

# Tepelná čerpadla - teorie a schémata

## Tepelná čerpadla - teorie a schémata (I)

D1. Zapojení s akumulacním zásobníkem - základní zapojení

Datum: 31.10.2005 | Autor: Ing. Tomáš Matuška, Ph.D., Ing. Jan Schwarzer, Ing. Bořivoj Šourek | Organizace: ČVUT, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí

Třetí kapitola seriálu článků Snížení energetické spotřeby v budovách s využitím alternativních zdrojů energie je věnována tepelným čerpadlům. Článek obsahuje úvod do problematiky, základní předpoklady pro užití těchto systémů, schémata zapojení a technický popis.

### Úvod

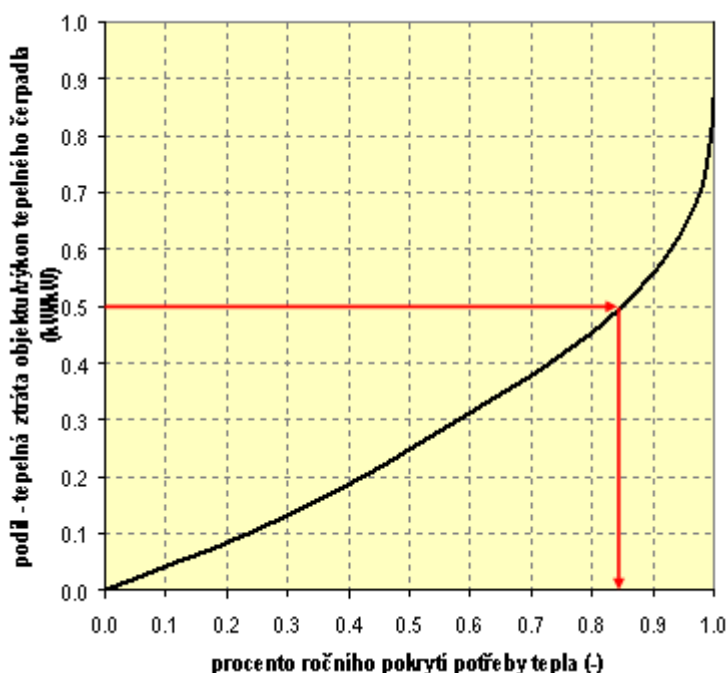
Tepelné čerpadlo patří mezi další alternativní zdroje energie (nikoli obnovitelné).

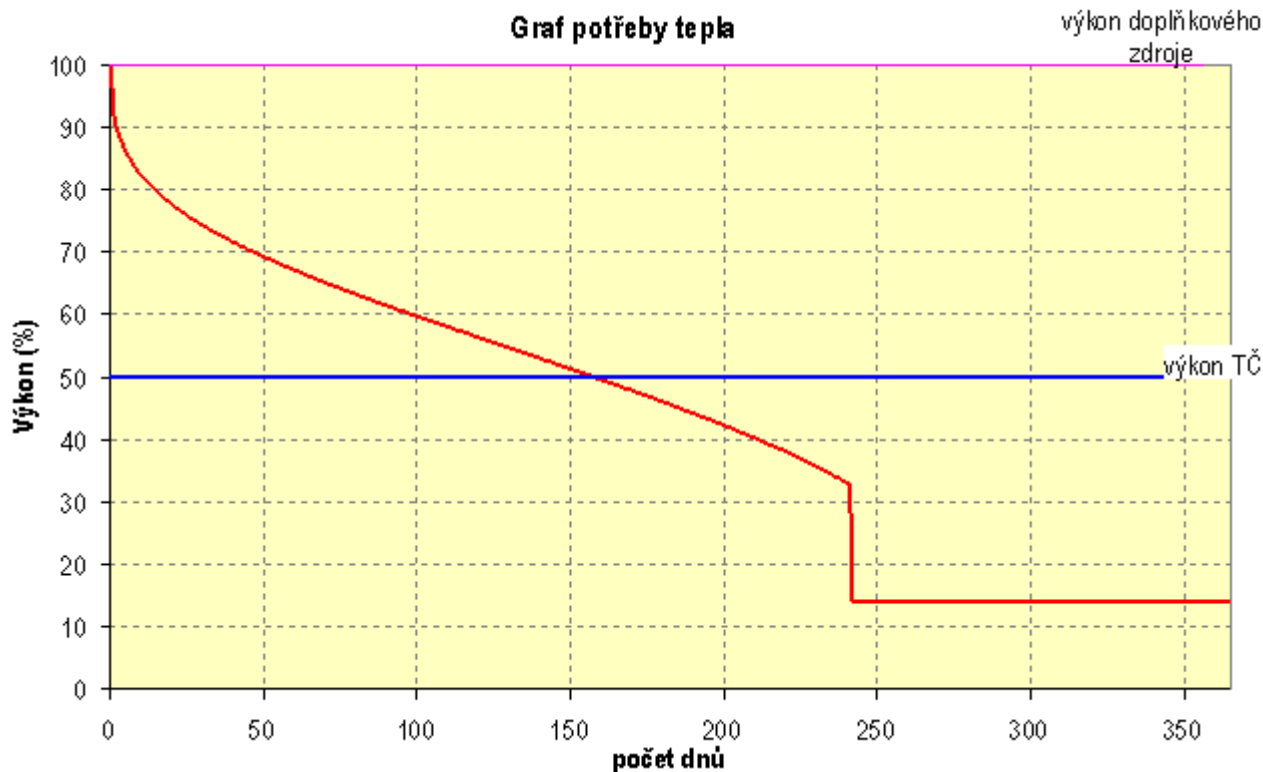
Tepelné čerpadlo odnímá teplo jinému zdroji tepla (nizkopotenciální teplo). Tím může být vzduch, zemský masiv, řeka, rybník, odpadní teplo atd.

Tepelné čerpadlo dokáže ohřát vodu na 55 °C (v závislosti na typu, v některých případech až na 65 °C). S touto vodou je možné vytápět, připravovat teplou užitkovou vodu nebo ohřívat vodu v bazénu. Volbou teploty primárního zdroje a výstupní teploty je pak ovlivněn topný faktor tepelného čerpadla.

Topný faktor "charakterizuje" účinnost tepelného čerpadla. Je-li například topný faktor tepelného čerpadla  $\epsilon = 3$ , dostaneme na každou spotřebovanou 1 kWh elektrické energie 3 kWh energie tepelné. Důležité je to, že topný faktor s klesající teplotou nizkopotenciálního zdroje také klesá. Proto je třeba se u výrobců tepelných čerpadel informovat, při jaké venkovní teplotě (nebo teplotních podmínkách primárního okruhu) je topný faktor uváděn. To platí zejména pro tepelná čerpadla, kdy zdrojem nizkopotenciálního tepla je vzduch.

Pravidlem je (nebo by mělo být), že výkon tepelného čerpadla se navrhuje na krytí 50 až 70 % tepelných ztrát objektu, stanovených pro nejnižší výpočtovou teplotu. Je to z toho důvodu, že nejrychlejší návratnost investic dosáhneme, poběží-li tepelné čerpadlo na svůj jmenovitý výkon po co nejdelší dobu. Nedílnou součástí soustav s tepelnými čerpadly je proto doplňkový zdroj tepla, který při nižších venkovních teplotách dodává potřebné množství energie (nejnižší výpočtová teplota je cca 5-10 dní v roce).





*Příklad ročního podílu energie vyrobené TČ při dimenzování jeho výkonu na 50% tepelné ztráty objektu*

Podle toho, z jakého zdroje se nízkopotenciální teplo čerpá a kam se přenáší, rozdělujeme tepelná čerpadla na:

- **vzduch-vzduch;** energie se odebírá přímo z venkovního vzduchu a předává se vzduchu, kterým se objekt vytápí. Topný faktor klesá se snižující teplotou venkovního vzduchu. Montáž bývá většinou snadná, je však třeba brát ohled na dodržení hygienických požadavků na emise hluku od venkovní výparníkové jednotky. Instalace předpokládá teplovzdušné větrání a vytápění.

- **vzduch-voda;** energie se odebírá ze vzduchu a předává se do vodního okruhu, kterým se (pomocí otopných těles, podlahového vytápění nebo výměníkem voda-vzduch) objekt vytápí. Topný faktor klesá se snižující teplotou venkovního vzduchu. I v tomto případě je třeba brát ohled na dodržení hygienických požadavků na emise hluku.

- **voda-voda;** nízkopotenciální energie se může podle možností odebírat z několika zdrojů. Jsou to například:

- a) zemský masiv (předpokladem jsou vrtné práce nebo uložení registrů do země, hloubka vrtů nebo délka registru závisí na potřebném výkonu tepelného čerpadla). Topný faktor je celoročně prakticky konstantní. Při provádění zemních vrtů jsou nutná některá zvláštní povolení (hydrogeologický posudek pro odbor životního prostředí příslušného místního městského úřadu).

- b) čerpání spodní vody ze zbudované studně (čerpací), odebírání tepla čerpané vodě a navrácení ochlazené vody zpět do druhé studny (vsakovací) tak, aby nebyl narušen režim spodních vod. Topný faktor je celoročně přibližně konstantní (lehce se mění se změnou teploty spodní vody). Pro provádění studní je nutné schválení příslušným vodoprávním úřadem.

c) řeka nebo rybník (předpokladem je uložení výměníků pod hladinu). U obou zdrojů je potřeba provést energetickou bilanci, aby nedošlo k podchlazení zdroje tepla. V případě použití odděleného primárního okruhu (do TČ není čerpána přímo voda ze zdroje tepla) je podmínkou použití biologicky šetrné nemrznoucí směsi v primárním okruhu, většinou směs lihu a vody.

### **Technický popis systémů**

**Tepelné čerpadlo země - voda** (suchý vrt, horizontální zemní výměník)

#### **Požadavky na instalaci:**

prostor pro provedení zemního vrtu, příp. zemního výměníku

#### **Předběžné dimenzování suchých vrtů podle průměrných hodnot:**

$c_z = 1,9 \text{ kJ/kgK}$ ,  $\rho_z = 2\,200 \text{ kg/m}^3$ ,  $\lambda_z = 1,7 \text{ W/mK}$ ,  $\Delta t = 10 \text{ K} \implies 55 \text{ W/m}$

#### **Měrné tepelné toky odčerpávané z 1 m vrtu:**

|                                                |         |
|------------------------------------------------|---------|
| hornina s velkým výskytem spodních vod         | 100 W/m |
| pevná hornina s vysokou tepelnou vodivostí     | 80 W/m  |
| normální pevná hornina, průměr                 | 55 W/m  |
| vrt v suchých nánosech, nízká tepelná vodivost | 30 W/m  |

#### **Měrné tepelné toky pro horizontální zemní výměníky:**

|                                                       |                           |
|-------------------------------------------------------|---------------------------|
| v suchých a nesoudržných půdách                       | 10 až 15 W/m <sup>2</sup> |
| ve vlhkých, soudržných půdách                         | 15 až 20 W/m <sup>2</sup> |
| ve velmi vlhkých, soudržných půdách                   | 20 až 25 W/m <sup>2</sup> |
| v půdách pod hladinou spodní vody nebo značně vlhkých | 25 až 30 W/m <sup>2</sup> |
| v půdách s pohybem spodní vody                        | 30 až 40 W/m <sup>2</sup> |

**Tepelné čerpadlo voda - voda (systém 2 studní - čerpací, vsakovací)**

#### **Požadavky na instalaci:**

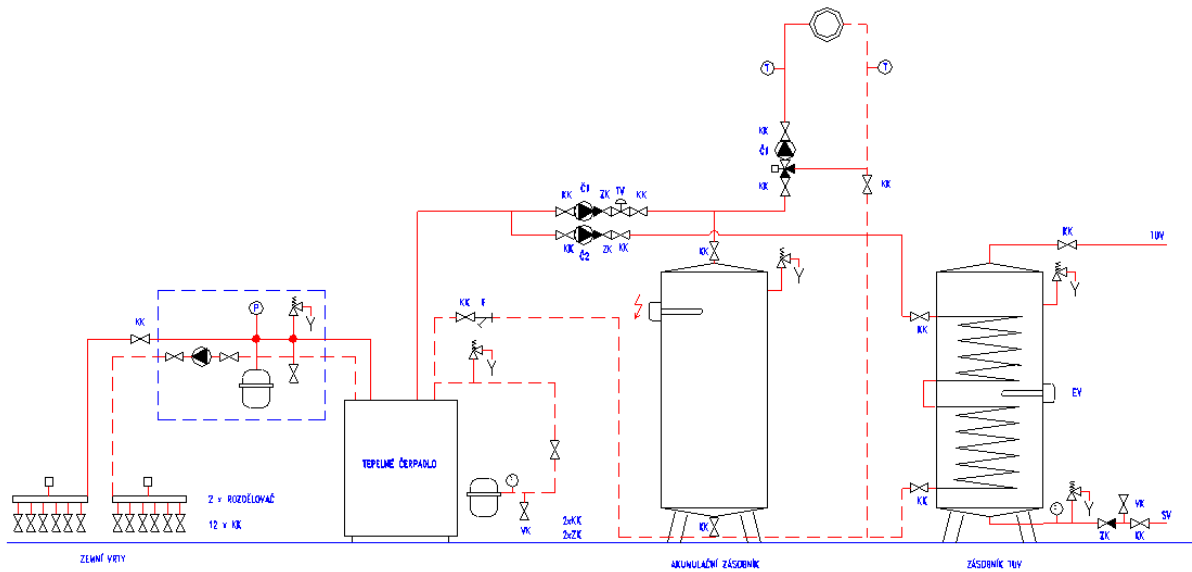
dostatečná kvalita vody, vzdálenost studní minimálně 15 m a vydatnost čerpací studny (ta se ověřuje čerpací zkouškou, při jejímž trvání nesmí klesnout hladina spodní vody)

**Tepelné čerpadlo vzduch - voda (venkovní, vnitřní provedení výměníku)**

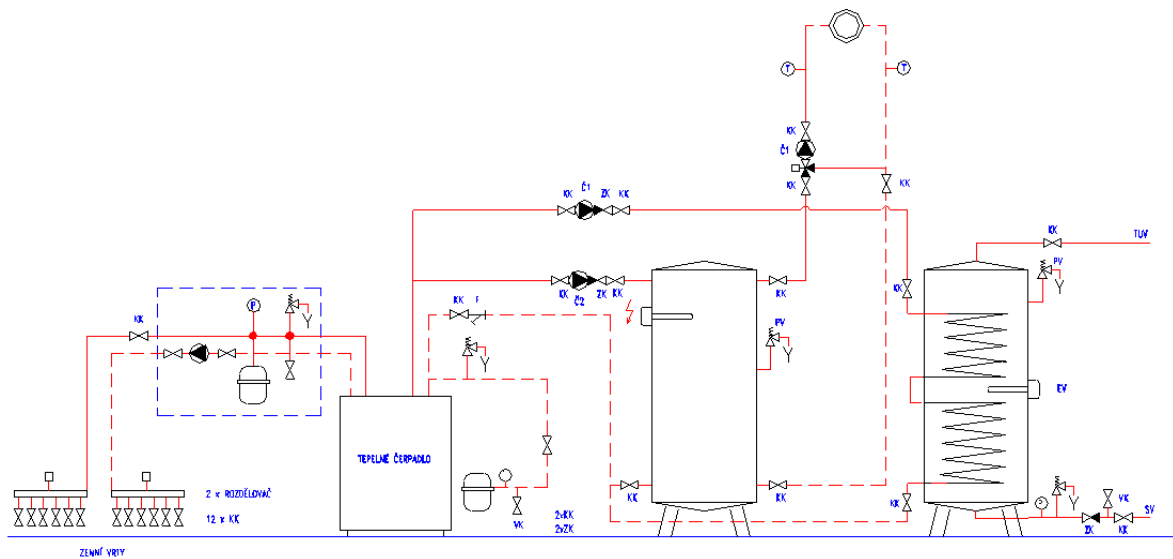
#### **Požadavky na instalaci:**

prostor pro umístění venkovního, případně vnitřního výměníku tepla  
splnění hygienických požadavků (emise hluku)

## D1. Zapojení s akumulčním zásobníkem - základní zapojení Obr. D1a



Obr. D1b



### Technický popis:

Zapojení primárního okruhu je závislé na zvoleném typu tepelného čerpadla (viz 2.2). Akumulační zásobník slouží pro hydraulické oddělení otopné soustavy od tepelného čerpadla. To umožňuje provozovat tepelné čerpadlo při stálých podmínkách. Je tak zabráněno častému spínání (cca více než 3x za hod. - může se lišit typ od typu) tepelného čerpadla. Velikost akumulční nádoby je závislá na celkovém objemu vody v otopné soustavě, akumulčních schopnostech objektu a její optimální objem je otázkou projektového návrhu.

Obecné zapojení pro vytápění a přípravu TUV jak jej doporučují někteří výrobci, řízení okruhů pomocí dvou oběhových čerpadel (alternativně pomocí trojcestného ventilu).

Ve schéma tu na Obr. D1a je za oběhovým čerpadlem sekundárního okruhu tepelného čerpadla instalován uzavírací ventil (TV) aby nedocházelo k protékání teplotně náročné látky i při vypnutém tepelném (i oběhovém) čerpadle. Jeho ovládání musí být sladěno s provozem tepelného čerpadla, aby nedošlo k jeho sepnutí při ještě uzavřeném TV.

Ve schématu na Obr. D1b je akumulční nádoba zapojena jako hydraulický zkrat. Tím odpadá nutnost použití TV. Dochází však při zátopu k mírnému "dopravnímu" zpoždění.

### Možnosti použití:

Rodinné domy, obytné budovy - pro vytápění a přípravu TUV.

Centrální akumulční nádoba umožňuje bezproblémové připojení dalších zdrojů tepla (solární soustava, krbová kamna ap.).

### Požadavky na instalaci:

Budovy s nadstandardním zateplením - nízký jmenovitý výkon tepelného čerpadla se dále odráží v možnosti zmenšení velikosti nízkopotenciálního zdroje tepla (hloubka vrtu, plocha zemního kolektoru, průtok čerpané vody, průtok ochlazovaného vzduchu - nižší úroveň emise hluku).

Nízkoteplotní otopná soustava - částečně souvisí s úrovní tepelné izolace domu.

Takto zapojený nepřímotopný ohřívák TUV je náročný na plochu vestavěného výměníku, který musí být chopen přenést celý výkon tepelného čerpadla.

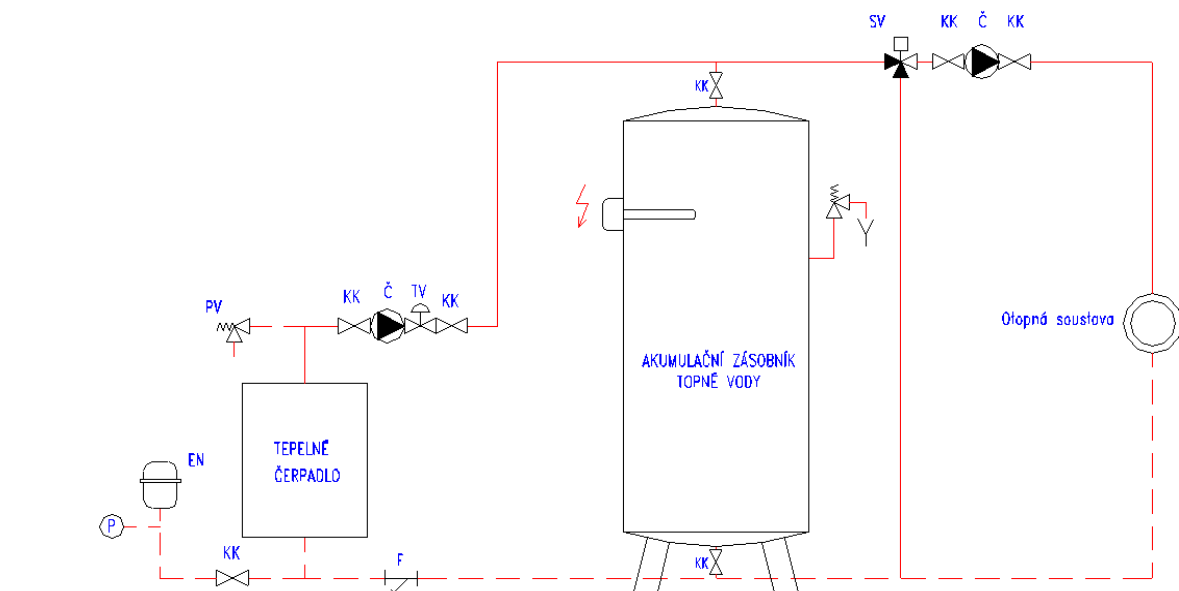
Zdroj: <http://www.tzb-info.cz/2820-tepelna-čerpadla-teorie-a-schemata-i>

## Tepelná čerpadla - teorie a schémata (II)

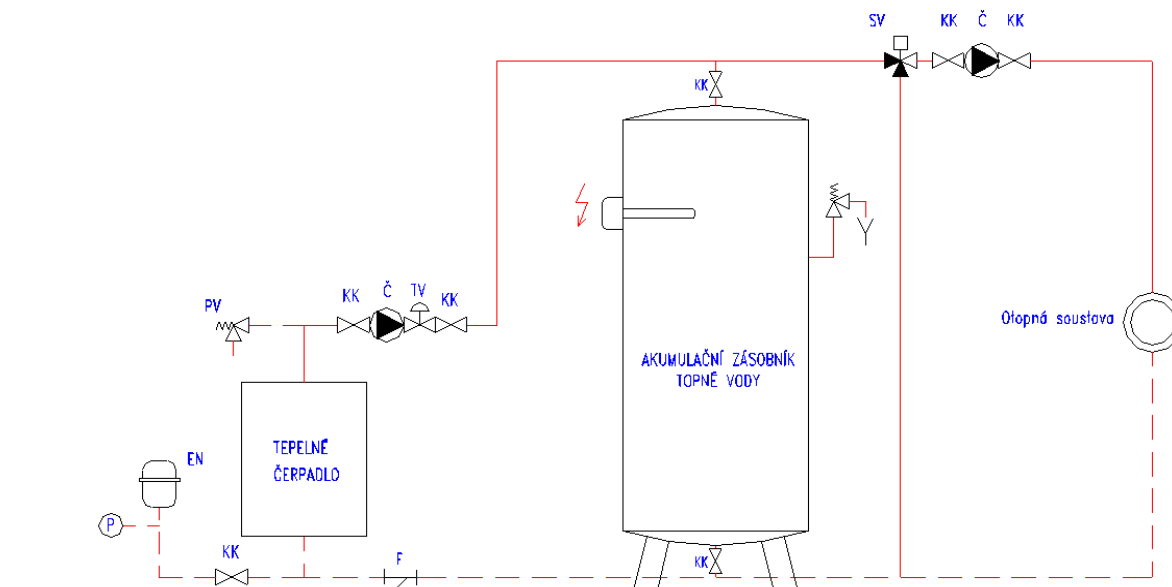
D2. Tepelné čerpadlo zapojené v monoenergetickém provozu pro vytápění

Datum: 7.11.2005 | Autor: Ing. Tomáš Matuška, Ph.D., Ing. Jan Schwarzer, Ing. Bořivoj Šourek | Organizace: ČVUT, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí  
Otopná soustava využívá jeden zdroj tepla (el. energie - kompresor, topné vložky).

Obr. D2a



Obr. D2b



### Technický popis

Tepelné čerpadlo je nadimenzováno na 50 až 70 % tepelných ztrát objektu (pracuje na jmenovitý výkon delší dobu, zkracuje se doba návratnosti). Akumulační zásobník slouží pro hydraulické oddělení otopné soustavy od tepelného čerpadla a umožňuje provozovat tepelné čerpadlo při stálých podmínkách, tepelné čerpadlo nemusí často spínat (prodloužení životnosti). V době nedostatečného množství energie z TČ se spíná elektrická topná vložka v akumulacním zásobníku (bivalentní provoz).

Ve schéma tu na Obr. D2a je za oběhovým čerpadlem sekundárního okruhu tepelného čerpadla instalován uzavírací ventil (TV) aby nedocházelo k protékání teplotnosné látky i při vypnutém tepelném (i oběhovém) čerpadle. Jeho ovládání musí být sladěno s provozem tepelného čerpadla, aby nedošlo k jeho sepnutí při ještě uzavřeném TV.

Ve schématu na Obr. D2b je akumulacní nádoba zapojena jako hydraulický zkrat. Tím odpadá nutnost použití TV. Dochází však při zátoku k mírnému "dopravnímu" zpoždění.

### Možnosti využití:

Rodinné domy, obytné budovy (novostavby, rekonstrukce) - pro vytápění a přípravu TUV založené na jediném zdroji - elektrické energii (neplynofikované oblasti).

Centrální akumulacní nádoba umožňuje bezproblémové připojení dalších zdrojů tepla (solární soustava, krbová kamna ap.)

### Požadavky na instalaci:

Budovy s nadstandardním zateplením - nízký jmenovitý výkon tepelného čerpadla se dále odráží v možnosti zmenšení velikosti nízkopotenciálního zdroje tepla (hloubka vrtu, plocha zemního kolektoru, průtok čerpané vody, průtok ochlazovaného vzduchu - nižší úroveň emise hluku).

Nízkoteplotní otopná soustava - částečně souvisí s úrovní tepelné izolace domu.

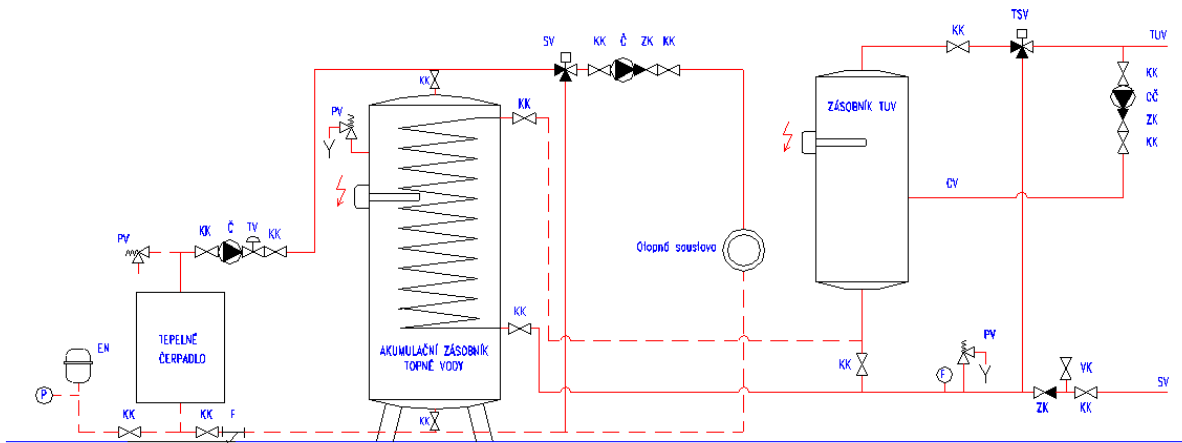
Zdroj: <http://www.tzb-info.cz/2835-tepelna-cerpadla-teorie-a-schemata-ii>

## Tepelná čerpadla - teorie a schémata (III)

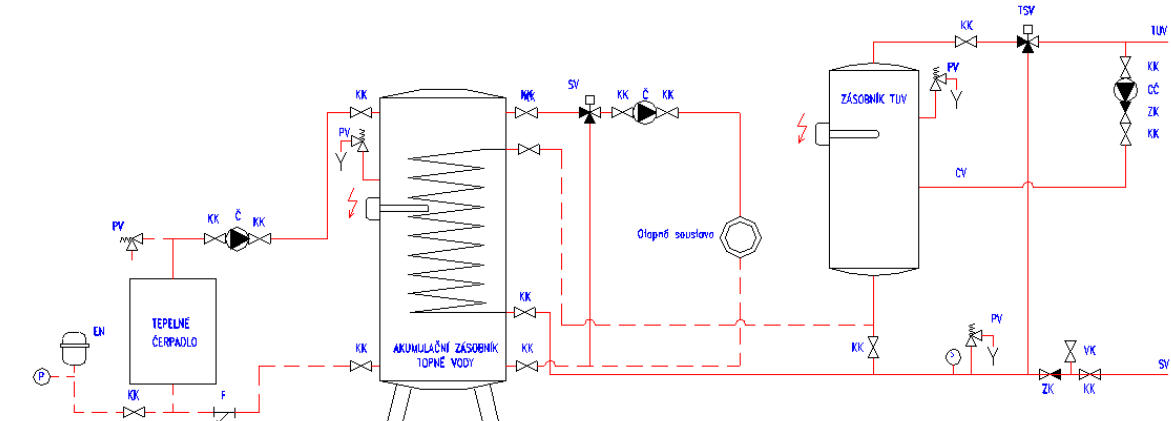
D3. Tepelné čerpadlo zapojené v monoenergetickém provozu pro vytápění a přípravu TUV

Otopná soustava využívá jeden zdroj tepla (el. energie - kompresor, topné vložky). Příprava TUV je zajištěna samostatně - tepelné čerpadlo přepíná mezi akumulacním zásobníkem a zásobníkem TUV.

**Obr. D3a**



**Obr. D3b**



### **Technický popis**

Tepelné čerpadlo je nadimenzováno na 50 až 70 % tepelných ztrát objektu (pracuje na jmenovitý výkon delší dobu, zkracuje se doba návratnosti). Akumulační zásobník slouží pro hydraulické oddělení otopné soustavy od tepelného čerpadla a umožňuje provozovat tepelné čerpadlo při stálých podmínkách, tepelné čerpadlo nemusí často spínat (prodloužení životnosti).

Příprava TUV je realizována dvoustupňově. První stupeň je průtokový předehřev v akumulacním zásobníku. Druhý stupeň je dohřev v zásobníku TUV elektrickou topnou patronou.

V době nedostatečného množství energie z TČ se spíná elektrická topná vložka v akumulacním zásobníku (bivalentní provoz).

Ve schéma tu na Obr. D3a je za oběhovým čerpadlem sekundárního okruhu tepelného čerpadla instalován uzavírací ventil (TV) aby nedocházelo k protékání teplotnosné látky i při vypnutém tepelném (i oběhovém) čerpadle. Jeho ovládání musí být sladěno s provozem tepelného čerpadla, aby nedošlo k jeho sepnutí při ještě uzavřeném TV.

Ve schématu na Obr. D3b je akumulacní nádoba zapojena jako hydraulický zkrat. Tím odpadá nutnost použití TV. Dochází však při zátopu k mírnému "dopravnímu" zpoždění.

### **Možnosti využití**

Rodinné domy, obytné budovy (novostavby, rekonstrukce) - pro vytápění a přípravu TUV založené jediném zdroji - elektrické energii (neplynofikované oblasti).

Centrální akumulční nádoba umožňuje bezproblémové připojení dalších zdrojů tepla (solární soustava, krbová kamna ap.)

### Požadavky na instalaci

Budovy s nadstandardním zateplením - nízký jmenovitý výkon tepelného čerpadla se dále odráží v možnosti zmenšení velikosti nízkopotenciálního zdroje tepla (hloubka vrtu, plocha zemního kolektoru, průtok čerpané vody, průtok ochlazovaného vzduchu - nižší úroveň emise hluku).

Nízkoteplotní otopná soustava - částečně souvisí s úrovní tepelné izolace domu.

Zdroj: <http://www.tzb-info.cz/2859-tepelna-čerpadla-teorie-a-schemata-iii>

### Tepelná čerpadla - teorie a schémata (IV)

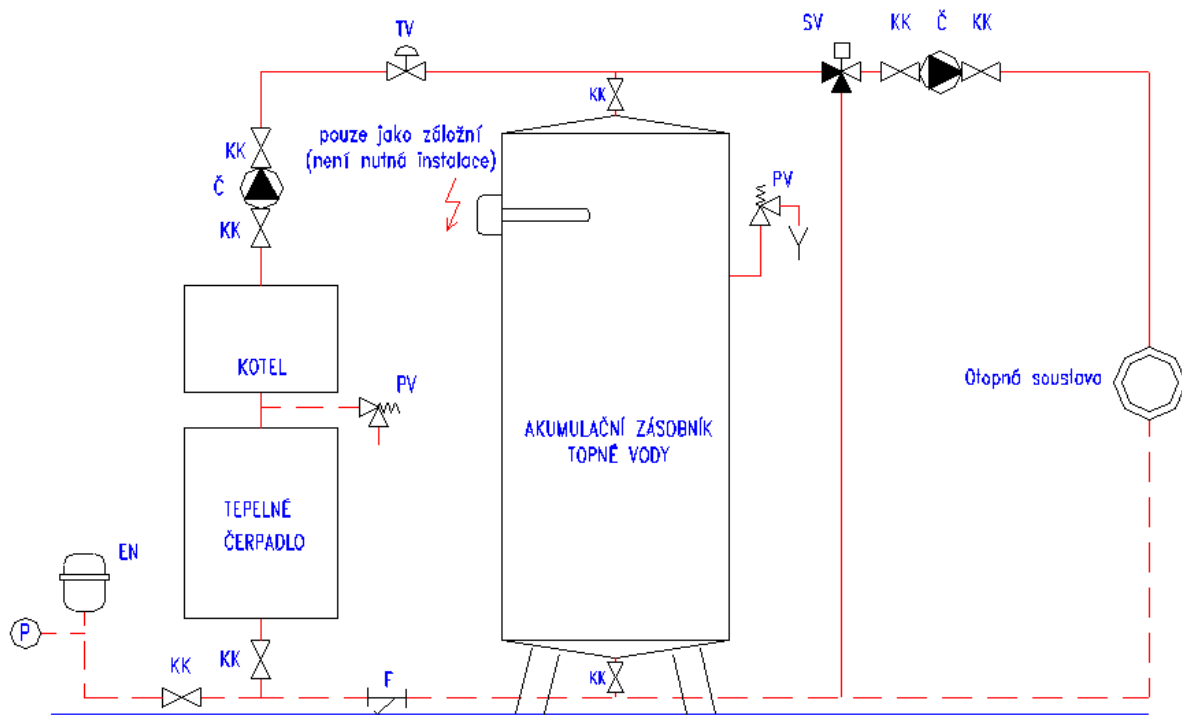
D4. Tepelné čerpadlo zapojené v bivalentním provozu pro vytápění

Datum: 12.12.2005 | Autor: Ing. Tomáš Matuška, Ph.D., Ing. Jan Schwarzer, Ing. Bořivoj Šourek | Organizace: ČVUT, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí

Tepelné čerpadlo zapojené v bivalentním provozu pro vytápění, dimenzování, možnosti užití a požadavky na instalaci.

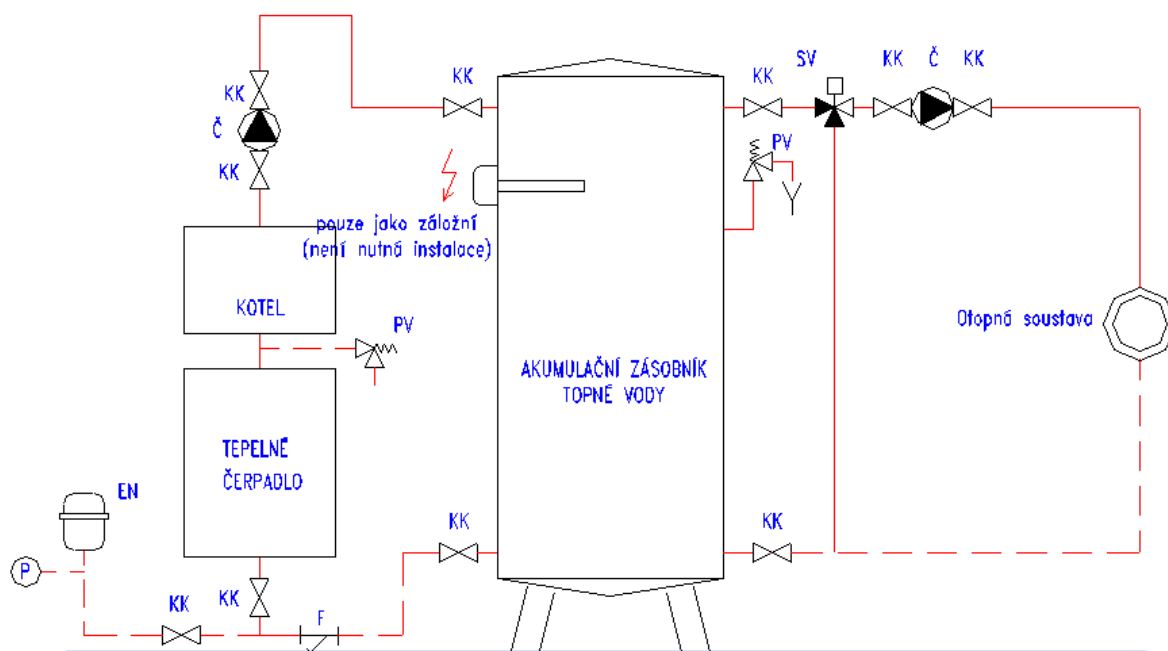
Při poklesu venkovní teploty pod teplotu bivalence (nedostatečný výkon tepelného čerpadla) se spíná bivalentní zdroj a dohřívá topnou vodu na požadovanou teplotu.

Obr. D4a





Obr. D4b



### Technický popis

Tepelné čerpadlo je nadimenzováno na 50 až 70 % tepelných ztrát objektu (pracuje na jmenovitý výkon delší dobu, zkracuje se doba návratnosti). Akumulační zásobník slouží pro hydraulické oddělení otopné soustavy od tepelného čerpadla a umožňuje provozovat tepelné čerpadlo při stálých podmínkách, tepelné čerpadlo nemusí často spínat (prodloužení životnosti).

V době nedostatečného množství energie z TČ se spouští kotel, zapojený do soustavy sériově a zajistí dodávku potřebné energie.

Ve schéma tu na Obr. D4a je za oběhovým čerpadlem sekundárního okruhu tepelného čerpadla instalován uzavírací ventil (TV) aby nedocházelo k protékání teplonosné látky i při vypnutém tepelném (i oběhovém) čerpadle. Jeho ovládání musí být sladěno s provozem tepelného čerpadla, aby nedošlo k jeho sepnutí při ještě uzavřeném TV.

Ve schématu na Obr. D4b je akumulační nádoba zapojena jako hydraulický zkrat. Tím odpadá nutnost použití TV. Dochází však při zátopu k mírnému "dopravnímu" zpoždění.

### Možnosti využití

Rodinné domy, obytné budovy (novostavby, rekonstrukce) - pro vytápění a přípravu TUV.

Soustava vhodná pro rekonstrukce. Tepelné čerpadlo je připojeno na stávající otopnou soustavu (např. plynový kotel).

Centrální akumulační nádoba umožňuje bezproblémové připojení dalších zdrojů tepla (solární soustava, krbová kamna ap.)

### Požadavky na instalaci

Budovy s nadstandardním zateplením - nízký jmenovitý výkon tepelného čerpadla se dále odráží v možnosti zmenšení velikosti nízkopotenciálního zdroje tepla (hloubka vrtu, plocha zemního kolektoru, průtok čerpané vody, průtok ochlazovaného vzduchu - nižší úroveň emise hluku).

Nízkoteplotní otopná soustava - částečně souvisí s úrovní tepelné izolace domu.

Zdroj: <http://www.tzb-info.cz/2932-teplna-cerpadla-teorie-a-schemata-iv>

## Tepelná čerpadla - teorie a schémata (V)

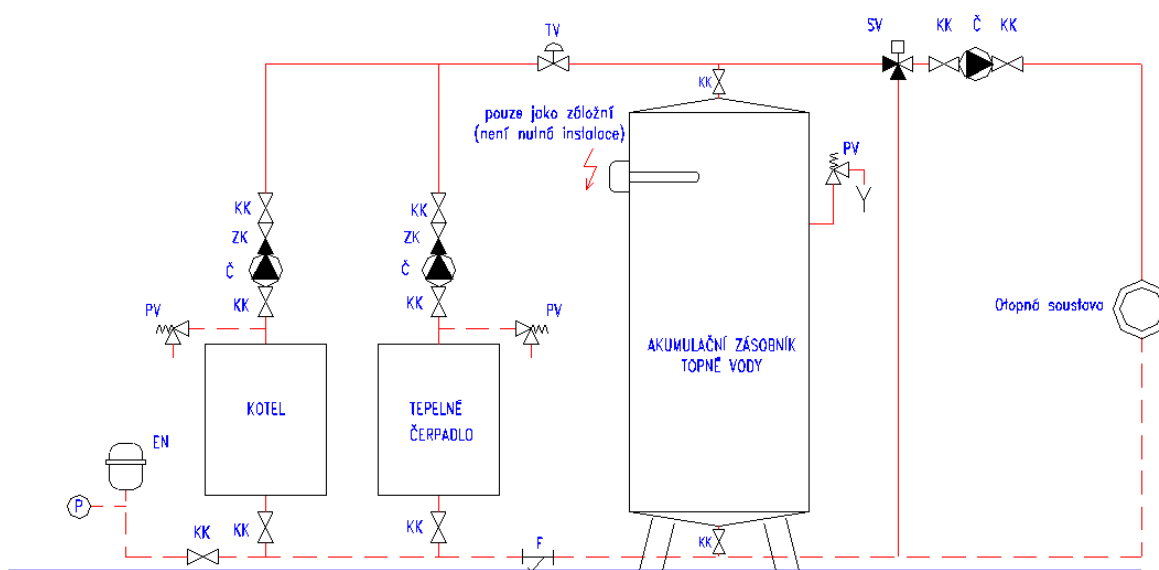
D5. Tepelné čerpadlo zapojené v alternativním provozu pro vytápění

Datum: 19.12.2005 | Autor: Ing. Tomáš Matuška, Ph.D., Ing. Jan Schwarzer, Ing. Bořivoj Šourek | Organizace: ČVUT, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí

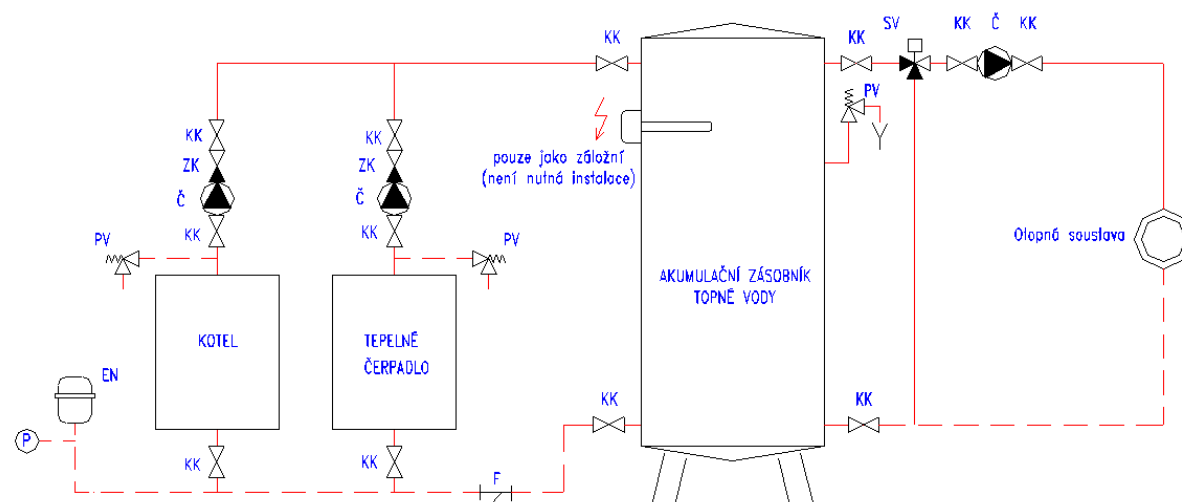
Tepelné čerpadlo zapojené v alternativním provozu pro vytápění - dimenzování, možnosti užití a požadavky na instalaci.

Při poklesu venkovní teploty pod teplotu při které je teplotní ztráta objektu vyšší než tepelný výkon tepelného čerpadla se otopná soustava přepne na alternativní zdroj tepla (biomasa, ZP ap.), který tak pracuje až od vyšších výkonů, tzn. s lepší účinností.

Obr. D5a



Obr. D5b



## Technický popis

Tepelné čerpadlo je nadimenzováno na 25 až 50 % tepelných ztrát objektu (pracuje na jmenovitý výkon delší dobu, zkracuje se doba návratnosti). Tepelné čerpadlo pracuje v přechodném období výhodně s vysokým topným faktorem. V chladné části otopné sezóny pracuje alternativní zdroj (kotel na biomasu) na jmenovitý výkon s maximální účinností. Akumulační zásobník slouží pro hydraulické oddělení otopné soustavy od tepelného čerpadla a umožňuje provozovat tepelné čerpadlo při stálých podmínkách, tepelné čerpadlo nemusí často spínat (prodloužení životnosti).

Ve schéma tu na Obr. D5a je za oběhovým čerpadlem sekundárního okruhu tepelného čerpadla instalován uzavírací ventil (TV) aby nedocházelo k protékání teplotnosné látky i při vypnutém tepelném (i oběhovém) čerpadle. Jeho ovládání musí být sladěno s provozem tepelného čerpadla, aby nedošlo k jeho sepnutí při ještě uzavřeném TV.

Ve schématu na Obr. D5b je akumulční nádoba zapojena jako hydraulický zkrat. Tím odpadá nutnost použití TV. Dochází však při zátopu k mírnému "dopravnímu" zpoždění.

## Možnosti využití

Rodinné domy, obytné budovy (novostavby, rekonstrukce) - pro vytápění a přípravu TUV. Otopné soustavy u nichž není možno při nízkých venkovních teplotách zajistit potřebný výkon při teplotním spádu vhodném pro tepelné čerpadlo.

## Požadavky na instalaci

Budovy s nadstandardním zateplením - nízký jmenovitý výkon tepelného čerpadla se dále odráží v možnosti zmenšení velikosti nízkopotenciálního zdroje tepla (hloubka vrtu, plocha zemního kolektoru, průtok čerpané vody, průtok ochlazovaného vzduchu - nižší úroveň emise hluku).

Tepelné čerpadlo vzduch-voda - změna topného faktoru se změnou venkovní teploty.

Nízkoteplotní otopná soustava - částečně souvisí s úrovní tepelné izolace domu.

Zdroj: <http://www.tzb-info.cz/2950-tepelna-cerpadla-teorie-a-schemata-v>

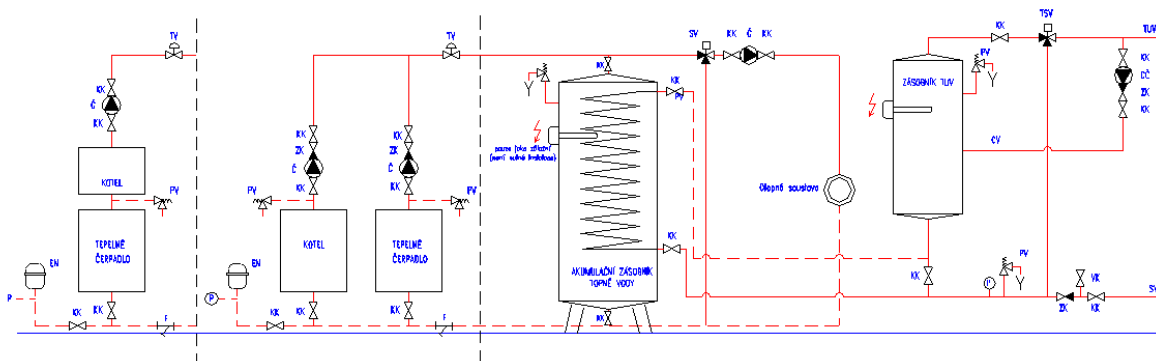
## Tepelná čerpadla - teorie a schémata (VI)

D6. Tepelné čerpadlo zapojené v bivalentním, příp. alternativním provozu pro vytápění a přípravu TUV

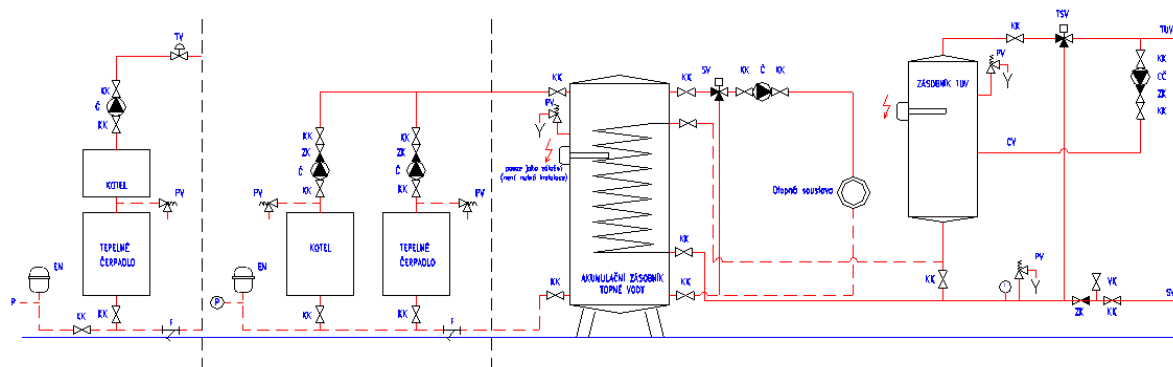
Datum: 26.12.2005 | Autor: Ing. Tomáš Matuška, Ph.D., Ing. Jan Schwarzer, Ing. Bořivoj Šourek | Organizace: ČVUT, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí

Zapojení zdroje tepla v bivalentním provozu viz [D4](#), zapojení zdroje tepla v alternativním provozu viz D5. TUV je připravována v samostatném zásobníku.

Obr. D6a



Obr. D6b



### Technický popis

Technický popis soustavy podle typu provozu zdroje tepla (viz zapojení [D4](#), [D5](#)).

Příprava TUV je realizována dvoustupňově. První stupeň je průtokový předehřev v akumulčním zásobníku. Druhý stupeň je dohřev v zásobníku TUV.

Ve schéma tu na Obr. D6a je za oběhovým čerpadlem sekundárního okruhu tepelného čerpadla instalován uzavírací ventil (TV) aby nedocházelo k protékání teplotnosné látky i při vypnutém tepelném (i oběhovém) čerpadle. Jeho ovládání musí být sladěno s provozem tepelného čerpadla, aby nedošlo k jeho sepnutí při ještě uzavřeném TV.

Ve schématu na Obr. D6b je akumulční nádoba zapojena jako hydraulický zkrat. Tím odpadá nutnost použití TV. Dochází však při zátoku k mírnému "dopravnímu" zpoždění.

### Možnosti využití

Rodinné domy, obytné budovy (novostavby, rekonstrukce) - pro vytápění a přípravu TUV.

Soustava vhodná pro rekonstrukce. Tepelné čerpadlo je připojeno na stávající otopnou soustavu a přípravu TUV (např. plynový kotel).

### Požadavky na instalaci

Budovy s nadstandardním zateplením - nízký jmenovitý výkon tepelného čerpadla se dále odráží v možnosti zmenšení velikosti nízkopotenciálního zdroje tepla (hloubka vrtu, plocha zemního kolektoru, průtok čerpané vody, průtok ochlazovaného vzduchu - nižší úroveň emise hluku).

Nízkoteplotní otopná soustava - částečně souvisí s úrovní tepelné izolace domu.

Požadavky na zdroj nízkopotenciálního tepla viz 4.D.

Zdroj: <http://www.tzb-info.cz/2962-tepelna-cerpadla-teorie-a-schemata-vi>