

Interpretacija izvora podzemnih vod v premogovniku Velenje na osnovi izotopske sestave

Interpretation of groundwater origin in the Velenje coal mine on the basis of isotope composition

Janko URBANC¹ & Bojan LAJLAR²

¹Geološki zavod Slovenije, Dimičeva 14, 1000 Ljubljana

²Premogovnik Velenje, Partizanska 78, 3320 Velenje

Ključne besede: Slovenija, premogovnik Velenje, podzemna voda, izotopi, kisik-18, devterij

Key words: Slovenia, Velenje coal mine, groundwater, isotopes, oxygen-18, deuterium

Kratka vsebina

Z raziskavo smo želeli ugotoviti izotopske značilnosti jamskih vod iz premogovnika Velenje ter opredeliti napajalna območja posameznih vodonosnikov. Glede na izotopsko sestavo kisika ločimo v premogovniku tri zvrsti podzemnih vod. Za prvo skupino so značilne vrednosti $d^{18}O$ okoli -9 ‰. Takšne vrednosti izotopske sestave kisika so značilne za površinske vode v okolici premogovnika, zato ocenjujemo, da gre za lokalno napajanje teh vod. Drugi tip vod predstavljajo predvsem vode iz spodnjega dela pliocenskega vodonosnika. Povprečna izotopska sestava kisika v teh vodah znaša okoli -11 ‰. Izotopska sestava se torej izrazito razlikuje od izotopske sestave recentnih vod iz okolice premogovnika, kar kaže na starejše fosilne vode. Za te vode je značilna tudi visoka stopnja mineralizacije ter z njo povezane konduktivnosti. V tretji skupini pa so vode, katerih povprečne vrednosti $d^{18}O$ se gibljejo okoli -10 ‰. V tej skupini najdemo predvsem vode iz triasnih dolomitov. Te vode bi lahko bile mešanica recentnih ter starih vod, zaenkrat pa ne moremo izključiti tudi možnosti, da v premogovnik dotekajo z višjih predelov Paškega Kozjaka.

Abstract

The aim of the investigation was to determine the isotopic properties of cave waters from the Velenje coal mine and define the recharge areas of individual aquifers. With regard to the oxygen isotope composition, groundwater in the Velenje coal mine can be classified into three types. Typical $d^{18}O$ values of the first type are around -9 ‰ and are found in surface waters in the vicinity of the mine, therefore it is supposed that these waters are recharged locally. The second type is represented mainly by waters from the lower part of the pliocene aquifer. The average oxygen composition of these waters is about -11 ‰. This isotope composition is considerably different from the isotope composition of recent waters from the mine's vicinity, which leads to the conclusion that these are older, fossile waters. These waters also have a very high degree of mineralization and consequently conductivity. Waters of the third type have average $d^{18}O$ values around -10 ‰ and originate mainly from triassic dolomites. These waters could be a mixture of recent and old waters, but it is also possible that they flow into the coal mine from the higher areas of Paški Kozjak.

Uvod

Lignitna plast v premogovniku Velenje je obdana večinoma s pliocenskimi sedimenti, peski, melji in glinami. Talnino pliocenskih plasti tvori triasni dolomit, južno od velenjskega preloma pa v talnini najdemo oligocensko glino sivico ter smrekovške plasti, v katerih prevladujejo andezitni tufi (Bregar, 1985). Bolj prepustni deli pliocenskih, oligocenskih in triasnih plasti tvorijo vodonosnike, iz katerih doteka voda v jamske prostore.

Namen študije je bil ugotoviti značilnosti izotopske sestave kisika v vodah iz posameznih vodonosnikov ter na osnovi rezultatov opredeliti značilnosti napajalnih območij teh vodonosnikov.

Vzorčevanje in analize

Vzorčevanje podzemnih vod je potekalo na širšem območju premogovnika Velenje. Vode so bile vzorčevane iz piezometrov ter vodnjakov. Z izbiro vzorčnih mest smo želeli ugotoviti izotopske značilnosti posameznih vodonosnikov.

Vzorčevali smo v 6-mesečnih intervalih in sicer v pomladanskem in jesenskem obdobju. Na ta način smo želeli pridobiti informacije tudi o letni amplitudi nihanja izotopske sestave na posameznih vzorčnih mestih. Da bi se izognili vplivom posameznih padavinskih valov na izotopsko sestavo podzemnih vod, smo vzorčevali le v obdobjih, ko predhodno vsaj nekaj dni ni bilo izrazitejših padavin.

Vzorčevanje je potekalo na vrtnah v kvartarnih sedimentih, pliocenskem vodonosniku ter vodonosniku v triadnih kamninah. Za primerjavo so bili odvzeti vzorci tudi na štirih površinskih vodotokih.

Vzorčevanje za izotopske analize je opravila hidrogeološka služba Premogovnika Velenje v sodelovanju z Geološkim zavodom Slovenije. Izotopske analize vod so bile opravljene v laboratoriju Joanneum Research v Gradcu, meritve konduktivnosti pa na Geološkem zavodu Slovenije.

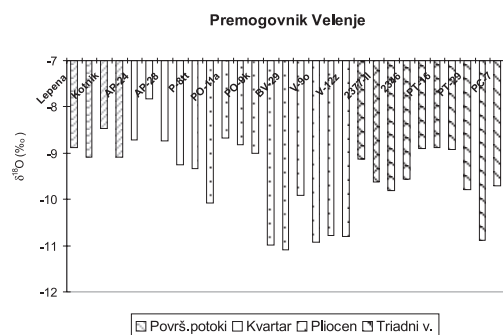
Interpretacija izvora podzemnih vod na osnovi izotopske sestave kisika v vodi

Za površinske vode, ki so bile zajete v načrt vzorčevanja (Paka, Lepena, Slanica in pritok potoka Klančnica), je značilna povprečna izotopska sestava okoli -9 ‰. Zaradi višinskega izotopskega efekta smo v povprečju najbolj negativne vrednosti $\delta^{18}\text{O}$ zabeležili v potoku Slanica, katerega zaledje leži pod vrhom Slemen na povprečni nadmorski višini okoli 900 m. Povprečna vrednost $\delta^{18}\text{O}$ potoka Slanica znaša -9,1 ‰. Najbolj pozitivne vrednosti $\delta^{18}\text{O}$ pa so bile izmerjene v pritoku potoka Klančnice v bližini premogovnika, katerega povprečna nadmorska višina znaša okoli 450 m. Povprečna izmerjena izotopska sestava kisika pritoka Klančnice je -8,5 ‰, Pake -9,1 ‰ in Lepene -8,9 ‰ (tabela 1, slika 1).

Tabela 1: Povprečna izotopska sestava kisika v opazovanih vodah

POVRŠINSKE VODE	$\delta^{18}\text{O}$ (‰ SMOW)
Lepena	-8,9
Paka	-9,1
Klančnica	-8,5
Slanica	-9,1
KVARTAR	
AP-24	-8,7
AP-27	-7,8
AP-28	-8,7
Z-8	-9,3
PLIOCEN	
P-8tt	-9,3
P-8ua	-10,1
PO-11a	-8,7
P-9us	-8,8
PO-9k	-9,0
BV-26	-11,0
BV-29	-11,1
V-9s	-9,9
V-9o	-10,9
V-11r	-10,8
V-12z	-10,8
TRIADA	
2360-V	-9,1
2377-II	-9,6
2391-I	-9,8
2346	-9,6
PT-12	-8,9
PT-16	-8,9
PT-17	-8,9
PT-29	-9,8
PC-5	-10,9
PC-7	-9,7

Vode iz piezometrov, ki segajo v holocenski vodonosnik, so po izotopski sestavi kisika podobne površinskim vodam, njihova povprečna vrednost $\delta^{18}\text{O}$ se giblje okoli -9‰ . Izstopa le piezometer AP-27, katerega voda je obogatena s težjim kisikovim izotopom, tako da njegova povprečna izotopska sestava znaša $-7,8\text{‰}$. Vzrok temu bi bil lahko neposredni vpliv padavinske vode v vzorčevanem piezometru.



Slika 1: Povprečna izotopska sestava kisika v opazovanih vodah

Figure 1: Mean oxygen isotope composition of observed waters

Najbolj negativne vrednosti $\delta^{18}\text{O}$ smo izmerili v vodnjakih, ki sekajo spodnje pliocenske peske (Pl-1). Povprečne vrednosti $\delta^{18}\text{O}$ v teh vodah znašajo okoli -11‰ . Iz primerjave z izotopsko sestavo recentnih vod bi lahko sklepali, da bi glede na lokalni višinski izotopski efekt te vode morale imeti srednjo nadmorsko višino zaledja preko 2000 m. Ker tako visokih območij v bližini premogovnika ni je jasno, da gre v tem primeru za fosilne vode iz starejših obdobij. O tem priča tudi zelo visoka mineralizacija teh vod (Mali & Veselič, 1989, Supovec & Ulrich-Supovec, 2001) in z njo povezana visoka konduktivnost (med 1000 in 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Takšne vode najdemo v vodnjakih BV-26, BV-29, V-9o, V-11r ter V-12z. V vodnjaku V-9s je podzemna voda nekoliko bolj obogatena s težjim kisikovim izotopom iz česar sklepamo, da gre po vsej verjetnosti za mešanico fosilnih in recentnih vod. Predhodne raziskave so pokazale v teh vodah ^{14}C starosti preko 10.000 let (Veselič & Pezdnič, 1998).

V vrtinah, ki segajo le v zgornje medslojne peske PL-2 in PL-3 so vode v povprečju bolj obogatene z ^{18}O , njihova povprečna izotop-

ska sestava se od predhodno opisanih vod razlikuje kar za približno 2 promila, tako da znaša povprečna vrednost $\delta^{18}\text{O}$ okoli -9‰ . Ker je takšna izotopska sestava značilna za recentne vode na tem področju lahko sklepamo, da se voda v peskih PL-2 in PL-3 relativno hitro obnavlja z infiltracijo lokalnih vod.

V vrtinah, ki segajo v triadni vodonosnik, smo našli dva izotopsko različna tipa vod. V piezometrih 2360, PT-12, PT-16 in PT-17 smo našli izotopsko sestavo vode, kakršna je značilna za lokalne površinske vode, torej okoli -9‰ . Torej gre v tem primeru očitno za napajanje vodonosnika bodisi iz površinskih vod, npr. Pake, ali pa iz lokalno infiltriranih padavin.

Druga zvrst vode, ki se pojavlja v triadnem vodonosniku, pa je osiromašena s težjim kisikovim izotopom, njena povprečna izotopska sestava kisika je okoli -10‰ . Na osnovi obstoječih podatkov z enkrat ne moremo trditi, kakšnega izvora so te vode, po našem mnenju obstajata dve možnosti:

- Mešanje recentnih vod, ki imajo izotopsko sestavo kisika okoli -9‰ s starejšimi vodami, za katere je značilna povprečna izotopska sestava kisika okoli -11‰ .

- Lahko bi šlo tudi za vode, ki podzemno dotekajo z višjih predelov Paškega Kozjaka.

Menimo, da bo moč na to vprašanje ugotoviti z nadaljnimi izotopskimi raziskavami, v katerih bi bil poseben poudarek dan vodam iz triadnega vodonosnika.

Izotopska sestava devterija v opazovanih vodah

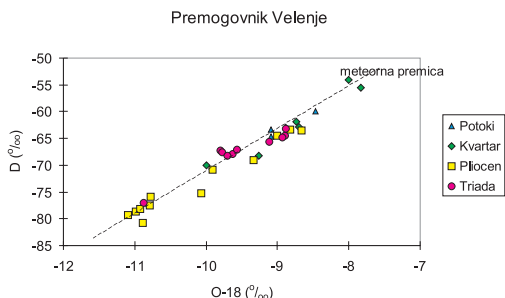
Na osnovi meritev izotopske sestave kisika in devterija v padavinah ter tudi v površinskih in podzemnih vod širom po svetu je znana linearna povezava med izotopsko sestavo kisika in devterija v vodi. Odvisnost imenujemo svetovna meteorološka premica GMWL (Global Water Meteoric Line) in jo izražamo z enačbo (Craig, 1961):

$$\delta\text{D} = 8 * \delta^{18}\text{O} + 10$$

Število 10 v zgornjem izrazu imenujemo tudi devterijev ekces in se v odvisnosti od lokalnih pogojev lahko spreminja.

Odstopanja od svetovne meteorološke premice lahko nastanejo iz več vzrokov, najbolj pogosto je vzrok evaporacija vode.

Izotopska sestava devterija v vzorcih podzemnih vod iz rudnika Velenje je prikazana na sliki 2. Slika kaže, da je razmerje med izotopsko sestavo kisika v vodah približno na liniji $\delta D = 8 \cdot \delta^{18}O + 10$.



Slika 2: Razmerje med izotopsko sestavo kisika in devterija

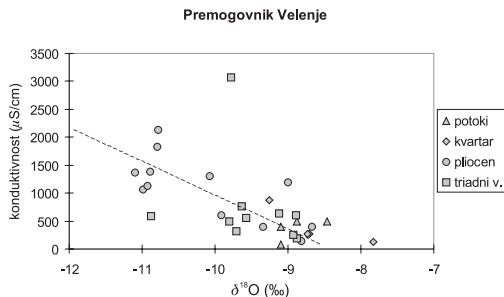
Figure 2: Relation between isotope composition of oxygen and deuterium

Tudi na grafu $^{18}O/D$ so jasno vidne razlike v izotopski sestavi med posameznimi vodami, saj je izotopska sestava devterija v posameznih glavnih skupinah dokaj različna. Za pleistocenski vodonosnik so značilne vrednosti izotopske sestave devterija okoli -80% , v triadnem vodonosniku se večina δD vrednosti giblje med -65 in -70% , medtem ko znaša izotopska sestava skupine, v kateri prevladujejo površinske vode in vode kvarternega vodonosnika med 60 in -65% .

Primerjava med izotopsko sestavo kisika in konduktivnostjo vode

Konduktivnost vode v večini primerov odraža njeno mineralizacijo, v naših podnebnihih pogojih predvsem količino raztopljenih karbonatov v vodi. Graf na sliki 3 prikazuje razmerje med konduktivnostjo ter izotopsko sestavo kisika v vodah iz premogovnika Velenje.

Iz grafa 3 je razvidno, da je bila v večini primerov izmerjena višja konduktivnost pri tistih vodah, ki so bolj osiromašene s težjim kisikovim izotopom. Tudi v tem primeru jasno izstopa skupina pliocenskih vod, pri katerih so bile zabeležene visoke konduktivnosti med 1000 in $2000 \mu S/cm$.



Slika 3: Razmerje med izotopsko sestavo kisika in konduktivnostjo vode

Figure 3: Relation between oxygen isotope composition and water conductivity

Druga skupina vod, kjer prevladujejo vode triadnega vodonosnika, ima opazno nižjo stopnjo mineralizacije, saj se povprečna konduktivnost giblje okoli $500 \mu S/cm$. V tretji skupini je stopnja mineralizacije še nekoliko nižja, saj se giblje konduktivnost vode v območju pod $500 \mu S/cm$.

Na sliki 3 je opazno tudi izrazito povišanje konduktivnosti v piezometru PT-29, katerega povprečna konduktivnost presega $3000 \mu S/cm$. Domnevamo, da gre v tem primeru za stik vode z virom CO_2 , ki povzroča intenzivnejše raztapljanje karbonatov v vodi.

Zahvala

Zahvaljujemo se Premogovniku Velenje, ki je omogočil izvedbo raziskovalne naloge.

Literatura

- Brezigar, A. 1985: Premogova plast Rudnika Lignita Velenje. – *Geologija* 28/29, 319-336, Ljubljana.
- Craig, H. 1961: Isotopic variations in meteoric waters. *Science* 133, 1702-1703.
- Mali, N. & Veselič, M. 1989: Določanje izvora rudniških vod v Rudniku lignita Velenje na osnovi njihove kemične sestave. – *Rudarsko-metalurški zbornik* 36, 383-394, Ljubljana.
- Supovec, I. & Ulrich-Supovec, M. 2001: Reambulacija metodologije razvrščanja podzemnih vod na osnovi kemičnih parametrov analiziranih vzorcev. Končno poročilo raziskovalne naloge, 28 pp, IRGO Ljubljana.
- Veselič, M. & Pezdič, J. 1998: Hydrogeological aspects of lignite mine Velenje: environmental isotope study. *RMZ – Materials and Geoenvironment* 45, 192-196, Ljubljana.