



GREEN WAY – nové trendy navrhování vytápěcích a klimatizačních zařízení (2. část)

GREEN WAY –New Trends of Heating and Air Conditioning Equipment Design (Part 2)

Ing. Jiří PETLACH

Ve 2. části článku (dokončení z VVI 1/2008) se autor věnuje technickému řešení systému vytápění a klimatizace konkrétní administrativní budovy. Vysvětluje základní technické a filozofické předpoklady možných řešení, které dále podrobně rozvádí. Návrh technického řešení vzájemného propojení zdrojů tepla a chladu je uveden na schématech pro zimní i letní období, pro zimní období i s případným využitím geotermální energie. Závěrem je uvedena roční měrná úspora provozních nákladů oproti standardnímu řešení

Klíčová slova: Green Way, administrativní budovy, energie

Recenzent
Ing. Marcel Kadlec

The second part of the article (completion from VVI 1/2008) is focused on heating and air conditioning system design in a presentive administrative building. Basic technical and philosophical assumptions of possible solutions are explained and conveyed in details. A proposal of a technical solution of heat and cold sources connection is shown in schemes for a winter and summer period, including possible geothermal energy utilization for a winter period. Annual specific savings of operational costs as compared to a standard solution is given at the end.

Keywords: Green Way, administrative building, energy

1. NÁVRH TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ TECHNIKY PROSTŘEDÍ NA DANOU BUDOVU DLE PROGRAMU GREEN WAY

1.1 Základní předpoklady technického návrhu

Pro dosažení výše uvedených kvalitativních i kvantitativních standardů této budovy budou použity následující technické prostředky:

- Veškeré koncové prvky klimatizace budou schopny předávat teplo a chlad okolnímu prostředí formou nízkopotenciálního tepla a chladu, tzn. budou mít zvětšené teplosměnné plochy.
- Ve vazbě na zvětšené teplosměnné plochy bude možno tepelnými čerpadly předávat topnou a chladicí energii, která bude vyráběna s vysokou účinností v průběhu celého roku.
- Jako primární zdroj energie pro tepelná čerpadla je přednostně uvažována balastní tepelná energie produkovaná při provozu budovy nebo z geotermální energie (vrty o hloubce min. 100 m).
- Využívat optimálně veškerá zařízení instalovaná v budově jako zdroje energie a tak i snížit celkové pořizovací náklady.
- Zajistit spolehlivost a ekologičnost celého systému.

2.2 Konkrétní technická řešení zdrojů tepla a chladu

Základní filozofický předpoklad

Chladicí stroje a tepelná čerpadla jsou zařízení, která pracují na stejném základu, tj. Carnotovém cyklu při stlačování a následné expanzi některých chemických látek. Při různých teplotách a tlacích tak umožňují posun tepelného potenciálu (buď chlazení nebo vytápění) při dodávce určitého množství energie potřebné pro změnu skupenství této látky. Čím je požadavek na větší teplotní rozdíl teplotního potenciálu, tím je potřeba větší množství energie na uskutečnění tohoto procesu.

Z této definice vyplývá:

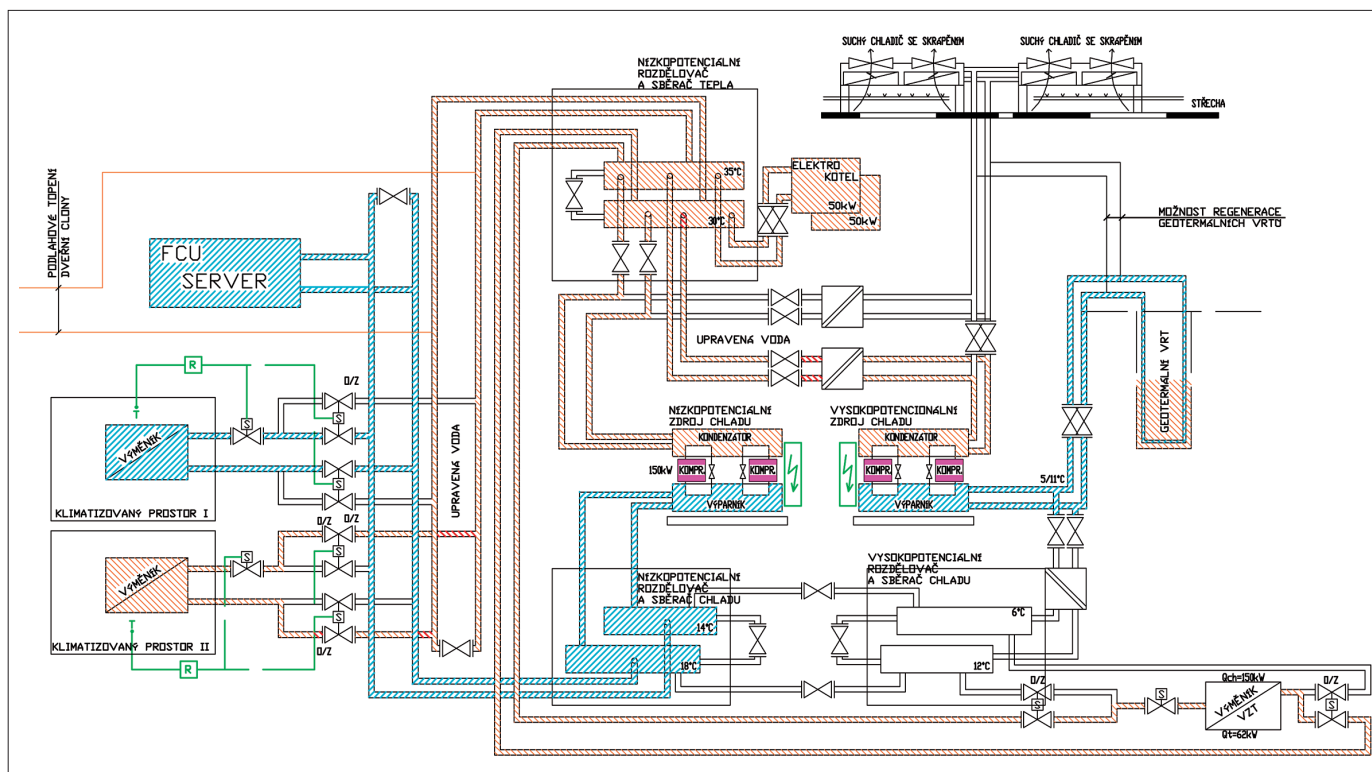
- chladicí stroje je možno použít jako tepelná čerpadla;
- chladicí stroj může dodávat vyšší teplotní potenciál pro výrobu tepla a chladu při vyšší energetické náročnosti přepnutím do jiného pracovního režimu (do jiného provozního bodu tzv. set-pointu);
- stroj pracující jako tepelné čerpadlo dimenzovaný na maximální potřebu tepla v zimním období může být použit prostým připojením kapalinových okruhů jako chladicí stroj, který kryje extrémní letní tepelné zisky a naopak;
- balastní tepelná energie, která vzniká při provozu budovy (osvětlení, technologie, osoby apod.), může být využita jako primární energie pro pohon tepelných čerpadel.

Z obecných principů fyziky a provozu budovy vyplývají další body:

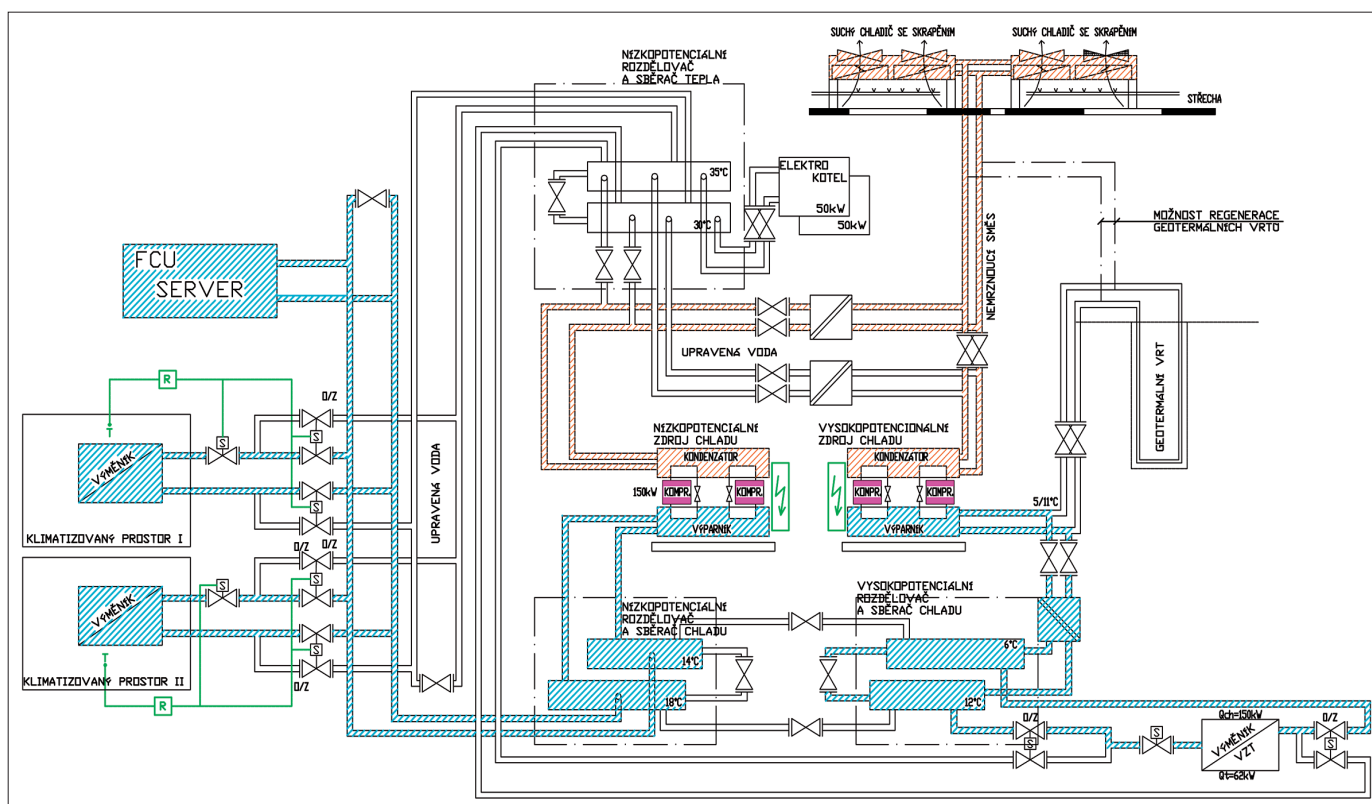
- Ve standardním provozu budovy současně prostor nechladíme a nevytápíme. Proto je možno při kvalitním provedení uzavíracích a regulačních armatur jeden výměník použít pro chlazení a vytápění tím, že do něho přivádíme buď otopnou nebo chladicí vodu.
- Za předpokladu, že bude použit chladicí bezkondenzační systém, tj. teplosměnná plocha bude mít povrchovou teplotu nad rosným bodem, je nutno předpokládat, že maximální teplotní spád na straně chladicí vody bude 14/18 °C, tj. střední povrchová teplota výměníku bude +16 °C. Za předpokladu, že teplota v místnosti bude v letním období 24,5 °C, bude střední rozdíl teplot mezi chladicí vodou a teplotou v místnosti +8,5 K. V případě, že bude tentýž výměník použit pro vytápění kapalinou o teplotě 35/30 °C (optimální pracovní rozdíl teplot na chladicím stroji – tepelném čerpadlu, aby pracovalo s účinností COP kolem hodnoty 5) a teplotě v místnosti +22 °C, bude střední teplotní rozdíl $\Delta t_z = 10,5$ K, tj. vytápěcí potenciál téhož výměníku bude o 20 % vyšší než pro potřebu chlazení.
- Pokud budeme schopni akceptovat myšlenku použití jednoho výměníku pro chlazení a vytápění, dostáváme následující výhody tohoto řešení:
 - Nižší náklady na provoz budovy a výrobu tepla spočívající v nižších nákladech na nutnou energii potřebnou pro překonání výměníkůvých ploch.
 - Nižší náklady na zařízení, neboť dva výměníky jsou dražší než jeden výměník.
 - V případě použití nízkopotenciálního chladu pro klimatizaci získáváme dále:
 - Nižší náklady na provoz spočívající v další potřebné energii k překonání výměníku na vzduchové straně.
 - Nižší náklady na provoz spočívající ve výměnách filtrů.
 - Nižší náklady jak provozní tak i investiční spočívající v absenci vzniku kondenzátu.

Výroba tepla a chladu

Navrženou výrobu tepla a chladu v daném objektu nelze jednoznačně okamžitě ani od sebe oddělit, protože stroje pracují jako jeden celek se snahou v maximální míře přednostně zvýšit využití vnitřních balastních tepelných zdrojů, poté geotermální energie a teprve potom použití pro vytápění vysokopotenciálního zdroje ušlechtilé energie. Tatáž filozofie platí i pro chlazení, tj. přednostně chladit nízkopotenciálním teplotním spádem, který umožňuje efektivní výrobu chladu a teprve až toto nebude stačit, bude použito vysokopotenciálního teplotního spádu.



Obr. 1 Tok energií v zimním období



Obr. 2 Tok energií v letním období

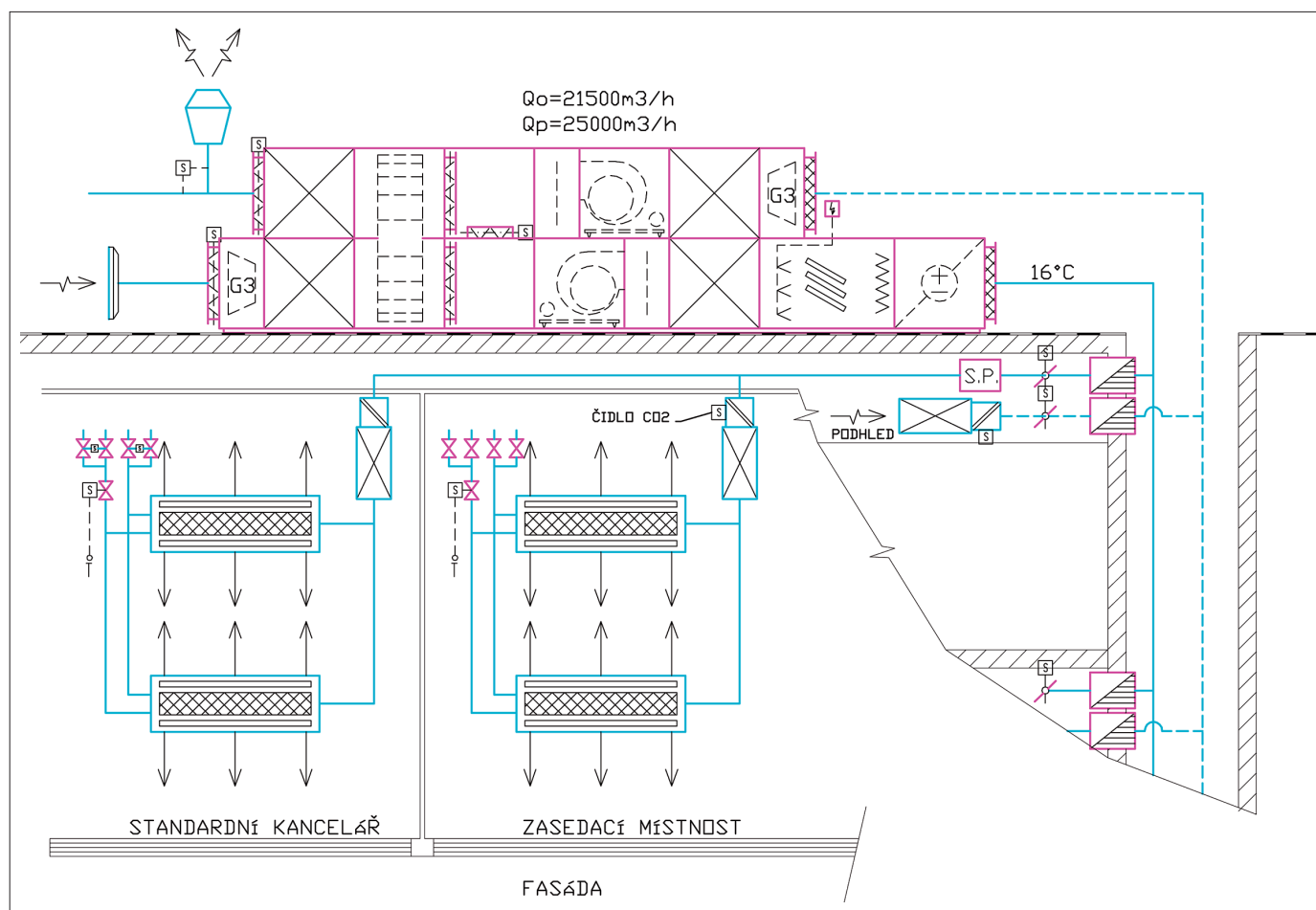
Konkrétně se v této budově uvažuje s použitím dvou chladicích dvouokruhových strojů z nichž:

- ☐ jeden bude pracovat v teplotních spádech
 - kondenzátor 35/30 °C (letní extrém 45/40 °C);
 - výparníky 14/18 °C pracující s upravenou vodou jak na výparníku tak i kondenzátoru;
- ☐ druhý bude pracovat v teplotních spádech;
 - kondenzátor 35/30 °C (letní extrém 43/38 °C);

– výparník 6/12 °C;

Tento stroj bude možno přepnout do duálního set-pointu umožňující mu pracovat v okolí bodu mrazu. V tomto případě bude stroj naplněn ekologickou nemrznoucí směsí.

Oba chladicí stroje budou naplněny ekologickým chladivem mající optimální provozní parametry při standardních pracovních režimech a budou mít požadovaný chladicí výkon při letním provozním režimu.



Obr. 3 Základní funkční schéma vzduchotechniky s použitím indukčních jednotek

Zapojení a provozní režimy jsou zjevné z příslušných funkčních schémat:

A) Zimní provoz

V zimním provozu bude nutno rozdělit provoz instalovaných zařízení na dobu, kdy budova je využívána a kdy využívána není.

V době, kdy je budova využívána bude přednostně využíván chladicí stroj, který bude pracovat s nízkopotenciálním teplem a chladem a bude využívat balastní teplo z provozu budovy. V případě, že nebude k dispozici dostatek tepla z tohoto zdroje, bude jako doplňkový zdroj použit chladicí stroj pracující s vysokopotenciálním chladem uvedený do režimu tepelného čerpadla využívající teplo z geotermální energie.

V případě, že bude budova mimo provoz bude přednostně využívána geotermální energie prostřednictvím chodu chladicího stroje v režimu tepelného čerpadla, neboť vnitřní zdroje použitelné pro vytápění objektu budou minimální (vnější zisky od radiace či nepřetržitého chodu výpočetní techniky apod.). Dle předběžných výpočtů tepelné čerpadlo zajistí dostatečné množství potřebného tepla pro vytápění i větrání objektu při standardních výpočtových klimatických zimních podmínkách. Nicméně pro extrémní zimní podmínky a pro případ havárie hlavního zdroje vytápění je do budovy navržen náhradní zdroj tepla spočívající ve dvou elektrokotlích o výkonu cca 100 kW, což je přibližně elektrický příkon, který by nenavýšoval celkový elektrický příkon do budovy.

Produkované teplo všemi zdroji tepla by bylo dopravováno do centrálního rozdělovače a sběrače nízkopotenciálního tepla (navržen teplotní spád 30/35 °C). Z tohoto rozdělovače a sběrače budou provedeny následující okruhy tepla:

- pro koncové prvky klimatizace
- pro výměník vzduchotechniky

- pro podlahové vytápění
 - pro dveřní clonu vstupu napojená na nízkopotenciální teplo
 - pro doplňkové otopné plochy
- (počet okruhů může být při realizaci zoptimalizován s ohledem na fakt, že budou veškeré otopné prvky pracovat s rozvody o stejném teplotním spádu).

Nízkopotenciální teplo bude získáváno využitím balastního tepla z administrativních ploch, tzn., že přebytek tepla bude odváděn chladicím systémem. Proto koncové prvky klimatizace a výměník vzduchotechniky budou také napojeny na rozvod chlazené vody. V praxi to znamená, že bude použit tepelný výměník klimatizace napojený na čtyřtrubkový rozvod.

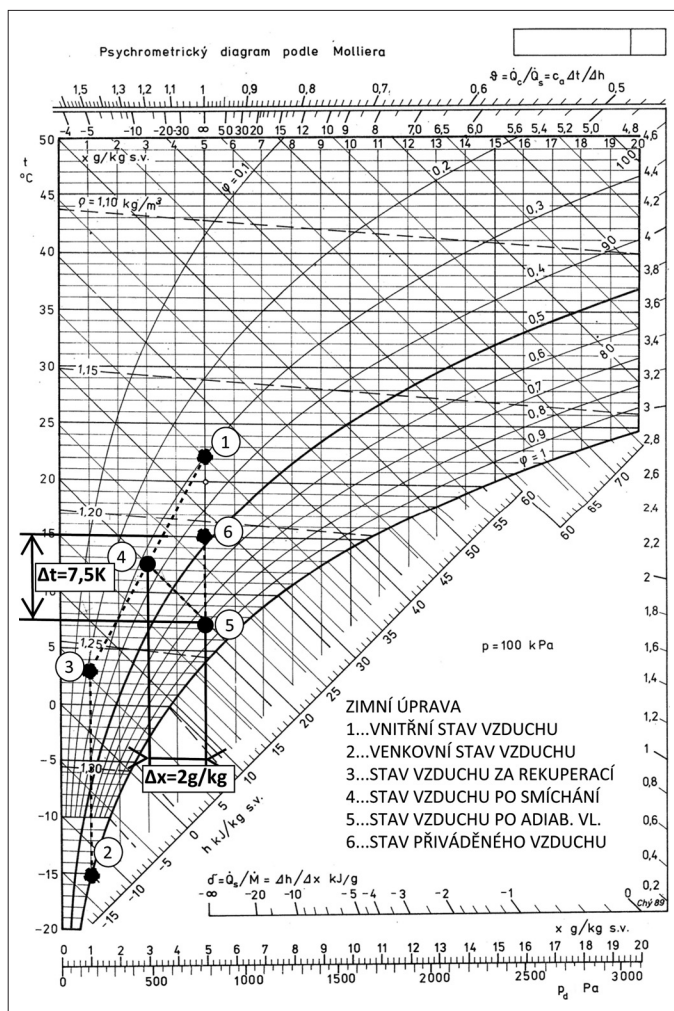
Veškeré okruhy jak na primárních rozvodech tak i na sekundárních rozvodech budou vybaveny:

- ☐ zdvojenými čerpadly s proměnnými otáčkami
- ☐ veškerými regulačními armaturami s možností nastavení pracovního bodu na základě odběrných míst, které budou součástí dané armatury
- ☐ veškerými okruhy pro blokové zabezpečení soustavy
- ☐ veškerým příslušenstvím pro úpravu použité kapaliny vč. míchacích nádob pro nemrznoucí směs.

B) Letní provoz

V letním provozu se především předpokládá, že v budově bude přebytek tepla, který nebude možno využít. Veškeré přebytečné teplo bude odváděno na uzavřené chladicí věže (suché chladiče) se skrápěním, které umožní nejen snížení teplosměnné plochy, ale i snížení teploty kondenzátorového okruhu a tím zvýšení účinnosti chladicích strojů.

Okruh chladicích věží bude naplněn ekologickou nemrznoucí směsí.



Obr. 4 h-x diagram 1 – zimní provoz

V tomto režimu chladicí jednotka pracující s vysokopotenciálním chladem bude tento chlad dodávat do výměníku vzduchotechnické jednotky, čímž bude vzduch

- ☐ chlazen,
- ☐ odvlhčován.

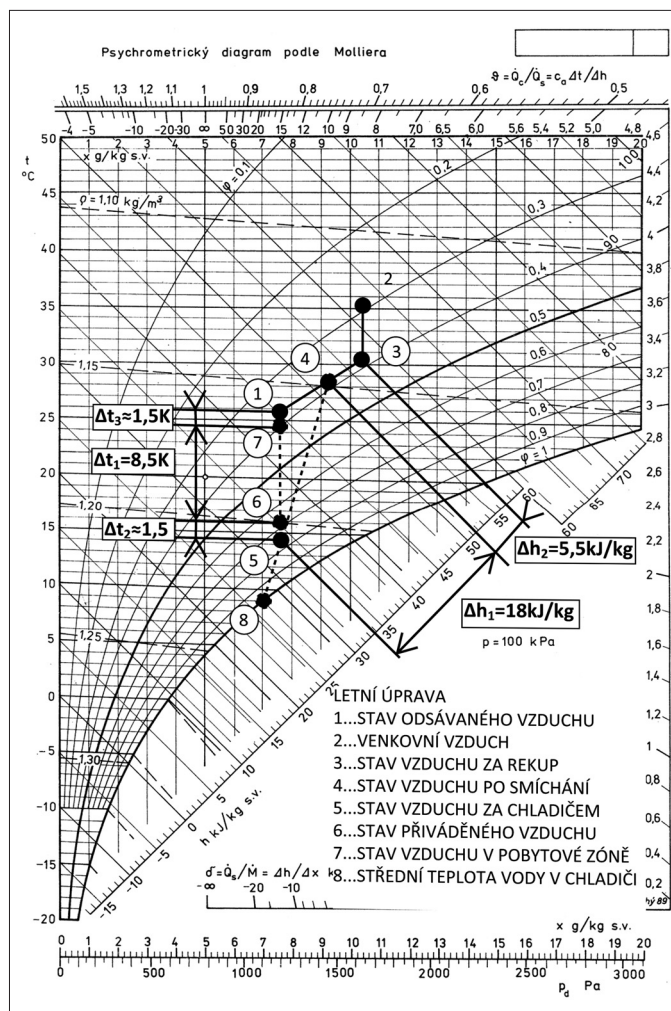
Distribuce vysokopotenciálního chladu bude řešena přes rozdělovač vysokopotenciálního chladu, ze kterého bude kromě zásobování chladem výměníku vzduchotechnické jednotky zajištěno i zálohování chladu nízkopotenciálního rozdělovače chladu. Velký důraz je nutno klást, dle popsaných funkčních schémat, na celou hydrauliku rozvodů, neboť u části okruhů dochází ke vzájemnému propojení soustav chlazení a vytápění. To si vyžádá v budoucnosti patrně i nový vývoj armatur, zvláště řídicích a uzavíracích prvků v okruhu rozvodů otopné a chladicí vody. Tato napojení budou vyžadovat i systémy automatické regulace a řízení vyšší generace.

Funkce rozvodu nízkopotenciálního chladu bude stejná jako v případě zimního provozu.

Návrh technického řešení vzájemného propojení zdrojů tepla a chladu je uveden na obr. 2, kde je uvedena i barevně funkce v zimním období s využitím geotermální energie, a na obr. 1, kde je uveden tok v napojení dle obr. 2, avšak v letním období.

3.2 Vzduchotechnická a klimatizační zařízení

U vzduchotechnických a klimatizačních zařízení, oproti standardnímu řešení aplikovaného u většiny stávajících administrativních budov, budou



Obr. 5 h-x diagram 2 – letní provoz

provedeny následující odlišnosti, vyplývající ze snahy o maximální úspory provozních nákladů, které dle kmenového řešení budov v programu Green Way, vycházejí z navržené klasifikace budovy dle dodržení standardu budovy:

a) Vzhledem k tomu, že návrh klimatizace použitím programu Green Way předpokládá bezkondenzační koncové prvky, připadají v úvahu následující standardně používané koncové prvky:

- ☐ sálavé klimatické stropy či stěny s napojením na rozvod nízkopotenciálního otopné či chladicí vody;
- ☐ cirkulační jednotky FCU s velkoplošnými výměníky ve dvourubkové či čtyřrubkové pro bezkondenzační provoz chlazení, s napojením opět na nízkopotenciální rozvod otopné či chladicí vody;
- ☐ aktivní dvourubkové či čtyřrubkové chladicí trámy (stropní indukční jednotky).

S ohledem na zvolené, poměrně velké množství přiváděného primárního vzduchu je v tomto případě výhodné uvažovat s indukčními jednotkami.

b) Pro minimalizaci spotřeb energií a zároveň i flexibilní využívání budovy (jak z hlediska naplnění budovy uživateli, tak i využívání jednotlivých prostor), budou veškeré prvky pro dopravu vzduchu vybaveny frekvenčními měniči, umožňujícími dle potřeby plynule měnit dopravovaného množství i tlak vzduchu v síti (dle zanesení filtrů).

c) Veškeré rozvody vzduchu budou optimalizovány velikostně tak, aby byla zajištěna rovnováha mezi investičními náklady na stavbu a provozními ná-

klady. V maximální možné míře bude snaha, aby SFP (Specific Fan Power) systému klimatizace nepřekročila hodnotu $2,0 \text{ kW/m}^3\text{s}^{-1}$.

d) V případě prostor s velmi proměnlivým stupněm využívání (např. zasedací místnosti) je vhodné pracovat s proměnným průtokem vzduchu buď skokově (dvoupolohová regulace) nebo spojitě.

Základní funkční schéma vzduchotechniky s použitím indukčních jednotek je uvedeno na obr. 3.

4.2 Cenové dopady. Návrh investic

Je zřejmé, že nové trendy, ke kterým se řadí i program Green Way, budou náročnější na prvotní investice. Časová návratnost těchto investic bude tím kratší, čím bude cena energií vyšší.

Při předběžných kalkulacích provozních nákladů, při výše popsaném systému a cenách energií 9/2007, bude **roční měrná úspora provozních nákladů** oproti standardnímu řešení (kondenzační systémy, čtyřtrubkové koncové prvky, plynová kotelna, celoroční chlazení standardním způsobem i s použitím free-cooling) **cca $108 \text{ Kč/m}^2\text{rok}^{-1}$** (vztaženo na 1 m^2 podlahové plochy). ■

Diskuse

Discussion

V čísle 5/2007 v časopise VVI vyšel můj článek „Odvod kouře ze silničního tunelu při požáru“. Článek obsahoval rešerši mezinárodních poznatků a zkušeností z oboru odvětrání silničních tunelů při požáru a porovnával je hlavně s českou normou ČSN 73 7507, která je s obecně platnými doporučeními v rozporu.

V současnosti, kdy se otvírají nové tunely a schvaluje se realizační dokumentace tunelů ve výstavbě, investor po vysvětlení situace již nepožaduje dodržování zmíněné normy.

Oprava normy byla iniciována na zasedání Tunelové sekce Silniční společnosti a další průběh bude záviset na zpracovateli norem.

Na můj článek ve VVI č. 5/2007 zareagoval v předminulém čísle VVI č. 1/2008 také pan Pokorný, jehož původní úvaha na stejné téma vyšla v čísle 5/2007 a na který jsem volně navázal. Při osobním setkání jsme si částečně vyjasnili, že můj článek reagoval na chyby v české legislativě a nerozebíral úvahu pana Pokorného.

Pokud bych se měl věnovat úvaze pana Pokorného z VVI č. 5/2007 „Management podélného větrání při požárech ve stavbách silničních tunelů“ a diskuzi v témže čísle, tak musím upozornit na omyl, který pan Pokorný opakuje při obou příležitostech:

„...časová období, kdy ... větrání nebude plnit očekávanou funkci z důvodu vyšší rychlosti větru než bylo při návrhu předpokládáno, mohou být realitou... Okamžité uvedení požárního větrání do činnosti za těchto podmínek, může mít katastrofální následky. Nejde o žádnou mystifikaci, ale o reálný stav, který doprovází řadu staveb silničních tunelů v ČR...“

Minulý měsíc proběhly zkoušky požárního větrání v tunelu Klimkovic, kde byl pod velením pana Pokorného osobně odzkoušen výkon požárního větrání v tomto tunelu při zvýšeném protitlaku na portále použitím mobilního ventilátoru, který simuloval protivětr. Zkouška dopadla na výbornou a spekulace o nevyhovujících projektech byla vyvrácena. Ostatní tunely jsou projektovány obdobně a není důvod se domnívat, že jsou poddimenzované.

Podrobné vyhodnocení zkoušek větracího systému v Klimkovicích, doplněné o matematické modelování právě probíhá, a pokud bude zájem, mohlo by vyjít v příštím čísle VVI.

Praha 18. 3. 2008 Jiří Zápařka
+420 776648766
jiri.zaparka@upcmil.cz

Komentář k diskusnímu příspěvku p. Zápařky

ze dne 18. 3. 2008.

V textu k diskusi, shodně jako ve vlastním článku, který prezentoval p. Zápařka v časopise VVI č. 5/2007, se opakovaně dopouští mylné úvahy kdy, případně kým, je vyžadováno respektování ustanovení technických norem. Je jisté možné, aby investor (stavebník) některá ustanovení českých technických norem nevyžadoval striktně naplnit. V úkonech, které souvisí se stavebním právem při navrhování a realizaci staveb, je však investor pouze jednou z celé řady zúčastněných osob, orgánů nebo institucí. Orgány státní správy jsou povinny při posuzování dokumentace staveb zohledňovat požadavky českých technických norem, které představují technický standard dané doby. Lze pochopitelně navrhnout jiné řešení (české technické normy nejsou předpisem závazným), které však musí být ekvivalentem normového požadavku. Odchylku od standardu je nutné projednat s příslušnými dotčenými orgány státní správy (na úseku požární ochrany s orgánem vykonávajícím státní požární dozor) a získat jejich souhlasné stanovisko. Situace je tedy podstatně složitější a ani iniciování změny normy nemá z pohledu dodržení technického standardu, který prezentuje zejména česká technická norma, zásadní význam. Pozitivního výsledku lze dosáhnout pouze vstřícným a odborným přístupem zpracovatelů dokumentace staveb a orgánů státní správy.

Současně nemohu, více než optimistický závěr diskusního příspěvku, doplnit určitou korekcí. Výsledky zkoušek systému ventilace v tunelu Klimkovic lze předběžně hodnotit jako pozitivní. Slovo „předběžně“ v předchozí větě má neopomenutelný význam, neboť výsledky zkoušek se dosud zpracovávají a vyhodnocují. Již jen tato skutečnost by měla vést k jisté opatrnosti při jejich prezentaci.

S p. Zápařkou musím souhlasit s názorem, že zkouška s využitím mobilního ventilátoru, který simuloval zvýšený tlak větru na portále, byla jedna z nejvýznamnějších a nejzajímavějších. Ovšem výsledek právě této zkoušky žádný bezbřehý optimismus nevyvolává. Žádoucího stavu bylo při automatickém režimu ventilace dosaženo až za téměř 7 minut, tedy v časovém horizontu, kdy by měla být evakuace osob již dávno ukončena. Podmínky pro přežití v případě skutečného požáru by byly v průběhu této doby více než nepřijatelné.

Domnívám se, že závěry k realizovaným zkouškám by měly být provedeny až po shromáždění a vyhodnocení všech naměřených údajů, s větší rozvahou, nezaopatřostí a ve spolupráci s odborníky z oblasti větrání a požární ochrany. Matematické modelování může být jisté vhodným doplňkem.

plk. Ing. Jiří Pokorný, Ph.D.
ředitel odboru prevence
HZS Moravskoslezského kraje, krajské ředitelství
Výškovická 40, 700 30 Ostrava – Zábřeh
e-mail: jiri.pokorny@hzsmk.cz
Ostrava 26. 3. 2008