

- Velić, J., Malvić, T., Cvetković, M. and Vrbanac, B. (2012): Reservoir geology, hydrocarbon reserves and production in the Croatian part of the Pannonian Basin System. *Geologia Croatica*, 65, 1, 91-101.
- Vieira, A., Maranha, J., Christodoulides, P., Alberdi-Pagola, M., Loveridge, F., Nguyen, F., Florides, G., Radioti, G., Cecinato, F., Prodan, I., Ramalho, E., Georgiev, A., Rosin-Paumier, S., Lenart, S., Erbs Poulsen, S., Popov, R., Lenart, S., Erbs Poulsen, S., Radioti, G., Javed, S., Van Lysebetten, G. and Salciarini, D. (2017): Characterisation of Ground Thermal and Thermo-Mechanical Behaviour for Shallow Geothermal Energy Applications. *Energies*, 10, no. 2044, 53 p.
- World Bank Open Data, URL: <http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=2&series=SP.URB.TOTL.IN.ZS> (Accessed 2<sup>nd</sup> November 2018)
- Yang, H., Cui, P. and Fang, Z. (2010): Vertical-borehole ground-coupled heat pumps: A review of models and systems. *Applied Energy*, 87, 1, 16-27.

## SAŽETAK

### Ispitivanje toplinskih vodljivosti materijala u plitkome podzemlju za korištenje dizalica topline u panonskome dijelu Hrvatske

Termogeološka i hidrogeološka svojstva plitkoga podzemlja u hrvatskome dijelu Panonskog bazena (PBS) istraživana su u kontekstu njegova korištenja za postavljanje sustava dizalica topline s tlom kao izvorom topline (GSHP). Provedene su detaljne determinacije bušotinskih jezgara, uzorkovanja te mjerenja toplinskih parametara za sedam bušotina s četiriju lokacija različitih geoloških obilježja. Sabrani su rezultati ukupno 418 mjerenja provedenih na 82 uzorka sedimentata i stijena te su analizirani u kontekstu postojećih zbirki vrijednosti toplinskih vodljivosti sedimentata i stijena iz Njemačke i Švicarske, koje se često koriste za dimenzioniranje bušotinskih izmjenjivača topline (BHE) i u drugim državama. Utvrđena je razlika u toplinskim vodljivostima između istovrsnih sedimentata i stijena koji potječu iz različitih geoloških sredina. Takvi rezultati upućuju na potrebu razvoja lokalnih setova podataka koji bi omogućili točnije dimenzioniranje izmjenjivača topline. U četirima su bušotinama provedena i testiranja toplinskoga odziva tla (TRT-ovi) te su njihovi rezultati uspoređeni s rezultatima dobivenim direktnim mjerenjem na uzorcima. Usporedba pokazuje da u situacijama kada postoji značajan tok podzemne vode (u krupnije zrnatim sedimentima) mjerenja na uzorcima sistemski podcjenjuju vrijednosti toplinske vodljivosti u odnosu na realno mjerilo, dok su razlike manje kod sitnije zrnatih sedimentata. Zbog toga je pri postojanju značajnoga toka podzemne vode obavezno provoditi TRT-ove, dok se u suprotnome za manje sustave može primjenjivati i analogija s objavljenim podacima o toplinskim vodljivostima. Važno je imati zbirke takvih podataka zbog slučajeva kada TRT nije ekonomski isplativ. Vrijednosti koje se navode u ovome radu mogu poslužiti kao smjernice za odgovarajuće dimenzioniranje GSHP sustava s ciljem postizanja boljih indikatora, osobito za manje sustave u Hrvatskoj te na drugim geološki usporedivim lokacijama u PBS-u.

#### Ključne riječi:

toplinska vodljivost, hidrogeološka svojstva, dizalice topline s tlom kao izvorom topline, Panonski bazen, Hrvatska

#### Authors' contribution

This manuscript was planned in the scope of thermogeological research of the projects "GeoMapping" and "Detailed engineering geological map of the Podsljeme urbanized zone". Staša Borović (PhD, Research Associate) coordinated the realisation of the manuscript and was responsible for Sections 3 and 4. Section 2 was supervised by Ivica Pavičić (PhD, Research Assistant), Sections 1 and 5 by Kosta Urumović (PhD, Research Associate) and Josip Terzić (PhD, Research Advisor). The authors formed a collaboration group which has worked closely together in all production stages. All authors provided fieldwork, technical, theoretical and practical support and reviewed and approved the final version of the manuscript.