

Doc. Ing. Mojmír VRTEK, Ph.D.  
Vysoká škola báňská – Technická  
univerzita Ostrava  
Fakulta strojní,  
Katedra energetiky

# Tepelná čerpadla na VŠB – TU Ostrava

## Heat Pumps at VŠB – TU Ostrava

Recenzent  
Prof. Ing. Jiří Petrák, CSc.

Článek se zabývá popisem, historií realizace a zhodnocením dosavadního provozu systému tepelných čerpadel o instalovaném topném výkonu 700 kW, který vytápí budovu nové Auly na Vysoké škole báňské – Technické univerzitě Ostrava. Deset kusů tepelných čerpadel země–voda využívá nízkopotenciální teplo čerpané ze 110 vrtů průměrné hloubky 140 m.

**Klíčová slova:** vytápění, tepelné čerpadlo, zemní vrt

The article deals with the description, history of realization and performance evaluation of heat pump system with nominal heating output of 700 kW that heats New University Hall at VŠB – TU Ostrava. Ten ground source to water heat pumps utilize low-potential heat transported from 110 boreholes with average depth of 140 m.

**Key words:** heating, heat pump, ground probe

Dne 27. 10. 2006 byl zahájen provoz tepelných čerpadel na Vysoké škole báňské – Technické univerzitě Ostrava. Cílem investiční akce bylo zabezpečit vytápění nově postavené budovy Auly a Centra informačních technologií tepelnými čerpadly země – voda. Zdrojem nízkopotenciálního tepla jsou zemní vrty. Bivalentním, doplňkovým zdrojem je výměňková stanice centralizovaného zásobování teplem.

Akce byla podpořena z Evropského fondu pro regionální rozvoj (European Regional Development Fund – ERDF), v rámci 3. výzvy Operačního programu Infrastruktura, dodavatelem akce byly OHL ŽS, a.s. a Tepelná čerpadla IVT, s.r.o.

Tab. 1 Investiční náklady na realizaci a jejich pokrytí

Náklady	[ % ]	[ Kč ]
Celkové náklady		65 964 483
Nezpůsobilé výdaje		2 031 328
Způsobilé výdaje	100	63 933 155
Podpora	80	51 146 523
Z toho		
Dotace ERDF	70	44 753 208
Dotace SFŽP	10	6 393 315
Ostatní a vlastní zdroje	20	12 786 632

## TECHNICKÝ POPIS REALIZACE

### Projektované tepelné parametry budovy

Teplo pro vytápění je rozděleno na dodávku tepla pro ústřední vytápění (ÚT) a dodávku tepla pro vzduchotechniku (VZT). Dále je uvažováno s teplem na přípravu teplé vody (TV).

Tab. 2 Potřeby tepelného příkonu (oblastní teplota –15 °C) [3]

Spotřebič	Tepelný příkon	Teplotní spád	Podíl
	[kW]	[°C/°C]	[%]
ÚT	250	55/45	21
VZT	909	80/60	79
Celkem vytápění	1159		100
TV	150	55/45	

### Zdroj tepla – tepelná čerpadla

Základním zdrojem tepla je soustava 10 ks tepelných čerpadel země–voda IVT Greenline D70.

Tab. 3 Výkonové parametry tepelného čerpadla podle EN255 [1]

Režim	Topný výkon	Elektrický příkon	Topný faktor
	[kW]	[kW]	[-]
0/35 °C	67,8	16,7	4,1
0/50 °C	69,8	22,3	3,1

Souhrnný instalovaný topný výkon tepelných čerpadel je tedy cca 700 kW, což je 60 % celkového tepelného výkonu potřebného pro vytápění.

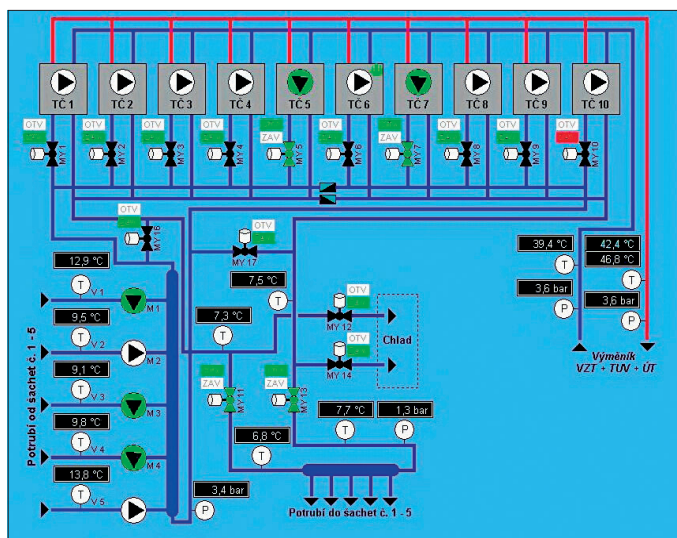
### Zdroj nízkopotenciálního tepla

Zdrojem nízkopotenciálního tepla je soustava 110 vrtů o průměrné hloubce 140 m, kterými protéká teplotonosná nemrznoucí kapalina na bázi směsi vody a etylalkoholu. Vrty jsou rozmístěny na ploše cca 8000 m<sup>2</sup>, převážně pod parkovišti.

Vrty jsou rozděleny do 5 samostatných sekcí po 22 vrtech. Potrubní okruhy vrtů u každé sekce jsou svedeny do samostatné sběrné šachtice, kde jsou umístěny rozdělovač, sběrač a systém pro hydraulické vyrovnání průtoku jednotlivých okruhů vrtů. Z každé sběrné šachtice je pak samostatným dvoutrubkovým okruhem a samostatným oběhovým čerpadlem přiváděna teplotonosná kapalina do strojovny tepelných čerpadel.

Tab. 4 Geologický profil testovacího vrtu č. 1 [2]

Hlubkový interval	Geologický profil
od – do [m]	
0,0 – 2	Jíl žlutohnědý – kvartér
2–3	Jíl žlutohnědý se šterkem – kvartér
3–8,5	Šterky – kvartér
8,5–13	Šterkopísek – kvartér
13–14,2	Písek jílový – kvartér
14,2–50	Jíl šedý – miocén
50–62	Jíl šedo zelený – miocén
62–130,7	Jílovce, prachovce, proplásky jílovce, v 97 m s křemenem – spodní karbon, v hloubce 105 m významný přítok vody



Obr. 1 Schéma systému tepelných čerpadel

Pro upřesnění délky vrtů byly uskutečněny v přípravné fázi 2 testovací vrty s rozбором geologického profilu a následně s provedením testu tepelné odezvy. Test tepelné odezvy (Thermal response test – TRT) byl proveden pracovníky Lund University ze Švédska.

Testy tepelné odezvy jednotlivých vrtů trvaly 75 až 93 hodin, přičemž byly naměřeny energetické výtěžnosti vrtů pohybující se okolo  $60 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}$  délky vrtu a tepelná vodivost horninového masívu  $2,15 \text{ W}\cdot(\text{m}\cdot\text{K})^{-1}$ . Výsledný počet a hloubka vrtů byly stanoveny softwarovým výpočetním nástrojem EED 2 [2].

### Zdroj tepla – bivalentní zdroj CZT

Bivalentním zdrojem je výměňková stanice centralizovaného zásobování teplem (horkovodní síť Dalkia Česká republika, a.s.). Výměňková stanice je kapacitně schopna plně zabezpečit dodávku tepla pro budovu a plní tak i funkci 100% zálohy.

### HISTORIE

Původní řešení zdroje tepla počítalo pouze s využitím klasického CZT. V průběhu výstavby však došlo k přehodnocení a bylo navrženo využití TČ. Protože k tomu došlo až v průběhu výstavby, nebylo možno již zvětšit suterénní prostory pro VZT jednotky a tudíž VZT jednotky i výpočtový teplotní spád pro VZT zůstal podle původního řešení.

Protože u první žádosti o dotaci byly ze strany SFŽP shledány formální nedostatky, byla úspěšná až druhá žádost, podaná o půl roku později. Jelikož bylo přiznání dotace nejisté a v případě jejího nepřiznání by byl záměr neuskutečnitelný, byl v průběhu uvedeného půl roku dále dodržován harmonogram i rozsah výstavby dle původního projektu. To například vedlo k tomu, že se dále pracovalo na výměňkové stanici a jejím vnějším napojení na CZT, ačkoliv v návrhu s TČ bylo prvotně počítáno s elektrokotli jako bivalentními zdroji.

Obdobně byl ponechán původní způsob výroby chladu pro klimatizaci chillerem namísto nabízející se možnosti využití tepelných čerpadel jako chladicích zařízení s odvodem kondenzačního tepla buď do vzduchu nebo do vrtů. Je však možné vychlazovat chladicí vodu pro klimatizaci oběhovým médiem primárního okruhu. Konečné řešení systému je naznačeno na obr. 1 (obrazovka z řídicího systému ProCOP Monitor).

### ZKUŠENOSTI Z PROVOZU

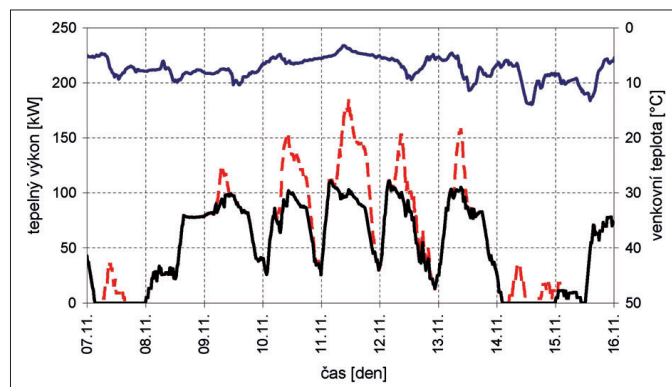
#### Řízení a regulace

Jeden z prvních problémů, který bylo nutno řešit, bylo vyladění řízení a regulace. Budova Auly obsahuje jak přednáškové místnosti (s kapacitou 460, 180,  $2 \times 88$  míst a další menší), tak i část kancelářskou. Ačkoliv dodaný řídicí systém je schopen autonomního provozu, pro zajištění ekonomického sofistikovaného provozu je nutno brát ohled na to, jak jsou přednáškové místnosti využívány. Režim a míra využití jsou značně proměnlivé, takže nutná výměna vzduchu a tedy i potřeba tepla pro ohřev VZT je velmi rozdílná. Názorně je to vidět na časovém detailu devítidenního průběhu znázorněném na obr. 2. Průběh začíná sobotou a končí nedělí následujícího týdne. V horní části grafu je křivka znázorňující průběh venkovní teploty (obrácené měřítka), v dolní části je plnou čarou naznačen průběh topného výkonu pro ÚT, čárkovaně celkový dodávaný topný výkon, tzn. že rozdíly mezi oběma křivkami je tepelný výkon dodávaný do VZT. Na obr. 3 je naznačen podobný průběh avšak s původní regulací, kde teplo bylo převážně dodáváno přes ÚT, pouze krátkodobé špičky byly vykrývány VZT.

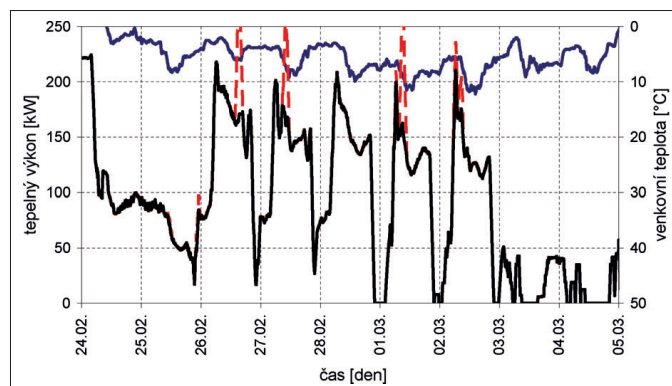
Vyladění soustavy nebylo možné bez nalezení osoby, která se tomuto problému musela začít pravidelně věnovat. Nutno zdůraznit, že osoba musela projevit zájem a nadšení pro danou práci a musela mít určité znalosti v oboru. Protože stávající obsluha výměníků neměla pro tuto práci rezervy, byla nalezena „externí“ osoba ze zaměstnanců univerzity, která se tohoto úkolu ujala. V dnešní době se realizují úpravné zásahy do regulace podle charakteru vytížení místností, jak pro výuku a konference, tak i pro další společenské akce jako jsou plesy, koncerty ap.

#### Bivalentní bod

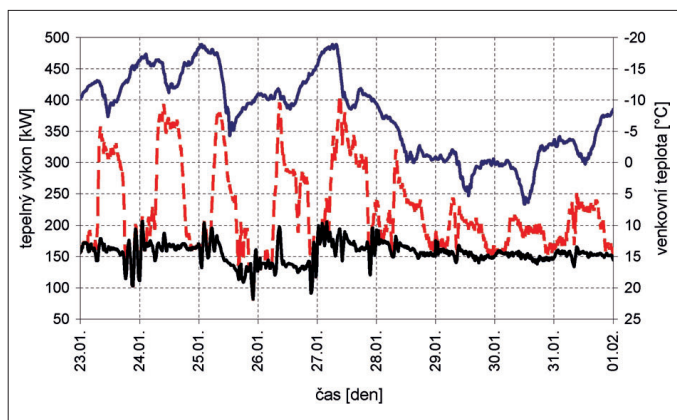
Podle projektovaných tepelných charakteristik, ať už co se týče aktuálních požadavků na tepelný výkon, tak zabezpečení požadovaného teplotního spádu pro VZT, by systém tepelných čerpadel neměl být schopen vytápěcího monovalentního provozu. Nebudeme-li počítat první měsíce provozu, kdy si nevyladěný a ve své podstatě tehdy ještě nikým racionálně neřízený systém přidával teplo z CZT, nebylo pro vytápění za poslední dva roky po-



Obr. 2 Průběh topného výkonu tepelných čerpadel – „vyladěná“ regulace



Obr. 3 Průběh topného výkonu tepelných čerpadel – původní regulace



Obr. 4 Průběh topného výkonu tepelných čerpadel při extrémních podmínkách

užito CZT. V prvních letech provozu 2007, 2008 až 2009 neklesly teploty dlouhodobě pod teplotu  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , takže nebylo možno provozně ověřit teplotu bivalentního bodu. Vhodná situace nastala počátkem roku 2010. Nebylo sice období výuky jako u předešlých průběhů, ale v období 24. až 27. 1. bylo v hlavních sálech pořádáno sympozium. Jak ukazuje průběh na obr. 4, i při teplotách pod  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  byl schopen systém TČ dodávat potřebné teplo. Krátkodobě po cca 1 hodinu bylo v provozu 7 tepelných čerpadel, obvykle pracovalo 6 až 5 tepelných čerpadel. Z CZT byly za toto období odebrány cca 2 GJ tepla pro přípravu TV.

Reálná maximální potřeba topného výkonu se tedy pohybovala na úrovni 400 kW. Určité závislosti ve vztahu topný výkon / venkovní teplota je možno odečíst z grafu na obr. 5.

Jednotlivé body znázorňují okamžité provozní stavy. Orientačně naznačené úsečky vyznačují charakteristiku základních režimů, a to horní úsečka současnou dodávku tepla ÚT a VZT, prostřední ÚT a spodní odpovídá dodávce v době útlumu.

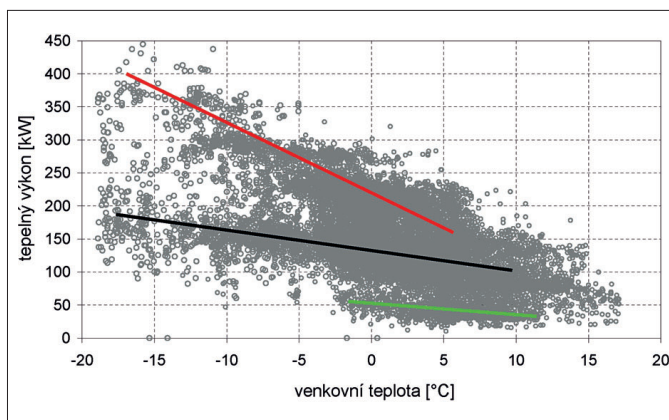
## Příprava TV

Spotřeba tepla pro přípravu TV je vzhledem k vytápění zanedbatelná. Ukázalo se, že pro ohřev TV je zvláště v letních měsících vhodné použít CZT, neboť spotřeba elektřiny pro provoz systému (protáčení oběhových čerpadel primárního okruhu, nájezd oběhového čerpadla před samotným spuštěním TČ, doběh oběhového čerpadla) energeticky deformuje výhody TČ, které bývá v provozu zpravidla jen několik málo minut.

## ZÁVĚR

Nasazení tepelných čerpadel pro vytápění velkých objektů s proměnlivým režimem využívání má oproti běžným budovám, jako jsou obytné nebo kancelářské budovy, svá specifika. Především je nutné, aby návrh tepelného výkonu TČ vycházel z reálných předpokladů současnosti využívání jednotlivých dílčích spotřebičů a nebyl dimenzován na základě maximálních výpočtových topných výkonů, kde v tomto případě hrál hlavní roli výkonový požadavek VZT. Absolutní nárůst investičních nákladů při zvýšení výkonu tepelného zdroje je u TČ několikanásobně vyšší než u klasického výměníku CZT. Lepších možností optimalizace zdrojů a prostředků může být dosaženo pokud je projekt budovy již od počátku projektován s ohledem na využití TČ pro vytápění a klimatizaci. Toto však často nelze při délce zpracování projektu, frekvenci vyhlášení dotačních výzev a nejistotě získání dotace zpravidla zabezpečit, pokud investor neuvažuje i s variantou, že celý projekt bude muset zajistit z vlastních prostředků. Dále je nutno počítat s „osvícenou“ obsluhou, neboť běžný řídicí a regulační systém není v plné míře schopen pokrýt variabilitu jednotlivých režimů využívání.

V roce 2009 bylo dosaženo TČ dodávky 1636 GJ tepla (17 % do VZT, 83 % do ÚT) při spotřebě 170,95 MWh elektřiny, tzn. při topném faktoru



Obr. 5 Provozní stavy

cca 2,66. V uplynulém roce 2010 bylo dosaženo srovnatelných hodnot, a to dodávky 1734 GJ tepla (19 % do VZT, 81 % do ÚT) při spotřebě 180,70 MWh elektřiny, což po zaokrouhlení dává stejný topný faktor jako v roce 2009.

V rámci akce (nebylo dotováno) byl vybudován zkušební polygon pro sledování teplot zeminy ve vrtech. Teplota je sledována v hloubkách 20, 50, 100 a 140 m, a to v deseti energeticky využívaných vrtech a v pěti speciálních měřicích vrtech, které slouží pouze pro měření teplot.

Článek je upraveným příspěvkem na konferenci Alternativní zdroje energie 2010, Kroměříž.

Článek vznikl za podpory programu FT-TANDEM Ministerstva průmyslu a obchodu č. FT-TA4/040 – Využití geotermální energie hlubinných dolů v souladu s trendy udržitelného rozvoje.

Kontakt na autora: [mojmir.vrtek@vsb.cz](mailto:mojmir.vrtek@vsb.cz)

## Použité zdroje:

- [1] Product facts. Greenline model D20/E20/D25/E25/D33/D40/D55/D70. IVT Industrier AB, aktualizováno 10. 11. 2010. Dostupné z: [http://doc.ivt.se/download.asp?pt=files\\_en&fn=Brochure\\_Greenline\\_DE\\_Eng.pdf](http://doc.ivt.se/download.asp?pt=files_en&fn=Brochure_Greenline_DE_Eng.pdf).
- [2] Kunz, A., Komplexní posouzení horninového prostředí jako zdroje nízkopotenciální tepelné energie. Doktorská disertační práce. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2009
- [3] Projektová dokumentace vytápění budovy Auly VŠB-TU Ostrava. Třinec: HE-GAS, s.r.o, 2006. ■

## Staň se zástupcem/představitelem norskopolské firmy NYBORG-MAWENT S.A.

Na tuto pracovní pozici preferujeme fyzické osoby, které jsou již činné jako zástupci zahraničních firem s podobným profilem činnosti, nevylučujeme ale ani firmy, které mohou plnit úkoly technicko-obchodního zástupce/představitele.

Kvalifikační požadavky:

- dobrá znalost trhu
- zkušenosti v oboru
- aktivita, kreativnost, vyjednávací schopnosti
- dobrá znalost obsluhy počítače (MS Office)
- znalost anglického jazyka



Nabídka společnosti Nyborg-Mawent S.A. zahrnuje:

ventilátory axiální, radiální, s ochranou proti výbuchu, ventilační hlavice, žaluzie proti vlivu počasí, zvukové tlumiče. Podrobnosti na stránkách: [www.nyborg-mawent.com](http://www.nyborg-mawent.com)

Příhlášky (včetně CV a motivačního dopisu – v případě fyzických osob) zasílejte prosím na adresu: [ksienkiewicz@nyborg-mawent.com](mailto:ksienkiewicz@nyborg-mawent.com)