelování. Některá zrna uzavírají nepřilíš hojně drobné inkluze zirkonu. Jeden větší klast ve vz. 26 je protínán třemi velmi jemnými vyklíňujícími žilkami křemene, které jsou paralelní s laminací. Několik klastů je téměř zcela pseudomorfováno sericitem, několik zrn je sericitizováno jen nepatrně na okrajích.

Muskovit je ve vzorcích sporadicky obsažen v klastické složce, hojně se však vyskytuje ve formě sericitu v pojivu a pseudomorfózách po K-živci. Klasty muskovitu mají převážně tvar tenkých zohýbaných lišt, méně často nepravidelných šupinek. Velikost klastů zpravidla nepřesahuje 160  $\mu\text{m}$ .

Ve výbruse vz. 26 se vyskytuje jeden klast tvořený granátem (několik dalších zrn granátu je pak obsaženo v litických úlomcích téhož vzorku). Klast je dobře zaoblený a má vejčitý tvar. Velikost granátu je 80  $\mu\text{m}$ . Tento granát je bez přeměn. V granátu jsou obsaženy drobné inkluze křemene a opakních minerálů.

Ve výbruse vz. 25 se nachází jeden klast zirkonu. Tento klast je zaoblený, víceméně okrouhlého tvaru. Velikost zirkonového klastu je cca 40  $\mu\text{m}$ . Zirkon není zonální a neobsahuje inkluze.

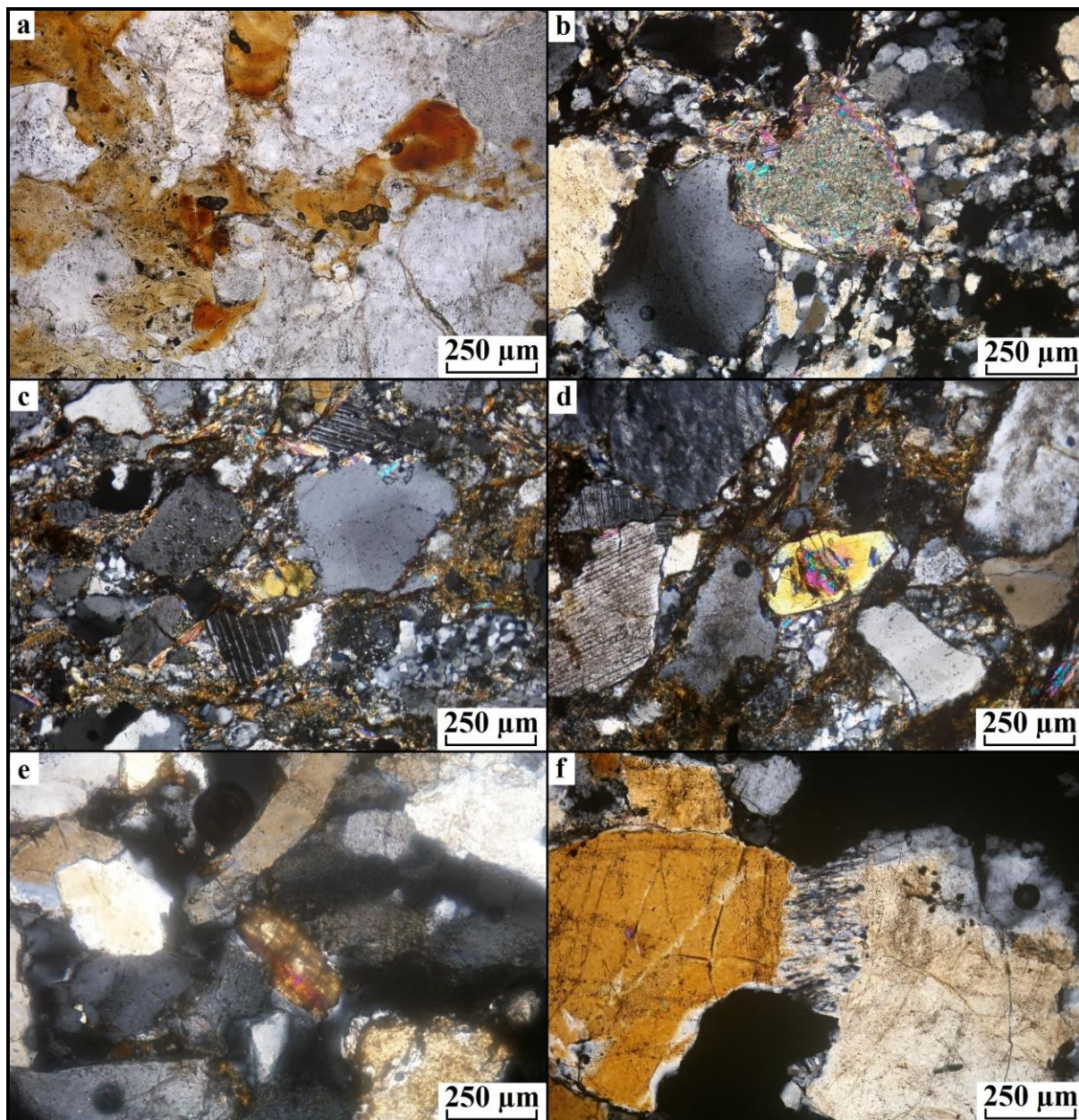
Horninové úlomky jsou hojněji zastoupeny ve vz. 26, kde jsou větší (až 2,4 mm) a zastoupeny (meta)granitoidy a kvarcitem, zatím co ve vz. 25 jsou zastoupeny pouze kvarcitem.

Klasy (meta)mikrogranitoidů jsou poloostrohranné, převážně izometrického a/nebo mírně protaženého tvaru. Struktura těchto hornin je mikrogranitická v některých klasech přecházející až do granoblastické mozaikové struktury. Klasy jsou tvořeny převážně křemenem, který undulózně zháší a hojně je granulovaný. V křemenných zrnech jsou velmi hojně drobné fluidní inkluze. V mnohých zrnech jsou uzavřené drobné okrouhlé inkluze karbonátu. V některých klasech jsou obsažena drobná zrnka K-živce, která jsou většinou zakalena argilitizací, některá jsou po okrajích zatlačována sericitem. V některých zrnech K-živce jsou uzavírány drobné inkluze zirkonu. Muskovit je v některých klasech přítomný ve formě krátkých tenkých lišt, které jsou plasticky zohýbané. V některých klasech jsou patrná drobná okrouhlá zrna granátu, ve kterých jsou patrné inkluze křemene. Tyto granáty jsou velmi silně postiženy chloritizací.

Klasy kvarcitu jsou v obou vzorcích převážně poloostrohranné, nepravidelného nebo mírně elipsovitého tvaru. Tvořeny jsou prakticky jen polykrystalickým křemenem a sporadicky muskovitem. Struktura kvarcitu je granoblastická někdy až granoblasticky zubovitá. Křemen zháší undulózně, některá zrna jsou granulovaná. V některých klasech křemene jsou přítomny fluidní inkluze. Muskovit má tvar tenkých zprohýbaných lišt s roztřepenými konci.

Pojivo je tvořeno směsí křemene, sericitu a opakních zrn aleuriticko-pelitické frakce. Některé partie pojiva jsou hnědě zbarveny limonitem, který rovněž tvoří tenké povlaky na některých zrnech a difuzní šmouhy kolem některých opakních zrn.

Póry mezi zrny a v pojivu jsou velké 300  $\mu\text{m}$  až 2,5 mm, mají nepravidelný tvar a jsou bez sekundární výplně.



Obr. 17 Mikrofotografie výbrusů v procházejícím světle (a-PPL, ostatní XPL) a-drobné oválené klasty zirkonu pod šupinami muskovitu (vz. 11); b-klast K-živce pseudomorfovaný sericitem (vz. 20); c-hnědozelený klast turmalínu v drobě (vz. 21); d-klast zonálního zirkonu v drobě (vz. 21); e-klast zirkonu v křemenném pískovci (vz. 22); f-relikt vláknité křemenné žíly v křemenném klastu (vz. 26)

### 7.3 Charakteristika asociací průsvitných těžkých minerálů

Těžké minerály (TM) byly studovány kromě výše popisovaných vzorků ještě ve vzorcích droby (vz. 7\*) pískovců (vz. 2\*, 4\*) popsanych v mé bakalářské práci (Zácha, 2013) a ve vzorku pískovce z Maletína (vz. 27).

V magnetickém podílu těžké frakce se vyskytovala zrna neprůsvitných TM pouze ve vzorcích droby, a to ve vz. 23 jedno zrno magnetitu oktaedrického tvaru a dvě zrna přibližně krychlového tvaru, dále pak krychlová zrna ve vz. 21. Všechna zrna jsou oválená a mají hodně sražené krystalové hrany. V magnetickém podílu ostatních vzorků se vyskytovaly pouze zkorodované ocelové šupiny, které se do vzorků dostaly během dezintegrace horniny.

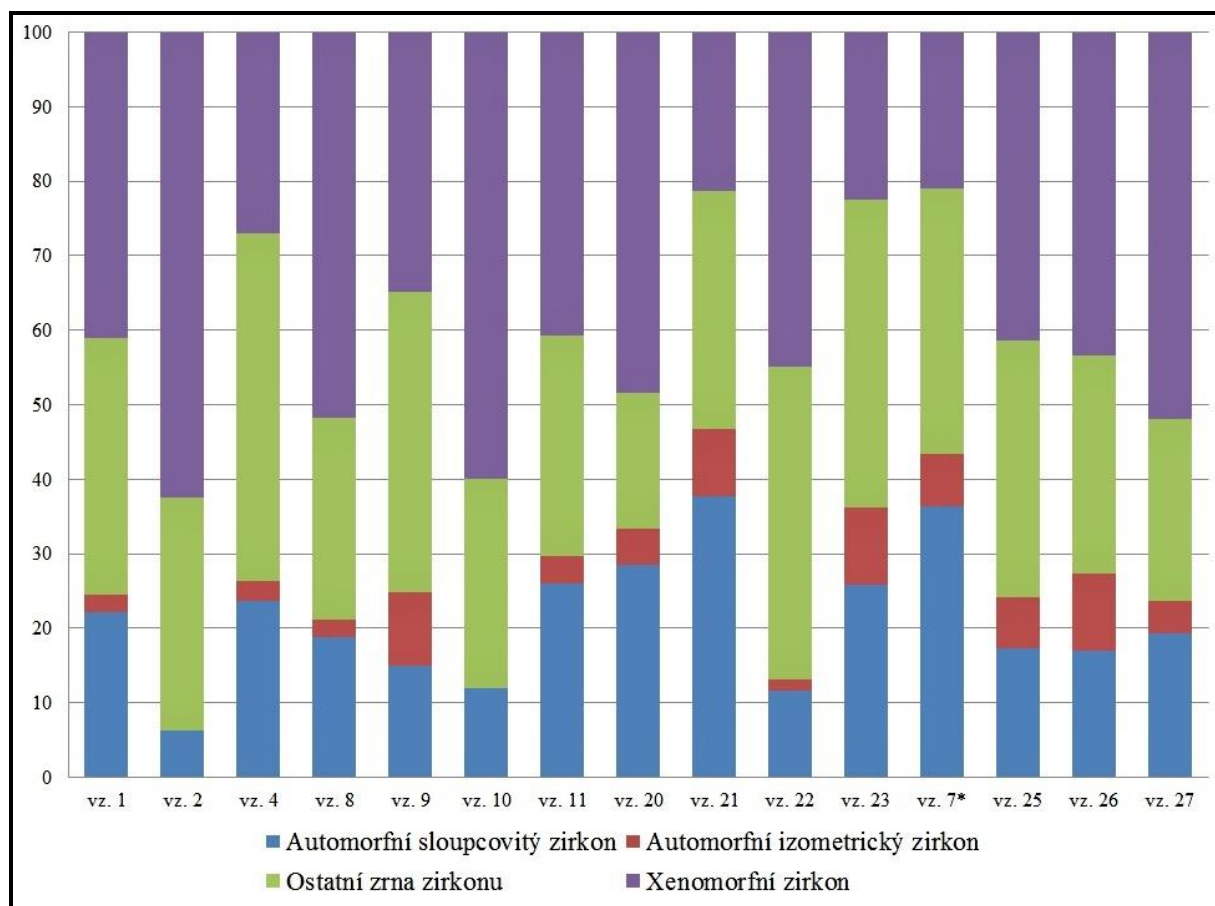
Ve studovaných 15 šlichách jsem určil celkem 6490 zrn, z toho bylo pouze 3575 průsvitných zrn, která jsem určil jako zirkon, apatit, granát, turmalín, epidot, rutil, biotit se sagenitem, chlorit a titanit. V APTM pískovců (viz tab. 3 a 4), a to jak z Kartouzky tak i z dalších (potenciálně zdrojových) lokalit značně převažuje zirkon (44,8-96,8 %). Dále je APTM všech pískovců zastoupen apatit (0,4-19,5 %), turmalín (do 23,4 %), rutil (do 13,0 %) a granát (do 10,0 %). Z dalších minerálů se v APTM některých vzorků vyskytuje ještě biotit s jehlicemi sagenitu (2,4-9,1 %) a ve vz. 11 titanit (2,5 %).

V APTM drob (viz tab. 3) převažuje zirkon (35,7-52,8 %) a apatit (33,8-55,0 %). Méně je zastoupen granát (0,9-11,6 %), epidot (do 5,0 %) a turmalín (do 1,6 %). Z ostatních minerálů se v některých vzorcích vyskytují biotit s jehlicemi sagenitu (do 0,5 %), rutil (do 0,5 %) a chlorit (do 0,2 %).

#### Zirkon

Zrna zirkonu jsem podle morfologie rozdělil do čtyř kategorií (viz obr. 18). Do kategorie automorfni jsem zařadil zrna omezená vlastními krystalovými plochami, podle tvaru jsem automorfne omezené zirkony dále rozdělil na sloupcovité (protažené podle osy z) (viz obr. 19a, d) a izometrické (bez přednostního protažení zrna). U automorfniho zirkonu převažuje ve všech vzorcích sloupcovitý habitus (viz obr. 18). Do kategorie xenomorfni jsem zařadil ta zrna zirkonu, na kterých není patrné žádné omezení vlastními krystalovými plochami. Tato zrna jsou izometrická, mají vysoký stupeň zaoblení. V této kategorii mají zrna ponejvíce kulovitý či vejčitý tvar, méně mají tvar nepravidelný. Xenomorfni zirkon je s výjimkou vzorků drob nejhojněji zastoupenou kategorií. Poslední kategorií jsou zrna neurčitého tvaru. Do této kategorie jsem zařadil slabě oválená zrna výrazně sloupcovitého tvaru, u nichž nelze stanovit, zda k zaoblení došlo při dezintegraci horniny či již byla zaoblena

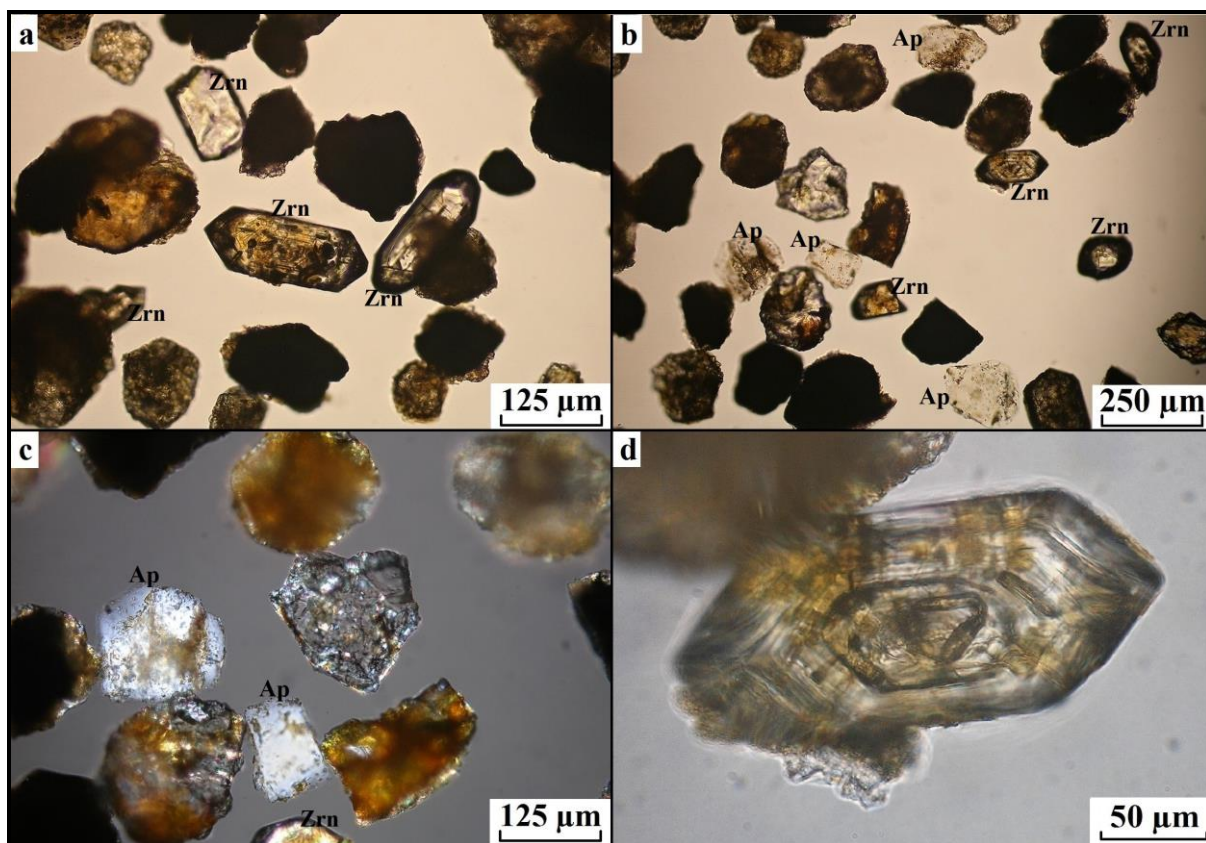
při sedimentaci; a podrcená ostrohranná zrna bez vlastních krystalových ploch. U mnoha zrn, zejména pak těch, co mají automorfní omezení a sloupcovitý tvar, je velmi dobře patrná zonálnost (viz obr. 19d). U mnoha zrn jsou taktéž dobře patrné inkluze, často tvaru negativního krystalu (viz obr. 19d), tvořené většinou sklem. Barva zirkonů v procházejícím světle je bílá, šedá a/nebo se kvůli slabým povlakům limonitu jeví jako žlutohnědá (viz obr. 19d).



Obr. 18 Zastoupení různých morfologických forem zirkonu v APTM jednotlivých vzorků

## Apatit

Zejména v APTM drob (viz tab. 3, 4) je hojně zastoupen apatit. Zrna jsou izometrická, poloostrohranná až zaoblená. Tvar zrn je okrouhlý či izometrický (viz obr. 19c). Na mnoha zrnech je na povrchu patrná koroze (ta je více patrná na zrnech pocházejících z pískovců), nepřilíš často jsou zrna rozlámána. V některých zrnech jsou patrné velmi drobné inkluze, projevující se jako zakalení zrna. Barva zrn je v procházejícím světle zpravidla bílá, šedobílá vzácně narůžovělá.



Obr. 19 Zrna průsvitných TM v procházejícím světle (PPL) a – automorfni sloupcovité zirkony (Zrn) v APTM vzorku 23; b – zrna apatitu (Ap) a zirkonu v APTM ve vzorku 21; c – detail zrn apatitu ve vzorku 21; d – detail zonálního zrna automorfniho sloupcovitého zirkonu ve vzorku 21

## Turmalín

S výjimkou vz. 11 je turmalín zastoupen v APTM všech vzorků (viz tab. 3, 4). Zrnka turmalínu jsou izometrická, poloostrohranná či nedokonale zaoblená. Tvar zrn je zpravidla nepravidelný, kulovitý, mírně vejčité a/nebo protaženě elipsovité. Zrna turmalínu jsou v procházejícím světle bezbarvá, žlutozelená, žlutohnědá až světle hnědá. Zrna zpravidla vykazují pleochroismus v odstínech žluté, světle zelené až zelenohnědé barvy. Na mnohých zrnech jsou patrné tenké hnědé povlaky limonitu.

## Rutil

Výskyt rutilu je vázán pouze na některé vzorky, zejména pak na vzorky křídových pískovců (viz tab. 3). Zrna rutilu jsou vesměs drobná, jednostranně protažená či izometrická. Zrna jsou angulární a mají nejčastěji vejčité či protaženě elipsovité tvar. Vzácně se vyskytují i subangulární, poloostrohranná zrnka nepravidelného tvaru (jedná se zřejmě o zrna rozbitá

během dezintegrace vzorku). Barva rutilu je sytě červenohnědá častěji však sytě hnědá. Rutil se v některých vzorcích vyskytuje rovněž ve formě sagenitu uzavřeného v šupinách biotitu.

### **Granát**

Zrna granátu se v malém množství vyskytují, až na vzorky 4\* a 10, v APTM všech studovaných vzorků. Zrna granátu jsou xenomorfně, či ještě víceméně hypautomorfně omezena. Zrna jsou izometrická, angulární a dobře zaoblená. Tvar zrn je víceméně kulovitý či vejčitý, vyskytují se však i korodovaná zrna nepravidelných tvarů. U granátů separovaných ze vzorků pískovců a slepenců nejsou patrné přeměny. U některých zrn ze vzorků droby je patrná chloritizace, která je u některých zrn již značně pokročilá. Takřka ve všech zrnech jsou patrné různě velké inkluze křemene a opakních částic. Barva granátů v procházejícím světle je světle růžová či hnědočervená.

### **Epidot**

Epidot se v APTM vyskytuje pouze u vzorků drob (vz. 7\* a 21) (viz tab. 4). Zrna epidotu jsou poloostrohranná, nedokonale zaoblená a na povrchu většiny zrn je patrná koroze. Reliéf epidotu je znatelně vystupující oproti turmalínu, avšak stále výrazně propadající vůči zirkonu. Barva epidotu je sytě žlutá až oranžová, méně žlutozelená. Zrna epidotu jeví slabý pleochroismus v odstínech světle žluté až žlutozelené barvy.

### **Biotit**

U několika vzorků (viz tab. 3, 4) je v APTM obsažen biotit. Omezení biotitu je typicky hypautomorfní. Zrna mají tvar nepravidelných šupin s olámanými okraji. Mimo hojný sagenit jsou v některých šupinách biotitu patrné ještě inkluze apatitu a zirkonu. Mnohá zrna biotitu jsou postižena chloritizací, některá jsou chloritem téměř pseudomorfována. Některá zrna jsou postižena též baueritizací. Barva biotitu v procházejícím světle se pohybuje od červenohnědé přes světle hnědou až po sytě hnědou či hnědozelenou (u chloritizovaných zrn). U některých zrn je patrný slabý pleochroismus žluté či žlutohnědé barvy.



## Chlorit

Chlorit se vyskytuje pouze ve vzorku droby (vz. 21) (viz tab. 4). Jedná se o jeden drobný poloostrohranný úlomek tvaru šupiny se zubatými okraji. Barva v procházejícím světle je světle zelená. Chlorit vykazuje pleochroismus projevující se v odstínech světle žluté, přes přes žlutozelenou po hnědo-žlutou barvu.

## Titanit

Titanit je zastoupen jediným zrnem v APTM vzorku pískovce (vz. 11) (viz tab. 3). Zrno titanitu je hypautomorfně omezené, subangulární, izometrického tvaru. Zrno je slabě nažloutlé, téměř bezbarvé, ve středu mírně hnědě zakalené. Dvojlom je vysoký (interferenční barva je bílá vyššího řádu). Reliéf titanitu je vystupující i oproti zirkonu Pleochroismus se projevuje ve velmi světle žlutých odstínech.

**Tab. 3 Složení APTM vzorků z (potenciálních) zdrojových lokalit (procentuální zastoupení zrn průsvitných TM je počítáno ze základu počtu zrn průsvitných TM); počet zrn průsvitných TM a počet opakních zrn je vyjádřen reálným počtem určených zrn**

<b>Vzorek</b>	<b>č. 1</b>	<b>č. 8</b>	<b>č. 9</b>	<b>č. 10</b>	<b>č. 11</b>	<b>č. 25</b>	<b>č. 26</b>	<b>č. 11*</b>
Automorfní sloupcovitý zirkon	18,2	18,2	13,6	13,9	27,5	12,5	15,1	15,0
Automorfní izometrický zirkon	1,8	2,4	9,1	0,0	2,5	5,0	9,2	2,9
Ostatní zrna zirkonu	34,4	31,3	26,9	14,9	20,0	12,5	17,6	14,5
Xenomorfní zirkon	33,6	50,2	31,7	44,6	27,5	30,0	38,7	40,5
Zirkon ( $\Sigma$ )	81,8	96,8	90,9	79,2	77,5	72,5	89,1	77,5
Apatit	16,4	0,4	0,4	13,9	15,0	7,5	1,7	5,2
Granát	0,9	0,4	0,2	0,0	2,5	10,0	4,2	3,5
Turmalín	0,9	2,4	4,1	6,9	0,0	10,0	5,0	4,0
Epidot	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Titanit	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0
Biotit (se sagenitem)	0,0	0,0	2,8	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0
Chlorit	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Rutil	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	9,8
Počet zrn průsvitných TM	110	253	508	101	40	40	119	173
Počet opakních zrn	52	258	349	77	161	128	112	123

**Tab. 4 Složení APTM vzorků z Kartouzky – vzorky z architektonických článků a droby z výchozu (procentuální zastoupení zrn průsvitných TM je počítáno ze základu počtu zrn průsvitných TM); počet zrn průsvitných TM a počet opakních zrn je vyjádřen reálným počtem určených zrn**

<b>Vzorek</b>	<b>č. 2*</b>	<b>č. 4*</b>	<b>č. 7*</b>	<b>č. 20</b>	<b>č. 21</b>	<b>č. 22</b>	<b>č. 23</b>
Automorfní sloupcovitý zirkon	0,0	18,7	13,0	24,2	19,9	5,2	12,9
Automorfní izometrický zirkon	13,4	2,1	2,5	4,1	4,7	0,6	5,2
Ostatní zrna zirkonu	31,3	46,7	35,7	18,3	32,1	42,0	41,4
Xenomorfní zirkon	26,8	21,2	7,5	41,2	11,2	20,1	11,2
Zirkon ( $\Sigma$ )	58,5	78,8	35,7	85,2	52,8	44,8	49,8
Apatit	19,5	4,7	55,0	2,1	33,8	8,4	48,9
Granát	2,4	0,0	1,8	0,6	11,6	1,3	0,9
Turmalín	17,1	16,6	1,6	11,1	0,5	23,4	0,4
Epidot	0,0	0,0	5,0	0,0	1,0	0,0	0,0
Titanit	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Biotit (se sagenitem)	2,4	0,0	0,5	0,0	0,2	9,1	0,0
Chlorit	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0
Rutil	0,0	0,0	0,5	1,1	0,0	13,0	0,0
Počet zrn průsvitných TM	82	193	440	523	597	154	233
Počet opakních zrn	139	149	452	299	337	186	303

## 7.4 Gamaspéktrometrická charakteristika

Změřené obsahy přirozených radioaktivních prvků (K, eTh a eU) ve studovaných vzorcích jsou shrnuty v tab. 5.

### Draslík

Nejvyšší hodnoty (1,9 až 2,7 % K; viz tab. 5) byly stanoveny ve vzorcích droby (vz. 7\*, 21 a 23) a vzorku maletínského pískovce (vz. 11\*). Vzorky hrubozrnných pískovců až slepenců odebraných na Kartouzce (vz. 2\*, 4\*, a 20) a na lokalitě Moravský Beroun-Gizita (vz. 25 a 26) obsahují pouze 0,5 až 0,7 % K. Ve vzorcích pocházejících z vrabeckých klastik (vz. 1, 10 a 11) a z křemenného pískovce odebraného na Kartouzce (vz. 22) jsou obsahy K pod mezí stanovitelnosti.

## Thorium

Nejvyšší obsahy mají vzorky droby (vz. 7\*, 21 a 23), které obsahují 11,4 až 13,9 ppm eTh (viz tab. 5). V hrubozrnných pískovcích až slepencích ze všech lokalit se obsahy eTh pohybují mezi 1,6 až 2,2 ppm. Výjimkou je vz. 11 z lokality Medlov-Skalky, který obsahuje 5,6 ppm eTh. V pískovci z Troubelice (vz. 1) a v křemenných pískovcích (vz. 22 a 11\*) je obsah eTh pod mezí stanovitelnosti.

## Uran

Měřitelný obsah U (viz tab. 5) byl zjištěn pouze ve vzorcích droby (vz. 7\*, 21 a 23), které obsahují 3,5 až 3,9 ppm eU. Dále je uran obsažen v jednom vzorku hrubozrnného pískovce až slepence z Kartouzky (vz. 4\*), který obsahuje 2,4 ppm eU.

**Tab. 5** Obsahy přirozených radioaktivních prvků ve studovaných horninových vzorcích; LOD jsou označeny obsahy prvků, které jsou nižší než je mez stanovitelnosti na laboratorním gamaspektrometru

	<b>K (%)</b>	<b>eTh (ppm)</b>	<b>eU (ppm)</b>
<b>Vz. 1 (Troubelice)</b>	LOD	LOD	LOD
<b>Vz. 2* (Kartouzka)</b>	0,6 (+/-0,1)	2,2 (+/-0,2)	LOD
<b>Vz. 4* (Kartouzka)</b>	0,7 (+/-0,1)	1,9 (+/-0,6)	2,4 (+/-0,2)
<b>Vz. 7* (Kartouzka)</b>	2,1 (+/-0,1)	11,4 (+/-0,5)	3,7 (+/-0,3)
<b>Vz. 10 (Medlov)</b>	LOD	1,7 (+/-0,2)	LOD
<b>Vz. 11 (Medlov)</b>	LOD	5,6 (+/-0,7)	LOD
<b>Vz. 20 (Kartouzka)</b>	0,6 (+/-0,1)	1,7 (+/-0,2)	LOD
<b>Vz. 21 (Kartouzka)</b>	2,7 (+/-0,1)	13,9 (+/-0,6)	3,5 (+/-0,3)
<b>Vz. 22 (Kartouzka)</b>	LOD	LOD	LOD
<b>Vz. 23 (Kartouzka)</b>	1,9 (+/-0,1)	11,7 (+/-0,5)	3,9 (+/-0,2)
<b>Vz. 25 (Mor. Beroun)</b>	0,6 (+/-0,1)	2,3 (+/-0,3)	LOD
<b>Vz. 26 (Mor. Beroun)</b>	0,5 (+/-0,1)	1,6 (+/-0,2)	LOD
<b>Vz. 11* (Maletín)</b>	2,6 (+/-0,2)	LOD	LOD

## 8 Diskuse

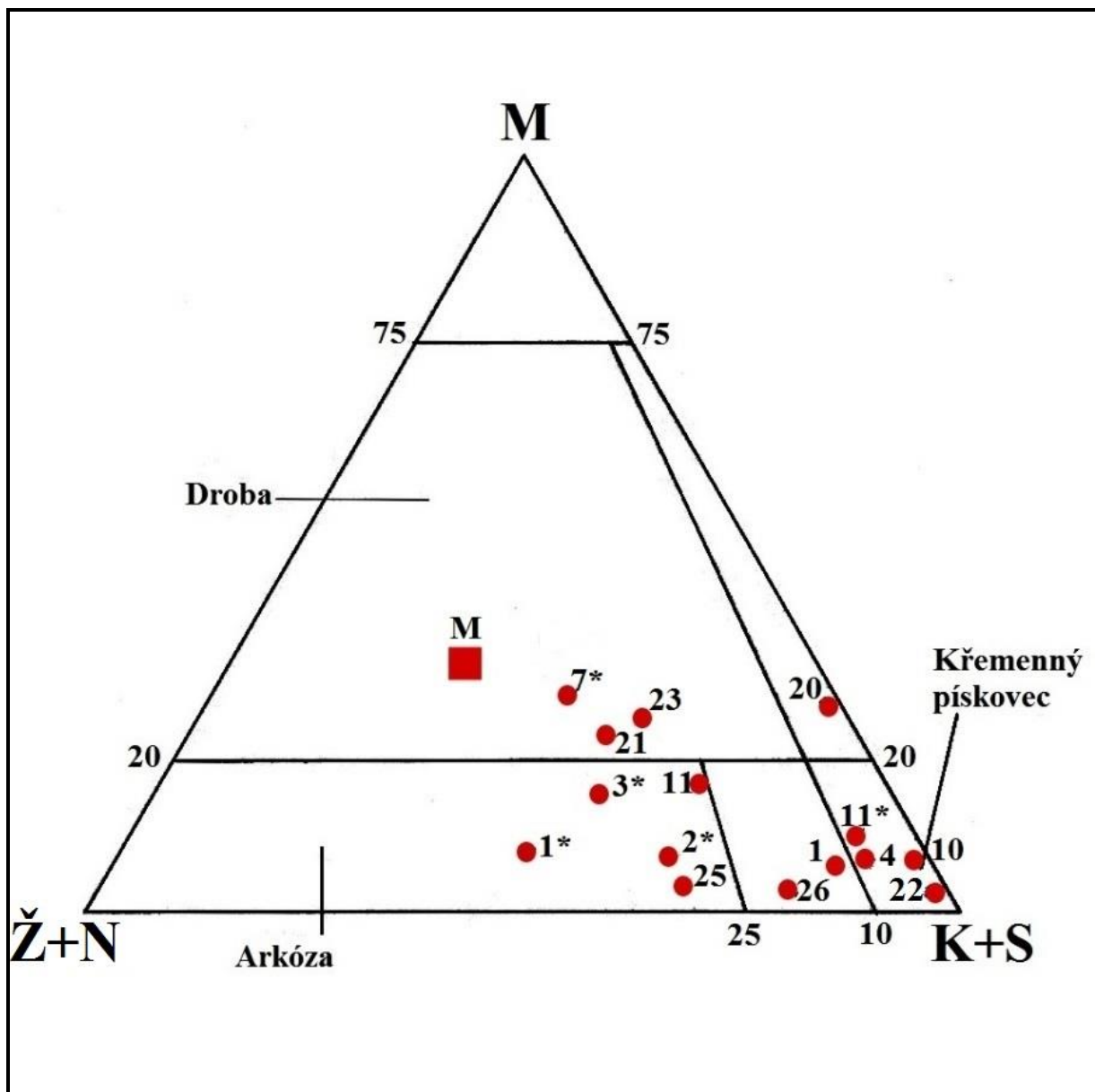
### 8.1 Petrografie vzorků

Studované horniny jsem na základě jejich modálního složení klasifikoval podle Kukala (1985) (viz obr. 20). Tato klasifikace spočívá na vynesení modálního složení hornin do ternárního diagramu s vrcholy Q + S (křemen + stabilní minerály), Ž + N (živce + nestabilní minerály) a M (matrix). Dále jsem složení vzorků droby vynesl do ternárního diagramu s vrcholy Q (křemen), F (živce) a L (horninové úlomky) a porovnal je diagramu s údaji o složení klastické složky drob moravického souvrství Bábka et al. (2004).

Modální složení kulmských drob (vz. 7\*, 21 a 23) je víceméně obdobné a liší se zejména zrnitostí a obsahem opakních zrn a akcesorických minerálů. Ve vzorcích 21 (vzorek z architektonického článku) a 23 (vzorek z výchozu) jsou poměry křemene a živců víceméně 2:1 a množství těchto minerálů v obou horninových vzorcích je takřka shodné, a to i přesto, že droba vz. 21 je výrazně hrubozrnější než droba vz. 23. Oproti tomu v modálním složení droby vz. 7\* (droba ze zdiva Kartouzky) je poměr křemene a živců vyrovnaný, a o cca 10 obj. % nižší než u vzorků 21 a 23. Oproti údajům Maštery (1997), který udává průměrné modální složení drob moravického souvrství, však mají všechny tři studované vzorky vyšší obsahy křemene (zejména vz. 21 a 23) a nepatrně nižší obsahy matrix. Ve složení horninových úlomků převažují úlomky kvarcitů, pouze v hrubozrnějším vzorku 21 se vyskytují úlomky jílové břidlice. Při srovnání s údaji Bábka et al. (2004) pro horniny moravického souvrství (viz obr. 21) je nasnadě, že všechny tři vzorky droby se svým složením nejvíce blíží složení drob z brumovických vrstev moravického souvrství.

Modální složení (viz obr. 20) vrabeckých klastik (vzorky 1, 10 a 11) odpovídá pískovci (vz. 1), křemennému pískovci (vz. 10) a arkózovému pískovci (vz. 11). S přihlédnutím k zrnitosti tedy vzorky odpovídají hrubozrnému pískovci s vtroušenými klasty psefitické frakce (vz. 1), hrubozrnému křemennému pískovci (vz. 10) a hrubozrnému arkózovému pískovci až slepenci (vz. 11). Složení a zrnitost vzorků tedy odpovídá popisu Koverdinského (1970), který je popisuje jako hrubozrné, původně vápnité, místy arkózové pískovce místy, s polohami slepenců. Vzorky 1 a 10 mají velmi vysoké obsahy dobře opracovaných křemenných klastů a nízké obsahy živců, což svědčí o velmi dobré vyzrálости sedimentu. Oproti tomu vzorek 11 má výrazně nižší obsah křemene, vyšší obsahy slíd (biotitu) a méně stabilních minerálů, rovněž méně dokonale opracované klasty a není tak dobře zrnitostně vytříděný (hojně vtroušené klasty psefitické frakce). Tato menší minerální vyzrálость

a zrnitostní vytríděnost svědčí o zrychlené sedimentaci, pravděpodobně v důsledku tektonické události, v jejímž důsledku mohlo dojít rovněž ke změně proveniencie zdrojového materiálu. Vzorky pískovce z Klopiny (vz. 8) a slepence z Úsova (vz. 9) jsou od hornin nalézajících se na Kartouzce již makroskopicky natolik odlišné, že v této práci nebyly dále podrobněji studovány.



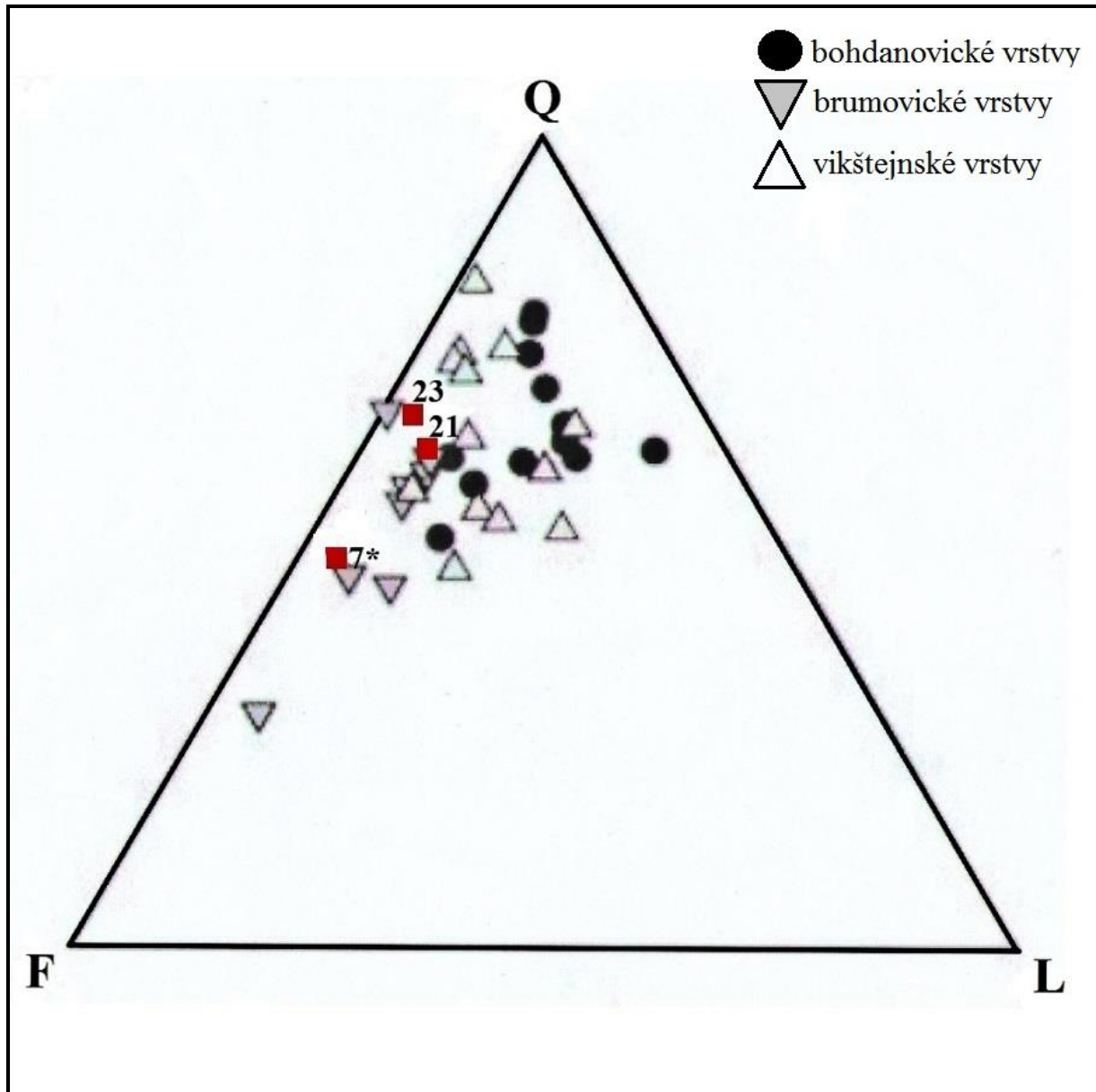
Obr. 21: Zařazení psamitů do klasifikačního diagramu podle Kukala (1985). Vzorky 1\*, 2\*, 3\*, 11 a 25 se nacházejí v poli arkóz; vzorky 1 a 26 v poli pískovců; vzorky 2, 4, 10 a 11\* v poli křemitých pískovců; vzorky 7\*, 21 a 23 v poli drob; vzorek 20 se nachází v poli drobových pískovců; červeným čtvercem a písmenem „M“ je označena pozice průměrného modálního složení droby moravického souvrství podle Maštery (1997)

Horniny z lokality Moravský Beroun-Gizita v klasifikaci (viz obr. 20) podle Kukala (1985) odpovídají arkózovému pískovci (vz. 25) a pískovci (vz. 26). S přihlédnutím k zrnitosti vzorků se tedy jedná o hrubozrnný arkózový pískovec (vz. 25) a hrubozrnný pískovec až slepenec (vz. 26). Zdálnivě nižší obsahy křemene oproti údajům Zapletala (1972) jsou způsobeny tím, že je uveden pouze počet křemenných klastů, zatímco Zapletal (1972) uvádí celkové množství křemene v hornině, tedy i v pojivu a v horninových úlomech. Vzorky moravskoberounských pískovců až slepenců mají velmi podobné modální složení jako vzorky vrabeckých klastik, zejména vzorky 1 a 10. Ve složení obou těchto hornin výrazně převažuje křemen nad velmi silně alterovanými živci a pouze sporadicky se vyskytuje muskovit. Dalšími společnými znaky jsou obdobná zrnitost, struktura a textura. Nicméně rozdíly v petrografickém složení těchto hornin tkví především ve vyšším obsahu horninových úlomků a výrazně nižším obsahu matrix u moravskoberounských pískovců. Dalším znakem odlišujícím horniny vrabeckého a moravskoberounského vývoje je tlakové rozpouštění na kontaktech křemenných klastů, které je patrné pouze u vzorků moravskoberounských klastik. Ačkoliv jsou tedy vrabecká klastika některými autory (Koverdynský, 1970; Dvořák, 1994) uváděna jako vývojový ekvivalent moravskoberounských klastik, jsou v jejich modálním složení nepatrné rozdíly poukazující na jiné sedimentační podmínky a zejména jiný zdroj klastického materiálu.

Horniny odebrané na Kartouzce svým modálním složením odpovídají arkózám (vz. 1\* a 3\*) arkózovému pískovci (vz. 2\*), drobovému pískovci (vz. 20) a křemennému pískovci (vz. 4). S ohledem na zrnitost odpovídají vzorky hrubozrnným arkózám/pískovcům až slepencům. Výjimku tvoří vzorek 20. Ten podle klasifikace Kukala (1985) spadá díky vysokému obsahu matrix do pole drobových pískovců. Avšak vzhledem k tomu, že jsou klasty i matrix tvořeny prakticky jen křemenem, je v této práci tento vzorek nazýván výstižněji křemenným slepencem. Svým modálním složením a stavbou se vzorky hrubozrnných klastik blíží spíše moravskoberounským slepencům než vrabeckým klastikám. Tato shoda je patrná zejména u vzorků 2\*, 4\* a 26, u kterých je nápadná podobnost patrná již makroskopicky.

Jemnozrnné křemenné pískovce, pravděpodobně křídového stáří odebrané na Kartouzce z obkladů zdí odpovídají v Kukalově (1989) klasifikaci křemenným pískovcům (viz obr. 20). Vzorek 22 je oproti vzorku 11\*, jehož petrografie je popsána v mé bakalářské práci (Zácha, 2013), hrubozrnnější, více zvětralý, obsahuje méně pojiva a postrádá limonitové smouhy. Struktura i modální složení tohoto pískovce jsou však velice podobné. Není tedy

vyloučeno, že se jedná rovněž o maletínský pískovec, pouze silně zvětralý a z hrubozrnnější polohy, popisuje Gába (1994). Glaukonit v tomto vzorku nebyl nalezen, což nasvědčuje sladkovodnímu vývoji (Gába, 1994) avšak není vyloučeno, že glaukonit ve vzorku je pouze zcela zvětralý a/nebo přeměněný na limonit.



Obr. 21 Diagram pro srovnání složení psamitické složky drob podle Bábka et al. (2004); Q-křemen, F-živce, L-horninové úlomky; vz. 7\*-vzorek ze zdiva Kartouzky, vz. 21-vzorek z architektonického článku, vz. 23-vzorek z výchozu u Kartouzky

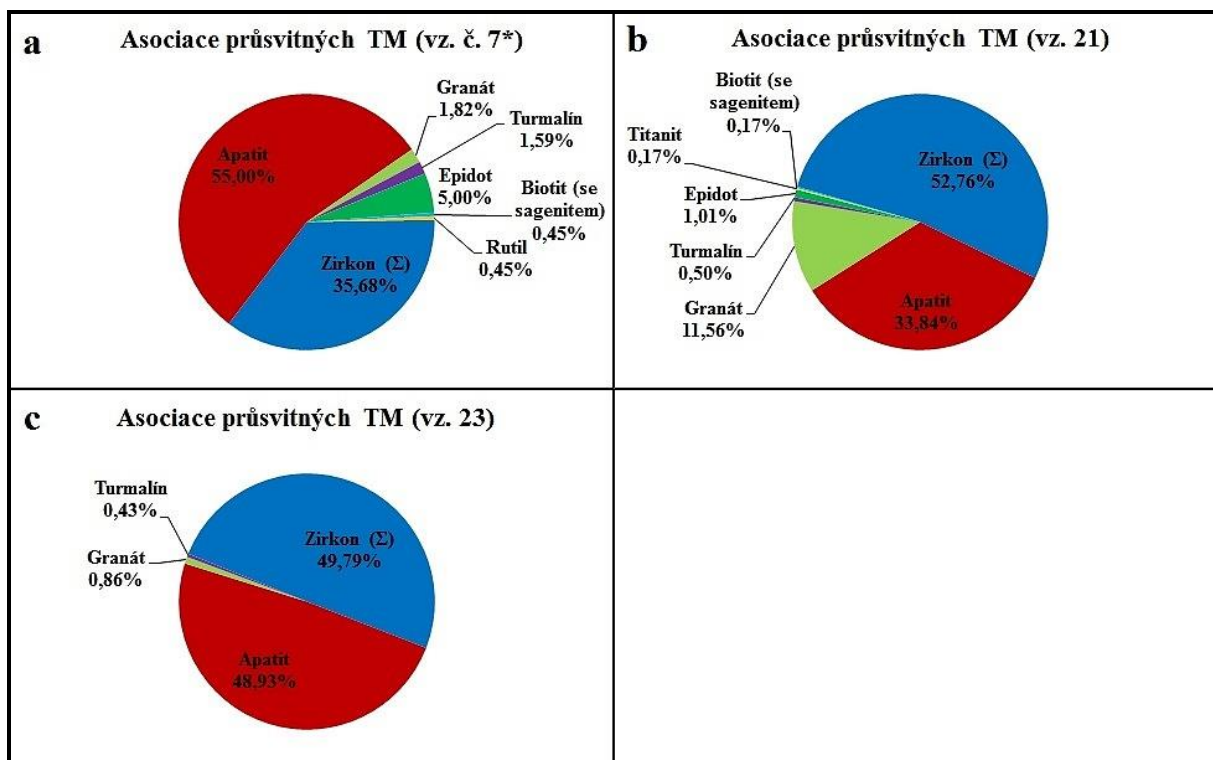
## 8.2 Asociace těžkých minerálů

V asociacích těžkých minerálů prakticky u všech vzorků převládá zirkon (viz obr. 22, 23, 24). Z dalších minerálů se vyskytuje apatit, turmalín, granát a epidot. V menší míře jsou v některých vzorcích zastoupeny i další minerály (biotit se sazenitem, rutil, chlorit a titanit). Již z jednoduché grafické vizualizace zastoupení jednotlivých TM v jednotlivých vzorcích jsou patrné rozdíly v asociacích TM v drobách (viz obr. 22), v hrubozrnných klastikách a v jemnozrnných křemenných pískovcích (viz obr. 23 a 24).

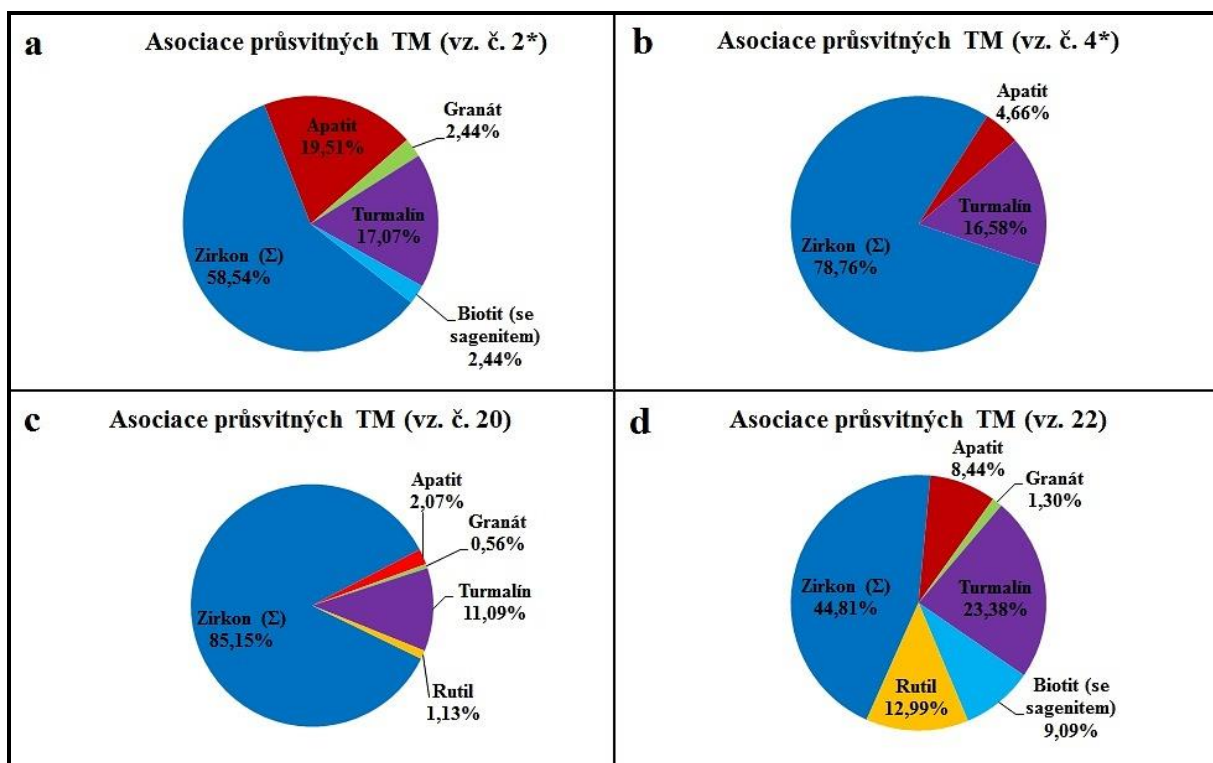
V asociacích TM jsou převažujícími minerály zirkon a apatit, jejichž obsahy jsou ve všech vzorcích víceméně vyrovnané (viz obr. 22). Zarážející je zejména obsah granátu, který bývá v drobách zpravidla vysoký. Nízký obsah granátu ve šlichách by například mohl být způsoben nevhodně zvolenou frakcí, na níž byly vzorky před rýžováním přesítovány. Vzhledem k nízkému výskytu zrn granátu ve výbrusech je však pravděpodobnější varianta, že v drobách vycházejících na povrch na Kartouzce je obsah detritického granátu skutečně anomálně nízký. Velmi kolísavé obsahy granátu (4,3-29,0 obj. %) v APTM drob použitých jako stavební kámen na olomouckých stavbách zaznamenala rovněž Čopjaková et al. (2007). Ve vz. 7\* je oproti ostatním vzorkům nepatrně vyšší obsah epidotu i dalších TM (viz obr. 22a). Tyto rozdíly mohou být způsobeny různým stupněm zvětrání zdrojového klastického materiálu, či částečným diagenetickým rozpouštěním některých minerálů (např. granátu či epidotu; Morton a Hallsworth, 1999). V neposlední řadě mohlo hrát značnou roli zejména mezi jemnozrnnějšími drobami vz. 7\* a 23 a hrubozrnnější drobou vz. 21 eventuelní hydrodynamické vytřídění materiálu během transportu a sedimentace (Morton a Hallsworth, 1999; Hartley a Otava, 2001).

Asociace TM separované z hrubozrnných klastik jsou překvapivě minerálně chudé (viz obr. 24). Počty zrn získané ze šlichů těchto hornin byly rovněž velmi nízké (viz tab. 3 a 4). Nejvyšší obsahy zirkonu mají vz. 8 a 9, která jsou odebrány z hraniční zóny pruhu vrabeckých klastik a pruhu Holubice. Vysoké obsahy zirkonu a nízké obsahy ostatních TM je možné interpretovat jako projev extrémní vyžralosti horniny resp. jako projev vyššího stupně zvětrání klastického materiálu, z něhož sediment vznikal (Morton a Hallsworth, 1999). Asociace TM vzorků moravskoberounských a vrabeckých klastik jsou velmi podobné, pouze v asociacích z moravskoberounských klastik (vz. 25 a 26) je nepatrně vyšší obsah granátu a nižší obsah apatitu. Velmi podobné jsou rovněž asociace TM hrubozrnných klastik z Kartouzky (viz obr. 23). Z trendu poněkud vybočuje vz. 2, který obsahuje výrazně méně zirkonu a více apatitu a turmalínu než ostatní vzorky.

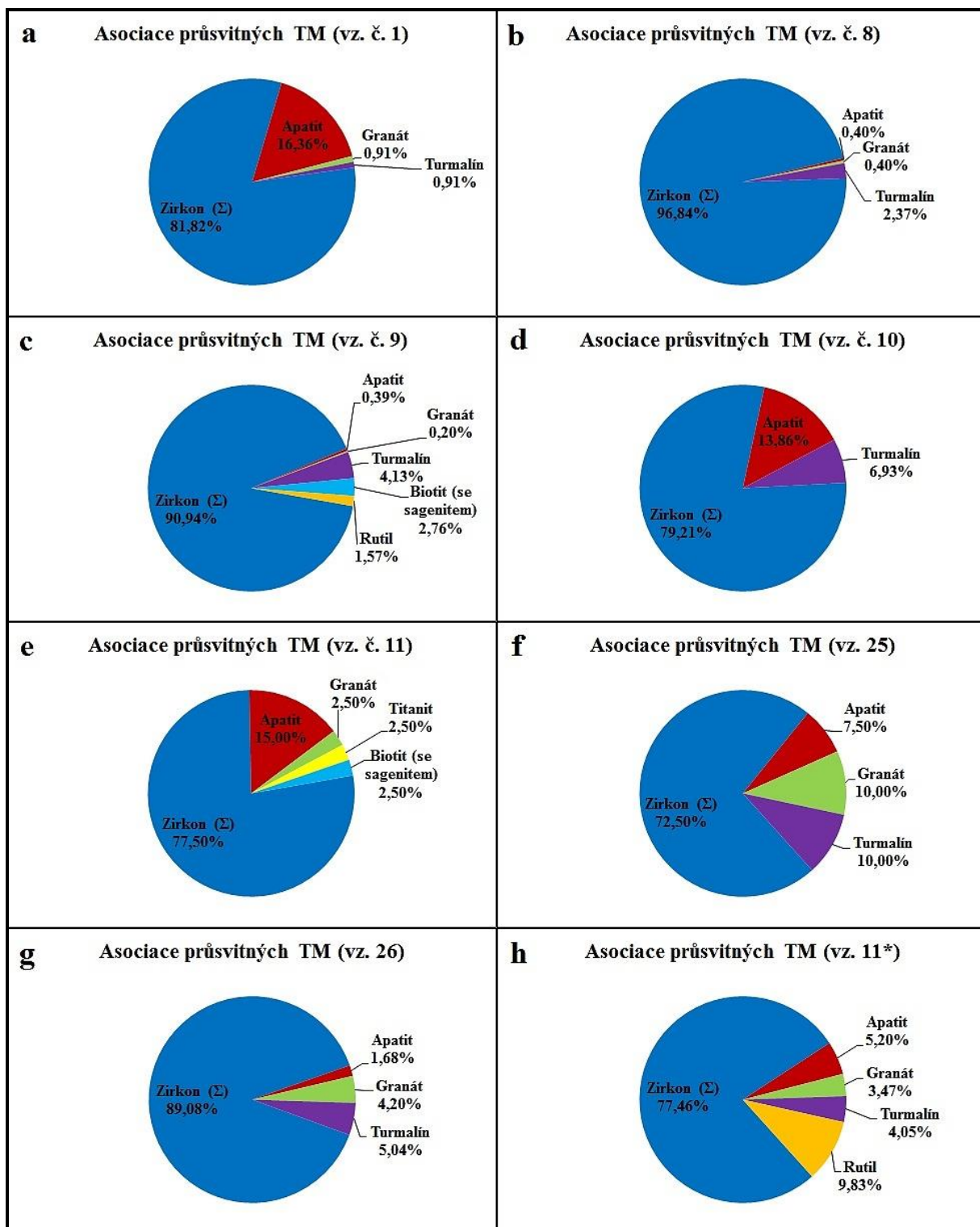




Obr. 22 Asociace průsvitných těžkých minerálů v drobách



Obr. 23 Asociace průsvitných těžkých minerálů v pískovcích z architektonických článků na Kartouze



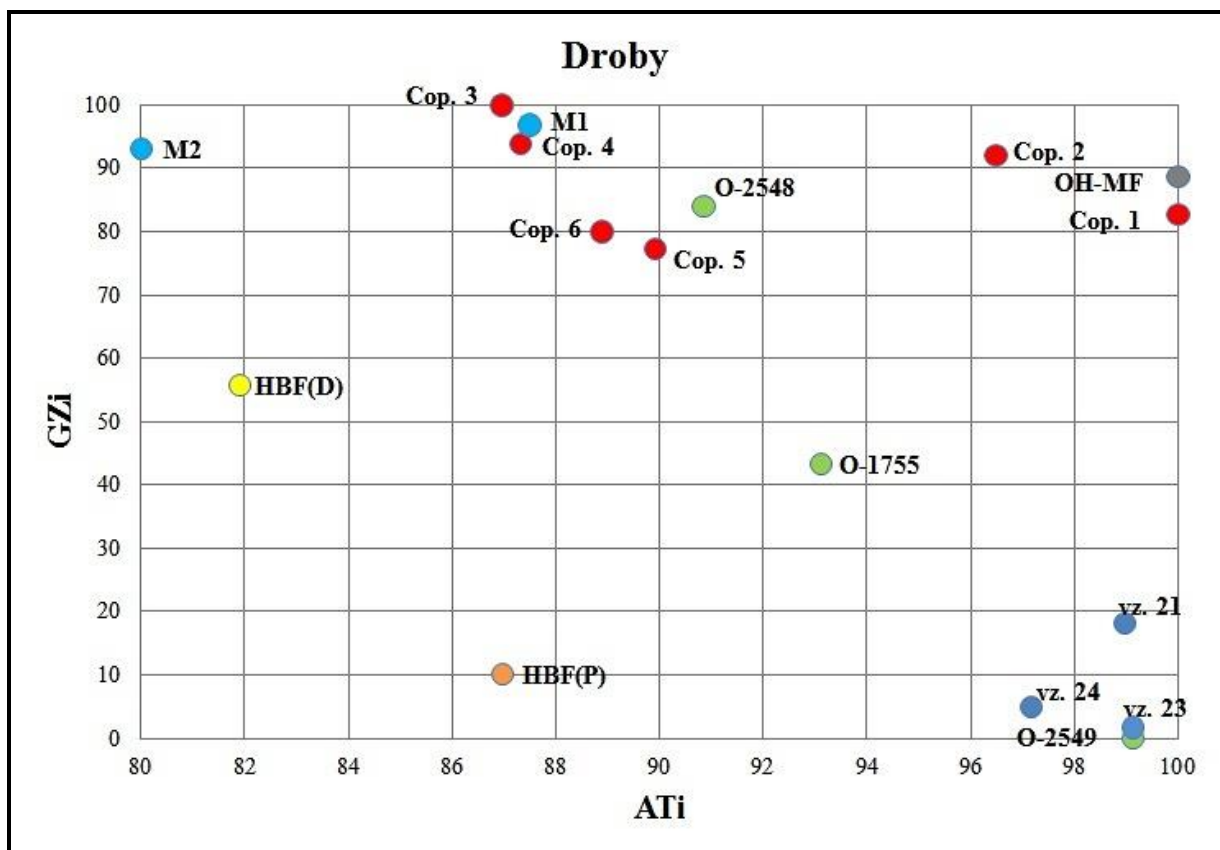
Obr. 24 Asociace průsvitných těžkých minerálů klastických sedimentů z potenciálních zdrojových lokalit

Asociace těžkých minerálů z křemenného, pravděpodobně křídového pískovce (vz. 22 a 11\*) se oproti asociacím hrubozrnných klastik velmi výrazně liší (viz obr. 23d) nižším množstvím zirkonu a výrazně vyšším obsahem turmalínu a rutilu. Ve srovnání s asociací TM

z maletínského pískovce (vz. 11\*) (viz obr. 24h) vzorek obsahuje výrazně méně zirkonu a více turmalínu, jediným společným znakem je poměrně vysoký obsah rutilu.

Vzhledem k obdobnému minerálnímu složení všech asociací TM jsem pro přesnější rozdělení a vzájemnou korelaci vzorků z Kartouzky a ze zdrojových lokalit použil metody Mortona a Hallswortha (1999). Tato metoda spočívá ve výpočtu indexů  $ATi=100*\text{apatit}/(\text{apatit}+\text{turmalín})$  a  $GZi=100*\text{granát}/(\text{granát}+\text{zirkon})$  (viz obr. 25).

V tomto srovnání mají vzorky droby z Kartouzky víceméně souhlasné ATi se vzorky z moravického souvrství Čopjakové et al. (2007) a Otavy (1997) (viz obr. 25). Oproti vzorkům Čopjakové et al. (2007) mají však výrazně nižší poměr GZi.

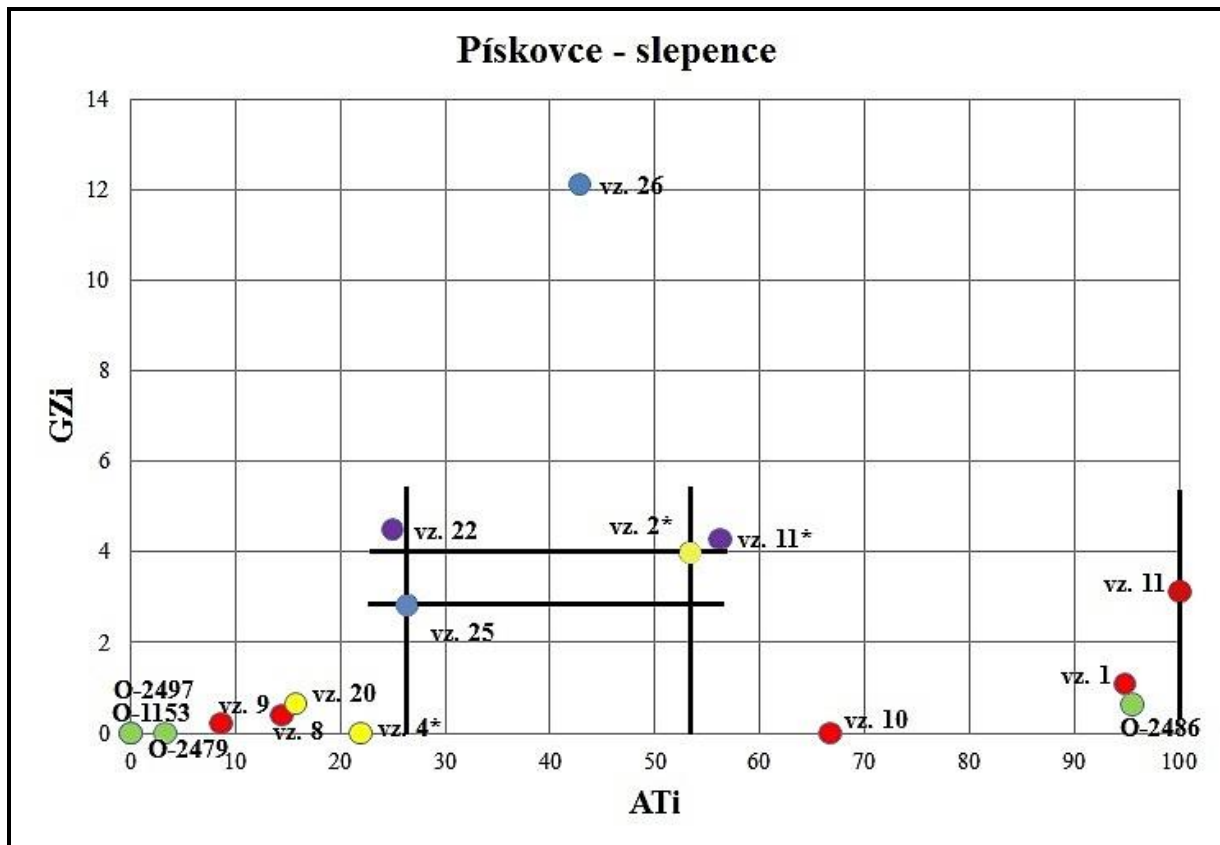


Obr. 25 Srovnání asociací průsvitných těžkých minerálů droby metodou Mortona a Hallswortha (1999): vz. 7\*, 21 a 23-droba z Kartouzky; Cop. 1 až 6-vzorky droby studované Čopjakovou et al. (2007); M1 a M2-vzorky droby studované Zapletalem et al. (2012); O-1755, 2548 a 2549-vzorky droby studované Otavou (1997); HBF(D)droba z distální části hornobenešovského souvrství, HBF(P)-droba z proximální části hornobenešovského souvrství, OH-MF-droba moravického souvrství (Hartley, Otava, 2001)

Pro hrubozrnná klastika moravskoberounského souvrství, vrabecká klastika a klastika pruhu Holubice mají poměry GZi/ATi poměrně široký rozptyl. Do tohoto trendu zapadají však i data Otavy (1997) (viz obr. 26). Nejmenší rozptyl poměrů GZi/ATi mají vzorky 8 a 9

náležící pruhu Holubice. U vzorků vrabeckých klastik (vz. 1, 10 a 11) je patrný vysoký poměr ATi ku nízkému GZi. Hodnoty GZi/ATi moravskoberounských pískovců a slepenců mají největší rozptyl hodnot, avšak i v porovnání s Otavou (1997) jsou patrné vyšší poměry GZi/ATi než u vrabeckých klastik. Vzorky z Kartouzky (4\*, 20) se v tomto srovnání pohybují mezi hodnotami vzorků pruhu Holubice a vzorků moravskoberounského souvrství. Poněkud nejasnou polohu má vz. 2\*. U šlichů v nichž je počet zrn průsvitných TM nižší než 100 (vz. 2\*, 11 a 25) jsem v grafu vynesl chybové úsečky vyjadřující rozptyl o směrodatnou odchylku ( $\sigma=0,5$ ). U vzorků 2\* a 25 je v širším datovém rozptylu patrná shoda.

Křídové pískovce mají takřka stejné hodnoty GZi, avšak vzorek maletínského pískovce (vz. 11\*) poněkud vyšší hodnoty ATi.



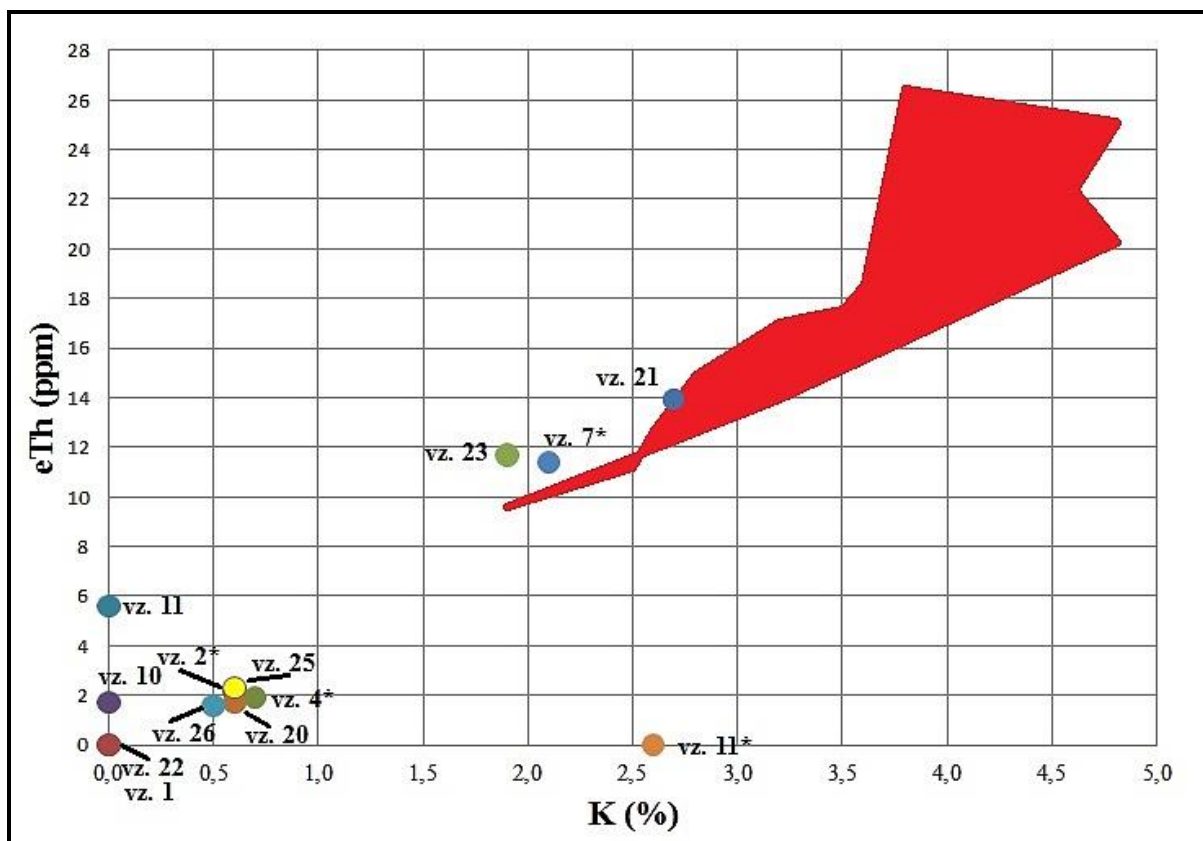
Obr. 26 Srovnání asociací průsvitných těžkých minerálů metodou Mortona a Hallswortha (1999): vz. 1, 10 a 11 vzorky vrabeckých klastik; vz. 9, 8-vzorky klastik pruhu Holubice; vz. 2\*, 4\* a 20-hrubozrnná klastika architektonických článků z Kartouzky; vz. 11\* a 22-vzorky křídových (?) pískovců z Kartouzky; vz. 25 a 26-vzorky moravskoberounských klastik; O-1153, 2479, 2486 a 2497-vzorky hrubozrnných klastik moravskoberounského souvrství studované Otavou (1997); u vzorků 2\*, 11 a 25 jsou kvůli nízkému počtu zrn vyneseny chybové úsečky směrodatné odchylky

### 8.3 Gamaspektrometrie vzorků

Nejvyšší obsahy přirozeně radioaktivních prvků mají ze studovaných vzorků droby, což je zcela v souladu se studii Ibrmajera a Suka et al. (1989), Zimáka a Štelcla (2003, 2004), dokládajících, že kulmské horniny mají vyšší přirozenou radioaktivitu než jiné sedimenty moravskoslezské oblasti. Hodnoty obsahů K, Th a U jsou u všech tří vzorků obdobné. Ve srovnání s obsahy naměřenými Zimákem a Štelclem (2004), Zimákem a Husákovou (2005) a Zimákem (2012) pro psamity moravického souvrství, mají vzorky z Kartouzky nepatrně nižší obsahy U, avšak obsahy K a Th jsou víceméně v souladu s výsledky práce zmíněných autorů (viz obr. 27). Zajímavé však je, že nejhrubozrnnější vzorek má nepatrně vyšší obsahy K a Th, přičemž podle Ibrmajera a Suka et al. (1989) obsah přirozeně radioaktivních prvků zpravidla stoupá s klesající zrnitostí. Z grafu K/eTh (viz obr. 27) je patrné, že obsah těchto dvou prvků ve vzorcích droby ze zdiva Kartouzky (vz. 7\*) a ze skalního výchozu u Kartouzky (vz. 23) jsou si velice podobné. Vzorek droby z architektonického článku (vz. 21) má oproti ostatním dvěma drobám z Kartouzky poněkud vyšší obsah Th.

U vzorků pískovců, arkóz a slepenců jsou obsahy K velmi nízké. Ve vzorcích vrabeckých klastik (vz. 1, 10 a 11) jsou obsahy K dokonce pod mezí stanovitelnosti. Ve vzorcích moravskoberounského pískovce a slepence jsou obsahy rovněž velmi nízké (kolem 0,5 hm. %). Tento vyšší obsah K oproti vrabeckým klastikům je pravděpodobně způsobený nepatrně vyšším obsahem K-živce a rovněž přítomností horninových úlomků, které obsahují K-živce. Obsahy Th jsou u vrabeckých i moravskoberounských klastik obdobné, výjimkou je pouze zvýšený obsah Th v arkózovém pískovci z Medlova (vz. 11). Zvýšený obsah Th v tomto vzorku je pravděpodobně způsoben vyšším obsahem biotitu s inkluzemi zirkonu. Zvýšení obsahu Th může rovněž přispívat nepatrný obsah klastů jílových břidlic, jelikož Th bývá sorbováno na povrchu jílových minerálů (Durance, 1986). Poměry K/eTh jsou však díky absenci K ve vrabeckých klastikách oproti vzorkům moravskoberounských klastik výrazně nižší. Obsahy U jsou ve všech vzorcích hrubozrnných klastik pod mezí stanovitelnosti. Ve vzorcích hrubozrnných sedimentů z Kartouzky jsou obsahy K obdobné jako u moravskoberounských klastik. Draslík ve vzorcích 4\* a 20 je vzhledem k nepřítomnosti horninových úlomků a velmi nízkému obsahu K-živce a muskovitu vázán zřejmě hlavně v pojivu, které obsahuje jílové minerály a sericit. Zvláštní je velmi nízký obsah K v arkózovém pískovci vz. 2\*, který obsahuje 22,4 obj. % K-živce. Vzhledem k tomu, že vzorek, pro zhotovení výbrusu, byl odebírán dříve a z jiné části architektonického článku než vzorek pro gamaspektrometrické měření, je možné, že výbrusem byla zastižena poloha na

živcové klasty anomálně bohatá. Obsahy Th ve vzorcích z Kartouzky jsou obdobné jako v ostatních typech hrubozrnných klastik. Poměry K/eTh ve všech třech vzorcích (vz. 2\*, 4\* a 20) však velmi dobře korelují s poměry K/eTh ve vzorcích moravskoberounských klastik. Uran je přítomný pouze ve vzorku křemenného pískovce (vz. 4\*).



Obr. 27 Poměr obsahů K/eTh ve studovaných vzorcích hornin; červeným polygonem jsou v grafu vyneseny obsahy K/eTh v drobkách moravického souvrství publikované Zimákem a Štelclem (2004) a Zimákem (2012)

V jemnozrnných křídových (?) křemenných pískovcích (vz. 11\* a 22) jsou obsahy přirozeně radioaktivních prvků extrémně nízké. Ve vz. 22 jsou obsahy všech tří sledovaných prvků pod mezí stanovitelnosti. Ve vz. 11\* jsou pod mezí stanovitelnosti pouze Th a U. Vyšší obsah K, oproti vz. 22, je nejspíš způsoben vyšším obsahem pojiva, ve kterém je přítomen sericit a jílové minerály. Skutečně nízké obsahy K v pískovcích v lomech u Maletína a Mladějova má metodou terénní rentgenové fluorescence zjištěné i Šínalová (2012). Pro pískovce z Maletína uvádí průměrný obsah K 1,1 %, přičemž rozptyl naměřených obsahů je 0,5-1,9 %, pro pískovce z Mladějova uvádí průměrný obsah K 1,0 % a rozptyl obsahů K u jednotlivých měření 0,7-1,2 %.

## 9 Závěr

Cílem mé diplomové práce bylo pokusit se, v návaznosti na mou bakalářskou práci, stanovit provenienci hornin, které byly použity pro stavbu bývalého kláštera Kartouzka v Dolanech, zvláště pak klastických sedimentárních hornin, které byly na místo stavby zjevně importovány ze vzdálenějších lokalit.

Na Kartouzce jsem odebral vzorky droby, která byla použita na stavbu obvodových zdí, lokální droby z výchozu v bezprostřední blízkosti zříceniny a vzorků siliciklastických hornin, které byly použity k výrobě architektonických článků. Dále jsem odebral vzorky tzv. vrabeckých klastik na lokalitách Medlov a Troubelice, klastik pruhu Holubice na lokalitě Klopina a Úsov a hornin moravskoberounského souvrství na lokalitě Moravský Beroun-Gizita. U vzorků hornin z Kartouzky, vzorků vrabeckých klastik a vzorků moravskoberounských klastik jsem provedl podrobný makropetrografický i mikropetrografický popis a stanovil modální složení hornin. Na základě těchto výsledků jsem horniny klasifikoval jako drobu, hrubozrnný akózový pískovec, hrubozrnný pískovec, hrubozrnný pískovec až slepenec, křemenný pískovec, hrubozrnný křemenný pískovec až slepenec a křemenný slepenec. Všechny vzorky hrubozrnných klastik mají takřka totožnou strukturu i texturu, jsou silně navětralé a makroskopicky jsou si velmi podobné. Jemnozrnný křemenný pískovec, pravděpodobně křídového stáří, je svými texturními znaky i modálním složením nejpodobnější sladkovodním partiím maletínského pískovce, je oproti němu však silně navětralý.

Dále jsem stanovil složení asociace průsvitných těžkých minerálů. Podle zastoupení minerálů lze odlišit asociaci TM hornin pruhu Holubice, charakteristickou extrémně vysokým obsahem zirkonu. Asociace TM drob se nejvíce podobá asociacím TM drob moravického souvrství, avšak má výrazně nižší obsah granátu. Asociace TM droby z výchozu u Kartouzky a droby ze zdiva jsou takřka identické. Asociace TM křídových pískovců se od asociací TM ostatních vzorků liší zejména vyšším obsahem rutilu. Asociace TM vrabeckých klastik jsou víceméně obdobné jako u hornin moravskoberounského souvrství a liší se pouze nepatrně vyšším obsahem apatitu. Vzhledem k podobnosti asociací TM hornin obou těchto jednotek s asociacemi TM hornin použitých na Kartouzce, nelze z těchto údajů stanovit pravděpodobnější provenienci.

Na základě gamaspektrometrického měření jsem zjistil, že velmi podobné obsahy přirozeně radioaktivních prvků (K, Th a U) mají droba ze zdiva a z výchozu na Kartouzce. Dále spolu korelují vzorky hrubozrnných klastik z Kartouzky a vzorky hornin

moravskoberounského souvrství. Nejvíce se studované vzorky vzájemně shodují v poměrech K/Th. Vzorky vrabeckých klastik mají oproti vzorkům z Karouzky výrazně nižší obsahy K a tedy i poměr K/Th. Ve vzorcích křídových pískovců jsou přirozené radioaktivní prvky pod mezí stanovitelnosti použité metody.

Na základě výsledků studia odebraných vzorků hornin za pomoci výše uvedených metod jsem došel k těmto závěrům. Jemnozrná droba, která je na Kartouzce nejrozšířenějším typem stavebního kamene, byla s nejvyšší pravděpodobností skutečně těžena přímo z ostrožny, na níž byla Kartouzka postavena jak předpokládal již Vrána (2007). Hrubozrná droba použitá na architektonickém článku byla na místo stavby importována. Je velice pravděpodobné, že tato droba pochází z moravického souvrství, a to nejspíše z brumovických vrstev. Hrubozrná klastika, z nichž byly zhotoveny architektonické články, byly s přihlédnutím k obsahům radioaktivních prvků importovány pravděpodobně z lomů, jež se nacházely v horninách moravskoberounského souvrství. Avšak vzhledem k minimálním petrografickým rozdílům a velmi podobným asociacím průsvitných těžkých minerálů nelze vyloučit ani import z lomů založených v pruhu vrabeckých klastik. Jemnozrný křemenný pískovec použitý na obklad někdejšího kostela je pravděpodobně křídového stáří a náleží nejspíše hrubozrnějšímu, sladkovodnímu vývoji maletínských pískovců.



## Seznam použité literatury

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. (1975): Předběžná zpráva o výzkumu v Dolanech r. 1974.-Zpr. Vlast. Úst. Olom., 172, 16-23. Olomouc.

Čopjaková R., Zapletal J., Zatloukal R. (2007): Výzkum asociací těžkých minerálů ve stavebních kamenech zdíva areálu Olomouckého hradu. Ve službách archeologie, 1/2007, 124-126, Brno

Dudek A., Fediuk F., Palivcová M. (1962): Petrografické tabulky. Praha.

Durrance E.M. (1986): Radioactivity in geology: Principles and applications. John Wiley and Sons Inc.,New York.

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.

Dvořák J. (1996): Horninový materiál středověkých staveb v Olomouci.-In: Výroční zpráva Památkového ústavu v Olomouci za rok 1995, 71-78.

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.

Gregerová M., Fojt B., Vávra V. (2002): Mikroskopie horninotvorných a technických minerálů.-MZM, PřF MU. Brno.

Herčík, F., Herrmann Z., Valečka J. (1999): Hydrogeologie české křídové pánve. Český geologický ústav. Praha

Chlupáč I., Brzobohatý R., Kovanda J., Stráník Z. (2002): Geologická minulost České republiky. Academia. Praha.

Ibrmajer, J., Suk, M. (1989): Geofyzikální obraz ČSSR. ÚÚG. Academia. Praha.

Koverdinský B. (1969): K otázce stáří krystalinických sérií v oblasti Jeseníků.-Práce odboru přírod. věd Vlastivěd. ústavu v Olomouci č. 17. Olomouc.

Koverdinský B. (1970): Geologické poměry a problematika devonu v jižní části desenské klenby.-MS, kandidátská disertační práce, ČGU Praha.

Kropáč K. (2005): Petroarcheologický výzkum stavebního kamene zříceniny hradu Obřany (v Hostýnských vrších). MS, diplomová práce, 68 s. PřF UP v Olomouci.

Kropáč K., Dolníček Z., Janál J. (2004): Těžké minerály ve zdivu zříceniny hradu Obřany a okolních horninách (Hostýnské vrchy). Geol. výzk. Mor. a Slez. v r. 2003, 11, 91–93. Brno.

Kšíř J. (1960): Kartouzka v Dolanech (výkopy na zříceninách kláštera).-Zpr. Kraj. Vlast. Střed. Olom., 84, 54-56. Olomouc.

Kukal Z. (1985): Návod k pojmenování a klasifikaci sedimentů.-ÚÚG, Praha.

Kumpera O. (1983): Geologie spodního karbonu jesenického bloku.-ÚÚG, Praha.

Lehotský T. (2008): Taxonomie goniatitové fauny, biostratigrafie a paleoekologie jesenického a dražanského kulmu.-MS, disertační práce, MU, Brno.

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.

Misař Z., Dudek A., Havlena V., Weis J. (1983): Geologie ČSSR I. Český masív.-SPN Praha.

Morton A. C., Hallsworth C. (1999): Processes controlling the composition of heavy mineral assemblages in sandstones.-Sedimentary Geology, 124, 3-29.

Hartley A., Otava, J. (2001): Sediment provenance and dispersal in a deep marine foreland basin: the Lower Carboniferous Culm Basins, Czech Republic. . J. Geol. Soc. (London), 158, 137-150.

Otava, J. (1997): Geologie paleozoika Litovelského Pomoraví. Čas. Mor. Muz. Geol. 82, 93-103, Brno.

Polák A. (1951): Soupis lomů ČSR. List spec. Mapy Šumperk, č. 44. Tech.-věd. vyd. Praha.

Pupin J. P. (1980): Zircon and granite petrology. Contributions to Mineralogy and Petrology. 73(3), 207-220.

Skoček V., Valečka J. (1983): Paleogeography of the Late Cretaceous Quadersandstein of Central Europe." Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology. Elsevier, 44, 71-92.

Tomšík J. (1993): Vulkanosedimentární ložiska Fe rud na severní Moravě a ve Slezsku. Geologie Moravy a Slezska, 71-78.

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.

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

Šrámek, J. (2004): Maletínské a mladějovské pískovce na čestném sloupu Nejsvětější Trojice v Olomouci. Zprávy o geologických výzkumech v roce 2003, 158-161

Zácha M. (2013): Petrografická charakteristika stavebního kamene zříceniny kláštera Kartouzka u Dolan. Bakalářská práce, UP, Olomouc.

Zapletal J. (1972): příspěvek k litologii moravskoberounských slepenců. Čas. Slez. Muz., Act. Mus. Sil. XXI-1972, 121-125.

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

Zapletal J. (2001): K tektonické stavbě paleozoika na listu Olomouc.-Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 2000, 103-106. Brno, 2001.

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

Zapletal J., Dvořák J., Kumpera J. (1989): Stratigrafická klasifikace kulmu Nízkého Jeseníku. Věst. ÚÚG, 64, 4, 243-250. Praha.

Zapletal J., Bláhová Z., Dolníček Z. (2012): K provrnienci spodnokarbonských drob použitých jako stavební kámen pro jižní věž kostela sv Mořice v Olomouci. Zprávy Vlastivědného muzea v Olomouci, 303, s. 59-66. Olomouc

Zimák J., Štelcl J. (2003): Terénní gamaspektrometrické měření přirozené radioaktivity hornin v oblasti moravskoslezského kulmu v Nížkém Jeseníku. Zpr. geol. Výzk. v r. 2002, 203-204. Praha.

Zimák J., Štelcl J. (2004): Přirozená radioaktivita hornin moravskoslezského kulmu v oblasti Nížkého Jeseníku a Oderských vrchů: příspěvek k poznání zdrojové oblasti klastického materiálu.-Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 2003, 103-106. Brno, 2004.

### **Internetové zdroje**

Česká geologická služba, Praha, s.r.o. (2014): Geologická mapa 1:50 000, mapový list 14-44  
[http://mapy.geology.cz/geocr\\_50/?center=-526573,-1099712&scale=100000&center=-529897,-1098980&scale=15000&center=-530127,-1099119&scale=15000&center=-559533,-1096265&scale=50000](http://mapy.geology.cz/geocr_50/?center=-526573,-1099712&scale=100000&center=-529897,-1098980&scale=15000&center=-530127,-1099119&scale=15000&center=-559533,-1096265&scale=50000)

Česká geologická služba, Praha, s.r.o. (2014): Geologická mapa 1:50 000, mapový list 15-33  
[http://mapy.geology.cz/geocr\\_50/?center=-526573,-1099712&scale=100000&center=-529897,-1098980&scale=15000&center=-530127,-1099119&scale=15000](http://mapy.geology.cz/geocr_50/?center=-526573,-1099712&scale=100000&center=-529897,-1098980&scale=15000&center=-530127,-1099119&scale=15000)