

Petrologie a mineralogie porcelanitů mostecké pánve - produktů fosilních požárů neogénní hnědouhelné sloje

Rocks and minerals formed by fossil combustion pyrometamorphism in the Neogene brown coal Most Basin, Czech Republic

VLADIMÍR ŽÁČEK¹⁾, ROMAN SKÁLA^{2),3)} A ZDENĚK DVOŘÁK⁴⁾

¹⁾Česká geologická služba, Klárov 3, 118 21 Praha 1

²⁾Geologický ústav AV ČR, v.v.i., Rozvojová 269, 165 00 Praha 6

³⁾Ústav geochemie, mineralogie a nerostných zdrojů, PřF UK, Albertov 6, 128 43 Praha 2

⁴⁾Dolý Bílina, ul. 5. května 213, 418 29 Bílina

ŽÁČEK V., SKÁLA R., DVOŘÁK Z. (2010): Petrologie a mineralogie porcelanitů mostecké pánve - produktů fosilních požárů neogénní hnědouhelné sloje. - *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)* **18/1**, 1-32. ISSN: 1211-0329.

Abstract

Porcellanite is a term conventionally used for multicoloured jasper-like rocks, formed from clays by pyrometamorphism. In the territory of the Most Basin, however, all pyrometamorphic rocks produced by natural fossil combustion of a Neogene coal seam are traditionally marked by the term „porcellanites“. The Most Basin (also known as the North Bohemian brown-coal Basin) is situated in the northwest of the Czech Republic and with the annual production of ca 50 millions metric tons of brown coal represents the main energy source of the Czech Republic. The previous authors mentioned 65 localities of combustion pyrometamorphic rocks scattered in the region of the Most Basin in the territory of about 1400 km². The pyrometamorphic complexes form flat-lying or shallow-dipping deposits and they have size ranging from several hundreds metres up to several kilometres and the thickness varying from several metres up to about 35 m. This paper brings mostly unpublished data on mineralogy of pyrometamorphic rocks formed from thermally altered carbonates present in a subordinate amount in a sedimentary sequence.

These rocks studied in detail represent buchites, slags and paralavas which are strongly different from typical glassy porcellanites; the main differences comprise coarse-grained structure, chemical composition, presence of more or less macroscopic mineral phases, and frequently high magnetic susceptibilities (10⁻¹ - 10⁻² SI). Most common mineral assemblages formed from siderite contain olivine + magnetite + anorthite ± orthopyroxene or sekaninaite + tridymite + fayalite + Ti-hercynite. Aggregates of massive magnesioferrite accompanied by hematite were locally found. Most exotic assemblages are hosted by Si-undersaturated calcareous paralava from the Želénky porcellanite deposit. This rock is characterized by high concentrations of Ca and Fe, moderate Mg, and low Si, Al and alkalis. High temperatures (experimentally 980 - 1150 °C or even higher) with high oxygen fugacity accompanied with extremely high concentrations of Fe₂O₃ and CaO and lack of silicon resulted in crystallization of esseneite, melilites rich in gehlenite and ferrigehlenite components, kirschsteinite, variety of spinels including magnesioferrite, three ferrites (srebrodolskite, unnamed CaFe₄O₇, and barium hexaferrite BaFe₁₂O₁₉) and some additional phases. In pyrometamorphic rocks of the Most Basin nearly 50 minerals and unnamed phases were identified till now: anatase, anhydrite, ankerite, apatite, aragonite, barite, calcite, celsian, chalcopyrite, cordierite, corundum, cristobalite, diopside, esseneite, fayalite, forsterite, garnet, goethite, Ca-graftonite, gypsum, hematite, hercynite, ilmenite, K-feldspar, kirschsteinite, metakaolinite, maghemite, magnesioferrite, magnetite, melilites, monazite, mullite, orthopyroxene, perovskite, plagioclase, pyrite, quartz, sekaninaite, sillimanite?, spinel, srebrodolskite, tridymite, calcium silicate - Ca₂SiO₄, calcium ferrite - CaFe₄O₇, barium hexaferrite - BaFe₁₂O₁₉, and several poorly identified phases.

Key words: porcellanite, buchite, pyrometamorphism, esseneite, kirschsteinite, srebrodolskite, barium hexaferrite, cordierite, spinels, Most Basin, Czech Republic

Úvod

V širším regionu mostecké pánve vystupuje řada těles pyrometamorfovaných hornin označovaných tradičně jako porcelanity. V rámci těles pravých porcelanitů, což jsou hlavně slinuté nadložní jílovito-prachové sedimenty, však vystupují i další typy tepelně přeměněných hornin, zejména horniny cihlového vzhledu, buchity, škváry a paralávy. Tělesa porcelanitů a s nimi sdružené pyrometamorfované horniny, vznikly vesměs při *fosilních požárech* hnědouhelné sloje pyrometamorfózou sedimentů hlavně neogénního stáří, takže se jedná o horniny a minerály čistě přírodní, na rozdíl od podobných hornin vznikajících recentně

na hořících haldách. O porcelanity se zajímala řada autorů již od konce 18. století a to díky jejich nápadnému vzhledu, ostře kontrastujícího s ostatními málo zpevněnými pánevními horninami. Výskyt „porcelánového jaspisu“ u Duchcova zmiňuje například Reuss v roce 1793. Petrograficky je studoval Hibsich (1924, 1929), který je v rámci tehdejších možností podrobně popsal a zjistil například přítomnost pyroxenů. Jejich existenci však většina dalších badatelů nepotvrzovala a výskyt pyroxenů byl potvrzen až studiem na elektronové mikrosondě (např. Žáček et al. 2001, 2005b). Porcelanity, respektive jejich ložiska, byly studovány řadou badatelů hlavně ve druhé polovině 20. století, kdy byly tyto horniny předmětem ekonomického

zájmu těžařů (např. Váně 1961; Woller 1982; Macůrek, Zelenka 1985), mineralogicko-petrografických prací je ale méně (např. Láznička 1966; Fediuk 1988; Fediuk et al. 2003). Nejpodrobnější informace, která shrnuje dostupná data o jednotlivých ložiskách, jejich geochemii, petrografii a mineralogii, je v obsáhlé nepublikované zprávě Zelenky a Martinovské (1995) a v kondenzované podobě také v knize Boušky a Dvořáka (1997). Většina výše citovaných prací se však zaměřila na vlastní porcelanity, zatímco ostatní pyrometamorfované horniny, zejména buchity, paralávy a škváry zůstaly, až na výjimky, opomíjeny. Až nově se ukázalo, že právě tyto horniny jsou mineralogicky velmi pestré a obsahují i exotické minerální asociace.

Hlavním záměrem této práce je podat ucelený přehled nejnovějších poznatků o petrologii, zejména však mineralogii těchto zajímavých hornin a navázat na práci dřívějších badatelů. Práce představuje syntézu poznatků získávaných v terénu i v laboratoři již od roku 1996. Většina analytických dat a mikrofotografií je publikována poprvé, pouze část poznatků již byla publikována dříve, ale s výjimkou publikace Žáček et al. (2005b) navíc věnované pouze Želénkám, jde vesměs o abstrakty nebo o krátké články (Žáček et al. 1999, 2005a, 2009, 2010).

Těžba hnědého uhlí

Dobývání hnědého uhlí má v mostecké pánvi dlouhou tradici, první psaný dokument dokládající hornickou činnost pochází z roku 1550. K hlavnímu rozmachu těžby však došlo, jako ve všech evropských revírech, na začátku 19. století v souvislosti s rozvojem průmyslu a železniční dopravy. V roce 1848 bylo na území pánve okolo 300 činných dolů. Nové moderní šachty i povrchové lomy byly zakládány zejména v letech 1870 - 1880. V té době bylo doly pokryto prakticky celé produktivní území uhelné pánve. Na začátku 21. století zůstalo v činnosti 6 obřích lomů a jen jedna hlubinná šachta. Revír však stále zůstává s roční těžbou kolem 50 milionů tun jedním z nejdůležitějších energetických zdrojů v České republice. Podrobnější informace o dolování uhlí v mostecké pánvi podávají např. Bouška a Dvořák (1997).

Nástin geologie mostecké pánve

Ve spodním neogénu, před asi 45 miliony se vytvořil při západním okraji českého masivu tektonicky aktivní kontinentální rift, který dnes nazýváme Ohářecký nebo Oherský. V souvislosti s propagací této regionální struktury došlo k rozvoji intenzivního vulkanismu a také se zde vyvinulo několik více či méně samostatných sedimentárních pánví. Největší z těchto pánví je právě mostecká pánev, nazývaná také severočeská hnědouhelná pánev, která se dnes rozkládá mezi Ústím nad Labem a Kadaní, pokrývá plochu asi 1400 km² a obsahuje hlavní uhelné zásoby České republiky. Okraje pánve lemují převážně neogénní vulkanity, jen při jejím sz. okraji je sedimentární výplň tektonicky oddělena od krystalinika Krušných hor. Podloží pánve tvoří několik jednotek, hlavně krystalinikum Krušných hor a permokarbonské sedimenty, zčásti také svrchně křídové sedimenty české křídové tabule.

Mocnost sedimentární výplně dosahuje v ose pánve nejvýše 500 m. Pánevní výplň se dělí na několik souvrství. Při bázi nasedá na silně zvětralé a erodované podloží *starosedelské souvrství* eocénního stáří, které představují fluvio-lakustrinní sedimenty (jíly, prachy, písky a štěrky) občasných řek a malých jezer. Během následujícího přerušení sedimentace však byla větší část těchto uloženin

erodována. Ve stejné době se v souvislosti s rozvojem tektonické aktivity oherského riftu vyvíjela také mohutná vulkanická činnost Českého středohoří a Doupovských hor, tak zvaná *první vulkanická fáze*. Po hiátu pokračovala sedimentace v pánvi *střezovským souvrstvím* oligo-miocénního stáří, které reprezentuje směs splachů zvětralín ze starších jednotek s vulkanickým materiálem, podřízeně vznikaly drobné pánvičky s tvorbou diatomitů, jezerních vápenců a tenkých uhelných slojí. Po dalším hiátu došlo ke zvýšení rychlosti poklesu dna pánve a tím k mohutné sedimentaci hornin *mosteckého souvrství*. Toto hlavní souvrství mostecké pánve se dělí na dva členy. Při bázi vystupují pestré titanem bohaté jíly (až 5 hm. % TiO₂) nazývané *duchcovské vrstvy* nebo jednoduše *podložní jíly*. Ve svrchním miocénu pokrývalo téměř celou pánev mělké jezero, ve kterém se dařilo bujně vegetaci, zejména pak jehličnanům s převládajícím rodem Taxodium. Tato produktivní etapa vedla ke vzniku dalších sedimentů *holešických vrstev*, kde naprosto převládá mohutná, tzv. *hlavní sloj*. Její mocnost se pohybuje nejčastěji mezi 20 - 40 m, výjimečně dosahuje až 50 m. Místy ve sloji vystupují proplásky sedimentů nazývané *mezilozní jíly*. Zrychlení poklesu dna pánve a tím zvýšený přínos klastického materiálu vedlo k zastavení tvorby uhlí. Nadložní sedimenty, hlavně jíly a prachy se tradičně nazývají *nadložní jíly*. V oblasti Žatce a Bíliny ústily do pánve hlavní toky, které přinášely velké množství klastického materiálu, kromě prachů také jemné písky. V oblasti těchto vyústění vznikly mohutné kontinentální delty nazývané *žatecká a bilinská delta*, které řadíme do *libkovického souvrství*. Pánevní výplň je zakončena v nejsvrchnějším miocénu *lomským souvrstvím* s lokálně vyvinutou lomskou slojí. V době po usazení hlavní sloje pokračovala vulkanická aktivita tzv. *druhou vulkanickou fází*.

Dnešní reliéf je výsledkem eroze během pliocénu a pleistocénu, kdy se formovala současná říční síť. Přitom byla uhelná sloj obnažována, zejména při okrajích pánve erozí zahlubujících se říčních toků a docházelo tak k jejímu vystavení účinkům atmosférickému kyslíku a ke vzniku spontánních požárů. Do tohoto období klademe také vznik většiny těles porcelanitů. Geologii mostecké pánve zpracovávají podrobně např. Domáci (1975) a Malkovský et al. (1985), ze současných autorů pak např. Mach (2009), Rajchl et al. (2009).

Minerály mostecké pánve

Vlastní sedimenty mostecké pánve hostí přes 30 minerálních druhů. Většina minerálů, které můžeme s větší či menší výhradou označit za *minerály primární*, byla nalezena na trhlínách hornin, v septárech pelosideritových konkrecí, méně často přímo v uhlí či v sedimentech: ankerit, auripigment, baryt, crandallit, dolomit, ferrierit, goethit, goyazit, hartit, humboldtin, chalcedon, kalcit, křemen, markazit, melanoflogit, mellit, opál, pyrit, sfalerit, siderit a whewellit.

Ze *sekundárních minerálů*, které vznikly většinou subrecentně či recetně při zvětrávání, byly zjištěny: alofan, aluminat, arsenolit, bilinit, epsomit, fibroferit, halloysit, jarosit, mirabilit, melanterit, sádrovec, tschermigit (v české literatuře se používá i název čermík) a vivianit. Z výše jmenovaných minerálů zde zaslouží podrobnější zmínky tři z nich, humboldtin, tschermigit a bilinit, které byly z území mostecké pánve popsány jako nové minerály (Rivero 1821; Kobell 1853; Šebor 1913). Z ostatních minerálů, které jsou výjimečné a zajímavé i z odborného a sběratelského hlediska jde zejména o whewellit, mellit,

hartit, markazit, ferrierit a „duxit“. Pro podrobnější popis všech těchto minerálů odkazujeme na dříve již publikované práce, zejména Boušky a Dvořáka (1997), kde jsou také shrnuty odkazy na rozsáhlou starší literaturu a na některé novější specializované články (hartit - Bouška et al. 1998, whewellit a karbonáty - Žáček et al. 2008, aj.)

Vlastní *minerály pyrometamorfovaných hornin*, o kterých bude níže podrobněji pojednáno, čítají, vedle několika nedokonale určených fází, téměř 50 druhů. Vysoké teploty, které panovaly během kaustické přeměny (přes 1000 °C) a následně supergenní procesy během chladnutí a po něm, vedly ke vzniku několika generací minerálů, které zahrnují v abecedním pořadí anatas, anhydrit, ankerit, anortit, apatit, aragonit, baryt, celsian, cordierit, cristobalit, diopsid, esseneit, fayalit, forsterit, goethit, Ca-graftonit, halloysit, hematit, hercynit, chalkopyrit, ilmenit, kalcit, kirschsteinit, korund, K-živec, metakaolinit, maghemit, magnetit, magnezioferit, melilit, monazit, mullit, ortopyroxen (enstatit až ortoferosilit), perovskit, pyrit, křemen, sekaninait, sillimanit?, sádrovec, spinel, srebrodolskit, tridymit, vivianit, Ca_2SiO_4 (larnit?), Ca-ferit CaFe_4O_7 a Ba-hexaferit $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$.

Další minerály vznikají recentně a jsou spjaty s občasným *prohoříváním uhelné sloje* na místech, kde je sloj obnažena těžbou, méně na odvalech. Většina těchto minerálů vzniká buď přímou krystalizací z horkých plynů nebo reakcí těchto plynů s okolním haldovým materiálem, případně při následujících supergenních procesech. Do dnešní doby (2010) byly, převážně z požáříšť na dole Bílina, popsány tyto minerály: alunogen, anhydrit, cryptohalit, godovikovit, kladnoit, letovicit, mascagnit, millosevichit, sádrovec, salmiak, síra, amorfní As-síra, realgar, thenardit a tschermigit (čermíkit). Studium těchto recentně vzniklých minerálů je mimo rámec této studie. Byly již dříve popsány v souhrnných publikacích (např. Bouška, Dvořák 1997) i specializovaných člancích (např. Žáček et al. 1999, 2000).

Metodika výzkumu

V letech 2004 - 2008 navštívili první a třetí autor tohoto článku postupně řadu lokalit porcelanitů v oblasti mostecké pánve, kde odebírali vzorky ke studiu. Při revizích lokalit se vycházelo hlavně z informací ze zprávy Zelenky a Martinovské (1995), kteří uvádějí na území pánve 65 ložisek porcelanitů. Také popisy tvaru velikosti a mocností jednotlivých těles porcelanitů pocházejí zejména z této práce.

Vzorky ke studiu byly nově odebrány na lokalitách Dobřčice, Hostomice, Líšnice-Borový vrch a Nechvalice (obr. 1). Kritérii pro výběr vzorků ke studiu zejména byla: 1/ přítomnost hruběji krystalických pyrometamorfovaných hornin (případně s výskytem makroskopicky patrných minerálů), 2/ přítomnost krust novotvořených sekundárních minerálů, hlavně karbonátů vápníku, 3/ vysoká magnetická susceptibilita, případně hustota. Vzorky pyrometamorfovaných hornin ze zaniklého ložiska Červený vrch u Želének (Ze1-9) byly zapůjčeny ke studiu ze sbírkového fondu Regionálního muzea v Teplicích (laskavostí pana M. Radoně). Tyto vzorky sbíral na lokalitě v letech 1992 - 1994 tehdejší zaměstnanec muzea Mikoláš Mag, jeden vzorek (Ze10) zde našel koncem 90. let také Z. Dvořák.

Z vybraných vzorků byly zhotoveny leštěné výbrusy, které byly studovány pod optickým mikroskopem a následně na elektronové mikrosondě. Řada minerálů byla separována pro rentgenové difrakční studium.

Množství analytických EDX dat, hlavně z materiálu ze Želének, bylo získáno v letech 1996 - 2005 pomocí skenovacího elektronového mikroskopu Camscan s energiově disperzním mikroanalyzátozem Link eXL resp. Oxford ISIS 300 v laboratořích České geologické služby v Praze na Barrandově. Analyticky se podílel hlavně I. Vavříň. Od roku 2006 byl materiál studován na elektronové mikrosondě Cameca SX-100 vybavené 5 krystalovými spektrometry na Masarykově univerzitě v Brně (společná laboratoř Masarykovy Univerzity a České geologické služby). Analýzy prováděli hlavně P. Sulovský a R. Škoda. Převážná většina dat prezentovaných v této práci pochází z mikrosondy Cameca SX-100. Analytické podmínky byly: urychlovací napětí 15 kV, proud 10 - 20 nA, doba načítání 10 - 30 s. Jako standardy byly použity dobře definované minerály nebo syntetické fáze. Empirické vzorce byly vypočteny na bázi konstantního počtu kyslíkových atomů, případně konstantního počtu kationtů na vzorcovou jednotku. Výpočet podílu dvojmocného a trojmocného železa byl založen na konstantním počtu kationtů při zachování neutrality náboje.

Prášková rentgenová difrakční data byla získána na difraktografu Phillips X'pert MPD System s grafitovým sekundárním monochromátorem za použití $\text{CuK}\alpha$ záření v laboratořích České geologické služby v Praze. Analýzy provedli P. Ondruš a R. Skála. Pro identifikaci přítomných fází byl použit program Bede ZDS Search/Match spolu s databází ICDD PDF2. Magnetická susceptibilita hornin byla měřena příručním kapametrem KT5.

Pyrometamorfované horniny mostecké pánve

Z hlediska teplotně tlakových (P-T) podmínek probíhá pyrometamorfóza v poli sanidinitové facie, tj. při vysokých teplotách nad cca 750 °C, „suchých“ podmínkách, při nízkém, často až atmosférickém tlaku (Grapes 2006). Ve vlastní mostecké pánvi se experimentálně zabýval teplotami pyrometamorfózy hlavně Fediuk (1988), který klade



Obr. 1 Výskyt porcelanitů mezi Teplicemi a Mostem. Mapový podklad: www.cenia.cz, situace porcelanitových těles je podle geologické mapy 1 : 100 000 (Tyráček et al. 1990).

teplotu slinutí až roztavení jíly do intervalu 980 - 1300 °C. V pojmenování pyrometamorfovaných hornin nepanuje taková shoda jako například v nomenklatuře hornin vyvřelých, metamorfítů či sedimentů. Už v pojmenování vlastního procesu pyrometamorfózy je určitý problém, protože označení kaustická či pyrogenní metamorfóza zahrnuje jak procesy spjaté s prohoříváním ložisek kaustobilitů tak procesy tepelné přeměny na kontaktu s vulkanickými horninami. Nejprůběhavější se jeví anglický termín *combustion metamorphism*, který označuje jen procesy spjaté s hořením uhlí či bitumenů, pro který však schází vhodný český ekvivalent. Samostatnou kapitolou jsou vžitá názvy historické, používané navíc v určitém regionu. V regionu mostecké (a sokolovské) pánve tyto horniny nazývali německy písaří autoři *Erdbrand* nebo *ausgebrannte Letten*. Hibschi (1929) je rozdělil do těchto typů:

- (a) (slabě) vypálené jíly, které tvoří tvrdé drsné střepy,
- (b) porcelanity - porcelánové jaspisy, celistvé na lomu hladké a leské,
- (c) porcelanity struskovité, podobné pórovité lávě, které vznikly z poloh bohatších železem,
- (d) škváry a popely z uhelné slaje.

V česky psané literatuře dominuje termín *porcelanit*, častěji však uváděný v plurálu jako *porcelanity*. Tímto názvem se v mostecké i sokolovské pánvi tradičně označují všechny pyrometamorfované horniny, které zahrnují více či méně intenzivně vypálené sedimenty jílovito-prachové až písčité zrnitosti včetně vloček karbonátů či hrubších klastik (porcelanity v širším slova smyslu *sensu lato*, s.l.), viz v geologické mapě např. Tyráček et al. (1990). Nelze akceptovat definici porcelanitu podle Grapes (2006), který jej definuje jako: „Světle zbarvený, velmi jemnozrný *kompletně rekrystalizovaný* jíl, slín či jílovitou břidlicí..., atd“. Porcelanity mostecké pánve vždy obsahují podíl skla a nejsou tedy *kompletně rekrystalizované*.

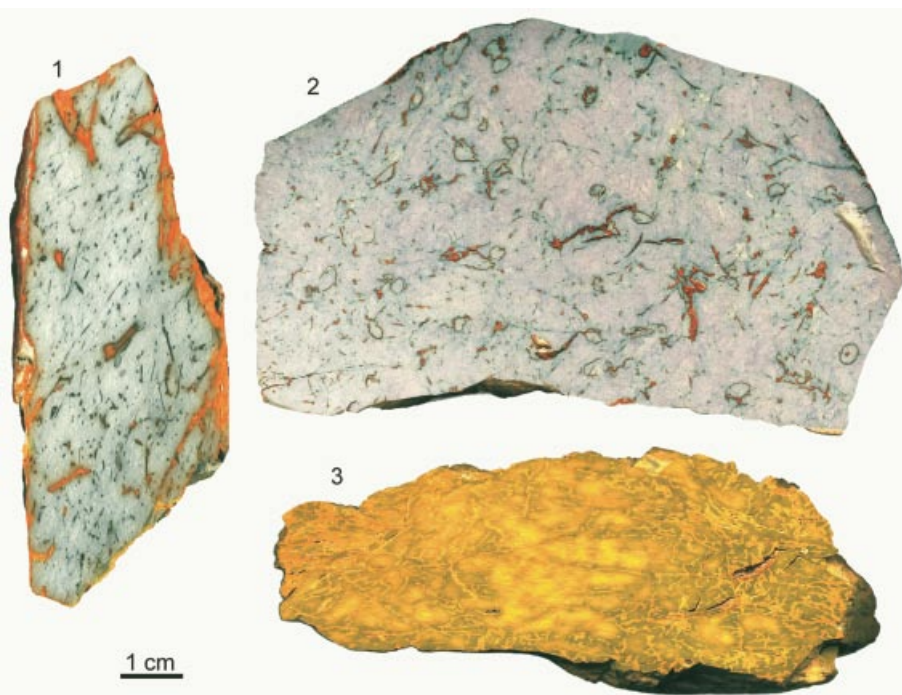
Porcelanity v užším slova smyslu (*sensu stricto*, s.s.) představují pestře zbarvené tvrdé celistvé horniny připomínající svým vzhledem jaspis nebo porcelán, které se rozpadají do angulárních klastů a mají nepravidelný nebo lasturnatý lom. Vedle těchto „pravých“ porcelanitů (s.s.) jsou v distálních částech těles časté horniny cihlového vzhledu, obvykle červeně zbarvené, které představují méně vypálené a ne zcela slinuté jíly. Tyto horniny, které představují Hibschiův **typ a**, si uchovávají část primárních minerálů na úkor těch novotvořených a představují spolu s „pravými“ porcelanity s.s. (**typ b**) asi 90 % všech pyrometamorfovaných hornin mostecké pánve. Některé vzorky mají příjemné zbarvení a brousí se jako ozdobné kameny, například materiál z Dobřčic (obr. 2). Petrograficky jsou porcelanity s.s. velmi jemnozrné až sklovité horniny, často s fluidální texturou. Skládají se z proměnlivého množství skla (podle Zelenky a Martinovské (1995) tvoří sklo 5 - 98 obj. %); pevné fáze určené pomocí rentgeno-

vé difrakce zahrnují křemen, cristobalit, tridymit, mullit, cordierit, metakaolinit, živce, akcesorické jsou korund, anatas, spinelidy, hematit, možná je přítomen i sillimanit (Hibschi 1929; Fediuk 1988; Zelenka, Martinovská 1995; Fediuk et al. 2003; tato práce). Magnetická susceptibilita porcelanitů s.s. i hornin cihlového vzhledu je obvykle nízká ~ 0.1 - 1.0 x 10⁻³ SI. Protolitem byly hlavně jíly a prachovité sedimenty s poměrně uniformním chemickým složením; na jejich mineralogickém složení se podílel především křemen, illit a kaolinit s podružným montmorillonitem, muskovitem (sericitem), karbonáty, organickou substancí a akcesorickým limonitem, anatasem (viz tab. 1 - 3). Některé jíly obsahují až 50 % rozptýleného sideritu, méně častý je kalcit, ankerit a dolomit, tufové proplátky či fosfáty (Mach 2009). Kromě toho jsou v sedimentech pelosideritové konkrece, jejichž velikost kolísá od několika cm do asi 2 metrů. Známa je vysoká koncentrace TiO₂ (až 5 hm. %) v podložních jílech v důsledku dispergování anatasu či leukoxenu.

Buchity, paralávy a železité strusky (typy c a d podle Hibschi 1929) jsou mnohem méně časté, avšak hostí zajímavé minerální asociace. Tyto horniny se liší od porcelanitů tmavší barvou, vyšší hustotou, jsou hruběji krystalické, někdy dokonce s drúzovými dutinami a mají vysokou magnetickou susceptibilitu, nejčastěji v rozmezí 10 - 100 (10⁻³ SI), vzácně až do 500 (10⁻³ SI).

Buchit je definován jako částečně nebo téměř zcela vitrifikovaná hornina vzniklá při intenzivní pyrometamorfóze (např. Grapes 2006). V tomto článku je termín *buchit* použit pro pyrometamorfované horniny s podílem skla, ve kterých jsou přítomny vedle skla dobře definované, makroskopicky nebo alespoň mikroskopicky patrné krystalické fáze. V širším slova smyslu je však *buchitem* i vlastní porcelanit (s.s.), protože také obsahuje kolísavý podíl skla i pevné fáze, takže *buchit* je název obecnější. Další typy pyrometamorfovaných hornin jsou *paraláva* a *škvára*.

Paraláva je v podstatě přetavený a znovu rekrystalovaný sediment. Bývá celistvá i vesikulární chemicky velmi variabilního, vesměs však bazického složení, může být



Obr. 2. Rozříznuté a vyleštěné porcelanity z Dobřčic (1, 3) a ze Svinčic (2). Foto V. Žáček.

Tabulka 1 Mineralogické složení jílu mostecké pánve (obj. %), podle Zelenky a Martinovské (1995)

pozice jílu	podložní	meziložní	meziložní	nadložní	nadložní	nadložní
lokalita (důl)	Chabařovice	Vršany	Šverma	Chabařovice	Vršany	Libouš II
všechny jílové minerály	76	56	55	63	64	72
křemen	2	34	36	30	15	13
illit	22	30	34	24	35	31
montmorillonit	2	3	0	30	23	29
kaolinit	52	22	21	9	14	12
karbonáty	2.7	6	4	5	4	10
Fe oxidy	2.9					
TiO ₂	5.5					
sulfáty	0.1					
organické sloučeniny	0.8	2	3	1	2	2
akcesorie		2	2	1	2	3

Tabulka 2 Částečné chemické složení jílu (hm. %), které doprovázejí hlavní uhelnou sloj, podle Zelenky a Martinovské (1995)

pozice	podložní	meziložní	meziložní	nadložní	nadložní
lokalita (důl)	Chabařovice	Vršany	Libouš II	Chabařovice	Libouš II
SiO ₂	45.50	70.42	78.29	59.39	52.89
TiO ₂	4.00	1.18	0.65	1.54	1.15
Al ₂ O ₃	28.00	17.91	9.33	16.63	19.62
Fe ₂ O ₃ ^{tot}	8.00	1.44	3.79	7.54	8.39
MnO			0.03	n.d.	0.13
MgO	0.75	0.37	0.52	1.33	1.45
CaO	0.50	0.11	0.28	0.57	0.50
Na ₂ O	0.20	0.11	0.09	0.25	0.23
K ₂ O	0.80	1.69	1.27	2.39	2.63
SO ₃		0.16			
P ₂ O ₅			0.10		
org.		0.96			

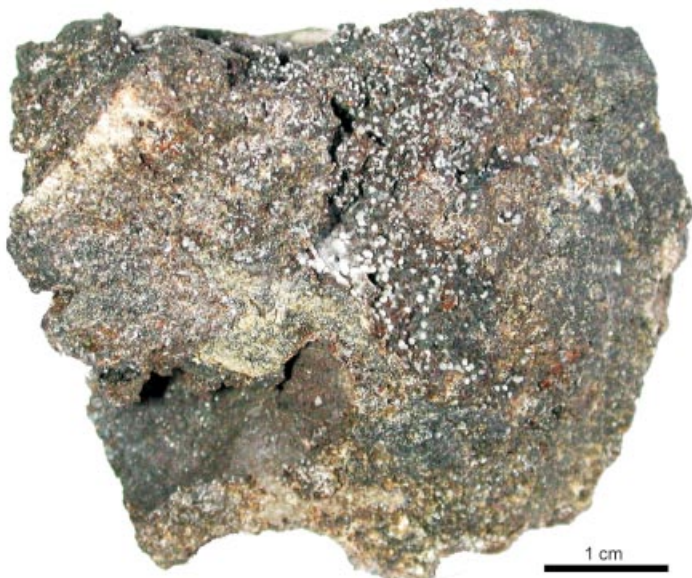
Tabulka 3 Chemické složení pyrometamorfovaných hornin mostecké pánve (hm. %)

hornina	porcelanit			buchit		Fe-škvára	paraláva		
lokalita	*	*	**	**	**	**	***	***	***
	Nechvalice	Dobřčice	Dobřčice	Dobřčice	Hostomice	Líšnice	Želénky	Želénky	Želénky
SiO ₂	68.15	56.69	59.13	26.00	58.40	41.73	29.32	27.49	24.12
TiO ₂	1.11	1.93	1.64	0.93	0.93	0.90	1.48	1.48	0.66
Al ₂ O ₃	19.18	30.17	29.72	11.44	13.07	16.76	14.41	16.41	8.54
Fe ₂ O ₃ ^{tot}	3. 48	3.31	3.22	37.96	13.57	16.15	14.38	32.33	26.60
FeO			0.18	0.29	6.85	14.74			
MnO	0.03	0.02	0.039	0.550	0.250	0.184	0.21	0.39	0.43
MgO	0.89	0.91	1.51	1.51	1.68	4.01	5.37	6.16	7.06
CaO	0.87	0.28	0.20	9.87	1.23	1.85	32.08	20.14	30.44
SrO			0.018	0.014	0.015	0.022			
BaO			0.074	0.037	0.065	0.063			
Na ₂ O	0.29	0.48	0.16	0.09	0.10	0.12	0.20	0.15	0.08
K ₂ O	1.88	2.68	3.25	0.56	1.70	1.75	0.53	0.12	0.04
SO ₃	0.88	0.66	0.018	0.12	0.077	0.009	0.19	0.49	1.50
P ₂ O ₅			0.106	0.368	0.120	0.147			
F			0.024	0.027	0.037	0.031			
H ₂ O ⁺	3.91	1.36	0.30	1.03	1.21	1.02			
H ₂ O ⁻	3.64	0.85	0.11	0.20	0.30	0.20			

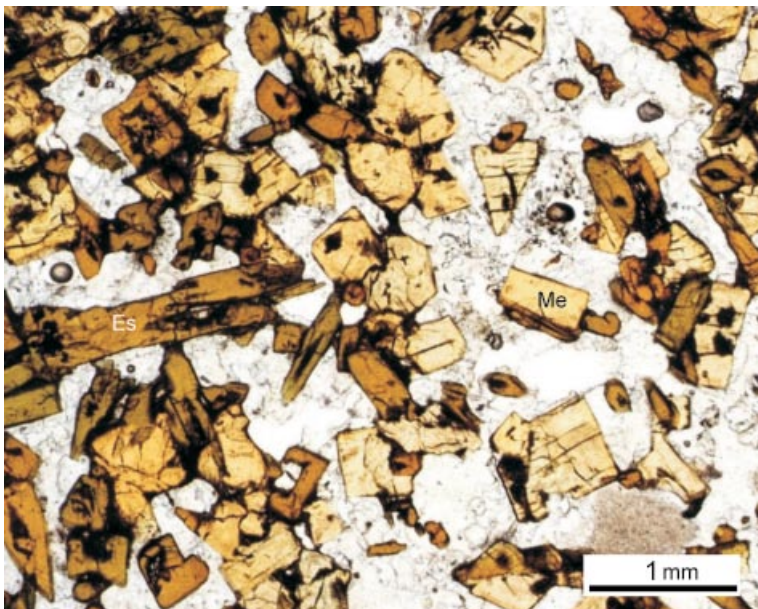
zdroj dat: *Zelenka, Martinovská (1995), **Žáček (nová data), ***Žáček et al. (2005)



Obr. 3 Stav bývalé těžebny porcelanitů na Červeném vrchu u Želének po rekultivaci. Červené zbarvení na kopci ukazuje zbytky výchozu porcelanitu. V pozadí vystupuje hradba Krušných hor. Foto V. Žáček 2006.



Obr. 4 Vzorek eseneitického melilitovce ze Želének, Litologie 1. Foto V. Žáček.



částečně sklovitá, v případě mostecké pánve jde však o horniny holokrystalické. Z dalších petrografických typů autoři vyčleňují železem bohaté **škváry** či **strusky**, tmavě zbarvené, silně porézní horniny podobné vesikulární lávě, často polokovového až kovového vzhledu, bohaté hematitem a/ nebo spinelovými minerály. Tyto horniny by se v některých případech mohly klasifikovat také jako buchity případně paralávy.

Problematická je definice termínu **clinker**, který má jiný význam v technologii a řadu významů v geologické literatuře v různých zemích. V překladu z angličtiny clinker znamená slinutý materiál či slínek. V technologii výroby cementů je slínek (*clinker*) základem pro výrobu cementu. V geologické literatuře se tento termín používá pro „sedimentární horniny jež byly vypáleny a/nebo částečně nataveny (slinuty) při hoření uhelné sloje nebo bitumenních sedimentů“ (Graps 2006), tj. v podstatě *clinker* = naše *porcelanity* v širším slova smyslu. Lépe je tedy v češtině termín nepoužívat, dokud nebude jasněji definován. Pro slaběji vypálené (neslinuté) sedimenty, které si zachovaly ještě strukturu původní horniny a které nejsou buchitem, porcelanitem ani paralávou, je lépe používat termín vypálený jíł, vypálený prachovec, pís-kovec, štěrk, břidlice, atd.

Lokality a litologie

Zelenka a Martinovská (1995) uvádějí 65 lokalit (těles) porcelanitů roztroušených v oblasti mostecké pánve na ploše asi 1400 km². Většina z nich je situována při pánevním okraji, zejména pak v denudačních reliktech pánevní výplně v oblasti Českého Středoohoří. Porcelanity se vyskytují jako ploše uložená tělesa o velikosti od několika set metrů do několika kilometrů, mocnost vypálených hornin kolísá od několika metrů až do asi 35 metrů. Některá dnes izolovaná tělesa porcelanitů původně souvisela a byla později rozdělena erozí. Výskyty, např. severně od Loun (mimo obr. 1), tvoří nápadné pahorky, protože porcelanity jsou odolnější proti erozi než okolní nevypálené sedimenty. Při revizi lokalit se ukázalo, že většina zanikla z důvodu postupující těžby uhlí, rostoucí městské zástavby, rekultivací nebo dokonce jejich zavezením různým odpadem. Od konce osmdesátých let 20. století, kdy se v povrchových dolech přecházelo z kolejové na pasovou dopravu, zájem těžařů o porce-

Obr. 5 Mikrofotografie výbrusu eseneitického melilitovce (Litologie 1, vzorek Ze1) ze Želének. Hornina se skládá hlavně z eseneitu (Es), melilitu (Me) a drobného akcesorického spinelidu. Dutiny vyplňuje radiálně paprscitý aragonit. Foto V. Žáček.

lanity zcela zanikl neboť se přestaly využívat jako snadno dostupný materiál pro svršky dočasných železnic v dolech. Na řadě lokalit se porcelanity sice zachovaly (např. Poláky-Zlatá zátoka, Nečichy, Svinčice, Malhostice, Most-sídlíště), nebyly zde však nalezeny horniny, u kterých se dala očekávat zajímavá minerální asociace. Podrobněji studované vzorky pocházejí z lokalit Želénky, Dobřčice, Hostomice, Líšnice-Borový vrch a Nechvalice (viz obr. 1). Byl studován také vzorek „magnetické břidlice“ z dolu Bílina.

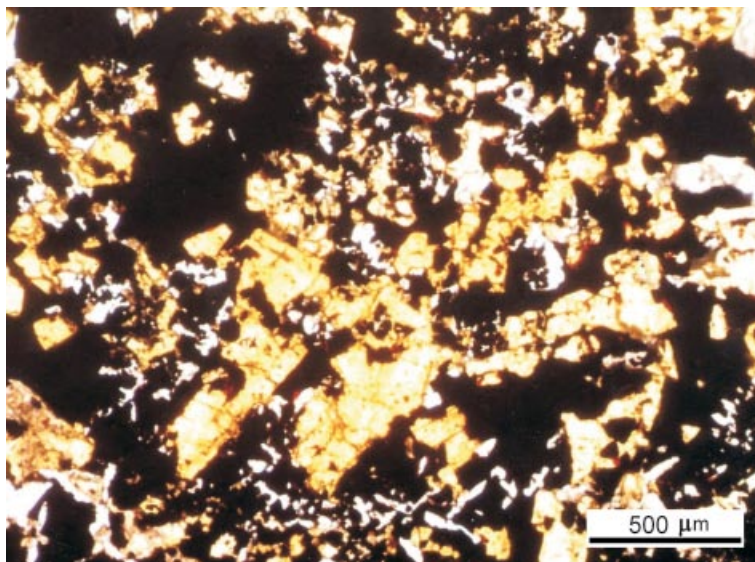
Želénky

Těleso porcelanitů u Želének má velikost asi 2×1 km a zřejmě souviselo s porcelanitou u Hostomic. Bylo odkryto rozlehlým lomem na Červeném vrchu, kde intenzivní těžba probíhala hlavně v letech 1965 - 1988. Následně byla těžebna rekultivována a lokalita tak zanikla (obr. 3). Všechny studované vzorky pocházejí z 90. let 20. století a na lokalitě se již tento materiál nevyskytuje. Fotografii a geologický profil ložiskem uvádějí Bouška a Dvořák (1997). Pyrometamorfóza tu postihla nejen neogéní sedimenty ale také až 12 m mocný kvartérní pokryv, který zahrnoval sprašovou závěj a fluvialní písčité štěrky. Celková mocnost hornin postižených pyrometamorfózou dosahovala až 25 m. Typický profil ze Želének zahrnoval, směrem od podloží do nadozí: nealterované sedimenty se zbytky uhelné slaje, tenkou polohu popela, dále silně vypálené a deformované jílovito-prachovité sedimenty (vlastní porcelanity s.s.) a na ně nasedající písčité štěrk a sprašovou závěj. Celá sekvence byla rozpukaná a prostoupená komínovitými strukturami, které dosahovaly od báze až na povrch. Komínovité struktury byly vyplněny heterogenní kolapsovou brekcí složenou ze sklovitě spečených písčitých štěrků, železitých porézniých škvár a masivních Ca-Fe bohatých paraláv. V Želénkách se pravděpodobně vyskytovala celá škála pyrometamorfovaných hornin, při studiu byli však autoři odkázáni výhradně na archivní materiál.

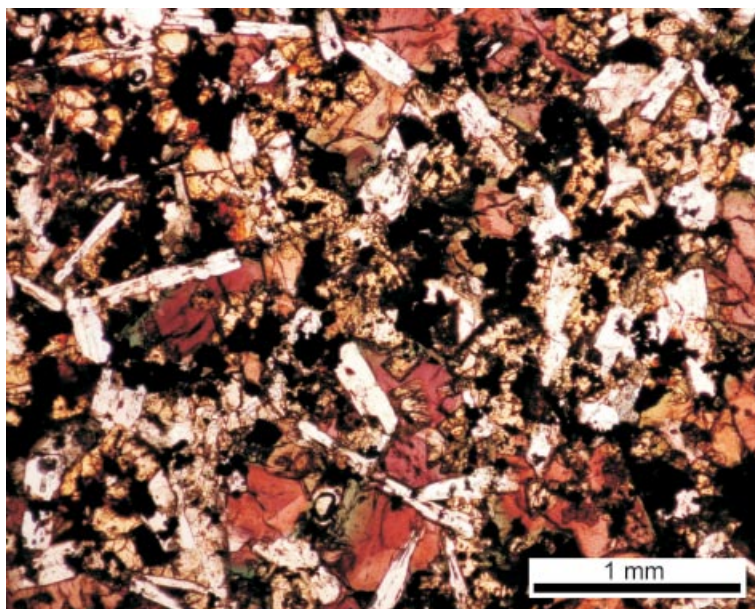
Nejzajímavější byly vzorky Ca-bohatých paraláv, které jsou v mostecké pánvi zcela unikátní. Tyto hutné horniny představují kompletně přetavený a rekrystalovaný materiál, jsou holokrystalické, tmavě šedozelené až skoro černé barvy, často s krystalickými povlaky aragonitu nebo kalcitu. Kromě poměrně vysoké hustoty se vyznačují také



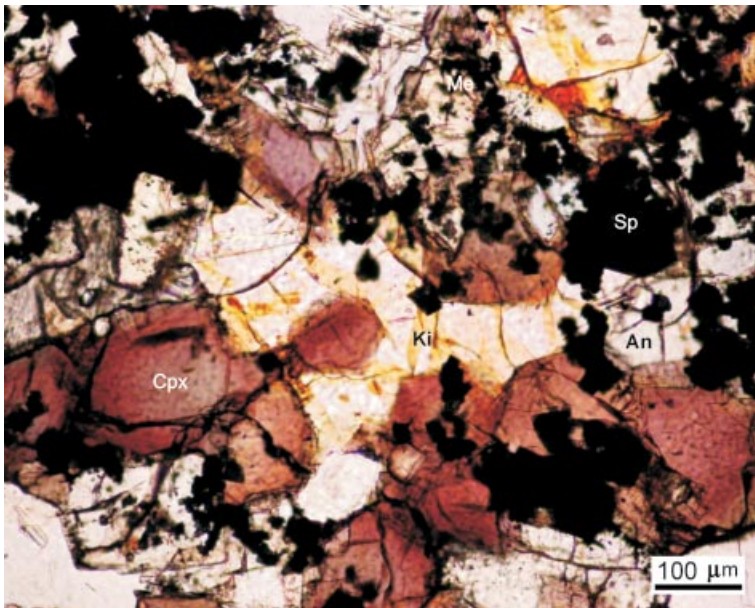
Obr. 6 Vzorek melilititu ze Želének (Litologie 2, vzorek Ze5). Hornina obsahuje vedle melilitu hojný CaSiO_4 , magnezioferit a akcesorické ferity barya a vápníku. Foto V. Žáček.



Obr. 7 Mikrofotografie výbrusu melilitovce ze Želének (Litologie 2, vzorek Ze5). Převládá sírově žlutý melilit, bezbarvý červíkovitý CaSiO_4 a opakní magnezioferit. Foto V. Žáček.



Obr. 8 Mikrofotografie výbrusu Ca-bohaté paralávy ze Želének (Litologie 3, vzorek Ze10) tvořené hlavně fialovým Ti-bohatým pyroxenem, nažloutlým melilitem, bezbarvým anortitem a opakním spinelidem. Foto V. Žáček.



Obr. 9 Detail výbrusu Ca-bohaté paralávy ze Želének (Litologie 3, vzorek Ze10). V centru a v pravém horním rohu snímku jsou nepravdělná zrna kirschsteinitu (Ki), který doprovází fialový pyroxen (Cpx), anortit (An), melilit (Me) a spinelid (Sp). Foto V. Žáček.



Obr. 10 Vypálený slepenec z báze pleistocénní terasy z Hostomické těžebny porcelanitů. Foto V. Žáček.



vysokou magnetickou susceptibilitou ($40 - 90 \times 10^{-3}$ SI). V drobných drúzových dutinách byly i pouhým okem či lupou patrné krystaly minerálů, vedle zmíněných karbonátů také melilitu, pyroxenu a spinelidů.

V rámci Ca-bohatých paraláv byly rozlišeny 3 odlišné petrografické typy označované dále v textu jako *Litologie 1 - 3*.

Litologie 1 (vzorky Ze1, Ze6, Ze8), která byla v kolekci vzorků zastoupena nejpočetněji, je Si-nenasycená, Ca-bohatá paraláva (ca 29 hm. % SiO_2 , 14 hm. % Fe_2O_3 a 32 hm. % CaO), tvořená hlavně melilitem a exotickým klinopyroxenem esseneitem. Petrograficky by mohla být pojmenována jako esseneitický melilitit. Hornina se skládá z většinou idiomorfních všesměrně orientovaných krystalů esseneitu, melilitu, podřízeného spinelidu řady magnetit - magnezioferit - spinel, sporadického anortitu a anhydritu. Hojně drúzové dutiny mm-cm velikosti jsou vyplněny dobře vyvinutými sloupečky tmavě olivově zeleného esseneitu, žlutého pseudokubického melilitu a drobnými krystaly minerálů ze skupiny spinelu. Na tyto minerály nasedá radiálně paprscitý aragonit a krystalický kalcit. Velikost krystalů se pohybuje od několika desetin do cca 3 mm (obr. 4, 5).

Litologie 2 (vzorky Ze5, Ze9) je Si-extrémně deficitní, Ca- Fe^{3+} bohatá paraláva (ca 24 hm. % SiO_2 , a po cca 30 hm. % CaO i Fe_2O_3). Hornina je také zcela holokrystalická, drobně zrnitá, tvořena převážně melilitem (petrograficky je to tedy melilitit) (obr. 6). Podřízené jsou magnezioferit, minerál o složení Ca_2SiO_4 , hematit, srebrodolskit, Caferit (CaFe_2O_7) a Ba-hexaferit (BaFe_2O_9), vedle několika dalších, nedokonalě určených akcesorií, zčásti nestabilních (obr. 7, viz také Žáček et al. 2005b). Dutinky po plynech mm až cm velikosti jsou většinou jen povlečeny kovově lesklým hematitem. Celá hornina je zčásti porostlá bílou krystalickou kůrou kalcitu a aragonitu. Ve vzorku Ze5 byla zarostlá několik mm velká inkluze (xenolit) odpovídající *Litologii 1* lemovaná tenkou reakční zónou odlišně zbarveného melilitu s nahlučením spinelidů.

Litologie 3, která zahrnuje jediný vzorek o velikosti $3 \times 2 \times 2$ cm (Ze10), představuje slabě Si-deficitní Ca-Al-Ti-bohatou horninu tvořenou hlavně Ti-bohatým klinopyroxenem neobvyklé fialové barvy, podřízeným anortitem, melilitem a spinelidem a akcesorickými kirschsteinitem, celsianem, Si-deficitním Ti-bohatým granátem a apatitem (obr. 8, 9).

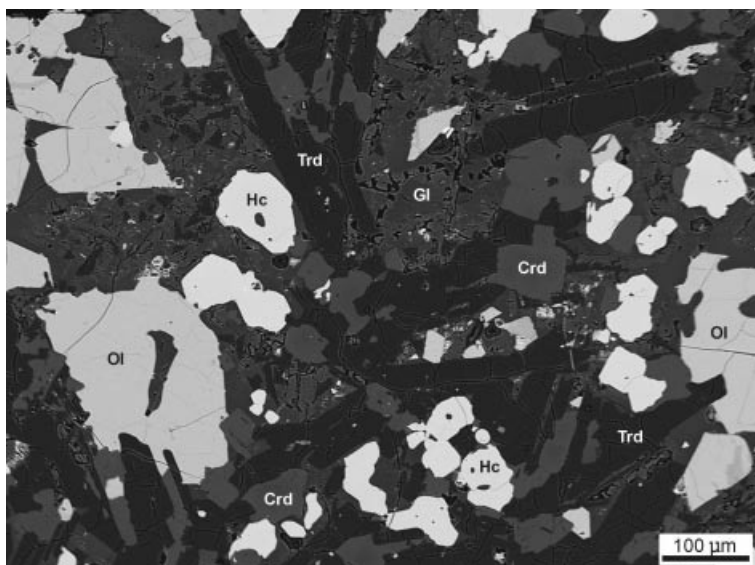
Obr. 11 Porcelanit se žilkami černého buchitu s fayalitem a sekaninaitem z Hostomické těžebny porcelanitů (vzorek Ho1). Foto V. Žáček.

Hostomice

Těleso porcelanitů u Hostomic je odkryto dnes již zarostlým, odpadem zaváženým stěnovým lomem (cca 50 × 70 m, stěna je zachována jen zčásti) asi 3 km západně od této obce, asi 3 km severně od Bíliny. Toto těleso je zřejmě pokračováním tělesa u Želénky, i když povrchová geologická situace je nejasná vzhledem k rozsáhlému pokryvu kvartérními sedimenty a různými navážkami. Vypálené slepence v nadloží porcelanitu ukazují, že podobně jako v nedalekých Želénkách, byl pyrometamorfózou zasažen také kvartérní pokryv (obr. 10). Podobné exotické horniny jako v nedalekých Želénkách tu však zjištěny nebyly. Studován byl vzorek modročerného drobně zrnitého buchitu (vzorek Ho1), který tvořil síťivo žil mm až 5 cm mocnosti pronikající světlým porcelanitem (obr. 11). Hornina je hemikrystalická, silně magnetická (až 84×10^{-3} SI), tvořená pevnými fázemi a sklem, jedná se tedy o typický buchit bohatý Fe a Si, chudý Ca. Hornina se skládá z dominujícího jehlicovitého tridymitu, namodralého často až idiomorfního Fe-cordieritu (sekaninaitu), hnědého špačkovitého fayalitu a podřízeného anortitu, Ti-bohatého spinelidu řady magnetit-hercynit-ulvöspinel a sádrovce, který vyplňuje několikamilimetrové dutiny lemované koncentrickými povlaky „limonitu“ (obr. 12).

Dobřčice

Těleso porcelanitů je situováno asi 1800 m západně od Dobřčic směrem na Korozluky. Jeho velikost je 1100 × 300 - 500 m, maximální mocnost vypálených hornin dosahovala 15.8 m. Při těžbě byla zastižena část nevyhořelé sloje i podložní křídové slínovce (Zelenka, Martinovská 1995). Těžba zde probíhala v rozsáhlé těžebně v letech 1980 - 1994, dnes je tento lom zarostlý a z původní stěny zbyl jen poměrně malý výchoz. Přesto jde o jeden z nejhezčích dochovaných odkryvů v porcelanitech (obr. 13). Pyrometamorfované horniny tvoří pestrobarevnou páskovanou (vrstevnatou) a mírně zvrášenou sekvenci, která odráží různé litologické složení jednotlivých vrstev, zejména pak obsah rozptýleného karbonátu nebo přítomnost pelokarbonátových kongregací (obr. 14). Z vrstev jílu vznikly dobře slinuté porcelanity šedé, žluté, načervenalé či světle zelené barvy, z vrstev bohatých rozptýleným karbonátem pak tmavě zbarvené porcelanity s hojně vtroušenými oxidy železa a konečně z poloh a kongregací pelokarbonátů vznikly porézni i celistvé buchity a škváry tvořené hlavně magnezioferitem či hematitem někdy také s melilitem, anortitem, olivínem vzácně s diopsidem. Fediuk et al. (2003) uvádějí navíc cordierit až sekaninait a ortopyroxen. Zajímavé a velmi hojné jsou hlavně železem bohaté škváry a krusty, které jsou několik cm až dm velké, porézni i masivní, černé, hnědé, stříbřité či pestře naběhlé, někdy se same-



Obr. 12 BSE mikrofotografie buchitu z Hostomic (vzorek Ho1). Hornina se skládá z fayalitu (Ol), sekaninaitu (Crd), tridymitu (Trd), magnetit-hercynitu (Hc) a skla (Gl). Foto R. Škoda.



Obr. 13 Část lomové stěny zachované v opuštěné těžebně porcelanitů u Dobřčic, která dnes představuje jeden z nejlepších odkryvů porcelanitů v mostecké pánvi. Foto V. Žáček, 2004.



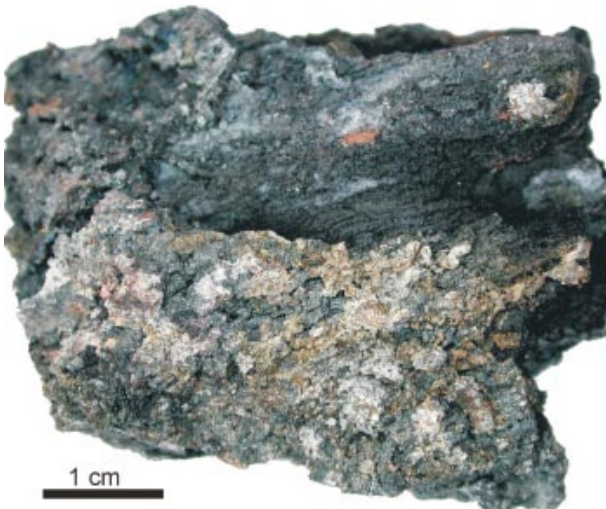
Obr. 14 Detail stěny těžebny porcelanitů u Dobřčic s pestrobarevnou sekvencí vypálených jílu s mnoha proplásky a horizonty železitých škvár a buchitů tvořených hematitem a magnezioferitem. Foto V. Žáček, 2004.

toovým povrchem nebo tvoří drobné krápníkovité útvary. Jsou dvojího druhu, dobře odlišitelné podle magnetických vlastností, makroskopicky jsou však téměř k nerozeznání. Nemagnetické nebo jen slabě magnetické ($0.1 - 5.0 \times 10^{-3}$ SI) jsou hematitové (obr. 15), silně magnetické (až 189×10^{-3} SI), jsou tvořené převážně magnezioferitem.

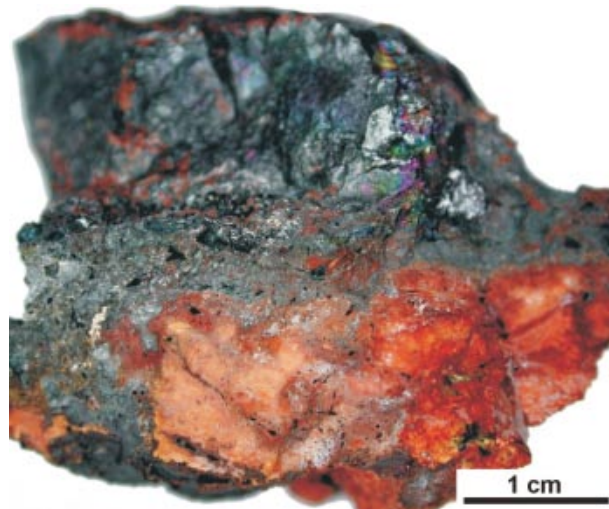
Vzorky Do1, Do2, Do4, Do5, Do8 představují vzorky černohnědých až stříbřitých železitých krust se zrnitým vláknitým nebo drobně krápníkovitým povrchem (obr. 16) složených s magnezioferitu a podružného hematitu. Magnetická susceptibilita kolísá u těchto vzorků mezi $138 - 189 \times 10^{-3}$ SI.



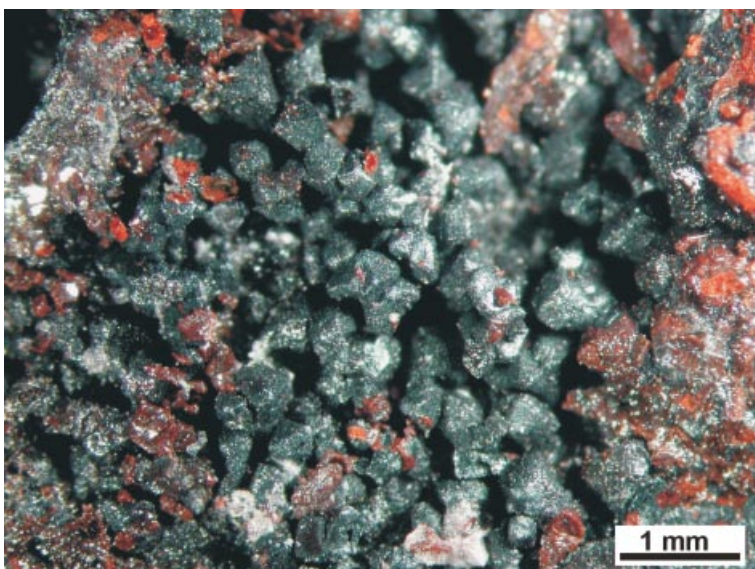
Obr. 15 Porézní železitá nodule tvořená převážně hematitem zarostlá do porcelanitu v Dobřčicích. Foto V. Žáček, 2004.



Obr. 16 Vzorek porézního magnezioferitu polokovového vzhledu s hrubě vláknitou strukturou. Dobřčice, vzorek Do8. Foto V. Žáček.



Obr. 17 Masivní kůra téměř černého, pestře nabíhajícího magnezioferitu narůstající na světlý porcelanit. Dobřčice, vzorek Do3. Foto V. Žáček.

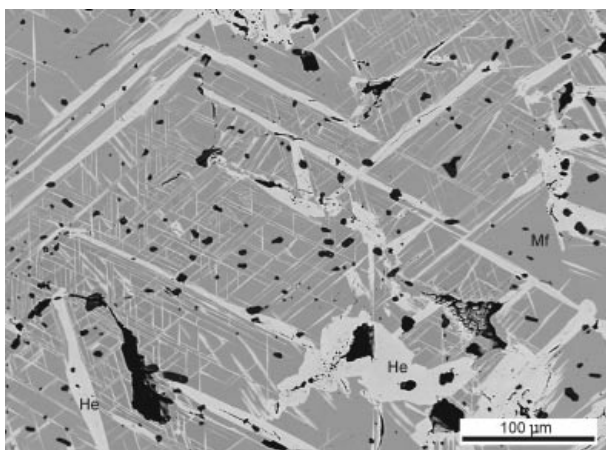


Obr. 18 Zaoblené oktaedry magnezioferitu nasedající na povrch magnezioferitové krusty. Dobřčice, vzorek Do3. Foto V. Žáček.

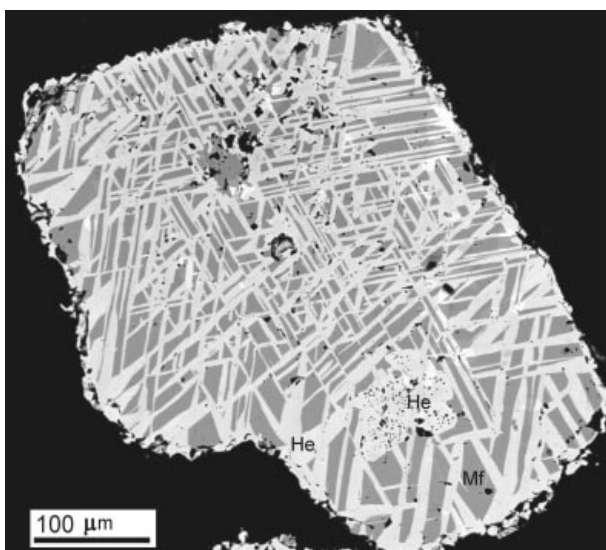
Vzorek Do3 je deskovitá kůra skoro čistého magnezioferitu o velikosti $\sim 80 \times 40$ mm až 15 mm silná. Materiál je celistvý, černohnědé barvy s mastným leskem a lasturnatým lomem (obr. 17). Při okrajích nebo i uvnitř kůry byly drobné ploché dutinky se stěnami pokrytými drobnými oktaedry (obr. 18). Magnetická susceptibilita vzorku dosáhla přes jeho malý rozměr 134×10^{-3} SI. Všechny magnezioferity z Dobřčice obsahují hojné odmíšeniny hematitu v různých tvarových formách (obr. 19 - 21).

Vzorky Do6 a Do7 jsou holokrystalické, drobně až středně zrnité, celistvé, jen lokálně porézní Ca-obožené paralávy hnědé barvy. Skládají se z převažujícího olivínu a anortitu, podřízeného klinopyroxenu, spinelidů a hematitu a akcesorického apatitu, barytu a ilmenitu. Na vzorcích byly slabé krusty kalcitu a aragonitu. Oba vzorky mají rozdílnou magnetickou susceptibilitu (58 resp. 2×10^{-3} SI). Magnetit-magnezioferit ve vzorku Do6 obsahoval nepravidelné neostře partie výrazně obohacené titanem (obr. 22).

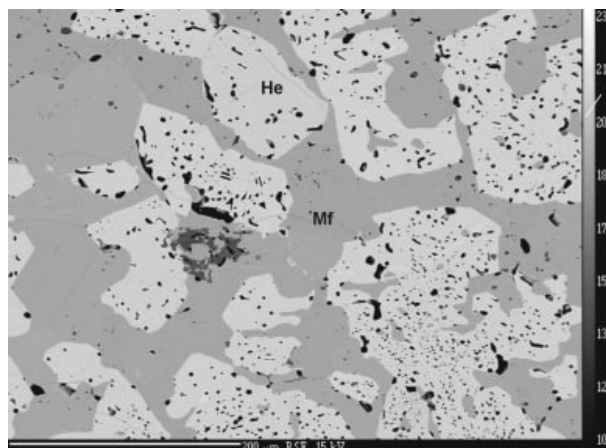
Vzorek Do9 se podobá předchozím horninám, jde o porézní xenolit zarostlý v celistvém porcelanitu. Hornina je holokrystalická s převahou olivínu a anortitu (velikost krystalů 0.1 - 0.5 mm, obr. 23). Hornina vedle akcesoric-



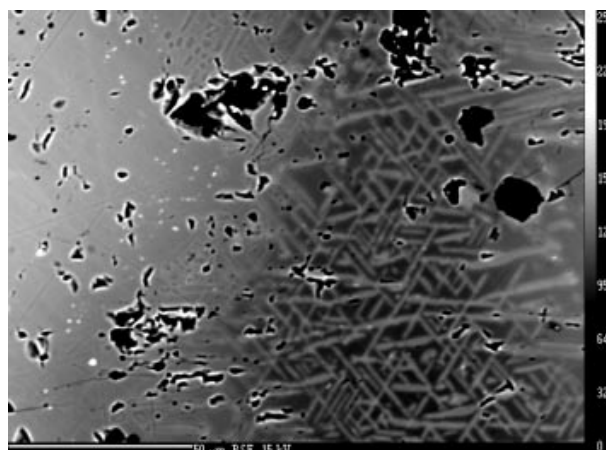
Obr. 19 BSE mikrofotografie kůry masivního magnezioferitu (Mf) s hojnými lištovitými odmíšeninami hematitu (He). Dobřčice, vzorek Do3. Foto P. Sulovský.



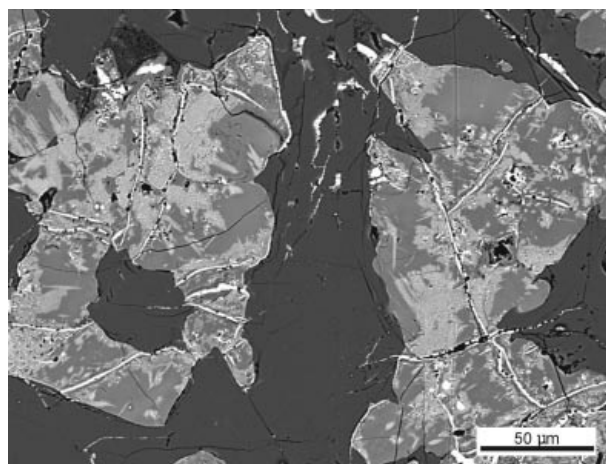
Obr. 20 BSE mikrofotografie krystalu magnezioferitu s velmi hojnými světlými lamelami hematitu. Dobřčice, vzorek Do3. Foto P. Sulovský.



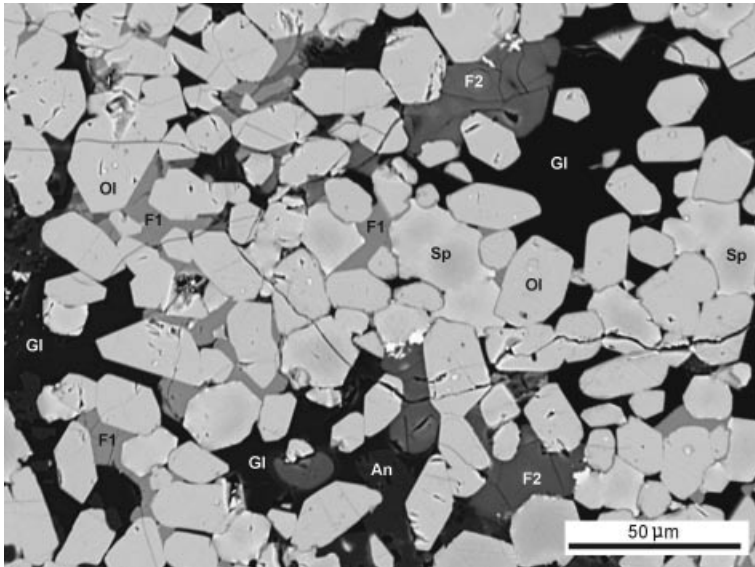
Obr. 21 BSE mikrofotografie kůry magnezioferitu (Mf) s velkými vyloučeninami hematitu (He). Dobřčice, vzorek Do8. Foto P. Sulovský.



Obr. 22 Neostře omezená partie kůry magnetit-magnezioferitu se zvýšenou koncentrací titanu (až 5.77 hm. % TiO_2), která se v BSE jeví tmavší a zřetelně z ní vystupují lamely odmíšeného hematitu. Dobřčice, vzorek Do6, BSE mikrofotografie P. Sulovský.



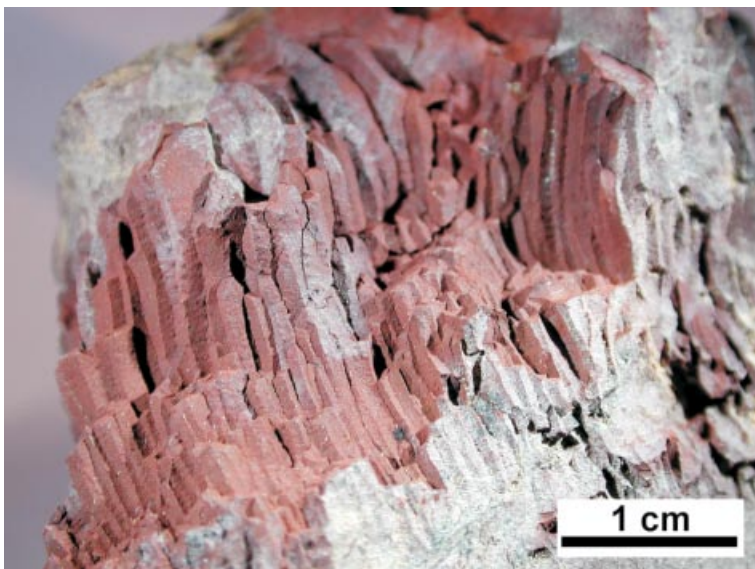
Obr. 23 BSE mikrofotografie olivín - anortitového buchitu z Dobřčice (vzorek Do9). Korodované krystaly olivínu jsou tvořeny původním světlým olivínem s převahou fayalitové složky ($\text{Fa}_{57}\text{Fo}_{43}$), který se zdá být zatlačován tmavým olivínem s dominancí forsteritu $\text{Fo}_{91}\text{Fa}_6\text{CaO}_2$. Okolní minerál je anortit. Foto P. Sulovský.



Obr. 24 BSE mikrofotografie buchit z Nechvalic (vzorek NCH2). Hornina se skládá z převažujícího idiomorfního fayalitu (Ol) a z podřízeného množství spinelidu (Sp), anortitu (An) a skla (Gl). V mezerách mezi krystaly těchto fází jsou dva akcesorické fosfáty, světlejší Ca-grafonit (F1) a tmavší vodnatý Fe-fosfosilikát (F2). Foto R. Škoda.



Obr. 25 Vypálené pelosideritové konkrce v opuštěné těžební porcelanitě na Borovém vrchu u Líšnice přeměněné na silně magnetický buchit o složení magnetit + fayalit + anortit + sklo. Foto V. Žáček.



kého magnezioferitu obsahuje také vzácný ilmenit. Magnetická susceptibilita vzorku se pohybuje mezi $37 - 58 \times 10^{-3}$ SI.

Nechvalice

Porcelanity u Nechvalic představují podle Zelenky a Martinovské (1995) jedno z největších těles porcelanitů ve střední Evropě. Horniny tvoří nepravidelné těleso, přibližně 4×1.5 km velké, situované 3 km sv. od Teplic na severním břehu řeky Bíliny. Horniny jsou tu odkryty v řadě přírodních i umělých výchozů. Největší z nich je těžebna u Nechvalic, opuštěná v roce 1996 a dnes částečně rekultivovaná. Navzdory velikosti těžebny, zde bylo nalezeno jen málo zajímavého materiálu a zcela převládají běžné mikrokrytalické porcelanity. Byly odebrány 2 vzorky porézniých buchitů, které se od běžných porcelanitů lišily hlavně vysokou magnetickou susceptibilitou ($60 - 80 \times 10^{-3}$ SI).

Vzorek NCH1 je světle šedý sklovitý porcelanit až buchit, vedle hojného skla jsou přítomny cordierit, mullit, SiO_2 (tridymit?), spinelid řady magnetit-hercynit a hematit.

Vzorek NCH2 je černý, jemně zrnitý silně porézni (bublinatý) jemnozrný buchit, který se skládá z převažujícího olivínu a spinelidu s podřízeným anortitem a sklem. Jako akcesorie byly přítomny ankerit, Ca-bohatý grafonit a Fe-fosfosilikát (obr. 24).

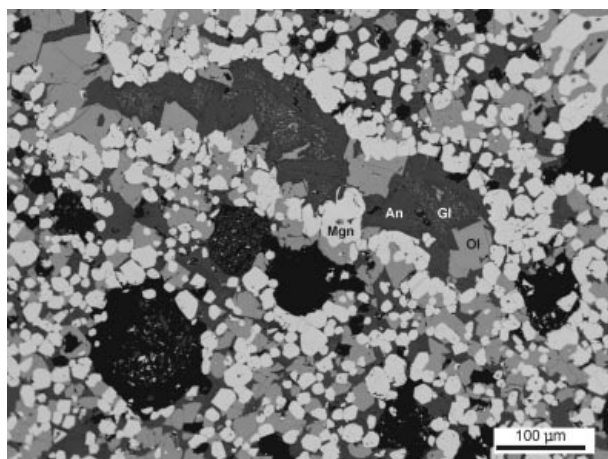
Líšnice - Borový vrch

Porcelanitové těleso o velikosti asi 500×300 m vystupuje na Borovém vrchu asi 1 km severně od obce, cca 5 km jižně od Mostu. Dost rozlehlá těžebna je postupně zavážena stavebním odpadem, ale ve stěně je dosud zachován pěkný, až 3 m vysoký profil v délce asi 60 m. V pestrých silně deformovaných vrstvách porcelanitů jsou hojné, až několik desítek cm velké železité nodule, které představují původní pelosideritové konkrce v různém stádiu výpalu (obr. 25). Vypálené pelosideritové konkrce z Borového vrchu mívají charakteristický stěbelnatý či sloupečkový rozpad daný smrštěním materiálu během kaustické přeměny (obr. 26, 27). Silně vypálené pelosideritové konkrce jsou celistvé i porézni horniny, které mají šedočernou barvu a polokovový vzhled. Mikroskopicky se skládají z mozaiky dobře vyvinutých krystalů o velikosti nejčastěji 0.01 - 0.2 mm, výjimečně přes 1 mm velkých. Petrograficky můžeme označit tyto silně vypálené pelosiderity jako typické buchity, které jsou

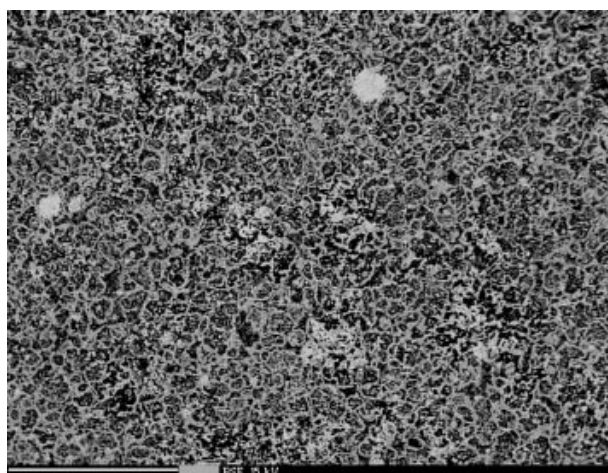
Obr. 26 Slabě vypálený pelosiderit z Líšnice (Li9). Kontrakcí materiálu během výpalu došlo ke tvorbě charakteristické sloupečkovité struktury. Podobné vzorky označované obvykle jako „limonit“ byly dříve nalézány také v Želénkách. Foto V. Žáček.



Obr. 27 Sloupečkovitý rozpad vzorku silně vypálené pelosideritové konkrce z Líšnice, přeměněné na silně magnetický buchtit s magnetitem. Foto V. Žáček.



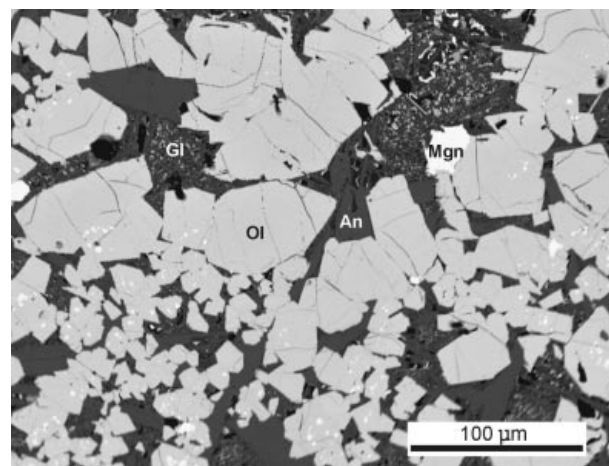
Obr. 28 BSE mikrofoto buchtu Li5 z Líšnice s nejvyšší naměřenou magnetickou susceptibilitou (497×10^{-3} SI). Převažujícími minerály jsou magnetit (Mgn) a fayalit (Ol), podřízené jsou anortit (An) a sklo (Gl). Foto P. Sulovský.



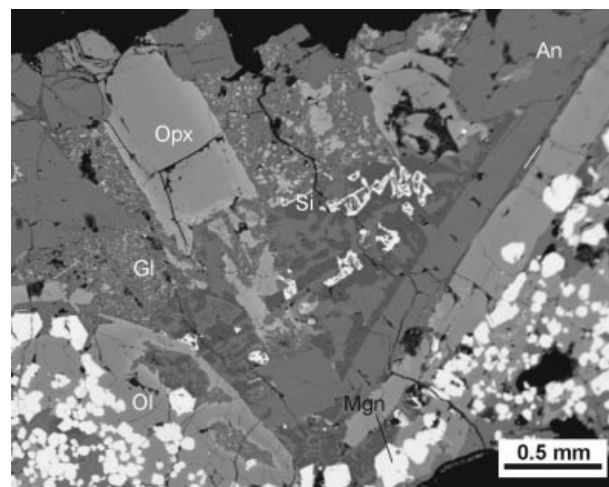
Obr. 29 BSE mikrofoto slabě vypálené pelosideritové konkrce z Líšnice. Mikrokrystalický materiál obsahuje jednak reliktní primární minerály (siderit, křemen, jílové minerály), tak novotvořený magnetit a maghemit (na snímku světlé fáze). Délka bílé linie odpovídá 0.1 mm. Foto P. Sulovský.

tvořené, vedle podřízeného skla, hlavně olivínem (fayalitem), spinelidem a anortitem, ojediněle i s ortopyroxenem (obr. 28 - 33). Spinelid je magnetit s podružným podílem hercynitové komponenty, na rozdíl od Dobřčic bez vyloučených lamel hematitu. Vzácně tvoří magnetit až 1 cm silné celistvé kůry a na trhlinách až několik desetin mm velké zašpičatělé krystaly. Podíl magnetitu vtroušeného v hornině může dosáhnout až cca 70 %, tyto horniny jsou pak nápadně těžké a silně magnetické (až 476×10^{-3} SI), což je nejvyšší magnetická susceptibilita zjištěná v porcelanitech mostecké pánve. Na Borovém vrchu byla odebrána řada vzorků, vesměs podobného mineralogického složení.

Vzorek Li1 je celistvý, silně vesikulární sklovitý buchtit s krystaly magnetitu, bezbarvého prizmatického anortitu a hnědozeleného prizmatického ortopyroxenu s délkou krystalů stébel až 2.5 mm (obr. 31). Magnetická susceptibilita horniny je 200×10^{-3} SI.



Obr. 30 BSE mikrofoto buchtu z Líšnice (vzorek Li3). Hornina se skládá z idiomorfních „špačkovitých“ krystalů fayalitu (Ol), v mezerách pak vystupuje prizmatický anortit (An), sklo (Gl) a akcesorický magnetit (Mgn). Foto P. Sulovský.



Obr. 31 Prizmatické krystaly ortopyroxenu (Opx) ve vzorku buchtu z Líšnice Li1. U širšího krystalu ortopyroxenu je patrná světlá zóna při okraji vyrostlice, která je bohatší železem. Buchtit dále obsahuje hojný anortit (An), fayalit (Ol), neurčenou modifikaci SiO_2 (Si), magnetit (Mgn) a sklo (Gl). BSE mikrofoto P. Sulovský.

Vzorek Li2 je jemnozrný (zrno 0.05 - 0.3 mm), jen částečně vesikulární buchit s převahou olivínu a magnetitu s podřízeným sklem, anortitem a ortopyroxenem. Magnetická susceptibilita horniny je 100×10^{-3} SI.

Vzorek Li3 je celistvý černý buchit složený hlavně ze špačkovitých krystalů žlutého olivínu (0.1 - 0.8 mm), podřízeného prizmatického anortitu, magnetitu a skla. V buchitu se vyskytly také nodule „zbytkové taveniny“ tvořené kostrovitým olivínem, anortitem a sklem (obr. 32, 33). Magnetická susceptibilita horniny je 96×10^{-3} SI.

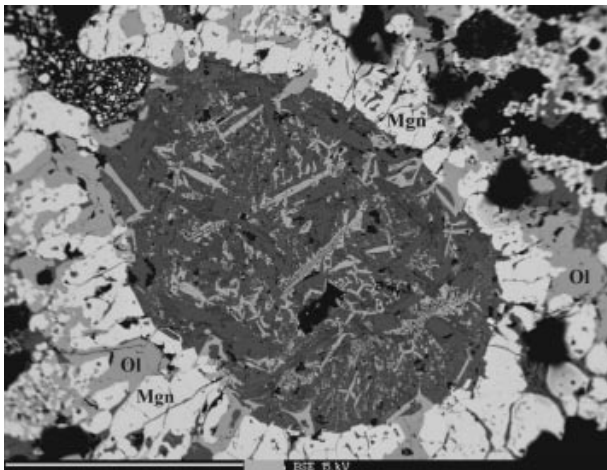
Vzorek Li5 je masivní buchit polokovového vzhledu s vysokou hustotou, velikost zrna se pohybuje mezi 0.05 - 0.1 mm. V hornině převládá magnetit nad olivínem, méně je anortitu a skla (obr. 28). Magnetická susceptibilita horniny je 476×10^{-3} SI.

Vzorek Li8 je černý jemnozrný buchit sloupečkovitého rozpadu, složený z olivínu, anortitu, magnetitu, skla a amorfní Fe-Si fáze. Magnetická susceptibilita horniny je 126×10^{-3} SI.

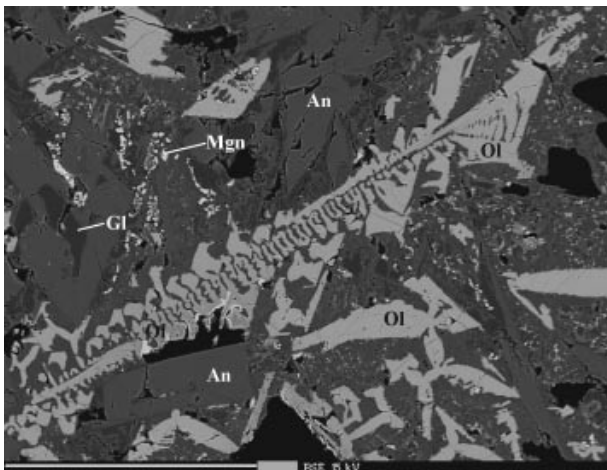
Vzorek Li9 představuje slabě vypálený velmi světle hnědý jemnozrný „sloupečkovitý“ pelosiderit limonitového vzhledu (obr. 26, 29). Pomocí rentgenové difrakce v něm byly určeny magnetit a maghemit, vedle sideritu a jílových minerálů. Magnetická susceptibilita tohoto materiálu se pohybuje kolem 40×10^{-3} SI.

Magnetická „břidlice“ z dolu Bílina

Na úpravně uhlí dolu Bílina v Ledvicích byl v roce zachycen separátorem kus silně magnetické (magnetická susceptibilita až 200×10^{-3} SI), poměrně tvrdé deskovité „břidlice“ šedé barvy, s otisky stébel rostlin na vrstevních plochách, avšak bez makroskopicky rozeznatelných minerálů. RTG analýza provedená tehdy M. Řehořem ve VÚHU v Mostě identifikovala magnetický minerál jako *magneziferit* (Řehoř 2002). Novým rentgenografickým studiem stejného materiálu (obr. 34) byl určen dominantní siderit a podřízená množství křemene, kaolinitu a spinelidu s vypočteným mřížkovým parametrem $a = 8.3646(1) \text{ \AA}$



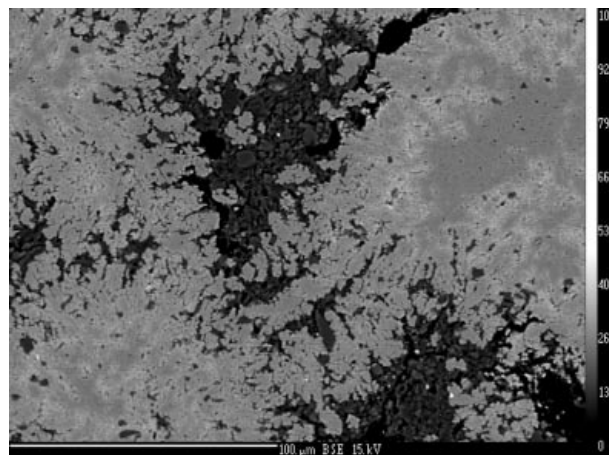
Obr. 32 Nodule „zbytkové taveniny“ v buchitu Li3 z Lišnice tvořená mozaikou kostrovitých krystalů fayalitu, anortitu a sklem (detail viz následující obrázek). Lem nodule tvoří hrubě krystalický olivín (Ol) a spinelid řady magnetit-hercynit (Mgn). Bílá linie odpovídá 1 mm. BSE mikrofoto P. Sulovský.



Obr. 33 Detail nodule „zbytkové taveniny“ z buchitu z Lišnice (vzorek Li3) s kostrovitě vyvinutými krystaly fayalitu (Ol) v matrici tvořené anortitem (An), akcesorickým hercynit-magnetitem (Mgn) a sklem (Gl). Bílá linie odpovídá 0.2 mm. BSE mikrofoto P. Sulovský.



Obr. 34 Vzorek „magnetické břidlice“ z dolu Bílina (B1). Vysoký obsah sideritu a deskovitý tvar ukazují, že protolitem byl tenký proplástek bohatý sideritem. Foto V. Žáček.



Obr. 35 Mikroskopický obraz „magnetické břidlice“ z dolu Bílina. Z jemnozrné matrici vystupují světlejší rozetovité agregáty sideritu s vtroušeným submikroskopickým magnetitem. BSE mikrofoto P. Sulovský.

(Žáček et al. 2010). Při následném studiu na elektronové mikroskopie však krystaly magnezioferitu nebyly nalezeny ani při velkém zvětšení. V BSE byly zjištěny jen dendritické agregáty sideritu zatlačující okolní silikátovou matrix (obr. 35). Bodové WDX analýzy z různých míst těchto agregátů poskytly 57 - 61 hm. % FeO^{tot}, kolem 2.8 hm. % MnO, 0.6 hm. % CaO, a pouze kolem 0.5 hm. % MgO, analytické sumy byly pak nízké (61 - 66 %). Magnetický minerál je zřejmě v sideritu pravděpodobně rozptýlen ve formě submikroskopických krystalů. Nízké koncentrace MgO v sideritu svědčí však spíše pro *magnetit* či *magnetit - hercynit* než pro magnezioferit. Podobné magnetické horniny s údajným, ale nedostatečně určeným magnezioferitem, byly nalezeny také v Tušimicích a v lomu Československé armády (Řehoř 2002; Řehoř, Novák 2010). I v těchto případech je nositelem zvýšené magnetické susceptibilitě spíše magnetit než magnezioferit (Žáček et al. 2010). Hornina vznikla ze sideritového proplásku při podzemním požáru ve starém důlním díle.

Stáří pyrometamorfózy v mostecké pánvi

Většina těles porcelanitů a s nimi sdružených pyrometamorfovaných hornin v oblasti mostecké pánve je bezpochyby fosilní. Studovaná tělesa jsou překryta závěsemi spraší, terasami říčních toků nebo jsou na povrchu dobře vyvinuté půdní horizonty (viz např. Malkovský et al. 1985; Tyráček 1994). Jak naznačuje jejich stratigrafická pozice, tělesa porcelanitů, ze kterých byly odebrány vzorky pro tuto práci, jsou pak všechna prokazatelně fosilní či předhistorická. Jen část těles pyrometamorfovaných hornin, nezahrnutých v této studii, mohla vzniknout také při požárech, které vznikly v souvislosti s těžbou hnědého uhlí, která v prostoru pánve probíhala intenzivněji od počátku 19. století. Datování vzniku pyrometamorfovaných hornin (detaily viz Krs 1968; Krs, Váně 1967; Krsová et al. 1989; Tyráček 1994) bylo založeno na faktu, že horniny byly termálně demagnetizovány, protože teplota při pyrometamorfóze překročila Curiův bod původních magnetických minerálů a po ochlazení pod tuto teplotu byly nově vzniklé magnetické minerály magnetizovány podle geomagnetického pole aktivního v době jejich vzniku. Pro datování ložisek porcelanitů byla zároveň důležitá informace o jejich stratigrafické pozici, protože datování

pomocí paleomagnetismu umožňuje rozlišit pouze zda jde o normální nebo inverzní magnetizaci. Datováno bylo 11 těles porcelanitů, která jsou prostorově spjata s několika úrovněmi teras řeky Ohře (viz Tyráček 1994). Datování umožnilo rozdělení těles porcelanitů do tří skupin, které byly korelovány se 3 paleomagnetickými epochami: nejstarší úroveň (tj. nejvýše položené terasy) epochy Gaussovy normální polarity (Gauss Normal Epoch) (3.40 - 2.48 Ma), mladší do epochy inverzní polarity (Matuyama Reverse Epoch, 2.48 - 0.788 Ma) a nejmladší pak epochy Brunhesovy normální polarity (Brunhes Normal Epoch, 0.788 Ma do současnosti). Z lokalit zahrnutých v této studii bylo datováno pouze ložisko u Dobřčic, kde podle Tyráčka (1994) doba vzniku pyrometamorfovaných hornin spadá do období paleomagnetické epochy Gaussovy normální polarity. (3.40 - 2.48 Ma, svrchní pliocén). Požár u Želének, potažmo i v blízkých Hostomicích je mladšího data, protože společně s neogenními sedimenty byla metamorfována také sprašová závěj, pro kterou uvádějí Malkovský et al. (1985) stáří střední pleistocén.

Přehled minerálů pyrometamorfovaných hornin mostecké pánve

Sklo je důležitou nebo dokonce dominující komponentou porcelanitů sensu stricto a je důležitou složkou také v ostatních buchitech. Podle Fediuka (1988) a Zelenky a Martinovské (1995) je obsah skla v porcelanitech velmi kolísavý v rozsahu 5 - 98 obj. %. Určitý podíl skla obsahuje většina vysoce pyrometamorfovaných hornin s výjimkou holokrystalických Ca-bohatých parálav ze Želének a železem bohatých nodulí tvořených hematitem a magnezioferitem z Dobřčic. Mikroskopové analýzy skla vzorků buchitů a porcelanitů z různých lokalit ukázaly, že jeho složení je poměrně monotónní a stále s poměrně malými rozsahy koncentrací hlavních oxidů: 70 - 79 hm. % SiO₂, 11 - 15 hm.% Al₂O₃. Charakteristické jsou zvýšené koncentrace K₂O (3 - 10 hm. %) a P₂O₅ (0.3 - 1.3 hm. %) a naopak většinou velmi nízké koncentrace CaO a Na₂O (viz tab. 4).

Anatas, rutil a leukoxen jsou hlavními nositeli titanu v jílech doprovázejících uhelnou sloj. Během pyrometamorfózy vstupuje většina titanu do struktur novotvořených

Tabulka 4 Chemické složení přírodních skel mostecké pánve (hm. %)

lokality	Nechvalice				Hostomice				Líšnice							
vzorek	NCH 2				Ho 1				Li 2		Li 3		Li 5		Li 8	
SiO ₂	73.38	71.37	71.20	71.26	74.04	73.54	73.15	72.21	69.65	75.44	77.56	76.40	78.79	73.29	73.89	
TiO ₂	0.14	0.09	0.11	0.11	0.15	0.11	0.24	0.15	0.17	0.27	0.04	0.05	0.03	0.00	0.11	
Cr ₂ O ₃	n.a.	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	
Al ₂ O ₃	12.14	12.85	12.94	13.46	13.05	11.50	12.16	12.08	14.96	13.81	11.39	11.49	10.95	12.73	12.69	
FeO ^{tot}	3.15	4.94	4.65	3.92	1.57	2.46	2.47	2.22	2.60	2.04	3.01	2.72	1.74	3.05	2.38	
MnO	0.00	0.12	0.10	0.08	0.05	0.01	0.07	0.06	0.04	0.05	0.03	0.06	0.00	0.06	0.16	
MgO	0.12	0.12	0.11	0.08	0.06	0.09	0.05	0.06	0.12	0.06	0.19	0.21	0.04	0.00	0.69	
CaO	0.65	0.91	0.95	0.98	0.67	0.40	0.61	0.34	3.91	1.20	0.40	0.29	0.87	3.23	0.00	
Na ₂ O	0.00	0.09	0.05	0.06	0.08	0.03	0.05	0.04	0.12	0.04	0.19	0.11	0.04	0.06	0.24	
K ₂ O	8.19	4.88	5.02	5.44	5.55	9.45	7.64	10.03	5.75	3.32	4.36	5.62	3.53	4.38	3.97	
BaO	n.a.	0.05	0.03	0.01	0.10	0.08	0.18	0.18	0.21	0.05	0.29	1.17	0.17	0.96	0.06	
P ₂ O ₅	n.a.	1.32	1.28	1.28	0.86	0.72	0.84	0.80	0.34	0.48	0.49	0.62	0.28	0.50	1.12	
total	97.76	96.73	96.44	96.67	96.18	98.36	97.45	98.17	97.86	96.75	97.94	98.74	96.43	98.25	95.31	

minerálů, hlavně spinelů, hematitu, pyroxenů a melilitů. Anatas byl zjištěn rentgenovou difrakcí v jednom vzorku porcelanitu z Dobřčic. Podle Zelenky a Martinovské (1995) je anatas hojný hlavně v podložních jílech, které jsou ovšem jako protolit porcelanitů dost vzácné a autoři tohoto příspěvku je neměli možnost studovat.

Anhydrit byl zjištěn jako akcesorický minerál jen ve vzorku Ze1 ze Želének (*Litologie 1*).

Ankerit byl nalezen ve vzorku buchitu NCH2 z Nechvalic, kde tvořil izometrické zrno asi 30 μm dlouhé zarostlé ve skle mezi krystaly olivínu. Bodová analýza poskytla (hm. %) 25.13 FeO^{tot} , 7.19 MgO , 0.88 MnO a 21.92 CaO .

Apatit byl zjištěn jako akcesorie ve vzorku Ze10 ze Želének (*Litologie 3*). Tvořil idiomorfni dlouze prizmatický 100 μm dlouhý krystal zarostlý do klinopyroxenu a částečně kirschsteinitu. Apatit je bohatý fluorem (2.5 - 3.2

Tabulka 5 Chemické složení pyroxenů pyrometamorfovaných hornin mostecké pánve (hm. %). Přepočteno na 4 atomy kyslíku, podíl Fe^{2+} a Fe^{3+} podle valencí

lokalita	Lišnice		Želénky, <i>litologie 1</i>					
vzorek	Li1		Ze8		Ze1			
SiO_2	47.77	49.37	28.23	30.07	30.94	31.58	33.19	36.61
TiO_2	0.05	0.05	5.84	3.47	4.34	1.78	1.60	2.69
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.19	0.02	0.09	0.00	n.d.	0.00
Al_2O_3	2.75	4.31	15.42	13.29	13.83	15.08	16.74	17.87
FeO^{tot}	34.57	25.76	21.95	22.50	20.15	21.60	17.92	11.55
MnO	1.10	0.56	0.08	0.36	0.12	0.43	0.11	0.29
MgO	12.44	19.13	3.76	3.85	4.59	3.05	4.62	6.15
CaO	1.13	1.11	22.81	23.19	23.30	23.25	23.00	24.01
BaO	0.03	0.00	0.21	0.31	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Na_2O	0.01	0.01	0.34	0.44	0.43	0.39	0.55	0.42
K_2O	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00
Total	99.87	100.29	98.84	97.50	97.79	97.16	97.78	99.59
T-site								
Si	1.898	1.859	1.127	1.214	1.235	1.272	1.303	1.391
Al[4]	0.102	0.141	0.726	0.633	0.651	0.716	0.697	0.609
Fe^{3+} [4]	0.000	0.000	0.147	0.153	0.114	0.013	0.000	0.000
total T	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
M1-site								
Al[6]	0.026	0.050	0.000	0.000	0.000	0.000	0.078	0.191
Fe^{3+} [6]	0.074	0.088	0.542	0.607	0.534	0.651	0.568	0.296
Ti	0.002	0.001	0.175	0.105	0.130	0.054	0.047	0.077
Cr	0.000	0.000	0.006	0.001	0.003	0.000	0.000	0.000
Mg	0.736	0.860	0.224	0.232	0.273	0.183	0.270	0.348
Fe^{2+}	0.161	0.000	0.044	0.000	0.025	0.064	0.020	0.071
Mn	0.000	0.000	0.003	0.012	0.004	0.015	0.004	0.009
Ca	0.000	0.000	0.005	0.043	0.030	0.034	0.012	0.008
total M1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
M2-site								
Mg	0.000	0.214	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe^{2+}	0.913	0.723	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.037	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	0.048	0.045	0.971	0.961	0.967	0.970	0.956	0.969
Ba	0.000	0.000	0.003	0.005	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Na	0.001	0.000	0.026	0.034	0.033	0.030	0.042	0.031
K	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000
total M2	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
název pyroxenu	aluminian magnesian ferrosilite	aluminian ferroan enstatite	titanian magnesian esseneite	titanian magnesian esseneite	titanian magnesian esseneite	magnesian esseneite	magnesian esseneite	subsilicic aluminian ferric pyroxene
Cameron, Papike (1981)								
OTHERS	10.2	14.1	72.6	71.3	66.7	71.6	69.7	60.9
QUAD	89.8	85.9	27.4	28.7	33.3	28.4	30.3	39.1
Xfe	0.593	0.402	0.165	0.000	0.084	0.258	0.069	0.169

hm. %) a obsahuje zvýšené koncentrace FeO (0.7 hm. %) a zejména SiO₂ (1.7 - 3.7 hm. %), což indikuje přítomnost minoritního podílu fluorellestaditové komponenty. Síra však nebyla analyzována. Apatit obohacený Si (SiO₂ 3.21 hm. %) a La, Ce, Nd (celkem REE₂O₃ 11.80 hm. %), uvádějí také Fediuk et al. (2003) z Dobřčic. V tomto případě chybí analýzy F i S.

Aragonit je hojnou součástí Ca-bohatých paraláv ze

Želének (*Litologie 1 a 2*). Tvoří bohaté krusty složené z vějířovitě uspořádaných jehlicovitých krystalů, které nasedají na starší minerály na povrchu klastů těchto hornin i v drobných drúzových dutinách, zejména na krystaly mellilitu a esseneitu. Aragonit vystupuje samostatně nebo spolu s kalcitem a vznikl ze slabě temperovaných nebo chladných roztoků až po vychladnutí tělesa pyrometamorfovaných hornin (obr. 36).

Tabulka 5 Pokračování

lokality	Želénky, <i>litologie 1</i>		Želénky 2	Želénky, <i>litologie 2 3</i>			Dobřčice	
vzorek	Ze6		Ze5	Ze10			Do7	
SiO ₂	32.14	33.45	36.66	39.07	43.14	43.22	48.67	47.49
TiO ₂	2.76	3.50	0.91	4.92	0.59	2.83	2.62	3.32
Cr ₂ O ₃	0.09	0.00	0.00	0.04	0.00	0.02	0.01	0.00
Al ₂ O ₃	15.97	15.48	11.23	16.55	11.53	12.87	4.24	5.24
FeO ^{tot}	18.49	15.19	21.28	8.54	13.56	8.08	10.28	10.41
MnO	0.20	0.12	0.20	0.18	0.35	0.14	0.45	0.43
MgO	4.56	5.13	5.58	6.28	6.33	8.41	11.99	11.16
CaO	23.42	23.34	24.01	24.34	24.27	24.50	21.53	21.96
BaO	n.a.	n.a.	0.00	0.00	0.01	0.02	n.d.	n.d.
Na ₂ O	0.36	0.34	0.54	0.09	0.08	0.03	0.00	0.01
K ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
Total	97.99	96.55	100.40	100.01	99.87	100.13	99.78	100.02
T-site								
Si	1.269	1.332	1.415	1.485	1.653	1.627	1.844	1.802
Al[4]	0.731	0.668	0.511	0.515	0.347	0.373	0.156	0.198
Fe ³⁺ [4]	0.000	0.000	0.074	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
total T	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
M1-site								
Al[6]	0.012	0.059	0.000	0.227	0.173	0.198	0.033	0.036
Fe ³⁺ [6]	0.580	0.426	0.572	0.013	0.146	0.018	0.000	0.000
Ti	0.082	0.105	0.026	0.141	0.017	0.080	0.075	0.095
Cr	0.003	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Mg	0.268	0.305	0.321	0.356	0.362	0.472	0.677	0.631
Fe ²⁺	0.030	0.080	0.041	0.258	0.289	0.232	0.214	0.238
Mn	0.007	0.004	0.006	0.004	0.011	0.000	0.000	0.000
Ca	0.018	0.022	0.033	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000
total M1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
M2-site								
Mg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe ²⁺	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.111	0.092
Mn	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.004	0.014	0.014
Ca	0.972	0.974	0.960	0.992	0.994	0.988	0.874	0.893
Ba	n.d.	n.d.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Na	0.028	0.026	0.040	0.006	0.006	0.002	0.000	0.001
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
total M2	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
název pyroxenu	mag-nesian esseneite	subsili- cian alu- minian ferric titanian pyroxene	subsili- cian alu- minian ferric pyroxene	subsili- cian titanian alu- minian diopside	subsili- cian ferrian alu- minian diopside	subsili- cian alu- minian diopside	alu- minian diopside	alu- minian diopside
Cameron, Papike (1981)								
OTHERS	73.1	66.8	59.8	51.5	34.7	37.3	15.58	19.81
QUAD	26.9	33.2	40.2	48.5	65.3	62.7	84.42	80.19
Xfe	0.101	0.208	0.113	0.420	0.444	0.333	0.325	0.344

Baryt byl zjištěn jako akcesorický minerál v Ca-bohaté paralávě ze Želének (vzorek Ze5, *litologie* 2), vzácně také v buchitech z Líšnice. Tvoří zrnka hypidiomorfního nebo zcela nepravidelného obrysu o velikosti 5 - 50 μm . Ve vzorku Ze5 vystupuje baryt poblíž zrn Ca-feritů.

Celsian o složení $\text{Ca}_{0,61-0,76}\text{Kf}_{0,18-0,33}$ představuje vzácnou akcesorii ve vzorku Ze10 ze Želének (*Litologie* 3). Ve výbrusu byl zjištěn jako ojedinělý dokonale vyvinutý krátce sloupcovitý krystal o délce 150 μm . Jeho chemické složení odpovídá empirickému vzorci: $\text{Ba}_{0,60-0,75}\text{K}_{0,18-0,32}\text{Sr}_{0,03-0,14}\text{Ca}_{0,02-0,05}\text{Na}_{0,02-0,03}\text{Al}_{1,64-1,81}\text{Si}_{2,19-2,36}\text{O}_8$ (viz tab. 11).

Cristobalit je podle výsledků rentgen-difrakčního studia běžnou, někdy i hlavní složkou porcelanitů (Zelenka, Martinovská 1995; Fediuk et al. 2003, tato práce). Makroskopický cristobalit nebyl na rozdíl od tridymitu zjištěn.

Cordierit a sekaninait jsou pravděpodobně běžnou součástí většiny porcelanitů. Byly prokázány rentgenovou difrakcí například ve vzorcích porcelanitů z Dobřčic a Svinčic, z dobrčických porcelanitů je uvádějí také Fediuk et al. (2003). V hruběji krystalické podobě (někdy i makroskopicky patrné) a jako důležitý horninotvorný minerál, se vyskytl v buchitech z Hostomic (vzorek Ho1) a z Nechvalic (vzorek NCH1). Ve vzorku Ho1 (buchit) tvoří modrý pleochroický Mg-sekaninait ($\text{Fe}/(\text{Mg}+\text{Fe}) = 0.62 - 0.67$) hypidiomorfní zrna až idiomorfní šestiboké průřezy o velikosti 0.05 - 0.5 mm. Vystupuje v něm v množství kolem 15 % spolu s fayalitem, anortitem, tridymitem a spinelkem a asi 20 % skla vedle sekundárního sádrovce. Ve vzorku NCH1 (silně sklovitý buchit) Fe-cordierit až Mg-sekaninait ($\text{Fe}/(\text{Mg}+\text{Fe}) = 0.29 - 0.55$) vystupuje s mullitem, spinelidem a hematitem. Je bledě modrý, velmi slabě pleochroický a jeho zrna dosahují velikosti 0.2 mm. Kromě kolísavého podílu Mg a Fe složky se cordierity vyznačují nízkými kon-



Obr. 36 Drúzová dutina vzorku *esseneitického melilitovce* ze Želének (*Litologie* 1, vzorek Ze1). Žluté krystaly melilitu jsou porostlé bílým radiálně paprscitým aragonitem. Foto V. Žáček.

Tabulka 6 Chemické složení cordieritu a sekaninaitu z pyrometamorfovaných hornin z mostecké pánve a z Kladna*, přepočteno na 18 atomů kyslíku

vzorek	NCH1	Nechvalice	Ho1	Hostomice	K127b	Kladno	K125	Kladno	K123	Kladno			
SiO ₂	48.05	47.02	47.36	46.77	46.84	46.75	49.98	50.24	50.59	49.22	47.92	45.95	47.47
TiO ₂	0.09	0.20	0.18	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.20	0.22	0.08	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	34.61	33.02	33.48	31.87	31.94	31.63	34.50	35.02	35.39	34.60	34.44	38.31	34.82
FeO	7.07	12.77	10.93	14.94	14.63	16.48	1.31	1.18	0.65	3.02	7.42	6.67	7.55
MnO	0.10	0.11	0.11	0.33	0.30	0.33	0.41	0.33	0.00	0.23	0.00	0.18	0.14
MgO	9.73	5.84	7.16	4.56	4.84	4.37	12.82	12.90	13.26	11.73	9.28	8.22	9.06
CaO	0.09	0.10	0.09	0.05	0.07	0.06	0.12	0.00	0.11	0.08	0.14	0.00	0.09
Na ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K ₂ O	0.28	0.21	0.16	0.44	0.18	0.20	0.27	0.23	0.36	0.07	1.05	0.81	1.03
total	100.02	99.27	99.46	98.98	98.82	99.86	99.42	99.90	100.58	99.16	100.44	100.15	100.16
Si	4.854	4.908	4.892	4.957	4.958	4.943	4.948	4.941	4.930	4.915	4.850	4.643	4.822
Ti	0.007	0.016	0.014	0.002	0.002	0.002	0.000	0.000	0.015	0.017	0.006	0.000	0.000
Al	4.120	4.062	4.075	3.982	3.984	3.941	4.026	4.059	4.065	4.071	4.108	4.562	4.168
Fe ²⁺	0.598	1.115	0.944	1.324	1.295	1.457	0.109	0.097	0.053	0.252	0.628	0.564	0.642
Mn	0.009	0.010	0.009	0.029	0.027	0.029	0.034	0.027	0.000	0.019	0.000	0.015	0.012
Mg	1.465	0.909	1.102	0.721	0.763	0.688	1.892	1.892	1.927	1.746	1.400	1.239	1.372
Ca	0.010	0.011	0.010	0.005	0.008	0.007	0.013	0.000	0.011	0.009	0.015	0.000	0.010
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K	0.035	0.028	0.021	0.060	0.024	0.026	0.034	0.029	0.045	0.009	0.135	0.104	0.133
total	11.097	11.059	11.067	11.080	11.061	11.100	11.056	11.044	11.046	11.037	11.153	11.128	11.160
XFe	0.289	0.548	0.459	0.638	0.621	0.670	0.054	0.049	0.027	0.126	0.310	0.313	0.319

* paraláva s cordieritem a mullitem z hořického odvalu z Kladna (podle Žáčka 1997)

centracemi manganu a podobně jako cordierity z pyrometamorfovaných hornin kladenských hald (Žáček 1997) mají zvýšené koncentrace K_2O (0.16 - 0.44 hm. %) (viz obr. 12, 43, tab. 6).

Fayalit a forsterit, viz heslo olivín.

Ca-grahtonit se vyskytl jako akcesorie ve vzorku NCH2 z Nechvalice jako nepravidelné agregáty 100 - 200 μm v průměru vyplňující mezery mezi idiomorfními krystaly olivínu (obr. 24). Jde pravděpodobně o unikátní výskyt v pyrometamorfovaných horninách. Minerál má hnědou barvu, pod mikroskopem ve výbrusu prosvítá tmavě červeně. Data z elektronové mikrosondy ukazují, že je to bezvodý Ca-Fe dominantní fosfát bez fluoru, který je stechiometrický a značně homogenní. S největší pravděpodobností jde o Ca-bohatý grahtonit, jehož empirický vzorec je $(Fe_{1.35-1.38}Ca_{1.25-1.27}Mg_{0.33-0.38}Mn_{0.04-0.05})(P_{1.97-1.99}O_4)_{/2}$ (viz tab. 7).

Hematit je v porcelanitech poměrně častým minerálem a vyskytuje s v mnoha různých podobách. Na mnoha lokalitách tvoří černé nebo stříbřité hroznovité či porézni

agregáty kovového nebo polokovového vzhledu, někdy se sametovým povrchem o velikosti až do cca 10 cm. Od podobných útvarů bohatých magnetitem či magnezioferitem si liší nízkou magnetickou susceptibilitou nejvýše do 5×10^{-3} SI (obr. 15). Tyto převážně monominerální agregáty hematitu nebyly detailně studovány. Hematit také tvoří kovově šedé povlaky nebo droboučké krystaly na povrchu dutin některých buchtů nebo se vyskytuje vtroušený spolu se spinelidy v silikátové matrix některých buchtů a porcelanitů. Analyzován byl hlavně hematit, který tvoří hojné, krystalograficky orientované lištovité nebo nepravidelné odmišeniny v magnezioferitu z Dobřčic, a to jednak masivních krust tohoto minerálu, jednak oktaedrických krystalů, které jsou výrazně bohatší na odmišený hematit (obr. 19 - 21).

Odmišený hematit obsahuje minoritní koncentrace TiO_2 (0.07 - 3.14 hm. %), Al_2O_3 (0.09 - 2.72 hm. %), MgO (0.08 - 0.96 hm. %) a MnO (0.0 - 0.32 hm. %), koncentrace oxidů Si, Cr, Ca, Zn jsou většinou nižší než 0.01 hm. %. Chemické analýzy hematitu jsou uvedeny v tabulce 8.

Tabulka 7 Chemická složení fosfátů, perovskitu a Ca-silikátů z pyrometamorfovaných hornin mostecké pánve (hm. %)

minerál	Ca grahtonit			Fe-Al fosfosilikát			perovskit			Ca_2SiO_4	
	NCH2	Nechvalice		NCH2	Nechvalice		Ze1	Želénky		Ze5	Želénky
SiO_2	0.25	0.25	0.28	18.21	20.04	26.46	10.71	10.18	10.52	33.88	34.19
TiO_2	0.06	0.01	0.04	0.00	0.04	0.04	33.17	35.46	34.18	0.07	0.07
Cr_2O_3	n.a	n.a	na.	n.a.	n.a.	n.a.	0.14	0.00	0.08	0.01	0.01
Al_2O_3	0.08	0.00	0.00	7.03	6.09	6.10	0.87	0.84	1.18	0.04	0.02
FeO^{tot}	29.37	30.14	30.36	46.33	45.47	40.31	9.81	9.96	8.60	0.43	0.42
MnO	0.92	1.01	1.13	0.14	0.10	0.14	0.00	0.21	0.25	0.02	0.00
MgO	4.69	4.64	4.22	0.52	0.62	0.67	0.46	0.45	0.25	0.01	0.00
CaO	21.84	21.56	21.56	2.05	2.49	2.07	40.23	41.09	39.26	63.45	63.23
Na_2O	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.03	0.21	0.36	0.31	0.49	0.45
K_2O	0.00	0.00	0.01	0.16	0.12	0.31	0.16	0.33	0.29	0.09	0.11
BaO	0.36	0.28	0.13	0.00	0.05	0.00	n.a.	n.a.	0.95	0.19	0.24
SrO	0.06	0.05	0.05	0.04	0.01	0.00	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
P_2O_5	43.28	43.19	43.26	8.99	7.95	6.17	0.47	0.71	0.56	0.11	0.15
SO_3	0.02	0.00	0.00	0.18	0.26	0.25	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	n.a.	n.a.	n.a.	0.09	0.17
total	100.93	101.16	101.03	83.63	83.24	82.54	96.24	99.58	96.43	98.87	99.06
O	8	8	8	12	12	12	3	3	3	4	4
Si	0.013	0.014	0.015	1.983	2.184	2.769	0.254	0.234	0.249	0.986	0.991
Ti	0.003	0.000	0.001	0.000	0.003	0.003	0.592	0.613	0.610	0.001	0.001
Cr							0.003	0.000	0.002	0.000	0.000
Al	0.005	0.000	0.000	0.902	0.781	0.752	0.024	0.023	0.033	0.001	0.001
Fe^{2+}	1.325	1.361	1.372	4.218	4.143	3.528	0.195	0.192	0.171	0.010	0.010
Mn	0.042	0.046	0.052	0.013	0.009	0.012	0.000	0.004	0.005	0.001	0.000
Mg	0.377	0.374	0.340	0.084	0.101	0.104	0.016	0.015	0.009	0.000	0.000
Ca	1.262	1.247	1.249	0.239	0.290	0.232	1.024	1.013	0.997	1.979	1.963
Na	0.000	0.003	0.000	0.000	0.001	0.005	0.010	0.016	0.014	0.028	0.025
K	0.000	0.000	0.000	0.022	0.016	0.041	0.005	0.010	0.009	0.003	0.004
Ba	0.008	0.006	0.003	0.000	0.002	0.000			0.009	0.002	0.003
Sr	0.002	0.001	0.002	0.003	0.000	0.000					
P	1.977	1.974	1.979	0.828	0.734	0.547	0.009	0.014	0.011	0.003	0.004
S	0.001	0.000	0.000	0.015	0.021	0.019					
F	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				0.008	0.016
total	5.014	5.026	5.013	8.305	8.287	8.014	2.133	2.133	2.118	3.024	3.018

Tabulka 8 Chemické složení hematitu*, maghemitu a ilmenitu z pyrometamorfovaných hornin mostecké pánve (hm. %), přepočteno na 3 atomy kyslíku

lokalita	Dobřice						Nechvalice		Líšnice		Dobřice	
	Do3		Do4		Do5		NCH2	Li 9 - maghemit		Do9 - ilmenit		
SiO ₂	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	1.26	0.29	0.08	
TiO ₂	0.97	3.14	0.72	1.73	0.12	0.57	1.18	0.04	0.00	5.42	3.63	50.93
Al ₂ O ₃	0.74	0.25	0.24	0.84	0.32	0.09	0.09	0.00	0.00	2.87	3.30	1.24
Fe ₂ O ₃ ^{tot}	98.40	96.64	99.09	97.08	100.12	99.61	98.77	99.21	100.32	87.53	89.15	
FeO ^{tot}												38.93
MnO	0.11	0.00	0.06	0.18	0.26	0.19	0.17	0.00	0.06	0.39	0.47	0.26
MgO	0.52	0.94	0.21	0.96	0.13	0.28	0.52	1.04	0.00	1.79	1.62	4.01
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.04	0.00	0.00	0.54	0.91	0.11
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.06	0.06	
total	100.80	100.96	100.32	100.80	100.95	100.76	100.78	100.30	100.51	99.90	99.48	95.81
Si	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.032	0.008	0.002
Ti	0.019	0.061	0.014	0.034	0.002	0.011	0.023	0.001	0.000	0.103	0.070	0.973
Cr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	0.023	0.008	0.007	0.026	0.010	0.003	0.003	0.000	0.000	0.086	0.100	0.037
Fe ³⁺	1.935	1.887	1.967	1.901	1.980	1.972	1.949	1.971	1.994	1.672	1.729	0.000
Fe ²⁺	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.827
Mn	0.003	0.000	0.001	0.004	0.006	0.004	0.004	0.000	0.001	0.008	0.010	0.006
Mg	0.020	0.036	0.008	0.037	0.005	0.011	0.020	0.041	0.000	0.068	0.062	0.152
Ca	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.015	0.025	0.003
Zn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000
total	2.001	1.992	1.998	2.002	2.003	2.002	2.001	2.013	1.999	1.986	2.007	2.003

*kromě posledních tří analýz z Líšnice a Dobřic jsou všechny vzorky hematity

Tabulka 9 Chemické složení melilitu z pyrometamorfovaných hornin mostecké pánve (hm. %), přepočteno na 7 atomů kyslíku

lokalita	Želénky, litologie 1			Želénky, litologie 2		Želénky, litologie 3			Dobřice				
	Ze1	Ze8	Ze6	Ze5		Ze10			Do6/1	Do7	Do11		
SiO ₂	25.55	35.09	33.07	35.92	21.27	24.53	36.21	39.96	37.72	47.03	41.89	41.71	47.58
TiO ₂	0.18	0.09	0.00	0.10	0.02	0.09	0.06	0.05	0.04	2.24	0.61	3.67	1.24
Al ₂ O ₃	23.63	15.23	19.13	12.83	25.34	16.29	14.61	7.17	13.22	9.72	8.21	12.05	6.51
FeO ^{tot}	8.12	5.86	2.56	4.22	11.30	16.99	4.80	9.92	4.64	2.80	15.96	8.68	9.27
MnO	0.09	0.40	0.23	0.00	0.13	0.00	0.09	0.18	0.06	0.26	0.50	0.29	0.35
MgO	2.08	4.06	5.16	6.59	0.53	1.95	4.05	3.97	4.68	12.46	6.98	8.90	11.05
CaO	38.56	35.41	38.49	37.48	38.68	37.12	37.77	36.05	36.14	25.30	23.98	24.31	23.88
Na ₂ O	0.39	1.88	0.76	1.22	0.31	0.43	1.51	1.61	2.33	0.00	0.00	0.00	0.00
K ₂ O	0.00	0.36	0.23	0.35	0.01	0.04	0.30	0.28	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	n.d.	n.d.	0.02	n.d.	n.d.	n.d.	0.07	0.15	0.09	0.03	0.00		
total	98.60	98.38	99.65	98.71	97.61	97.42	99.46	99.34	99.28	99.82	98.12	99.62	99.88
Si	1.210	1.648	1.521	1.672	1.027	1.208	1.683	1.897	1.748	2.022	1.967	1.859	2.099
Ti	0.006	0.003	0.000	0.004	0.001	0.003	0.002	0.002	0.001	0.072	0.021	0.123	0.041
Al	1.319	0.843	1.037	0.704	1.442	0.945	0.800	0.401	0.722	0.492	0.454	0.633	0.338
Fe ³⁺	0.284	0.047	0.001	0.077	0.532	0.677							
Fe ²⁺	0.038	0.183	0.097	0.087	0.076	0.023	0.187	0.394	0.180	0.101	0.627	0.323	0.342
Mn	0.038	0.183	0.097	0.087	0.076	0.023	0.004	0.007	0.002	0.009	0.020	0.011	0.013
Mg	0.147	0.284	0.354	0.457	0.038	0.143	0.280	0.281	0.323	0.798	0.489	0.591	0.727
Ca	1.957	1.782	1.898	1.869	2.001	1.958	1.881	1.834	1.795	1.165	1.206	1.161	1.129
Na	0.036	0.171	0.068	0.110	0.029	0.041	0.136	0.148	0.209	0.000	0.000	0.000	0.000
K	0.000	0.022	0.014	0.021	0.001	0.002	0.017	0.017	0.022	0.000	0.000	0.000	0.000
Ba	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
total	4.996	4.984	4.991	5.000	5.146	5.000	4.992	4.984	5.005	4.660	4.785	4.702	4.690

Tabulka 10 Chemické složení olivínu řady fayalit-forsterit a Ca-olivínu kirschsteinitu z pyrometamorfovaných hornin mostecké pánve (hm. %), přepočteno na 4 atomy kyslíku

lokality	Dobruška					Nechvalice		
vzorek	Do7		Do9			NCH2		
SiO ₂	39.68	41.99	39.33	36.99	36.47	30.72	30.68	30.44
TiO ₂	0.00	0.10	0.09	0.06	0.27	0.00	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	0.82	0.15	1.21	0.03	0.74	0.00	0.00	0.07
FeO ^{tot}	29.96	6.15	31.88	30.83	43.89	63.45	63.10	63.33
MnO	1.37	0.53	1.07	1.22	0.88	0.63	0.56	0.55
MgO	27.67	50.66	25.82	32.12	17.91	4.71	4.39	4.59
CaO	0.59	1.47	0.19	0.05	0.18	0.00	0.00	0.07
Na ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K ₂ O	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
total	100.09	101.06	99.59	101.30	100.36	99.50	98.73	99.05
Si	1.066	1.005	1.069	0.994	1.049	1.007	1.013	1.003
Ti	0.000	0.002	0.002	0.001	0.006	0.000	0.000	0.000
Al	0.026	0.004	0.039	0.001	0.025	0.000	0.000	0.003
Fe ²⁺	0.673	0.123	0.724	0.693	1.056	1.739	1.742	1.746
Mn	0.031	0.011	0.025	0.028	0.021	0.017	0.016	0.015
Mg	1.108	1.808	1.046	1.287	0.768	0.230	0.216	0.226
Ca	0.017	0.038	0.006	0.001	0.006	0.000	0.000	0.002
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ba	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
total	2.921	2.991	2.910	3.005	2.932	2.993	2.987	2.995
XFe	0.37	0.06	0.40	0.34	0.57	0.88	0.88	0.88

Tabulka 10 Pokračování

lokality	Líšnice			Hostomice		Želénky			
vzorek	Li3		Li5	Li8	Ho1	Ze 10 kirschsteinit			
SiO ₂	32.43	30.84	32.53	50.09	30.15	29.92	32.83	33.18	32.85
TiO ₂	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.11	0.07	0.02
Al ₂ O ₃	0.05	0.05	0.08	2.60	0.04	0.06	0.02	0.01	0.03
FeO ^{tot}	52.66	61.34	53.21	24.61	63.16	63.64	33.27	33.49	34.33
MnO	0.57	0.93	1.17	0.64	1.03	1.07	1.01	1.02	1.20
MgO	14.91	7.19	13.51	20.48	5.33	5.37	4.51	4.60	2.87
CaO	0.22	0.33	0.29	1.26	0.08	0.10	27.75	28.10	28.34
Na ₂ O	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00	0.00	0.06	0.03	0.02
K ₂ O	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00	0.01	0.00	0.02
BaO	0.00	0.00	0.01	0.06	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00
total	100.91	100.91	100.87	99.86	99.90	100.21	99.58	100.50	99.69
Si	0.982	0.984	0.991	1.268	0.986	0.978	1.002	1.003	1.009
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.002	0.000
Al	0.002	0.002	0.003	0.077	0.002	0.002	0.001	0.000	0.001
Fe ²⁺	1.334	1.637	1.356	0.521	1.728	1.741	0.849	0.846	0.882
Mn	0.015	0.025	0.030	0.014	0.029	0.030	0.026	0.026	0.031
Mg	0.673	0.342	0.614	0.773	0.260	0.262	0.205	0.207	0.131
Ca	0.007	0.011	0.009	0.034	0.003	0.004	0.907	0.910	0.933
Na	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.003	0.002	0.001
K	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001
Ba	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
total	3.014	3.008	3.006	2.692	3.010	3.018	2.997	2.997	2.991
XFe	0.66	0.81	0.67	0.39	0.86	0.86	0.81	0.80	0.87

Chalkopyrit byl identifikován elektronovou energiově disperzní mikroanalýzou jako akcesorie ve vzorku Ze5 ze Želének. Tvoří nepravidelná zrna až 20 µm velká, zarostlá hlavně do melilitu.

Ilmenit je v pyrometamorfovaných horninách vzácný, vzhledem k převážně silné oxidačnímu prostředí. Byl zjištěn ve vzorku buchitu z Dobrušic jako prismatický agregát o velikosti 80 × 5 µm tence lemovaný hematitem v asociaci se spinelem, anortitem a olivínem. Obsahuje 12 - 15 mol. % geikilitové složky (3.2 - 4.0 hm. % MgO), ale jen 0.6 mol. % složky pyrofanitové (0.22 - 0.26 hm. % MnO), zvýšené koncentrace Al₂O₃ (1.0 - 1.2 hm. %) a stopy ZrO₂ (0.02 - 0.17 hm. %), viz tabulka 8.

Kalcit tvoří bílé kůry složené z bezbarvých krystalků o velikosti 0.1 - 0.4 mm. Tvoří tenké krystalické kůry či výplně dutin na vzorcích Ca-bohatých paraláv ze Želének, vzácně i v Dobrušicích.

Kirschsteinit, vzácný minerál ze skupiny olivínu, ideálně CaFeSiO₄, tvoří 2 - 3 obj. % ve vzorku Ze10. Pod mikroskopem tvoří nepravidelná zrna 0.2 - 0.8 mm velká, která jsou bezbarvá, či slabě nažloutlé barvy a vyplňují mezery mezi krystaly fialového Ti-bohatého klinopyroxenu melilitu a spinelidu (obr. 9). Chemicky vykazuje minimální variabilitu vyjádřenou empirickým vzorcem $Ca_{0.91-0.93}Fe_{0.85-0.88}Mg_{0.13-0.21}Mn_{0.03}Si_{1.00-1.01}O_4$ (tab. 10).

Klinopyroxen byl zjištěn hlavně v materiálu ze Želének, vzácně i z Dobrušic. Klinopyroxen velmi pestrého chemismu představuje důležitý, někdy i převládající horninotvorný minerál v Ca-bohatých paralávách *Litologie 1 a 3* ze Želének. V horninách *Litologie 1* tvoří klinopyroxen krátce až dlouze sloupcovité idiomorfni až hypidiomorfni krystaly až 3



Obr. 37 Asi 3 mm dlouhý krystal esseneitu z melilitovce ze Želénky (Litologie 1). Foto V. Žáček.

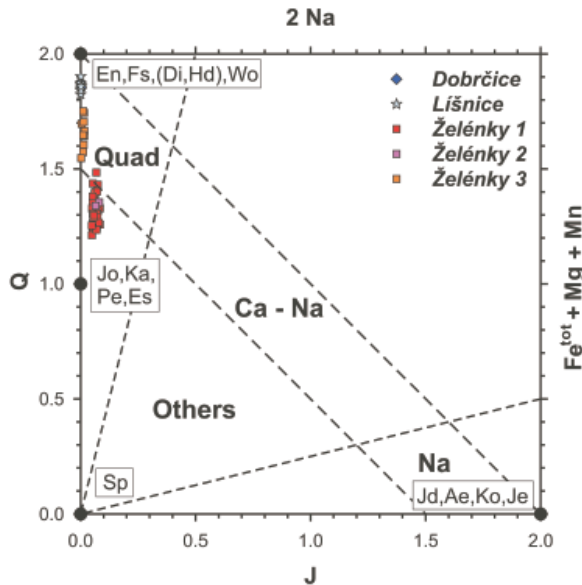
mm dlouhé, většinou srůstající s melilitem nebo tvořící téměř monominerální agregáty z těsně srostlých pyroxenových krystalů a zrn (obr. 5, 37). V drúzových dutinách se vyskytly i dokonale vyvinuté skelně lesklé krystaly s terminálním ukončením, makroskopicky černé, na hranách a v drobných úlomcích však zeleně prosvítající. Ve výbrusech je klinopyroxen často zonální, zvláště u krystalů v monominerálních partiích bývá vyvinuta diskontinuální zonálnost, kdy jádro je žlutozelené a okraj krystalu zelený až modrozelený. Tyto pyroxeny vykazují výrazný pleochroismus: X, Y = žlutozelená, Z = trávově zelená s modravým odstínem při okraji krystalů (vzorek Ze1) nebo X, Y = hnědožlutá, Z = trávově zelená (vzorek Ze6).

Litologie 3 (Želénky) hostí krátce sloupcovité až izometrický klinopyroxen o velikosti zrn 0.2 - 1 mm, který srůstá v mozaiku zrn zejména s anortitem, melilitem a s podřízeným kirschsteinitem. Většina pyroxenových zrn Litologie 3 má ve výbrusu velmi neobvyklou sytě fialovou až broskvovou barvu, jen některá zrna, nebo okraje fialových zrn jsou lahově zelené.

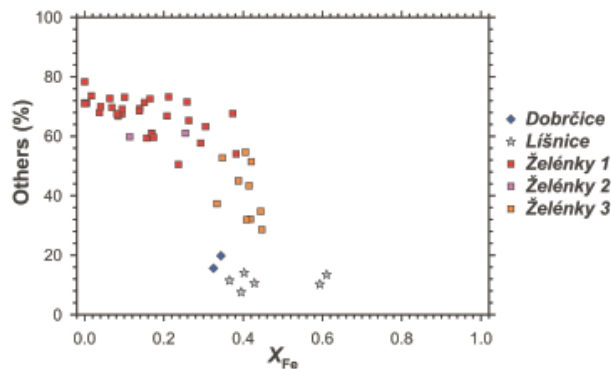
V materiálu z Dobřčic byl klinopyroxen nalezen jen v jednom vzorku buchitu, kde tvořil nepravidelná až hypidiomorfní korodovaná zrna hnědé barvy do velikosti 0.4 mm v asociaci s anortitem, olivínem a hematitem.

Tabulka 11 Chemické složení celsianu a plagioklasu z pyrometamorfovaných hornin mostecké pánve (hm. %), přepočítáno na 8 atomů kyslíku

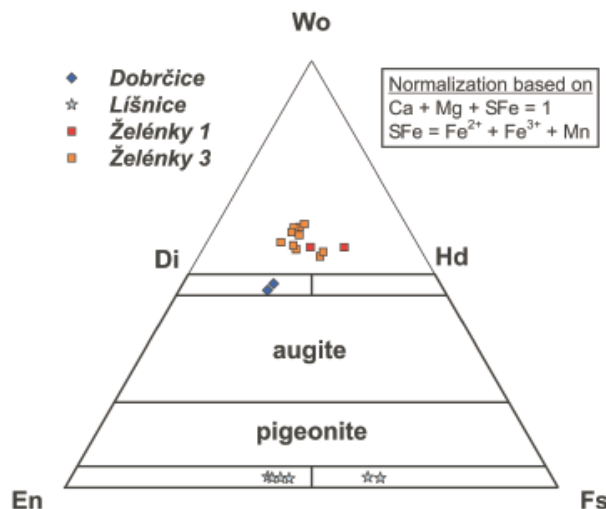
lokality	Želénky Ze10	Želénky Ze10	Želénky Ze1	Dobřčice Do7	Nechvalice NCH2	Líšnice Li 1	Líšnice Li 3	Líšnice Li 5	Hostomice Ho 1			
SiO ₂	37.51	42.22	43.99	43.88	43.22	44.64	46.68	46.61	47.60	45.02	47.73	44.37
Al ₂ O ₃	26.34	24.94	34.86	35.38	35.30	35.22	32.76	33.45	31.48	33.49	30.54	33.35
FeO ^{tot}	0.18	0.28	0.46	0.50	0.42	0.28	1.10	1.10	1.66	1.29	2.20	1.02
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.04	0.01	0.04	0.05
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.04	0.00	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
CaO	0.61	0.30	19.69	19.74	19.57	19.53	17.66	17.79	18.07	18.99	17.33	19.02
Na ₂ O	0.20	0.31	0.35	0.29	0.37	0.12	0.64	0.97	0.16	0.17	0.41	0.15
K ₂ O	2.21	4.55	0.12	0.08	0.07	0.41	0.76	0.52	0.33	0.42	0.97	0.55
BaO	33.08	27.59	0.10	0.16	n.a.	n.a.	0.00	0.00	0.02	0.02	0.14	0.04
SrO	0.39	0.42	0.27	0.29	n.a.	n.a.	0.00	0.00	0.33	0.23	0.29	0.18
P ₂ O ₅	0.01	0.04	0.00	0.02	n.a.	n.a.	0.07	0.13	0.17	0.03	0.04	0.04
total	100.52	100.64	99.83	100.33	99.08	100.19	99.76	100.57	99.85	99.67	99.68	98.77
Si	2.188	2.356	2.050	2.035	2.024	2.063	2.165	2.144	2.207	2.102	2.230	2.092
Al	1.811	1.640	1.914	1.934	1.948	1.918	1.791	1.814	1.720	1.843	1.682	1.853
Fe ²⁺	0.009	0.013	0.018	0.020	0.016	0.011	0.043	0.042	0.064	0.051	0.086	0.040
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.002	0.000	0.002	0.002
Mg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	0.038	0.018	0.983	0.981	0.982	0.967	0.877	0.877	0.898	0.950	0.868	0.961
Na	0.023	0.033	0.031	0.026	0.034	0.011	0.057	0.086	0.014	0.016	0.037	0.014
K	0.165	0.324	0.007	0.005	0.004	0.024	0.045	0.031	0.019	0.025	0.058	0.033
Ba	0.753	0.601	0.002	0.003		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.001
Sr	0.013	0.014	0.007	0.008		0.000	0.000	0.000	0.009	0.006	0.008	0.005
P	0.000	0.002	0.000	0.001		0.000	0.003	0.005	0.007	0.001	0.002	0.002
total	5.000	5.000	5.012	5.012	5.016	4.994	4.986	5.000	4.940	4.995	4.973	5.002
An	0.038	0.018	0.954	0.960	0.963	0.965	0.896	0.882	0.954	0.952	0.892	0.948
Ab	0.023	0.033	0.031	0.026	0.037	0.011	0.058	0.087	0.015	0.016	0.038	0.014
Kf	0.166	0.327	0.007	0.004		0.024	0.046	0.031	0.021	0.025	0.059	0.032
Cn	0.760	0.608	0.002	0.003		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.001
Sr-Fs	0.013	0.014	0.007	0.008		0.000	0.000	0.000	0.009	0.006	0.008	0.005



Obr. 38 Klasifikační Q-J diagram pro pyroxeny. Jen část analýz odpovídá „běžným“ kvadrilaterálním pyroxenům „Quad“, většina však padne do pole „ostatních“ pyroxenů „Others“.



Obr. 39 Koncentrace koncových členů pyroxenů „Others“, počítaná podle Cameron a Papike (1981), dosahuje až 80 mol. %.



Obr. 40 Analýzy pyroxenů, které byly klasifikované na základě Q-J diagramu jako kvadrilaterální, vynesené do diagramu En-Fs-Wo. Ortopyroxen z Lišnice odpovídá enstatitu a ferrosilitu. Vzorky ze Želének se promítají nad spojnicí Di-Hd což indikuje významný podíl exotických složek „Others“.

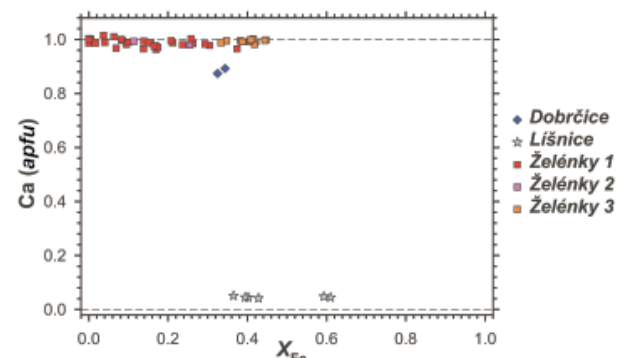
Z chemického hlediska mají všechny studované pyroxeny velmi variabilní a neobvyklé složení; jsou bohaté hliníkem, trojmocným železem, někdy také titanem a navíc jsou často výrazně deficitní křemíkem. V diagramu Q-J (obr. 38) padnou pouze vzorky z *Litologie 3* (Želénky) a z Dobřčic sice do pole běžných pyroxenů „Quad“ (Quadrilateral) avšak těsně na hranici s polem „Others“, kam padnou všechny ostatní anomální pyroxeny z *Litologie 1*. V případě, že byl obsah komponent „Others“ kvantifikován pomocí procedury podle Cameron a Papike (1981), je zjevné, že ve většině vzorků převládají tyto anomální koncové členy a dokonce i ty koncové členy, které byly v Q-J diagramu identifikovány jako „Quad“, padnou při použití výše uvedené procedury ze 30 až 50 % do pole „Others“ (obr. 39). Tento vysoký obsah anomálních pyroxenů, pak vede k jejich projekci nad spojnicí Di-Hd (obr. 40). Z důvodu plného obsazení strukturální polohy M2 vápníkem (obr. 41) a celkově anomálního složení, vyplývá přítomnost či dokonce dominance koncových členů typu „Others“ eseneitu, $(Ca^{6l}Fe^{3+4l}AlSiO_6)$ a dvou dalších hypotetických koncových členů $Ca^{6l}(Al, Fe^{3+})^{4l}(Al, Fe^{3+})SiO_6$ a $Ca^{6l}[(Fe^{2+}, Mg)_{0.5}Ti_{0.5}J^{4l}(Al, Fe^{3+})SiO_6$. Proporce substituce v pozici M1 jsou ilustrovány na obrázku 42. Tyto substituce vedou k určitým problémům s nomenklaturou studovaných fází, takže u některých jsme použili, vedle příslušných předpon či přívlastků, jméno „pyroxen“.

V materiálu odpovídajícím *Litologii 1* ze Želének převládá pyroxen, který lze pojmenovat jako Ti-bohatý hořečnatý eseneit (v angličtině titanian magnesian eseneite) až Si-deficitní Al-Fe³⁺-Ti bohatý pyroxen (subsilicic aluminian-ferric-titanian pyroxene). V horninách *Litologie 3* ze stejné lokality převládá Si-deficitní diopsid (subsilicic diopside) s variabilním obsahem Ti, Al a/nebo trojmocného železa. Klinopyroxen z Dobřčic chemicky odpovídá slabě Si-deficitnímu hlinitému diopsidu (slightly subsilicic aluminian diopside). Chemické složení vybraných pyroxenů je shrnuto v tabulce 5.

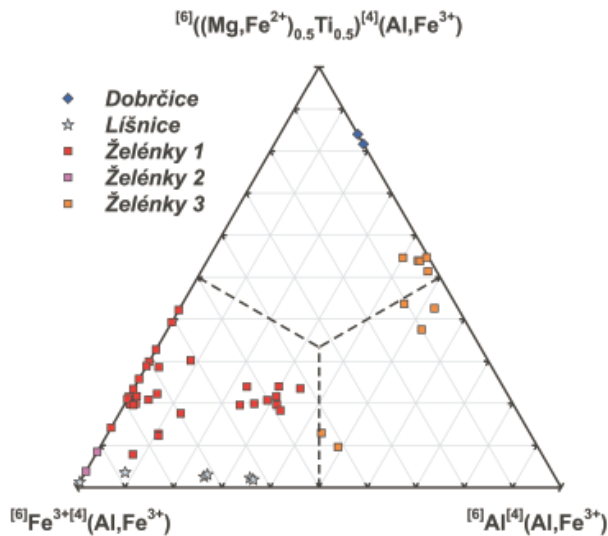
Korund byl zjištěn rentgenovou difrakcí ve vzorku porcelanitu z Dobřčic, odkud ho uvádějí i Fediuk et al. (2003).

Křemen je běžnou součástí slabě vypálených hornin (písků i jílovců), ale jak ukazují četné výsledky rentgen-difrakčního studia vyskytuje se i v běžných porcelanitech, kde bývá přítomen spolu s tridymitem a cristobalitem.

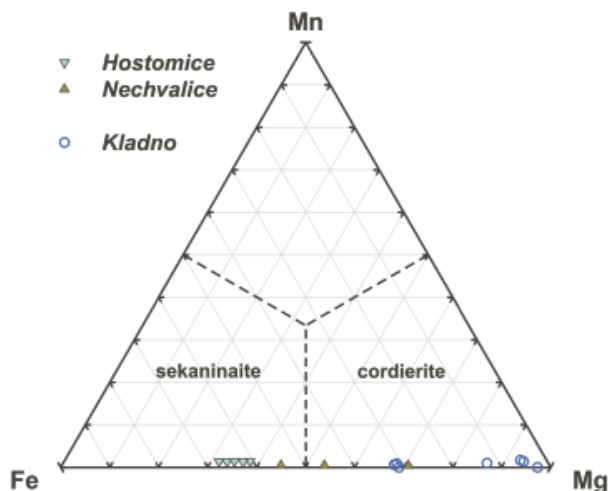
K-živce uvádějí Fediuk et al. (2003) z porcelanitu Dobřčického tělesa, kde byl určen rentgenovou difrakcí a



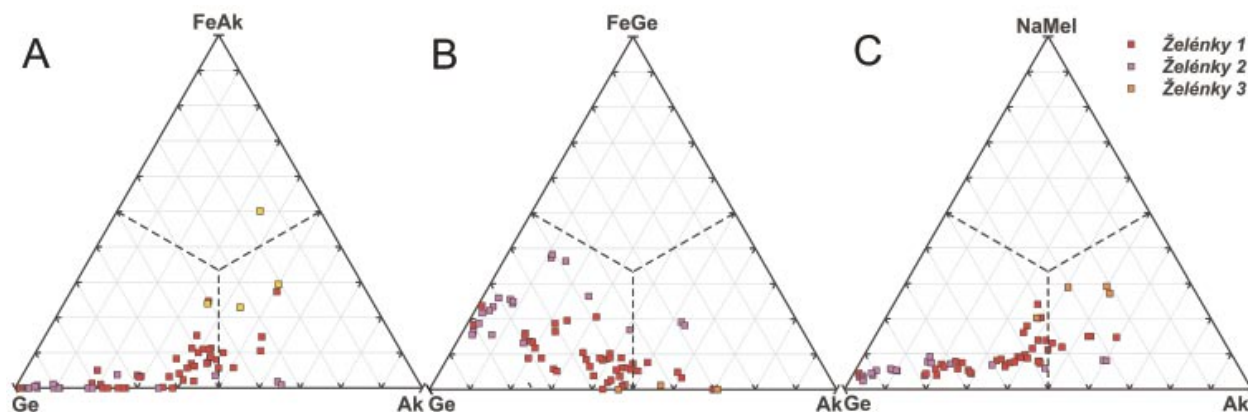
Obr. 41 Maximální obsah Ca na vzorcovou jednotku ve studovaných pyroxenech významným způsobem nepřesahuje jedničku. To dokazuje, že Ca nevstupuje do jiných strukturálních pozic než M2 a všechny analýzy tak odpovídají pyroxenu.



Obr. 42 Obsahy jednotlivých složek „Others“ ve studovaných pyroxenech. Dominuje esseneit a hypotetický člen $\text{Ca}^{[6]}\text{Fe}^{3+}[4]\text{Fe}^{3+}\text{SiO}_6$. Méně významné jsou koncentrace Ca-Al a CaFe^{3+} Tschermakitových složek a hypotetické koncové složky S4(Mg/Fe).



Obr. 43 Srovnání molárního složení cordieritu až sekaninaitu z Hostomic a Nechvalic s cordierity z Kladna.



Obr. 44 A-C. Molární složení melilitu ze Želének ve třech ternárních diagramech. Vysvětlivky: Ak - åkermanit ($\text{Ca}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7$); FeAk - ferroåkermanit ($\text{Ca}_2\text{Fe}^{2+}\text{Si}_2\text{O}_7$); Ge - gehlenit ($\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{SiO}_7$); FeGe - ferrigehlenit ($\text{Ca}_2\text{Fe}^{3+}_2\text{SiO}_7$); NaMel - soda melilit ($\text{NaCaAlSi}_2\text{O}_7$).

potvrzen na elektronové mikrosondě.

Metakaolinit uvádějí Zelenka a Martinovská (1995) na základě rentgen-difrakčního studia. Je pravděpodobně běžnou součástí porcelanitů, které prodělaly nižší stupeň výpalu.

Maghemit byl zjištěn pomocí rentgenové difrakce ve slabě vypáleném sloupečkovitém pelosideritu z Lišnice (vzorek Li9, obr. 29). Identifikován byl také v cm hlízách s železitým práškovitým materiálem z porcelanitů z Nečich u Loun (rtg. difrakční analýza V. Žáček, nepublikováno).

Melilit představuje hlavní horninotvorný minerál Ca-bohatých paraláv ze Želének (obr. 5, 7, 36). Je chemicky velice variabilní, jak ukazuje rozsah molárních koncentrací hlavních koncových členů: åkermanit ($\text{Ca}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7$) 1.0 - 49.7 %; ferroåkermanit ($\text{Ca}_2\text{Fe}^{2+}\text{Si}_2\text{O}_7$) 0.0 - 41.6 %; gehlenit ($\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{SiO}_7$) 12.3 - 79.8 %; ferrigehlenit ($\text{Ca}_2\text{Fe}^{3+}_2\text{SiO}_7$) 0.0 - 35.9 % a sodný melilit ($\text{NaCaAlSi}_2\text{O}_7$) 1.9 - 23.7 %. Ve většině případů však převládá gehlenitová složka (obr. 44). Rezidua po odečtení hlavních složek nepřevyšují 0.012 apfu, což ukazuje, že obsah dalších složek je zanedbatelný. Různé litologie obsahují melility odlišného složení, ale také odlišného vzhledu s rozdílnou asociací minerálů. V *Litologii 1* je medově žlutý melilit, který tvoří dobře vyvinuté pseudokubické krystaly v drúzových dutinách a srůstá hlavně se zeleným klinopyroxenem (esseneitem) a spinelidy řady magnetit - magnezioferit - spinel. V *Litologii 2* je přítomen sivově žlutý melilit, který srůstá s Ca_2SiO_4 , ferity Ca a Ba a s magnezioferitem. Navíc tento melilit bývá částečně rozložen na směs hydratovaných silikátů a oxidů Ca (Mg-Fe), zatímco melilit v *Litologii 1* je nealterovaný (Žáček et al. 2005b). Bledě žlutý melilit vystupuje s fialovým pyroxenem a anortitem v *Litologii 3*. Rozdíly ve složení melilitu z jednotlivých litologií jsou ilustrovány na obrázku 44 a v tabulce 9. Pozorované substituce sledují především trendy $2(\text{Na},\text{K}) \leftrightarrow \text{Ca} + 2(\text{Al},\text{Fe}^{3+}) \leftrightarrow 3(\text{Mg},\text{Fe}^{2+})$.

Monazit je vzácnou akcesorií z dobrčického tělesa. Částečná EMPA poskytla 15.57 hm. % Ce_2O_3 , 7.06 hm. % La_2O_3 a 2.61 hm. % Nd_2O_3 (Fediuk et al. 2003).

Olivin je častou komponentou buchitů a byl zjištěn ve většině litologií s výjimkou Ca-bohatých paraláv ze Želének. Olivin je vždy velmi drobný, většinou mikroskopický a tvoří idiomorfni, špačkovité až hypidiomorfni krystaly 0.1 - 0.8 mm dlouhé, ve výbrusu medově žluté až hnědé

barvy v závislosti na chemickém složení. Naprosto převažují olivíny s dominancí *fayalitu* s podřízeným forsteritem, což odráží složení protolitu; nejvíce olivínu je v Líšnici ($\text{Fa}_{64-81}\text{Fo}_{17-34}$) a v Nechvalicích ($\text{Fa}_{77-97}\text{Fo}_{9-22}$). V Líšnici vystupuje olivín v asociaci magnetit + anortit + sklo, v Nechvalicích spolu s anortitem, hercynitem a sklem. Velmi homogenní a téměř čistý fayalit ($\text{Fa}_{85}\text{Fo}_{13}$) se vyskytuje v Hostomicích v Fe-bohatém buchitu v asociaci sekaninait + anortit + tridymit + Ti-spinelid + sklo. Olivíny z Dobřčic také vykazují obecně nejvyšší chemickou variabilitu a také obsahují nejvíce CaO (až 1.52 hm. %) což odpovídá až 5 molárním % Ca-olivínu a Al_2O_3 (až 1.48 hm. %). Některé olivínové krystaly z Dobřčic mají v BSE mozaikovitou strukturu, přičemž světlé partie jsou tvořené olivínem přechodného složení ($\text{Fo}_{41-67}\text{Fa}_{31-57}$) a ty tmavší téměř čistým forsteritem $\text{Fo}_{91}\text{Fa}_6$ -olivín₂ (obr. 23). Koncentrace MnO je ve všech olivínech nízká kolísající v rozmezí 0.20 - 1.37 hm. %.

Mullit je běžným, avšak velmi drobným až submikroskopickým minerálem většiny vzorků porcelanitů, identifikovaný téměř výhradně pomocí rentgenové difrakce. Ve studovaných buchitech a paralávách nebyl zjištěn s výjimkou vzorku Si-bohatého buchitu NCH1 z Nechvalic.

Ortopyroxen byl zjištěn jako podřízený minerál v buchitech v Líšnici; Fediuk et al. (2003) jej zjistili také v Dobřčicích. Tvoří dobře vyvinuté prizmatické krystaly až 2.5 mm dlouhé v asociaci s anortitem, magnetitem a sklem. Jeho krystaly jsou silně pleochroické (olivově zelená - tmavě hnědá) a zonální s dvouetapovým vývojem s velkými enstatitovými jádry ($X_{\text{Fe}} = 0.37 - 0.43$) a 20 - 50 μm širokými lemy s převahou ferosilitu ($X_{\text{Fe}} = 0.59 - 0.61$, viz tab. 5).

V diagramu Q-J je klasifikován jako „Quad“ pyroxen (obr. 38). Obsahuje 40 - 60 mol. % ferosilitové komponenty a pod 3 % wollastonitové složky, obsah složek „Others“ nepřekračuje 15 mol. % (obr. 39).

Perovskit byl nalezen jen jako vzácná mikroskopická akcesorie v melilitovci *Litologie 1* ze Želének, kde srůstá s ferity Ca a Ba, magnezioferitem a hematitem. Tvoří nepravidelná zrna do $300 \times 100 \mu\text{m}$, pod mikroskopem je

tmavě hnědý, izotropní, v BSE se jeví tmavší než okolní ferity Ca. Obsahuje zvýšené koncentrace SiO_2 (4.5 - 10.9 hm. %), Fe_2O_3 (7.2 - 11.6 hm. %), stopy Al_2O_3 (0.7 - 1.1 hm. %) a P_2O_5 (0.5 - 0.7 hm. %) a má proto celkově snížený obsah TiO_2 (33.1 - 44.20 hm. %) (viz tab. 7).

Plagioklas (anortit) je podřízeným horninotvorným minerálem části buchitů (analyticky byl zjištěn ve vzorcích Ze10, Do7, NCH2, Ho1, Li1, Li2, Li3, Li5, Li8), chybí v Ca-bohatých *Litologiích 1 a 2* ze Želének a také v hematit-magnezioferitových horninách z Dobřčic. Tvoří prizmatické, dobře vyvinuté krystaly 0.05 - 1.5 mm dlouhé, ve vzorku Do7 z Dobřčic tvoří i nepravidelné výplně intersticií mezi krystaly olivínu. Veškerý analyzovaný plagioklas je anortit $\text{An}_{0.88-0.99}\text{Ab}_{0.00-0.09}\text{Or}_{0.00-0.22}$ se stopovými koncentracemi BaO (0.00 - 1.16 hm. %), SrO (0.04 - 0.33 hm. %) a P_2O_5 (0.00 - 0.21 hm. %) (viz tab. 11). Všechny vzorky anortitu obsahují zvýšené koncentrace železa, nejvyšší jsou v buchitech z Líšnice (až 3.05 hm. %).

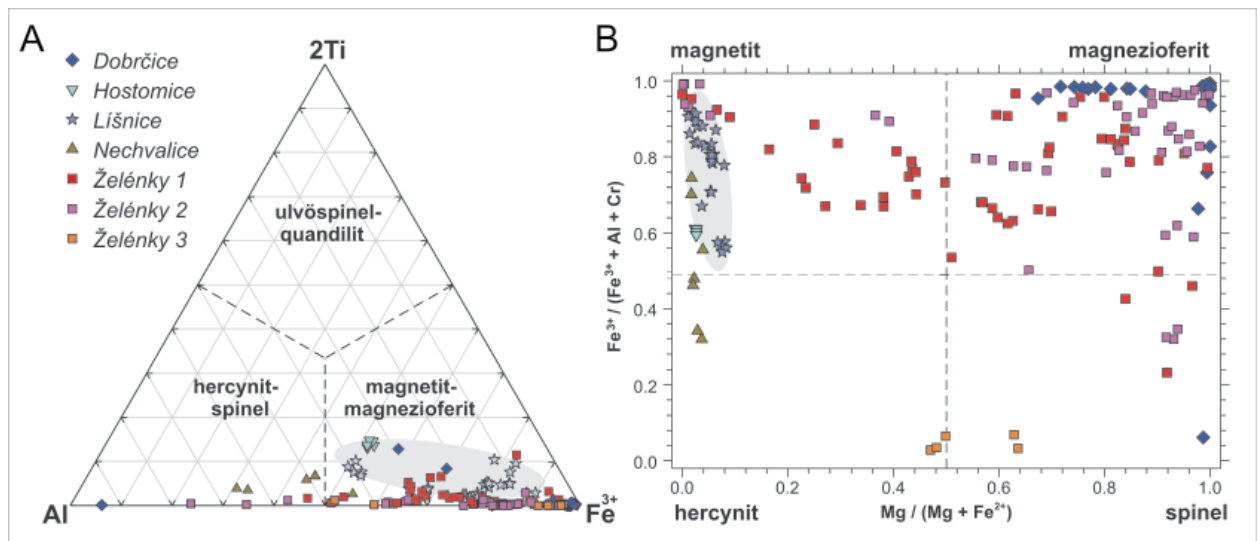
Pyrit se vyskytl ve vzorcích Ca-bohatých paraláv ze Želének Ze5, Ze9 a Ze10 jako izometrické inkluze do 30 μm a také jako nepravidelné agregáty do 15 μm ve vzorku buchitu NCH2 z Nechvalic.

Sádrovec je v pyrometamorfovaných horninách lokálně hojný. Byl nově zjištěn například jako výplně několika-milimetrových mandlí v buchitu Ho1 z Hostomic. Bouška a Dvořák (1997) jej uvádějí z těles porcelanitů z Nového Dvora u Teplic, Nechranic, Tušimic, Lužice i ze Želének. Velmi častým minerálem je v pánevních sedimentech i v uhlí, kde se vyskytl i ve velkých krystalech 15 - 35 cm dlouhých (Bouška, Dvořák 1997).

Sekaninait viz cordierit.

Sillimanit je zmiňován již Hibschem (1926, 1929) a jeho přítomnost v porcelanitech je pravděpodobná. Optickou identifikací i identifikací pomocí elektronového mikroskopu však komplikuje příliš jemné zrna porcelanitů, určení pomocí rentgenové difrakce pak znemožňuje koincidence difrakčního záznamu sillimanitu s difrakčními daty vždy přítomného mullitu.

Minerály skupiny spinelu jsou široce rozšířené ve



Obr. 45 A. Složení minerálů skupiny spinelu v ternárním diagramu Al - Fe^{3+} - 2Ti. Z diagramu je zřejmé, že obsah Ti-spinelu nepřekračuje 20 mol. %. B. Složení minerálů ze skupiny spinelu promítnutých do Haggertyho spinelového prizmatu. Většina vzorků odpovídá pevným roztokům řady magnezioferit-magnetit a magnetit-hercynit. Šedá pole u obou diagramů představují běžná složení spinelidů, ostatní složení odpovídají „exotickým“ vzorkům ze Želének a Dobřčic.

větším či menším množství ve všech typech pyrometamorfovaných hornin z mostecké pánve. Tvůří jemně vtroušená zrna, dobře vyvinuté krystaly, symplektické agregáty i masivní krusty několik mm silné. Složení spinelidů je vysoce variabilní jak je ilustrováno na obrázku 45. V Dobřčicích naprosto převládá magnezioferit, který tvoří až několik cm silné porézni i celistvé kůry černohnědé i stříbřité barvy, někdy prorostlé s hematitem. Vyskytly se zde i celistvé kůry černohnědé barvy a mastného lesku s lasturnatým lomem až 15 mm silné s oktaedry do 0.5 mm v dutinkách. Všechny magnezioferity z Dobřčic mají odmišžené lamely hematitu.

Na většině lokalit však převládá magnetit (nejčistší magnetit je ve „sloupečkovitých buchitech“ v Líšnici) s menším či větším podílem hercynitové složky, někdy se zvýšenou koncentrací titanu (Hostomice, Dobřčice). Magnetit převládá také ve vzorcích „magnetických břidelic“ nalezených na dolech Bílina u Tušimic (Řehoř 2002; podrobněji Žáček et al. 2010). Převládající hercynit byl zatím zjištěn v buchitu z Nechvalic. Nejunikátnější byl výskyt v Želénkách, složení spinelidů zde odpovídá řadám magnezioferit - magnetit, magnezioferit - spinel a spinel - hercynit. Pozoruhodná je v Želénkách zejména vysoká koncentrace Ca ve spinelidech (až 0.12 *apfu*). Maximální koncentrace oxidů minoritních prvků jsou: TiO₂ (až 5.77 hm. %, Hostomice, Dobřčice), MnO (až 5.85

hm. %, Dobřčice), CaO (až 2.48 hm. %, Želénky), Cr₂O₃ (vzácně až 1.14 hm. %, Želénky), V₂O₃ (až 0.85 hm. %, Dobřčice), SiO₂ do 0.42 hm. %, ZnO do 0.28 hm. %, BaO do 0.24 hm. %, K₂O, Na₂O a SrO do 0.10 hm. %. Příklady chemických analýz spinelidů, vybraných ze souboru 193 bodových analýz, jsou uvedeny v tabulce 12.

Srebrodolskit je rombický ferit kalcia Ca₂Fe₂³⁺O₅, ze skupiny brownmilleritu, který byl popsán jako nový minerál z hořících hald z Čejlabinského revíru z Ruska (Česnokov, Baženova 1985). V přírodních Ca-bohatých parálavách byl zjištěn v Hatrurimské pánvi v Izraeli (Gross et al. 1967; Sokol et al. 2005) a v malém množství i na dalších lokalitách (viz poslední kapitola). *Srebrodolskit* se vyskytl v Želénkách v *Litologii 2* spolu s dalšími ferity Ca a Ba, se kterými často srůstá. Pod mikroskopem se *srebrodolskit* jeví opakní, na okrajích agregátů a v drobných zrnech však červeně prosvítá. Mřížkové parametry vypočtené pro prostorovou grupu *Pnma* jsou: *a* = 5.528(2), *b* = 14.694(5), *c* = 5.488(2) Å, *V* = 445.8(2) Å³. Vedle dominantního železa a vápníku obsahuje také kolísavé koncentrace (v hm. %) SiO₂ = 2.7 - 9.3, TiO₂ = 1.1 - 12.7, Al₂O₃ = 1.7 - 4.5, ZrO₂ = 0.17 - 0.48 a BaO = 0.20 - 0.42. Bývá zonální s vyššími koncentracemi Si a Ti při okrajích.

Substituci Si a Ti vysvětlujeme následující rovnicí: R²⁺ + 2R³⁺ = 2R⁴⁺ + □ (vektor 2R⁴⁺□2R³⁺₋₁ R²⁺₋₁; R²⁺ = Ca +

Tabulka 12 Chemické složení minerálů ze skupiny spinelu z pyrometamorfovaných hornin mostecké pánve (hm. %), přepočítáno na 4 atomy kyslíku a sumu 3 kationtů

lokality	Dobřčice		Hostomice		Líšnice		Nechvalice		
vzorek	Do6/1	Do3	Do8	Ho1	Li2	Li5	NCH2		
SiO ₂	0.06	0.04	0.00	0.19	0.30	0.29	0.00	0.00	0.77
TiO ₂	0.05	0.48	0.00	5.61	3.99	0.71	1.44	2.58	0.84
Cr ₂ O ₃	0.11	n.d.	n.d.	0.02	0.03	n.d.	0.18	n.d.	0.07
Al ₂ O ₃	64.99	2.24	1.22	16.21	19.48	9.05	33.16	23.94	12.93
V ₂ O ₃	0.36	n.d.	n.d.	0.10	0.12	0.03	n.d.	n.d.	n.d.
FeO ^{tot}	6.62	76.35	70.75	74.35	72.50	84.79	61.60	67.11	76.50
MnO	0.81	0.49	2.21	0.37	0.27	0.30	0.00	0.19	0.00
MgO	26.78	13.06	18.98	0.60	1.58	1.07	0.62	0.46	0.32
CaO	0.06	n.d.	0.05	n.d.	0.01	0.06	n.d.	n.d.	n.d.
BaO	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
SrO	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.03	n.d.	n.d.	n.d.
ZnO	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.10	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Na ₂ O	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Total	99.84	92.65	93.21	97.46	98.37	96.32	97.00	94.27	91.43
Si	0.001	0.001	0.000	0.006	0.010	0.010	0.000	0.000	0.028
Ti	0.001	0.012	0.000	0.146	0.100	0.019	0.035	0.067	0.023
Cr	0.002	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.005	0.000	0.002
Al	1.864	0.091	0.047	0.659	0.768	0.379	1.264	0.972	0.563
V	0.007	0.000	0.000	0.003	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000
Fe ³⁺	0.122	1.881	1.953	1.033	1.007	1.561	0.660	0.895	1.329
Fe ²⁺	0.013	0.326	0.002	1.110	1.021	0.961	1.006	1.038	1.035
Mn	0.017	0.014	0.062	0.011	0.008	0.009	0.000	0.005	0.000
Mg	0.972	0.673	0.935	0.031	0.079	0.057	0.030	0.024	0.018
Ca	0.002	0.000	0.002	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000
Ba	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
hlavní členy	sp	mf-sp	mf	mt-hc	mt-hc	mt	hc-mt	hc-mt	mt-hc

Tabulka 12 Pokračování

lokalita	Želénky, litologie 1				Želénky, litologie 2				Želénky 3
	Ze6	Ze1	Ze1	Ze1	Ze5	Ze5	Ze5	Ze10	
SiO ₂	0.12	0.13	0.27	0.28	0.03	0.26	0.22	0.29	0.05
TiO ₂	0.72	0.39	0.19	1.03	0.09	0.14	0.11	n.d.	0.57
Cr ₂ O ₃	0.00	0.37	0.28	n.d.	n.d.	0.00	0.13	n.d.	0.30
Al ₂ O ₃	11.23	16.63	7.53	1.91	39.48	11.88	3.02	3.01	58.40
V ₂ O ₃	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
FeO ^{tot}	72.08	61.7	66.39	84.8	31.99	69.69	87.60	68.49	28.08
MnO	1.2	1.14	1.59	n.d.	0.51	1.95	0.21	1.18	0.32
MgO	8.38	11.54	15.57	0.29	22.08	11.27	0.17	15.35	12.45
CaO	0.21	0.25	0.48	n.d.	0.19	0.23	n.d.	2.48	0.10
BaO	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.00	0.12	0.14	n.d.	0.24
SrO	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.09	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
ZnO	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Na ₂ O	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.64	0.54	0.82	0.02
Total	93.94	92.15	92.30	88.31	94.45	96.18	92.15	91.62	100.54
Si	0.004	0.004	0.009	0.011	0.001	0.008	0.008	0.010	0.001
Ti	0.018	0.010	0.005	0.031	0.002	0.003	0.003	0.000	0.012
Cr	0.000	0.010	0.007	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.006
Al	0.452	0.651	0.295	0.090	1.305	0.453	0.135	0.119	1.842
V	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe ³⁺	1.503	1.311	1.670	1.825	0.690	1.563	1.879	1.915	0.129
Fe ²⁺	0.554	0.402	0.179	1.025	0.060	0.324	0.910	0.011	0.500
Mn	0.035	0.032	0.045	0.000	0.012	0.054	0.007	0.034	0.007
Mg	0.426	0.571	0.773	0.017	0.923	0.544	0.010	0.769	0.497
Ca	0.008	0.009	0.017	0.000	0.006	0.008	0.000	0.089	0.003
Ba	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.003
Sr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.040	0.040	0.053	0.001
hlavní členy	mt-hc	mt-mf	mf	mt	sp-mf	mf-sp	mt	mf	hc-sp

Mg + Mn; R³⁺ = Fe³⁺ + Al; R⁴⁺ = Si a Ti, □ = vakance). Tato substituce směřuje k hypotetické fázi Ca□(SiTi)₂O₅, zatímco méně výrazná substituce Fe³⁺ = Al indikuje pevný roztok s brownmilleritem (viz tab. 13).

Tridymit byl z mostecké pánve prvně popsán Lázničkovou (1966) z dnes zaniklého ložiska porcelanitu u Tušimic, kde tvořil na trhlínách tabulkovité krystaly 0.5 - 3 mm velké. Podle výsledků rtg. difrakčního studia je mikroskopický tridymit běžnou součástí porcelanitů.

Nepojmenované přírodní fáze

Ferit kalcia o složení CaFe₄O₇ se vyskytl spolu se srebrodolskitem v Želénkách v *Litologii 2*. Pravděpodobně představuje Fe-analog grossitu, CaAl₄O₇, ale nepodařilo se získat použitelný difraktogram. Fáze tvoří nepravidelná laločnatá zrna až 2 mm velká, ve srůstech se srebrodolskitem, někdy tvoří i samostatná zrna, většinou vystupuje mezi krystaly melilitu nebo fáze Ca₂SiO₄. Ve srůstech se srebrodolskitem jej vždy lemují (možná zatlačuje) a je od něj v BSE dobře rozeznatelný podle světlejší barvy (obr. 46).

Ca-ferit obsahuje dominantní Fe₂O₃ (71.8 - 80.3 hm. %), méně CaO (9.1 - 11.9 hm. %), MgO (4.5 - 7.3 hm. %), Al₂O₃ (1.8 - 8.2 hm. %) a SiO₂ (většinou 0.4 - 1.8 hm. %, ale vzácně až 9.1 hm. % SiO₂) a stopové koncentrace Ti, Mn a Zr (viz tab. 13). Empirický vzorec vykazuje tyto

variace: (Ca_{0.57-0.85}Mg_{0.23-0.56})(Fe_{2.68-3.56}Al_{0.13-0.57}Si_{0.05-0.51})O₇. Jde pravděpodobně o fázi popsanou Česnokovem et al. (1992) z hořčicích hald z Čeljabinského revíru z Ruska, kterou autoři pojmenovali „grandiferit“, která však nebyla uznána jako minerál pro svůj antropogenní původ (Fe₂O₃ = 84.37; CaO = 11.72; MnO = 3.45; MgO = 2.35 hm. %, zřejmě trigonální, a ~ 6.0, c ~ 13.3 Å).

Hexaferit barya (BaFe₁₂O₁₉) byl zjištěn jako akcesorický minerál v Želénkách v *Litologii 2*. Vznikl v pozdních fázích krystalizace a vyplňuje většinou droboučké dutiny mezi krystaly melilitu a dalších silikátů. Krystaly mají často hexagonální obrys a tenké tabulkovitý habitus o délce do 100 μm, takže v některých řezech se promítají jako tenké sloupce až jehlice. Největší agregát složený z více prorostlých krystalů měl velikost 120 × 40 μm (obr. 47, 48). Fáze má chemické složení blízké syntetické sloučenině BaFe₁₂O₁₉ (hexaferit barya).

Hexaferit barya ze Želének obsahuje dominantní Fe₂O₃ (75 - 78 hm. %) a BaO (11 - 13 hm. %), s nižšími koncentracemi TiO₂ (0.8 - 4.9 hm. %), Al₂O₃ (1.5 - 4.6 hm. %), ZrO₂ (0.8 - 1.6 hm. %), 0.5 - 1.7 hm. % oxidů Ca, Mg a Mn a do 0.25 hm. % SrO (viz tab. 13). Empirický vzorec kolísá následovně: (Ba_{0.76-0.93}Ca_{0.12-0.32}Mg_{0.13-0.44}Mn_{0.06-0.20})(Fe³⁺_{10.04-11.45}Al_{0.31-0.97}Ti_{0.12-0.66}Zr_{0.10-0.22})O₁₉. Jde o první přírodní výskyt téměř čistého hexaferitu barya, který je v systému nejbližše batiferitu, hexagonálnímu BaTi₂Fe₁₀O₁₉, který popsali Lengauer et al. (2001) z xenolitů ve

vulkanitech v Eifel.

Ca_2SiO_4 (možná larnit) je podružným horninotvorným minerálem ve vzorku Ze5 ze Želének.

Fáze tvoří bezbarvá, příčně rozpraskaná zrna červíkovitého tvaru až 100 - 300 μm dlouhá, srůstající s magnezioferitem, melilitem a Ca-ferity (obr. 7). Fáze má interferenční barvy prvního řádu a zháší rovnoběžně. Vedle SiO_2 a CaO obsahuje do 0.8 hm. % Na_2O , koncentrace ostatních oxidů jsou pod 0.3 hm. %, F, S a P nebyly detekovány. Nižší analytické sumy svědčí pro obsah do několika hm. % CO_2 (C byl detekován, ale nebyl analyzován). Empirický vzorec odpovídá $\text{Ca}_{1.97-2.01}\text{Si}_{0.96-0.99}\text{O}_4$, rentgenová difrakční identifikace fáze však nebyla úspěšná.

$\text{Ca}_7\text{MgSi}_4\text{O}_{16}$ se vyskytuje jako akcesorie ve vzorku Ze5 ze Želének. Je bezbarvý, anizotropní a tvoří až 400 μm velká nepravidelná zrna prorostlá s magnezioferitem. Obsahuje dominantní CaO (55.7 - 56.8 hm. %) a SiO_2 (34.0 - 34.6 hm. %) a podřízené MgO (5.1 - 5.4 hm. %) a FeO (1.0 - 1.2 hm. %). Analytické sumy kolísají mezi 97.6 - 98.9 hm. %. V přepočtu na 16 atomů kyslíku vychází stechiometrický vzorec $\text{Ca}_7\text{MgSi}_4\text{O}_{16}$.

Fe-fosfosilikát byl zjištěn ve vzorku buchitu NCH2 z Nechvalic jako mikroskopická tmavě hnědá zrna o velikosti do 50 \times 30 μm . Fáze místy zatlačuje Ca-grafonit nebo tvoří i oddělená zrna (obr. 24). Chemicky je dost

homogenní s převahou FeO^{tot} (42 - 47 hm. %) a podřízenými koncentracemi SiO_2 (18 - 23 hm. %), P_2O_5 (7 - 9 hm. %), Al_2O_3 (6.0 - 7.7 hm. %) a CaO (1.9 - 2.6 hm. %); fluor není přítomen, nízké sumy (82 - 84 hm. %) indikují možnou přítomnost vody (tab. 7).

Ti-bohatý Si-deficitní Ca granát tvoří hypidiomorfni až xenomorfni zrna do velikosti 150 μm srůstající s fialovým pyroxenem a kirschsteinitem ve vzorku Ze10 ze Želének (Litologie 3). Složení granátu je zcela neobvyklé i když vezmeme v potaz pestrou škálu publikovaných analýz melanitů a schorlomitů (např. Huggins et al. 1977; Chakhmouradian, McCammon 2005). Granát ze Želének je, podobně jako některé publikované granáty, výrazně Si-deficitní, ale liší se od obvyklého složení schorlomitů velmi nízkým obsahem dvojmocných kationtů včetně Ca. Neobvyklé složení granátu (viz tab. 14) odráží exotický protolit celé horniny, podobně neobvyklé granáty popisují Sokol et al. (2005) z Ca-buchitů a paraláv Hatrumirské pánve z Izraele.

Shrnutí - diskuse

Tento článek se shrnuje poznatky patnáctiletého studia fosilních pyrometamorfovaných hornin mostecké pánve, které se tradičně označují jako porcelanity, se zaměřením na opomíjené petrografické typy jako jsou buchity, paralávy, přírodní strusky a škváry. Výsledky studia byly kro-

Tabulka 13 Chemické složení přírodních feritů Ca a Ba z pyrometamorfovaných hornin ze Želének (hm. %)

fáze	baryum hexaferit $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$					srebrodolskit $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$				
	ZE5	ZE1	ZE1	ZE1	ZE1	ZE5	ZE5	ZE5	ZE5	ZE5
SiO_2	0.00	0.09	0.08	0.08	0.04	8.65	8.62	8.65	2.02	1.42
TiO_2	1.40	4.36	4.42	4.60	4.38	12.28	12.71	5.14	2.90	2.10
Al_2O_3	4.16	2.96	2.81	1.50	1.81	1.80	1.81	1.81	5.91	7.49
$\text{Fe}_2\text{O}_3^{\text{tot}}$	77.36	75.63	75.65	78.23	78.06	33.16	32.79	39.53	43.99	43.65
MnO	0.42	1.22	1.30	1.08	1.01	0.74	0.73	0.86	1.15	0.79
MgO	0.63	0.96	0.92	0.83	0.84	0.00	0.00	0.00	0.63	0.55
CaO	1.16	0.80	0.65	1.04	0.89	42.00	42.03	42.07	42.43	42.80
Na_2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.08	0.12	0.10	0.09
K_2O	0.00	0.15	0.13	0.18	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	13.08	12.15	12.46	11.45	11.90	0.20	0.22	0.42	0.01	0.02
SrO	0.18	0.24	0.25	0.21	0.21	0.00	0.00	0.00	n.a.	n.a.
ZrO_2	1.47	0.97	0.95	0.97	0.78	0.17	0.17	0.48	0.03	0.05
total	99.84	99.52	99.62	100.17	100.07	99.14	99.19	99.10	99.19	99.00
O	19	19	19	19	19	5	5	5	5	5
Si	0.000	0.015	0.014	0.014	0.008	0.353	0.351	0.361	0.087	0.061
Ti	0.187	0.582	0.592	0.612	0.585	0.377	0.389	0.161	0.094	0.068
Al	0.873	0.619	0.590	0.313	0.379	0.086	0.087	0.089	0.300	0.380
Fe^{3+}	10.369	10.101	10.125	10.412	10.425	1.019	1.005	1.242	1.426	1.415
Mn	0.063	0.184	0.195	0.162	0.152	0.025	0.025	0.031	0.042	0.029
Mg	0.166	0.253	0.244	0.220	0.223	0.000	0.000	0.000	0.040	0.035
Ca	0.220	0.153	0.123	0.196	0.169	1.837	1.835	1.883	1.959	1.976
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.006	0.009	0.008	0.008
K	0.000	0.033	0.029	0.042	0.034	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ba	0.909	0.842	0.864	0.790	0.824	0.003	0.003	0.007	0.000	0.000
Sr	0.018	0.025	0.026	0.021	0.021	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zr	0.193	0.127	0.124	0.126	0.102	0.005	0.005	0.015	0.001	0.001
total	12.999	12.933	12.927	12.907	12.921	3.714	3.709	3.800	3.959	3.975

Tabulka 13 Pokračování

fáze	Ca-ferit CaFe_4O_7				
	ZE5		ZE1		
SiO ₂	1.07	1.12	8.17	8.81	7.67
TiO ₂	0.04	0.07	1.03	1.17	1.06
Al ₂ O ₃	7.47	7.42	6.04	5.67	5.09
Fe ₂ O ₃ ^{tot}	73.64	73.79	67.01	66.35	68.11
MnO	0.80	0.84	0.68	0.75	0.61
MgO	5.15	5.52	2.40	2.80	2.45
CaO	10.83	10.67	13.74	13.83	13.90
Na ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SrO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZrO ₂	0.00	0.00	0.08	0.06	0.10
total	99.00	99.43	99.15	99.45	98.99
O	7	7	7	7	7
Si	0.063	0.066	0.464	0.497	0.440
Ti	0.002	0.003	0.044	0.050	0.046
Al	0.520	0.514	0.405	0.377	0.344
Fe ³⁺	3.274	3.263	2.865	2.818	2.940
Mn	0.040	0.042	0.033	0.036	0.030
Mg	0.453	0.484	0.203	0.236	0.210
Ca	0.686	0.672	0.836	0.836	0.854
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ba	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zr	0.000	0.000	0.003	0.003	0.004
total	5.038	5.043	4.854	4.853	4.868

mě článku o minerálech ze Želének (Žáček et al. 2005b), publikovány pouze ve formě abstraktů z konferencí nebo krátkých článků (Žáček et al. 2001, 2005a, 2009, 2010), prezentovaná analytická data včetně dat ze Želének, jsou většinou data dosud nepublikovaná.

Tělesa porcelanitů jsou rozeseta na území pánve, která má plochu asi 1400 km²; stáří fosilních požárů bylo datováno na základě paleomagnetických studií od cca 3.4 Ma do subrecentu (Krs, Váně 1967; Krs 1968; Tyráček 1994). Nejběžnější jsou vypálené sedimenty jílovité, prachovité až jemně písčité zrnitosti, tradičně nazývané porcelanity (*sencu stricto*) nebo jen vypálené jíly. Jsou to Si,Al-bohaté horniny, které vedle silně variabilního obsahu skla, obsahují jako pevné fáze hlavně mullit, cristobalit, tridymit, cordierit a křemen. Sedimentární sekvence místy obsahuje také karbonáty, jejichž pyrometamorfózou, vznikla škála Fe-Mg-Ca-bohatých buchitů, paraláv a škvár. V pyrometamorfovaných horninách mostecké pánve bylo identifikováno téměř 50 minerálů včetně několika nepojmenovaných, potenciálně nových minerálních druhů. Kromě výše zmíněných sklovitých porcelanitů, případně vypálených písků i hrubších klastik, jsou nejčastější buchity vzniklé přeměnou pelosideritových konkrecí. Ty mají často charakteristický sloupečkovitý rozpad a skládají se kromě menšího podílu skla z olivínu, magnetitu, anortitu, vzácněji obsahují i ortopyroxen (Líšnice, Nechvalice). Bývají velmi silně magnetické. Jak ukazují texturní vztahy

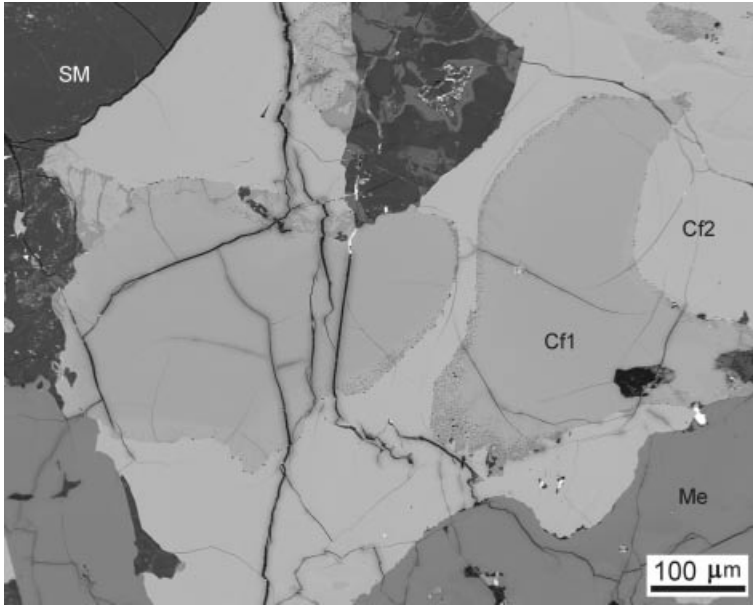
byly tyto horniny přeměněny spolu s okolními porcelanity v podstatě na místě (*in situ*) a nebyly zcela roztaveny, jen došlo k jejich smrštění, a následnému rozpukání. Tyto buchity lze očekávat ve většině těles porcelanitů. Poněkud odlišný je bucht nalezený v Hostomicích, který představuje původní silikátovou taveninu, „nastříknutou“ do puklin světlého porcelanitu. Buchit se skládá, vedle podílu skla, ze sekaninaitu, anortitu, tridymitu, fayalitu, Ti-spinelidu a sekundárního „limonitu“ a sádrovce. V Dobřčicích, kde byly v původních sedimentech zřejmě přítomny vedle sideritu i karbonáty Ca a Mg (ankerit či dolomit) vznikly hojné železité nodule až škváry, tvořené hematitem a magnezioferitem, vedle buchitů s olivínem, anortitem a vzácnějším melilitem a diopsidem.

Exotické paralávy bohaté vápníkem vznikly v Želénkách, kde se větší množství karbonátu Ca smísilo s železitými škvárami, pravděpodobně při kolapsu nadložní vápenné spraše do hořící uhelné slaje. Tyto horniny jsou silně oxidické Al-deficitní a Si-nenasycené a jsou dále charakterizovány vysokými koncentracemi Ca a Fe, středním obsahem Mg, nízkými koncentracemi alkálií, které vedly zejména ke krystalizaci esseneitu a dalších exotických Ca-pyroxenů, melilitu s převahou gehlenitové složky, kirschsteinitu, pestré asociace spinelidů s převahou magnezioferitu a exotických feritů kalcia a barya. Současně Si-deficitní a Ca-bohaté složení protolitu zabránilo krystalizaci jinak běžných minerálů buchitů: polymorfů SiO₂, ortopyroxenu, mullitu, olivínu a cordieritu.

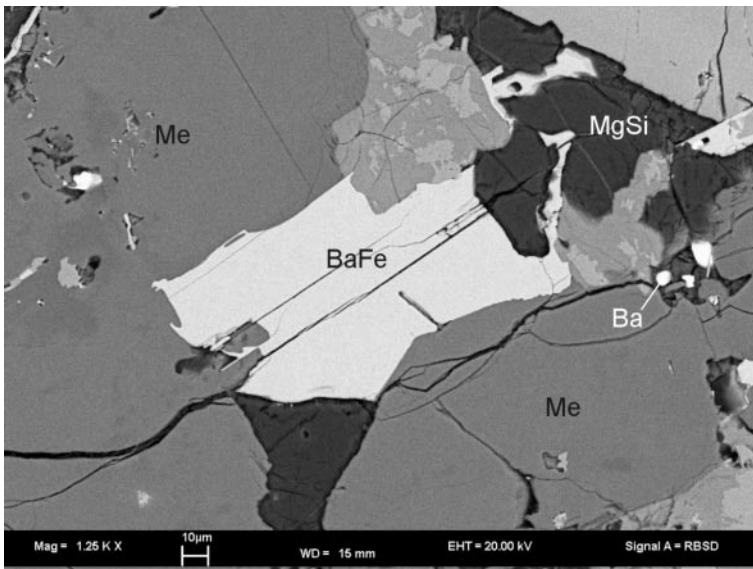
Asi nejzajímavější v celé asociaci je přítomnost feritů Ca a Ba. Ty vystupují spolu s gehlenitovou složkou bohatým melilitem, Ca₂SiO₄, hematitem a magnezioferitem, nikdy však nejsou v kontaktu s esseneitem či jinými pyroxeny. Ferity vápníku, z nichž jen srebrodolskit je uznán jako minerální druh, byly prvně popsány z hořících hald Čeljabinské uhelné pánve v Rusku (Česnokov, Baženova 1985; Česnokov, Ščerbakova 1991; Česnokov et al. 1992, 2008), v současnosti však fáze nacházené v podobných podmínkách nejsou považovány za minerály s odkazem na jejich antropogenní původ. Kromě výskytu v Želénkách, tak existuje jen málo přírodních lokalit srebrodolskitu, jednou z nich je například „Mottled zone“ v Hatrurimské pánvi u Mrtvého moře v Izraeli, kde vznikly Ca-bohaté horniny přirozeným výpalem bitumenních hornin (Gross et al. 1967; Sokol et al. 2005). Naproti tomu hexagonální BaFe₁₂O₁₉ (hexaferit barya), který dosud nebyl nalezen na jiných lokalitách, je potenciálně nový minerál, koncový člen ze skupiny magnetoplumbitu, jemuž je chemicky nejbližší batiferit, hexagonální BaTi₂Fe₁₀O₁₉, popsáný Lengauerem et al. (2001) z vulkanitů ze západního Eifelu v Německu.

Kirschsteinit je vzácný minerál ze skupiny olivínu, který byl zjištěn hlavně v některých angritech a dalších kamenných meteoritech. Několik pozemských výskytů je známo z melilitického nefelinitu u Shareru v Kongu, z granát-wollastonit-melilitového skarnu u Tazheránského tělesa melilitového nefelinitu v Bajkalském regionu v Rusku. Nověji byl zjištěn i v technogenní paralávě bazaltového složení na hořících haldách v Čeljabinském revíru (Sharygin et al. 1999).

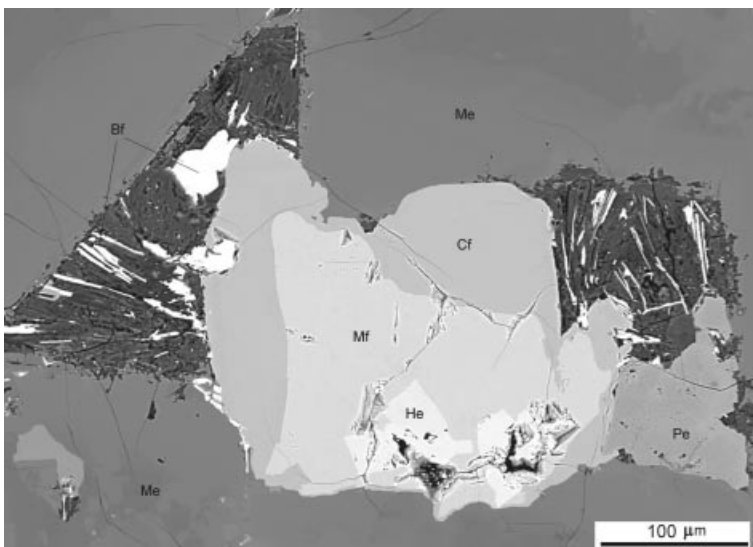
Esseneit je Si-deficitní pyroxen, který popsali první Cosca a Peacor (1987) z přírodních buchitů spjatých



Obr. 46 Akumulace feritů kalcia ve vzorku melilitovce ze Želének (Litologie 2, vzorek Ze5). Vysvětlivky: srebrodolskit (Cf1), Ca-ferit, Ca- Fe_4O_7 (Cf2), melilit (Me), hydratovaný Mg-silikát (SM). BSE mikrofoto R. Škoda.



Obr. 47 Agregát hexaferitu barya, $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ ve vzorku melilitovce ze Želének (Litologie 2, vzorek Ze5). Vysvětlivky: baryum hexaferit (BaFe), melilit (Me), hydratovaný Mg-silikát (SiMg), baryt (Ba). BSE mikrofoto R. Skála.



Obr. 48 Agregát feritů z drobného xenolitu Litologie 2 ve vzorku Ze1 (Želénky). Vysvětlivky: He - hematit; Mf - magnezioferit; Cf - CaFe_4O_7 ; Bf - $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$; Me - melilit; Pe - perovskit. BSE mikrofoto R. Škoda.

Tabulka 14 Chemické složení Si-deficitního, Ti-bohatého granátu ze Želének (hm. %), přepočteno na 8 atomů kyslíku, Fe^{3+} bylo vypočteno na základě rovnováhy valencí

SiO_2	24.27	23.84	22.95
TiO_2	9.94	9.70	10.36
Cr_2O_3	0.00	0.01	0.05
Al_2O_3	16.51	17.52	17.99
FeO^{tot}	31.81	32.04	31.59
MnO	0.38	0.41	0.40
MgO	3.57	3.55	3.86
CaO	12.93	12.91	12.92
BaO	0.00	0.00	0.06
Na_2O	0.23	0.20	0.22
K_2O	0.00	0.00	0.03
Total	99.64	100.19	100.41

Tetrahedral site

Si	1.987	1.937	1.858
Ti	0.281	0.277	0.307
Al	0.732	0.785	0.835

Octahedral site

Ti^{4+}	0.239	0.217	0.217
Al	0.860	0.893	0.881
Fe^{3+}	0.901	0.889	0.897
Cr^{3+}	0.000	0.001	0.003
$\Sigma[6]$	2.000	1.999	1.998

Dodecahedral site

Ti^{4+}	0.092	0.099	0.107
Fe^{3+}	0.346	0.405	0.444
Fe^{2+}	0.930	0.883	0.798
Mg	0.436	0.430	0.465
Mn	0.026	0.028	0.027
Ca	1.134	1.124	1.121
Na	0.036	0.031	0.034
K	0.000	0.000	0.003
$\Sigma[8]$	3.000	3.000	3.000

s fosilním prohoříváním uhelné sloje z Gillete, Powder River Basin, Wyoming (viz také Cosca et al. 1989) a současně byl popsán z jiné přírodní buchitové lokality z Buffalo, Wyoming (Foit et al. 1987). Esseneit je indikátorem nejen vysokých teplot při nízkém tlaku, ale zároveň vysoké fugacity kyslíku mezi QFM a HM pufry (Cosca, Peacor 1987). Nové výskyty esseneitu pocházejí z vypálených hald bitumenních břidlic z Lapanouse de Sévérac, dept. Aveyron a z hořících hald lignitového ložiska u Saint Maime, Alpes de Haute Provence Dept. (obojí Francie). Obě lokality jsou charakteristické přítomností Ca-bohatých buchitů a paraláv složených z wollastonitu, melilitu, esseneitu, anortitu, grossularu a mnoha dalších minerálů (Eytier et al. 2004; Favreau et al. 2004). V obou těchto případech jde však o antropogenní výskyty, stejně jako esseneit zjištěný v popelech bitumenních uhlí spalovaných kvůli odsíření spolu s vysokými koncentracemi CaO (Querol et al. 1994), stejně tak Si-deficitní diopsid s vysokým obsahem trojmocného železa z hořících hald z Čeljabinské pánve (Kabalov et al. 1997; Sokol et al. 1998). Z přírodních lokalit, které nejsou spjaty s kausťickou metamorfózou, byl esseneit nalezen také v pyroklastikách na kontaktu s vulkanity v Monzoni v severní Itálii (Povoden et al. 2002) a v podobných pyroklastikách vyhaslého vulkánu Alban Hills ve střední Itálii (Federico, Peccerillo 2002).

Z výše uvedeného přehledu vyplývá, že zejména Ca-Fe bohaté paralávy ze Želének jsou unikátní ve světovém měřítku nejen z hlediska ojedinělého chemismu, ale také z důvodu, že jde o čistě přírodní, člověkem neovlivněné horniny a minerály.

Poděkování

Tento článek byl podpořen výzkumnými záměry České geologické služby (MZP0002579801) a GIÚ AVČR (AVOZ30130516) a publikačním grantem ČGS č. 329200. Dále autoři děkují Ivanovi Vavřínovi (Česká geologická služba, Praha), Radkovi Škodovi a Petru Sulovskému (Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity v Brně) za provedení analytických prací na elektronové mikroskopě, dík patří také oběma recenzentům.

Literatura

- Bouška V., Dvořák Z. (1997): Minerály Severočeské hnědouhelné pánve. - Severočeské doly, a.s., 158 p., Praha.
- Bouška V., Císařová H., Dvořák Z., Skála R., Zelinka J. (1998): Hartite from Bílina. - *Amer. Mineral.* **83**, 1340-1346.
- Cameron M., Papike J. J. (1981): Structural and chemical variations in pyroxenes. - *Amer. Mineral.* **66**, 1-50.
- Cosca M. A., Peacor D. R. (1987): Chemistry and structure of esseneite ($\text{CaFe}^{3+}\text{AlSiO}_6$), a new pyroxene produced by pyrometamorphism. - *Amer. Mineral.* **72**, 148-156.
- Cosca M. A., Essene E. J., Geissman J. W., Simmons W. B., Coates D. A., (1989): Pyrometamorphic rocks associated with naturally occurring burned coal beds, Powder River Basin, Wyoming. - *Amer. Mineral.* **74**, 85-100.
- Česnokov B. V., Baženova L. F. (1985): Srebrodolskit $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$ - nový mineral. - *Zapisky Vsesojuz. mineral. Obšč., Otd. geol.* **114**, 2, 195-198.
- Česnokov B. V., Ščerbakova E. P. (1991): Mineralogija gorelych otvalov Čeljabinskogo ugolnogo basseina. - Nauka, Moskva.
- Česnokov B. V., Baženova L. F., Vilisov V. A., Krecev J. L. (1992): Novyje mineraly gorelych otvalov Čeljabinskogo ugolnogo basseina. - In: *Mineraly i mineralnoe syro Urala*, 127-126. Miass.
- Česnokov B. V., Ščerbakova E. P., Nišanbaev T. P. (2008): Mineraly gorelych otvalov Čeljabinskogo ugolnogo basseina. - Rossijskaja Akademiya Nauk, Uralskoe otdelenie, Institut Mineralogii, 139 pp. Miass.
- Domáci L. (1975): Litostratigrafie tercierních sedimentů severočeské hnědouhelné pánve. - *Acta Univ. Carol., Geol.* **1**, 75-80.
- Eytier Ch., Eytier J.-R. Favreau G., Devouard B., Vigier J. (2004): Minéraux de pyrometamorphisme de Lapanouse-deSéverac (Aveyron). - *AFM - Le cahier des micromonteurs* **85**, 3, 3-58. Paris.
- Favreau G., Meisser N., Chiappero P.-J. (2004): Saint-Maime (Alpes-deHaute-Provence) Un exemple de pyrometamorphisme en région provençale. - *AFM - Le cahier des micromonteurs* **85**, 3, 59-92. Paris.
- Federico M., Pecerrillo A. (2002): Mineral chemistry and petrogenesis of granular ejecta from Alban Hills volcano (Central Italy). - *Mineral. Petrol.* **74**, (2-4), 223-252.
- Fediuk F. (1988): The glass of Bohemian porcellanites. - In: J. Konta, ed.: 2nd International Conference on Natural Glasses, Prague, September 21-25, 1987, Charles University, Prague, 423 pp.
- Fediuk F., Langrová A., Melka K. (2003): North Bohemian Porcellanites and their Mineral Composition: the Case of the Dobříčice Quarry, the Most Basin. - *Geolines* **15**, 35-43.
- Foit F. F. Jr., Hooper R. L., Rosenberg P. E. (1987): An unusual pyroxene, melillite, and iron oxide mineral assemblage in a coal-fire buchite from Buffalo, Wyoming. - *Amer. Mineral.* **72**, 137-147.
- Grapes R. (2006): Pyrometamorphism. - Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 275 pp.
- Gross S., Mazor E., Sass E., Zak I. (1967): The Mottled Zone of Nahal Ayalon (central Israel). - *Isr. J. Earth Sci.* **16**, 84-96.
- Hibsch J. E. (1924): Erläuterungen zur geologischen Karte der Umgebung von Bilin. - *Knih. Stát. geol. Úst. Čs. Republ.* **8**.
- Hibsch J. E. (1929): Erläuterungen zur geologischen Karte der Umgebung von Brůx. - *Knih. Stát. geol. Úst. Čs. Republ.* **11**.
- Huggins F. E., Virgo D., Huckenholz H. D. (1977): Titanium-containing silicite garnets II. The crystal chemistry of melanites and schorlomites. - *Amer. Mineral.* **62**, 646 - 665.
- Chakhmouradian A. R., McCammon C. A. (2005): Schorlomite: a discussion of the crystal chemistry, formula, and inter-species boundaries. - *Phys. Chem. Minerals* **32**, 277-289.
- Kabalov Y. K., Oeckler O., Sokolova E. V., Mironov A. B., Chesnokov B. V. (1997): Subsiliicic ferrian aluminian diopside from the Chelyabinsk coal basin (Southern Urals) - an unusual pyroxene. - *Eur. J. Mineral.* **9**, 617-621.
- Kobell von F. (1853): Tafeln Bestimm. **46**, Alzad. München.
- Krs M. (1968): Geomagnetic field intensity during the Pliocene - Pleistocene derived from thermoremanescence of porcellanites and paleoslags (Czechoslovakia).

- *Pure appl. Geophys.* **9**, Genova.
- Krs M., Váně M. (1967): Paläomagnetismus der durch Kohlenflözbrände in NW-Böhmen umgewandelten Gesteine und seine geophysikalisch-geologische Bedeutung. - *N. Jb. Geol. Paleont., Mh.*, **11**, 654-667. Stuttgart.
- Krsová M., Krs M., Pruner P., Chvojka R. (1989): Paleointensity of the magnetic field during upper Caenozoic derived from paleoslugs and porcellanites in North Bohemia. - *Studia geoph. U. geodet.* **33**, 338-361. Praha.
- Lázníčka P. (1966): Výskyt makroskopického tridymitu v produktech zemního požáru u Tušimic na Kadaňsku. - *Čas. Mineral. Geol.* **11**, 3, 325-327.
- Lengauer C. L., Tillmans E., Hentschel G. (2001): Bati-ferrite $Ba(Ti_2Fe_{10})O_{19}$, a new ferrimagnetic magnetoplumbite mineral from the Quaternary volcanic rocks of the western Eifel area, Germany. - *Mineral. Petrol.* **71**, 1-19.
- Macůrek V., Zelenka O. (1985): Ložisko vypálených jíílů a uhlí u Nechvalic jako zdroj podsypového materiálu pro povrchové doly. - *Uhlí* **12**, 33, 478-481.
- Mach K. (2009): Stratigrafie a korelační horizonty sedimentární výplně mostecké pánve. - Pracovní seminář geologů, terciér mostecké pánve, 7.-9.9. 2009, hotel Ring, Svinčice.
- Malkovský M. et al. (1985): Geologie severočeské hnědouhelné pánve a jejího okolí. - Oblastní regionální geologie ČR. - Ústřední ústav geologický - Academia. Praha. 424 s.
- Povoden E., Horacek M., Abart R. (2002): Contact metamorphism of siliceous limestones from the Werfen formation in the eastern Monzoni contact aureole. - *Mineral. Petrol.* **76**, 1-2, 99-120.
- Querol X., Turiel J. L. F., Soler A. L. (1994): The behaviour of mineral matter during combustion of Spanish subbituminous and brown coals. - *Min. Mag.* **58** (390), 119-133.
- Rajchl M., Uličný D., Grygar R., Mach K. (2009): Evolution of basin architecture in an incipient continental rift: the Cenozoic Most Basin, Eger Graben (Central Europe). - *Basin Research* **21**, 269-294.
- Reuss F. A. (1793): Mineralogische Geographie von Böhmen, (1), 195 p. Prag.
- Rivero M. de (1821): *Ann. de chimie et de phys.* **18**, 27; ref. J. f. Ch. u. Ph., Nürnberg, 1821, 3, 426.
- Řehoř M. (2002): Nový nález magnezioferitu v Severočeské pánvi. - *Minerál* **10**, 1, 3-4.
- Řehoř M., Novák V. (2010): Nálezy magnezioferitu v oblasti mostecké pánve. - *Minerál* **18**, 1, 72-74.
- Sharygin V. V., Sokol E. V., Nigmatilina E. N., Lepezin G. G., Kalugin V. M., Frenkel A. E. (1999): Mineralogy and petrography of technogenic parabasalts from the Chelyabinsk brown-coal basin. - *Russ. Geol. Geophys.* **40**, 6, 679-689.
- Sokol E., Volkova N., Lepezin G. (1998): Mineralogy of pyrometamorphic rocks associated with naturally burned coal-bearing spoil-heaps of the Chelyabinsk coal basin, Russia. - *Eur. J. Mineral.* **10**, 1003-1014.
- Sokol E. V., Maksimova N. V., Nigmatulina E. N., Šarygin V. V., Kalugin V. M. (2005): Pirogennyj metamorfizm. - Izdatelstvo Sibirskogo otdelenia Rossijskoj Akademii nauk, 284 p. Novosibirsk.
- Šebor J. (1913): Bilinit, nový český minerál (Bilinite - a new Czech mineral). - *Sbor. Klubu přírodověd.*, 1912, 1-2. Praha.
- Tyráček J. (1994): Stratigraphical interpretation of the paleomagnetic measurements of the porcellanites in the Most Basin, Czech Republic. - *Bull. Czech Geol. Surv.* **69**, 2, 83-87.
- Tyráček J., Malkovský M., Schovánek P. (1990): Přehledná geologická mapa Severočeské hnědouhelné pánve a jejího okolí 1:100 000. - Ústřední ústav geologický. Praha.
- Váně M. (1961): Zemní požáry v terciéru severovýchodních Čech. - *Acta Univ. Carol., Geol.* **2**, 219-234.
- Woller F. (1982): Porcelanity. - MS, Geoindustria Praha.
- Zelenka O., Martinovská I. (1995): Stanovení podmínek těžby ložisek vypálených jíílů (porcelanitů) severočeské hnědouhelné pánve a CHKO České Středohoří, z hlediska ochrany životního prostředí i z hlediska ochrany nerostného bohatství. - MS, Geologické služby Chomutov.
- Žáček V. (1997): Makroskopické silikáty jako produkt kaustické přeměny haldového materiálu na dole Schoeller (Kladno). - *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)* **4-5**, 214-218.
- Žáček V., Dvořák Z., Ondruš P. (1999): Nové sekundární minerály ze severočeské hnědouhelné pánve. - *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)* **7**, 230-232.
- Žáček V., Dvořák Z., Mráz J., Ondruš P., Dobeš P. (2000): Kladnoit z povrchového dolu Bílina. - *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)* **8**, 267-268.
- Žáček V., Dvořák Z., Skála R. (2001): Unusual Mineral Assemblage Associated with the Fossil Fire of the Coal Seam at Želénky, North Bohemian Brown Coal Basin, Czech Republic. - *Geolines* **13**, 126-127.
- Žáček V., Dvořák Z., Skála R. (2005a): Esseneit, spinelidy a přírodní ferity Ca a Ba - vzácné minerály melilitovce ze severočeských porcelanitů. - *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)* **13**, 239-244.
- Žáček V., Dvořák Z., Skála R. (2009): Mineralogie porcelanitů mostecké pánve. - Společný kongres Slovenskej a Českej geologickej spoločnosti Bratislava 30. 9. - 4. 10. 2009, Zborník abstraktov a exkurzný sprievodca, ed. M. Kohút a L. Šimon, 206-207.
- Žáček V., Dvořák Z., Skála R. (2010): Spinelidy v pyrometamorfovaných horninách mostecké pánve. - *Minerál* **18**, 1, 21-30.
- Žáček V., Dvořák Z., Škoda R., Laufek F., Mráz J. (2008): Fosforeskující whewellit z mostecké pánve (Česká republika). - *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)* **16**, 2, 208-211.
- Žáček V., Skála R., Chlupáčová M., Dvořák Z. (2005b): Ca-Fe³⁺-rich, Si-undersaturated buchite from Želénky, North-Bohemian Brown Coal Basin, Czech Republic. - *Eur. J. Mineral.* **17**, 623-633.