



TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH



**Fakulta Baníctva, Ekológie,
Riadenia a Geotechnológií**



Ústav podnikania a manažmentu



Centrum obnoviteľných
zdrojov energie

VIII. ROČNÍK MEDZINÁRODNEJ VEDECKEJ KONFERENCIE

RESpect 2013



26. – 28. marec 2013

v rekreačnom zariadení

PoráčPark, Relax & Sport centrum Poráčska dolina

*Konferencia sa konala pod záštitou dekana Fakulty BERG
Prof. Ing. Gabriela Weiss, PhD.*

Cieľom konferencie je poskytnúť priestor na diskusiu o obnoviteľných zdrojoch energie z pohľadu jej potenciálu, využiteľnosti, ekonomiky a dopadu na životné prostredie v sekciách:

- Biomasa, solárna, veterná a geotermálna energia
- Podpora výskumu v oblasti obnoviteľných zdrojov energie
- Aktuálne trendy v podnikaní, ekonomike a manažmente energetiky

Vedecký výbor konferencie

prof. Ing. Adriana CSIKÓSOVÁ, CSc., prof. Ing. Michal CEHLÁR, PhD.,
prof. Ing. Peter HORBAJ, PhD., prof. Ing. Jozef JANDAČKA, PhD.,
doc. Ing. Zdeněk DOSTÁL, PhD., doc. Ing. Petr BAČA, PhD.,
doc. Ing. Dušan KUDELAS, PhD., doc. Ing. Štefan KUZEVIČ, PhD.,
doc. Ing. Radim RYBÁR, PhD., doc. Ing. Peter TAUŠ, PhD., doc. Ing. Jiří VANĚK, PhD.

Organizačný výbor konferencie

doc. Ing. Peter TAUŠ, PhD.
Ing. Marcela TAUŠOVÁ
Ing. Ján KOŠČO, PhD.

CIELE A OBSAHOVÁ NÁPLŇ KONFERENCIE

V poslednom období zaznamenávame nielen zvýšený záujem o obnoviteľné zdroje energie a možnosti znižovania energetických nákladov, ale aj obrovský pokrok v technológiách zabezpečujúcich výrobu energie na báze obnoviteľných zdrojov, či podieľajúcich sa na úspore energie. Cieľom tejto periodickej konferencie je poskytnutie priestoru na výmenu skúseností a prezentáciu teoretických, vedeckých, technologických a priemyselných výsledkov v oblasti racionálnej výroby, prenosu a spotreby energie kladúc dôraz na obnoviteľné zdroje energie.

ROKOVACÍ JAZYK

slovenský, český, anglický

Kontakt

Prípravný výbor konferencie RESpect

e-mail: peter.taus@tuke.sk

e-mail: marcela.tausova@tuke.sk

e-mail: jan.kosco@tuke.sk

TU Košice, F BERG, ÚPaM

Park Komenského 19, 042 00 Košice, Slovenská Republika

tel: +421 55 602 2385

fax: +421 55 602 5195

web: [RESpect 2013](http://RESpect2013)

Vydal: Edičné stredisko FBERG

ISBN: 978-80-553-1405-1

Obsah

EKONOMICKÉ ASPEKTY VYUŽÍVANIA OBNOVITELNÝCH ENERGETICKÝCH ZDROJOV	1
MICHAL BIGAŇ, JÁN SUARTO	
EFFICIENCY OF GEOTHERMAL ENERGY USE ON THE ELECTRICITY PRODUCTION IN A HYBRID HEAT POWER PLANT	9
LADISLAV BÓSZÖRMÉNYI, ALENA BUJANSKÁ, PETER BUJANSKÝ	
MAPA SPOTREBY ENERGÍI PO ROKU	22
IMRICH BURANSKÝ	
VYUŽITIE SOLÁRNYCH ELEKTRÁRNI SLOVENSKA	31
IMRICH BURANSKÝ	
WORLD LEADERS IN THE PHOTOVOLTAICS INDUSTRY AND FORECAST OF NATIONAL MARKET TRENDS TO 2015.....	40
MICHAL CEHLÁR, ZUZANA JURKASOVÁ	
VÝKON SLNEČNÉHO ŽIARENIA NA POVRCHU ZEME	47
ZDENĚK DOSTÁL, MIROSLAV ĎULÍK	
VPLYV PREDSÚŠANIA DENDROMASY Z PLANTÁŽNICKY PESTOVANÝCH PORASTOV DREVINY SALIX VIMINALIS NA VLASTNOSTI BIOPALIVA - ENERGETICKEJ ŠTIEPKY	66
LADISLAV DZURENDA, ADRIÁN BANSKI, MIROSLAV DZURENDA	
MOŽNOSTI EKONOMICKÝCH HODNOTENÍ FOTOVOLTAICKÝCH ELEKTRÁRNÍ.....	73
ZUZANA FABIÁNOVÁ, EUDMILA SÝKOROVÁ	
RENEWABILITY AND DYNAMIC RESERVES PREDICTIONS OF GEOTHERMAL SOURCES: PPLICATION OF TEMPERATURE RESPONSE AND RECOVERY TIME ANALYSIS FOR THE BEŠEŇOVÁ ELEVATION HYDROGEOTHERMAL STRUCTURE (NORTHERN SLOVAKIA)	79
BRANISLAV FRIČOVSKÝ, LADISLAV TOMETZ	
TEMPERATURE DEPENDENCE OF ELECTROLUMINESCENT EMISSION OF SOLAR CELLS... 93	
ROMAN GVRITISHVILI, JIRI VANEK	
SPAĽOVANIE DREVNÝCH PELIET S PRÍDAVKOM ADITÍV	97
MICHAL HOLUBČÍK, JOZEF JANDAČKA, MILAN MALCHO, RADOVAN NOSEK	
VPLYV KVALITY DIGITÁLNEHO MODELU RELIÉFU NA VYHLADÁVANIE LOKALÍT PRE VYUŽÍVANIE SLNEČNEJ ENERGIE	102
VIERA HURČÍKOVÁ	
TEPLOTA VONKAJŠIEHO SPAĽOVACIEHO VZDUCHU VERZUS TEPELNÝ VÝKON V LOKÁLNO M ZDROJI TEPLA	107
JOZEF JANDAČKA, MILAN MALCHO, MICHAL HOLUBČÍK, RADOVAN NOSEK, HELENA SMATANOVÁ	
POROVNANIE VÝKONOVÝCH CHARAKTERISTÍK TEPELNÝCH ČERPADIEL S ELEKTRICKÝM A PLYNOVÝM POHONOM	113
MARTNA JANOVCOVÁ, JOZEF JANDAČKA, MILAN MALCHO, ANDREJ KAPJOR, ROMAN KIŠ	
VYUŽITE TEPELNÝCH TRUBÍC PRI ZÍSKAVANÍ TEPLA ZO SPALÍN	118
KATARÍNA KADUCHOVÁ, ŠTEFAN PAPUČÍK, RICHARD LENHARD, JOZEF JANDAČKA, MILAN MALCHO, VLADIMÍR ŠARINA	

VYUŽITIE TEPELNÝCH TRUBÍC S PULZUJÚCOU NÁPLŇOU NA CHLADENIE ELEKTROTECHNICKÝCH SÚČIASTOK	123
ZUZANA KOLKOVÁ, MARTIN SMITKA, MILAN MALCHO, JOZEF JANDAČKA	
POČÍTAČOVÉ MODELOVANIE PREVÁDZKOVÝCH PARAMETROV PROTOTYPOV SLNEČNÝCH VZDUCHOVÝCH KOELKTOROV NA BÁZE RECYKLOVANÝCH PLASTOV	127
DENISA KRISTÓFOVÁ, PETER TAUŠ, IVAN HOVORKA, PETER HALKO	
NIEKOLKO POZNÁMOK K ZNEŠKODŇOVANIU KOMUNÁLNEHO ODPADU V EU	135
MARTA LENGYELOVÁ, PETER HORBAJ, MARIÁN LAZÁR	
MOŽNOSTI VYUŽITÍ OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ ENERGIE NA VENKOVĚ V ČR – PŘÍPADOVÁ STUDIE HOSTĚTÍN	141
MÁRIA PÁKOZDIOVÁ, JANA ŽITŇÁKOVÁ, IVA KŘENOVSKÁ, ANTONÍN VAISHAR	
TYPOLÓGIA PRACOVNÝCH MIEST V OBLASTI OZE	150
STANISLAV REIŠTETTER, PETER GALLO	
FLUIDNÉ A ENERGETICKÉ POMERY V MATRICI KOVOVEJ PENY	157
RADIM RYBÁR, MARTIN BEER	
VÝROBA VODÍKA PROSTREDNÍCTVOM OBNOVITEĽÝCH ZDROJOV V KONTEXTE ENERGONOSIČA PRE USKLADNENIE ENERGIE	164
IGOR ŠIMKO	
WIND TURBINE FUHLÄNDER FL2500 AND GAMESA G97 (COMPARISON OF ENERGY YIELD)	170
SERGEJ STRAŇÁK, TOMÁŠ SCHÜTZ	
EKONOMICKÉ HODNOTENIE FVE NA SLOVENSKU	175
EUDMLA SÝKOROVÁ, ZUZANA FABIÁNOVÁ, IVAN HOVORKA, PETER TAUŠ, PETER HALKO	
VYUŽÍVANIE MATEMATICKÉHO MODELOVANIA V OBLASTI ALTERNATÍVNYCH ZDROJOV ENERGIE	183
KATARÍNA TEPLICKÁ	
KONCENTRÁCIA SLNEČNÉHO ŽIARENIA V SOLÁRNEJ ENERGETIKE	190
JÁN TRÁČ	
ZISKOVOSŤ FOTOVOLTIČKEJ ELEKTRÁRNE PRE ROK 2013 S INŠTALOVANÝM VÝKONOM 10 KW	196
JANA TOMČEJOVÁ, PETER TAUŠ, DANIEL BUC	
NESTACIONÁRNE AERODYNAMICKÉ EFEKTY NA VETERNÝCH ZARIADENIACH	214
MARTINA URBANOVÁ	
PULZNÍ FORMACE OLOVĚNÝCH AKUMULÁTORŮ	222
SEBASTIAN VACULÍK, PETR BAČA, PAVEL ABRAHAM	
SNAIL TRACKS PHENOMENON ON PHOTOVOLTAIC MODULES	226
JIRÍ VANĚK, ROMAN GVRITISHVILI	
COMPARISON BETWEEN VISUAL AND THERMOVISION INSPECTION OF PV FIELD	232
JIRÍ VANĚK, JAN STRNADEL, MAREK SCHOLLER	
EXPERIMENTÁLNE MERANIA FÁZOVEJ PREMENY NH3 V GRAVITAČNEJ TEPELNEJ TRUBICI NA SIMULAČNOM ZARIADENÍ HLBKOVÉHO VRTU	238
MARTIN VANTÚCH, JOZEF JANDAČKA, MILAN MALCHO, ROMAN KIŠ, ANDREJ KAPJOR, HELENA SMATANOVÁ	

POROVNANIE VÝKONOVÝCH CHARAKTERISTÍK TEPELNÝCH ČERPADIEL S ELEKTRICKÝM A PLYNOVÝM POHONOM

Ing. Martina Janovcová¹⁾, prof. Ing. Jozef Jandačka, PhD.1),
prof. RNDr. Milan Malcho, PhD.1), doc. Ing. Andrej Kapjor, PhD1), Ing. Roman Kiš1)

¹⁾Katedra energetickej techniky, Strojnícka fakulta ŽU v Žiline, Univerzita 1,
Veľký diel, 010 26 Žilina, tel./fax: +421 41 513 2260
e-mail: ket@fstroj.uniza.sk, web: <http://fstroj.uniza.sk/web/ket>

Abstrakt: Článok sa zaoberá porovnaním tepelných čerpadiel s rôznym druhom pohonnej energie nielen z hľadiska spotreby primárnej energie, ale aj z pohľadu efektívnosti premeny nízkoenergetickej energie z obnoviteľných zdrojov energie na teplo.

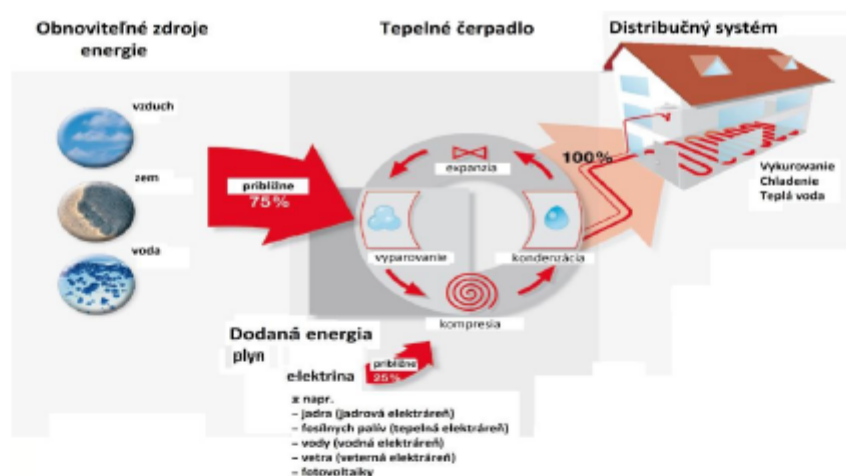
Príučové slová: obnoviteľné zdroje energie, tepelné čerpadlá, výkonové číslo, efektívnosť

1 ÚVOD

V snahe realizovať ambiciózne ciele pre znižovanie skleníkových plynov sa do povedomia dostávajú obnoviteľné zdroje energie (OZE). OZE majú napomáhať pri výrobe energie a odľahčiť tým spotrebu zásob fosílnych palív, ktorá je časovo limitovaná a tým pádom aj znižovať produkciu emisií pri výrobe tepla i chladu. Nielen v rámci zákonov energetickej politiky v EÚ, ale aj výrobcovia a spotrebitelia energie hľadajú optimálne riešenie, ako čo najefektívnejšie vyrábať energiu z primárnych zdrojov s ohľadom na ekologický dopad na našu planétu. Obrovský potenciál pre splnenie týchto požiadaviek je využitie tepelných čerpadiel (TČ). TČ ako transformátory nízkoenergetického tepla na teplo využiteľné sa začali nasadzovať veľmi výrazne do vykurovacích systémov hlavne nízkoenergetických stavieb. Rozvoj použitia tepelných čerpadiel v Slovenskej republike v porovnaní s ostatnými európskymi krajinami je minimálny. Čo je zapríčinené nedostatočnou a často nesprávnou informovanosťou potenciálnych užívateľov tejto technológie výroby tepla i chladu. A v neposlednom rade absenciou významnejších štátnych finančných alebo iných stimulov pre využitie tepelných čerpadiel.

2 PRINCÍP ČINNOSTI TEPELNÝCH ČERPADIEL

Princíp fungovania TČ je založený na skupenských premenách pracovnej látky (chladiva) vo vnútornom okruhu tepelného čerpadla. TČ obsahujú jeden alebo viac chladiacich okruhov s kompresorom, ktorý je poháňaný elektrickou energiou alebo spaľovacím motorom. Podľa smeru toku tepla môžu TČ slúžiť na vykurovanie alebo chladenie. Ak plnia obe funkcie hovoríme o reverzibilných tepelných čerpadlách. Princíp činnosti TČ je znázornený na obrázku č.1. Pracovná látka vo výparníku odoberá teplo z primárneho zdroja tepla (vzduch, voda alebo zem), mení svoje skupenstvo a v plynnom stave je nasávaná kompresorom v ktorom sa stláča za pomoci mechanickej energie na vyššie tlaky a ohrieva na vyššie teploty. V kondenzátore mení pracovné médium svoje skupenstvo a odovzdáva teplo do sekundárneho okruhu (napr. do systému vykurovania, prípravy teplej vody resp. na chladenie). V expanznom ventile sa znižuje tlak kvapalného pracovného média z kondenzačného na tlak vo výparníku. Pracovná látka opätovne vstupuje do výparníka a celý cyklus sa opakuje.



Obr. 1 Schéma tepelného čerpadla

3 ANALÝZA TEPELNÝCH ČERPADIEL

Tepelné čerpadlá je možné klasifikovať z mnohých hľadísk, napr. podľa zdroja nízkoenergetického tepla, výkonu, polohy výmenníkov, účelu použitia atď. Bližšie sa budeme zaoberať TČ s rôznou vstupnou energiou. Aby mohlo TČ pracovať je potrebné mu dodať energiu. Podľa toho akú formu energie TČ na svoju prevádzku využíva, možno tepelné čerpadlá rozdeliť na:

- tepelné čerpadlá poháňané *elektromotorom*
- tepelné čerpadlá poháňané *plynovým spaľovacím motorom*

Plynové tepelné čerpadlá (PTČ) sú konštrukčne takmer identické s elektrickými tepelnými čerpadlami. Rozdiel je v tom, že elektrický motor kompresora je nahradený plynovým spaľovacím motorom s vlastným dochladzovacím okruhom a výfukovým systémom. PTČ získavajú teplo nielen z OZE, ale aj z chladiaceho okruhu motora a z produkcie spalín. Z tohto dôvodu je PTČ mimoriadne energeticky účinným systémom.

Doterajšie analýzy z hľadiska spotreby primárnej energie ukazujú, že účinnejšia transformácia sa dá dosiahnuť prostredníctvom PTČ ako vidieť na obrázku číslo 2. Tepelné čerpadlo s elektrickým pohonom kompresora vyrobí 100 % požadovanej tepelnej energie spotrebou 80 - 85 % primárnej energie. Výhodnejšia transformácia primárnej energie je prostredníctvom tepelných čerpadiel s plynovým motorom, ktoré na premenu spotrebujú približne 65 - 70 % primárnej energie a dokáže výhodne využiť odpadové teplo z chladenia motora.



Obr. 2 Porovnanie energetických systémov z hľadiska spotreby primárnej energie

4 ENERGETICKÁ EFEKTÍVNOSŤ TEPELNÝCH ČERPADIEL

Energetickú efektívnosť výroby tepelnej energie pomocou tepelných čerpadiel je možné vyjadriť kvantitou vyrobenej energie na jednotku dodávanej pohonnej energie do systému. Tento pomer sa nazýva výkonové číslo, označuje sa COP (z anglického „coefficient of performance“). Je zrejme, že čím väčšiu hodnotu COP systém dosahuje, tým vyrobí viac užitočnej tepelnej energie na jednotku dodávanej pohonnej energie a je teda energeticky efektívnejší. COP elektrických tepelných čerpadiel sa pohybuje v rozsahu 3 – 5, u plynových tepelných čerpadiel táto hodnota dosahuje COP = 1,2 – 2,1.

$$COP = \frac{Q_{OUT}}{Q_{IN}} \quad [-] \quad (1)$$

kde: Q_{OUT} [kW] je výsledná energia pri teplote T_{OUT} ,
 Q_{IN} [kW] je energia dodaná do tepelného čerpadla (elektrická energia alebo energia obsiahnutá v zemnom plyne).

Hodnota COP je teda nedokonalým vyjadrením energetickej efektívnosti termodynamických obehov tepelných čerpadiel, pretože nie je možné ju obecné využiť pre porovnávanie energetických systémov výroby tepla s rôznymi druhmi pohonnej energie. Tento nedostatok je možné odstrániť definovaním energetickej efektívnosti systému ako pomeru spotrebovanej pohonnej primárnej energie na jednotku vyrobenej užitočnej tepelnej energie. Takto vyjadrenú energetickú efektívnosť nazývame stupeň využitia primárnej energie a označujeme PER (z anglického „primary energy rate“). Je zrejme, že čím nižšiu hodnotu PER systém dosahuje, tým spotrebuje menej primárnej energie na jednotku vyrobenej užitočnej energie a tým je energeticky efektívnejší. Treba si uvedomiť, že elektrická energia nie je primárna energia a vyrába sa s účinnosťou cca 34 – 37 %. Hodnota PER zahŕňa aj túto účinnosť výroby elektrickej energie.

$$PER = \frac{\sum E_p}{\sum E_U} \quad [-] \quad (2)$$

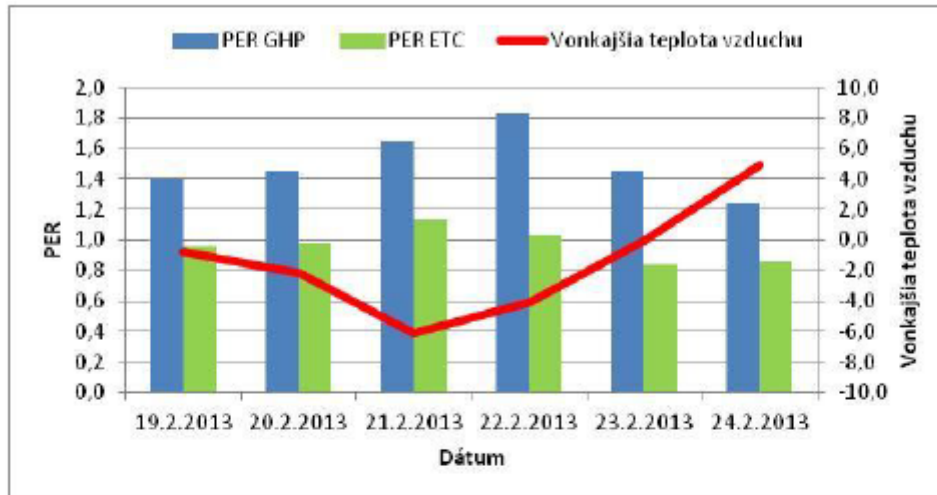
kde: $\sum E_p$ je súčet spotrebovanej primárnej pohonnej energie,
 $\sum E_U$ je súčet užitočne získaných energetických tokov zo zariadenia.

Pomocou hodnôt PER je možné na rozdiel od hodnôt výkonového čísla COP porovnávať ľubovoľné energetické systémy na výrobu tepla, s rôznymi druhmi pohonnej aj produkovanej energie, ako aj rôzne kombinované systémy výroby tepla, chladu a elektrickej energie.

5 EXPERIMENTÁLNE MERANIE

Experimentálne zariadenie sa nainštalovalo v areály Žilinskej Univerzity. Meranie prebiehalo v zimnom období, keď sa dosahovali teploty v intervale – 6 až + 5 °C. Modrou farbou sú dosiahnuté hodnoty PER plynového tepelného čerpadla a zelenou elektrického

tepelného čerpadla. Z experimentálneho merania sa preukázalo, že ETC pracovalo efektívnejšie ako PTC v oblasti nízkych vonkajších teplôt.



Obr. 3 Porovnanie PER elektrického a plynového tepelného čerpadla

6 ZÁVER

Meraním sa získali relevantné údaje o práci plynového tepelného čerpadla v porovnaní s elektrickým tepelným čerpadlom v reálnych podmienkach. Analýzy a výhody PTC sa síce nepotvrdili, avšak rozdiely, ktoré vznikli medzi nameranými a tabuľkovými hodnotami mohli byť ovplyvnené výkonom obehového čerpadla na sekundárnom okruhu, vyššou výstupnou teplotou ako je odporúčaná a nedostatočným odberom tepla z PTC. Preto je potrebné vykonať ďalšie merania za rôznych podmienok a získať tak väčší rozsah údajov o týchto progresívnych zdrojoch tepla využívajúcich obnoviteľné zdroje energie.

Pod'akovanie

Tento článok vznikol v rámci riešenia projektu **EkoFond - 249_PG_04_2010 A** „Experimentálne určenie využitia primárnej energie ZP na teplo pri použití plynových tepelných čerpadiel“ podaného v rámci programu 04/2010/A Aplikovaný výskum a vývoj progresívnych technológií na báze ZP.

LITERATÚRA

- [1] STN EN 15316 – 4 – 2: Heating systems in buildings – Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies – Part 4 – 2: Space heating generation systems, heat pump systems, 127s.
- [2] BAKKER, E. a kol. 2010. Gas heat pumps. Efficient heating and cooling with natural gas. Netherlands. Vydavateľstvo: GasTerra/Castel international Publishers, 2010. ISBN: 978-90-79147-12-0. 173 s.
- [3] Knižat, B., Rajzinger, J. : Stanovenie rozloženia teploty pri prúde zemného plynu v potrubí = Estimating of Temperature distribution in natural gas pipelines. In: Strojné inžinierstvo 2005 = Mechanical Engineering 2005 : Zborník abstraktov a

- článkov / nadát. Strojné inžinierstvo 2005. 9. Medzinárodná konferencia. Bratislava, 16.11. 2005. - Bratislava : STU v Bratislave, 2005. - ISBN 80-227-2314-2. - S. 621-627
- [4] Rajzinger, J., Knižat, B.: Citlivostná analýza vybraných fyzikálnych veličín zemného plynu. In: Fluid Mechanics and Thermomechanics : Zborník abstraktov / nadát. Medzinárodná vedecká konferencia katedier mechaniky tekutín a termomechaniky. XXV. Modra-Harmónia, 28.-30.6.2006. - Bratislava : STU v Bratislave, 2006. - ISBN 80-227-2434-3.
- [5] Tauš, P. - Kuzevič, Š. - Koščo, J.: Analýza interakcie prevádzky 1MW tepelného čerpadla a lokálnych hydrogeologických pomerov, In: TechCON. Roč. 8, č. 1 (2012), s. 4-6. - ISSN 1337-3013
- [6] www.klimainfo.sk, Energetická a ekonomická efektívnosť tepelných čerpadiel.