

Sborník příspěvků z konference  
**Výzkum kritických nerostných  
surovin v rámci projektu  
SS02030023  
Horninové prostředí a suroviny**

29. 11. 2023

**RE**  
**LNS** Rock  
Environment  
Natural  
Resources

**T A**  
**Č R**

Projekt č. „SS02030023 Horninové prostředí a suroviny“  
je spolufinancován se státní podporou Technologické  
agentury ČR v rámci Programu Prostředí pro život.

[www.tacr.cz](http://www.tacr.cz)

## Obsah

1. Představení projektu	3
2. Kritické suroviny v kontextu EU	4
3. Zdroje kritických surovin EU (CRM) v ČR 2023	5
4. Metodika identifikace akumulací strategických komodit a podmínek využitelnosti strategických nerostných surovin	8
5. Geochemie indikačních minerálů – nástroj moderní geochemické prospekce	9
6. Výzkum kritických surovin vázaných na ultrabazika	12
7. Moderní technologie úpravy kritických surovin	13
8. Potenciálně zdroje kritických nerostných surovin na Slovensku	15

### **Sborník příspěvků z konference**

Výzkum kritických nerostných

surovin v rámci projektu

SS02030023

Horninové prostředí a suroviny

Michal Poňavič, Pavel Kavina, Jaromír Starý,  
Jaromír Tvrdý, Petr Bohdál, Jan Pašava,  
Vojtěch Wertich, Martin Kubeš, František Ptíčen,  
Jiří Morysek, Zuzana Kollová, Pavel Bačo,  
Stanislav Gonda, Zuzana Danková,  
Katarína Čechovská, Jozef Mižák, Zoltán Németh

Vydala Česká geologická služba, Praha 2023

Tisk Česká geologická služba

1. vydání, 20 stran

© Česká geologická služba, 2023

ISBN 978-80-7673-095-3

# 1. Představení projektu

**Michal Poňavič**

*Česká geologická služba*

Projekt SS02030023 Horninové prostředí a nerostné suroviny „RENS“ je šestiletý projekt (2020–2026) programu Prostředí pro život, který je podporován Technologickou agenturou ČR. Hlavním cílem projektu je výzkum, sledování a vyhodnocování stavu horninového prostředí, přírodních zdrojů, geologických rizik a geologických informací v celé ČR a poskytování nových poznatků nejen státní správě, ale také odborné i laické veřejnosti. Projekt je rozdělen do čtyř výzkumných témat: Nerostné suroviny, Podzemní vody v krasu, Geohazardy – sesuvy a Geohazardy – poddolovaná území.

Výzkum nerostných surovin je zaměřen na studium tzv. kritických surovin, tj. rudních a nerudních surovin, které mají, anebo mohou mít, hospodářský význam pro ČR, popř. EU. Ze sledovaných surovin má pro ČR mimořádný význam fluorit, grafit, lithium, mangan, wolfram, zlato a živcové suroviny. Potenciálně významné jsou prvky vzácných zemin, měď, nikl, uran a germanium.

Aktivity výzkumného tématu Nerostné suroviny byly rozděleny do několika dílčích témat. Prvním z nich je odhad stavu zdrojů strategických nerostných surovin na území ČR a průběžná aktualizace dat.

Druhým tématem je výzkum doprovodných, doposud blíže nestudovaných mineralizací kritických a strategických surovin, například Co, PGE, Au v historických revírech, Sn zrudnění v okolí Nového Města pod Smrkem, Ni-Cu a Au zrudnění v oblasti Šluknovska a lužické poruchy a polymetalického a Cr zrudnění utínského ultrabazického tělesa a jeho okolí. Pozornost je věnována také vyhledávání a identifikaci zdrojů Au-W surovin v moldanubiku anebo studiu kritických surovin ve skarnech v centrální části Krušných hor. Studium je zaměřeno také na využití indexových minerálů při identifikaci jejich zdrojů. V rámci tohoto tématu byla rovněž sestavena schválená metodika identifikace akumulací strategických komodit a podmínek využitelnosti strategických nerostných surovin.

Třetí téma je věnováno technologii úpravy surovin. Ověřovány jsou základní parametry technologie jejich úpravy (se zaměřením na moderní technologie produkující minimum odpadů) a možnosti jejich ekoinovačního využití včetně aplikací získaných produktů v zájmových průmyslových odvětvích, zejména v oblasti moderních technologií a při ochraně životního prostředí.

## 2. Kritické suroviny v kontextu EU

**Pavel Kavina**

*Analytik nerostných surovin*

Od zveřejnění vizionářského dokumentu *Raw Materials Initiative* v roce 2008, na jehož přípravě se v týmu viceprezidenta EK Güntera Verheugena podíleli i čeští experti, se Evropská komise i členské státy EU zabývají problematikou surovinové bezpečnosti našeho kontinentu. Proč tomu tak je?

S vývojem nových technologií, které často vyžadují velmi specifické nerostné komodity, např. strategické kovy, se pro významné světové hráče včetně Evropy stává stále důležitější jistota, že k těmto často velmi specifickým surovinám budou mít přístup. Jsou totiž často dominantně, někdy dokonce monopolně produkovány jedním či několika málo státy světa. Na důležitosti a naléhavosti dodaly tématu surovinové bezpečnosti tři nedávné zkušenosti, s nimiž byl náš kontinent konfrontován: jednak COVID, který nás znovu upozornil na stále platící starou zásadu "co je doma, to se počítá", rusko-ukrajinský konflikt, který mimo jiné ukázal, že hrozba zastavení dodávek strategických surovin je hrozbou reálnou a v neposlední řadě stále více rostoucí dominance Číny v produkci, ale rovněž v rafinaci mnoha strategických surovin.

Proč je oblast surovinové bezpečnosti tak důležitá?

Nerostné suroviny potřebujeme ke každodennímu životu – lidstvo má k dispozici jen dva vstupní zdroje: co si zemědělsky nevypěstujeme, pochází z nerostných surovin. Nerostné suroviny nacházíme i v řadě odvětví, kde bychom je nečekali. Evropa si v minulých, surovinově bezstarostných dekadách velkou část své vlastní produkce utlumila. Díky tomu dnes domácí produkce nerostných surovin v zemích EU nepokrývá ani zdaleka spotřebu surovin evropského průmyslu a evropského obyvatelstva. Náš kontinent je tedy ve velmi nekomfortní situaci: jsme jako kontinent významným spotřebitelem celého spektra nerostných surovin, ale v mnoha případech jsme jejich velmi nevýznamným producentem. Výsledkem této nerovnováhy je, že nové trendy ve světě surovin se nerodí v Evropě, ale v jiných částech světa. O to pečlivěji je musíme v Evropě sledovat, abychom těmto trendům a procesům vůbec rozuměli a chápali, co z nich pro náš kontinent vyplývá. Surovinová bezpečnost je komplexní téma, je třeba ji budovat kombinací: udržitelné domácí produkce těch nerostných surovin, které v EU máme; bezpečným, dobře diverzifikovaným dovozem, ideálně z přátelsky nakloněných regionů; uzavíráním vzájemně výhodných surovinových partnerství; podporou materiálově úsporných technologií, které nám umožní surovinami efektivně šetřit a v neposlední řadě promyšleným systémem strategických zásob.

### 3. Zdroje kritických surovin EU (CRM) v ČR 2023

Jaromír Starý

Česká geologická služba

Iniciativa EU v oblasti surovin – uspokojení kritických potřeb pro růst a zaměstnanost v Evropě (*The Raw Materials Initiative – Meeting our critical needs for growth and jobs in Europe*), se přednostně zabývala neenergetickými surovinami, analyzovala změny na světovém trhu nerostných surovin, k nimž v tehdejších letech docházelo, současný (tehdejší) stav využívání nerostných surovin na evropském kontinentu i vysokou míru dovozní závislosti v řadě komodit. Jejím rozpracováním byly v roce 2011, na základě technologické a strategické potřeby a rizika dostupnosti pro Evropu, poprvé vyčleněny tzv. kritické nerostné suroviny EU (Critical Raw Materials for the EU, dále CRM). Dvěma hlavními parametry používanými k určení CRM jsou hospodářský význam a riziko ohrožení dodávek pro EU. Seznam CRM je pravidelně (zhruba každé tři roky) aktualizován, s cílem zohlednit vývoj v oblasti produkce, trhu a technologií, a většinou rozšiřován, přičemž po poslední aktualizaci v roce 2023 obsahuje suroviny uvedené v tab. 1. Některé z CRM byly vyhodnoceny jako strategické suroviny (Strategic Raw Materials, dále SRM). Většinou se jedná o suroviny pro baterie (grafit, Co, Li, Mn, Ni), metalurgii (B, Co, Mg, Ti, W), magnety (Nd, Pr, Tb, Dy, Gd, Sm, Ce) nebo elektroniku (Ga, Ge, Si). Navíc pak do seznamu SRM byly zařazeny měď (Cu) a nikl (Ni), které nebyly vyhodnoceny jako CRM.

**Tabulka 1:** Seznam CRM a SRM (kurzivou) po poslední aktualizaci v roce 2023

Antimon (Sb)	Arzén (As)	Baryt	Bauxit/hliník (Al)
Beryllium (Be)	<i>Bismut (Bi)</i>	<i>Boráty/bór (B)</i>	Fluorit
Fosfáty	Fosfor (P)	<i>Gallium (Ga)</i>	<i>Germanium (Ge)</i>
Grafit přírodní	Hafnium (Hf)	Helium (He)	<i>Hořčík (Mg)</i>
<i>Kobalt (Co)</i>	Koksovateľné uhlí	<i>Křemík kovový (Si)</i>	<i>Lithium (Li)</i>
<i>Mangan (Mn)</i>	Niob (Ni)	<i>PGM*</i>	<i>REE**</i>
Skandium (Sc)	Stroncium (Sr)	Tantal (Ta)	<i>Titan (Ti)</i>
Vanad (V)	<i>Wolfram (W)</i>	Živec	
<i>Měď (Cu)***</i>	<i>Nikl (Ni)***</i>		

\*Kovy skupiny platiny (Platinum Group Metals – PGM): ruthenium (Ru), rhodium (Rh), palladium (Pd), osmium (Os), iridium (Ir) a platina (Pt)

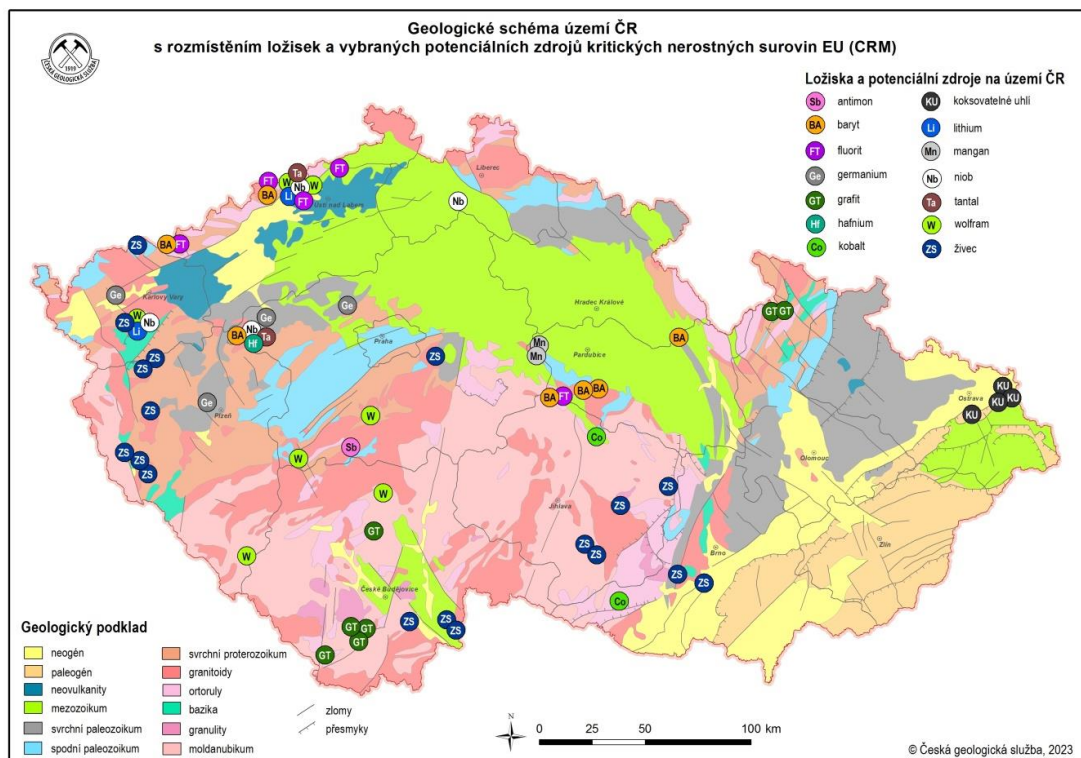
\*\*Prvky vzácných zemin (Rare Earth Elements – REE): lanthan (La), cer (Ce), prazeodym (Pr), neodym (Nd), samarium (Sm), europium (Eu), gadolinium (Gd), terbium (Tb), dysprosium (Dy), holmium (Ho), erbium (Er), thulium (Tm), ytterbium (Yb) a lutecium (Lu), k REE bývá řazeno yttrium (Y)

\*\*\*Strategické suroviny EU (SRM) mimo seznam CRM

Naprostá většina CRM se v EU netěží, resp. neprodukuje vůbec (Be, boráty, Ge, Mg, Nb, P, REE, Sc, Sb, Ta, Ti, V, Y), nebo jen v menším množství (As, baryt, bauxit, Bi, Co, fluorit, fosfáty, Ga, grafit, He, koksovateľné uhlí, Li, PGM, Si, W). Výjimkou jsou Hf a Sr, které se v zemích EU produkují v podstatně větší míře. Také živcová surovina se v zemích EU produkuje ve větší míře, především pak v Itálii, dále v Česku, Francii, Španělsku a Německu. CRM, zejména pak rudy a z nich vyráběné kovy, představují důležité materiálové komponenty pro špičkové technologie nejširšího použití v elektronice a elektrotechnice, leteckém a automobilovém průmyslu, moderním hutnictví, klasické, jaderné i alternativní energetice, chemickém průmyslu a samozřejmě také

ve vojenské a kosmické technice. Jejich horší dostupnost, nebo dokonce nedostupnost přímo ohrožuje ekonomiky jednotlivých evropských zemí i celého kontinentu, resp. EU, proto má největší aktuální význam především vyšší podíl využívání domácích (evropských) zdrojů.

Česko disponuje jen menší částí CRM. Rozložení jejich ložisek a nejdůležitějších potenciálně perspektivních zdrojů na území ČR ukazuje obr. 1.



**Obrázek 1:** Schematická geologická mapa ČR s rozmístěním ložisek a nejvýznamnějších potenciálně perspektivních zdrojů CRM.

Pouze malá část CRM tvoří v ČR výhradní ložiska se zásobami. Sem patří především živcové suroviny, koksovateľné uhlí, lithium, wolfram a mangan, které mají celoevropský význam, dále pak grafit, fluorit, baryt a germanium. Další suroviny, např. antimon, arzén, kobalt, niob a tantal, tvoří zdroje, převážně prognózní, přičemž pouze jejich menší část lze považovat za potenciálně perspektivní.

V současné době má největší potenciál živcová surovina, která je zde dlouhodobě těžena a v jejíž produkci patří ČR mezi přední země v EU i na světě. Potenciálně perspektivní je lithium, které je reprezentováno především mimořádným ložiskem Cínovec. Jeho skutečný význam se však projeví, pokud dojde k jeho využití. Dlouhodobě klesající je důležitost kdysi jedné z klíčových domácích surovin – a to koksovateľného uhlí. Zajímavý potenciál má wolfram, ale větší část jeho zásob je svázána s ložiskem Cínovec a zcela tak na něm závisí. Z hlediska samotného kovu je však důležitější ložisko Kašperské Hory, jehož případné využití zatím nepřichází v současnosti ani dohledné budoucnosti v úvahu. K využití jsou naopak v současnosti připravována sekundární ložiska manganu, která jsou antropogenního původu a jsou tvořena uloženými kaly na odkalištích po flotační úpravě pyritové suroviny chvaletického manganopyritového ložiska. Určitý potenciál mají ložiska a zdroje grafitu a fluoritu s barytem. Obnovení těžby těchto surovin je v blízké budoucnosti, až na výjimky (Proboštov-odkaliště Přítkov), málo pravděpodobné, takže spíše tvoří surovinovou rezervu. Další CRM, které se v ČR vyskytují, již tvoří větší

nou málo prozkoumané zdroje a o jejich skutečném potenciálu nelze rozhodnout a perspektivě lze spíše spekulovat.

Větší část surovin ze seznamu CRM se na území ČR nenachází. Pro vymezení jejich ekonomicky využitelných zdrojů nejsou buď geologické podmínky (např. bauxit, boráty, fosfáty, PGM), nebo tvoří převážně vedlejší (minoritní) suroviny, které nikdy nebyly předmětem vyhledávání ani ložiskového průzkumu (např. Be, Ga, Hf, REE, Sc, Sr, V). Některé CRM (např. Bi, Hf, Nb, REE, Sc, Ta, Ti) byly předmětem výzkumu a někdy i průzkumu, většinou jako doprovodné suroviny. V některých případech u nich byly odhadnuty prognózní zdroje (např. Bi, Nb, REE). Mezi irelevantními CRM jsou rovněž suroviny, které se na území ČR nevyrábějí – kovový hořčík, křemík a fosfor.

Některé CRM, jejichž ložiska ani významnější zdroje se na území ČR nenacházejí, však mají poměrně značný význam minimálně v evropském rozměru. To se týká tantalu, kterého se do ČR ročně dováží zhruba 10 % veškeré světové produkce a vyrábí se z něj elektronické součástky. Rovněž ilmenitové titanové koncentráty se do ČR dovážejí ve velkém množství na výrobu titanové běloby.

## 4. Metodika identifikace akumulací strategických komodit a podmínek využitelnosti strategických nerostných surovin

Jaromír Tvrdý

G E T, s. r. o

Výzkum realizovaný v rámci dílčího cíle 1.4 projektu Horninové prostředí a nerostné suroviny byl zaměřen na identifikaci akumulací strategických komodit, na stanovení podmínek jejich využitelnosti a na zpracování metodiky schvalování státem iniciovaného hodnocení zásob a zdrojů. Tvorba metodiky zahrnovala specifikaci zájmových nerostných surovin, posouzení legislativních aspektů, rešerši strategických nerostných surovin ve světě, hodnocení výskytů v České republice a stanovení limitních ukazatelů. Využití metodiky se předpokládá jak při kvalifikačném hodnocení výhradních ložisek a vedení souhrnné evidence a bilance zásob nerostných surovin, tak i při aktualizaci státní surovinové politiky a státní energetické koncepce České republiky.

Tabulka 2: Strategické suroviny řešené metodikou

Surovina	Surovinový typ	Měrná jednotka
Fluorit a baryt	fluorit-barytová surovina fluorit-užitková složka baryt-užitková složka	tisíce tun
Grafit	grafit grafit amorfni grafit krystalický	tisíce tun
Lithiová ruda	lithiová ruda lithium-kov	tisíce tun tuny
Wolframová ruda	cín-wolframová ruda wolframová ruda wolfram-kov	tisíce tun tisíce tun tuny
Zlatonosná ruda	zlatonosná ruda zlato-kov	tisíce tun kilogramy
Antimonová ruda	antimonová ruda antimon-kov	tisíce tun tuny
Bismut jako složka komplexních ložisek	bismut-kov	tuny
Germanium jako složka komplexních ložisek	germanium	tuny
Rudy zirkonia a hafnia	zirkonium-hafniová ruda zirkonium-kov hafnium-kov	tisíce tun tuny tuny
Indium jako složka komplexních ložisek	indium-kov	tuny
Kobalt jako složka komplexních ložisek	kobalt-kov	tuny
Niob a tantal jako složky komplexních ložisek	niob-kov tantal-kov	tuny
Rudy prvků vzácných zemin a yttria	REE-kov	tuny
Rubidium a cesium jako složky komplexních ložisek	rubidium-kov cesium-kov	tuny
Skandium jako složka komplexních ložisek	skandium-kov	tuny
Titanová ruda	titanová ruda titan-kov	tisíce tun tuny



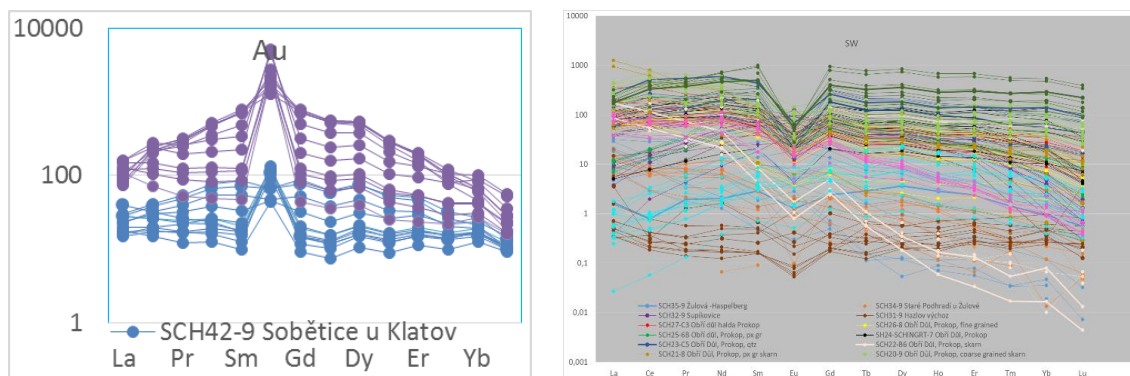
## 5. Geochemie indikačních minerálů – nástroj moderní geochemické prospekce

Petr Bohdál, Jan Pašava

*Česká geologická služba*

Nová ložiska rud, která poskytují suroviny nezbytné pro fungování i rozvoj moderní společnosti, se hledají stále obtížněji. Vyhledávání a průzkum se v posledních letech staly méně efektivními a dražšími, přesto tak jako v minulosti i dnes zůstávají hlavními prospekčními nástroji pro vyhledávání ložisek geofyzikální průzkum a metody geochemické prospekce. Díky technologickému rozvoji, který zvýšil dostupnost i přesnost identifikačních i analytických metod v mineralogii a geochemii, jsou v rámci mnoha výzkumných projektů v Evropě i ve světě vyvíjeny nové inovativní metodiky tradičních metod vyhledávání a průzkumu. Pokročilé a moderní metody chemické analýzy – mikrosondová analýza (katodová luminiscence, kvalitativní a kvantitativní elektronová mikroanalýza), metody laserové ablace pro měření obsahu stopových prvků i rozvoj izotopové geochemie rozšiřují potenciál těchto klasických metod prospekce.

Metoda prospekce pomocí analýzy koncentráту těžkých minerálů získaných z aluviálních, deluviálních nebo eluviálních sedimentů patří mezi nejstarší prospekční metody. Dosud byla hlavním metodickým nástrojem kvantifikace zastoupení vybraných indikačních minerálů v jednotlivých vzorcích a sledování doprovodných minerálů. Hlavními indikačními minerály jsou zlato, kasiterit, scheelit, wolframit a cinabarit. Pro tyto minerály jsou sestavovány distribuční mapy a povodí vzorků se zvýšenými obsahy jsou vymezena jako oblasti snosu anomálie. Distribuční mapy byly také sestaveny pro vybrané nerudní minerály, které mají svůj původ v horninovém prostředí, avšak některé z nich mohou mít původ také v alteračních zónách mineralizovaných struktur nebo těles. Právě detailní geochemie a charakteristika izotopického složení některých izomorfně přimísených prvků nebo minerálních inkluzí jsou charakteristickými znaky, které mohou odlišit jejich původ. Jedním z velmi vhodných minerálů pro území Českého masivu, ale i pro další oblasti ve světě je scheelit. Kromě toho, že na ložiska scheelitu je vázáno cca 70 % známých světových zdrojů wolframu – především ve skarnech (oxidického i redukčního typu) (Kwak, 1987), je scheelit také indikativním minerálem pro některé typy ložisek zlata – orogenní (Groves et al., 1998) nebo ložiska vázaná na magmatickou intruzi (Thompson et al., 1999) či W-Mo porfyrová ložiska (Wang et al., 2021). Vyskytuje se také v polymetalických křemenných žilách a žilnicích nebo v monominerálních scheelitonosných křemenných žilách, popř. tvoří stratiformní mineralizaci v metamorfních horninách. Chemismem scheelitu, především ze zlatonosných oblastí, ale i ze skarnových a greisenových ložisek, se v posledních 10 letech zabývala řada odborných prací (např. Ghaderi et al., 1999, Kempe et al., 2001, Wu et al., 2019, Sciuba et al., 2020, Choi et al., 2020, Miranda et al., 2022). Na základě výsledků těchto i mnoha dalších výzkumů bylo zjištěno, že scheelity z jednotlivých genetických typů primárních zdrojů sice vykazují společné charakteristické znaky, u velké části měřených prvků se však rozptýl charakteristických hodnot překrývá. Jen některé z prvků mohou složit pro scheelit z jednotlivých typů ložisek jako diskriminanty – časté jsou však překryvy intervalů u jednotlivých typů, popř. stejný typ korelace. Poměrně univerzálním a silným (vlastně nejsilnějším) diskriminantem jsou prvky vzácných zemin. Jako příklad může posloužit typický tvar křivky (bell-shape) s výraznou kladnou Eu anomálií z hydrotermálních ložisek zlata (Jílové, Sobětice), který je pro tato ložiska typický. Hydrotermální ložiska zlata jsou v současnosti řazena do skupiny orogenních ložisek zlata (orogenic gold deposits), jak jsou definována v práci Grovese et al., 1998 – kam patří např. ložiska v západní Austrálii v oblasti Kalgoorlie (Ghaderi et al., 1999), podle publikovaných dat je průběh křivek světových ložisek této kategorie shodný. Ložiska z oxidických skarnů mají naopak zcela plochou křivku, pouze s výraznou zápornou Eu anomálií, viz obr. 2.




**Obrázek 2:** Obsahy prvků vzácných zemin v různých genetických typech scheelitů.

V rámci této výzkumné aktivity byla nejprve shromážděna kolekce scheelitů z primárních lokalit – celkem 48 vzorků – reprezentujících všechny typy primárních ložiskových mineralizací se scheelitem na území Českého masivu, tj. greisenová ložiska, kontaktní skarny, regionální strati-formní skarny + erlany, křemenné žíly se zlatem ± polymetalickou mineralizací a ostatní – ne-klasifikované mineralizace.

Po zjištění a statistickém vyhodnocení scheelitů z primárních lokalit bylo zahájeno měření scheelitů vyseparovaných z vybraných šlichových anomálií scheelitu definovaných v rámci Re-gionální šlichové prospekce na území českého a šumavského moldanubika a v okolí krkonoš-sko-jizerského masivu. Zjištěné chemismy scheelitů z obou skupin jsou ověřovány. Z dosud zjiš-těných pozorování vykazuje většina scheelitu z aluvií tvar křivek REE, který odpovídá dominantně oxidickým skarnům, byly však také zjištěny vzorky s scheelitem odpovídajícím cha-rakteristikou orogenním ložiskům zlata, a to v místech, kde primární mineralizace tohoto typu nebyla dosud nalezena. V současnosti je dokončováno měření chemismu scheelitů a bylo zahá-jeno měření chemismu kasiteritu, wolframitu, Nb – Ta minerálů, ale také pyroxenů a granátů.

Výsledky budou zakomponovány do nové komplexní metodiky geochemické prospekce a prů-zkumu pomocí koncentrátů těžkých minerálů a geochemických diskriminantů pro jednotlivé typy minerálů včetně výzkumů paragenetických sekvencí.

- Choi, W., Park, Changyun, Song, Y., Park, Chaewon, Kim, H., Lee, C., 2020. Sequential Scheelite Mineralization of Quartz–Scheelite Veins at the Sangdong W-Deposit: Microtextural and Geochemical Ap-proach. *Minerals* 10.
- Ghaderi, M., Palin, J.M., Campbell, I.H., Sylvester, P.J., 1999. Rare Earth Element Systematics in Scheelite from Hydrothermal Gold Deposits in the Kalgoorlie-Norseman Region, Western Australia. *Econom-ic Geology* 94, 423–438.
- Groves, D.I., Goldfarb, R.J., Gebre-Mariam, M., Hagemann, S.G., Robert, F., 1998. Orogenic gold depos-its: A proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types. *Ore Geology Reviews* 13, 7–27.
- Kempe, U., Belyatsky, B. V., Krymsky, R.S., Kremenetsky, A.A., Ivanov, P.A., 2001. Sm-Nd and Sr isotope systematics of scheelite from the giant Au(-W) deposit Muruntau (Uzbekistan): implications for the age and sources of Au mineralization, *Mineralium Deposita* 36, 379–392.
- Kwak, T.A.P., 1987. W-Sn skarn deposits and related metamorphic skarns and granitoids. Elsevier, Am-sterdam – Oxford – New York – Tokyo.
- Miranda, A.C.M., Beaudoin, G., Rottler, B., 2022. Scheelite chemistry from skarn systems: implications for ore-forming processes and mineral exploration. *Mineralium Deposita* 57, 1469–1497.
- Sciuba, M., Beaudoin, G., Grzela, D., Makvaiddi, S., 2020. Trace element composition of scheelite in oro-genic gold deposits. *Mineralium Deposita* 55, 1149–1172.
- Thompson, J.F.H., Sillitoe, R.H., Baker, T., Lang, J.R., Mortensen, J.K., 1999. Intrusion-related gold depos-its associated with tungsten-tin provinces. *Mineralium Deposita* 34, 323–334.
- Wang, H., Feng, C., Li, R., Zhao, C., Liu, P., Wang, G., Hao, Y., 2021. Petrogenesis of the Xingluokeng

- 
- W-bearing granitic stock, western Fujian Province, SE China and its genetic link to W mineralization. *Ore Geology Reviews* 132.
- Wu, S., Mao, J., Ireland, T.R., Zhao, Z., Yao, F., Yang, Y., Sun, W., 2019. Comparative geochemical study of scheelite from the Shizhuyuan and Xianglushan tungsten skarn deposits, South China: Implications for scheelite mineralization. *Ore Geology Reviews* 109, 448–464.

## 6. Výzkum kritických surovin vázaných na ultrabazika

Vojtěch Wertich, Martin Kubeš

*Česká geologická služba*

Ultrabazické horniny představují potenciální zdroj důležitých kritických surovin potřebných pro rozvoj moderních technologií. Jejich magmatický vývoj, zahrnující procesy likvace nebo frakční krystalizace, může být doprovázen syngenetickým nahromaděním rudních minerálů vedoucím ke vzniku primárních magmatických ložisek. Jedná se zejména o ložiska tvořená sulfidy (pentlandit, chalkopyrit, pyrhotin), oxidy (magnetit, ilmenit, chromit), případně minerály skupiny platinových kovů (PGE) (Okrusch – Frimmel 2020). Magmatická ložiska tedy mohou být významným zdrojem Ni, Cu, Co, PGE, Ti, Cr a V. Sekundárně mohou ultrabazické horniny souviset s genezí zejména Ni-lateritických (zvětralinových) ložisek, které mohou zároveň představovat významný zdroj PGE, Co, Sc a prvků vzácných zemin (REE). Právě Český masiv se vyznačuje rozsáhlým výskytem kontrastních typů ultrabazik derivovaných z rozdílných plášťových domén s variabilním stupněm obohacení (Kubeš et al. 2022), což z nich činí potenciální cíl pro vyhledávání některých kritických surovin.

V rámci projektu Horninové prostředí a nerostné suroviny (RENS) studujeme mimo jiných lokalit také utínské ultrabazické těleso (UUT) s cílem ověření možného potenciálu výskytu Ni, Cr, PGE mineralizace, nebo také In bohatých sfaleritů vázaných na sulfidické ložisko Dlouhá Ves. Pomocí geochemických a mineralogických analýz se studují vzorky z výchozových oblastí a vrtných jader. Rovněž se plánují ověřovací práce a tvorba 3D modelu. Na studium kritických surovin vázaných na ultrabazika navazují další výzkumné projekty, jako je např. SEMACRET (Sustainable exploration of Critical Raw Materials), který se zaměřuje na výzkum ložiskového genetického modelu a strategií pro průzkum magmatických ložisek. V České republice se zabýváme příkladovou studií rudního revíru Staré Ransko s Ni-Cu (Co, ± PGE) mineralizace. Detailními geochemickými, mineralogickými a izotopickými analýzami přispějeme k otázkám vzniku ložisek i samotného ultrabazického ranského masivu. Aplikovány byly také nové letecké geofyzikální výzkumy, které si kladou za cíl testování nových metod pro ověření prostorového uložení či hloubkového průběhu rudních těles.

Nově se na ložiska vázaná na ultrabazické horniny zaměřuje také výzkumný projekt SumREE (Sustainable mining of REE in Europe) primárně se zabývající distribucí některých kritických surovin (např. REE, PGE, Ni, Co, Sc) ve zvětralinových lateritických ložiscích v Českém masivu, za účelem posouzení ložiskového a ekonomického potenciálu vybraných výskytů lateritů (Křemže, Bojanovice). Na základě mineralogických a geochemických metod v kombinaci s izotopickými rozbory lateritů a asociovaných ultrabazik bude objasněna celková distribuce a hlavní zdroje těchto strategicky významných komodit v lateritech. Stanovení zásob REE a dalších kritických surovin v doposud nepříliš studovaných ložiscích lateritů na našem území může zásadně přispět k výraznému zvýšení surovinového potenciálu České republiky a s ním spojeného ekonomického rozvoje.

Kubeš, M., Leichmann, J., Kotková, J., Čopjaková, R., Holá, M., Sláma, J., 2022. Diversity of origin and geodynamic evolution of the mantle beneath the Variscan Orogen indicating rapid exhumation within subduction-related mélangé (Moldanubian Zone, Bohemian Massif). *Lithos*, 422, 106726. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2022.106726>.

Okrusch, M., Frimmel, H. E., 2020. Orthomagmatic Mineral Deposits. In *Springer Textbooks in Earth Sciences, Geography and Environment* (pp. 359–369). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-57316-7\\_21](https://doi.org/10.1007/978-3-662-57316-7_21).

## 7. Moderní technologie úpravy kritických surovin

Ing. František Pticen, RNDr. Jiří Morysek

*Česká geologická služba*

V příspěvku je prezentován nový přístup zpracování kritických surovin založený na kombinaci ekologicky nezávadných technologií úpravy, jako je gravitační třídění a separace minerálů v magnetickém a elektrickém poli. Moderní technologie úpravy tak umožňují získávat koncentráty kritických surovin s minimálním dopadem na životní prostředí.

Moderní technologie umožňují efektivně těžit, zpracovávat, upravovat a využívat dosud v zemi ukryté přírodní bohatství s ohledem na ekologii krajiny a životní prostředí. Abychom dnes i v nejbližší budoucnosti mohli například využívat energii z čistých obnovitelných zdrojů, potřebujeme i čisté, nejlépe bezodpadové technologie těžby a ekologické úpravy surovin a sekundárních odpadních produktů. Základem nových možností technologického získávání průmyslově důležitých nerostů a minerálů šetrných k životnímu prostředí je vytváření jejich koncentrátů přímo na ložisku suroviny, s minimalizováním negativních dopadů při jejich přepravě na úpravnu. Důležitým znakem ekologicky přijatelných metod úpravy surovin a odpadních produktů by, vzhledem k nedostatku vody v budoucnosti, měla být preference suché úpravy nerostů s využitím gravitačních způsobů dělení minerálů podle jejich specifické hmotnosti nebo velikosti částic vzduchem a selektivní separace v proměnlivém magnetickém a elektrickém (elektrostatickém) poli.

Využití účinku vnějšího magnetického pole je velmi pestré a často je výhodné k separaci kritických surovin a k vytváření jejich koncentrátů využívat proměnlivé magnetické pole, kdy zájmový minerál přechází podle podmínek zmagnetizování jednou do magnetického podílu a při jiné indukcii magnetického pole do nemagnetického podílu a naopak. Tím lze nerosty a minerály čistit a podle potřeby i selektivně dělit. V případě využití elektrického pole lze elektrostaticky separovat minerály podle jejich vodivosti na elektricky nabitým separačním válci (bubnu).

Příkladem elegantního využití účinku slabého magnetického pole, resp. gradientu selektivního magnetického pole je zpracování zajímavého vzorku, který odebral a gravitačně upravil geolog k získání koncentrátu například zlata (Au), prvků vzácných zemin REE, kasiteritu SnO<sub>2</sub>, zirkonu, rutilu apod. Ty lze dále izolovat například na základě jejich vodivosti pomocí elektrostatické separace. Základem pro úspěšnou separaci v magnetickém a elektrickém poli je předchozí delaminace srostlic. V tabulce 3 je uvedeno částečné, orientační chemické složení gravitačně získaného koncentrátu pomocí gradientové magnetické separace.

Vzorek označený JM-1 použitý pro zkoumání pochází z aluviálních náplavů podkrkonošského permokarbonu. Byl získán gravitačně mokrou cestou – nejprve na promývacím splavu a posléze za použití sady rýžovacích pánví. Získaný koncentrát byl tříděn na síti s okem 2 mm. Tímto postupem bylo získáno cca 350 gramů těžkého koncentrátu. Minerální složení gravitačně získaného koncentrátu je odhadem: hematit – limonitové konkrce cca 20 %, magnetit 20 %, želez-nato-hořečnatý granát (pyrop) cca 10 %, zirkon 1 (čirý) 15 % a zirkon 2 asi 3 %, kasiterit 20 %, rutil, anatas 10 %, monazit do 2 % a další ojediněle nalezené minerály jsou kyanit, černý turmalín – skoryl, korund (šedý, modrý, čirý), minerály Ir-Os, Pd, Pt skupiny a zlato.

Jednoduchou a ekologicky čistou úpravou tak byl získán například koncentrát prvků vzácných zemin REE s nárůstem obsahu lehkých prvků La, Ce, Pr a Nd z původní hodnoty asi 6 hmot. % na hodnotu asi 21,9 hmot. % (viz R4 2x po opakování gradientové magnetické separace frakce R4). Odstraněním zmagnetizovatelných částic, např. kasiteritu s příměsí, bylo podobně zkon-

centrováno zlato z původních cca 211 g/t na asi 414 g/t v nemagnetické frakci R5 2x, spolu s koncentrátem zirkonu. Pro další technologickou úpravu jsou zajímavé i koncentrace rutilu TiO<sub>2</sub>. Uplatněním separace v elektrickém (elektrostatickém) poli lze například elegantně oddělit koncentrát zlata (výborný vodič, zůstává na nabitém bubnu) od v podstatě veškerého kasiteritu, který se koncentruje jako izolant v oddělené části, odpadávající ze separačního bubnu například při nabíjecím a vybíjecím napětí 5 kV (vodivá část L obsahuje pouze asi 342 ppm Sn, směsná část U asi 32177 ppm Sn a nevodivá část P 485 896 ppm Sn).

**Tabulka 3:** Částečná chemická analýza gradientové magnetické separace vzorku JM-1

Označení vzorku	Výnos (%)	P (ppm)	Ti (ppm)	Fe (ppm)	Cr (ppm)	Cu (ppm)	Zr (ppm)	Sn (ppm)	La (ppm)	Ce (ppm)	Pr (ppm)	Nd (ppm)	Au (g/)
JM-1 vstup	100	32362	31680	290133	5310	799	59374	40548	14820	29003	3485	13382	211
R1	3,1	4911	76900	566990	6305	409	12146	87804	2018	4418	784	2298	
R2	42,8	284	17184	663663	372	103	263	1269				270	
R3	45,4	2381	23745	560975	1233		246	2590	3958	8319	1054	4115	
R4	3,3	17823		118499	10900	85	859	42519	45126	84437	10108	37157	
R5	5,4	57519	56450	11730	9113	1036	96704	163513	21115	41465	4789	17681	325
R4 2x	9,6	20220		66405	13360	88	2994	36996	56434	104010	12642	45593	
R5 2x	90,4	64227	83420	8343	7493	1112	125197	86274	15767	31586	3464	13752	414

## Závěr

V předložené práci jsou nastíněny nové možnosti technologické úpravy minerálů kombinací ekologicky šetrných postupů, jako je gravitační třídění a separace v magnetickém a elektrickém poli. Jsou naznačeny moderní úpravy kritických surovin v podobě gravitačního koncentrátu JM-1 pomocí gradientové magnetické separace za sucha ve slabém magnetickém poli. Byl tak v nemagnetické části R5 2x získán koncentrát Au a zirkonu, v mírně zmagnetizované frakci R4 2x potom koncentrát monazitu (prvků vzácných zemin REE). Uplatněním ekologicky čistých úpravnických metod je naznačena budoucnost těžby a úpravy kritických surovin s minimálním dopadem na životní prostředí.

Ptíčen, F., Zítka, V., 2018. Patent č. 306697 Způsob získávání koncentrátů vzácných a strategických prvků, oxidů a minerálů selektivní magnetickou separací.

Ptíčen, F., Frýda, J., Laufek, F., Bohdál, P., Štrba, M., 2023. Patent č. 309484 Způsob získávání koncentrátů prvků vzácných zemin, niobo-tantalátů, zirkonu a aktivních látek postupnou gradientovou magnetickou separací v proměnlivém magnetickém poli.



## 8. Potenciálne zdroje kritických nerastných surovín na Slovensku

Zuzana Kollová<sup>1</sup>, Pavel Bačo<sup>1</sup>, Stanislav Gonda<sup>2</sup>, Zuzana Danková<sup>1</sup>,  
Katarína Čechovská<sup>1</sup>, Jozef Mižák<sup>3</sup>, Zoltán Németh<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Jesenského 8, SK-040 01, Košice, SR

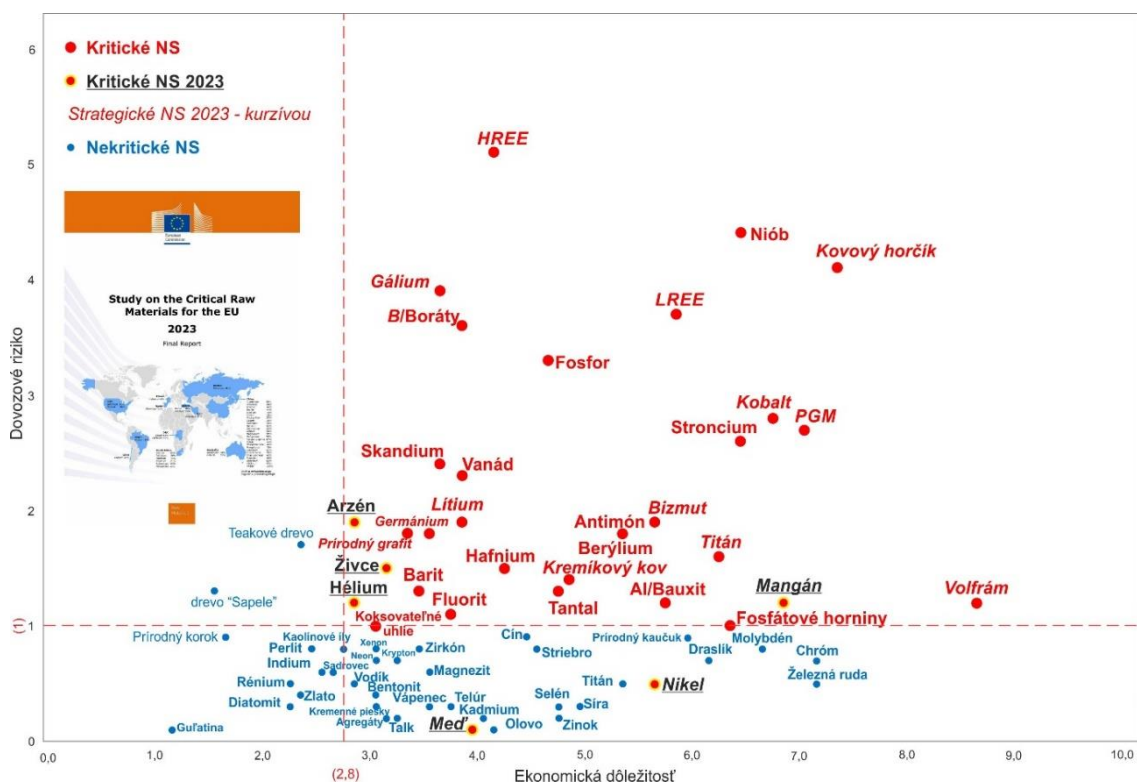
<sup>2</sup>Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Markušovská cesta 1, SK-052 01, Spišská Nová Ves, SR

<sup>3</sup>Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Mlynská dolina 1, SK-917 04, Bratislava, SR

\* Corresponding author: zuzana.kollova@geology.sk, +421/55-6250043

### Úvod

Otázka dostupnosti niektorých kovov, prípadne nerastných surovín vo svete a zvlášť v Európe pretrváva už viac ako dekádu. V roku 2010 bola pripravená prvá konkrétna analýza kritických kovov „Critical Raw Materials“ (European Commission, 2010). Aktuálne trendy dosiahnutia klimatickej neutrality do roku 2050 a s tým spojené záväzky jednotlivých krajín EÚ kladú veľké nároky na bezpečné a udržateľné dodávky nerastných surovín. Kľúčové technológie a strategické odvetvia s tým súvisiace ako obnoviteľná energia, e-mobilita, oblasť digitalizácie a i. výrazne zvyšujú dopyt po kritických nerastných surovinách. Neustála potreba zabezpečenia surovín pre hospodárstvo EÚ viedla v roku 2021 k vytvoreniu Európskej aliance pre suroviny (European Raw Materials Alliance – ERMA).



**Obrázek 3:** Kritické nerastné suroviny pre krajiny EÚ ako boli definované podľa poslednej štúdie – Study on the Critical Raw Materials for the EU, uverejnenej 16. 3. 2023 (upravené podľa: [https://single-market-economy.ec.europa.eu/publications/study-critical-raw-materials-eu-2023-final-report\\_en](https://single-market-economy.ec.europa.eu/publications/study-critical-raw-materials-eu-2023-final-report_en)).

Okrem zdôraznenia potreby diverzifikácie dodávateľských reťazcov je dôležitou úlohou podpora hlbšieho povedomia a akceptácie nerastných surovín verejnosťou a ich úlohy pri prechode na zelené a digitálne hospodárstvo. Poznanie vlastných zdrojov je preto vysoko žiadané. Podpora domácich prieskumných, či v niektorých prípadoch už ťažobných aktivít je prvým posunom, ktorý priniesla EK v rámci tzv. Akčného plánu pre kritické nerastné suroviny. Európske krajiny sú napriek doterajším snahám výrazným importérom veľkej časti nerastných surovín, ktoré nevyhnutne potrebujú pre používané technológie a pre tvorbu produktov hospodárskeho rastu a rozvoja. Podiel vlastnej produkcie aj po čiastočne vykonaných analýzach stavu poznania kritických nerastných je naďalej veľmi malý, prípadne v niektorých komoditách až žiadny. Miera závislosti od dovozu dosahuje pri mnohých kritických nerastných surovinách (KNS) 100 %. Recyklácia ako zdroj nerastných surovín sa stáva významnou, avšak takmer u všetkých sledovaných surovín predstavuje nateraz nepostačujúce možnosti. Ukazovateľom efektívnej recyklácie je EoL-RIR (*End of Life Recycle Input Rate*), čo je miera recyklácie po skončení životnosti. Uspokojenie dopytu z druhotných surovín dosahuje u väčšiny KNS 0 %.

### Potenciál KNS na území Slovenska

História ťažby rudných a nerudných nerastných surovín na území Slovenska siaha do dávnej minulosti. Pre jednotlivé obdobia je charakteristická aj skladba využívaných a ťažených nerastných surovín. V súčasnosti však paradoxne na území Slovenska sa popri nerudných nerastných surovinách ťaží iba drahokovová ruda s prednostným spracovaním ako Au koncentrát s prítomnosťou menšieho obsahu Ag, Pb, Zn. Na území Slovenska sa v súčasnosti (roku 2023) exploatuje jedno ložisko živcov a živcových surovín a v roku 2019 bola ukončená ťažba ložiska baritu. Žiadna iná surovina zo skupiny KNS podľa European Commission 2023 (obr. 3) sa u nás dlhodobo neťaží. Pochopiteľne, že známe sú ložiská viacerých kovov, ako aj ložiská na ktorých časť kovov vystupuje alebo by mohla vystupovať ako sprievodná surovina. Väčšina KNS, samostatné ložiská v slovenskej časti Západných Karpát nevytvára. Ekonomický potenciál však predstavuje kovový horčík, kremíkový kov, antimón, volfrám, meď, barit, kobalt prípadne grafit (tab. 4).

**Antimón – Sb** – je kovom, ktorého rudy sa v minulosti samostatne ťažili na viacerých ložiskách na Slovensku. Podľa veľkosti (množstva kovu) je na Slovensku zaevidovaných 24 ložísk a 71 ložiskových a mineralogických výskytov (tab. 4). Podľa Bilancií zásob výhradných ložísk Slovenskej republiky (BZVL SR) so stavom k 1. 1. 2022 je sumárny zostatkový stav na jednotlivých ložiskách v SR cca 3 200 kt nebilančných zásob rudy (ložiská v Nízkych Tatrách – Dúbrava a Malých Karpatoch – Pezinok) ktorá obsahuje približne 55 358 t Sb. Sprievodným kovom na ložiskách Sb je v Dúbrave aj v Pezinku spomedzi KNS ešte arzén – **As**. Jeho celkové evidované zásoby v SR predstavujú približne 16 950 t As.

**Meď – Cu** – je ďalším kovom, ktorého rudy sa v minulosti ťažili na mnohých ložiskách a ich ťažba a následná produkcia medi predstavovala podstatnú časť jej európskej produkcie (18. a 19. storočie). Na Slovensku evidujeme desiatky mineralogických a ložiskových výskytov a 22 ložísk. Podľa BZVL SR, 2022 je zostatkový stav medených rúd cca 44 000 kt nebilančných zásob rúd (hlavne ložiská v Spišsko-gemerskom rudohorí – Gelnica, Slovinky, Smolník, Spišská Nová Ves – Novoveská Huta, v Starohorských vrchoch – Špania dolina a vo východoslovenských neovulkanitoch Brehov). Obsah kovu (Cu) v rude je 316 429 kt Cu. Meď sa u nás okrem toho vyskytuje ako vedľajší prvok na ložiskách rúd železa a ložiskách polymetalických (Pb, Zn) rúd.

**Nikel a kobalt – Ni, Co** – v minulosti sa ťažili aj niklové a kobaltové rudy v okolí Dobšinej. V súčasnosti sú zostatkové zásoby na ložiskách v Dobšinej spolu okolo 100 kt nebilančných Ni-Co rúd. Na ložisku reziduálneho typu pri Hodkovciach je vykázaných cca 17 000 kt nebilančných rúd, no s podstatne nižšími obsahmi Co (okolo 0,016% Co). Ako potenciálne vedľajšia



úžitková surovina je Co-Cu-Au žilníková mineralizácia prítomná na magnezitovo-mastencovom ložisku Hnúšťa – Mútnik.

**Tabulka 4:** Ložiská a výskyty kritických nerastných surovín (pre krajiny EÚ) na Slovensku, zostavené a doplnené podľa Bača et al., 2022

**Kritické nerastné suroviny pre štáty EÚ (Critical raw materials)**  
z pohľadu prítomnosti na ložiskách a výskytoch na Slovensku

Vývoj definovania KNS pre štáty EÚ	P. č.	Kov/minerál/surovina	Zdrojová surovina na Slovensku	Ekonomicky nevyužiteľné		V konkrétnej dobe môžu alebo nemusia byť ekonomicky využiteľné			Prognózne zdroje			
				Mineralogický výskyt	Ložiskový výskyt	Malé ložisko	Stredné ložisko	Veľké ložisko	P2	P1		
Kritické nerastné suroviny 2023	1	<b>Antimón</b>	rudy antimónu	X0	20	18	6					
	2	<b>Volfrám</b>	rudy volfránu	7	3	1	1					
	3	<b>Kobalt</b>	rudy kobaltu	X0	1	1	1					
	4	<b>Grafit</b>	grafit	X-X0	3	1						
	5-7	<b>Ľahké a ťažké REE+ Y, Sc</b>	minerály vzácnych zemín	X0	1	neregistrované ložiská						
	8	<b>Niob</b>	minerály Nb	11-X0	2	neregistrované ložiská						
	9	<b>Tantal</b>	minerály Ta	11-X0	2	neregistrované ložiská						
	10	<b>Fluorit</b>	fluorit	X0	neregistrované ložiská ani ložiskové výskyty							
	11	<b>Berylium</b>	beryl	X - X0	neregistrované ložiská ani ložiskové výskyty							
	12	<b>Horčík</b>	<b>dolomity</b> <b>magnezity</b>	X0 X0	8 2	6 4	5 4	3 2				
13	<b>Prvky platínovej skupiny</b>	samostatné kovy/zliatiny	2	neregistrované ložiská ani ložiskové výskyty								
14	<b>Gálium</b>	neregistrované, ale možná prítomnosť na Pb, Zn lož.; skládkach po spracovaní bauxitu										
15	<b>Germánium</b>	neregistrované, ale možná prítomnosť na Pb, Zn lož.; skládkach po spracovaní Ni rúd										
Kritické nerastné suroviny 2023	16	<b>Indium</b> Zinok/Olovo (In, Ga, Ge)	samostatne neregistrované, ale možná prítomnosť na Pb, Zn a Cu ložiskách									
	17	<b>Kremík</b> silicon metal	rudy olova a zinku	38	11	10	2	1				
			kremenné piesky	X0	X	6	5	5				
			<b>kremence</b>	X0	1	7	5	2				
	18	<b>Boráty/Boritany</b> (alternatíva turmalíny)	<b>žilný kremeň</b> turmalíny	X0	2	2	1					
			minerálne vody s obsahom B	4								
	19	<b>Fosfatové horniny</b>	konkrécie v karbonátoch	8	neregistrované ložiská							
	20	<b>Koksovateľné uhlie</b>	antracit		1	neregistrované ložiská						
	21	<b>Fosfor</b>	výhodisková surovina apatity	X0	1	neregistrované ložiská						
	22	<b>Vanád</b>	súčasť koncentrátov sid.-sulf. rúd	2	1	neregistrované ložiská						
	23	<b>Barit</b>	barit	X0	3	3						
	24	<b>Bizmut</b>	súčasť koncentrátov sid.-sulf. rúd	X - X0	4	neregistrované ložiská						
	25	<b>Hafnium</b>	zirkón z rozsyvov	X	neregistrované ložiská ani ložiskové výskyty							
	26	<b>Lítium</b>	Li granit	3	1	neregistrované ložiská						
			minerálne vody s obsahom Li	5								
27	<b>Titán</b>	vo forme ilmenitu a z rozsyvov	X0	neregistrované ložiská ani ložiskové výskyty								
28	<b>Stroncium</b>	minerálne vody s obsahom Sr	6	neregistrované ložiská ani ložiskové výskyty								
29	<b>Bauxit</b>	bauxit	8	3	neregistrované ložiská							
30	<b>Arzén</b>	rudy antimónu	12									
31	<b>Mangán</b>	rudy mangánu	6	7	1							
32	<b>Živce</b>	živce	X0	X0	7							
33	<b>Meď</b>	rudy meďi	X0	X0	15	6	1					
34	<b>Nikel</b>	rudy niklu	X	1	1	1						
35	<b>Hélium</b>	zemný plyn										

**Poznámky:** Prvky vzácnych zemín v pôvodnej verzii zoznamu KNS neboli rozdelené a bolo k nim priradené aj Sc;

**Vysvetlivky:** **grafit**, podfarbenie surovín, ktoré vytvárajú samostatné ložiská; X - jednotky; X0 - desiatky

**Zdroj:** European Commission, 2023; Zuberec a kol., 2005, Lexa a kol., 2007, Ďuďa a Ozdín, 2012; Šlotés a kol., 2022

**Volfrám – W** – ďalším kovom zo súboru kritických kovov je volfrám, ktorý sa na Slovensku doteraz neťažil, ale zásoby sú evidované. Na ložisku Jasenie (v Nízkyh Tatrách) je evidovaných cca 2 800 kt nebilančných zásob rúd scheelitového typu s približne 6 500 t kovu – W. Na ložisku Ochtiná I je evidovaných 2,4 mil. t bilančných rúd s 0,22% W (približne 5 300 t W) a 5 mil. t rúd s 0,216 % Mo. Na tomto ložisku v súčasnosti pokračuje ďalšia etapa ložiskového prieskumu s cieľom začať ťažbu W rúd z tohto ložiska.

**Horčík – Mg a kremíkový kov (silicon metal) – Si** – Slovenská republika disponuje veľkými (obrovskými) zásobami zdrojových surovín pre výrobu **kovového horčíka** – tab. 4 (magnezity a hlavne dolomity – ložiská so stovkami mil. t zdrojových surovín) a pomerne dostatočnými zásobami žilného kremeňa a kremencov pre výrobu „kovového kremíka“ (silicon metal). V oboch

prípadoch je ich výroba vysoko energeticky i technologicky náročná a na Slovensku sa doteraz ich produkcia nerealizovala. Zdrojové suroviny sa nateraz využívajú na iné účely.

## Záver

Počet KNS sa neustále zvyšuje a suroviny z neho neubúdajú čo značí, že ich zabezpečenie pre potreby hospodárstva EÚ ostáva nevyhnutným. Európska komisia navrhla plán európskej obnovy, zameraný aj na posilnenie zelenej a digitálnej transformácie, s cieľom zabezpečiť bezpečné a udržateľné dodávky KNS. Dodávky z domácich zdrojov (EÚ) patria k najbezpečnejším a preto udržiavanie stále aktuálneho prehľadu o týchto surovinách, je dôležitým krokom k udržateľným dodávkam KNS. Jedným z cieľov je prístup k udržateľným surovinám a tiež podpora prieskumu a samotnej ťažby NS v priestore EÚ. Hodnotenie potenciálu Slovenskej republiky z pohľadu KNS pre EÚ (Bačo a kol., 2013, 2016a, b, 2019, Baláž a kol., 2015, Gonda a kol., 2018) poukázalo na možnosti využitia domácich surovín. Otázka KNS stavia do popredia ložiská kovov Sb, Cu, W, Co, u ktorých evidujeme na našom území zásoby. Potenciálne nerudné suroviny z pohľadu KNS, ktoré sú zdrojovými surovinami pre výrobu kovov, sú dolomity, magnezity (Mg) a kremenné suroviny (Si). Takéto využitie predstavuje možné vysoké zhodnotenie týchto surovín.

## Podakovanie

Táto práca bola podporená MŽP SR, úloha č. 01 21; Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-21-0176. Práca je príspevkom aj do WP2 Critical Raw Materials projektu Geological Service for Europe (GSEU) č. 101075609 v rámci HORIZON-CL5-2021-D3-D2, koordinovaného asociáciou geologických služieb EuroGeoSurveys (EGS).

- Bačo, P., Bačová, Z., Németh, Z., Radvanec, M., 2013. Kritické nerastné suroviny, ZS, ŠGÚDŠ, archív Geofond, Bratislava, 129 s.
- Bačo, P., Németh, Z., Bačová Z., Repčiak, M., Fedorová Ľ., 2016a. Kritické nerastné suroviny II, ZS, ŠGÚDŠ, archív Geofond, Bratislava, 180 s., 5 príl.
- Bačo, P., Tuček, Ľ., Németh, Z., Bačová, Z., Repčiak, M., Čechovská, K., Kovaničová, Ľ., Košuth, M., Marčeková, M., 2016b. Potenciálne zdroje surovín na výrobu kovového horčíka, ZS, ŠGÚDŠ, archív Geofond, Bratislava, 117 s.
- Bačo, P., Kovaničová, Ľ., Bačová, Z., Németh, Z., Repčiak, M., Čechovská, K., Tuček, Ľ., Košuth, M., Semjanová, I., Marčeková, M., 2019. Potenciálne zdroje surovín na výrobu vysokočistého kremíka, ZS, ŠGÚDŠ, archív Geofond, Bratislava, 150 s.
- Bačo, P., Broska, I., Kollová, Z., Németh, Z., 2022. Inventory of critical raw materials in Slovakia. In Critical raw materials in the economies of the V4 countries. Główny Instytut Górnictwa, Katowice, s. 61–77.
- Baláž, P., Stupák, J., Radvanec, M., Mikušová, J., Fajtová, D., Nováčková, M., Španek, P., Šesták, P., Frajkor, V., Mihál, I., 2015. Surovinový potenciál Slovenskej republiky – analýza vybraných nerastných surovín, ŠGÚDŠ, archív Geofond, Bratislava, 157 s.
- Đuđa, R., Ozdín, D., 2012. Minerály Slovenska. Vydavateľstvo Granit, s. r. o., Praha v roku 2012. Tlač Finidr, s. r. o., Český Těšín. Vydanie prvé, 480 s.
- European Commission, 2010. Report of the Ad-hoc Working Group on defining critical raw materials, version of 30 July 2010, 84 s. [online] Dostupné na: <http://www.euromines.org/files/what-we-do/sustainable-development-issues/2010-report-critical-raw-materials-eu.pdf>.
- European Commission, 2023. Study on the Critical Raw Materials for the EU. 16.3.2023 Brussels, 160 p. [online] Dostupné na: [https://single-market-economy.ec.europa.eu/publications/study-critical-raw-materials-eu-2023-final-report\\_en](https://single-market-economy.ec.europa.eu/publications/study-critical-raw-materials-eu-2023-final-report_en).

- Gonda, S., Dzurenda, Š., Fajtová, D., Gluch, G., Miháľ, I., Mikušová, J., Pijaková, R., Pramuka, S., Radvanec, M., Stašík, Ľ., 2018. Surovinový potenciál Slovenskej republiky – analýza a prognózne prehodnotenie kritických nerastných surovín, ZS, ŠGÚDŠ, archív Geofond, Bratislava, 275 s., 14 príl.
- Lexa, J., Bačo, P., Hurai, V., Chovan, M., Koděra, P., Petro M., Rojkovič, I., Tréger, M., 2007. Vysvetlivky k metalogenetickej mape Slovenskej republiky, ŠGÚDŠ, Bratislava, 178 s.
- Šoltés, S., Španek, P., Kúšik D., Mižák J., 2022. Bilancia zásob výhradných ložísk Slovenskej republiky k 1. januáru 2022:, ŠGÚDŠ, Bratislava, 220 s.
- Zuberec, J., Tréger, M., Lexa, J., Baláž, P., 2005. Nerastné suroviny Slovenska, ŠGÚDŠ Bratislava, 350 s.

ISBN 978-80-7673-095-3



9 788076 730953