

# Obsah

<b>1. ÚVOD</b>	<b>1</b>
<b>2. CÍLE A HYPOTÉZY DISERTAČNÍ PRÁCE</b>	<b>2</b>
<b>3. METODIKA</b>	<b>3</b>
3.1 Metoda stanovení průběhu průměrných denních teplot	6
<b>4. VÝSLEDKY A DISKUZE</b>	<b>7</b>
4.1 Globální záření dopadající na experimentální pozemek	7
4.1.1 Teoretické průběhy teploty zemního masivu s lineárním a se Slinky HGHE	8
4.1.2 Tepelné toky a energie odvedené zemnímu masivu	11
<b>5. ZÁVĚR</b>	<b>13</b>
<b>6. POUŽITÉ ZDROJE</b>	<b>14</b>
<b>7. SEZNAM PUBLIKACÍ A KONFERENCÍ</b>	<b>15</b>
<b>8. ABSTRACT</b>	<b>17</b>

# 1. Úvod

V dnešní době je stále důležitější řešit otázku alternativních zdrojů tepelné energie. Zásoby fosilních paliv jsou časově omezené. Tato skutečnost vede ke snaze využít alternativní zdroje pro výrobu tepla. Tepelná čerpadla patří mezi zařízení, která dokáží tyto zdroje efektivně využít. Jedná se o moderní, energeticky hospodárná a ekologická zařízení, která do ovzduší neprodukují žádné emise. Emise vznikají pouze při výrobě elektrické energie, která je potřebná pro jejich chod (výjimkou jsou tepelná čerpadla, která pro pohon kompresorů využívají spalovací motory). Tepelná čerpadla odebírají teplo vzduchu, zemi nebo vodě a dokáží jej transformovat z nižší teplotní hladiny na hladinu vyšší. Toto teplo pak slouží k ohřevu teplé vody nebo vytápění občanských, průmyslových i zemědělských objektů.

Na trhu se objevuje stále více firem, které se zabývají kompletní dodávkou různých typů a konstrukcí tepelných čerpadel. Počáteční investice na jejich instalaci se oproti minulým letům podstatně snížila. Po celé Evropě jsou každý rok nainstalovány miliony těchto zařízení a jejich podíl na trhu se neustále zvyšuje.

Nejvíce využívaným tepelným čerpadlem v České republice je čerpadlo pracující s energetickým systémem vzduch – voda. Důvodem jsou nízké pořizovací náklady a snadná instalace tohoto zařízení. Nevýhodou provozu je nízký topný faktor a hluk ventilátorů kondenzační jednotky v zimním období, kdy jsou teploty vzduchu pod bodem mrazu.

Další možností je využití tepelných výměníků, které odebírají nízkopotenciální teplo ze zemního masivu. Jedná se o horizontální nebo vertikální (hlubinné vrty) tepelné výměníky.

Snaha ministerstva životního prostředí podpořit využití těchto ekologických zdrojů, pro vytápění a ohřev teplé vody v rodinných domech je v České republice momentálně vysoká a existují vládní dotační programy. Od roku 2013 probíhají další vlny Zelená úsporám, kde v případě výměny a likvidace kotle na tuhá paliva za tepelné čerpadlo s energetickým systémem vzduch-voda, země-voda, voda-voda, dostane žadatel státní finanční podporu.

Další využití státní dotace bylo na začátku letošního roku 2016 vyhlášeno pod názvem Kotlíková dotace. Tato dotace je určena pro rodinné domy. Žadatel musí splnit minimálně energetickou třídu domu C a dále jsou nutná tzv. mikronergetická opatření

(zateplení střechy nebo půdních prostor, dílčí výměna oken, výměna vstupních dveří, atd.) V případě dodržení těchto podmínek může investor na výměnu starého kotle za nový zdroj tepla (např. tepelné čerpadlo s energetickým systémem vzduch-voda, země-voda, voda-voda) dostat až 85 % z uznatelné částky 150 tis. Kč svých nákladů.

Z důvodu těchto státem podporovaných dotací je očekáván velký nárůst instalací všech typů tepelných čerpadel na území České republiky.

## 2. Cíle a hypotézy disertační práce

Sledováním ověřovat hypotézy:

- **Hypotéza a):** Teploty zemního masivu v topném období budou u obou typů výměníků převážně kladné. Teploty masivu v oblasti výměníků budou záporné jen výjimečně;
- **Hypotéza b):** Teploty zemního masivu v topném období v oblasti lineárního tepelného výměníku budou vyšší než u výměníku typu Slinky;
- **Hypotéza c):** Rozdíly teplot zemního masivu na počátcích topných období nebudou, u obou typů výměníků, významné;
- **Hypotéza d):** Energie odvedené zemnímu masivu budou splňovat doporučení VDI (2001).

Disertační práce si klade za cíl:

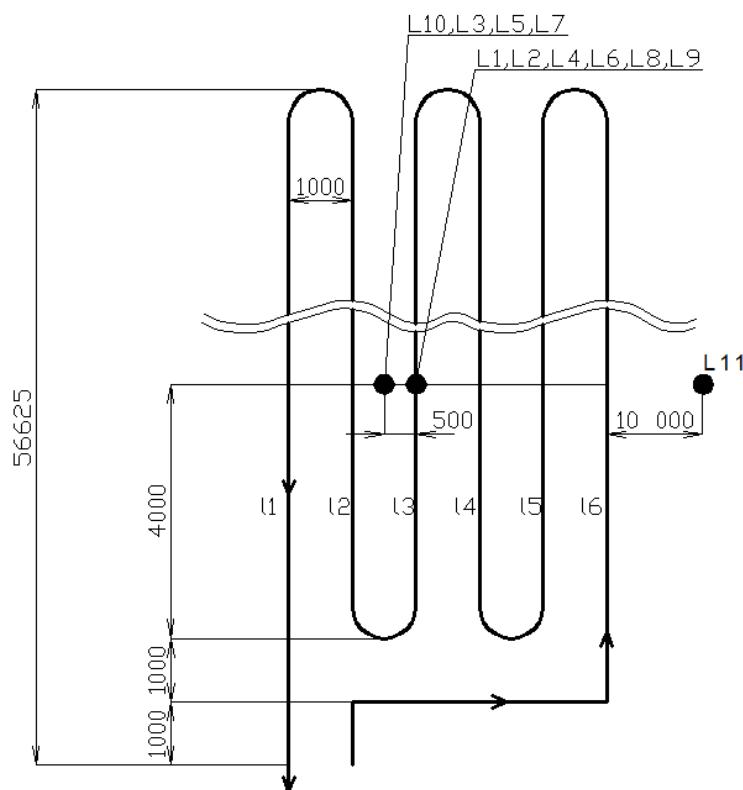
- Analyzovat změny teplot a jejich rozdělení v zemním masivu v oblasti experimentálního lineárního tepelného výměníku a výměníku typu Slinky a na referenčním pozemku;
- Vyhodnotit energetický potenciál zemního masivu v blízkosti tepelných výměníků
- Zaznamenat a vyhodnotit intenzitu dopadajícího slunečního záření v oblasti experimentálních HGHEs „horizontálních tepelných výměníků tepla“;
- Posoudit vliv dopadajícího slunečního záření na energetický potenciál zemního masivu zkušebního polygonu;
- Zhodnotit regeneraci teplot zemního masivu v průběhu stagnace tepelných výměníků;

- Posoudit vliv konfigurace tepelných výměníků na měrné tepelné toky a měrné energie odvedené zeminu masivu.

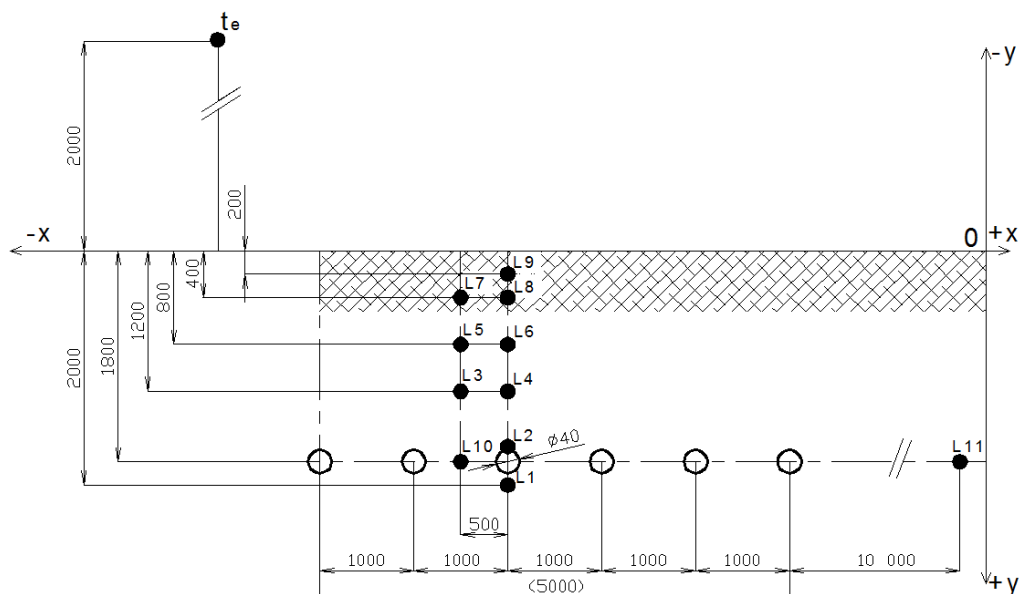
### 3. Metodika

Lokalita měření a ověřování výsledků se nachází na pozemku společnosti VESKOM s.r.o., okres hlavního města Praha v katastrálním území Dolní Měcholupy (ulice Dolnoměcholupská 522/12a) v nadmořské výšce 258 m. V této oblasti se uvažuje výpočtová venkovní teplota  $-12\text{ °C}$  a průměrná teplota v otopném období  $4\text{ °C}$ .

Lineární HGHE byl vyroben z polyetylenového potrubí PE 100RC 40 x 3,7 mm (LUNA PLAST a.s., Hořín, Czech Republic) odolného proti bodovému zatížení a vzniku trhlin. Potrubí výměníku o celkové délce 330 m ( $41.473\text{ m}^2$ ) je instalováno v hloubce 1,8 m ve 3 smyčkách s roztečí 1 m. Délka jednotlivých smyček činí 54,625 m. Schéma HGHE a umístění teplotních senzorů jsou uvedeny na obr. 8 a obr. 9.



Obr. 1 Půdorysné schéma lineárního HGHE a umístění teplotních senzorů



Obr. 2 Schéma lineárního HGHE a umístění teplotních senzorů v zemním masivu

L1, L2, L3, L4, L5, L6 – linie 1 až 6 horizontálního tepelného výměníku;

L1- teplotní čidlo instalované na linii L3 v hloubce 2 m pod povrchem;

L2- teplotní čidlo instalované na linii L3 v hloubce 1,8 m pod povrchem;

L3 - teplotní čidlo instalované mezi linií L2 a L3 v hloubce 1,2 m pod povrchem;

L4 - teplotní čidlo instalované na linii L3 v hloubce 1,2 m pod povrchem;

L5 - teplotní čidlo instalované mezi linií L2 a L3 v hloubce 0,8 m pod povrchem;

L6 - teplotní čidlo instalované na linii L3 v hloubce 0,8 m pod povrchem;

L7 - teplotní čidlo instalované mezi linií L2 a L3 v hloubce 0,4 m pod povrchem;

L8 - teplotní čidlo instalované na linii L3 v hloubce 0,4 m pod povrchem;

L9 - teplotní čidlo instalované na linii L3 v hloubce 0,2 m pod povrchem;

L10 - teplotní čidlo instalované mezi linií L2 a L3 v hloubce 1,8 m pod povrchem;

L11- teplotní čidlo instalované 10 m od kolektoru v hloubce 2 m pod povrchem;

$t_e$  – teplotní čidlo venkovního vzduchu.

Schéma HGHE Slinky a umístění senzorů jsou uvedena na obr. 10 a obr. 11. Výměník byl vyroben z polyetylénového potrubí PE 100RC 32 x 2.9 mm (LUNA PLAST a.s., Hořín, Czech Republic) odolného proti bodovému zatížení a vzniku trhlin. Potrubí výměníku o celkové délce 200 m ( $20.107 \text{ m}^2$ ) je instalováno v hloubce 1.5 m v 53 smyčkách stočených do kruhu s roztečí smyček 0.38 m.



S1 – teplotní čidlo instalované v ose výměníku Slink v hloubce 1,7 m pod povrchem;  
 S2 - teplotní čidlo instalované v ose výměníku Slink v hloubce 1,5 m pod povrchem;  
 S3 - teplotní čidlo instalované 0,3 m od výměníku Slink v hloubce 1,2 m pod povrchem;  
 S4 - teplotní čidlo instalované na okraji výměníku Slink v hloubce 1,2 m pod povrchem;  
 S5 - teplotní čidlo instalované v ose výměníku Slink v hloubce 1,2 m pod povrchem;  
 S6 - teplotní čidlo instalované na okraji výměníku Slink v hloubce 0,8 m pod povrchem;  
 S7 - teplotní čidlo instalované v ose výměníku Slink v hloubce 0,8 m pod povrchem;  
 S8 - teplotní čidlo instalované v ose výměníku Slink v hloubce 0,4 m pod povrchem;  
 S9 - teplotní čidlo instalované v ose výměníku Slink v hloubce 0,2 m pod povrchem;  
 S10 - teplotní čidlo instalované 15 m od výměníku Slink v hloubce 1,7 m pod povrchem;  
 $t_e$  – teplotní čidlo venkovního vzduchu.

Teplonosnou kapalinou protékající oběma výměníky je směs 33 % etylalkoholu a 67 % vody. Ověřované HGHE jsou zdroji energie pro tepelná čerpadla IVT Premium Line EQ E17 (Industriell Värme Teknik, Tnanas, Sweden) o nominálním tepelném výkonu 17 kW (0/35 °C). Tepelná čerpadla jsou spolu s dalšími třemi využívána pouze pro vytápění, nikoliv pro chlazení, administrativní budovy a provozních hal firmy VESKOM s.r.o. se sídlem v Praze Dolních Měcholupech. Pracovní médium jednotek je chladivo R 407 C.

### 3.1 Metoda stanovení průběhu průměrných denních teplot

Při vyjádření závislosti průměrných denních teplot horninového masivu v topné sezóně vychází (Neuberger a kol., 2014) z rovnice pro volné netlumené kmitání hmotného bodu:

V rovnici (15) je:

$$t_{GR} = \bar{t}_G + \Delta t_{am} \cdot \sin(\Omega \tau + \varphi) \quad (1)$$

Kde:

$t_{GR}$  - teplota zemního masivu (°C);  $\bar{t}_G$  - střední teplota zemního masivu (°C);

$\Delta t_{am}$  - amplituda oscilace kolem teploty  $\bar{t}_G$  (K);  $\tau$  - počet dní od počátku měření (den);

$\varphi$  - počáteční fáze kmitu (rad);  $\Omega$  - úhlová rychlost ( $2 \cdot \pi / 365 \text{ rad} \cdot \text{den}^{-1}$ ).

$\Omega$  - úhlová rychlost ( $2 \cdot \pi / 364 \text{ rad} \cdot \text{den}^{-1}$ ) pro topnou sezonu 2012/2013

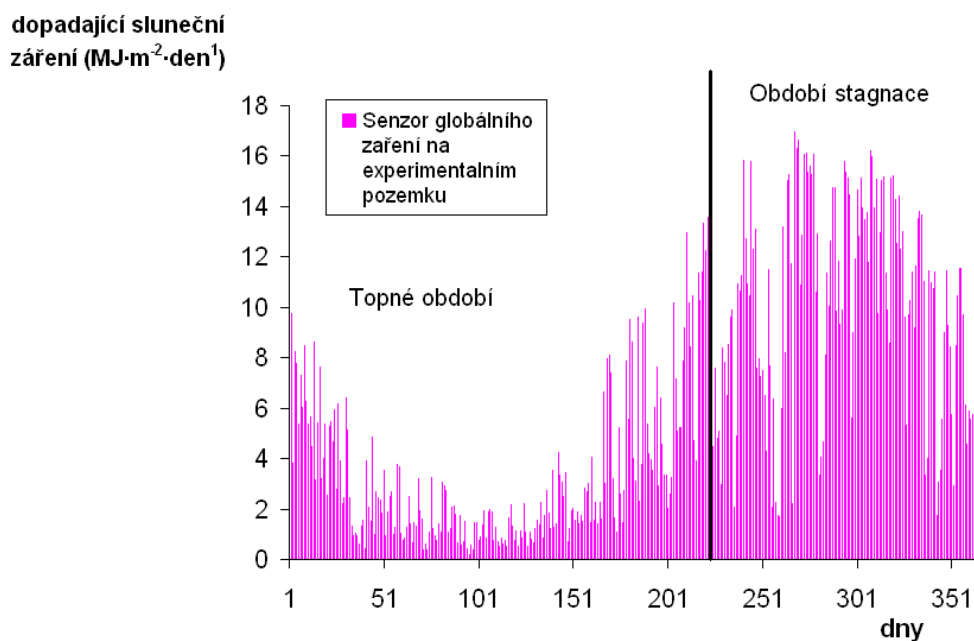
$\Omega$  - úhlová rychlost ( $2 \cdot \pi / 383 \text{ rad} \cdot \text{den}^{-1}$ ) pro topnou sezonu 2013/2014

Podle Bowermana a kol., (1997) používáme pro stanovení míry těsnosti závislosti mezi oběma náhodnými veličinami index determinace  $I_{yx}^2$  (-).

## 4. Výsledky a diskuze

### 4.1 Globální záření dopadající na experimentální pozemek

Součástí experimentu bylo i sledování množství dopadajícího globálního záření. V topném období 2012/2013 byla zjištěna maximální měrná denní hodnota globálního záření  $12,974 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{den}^{-1}$  a minimální denní hodnota byla naměřena  $0,169 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{den}^{-1}$ . V období stagnace byla zjištěna maximální měrná denní hodnota globálního záření  $16,984 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{den}^{-1}$ , minimální denní hodnota byla naměřena  $1,692 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{den}^{-1}$ . Za topné období 2012/2013 (218 dní) byla na experimentálním pozemku naměřena celková hodnota dopadu slunečního záření  $701,586 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \text{ kWh}$ , v období stagnace byla naměřena celková hodnota dopadu slunečního záření  $1478,513 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ .



Obr. 5 Denní měrné hodnoty globálního záření v topném období 2012/2013 a v období stagnace HGHEs v roce 2013



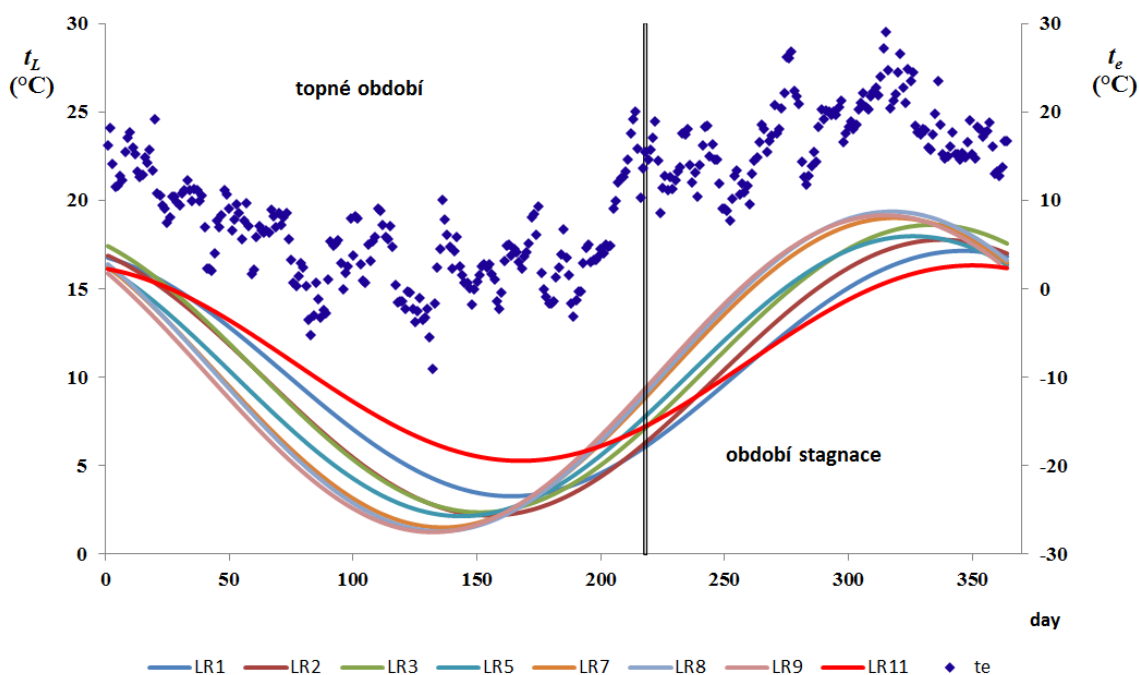
#### ***4.1.1 Teoretické průběhy teploty zemního masivu s lineárním a se Slinky HGHE***

V tab. 1 jsou zpracovány parametry rovnice (1), kterými lze vypočítat průměrné denní teploty zemního masivu v topném období 2012/13 i období stagnace 2013 v oblasti lineárního HGHE. Graf na obr. 6 znázorňuje průběh průměrných denních teplot zemního masivu s HGHE ve sledovaných hloubkách vypočtený z rovnice (1).

V grafu na obr. 6 je přímkou rovnoběžnou s vertikální osou odděleno topné období (218 dní) od období stagnace HGHE (146 dní). Z grafu je patrné, že průměrná denní teplota zemního masivu s lineárním HGHE v topném období klesá směrem k povrchu zemního masivu. Minimálních teplot není dosaženo v oblasti HGHE, ale v blízkosti povrchu masivu. Rovněž amplitudy oscilace  $\Delta t_A$  kolem střední teploty zemního masivu  $\bar{t}_G$  se zvyšují směrem k povrchu masivu. Tyto trendy potvrzují vliv teploty okolního prostředí  $t_e$ . Důležité teploty zemního masivu v oblasti HGHE ( $t_{L1}, t_{L2}$ ) klesají z teploty 17,11 °C rovnoměrně, přibližně 1 K za 13 dní až do 192 dne topného období na teplotu 2,42 °C. Následně teploty masivu rostou a na konci topného období dosáhnou hodnoty 5,54 °C. Od začátku období stagnace se teploty masivu v oblasti HGHE zvyšují, přibližně o 1 K za 9,8 dne. Již ve 105. dnu období stagnace dosahují teploty zemního masivu hodnoty před topným obdobím. Na konci období stagnace teploty masivu u HGHE mírně klesají vlivem snížení teplot okolního prostředí. Rozdíl teplot zemního masivu v oblasti lineárního HGHE na počátku topných období 2013/2014 a 2012/2013 byl zcela nevýznamný, činil 0,05 K. Teploty zemního masivu v oblasti lineárního HGHE byly v 68,8 % topného období vyšší než teplota okolního prostředí  $t_e$ .

Tab. 1 Parametry rovnice (1) pro výpočet průměrné denní teploty okolního prostředí, průměrných denních teplot zemního masivu s lineárním HGHE a průměrné denní referenční teploty v zemním masivu v topném období 2012/2013 a období stagnace v roce 2013

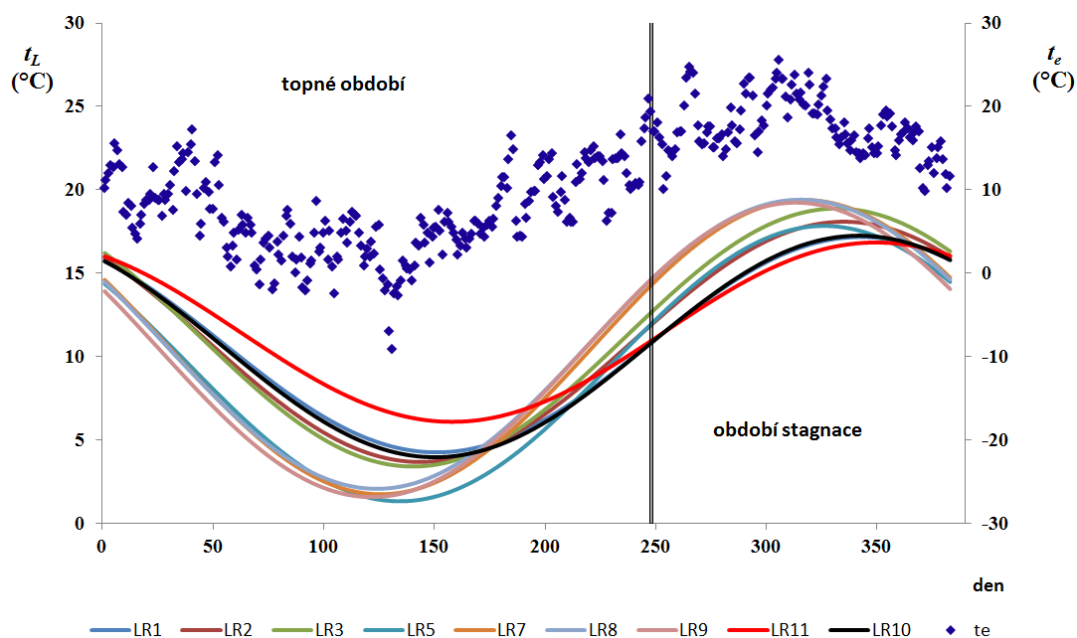
	$\Delta t_A$	$\varphi$	$\bar{t}$	$I_{yx}^2$
$t_{L1}$	6,938	1,892	10,217	0,976
$t_{L2}$	7,797	2,039	9,984	0,982
$t_{L3}$	8,131	2,105	10,495	0,975
$t_{L5}$	7,961	2,24	10,066	0,953
$t_{L7}$	8,752	2,369	10,264	0,945
$t_{L8}$	9,038	2,389	10,338	0,941
$t_{L9}$	8,958	2,438	10,205	0,926
$t_{L11}$	5,525	1,826	10,806	0,988
$t_e$	9,542	2,563	10,137	0,776



Obr. 6 Průměrné denní teploty zemního masivu vypočtené z rovnice (1) pro lineární HGHE a průměrné teploty okolního prostředí v topném období 2012/2013 a období stagnace v roce 2013

Tab. 2 Parametry rovnice (1) pro výpočet průměrné denní teploty okolního prostředí, průměrných denních teplot zemního masivu s lineárním HGHE a průměrné denní referenční teploty v zemním masivu v topném období 2013/2014 a období stagnace v roce 2014

	$\Delta t_A$	$\varphi$	$\bar{t}$	$I_{yx}^2$
$t_{L1}$	6,456	2,235	10,712	0,993
$t_{L2}$	7,204	2,357	10,883	0,990
$t_{L3}$	7,736	2,411	11,142	0,989
$t_{L5}$	8,257	2,507	9,578	0,983
$t_{L7}$	8,825	2,650	10,566	0,968
$t_{L8}$	8,670	2,679	10,739	0,968
$t_{L9}$	8,828	2,716	10,402	0,950
$t_{L10}$	6,643	2,248	10,606	0,950
$t_{L11}$	5,377	2,120	11,464	0,996
$t_e$	8,505	2,863	10,712	0,785

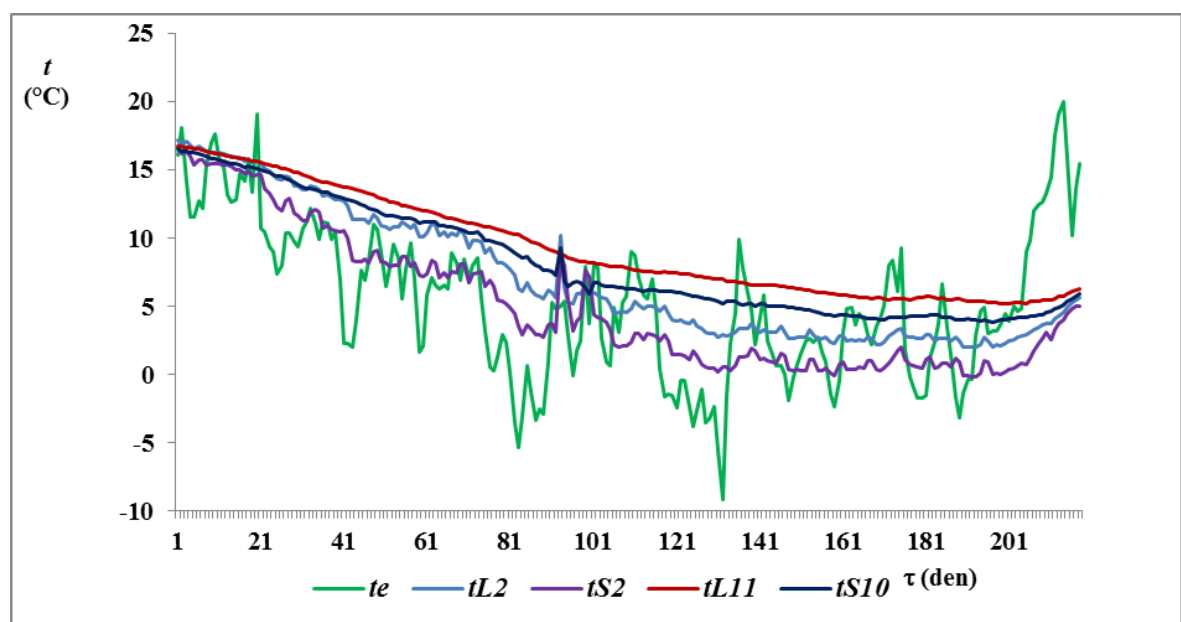


Obr. 7 Průměrné denní teploty zemního masivu vypočtené z rovnice (1) pro lineární HGHE a průměrné teploty okolního prostředí v topném období 2013/2014 a období stagnace v roce 2014

V tab. 2 jsou zpracovány parametry rovnice (1), kterými lze vypočítat průměrné denní teploty zemního masivu v topném období 2013/14 i období stagnace 2014 v oblasti lineárního HGHE. Graf na obr. 7 znázorňuje průběh průměrných denních teplot zemního masivu s HGHE ve sledovaných hloubkách vypočtený z rovnice (1).

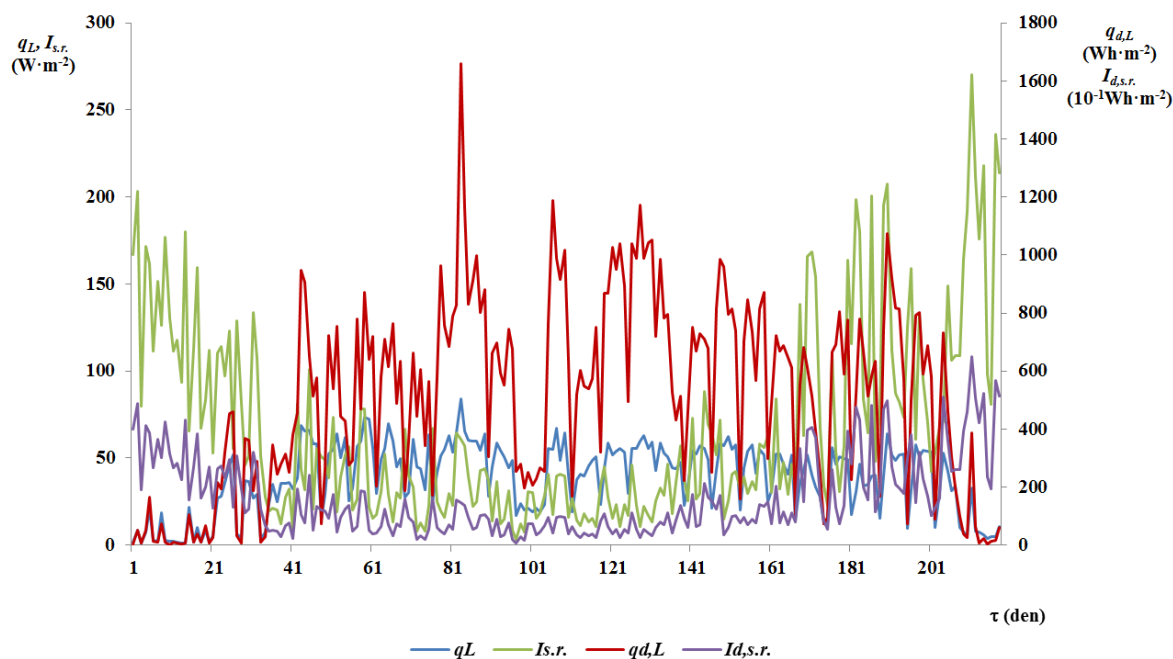
#### 4.1.2 Tepelné toky a energie odvedené zemnímu masivu

V grafu na obr. 8 jsou znázorněny průběhy teplot  $t_{L2}$ ,  $t_{S2}$  zemního masivu v oblasti HGHEs, referenční teploty  $t_{L11}$ ,  $t_{S10}$  masivu mimo HGHE a teploty okolního prostředí  $t_e$  v topném období. Rovněž jsou v grafech na obr. 9 a obr. 10 uvedeny průběhy tepelných výkonů  $q_{s,S}$ ,  $q_{L,L}$  a měrných energií  $q_{d,S}$ ,  $q_{d,L}$  přepočtené na  $1 \text{ m}^2$  vnější teplosměnné plochy HGHEs.

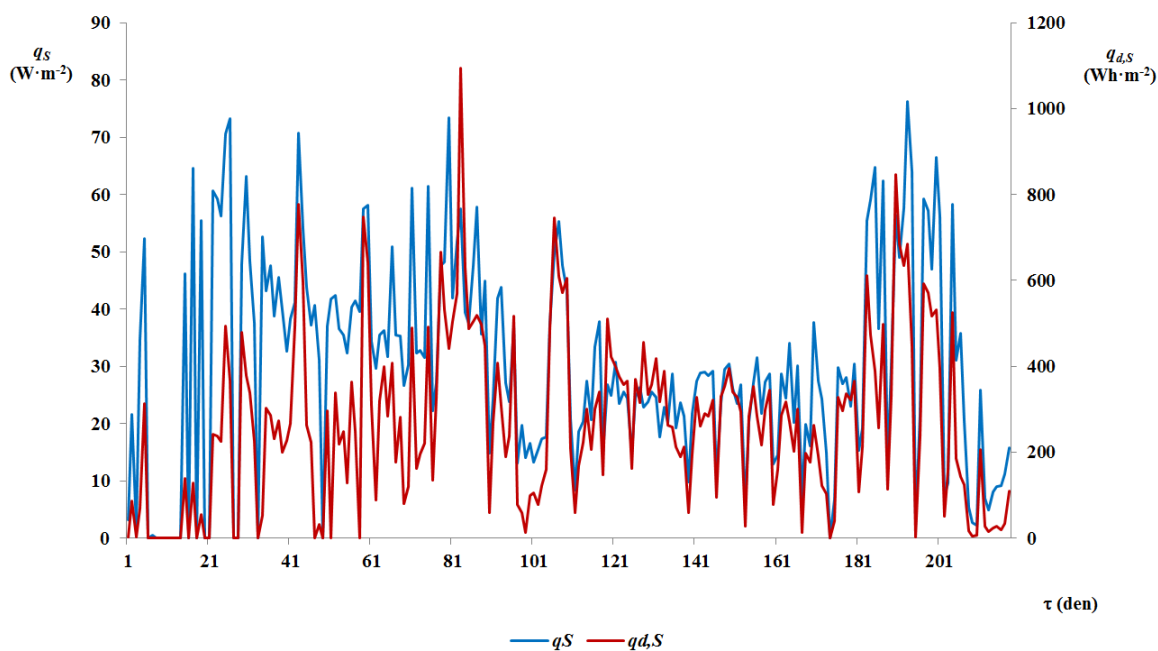


Obr. 8 Teploty zemního masivu v oblasti HGHEs a teplota okolního prostředí v topném období 2012/2013

Z grafů na obr. 8 je patrné, že průměrné denní teploty zemního masivu v oblasti HGHEs byly záporné pouze u HGHE Slinky, na konci topného období.



Obr. 9 Lineární HGHE – průběh tepelných výkonů  $q_L$ ,  $I_{s,r}$  a energií  $q_{d,L}$ ,  $I_{d,s,r}$  v topném období 2012/2013



Obr. 10 HGHE Slinky - průběh tepelných výkonů  $q_S$  a energií  $q_{d,S}$  v topném období

Průměrné denní teploty zemního masivu v oblasti lineárního HGHE byly o  $1,97 \pm 0,77$  K vyšší než u HGHE Slinky. Přičemž celková měrná energie odvedená v průběhu topného období lineárnímu HGHE byla téměř dvakrát vyšší než u HGHE

Slinky. Teploty zemního masivu v oblasti lineárního HGHE byly v 68,8 % a u HGHE Slinky v 53,6 % topného období vyšší než teplota okolního prostředí  $t_e$ .

Výsledky ukazují, že měrné energie  $q_d$  odvedené za den v topném období byly u lineárního HGHE v průměru o  $239,91 \pm 198,35 \text{ Wh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{den}^{-1}$  vyšší, než u HGHE Slinky. Měrné energie odvedené masivu za celé topné dosahovaly u lineárního HGHE  $110,15 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2}$  a u HGHE Slinky  $57,85 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2}$ . Rovněž průměrné měrné tepelné výkony  $q_L$  odvedené masivu lineárním HGHE byly vyšší o  $8,45 \pm 16,57 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  než  $q_S$  u HGHE Slinky.

Lepší výsledky u lineárního HGHE vyplývají zřejmě z většího objemu zemního masivu, ze kterého je nízkoteplotní energie extrahována.

## 5. Závěr

Provozní ověřování HGHEs umožnilo získat nové poznatky využitelné v projekční i realizační praxi a zároveň inspiruje další směry výzkumu v této oblasti.

Výsledky ověřování ukázaly, že z hlediska teplot zemního masivu a hodnot extrakcí energie je lineární HGHE výhodnějším nízkoteplotním zdrojem energie pro tepelná čerpadla, vyžaduje však pro extrakci energie větší plochu pozemku.

Výsledky získané zpracováním disertační práce dokazují, že správným návrhem konfigurace zemního výměníku lze zabránit nevratným změnám tepelného potenciálu zemního masivu, ohrožujících spolehlivost celého energetického systému s tepelným čerpadlem. Při konfiguraci výměníku je nutné zohledňovat tepelné charakteristiky zemního masivu ( $\lambda$ ,  $c$ ,  $a$ ). Nesprávné dimenzování zemního výměníku má za následek nízkou teplotu, respektive nízké průtoky teplonosné kapaliny. Výsledkem jsou provozní problémy a nevhodný chod tepelného čerpadla.

Výsledky provozních ověřování ukazují, že pro zajištění spolehlivosti zemního výměníku ve funkci nízkoteplotního zdroje energie a spolehlivosti celého energetického systému je nutné zohlednit následující faktory:

- Plocha zemního masivu s výměníkem musí být dostatečně velká, aby došlo v letním období k regeneraci energie odvedené v zimním období akumulací solárního a atmosférického tepla;
- Potrubí zemního výměníku musí být dostatečně dlouhé, aby odpovídalo špičkovému zatížení pro vytápění (nebo chlazení);

- Hloubka uložení zemního výměníku musí být optimalizována jak z hlediska extrémních zimních teplot (abychom měli dostatečný objem zemního masivu jako zdroje tepla), tak i z hlediska akumulace tepla do zemního masivu během teplejších měsíců v roce;
- Půda by měla být dostatečně tepelně vodivá, aby efektivně přenášela teplo do teplosměnné plochy výměníku.

Splněním cílů práce byly získány podklady pro navrhování matematických modelů teplotních polí v zemním masivu s vertikálním zemním výměníkem využívaným pro vytápění a chlazení budov.

## **6. Použité zdroje**

Neuberger P., Adamovský R., Šed'ová M. Temperatures and Heat Flows in a Soil Enclosing a Slinky Horizontal Heat Exchanger. *Energies* (2014), 7/2, 972-978. ISSN 1996-1073

## 7. Seznam publikací a konferencí

### Konference

PAULI P., ŠEĎOVÁ M., MAŠEK L. Zemní masiv jako zdroj energie pro horizontální tepelný výměník. Mezinárodní vědecká konference mladých 2012. In *XIV. MEDZINÁRODNÁ VEDECKÁ KONFERENCIA MLADÝCH 2012 11.06.2012, Zvolen*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene Fakulta environmentálnej a výrobnjej techniky

ŠEĎOVÁ M., ADAMOVSÝ R., PAULI P. Analyzing temperature changes in the ground massif with Slinky heat exchanger. In *University Conference in Life Sciences 2011. Czech University of Life Sciences Prague*, 2011. s. 149-155. ISBN 978-80-213-2226-4.

ADAMOVSÝ R., NEUBERGER P., MAŠEK L., PAULI P., P. Analýza teplot zemního masivu s horizontálním zemním výměníkem typu Slinky, *Mezinárodní vědecká konference Clima 2013*, In Prague Congress Centre, 5. května 65, 140 21 Praha 4, Czech Republic 17.6.2013, ISBN 978-80-260-4001-9

ŠEĎOVÁ M., ADAMOVSÝ R., NEUBERGER P., PAULI P. Teploty a změny teplot v oblasti zemního tepelného výměníku typu Slink. In *XIII. Mezinárodní vědecká konference mladých 2011. Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta*, 2011. s. 184-189. ISBN 978-80-213-2194-6.

### Konference databáze Scopus

NEUBERGER P., ADAMOVSÝ R., PAULI, P. VERTICAL ROCK HEAT EXCHANGERS – SOURCES OF ENERGY TO HEAT PUMPS. In *5th International Conference on Trends in Agricultural Engineering 2013, TAE 2013 03.09.2013, Prague*. Prague: Czech University of Life Sciences Prague, 2013. s. 451-455.



**Časopis v seznamu rady vlády**

ŠEĎOVÁ M., ADAMOVSKEÝ R., NEUBERGER P., PAULI P. Teploty a změny teplot v oblasti zemního tepelného výměníku. *Agritech Science*, 2011, roč. 5, č. 3, s. 1 - 8. ISSN: 1802-8942.

**Časopis s IF**

PAULI, P. - NEUBERGER, P. - ADAMOVSKEÝ, R. Monitoring and analysing changes in temperature and energy in groundmass with installed horizontal ground heat exchangers. *Energies*, 2016, in print

## 8. Abstract

The dissertation with the topic “Ground as an Energy Source” discusses the utilisation of horizontal heat exchangers as sources of heat at low temperature for heat pumps. Chapter “Current Situation in the Field” describes the environmental properties of heat pumps, the effects existing in the ground and the individual types of ground heat exchangers.

Chapter “Objectives and Hypotheses of the Dissertation” lays down the individual hypotheses of the research and the objectives of the dissertation. The theoretical part of the “Set of Methods” chapter gives an understanding of the mathematical relationships describing the theory of heat sharing in the ground, the measurement methods, the method of processing experimental data, and the measuring instruments used. The “Results and Discussion” chapter includes the basic findings and opinions processed on the basis of values measured.

The final chapter “Conclusions and Recommendations for Practical Use” comments on the results achieved and elaborates on utilising horizontal heat exchangers in practice.

**Keywords:** Heat pump, horizontal ground exchanger, soil temperature, heating season