

Nové trendy a možnosti využívania nerudných surovín na Slovensku

IVAN KRAUS

Katedra ložiskovej geológie Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského, Mlynská dolina G,
842 15 Bratislava

New trends and possibilities of utilization of industrial minerals and rocks in Slovakia

Radical change occurred in Slovakia after 1989 in the understanding of the social contribution of raw material potential with the preferential orientation on the industrial minerals and rocks. Despite this, the inevitable transformation of the research base focused on its more effective use has not been carried out yet. This process should be connected with the gradual application of four basic trends: (a) the maximal finalization in the course of processing of raw material; (b) an increasing diversification in the process of its application; (c) decreased environmental and energetic charge in the course of exploitation and processing; (d) implementation of modern processing methods. In Slovakia these new methods must be necessarily applied to chosen commodities belonging to silicates, carbonates, evaporites and building raw materials.

Key words: industrial minerals and rocks, finalization, diversification, dressing, utilization

Úvod

Ťažba nerastných surovín sa v roku 2005 podieľala na tvorbe hrubého domáceho produktu Slovenskej republiky 0,5 %. Rozhodujúci podiel z toho pripadal na stavebné a ostatné nerudné suroviny, pri ktorých hodnota exportu v tom istom roku bola okolo 7 mld. Sk. Obchod v ostatných nerastných surovinách je veľmi pasívny. Pri nerastných palivách to bolo 57,8 mld. Sk a pri rudných surovinách takmer 14 mld. Sk.

So situáciou úzko súvisí to, že podstatná časť nerastných surovín podľa množstva aj ceny alebo podielu na exporte pripadá na stavebné a ostatné nerudné suroviny. S veľkým odstupom nasledujú energetické a napokon rudné suroviny (obr. 1). Podľa súčasných prognóz neobnoviteľných surovinových zdrojov je takýto stav na území Slovenska nezvratný a v dlhodobej surovinovej politike Slovenska veľmi pravdepodobne s ním treba počítať v celom 21. stor.

Definícia problému, hodnotenie potenciálu nerúd a trend jeho využívania

Uvedený stav s ťažbou a využívaním nerastných surovín nie je na Slovensku nový. Formoval sa postupne v druhej polovici 20. stor. a vrcholil približne pred dvadsiatimi rokmi pri zmene spoločenských pomerov, a to ako dôsledok zrušenia dotácií zo štátneho rozpočtu na ich ťažbu, úpravu a finálne spracúvanie.

Jednou z predností nerúd pred rudami je ich mnohostranné zužitkovanie v rozličných odvetviach. Najvýhodnejšie sú tie, ktoré prípadný klesajúci záujem spotrebiteľa dokážu kompenzovať novou, predtým neznámou – netradičnou aplikáciou. Príkladov je dosť a všetky pomáhajú významne zvyšovať profit, ktorý

sa uplatňuje pri obchodovaní s nerudnými surovinami, a tou je minimalizácia cenových výkyvov v domácom, aj v zahraničnom meradle. Aby sa táto výhoda dala kapitalizovať pridanou hodnotou, je veľmi užitočné, aby sa ťažiar v spolupráci s výskumnou sférou zamerlal na prípravu čo najpestrejšieho sortimentu finálnych produktov. Naše súčasné skúsenosti jednoznačne zvýhodňujú riešenia vychádzajúce z multidisciplinárneho zloženia výskumného tímu, ktorý je schopný transformovať najnovšie poznatky získané vlastným základným výskumom do nových aplikácií.

Na Slovensku dnes nie je veľmi široká základňa výskumných pracovníkov schopných plniť programy efektívnejšieho využívania nerudných surovín. Dve centrá, ktoré sa sformovali v predchádzajúcich desaťročiach, aspoň virtuálne jestvujú. Jedno je v Bratislave, orientuje sa na západoslovenský a stredoslovenský región (Banská Bystrica, Turčianske Teplice a Žilina) a je zamerané hlavne na silikátové a v menšej miere na karbonátové suroviny, druhé v Košiciach, orientované na východoslovenský región (Spišská Nová Ves a Michalovce) a zamerané hlavne na karbonáty, evapority a v menšej miere na silikáty s výnimkou mastenca.

Napriek radikálnej zmene v nazeraní na celospoločenský prínos surovinového potenciálu Slovenska v prospech prednostnej orientácie na nerudy, nevyhnutná transformácia výskumnej základne zaoberajúcej sa ich efektívnejším využívaním zásadnejšie nenastala, a ak aj, tak len v deklaratívnej polohe. Rovnako sa doteraz dostatočne nezakorenila predstava, že tento potenciál treba nevyhnutne hodnotiť podľa troch základných kritérií – *geologických, aplikačných a ekonomických*.

Pri *geologických* kritériách, najmä ak máme na pamäti silikáty západokarpatskej oblasti treba zistiť geologickú

pozíciu a genézu, minerálne zloženie materskej horniny, intenzitu alterácie protominerálov, výskyt a formu väzby škodlivých prímiesí a pod. – napr. klímu a tektonické pomery. V období pred dvadsiatimi rokmi nerešpektovanie tohto kritéria najmä pri geologickom prieskume spôsobovalo, že sa hlavný dôraz kládol na prírastok zásoby, ale nie na mieru jej efektívneho využívania.

Z aplikčných kritérií treba brať do úvahy kvalitu suroviny z pohľadu požadovaných kondícií, náročnosť, povahu a rentabilitu úpravy. Najväčším problémom dávnejšie bola a aj dnes zostala nedostatočná a zaostaná úprava a s tým spätá nedostatočná finalizácia a diverzifikácia pri ich využívaní.

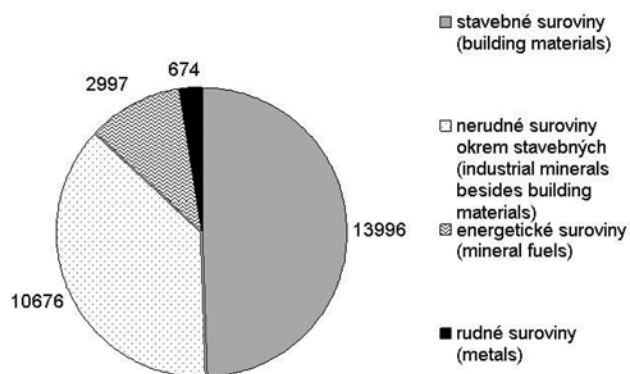
Z ekonomických kritérií má zásadný význam veľkosť a stupeň overenia zásoby, množstvo produkcie, potenciálny trh, predpokladaná cena, zisk a riziko investovaného kapitálu. Na ich margo v súčasnom období trhovej ekonomiky možno povedať, že najväčšie problémy s ekonomickými kritériami sa prejavujú v celom ich rozsahu. Je to dôsledok najmä toho, že doteraz väčšina z nich nie je u nás z rozličných príčin dostatočne rozpracovaná v teoretickej, ale hlavne v legislatívnej rovine.

Podľa nášho názoru jediným východiskom ako začať celú transformáciu späť s efektívnejším využitím potenciálu nerudných surovín na Slovensku je postupná, ale dôsledná aplikácia štyroch nosných trendov, a to

- maximalizovať finalizáciu spracúvania suroviny so zvýšením jej pridanej hodnoty
- zvýšiť stupeň diverzifikácie suroviny pri aplikáciách účinnou inováciou
- znížiť environmentálnu a energetickú záťaž pri ťažbe a spracúvaní suroviny
- zaviesť modernejšie metódy úpravy suroviny aj s využitím postupov technickej mineralógie

Vymedzenie potenciálu nerudných surovín Slovenska

Podľa podrobnej analýzy geologických, aplikačných a ekonomických kritérií (Kraus, 2006a; Kraus, 2006b) a súčasného stavu najnovších poznatkov o možnostiach



Obr. 1. Ťažba nerudných surovín v kt na výhradných ložiskách Slovenska v roku 2004. Upravené podľa Baláža a Kušíka (2005).

Fig. 1. Mining output of exclusive mineral deposits in Slovakia in thousand metric tons in 2004. Modified after Baláž and Kušík (2005).

aplikácie nerudných surovín Slovenska (Štyriaková et al., 2003; Kraus, 2004; Zuberec et al., 2005; Kovaničová a Čechovská, 2005; Tuček a Derco, 2005; Derco a Tuček, 2005) má tento potenciál nasledujúcu podobu a predpokladáme, že ho v najbližších desaťročiach nebude treba zásadnejšie meniť a dopĺňať.

SILIKÁTY: perlit, bentonit, zeolit, kaolín, mastenec, tavený čadič

KARBONÁTY: vápenec, dolomit, magnezit

EVAPORITY: sadrovec, anhydrit, kamenná soľ

STAVEBNÉ SUROVINY: stavebný kameň, štrkopiesok, kremenný piesok a tehliarske suroviny

SILIKÁTOVÉ SUROVINY

Silikátové suroviny na Slovensku majú z pohľadu vyčlenených geologických, aplikačných a ekonomických kritérií dva spoločné znaky:

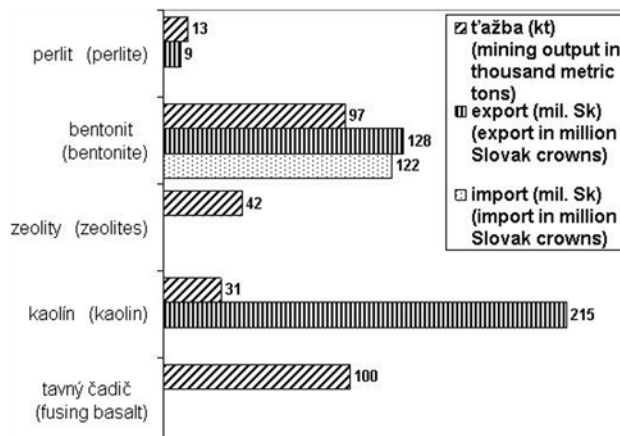
1. Všetky sa – s výnimkou kaolinizácie a steatitizácie – formovali v spätosti s neogénnou vulkanickou aktivitou pri perlitizácii, bentonitizácii a zeolitizácii.

2. Sú významným surovinovým potenciálom Slovenska a pri všetkých treba rozvíjať netradičné a zároveň efektívnejšie formy ich úpravy a využívania.

Základné parametre súvisiace s ťažbou, exportom a importom silikátových surovín uvádzame na obr. 2.

Perlit

Pri perlite je dlhodobý pokles v jeho ťažbe. Oproti prvej polovici 80. rokov 20. stor., keď sa jeho ťažba pohybovala na úrovni 65 kt, je to v súčasnosti okolo 20 kt/ročne. Jeho export smeroval výlučne do Českej republiky a dnes už aj do Poľska. Príчины sú v tom, že najkvalitnejšie ložisko perlitu na Slovensku pri Jastrabej v jastrabskej formácii sa v zmysle Konečného et al. (1983) na jz. okraji kremnického stratovulkánu a pripraveného na využívanie pred 25 rokmi (Hroncová, 1993) neotvorilo napriek tomu, že má lepšie



Obr. 2. Ťažba, export a import silikátových surovín v roku 2005. Upravené podľa Baláža a Kušíka (2006).

Fig. 2. Mining output, export and import of silicate minerals in 2005. Modified after Baláž and Kušík (2006).

kvalitatívne parametre ako desiatky rokov jediné ťažené ložisko perlitu na Slovensku – Lehôtka pod Brehmi.

O perlit klesá záujem aj v stavebníctve, aj to pre konkurenciu izolačných materiálov z tavného čadiča a ich omnoho účinnejšiemu marketingu a reklame.

Najväčšou príčinou tohto stavu je, že vývoj nových aplikácií perlitu (plnivo, filtre, kozmetika, sklárstvo a iné) ustrnul a od 80. rokov 20. stor. sa nerozvíja.

Východisko zo situácie okrem iného vidíme aj v tom, aby sa aplikovaný výskum zamerlal na nové možnosti využívania perlitu – najmä v zmesiach s bentonitom a zeolitom – pri rôznych aspektoch ochrany životného a prírodného prostredia. Alternatívne využívanie perlitu v sklárskom a keramickom priemysle ako náhrada za kremenný piesok alebo živec považujeme za málo perspektívne.

Bentonit

Geologické kritéria aplikované na slovenských ložiskách bentonitu jednoznačne potvrdili genetickú, časovú a priestorovú spätosť medzi ložiskami perlitu, bentonitu a zeolitu od bádania až po panón ako v stredoslovenských, tak aj vo východoslovenských neovulkanitoch a platí to aj o Tokajských vrchoch v Maďarsku (Kratochvíl et al., 2008).

Jediné dve v súčasnosti pravidelne ťažené ložiská bentonitu (Stará Kremnička-Jeľšový potok I a Kopernica), nachádzajúce sa v jastrabskej formácii na jz. okraji kremnického stratovulkánu, sú názorným príkladom súčasného nie dobrého stavu pri využívaní potenciálu, ktorý poskytujú nerudné suroviny na Slovensku. Približne 80 % ročnej produkcie bentonitu, čo v roku 2005 predstavovalo 76 kt, sa exportovalo do Poľska, Rakúska a Nemecka v úhrnnej hodnote 128 mil. Sk (Baláž a Kušík, 2006). Za import 6,5 kt bentonitu sme zaplatili 122 mil. Sk. Exportovaný bentonit z ložiska Stará Kremnička-Jeľšový potok I patrí medzi najkvalitnejšie v európskom a pravdepodobne aj vo svetovom meradle, lebo neobsahuje prímes opálu CT ani ostatných ílových minerálov. Je vhodný prakticky na najnáročnejšiu aplikáciu vrátane hlbinných úložísk vysoko rádioaktívneho odpadu. Prakticky celá pridaná hodnota – bez jeho náležitej finalizácie na samotnom ložisku patričnou úpravou – smeruje do krajín, ktoré ho od nás odoberajú. Z celkovej zásoby evidovanej na Slovensku (42 531 kt) na tento typ pripadá len okolo 2000 kt, čo pri súčasnej ťažbe 100 kt/ročne limituje životnosť tohto unikátneho a výnimočného ložiska na menej ako 20 rokov. Najnovšie pokusy rozšíriť jeho zásobu na samotnom ložisku v jeho jv. pokračovaní nepriniesli očakávané výsledky (Michálek, 2007).

Na druhej strane sa na Slovensku sformovala značná výskumná kapacita na viacerých pracoviskách vysokých škôl, ústavov SAV, ako aj rezortných ústavov s priaznivou vekovou štruktúrou schopná riešiť aj najnáročnejšie otázky aplikácie bentonitu. Treba, aby sa zamerala na možné využívanie menej kvalitných mineralogicko-technologických typov s prímiesou kaolinitu a opálu CT, na problematiku natrifkácie, ako aj na modernizáciu úpravárskych kapacít. V opačnom prípade môže nastať situácia, že po vyťažení ložiska Stará Kremnička-Jeľšový potok I sa jeho produkcia významne obmedzí.

Zeolity

Zásoba prírodného zeolitu s obsahom klinoptilolitu od 50 do 70 % späť sa so stredobádenským ryodacitovým vulkanizmom vo Východoslovenskej nížine na ložisku Nižný Hrabovec a Majerovce stačí na desaťročia. Podobnú situáciu, aj keď s nižším obsahom klinoptilolitu, ale hlavne mordenitu, overil geologický prieskum aj v jastrabskej formácii na jz. okraji kremnického stratovulkánu pri Bartošovej Lehôtke, kde Sedlecké kaolínové závody Karlove Vary – podľa informácie z dennej tlače – pripravujú ťažbu zeolitu. Ťažba najmä na nižnohrabovskom ložisku postupne rastie a v súčasnosti sa približuje k úrovni 50 kt.

Prírodné zeolity sa zatiaľ využívajú hlavne v poľnohospodárstve – približne 70 až 80 % súčasnej svetovej produkcie. V najbližšom období treba predovšetkým rozvíjať aplikácie umožňujúce naďalej zvyšovať súčasnú produkciu. Patrí sem čistenie spalín a odpadovej vody, úprava pitnej a úžitkovej vody, sušenie plynu, využívanie jeho puzolánových vlastností ako prísady do portlandského cementu, do tesniacich zmesí, ako absorbenta, flokulanta a viacerých ďalších nových aplikácií.

Kaolín

Slovenský kaolín ťažený v súčasnosti na troch ložiskách (Vyšný Petrovec a Horná Prievara pri Poltári v Lučenskej a Rudník v Košickej kotline) je málo kvalitný. Značná zásoba s vysokým stupňom preskúmanosti (zásoba kategórie Z-1 a Z-2), ale s priemernými aplikačnými aj ekonomickými kritériami umožňujú dotovať len 25 % spotreby (obr. 2). Je nevhodný na náročnejšiu úpravu a je lepšie ho využívať v prirodzenom stave (Kraus, 2002).

V tejto situácii paralelné využívanie kaolínu z Vyšného Petrovca pri Poltári ako puzolánovej prísady v podobe metakaolínu do portlandského cementu možno považovať za modelový príklad využívania nerúd inováciou (Krajčí et al., 2007).

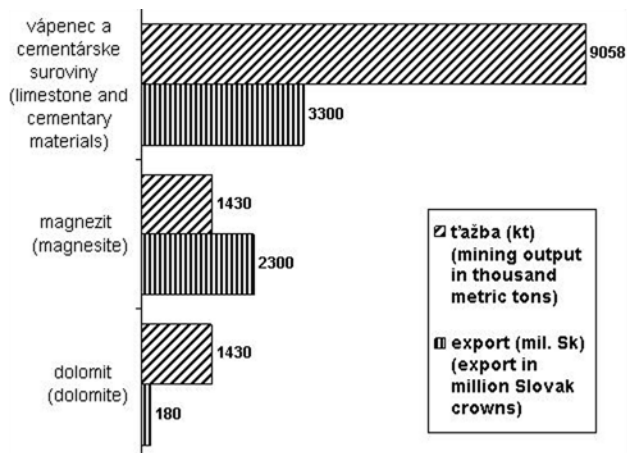
Takto pripravená puzolánová prísada zlepšuje chemickú stabilitu betónu v agresívnom prostredí pri významnej energetickej úspore pri vypalovacom procese a súčasne pomáha redukovať CO₂ uvoľňujúci sa rozkladom vápenca.

Mastenec

Ložisko mastenca v Gemerskej Polome (Killík, 1995) má európske parametre a súčasne po otvorení môže vyplniť medzeru vzniknúvšiu zastavením exportu mastenca z Číny na európsky trh. Je to súčasne výzva pre domácu výskumnú základňu, aby ju v najbližších 4–5 rokoch naplnila v základnom aj v aplikovanom výskume.

V základnom výskume by sa mala zamerať na

- kvantitatívne minerálne zloženie mastencovej suroviny
- vzťah medzi minerálnym a chemickým zložením mastenca
- stanovenie stupňa štruktúrnej usporiadanosti mastenca



Obr. 3. Ťažba, export a import karbonátových surovín v roku 2005. Upravené podľa Baláža a Kušíka (2006).

Fig. 3. Mining output, export and import of carbonate minerals in 2005. Modified after Baláž and Kušík (2006).

- stanovenie veľkosti častíc mastenca a jeho zrnitostnej distribúcie.

V aplikovanom výskume treba

- stanoviť formy väzby Fe a jeho distribúciu v zrnitostných frakciách
- riešiť priame postupy stanovovania Fe silikátovou analýzou a elektrónovou mikroanalýzou
- riešiť nepriame postupy stanovovania Fe infračervenou spektroskopiou
- riešiť mikronizáciu mastenca s ohľadom na výrobný sortiment.

Tavný čadič

Tavný čadič sa stáva významnou environmentálnou surovinou pre veľký tepelnoizolačný potenciál v priemysle a stavebníctve. Posledný rozsiahlejší geologický prieskum zo štátneho rozpočtu prebiehal v rokoch 1985–1995. Ložiská využívané dovtedy ako stavebný kameň – Husiná, Bulhary a Konrádovce – sa od roku 1998 neevídujú ako výhradné ložiská tavného čadiča. Jeho Ťažba za posledných 10 rokov vzrástla zo 40 na súčasných 100 kt. Surovinu spracúva monopolný výrobca a. s. Izomat Nová Baňa – prevažne na minerálne vlákno.

Zásoba tavného čadiča v kategórii Z-1 a Z-2 je evidovaná v množstve 16 000 kt. Pri spracúvaní tavného čadiča v zahraničí sa rozvíjajú nové technológie na úrovni nanotechnológií a geopolymérov. Tento výskum je silne utajovaný. Hodnoverné informácie o situácii v a. s. Izomat Nová Baňa nepoznáme.

KARBONÁTOVÉ SUROVINY

Karbonáty sú najvýznamnejším surovinovým potenciálom SR prinášajúcim najväčší zisk z exportu (obr. 3). V roku 2005 to bolo okolo 5,8 mld. Sk, z toho za vyvezený vápenec, vápno a cement 3,3 mld. Sk a za cement 2,8 mld. Sk.

Za vyvezenú surovinu na báze magnezitu sa získalo 2,3 mld. Sk a dolomitu 180 mil. Sk (Baláž a Kušík, 2006).

Na druhej strane tento potenciál ukrýva aj najväčšie rezervy, lebo exportný sortiment je tradičný, veľmi slabo diverzifikovaný a vykazujúci veľmi nízku pridanú hodnotu.

Pre celý západokarpatský región treba naliehavo inovovať geologické kritériá na základe novších poznatkov, ako aj moderných trendov v aplikačných a ekonomických kritériách, ktoré sa v posledných dekádach prudko menia. Na tomto mieste poukazujeme na niektoré z nich.

Vápenec

Ťažba tzv. ostatného vápenca (pod 97 % CaCO_3) a vysokopercentného vápenca (nad 97 % CaCO_3) v roku 2005 dosiahla 8,4 Mt. Oproti roku 2004 vzrástla o 1,4 Mt, čo išlo výlučne na konto ostatného vápenca, ktorý sa využíva hlavne na výrobu cementu.

Ťažba vysokopercentného vápenca klesá. V roku 2001 sa ho vyťažilo 2,8 Mt, v rokoch 2004 a 2005 už len 2 Mt. V uplynulých desaťročiach sa využíval a stále sa využíva len v tradičných smeroch: v hutníctve, chemickom priemysle, gumárstve, potravinárstve, sklárstve a v keramike.

V posledných rokoch sa rýchlo rozvíja Ťažba a spracúvanie prírodných jemne mletých *Ca karbonátov*. Využívajú sa najmä ako plnivo do papiera a plastov. Patrí medzi ne *mramor*, na ktorý pre tento účel pripadá 72 % súčasnej spotreby, vysokopercentný *vápenec* – 21 % súčasnej spotreby a *krieda* so 7 % súčasnej spotreby. Ide o nový a osobitne evidovaný smer využívania *Ca karbonátov*. V roku 2004 sa na ich aplikáciu vyťažilo 57,4 Mt, z toho v Európe 22,2 Mt a v Rakúsku 2,2 Mt. Základnou požiadavkou je priaznivé chemické zloženie – vyše 98,5 % CaCO_3 a vysoká belosť. Najdôležitejším postupom pri úprave je mletie pod 40 μm (mikronizácia). Cena prírodných *Ca karbonátov* sa podľa zrnitostnej úpravy približne od 40 do 0,5 μm pohybuje od 80 do 180 USD/t, u syntetických *Ca karbonátov*, hlavne do plastov, od 320 do 750 \$ (O'Driscoll, 2007).

Zahraničné firmy Ťažiacie túto surovinu vhodnú na ultrajemné mletie (významne obmedzuje aplikáciu kaolínu ako plniva do papiera) sa na Slovensku ešte neobjavili. Vápenec – vrátane vysokopercentného – sa u nás tradične využíva najmä na výrobu portlandského cementu. Zahraničné spoločnosti, ktoré sa na Slovensku etablovali, o takúto inováciu zatiaľ nemajú záujem. Kvalitný vápenec *wettersteinského* typu aj naďalej „odchádza“ za veľmi nevýhodnú cenu v porovnaní s predstavenou inováciou predovšetkým na výrobu cementu, ktorá každý rok významne rastie.

Dolomit

Nijaká iná nerastná surovina na Slovensku nemá taký priaznivý pomer medzi chemicko-technologickými parametrami a množstvom overenej zásoby ako práve dolomit a zároveň možno konštatovať, že s nijakou inou surovinou sa nezaobchádzalo tak nehospodárne a v rozpore s postulovanými trendami, ktoré treba

uplatňovať pri využívaní potenciálu nerúd Slovenska. Je to najkvalitnejšia slovenská surovina nachádzajúca sa na 5 % jeho povrchu.

Exploatacia vysokopercentného dolomitu wetersteinského typu – predovšetkým koncentrovaného v strednom a vrchnom triase chočského príkrovu – kulminovala v roku 1990, keď sa ho vyťažilo 11 Mt. Toto približne desaťročné obdobie – od roku 1980 do roku 1990, keď sa ročná ťažba pohybovala od 5 do už uvedených 11 Mt, spôsobilo veľkú environmentálnu záťaž v najexponovanejších krajinných územiach, predovšetkým Strážovských vrchov, Považského Inovca, Malej a Veľkej Fatry. Takáto intenzívna ťažba bola pravdepodobne ojedinelá aj v celosvetovom meradle a, prirodzene, saturovala vtedajšiu spotrebu v celej ČSFR. Viac ako 50 % z tohto množstva v roku 1990 (6,5 Mt) smerovalo do *stavebníctva* na drvené kamenivo, stavebný a lomový kameň za približnú cenu 20 Sk/t! *Polnohospodárstvo* na ochranu pôdy a lesov spotrebovalo 2,3 Mt, *hutníctvo* s aplikáciou dolomitu ako troskotvornej prísady 2,0 Mt a *sklárstvo*, predovšetkým z ložiska v Malých Kršteňanoch, spotrebovalo 0,45 Mt.

Po vzniku SR nastal dramatický pokles ťažby dolomitu a v posledných desiatich rokoch sa pohybuje od 2,0 Mt do 1,4 Mt s tendenciou postupného znižovania spotreby. Súbežne sa jeho export v surovom stave znížil v roku 2000 z 1,04 Mt na 0,47 Mt v roku 2005. Podstatne poklesla jeho spotreba v *stavebníctve*, začal sa využívať ako prídavná surovina v keramickom priemysle, pri výrobe minerálneho vlákna z tavného čadiča, ako aj anorganických hnojív. Ale stále sa významnejšie neuplatňuje ako plnivo, ani v podobe kalcinovaného dolomitu, ani na výrobu syntetického $Mg(OH)_2$ a $CaCO_3$ na výrobu špeciálneho vysokožiaruvzdorného cementu, ako aj na odsírovanie spalín a v mnohých ďalších tzv. malotonážnych odvetviach, kde sa získava finalizáciu prostredníctvom náročnejšej úpravy vysoká pridaná hodnota.

Magnezit

V roku 2005 sa na Slovensku vyťažilo 1,43 Mt magnezitu, v rokoch 2001–2004 sa ťažilo okolo 1,17–1,29 Mt, v rokoch 1970–1990 2,5–3,1 Mt ročne, čo vtedy bolo jedno z prvých troch miest na svete. Zatiaľ sa takmer celá domáca produkcia magnezitu využíva na tzv. mŕtvo vypálenú magnéziu – čo je v našom prípade železitý slinok s obsahom MgO 87–90 % a Fe_2O_3 4,7–7,5 %. Najväčší svetoví producenti prírodného magnezitu (Čína, Turecko a Brazília) produkujú slinok s obsahom MgO od 90,0 do 97,5 % a Fe_2O_3 pod 1,2 %. Slinok sa využíva na výrobu žiaruvzdorných hmôt aplikovaných v hutníctve železa.

Cena slinku sa v závislosti od obsahu MgO a Fe_2O_3 pohybuje od 110 USD/t a približne zodpovedá slinku zo slovenských ložísk až do 245 \$/t, ktorá zodpovedá slinku s obsahom MgO 97,5 % a Fe_2O_3 okolo 0,50 % (O'Driscoll, 2006).

Spotreba slinku v hutníctve pre rastúci tlak na jeho kvalitu ustavične klesá. V roku 1975 sa na výrobu 1 Mt ocele spotrebovalo 40 kg slinku, ale v roku 2003 už iba

10 kg. Napriek tomu koncom 20. stor. svetová ťažba magnezitu oproti predchádzajúcemu obdobiu vzrástla o 100 %. V roku 2005 je to 20 Mt a z čoho viac ako 50 % pripadá na Čínu (na Slovensko 6,5 %).

Magnezitová surovina sa termicky upravuje na

1. *Kaustickú magnéziu* – kalcinácia pri 700 °C. V roku 2004 tento podiel na svetovej produkcii prírodného magnezitu bol 15 %. Od roku 2002 vyrába kaustickú magnéziu firma Intocast Hnúšťa. Využíva sa v chémii, poľnohospodárstve a v stavebníctve.

2. *Mŕtvo vypálenú magnéziu* – výpal v rotačných a šachtových peciach pri teplote 1600–1900 °C. Obsah MgO je od 88,0 do 97,5 %. V roku 2004 podiel na svetovej produkcii prírodného magnezitu bol 78 %. Využíva sa výlučne ako žiaruvzdorné stavivo v hutníctve železa a ocele.

3. *Tavnú magnéziu*, pri ktorej sa magnezit taví v elektrickej peci pri teplote nad 2750 °C. Produkt má obsah MgO nad 97,5 %. V roku 2004 bol podiel na svetovej produkcii prírodného magnezitu 7 %.

4. *Slinok bez Fe_2O_3* s obsahom MgO nad 97,5 % ako jediná na svete chemickým rozkladom magnezitu za krátke obdobie v polovici 90. rokov v množstve okolo 30 tisíc t ročne získavala firma Magnatech Hnúšťa.

V súčasnosti sa pripravuje diverzifikácia výrobného sortimentu magnezitu v SR

- obnovou výroby *slinku bez Fe_2O_3*
- výrobou

– *kaustickej magnézie*

– *Mg-Cr dvojslinku*

– *spinelu a periklásu* z kaustickej magnézie a zo slinku bez železa

– *špeciálnych druhov MgO* pre farmáciu, chémiu, gumárstvo, poľnohospodárstvo, celulózu, papier a pod.

– *hexahydrátu chloridu horečnatého ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$)* pre špeciálne druhy cementu

Problematická je výroba *kovového Mg* z magnezitu zastavená pri projektovej príprave v roku 2002 v Lubeníku, a to pre odstúpenie zahraničných firiem, ktoré mali výstavbu financovať.

Evapority

Patria medzi ložiská sadrovca, prípadne anhydritu a kamennej soli. Vlastná ťažba a dovoz sadrovca s anhydritom je v poslednom období v rovnováhe (obr. 4). V poslednom desaťročí je podobne ustálená aj ťažba kamennej soli. Exportuje sa potravinárska soľ z prešovského Solivaru a dováža sa kamenná soľ pre chemický priemysel hlavne do závodu v Strážskom neďaleko pri Zbudze, kde sa už niekoľko rokov pripravuje ťažba.

Medzi ďalšie aktuálne úlohy v efektívnejšom využívaní ložísk evaporitov patrí:

o zníženie importu sadrovca otvorením nového ložiska v permotriase gemerika, meliatika, resp. silicika

o dokončenie výstavby závodu na spracúvanie solanky zo Zbudze v prešovskom Solivare

o oživenie a zameranie výskumu na inováciu využívania sadrovca a anhydritu najmä v stavebníctve

STAVEBNÉ SUROVINY

Patria sem ložiská *stavebného kameňa, štrkopiesku, kremenného piesku a tehliarskych surovín*. Ich ťažba celkovo pokrýva súčasnú spotrebu (obr. 5). Zásadnou otázkou je nekoordinovanosť výskumu na podporu efektívnejšieho využívania vo všetkých postulovaných trendoch (finalizácia, diverzifikácia, úprava a inovácia). Každý skutočný prínos v tomto smere prináša pri vysokej tonáži vyťažených surovín oproti všetkým ostatným prezentovaným surovinám neporovnateľný ekonomický efekt.

Aby sa čo najskôr dosiahol, je pri stavebných surovinách nevyhnutné

o zavádzať netradičné postupy pri hodnotení kvality stavebných surovín úpravou jestvujúcich technických noriem napr. pri andezite, bazalte a inde

o orientovať výskum a vývoj na výrobu ľahčených sendvičových konštrukčných prvkov s vysokými tepelnoizolačnými a zvukovoizolačnými parametrami

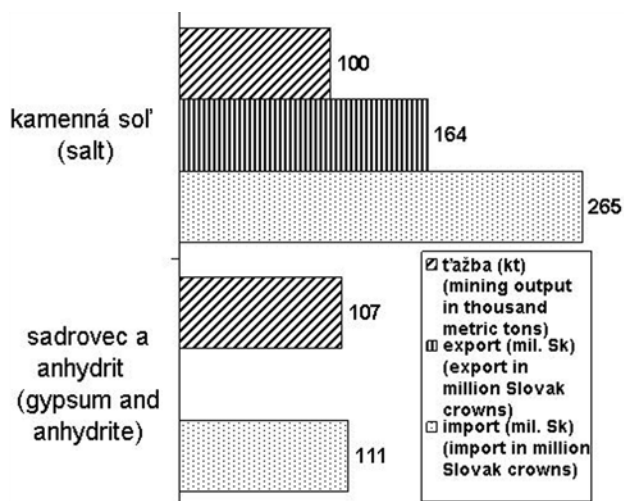
o vyvíjať zmesný ekocement, špeciálne druhy cementu a ľahké syntetické kamenivo typu liopór, siopor a iné

o rozvíjať aplikáciu puzolánových prísad do portlandského cementu na báze dostupných silikátových surovín (metakaolín a zeolity)

o oživiť a vzájomne prepojiť výskumnú základňu v oblasti stavebníctva na prierezovej celoslovenskej úrovni z existujúcich kapacít VŠ, SAV a akciových spoločností.

NÁVRH CIEĽOV VÝSKUMU ZAMERANÉHO NA NOVÉ TRENDY VYUŽÍVANIA NERÚD SLOVENSKA

Na najbližšie tri-štyri roky navrhujeme zamerať výskum na nasledujúce ciele a tematické oblasti, ktorých obsah a zameranie nie sú doteraz uzavreté. Ide naopak o stále otvorený systém, ktorý možno treba doplniť a rozšíriť v naznačených trendoch.



Obr. 4. Ťažba, export a import evaporitov v roku 2005. Upravené podľa Baláža a Kušíka (2006).

Fig. 4. Mining output, export and import of evaporites in 2005. Modified after Baláž and Kušík (2006).

Negatívne vplyvy oxidov Fe a Ti

Eliminovať negatívny vplyv oxidov Fe a Ti v mineráloch s cieľom poznať ich formu väzby a potom zvýšiť mieru ich využívania efektívnejšou úpravou. Osobitne sa to týka silikátových (mastenec, bentonit, kaolín a kremenný piesok) a karbonátových surovín (vápenec, dolomit a magnezit).

Prírodné nanomateriály

Prípraviť prírodné nanomateriály modifikáciou jemne mletých surovín – pod frakciu 40 µm – nasledujúcou prípravou vysoko čistého plniva do plastov, farieb, gúmy, kozmetiky, papiera a iných produktov (zeolit, mastenec, vápenec a dolomit).

Inovácie

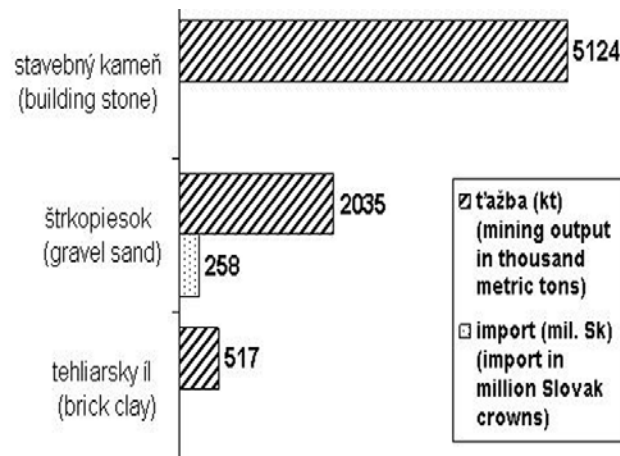
Významne inovovať tradičné zužitkovanie stavebných surovín (stavebného kameňa, štrkopiesku, kremenného piesku a tehliarskeho ílu) a im príbuzných surovín (perlitu, metakaolínu, tavného čadiča a sadrovca). Pri spracúvaní týchto surovín znížiť energetickú náročnosť a kontamináciu oxidom uhličítym.

Okrem toho sa zamerať na

- prefabrikované a ľahké stavebné prvky s vysokými tepelnými a zvukovými izolačnými parametrami
- termicky upravené kamenivo na výrobu zmesných, nízko energetických ekocementov,
- inovatívneho betónu a sanačnej malty.

Diverzifikácia

Významne diverzifikovať tradičné využívanie najvýznamnejších karbonátových a silikátových surovín na netradičné smery ich aplikáciu na domáci trh aj na export a tým znížiť rizikovosť a nevýhodnosť súčasného úzkeho



Obr. 5. Ťažba, export a import stavebných surovín v roku 2005. Upravené podľa Baláža a Kušíka (2006).

Fig. 5. Mining output, export and import of building materials in 2005. Modified after Baláž and Kušík (2006).

výrobného sortimentu našich ťažiskových surovín. Týka sa to hlavne magnezitu – takmer výlučne orientovaného na žiaruvzdorné materiály – vápenca s príliš jednostranným zameraním na produkciu cementu prípadne vápna, ale aj rozličnú mieru naliehavosti pri dolomite, mastenci, bentonite, zeolite a sadrovcí.

Sorbenty

Široko koncipovať prípravu sorbentov na báze bentonitu, zeolitu, perlitu, diatomitu, vápenca, dolomitu a ich vzájomných zmesných produktov na úpravu úžitkovej a pitnej vody, ropných havárií a ich aplikáciu do tesniacich bariér, skládok komunálneho a vysokotoxického odpadu, ako aj čistenie odpadného vzduchu a sušenie plynov.

Ďalej sa zamerať na prípravu sorbentov, ktoré sú schopné viazať

- z vodného prostredia toxické a ťažké kovy, anorganické kontaminanty a organické polutanty

- z odpadovej vody rozpustné nitrozlučiny, fosfáty, amíny a NH_4 ióny

- z kontaminovanej pôdy detergenty, herbicidy, pesticidy, toxické a ťažké prvky.

Zo sorbentov osobitnú pozornosť venovať bentonitu alebo iným prírodným aditívam na pripravované národné úložisko vysokoradioaktívneho odpadu, kde treba zhodnotiť ich

- dlhodobú stabilitu a správanie sa pri záťaži (teplota a roztoky z okolitého prostredia)

- styk s kontajnerom a vysokoradioaktívnym odpadom

- technológiu prípravy bentonitových tvárnic.

Odpad

Zamerať sa na využitie odpadu vyskytujúceho sa hlavne v podobe kalu, úletu a drobných zrnitostných frakcií po ich spracúvaní úpravnickými procesmi predovšetkým pri magnezite, vápenci, dolomite a stavebnom kameni.

Syntetické minerály a materiály

Vyvinúť a zaviesť nové postupy predovšetkým na báze termickej úpravy a chemického rozkladu zameranej na získanie syntetických minerálov z prírodných surovín alebo synteticky pripravených materiálov s cieľom viacnásobne zvýšiť ich pridanú hodnotu. Z nerastných surovín môže ísť o vápenec, magnezit, mastenec, zeolit, smektit, kaolinit, grafit, kremenný piesok. Napríklad karbid kremíka – SiC sa v súčasnosti vyrába z vysoko čistého kremenného piesku a ropy s nízkym obsahom S pri teplote 2400 °C. Syntetický spinel alebo periklas sa vyrábajú na báze kalcinovanej alebo chemicky čistej magnézie pripravenej z magnezitu. Syntetický CaCO_3 sa pripravuje chemickým rozkladom mramoru, vysoko percentného vápenca alebo kriedy.

Zo synteticky pripravených kompozitov môže ísť o keramické implantáty pre zdravotníctvo (oxid hlinitý, nitrid kremíka a karbid kremíka), keramické súčiastky do automobilov, pre papierenský (oxid hlinitý, karbid

kremíka) a textilný priemysel (oxid hlinitý a zirkoničitý, karbid kremíka, sialony), keramické prievlaky pre drôtovne (nitrid kremíka, oxid hlinitý, karbid bóru) a keramické podpory pre vysoko teplotné technológie (karbid kremíka)

Záver

1. Podstatná časť nerastných surovín Slovenska podľa zásoby, ťažby, spracúvania, ale aj ceny alebo podielu na exporte pripadá na nerudné suroviny. Podľa súčasných prognóz neobnoviteľných zdrojov, je nezvratný a v dlhodobej koncepcii surovinovej politiky Slovenska treba s ním počítať veľmi pravdepodobne v celom 21. stor.

2. Vo využívaní súčasného potenciálu nerudných surovín Slovenska v jeho ekonomickom rozvoji môže privodiť obrat dôsledné uplatňovanie štyroch základných trendov:

- maximálna finalizácia pri spracúvaní so zvýšením ich pridanej hodnoty

- zvýšenie diverzifikácie pri ich využívaní v rozličných odvetviach

- zníženie environmentálnej a energetickej záťaže pri ťažbe a spracúvaní

- zavedenie modernejších metód úpravy

3. Na základe analýzy geologických, aplikačných a ekonomických kritérií sme vymedzili potenciál nerudných surovín Slovenska v nasledujúcej podobe:

Silikáty: perlit, bentonit, zeolit, kaolín, mastenec a tavný čadič

Karbonáty: vápenec, dolomit a magnezit

Evapority: sadrovec, anhydrit a kamenná soľ

Stavebné suroviny: stavebný kameň, štrkopiesok, kremenný piesok a tehliarske suroviny.

4. Rozvíjanie netradičných foriem využívania najvýznamnejších a pre Slovensko tradičných surovín spolu s reálnejším hodnotením ich surovinového potenciálu pokladáme za hlavnú prioritu na niekoľko desaťročí.

Podakovanie. Za viaceré podnety dakujem Ing. I. Janotkovi, CSc. (Ústav stavebníctva a architektúry SAV v Bratislave), prof. Ing. I. Košťalovi, CSc. (Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií TU v Košiciach), a Ing. L. Tučekovi (Štátny geologický ústav D. Štúra, regionálne centrum, Košice). Prácu podporila VEGA (projekt 1/3072/06, 2/6108/26).

Literatúra

- BALÁŽ, P. & KUŠÍK, D., 2005: Nerastné suroviny SR – štatistická ročenka za rok 2004. *ŠGÚDŠ Spišská Nová Ves – Bratislava*, 172.
- BALÁŽ, P. & KUŠÍK, D., 2006: Nerastné suroviny SR – štatistická ročenka za rok 2005. *ŠGÚDŠ Spišská Nová Ves – Bratislava*, 164.
- DERCO, J. & TUČEK, L., 2005: Mastenec a mastencové horniny – možnosti komplexného využívania. *Mineralia Slov.*, 37, 399–401.
- HRONCOVÁ, Z., 1993: Jastrabá – výpočet zásob perlitu na výhradnom ložisku, stav k 28. 9. 1993. *Manuskript – archív Geofond Bratislava*.
- KILLIK, J., 1995: Gemerská Poloma – mastenec, výpočet zásob, stav k 31. 3. 1995. *Manuskript – archív Geofond Bratislava*.

- KONEČNÝ, V., LEXA, J. & PLANDEROVÁ, E., 1983: Stratigrafické členenie neovulkanitov stredného Slovenska. *Západ. Karpaty, Sér. Geol.*, 9, 203.
- KOVANIČOVÁ, L. & ČECHOVSKÁ, K., 2005: Sklárske piesky Slovenska. *Mineralia Slov.*, 37, 378–383.
- KRATOCHVÍL, T., ŠUCHA, V., ADAMCOVÁ, R., JANEĀA, A. & MÁTYÁS, T., 2008: Minerálne zloženie a fyzikálne vlastnosti alterovaného ryolitového tufu z vybraných ložísk južnej časti Tokajských vrchov (Maďarsko). *Mineralia Slov.*, 40, 1–2, 45–52.
- KRAUS, I., 2002: Možnosti využitia kaolíkových pieskov z ložiska Vyšný Petrovec pre termické a netermické technológie a sklársky priemysel. *Manuskript – archív Katedry ložiskovej geológie Prírodovedeckej fakulty UK Bratislava*.
- KRAUS, I., 2004: Nové prístupy k spracovaniu a využitiu vybranej skupiny silikátových surovín Slovenska. *Eurosilikát 2004, Lučenec*, 36–40.
- KRAUS, I., 2006a: Potenciál nerudných surovín Slovenskej republiky. *In: Súčasné trendy a problémy vo výskume nerudných nerastných surovín. ŠGÚDŠ Bratislava*, 13–18.
- KRAUS, I., 2006b: Návrh na kategorizáciu nerudných surovín Slovenskej republiky vrátane netradičných so zameraním na výskum ich efektívnejšieho využitia. *In: Súčasné trendy a problémy vo výskume nerudných nerastných surovín. ŠGÚDŠ Bratislava*, 19–23.
- KRAJČÍ, L., JANOTKA, I., KRAUS, I. & JAMNICKÝ, P., 2007: Burnt kaolin sand as pozzolanic material for cement hydration. *Ceramics – Silikáty*, 51, 217–224.
- MICHÁLEK, J., 2007: Záverečná správa s výpočtom zásob Jelšovský potok I – bentonit k termínu máj 2007. *Manuskript – archív Geofond Bratislava*.
- O'DRISCOLL, M., 2006: Magnesia markers. *Industrial Minerals*, 9, 51–65.
- O'DRISCOLL, M., 2007: A bright carbonate future. *Industrial Minerals*, 10, 24–33.
- TUČEK, L. & DERCO, J., 2005: Nové možnosti využívania slovenského magnezitu. *Mineralia Slov.*, 37, 3, 396–398.
- ŠTYRIAKOVÁ, I., ŠTYRIAK, I., KRAUS, I., HRADIL, D., GRYGAR, T. & BEZDIČKA, P., 2003: Biodestruction and deferrization of quartz sands by *Bacillus* species. *Minerals engineering*, 16, 709–713.
- ZUBEREC, J., TRÉGER, M., LEXA, J. & BALÁŽ, P., 2005: Nerastné suroviny Slovenska. *ŠGÚDŠ Bratislava*, 350.

Rukopis doručený 20. 5. 2008
Revidovaná verzia doručená 23. 6. 2008
Rukopis akceptovaný 29. 10. 2008

New trends and possibilities of utilization of industrial minerals and rocks in Slovakia

The prevailing part of raw material in Slovakia, being evaluated by the quantity of reserves, exploitation, processing and last but not least by its value or ratio involved in export, belongs to industrial minerals and rocks. According to recent prognosis concerning unrecoverable resources in Slovakia, this status quo is irreversible and in the long-term conception of the raw material policy there is necessary to count with it in a very high probability during entire 21st century. Coming out of the analysis of geological, applicability and economic criteria we have specified the potential of industrial minerals and rocks in Slovakia in following form:

Silicates: perlite, bentonite, zeolites, kaolin, talc and fusing basalt

Carbonates: limestone, dolomite and magnesite

Evaporites: gypsum, anhydrite and salt

Building raw materials: building stone, gravel sand, quartz sand and brick clays

We consider the development of non-traditional forms of utilization of the most traditional and significant raw materials in Slovakia together with the more realistic evaluation of its potential as the main priority for the future decades.