

# VODA

## strategická surovina budúcnosti

18.-22. 3. 2019

Geovedná expozícia FBERG

Košice



### Zborník príspevkov

VODA  
strategická surovina budúcnosti  
Zborník príspevkov

18.-22. 3. 2019  
Geovedná expozícia FBERG  
Košice

Editori:  
Tomáš Bakalár  
Michaela Očenášová  
Henrieta Pavolová

## *Obsah*

Úvodné slovo .....	7
<b>Tomáš BAKALÁR, Henrieta PAVOLOVÁ, Petra PUŠKÁROVÁ, Ľubica KOZÁKOVÁ:</b>	
Removal of manganese from water using natural zeolite .....	9
<b>Katarína BEŇOVÁ, Michaela ŠPALKOVÁ:</b>	
Kontaminácia vôd rádionuklidmi .....	17
<b>Katarína BEŇOVÁ, Michaela ŠPALKOVÁ:</b>	
Vzájomné pôsobenie vybraných ťažkých kovov a azoxystrobinu vo vode .....	19
<b>Marcela BINDZÁROVÁ GERGEEVÁ, Žofia KUZEVIČOVÁ, Štefan KUZEVIČ, Michaela OČENÁŠOVÁ:</b>	
Vybrané hľadiska spracovania priestorových údajov .....	23
<b>Katarína ČULKOVÁ, Eva MANOVÁ, Eva MIHALIKOVÁ:</b>	
Return on investments to a small hydropower plant construction .....	27
<b>Jaroslav DUGAS ml., Andrea SEŇOVÁ, Henrieta PAVOLOVÁ, Tomáš BAKALÁR, Ľubica KOZÁKOVÁ:</b>	
Zefektívnenie protipovodňových opatrení a činností počas povodňovej aktivity .....	31
<b>Rudolf HROMADA, Igor MIŇO:</b>	
Zmeny chemických a mikrobiologických ukazovateľov vôd počas ich využitia v technologickom procese v hutníckom priemysle .....	39
<b>Igor MIŇO, Rudolf HROMADA, Peter KORIM:</b>	
Environmentálne záťaž a ich vplyv na kvalitu vodných zdrojov .....	43
<b>Igor MIŇO, Naďa SASÁKOVÁ:</b>	
Kvalita pitnej vody používanej v potravinárskom priemysle .....	47
<b>Ján PINKA:</b>	
Využitie podzemných vôd pre tepelné čerpadlá .....	49
<b>Naďa SASÁKOVÁ, Táňa HRUŠKOVÁ, Igor MIŇO, Eva HOLOTOVÁ:</b>	
Hygienické zabezpečenie pitnej vody na farme .....	59
<b>Naďa SASÁKOVÁ, Ingrid PAPAJOVÁ, Tatiana SZABÓOVÁ, Gabriela GREGOVÁ, Igor MIŇO:</b>	
The influence of the environment and movement of people on the quality of bottled drinking water .....	63

<b>Tatiana SZABÓOVÁ, Gabriela GREGOVÁ, Ján VENGLOVSKÝ, Naďa SASÁKOVÁ, Ingrid MINDŽÁKOVÁ:</b> Prehľad antibiotikorezistencie v odpadovej vode .....	67
<b>Katarína TEPLICKÁ:</b> Ekonomické aspekty využívania vodných zdrojov v ťažobnej spoločnosti .....	69
<b>Dana TOMETZOVÁ:</b> Chloridovo-sodné minerálne pramene na Slovensku a ich využitie pre rozvoj turizmu .	75

### *Posterová sekcia*

<b>Tomáš BAKALÁR, Henrieta PAVOLOVÁ, Ľubica KOZÁKOVÁ, Petra PUŠKÁROVÁ, Martina VASILKOVÁ KMECOVÁ:</b> Mining water treatment by combined membrane processes .....	<a href="#">22</a>
<b>Marcela BINDZÁROVÁ GERGEEOVÁ, Žofia KUZEVIČOVÁ, Štefan KUZEVIČ, Juraj GAŠINEC, Slavomír LABANT, Marcela TAUŠOVÁ:</b> VEGA 1/0754/18 Hodnotenie geometrických a topologických vlastností objektov sídelnej zástavby pre podporu budovania inteligentných .....	<a href="#">38</a>
<b>Marcela BINDZÁROVÁ GERGEEOVÁ, Žofia KUZEVIČOVÁ, Štefan KUZEVIČ:</b> 3D data ako súčasť rozhodovacích procesov .....	<a href="#">46</a>
<b>Henrieta PAVOLOVÁ, Tomáš BAKALÁR, Ľubica KOZÁKOVÁ, Alexander TOKARČÍK:</b> Vývoj disparít v hospodárení s vodou v SR .....	<a href="#">58</a>
<b>Dana TOMETZOVÁ:</b> Železnaté vody na Slovensku a ich využitie pre turizmus .....	<a href="#">66</a>

## Využitie podzemných vôd pre tepelné čerpadlá

Ján PINKA<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Ústav zemských zdrojov, Fakulta BERG, Technická univerzita v Košiciach, Park Komenského 19,  
042 00 Košice, Slovenská republika  
\*jan.pinka@tuke.sk

### Abstract

*The article deals with the use of groundwater for heat pumps from an economic and environmental point of view and raises problems to improve their utilization from a quantitative point of view. The primary energy savings of fossil fuels (given by chemical energy - the heat of solid, gaseous or liquid natural fuel sources) are quantitatively proportional to CO<sub>2</sub> savings, and heat pumps are therefore, in terms of global warming, compared to conventional heat production with more environmentally friendly technology proportionally achieved by quantitative saving primary energy.*

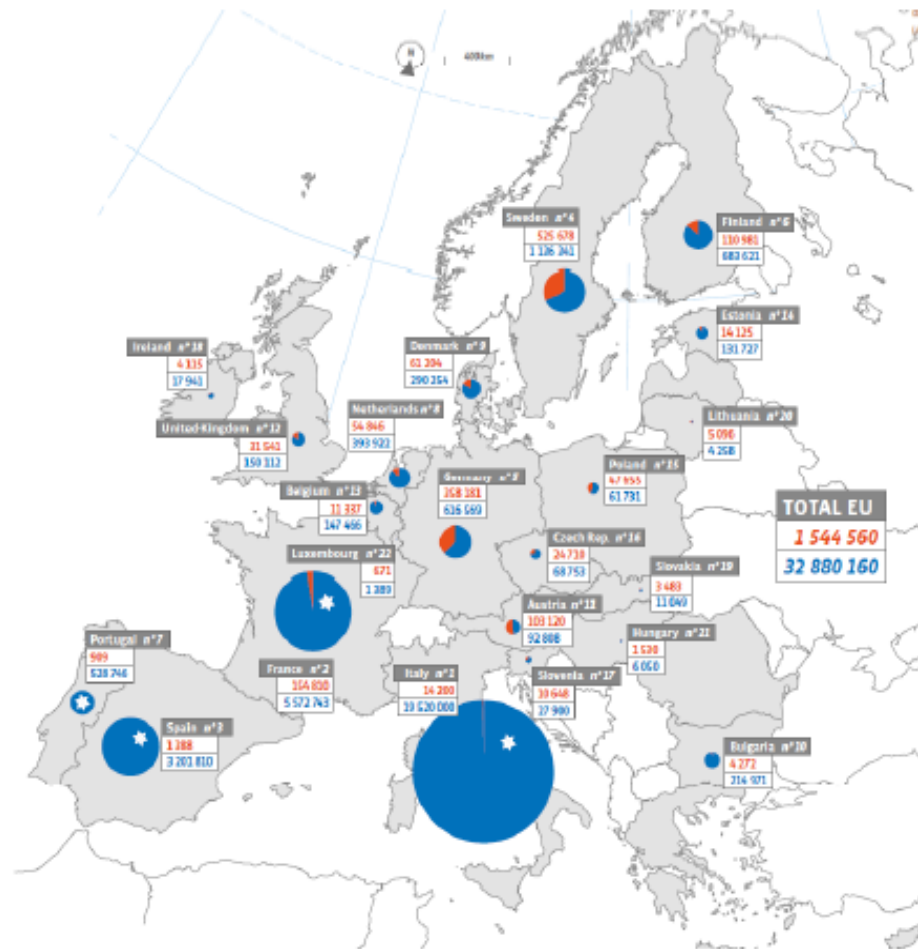
**Keywords:** groundwater, heat pumps, liquid natural fuel

### Úvod

Tepelné čerpadlá sú alternatívne zariadenia pre výrobu tepelnej energie v porovnaní s jej klasickou výrobou pomocou spaľovania fosilných palív. Princíp ich funkcie je založený na termodynamickom obehu strojného chladiaceho zariadenia. Tepelné čerpadlá môžu za určitých podmienok dosiahnuť v porovnaní s klasickou konvenčnou výrobou tepelnej energie výrazné úspory primárnej energie - teda tepelnej energie obsiahnutej v chemickej forme vo fosilných palivách a môžu byť najefektívnejšou formou zabezpečovania ohrievacích ale aj chladiacich procesov v priemysle aj v komunálnej sfére. Úspory primárnej energie fosilných palív (dané chemickou energiou - výhrevnosťou pevných, plyných alebo kvapalných prírodných palivových zdrojov) sú kvantitatívne priamo úmerné úsporám emisií CO<sub>2</sub> a tepelné čerpadlá sú teda z hľadiska vplyvu na globálne otepľovanie planéty v porovnaní s klasickou výrobou tepla ekologickejšou technológiou úmerne dosiahnutým kvantitatívnym úsporám primárnej energie. V prípade, že primárna pohonná energia pre systémy tepelných čerpadiel nie je získavaná z chemickej energie fosilných palív, ale napríklad z jadrovej a vodnej energie, potom použitie takýchto energetických zdrojov nemá negatívny ekologický vplyv, pretože pri ich výrobe nedochádza k emisiám CO<sub>2</sub>.

### Tepelné čerpadlá vo svete a na Slovensku

Vo svete ako aj v štátoch EÚ je systém vykurovania prostredníctvom tepelných čerpadiel úplne bežný (Obr. 1). V južných krajinách Európy (Taliansko, Francúzsko a Španielsko) sa tepelné čerpadlá využívajú najviac (Milenič et al., 2010). V susednom Rakúsku ich používa každá tretia domácnosť, zatiaľ čo v severných štátoch ako sú Švédsko alebo Fínsko sa tepelné čerpadlá považuje už za štandard, čo však súvisí so štedrými finančnými úľavami od štátu. Vo Fínsku majú tepelné čerpadlá prvý rok elektrinu zadarmo a vo Švédsku dostávajú obyvatelia paušálny príspevok. Vo Francúzku dostáva každý obyvateľ pri kúpe tepelného čerpadla od štátu 50% z kúpnej ceny (Allen and Milenič, 2003). Na Slovensku je využívanie tepelných čerpadiel stále ešte iba na začiatku (Pinka et al., 2007). V súčasnosti je na Slovensku inštalovaných len niekoľko stoviek až niekoľko desiatok tisíc týchto zariadení (v roku 2017 sa využívalo 14 532 tepelných čerpadiel na Slovensku). V roku 2010 sa odhadovaný počet inštalovaných kusov pohyboval len okolo 155 tepelných čerpadiel, čo je v porovnaní s ostatnými európskymi krajinami veľmi málo (pozri tab. 1). Hlavným dôvodom takto nízkeho záujmu zo strany odberateľov energie a stále malého rozšírenia tohto zariadenia sú relatívne vysoké vstupné náklady, ktoré sú potrebné na kúpu tepelného čerpadla a vybudovanie celého vykurovacieho systému spolu s vyhlbením čerpaceho a tzv. vsakovacieho vrtu (v prípade typu voda - voda). Pri ostatných typoch sú náklady porovnateľné (Tab. 2).



Obr. 1 Počet využívania tepelných čerpadiel v niektorých krajinách Európskej únie  
Prameň: Pinka, J., 2016

Tepelné čerpadlo je cyklicky pracujúci tepelný stroj, kde celý proces prebieha v uzatvorenom okruhu a všetky deje sa periodicky opakujú. V nasledujúcom texte si opíšeme jeden cyklus. Teplonosné médium (látko, ktorú nechávame vyparovať a odoberá teplo zo zdroja; následne ju necháme skondenzovať a odovzdáva nám naakumulované teplo; jednoducho povedané ide o „prenášač“ tepla) prúdi v kvapalnom stave k zdroju tepla (podzemná voda, vzduch, veľký objem pôdy). Toto médium je v rovnováhe so svojim okolím a pri danom tlaku a teplote nemá snahu meniť svoj stav na iný. V mieste, kde chceme získať teplo, náhle znížime tlak média (väčšinou za pomoci expanzného ventilu). Pokles tlaku spôsobí, že teplota vyparovania média klesne pod teplotu zdroja energie a médium sa vyparí. Pri vyparovaní médium odoberá teplo z okolia a akumuluje ho v sebe. Následne je médium v plynnom stave aj s naakumulovanou energiou vedené k miestu, kde túto energiu chceme zúžitkovať (napríklad k akumulčnému zásobníku vody). V danom mieste teraz náhle zvýšime tlak (väčšinou pomocou kompresora). Čo sa stane? Zvýšenie tlaku spôsobí, že teplota kondenzácie média narastie nad teplotu v zásobníku vody a médium začne kondenzovať. Pri kondenzácii je teplo, ktoré sa v médiu naakumulovalo pri vyparení, odovzdávané do vody v zásobníku. Odovzdané teplo spôsobí nárast teploty okolia a jednoducho povedané, zohrejeme vodu, ktorou potom môžeme napríklad vykurovať (t.j. zohriata voda zo zásobníka je rozvádzaná napr. do podlahového kúrenia alebo sa využije pre ďalšie účely domácnosti). Po kondenzácii a odovzdaní tepla sa médium opäť dostane do východiskového stavu a tento cyklus sa znovu opakuje.

Tepelné čerpadlo je teda cyklicky pracujúci tepelný stroj, ktorým za pomoci vhodnej zmeny tlaku média vieme riadiť jeho odparovanie a kondenzáciu, čo nám umožňuje prenášať energiu z miesta s nižšou teplotou na miesto s vyššou teplotou (Pinka et al 2005).

Tab. 1 Celkový počet využívania tepelných čerpadiel (TČ) v niektorých štátoch Európskej únie v rokoch 2016 a 2017

Krajina (štát)	Celkový počet využívania tepelných čerpadiel (TČ) v niektorých štátoch Európskej únie v rokoch 2016 a 2017					
	2016			2017		
	TČ vzduch / voda	TČ zem / voda	Celkový počet TČ	TČ vzduch / voda	TČ zem / voda	Celkový počet TČ
Italy	19 045 000	14 220	19 059 220	19 520 000	14 200	19 534 200
France	5 085 653	251 770	5 237 423	5 572 743	254 870	5 727 613
Spain	2 289 432	1 393	2 290 825	3 201 810	1 388	3 203 198
Sweden	1 057 666	514 098	1 571 764	1 136 341	525 678	1 662 019
Germany	551 958	339 946	891 904	616 569	358 183	974 750
Finland	629 480	202 995	732 475	683 621	110 981	794 602
Portugal	384 080	857	384 937	328 746	909	329 655
Netherland	336 899	50 943	387 843	393 922	56 846	450 768
Denmark	272 470	60 691	333 161	290 254	61 204	351 458
Bulgaria	214 971	4 272	219 243	214 971	4 272	219 243
Austria	79 065	99 547	178 612	91 808	203 120	294 928
United-Kingdom	330 862	29 183	360 045	150 112	31 543	181 655
Belgium	91 938	9 374	101 312	147 466	11 337	158 803
Estonia	116 717	11 375	128 092	131 727	14 125	145 852
Poland	45 361	41 995	87 356	61 731	47 655	109 386
Czech Republic	54 975	23 149	78 124	68 753	24 710	93 463
Slovenia	24 900	10 050	34 950	27 900	10 648	38 548
Ireland	13 484	3 824	17 308	17 941	4 115	22 056
Slovakia	8 495	3 315	11 810	11 949	3 493	15 442
Lithuania	2 760	4 463	7 223	4 258	5 096	9 354
Hungary	5 400	1 310	6 710	6 050	1 530	7 580
Luxembourg	1 309	555	1 864	1 380	671	2 050
<b>Total EU 28</b>	<b>30 422 864</b>	<b>1 480 165</b>	<b>31 903 029</b>	<b>32 880 160</b>	<b>1 544 560</b>	<b>34 424 720</b>

Prameň: Pinka, J., 2016

Tab. 2 Rozdelenie tepelných čerpadiel

Podľa systému	vzduch / voda		zem / voda		voda / voda
	<55°C	>55°C	vertikálny	plošný	
<b>Iné rozdelenie tepelných čerpadiel</b>					
Pre vyššie teploty	EVI		2*kompr		kaskáda
Podľa prevedenia	Monoblok		split		multi split syst
Podľa typu kompresora	on/off		invertor		digitálne riadený
Podľa princípu	Parný kompresorový		Absorpčný		Iný
Podľa typu chladiva	Syntetické		Prírodné		
Podľa hnacej energie	Elektrické		Plynové		Hybridné
Podľa využitia elektriny	Smart (inteligentné riadenie využitia lacnejšej elektriny s akumuláciou)				
Akumulátor	Áno/Nie				
Podľa veľkosti	RD		Admin. budova		Priemysel

Prameň: Pinka, J., 2016

Druhým a nie menej dôležitým faktorom je aj environmentálna politika zo strany štátu, ktorý v súčasnosti nepodporuje, alebo veľmi málo dotuje zavádzanie alternatívnych zdroje energie, či už formou priameho príspevku na jeho vybudovanie, alebo rôznych daňových úľav, či iných ekonomických výhod pre potencionálnych záujemcov. Slovenská republika na podporu využívania alternatívnych zdrojov energie zaviedla projekt, ktorý poskytuje dotácie pri inštalácii kotlov na biomasu a slnečných kolektorov slúžiacich na vykurovanie a ohrev vody pre rodinné a bytové domy. Takáto dotácia však ešte nebola schválená aj v prípade inštalácie tepelných čerpadiel. O tejto téme sa už v médiách veľa napísalo, avšak so žiadnym výsledkom. Východoslovenská energetika má pre prípad využívania technológie tepelných čerpadiel stanovenú špeciálnu

cenovú tarifu s názvom EKO DOM (DD6). Mesačná platba za jedno odberné miesto je vo výške 5,1236 €. Vo vysokej tarife je spoplatnená sadzba 0,1528 €/1 kWh, a v nízkej tarife 0,1317 €/1 kWh. Nezanedbateľný podiel na tomto stave má aj nízka informovanosť laickej verejnosti o výhodách, ktoré táto technológia prináša. Obyvatelia pri hľadaní vhodného riešenia vykurovania svojich domov mnohokrát stavia na tradičné a osvedčené metódy. Najznámejší Európsky výrobcovia tepelných čerpadiel sú uvedení v tabuľke 3.

Tab. 3 Európsky výrobcovia tepelných čerpadiel

Spoločnosť	Typ (značka) tepelného čerpadla	Krajina výrobcu TČ
BDR Thermea	De Dietrich	France
	Sofath	France
	Chappée	France
	Remeha	Holandsko
	Oertli Thermique	France
	Brotje	Spolková republika Nemecko
Bosch Thermotechnology	Bosch	Spolková republika Nemecko
	Buderus	Spolková republika Nemecko
Daikin Industries	Daikin Europe	Belgicko
	Rotex	Spolková republika Nemecko
Atlantic	Atlantic	France
Nibe	Nibe Energy System	Švédsko
	CTC	Švédsko
	Technibel	France
	KNV	Itália
Vaillant Group	Vaillant	Spolková republika Nemecko
	Saunier Duval	France
Viessmann Group	Viessmann	Spolková republika Nemecko
Stiebel Eltron	Thermia	Spolková republika Nemecko
	Stiebel Eltron	Spolková republika Nemecko
Waterkotte	Waterkotte	Spolková republika Nemecko

Prameň: Pinka, J., 2016

#### Kritériá na využívanie podzemných vôd

Použitelnosť podzemnej vody je závislá na výdatnosti vrtu  $Q$ , čiže na dostupnom množstve vody zo studne, na mernej teplote vody  $c$  (merná tepelná kapacita = konštanta 4,2 KJ/kg/°C) a teplote podzemnej vody, a to na redukcii tepla cez tepelné čerpadlo  $\Delta T$ . Táto závislosť je vyjadrená rovnicou (Allen, A. and Milenič, D., (2003):

$$E = c \cdot Q \cdot \Delta T \quad [\text{kW}] \quad (1)$$

Rovnica ukazuje, že limitujúcimi faktormi z hľadiska opodstatnenia použitia podzemnej vody pre tepelné čerpadlá sú:

- teplota podzemnej vody,
- množstvo podzemnej vody,
- kvalita podzemnej vody.

#### Teplota podzemnej vody

Použitie podzemnej vody, odoberanej z prostredia na ochladzovanie v tepelných čerpadlách, je limitované kritérium rizika zamrznania, ktoré hovorí, že nie je bezpečné vody ochladzovať na nižšiu teplotu ako sú 4 °C. Na druhej strane je však daná aj maximálna teplota, a to, že teplota vody získaná z tepelných čerpadiel by nemala dosiahnuť teploty vyššie ako 40-50°C. Malo by byť stanovené, že v dnešnej dobe nie je možné dosiahnuť vyššiu teplotu ako 50 °C v jednoduchých tepelných čerpadlách, bez ohľadu na kapacitu.

Vo všeobecnosti platí, že minimálna teplota vody vhodná na využitie je 7°C. Deficit teploty je však potom možné vykryť množstvom čerpanej vody. Teplota vody po využití tepelnej energie sa výraznejšie nemení a nie je preukázaný vplyv na kvalitu vody.



**Množstvo podzemnej vody**

Využívanie tepelného čerpadla nie je limitované teplotou vody vo vrte, ale množstvom tepla, ktoré môže byť vyťažené z tejto vody. Teda, voda vo vrte s nižšou teplotou môže byť využitá, ak množstvo, teda filtračný prietok, je dostatočný. Pre potreby priemerného rodinného domu je potrebné dosiahnuť konštantnú výdatnosť  $0,5 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  počas celej životnosti tepelného čerpadla. Možnosť čerpania potrebného množstva vody je nutné overiť hydrodynamickou skúškou. Pri tejto skúške by sa malo po dobu minimálne 28 dní z vrtu nepretržite čerpať požadované množstvo podzemnej vody. Súčasne s čerpaním je nutné vykonať taktiež vsakovaciu skúšku do vhodne zriadeného vsakovacieho vrtu. V podmienkach kvartérnych (najčastejšie fluvialnych sedimentov) s nenapätou zvodňou sa odporúča realizovať vsakovací vrt, ktorý svojou hĺbkou a vystrojením odpovedá čerpaciemu vrtu. V niektorých prípadoch môže byť práve zle zostrojený vsakovací vrt zdrojom množstva problémov (Pínka et al., 2007). Pri vypúšťaní podzemnej vody späť do horninového prostredia, platí pri nenapätej zvodni, že prostredie, z ktorého bola voda odčerpaná, túto vodu po využití a ochladiení bezproblémovo prijme späť.

**Kvalita podzemnej vody**

Kvalita podzemnej vody môže byť tiež limitujúcim faktorom vzhľadom na jej schopnosť reagovať s istými prvkami a spôsobovať koróziu alebo zanášanie trubiek.

Voda by nemala obsahovať mechanické nečistoty, ako piesky či kaly, ktoré môžu zaniest' filtre a výmenníky tepelného čerpadla. Pred využívaním podzemnej vody je nutné vykonať aj laboratórne skúšky, na prítomnosť niektorých chemických prvkov.

Pri používaní podzemnej vody pre tepelné čerpadlá sa okrem množstva vody určuje aj chemická analýza pre vybrané chemické ukazovatele:

- celková mineralizácia,
- hodnota pH,
- celková tvrdosť,
- voľný chlór,
- obsah Fe rozpusteného vo vode,
- obsah Mn rozpusteného vo vode.

Ak voda limitné hodnoty uvedených parametrov nespĺňa je potrebné medzi tepelné čerpadlo a okruh s vodou zaradiť rozoberateľný výmenník, ktorý sa dá čistiť. Zhorší sa tým však účinnosť zariadenia. Upravovať vodu pred jej využitím je z ekonomického hľadiska nevhodné.

**Podmienky využívania podzemných vôd pre tepelné čerpadlá na Slovensku**

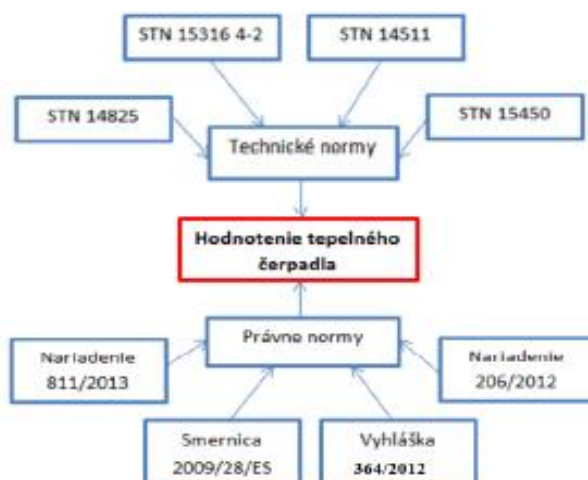
V prípade záujmu vybudovať na svojom pozemku studňu za účelom využívania podzemných vôd ako zdroja pre tepelné čerpadlá je potrebné dobre poznať legislatívnu týkajúcu sa úkonov s tým súvisiacich. Predmetné činnosti sú upravované dvoma zákonmi, a to Zákonom č. 364/2004 Z.z. o vodách a Nariadením vlády Slovenskej republiky č. 755/2004 Z.z. ktorým sa ustanovuje výška neregulovaných platieb, výška poplatkov a podrobnosti súvisiace s poplatkovaním užívania vôd.

Práva a povinnosti fyzických osôb a právnických osôb k vodám a nehnuteľnostiam, ktoré s nimi súvisia pri ich ochrane, účelnom a hospodárnom využívaní, oprávnenia a povinnosti orgánov štátnej vodnej správy upravuje zákon č. 364/2004 Z.z. o vodách.

Podľa § 17 ods.1 písmeno h) a i) tohto zákona je nakladanie s vodami činnosť ovplyvňujúca vodné pomery (hydrogeologický prieskum) a využívanie energetického potenciálu podzemných vôd (využívanie vôd pre tepelné čerpadlo). Podľa ods. 2 ten, kto nakladá s vodami, je povinný dbať o ich ochranu, vynakladať potrebné úsilie na zlepšovanie ich stavu a zabezpečovať ich hospodárne a účelné využívanie podľa podmienok a požiadaviek tohto zákona a dbať tiež na to, aby neboli porušované práva iných a záujmy chránené osobitnými predpismi; a je povinný dbať aj na ochranu vodných pomerov a na ochranu vodných stavieb. Platné právne normy, nariadenia, vyhlášky, smernice a slovenské technické normy pre tepelné čerpadlá sú názorne uvedené na obr. 2.

Po získaní vyššie uvedených dokumentov je nutné požiadať Stavebný úrad o kolaudačné rozhodnutie na vodnú stavbu.

Jedným z najvýhodnejších energetických zdrojov tepla je podzemná voda, ktorá sa z hľadiska jej využitia nachádza v zemskej kôre v dvojakej forme, a to obyčajná a geotermálna podzemná voda.



Obr. 2 Hodnotenie tepelného čerpadla podľa technických noriem, vyhlášok a smerníc (Pinka, J., 2016)

### Podzemná voda

Je z energetického hľadiska veľmi výhodným zdrojom tepla o teplotnej úrovni od 4°C po 10 °C bez výraznejších teplotných fluktuácií. Pre otvorené systémy je ale potrebná vzhľadom na vodohospodárske predpisy reinjekcia použitého prietoku do ďalšieho podzemného vrtu, zatvorené systémy vyžadujú vyparovanie pracovnej látky v podzemnom výmenníku tepla, čo prináša zníženie teplotnej úrovne vo výparníku a tak zníženie energetickej efektívnosti inštalácie. Hlavnou nevýhodou oboch systémov sú investične pomerne vysoké náklady pre získanie predmetného vodného zdroja tepelnej energie. Pri danom hodnotení je treba vychádzať z regionálnych potrieb možného využitia podzemných vôd pre prevádzku tepelných čerpadiel. Z uvedeného hľadiska sa ako najvhodnejšie javí na prvom mieste územné a správne rozdelenie Slovenska a na druhom mieste jeho regionálne hydrogeologické rozdelenie. Pre územné a správne rozdelenie Slovenska bola využitá v súčasnosti platná schéma z roku 1996, ktorá vymedzuje 8 krajov a 79 okresov (obr. 3) (Pinka, J., 2016).



Obr. 3 Okresy Slovenskej republiky  
Prameň: Pinka, J., 2016

Konkrétne hodnotenie využiteľnosti množstiev podzemných vôd pre dané účely je potom viazané na územie vymedzené hranicami okresu. V každom zo 79 okresov sú zhodnotené v zmysle hydrogeologickej rajonizácie Slovenska podmienky výskytu, obehu a akumulácie obyčajných podzemných vôd. Osemtriedna klasifikačná stupnica priepustnosti hornín podľa koeficienta filtrácie je uvedená v tab.4.

Tab. 4 8-triedna klasifikácia priepustnosti hornín podľa koeficienta filtrácie

Trieda priepustnosti	Opisovanie priepustnosti	Koeficient filtrácie $k$ [ $m \cdot s^{-1}$ ]	Príklad
I.	veľmi silná	$\geq 1 \cdot 10^{-2}$	hrubozrnný štrk
II.	Silná	$1 \cdot 10^{-3}$	hrubozrnný piesčivý štrk
III.	dosť silná	$1 \cdot 10^{-4}$	piesčivý štrk
IV.	Mierna	$1 \cdot 10^{-5}$	piesok
V.	dosť slabá	$1 \cdot 10^{-6}$	zabílený štrk
VI.	Slabá	$1 \cdot 10^{-7}$	zabílený piesok
VII.	veľmi slabá	$1 \cdot 10^{-8}$	piesčivý íl
VIII.	neprstná	$1 \cdot 10^{-9}$	íl

Vyzvedlivky k použitým symbolom v tabuľke 2:

$k$  – koeficient filtrácie vyjadrujúci mieru priepustnosti porového prostredia pre vodu s danou kinematickou viskozitou. Číselne sa rovná filtračnej rýchlosti pri jednotkovom hydraulickom gradiente. Má rozmer rýchlosti a vyjadruje sa v ( $m \cdot s^{-1}$ ).

$Q_v$  – využiteľná výdatnosť vrtnu predstavujúca hodnota optimálneho čerpaného množstva vody z jedného objektu. Má rozmer objemu deleného časom vyjadrujúcej vo vedľajších jednotkách, t.j.  $l \cdot s^{-1}$ .

$t_v$  – teplota vody, miera tepelného stavu vody meranáho vo vrtnu, vyjadrená vo vedľajších jednotkách - ( $^{\circ}C$ ).

Prameň: Pinka, J., 2016

### Geotermálna podzemná voda

Geotermálna voda o teplotnej úrovni 15 až 90 °C je energeticky veľmi výhodným zdrojom pre tepelné čerpadlá, základnou nevýhodou sú veľmi vysoké investičné náklady na jej získanie (vrty do hĺbky až niekoľko km), vysoký stupeň korózie a inkrustácie a jej dostupnosť len v mieste výskytu. Výhodným riešením môže byť využitie geotermálnej vody o vysokej teplote najprv na získanie tepla priamo vo výmenníkoch tepla voda – voda a potom pri jej ochladení na 15 až 25 °C ako zdroj tepla pre tepelné čerpadlá (Horbaj et al 2009).

### Pracovné látky tepelných čerpadiel

Ako pracovné látky tepelných čerpadiel sa používajú v zásade tie látky, ktoré umožňujú realizáciu termodynamického chladiaceho obehu v chladiacich zariadeniach nazývané vo všeobecnosti chladivami.

Vzhľadom na to, že vo väčšine systémov tepelných čerpadiel je potrebná pre výrobu tepla vyššia kondenzačná teplota ako v chladiacich zariadeniach (tá je daná väčšinou teplotou okolitého vzduchu alebo vody používanej pre chladienie kondenzátora), sú pre tepelné čerpadlá vhodné chladivá s vyššou teplotou skupenskej premeny v závislosti od tlaku. Z prírodných chladív, tzn. z látok prirodzene existujúcich v našej biosfére, ktoré majú zanedbateľný alebo nulový vplyv na rozpad ozónovej vrstvy Zeme ako aj na globálne otepľovanie, je možné pre tepelné čerpadlá použiť:

- o amoniak ( $NH_3$ ), je to z termodynamického hľadiska veľmi efektívna pracovná látka, nevýhodou je jej horľavosť, výbušnosť a toxicita, preto pripadá do úvahy predovšetkým pre použitie v systémoch s nepriamym (sekundárnym) rozvodom chladu, s bezpečnostnou ventiláciou priestorov a pod. V budúcnosti sa predpokladá širšie použitie amoniaku najmä vo vysokoteplotných priemyselných tepelných čerpadlách po dokončení vývoja potrebných vysokotlakých kompresorov (do 40 barov výtláčného tlaku),
- o uhľovodíky (HCs), sú horľavé chladivá známe už z dávnej histórie. V súčasnosti propán, propylén a zmes propánu, butánu, izobutánu a etánu sa ukazujú ako energeticky výhodné pracovné látky pre tepelné čerpadlá pri malej kvantite náplne v obehu a dodržaní ďalších bezpečnostných opatrení.
- o voda, je vynikajúcim chladivom pre vysokoteplotné priemyselné tepelné čerpadlá pre jej vhodné vlastnosti, netoxickosť, nehorľavosť a iné. Je ju možné použiť v rozsahu kondenzačných teplôt od 80 do 150 až 300 °C. Základnou nevýhodou je malá objemová tepelná kapacita ( $J \cdot m^{-3}$ ), čo vyžaduje veľké a drahé kompresory.
- o  $CO_2$  je perspektívnym chladivom pre tepelné čerpadlá vzhľadom na jeho priaznivé vlastnosti ako netoxickosť, nehorľavosť, kompatibilitosť k rôznym mazivám, konštrukčným materiálom, má vysokú objemovú tepelnú kapacitu a je možné dosiahnuť nízky pomer kondenzačného a výparného tlaku, čo priaznivo vplyva na dosiahnutie vysokej energetickej efektívnosti obehu. Nevýhodou je nutnosť použitia tzv. transkritického termodynamického obehu, kedy tlak po kompresii dosahuje nadkritické hodnoty (približne 70 až 90 barov (tzn. 0,7 až 0,9 MPa)), pri odvode tepla nedochádza teda ku kondenzácii chladiva ako v kompresorovom chladiacom obehu. Vývoj odpovedajúcich vysokotlakých kompresorov pre  $CO_2$  sa v súčasnosti ukončuje, problémom zatiaľ zostávajú vysoké investičné náklady na realizáciu takéhoto obehu.

V súčasnosti sa pre tepelné čerpadlá používajú najmä pracovné látky z oblasti umelo vytvorených látok, ide o halogenované uhľovodíky všeobecne už niekoľko desaťročí najviac využívané v chladiacej technike pre ich výborné termofyzikálne vlastnosti, najmä vysokú objemovú tepelnú kapacitu, nehorľavosť, nevýbušnosť,

netoxicity a iné. Základnou nevýhodou týchto látok je, že niektoré z nich (tie ktoré obsahujú chlór) spôsobujú rozpad ozónovej vrstvy Zeme a všetky zapríčínajú globálne otepľovanie (skleníkový efekt). Stupeň týchto ekologicky škodlivých vlastností jednotlivých chladív je rôzny a preto ich rozdeľujeme na:

- plne halogenované uhľovodíky (CFCs), kde všetky atómy vodíku sú nahradené halógenmi (fluórom a chlór). Tieto majú z hľadiska rozpadu ozónovej vrstvy Zeme aj skleníkového efektu kvantitatívne najhoršie pôsobenie a preto na základe medzinárodných dohôd (v zmysle Montrealského protokolu a následných dodatkov) bola ich výroba a obchodovanie s nimi zastavené od roku 1996.

- čiastočne halogenované uhľovodíky (HCFCs), kde v molekule zostal prinajmenšom jeden atóm vodíku. Tieto chladivá majú výrazne kvantitatívne menšie ekologicky škodlivé účinky najmä na rozpad ozónovej vrstvy Zeme (až 50 krát) a preto je ich možné ešte v súčasnosti vyrábať a obchodovať s nimi (požívajú sa najmä ako náhradné a alternatívne chladivá za CFCs chladivá v starých zariadeniach), do nových zariadení sa už nepoužívajú. Medzinárodné dohovory postupne redukujú ich výrobu v EÚ s ukončením v roku 2010 a používanie v roku 2015.

- fluorované uhľovodíky (HFCs), kde sú atómy vodíka nahradzované iba fluórom, teda molekula neobsahuje z ekologického hľadiska na ozónovú vrstvu zeme škodlivý chlór. Treba si uvedomiť, že aj tieto halogenované uhľovodíky, často nesprávne označované ako „ekologicky neškodlivé alebo čisté,“ spôsobujú v obdobnej kvantitatívnej miere ako HCFCs uhľovodíky globálne otepľovanie planéty.

Výber pracovnej látky pre systémy tepelných čerpadiel je potrebné vykonať najmä z hľadiska prevádzkových podmienok – ide o potrebnú teplotnú úroveň v kondenzátore (treba kontrolovať najmä teplotu chladiva po kompresii, ktorá je podstatne vyššia ako kondenzačná pri kondenzačnej teplote asi 45 až 50 °C dosahuje aj nad 100 °C s halogenovanými uhľovodíkmi, pričom väčšina z týchto chladív začína byť nestabilná pri teplote 120°C), kompatibility s mazacími olejmi a materiálmi, ekologických vlastností (v súčasnosti do nových zariadení sa používajú už len HFCs chladivá).

Použitie jednotlivých druhov chladív má samozrejme aj vplyv na dosahovanú úroveň energetickej efektívnosti obehu (hodnôt COP a PER). Všeobecne je ale potrebné konštatovať, že energetická efektívnosť prevádzky systému tepelného čerpadla v oveľa väčšej miere ako na použitom chladive závisí od samotného návrhu systému, podmienkach prevádzky (najmä spôsobu regulácie), mieste a druhu aplikácie a pod.

### Záver

Tepelné čerpadlá môžu za určitých podmienok dosiahnuť, v porovnaní s klasickou konvenčnou výrobou tepelnej energie výrazné úspory primárnej energie teda tepelnej energie získanej spaľovaním fosilných palív a môžu byť v mnohých praktických aplikáciách súčasne tiež najefektívnejšou formou zabezpečovania ohrievacích, ale aj chladiacích procesov v priemysle aj v komunálnej sfére. To samozrejme vyžaduje nielen dosiahnutie úspor primárnej energie ale aj ich ekonomickú efektívnosť, čo z hľadiska užívateľa znamená nielen dosiahnutie nižších celkových ročných nákladov na výrobu tepla v porovnaní s klasickým systémom, ale dosiahnutie primeranej návratnosti vlozenej investície (v oblasti priemyselných tepelných čerpadiel by nemala návratnosť prekročiť viac ako 10 rokov, v oblasti súkromných užívateľov – vykurovanie rodinných domov a podobne je prijateľná doba návratnosti do 5 rokov) na takýto spôsob výroby tepla. Energetickú aj ekonomickú výhodnosť a účelnosť použitia systému tepelného čerpadla pre výrobu tepla prípadne chladu z vyššie uvedených hľadísk je možné dosiahnuť najmä ak:

- ako zdroj nízko-teplotnej energie je použitý vonkajší vzduch (ktorý je z hľadiska minimálnej investičnej náročnosti na jeho získanie základným, všeobecne dostupným energetickým zdrojom), alebo odpadné energetické toky z priemyselných technologických alebo iných tepelných procesov (využiteľné predovšetkým pre veľké priemyselné tepelné čerpadlá).

- potrebná teplotná úroveň produkovaného tepelného toku pri použití vzduchu ako zdroja nízko-teplotnej energie sa zníži na maximálnu teplotu v hraniciach približne 40 až 45 °C (čo vyžaduje pri aplikácii na vykurovanie použitie veľkoplošných vykurovacích systémov).

- systém tepelného čerpadla je navrhnutý pre podmienky konkrétnej jednotlivej aplikácie, ide napríklad o optimalizáciu jednotlivých komponentov, hospodárnu reguláciu množstva a teploty produkovaného tepelného toku a iné ako aj o návrh rôznych kombinovaných systémov výroby tepla, chladu aj elektrickej energie pre špeciálne podmienky jednotlivých užívateľov uvedených tokov energií.

- ak je pre potrebu vykurovania a výroby teplej úžitkovej vody v Európskych klimatických podmienkach pre tepelné čerpadlá vzduch – voda použitý bivalentný systém dimenzovaný na 20 až 60 % maximálnej potreby tepla pri zabezpečení 50 až 90 % ročnej potreby tepelnej energie.

Ďalší rozvoj a rozšírenie použitia tepelných čerpadiel v komunálnej aj priemyselnej sfére predpokladá okrem výskumného úsilia zameraného najmä na optimalizáciu energetickej efektívnosti tejto technológie konkrétnu štátnu stimuláciu a finančnú podporu trhu, ktorá umožní v oveľa širších aplikáciách ekonomickú konkurenciu schopnosť týchto zariadení voči klasickým technológiám výroby tepla, ktoré sú všeobecne investične výrazne lacnejšie. Takýmto spôsobom je podporovaný rozvoj použitia tejto technológie vo viacerých ekonomicky

vyspelých štátoch strednej aj severnej Európy, kde sa predpokladá v blízkej budúcnosti až 30 %-ný podiel výroby tepla tepelnými čerpadlami pre vykurovacie a ohrievacie procesy v komunálnej sfére. Rozvoj použitia tepelných čerpadiel v SR v porovnaní s ostatnými európskymi štátmi je zatiaľ minimálny (napríklad v Rakúsku je ich počet približne niečo vyše 195 000, v Českej republike je to čosi nad 93 000 a u nás rádoje iba niečo cez 14 500 inštalácií), čo je zapríčinené nielen malou a často nesprávnou informovanosťou potenciálnych užívateľov o možnostiach tejto technológie výroby tepla, ale najmä absenciou významnejších štátnych finančných alebo iných stimulácií (napríklad priamych dotácií, zvýhodnených úverov, preradenie do nižšej skupiny DPH a podobne) pre využitie tepelných čerpadiel. Najmä pre efektívne využitie systémov tepelných čerpadiel so vzduchom ako zdrojom nízko teplotnej energie pre vykurovanie rodinných domov, bytov a podobne bude nutne potrebná štátna finančná podpora takýchto inštalácií, aby bolo možné dosiahnuť pre užívateľa ekonomickú efektívnosť investície. Zvýšenie možnosti ekonomicky efektívnych aplikácií tepelných čerpadiel v našich podmienkach prinesie rast cien tepelnej energie obsiahnutej vo fosilných palivách (najmä zemného plynu) a zvyšovanie efektívnosti výroby elektrickej energie najmä rozšírením kogeneračnej výroby tepla a elektriny, čo môže priniesť v budúcnosti relatívne znížovanie jej ceny v porovnaní napríklad so zemným plynom. Pomohla by tiež zvýhodnená tarifa na odber elektriny alebo plynu (v prípade použitia pohonu kompresora plynovým spaľovacím motorom). V súčasnosti sú v SR realizované najmä tepelné čerpadlá využívajúce ako zdroj nízko teplotnej energie geotermálnu vodu a niekoľko menších jednotiek typu vzduch - voda prevažne pre výrobu teplej užitkovej vody alebo vykurovanie malých objektov. Veľké rezervy vo využití tepelných čerpadiel v SR sú v oblasti priemyselných tepelných čerpadiel veľkých výkonov vzhľadom na dostatok odpadných tepelných tokov najmä z technologických priemyselných procesov, ktorých využitie by umožnilo vysoko energeticky aj ekonomicky efektívne inštalácie. Problémom je potreba využitia takto efektívne získaných tepelných tokov v mieste ich produkcie, teda v mieste veľkých priemyselných prevádzok najmä v energetickom a potravinárskom priemysle. Tepelné čerpadlá patria medzi najúčinnnejšie spôsoby ako zvýšiť podiel nízkouhlíkovej energie pri vykurovaní budov. Tie sa v súčasnosti podieľajú zhruba 15 % na celkovom dopyte po energii vo svete. Technológia tepelných čerpadiel nie je nová a už dlho sa používa aj pri chladení alebo klimatizácii. Predaj čerpadiel však globálne nebol doteraz vôbec významný. No ako si všimla Medzinárodná energetická agentúra vo svojej správe World Energy Investment 2018, predaj čerpadiel na vykurovanie budov teraz celosvetovo expanduje mimo tradičných trhov, akým je napríklad Japonsko. V niektorých veľkých ekonomikách, ako Európa alebo Čína, sa propaguje ich potenciálne kľúčová úloha v elektrifikovaní vykurovania a znižovaní spotreby fosilných palív. Tak isto sa zlepšili výkonnostné parametre a náklady. Očakáva sa, že predaj tepelných čerpadiel vzrastie zo súčasného 2,5 % podielu zo všetkých vykurovacích zariadení vo svete.

#### Použitá literatúra

- Allen, A., Milenič, D. (2003): Low enthalpy geothermal heat resources from groundwater in fluvio-glacial gravels of buried valleys, Elsevier Science, Journal of applied energy, vol. 74, 1-2, 2003, p. 9-19
- Horbaj, P., Pinka, J., Čekanová, P., Braumiller, G. (2009): Využívanie geotermálnej energie v Nemecku versus Slovensko. In: Pro - Energy magazín. Vol. 3, no. 3, p. 50-56. ISSN: 1802-4599.
- Milenič, D., Vasiljevič, P., Vranješ, A. (2010): Criteria for use groundwater as renewable energy source in geothermal heat pumps for building heating / cooling purposes. Energy and buildings, vol. 42, 5, p. 649-657
- Pinka, J. (2016) : Hydrogeologické a inžénierske vrty. Monografia. VŠB TU Ostrava, p.1-305. ISBN 978-80-248-3938-7
- Pinka, J., Wittenberger, G., Sidorová, M. (2005): Možnosti využitia geotermálnej energie na Slovensku. In: Zborník vedeckých prác VŠB-TU Ostrava. Vol. 51, no. 1, p. 225-230. ISSN 0474-8476
- Pinka, J., Wittenberger, G., Sidorová, M., Vizi, L. (2007): Utilization of geothermal energy for electric power. In: Wiertnictwo-Nafta-Gas. Vol. 24, no. 1, p. 373-380. ISSN: 1507-0042.

**VODA – strategická surovina budúcnosti**

Zborník príspevkov

**Editori:** Tomáš Bakalár, Michaela Očenášová, Henrieta Pavolová

**Grafika:** Tomáš Bakalár, Janette Drabbová, Henrieta Pavolová

**Vydavateľ:** Technická univerzita v Košiciach

**Miesto vydania:** Košice

**Rok:** 2019

**Vydanie:** prvé

**Náklad:** 105 ks

**Rozsah:** 82 strán

**ISBN 978-80-553-3309-0 (verzia na CD)**