

HODNOTENIE KVANTITATÍVNYCH A KVALITATÍVNYCH UKAZOVATEĽOV PODZEMNEJ VODY Z POHĽADU ICH VYUŽITEĽNOSTI AKO PRIMÁRNEHO ZDROJA ENERGIE PRE TEPELNÉ ČERPADLO

Lubomíra Gabániová¹⁾, Štefan Kuzevič¹⁾, Dušan Kudelas¹⁾

¹⁾Ústav zemských zdrojov, Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií, Technická univerzita v Košiciach

Letná 9, blok A, 2.posch., 042 00 Košice, Slovensko, mail: lubomira.gabaniova@tuke.sk, stefan.kuzevic@tuke.sk, dusan.kudelas@tuke.sk

Abstrakt: *Ústredným zámerom tohto príspevku bolo na základe poznatkov o kvalite a kvantite podzemných vôd na území Slovenskej republiky stanoviť vhodné umiestnenie vybraných tepelných čerpadiel typu voda/voda. Na to bolo potrebné zistiť technické parametre zvolených zariadení, ich požiadavky na akosť a množstvo primárneho zdroja tepla, teda podzemnej vody, a hydrogeologické pomery Slovenska.*

Key words: *tepelné čerpadlo, kvalita podzemných vôd, kvantita podzemných vôd, hydrogeologické pomery*

1 ÚVOD

Slovenská republika patrí medzi krajiny s najbohatšími zásobami vody na svojom teritóriu, či už na povrchu, alebo pod povrchom. Veľký podiel má na tom nielen geologická stavba Slovenska, ale aj jeho geografická poloha v strednej Európe s pomerne rovnomerným rozdelením zrážok počas roka. Tieto vody majú rôzne využitie, hlavným je samozrejme dodávka pitnej vody pre obyvateľov, ďalej v priemysle, poľnohospodárstve, zdravotníctve a pod. V rámci snáh Európskej únie o udržateľný rozvoj sa v posledných rokoch výrazne rozvíja odvetvie priemyslu so zameraním sa na obnoviteľné zdroje energie s čo najjednoduchším použitím v bežných domácnostiach. K nim určite môžeme zaradiť aj tepelné čerpadlá (ďalej len TČ). Čo sa týka efektívneho využívania vôd, tak veľmi dobrým príkladom je TČ typu voda/voda, vzhľadom na jeho vysokú účinnosť pri optimálnych kvalitatívnych a kvantitatívnych podmienkach využívanej podzemnej vody. .

2 HYDROGEOLOGICKÉ POMERY SLOVENSKA

Slovenské vodné hospodárstvo sa výrazne zameriava na podzemné vody, čo vzhľadom na fakt, že z celkovej rozlohy slovenského štátu 49 035 km² zaberajú hydrogeologické rajóny plochu cca 43 420,4 km² (88,5 %), je opodstatnené. [1] [2] Množstvo podzemných vôd je ale nerovnomerne rozdelené na území Slovenska, zatiaľ čo v Bratislavskom a Trnavskom kraji sú zaznamenané hojné zásoby (46 %), v Prešovskom a Nitrianskom kraji je toto množstvo výrazne nižšie. [3] Jednotlivé územia, ktoré majú rovnaké alebo podobné režimy podzemných vôd (hydrogeologické podmienky) a sú vymedzené geologickou hranicou, resp. rozvodnicou podzemných vôd, nazývame hydrogeologické celky. Na Slovensku ich rozdelíme na [4] :

- hydrogeologický celok jadrových pohorí, kryštalinika Veporských vrchov a Slovenského rudohoria,
- hydrogeologický celok hornín mezozoika,
- hydrogeologický celok bradlového pásma,
- hydrogeologický celok paleogénnych sedimentov flyšového pásma,
- hydrogeologický celok sedimentárneho neogénu,
- hydrogeologický celok neovulkanitov,
- hydrogeologický celok kvartérnych sedimentov.

Okrem hydrogeologických celkov sa územie Slovenska člení aj na hydrogeologické rajóny, ktoré slúžia ako základné hodnotiace jednotky vodohospodárskej bilancie podzemných vôd. V súčasnosti ich je 141 a ich rozmiestnenie zobrazuje Obrázok 1 . [2]



Obrázok 1 Hydrogeologické rajóny v Slovenskej republike a ich priepustnosť (spracované podľa [2] a [5])

3 TECHNOLOGICKÉ PARAMETRE VYBRANÝCH TEPELNÝCH ČERPADIEL TYPU VODA/VODA SOM ZAMERANÍM SANA ICH POŽIADAVKY NA KVALITU A KVANTITU PODZEMNEJ

Tepelné čerpadlá typu voda/voda, ktorých primárnym zdrojom tepelnej energie je podzemná voda, sú zvyčajne realizované otvoreným systémom dvoch studní. Na vodu čerpanú zo sacej (ťažnej) studne sú kladené kvalitatívne a kvantitatívne požiadavky. [6] Z hľadiska kvality podzemnej vody, teda jej čistoty a chemického zloženia, sú základné sledované ukazovatele u väčšiny TČ rovnaké, a to z toho dôvodu, že akosť vody ovplyvňuje len tie časti primárneho okruhu TČ, ktoré sú s ňou v priamom kontakte, teda potrubné vedenie a výparník (doskový výmenník tepla). [7] Čistotu využívanej vody a elimináciu pevných častíc je možné zabezpečiť inštaláciou filtra a jeho pravidelným čistením, čím sa predíde zaneseniu výparníka a zhoršeniu prenosu tepla, teda aj zníženiu efektívnosti tepelného čerpadla. [8]

Medzi kvalitatívne ukazovatele chemického zloženia vody patrí [7][8][9] :

- pH – ak je nízka voda je agresívna a schopná rozpúšťať niektoré kovy,
- tvrdosť – zhodnotenie množstva Ca a Mg,

- agresívny CO₂ – forma voľného CO₂ schopná naleptávať povrchy, zvyšuje agresivitu vody,
- elektrická vodivosť – vyjadrenie miery obsahu solí vo vode, napr. chloridov a síranov,
- hodnoty Fe a Mn – ich zvýšená prítomnosť vo vode môže spôsobiť koróziu spomínaných častí zariadenia.

Konkrétne požiadavky jednotlivých vybraných TČ od rôznych výrobcov, resp. distribútorov, na kvalitu podzemnej vody sa zvyknú uvádzať v inštalčných príručkach zariadenia (pozri **Tabuľka 1**).

Tabuľka 1 Odolnosť výparníkov u TČ firmy BUDERUS voči látkam v podzemnej vode (spracované podľa [7])

| Obsah | Rozsah koncentrácií | Meď | Ušľachtilá oceľ (pre viac ako 13°C) | Obsah | Rozsah koncentrácií | Meď | Ušľachtilá oceľ (pre viac ako 13°C) |
|--------------------|---|-------------|-------------------------------------|--|-----------------------|-------------|-------------------------------------|
| usadeniny (organ.) | | - | - | kyslík | <2 >2 | ☆ - | ☆ ☆ |
| čpavok | <2 2 – 20 >20 | ☆ - ★ | ☆ ☆ - | sírovodík | <0,05 >0,05 | ☆ ★ | ☆ - |
| chlorid | <300 >300 | ☆ - | ☆ - | HCO ₃ ⁻ / SO ₄ ²⁻ | <1 >1 | - ☆ | - ☆ |
| elektr. vodivosť | <10 μS/cm 10-500 μS/cm >500 μS/cm | - ☆ ★ | - ☆ - | HCO ₃ - kyslý uhličitan | <70 70-300 >300 | - ☆ - | ☆ ☆ - |
| železo | <0,2 >0,2 | ☆ - | ☆ - | hliník | <0,2 >0,2 | ☆ - | ☆ ☆ |
| kysel. uhličitá | <5 5-20 >20 | ☆ - ★ | ☆ ☆ - | sulfáty | <70 70-300 >300 | ☆ - ★ | ☆ ☆ - |
| mangán | <0,1 >0,1 | ☆ - | ☆ - | sulfit | <1 | ☆ | ☆ |
| dusičnany | <100 >100 | ☆ - | ☆ ☆ | plyn. chlór | <1 1-5 >5 | ☆ - ★ | ☆ ☆ - |
| pH | <7,5 7,5-9 >9 | - ☆ - | - ☆ ☆ | | | | |

★ neodporúča sa používať

☆ dobre odolné

- hrozí korózia, hlavne ak je pri viacerých parametroch toto označenie

Čo sa týka kvantitatívnych podmienok, každé TČ má definovaný vlastný odporúčaný prietok ako v primárnom, tak aj v sekundárnom okruhu, a tieto údaje sú súčasťou technických parametrov (pozri **Tabuľka 2**). Prietok spolu s teplotou vody v primárnej časti TČ musia byť pravidelne sledované, pretože v prípade obmedzenia či prerušenia prietoku sa znižuje účinnosť TČ, prípadne sa TČ úplne vypne, a pri nízkej teplote zdroja tepla môže voda vo výparníku zamrznúť. Negatívnymi dôsledkami môže byť poškodenie výparníka až havária TČ, pri ktorej unikne pracovné médium. Preto sa v tomto úseku zvyknú inštalovať detektory prietoku, resp. prietokomery, ktoré v prípade nedostatočného množstva pretekajúcej vody vypnú kompresor a zastavia chod TČ. Aby sa predišlo podobným komplikáciám, tak sa pred samotnou inštaláciou TČ typu voda/voda vykonáva čerpacia skúška, ktorou sa určí výdatnosť zdroja podzemnej vody (studne). Ani úspech tejto skúšky však nezaručuje stály prietok na dlhšie časové obdobie. [6]

Tabuľka 2 Vybrané TČ usporiadané podľa odporúčaného prietoku

| Typ TČ | COP | Minimálny prietok [m ³ .h ⁻¹] | Typ TČ | COP | Minimálny prietok [m ³ .h ⁻¹] |
|----------------------------------|-------------|--|-------------------|---------|--|
| NIBE 5 kW | 4,09 | 0,65 | G-TERM 5017.3 Ai | 5,59 | 3,6 |
| NIBE 6 kW | 4,17 | 0,72 | G-TERM 5021.3 Ai | 5,61 | 4,4 |
| NIBE 8 kW | 4,46 | 1,08 | BUDERUS WPW210 I | 5,5 | 5 |
| G-TERM 5006.3 | 5,08 | 1,1 | G-TERM 5024.3 Ai | 5,71 | 5,1 |
| G-TERM 5007.3 | 5 | 1,5 | G-TERM 5027.3 Ai | 5,7 | 5,8 |
| NIBE 12 kW | 4,3 | 1,55 | BUDERUS WPW270 I | 5,1 | 7 |
| G-TERM 5008.3 Ai | 5,07 | 1,6 | G-TERM 5062.3 | 5,13 | 7,2 |
| G-TERM 5009.3 | 5,3 | 1,9 | G-TERM 5072.3 | 5,17 | 8,3 |
| BUDERUS WPW90 I G-TERM 5011.3 | 5,1 4,83 | 2 | BUDERUS WPW440 IP | 5,9/5,7 | 9,5 |
| G-TERM 5010.3 Ai | 5,29 | 2,1 | G-TERM 5089.3 | 5,17 | 10,3 |
| G-TERM 5014.3 Ai | 5,25 | 2,9 | G-TERM 5109.3 | 5,15 | 12,6 |
| BUDERUS WPW140 I | 5,2 | 3,3 | BUDERUS WPW920 IP | 5,9/5,4 | 20 |

4 METODIKA

V predchádzajúcej časti sme mali zadefinované požiadavky, resp. limity najdôležitejších kvantitatívnych aj kvalitatívnych ukazovateľov, ktorým je venovaná pozornosť v prípade, že uvažujeme nad TČ s otvoreným systémom voda/voda, ktorého primárnym zdrojom tepelnej energie je podzemná voda. Dodržanie odporúčaných hodnôt týchto ukazovateľov by malo zabezpečiť nielen efektívny chod TČ, ale aj dlhšiu životnosť zariadenia. Následne sme analyzovali tieto ukazovatele v podzemných vodách na území Slovenskej republiky pomocou mapovej aplikácie Atlas podzemných vôd, ktorú vytvoril ŠGÚDŠ v roku 2011. Výstupom tejto analýzy sú následné informácie, ktoré boli spracované aj softvérom Arcgis, čím sme získali nižšie uvedené mapové výstupy. Je dobre pripomenúť si, že na hodnoty našich sledovaných ukazovateľov má významný vplyv geologické zloženie horninového prostredia v ktorom sa podzemná voda nachádza, avšak objasňovanie prečo je v ktorom rajóne zistená daná hodnota neprislúcha obsahu tohto článku.

Postup práce, ktorý sme si zvolili, je možné zhrnúť do týchto krokov :

1. Zistili sme, ktoré ukazovatele sa primárne sledujú u podzemných vôd využívaných TČ – teplota, prietok, chemické zloženie (konkrétne prvky ako železo, mangán, ale aj pH, či tvrdosť vody).
2. Vybrali sme si 25 konkrétnych tepelných čerpadiel od 3 výrobcov – Buderus, Nibe a G-Term Slovensko. Jednotlivé čerpadlá patria do rôznych výkonových kategórií, majú rozdielne výkonové čísla a prevažne aj odporúčané prietoky sú rozdielne. Na základe dostupných informácií predpokladáme, že akostné požiadavky TČ na vodu sú však rovnaké.
3. Následne sme v mapovej aplikácii, ktorá je voľne dostupná na stránkach ŠGÚDŠ, pre každý ukazovateľ individuálne zisťovali ich hodnoty v nami zvolených bodoch v každom hydrogeologickom rajóne. Pre získanie výsledkov čo najviac zodpovedajúcich realite sme si volili vo väčších rajónoch viac ako len 1 bod, zvyčajne 3 až 6 bodov, spriemerovali zistené hodnoty, a každému bodu sme priradili presnú polohu so zemepisnými súradnicami. Tie nám umožnili vytvoriť v programe Arcgis

mapy zobrazujúce územie Slovenska vyhovujúce, resp. nevyhovujúce našim kvalitatívnym a kvantitatívnym podmienkam.

4. Po naplnení vyššie uvedených krokov sme mohli prejsť k vyhodnoteniu našich zistení, ktoré sú uvedené v diskusii. Okrem zistenia, ktoré časti územia SR vyhovujú, resp. nevyhovujú nami vybraným TČ, sme použitím filtra počítačovej aplikácie Excel na získaných údajoch zistili aj :

- najvyššiu zistenú hodnotu ukazovateľa,
- najnižšiu zistenú hodnotu ukazovateľa,
- celkovú priemernú hodnotu ukazovateľa na celom území nášho štátu,
- najčastejšie sa vyskytujúcu hodnotu ukazovateľa na Slovensku,
- ktoré ukazovatele v jednotlivých rajónoch sú zvýšené/znížené a predstavujú teda prekážku pri použití TČ typu voda/voda.

Týmto postupom by sme mali naplniť náš hlavný cieľ a teda zistiť v ktorých hydrogeologických rajónoch je vhodné umiestniť TČ využívajúce podzemnú vodu, a v ktorých kvôli nesplňajúcim podmienkam to nie je vhodné.

5 ZHODNOTENIE

Kvantitatívny ukazovateľ podzemnej vody

Kvantitatívny ukazovateľ, ktorým sme sa v článku zaoberali a ktorý považujeme za dôležitý pre činnosť TČ, je prietok. Zistili sme :

Najvyššia zistená hodnota :

- $118,35 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

Celková priemerná hodnota :

- $6,72 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

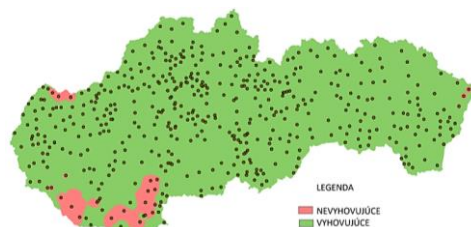
Najnižšia zistená hodnota :

- $0,12 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

Najčastejšia hodnota (modus) :

- $5,4 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

Takmer každé z nami vybratých 25 TČ má iný odporúčaný minimálny prietok. Pre ľahšie zhodnotenie uvažovali tak, že ak TČ má odporúčaný minimálny prietok $0,65 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, tak sú pre neho vhodné aj rajóny s prietokom 2, prípadne aj $8 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, pretože ho vieme pomerne jednoducho regulovať napríklad škrtiacim ventilom.



Obrázok 2 Územie vyhovujúce/nevyhovujúce požiadavkam na prietok (spracované podľa [10])

Kvalitatívne ukazovatele podzemnej vody

Vhodnosť hydrogeologických rajónov pre TČ z hľadiska kvality sme hodnotili podľa Tabuľka 1 so zameraním sa na teplotu podzemnej vody a chem. zloženie. Pri ich hodnotení sme sa zamerali na hraničné hodnoty jednotlivých prvkov, či zlúčenín, voči ktorým sú odolné nielen oceľové časti výparníka, ale aj tie z medi, čím chceme zabrániť vzniku korózie, inkrustov a celkovo znehodnoteniu výparníka.

Teplota

Najnižšou vhodnou teplotou pre TČ, ktorú sme brali pri vyhodnocovaní do úvahy, bolo 7°C. Zistili sme, že podzemné vody Slovenska vo väčšine rajónov túto podmienku spĺňajú, a dokonca na niektorých miestach sú dosiahnuté aj výrazne vyššie teploty.

Najvyššia zistená hodnota :

- 15,2 °C

Celková priemerná hodnota :

- 4,8 °C

Najnižšia zistená hodnota :

- 10,6 °C

Najčastejšia hodnota (modus) :

- 9 °C

Železo

Hraničná hodnota pre tento prvok je 0,2 mg.l⁻¹. Ak je koncentrácia železa v podzemnej vode vyššia, zvyšuje sa aj riziko vzniku korózie. Je to jeden z hlavných ukazovateľov, ktoré sú pri vode pre TČ sledované.

Najvyššia zistená hodnota :

0,85 mg.l⁻¹

Celková priemerná hodnota :

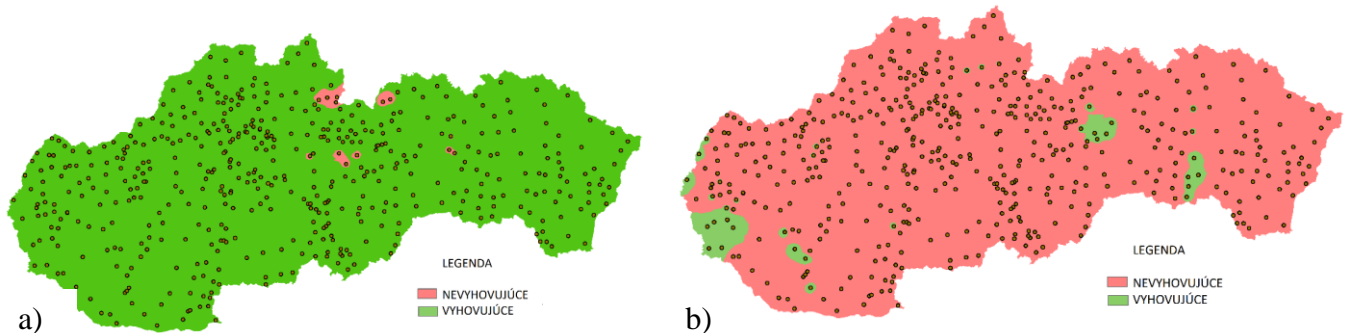
0,44 mg.l⁻¹

Najnižšia zistená hodnota :

0,01 mg.l⁻¹

Najčastejšia hodnota (modus) :

0,74 mg.l⁻¹



Obrázok 3. Územie vyhovujúce/nevhovujúce požiadavkam na a) teplotu b) železo (spracované podľa [10])

Mangán

Keďže sa mangán zvykne vyskytovať spolu so železom, je druhým sledovaným ukazovateľom chemického zloženia vody. Jeho limitujúca hodnota, ktorá by nemala byť prekročená, je $0,1 \text{ mg.l}^{-1}$.

Najvyššia zistená hodnota :

- $1,67 \text{ mg.l}^{-1}$

Celková priemerná hodnota :

- $0,30 \text{ mg.l}^{-1}$.

Najnižšia zistená hodnota :

- $0,01 \text{ mg.l}^{-1}$

Najčastejšia hodnota (modus) :

- $0,02 \text{ mg.l}^{-1}$.

Hodnota pH

Ako mnohým iným zariadeniam, tak ani TČ nevyhovuje ani príliš acidická (kyslá), ale ani príliš alkalická (zásaditá) voda. Odporúčané hodnoty sú podľa BUDERUSU 7,5 – 9. **Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj odkazov.**

Najvyššia zistená hodnota :

- 10,6

Celková priemerná hodnota :

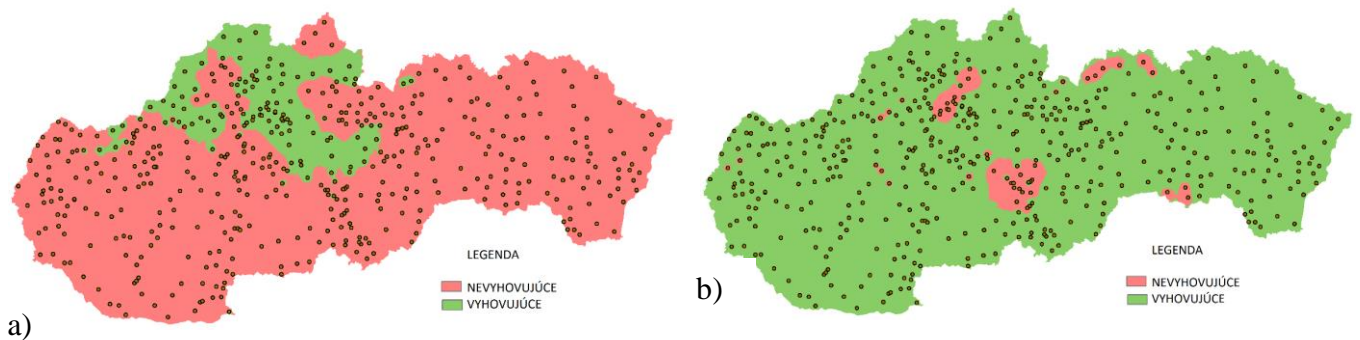
- 8,2.

Najnižšia zistená hodnota :

- 7

Najčastejšia hodnota (modus) :

- 8,8.



Obrázok 4. Územie vyhovujúce/nevyhovujúce požiadavkam na a) mangán b) pH (spracované podľa [10])

Tvrdosť vody

Príliš tvrdá voda nie je vhodná do výparníka, pretože môže dochádzať k vzniku vápencových usadenín, resp. inkrustov. Odporúča sa, aby voda dosahovala maximálne $4,5 \text{ mmol.l}^{-1}$.

Najvyššia zistená hodnota :

- $13,23 \text{ mmol.l}^{-1}$

Celková priemerná hodnota :

- $4,32 \text{ mmol.l}^{-1}$.

Najnižšia zistená hodnota :

- $0,30 \text{ mmol.l}^{-1}$

Najčastejšia hodnota (modus) :

- $10,71 \text{ mmol.l}^{-1}$.

Hydrogénuhličitaný

Aby sa predišlo vzniku inkrustov vo výparníku a zdrojová voda nebola príliš tvrdá, mala by sa koncentrácia hydrogénuhličitanov pohybovať v rozmedzí 70 – 300 mg.l⁻¹. Iba približne 1/3 rajónov vyhovuje tejto požiadavke, väčšinou je tento obsah nižší ako 70. Len v 6 rajónoch je množstvo HCO₃⁻ väčšie ako 300 mg.l⁻¹.

Najvyššia zistená hodnota :

- 452,55 mg.l⁻¹

Celková priemerná hodnota :

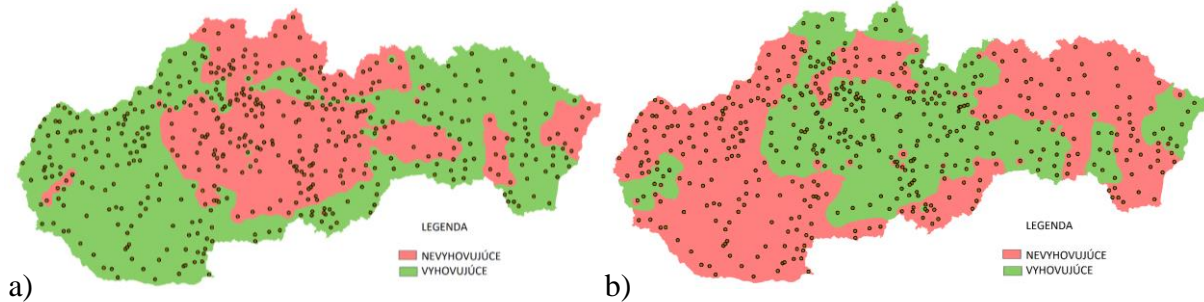
- 84 mg.l⁻¹.

Najnižšia zistená hodnota :

- 11,77 mg.l⁻¹

Najčastejšia hodnota (modus) :

- 19,32 mg.l⁻¹.



Obrázok 5. Územie vyhovujúce/nevyhovujúce požiadavkam na a) tvrdosť b) HCO₃ (spracované podľa [10])

Sírany

Pri síranoch sa neodporúča aby ich koncentrácia presiahla 70 mg.l⁻¹. Vyššie množstvo môže indikovať, že podzemná voda je znečistená.

Najvyššia zistená hodnota :

- 174,39 mg.l⁻¹

Celková priemerná hodnota :

- 38,91 mg.l⁻¹.

Najnižšia zistená hodnota :

- 2,83 mg.l⁻¹

Najčastejšia hodnota (modus) :

- 62,17 mg.l⁻¹.

Agresívny CO₂

Aby podzemná voda pritekajúca do výparníka nebola príliš agresívna, mala by koncentrácia agresívneho CO₂ byť nižšia ako 25 mg.l⁻¹. Voda s vyšším obsahom sa podľa **Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj odkazov.** už považuje za agresívnu.

Najvyššia zistená hodnota :

- 53,66 mg.l⁻¹

Celková priemerná hodnota :

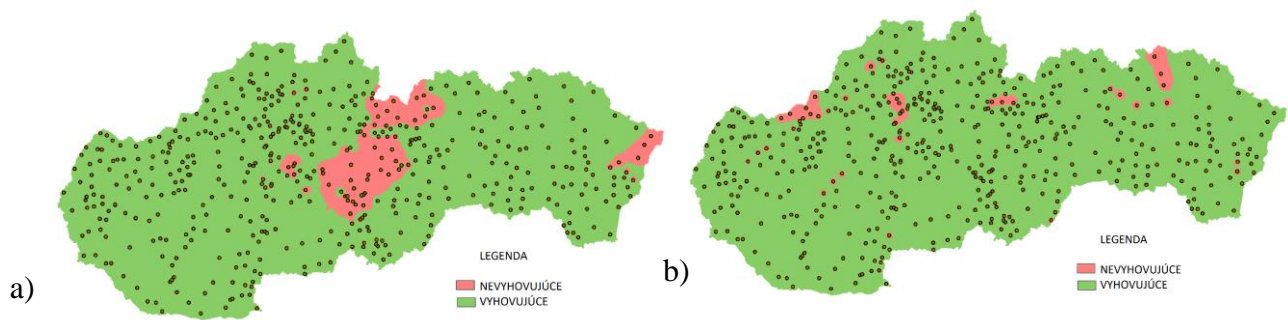
- 14,29 mg.l⁻¹.

Najnižšia zistená hodnota :

- 0,32 mg.l⁻¹

Najčastejšia hodnota (modus) :

- 27,32 mg.l⁻¹.



Obrázok 6. Územie vyhovujúce/nehovujúce požiadavkam na a) SO_4 b) agresívny CO_2 (spracované podľa [10])

Elektrická vodivosť

Elektrická vodivosť (označovaná aj ako EC) ako už bolo spomenuté je podobne ako sírany dobrým indikátorom znečistenia vody. Jej odporúčané hodnoty pri výparníku sú 10-500 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

Najvyššia zistená hodnota :

- 1888,3 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$

Celková priemerná hodnota :

- 630,13 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

Najnižšia zistená hodnota :

- 86,2 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$

Najčastejšia hodnota (modus) :

- 657,89 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

Chloridy

Koncentrácia chloridov v podzemnej vode, ktorú využíva TČ, má byť nižšia ako 300 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$

Najvyššia zistená hodnota :

- 90,51 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$

Celková priemerná hodnota :

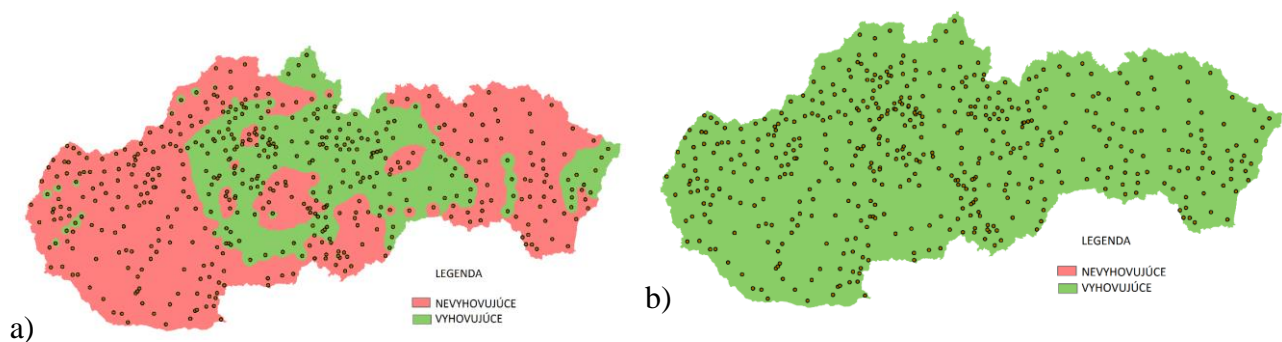
- 25,89 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$.

Najnižšia zistená hodnota :

- 2,00 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$

Najčastejšia hodnota (modus) :

- 3,42 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$.



Obrázok 7. Územie vyhovujúce/nehovujúce požiadavkam na a) elektrickú vodivosť b) Cl (spracované podľa [10])

Dusičnany

Podľa Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj odkazov. by množstvo dusičnanov vo vode, ktorá je zdrojom tepla pre TČ, malo byť menšie ako 100 mg.l^{-1} .

Najvyššia zistená hodnota :

- $27,96 \text{ mg.l}^{-1}$

Celková priemerná hodnota :

- $10,00 \text{ mg.l}^{-1}$

Najnižšia zistená hodnota :

- $0,68 \text{ mg.l}^{-1}$

Najčastejšia hodnota (modus) :

- $19,32 \text{ mg.l}^{-1}$

Hliník

Koncentrácia hliníka v podzemnej vode, rovnako ako pri železe, by nemala presahovať $0,2 \text{ mg.l}^{-1}$.

Najvyššia zistená hodnota :

- $0,428 \text{ mg.l}^{-1}$

Celková priemerná hodnota :

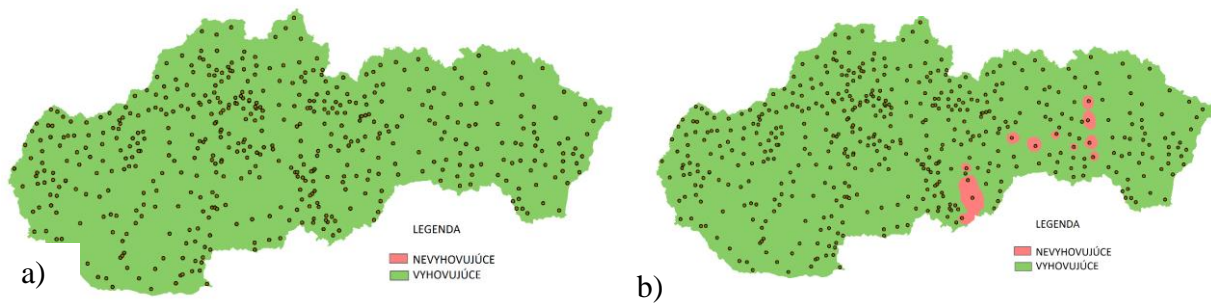
- $0,07 \text{ mg.l}^{-1}$

Najnižšia zistená hodnota :

- $0,008 \text{ mg.l}^{-1}$

Najčastejšia hodnota (modus) :

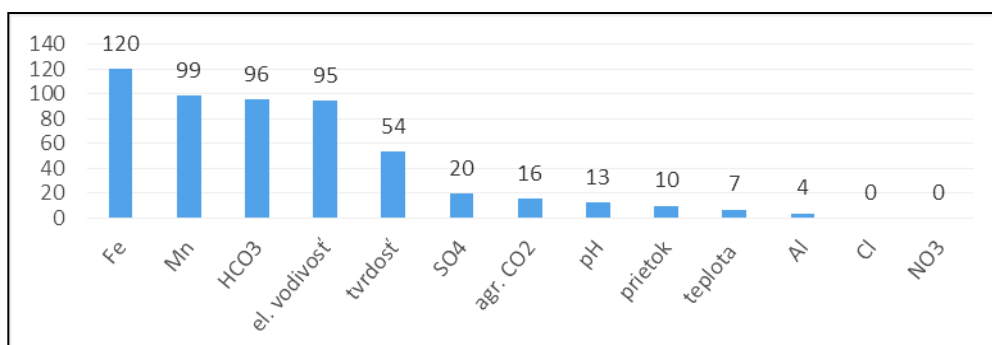
- $0,008 \text{ mg.l}^{-1}$



Obrázok 8. Územie vyhovujúce/nevyhovujúce požiadavkam na a) NO_3 b) Al (spracované podľa [10])

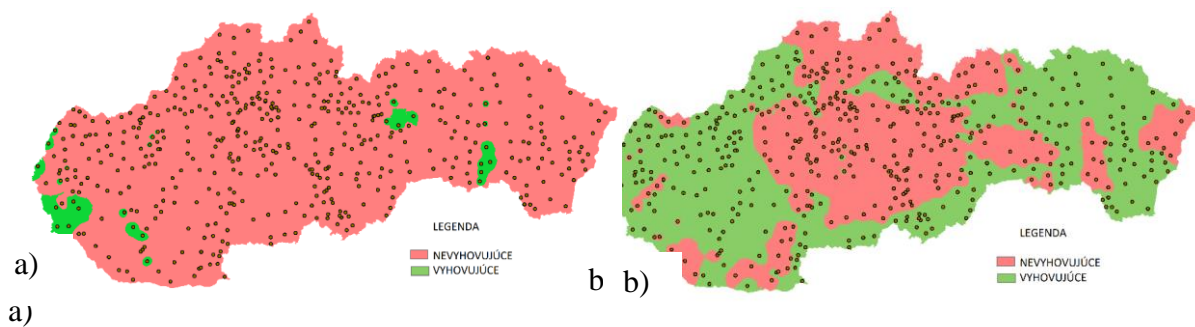
Graf č. 1 (pozri nižšie) zobrazuje koľko rájónov má vyššie, resp. nižšie hodnoty jednotlivých nami sledovaných ukazovateľov, než odporúčajú výrobcovia, distribútori, predavači, či inštalatéri tepelných čerpadiel, a teda nespĺňajú požiadavky TČ na kvalitu a/alebo kvantitu využívanej podzemnej vody.

Graf č. 1 Počet hydrogeologických rájónov nespĺňajúcich jednotlivé zisťované ukazovatele



Z grafu vyplýva, že 120 hydrogeologických rajónov na Slovensku má vyššie hodnoty železa, než je odporúčaných $0,2 \text{ mg.l}^{-1}$, 99 rajónov má koncentrácie mangánu vyššie než $0,1 \text{ mg.l}^{-1}$, 96 rajónov má nižší, prípadne vyšší obsah hydrogénuhličitanov ako je odporúčaný interval $70\text{-}300 \text{ mg.l}^{-1}$, a 95 rajónov má elektrickú vodivosť vyššiu ako $500 \text{ }\mu\text{S.cm}^{-1}$. Zvýšenú tvrdosť sme zistili u 54 rajónoch. Prekročenie týchto ukazovateľov výrazne zvyšuje riziko korózie výparníka TČ.

Čo sa týka prietoku, tak u desiatich rajónov sme zistili, že by bol nedostatočný pre každé nami vybrané tepelné čerpadlo, teda výdatnosť studní, resp. vrtov v daných oblastiach je nižšia ako $0,65 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$. To by výrazne negatívne ovplyvnilo prevádzku a efektivitu TČ. Nižšia teplota ako 7°C bola zistená len v 7 rajónoch, čo znamená, že s týmto ukazovateľom by na našom území nemal byť výrazný problém pre inštaláciu TČ.



Obrázok 9. Územie vyhovujúce/nehovujúce požiadavkam na a) t,p,Fe,pH,tvrd
b) t,p,pH,tvrd
(spracované podľa [10])

ZÁVER

Na záver môžeme skonštatovať, že podzemné vody Slovenska z hľadiska teploty sú veľmi vhodné pre využitie tepelnými čerpadlami, pretože ich hodnoty sa často pohybujú v intervale 7 až 15°C . Z hľadiska kvantity, resp. prietoku, podstatne záleží na konkrétnom mieste, kde by sa tepelné čerpadlo inštalovalo, aj keď na väčšine územia by mal byť prietok dostatočný, minimálne pre zariadenia s nižším výkonom. Z hľadiska kvality väčšina podzemných vôd na našom území nie je vhodná na priame využitie tepelnými čerpadlami, vzhľadom na vysokú pravdepodobnosť vzniku korózie v primárnej časti okruhu zariadenia, ale po úprave (zmäkčení) využívanej vody, prípadne prečistení vody od väčšiny rozpustených látok, je ich využitie veľmi vhodné, efektívne a prijateľné pre životné prostredie

LITERATÚRA

- [1] HANZEL, V. – VRANA, K. – KULLMAN, E. a kol. : Západné Karpaty, sér. hydrogeológia a inž. geol.: Groundwater resources in Slovakia (Czechoslovakia). 1.vyd. Bratislava : Veda, 1989. 216 s. CS ISSN 0139-7583.
- [2] SHMÚ : Vodohospodárska bilancia SR : Vodohospodárska bilancia množstva podzemnej vody za rok 2015. [online]. Bratislava : SHMÚ, 2016. [cit. 2017-03-22].
Dostupné na internete :
<http://www.shmu.sk/File/Hydrologia/Vodohospodarska_bilancia/VHB_kvantita_PzV/VHB_KnPzV_2015_text.pdf>.
- [3] KOREŇOVÁ, Ľ. : Voda ako zložka životného prostredia v Slovenskej republike k roku 2010: Indikátorová správa. [online]. Banská Bystrica : SAŽP, 2011. [cit. 2017-03-23].
Dostupné na internete : < <https://www.enviroportal.sk/uploads/spravy/voda-zlozky-2011.pdf>>.
- [4] TOMETZ, L. : Hydrogeológia a balneológia. 1.vyd. Košice : TUKE, 2003. 57 s. ISBN 80-7099-962-4
- [5] ENVIROPORTÁL : Atlas krajiny SR : Hlavné hydrogeologické regióny. [online]. [použité 2017-03-23]. Dostupné na internete : < <http://geo.enviroportal.sk/atlassr/>>.
- [6] ŽERAVÍK, A. : Stavíme tepelné čerpadlo : návratnosť i za jeden rok. 1. vyd. Prešov : EURO-PRINT, 2003. 312 s. ISBN 80-239-0275-X.
- [7] SZCHKT: Certifikácia inštalátorov tepelných čerpadiel v rámci EÚ.CERT.HP. Rovinka : SZCHKT, 2006. 230 s. manuscript.
- [8] BUDERUS : Podklady pre projektovanie a inštaláciu tepelných čerpadiel. [online]. Bratislava : BUDERUS, 2007. [cit. 2017-04-01]. Dostupné na internete : <http://www.buderus.sk/obrazky/dokument/proj_podklady/Tep_cerpadla/Tepelne_cerpadla_pp.pdf>.
- [9] NIBE : Kvalita vody. [online]. Benátky nad Jizerou : NIBE. [cit. 2017-04-01]. Dostupné na internete : < <http://www.nibe.sk/technologie/kvalita-vody>>.
- [10] RAPANT, S. - VRANA, K. - BODIŠ, D. a kol.: Atlas podzemných vôd [online]. Bratislava: Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, 2011. [cit. 2017-04-12]. Dostupné na internete: <<http://mapserver.geology.sk/atlaspv>>.