

## Klasifikacija in količina rudarskih odpadkov nekovinskih kopov v Sloveniji

### Mining Waste Classification and Quantity of Non-Metal Mines in Slovenia

Ana BURGER<sup>1</sup> & Slavko V. ŠOLAR<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kurirska pot 9, 1310 Ribnica, Slovenija, e-mail: [anaxburger@gmail.com](mailto:anaxburger@gmail.com)

<sup>2</sup> Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, 1000 Ljubljana, e-mail: [slavko.solar@geo-zs.si](mailto:slavko.solar@geo-zs.si)

*Ključne besede:* rudarski odpadki, klasifikacija, nekovinske mineralne surovine, Slovenija

*Key words:* mining waste, classification, non-metals, Slovenia

#### Izvleček

Pri pridobivanju in bogatenju mineralnih surovin nastajajo tudi rudarski odpadki. Za potrebe uveljavljanja Evropske direktive o ravnanju z rudarskimi odpadki v Sloveniji smo ocenili količino rudarskih odpadkov, ki nastane pri pridobivanju in bogatenju nekovinskih mineralnih surovin v Sloveniji, in jih tudi klasificirali.

V rudarskih podjetjih nekovin smo si ogledali proizvodnjo in predelavo posamezne mineralne surovine. Količine in vrste rudarskih odpadkov smo ocenili na podlagi pregleda snovnega toka. Ker nismo obiskali vseh podjetij, ki se s tem ukvarjajo, smo del podatkov posplošili za celotno Slovenijo s pomočjo snovnih tokov.

#### Abstract

Mining is an important human activity that creates wealth and supplies materials for maintaining standard of living and further human development. However, mining has also negative impacts on the environment and society. One of them is the production of mining waste throughout the entire mining cycle, in particular in the mine development and operation /production stage.

Due to the EU Directive 2006/21/EC on the management of waste from the extractive industries and its implementation in Member state, estimation on quality and quantity of mining waste from active non-metal mines in Slovenia was carried out. In the selected mines mining and processing was closely examined. With material flow analysis quantity and characteristics of mining waste were defined for several mines of different commodities. Data on mining waste were afterwards generalized in order to get an overall country evaluation on mining waste "production" of non-metal mines.

Mining waste as a result of mining and beneficiation processes in non-metal mines of Slovenia is either inert or non-hazardous. Most of the mining waste is used for mine reclamation running simultaneously with the production phase. The largest amounts of mining waste per unit produced are created in dimension stone industry. Since the dimension stone production is small, the waste amount is negligible. Large quantities of mining waste are produced in crushed stone and, sand and gravel operations, because aggregate production is pretty large with regard to other non-metals production in Slovenia. We can therefore conclude that large quantities of mining waste from non-metal mines, which are mostly used in reclamation and for side products, do not represent danger to the environment.

## Uvod

V Sloveniji je rudarstvo razvito že več stoletij. V letu 2005 je rudarstvo obsegalo 8 % skupne industrijske proizvodnje, od tega pridobivanje nekovinskih mineralnih surovin 4,6 % (Marc et al., 2005). Mineralne surovine razdelimo na energetske surovine, kovinske mineralne surovine in nekovinske mineralne surovine (Šolar, 2004). Od energetskih surovin v Sloveniji pridobivamo lignit, rjavi premog ter v manjših količinah tudi nafto in plin. Rudniki kovinskih mineralnih surovin so zaprti ali v fazi zapiranja. V Sloveniji močno prevladuje pridobivanje in predelava nekovinskih mineralnih surovin nižje tržne vrednosti, katerih največji porabnik je gradbena industrija.

V drugi polovici dvajsetega stoletja se je v družbi močno okrepila zavest, da človeštvo za svoj obstoj in napredek preveč obremenjuje okolje in izkorišča naravne vire; slednje večinoma hitreje kot je stopnja njihove regeneracije. Zavest o degradaciji okolja se je uveljavila na vseh področjih življenja, predvsem pa v gospodarstvu, industriji. Uveljavljanje je potekalo preko politik, usmeritev in kasneje tudi v obliki deklaracij, mednarodnih pogodb, zakonov in predpisov na mednarodnem, nacionalnem in lokalnem nivoju. Ponavadi so začetni oziroma prvi cilji, ukrepi in akcije prostovoljne, kasneje pa postanejo (zakonsko) obvezne. Tudi rudarstvo pri tem ni izjema, ampak uveljavlja okoljske standarde, predpise in zakone varstva okolja, in še posebej narave. Pri tem posamezni dogodki pospešijo njihovo uveljavitev. Slednje se je zgodilo po hujših okoljskih nesrečah v rudarstvu v Španiji (1998) in Romuniji (2000), kjer je v obeh primerih šlo za porušitev odlagališč jalovine. Eden od ukrepov Evropske komisije je bil oblikovanje direktive o ravnanju z rudarskimi odpadki. Po večletnih usklajevanjih je bila pomladi leta 2006 sprejeta direktiva (2006/21/ES) o ravnanju z odpadki iz rudarskih in drugih ekstraktivnih dejavnosti. V njej je dvoletni rok za prilagoditev nacionalnih zakonodaj držav članic Evropske unije.

Pri pridobivanju in bogatenju nekovinskih mineralnih surovin nastajajo rudarski odpadki, ki so lahko stalni ali začasni. Stalni rudarski odpadki so odloženi zunaj pridobivalnega prostora in na tem mestu ostanejo, začasni pa so po odložitvi uporabljani, na primer za sanacijo opuščenih

delov pridobivalnega prostora. Tako glede na ekonomsko kategorijo rudarske odpadke razvrščamo v tri skupine (Colman et al., 2003): (a) odkrivka (sestavljena je iz prsti, humusa in kamnine v krovnini), (b) jalovina, ki nastane pri pridobivanju (jalovi vložki so vložki nezaželenega materiala, ki se pojavljajo v sloju mineralne surovine) in (c) jalovina, ki nastane pri bogatenju surovine, predstavljajo pa jo lahko melj, glina ali drug nezaželen material, ki se odstranja. Glede na nevarnost, ki jo predstavljajo rudarski odpadki za okolje in zdravje ljudi, pa jih razdelimo v štiri kategorije (Colman et al., 2003): inertni odpadki, nenevarni odpadki (brez tveganja), nevarni odpadki (s tveganjem) in mineralne surovine, ki po pridobivanju in predelavi vsebujejo nevarne snovi (npr. cianid).

Pri rudarskih odpadkih je pomembno, da upoštevamo vse faktorje, ki vplivajo nanje, ko so ti odloženi. Pomembnejši faktorji so atmosfera, podtalnica in površinska voda. Precej pogost je primer spiranja nevarnih delcev iz kamnine, ki lahko potencialno ogroža okolje, če se ti delci ali kopičijo v usedalnem bazenu ali so izprani v podtalnico.

Količine rudarskih odpadkov smo vrednotili s pomočjo snovnega toka. Definicijo snovnega toka smo povzeli po Sznopeku in Brownu (1998): »Snovni tok je kompleksen pristop k razumevanju tega, kaj se dogaja z materialom od trenutka, ko se ga odkoplje, preko bogatenja, predelave in uporabe, ter do njegovega končnega odlagališča«. V delu smo na podlagi ocene količin rudarskih odpadkov ter njihovih lastnosti podali pregled stanja v Sloveniji, ki bo služil kot ena od strokovnih podlag pri uveljavljanju evropske direktive o ravnanju z rudarskimi odpadki v Sloveniji.

## Metode dela

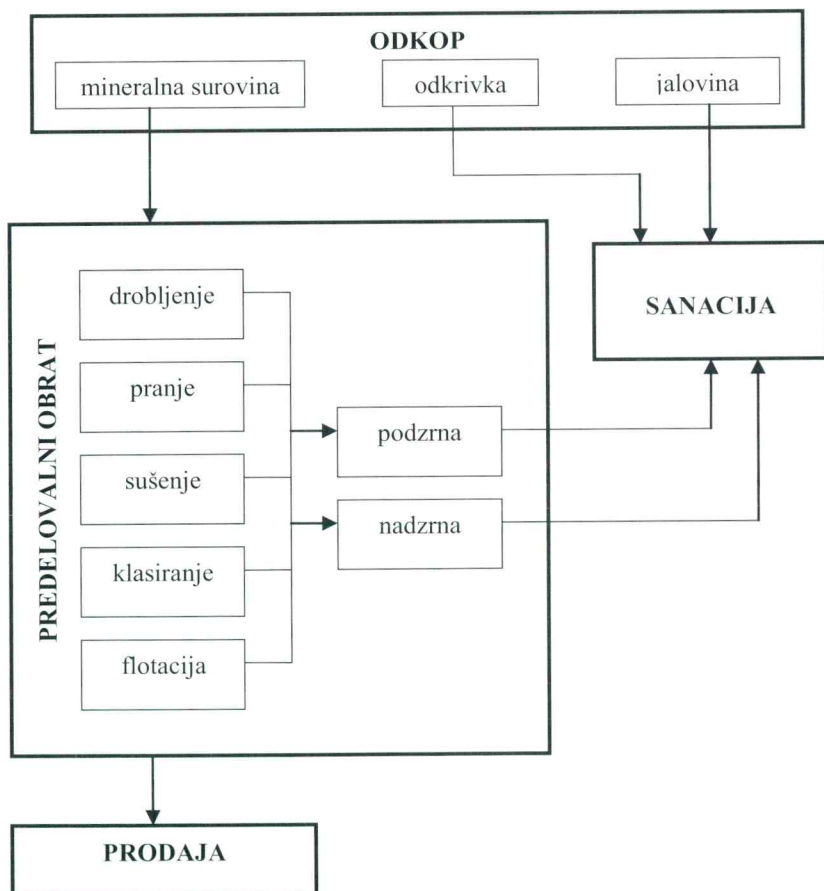
Za oceno količine rudarskih odpadkov, ki nastane pri pridobivanju in bogatenju nekovinskih mineralnih surovin, smo uporabili podatke iz aktivnih kopov, kjer pridobivajo kalcit, surovine za cementno industrijo, roženec, kremenov pesek in prod, keramično in opekarsko glino, naravni kamen, tehnični kamen ter prod in pesek. Podatke, ki smo jih pridobili v posameznih podjetjih, smo nato posplošili za celotno slovensko proizvodnjo nekovinskih mine-

ralnih surovin. V oceno pa nismo zajeli podatkov iz opuščenih in nelegalnih pridobivalnih prostorov.

Vrsto in količino rudarskih odpadkov, ki nastane pri pridobivanju in bogatenju, pa smo spremljali skozi snovni tok pridobivanja in bogatenja posamezne mineralne surovine (slika 1). Pri prevladujočem površinskem pridobivanju nekovinskih mineralnih surovin je potrebno najprej odstraniti odkrivko in jalovino, ki se nahajata v prostoru odkopavanja. Pridobivanje poteka z metodo vrtanja in razstreljevanja in z metodo strojnega pridobivanja. Kljub številnim negativnim dejavnikom (zvočni udar, seizmični vpliv itd.), ki spremljajo pridobivanje z vrtanjem in razstreljevanjem, je to še vedno najpogostejše uporabljena metoda, ker je najcenejša (Burger, 2006). Surovino nato prepeljejo v predelovalni obrat, kjer potekajo postopki bogatenja. Bogatilno tehniko

delimo v tri glavne procese (Ocepek, 1989): pripravljalno bogatenje, neposredno bogatenje in pomožne postopke. Pripravljalno bogatenje zajema postopke drobljenja, mletja, aglomeriranja, sejanja, klasiranja, odpravevanja itd.; k neposrednemu bogatenju štejemo postopke, kot sta optično prebiranje in flotiranje; pomožni postopki pa zajemajo čiščenje odpadnih vod, dimnih plinov in podobno (Ocepek, 1989).

V Sloveniji so najpogostejši postopki pripravljalnega bogatenja drobljenje, pranje in klasiranje. Ti postopki so enostavni in ne zahtevajo veliko vložka v obrat. Uporabljajo se pri bogatenju mineralnih surovin, ki se pridobivajo v velikih količinah (npr. tehnični kamen). Pri nekovinskih mineralnih surovinah, pri katerih je pomembna visoka čistost (npr. kremenov pesek), pa se uporabljajo postopki neposrednega bogatenja, kot sta flotacija in optično prebiranje.



Slika 1. Posplošen snovni tok pridobivanja in bogatenja nekovinskih mineralnih surovin

### Primer klasifikacije in ocene količine rudarskih odpadkov

Posplošitev klasifikacije in ocene rudarskih odpadkov smo naredili na primeru podjetja Marmor Hotavlje d.d., ki pridobiva na Hotavljah naravni kamen apnenec, na Jezerskem pa lehnjak (slika 2). Apnenec pridobivajo v galerijah, lehnjak pa na površini, v etažah. V kamnolomu na Hotavljah letno pridobijo približno 2000 m<sup>3</sup> apnenca, v kamnolomu na Jezerskem pa približno 3000 m<sup>3</sup> lehnjaka. Kamnini pridobivajo ali z verižno žago ali z diamantno žično žago. Pri tem nastaja mulj, ki ga je manj kot 0,5 %. Mulj prestrežejo s čistilno napravo, nato pa ga stisnejo v filter stiskalnici v kamniti kolač. Tudi ta material je kasneje uporabljen za sanacijo. Za nadaljnjo obdelavo je primernih približno 600 m<sup>3</sup> blokov apnenca in približno 300 m<sup>3</sup> blokov lehnjaka. Ves preostali apnenec čez čas porabijo kot surovino za beton ali za sanacijo odkopa, lehnjak pa porabijo za izboljšavo kmetijskih zemljišč.

Bloke apnenca in lehnjaka prepeljejo v obdelovalni obrat. V podjetju Marmor Hotavlje d.d. bloke naravnega kamna tudi uvažajo. Bloke najprej razrežejo v plošče. Pri tem razrezu nastaja mulj, ki je kasneje uporabljen za sanacijo kamnoloma. Plošče nato razrežejo na manjše dele, ki jih tudi polirajo. Pri tej obdelavi ostajata mulj (20 %) in neuporabni kosi plošč (25–30 %). Ta odpadni material se odvažna na deponije oz. porabi za zapolnitve v odkopu.

Pri pridobivanju naravnega kamna v galerijah in njegovi nadaljnji obdelavi nastanejo rudarski odpadki, ki predstavljajo 88 % vsega materiala, ki se ga pridobi v samem kamnolomu. Preostanek (12 %) pa predstavljajo plošče, ki jih v podjetju prodajo. Rudarske odpadke predstavljata jalovina, ki nastane pri samem pridobivanju (71 %) in jalovina, ki nastane pri obdelavi (17 %). Pri pridobivanju naravnega kamna na etažah in njegovi nadaljnji obdelavi pa nastanejo rudarskih odpadki, ki predstavljajo 96 % vsega pridobljenega materiala v kamnolomu. Plošč, ki jih kasneje prodajo je 4 %. Rudarske odpadke predstavljata jalovina (91 %) in jalovina, ki nastane pri obdelavi (5 %). Del rudarskih odpadkov, ki nastane pri proizvodnji plošč, direktno uporabijo za tombolone, del pa za lomljenec. Zato je odstotek skupne količine odpadkov manjši, povečana je količina uporabnega

materiala. Zgoraj opisani odstotki so točni, samo če kot produkt upoštevamo bloke. Če upoštevamo še te količine, se razmerje med rudarskimi odpadki in mineralno surovino, ki gre v prodajo močno zniža.

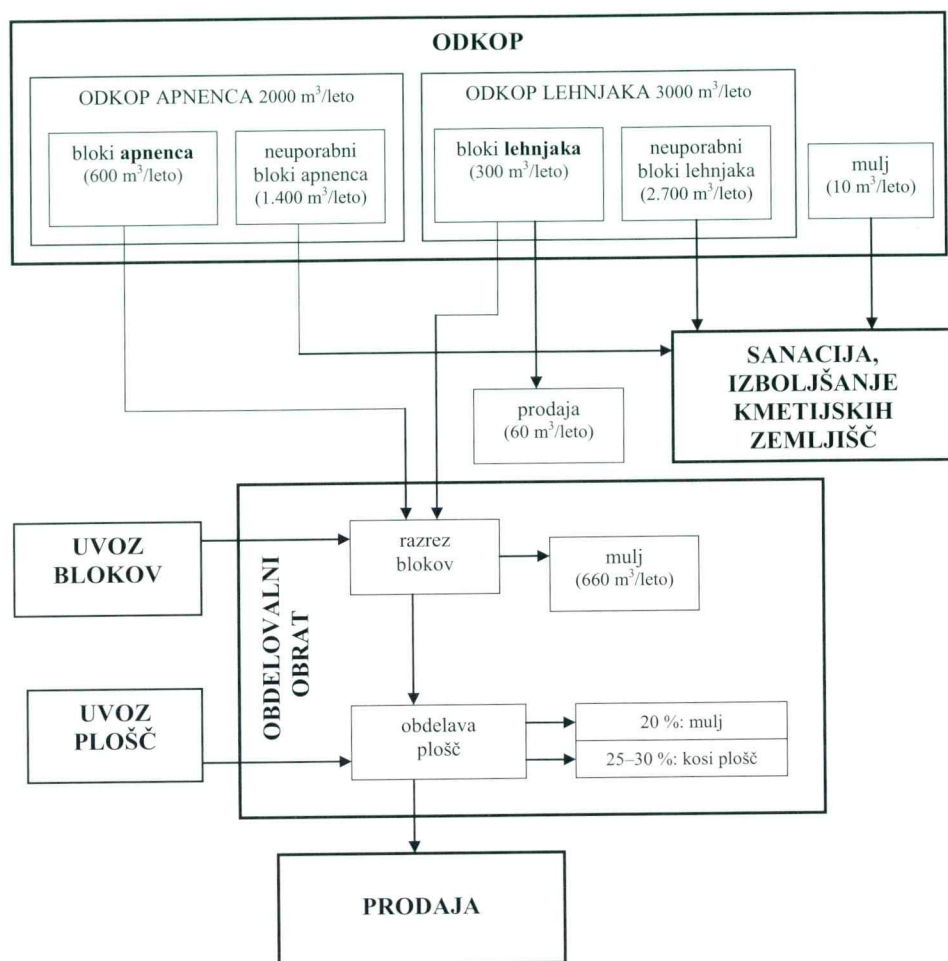
Podatke, ki smo jih pridobili na Hotavljah smo nato generalizirali za slovensko proizvodnjo naravnega kamna. Ko smo upoštevali celotno proizvodnjo naravnega kamna (poleg blokov tudi tombolone in lomljenec) smo ugotovili, da pri pridobivanju in obdelavi naravnega kamna ostane 40 % mineralne surovine, 60 % pa je rudarskih odpadkov. V Sloveniji je leta 2005 pri pridobivanju in obdelavi naravnega kamna tako nastalo 230.000 ton rudarskih odpadkov.

Rudarske odpadke pri pridobivanju naravnega kamna smo uvrstili med inertne in nenevarne rudarske odpadke. Skupina je odvisna od tega, katero kamnino se pridobiva. Večina materiala uvrščamo med inertne odpadke. Lehnjak lahko vsebuje limonit in zato ga uvrščamo med nenevarne odpadke. V magmatskih kamninah se lahko v sledovih pojavlja pirit in zato jih ravno tako uvrščamo med nenevarne rudarske odpadke. Rudarske odpadke, ki nastajajo pri pridobivanju in obdelavi naravnega kamna, podjetja večinoma uporabljajo za sanacijo.

### Količine in klasifikacija rudarskih odpadkov

Podatke, ki smo jih pridobili v nekaterih značilnih podjetjih, ki odkopavajo nekovinske mineralne surovine, smo generalizirali za celotno slovensko proizvodnjo mineralnih surovin. Generalizacija ni tako zahtevna kot v primeru naravnega kamna, ker gre večinoma le za en produkt, precej manjše odstotki jalovin oziroma odpadkov, enostavnejše postopke pridobivanja in bogatenja. V nadaljevanju podajamo po posameznih nekovinskih mineralnih surovinah vrsto in količino rudarskih odpadkov, ki nastajajo v rudarskih podjetjih v Sloveniji.

KALCIT – V Stahovici pri Kamniku pridobivajo nizko metamorfoziran apnenec, ki ima prodajno ime kalcit. Mineralno surovino perejo in zato voda vsebuje delce, ki so velikosti pod 0,063 mm. Vodo z delci preusmerijo v filter stiskalnico, kjer naredijo t.i. kolač. Kolač odlagajo na začasni deponiji. Pri pridobivanju kalcita nastane 5 % jalovine, 95 % pa je mineralne surovine, ki



Slika 2. Snovni tok apnenca in lehnjaka v Marmorju Hotavlje d.d.

se uporablja v nadaljnji proizvodnji. Jalovino, ki nastane pri bogatenju kalcita, uvrščamo med nenevarne rudarske odpadke.

**SUROVINE ZA CEMENTNO INDUSTRIJO** – Pri pridobivanju in bogatenju surovin za cementno industrijo je potrebno odstraniti odkrivko in jalovino. Količina rudarskih odpadkov pa je odvisna od geoloških razmer v posameznem nahajališču, od vrste mineralne surovine, ki se pridobiva, ter od tehnoloških procesov. V nahajališčih Salonita in Lafarge cementa se pojavlja do 7 % odkrivke, pri predelavi pa je potrebno odstraniti do 5 % jalovine. Rudarske odpadke, ki nastanejo, uvrščamo med inertne rudarske odpadke, uporabljajo pa se za sanacijo.

**ROŽENEC** – Pri pridobivanju in bogatenju roženca, ki ga pridobivajo v Jersovcu,

rudarske odpadke predstavljata odkrivka (15 %) in jalovina, ki nastane pri bogatenju (28 %). Preostanek pa je mineralna surovina, ki se uporablja v nadaljnji proizvodnji. Uvrščamo ju med nenevarne rudarske odpadke, uporabljata pa se za sanacijo zemljišč.

**KREMENOV PESEK IN PROD** – Pri pridobivanju kremenovega peska in prod v Sloveniji je potrebno najprej odstraniti odkrivko (do 4 %) in jalovino (okoli 14 %). Njuna količina je odvisna od geoloških razmer v pridobivalnih prostorih. Tudi pri bogatenju nastane od 24 do 27 % jalovine. Rudarske odpadke uvrščamo med nenevarne. Pri bogatenju se uporabljajo flokulanti, ki niso okolju škodljivi. Rudarski odpadki se uporabljajo za sanacijo in izboljšanje kmetijskih zemljišč.

## OPEKARSKA IN KERAMIČNA GLINA

– Pri pridobivanju gline je potrebno odstraniti odkrivko in jalovino. Rudarske odpadke, ki nastanejo v glinokopih, uvrščamo med nenevarne. Količina rudarskih odpadkov, ki nastane pri pridobivanju, pa se razlikuje od posameznega glinokopa. V glinokopih, kjer pridobivajo keramično glino, je približno 5 % odkrivke, preostalih 95 % je mineralna surovina, ki jo uporabljajo v proizvodnji. V glinokopih opekarske gline pa v povprečju odstranijo 10 % odpadkov, 90 % je mineralne surovine, ki gre v proizvodnjo opek in strešnikov. Rudarski odpadki se uporabljajo za sanacijo zemljišč.

**NARAVNI KAMEN** – Postopek smo opisali v predhodnem poglavju. Pri pridobivanju naravnega kamna (blok, tomboloni, lomljenec) v kamnolomih odstranijo razpokane bloke in manjše kose kamnine, ki predstavljajo jalovino. Dodatna jalovina nastane še pri obdelavi. Rudarske odpadke uvrščamo med nenevarne in inertne rudarske odpadke, uporabljajo pa se za sanacijo in izboljšavo kmetijskih zemljišč. Količina rudarskih odpadkov je odvisna od geoloških razmer v kamnolomih in od načina pridobivanja. Pri pridobivanju blokov v galerijah je količina rudarskih odpadkov manjša. V galerijah ostane 80 % jalovine, nadaljnjih 12 % jalovine pa nastane pri obdelavi. Tako pridobijo približno 8 % plošč in drugih izdelkov, primernih za prodajo. Pri pridobivanju blokov na etažah je jalovine 91 %, nadaljnjih 5 % jalovine nastane pri obdelavi, skupno je le 4 % plošč, primernih za prodajo. Ker pa podjetej poleg blokov pridobivajo tudi tombolone in lomljenec, se odstotki rudarskih odpadkov močno znižajo. Tako v kamnolomih naravnega kamna nastane 60 % rudarskih odpadkov, 40 % pa je mineralne surovine, ki gre v prodajo.

**TEHNIČNI KAMEN** – Količina in vrsta odpadkov v kamnolomih tehničnega kamna je odvisna od lokalne topografije in geologije. Odpadek predstavlja odkrivka, jalovina, ki nastane pri pridobivanju in jalovina, ki nastane pri pripravljalnem bogatenju. Uvrščamo jih med nenevarne rudarske odpadke, uporabljajo pa se za sanacijo. V kamnolomih apnenca se pojavlja do 3 % odkrivke, do 2 % jalovine, pri predelavi pa lahko nastane še 1 % jalovine. Preostalo je mineralna surovina, ki gre v prodajo. V kamnolomih dolomita je potrebno odstraniti do 5 % odkrivke ter do 10 % jalovine. Pri bogatenju nastane do 4 % jalovine. Če

so kamnolomi v bližini kovinskih mineralnih surovin, se lahko v apnencu in dolomitu pojavljajo žile z galenitom, sfaleritom, piritom in baritom. Ti nezaželeni minerali, ki jih sestavljajo svinec, fluor, barij, arzen in drugi elementi, so navadno le v manjših količinah.

**PROD IN PESEK** – Pri pridobivanju in predelavi se pojavljata dve vrsti odpadkov, in sicer jalovina (do 3 %) in jalovina, ki nastane pri bogatenju (do 5 %). V gramoznicah, kjer poteka pridobivanje pod nivojem talne vode, nastaja pri bogatenju drobnorzna jalovina. Če so gramoznice na suhem, je količina jalovine večja, ker voda ne spirra drobnih delcev. Odpadke uvrščamo med inertne ali nenevarne. V Soči in v zgornjem delu reke Save najdemo karbonatni prod, zato so odpadki, ki nastajajo pri pridobivanju in bogatenju, uvrščeni med inertne rudarske odpadke. V spodnjem toku Save, v Dravi in Muri pa prod sestavljajo silikatne kamnine, zato te odpadke uvrščamo med nenevarne rudarske odpadke. Če sta prod in pesek nastala s preperevanjem granita ali drugih magmatskih kamnin, lahko vsebujeta tudi manjši delež težkih mineralov. Ti minerali so apatit  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3$ , monacit  $\text{CePO}_4$  in cirkon  $\text{ZrSiO}_4$ . V bazaltnih kamninah sta pogosta minerala magnetit in ilmenit.

## Zaključki

Rudarske odpadke nekovinskih mineralnih surovin Slovenije uvrščamo med inertne in nenevarne. V odkopih nismo ugotovili nevarnih rudarskih odpadkov, prav tako ne pri bogatenju. Pri slednjem nismo zasledili uporabe nevarnih snovi. V posameznih pridobivalnih prostorih se sicer pojavljajo nezaželeni minerali (npr. pirit), vendar pa je njihova količina premajhna, da bi lahko škodljivo vplivala na okolje. V pridobivalnih prostorih je najpogostejše potrebno odstraniti humus, prst ter glino. Pri bogatenju pa nastaja jalovina, ki jo najpogostejše predstavlja podzrna.

Količina rudarskih odpadkov se lahko zmanjša na tri načine (Marc et al., 2005):

- zmanjšanje količine rudarskih odpadkov na izvoru, to je z izbiro ustrezne odkopne metode,
- povečanje možnosti uporabe rudarskih odpadkov, kot npr. za agregat, za sanacijo drugih območij rudnika ali zapolnitvijo pridobivalnih prostorov po pridobivanju in

Tabela 1. Vrsta rudarskih odpadkov v Sloveniji in njihova klasifikacija

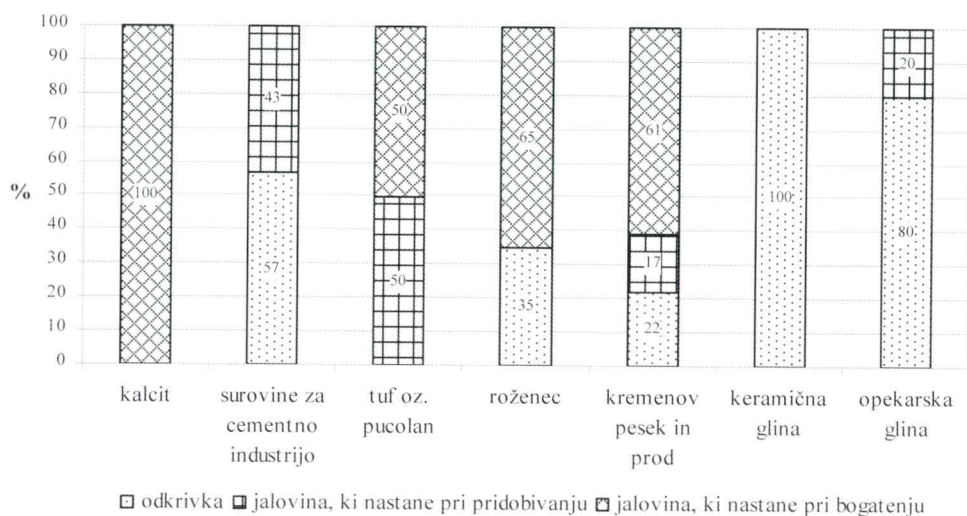
| MINERALNA SUROVINA                               | VRSTA RUDARSKIH ODPADKOV                               | KLASIFIKACIJA RUDARSKIH ODPADKOV | UPORABA RUDARSKIH ODPADKOV                                                                   |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| kalcit                                           | jalovina, ki nastane pri bogatenju                     | nenevarni                        | začasno odlagališče                                                                          |
| surovina za cementno industrijo                  | odkrivka, jalovina                                     | inertni                          | sanacija opuščenih delov pridobivalnega prostora, prodaja, nadaljnja proizvodnja             |
| bentonit                                         | odkrivka                                               | nenevarni                        | ni podatka                                                                                   |
| tuf                                              | odkrivka                                               | nenevarni                        | ni podatka                                                                                   |
| roženec                                          | odkrivka, jalovina, ki nastane pri bogatenju           | nenevarni                        | sanacija peskokopa                                                                           |
| kremenov pesek                                   | odkrivka, jalovina, jalovina, ki nastane pri bogatenju | inertni                          | sanacija kmetijskih zemljišč, opuščenih delov pridobivalnega prostora, nadaljnja proizvodnja |
| keramična glina                                  | odkrivka, jalovina, jalovina, ki nastane pri bogatenju | nenevarni                        | sanacija zemljišč                                                                            |
| opekarska glina                                  | odkrivka, jalovina, jalovina, ki nastane pri bogatenju | nenevarni                        | sanacija zemljišč                                                                            |
| naravni kamen                                    | jalovina, jalovina, ki nastane pri bogatenju           | nenevarni/inertni                | sanacija opuščenih delov kamnoloma, prodaja                                                  |
| tehnični kamen (magmatske in metamorfne kamnine) | odkrivka, jalovina, jalovina, ki nastane pri bogatenju | inertni                          | sanacija opuščenih delov kamnoloma, prodaja                                                  |
| tehnični kamen (apnenec)                         | odkrivka, jalovina, jalovina, ki nastane pri bogatenju | nenevarni                        | sanacija opuščenih delov kamnoloma, prodaja                                                  |
| tehnični kamen (dolomit)                         | odkrivka, jalovina, jalovina, ki nastane pri bogatenju | nenevarni                        | sanacija opuščenih delov kamnoloma, prodaja                                                  |
| prod in pesek                                    | jalovina, jalovina, ki nastane pri bogatenju           | inertni                          | sanacija gramoznice, prodaja                                                                 |

- obdelavo rudarskih odpadkov znotraj obstoječih postopkov predelave mineralne surovine, kot npr. njihovo dodajanje kot polnilni material.

Rudarski odpadki se pri nas najpogosteje uporabljajo za sanacijo opuščenih delov pridobivalnih prostorov (tabela 1). V nekaterih podjetjih jih kasneje oddajo ali prodajo kot manj kvalitetno mineralno surovino, ki se kasneje uporablja za nasipe, ponekod pa jih uporabijo v proizvodnji posameznih izdelkov. Količino rudarskih odpadkov podjetja zmanjšujejo tudi z novimi metodami pridobivanja (npr. metoda strojnega pridobivanja dolomita).

V Sloveniji je leta 2005 nastalo približno 2,1 milijonov ton rudarskih odpadkov, kar predstavlja približno eno tono rudar-

skih odpadkov na prebivalca. Tega leta je bila višja proizvodnja naravnega kamna, kar posledični pomeni tudi večjo količino rudarskih odpadkov. Če izvezamo proizvodnjo naravnega kamna, ki je glede na ostale nekovinske mineralne surovine v Sloveniji specifičen, »proizvedejo« slovenski rudniki nekovin približno 1,9 milijonov rudarskih odpadkov na leto. Pri tem se odstotek rudarskih odpadkov glede na celotno odkopano količino spreminja. Tako pri pridobivanju in bogatenju kremenovega peska odkrivka predstavlja 22 %, jalovina 17 %, jalovina, ki nastane pri bogatenju pa 61 % vseh rudarskih odpadkov, ki nastanejo v peskokopih kremenovega peska (slika 3). Odstotki so posplošeni in se razlikujejo od posameznega nahajališča. Ni nujno, da pri pridobivanju nekovinskih mineralnih suro-



Slika 3. Razmerja med rudarskimi odpadki /skupno 100 %/, ki so (1) odkrivka, (2) jalovina, ki nastane pri pridobivanju in (3) jalovina, ki nastane pri bogatenju

vin vedno odstranijo odkrivko in jalovine. Vrsta rudarskih odpadkov je odvisna od topografskih in geoloških razmer v pridobivalnem prostoru ter tehnoloških postopkov pridobivanja in bogatenja. Pri pridobivanju in bogatenju kalcita ostane le jalovina po bogatenju, ker v nahajališču nad kalcitom leži apnenec, ki se pridobiva za tehnični kamen kot surovina za gradbeništvo (slika 3).

V kamnolomih tehničnega kamna apnenca in dolomita in v gramoznicah nastane majhna količina rudarskih odpadkov na enoto, vendar se te mineralne surovine pridobivajo v velikih količinah, zato je posledica velika količina rudarskih odpadkov (78 % vseh rudarskih odpadkov, če ne upoštevamo odpadkov, ki nastanejo pri naravnem kamnu). Pri pridobivanju in bogatenju kremenovega peska in prod nastane 9 % vseh rudarskih odpadkov. Kremenov pesek mora biti za nadaljnjo proizvodnjo zelo čist, posledica pa je večja količina rudarskih odpadkov.

Pri pridobivanju in bogatenju nekovinskih mineralnih surovin v Sloveniji nastajajo inertni in nevarni rudarski odpadki. Nevarnih in strupenih rudarskih odpadkov ter mineralnih surovin, ki bi po pridobivanju in predelavi vsebovale nevarne in strupene snovi, nismo zasledili. Rudarske odpadke podjetja pretežno uporabijo za sanacijo opuščenih delov pridobivalnega prostora in delno kmetijskih zemljišč. V Sloveniji prevladuje pripravljeno bogatenje, pri katerem ne nastajajo nevarni rudarski odpadki. Postopki neposrednega boga-

tenja se uporabljajo manj pogosto, vendar tudi pri teh postopkih ne nastajajo nevarni rudarski odpadki.

Rudarski odpadki, ki nastajajo pri pridobivanju in bogatenju, pri nas ne predstavljajo tveganja za okolje ter za zdravje ljudi. Pozornost je treba nameniti le, če se v nahajališčih pojavljajo orudjenja s težkimi kovinami ali orudjenja z radioaktivnimi elementi.

## Literatura

Burger, A. 2006: Vrste in ocena količin nekovinskih rudarskih odpadkov v aktivnih površinskih kopih v Sloveniji. Diplomsko delo, 63 p., Naravoslovnotehniška fakulteta, Ljubljana.

Colman, T.B., Highley, D.E., Gunn, A.G., Cameron, D.G. & Smith, B. 2003: An assessment of the nature of the waste produced by active mineral workings in the UK. – British Geological Survey, 44, Nottingham.

Direktiva 2006/21/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 15. marca 2006 o ravnanju z odpadki iz rudarskih in drugih ekstraktivnih dejavnosti ter o spremembi Direktive 2004/35/ES: Uradni list L 102, 11. april 2006, 15–34.

Marc, D., Kortnik, J., Šolar, S.V. & Bajželj, U., 2005: Nova EU direktiva o ravnanju z odpadki rudarske industrije. – Mineralne surovine v letu 2004: bilten, 173–188, Ljubljana.

Ocepek, D. 1989: Bogatenje mineralnih in energetskih surovin. – Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani, 350, Ljubljana.

Sznopek, J. L. & Brown, W. M. 1998: Materials Flow and Sustainability. Fact Sheet 068–98. 2. US Geological survey. [citrano 10. 04. 2007]. Dostopno na svetovnem spletu: <<http://minerals.er.usgs.gov/minerals/mflow/>>.

Solar, S.V. 2004: Trajnostno gospodarjenje z mineralnimi surovinami v Sloveniji. – Geološki zavod Slovenije, 180 p., Ljubljana.