

# Vanadem, niklem a olovem bohaté fylosilikáty z U-Ni-Co-As-Ag/Bi ložiska Zálesí u Javorníka

## Vanadium-, nickel-, and lead-rich phyllosilicates from U-Ni-Co-As-Ag/Bi deposit Zálesí near Javorník

ZDENĚK DOLNÍČEK

Mineralogicko-petrologické oddělení, Národní muzeum, Cirkusová 1740, 193 00 Praha 9; e-mail: zdenek\_dolnicek@nm.cz

DOLNÍČEK Z (2018) Vanadem, niklem a olovem bohaté fylosilikáty z U-Ni-Co-As-Ag/Bi ložiska Zálesí u Javorníka. Bull Mineral Petrolog 26(2): 196-205. ISSN 2570-7337

### Abstract

Two types of phyllosilicates showing different paragenetic position and chemical composition are described from dump ore samples of the Zálesí deposit. The first type is represented by a vanadium-rich (1.1 to 11.7 wt. %  $V_2O_3$ ) mica-like phase with chemical composition close to K-depleted (alumino)celadonite, whose aggregates are enclosed in the oldest parts of the uraninite aggregates. Therefore this phyllosilicate belongs genetically to the oldest uraninite mineralization stage. Another type of phyllosilicate is formed by trioctahedral chlorite containing admixtures of mica (perhaps celadonite) and/or smectite. The chemical composition of this second phyllosilicate is very complex, showing in addition to common constituents (i.e., Si, Al, Fe, Mg, Mn, Ca, K) also elevated to high contents of Ni (1.9 - 8.1 wt. % NiO), Pb (2.3 - 10.6 wt. % PbO), Co (0.8 - 2.3 wt. % CoO), Zn (0.4 - 1.0 wt. % ZnO), Cu (0.2 - 1.7 wt. % CuO) and  $NH_3$  [0.2 - 1.1 wt. %  $(NH_4)_2O$ ]. This phyllosilicate together with calcite and segnitite fills up the "desiccation" cracks in uraninite as well as veinlets cutting gangue minerals, which clearly indicates its genetic pertinence to younger (i.e., arsenide or sulphide) mineralization stages of the Zálesí deposit. The chemical composition of chlorite is in accordance with published formation temperatures of ore mineralization of the Zálesí deposit (<50 to 130 °C). Both studied phases belong to the chemically most complex phyllosilicates if compared with those from other uranium deposits of the Bohemian massif.

**Key words:** V-rich mica, Ni-Pb-rich chlorite, segnitite, U-Ni-Co-As-Ag-Bi deposits, Zálesí, Bohemian Massif, Czech Republic

Obdrženo 8. 10. 2018; přijato 4. 12. 2018

### Úvod

Malé uranové ložisko Zálesí u Javorníka představuje z pohledu počtu nalezených minerálních druhů jedno z nejbohatších mineralogických nalezišť v České republice. Z lokality se uvádí přítomnost 158 minerálních druhů, včetně několika dosud nepojmenovaných nových fází (Pauliš et al. 2008; www.mindat.org). Velká pestrost primární rudní asociace ložiska je podmíněna přítomností tří mineralogicky zřetelně odlišných mineralizačních stádií - uraninitového, arzenidového a sulfidického (Fojt et al. 2005; Dolníček et al. 2009). Příčiny neobvykle bohatého vývoje asociace supergenních minerálů pak lze spatřovat jednak ve variabilních podmínkách jejich vzniku, jednak v dostupnosti široké suity chemických prvků, jejichž zdrojem byla jak primární hydrotermální mineralizace ložiska, tak hostitelské litologicky pestré horninové prostředí.

Velmi detailní studie, včetně podrobných informací o chemickém složení a struktuře minerálů, byly v minulosti provedeny na zdejších rudních minerálech (arsenidy - Fojt et al. 2005; selenidy - Sejkora et al. 2011, 2012, 2014) a supergenních fází (Sejkora et al. 2006; Pauliš et al. 2016). Naproti tomu do značné míry opomíjeny až doslova přehlíženy byly „běžné“ minerální fáze, a to přesto, že mohou poskytnout hodnotné informace ohled-

ně podmínek formování žilné výplně. U řady z nich není dodnes mnohdy ani známo, kterému minerálnímu druhu přesně patří (např. apatit, chlority, slídy - srov. Sejkora 1994; www.mindat.org). Stejně tak nejsou publikovány téměř žádné bližší údaje o paragenetické pozici výše zmíněných minerálních fází (viz např. Sejkora 1994). Toliko Fojt et al. (2005) uvažují v případě chloritů a slíd, ojedinele zastížených v žilné výplni uraninitového mineralizačního stádia, o jejich původu v bočních horninách.

Při studiu archivních vzorků z ložiska Zálesí na elektronové mikrosondě byly nalezeny dva typy fylosilikátů, které tvoří součást uranem bohaté nerostné paragenese. V předloženém příspěvku přinášíme bližší informace o charakteru jejich výskytu, výsledky studia jejich chemického složení na elektronové mikrosondě a interpretaci jejich geneze.

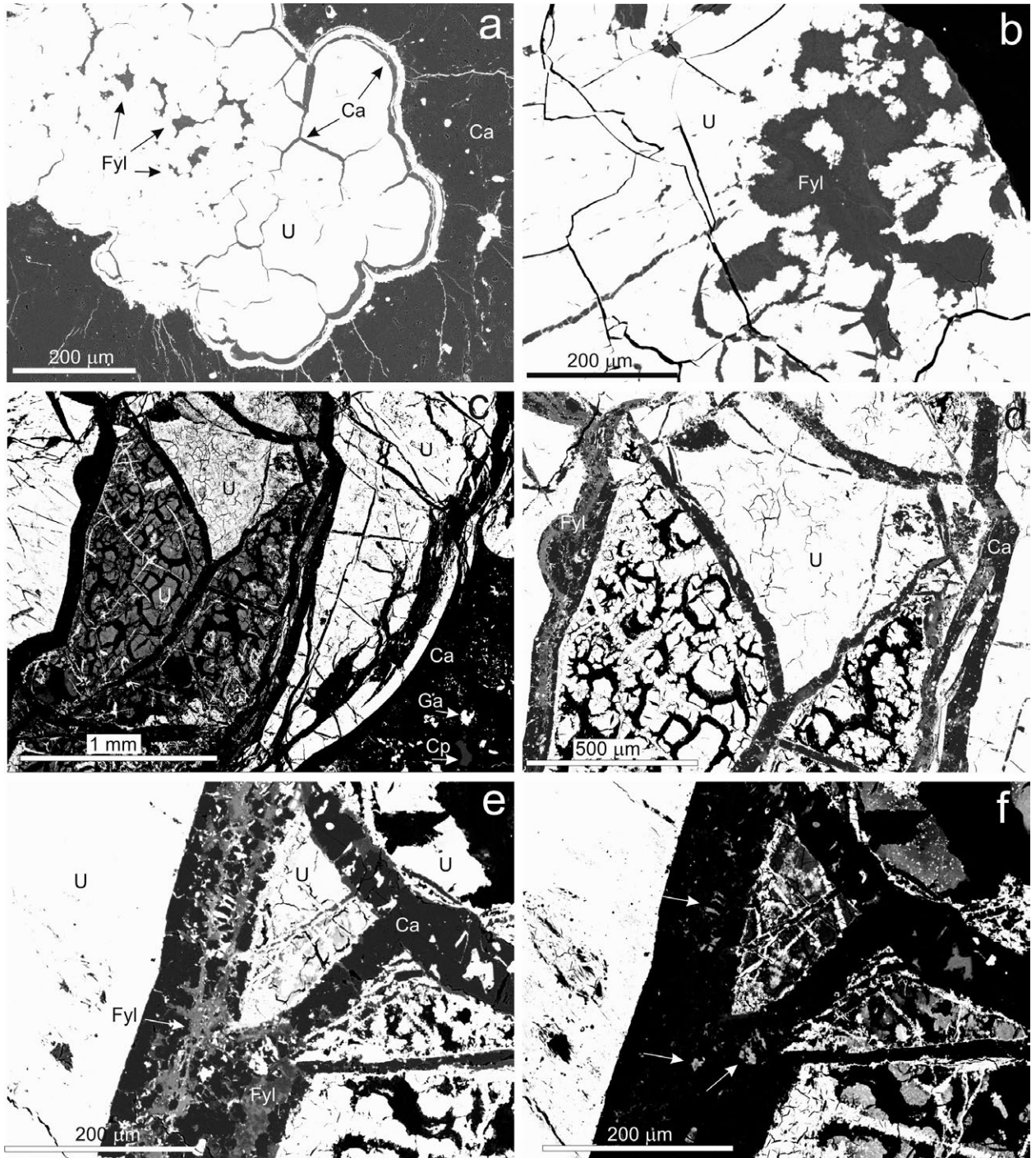
### Materiál a metodika

Studovány byly dva vzorky a fylosilikáty byly nalezeny v obou. První vzorek (Zal-1) našel autor na rekultivovaném odvalu u štoly č. 3 v roce 1995. Vzorek je tvořen asi 0.5 cm mocnou symetrickou žilkou protínající amfibolit, tvořenou minerály uraninitového mineralizačního stádia v typickém vývoji. Na okrajích žíly je hřebenovitý kře-

men s pásy uraninitu, v centru žíly hrubě štěpný kalcit s vtrošenými zrnky chalkopyritu. V malém množství se na složení žilné výplně podílejí i selenidy a coffinit. Druhý vzorek (Zal-2) dostal autor přímo v terénu darem od polsky hovořícího sběratele, kterého náhodně potkal na lokalitě před štolou č. 3 v r. 2004. Dle sdělení nálezce by měl vzorek pocházet z těžby haldy. Jde o bohatý vzorek

uranové mineralizace, tvořený zejména silně alterovaným uraninitem a kalcitem.

Nábrusy ze studovaných vzorků zhotovil p. J. Povolný (ÚGV MU Brno) obvyklým postupem. Dokumentace preparátů v odraženém světle byla provedena na odrazovém polarizačním mikroskopu Nikon Eclipse ME 600 v Národním muzeu v Praze. Následně byly vzorky po-



**Obr. 1** Minerální asociace a paragenetická pozice studovaných fylosilikátů ze Zálesí. a, b - nepravidelné uzavřeniny fylosilikátu (Fyl) v centrálních částech agregátů uraninitu (U) obklopených kalcitem (Ca). Kalcit tvoří i výplně synergních trhlin a žilek v uraninitu. Vzorek Zal-1. c - silně variabilní projevy hydratace, oxidace a coffinitizace uraninitu ze vzorku Zal-2, který obsahuje mladší žilky obsahující fylosilikáty. Ca - kalcit, Ga - galenit, Cp - chalkopyrit. d - detail levé horní části snímku (c) s patrnými minerály žilek (Ca - kalcit, Fyl - fylosilikát). e - zonální fylosilikát (Fyl) vyplňující spolu s kalcitem (Ca) žilky v alterovaném uraninitu (U). Vzorek Zal-2. f - táž oblast fotografovaná s kontrastem upraveným tak, aby byly patrné drobné inkluze fáze blízké segnititu (šipky). Všechna BSE foto Z. Dolníček.

Tabulka 1 Reprezentativní výběr chemických analýz fylosilikátu ze vzorku Zal-1.

	139	141	143	145	83	85	87	93	42	52	59	61
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.02	0.05	0.00	0.01	0.00	0.01	0.07
SiO <sub>2</sub>	49.50	49.00	45.19	50.03	42.96	47.70	42.69	45.52	45.82	47.81	48.00	47.08
TiO <sub>2</sub>	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.71	22.57	18.64	19.57	17.63	21.48	17.25	14.89	16.34	17.92	17.44	17.13
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.24	6.35	9.85	9.59	11.22	6.73	11.66	2.97	1.12	4.83	3.07	3.04
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.03	0.02	0.00	0.03	0.03	0.02	0.00	0.05	0.03	0.12	0.00	0.00
FeO <sup>tot</sup>	8.07	3.48	5.67	3.92	6.20	3.75	5.84	13.00	13.17	6.30	5.27	4.86
MnO	0.66	0.13	0.26	0.22	0.36	0.29	0.31	0.53	0.34	0.20	0.54	0.58
NiO	0.00	0.02	0.00	0.04	0.03	0.04	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.02
CoO									0.00	0.00	0.04	0.00
CuO									0.04	0.00	0.06	0.03
ZnO	0.00	0.02	0.00	0.02	0.06	0.07	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.00
PbO									0.08	0.28	0.05	0.00
MgO	2.91	4.34	4.84	4.99	4.72	4.94	5.30	3.13	5.44	4.59	5.84	5.64
CaO	1.46	0.21	1.68	0.83	1.51	0.20	1.48	1.56	0.60	0.51	1.27	1.50
BaO	0.32	0.16	0.50	0.46	0.55	0.21	0.23	0.34	0.24	0.29	0.04	0.19
Na <sub>2</sub> O	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.26	0.10	0.00	0.09	0.00	0.05	0.00
K <sub>2</sub> O	2.19	4.86	3.09	2.83	3.80	7.03	4.54	4.43	5.16	5.91	4.75	4.52
Rb <sub>2</sub> O	0.00	0.00	0.06	0.02	0.03	0.01	0.08	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00
Cs <sub>2</sub> O	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.05	0.03
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> O									0.00	0.00	0.13	0.20
Cl	0.00	0.04	0.00	0.01	0.00	0.04	0.02	0.02	0.01	0.00	0.02	0.01
Celkem	87.11	91.35	89.85	92.56	89.07	92.79	89.55	86.69	88.49	88.80	86.68	84.85
P <sup>5+</sup>	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.001	0.003	0.000	0.001	0.000	0.001	0.004
Si <sup>4+</sup>	3.625	3.398	3.282	3.438	3.204	3.333	3.178	3.534	3.463	3.504	3.547	3.546
Ti <sup>4+</sup>	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<sup>IV</sup> Al <sup>3+</sup>	0.374	0.601	0.715	0.562	0.796	0.665	0.819	0.466	0.536	0.496	0.452	0.450
T sum	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
<sup>VI</sup> Al <sup>3+</sup>	1.155	1.244	0.881	1.023	0.754	1.104	0.695	0.896	0.920	1.052	1.067	1.071
V <sup>3+</sup>	0.249	0.353	0.574	0.528	0.671	0.377	0.696	0.185	0.068	0.284	0.182	0.184
Cr <sup>3+</sup>	0.002	0.001	0.000	0.002	0.002	0.001	0.000	0.003	0.002	0.007	0.000	0.000
Fe <sup>2+</sup>	0.494	0.202	0.344	0.225	0.387	0.219	0.364	0.844	0.833	0.386	0.326	0.306
Mn <sup>2+</sup>	0.041	0.008	0.016	0.013	0.023	0.017	0.020	0.035	0.022	0.012	0.034	0.037
Ni <sup>2+</sup>	0.000	0.001	0.000	0.002	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.001
Co <sup>2+</sup>									0.000	0.000	0.002	0.000
Cu <sup>2+</sup>									0.002	0.000	0.003	0.002
Zn <sup>2+</sup>	0.000	0.001	0.000	0.001	0.003	0.004	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.000
Pb <sup>2+</sup>									0.002	0.006	0.001	0.000
Mg <sup>2+</sup>	0.318	0.449	0.524	0.511	0.525	0.515	0.588	0.362	0.613	0.502	0.643	0.633
O sum	2.259	2.259	2.339	2.305	2.367	2.239	2.364	2.327	2.463	2.252	2.261	2.234
Ca <sup>2+</sup>	0.115	0.016	0.131	0.061	0.121	0.015	0.118	0.130	0.049	0.040	0.101	0.121
Ba <sup>2+</sup>	0.009	0.004	0.014	0.012	0.016	0.006	0.007	0.010	0.007	0.008	0.001	0.006
Na <sup>+</sup>	0.000	0.015	0.000	0.000	0.000	0.035	0.014	0.000	0.013	0.000	0.007	0.000
K <sup>+</sup>	0.205	0.430	0.286	0.248	0.362	0.627	0.431	0.439	0.498	0.553	0.448	0.434
Rb <sup>+</sup>	0.000	0.000	0.003	0.001	0.001	0.000	0.004	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000
Cs <sup>+</sup>	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>									0.000	0.000	0.022	0.035
I sum	0.329	0.466	0.434	0.322	0.500	0.683	0.574	0.589	0.567	0.601	0.581	0.597
Cl <sup>-</sup>	0.000	0.005	0.000	0.001	0.000	0.005	0.003	0.003	0.001	0.000	0.003	0.001
Catsum	6.587	6.724	6.773	6.629	6.866	6.922	6.937	6.916	7.028	6.853	6.841	6.831

Obsahy oxidů jsou v hm. %, hodnoty *apfu* jsou vypočítány na základ 11 atomů kyslíku.

taženy uhlíkovým filmem o tloušťce 30 nm a studovány pomocí elektronové mikrosondy Cameca SX-100 v laboratoři Mineralogicko-petrologického oddělení Národního muzea v Praze. Na přístroji byly pořízeny fotografie ve zpětně odražených elektronech (BSE) a měřeno chemické složení jednotlivých fází ve vlnové disperzním (WDS) modu. Při bodových analýzách bylo použito urychlovací napětí 15 kV, proud svazkem 10 nA a defokusaný elektronový svazek o průměru 5  $\mu\text{m}$  (fylosilikáty), respektive 3  $\mu\text{m}$  (fáze blízká segnititu). Mikrosonda má pět WDS spektrometrů, z nichž čtyři jsou osazeny „large“ krystaly, umožňujících použití krátkých měřicích časů, což je společně s defokusací svazku důležité zejména při měření pod elektronovým paprskem méně stabilních fází včetně fylosilikátů. Ve všech analýzách fylosilikátů byly měřeny obsahy Al, Ba, Ca, Cl, Cr, Cs, F, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, P, Rb, Si, Ti, V a Zn, u části analýz byly stanovovány i obsahy Pb, Co, Cu a N. Použité analytické čáry a standardy: albit (NaK $\alpha$ ), almandin (AlK $\alpha$ , FeK $\alpha$ ), apatit (PK $\alpha$ ), baryt (BaL $\beta$ ), BN (NK $\alpha$ ), Co (CoK $\alpha$ ), Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (CrK $\alpha$ ), Cs-sklo (CsL $\alpha$ ), diopsid (MgK $\alpha$ ), halit (ClK $\alpha$ ), chalkopyrit (CuK $\alpha$ ), LiF (FK $\alpha$ ), Ni (NiK $\alpha$ ), Rb-Ge-sklo (RbL $\alpha$ ), rodonit (MnK $\alpha$ ), sanidin (KK $\alpha$ ), TiO<sub>2</sub> (TiK $\alpha$ ), V (VK $\alpha$ ), vanadinit (PbM $\alpha$ ), wollastonit (CaK $\alpha$ , SiK $\alpha$ ), zinkit (ZnK $\alpha$ ). Ve fázi blízké segnititu byly měřeny obsahy Al, As, Ba, Ca, Cl, Cr, Cu, F, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, P, S, Si, Sr, Ti, U, V a Zn, přičemž byly využity následující analytické čáry a standardy: albit (NaK $\alpha$ ), apatit (CaK $\alpha$ , PK $\alpha$ ), baryt (BaL $\beta$ ), celestin (SK $\alpha$ , SrL $\beta$ ), Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (CrK $\alpha$ ), diopsid (MgK $\alpha$ ), halit (ClK $\alpha$ ), hematit (FeK $\alpha$ ), chalkopyrit (CuK $\alpha$ ), klinoklas (AsL $\alpha$ ), LiF (FK $\alpha$ ), Ni (NiK $\alpha$ ), rodonit (MnK $\alpha$ ), sanidin (AlK $\alpha$ , KK $\alpha$ , SiK $\alpha$ ), TiO<sub>2</sub> (TiK $\alpha$ ), V (VK $\alpha$ ), uraninit (UM $\alpha$ ), vanadinit (PbM $\alpha$ ), zinkit (ZnK $\alpha$ ). Načtená data byla přepracována na hm. % s použitím standardní PAP korekce (Pouchou, Pichoir 1985). Obsahy prvků, které nejsou uvedeny v tabulkách, byly ve všech případech pod mezí stanovitelnosti.

## Výsledky

Fylosilikát ze vzorku Zal-1 vytváří jemně zrnité agregáty nepravidelného tvaru o velikosti typicky desítek mikrometrů, které jsou uzavřeny v nejstarších centrálních částech uraninitových globulí a agregátů (obr. 1a,b). Nebylo pozorováno, že by daná fáze byla přítomna i v relativně hojně přítomných mladších žilkách či v synerzních trhlínách uraninitu. V BSE obraze je fylosilikát díky variacím v chemickém složení v některých případech slabě nepravidelně („skvrnitě“) zónální (obr. 1b). Daná fáze se delším působením fokusovaného elektronového svazku zřetelně vypaluje. Chemické složení bylo studováno prostřednictvím 61 bodových WDS analýz. Analýzy prokázaly poměrně značnou variabilitu v chemickém složení dané fáze (tab. 1). Obsahy SiO<sub>2</sub> se pohybují mezi 42.7 a 50.0 hm. %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> mezi 14.9 a 22.6 hm. %, FeO<sup>tot</sup> mezi 3.5 a 13.2 hm. %, V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> mezi 1.1 a 11.7 hm. %, MgO mezi 2.9 a 5.8 hm. %, CaO mezi 0.2 a 1.7 hm. % a K<sub>2</sub>O mezi 2.2 a 7.0 hm. %. Obsahy ostatních stanovených komponent zpravidla nepřesahují 0.5 hm. %. Analytické sumy se pohybují mezi 84.9 a 93.5 hm. % (tab. 1).

Fylosilikát ze vzorku Zal-2 vytváří jemně zrnité agregáty, které se podílejí na výplni synerzních trhlín a mladších žilek jak v silně alterovaném uraninitu (obr. 1c-f), tak někdy i v okolních fázích žiloviny. Součástí výplně těchto žilek je hojně i kalcit (obr. 1c-f), ojedinele byla zjištěna i ve fylosilikátu uzavřená drobná (max. 10  $\mu\text{m}$  velká) xenomorfně omezená zrna fáze, která je svou stechiometrií blízká silně substituovanému segnititu (tab. 2). V BSE ob-

**Tabulka 2** Chemické složení fáze blízké segnititu ze vzorku Zal-2.

	143	144	145	146	147
SO <sub>3</sub>	0.03	0.05	0.02	0.02	0.09
As <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	19.40	19.33	19.27	19.28	20.34
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.00	0.01	0.11	0.01	0.08
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.15	0.08	0.14	0.13	0.11
SiO <sub>2</sub>	6.26	6.71	6.11	5.58	6.81
UO <sub>2</sub>	5.06	6.27	6.07	5.68	4.11
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.07	0.22	0.03	0.02	0.07
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>tot</sup>	22.11	20.26	19.82	20.62	21.05
MnO	0.65	0.57	0.71	0.70	0.60
CuO	0.76	2.06	1.20	1.19	1.86
ZnO	0.22	0.26	0.34	0.15	0.27
NiO	0.42	0.37	0.43	0.36	0.33
PbO	29.00	27.83	30.59	29.13	29.28
CaO	5.65	5.32	5.29	5.62	5.51
BaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20
Na <sub>2</sub> O	0.21	0.07	0.25	0.15	0.08
K <sub>2</sub> O	0.14	0.11	0.12	0.10	0.10
F	0.14	0.12	0.10	0.10	0.23
Cl	0.11	0.14	0.07	0.08	0.14
Celkem	90.38	89.78	90.67	88.92	91.26
S <sup>6+</sup>	0.003	0.004	0.002	0.002	0.008
As <sup>5+</sup>	1.202	1.202	1.211	1.228	1.232
P <sup>5+</sup>	0.000	0.001	0.011	0.001	0.008
V <sup>5+</sup>	0.012	0.006	0.011	0.010	0.008
Si <sup>4+</sup>	0.741	0.798	0.734	0.680	0.789
Subtotal	1.957	2.011	1.969	1.921	2.046
U <sup>4+</sup>	0.133	0.166	0.162	0.154	0.106
Al <sup>3+</sup>	0.010	0.031	0.004	0.003	0.010
Fe <sup>3+</sup>	1.971	1.813	1.792	1.890	1.836
Mn <sup>2+</sup>	0.065	0.057	0.072	0.072	0.059
Cu <sup>2+</sup>	0.068	0.185	0.109	0.109	0.163
Zn <sup>2+</sup>	0.019	0.023	0.030	0.013	0.023
Ni <sup>2+</sup>	0.040	0.035	0.042	0.035	0.031
Pb <sup>2+</sup>	0.925	0.891	0.990	0.955	0.913
Ca <sup>2+</sup>	0.717	0.678	0.681	0.733	0.684
Ba <sup>2+</sup>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009
Na <sup>+</sup>	0.048	0.016	0.058	0.035	0.018
K <sup>+</sup>	0.021	0.017	0.018	0.016	0.015
Subtotal	4.018	3.912	3.959	4.017	3.866
F <sup>-</sup>	0.052	0.045	0.038	0.039	0.084
Cl <sup>-</sup>	0.022	0.028	0.014	0.017	0.027
Catsum	5.975	5.923	5.928	5.938	5.912

Obsahy oxidů jsou v hm. %, hodnoty *apřu* jsou vypočítány na základ 11 atomů kyslíku.

raze je fylosilikát ze vzorku Zal-2 slabě skvrnitě zonální (obr. 1e) a obdobně jako u fylosilikátu ze vzorku Zal-1, i v tomto případě dochází k jeho degradaci působením fokusovaného elektronového svazku. Chemické složení

bylo studováno pomocí 66 bodových WDS analýz, jejichž výběr je uveden v tabulce 3. Chemismus fylosilikátu je velmi komplexní a obsahy stanovených komponent značně variabilní (tab. 3). Hlavními složkami jsou  $\text{SiO}_2$  (28.7

**Tabulka 3** Reprezentativní výběr chemických analýz fylosilikátu ze vzorku Zal-2.

	119	120	124	219	11	15	18	21	23	25	27	40
$\text{P}_2\text{O}_5$	0.01	0.00	0.00	0.01	0.03	0.02	0.01	0.04	0.00	0.00	0.01	0.01
$\text{SiO}_2$	31.29	30.42	30.93	32.09	38.42	30.27	31.09	37.04	33.81	28.69	37.14	35.64
$\text{TiO}_2$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.15	0.05	0.01	0.00
$\text{Al}_2\text{O}_3$	14.13	13.61	10.15	14.66	11.38	12.21	8.54	7.05	7.64	6.22	8.50	9.85
$\text{V}_2\text{O}_3$	0.13	0.11	0.03	0.12	0.02	0.05	0.07	0.00	0.00	0.01	0.00	0.04
$\text{Cr}_2\text{O}_3$	0.00	0.00	0.04	0.00	0.03	0.03	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.02
$\text{FeO}^{\text{tot}}$	15.07	15.13	19.07	15.17	13.95	12.59	16.19	22.71	23.34	24.73	20.05	14.31
$\text{MnO}$	0.91	0.86	1.07	0.93	0.92	0.96	0.66	0.78	0.63	0.62	0.53	0.57
$\text{NiO}$	6.16	6.15	5.47	6.13	6.40	8.10	5.05	1.85	2.02	2.87	2.00	7.48
$\text{CoO}$	1.54	1.56	1.15	1.51	1.92	2.34	1.75	1.03	1.03	1.07	1.12	1.98
$\text{CuO}$	0.96	1.03	0.41	0.39	0.97	0.84	1.66	0.23	0.30	0.81	0.63	0.87
$\text{ZnO}$	0.63	0.71	0.47	0.86	0.40	0.79	0.79	0.31	0.41	0.35	0.37	0.82
$\text{PbO}$	2.52	2.58	3.01	2.32	3.26	2.28	6.10	8.40	10.63	10.18	8.61	2.87
$\text{MgO}$	8.06	7.52	9.76	7.61	6.69	5.53	2.67	2.74	1.88	1.74	1.89	3.33
$\text{CaO}$	0.61	0.57	0.73	0.70	1.49	2.72	2.40	0.65	0.77	1.03	0.70	1.56
$\text{BaO}$	0.00	0.03	0.14	0.00	0.00	0.00	0.13	0.28	0.18	0.21	0.19	0.00
$\text{Na}_2\text{O}$	0.07	0.03	0.06	0.04	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16
$\text{K}_2\text{O}$	0.07	0.07	0.31	0.07	0.28	0.15	0.58	3.43	2.84	1.35	3.90	0.74
$\text{Rb}_2\text{O}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.23	0.00	0.07	0.00	0.00
$\text{Cs}_2\text{O}$	0.03	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.05	0.00	0.00
$(\text{NH}_4)_2\text{O}$					0.85	1.07	0.50	0.37	0.08	0.28	0.40	0.86
$\text{Cl}$	0.02	0.03	0.01	0.00	0.02	0.02	0.04	0.01	0.01	0.03	0.02	0.00
<b>Celkem</b>	<b>82.21</b>	<b>80.41</b>	<b>82.86</b>	<b>82.62</b>	<b>86.96</b>	<b>79.86</b>	<b>78.15</b>	<b>87.20</b>	<b>85.73</b>	<b>80.33</b>	<b>85.99</b>	<b>81.01</b>
$\text{P}^{5+}$	0.001	0.000	0.000	0.001	0.003	0.002	0.001	0.004	0.000	0.000	0.001	0.001
$\text{Si}^{4+}$	3.593	3.595	3.634	3.634	4.110	3.643	4.034	4.359	4.194	3.961	4.381	4.188
$\text{Ti}^{4+}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.014	0.005	0.001	0.000
$\text{Al}^{3+}$	1.912	1.896	1.406	1.957	1.435	1.732	1.306	0.978	1.117	1.012	1.182	1.364
$\text{V}^{3+}$	0.012	0.010	0.003	0.011	0.002	0.005	0.007	0.000	0.000	0.001	0.000	0.004
$\text{Cr}^{3+}$	0.000	0.000	0.004	0.000	0.003	0.003	0.000	0.001	0.002	0.001	0.000	0.002
$\text{Fe}^{2+}$	1.447	1.495	1.874	1.437	1.248	1.267	1.757	2.235	2.421	2.855	1.978	1.406
$\text{Mn}^{2+}$	0.089	0.086	0.106	0.089	0.083	0.098	0.073	0.078	0.066	0.073	0.053	0.057
$\text{Ni}^{2+}$	0.569	0.585	0.517	0.559	0.551	0.784	0.527	0.175	0.202	0.319	0.190	0.707
$\text{Co}^{2+}$	0.142	0.148	0.108	0.137	0.165	0.076	0.182	0.097	0.102	0.118	0.106	0.187
$\text{Cu}^{2+}$	0.083	0.092	0.036	0.033	0.078	0.074	0.163	0.020	0.028	0.084	0.056	0.077
$\text{Zn}^{2+}$	0.053	0.062	0.041	0.072	0.032	0.070	0.076	0.027	0.038	0.036	0.032	0.071
$\text{Pb}^{2+}$	0.078	0.082	0.095	0.071	0.094	0.062	0.213	0.266	0.355	0.378	0.273	0.091
$\text{Mg}^{2+}$	1.380	1.325	1.709	1.285	1.067	0.992	0.516	0.481	0.348	0.358	0.332	0.583
$\text{Ca}^{2+}$	0.075	0.072	0.092	0.085	0.171	0.351	0.334	0.082	0.102	0.152	0.088	0.196
$\text{Ba}^{2+}$	0.000	0.001	0.006	0.000	0.000	0.000	0.007	0.013	0.009	0.011	0.009	0.000
$\text{Na}^+$	0.016	0.007	0.014	0.009	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.036
$\text{K}^+$	0.010	0.011	0.046	0.010	0.038	0.023	0.096	0.515	0.449	0.238	0.587	0.111
$\text{Rb}^+$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.000	0.006	0.000	0.000
$\text{Cs}^+$	0.001	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.003	0.000	0.000
$\text{NH}_4^+$					0.210	0.226	0.149	0.100	0.024	0.090	0.109	0.234
$\text{Cl}^-$	0.004	0.006	0.002	0.000	0.004	0.004	0.009	0.002	0.002	0.007	0.004	0.000
<b>Catsum</b>	<b>9.465</b>	<b>9.473</b>	<b>9.695</b>	<b>9.390</b>	<b>9.302</b>	<b>9.411</b>	<b>9.448</b>	<b>9.458</b>	<b>9.473</b>	<b>9.710</b>	<b>9.382</b>	<b>9.316</b>

Obsahy oxidů jsou v hm. %, hodnoty *apfu* jsou vypočítány na základ 14 atomů kyslíku.

- 38.4 hm. %),  $\text{FeO}^{\text{tot}}$  (12.6 - 24.7 hm. %),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (6.2 - 14.7 hm. %),  $\text{PbO}$  (2.3 - 10.6 hm. %),  $\text{MgO}$  (1.7 - 9.8 hm. %) a  $\text{NiO}$  (1.9 - 8.1 hm. %). Pravidelně zvýšené jsou ve studované fázi i obsahy  $\text{CaO}$  (0.5 - 2.7 hm. %),  $\text{MnO}$  (0.4 - 1.1 hm. %),  $\text{ZnO}$  (0.4 - 1.0 hm. %),  $\text{CoO}$  (0.8 - 2.3 hm. %),  $\text{CuO}$  (0.2 - 1.7 hm. %),  $(\text{NH}_4)_2\text{O}$  (0.1 - 1.1 hm. %) a často i  $\text{K}_2\text{O}$  (0.06 - 3.9 hm. %). Analytické sumy kolísají mezi 78 a 87 hm. % (tab. 3).

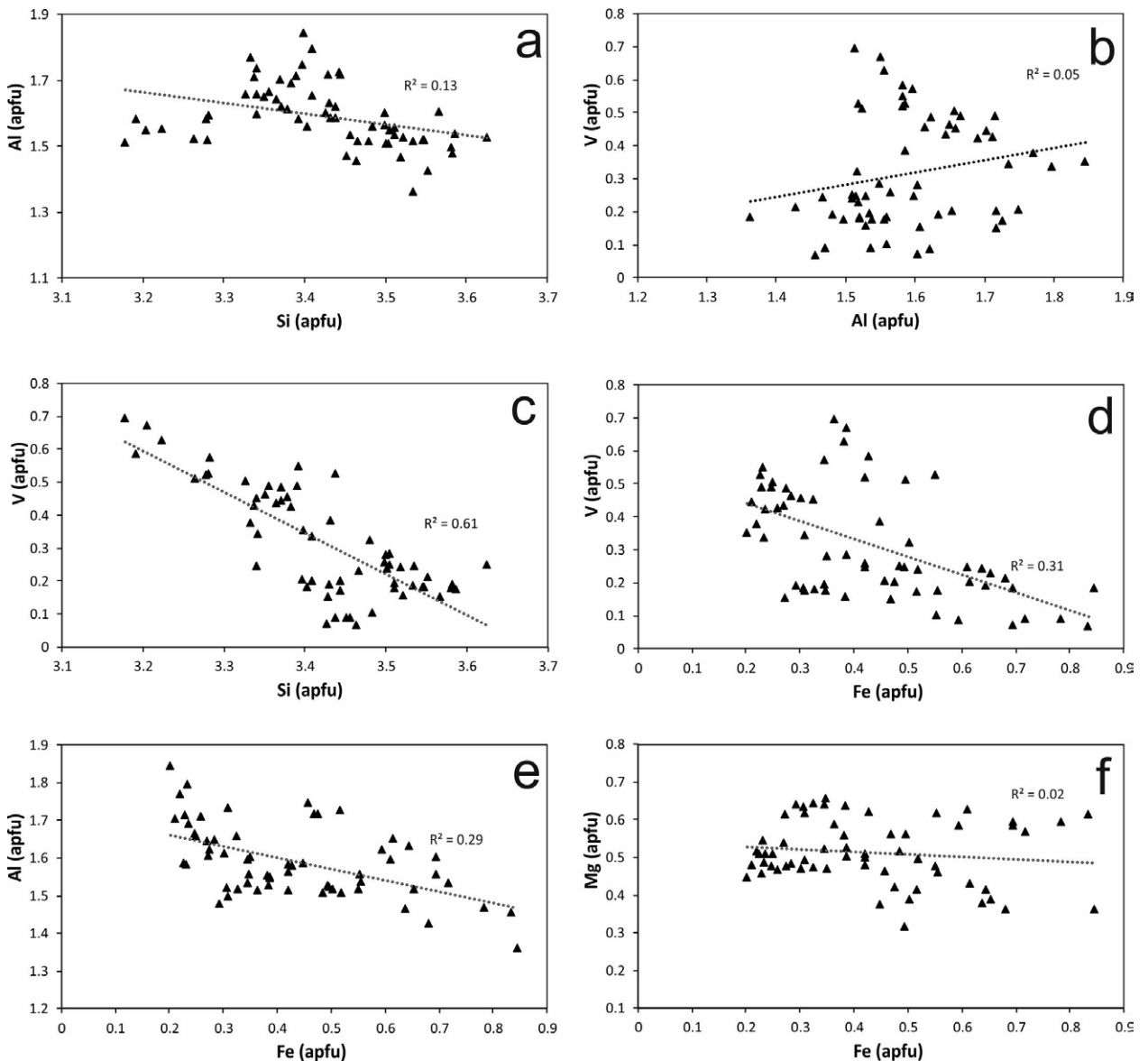
## Diskuse

### Fylosilikát ze vzorku Zal-1

Studovaný fylosilikát je svým vznikem patrně časově sblížený s krystalizací nejstarších částí uraninitových agregátů. Nasvědčovala by tomu jeho pozice v centrálních částech uraninitových globulí, absence na mladších žilkách protínajících žilovinu, i její chemické složení. Absence Ni a Co v dané fázi indikuje krystalizaci v době před uložením minerálů arzenidového mineralizačního stádia, pro něž jsou tyto prvky charakteristické (Fojt et al. 2005). Naopak zvýšené obsahy vanadu ve fylosilikátu

korespondují s chemickým složením hostitelského uraninitu, který v daném vzorku obsahuje mezi 0.18 a 1.43 hm. %  $\text{V}_2\text{O}_5$  (Z. Dolníček, *nepublikovaná data*). Na základě pozice i chemismu tedy předpokládáme příslušnost této fáze k nejstaršímu uraninitovému mineralizačnímu stádiu ložiska Zálesí (Fojt et al. 2005). Teoreticky může jít i o materií pocházející původně z okolních hornin (srov. Fojt et al. 2005), jež byla následně hydrotermálně a případně i radiačně transformována (rekrytalována) do té míry, že byly kompletně setřeny všechny její původní texturní znaky.

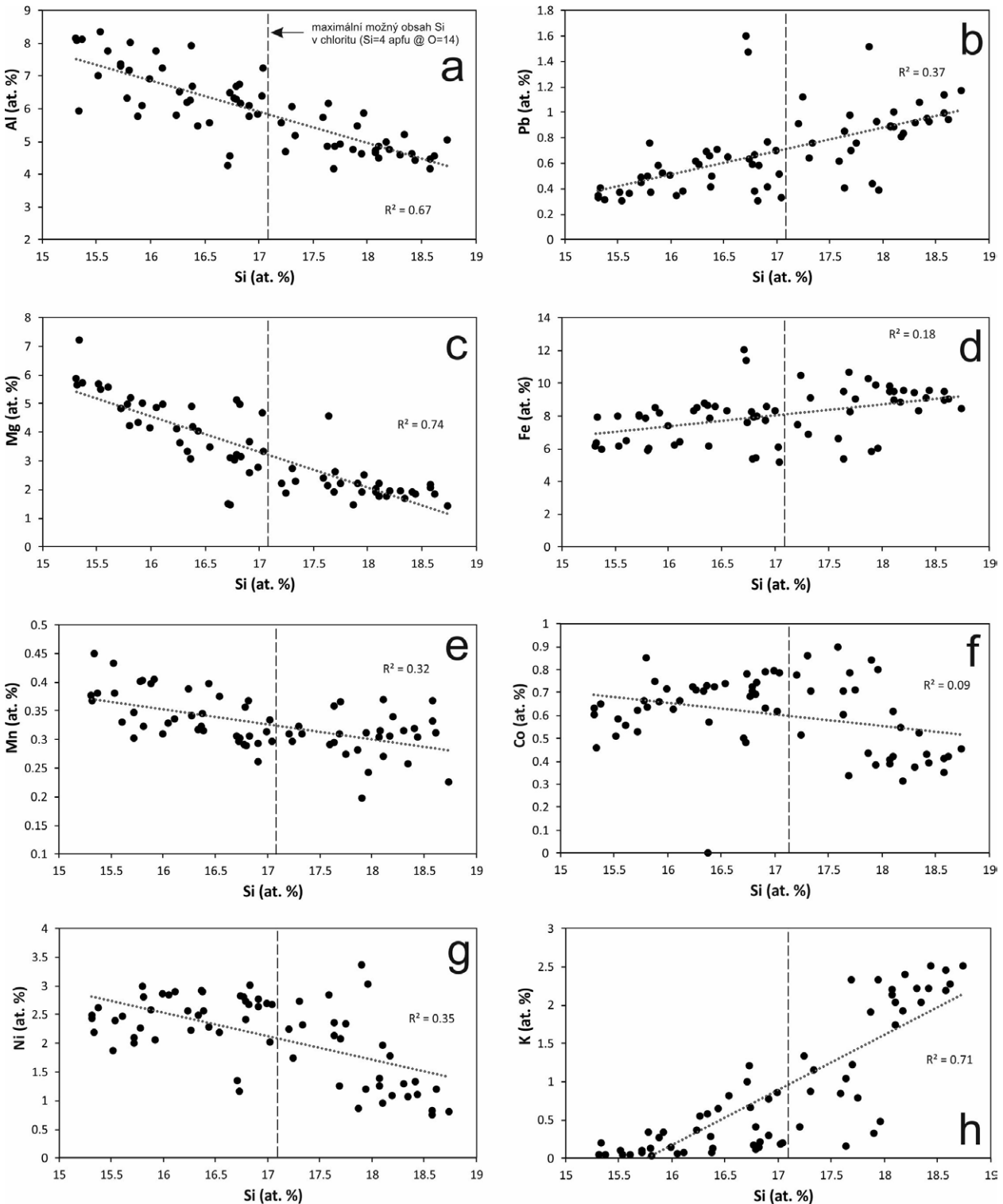
Chemické složení fylosilikátu je značně variabilní v obsazích hlavních složek, jimiž jsou  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}^{\text{tot}}$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$  a  $\text{H}_2\text{O}$  (přítomnost posledně uvedené komponenty je indikována sníženými analytickými sumami i vypalováním dané fáze pod fokusovaným elektronovým svazkem). Chemické složení a celková stechiometrie odpovídají fázi ze skupiny slíd. Při přepočtu empirického vzorce na základ 11 atomů kyslíku (tab. 1) obsahuje daná fáze 0.37 až 0.82 *apfu* tetraedrického Al a 0.70 až 1.24 *apfu* oktaedrického Al. Suma oktaedrických



**Obr. 2** Variační diagramy ilustrující vztahy mezi obsahy jednotlivých složek ve fylosilikátu ze vzorku Zal-1. a - diagram Si - Al, b - diagram Al - V, c - diagram Si - V, d - diagram Fe - V, e - diagram Fe - Al, f - diagram Fe - Mg.

kationtů je dosti vysoká (2.24 - 2.46 *apfu*; mezi di- a trioktaedrickou strukturou), ale suma uvažovaných mezivrstevních kationtů naopak abnormálně nízká (0.32 - 0.68 *apfu*). Tato situace je uváděna například u výrazně acidifikovaných slídových minerálů, kdy dochází k odnosu mezivrstevních kationtů (K) a přesunu Al na jejich místo. Analýzy ukazují na fázi blízkou seladonitu/aluminoseladonitu nebo jejich směs (smíšenou strukturu?) s nízkým podílem smektitu. Přesná kvantifikace zastoupení uva-

žovaných komponent v jednotlivých analýzách, případně rozpočet eventuálně přítomné smektitové komponenty na konkrétní minerální fáze, je obtížným úkolem vzhledem ke skutečnostem, že 1) obecně dané fáze nemívají stechiometrické složení, 2) není znám valenční stav přítomného železa, 3) není k dispozici fázová determinace z rentgenových difrakčních analýz, které jsou obecně klíčové pro identifikaci různých fylsilikátů. Komplikované poměry související s chemismem popisované minerální



**Obr. 3** Variační diagramy ilustrující vztahy mezi obsahy jednotlivých složek ve fylsilikátu ze vzorku Zal-2 (1. část). a - diagram Si - Al, b - diagram Si - Pb, c - diagram Si - Mg, d - diagram Si - Fe, e - diagram Si - Mn, f - diagram Si - Co, g - diagram Si - Ni, h - diagram Si - K.

fáze lze názorně ilustrovat na korelačních diagramech (obr. 2). Korelace mezi obsahy Si na jedné straně a obsahy Fe, Mg, K, Ca a Al na straně druhé neexistují (hodnoty  $R^2$  se pohybují mezi 0.00 a 0.05, v případě dvojice Al-Si 0.13). Vanad by měl ve struktuře silikátů zastupovat hliník, korelace mezi obsahy Al a V však neexistuje ( $R^2 = 0.05$ ; obr. 2b). Kupodivu však existuje poměrně významná ( $R^2 = 0.61$ ) nepřímo úměrná závislost mezi Si a V (obr. 2c) a slabší nepřímo úměrná závislost mezi V a Fe ( $R^2 = 0.31$ ; obr. 2d). Mezi obsahy Mg a Fe není žádná korelace patrná ( $R^2 = 0.02$ ; obr. 2f). Uvedená pozorování naznačují pro danou fázi poměrně širokým možností substitucí různých prvků s odlišnou valencí. Navíc je třeba uvážit i možnost určité sekundární alterace chemického složení během mladších hydrotermálních procesů, jejichž vliv mohl být zdůrazněn i v důsledku poškození krystalové struktury minerálu působením radioaktivního záření z hostitelského uraninitu.

### Fylosilikát ze vzorku Zal-2

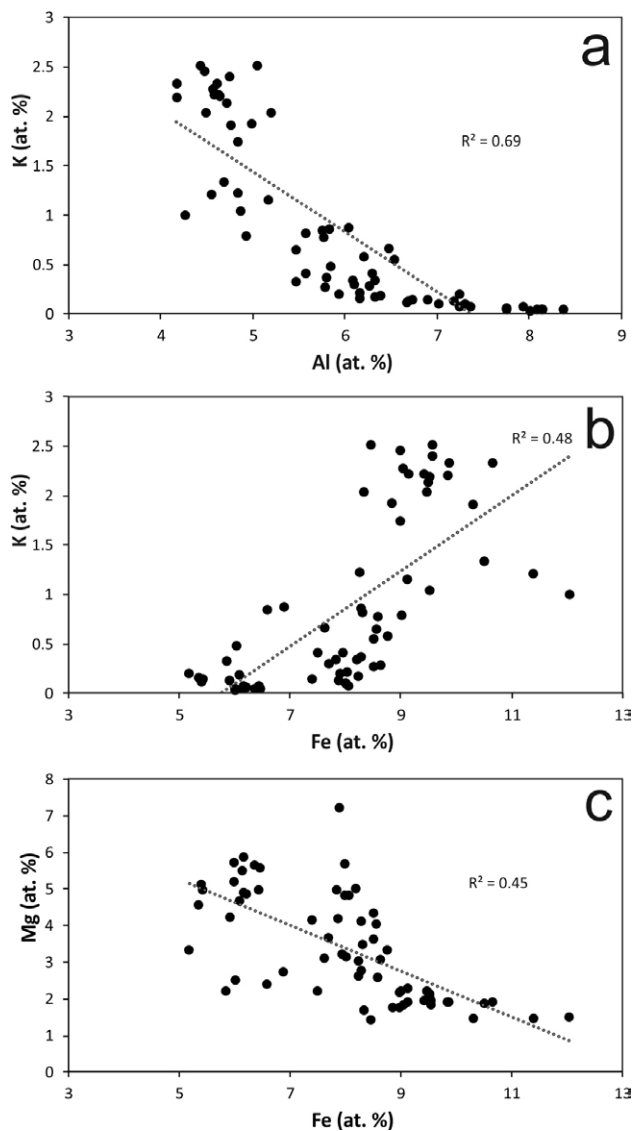
Fylosilikát vzorku Zal-2 je zřetelně mladší než minerální asociace uraninitového mineralizačního stádia. Indikuje to jeho pozice ve výplních synergních trhlin v uraninitu a zejména pak mladších žilek protínajících jak silně alterovaný uraninit, tak i nerudní minerály žiloviny. Zcela v souladu s tímto konstatováním je i chemické složení fylosilikátu se silně zvýšenými obsahy Ni a Co jako typomorfních prvků arzenidového mineralizačního stádia ložiska Zálesí (Fojt et al. 2005). Horní omezení stáří vzniku žilek není v kontextu dosavadních znalostí možné, mohou být současné s krystalizací arzenidového stádia nebo mohly vzniknout až během nejmladšího sulfidického stádia, které bylo provázeno lokálně intenzivní vnitrožilnou metasomatózou spojenou s remobilizací U, Co a Ni (Fojt et al. 2005). V každém případě je však vzhledem k přítomnosti dalších fází (kalcit, segnitit) a texturním rysům výplně žilek pravděpodobný hypogenní původ dané minerální asociace.

Interpretace získaných mikrosondových analýz je opět ztížena absencí znalosti oxidačního stavu železa, obsahu vody a rentgenových difrakčních dat. Velmi variabilní chemické složení fylosilikátu, podobně jako v případě vzorku Zal-1, nelze vysvětlit přítomností jen jediné minerální fáze. Většina získaných analýz představuje s největší pravděpodobností směs dvou či více fází.

Více než polovina získaných mikrosondových analýz má při přepočtu empirického vzorce na bázi 28 negativních nábojů stechiometrii vyhovující trioktaedrickému hliníkem chudému chloritu ( $Si = 3.60 - 3.98 \text{ apfu}$ ,  $Catsum = 9.27 - 9.69$ ; všechno železo je považováno za dvojmocné; tab. 3). Zbylá část analýz vykazuje při stejném způsobu přepočtu vyšší než teoretický obsah Si ( $4.03 - 4.38 \text{ apfu}$ ; tab. 3) a musí tedy obsahovat významnější podíl fáze s vyšším obsahem Si a nižším obsahem kovových prvků. Takovou fází může být například vermikulit, anebo slídový minerál či smektit, jak naznačují obsahy velkých „mezivrstevních“ kationů (zejména K, podružně Na, Ba, Rb, Cs,  $NH_4$ ).

Uvedená interpretace je podporována i korelačními diagramech, vzájemně porovnávanými obsahy jednotlivých komponent (obr. 3). Vzhledem ke skutečnosti, že získané analýzy představují směsi s různým zastoupením minerálních fází, jejichž empirické vzorce se počítají na základ různého počtu kyslíků/aniontů/nábojů, byly tyto diagramech zkonstruovány v jednotkách atomových procent jednotlivých prvků, nikoliv v obvyklých *apfu*. Mezi obsahy

Si na jedné straně a obsahy Al, Mn, Mg a Ni na straně druhé existují negativní lineární korelace (obr. 3a,c,e,g), což nasvědčuje přednostní vazbě zmíněných čtyř kovů na křemíkem chudší fázi (tj. na chlorit). Statisticky významná negativní korelace mezi obsahy Si a Mg ( $R^2 = 0.74$ ; obr. 3c) zároveň vylučuje možnost, že by mohl být přítomen ve významnějším množství vermikulit. Naopak pozitivní korelace mezi obsahy Si a obsahy Fe, K a Pb (obr. 3b,d,f) nasvědčují přednostní vazbě těchto prvků na křemíkem bohatší fázi (tj. na slídový minerál či smektit). Identifikace této křemíkem bohaté fáze není v kontextu dostupných údajů jednoznačná, a to z následujících důvodů: 1) Nejvíce zastoupeným „mezivrstevním“ kationem je ve studované fázi draslík, který je obvyklým kationem v běžných slídách, ne však ve smektitech (viz Fleet 2003; Melka, Šťastný 2014). V případě slíd vylučuje existence významné negativní korelace mezi obsahy K a Al ( $R^2 = 0.69$ ; obr. 4a) a pozitivní korelace mezi K a Fe ( $R^2 = 0.48$ ; obr. 4b) jako možné nositele draslíku illit i muskovit a naopak preferuje seladonit. Další teoreticky možnou, ale geologicky nepravděpodobnou variantou je



Obr. 4 Variační diagramech ilustrující vztahy mezi obsahy jednotlivých složek ve fylosilikátu ze vzorku Zal-2 (2. část). a - diagram Al - K, b - diagram Fe - K, c - diagram Mg - Fe.



i Al-chudý biotit, který je popisován výhradně jako produkt magmatické krystalizace v prostředí geochemicky specializovaných hliníkem chudých magmat (Fleet 2003). 2) Obvyklými mezivrstevními kationty smektitů jsou sodík a vápník. Obsahy Ca jsou sice ve studované fázi zvýšené (0.5 - 2.7 hm. % CaO), ale přednostní vazbu Ca na smektit nelze doložit, a to vzhledem k absenci korelace mezi obsahy Si a Ca ( $R^2 = 0.01$ ). Obsahy Na jsou ve studované fázi nízké (max. 0.55 hm. %  $\text{Na}_2\text{O}$ ) a ani v tomto případě neexistuje žádná korelace s obsahem Si ( $R^2 = 0.00$ ). 3) Zvýšené obsahy olova jsou charakterističtější spíše pro smektity než pro slídy. U smektitů často souvisejí s jejich sorpčními vlastnostmi, kdy je Pb vázáno zejména v pozici mezivrstevního kationtu, v případě vysokých koncentrací se předpokládá i substituce za oktaedrické kationty (Jozja et al. 2006). Minerál surit je Melkou a Šťastným (2014) považován za Pb-bohatou varietu montmorillonitu, IMA jej však charakterizuje jako samostatný minerální druh. Závěrem lze konstatovat, že za současného stavu znalostí nelze povahu přítomné křemíkem bohaté fáze jednoznačně specifikovat, nelze však vyloučit, že může být přítomna jak slída, tak smektit. Obsahy Co, Cu, Zn a  $\text{NH}_4$ , vynesené proti obsahům Si, nevykazují žádnou korelaci ( $R^2 = 0.00 - 0.09$ ).

Analýzy č. 119 a 120 (tab. 3) mají z celého souboru analýz nejnižší obsah Si (3.59 a 3.60 *apfu*) i mezivrstevních kationtů (0.03 *apfu*) a reprezentují tak prakticky čistý chlorit, v němž obsah železa mírně převažuje nad hořčíkem a zvýšené zastoupení má i nimitová (Ni) komponenta. Aplikace chloritové termometrie založené na obsahu tetraedrického Al (Cathelineau 1988) indikuje teploty krystalizace této fáze za teploty 70 °C. Tato teplota je zcela v souladu s výsledky studia fluidních inkluzí minerálů arzenidového i sulfidického stádia ložiska Zálesí (<50 - 130 °C; Fojt et al. 2005; Dolníček et al. 2009).

### Porovnání s publikovanými údaji

Přítomnost fylosilikátů je z uranových ložisek Českého masivu běžně uváděna, málokdy jsou ale k těmto fázím k dispozici podrobnější analytická data. Chlority, světlé slídy a jílové minerály jsou obvyklé alterační fáze předrudního, rudního i porudního mineralizačního stádia četných zónových i žilných uranových ložisek Českého masivu (např. Ondruš, Hyršl 1989; Litochleb et al. 2009; Dolníček et al. 2014; René, Dolníček 2017). Chlority patří běžným Fe-Mg chloritům (Litochleb et al. 2009), dále je uváděn sericit (Litochleb et al. 2009; Škacha et al. 2009; Dolníček et al. 2014), kaolinit s příměsí smektitu (Dolníček et al. 2014), interstratifikované fáze illit-muskovit a smektit-muskovit (Litochleb et al. 2009) a Zn-bohatý chlorit baileychlor ([www.mindat.org](http://www.mindat.org)). Z jáchymovského U-Ni-Co-As-Ag/Bi ložiska jsou uváděny výskyty muskovitu a kaolinitu s obvyklým chemickým složením, a také vanadem bohatá slída odpovídající roscoelitu, se zvýšeným obsahem Cu (1.3 - 3.7 hm. %  $\text{CuO}$ ) a Zn (0.5 - 0.8 hm. %  $\text{ZnO}$ ; Ondruš et al. 2003). Díky zvýšeným obsahům V, Ni, Cu, Pb, Co, Cu, Zn a  $\text{NH}_3$  se tak studované fylosilikáty ze Zálesí zatím jeví jako chemickým složením jedny z nejvíce komplexních v porovnání s fylosilikáty z dalších uranových ložisek Českého masivu.

### Závěr

Z ložiska Zálesí jsou z archivních haldových vzorků popsány dva typy fylosilikátů, lišící se svou paragenetickou pozicí i chemickým složením. První typ je reprezentován vanadem bohatým (1.1 až 11.7 hm. %  $\text{V}_2\text{O}_5$ ) a mezivr-

stevními kationty deficitním slídovým minerálem blízkým (alumino)seladonitu, jehož agregáty jsou uzavírány v nejstarších partiích uraninitových agregátů a tedy představují minerální fázi vzniklou v rámci nejstaršího uraninitového mineralizačního stádia. Druhý typ fylosilikátu je tvořen trioktaedrickým chloritem, někdy s příměsí slídy (pravděpodobně seladonitu) a/nebo smektitu. Chemické složení tohoto fylosilikátu je velmi komplexní, vedle obvyklých složek má zvýšené až vysoké obsahy Ni, Pb, Co, Zn, Cu a  $\text{NH}_3$ . Tento druhý typ fylosilikátu vytváří spolu s kalcitem a silně substituovaným segnititem výplně synergních trhlin v uraninitu a mladších žilek i v dalších minerálech; jeho vznik tedy souvisí s minerogenetickými procesy mladších mineralizačních stádií ložiska Zálesí (tj. stádia arzenidového či sulfidického). Chemické složení chloritu je v souladu s publikovanými teplotními podmínkami formování mineralizace ložiska Zálesí. V případě studovaných fází jde o jedny z chemicky nejkompexnějších fylosilikátů v rámci uranových ložisek Českého masivu.

### Poděkování

Práce na článku byly podpořeny Ministerstvem kultury ČR v rámci institucionálního financování výzkumné organizace Národní muzeum (00023272 - cíl DKRVO 2018/02). Prof. M. Riederovi a anonymnímu recenzentovi je autor zavázán za četné recenzní připomínky, které pomohly vylepšit prvotní verzi článku.

### Literatura

- CATHELINEAU M (1988) Cation site occupancy in chlorites and illites as a function of temperature. *Clay Miner* 23: 471-485
- DOLNÍČEK Z, FOJT B, PROCHASKA W, KUČERA J, SULOVSKÝ P (2009) Origin of the Zálesí U-Ni-Co-As-Ag/Bi deposit, Bohemian Massif, Czech Republic: fluid inclusion and stable isotope constraints. *Miner Deposita* 44: 81-97
- DOLNÍČEK Z, RENÉ M, HERMANNOVÁ S, PROCHASKA W (2014) Origin of the Okrouhlá Radouň episyenite-hosted uranium deposit, Bohemian Massif, Czech Republic: fluid inclusion and stable isotope constraints. *Miner Deposita* 49: 409-425
- FLEET ME (2003) Sheet silicates: Micas. *Rock-forming minerals*, Vol. 3A, 2<sup>nd</sup> ed. The Geological Society, London
- FOJT B, DOLNÍČEK Z, KOPA D, SULOVSKÝ P, ŠKODA R (2005) Paragenetická charakteristika hypogenních minerálních asociací uranového ložiska Zálesí u Javorníku ve Slezsku. *Acta Mus Silesiae (A)* 54: 223-280
- JOZJA N, BAILLIF P, TOURAY J-C, MULLER F, CLINARD C (2006) Incidence of lead uptake on the microstructure of a (Mg, Ca)-bearing bentonite (Prrenjas, Albania). *Eur J Mineral* 18: 361-368
- LITOCHEB J, SEJKORA J, ŠREIN V, KLAUDY S, ČÍLEK V, ŽÁK K (2009) Hydrotermální alterace a mineralizace uranového ložiska Nahošín jz. od Blatné, Česká republika. *Bull mineral-petrol Odd Nár muz Praha* 17: 1-22
- MELKA K, ŠŤASTNÝ M (2014) Encyklopedický přehled jílových a příbuzných minerálů. Academia, Praha
- ONDROUŠ P, HYRŠL J (1989) New finds and revision of secondary minerals from Příbram district. *Acta Univ Carol Geol* 1989: 521-533
- ONDROUŠ P, VESELOVSKÝ F, GABAŠOVÁ A, HLOUŠEK J, ŠREIN V, VAVŘÍN I, SKÁLA R, SEJKORA J, DRÁBEK M (2003) Primary minerals of the Jáchymov ore district. *J Czech Geol Soc* 48: 19-148

- PAULIŠ P, BABKA K, SEJKORA J, ŠKÁCHA P (2016) Uranové minerály ČR a jejich nejvýznamnější naleziště. Kuttna, Kutná Hora
- PAULIŠ P, KOPECKÝ S, ĎUĐA R (2008) Minerály selenu a telluru České a Slovenské republiky a jejich lokality - 2. část. Kuttna, Kutná Hora
- POUCHOU J L, PICOIR F (1985) "PAP" ( $\phi\rho Z$ ) procedure for improved quantitative microanalysis. In: Microbeam Analysis (ARMSTRONG JT, ed.). San Francisco Press, San Francisco: 104-106
- RENÉ M, DOLNÍČEK Z (2017) Uraninite, coffinite and brannerite from shear-zone hosted uranium deposits of the Bohemian Massif (Central European Variscan Belt). Minerals 7, Article No. 50. DOI: 10.3390/min7040050
- SEJKORA J (1994) Uranové ložisko Zálesí v Rychlebských horách. Bull mineral-petrol Odd Nár Muz Praha 2: 105-110
- SEJKORA J, MACEK I, ŠKÁCHA P, PAULIŠ P, PLÁŠIL J, TOEGEL V (2014) Výskyt asociace Hg a Tl selenidů na opuštěném uranovém ložisku Zálesí v Rychlebských horách (Česká republika). Bull mineral-petrol Odd Nár Muz Praha 22: 333-345
- SEJKORA J, MAKOVICKY E, TOPA D, PUTZ H, ZAGLER G, PLÁŠIL J (2011) Litochlebite,  $Ag_2PbBi_4Se_8$ , a new mineral species from Zálesí, Czech Republic: description and crystal-structure determination. Can Mineral 49: 639-650
- SEJKORA J, PLÁŠIL J, LITochLEB J, ŠKÁCHA P, PAVLÍČEK R (2012) Asociace selenidů s makroskopickým umangitem z opuštěného uranového ložiska Zálesí v Rychlebských horách (Česká republika). Bull mineral-petrol Odd Nár Muz Praha 20: 187-196
- SEJKORA J, ŠKODA R, PAULIŠ P (2006) Selenium mineralization of the uranium deposit Zálesí, Rychlebské Hory Mts., Czech Republic. Mineral Polon - Spec Pap 28: 196-198
- ŠKÁCHA P, GOLIÁŠ V, SEJKORA J, PLÁŠIL J, STRNAD L, ŠKODA R, JEŽEK J (2009) Hydrothermal uranium-base metal mineralization of the Jánská vein, Březové Hory, Příbram, Czech Republic: lead isotopes and chemical dating of uraninite. J Geosci 54: 1-13