

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE  
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ  
KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ  
A ENVIROMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ

TEPELNÁ ČERPADLA – HEAT PUMP  
DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí diplomové práce: Ing. Josef Sobota, CSc.

Diplomant: Bc. Petra Svobodová

Praha 2011



Fakulta životního  
prostředí

Zadání diplomové práce

Česká zemědělská univerzita v Praze  
Katedra: vodního hospodářství  
a environmentálního modelování

Fakulta životního prostředí  
Školní rok: 2010/2011

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro: **PETRU SVOBODOVOU**  
obor: DRESS

Název tématu: **Tepelná čerpadla**

Název tématu v anglickém jazyce:

Heat pump

Zásady pro vypracování:

1. Předložte přehled o vývoji vytápění budov. Uveďte výpočty tepelných ztrát.
2. Zpracujte rešerši o tepelných čerpadlech .
3. Proveďte návrh na vytápění vybraného rodinného domku různými medii, včetně tepelných čerpadel. Předložte jejich technická a ekonomická vyhodnocení.



Rozsah grafických prací: bude upřesněn v průběhu zpracování

Rozsah průvodní zprávy: bude upřesněn v průběhu zpracování

Seznam odborné literatury:

Malý, J.-Hlavínek, P. (1996): Čištění průmyslových odpadních vod. Brno, Noel 2000, ISBN 80-86020-05-3

Hlavínek, P.-Mičín, J.-Prax, P. (2001): Příručka stokování a čištění. NOEL 2000 s.r.o., Brno

Sobota, J. (2008): Vodní hospodářství. Studijní texty. ČZU Praha

Firemní literatura

Vedoucí diplomové práce: Ing. Josef Sobota, CSc.

Konzultant diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: říjen 2010

Termín odevzdání diplomové práce: 30.4.2011

Vedoucí katedry

L.S.



Řečník

V Praze dne .....

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci na téma Tepelná čerpadla vypracovala samostatně, pod vedením Ing. Josefa Soboty, CSc. s použitím literatury uvedené v seznamu literatury.

V Praze, dne 20. dubna 2011

## **Poděkování:**

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Josefu Sobotovi, CSc. Poděkování patří také rodičům a mým blízkým za podporu během celého studia.

## **Abstrakt:**

Tato diplomová práce se zabývá ekologickými způsoby vytápění rodinných domů se zaměřením na tepelné čerpadla. Publikace obsahuje rozdělení tepelných čerpadel, popis jejich funkce a možnosti jejich využití v našich, českých, podmínkách. Čtenář se zde dočte o historii vytápění, o možných alternativách vytápění, dále o státní podpoře, která se zaměřuje na ekologické vytápění se snížením emisí z lokálních zdrojů. Je zde uveden výpočet tepelných ztrát pro konkrétní rodinný dům. Na základě těchto výpočtů jsou v závěru práce porovnány možné varianty vytápění a dále investiční a provozní náklady pro jednotlivé varianty s ohledem na dotační programy ČR.

Cílem této práce je seznámit zájemce s technologiemi tepelných čerpadel a vysvětlit výhody či nevýhody různých alternativních druhů vytápění rodinných domů.

## **Klíčová slova:**

Tepelné čerpadlo, voda, vzduch, země, životní prostředí, nízkoenergetické systémy, ekologie, tepelné ztráty, vytápění rodinných domů, bivalentní bod

## **Abstract:**

This thesis deals with the ecological ways of heating houses with a focus on heat pumps. Publication contains the distribution of heat pumps, a description of their function and possibilities of their usage in our, Czech, conditions. The reader can get the knowledge about the history of heating, about alternative ways of heating, as well as about state aid, which focuses on environmental heating to reduce emissions from local sources. There is a calculation of a heat loss applied to a particular family house. The thesis is brought to an end with comparison of possible ways of heating with capital and operating costs for various options with regard to the subsidy programs of the Czech Republic based on above mentioned calculations.

The aim of this thesis is to familiarize householders with the heat pump technology and explain the pro-and-con of various alternative forms of heating houses.

## **Key words:**

Heat pump water, air, earth, environment, low energy systems, environmentalism, heat loss, heating of houses, dual-mode point

## Obsah

1	Úvod.....	9
1.1	Námět diplomové práce.....	9
1.2	Cíle diplomové práce.....	10
1.3	Metodický postup.....	11
2	Teoretická část.....	12
2.1	Historie vytápění budov.....	12
2.2	Tepelná čerpadla.....	14
2.2.1	Tepelná čerpadla v praxi.....	14
2.2.2	Státní podpora a výhody financování tepelných čerpadel.....	18
2.2.3	Bivalentní bod.....	23
2.2.4	Hodnocení z hlediska uživatele.....	25
2.2.5	Tepelná čerpadla vzduch/voda.....	25
2.2.6	Tepelná čerpadla země/voda.....	27
2.2.7	Tepelná čerpadla voda/voda.....	29
2.2.8	Ekonomické zhodnocení investice.....	30
2.2.9	Ekonomie versus ekologie.....	32
2.2.10	Konečné rozhodnutí.....	33
2.3	Výpočet tepelných ztrát.....	34
3	Praktická část.....	36
3.1	Popis objektu.....	36
3.2	Tepelné ztráty.....	37
3.2.1	Konstrukce domu pro stanovení součinitele prostupu tepla.....	37
3.2.2	Stanovení součinitele prostupu tepla pro jednotlivé konstrukce..	38
3.2.3	Výpočet tepelných ztrát.....	43
3.2.4	Ztráty infiltrací.....	48
3.2.5	Roční potřeba tepla pro vytápění.....	50
3.2.6	Roční potřeba tepla pro ohřev TUV.....	50



3.2.7	Celková roční spotřeba tepla .....	51
3.3	Varianty vytápění objektu včetně výpočtů .....	52
3.3.1	Plynový kotel .....	52
3.3.2	Elektrokotel.....	52
3.3.3	Tepelné čerpadlo – voda/voda.....	53
3.3.4	Tepelné čerpadlo – vzduch/voda .....	54
3.3.5	Tepelné čerpadlo – země/voda.....	55
3.4	Závěrečný návrh řešení optimálního vytápění objektu .....	57
4	Závěr .....	63
5	Seznam literatury.....	64
6	Seznam použitých značek .....	66
7	Seznam obrázků.....	68
8	Seznam tabulek.....	69
9	Seznam fotografií .....	71
10	Seznam příloh .....	72

# 1 Úvod

## 1.1 Námět diplomové práce

V dnešní době se stále více řeší dostupnost nerostných surovin. Touto otázkou se zabývá mimo jiné i oblast vytápění budov. Jednou z odpovědí, která je šetrná k životnímu prostředí a zároveň trvale udržitelná, respektive trvale obnovitelná, je využití potenciálu v okolí objektu, který je potřeba vytápět. To je možné pomocí tepelných čerpadel. Tyto čerpadla jsou vyráběny v několika variantách, umožňující získání tepla buď z energie, která je ukryta v podzemí nebo v podobě vodního toku či stojící vody v okolí objektu. Poslední základní variantou je využití tepla okolního vzduchu. Další náhradní zdroje energie můžeme využívat společně s tepelnými čerpadly nebo samostatně. Jsou jimi vodní energie, větrná energie a solární energie. Těmito zdroji se však nebude diplomová práce zabývat, avšak jsou zde pro úplnost zmíněny.

Diplomová práce se zaměřuje na výhody tepelných čerpadel a na jejich konkrétní využití při vytápění budov. Bude zde vytvořen návrh pro vybraný objekt. Tento návrh bude obsahovat výpočet tepelných ztrát, srovnání všech možných variant vytápění a závěrečný návrh řešení optimální varianty vytápění.

## 1.2 Cíle diplomové práce

- Předložení přehledu o vývoji vytápění budov
- Uvedení výpočtů tepelných ztrát
- Zpracování rešerše o tepelných čerpadlech
- Návrh na vytápění vybraného rodinného domku různými medii, včetně tepelných čerpadel
- Předložení technického a ekonomického vyhodnocení variant vytápění rodinného domku

### 1.3 Metodický postup

- Rešerše literatury - Pro dostatečné popsání daného tématu bylo třeba dohledat dostupnou literaturu z různých pramenů, především odborné literatury, odborných časopisů, prospektů, a dále pak prostudování internetu, kde byla využita klíčová slova.
- Návštěva školení o tepelných čerpadlech ve společnosti Stiebel Eltron - Při školení byla účastníkům vysvětlena teorie a funkce jednotlivých druhů tepelných čerpadel. Závěrem školení bylo udělení certifikátu, viz příloha.
- Nastudování firemní odborné literatury - Stiebel Eltron poskytuje zájemcům o výrobky této společnosti mnoho materiálů, které pomohou zájemci se v dané problematice zorientovat a poslouží jako velmi dobrý návod pro výběr technologie.
- Návštěva vybraného objektu
- Provedení výpočtů a návrh optimálního řešení - Na základě získaných dat o objektu bude proveden výpočet tepelných ztrát vybraného objektu. Budou také porovnány všechny varianty vytápění objektu.
- Díky výsledkům všech variant, které mezi sebou můžeme porovnávat, dojdeme na konci této diplomové práce k nejlepší možné a tedy optimální variantě, která bude pro tento objekt výslednou. Tento návrh bude předán majiteli objektu.

## 2 Teoretická část

### 2.1 Historie vytápění budov

Od chvíle, kdy si člověk osvojil oheň, odhalil i způsob jak ho zažehnout, ovládnout a uhasit. Člověk tím získal teplo, které dokáže zahřát a upravit potravu do stravitelnější podoby. Nejdříve byl oheň umístován na okrajích jeskyní a chatrčí v kterých lidé žili. Postupně oheň přesunuli do obydlí, kde se museli potýkat s problematickým kouřem. Tento problém řešili odvedením kouře průduchy nad okenicemi, či otvory ve stropní části obydlí. V těchto ohništích bylo spalováno dřevo.

V Římě se úspěšně vyrovnali s kouřem tak, že na kovových pánvích spalovali dřevěné uhlí a tím byl kouř minimalizován. Postupem času se ohniště uzavřelo a kouř se odváděl komínem, ten byl vyveden nad střechu.

„Ve starém Římě asi kolem roku 80 př. n. l. bylo dle návrhu Caia Sergiuse Orata postaveno první doložené ústřední topení. Toto topení využívalo teplý kouř, který byl vytvořen ve velkém topeništi. Kouř byl veden pod místnostmi, kde docházelo k ohřátí podlahy a následně se naakumulované teplo předalo do okolního prostoru. Po využití tepla byl tento kouř vyveden průduchy v obvodovém zdivu do venkovního okolí. Tento způsob se nazývá hypocaustum. Efektivita byla pouze 10%, přičemž spotřeba dřeva byla velmi značná. Další nevýhodou byla jeho výstavba, která byla zdoluhavá a musela se provádět zároveň se stavbou objektu. Z těchto důvodů se tento způsob vytápění příliš nerozšířil. Byl využíván ve veřejných budovách a to především v římských lázních a velkých společenských halách. Největší nevýhodou tohoto systému bylo však nebezpečí požáru a také oxid uhelnatý, který se při spalování uvolňuje a mohl se dostat nedokonalým provedením podlahy až do obydlené části objektu. Také v Asii se využíval obdobný způsob, zde se nazýval Ondol. Teplo, které bylo vytvořeno v kuchyni, kde bylo primárně využíváno k vaření, se dále rozvádělo do ostatních místností domu. Toho bylo docíleno umístění kuchyně nejnižší v objektu, odtud byl kouř veden komínky pod podlahou do všech místností.“ (MILLER 2005)

V evropských zemích se od 11. století začínají využívat k ohřevu vnitřního prostředí krby neboli vlašské komíny. Toto ohniště bylo otevřené do vnitřního prostoru, a zároveň byl kouř přímo odváděn komínem. Tento způsob nebyl příliš efektivní, avšak napomáhal ke zvýšené hygieně v obytných místnostech, protože

s kouřem, který byl odváděn komínem, byl odváděn i vzduch z místností a tím byla zajištěna cirkulace vzduchu.

„Od 13. století se začínají používat kamna. V počátcích byly známkou prestiže a vyjadřovaly vysoké postavení ve společnosti. Pouze majetné obyvatelstvo mohlo zpočátku vyměnit otevřený oheň za uzavřené ohniště. Kamna byla výrazným zpracováním, často i dekorativním prvkem v místnosti, byly stavěny z jednotlivých kachlů a tyto kachle se spojovaly hrnčířskou hlínou. Kachle měly často výrazné zdobné prvky, které vyjadřovaly majitelovi přednosti, či na nich bylo vyobrazeno majitelovo zaměstnání. Postupem času se kamna rozšířila i do obydí obyčejných obyvatel, avšak s méně zdobnými prvky.“ (FOND ROZVOJE VYSOKÝCH ŠKOL 2007)

V 19. století se začíná rozšiřovat parní vytápění. Tento trend byl spjat se spalováním pevných fosilních paliv a byl velmi revoluční. Od parního vytápění zbývá jen krůček k radiátoru, který se jako první objevil v Americe roku 1875. Dále se pak zintenzivňoval zájem o konstrukci ústředního topení, které bude rovnoměrně distribuovat teplo do všech místností a zároveň bude regulovatelné. S tímto zájmem je spojen vynález oběhového čerpadla začátkem 20. století.

Nyní je ústřední topení považováno za standardní vybavení obytného objektu. Vytápění může být buď lokální či dálkové. U ústředního vytápění se stále převážně využívá spalování pevných paliv či plynu. Zhoršení kvality ovzduší a životního prostředí nutí lidstvo k zamyšlení nad možností využití k přírodě šetrných zdrojů. Varianta tepelných čerpadel je v současné době jedna z nejšetrnějších možností a je třeba tento trend podporovat. Proto stát v současné době dotuje využití přírodních zdrojů.

## 2.2 Tepelná čerpadla

Lord Kelvin, v roce 1852, poprvé vyslovil ve své větě o termodynamice základní myšlenku tepelného čerpadla. Prakticky se v tomto případě jednalo o zařízení s opačnou funkcí, tedy chladicí zařízení, dnes známé jako chladnička. Toto zařízení můžeme využívat jak na ohřev vody, tak i jako zdroj tepla. V našem blízkém okolí se stále ukrývá potencionální teplo, které můžeme při dodání určitého množství energie využít pro ohřev topné či užitkové vody v našem domě.

„Tepelná čerpadla jsou moderní vysoce úsporná zařízení, která uživateli zajistí tepelný komfort v domácnosti s minimálními náklady a zanedbatelnými emisemi.“ (NIBE, 2009)

„Tepelná čerpadla jsou nejslibnější budoucí možností pro vytápění a chlazení. Jedná se o jediný topný systém, který poskytuje více energie, než spotřebuje, a je zde možnost jeho budoucí modernizace. Tepelná čerpadla představují strategickou volbu jako základní integrované systémy vytápění a chlazení při využívání obnovitelných zdrojů energie.“ (HOSATTE, 2010)

„Tepelná čerpadla jsou mnohostranná, jako je architektura domu. Nezáleží na tom, zda se jedná o moderní novostavbu podle nízkoenergetického standardu, rekonstrukci památkově chráněného domu nebo průmyslovou stavbu. Výrobci a dodavatelé najdou vždy řešení, které budovu dostane na energeticky úspornější úroveň. V současné době se nabízí nejširší sortiment tepelných čerpadel rozličných provedení a to jako kompletní systém s mnoha přídatnými funkcemi jako je příprava teplé vody, chlazení a větrání.“ (STIEBEL ELTRON, 2010 (1))

### 2.2.1 Tepelná čerpadla v praxi

Při využití tepelného čerpadla v praxi dochází k ochlazení látky (vzduch, voda či země) o několik málo stupňů. Odebrané teplo dále využijeme k ohřevu tzv. pracovního media (chladiwa). Pracovní medium (chladio) se z kapalného stavu odpaří a v plynné formě se stlačí, přičemž dochází k dalšímu zvýšení teploty media. Poté se pracovní medium dostává do kondenzátoru, kde odevzdá své teplo teplotosné látce. Pracovní medium opět zkapalní a jeho oběh je opět na počátku. Teplotosnou látkou může být například topná voda, přičemž energie, kterou jí předáme, zvýší její teplotu o několik málo stupňů. Při delším běhu tepelného čerpadla se toto teplo v topné vodě akumuluje a tím se zvyšuje její teplota. Znamená to, že ochladíme např. půdu na naší zahradě cca o 5°C, teplota půdy se

však díky slunečnímu záření opět zahřeje na původní teplotu. Tento způsob je tedy možné využívat celoročně.

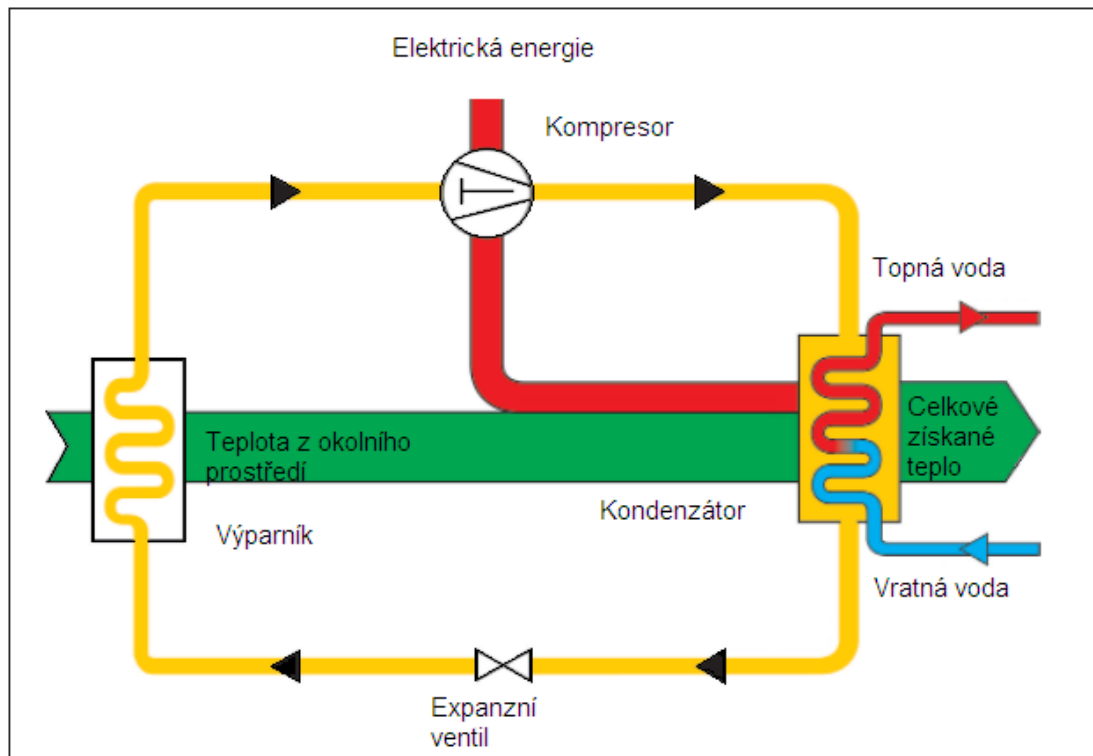
U tepelných čerpadel se v dnešní době uvádí možnost využití okolního tepla v rozpětí +30°C až -20°C. V ČR je tedy možnost využití těchto technologií celoročně s minimálními či žádnými výjimkami.

„Počet instalací tepelných čerpadel pro vytápění v ČR se již dávno nepočítají na stovky, ale na tisíce. Stále častěji se setkáváme s požadavkem, aby tepelné čerpadlo umělo kromě vytápění a ohřevu vody také v létě chladit. Toho lze docílit dvěma způsoby.

První cestou je aktivní chlazení, při kterém se zjednodušeně řečeno, zamění role výparníku a kondenzátoru. Z tepelného čerpadla vzduch/voda se poté stává klimatizační jednotka: při chlazení je tedy v provozu kompresor, což znamená větší počet ročních provozních hodin a s tím spojenou kratší životnost zařízení.

Aktivně se dá chladit i tepelným čerpadlem země/voda a voda/voda. Energeticky výhodnější je druhý způsob tzv. pasivní neboli volné chlazení (freecooling). Tento způsob lze provést prakticky pouze s tepelným čerpadlem země/voda (teoreticky také voda/voda). Ideální je kombinace s hlubinnými vrtů. Princip funkce spočívá v tom, že teplo odváděné z domu se přes výměník předává přímo primární kapalině a dále se ukládá do vrtů. Toto „uložené“ teplo se vybere v zimě, kdy pomůže vylepšit topný faktor. Výhodou tohoto způsobu je, že při chlazení zůstává vypnutý kompresor a v provozu jsou pouze oběhová čerpadla primárního a sekundárního okruhu. Díky tomu jsou provozní náklady při pasivním chlazení výrazně nižší než při chlazení aktivním, kdy se k příkonu obou oběhových čerpadel přidává ještě příkon kompresoru.“ (JÍCHA 2001)





Obr. č. 1.: Schéma funkce tepelného čerpadla (zdroj: Stiebel Eltron)

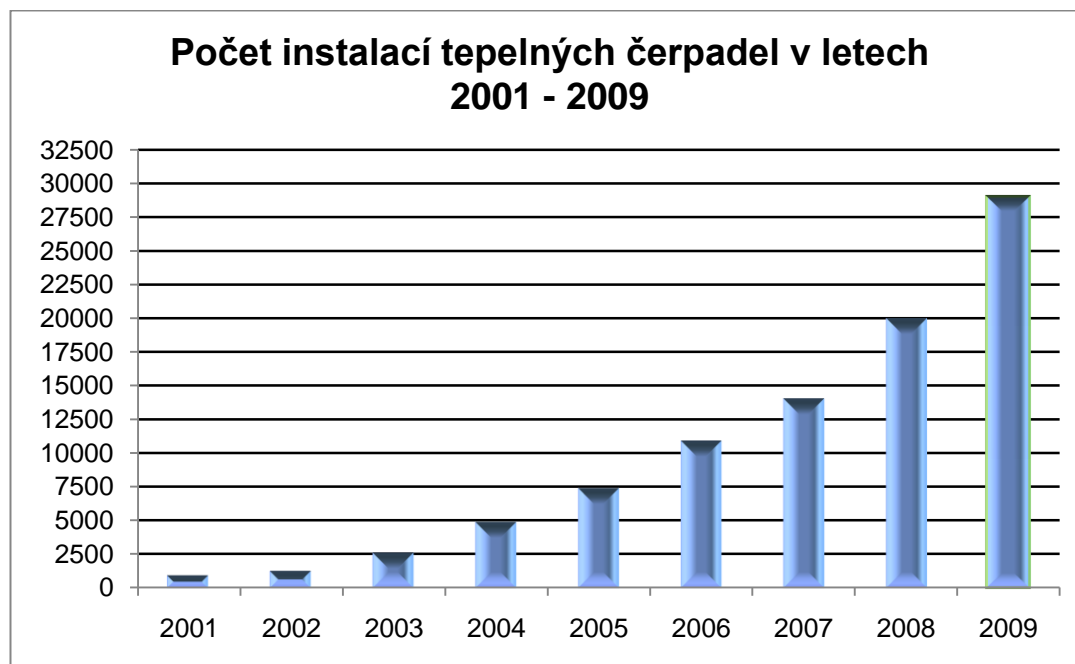
Tepelná čerpadla se na tuzemský trh začala dovážet před 25 lety. Největšími dodavateli pro náš trh byli především švédské, německé a rakouské společnosti. Následně se tepelná čerpadla začala vyrábět i v ČR. Přestože se tepelná čerpadla u nás instalují již přes 20 let, je tento obor stále poměrně nový. Jde o jinou technologii, která nemá v ČR tradici a bohužel málokterí projektanti a instalatéři se na tuto novou technologii chtějí zaměřit.

V roce 2000 proto v ČR vznikla Asociace pro využití tepelných čerpadel. Této asociaci se podařilo předat důležité informace odborné veřejnosti při svých kursech, které jsou určeny jak projektantům, tak i instalatérským firmám. Z tohoto důvodu je rok 2000 považován za nultý rok. Od této chvíle se začíná povědomí o tepelných čerpadlech zlepšovat a instalace již nejsou ojedinělými, jak tomu bylo v minulých letech. Dále pak Asociace pro využití tepelných čerpadel zahajuje i vzdělávací program pro laickou veřejnost.

Vývoj instalací se v ČR stále zlepšuje. Po roce 2000 byly také stanoveny dotační podmínky Státním fondem životního prostředí ČR (SFŽP), a pro rodinné domy a podnikatelské objekty byly zavedeny speciální sazby elektrické energie, spojené právě s využíváním tepelných čerpadel v objektech. Mezi první města, která

samostatně přispěla dotační podporou pro stavby s tepelnými čerpadly, patří Praha a Plzeň. Další významnou událostí, která přispěla k popularitě tepelných čerpadel, byla stále se zvyšující cena energií. Tato skutečnost výrazně ovlivnila ekonomickou návratnost tepelných čerpadel, která se pohybuje již okolo 10 let, to je o polovinu kratší doba, než před rokem 2000, kdy se návratnost pohybovala okolo 20 let.

Díky všem těmto aspektům se počet instalací rok od roku zvyšuje, jak můžeme vidět například na tomto grafu:



Obr. č. 2.: Počet instalací tepelných čerpadel v letech 2001 až 2009

„V porovnání například se sousedním Rakouskem jsme v roce 2008 měli zhruba o 50 000 instalací více. V Rakousku bylo v roce 2008 v provozu 156.500 tepelných čerpadel.“ (BIERMAYR & kol. 2009)

„Spotřeba energie pro vytápění nabízí obrovský potenciál úspor. Přitom bývají často vybírána řešení z oblasti zateplení budovy nebo celková modernizace zařizovací techniky. Tato komplexní opatření, ale vyžadují velkou investiční připravenost majitele. Podstatně výhodnější a i méně náročná je naproti tomu pouhá změna zdroje tepla. Zde je poměr vložených kapitálových prostředků k uspořené energii největší. To platí především pro systémy, které většinu potřebné energie odebírají z okolí, tak zvané regenerativní zdroje tepla, jako jsou například tepelná čerpadla typu vzduch/voda.“ (CHLAZENÍ & KLIMATIZACE 2010)

„Nespornou výhodou je bezproblémové připojení dalších zdrojů energie, například slunečních kolektorů nebo teplovodní krbové vložky.“ (REGULUS, 2010)

### **2.2.2 Státní podpora a výhody financování tepelných čerpadel**

Pro vytvoření příznivých podmínek využívání přírodních zdrojů, které jsou alternativními způsoby vytápění, byla nastavena dotační politika mimo jiné i pro využívání tepelných čerpadel pro rodinné domy a podnikatelské objekty.

„Program Zelená úsporám je zaměřen na podporu vytápění s využitím obnovitelných zdrojů energie, ale také investic do energetických úspor při rekonstrukcích i v novostavbách. Podporuje kvalitní zateplování rodinných domů a nepanelových bytových domů, náhrady neekologického vytápění za nízkoemisní kotle na biomasu a účinná tepelná čerpadla, instalace těchto zdrojů do nízkoenergetických novostaveb a také novou výstavbu v pasivním energetickém standardu. Česká republika získala na tento program finanční prostředky prodejem tzv. emisních kreditů Kjótského protokolu o snižování emisí skleníkových plynů. Celková očekávaná alokace programu je až 25 miliard korun. Trvání programu je od 1. dubna 2009 do 31. prosince 2012.“ (SFŽP, 2009) V současné době je tento program pozastaven.

Program Zelená úsporám se věnuje tepelným čerpadlům a jejich podpoře v oblasti C. – Využití obnovitelných zdrojů energie pro vytápění a přípravu teplé vody.

„Předpokládá se instalace tepelných čerpadel pouze pro rodinné domy. U typu tepelného čerpadla vzduch/voda musí být garantovaná jeho funkce až do teploty venkovního vzduchu  $-20^{\circ}\text{C}$ . Otopná soustava objektu vytápěného tepelným čerpadlem musí být vybavena regulačními prvky zajišťujícími její pružný provoz podle vnějších klimatických podmínek a požadovaných podmínek vnitřního prostředí. Zařízení může být instalováno pouze do novostaveb, jejichž měrná roční potřeba tepla na vytápění je menší než  $50 \text{ kWh/m}^2$ .“ (SFŽP 2009)

- Podoblast C.1 - podporuje nahrazení současných neekologických zdrojů vytápění (kotel na pevná fosilní paliva, plynový kotel, elektrokotel) za nízkoemisní způsoby vytápění na biomasu a tepelná čerpadla v rodinných domech a bytových objektech
- Podoblast C.2 – podporuje realizaci nízkoemisních způsobů vytápění na biomasu a tepelná čerpadla v novostavbách

- Podoblast C.3 - podporuje instalace solárně-termických kolektorů pro ohřev teplé vody nebo na kombinaci ohřevu teplé vody a vytápění v rodinných domech i v novostavbách

Žadatele můžeme rozdělit do 3 skupin:

- Žadatel již svou stavbu a záměr realizoval, o dotaci žádá již pro funkční systém vytápění tepelným čerpadlem. Po dokončení všech legislativních kroků může o dotaci požádat ihned.
- Žadatel svou stavbu a záměr právě realizuje. Záměr je nutné nejdříve dokončit a po dokončení všech legislativních kroků může o dotaci požádat.
- Žadatel je v projektové fázi, v tomto případě je nutné dokončit fázi realizace a poté zažádat o dotaci.

„Cílem programu je podpořit vybraná opatření úspor a využití obnovitelných zdrojů energie, která budou v obytných budovách realizována fyzickými osobami a dalšími subjekty vlastnicími obytné budovy a jež povedou k snížení emisí oxidu uhličitého a emisí dalších znečišťujících látek a k nastolení dlouhodobého trendu trvale udržitelného bydlení.“ (SFŽP 2009)

„Podpora je v rámci programu nastavena tak, aby prostředky programu mohly být čerpány v průběhu celého období od 1. dubna 2009 do 31. prosince 2012, a aby dotace mohla být poskytnuta každému, kdo o podporu požádá a splní-li podmínky programu. Žádost o podporu z programu bude moci být žadatelem podávána před začátkem realizace, ale i po její realizaci. Podpora bude vyplácena vždy po ukončení realizace podporovaného opatření.“ (SFŽP 2009)

S využitím tepelných čerpadel je také úzce spjat pojem HDO, tedy Hromadné dálkové ovládání. Tímto dálkovým ovládačem jsou schopny rozvodné sítě vypínat či zapínat nízký a vysoký tarif. Tepelná čerpadla, jsou na toto zařízení napojena tak, že v průběhu dne je tepelné čerpadlo 22 hodin v provozu, a to v nízkém tarifu. Zároveň je na tento nízký tarif připojen celý objekt po stejnou dobu. To znamená další nemalou výhodu tepelných čerpadel, která se v ročním zúčtování elektrické energie jistě promítne. V období, kdy nízký tarif právě neplatí, je tepelné čerpadlo mimo provoz. Avšak poměr mezi dobou trvání nízkého a vysokého tarifu je tak značný, že tyto minimální výpadky provozu tepelného čerpadla jsou vzápětí opět dorovnány jeho funkcí.

Dvoutarifová sazba pro vytápění tepelným čerpadlem (provoz TČ od dubna 2005)				
		E.ON	PRE	ČEZ
cena 1MWh (Kč)	vysoký tarif	3312,16	2740,48	2925,88
	nízký tarif	2400,38	2097,28	2198,88
Jistič		měsíční platba (Kč)		
jistič do 3x10 A do 1x25 A včetně		180	176,4	184,8
jistič nad 3x10 A do 3x16 A včetně		254	249,6	266,4
jistič nad 3x16 A do 3x20 A včetně		303	298,8	321,6
jistič nad 3x20 A do 3x25 A včetně		364	360	390
jistič nad 3x25 A do 3x32 A včetně		449	445,12	486
jistič nad 3x32 A do 3x40 A včetně		548	543,6	595,6
jistič nad 3x40 A do 3x50 A včetně		670	666	732
jistič nad 3x50 A do 3x63 A včetně		830	825,6	909,6
jistič nad 3x63A za každou 1 A + k celk. ceně se připočte E.ON 58,- PRE 54,- ČEZ 48,-		12,24	12,24	13,68
jistič nad 1x25 A za každou 1 A + k celk. ceně se připočte E.ON 58,- PRE 54,- ČEZ 48,-		4,08	4,08	4,56

Tab. č. 1.: Sazby D 56 d, dvoutarifová sazba pro vytápění tepelným čerpadlem (zdroj: <http://www.tzb-info.cz/>)

„Odlišnou cestou podpory tepelných čerpadel se dali ve Finsku. Když si zde zájemce nainstaluje tepelné čerpadlo, pak má po dobu dvou let bezplatnou dodávku elektrické energie, nejen pro spotřebu tepelného čerpadla, ale i celé domácnosti. Navíc je zde možnost nákupu čerpadla formou velmi výhodných, bankami podporovaných úvěrů.“ (SLOVÁČEK, 2009)

Tepelná čerpadla, jako zdroje tepelné energie, jsou ekonomicky zajímavé především svou spotřebou energie. energii využívanou k produkci tepla můžeme rozdělit na  $\frac{2}{3}$  energie, která je odebírána z okolního prostředí, a  $\frac{1}{3}$  elektrické energie, která je potřebná k provozu kompresoru. Tato energie je odebírána z veřejné elektrické sítě. Jde zde tedy o úsporu energie o přibližně  $\frac{2}{3}$ . Přesná úspora lze vyjádřit teprve u konkrétního návrhu technologie. Důležitým faktorem je

správný výběr tepelného čerpadla pro daný objekt, to je projektováno v rozmezí 60% až 80% celkových tepelných nároků daného objektu. Tento tepelný nárok lze také vyjádřit jako celkovou tepelnou ztrátu objektu.

Nejdůležitějšími důvody při rozhodování a porovnávání možných variant vytápění objektu, jsou především nízké provozní náklady, snadná regulace teploty, malé či žádné nároky na údržbu, stavební připravenost objektu a pořizovací náklady. Při výběru tepelného čerpadla jsou nutné vyšší pořizovací náklady, na rozdíl od elektrokotle či plynového kotle. Návratnost je přibližně dána v porovnání s elektrokotlem v rámci asi 10 let, s plynovým kotlem je asi 15 let. Životnost tepelného čerpadla je dána přibližně 40 000 MH, po těchto odpracovaných motohodinách je potřeba výměna kompresoru. Cena kompresoru záleží na typu tepelného čerpadla, obecně se dá říci, že se pohybuje v rozmezí 60 000 Kč až 80 000 Kč. Při správném výběru tepelného čerpadla se v případě jeho využití pouze v topné sezóně pohybuje roční provoz, a tedy i využití kompresoru, v rozmezí 2000 – 2400 Mh/rok. Při využití tepelného čerpadla mimo topnou sezónu, a to především pro ohřev vody v krytém bazénu, se může roční provoz tepelného čerpadla, v závislosti na objemu vyhřívání bazénu, zvýšit až o 500 Mh/rok. Můžeme tedy hovořit o životnosti kompresoru v poměru - životnost kompresoru/roční provoz kompresoru

Provoz pouze v topné sezóně:

$40\,000\text{ MH} / 2\,200\text{ Mh/rok} = \underline{18,2\text{ let}}$

Provoz celoročně (letní ohřev bazénu)

$40\,000\text{ MH} / 2\,700\text{ Mh/rok} = \underline{15\text{ let}}$

V letním období může být využíváno tepelné čerpadlo také v reverzním chodu jako chladicí zařízení, není tedy potřeba nákup klimatizačních jednotek pro chlazení objektu. Ovšem je opět nutné přihlídnout na vyšší provoz kompresoru a nutné náklady s ním spojené, podobně jako u příkladu výše.

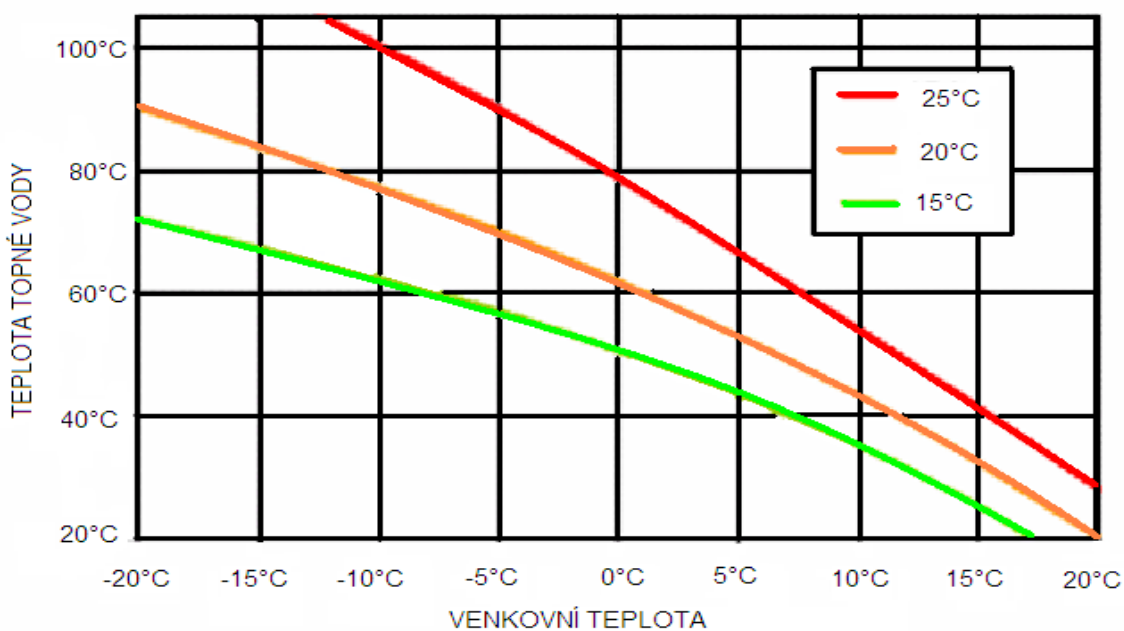
Při výběru tepelného čerpadla pro daný objekt je třeba nastudovat základní informace, které umožní zájemci se v této problematice zorientovat a následně vybrat správný systém, který zaručí správný způsob vytápění. Proto je důležité zaměřit se na výrobky, které jsou na trh dodávány spolehlivým výrobcem. Tento výrobce, popřípadě dodavatel, je na trhu již delší dobu a má tedy s výrobou tepelných čerpadel zkušenosti. Důležité je především zaručení bezpečnosti

tepelného čerpadla a také zaručení skutečnosti, že dané tepelné čerpadlo splňuje odpovídající normy. Každý výrobek uváděný na trh musí splňovat předpisy, což je dodavatel povinen doložit příslušnými dokumenty.

Dále by se měl zájemce o tepelné čerpadlo zaměřit na hlučnost zařízení. Na vyžádání by měl být výrobce schopen předvést na ukázkové instalaci míru hlučnosti i praktický chod zařízení se všemi konstrukčními nároky.

„Důležitým bodem při výběru tepelného čerpadla jsou tzv. topné neboli výkonové křivky. Tyto křivky jsou zhotoveny pro každý typ tepelného čerpadla a jedná se o závislost venkovní teploty a tepelného výkonu daného typu tepelného čerpadla. Posouzení této křivky spolu s tepelnými nároky objektu by měli být jedny z výchozích parametrů výběru tepelného čerpadla. „Topná křivka tepelného čerpadla je výkon v teplé vodě na výstupu z tepelného čerpadla. Je tedy zřejmé, že je součtem obou vložených energií, je tedy vždy větší než energie hnací – elektřina.“ (TINTĚRA 2003)

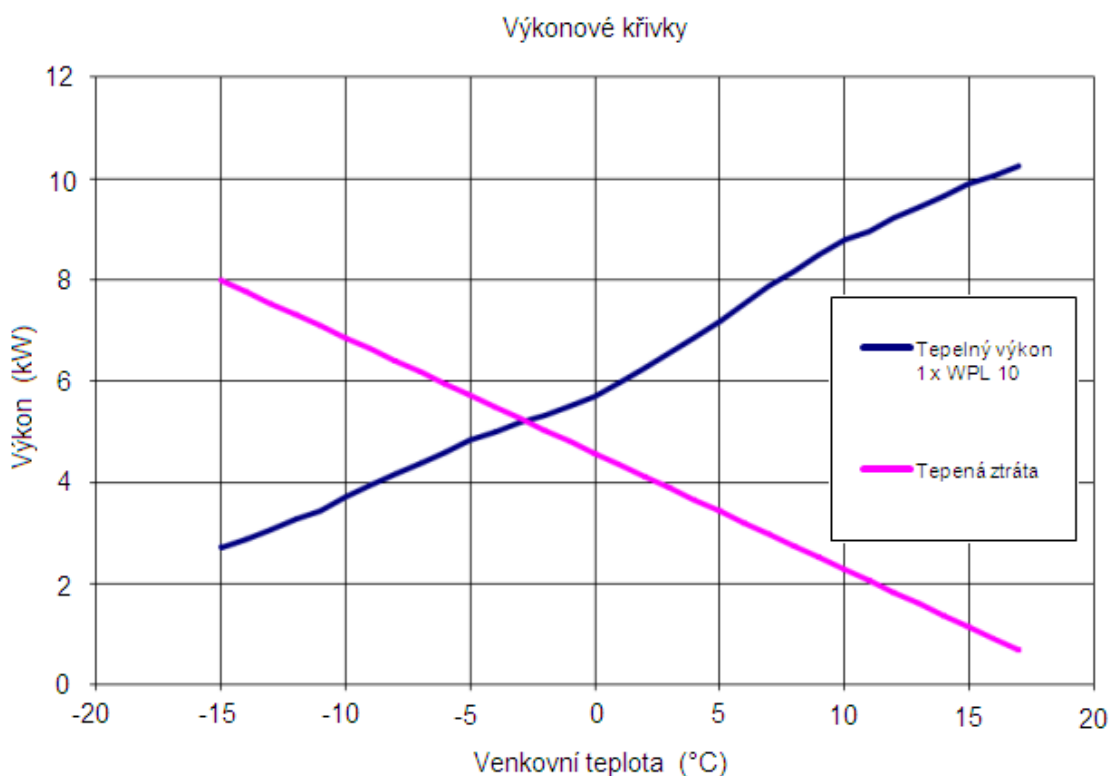
“Soustava topných křivek se stanovuje na základě jednak požadované teploty v místnosti (např. pro požadovanou teplotu 25°C). Tak i na základě znalosti nejnižší venkovní teploty, která byla v dané oblasti kdy dosažena. Typický průběh závislosti teploty topné vody na venkovní teplotě, tedy ekvitemních křivek, je uveden na obr. 3. Jsou zde uvedeny tři ekvitemní charakteristiky pro požadované teploty místnosti 25°C, 20°C a 15°C.” (MATZ 2010)



Obr. č. 3.: Ekvitemní křivky různých teplot topné vody, zdroj: <http://www.tzb-info.cz/>

U tepelných čerpadel (obzvláště vzduch/voda) můžeme říct, že platí: čím je teplota (teplotní spád) topného media (vody) nižší, tím je topný faktor tepelného čerpadla vyšší a naopak.

„Topný faktor se může u tepelných čerpadel pohybovat od 2 do 5. Jestliže je topný faktor dán  $\epsilon = 2$ , znamená to, že na 1 kWh spotřebované elektrické energie získáme 2 kWh energie tepelné.“ (TZB-info, 2010)



Obr. č. 4.: Graf výkonové křivky (zdroj: Stiebel Eltron)

### 2.2.3 Bivalentní bod

Tepelná čerpadla nejsou zpravidla navrhována na pokrytí celé tepelné ztráty vytápěného objektu a to především z ekonomických důvodů. V nejchladnějších dnech v roce „pomáhá“ tepelnému čerpadlu tzv. bivalentní zdroj. Bivalentním zdrojem je nejčastěji elektrokotel, který může být součástí již instalovaného tepelného čerpadla, nebo si jej může zájemce vybrat dle svého uvážení sám. V tomto případě je však nutné bivalentní zdroj nechat zapojit odbornou firmou zároveň při instalaci tepelného čerpadla. Tepelné čerpadlo je navrhováno tak, aby se bod bivalence pohyboval v rozmezí  $-3^{\circ}\text{C}$  až  $-10^{\circ}\text{C}$ . Navrhne-li bivalentní bod



v  $-7^{\circ}\text{C}$ , bude elektrokotel při dosažení venkovní teploty  $-7^{\circ}\text{C}$  spínat a vypomáhat tepelnému čerpadlu.

Jestliže známe výpočet tepelné ztráty objektu a potřebu teploty topné vody (obvykle  $55^{\circ}\text{C}$  až  $65^{\circ}\text{C}$ ), můžeme snadno určit, jak výkonné tepelné čerpadlo bude pro objekt zapotřebí.

Místo, kde se výkonová křivka tepelného čerpadla protne s křivkou tepelné ztráty budovy, nazýváme bod bivalence. Při poklesu venkovní teploty na bod bivalence spíná elektrokotel, který současně s tepelným čerpadlem zajišťuje tepelný komfort objektu. V tomto případě elektrokotel doplní nedostatečný výkon tepelného čerpadla, naopak při vyšší venkovní teplotě než je odpovídající bivalentnímu bodu, produkuje tepelné čerpadlo (vzduch/voda) nadbytek výkonu. Při přebytku se tepelné čerpadlo vypne a znovu se sepne v okamžiku potřeby doplnění energie.

Jestliže se venkovní teplota pohybuje okolo bivalentního bodu tepelného čerpadla, může docházet k častému vypínání a následnému zapínání tepelného čerpadla. V tomto případě ovšem dochází k zatěžování tepelného čerpadla, respektive k zatěžování kompresoru čerpadla, a dochází ke snižování jeho životnosti. Aby se tomuto jevu předešlo, nabízí se řešení přiřadit do systému akumulární nádrž, která může mít objem od 200 do 500 litrů. Díky akumulární nádrži se teplota topné vody udrží po delší dobu v odpovídající teplotě a tím se prodlouží jednotlivé intervaly spínání čerpadla.

Tepelná čerpadla jsou vhodná také pro úsporný ohřev teplé užitkové vody. Zásobník teplé užitkové vody může být již zabudován v tepelném čerpadle jako jeho primární součást, v tomto případě se jedná o novější modely tepelných čerpadel. Zásobník může být zapojen do systému samostatně. Prakticky záleží na subjektivním požadavku zákazníka. Obecně se dá říci, že novější tepelná čerpadla, která již mají zásobník na teplou užitkovou vodu zabudován, jsou méně náročné na prostor instalace, jsou tedy vhodnější tam, kde není prostoru nazbyt.

„Cena těchto systémů je výrazně vyšší než u konvenčních systémů. Rozdíl je obvykle navrácen v rozmezí 3 až 10 let. Jeho životnost pro vnitřní komponenty se odhaduje na 25 let, pro celý instalovaný systém se tato životnost často zvyšuje až o dvojnásobek. Na celém světě bylo v roce 2004 nainstalováno více jak jeden milión instalací, meziročně se průměrně jejich počet zvyšuje o 10%. Pokud by byla tato technologie využívána ve větší a větší míře může tato technologie pomoci zmírnit náklady na energie a také zmírnit globální oteplování.“ (MILLER & kol. 2009)

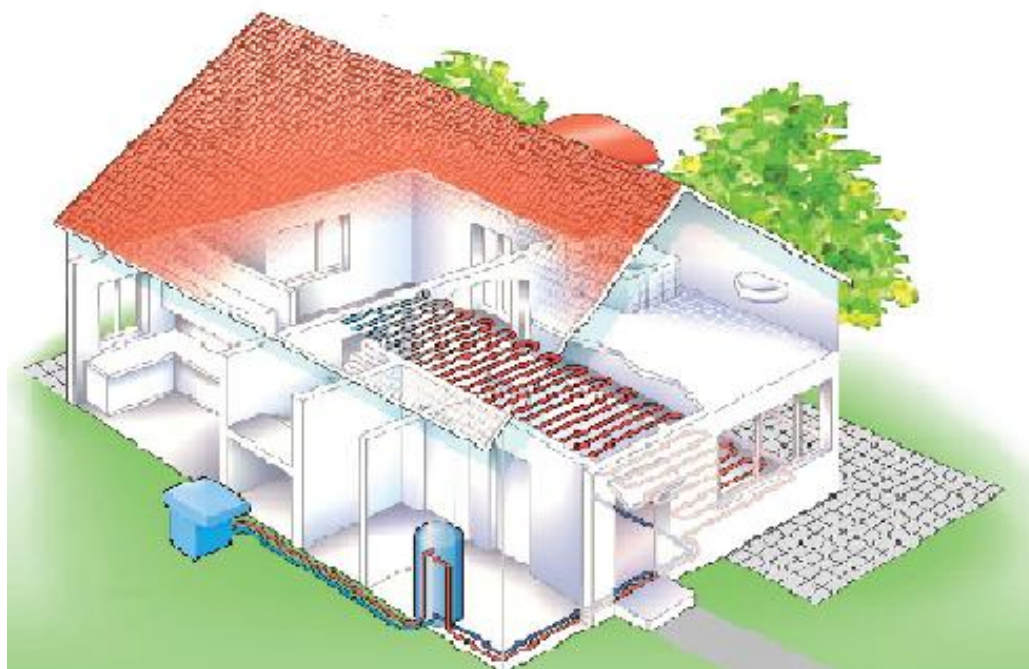
## 2.2.4 Hodnocení z hlediska uživatele

„Přistupuje-li uživatel k zavedení tepelného čerpadla či jiného racionálnějšího opatření na úsporu energie, může být jeho přístup ovlivněn některými z těchto důvodů:

- Má direktivně uloženou úsporu paliva či energie (limitovaný odběr) a toto nařízení může splnit použitím tepelného čerpadla
- Má limitován odběr určitého paliva, např. kapalného a hledá náhradu např. v elektrické energii
- Zavedením tepelného čerpadla je pro něho výhodné mimoekonomicky, např. tím, že spotřeba energie pro pohon tepelného čerpadla není limitována
- Zavedení tepelného čerpadla je pro něho ekonomicky výhodné

„V oblasti národního hospodaření může být potřeba zavedení tepelného čerpadla vyvolána splněním libovolného z uvedených bodů, má-li být tepelné čerpadlo použito přímo obyvatelstvem, potom pouze za předpokladu splnění bodu posledního.“ (DVOŘÁK & KOL. 1987)

## 2.2.5 Tepelná čerpadla vzduch/voda



Obr. č. 5.: tepelné čerpadlo vzduch/voda – venkovní provedení (STIEBEL ELTRON 2010 (3))

Prakticky řečeno všude tam kde svítí slunce, je solární energie zdrojem pro ohřev vzduchu. Nevýhodou systému vzduch/voda je praktický fakt, že v období kdy je nejvíce zapotřebí vytápet objekt, je vzduch nejchladnější. Přestože je tepelné čerpadlo schopné fungovat do  $-20^{\circ}\text{C}$ , jeho topný faktor klesá úměrně klesající venkovní teplotě. Řešením je tedy přidání bivalentního zdroje k zajištění dostatečného výkonu v nejchladnějších dnech v roce.

Tuto skupinu tepelných čerpadel můžeme, dle potřeby, umístit jak do venkovního, tak do vnitřního prostředí. Venkovní variantu můžeme volit například z nedostatku místa v objektu, a to především u rekonstrukce, kde nebylo počítáno s technickou místností. Důležité je dobře vybrat prostor pro umístění tepelného čerpadla tak, aby nedocházelo k rušení obyvatel domu či sousedů. Varianta vzduch/voda je využitelná v jakémkoli domě. Není zde zapotřebí ani rozbor spodní vody, ani hloubení sond. Je tedy vhodná pro domy s malou či prakticky žádnou zahradou.

Princip funkce je takový, že jedním průduchem se nasává vzduch do tepelného čerpadla, tepelný výměník z něj odejme teplo, a poté je ochlazený vzduch odváděn druhým průduchem zpět do venkovního prostředí. Tepelná čerpadla fungují v rozmezí teplot  $30^{\circ}\text{C}$  až  $-20^{\circ}\text{C}$ . Jestliže již výkon tepelného čerpadla nepokryje dostatečně potřebu tepla objektu, je sepnut bivalentní zdroj, nejčastěji elektrokotel, který je součástí tepelného čerpadla nebo je samostatně zapojen.

Vnitřní varianta vyžaduje někdy malé stavební úpravy, či stavební připravenost. Dle možností je tepelné čerpadlo umístěno ve sklepních prostorách, či v prvním nadzemním podlaží. Průduchy, kterými je přiváděn a odváděn vzduch, je třeba řádně zaizolovat. Dochází zde k vysokému rozdílu teplot a při nedokonalém zaizolování všech částí přívodových a odvodových, dochází ke kondenzaci a následnému odkapání zkondenzované vzdušné vlhkosti.

„Tepelná izolace by měla v co nejvyšší míře zamezit pronikání vodní páry do izolačního materiálu s následnou kondenzací na chladném povrchu, kde je teplota pod teplotou rosného bodu okolního vzduchu. Skapávající kondenzát z povrchu izolace je velmi vážným problémem, protože může narušit pracovní režimy, způsobit stavební vady, korozi atd. Proto je výběr druhu izolačního materiálu pro chladicí zařízení či tepelná čerpadla velmi důležitým aspektem.“ (KOVERDYNSKÝ 2009)

Průduchy, které zajišťují přívod a odvod vzduchu, by měly splňovat některé zásady. Důležitou zásadou je vzdálenost mezi oběma průduchy 3 metry na rovné

stěně. Tento problém se zcela vyřeší, umístíme-li tepelné čerpadlo do rohu místnosti, a průduchy vyvedeme na odlišných stěnách. Tato zásada je důležitá pro zamezení nasátí již ochlazeného vzduchu. Minimální otvor průduchů je dán výrobcem, například 420 x 420 mm. Při umístění tepelného čerpadla do objektu je třeba zajistit, aby pod tepelným čerpadlem byla položena antivibrační vrstva, například podložka z drcených pneumatik. Tímto zabráníme přenosu vibrací z tepelného čerpadla do konstrukce domu.

## 2.2.6 Tepelná čerpadla země/voda



Obr. č. 6.: Funkční schéma systému země / voda (BÖSWARTH & KOL. 2006)

Jestliže máme dostatečně velký pozemek, kde není překážka, která by mohla vyloučit zemní práce, je možno využít variantu tepelných čerpadel země/voda. Je zde zapotřebí souhlas příslušného stavebního úřadu a dále pak souhlas příslušného rozvodného závodu pro umístění kolektoru či sond na našem pozemku.

Tepelné čerpadlo země/voda – zemní kolektory. Kolektory se umísťují pod povrch půdy do hloubky 1,2 až 1,5 m. Jsou umísťovány v nezastavěné části pozemku. Zemní kolektory využívají teplo v půdě, které ji předává Slunce. Jestliže by se jednalo o zastavěnou část, byla by funkce tepelného čerpadla minimální nebo žádná. Potřebná plocha kolektorů je dána termofyzikálními vlastnostmi půdy, jejím složením a jakostí. Jedná se o tzv. akumulaci schopnost půdy. Ta je dána

především obsahem vody a minerálů v půdě. Tyto rozdíly mohou být odlišné dle jakosti půdy i o 40W/m<sup>2</sup>. Z tohoto důvodu je velmi důležité zajistit před návrhem tepelného čerpadla rozbor složení půdy. Nejčastěji uváděnou potřebnou plochou pro energetický zdroj, který je možné považovat za monovalentní, je dvojnásobek až trojnásobek vytápěné plochy domu. Na této ploše jsou umístěny kolektory. Jedná se tedy o systém, který opravdu vyžaduje velký pozemek.

V uložených kolektorech proudí tzv. teplonosná látka. Teplonosná látka musí být z nemrznoucí směsi, aby nemohlo dojít k zastavení oběhu čerpadla. Kolektory se umísťují 0,6 až 1 m od sebe, aby nedocházelo k promrznutí země a dešťová voda se mohla vsakovat. Trubky kolektoru jsou umělohmotné, vždy však musí být všechny části zemního kolektoru skládány a spojovány z nekorodujících částí.

„Rozdělovače a sběrače kolektorů mají být přístupné pro možnost pozdějších revizí, např. umístěny ve vhodných šachtách nebo v šachtách vně objektu a opatřených ze strany sklepa okny.“ (STIEBEL ELTRON, 2010 (3))

Dalším možným systémem je pak systém ohřevu topné vody pomocí zemních sond. Tyto sondy jsou vrtané, jejich hloubka obvykle dosahuje až 100 (150) m pod povrchem země. Jde o variantu, která není tak náročná na velikost pozemku, jako tomu je u systémů s kolektory. Její náročnost je především v investičních nákladech, které jsou zvýšené náročnými zemními pracemi. Sondy se instalují do předem připravených zemních vrtů, jsou spojeny takzvanou patkou. V jednom zemním vrtu je umístěna dvojitá sonda ve tvaru U. Vrty jsou vytvrzovány bentonitem, aby nedocházelo k pohybu zeminy. Bentonit po vytvrnutí zajišťuje stabilitu vrtu a také stabilní kontakt sondy s okolním prostředím, tím je zajištěna optimální tepelná prostupnost.

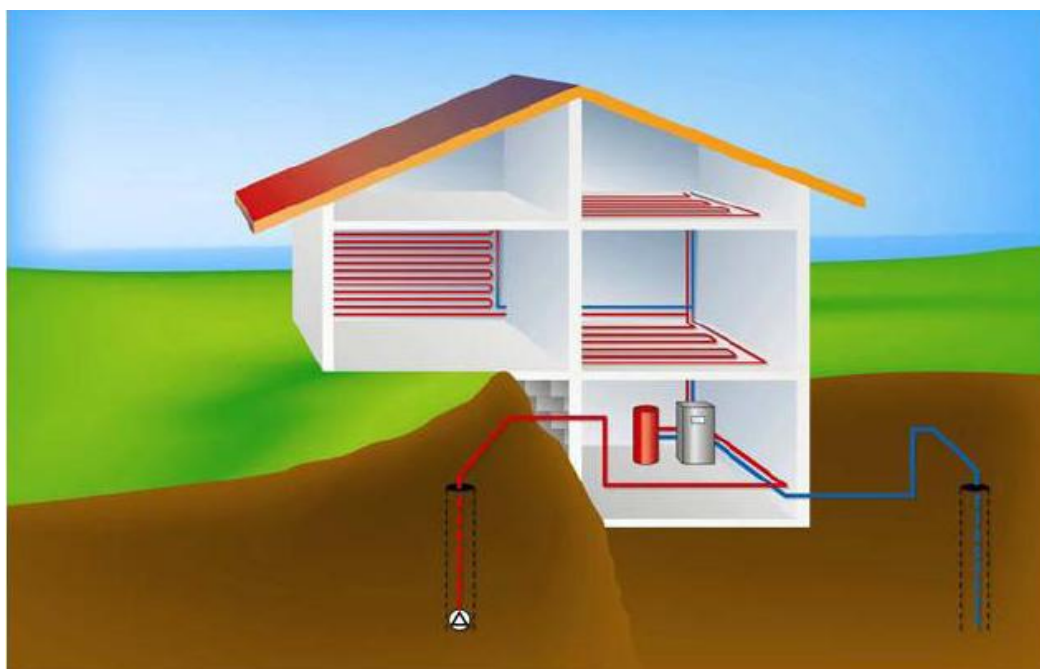
V zemních sondách koluje obdobně jako v kolektorech nemrznoucí směs, ta zajišťuje opět cirkulaci teplonosné látky v systému. Sondy jsou zhotoveny z umělohmotných trubek. V jednom 100 m vrtu bude umístěno 400 m umělohmotných trubek, to je dáno dvojitým uložením trubek (200 m přívodního a 200 m vratného potrubí). Teplonosná látka odnímá teplo pod povrchem země. Topný faktor je přímo závislý na geotermálních vlastnostech půdy a obvykle se pohybuje mezi 30 až 100 W na jeden metr zemní sondy.

Dle předpisů je nutné u vrtů do 100 m, tyto vrty nahlásit a žádat o povolení příslušný vodohospodářský ústav. Jestliže vrty budou přesahovat hloubku 100 m je zde nutné svolení vrchního báňského úřadu.

Po technické stránce je zde opět nutné zajistit, aby všechny trubky, spojky a tvarovky byly vyrobeny z materiálu, který nepodléhá korozi. Pro případnou revizi je vhodné umisťovat rozdělovače a sběrače sond tak, aby byly volně přístupné. Před uvedením do provozu je třeba celý systém tedy zemní sondy, rozdělovače a sběrače podrobit tlakové zkoušce.

„V mělkých systémech, jako jsou horizontální typy, je topný faktor sezónně ovlivněn teplotními výkyvy v důsledku solárních zisků a ztrát při přenosu do ovzduší na úrovni terénu. Systémy vertikálního typu jsou do značné míry závislé na skutečné geotermální energii z jádra Země. Kvalitní využití geotermálního tepla je velmi dobře dostupné v místech, kde se sopečná činnost blíží k povrchu, a může se zhodnotit při pomoci tepelného čerpadla.“ (SCHAEFER 1996)

### 2.2.7 Tepelná čerpadla voda/voda



Obr. č. 7.: Princip systému tepelného čerpadla voda/voda (BÖSWARTH & KOL. 2006)

Posledním řešením, které se v ČR využívá, jsou tepelná čerpadla voda/voda. Tyto čerpadla využívají pro ohřev teplotu spodní vody. Základními prvky jsou zde dvě studny, které jsou od sebe vzdáleny optimálně asi 15 m. Obě studny mají odlišné funkce, první studna je využívána jako odčerpávací, druhá pak jako vsakovací. Dle nadimenzování jednotlivých tepelných čerpadel je nutné zajistit dostatečný příjem vody pro daný typ. Dostatečná kapacita studny se zjišťuje

takzvanou čerpací zkouškou, ta by měla být dostatečně dlouhá, minimálně 28 dní. V rámci čerpací zkoušky se také provádí analýza (rozbor) vody. Jestliže zkouška probíhá dle předpokladů a není zde překážka buď ve změně množství či kvalitě vody je možné tepelné čerpadlo provozovat. Samozřejmě i u této varianty tepelného čerpadla je nutný souhlas příslušného vodohospodářského úřadu.

Vodní zákon č.254/2001 Sb., §29, 1. odst.: „Zdroje podzemních vod jsou přednostně vyhrazeny pro zásobování obyvatelstva pitnou vodou a pro účely, pro které je použití pitné vody stanoveno zvláštním právním předpisem [zákon č.62/1988 Sb., o geologických pracích a o Českém geologickém úřadu, ve znění pozdějších předpisů]. K jiným účelům může vodoprávní úřad povolit použití podzemní vody jen, není-li to na úkor uspokojování uvedených potřeb.“

Jak už bylo řečeno, vzdálenost mezi studnami by měla být minimálně 15 m, hloubka studen je závislá na hladině spodní vody. Obvykle se hloubka studen pohybuje mezi 5 až 20 m.

Všechny uvedené varianty můžeme kombinovat se solárními panely, které díky svému velmi levnému provozu mohou pro tepelná čerpadla představovat vhodný doplňující zdroj teplé užitkové vody.

„Solární panely pomáhají připravovat teplou užitkovou vodu a dodávaná regulace přečerpává teplo i do topení. Není však neobvyklé rozšířit regulaci i pro další odběrná místa, například pro připojení bazénu k solárním panelům. Připojení bazénu není některak složité a navíc výrazně zvyšuje výtěžnost solárních panelů.“ (STIEBEL ELTRON 2011)

### **2.2.8 Ekonomické zhodnocení investice**

V případě tepelných čerpadel se náklady dělí na investiční a provozní náklady. Tyto náklady spolu vytváří celkové náklady od pořízení tepelného čerpadla do konce jeho životnosti. Pro dobré ekonomické zhodnocení tepelného čerpadla a zjištění doby návratnosti je zde třeba zmínit důležité veličiny, se kterými dále budeme pracovat a na jejich základě budeme zjišťovat ekonomickou výhodnost tepelných čerpadel ve třech teoretických realizacích.

#### Investiční náklady:

- Náklady na pořízení tepelného čerpadla
- Náklady na instalaci tepelného čerpadla

- Náklady na rozvod topné vody, popřípadě topného vzduchu
- Náklady na zprovoznění tepelného čerpadla
- Náklady na technicky zajištěnou tlakovou a topnou zkoušku

#### Provozní náklady:

- Náklady na energii (chod kompresoru)
- Náklady na energii pro bivalentní zdroj
- Náklady na služby a revize
- Náklady na kompresor (cca po 40 000 Mh)

#### Vstupní údaje

- Počet dnů v otopném období
- Vnitřní výpočtová teplota
- Venkovní výpočtová teplota
- Teplota na začátku otopného období
- Tepelná ztráta objektu při  $t_{ev}$
- výkonové charakteristiky TČ

„Provozní náklady jsou u tepelných čerpadel bezkonkurenčně nízké proti jiným srovnatelným zdrojům tepla. Kromě nižší spotřeby energie jsou výrazně nižší i náklady na údržbu, protože tepelné čerpadlo je nejbezpečnější a nejspolehlivějším zdrojem tepla. S tepelným čerpadlem nemusíte investovat do komína, plynové přípojky nebo skladování paliva.“ (DIMPLEX 2010)

„Ceny energií se dostávají stále více pod tlak. Zejména ceny ropy a tedy i zemního plynu podléhají značným výkyvům. V současnosti neexistuje žádný reálný důvod, proč by se tento vývoj měl změnit. Zásoby fosilních paliv jsou limitované a vyhledávání nových zdrojů těchto paliv je stále dražší. Cena ropy a plynu proto bude pravděpodobně stoupat i v budoucnu. Naproti tomu náklady na výrobu energie z termálních zdrojů v přírodě neporostou. Současná volba zdroje tepla je pevný základ pro budoucí zásobování energií. A není to jen volba pro životní prostředí, ale je to i volba, která ušetří spoustu peněz.“ (STIEBEL ELTRON 2010 (2))





Obr. č. 8.: Průběh cen topného oleje (STIEBEL ELTRON 2010 (2))

### 2.2.9 Ekonomie versus ekologie

Často se setkáváme s názorem, že ekologické zdroje jsou finančně nákladné a jejich využívání je pro konečné spotřebitele finančně náročnější, než využívání neekologických zdrojů. Domnívám se, že tento konzervativní přístup je zapříčiněn nevědomostí a nedostatečnou osvětou ekologických zdrojů.

Při hodnocení investic je třeba se zaměřit na dlouhodobou výhodnost investice, na to co nám může přinést v budoucnu. Ano, investiční náklady u tepelných čerpadel jsou několikanásobně vyšší a mohou potencionálního zájemce odradit hned v první fázi výběru. V tomto případě je třeba seznámit zájemce s návratností tohoto systému a také mu přiblížit dotační politiku státu. Při výběru tepelného zdroje by se měl zájemce seznámit se všemi potřebnými informacemi a důkladně je zvážit.

Ekologické zdroje nejsou v žádném případě pouze pro dobrý pocit těch, kteří je využívají. V konečném důsledku a v dlouhodobém hledisku jsou pro konečného spotřebitele ekonomičtější než tepelné zdroje, které se ekologickými zdroji nenazývají. Roční provozní náklady jsou u ekologických zdrojů s těmi neekologickými nesrovnatelné.

Je tedy třeba překonat prvotní nelibost, která může nastat a zaměřit se na ekonomické dlouhodobé hledisko, když si k tomu spotřebitel připočte také nehmotné hodnoty, které ekologické zdroje přinášejí a to především ochrana životního prostředí

a zamezení lokálního znečištění ovzduší, měl by se jeho přístup k tepelným čerpadlům změnit v pozitivní.

Ekologové mohou v tepelných čerpadlech nacházet ještě další nevýhody a to například přenesení znečištění v podobě výroby elektrické energie mimo její spotřebu. Je třeba říci, že tepelné čerpadla využívají elektrickou energii v mnohem menší míře než třeba běžný elektrokotel. Vezmeme-li v úvahu, že elektřina je vyráběna v jaderných elektrárnách, které jsou považovány za nejčistší způsob výroby elektřiny, tento je názor jasně dementován. Elektrická energie může samozřejmě pocházet i z jiných než jaderných elektráren, je zde ale otázka jestli tuto skutečnost může konečný spotřebitel ovlivnit. Jistě můžeme využívat energii z fotovoltaických článků, tento způsob je často využíván a to především u takzvaných pasivních domů. I v tomto případě můžeme narazit na zlé jazyky, které se snaží poukazovat na životnost těchto zdrojů a na zátěž životního prostředí při jejich nelehké likvidaci. Zajisté bychom mohli polemizovat dále a nacházet další možná rizika ekologických zdrojů. Tyto rizika jsou však mnohem, mnohem nižší než rizika, které vznikají při spalování pevných či plyných paliv.

Chceme-li dosáhnout nižších emisí a zmírnit smogové situace v topné sezóně je třeba tepelná čerpadla vyzdvihovat jako ekologická a v konečném důsledku i ekonomické zdroje vhodné k vytápění rodinných domů i větších veřejných objektů.

### **2.2.10 Konečné rozhodnutí**

„Před konečným rozhodnutím, zda tepelné čerpadlo pořídit či ne, je nutná konzultace stavebníka se svým finančním poradcem. Ekonomické posouzení zvažuje, který druh vytápění má nejnižší roční náklady. Sčítá palivové náklady se zbytkem nákladů provozních a splátkou úvěru.

Ekonomické posouzení je jen jednou z mnoha informací sloužících pro rozhodování. Patří sem ale i mnoho vlivů nevyčíslitelných – chápaných intuitivně, jako je pohodlí, teplo od nohou, ekologické cítění nebo zájem o technické novinky. Poradci a konzultanti mohou pouze poskytnout informace. Konečné rozhodnutí je pouze na majiteli domu a jen on ho může vyslovit. Konec konců, jsou to jeho peníze...“ (TINTĚRA 2003)

Jestliže se rozhodneme pro realizaci tepelného čerpadla respektive jeho instalaci, je třeba myslet především na již zmíněná fakta o kvalitním projektu, podrobným seznámením se s touto technologií a samozřejmě dobrým výběrem

realizační (montážní firmy). Je dobré se informovat o možnostech, které jsou pro nás nejvhodnější a konzultovat projekt s odbornou firmou, která nám zajistí případnou montáž a servis. Tato firma by měla být renomovaná a na vyžádání bychom měli dostat k nahlédnutí seznam referenčních projektů. Touto opatření můžeme výrazně snížit riziko dodatečných reklamací a samozřejmě tím zvýšíme spokojenost s technologií, kterou jsme si ze svých osobních důvodů vybrali.

„Pro bezpečný a dlouhodobý provoz tepelného čerpadla je třeba dodržet technické podmínky dané výrobcem. Ty vycházejí z dlouholetých zkušeností firmy s provozem tepelných čerpadel a mají chránit konečného zákazníka, montážní firmu i dodavatele před chybnou montáží nebo funkcí zařízení. Z tohoto důvodu je nutné provádět instalaci jen na základě projektu, zpracovaného kvalifikovaným projektantem. Již ve fázi projektování je možné konzultovat projekt s techniky firmy. Před začátkem nebo během montáže (před uvedením do provozu) je možno objednat konzultační návštěvu servisu. Tato návštěva bývá hrazena objednavatelem. Záruka na tepelné čerpadlo je podmíněna jeho prvním uvedením do provozu pracovníkem s platným oprávněním. Hlavním garantem instalace, koordinátorem instalačních prací a uvádění do provozu tepelného čerpadla je firma dodávající zařízení konečnému zákazníkovi. Uvedení do provozu zajistí centrální servis maximálně do pěti pracovních dnů od závazné objednávky garantem akce.“ (STIEBEL ELTRON, 2009)

### **2.3 Výpočet tepelných ztrát**

„Tepelná ztráta budovy je zapříčiněna dvěma způsoby. První způsob je ztráta obálkou budovy, tedy ztráta prostupem. Druhý způsob tepelné ztráty představuje tepelná ztráta infiltrací, tedy větráním. Tyto dva druhy tepelných ztrát se vždy musí počítat současně u všech budov, protože se tyto ztráty u všech budov vyskytují.“ (BRADLEY 2008)

„Výkon tepelné soustavy i zdroje tepla se dimenzuje tak, aby v domě byla vnitřní teplota 20 °C i tehdy, je-li venkovní teplota rovna výpočtové, tj. -15 °C (resp. - 12 °C v klimaticky mírnějších oblastech nebo -18 °C v oblastech drsnějších). Dnů, kdy teplota klesá pod -15 °C, je v roce poměrně málo. Ještě méně je dnů, kdy pod tuto hranici klesne průměrná denní teplota. Venkovní výpočtovou teplotu lze určit dle grafického zobrazení, kde je rozdělena ČR do teplotních oblastí.“ (SRDEČNÝ, TRUXA 2005)

Při výpočtu tepelných ztrát a pro stanovení součinitele prostupu tepla celé budovy vycházíme z vlastností materiálu, které se nejčastěji můžeme dozvědět od výrobce daných materiálů. Je tedy třeba uvést všechny použité konstrukční prvky a jednotlivé výplně otvorů budovy. Jednotlivé výpočty budou názorně uvedeny v praktické části této práce, při výpočtu tepelných ztrát k vybranému projektu RD Teletín.

Ke každému konstrukčnímu prvku budovy je třeba stanovit součinitele prostupu tepla  $U$  [ $W/(m^2 K)$ ]. Tato hodnota udává, kolik daným materiálem uniká energie při rozdílu vnitřní a vnější teploty  $1^\circ C$  v ploše jednoho metru.  $U$  [ $W/(m^2 K)$ ] je tedy základní jednotka. Jestliže  $U$  vynásobíme rozdílem teplot a plochou dané konstrukční vrstvy dosáhneme hodnoty, která udává tepelnou ztrátu daného konstrukčního prvku. Je tedy zřejmé, že pokud u všech ploch, tedy stěn a stropů či podlah, u kterých se liší teploty vnější a vnitřní, vypočítáme jednotlivé tepelné ztráty, můžeme poté vypočítat ztráty jednotlivých místností a následně celého objektu.

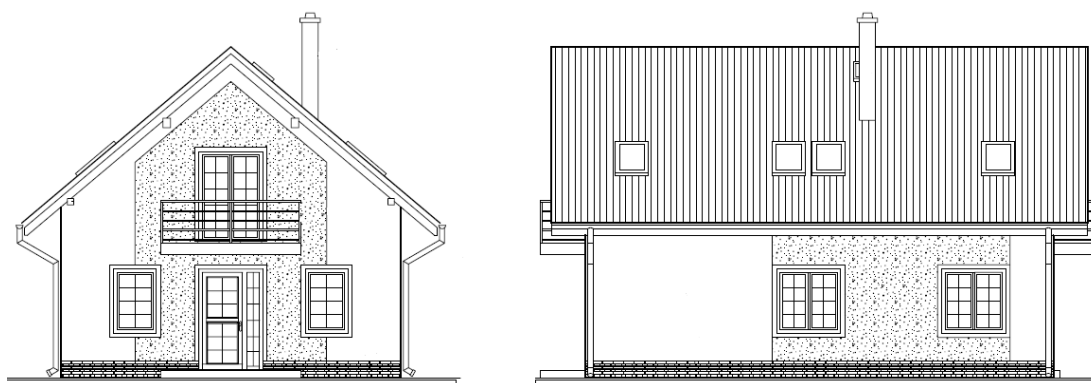
V současné době se pro výpočet tepelných ztrát využívají normy ČSN EN 12831 a ČSN 06 0210. Normy předepisují postup pro výpočet dostatečné a optimální dodávky tepla k bezpečnému zajištění vnitřní výpočtové teploty. Dále je zde použita norma ČSN 73 0540 pro výpočet součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukčních vrstev.

### 3 Praktická část

#### 3.1 Popis objektu

Obec Krňany se dělí na tři části - Krňany, Teletín a Třebsín. Rodinný dům bude postaven v části obce Teletín. Obec se nachází ve středočeském kraji, v původním okresu Benešov. Obec Krňany leží zhruba 360 metrů nad mořem, počet obyvatel se pohybuje okolo 340. Katastrální plocha obce je 1225 ha. První zmínky o osídlení se datují v této lokalitě od roku 1060.

Rodinný dům má dvě nadzemní podlaží a je částečně podsklepen. Střecha je sedlová pokryta krytinou Bramac.



Obr. č. 9.: Projekt RD Teletín

Výkresy rodinného domu jsou přiloženy k této DP (viz. přílohy).

Dům je určen pro 4 – 5 trvale žijících osob. Objekt by měl být vytápěn tepelným čerpadlem. Toto tepelné čerpadlo bude rovněž sloužit k ohřevu TUV. K zajištění vytápění celého objektu bude sloužit kombinace podlahového vytápění a otopných těles, v obývacím pokoji bude umístěna krbová vložka.

Jako podklad pro výpočet tepelných ztrát sloužila projektová dokumentace objektu. Výpočet tepelných ztrát bude proveden dle ČSN 06 0210 a dále pak zde budou využity normy ČSN 73 0540, ČSN EN 12831

## 3.2 Tepelné ztráty

### 3.2.1 Konstrukce domu pro stanovení součinitele prostupu tepla

Pro stanovení součinitele prostupu tepla celé budovy bude zapotřebí pro každou konstrukční vrstvu jednotlivě stanovit součinitele prostupu tepla. Hodnoty tloušťky materiálů jsou dány v projektu RD. Vlastnosti materiálů uvádí jejich výrobce, jsou uvedeny v příslušných tabulkách jednotlivých konstrukcí.

- Obvodové zdivo **SO1**
- Stěna (vnitřní) **SN1**
- Podlaha 1. NP **PDL1**
- Strop 2. NP **STR1**
- Střecha 2. NP **SCH1**

Dále je třeba uvést součinitele tepla pro jednotlivé výplně otvorů. Tyto údaje jsou dané výrobcem konkrétních oken, která budou na stavbě domu použita. Okna jsou plastová, jejich konstrukce je „trojsklo“, tato okna mají vyšší izolační schopnosti a součinitel prostupu tepla  $U = 1,0 \text{ W/m}^2\text{k}$ .

- Vstupní dveře 150/235 **DO1**
- Okno 100/150 **OT1**
- Okno 150/150 **OT2**
- Okno 300/235 **OT3**
- Okno 150/210 **OT4**
- Okno 100/210 **OT5**
- Střešní okno 78/118 **OA1**

### 3.2.2 Stanovení součinitele prostupu tepla pro jednotlivé konstrukce

#### OBVODOVÁ ZEĎ SO1

Číslo vrstvy	Materiál	Síla vrstvy (d) [mm]	$\lambda$ (W) [m <sup>2</sup> K]
1	Omítka vápenná	15	0,880
2	Porotherm 40 P+D	400	0,174
3	ORSIL TF 6	60	0,039
4	Omítka vápenocement.	15	0,99

Tab. č. 2.: Parametry pro stanovení součinitele prostupu tepla pro obvodovou zeď

Vzorový výpočet součinitele prostupu tepla pro konstrukci SO1:

Součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukčních vrstev se stanoví dle normy ČSN 73 0540 jako:

$$U = \frac{1}{R_{in} + R + R_{ex}} = \frac{1}{RT}, \quad [W/(m^2K)] \quad (1)$$

$$\text{kde:} \quad R_{in} = \frac{1}{\alpha_i} \quad [(m^2K)/W] \quad (2)$$

$$R_{ex} = \frac{1}{\alpha_e} \quad [(m^2K)/W] \quad (3)$$

$$R = \sum_{i=1}^n R_i = \frac{d_i}{\lambda_i} \quad [(m^2K)/W] \quad (4)$$

Do vztahu (4) dosadíme parametry z tabulky č. 2 pro jednotlivé vrstvy konstrukce:

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_1}$$

$$R_1 = \frac{0,015}{0,880} = 0,017 \frac{m^2 K}{W}$$

$$R_2 = \frac{d_2}{\lambda_2}$$

$$R_2 = \frac{0,400}{0,174} = 2,300 \frac{m^2 K}{W}$$

$$R_3 = \frac{d_3}{\lambda_3}$$

$$R_3 = \frac{0,060}{0,039} = 1,538 \frac{m^2 K}{W}$$

$$R_4 = \frac{d_4}{\lambda_4}$$

$$R_4 = \frac{0,015}{0,990} = 0,015 \frac{m^2 K}{W},$$

Celkem tedy pro celou konstrukci:

$$R = \sum_{i=1}^4 R_i = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$$

$$\underline{\underline{R = 3,871 \text{ [(m}^2 \text{ K)/ W]}}}$$

OK	U [W/(m <sup>2</sup> K)]	Vrstva	d	λ (W) [m*K]	Rv [(m <sup>2</sup> K)/ W]
SO1	0,247	Omítka vápenná	15	0,88	0,017
		Porotherm 40 P+D	400	0,174	2,3
		ORSIL TF 6	60	0,039	1,538
		Omítka vápenocement.	15	0,99	0,015
Celkem Σ			490	2,083	3,87

Tab. č. 3.: Stanovení součinitele prostupu tepla pro obvodovou zeď

Po dosažení hodnot dle ČSN 730540-3 do vztahu (2) a (3) je:

$$R_{in} = \frac{1}{8} = 0,13 \text{ [(m}^2\text{K)/W]}$$

$$R_{ex} = \frac{1}{25} = 0,040 \text{ [(m}^2\text{K)/W]}$$

Vypočtené hodnoty dosadíme do vztahu (1):

$$U = \frac{1}{R_{in} + R + R_{ex}} = \frac{1}{0,13 + 3,871 + 0,040}$$

$$\underline{\underline{U = 0,247 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}}}$$

Součinitel prostupu tepla pro konstrukci SO1 (stěna ochlazovaná 1) je U = 0,247 [W/(m<sup>2</sup> K)]



**STĚNA (VNITŘNÍ)****SN1**

Číslo vrstvy	Materiál	Síla vrstvy (d) [mm]	$\lambda$ (W) [m <sup>2</sup> K]
1	Omítka vápenná	15	0,7
2	Porotherm 40 P+D	115	0,44
3	Omítka vápenná	15	0,7

Tab. č. 4.: Parametry pro stanovení součinitele prostupu tepla pro vnitřní stěnu

Výpočty jsou analogické jako u konstrukce SO1

OK	U [W/(m <sup>2</sup> K)]	Vrstva	d	$\lambda$ (W) [m <sup>2</sup> K]	Rv [(m <sup>2</sup> K)/ W]
SN1	1,776	Omítka vápenná	15	0,7	0,021
		Porotherm 40 P+D	115	0,44	0,260
		Omítka vápenná	15	0,7	0,021
<b>Celkem <math>\Sigma</math></b>			<b>145</b>	<b>1,84</b>	<b>0,303</b>

Tab. č. 5.: Stanovení součinitele prostupu tepla pro vnitřní stěnu SN1

Součinitel prostupu tepla pro konstrukci SN1 (Stěna neochlazovaná 1) je  $U = 1,776$  [W/(m<sup>2</sup> K)]

**PODLAHA 1. NP PDL1**

Číslo vrstvy	Materiál	Síla vrstvy (d) [mm]	$\lambda$ (W) [m <sup>2</sup> K]
1	Beton hutný	150	1,05
2	Tvarovky MIAKO	250	0,8
3	Omítka vápenná	15	0,7

Tab. č. 6.: Parametry pro stanovení součinitele prostupu tepla pro podlahu

Výpočty jsou analogické jako u konstrukce SO1

OK	U [W/(m <sup>2</sup> K)]	Vrstva	d	λ (W) [m*K]	Rv [(m <sup>2</sup> K)/ W]
PDL1	1,339	Beton hutný	150	1,05	0,143
		Tvarovky MIAKO	250	0,8	0,313
		Omítka vápenná	15	0,7	0,021
Celkem Σ			415	2,55	0,477

Tab. č. 7.: Stanovení součinitele prostupu tepla pro podlahu

Součinitel prostupu tepla pro konstrukci PDL1 (podlaha 1. NP) je  $U = 1,339$  [W/(m<sup>2</sup> K)]

### STROP 2. NP

### STR1

Číslo vrstvy	Materiál	Síla vrstvy (d)	λ (W) [m*K]
1	Sádrokarton	12,5	0,15
2	Fólie z	0,52	0,35
3	AIRROCK L	60	0,035
4	AIRROCK L	140	0,035

Tab. č. 8.: Parametry pro stanovení součinitele prostupu tepla pro strop

Výpočty jsou analogické jako u konstrukce SO1

OK	U [W/(m <sup>2</sup> K)]	Vrstva	d	λ (W) [m*K]	Rv [(m <sup>2</sup> K)/ W]
STR1	0,168	Sádrokarton	12,5	0,15	0,0833
		Fólie	0,52	0,35	0,0015
		AIRROCK L	60	0,035	1,714
		AIRROCK L	140	0,035	4
Celkem Σ			213	0,57	5,7988

Tab. č. 9.: Stanovení součinitele prostupu tepla pro strop

Součinitel prostupu tepla pro konstrukci STR1 (strop 2. NP) je  $U = 0,168$  [W/(m<sup>2</sup> K)]

**STŘECHA 2. NP SCH1**

Číslo	Materiál	Síla vrstvy (d) [mm]	$\lambda$ (W) [m <sup>2</sup> K]
1	Sádrokarton	12,5	0,15
2	Fólie	0,52	0,35
3	AIRROCK L	80	0,035
4	AIRROCK L	140	0,035

Tab. č. 10.: Parametry pro stanovení součinitele prostupu tepla pro střechu

Výpočty jsou analogické jako u konstrukce SO1

OK	U [W/(m <sup>2</sup> K)]	Vrstva	d	$\lambda$ (W)	Rv
SCH1	0,154	Sádrokarton	12,5	0,15	0,0833
		Fólie z	0,52	0,35	0,0015
		AIRROCK L	80	0,035	2,286
		AIRROCK L	140	0,035	4
Celkem $\Sigma$			233	0,57	6,3708

Tab. č. 11.: Stanovení součinitele prostupu tepla pro střechu

Součinitel prostupu tepla pro konstrukci SCH1 (střecha 2. NP) je  $U = 0,154$  [W/(m<sup>2</sup> K)]

Součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí - souhrn:

Název konstrukce	Označení konstrukce	U [W/(m <sup>2</sup> K)]
Obvodové zdivo	SO1	0,247
Stěna (vnitřní)	SN1	1,776
Podlaha 1. NP	PDL1	1,339
Strop 2. NP	STR1	0,168
Střecha 2. NP	SCH1	0,154

Tab. č. 12.: Stanovení součinitele prostupu tepla pro střechu

### Součinitelé prostupu tepla výplní otvorů

OK	U [W/(m <sup>2</sup> K)]	x (m)	y (m)	i <sub>Lv</sub> [m <sup>2</sup> * s <sup>-1</sup> * Pa * 10]	LS (m)
DO1	1,8	1,5	2,35	1,4	7,7
OT1	1	1	1,5	0,5	5
OT2	1	1,5	1,5	0,5	6
OT3	1	3	2,35	0,5	10,7
OT4	1	1,5	2,1	0,5	7,2
OT5	1	1	2,1	0,5	6,2
OA1	1,4	0,78	1,18	0,5	3,92

Tab. č. 13.: Součinitel prostupu tepla výplní otvorů – dle výrobce

### 3.2.3 Výpočet tepelných ztrát

#### Umístění rodinného domu a výpočtové teploty

Výpočtová venkovní teplota  $t_e$  - 15 °C

Výpočtová vnitřní teplota  $t_i$  20 °C (24 °C)

Charakteristické číslo budovy 8

Lokalita Benešov

#### 3.2.3.1 Výpočet tepelných ztrát pro jednotlivé místnosti rodinného domu

##### Místnost č. 1.05 v 1.NP (viz příloha)

$$Q_{om} = Q_{zm} + Q_{inf} \quad [W] \quad (5)$$

$$Q_{zm} = \sum_{i=1}^x Q_i \quad [W] \quad (6)$$

$$Q_i = U_i * S_i * \Delta t \quad [W] \quad (7)$$

Ztráta prostupem jednotlivými konstrukcemi:

dle vztahu (7):

$$Q_1 = 0,247 * (3,64 * 2,6) * (20 - (-15))$$

$$Q_1 = 82 \text{ W}$$

$$Q_2 = 0,247 * [(2,59 * 2,6) - (1 * 1,5)] * 35$$

$$Q_2 = 0,247 * (6,734 - 1,5) * 35$$

$$Q_2 = 45,3 \text{ W}$$

$$Q_3 = U * S * \Delta t * KU$$

$$Q_3 = 1 * (1 * 1,5) * 35 * 1,15$$

$$Q_3 = 60,4 \text{ W}$$

$$Q_4 = U * S * \Delta t$$

$$Q_4 = 1,339 * (3,64 * 2,59) * 20$$

$$Q_4 = 252,5 \text{ W}$$

Celková ztráta prostupem pro místnost 1.05 dle vztahu (6)

$$Q_{zm} = \sum Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

$$\underline{Q_{zm} = 440 \text{ W}}$$

Vstupní parametry a vypočtené hodnoty tepelných ztrát prostorem pro všechny místnosti RD jsou uvedeny v následující přehledové tabulce:

Místnost	UČM	OK	x (m)	y (m)	U	kU	$\Delta t$ (K)	S (m <sup>2</sup> )	Q <sub>zm</sub> (W)
101	1.01	SO1	2	2,6	0,247	1	35	5,2	15
		DO1	1,5	2,35	1,8	1	35	3,5	222
		PDL1	1,75	2	1,339	1	20	3,5	94
<b>Celkem</b>									<b>330</b>

102	1.02	PDL1	1,78	1,55	1,339	1	20	2,8	74
		PDL1	1,45	1,2	1,339	1	20	1,7	47
<b>Celkem</b>									<b>121</b>

103	1.03	SO1	1,2	2,6	0,247	1	35	3,1	27
		PDL1	1,5	1,2	0,1339	1	20	1,8	48
<b>Celkem</b>									<b>75</b>

104	1.04	SO1	1,75	2,6	0,247	1	35	4,5	39
		SO1	2,38	2,6	0,247	1	35	4,7	41
		OT1	1	1,5	1	1,15	35	1,5	60
		PDL1	1,75	2,38	1,339	1	20	4,2	112
<b>Celkem</b>									<b>252</b>

105	1.05	SO1	3,64	2,6	0,247	1	35	9,5	82
		SO1	2,59	2,6	0,247	1	35	6,7	45
		OT1	1	1,5	1	1,15	35	1,5	60
		PDL1	3,64	2,59	1,339	1	20	9,4	253
<b>Celkem</b>									<b>440</b>

Místnost	UČM	OK	x (m)	y (m)	U	kU	$\Delta t$ (K)	S (m <sup>2</sup> )	Qzm (W)
106	1.06	SO1	2,3	2,6	0,247	1	35	6	32
		OT2	1,5	1,5	1	1,15	35	2,3	91
		PDL1	2,3	4,8	1,339	1	10	11	148
<b>Celkem</b>									<b>271</b>

107	1.07	SO1	4,15	2,6	0,247	1	35	10,8	94
		SO1	4,15	2,6	0,247	1	35	10,8	74
		OT2	1,5	1,5	1	1,15	35	2,3	91
		SO1	7,2	2,6	0,247	1	35	18,7	101
		OT3	3	2,35	1	1,15	35	7,1	284
		PDL1	4,15	7,2	1,339	1	10	29,9	400
<b>Celkem</b>									<b>1043</b>

201	2.01	STR1	3,3	1,6	0,168	1	35	5,3	31
		SCH1	2,4	2	0,154	1	35	4,8	16
		OA1	0,78	1,18	1,4	1,15	35	1,8	104
		SO1	2	1	0,247	1	35	2	17
<b>Celkem</b>									<b>168</b>

202	2.01	SO1	1	3,6	0,247	1	35	3,6	31
		SO1	4,85	2,28	0,247	1	35	11	68
		OT4	1,5	2,1	1	1,15	35	3,2	127
		STR1	3,6	3,2	0,168	1	35	11,5	68
		SCH1	2,2	3,6	0,154	1	35	7,9	38
		OA1	0,78	1,18	1,4	1,15	35	0,9	52
<b>Celkem</b>									<b>384</b>

Místnost	UČM	OK	x (m)	y (m)	U	kU	$\Delta t$ (K)	S (m <sup>2</sup> )	Qzm (W)
203	2.03	SO1	2,24	1,91	0,247	1	35	4,3	37
		SO1	3,04	1	0,247	1	35	3	26
		SCH1	2,2	3,04	0,154	1	35	6,7	31
		OA1	0,78	1,18	1,4	1,15	35	0,9	52
		STR1	3,04	0,6	0,168	1	35	1,8	11
<b>Celkem</b>									<b>157</b>

204	2.04	SO1	1	2,51	0,247	1	39	2,5	24
		SCH1	2,2	2,51	0,154	1	39	5,5	22
		OA1	0,78	1,18	1,4	1,15	39	1,8	116
		STR1	2,51	1,4	0,168	1	39	3,5	23
		SN1	3,1	2,05	1,777	1	4	6,4	45
		SN1	3,1	2,05	1,777	1	4	6,4	45
		SN1	2,51	2,6	1,777	1	4	6,5	46
<b>Celkem</b>									<b>322</b>

205	2.05	SO1	1	4,15	0,247	1	35	4,2	36
		SO1	3,2	2,23	0,247	1	35	7,1	44
		OT5	1	2,1	1	1,15	35	2,1	85
		SCH1	2,2	4,15	0,154	1	35	9,1	44
		OA1	0,78	1,18	1,4	1,15	35	0,9	52
		STR1	4,15	1,7	0,168	1	35	7,1	42
<b>Celkem</b>									<b>302</b>



Místnost	UČM	OK	x (m)	y (m)	U	kU	Δt (K)	S (m <sup>2</sup> )	Qzm (W)
206	2.06	SO1	3,7	2,21	0,247	1	35	8,2	53
		OT5	1	2,1	1	1,15	35	2,1	85
		SO1	1	2,94	0,247	1	35	2,9	26
		SCH1	2,2	2,94	0,154	1	35	6,5	30
		OA1	0,78	1,18	1,4	1,15	35	0,9	52
		STR1	2,94	2,1	0,168	1	35	6,2	36
<b>Celkem</b>									<b>281</b>

209	2.09	SO1	1	1,1	0,247	1	35	1,1	10
		SCH1	1,1	2,2	0,154	1	35	2,4	8
		OA1	0,78	1,18	1,4	1,15	35	0,9	52
		STR1	1,1	0,6	0,168	1	35	0,7	4
<b>Celkem</b>									<b>73</b>
<b>Celkem vše</b>							<b>4219</b>		

Tab. č. 14.: Výpočet tepelných ztrát pro jednotlivé místnosti rodinného domu

### 3.2.4 Ztráty infilrací

Jedná se o přirozené větrání způsobené nedokonalou izolací oken a dveří. Hodnoty součinitele spárové průvzdušnosti oken a venkovních dveří jsou v ČSN 73 0540 – 3 z roku 1994.

Vzorový výpočet pro okno OT1

Základní údaje (rozměry) viz tabulka č. 13

Dle ČSN 73 0540 – 3 lze stanovit množství infiltrovaného vzduchu:

$$V_{\text{inf}} = (B + \Delta B) \times M \times \sum i_{L_v} \times L \quad \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right] \quad (9)$$

po dosazení do vztahu (9):

$$V_{\text{inf}} = (4 + 4) \times 0,7 \times 0,5 \times 10^{-4} \times 5$$

$$V_{\text{inf}} = 0,0014 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Tepelná ztráta infiltrací je dána:

$$Q_{\text{im}} = 1300 \times V_{\text{inf}} \times (t_i - t_e) \quad [\text{W}] \quad (10)$$

Po dosazení do vztahu (10)

$$Q_{\text{im}} = 1300 \times 0,0014 \times (20 - (-15))$$

$$\underline{\underline{Q_{\text{im}} = 63,7 \Rightarrow 64 \text{ W}}}$$

podl.	č.m.	účel	úsek	$t_i$ (°C)	$Q_{\text{im}}$	$Q_{\text{zm}}$	$Q_{\text{cm}}$
1	1.01	Zádveří	1	20	275	330	605,3
1	1.02	Hala	1	20	0	121	120,5
1	1.03	WC	1	20	0	75	75,2
1	1.04	Prádelna	1	20	64	252	316,3
1	1.05	Pokoj	1	20	64	440	504,2
1	1.06	Kuchyň	1	20	76	271	346,7
1	1.07	Obývací pokoj	1	20	213	1043	1256,1
2	2.01	Chodba	1	20	100	168	268,1
2	2.02	Ložnice rodičů	1	20	142	384	525,9
2	2.03	Šatna	1	20	50	157	207,1
2	2.04	Koupelna	1	24	111	322	432,8
2	2.05	Pokoj	1	20	129	302	430,8
2	2.06	Pokoj	1	20	129	281	409,8
2	2.09	WC	1	20	50	73	123,4
<b>Celkem</b>					<b>1403</b>	<b>4219</b>	<b>5622,2</b>

Tab. č. 15.: Tepelné ztráty domu (tepelné ztráty prostupem + tepelné ztráty infiltrací)

### 3.2.5 Roční potřeba tepla pro vytápění

Roční potřeba tepla:

$$Q_{\text{vyt}} = 24 \times Q_c \times e \times D \quad [\text{Wh/rok}] \quad (11)$$

$$\text{Kde: } D = (t_{\text{is}} - t_{\text{es}}) \times d \quad [\text{denostupně}] \quad (12)$$

$$e = \frac{e_i + e_t + e_d}{\eta_0 \times \eta_r} \quad [-] \quad (13)$$

Po dosazení do vztahu (12):

$$D = (19 - 3,7) \times 234$$

$$\underline{D = 3580,2}$$

Dle vztahu (13):

$$e = \frac{0,75 \times 0,84 \times 1}{0,98 \times 1}$$

$$\underline{e = 0,64}$$

Po dosazení do vztahu (11):

$$Q_{\text{vyt}} = \frac{24 \times 5622 \times 0,64 \times 3580,2}{(19 - (-15))}$$

$$\underline{Q_{\text{vyt}} = 9093067,78 \text{ wh/rok}}$$

$$\underline{Q_{\text{vyt}} = 9093 \text{ Kwh/rok}}$$

### 3.2.6 Roční potřeba tepla pro ohřev TUV

$$Q_{\text{tuv}} = Q_{\text{tuvd}} \times d + 0,8 Q_{\text{tuvd}} \frac{55 - t_{\text{svl}}}{55 - t_{\text{svz}}} - (350 - d) \quad [\text{kWh/rok}] \quad (14)$$

$$Q_{\text{tuvd}} = \rho \times c \times V_{2p} (t_2 - t_1) / 3600 \quad [\text{kWh}] \quad (15)$$

Po dosazení do vztahu (15):

$$Q_{\text{tuvd}} = 1000 \times 4,182 \times (3 \times 0,1) \times (55 - 10) / 3600$$

$$Q_{\text{tuvd}} = 15,68 \text{ (kWh)}$$

Dosadíme do vztahu (14):

$$Q_{\text{tuv}} = Q_{\text{tuvd}} \times d + 0,8 Q_{\text{tuvd}} \frac{55 - t_{\text{svl}}}{55 - t_{\text{svz}}} - (365 - d)$$

$$Q_{\text{tuv}} = 13,33 \times 234 + (0,8 \times 15,68) \times \frac{55 - 15}{55 - 8} \times (365 - 234)$$

$$Q_{\text{tUV}} = 3119,22 + 12,546 \times 0,851 \times 131$$

$$\underline{\underline{Q_{\text{tUV}} = 4517,9 \text{ [kWh/rok]}}}$$

### 3.2.7 Celková roční spotřeba tepla

$$Q_r = Q_{\text{vyt}} + Q_{\text{tUV}} \quad \text{[kWh/rok]} \quad (16)$$

Po dosazení do vztahu (16):

$$Q_r = 9093 + 4518$$

$$\underline{\underline{Q_r = 13611 \text{ [kWh/rok]} \Rightarrow 48999,6 \text{ [MJ/rok]}}}$$

Celková roční potřeba tepla pro RD včetně ohřevu teplé vody a vytápění je rovna 48999,6 [MJ/rok]

### 3.3 Varianty vytápění objektu včetně výpočtů

#### 3.3.1 Plynový kotel

Roční potřeba tepla pro vytápění daného objektu je 9093 kWh. Účinnost nízkoteplotního kotle je standardně udávaná kolem 90%, 10% jsou ztráty. Tyto ztráty budou pokryty spotřebou zemního plynu. To znamená, že potřeba zemního plynu bude 10 002,3 kWh.

Dle přehledu cen zemního plynu pro kategorii domácnost a maloobděratel je cena stanovena pro konečné odběratele s platností od 1. ledna 2011 pro vytápění 1,19686 Kč/kWh a dále je zde stanoven stálý měsíční paušál 255,16 Kč.

Náklady na roční spotřebu zemního plynu pro vytápění jsou 15 033,3 Kč.

Investiční náklady u plynových kotlů můžeme odvodit jako součet nákladů všech potřebných technologií a součet nákladů stavebně-technických prvků. Náklady jsou střední ceny nabízené výrobcem.

<b>Položka</b>	<b>Cena</b>
Akumulační nádrž	15 000 Kč
Plynovodní přípojka	17 000 Kč
Plynovod	15 000 Kč
Odkouření	20 000 Kč
Komín	20 000 Kč
Kotel	28 000 Kč
<b>Σ CELKEM</b>	<b>115 000 Kč</b>

Tab. č. 16.: Investiční náklady – plynový kotel

#### 3.3.2 Elektrokotel

Roční potřeba elektrické energie je rovna roční potřebě tepla 9093 kWh.

Při výpočtu nákladů na elektrickou energii bude použit zvýhodněný tarif pro vytápění přímotopy, ať už konvektory či elektrokotlem, kde 20 hodin je účtován nízký tarif a pouze 4 hodiny je účtován naopak vysoký tarif. Nízký tarif je využíván všemi elektrickými spotřebiči a je tedy výhodný nejenom při vytápění budovy.

Tarif pro vytápění přímotopné je dán 2,39 Kč/kWh. Současně je zde započítáván paušální poplatek, který se skládá z platu za odběrné místo 94,80 Kč a plat dle hodnoty hlavního jističe 368,40 Kč, celkem tedy paušální poplatek činí 463,20 Kč měsíčně.

Náklady na roční spotřebu elektrické energie jsou 27 290,7 Kč.

Investiční náklady u elektrokotlů můžeme opět odvodit jako součet nákladů všech potřebných technologií a součet nákladů stavebně-technických prvků. Náklady jsou střední ceny nabízené výrobcem.

Položka	Cena
Bojler	10 000 Kč
Přípojka silnoproudá	15 000 Kč
Elektroinstalace	3 500 Kč
Elektrokotel	20 000 Kč
<b>Σ CELKEM</b>	<b>48 500 Kč</b>

Tab. č. 17.: Investiční náklady - elektrokotel

### 3.3.3 Tepelné čerpadlo – voda/voda

Tepelné čerpadlo voda/voda bylo zvoleno dle topného faktoru (výkonového čísla) a to **WPW 7** od firmy Stibel Eltron.

Teplota zdroje byla zvolena střední a to 7 °C, v praxi je třeba tuto teplotu upřesňovat přímo, při čerpacích zkouškách studen potřebných k zaručení vydatnosti studen se sleduje také konstantní teplota a kvalita čerpané vody.

Topný faktor tepelného čerpadla WPW 7 je roven 3,4. Tento poměr výkonu tepelného čerpadla ke spotřebované elektrické energii, můžeme použít při spotřebě elektrické energie.

$$\text{Elektrická energie spotřebovaná za rok} = \frac{9093}{3,4} = 2\,674,4 \text{ kWh}$$

Při výpočtu nákladů na elektrickou energii bude použit speciální tarif pro tepelná čerpadla, kde 22 hodin je účtován nízký tarif a pouze 2 hodiny je účtován naopak vysoký tarif. V době vysokého tarifu není tepelné čerpadlo v provozu. Nízký tarif je

využíván všemi elektrickými spotřebiči a je tedy výhodný nejenom při vytápění budovy.

Tarif pro tepelná čerpadla je dán 2,31 Kč/kWh. Současně je zde započítáván paušální poplatek, který se skládá z platu za odběrné místo 94,80 Kč a plat dle hodnoty hlavního jističe 368,40 Kč, celkem tedy paušální poplatek činí 463,20 Kč měsíčně.

Náklady na roční spotřebu elektrické energie jsou 11 736,3 Kč

Investiční náklady u tepelného čerpadla voda/voda WPW 7 odvodíme jako cenu všech potřebných technologií, stavebně-technické prvky zde nejsou. Celková cena je vypočítána z jednotlivých cen komponentů, tyto ceny byly převzaty z ceníku výrobce.

Položka	Cena
Tepelné čerpadlo WPW 7	147 000 Kč
Akumulační zásobník 100 l	12 031 Kč
Přípojovací sada pro WPW	9 401 Kč
Oběžné čerpadlo UP 25-60 s příslušenstvím	3 574 Kč
Tlumič chvění	5 504 Kč
Studny (2 x 30 000 Kč)	60 000 Kč
<b>Σ CELKEM CENA</b>	<b>237 510 Kč</b>

Tab. č. 18.: Investiční náklady - tepelné čerpadlo – voda/voda

### 3.3.4 Tepelné čerpadlo – vzduch/voda

Dle ČSN 383350 byla stanovena střední teplota vzduchu  $t_{es} = 3,5 \text{ °C}$  na základě této hodnoty bylo zvoleno tepelné čerpadlo vzduch/voda a to **WPL 10** od firmy Stibel Eltron s topným faktorem (výkonovým číslem) 2,6. Tento poměr výkonu tepelného čerpadla ke spotřebované elektrické energii, můžeme použít při spotřebě elektrické energie.

$$\text{Elektrická energie spotřebovaná za rok} = \frac{9093}{2,6} = 3\,497 \text{ kWh}$$

Při výpočtu nákladů na elektrickou energii bude opět použit speciální zvýhodněný tarif pro tepelná čerpadla, kde 22 hodin je účtován nízký tarif a pouze 2 hodiny je účtován naopak vysoký tarif.

Tarif pro tepelná čerpadla je dán 2,31 Kč/kWh. Současně je zde započítáván paušální poplatek, který se skládá z platu za odběrné místo 94,80 Kč a plat dle hodnoty hlavního jističe 368,40 Kč, celkem tedy paušální poplatek činí 463,20 Kč měsíčně.

Náklady na roční spotřebu elektrické energie jsou 13 636,5 Kč

Investiční náklady u tepelného čerpadla vzduch/voda WPL 10 odvodíme jako cenu všech potřebných technologií, stavebně-technické prvky zde nejsou. Celková cena je vypočítána z jednotlivých cen komponentů, tyto ceny byly převzaty z ceníku výrobce.

<b>Položka</b>	<b>Cena</b>
Tepelné čerpadlo WPL 10 - vnitřní provedení	153 290 Kč
Vzduchová hadice 4 m (2 x 4 040 Kč)	8 080 Kč
Stěnová průchodka s venkovní mřížkou (2 x 8 887 Kč)	17 774 Kč
SBP 100 nástěnný nabíjecí zásobník 100 l	12 031 Kč
WPKI-P instalace pro zapojení TČ na SBP 100	7 698 Kč
WPKI-H instalace pro zapojení SBP 100 na top. systém	5 131 Kč
Oběh. čerpadlo UP 25-60 pro WPKI-P a WPKI-H (2 x 3 574 Kč)	7 148 Kč
Tlaková hadice 1 m DN 25 (2 x 1 376 Kč)	2 752 Kč
WPMW II ekvitermní regulace nástěnná	14 010 Kč
<b>Σ CELKEM CENA</b>	<b>227 914 Kč</b>

Tab. č. 19.: Investiční náklady - tepelné čerpadlo – vzduch/voda

### 3.3.5 Tepelné čerpadlo – země/voda

Tepelné čerpadlo země/voda bylo zvoleno dle topného faktoru (výkonového čísla) a to **WPF 5** od firmy Stibel Eltron.



Teplota zdroje byla zvolena střední a to 5 °C, v praxi je tato hodnota upřesňována a je potřebná především ke správnému nastavení chodu tepelného čerpadla. U zemních sond (vrtů) je tato teplota konstantní, u zemních kolektorů je tato teplota proměnlivá v řádech stupňů, proměnlivost teploty můžeme sledovat v různých ročních obdobích.

Topný faktor tepelného čerpadla WPF 5 je roven 3,3. Tento poměr výkonu tepelného čerpadla ke spotřebované elektrické energii, použijeme při spotřebě elektrické energie.

$$\text{Elektrická energie spotřebovaná za rok} = \frac{9093}{3,3} = 2\,755,5 \text{ kWh}$$

Při výpočtu nákladů na elektrickou energii bude použit speciální zvýhodněný tarif pro tepelná čerpadla, kde 22 hodin je účtován nízký tarif a pouze 2 hodiny je účtován naopak vysoký tarif.

Tarif pro tepelná čerpadla je dán 2,31 Kč/kWh. Současně je zde započítáván paušální poplatek, který se skládá z platu za odběrné místo 94,80 Kč a plat dle hodnoty hlavního jističe 368,40 Kč, celkem tedy paušální poplatek činí 463,20 Kč měsíčně.

Náklady na roční spotřebu elektrické energie jsou 11 923,5 Kč

Investiční náklady u tepelného čerpadla země/voda WPF 5 odvodíme jako součet nákladů všech potřebných technologií a náklady na stavebně-technické prvky zde jsou rozděleny. První varianta nákladů je pro tepelné čerpadlo, které využívá teplo ze zemního kolektoru, druhá pak ze zemního vrtu neboli sondy. Celková cena je vypočítána z jednotlivých cen komponentů. Tyto ceny byly převzaty z ceníku výrobce a cen stavebně-technických prvků obou variant.

<b>Položka</b>	<b>Cena</b>
Tepelné čerpadlo WPF 5	143 170 Kč
Akumulační zásobník 100 l	12 031 Kč
Připojovací sada WPF	9 401 Kč
Oběžné čerpadlo UP 25-60 s příslušenstvím	3 574 Kč
Tlumič chvění	5 504 Kč
Zemní kolektory 300 m <sup>2</sup>	50 000 Kč
<b>Σ CELKEM CENA</b>	<b>223 680 Kč</b>

Tab. č. 20.: Investiční náklady - Tepelné čerpadlo WPF 5 varianta se zemním kolektorem

<b>Položka</b>	<b>Cena</b>
Tepelné čerpadlo WPF 5	143 170 Kč
Akumulační zásobník 100 l	12 031 Kč
Připojovací sada WPF	9 401 Kč
Oběžné čerpadlo UP 25-60 s příslušenstvím	3 574 Kč
Tlumič chvění	5 504 Kč
Zemní vrt 120 m	120 000 Kč
<b>Σ CELKEM CENA</b>	<b>293 680 Kč</b>

Tab. č. 21.: Investiční náklady - Tepelné čerpadlo WPF 5 varianta se zemním vrtem

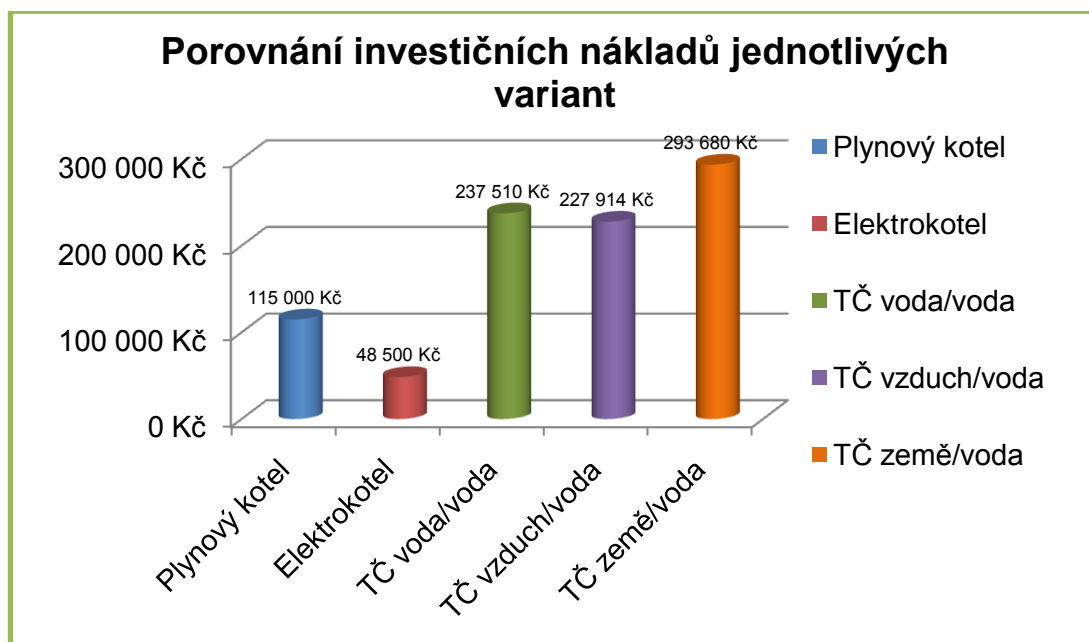
### 3.4 Závěrečný návrh řešení optimálního vytápění objektu

Pro celkové zhodnocení jednotlivých variant je důležité shrnutí všech významných rozhodovacích faktorů.

Především je zde nutné zopakovat, že jestliže se konečný uživatel rozhodne pro varianty s tepelnými čerpadly či variantu vytápění elektrokotlem, bude využívat zvýhodněný tarif pro elektrickou energii a to nejenom při spotřebě energie vytápěním, ale zároveň pro všechny elektrické spotřebiče v domácnosti. Lze tedy říci, že rodina, která by potenciálně spotřebovala elektrickou energii v hodnotě

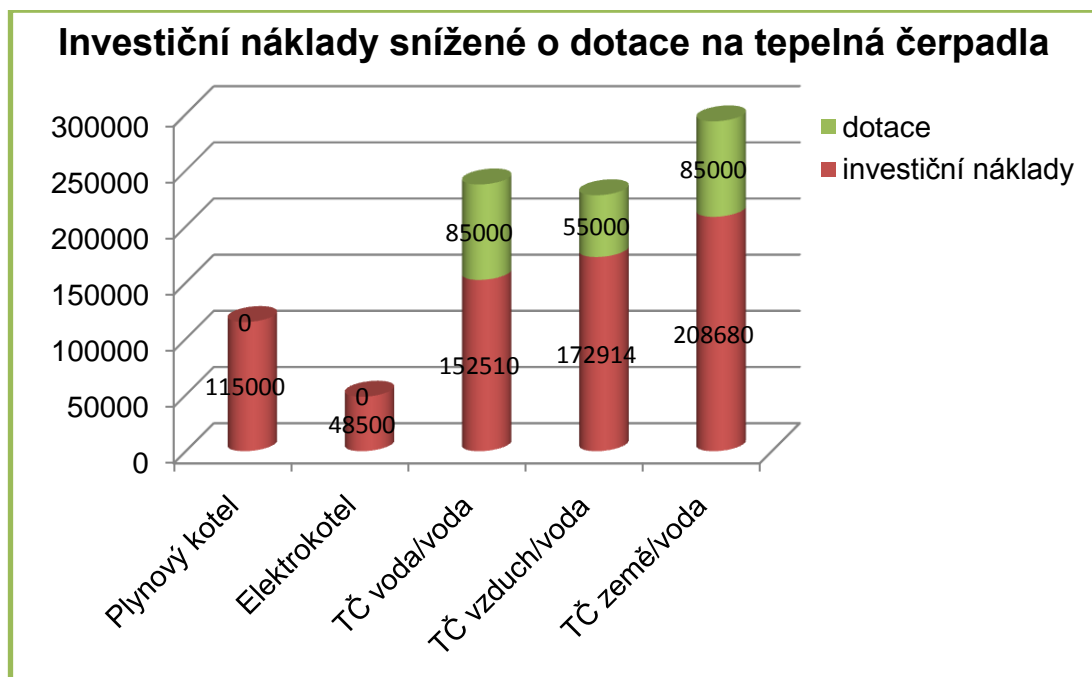
20 000 Kč ročně, dosáhne více než 50% úspory těchto nákladů. Skutečné náklady na elektrickou energii budou při využívání šetrnějších zdrojů energie pro vytápění necelých 10 000 Kč ročně. Dále je zde třeba zohlednit dotační program ČR a to program MŽP administrovaný SFŽP ČR. V oblasti C.2 je podpora programu Zelená úsporám zaměřena na instalaci a realizaci nízkoemisních zdrojů na biomasu a účinných tepelných čerpadel do novostaveb. Dotace se v případě tepelných čerpadel pohybuje v rozpětí od 45 000 Kč až do 85 000 Kč. Výše podpory se odvozuje od použité technologie u jednotlivých projektů. (Zelená úsporám je pozastavena).

V následujícím grafu jsou graficky znázorněny investiční náklady jednotlivých uvažovaných variant. Můžeme zde pozorovat výrazný rozdíl pořizovacích nákladů plynového kotle a elektrokotle s nákladnějšími variantami, kterými jsou tepelná čerpadla.



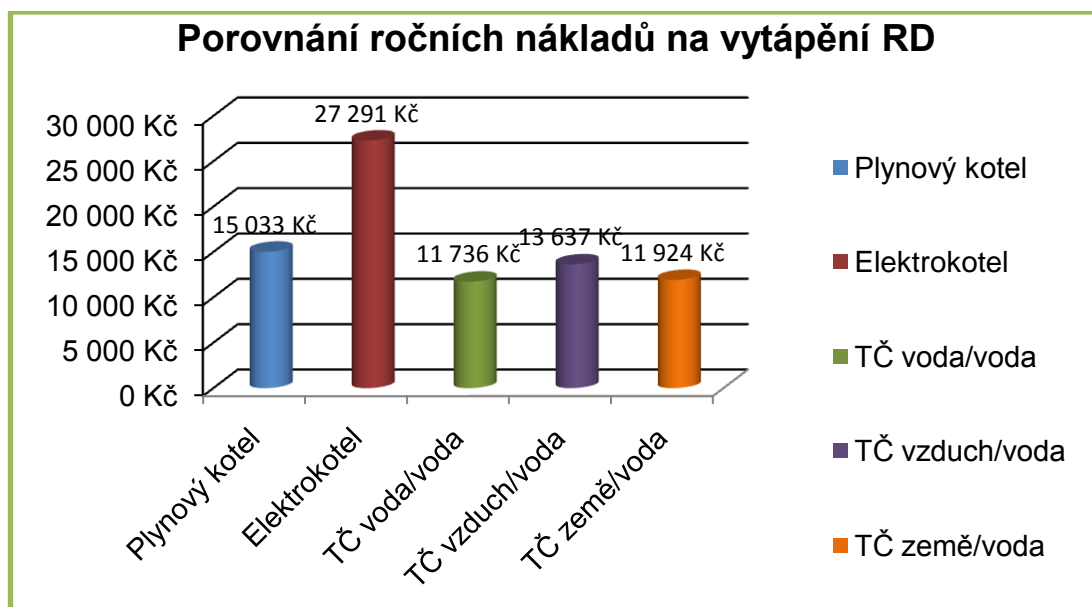
Obr. č. 10.: Graf porovnání jednotlivých variant a jejich investičních nákladů

Dotační zvýhodnění, které vychází z dotačního programu ČR MŽP Zelená úsporám je znázorněno v grafu Investiční náklady snížené o dotace na tepelná čerpadla. Zde bylo počítáno s dotací 85 000 Kč na varianty tepelných čerpadel voda/voda a země/voda a dále pak 55 000 Kč na variantu vzduch/voda. Tyto dotace výrazně snižují rozdíl investičních nákladů tepelných čerpadel od ostatních variant vytápění rodinného domu a tím tyto varianty již nepředstavují výrazně vyšší pořizovací náklady.



Obr. č. 11.: Graf porovnání jednotlivých variant a jejich investičních nákladů snížených o dotace od státu

V porovnání ročních nákladů na vytápění můžeme pozorovat výrazný rozdíl u elektrokotle a ostatních zdrojů tepla. Přestože je i u elektrokotle počítáno se zvýhodněným tarifem, je jeho spotřeba elektrické energie tak výrazná, že z tohoto hlediska můžeme považovat elektrokotel jako nejméně výhodný.

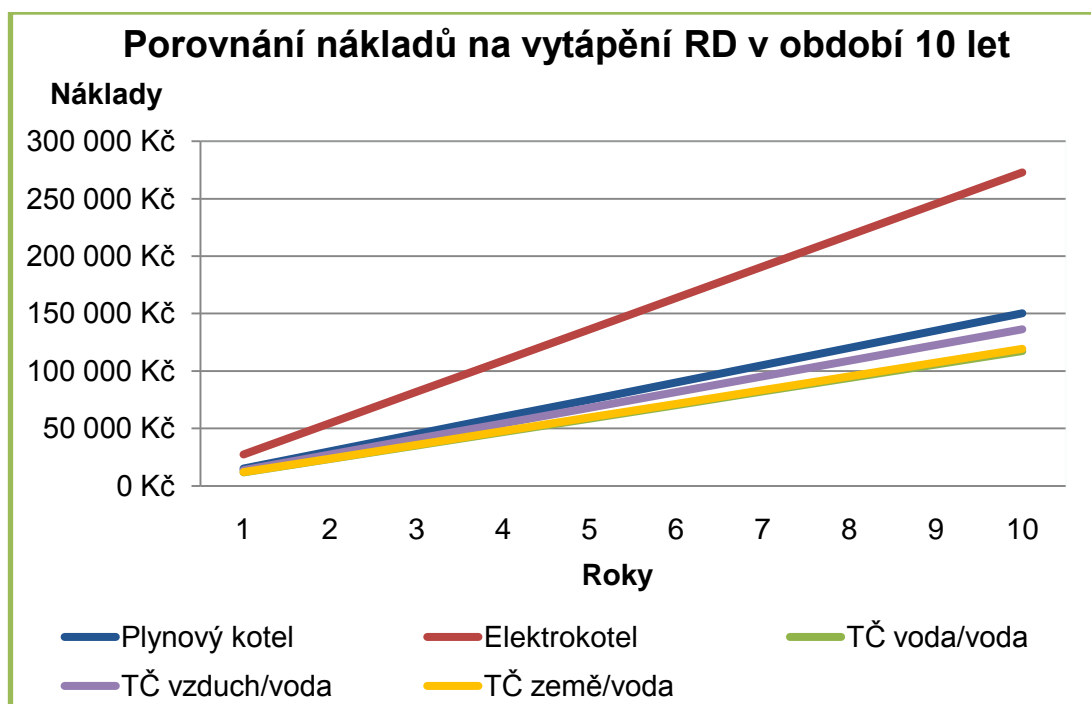


Obr. č. 12.: Graf porovnání jednotlivých variant a jejich ročních nákladů na vytápění RD

Následuje graf, který vyjadřuje čistou spotřebu energií všech variant v období 10 let. V tomto grafu není znázorněn vývoj cen v budoucím období z důvodu neznalosti jejich pohybu. Můžeme však říci, že při zvyšování cen energií je pravděpodobné, že se tyto ceny budou zvyšovat procentuálně obdobně jak u plynu, tak i u elektrické energie.

Rok	Plynový kotel	Elektrokotel	TČ voda/voda	TČ vzduch/voda	TČ země/voda
1	15 033 Kč	27 291 Kč	11 736 Kč	13 637 Kč	11 924 Kč
2	30 067 Kč	54 582 Kč	23 472 Kč	27 274 Kč	23 848 Kč
3	45 100 Kč	81 873 Kč	35 208 Kč	40 912 Kč	35 773 Kč
4	60 133 Kč	109 165 Kč	46 943 Kč	54 549 Kč	47 697 Kč
5	75 167 Kč	136 456 Kč	58 679 Kč	68 187 Kč	59 622 Kč
6	90 200 Kč	163 747 Kč	70 415 Kč	81 824 Kč	71 546 Kč
7	105 233 Kč	191 039 Kč	82 151 Kč	95 462 Kč	83 471 Kč
8	120 266 Kč	218 330 Kč	93 886 Kč	109 099 Kč	95 395 Kč
9	135 300 Kč	245 621 Kč	105 622 Kč	122 737 Kč	107 320 Kč
10	150 333 Kč	272 912 Kč	117 358 Kč	136 374 Kč	119 244 Kč

Tab. č. 22.: Porovnání nákladů na vytápění RD v období 10 let

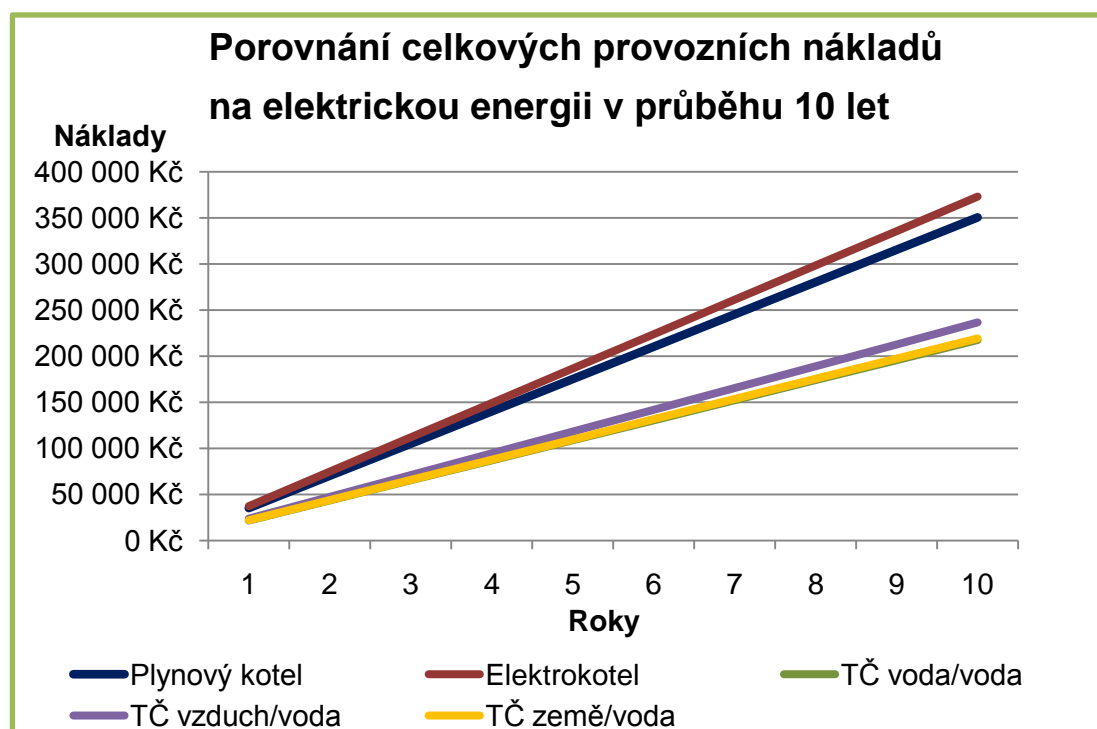


Obr. č. 13.: Graf porovnání jednotlivých variant a jejich provozních nákladů v období 10ti let.

V posledním grafu můžeme pozorovat celkovou spotřebu energií v domácnosti s různými variantami vytápění domu a uplatnění zvýhodněných tarifů u tepelných čerpadel a elektrokotle, kde jak již bylo zmíněno, klesá cena přibližně o 50%. Je zde tedy graficky znázorněno výrazné zvýšení nákladů na elektrickou energii u varianty s plynovým kotlem, kde není uplatněn zvýhodněný tarif a cena energií je tedy o 50% vyšší než u ostatních variant.

Rok	Plynový kotel	Elektrokotel	TČ voda/voda	TČ vzduch/voda	TČ země/voda
1	35 033 Kč	37 291 Kč	21 736 Kč	23 637 Kč	21 924 Kč
2	70 067 Kč	74 581 Kč	43 473 Kč	47 273 Kč	43 847 Kč
3	105 100 Kč	111 872 Kč	65 209 Kč	70 910 Kč	65 771 Kč
4	140 133 Kč	149 163 Kč	86 945 Kč	94 546 Kč	87 694 Kč
5	175 167 Kč	186 454 Kč	108 682 Kč	118 183 Kč	109 618 Kč
6	210 200 Kč	223 744 Kč	130 418 Kč	141 819 Kč	131 541 Kč
7	245 233 Kč	261 035 Kč	152 154 Kč	165 456 Kč	153 465 Kč
8	280 266 Kč	298 326 Kč	173 890 Kč	189 092 Kč	175 388 Kč
9	315 300 Kč	335 616 Kč	195 627 Kč	212 729 Kč	197 312 Kč
10	350 333 Kč	372 907 Kč	217 363 Kč	236 365 Kč	219 235 Kč

Tab. č. 23.: Porovnání celkových provozních nákladů na elektrickou energii v průběhu 10 let



Obr. č. 14.: Graf porovnání jednotlivých variant a celkových provozních nákladů na elektrickou energii v průběhu 10 let

Díky srovnání, které bylo uvedeno je zřejmé, že ač na první pohled mohou tepelná čerpadla představovat vysoké pořizovací náklady, při delším a konkrétnějším porovnávání nákladů i na provoz všech uvažovaných variant dosáhneme naprosto odlišných výsledků.

Dle výrobce porovnávaných tepelných čerpadel se návratnost vůči elektrokotli a plynovému kotli pohybuje od 8 do 10 let provozu. Záleží vždy na využití tepelných čerpadel, na počtu obyvatel v domě a na objemu spotřebované teplé užitkové vodě.

V případě řešeného rodinného domu v Teletíně je neoptimálnější variantou tepelné čerpadlo vzduch/voda a to pro jeho malé nároky na stavební připravenost, bez nutnosti velkého nezastavěného prostoru pro umístění kolektorů, či zemních studen a vrtů. Tepelné čerpadlo vzduch/voda je kompaktním řešením a nepředpokládá žádné nutné povolení od vodohospodářského úřadu a dalších již uvedených institucí. V klimatických podmínkách ČR je tato varianta plně vyhovující pro zajištění vytápění a ohřev teplé vody v rodinných domech.

Pro rodinný dům v Teletíně je tedy závěrečnou variantou tepelné čerpadlo vzduch/voda **WPL 10** od firmy Stibel Eltron.

## 4 Závěr

Tato práce se zabývala otázkami, které se týkají oboru vytápění rodinných domů s ohledem na životní prostředí a úsporu energií. Bylo zde odpovězeno na otázky týkající se tepelných čerpadel a jejich využití a to se zaměřením na následující body:

- Byl předložen přehled o vývoji vytápění, historie vytápění budov a účinnost jednotlivých systémů.
- Jsou zde uvedeny vzorové výpočty tepelných ztrát dle příslušných norem. Tyto vzorové výpočty jsou aplikovatelné na obytné budovy určené k bydlení.
- Byla zpracována podrobná rešerše materiálu o tepelných čerpadlech s popisem funkce. Jsou zde uvedeny schémata jednotlivých tepelných čerpadel s možností jejich zapojení.
- V této práci jsou uvedeny dotační podpory pro jednotlivá tepelná čerpadla a také zvýhodnění tepelných čerpadel v oblasti spotřeby elektrické energie výhodnými tarify.
- Pro sériový rodinný dům byl uskutečněn výpočet tepelných ztrát dle platných norem a dále zde byl navržen způsob a technologie vytápění daného rodinného domu.
- Pro uvažované druhy vytápění byly porovnány investiční a provozní náklady.
- Pro danou klimatickou oblast ČR doporučuji tepelné čerpadlo vzduch/voda. Toto tepelné čerpadlo je při porovnání investičních a provozních nákladů nejvýhodnější. Je zde také minimální potřeba technických a přípravných prací. U tohoto typu tepelných čerpadel odpadá zemní práce, které jsou časově i prostorově náročné.



## 5 Seznam literatury

- BIERMAYR P., WEISS E., BERMANN I., 2009: Erneuerbare Energie in Österreich. Marktentwicklung 2008, Bundesministerium für Innovation, Verkehr und Technologie
- BÖSWARTH, R; HÖLLER, M.; COEVET M., 2006: EU CERTIFIED Heat Pump Installer, Intelligent Energy Europe, European Commission
- BRADLEY J., 2008: Heat loss, School of the Built Environment, Leeds Metropolitan, Great Britain, 10
- BROŽ K., ŠOUREK B., 2003: Alternativní zdroje energie, Vydavatelství ČVUT, Praha, 213
- ČSN 06 0210, 1994: Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění, Český normalizační institut, Praha, 24
- ČSN 73 0540, 2005: Tepelná ochrana budov - Část 1 – 4, Český normalizační institut, Praha, 286
- ČSN EN 12831, 2005: Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu, Český normalizační institut, Praha, 76
- DIMPLEX, 2010: Tepelná čerpadla Dimplex, Parametry – životnost – tichý provoz, propagační materiál společnosti Dimplex, Praha, 4
- DVOŘÁK Z., KLAZAR L., PETRÁK J., 1987: Tepelná čerpadla. SNTL Nakladatelství technické literatury, Praha, 340
- FOND ROZVOJE VYSOKÝCH ŠKOL, 2007: Příběh tepla aneb kachle ve středověku: online: <http://uhm-prednasky.fpf.slu.cz>, [cit. 2010-05-28]
- HOSATTE S., 2010: IEA Energy technology perspectives 2010, Heat pumps in energy technology perspectives 2010, 3/2010, 39
- JÍCHA M., 2010: Přenos tepla a látky. Chlazení & klimatizace. 16: 14 – 15.
- KOVERDYNSKÝ V., 2009: Návrh chladových izolací. Chlazení & klimatizace. 15: 24 – 31.
- MATZ., 2010: Technické zařízení budov, Praha, online: <http://vytapani.tzb-info.cz/mereni-a-regulace/6294-ekvitermni-regulace-princip-a-vyuziti-v-systemech-regulace-vytapani>
- MILLER F. P., VANDOME A.F., MCBREESTER J., 2009: Geothermal heat pump. Alphascript Publishing, Beau Bassin, 68
- MILLER, J. D., 2005: Hypocausthttp, online: <http://hypocaust.askdefine.com/>, [cit. 2010-07-30]

- NIBE, 2009: Tepelné čerpadlo vzduch/vod NIBE LWSE, propagační materiál společnosti Nibe, Benátky nad Jizerou, 2
- REDAKCE., 2010: Vytápění a chlazení tepelnými čerpadly. Chlazení & klimatizace. 16: 22 – 25
- REGULUS, 2010: Akční sestavy tepelných čerpadel a solárních systémů, propagační materiál společnosti Regulus, Praha, 4
- SFŽP, 2009: Dotační program na zateplování a ekologické vytápění 2009 – 2012. Příručka pro žadatele o podporu – zelená úsporám, 48
- SFŽP, 2009: Program podpory obnovitelných zdrojů a úspor energie v obytných budovách z prostředků z prodeje emisních kreditů - ZELENÁ ÚSPORÁM - Obsahová část programu
- SCHAEFER H., GÖRIKE P., MAIER R., RAMMING R., 1995: Wärmepumpen: Energieeinsparung und Umweltschutz. Die Deutsche Bibliothek, Düsseldorf, 124
- SLOVAČEK J., 2009: Historie a vývoj tepelných čerpadel v ČR a EU, Praha, online: <http://www.asb-portal.cz/tzb/vytapeni/historie-a-vyvoj-tepelnych-cerpadel-v-cr-a-eu-1651.html>,
- SRDEČNÝ K., TRUXA J., 2005: Tepelná čerpadla, Copyrihgt ERA group spol, s.r.o., Brno, 68
- STIEBEL ELTRON, 2009: Stavební připravenost – tepelné čerpadlo, propagační materiál společnosti Stiebel Eltron, Praha, 2
- STIEBEL ELTRON, 2010 (1): Reference TC, propagační materiál společnosti Stiebel Eltron, Praha, 8
- STIEBEL ELTRON, 2010 (2): Obnovitelné zdroje, propagační materiál společnosti Stiebel Eltron, Praha, 76
- STIEBEL ELTRON, 2010 (3): Technické informace – tepelná čerpadla, propagační materiál společnosti Stiebel Eltron, Praha, 189
- STIEBEL ELTRON, 2011: K tepelnému čerpadlu solární set zdarma. Časopis Bydlení. 2011/01, 76
- TINTĚRA L., 2003: Tepelná čerpadla. ABF, a.s. – Nakladatelství ARCH, Praha, 120
- TZB-info [online], 2010: online: [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz), [cit. 2010-05-27]
- Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), §29, 1.odst

## 6 Seznam použitých značek

Značka	Rozměr	Popis
<b>B</b>	[-]	Charakteristické číslo budovy
<b>C</b>	$[m^3/(s \cdot Pa^n)]$	Součinitel průvzdušnosti
<b>D</b>	[Denostupně]	Denostupně
<b>D</b>	[m]	Síla vrstvy
<b>e</b>	[-]	Korekce nesoučasnosti tepelných zrátek prostupem a infiltrací
<b>i<sub>inf</sub></b>	$m^3/(s \cdot m \cdot Pa^{0,67})$	Součinitel spárové průvzdušnosti
<b>L</b>	[m]	Celková délka spáry
<b>M</b>	$[W/m^2]$	Plošná sálavost povrchu
<b>Q<sub>cm</sub></b>	[W]	Tepelná ztráta místnosti celková
<b>Q<sub>im</sub></b>	[W]	Tepelná ztráta infiltrací
<b>Q<sub>r</sub></b>	[kWh/rok]	Celková roční spotřeba tepla
<b>Q<sub>vyt</sub></b>	[W]	Celková roční potřeba tepla na vytápění
<b>Q<sub>tuv</sub></b>	[kWh/rok]	Celková roční potřeba tepla pro ohřev TUV
<b>Q<sub>tuvd</sub></b>	[kWh]	Celková denní potřeba tepla pro ohřev TUV
<b>Q<sub>zm</sub></b>	[W]	Tepelná ztráta místnosti prostupem
<b>R</b>	$[(m^2 K)/ W]$	Tepelný odpor vrstvy při přestupu tepla
<b>R<sub>ex</sub></b>	$[(m^2 K)/ W]$	Tepelný odpor venkovní vrstvy při přestupu tepla
<b>R<sub>in</sub></b>	$[(m^2 K)/ W]$	Tepelný odpor vnitřní vrstvy při přestupu tepla

<b>RT</b>	$[(m^2 K)/ W]$	Odpor konstrukce při přestupu tepla
<b>Rv</b>	$[(m^2 K)/ W]$	Tepelný odpor vrstev konstrukce od vnitřního prostředí ke vzduchové vrstvě
<b>S</b>	$[m^2]$	Plocha konstrukce
<b>t</b>	$[s]$	Čas
<b>t<sub>e</sub></b>	$[°C]$	Venkovní výpočtová teplota dle lokality
<b>t<sub>es</sub></b>	$[°C]$	Střední venkovní teplota za otopné období
<b>t<sub>em</sub></b>	$[°C]$	Střední denní venkovní teplota pro začátek a konec otopného období
<b>t<sub>i</sub></b>	$[°C]$	Výpočtová teplota vnitřní
<b>Δt</b>	$[°C]$	Rozdíl teplot
<b>U</b>	$[W/(m^2 K)]$	Součinitel prostupu tepla
<b>V<sub>inf</sub></b>	$[m^3/s]$	Množství infiltrovaného vzduchu
<b>V<sub>2p</sub></b>	$[m^3/den]$	Celková spotřeba teplé vody za 1 den
<b>λ</b>	$[(W)/[m*K]$	Součinitel tepelné vodivosti
<b>ρ</b>	$[Kg/m^3]$	Hustota
<b>α</b>	$[-]$	Činitel pohltivosti

## 7 Seznam obrázků

Obr. č. 1.: Schéma funkce tepelného čerpadla (zdroj: Stiebel Eltron).....	16
Obr. č. 2.: Počet instalací tepelných čerpadel v letech 2001 až 2009.....	17
Obr. č. 3.: Ekvitermní křivky různých teplot topné vody, zdroj: <a href="http://www.tzb-info.cz/">http://www.tzb-info.cz/</a> .....	22
Obr. č. 4.: Graf výkonové křivky (zdroj: Stiebel Eltron) .....	23
Obr. č. 5.: tepelné čerpadlo vzduch/voda – venkovní provedení (STIEBEL ELTRON 2010 (3)).....	25
Obr. č. 6.: Funkční schéma systému země / voda (BÖSWARTH & KOL. 2006).....	27
Obr. č. 7.: Princip systému tepelného čerpadla voda/voda (BÖSWARTH & KOL. 2006) .....	29
Obr. č. 8.: Průběh cen topného oleje (STIEBEL ELTRON 2010 (2)) .....	32
Obr. č. 9.: Projekt RD Teletín .....	36
Obr. č. 10.: Graf porovnání jednotlivých variant a jejich investičních nákladů.....	58
Obr. č. 11.: Graf porovnání jednotlivých variant a jejich investičních nákladů snížených o datace od státu .....	59
Obr. č. 12.: Graf porovnání jednotlivých variant a jejich ročních nákladů na vytápění RD .....	59
Obr. č. 13.: Graf porovnání jednotlivých variant a jejich provozních nákladů v období 10ti let.....	60
Obr. č. 14.: Graf porovnání jednotlivých variant a celkových provozních nákladů na elektrickou energii v průběhu 10 let .....	61

## 8 Seznam tabulek

Tab. č. 1.: Sazby D 56 d, dvoutarifová sazba pro vytápění tepelným čerpadlem (zdroj: <a href="http://www.tzb-info.cz/">http://www.tzb-info.cz/</a> ).....	20
Tab. č. 2.: Parametry pro stanovení součinitele prostupu tepla pro obvodovou zeď	38
Tab. č. 3.: Stanovení součinitele prostupu tepla pro obvodovou zeď .....	39
Po dosažení hodnot dle ČSN 730540-3 do vztahu (2) a (3) je: .....	39
Tab. č. 4.: Parametry pro stanovení součinitele prostupu tepla pro vnitřní stěnu.....	40
Tab. č. 5.: Stanovení součinitele prostupu tepla pro vnitřní stěnu SN1 .....	40
Tab. č. 6.: Parametry pro stanovení součinitele prostupu tepla pro podlahu .....	40
Tab. č. 7.: Stanovení součinitele prostupu tepla pro podlahu .....	41
Tab. č. 8.: Parametry pro stanovení součinitele prostupu tepla pro strop .....	41
Tab. č. 9.: Stanovení součinitele prostupu tepla pro strop.....	41
Součinitel prostupu tepla pro konstrukci STR1 (strop 2. NP) je $U = 0,168 [W/(m^2 K)]$ .....	41
Tab. č. 10.: Parametry pro stanovení součinitele prostupu tepla pro střechu .....	42
Tab. č. 11.: Stanovení součinitele prostupu tepla pro střechu .....	42
Tab. č. 12.: Stanovení součinitele prostupu tepla pro střechu .....	42
Tab. č. 13.: Součinitel prostupu tepla výplň otvorů – dle výrobce .....	43
Tab. č. 14.: Výpočet tepelných ztrát pro jednotlivé místnosti rodinného domu .....	48
Tab. č. 15.: Tepelné ztráty domu (tepelné ztráty prostupem + tepelné ztráty infiltrací) .....	49
Tab. č. 16.: Investiční náklady – plynový kotel .....	52
Tab. č. 17.: Investiční náklady - elektrokotel .....	53
Tab. č. 18.: Investiční náklady - tepelné čerpadlo – voda/voda .....	54
Tab. č. 19.: Investiční náklady - tepelné čerpadlo – vzduch/voda.....	55
Tab. č. 20.: Investiční náklady - Tepelné čerpadlo WPF 5 varianta se zemním kolektorem .....	57

Tab. č. 21.: Investiční náklady - Tepelné čerpadlo WPF 5 varianta se zemním vrtem .....	57
Tab. č. 22.: Porovnání nákladů na vytápění RD v období 10 let.....	60
Tab. č. 23.: Porovnání celkových provozních nákladů na elektrickou energii v průběhu 10 let.....	61

## 9 Seznam fotografií

Foto. č. 1.: Rodinný dům ve Zlíně; Tepelné čerpadlo vzduch/voda (venkovní varianta) .....	74
Foto. č. 2.: Rodinný dům ve Zlíně; Tepelné čerpadlo vzduch/voda (venkovní varianta), řešení umístění technologie .....	74
Foto. č. 3.: Rodinný dům Studénka; Tepelné čerpadlo země/voda .....	75
Foto. č. 4.: Tepelné čerpadlo země/voda vnitřní řešení instalace tepelného čerpadla a komponentů.....	75
Foto. č. 5.: Tepelné čerpadlo země/voda; detailní zobrazení zapojení TČ. ....	75
Foto. č. 6.: Rodinný dům v Teplicích; Tepelné čerpadlo vzduch/voda (vnitřní varianta), řešení umístění TČ.....	76
Foto. č. 7.: Rodinný dům v Teplicích; Rekuperační jednotka, umístění technologie	76
Foto. č. 8.: Rodinný dům v Lánově; Tepelné čerpadlo voda/voda, řešení umístění TČ .....	77



## 10 Seznam příloh

Příloha č. 1.: Venkovní výpočtové teploty a otopná období dle lokalit .....	78
Příloha č. 2.: Hodnocení energetické náročnosti budov - Tabulka slovního vyjádření tříd energetické náročnosti budovy .....	80
Příloha č. 3.: Energetická náročnost budov .....	81
Příloha č. 4.: Topný výkon – monovalentní provoz .....	82
Příloha č. 5.: Topný výkon – Paralelně bivalentní zdroj – monoenergetický .....	82
Příloha č. 6.: Topný výkon – Alternativně monovalentní .....	83
Příloha č. 7.: Topný faktor – Částečně paralelně bivalentní zdroj .....	83
Příloha č. 8.: Ekvivalentní křivky pro různé teploty topné vody .....	84
Příloha č. 9.: Průběh teploty pod zemským povrchem .....	85
Příloha č. 10.: Princip tepelného čerpadla země/voda – podzemní sondy .....	86
Příloha č. 11.: Princip tepelného čerpadla země/voda – zemní kolektor .....	86
Příloha č. 12.: Princip tepelného čerpadla voda/voda – vrtané studny .....	87
Příloha č. 13.: Princip tepelného čerpadla vzduch/voda – venkovní varianta .....	87
Příloha č. 14.: Schéma tepelného čerpadla s akumulčním zásobníkem .....	88
Příloha č. 15.: Tepelné čerpadlo vzduch/voda a znázornění podlahového topení ...	89
Příloha č. 16.: Tepelné čerpadlo země/voda (zemní sondy), znázornění podlahového topení a ohřevu užitkové vody .....	90
Příloha č. 17.: Tepelné čerpadlo země/voda (zemní kolektor), znázornění podlahového topení a ohřevu užitkové vody .....	91
Příloha č. 18.: Tepelné čerpadlo voda/voda (zemní studny), znázornění nástěnného topení a ohřevu užitkové vody .....	92
Příloha č. 19.: Tepelné čerpadlo typu WPL v systémovém řešení vzduch/voda s akumulčním zásobníkem SBP a přípravou teplé vody .....	93
Příloha č. 20.: Tepelné čerpadlo typu WPF v systémovém řešení země/voda s akumulčním zásobníkem SBP a přípravou teplé vody .....	94
Příloha č. 21.: Tepelné čerpadlo typu WPC v systémovém řešení voda/voda s oddělovacím výměníkem .....	95

Příloha č. 22.: RD TELETÍN - POHLEDY .....	96
Příloha č. 23.: RD TELETÍN - POSCHODÍ .....	97
Příloha č. 24.: RD TELETÍN – PŘÍZEMÍ .....	98
Příloha č. 25.: RD TELETÍN – SUTERÉN .....	99
Příloha č. 26.: Osvědčení o úspěšném absolvování školení firmy Stiebel Eltron spol. s.r.o. ....	100

## Přehled již realizovaných instalací tepelných čerpadel v praxi.

### Rodinný dům ve Zlíně



Foto. č. 1.: Rodinný dům ve Zlíně; Tepelné čerpadlo vzduch/voda (venkovní varianta)



Foto. č. 2.: Rodinný dům ve Zlíně; Tepelné čerpadlo vzduch/voda (venkovní varianta), řešení umístění technologie

Instalaci realizovala firma EL-BA GROUP Dolní Bečva, jedná se o TČ vzduch/voda WPL 23 výrobce Stiebel Eltron. Tepelné čerpadlo zajišťuje vytápění objektu RD a také ohřev užitkové vody a dále pak ohřev venkovního bazénu. Tepelná ztráta objektu je 9 kW.

## Rodinný dům Studénka



Foto. č. 3.: Rodinný dům Studénka;  
Tepelné čerpadlo země/voda



Foto. č. 4.: Tepelné čerpadlo země/voda  
vnitřní řešení instalace tepelného  
čerpadla a komponentů.



Foto. č. 5.: Tepelné čerpadlo  
země/voda; detailní zobrazení  
zapojení TČ.

Instalaci realizovala firma EL-BA GROUP Dolní Bečva, jedná se o TČ země/voda WPC 7 výrobce Stiebel Eltron. Pro vytápění a přípravu teplé vody. Tepelná ztráta objektu je 9 kW.

## Rodinný dům Teplice



Foto. č. 6.: Rodinný dům v Teplicích; Tepelné čerpadlo vzduch/voda (vnitřní varianta), řešení umístění TČ.



Foto. č. 7.: Rodinný dům v Teplicích; Rekuperační jednotka, umístění technologie

Instalaci realizovala firma EKOMONT Dc, jedná se o TČ vzduch/voda WPL 33 výrobce Stiebel Eltron. Tepelné čerpadlo zajišťuje vytápění objektu RD a také ohřev užitkové vody. Dále je zde instalována rekuperační jednotka LWZ 270 od stejného výrobce.

## Rodinný dům Lánov



Foto. č. 8.: Rodinný dům v Lánově; Tepelné čerpadlo voda/voda, řešení umístění TČ

Tepelné čerpadlo voda-voda FIGHTER 1140 od výrobce NIBE, bylo instalováno v rodinném domě v Lánově, pro zajištění vytápění, ohřevu teplé vody a dále pak ohřev venkovního bazénu. Instalaci provedla firma NIBE v roce 2007.

Příloha č. 1.: Venkovní výpočtové teploty a otopná období dle lokalit

Lokalita (místo měření)	Nadmořská výška	Venkovní výpočtová teplota	Otopné období pro					
			$t_{em}=12^\circ$		$t_{em}=13^\circ$		$t_{em}=15^\circ$	
	h	$t_e$	$t_{es}$	d	$t_{es}$	d	$t_{es}$	d
	[m]	[°C]	[°C]	[dny]	[°C]	[dny]	[°C]	[dny]
Benešov	327	-15	3,5	234	3,9	245	5,2	280
Beroun (Králov Dvůr)	229	-12	3,7	225	4,1	236	5,3	268
Blansko (Dolní Lhota)	273	-15	3,3	229	3,7	241	5,1	275
Brno	227	-12v	3,6	222	4	232	5,1	263
Bruntál	546	-18v	2,7	255	3,3	271	4,8	315
Břeclav (Lednice)	159	-12	4,1	215	4,4	224	5,2	253
Česká Lípa	276	-15	3,3	232	3,8	245	5,1	282
České Budějovice	384	-15	3,4	232	3,8	244	5,1	279
Český Krumlov	489	-18v	3,1	243	3,5	254	4,6	288
Děčín (Březiny, Libverda)	141	-12	3,8	225	4,2	236	5,5	269
Domažlice	428	-15v	3,4	235	3,8	247	5,1	284
Frydek - Místek	300	-15v	3,4	225	3,8	236	5,1	269
Havlíčkův Brod	422	-15v	2,8	239	3,3	253	4,9	294
Hodonín	162	-12	3,9	208	4,2	215	5,1	240
Hradec Králové	244	-12	3,4	229	3,9	242	5,2	279
Cheb	448	-15	3	246	3,6	262	5,2	306
Chomutov (Ervěnice)	330	-12v	3,7	223	4,1	233	5,2	264
Chrudim	276	-12v	3,6	225	4,1	238	5,9	276
Jablonec nad Nisou (Liberec)	502	-18v	3,1	241	3,6	256	5,1	298
Jičín (Libáň)	278	-15	3,5	223	3,9	234	5,2	268
Jihlava	516	-15	3	243	3,5	257	4,8	296
Jindřichův Hradec	478	-15	3	242	3,5	256	5	296
Karlovy Vary	379	-15v	3,3	240	3,8	254	5,1	293
Karviná	230	-15	3,6	223	4	234	5,3	267
Kladno (Lány)	380	-15	4	243	4,5	258	5	300
Klatovy	409	-15v	3,4	235	3,9	248	5,2	286
Kolín	223	-12v	4	216	4,4	226	5,9	257
Kroměříž	207	-12	3,5	217	3,9	227	5,1	258
Kutná Hora (Kolín)	253	-12v	4	216	4,4	226	5,9	257
Liberec	357	-18	3,1	241	3,6	256	5,1	298
Litoměřice	171	-12v	3,7	222	4,1	232	5,2	263
Louny (Lenešice)	201	-12	3,7	219	4,1	229	5,2	260
Mělník	155	-12	3,7	219	4,1	229	5,3	261
Mladá Boleslav	230	-12	3,5	225	3,9	235	5,1	267
Most (Ervěnice)	230	-12v	3,7	223	4,1	233	5,2	264

Náchod (Klenny)	344	-15	3,1	235	3,7	250	4,8	292
Nový Jičín	284	-15v	3,3	229	3,8	242	5,2	280
Nymburk (Poděbrady)	186	-12v	3,8	217	4,2	228	5,5	262
Olomouc	226	-15	3,4	221	3,8	231	5	262
Opava	258	-15	3,5	228	3,9	2329	5,2	274
Ostrava	217	-15	3,6	219	4	229	5,2	260
Pardubice	223	-12v	3,7	224	4,1	234	5,2	265
Pelhřimov	499	-15v	3	241	3,6	257	5,1	300
Písek	348	-15	3,2	235	3,7	247	5	284
Plzeň	311	-12	3,3	233	3,6	242	4,8	272
Praha (Karlovy)	181	-12	4	216	4,3	225	5,1	254
Prachatice	574	-18v	3,3	253	3,8	267	5,1	307
Prostějov	226	-15	3,4	220	3,9	228	5	261
Přerov	212	-12	3,5	218	3,5	252	5,1	259
Příbram	502	-15	3	239	3,8	230	4,9	290
Rakovník	332	-15	3,4	232	4	250	5,7	297
Rokycany (Příbram)	363	-15	3	239	3,5	252	4,9	290
Rychnov n/Kněžnou (Slatina)	325	-15	3	241	3,5	254	4,8	291
Semily (Libštát)	334	-18v	2,8	243	3,4	259	4,7	303
Sokolov	405	-15v	3,4	239	3,9	254	5,4	297
Strakonice	392	-15	3,3	236	3,8	249	5,2	288
Svidník	220	-18v	2,7	224	3	237	4,3	269
Svitavy (Moravská Třebová)	447	-15	2,9	235	3,4	248	4,8	286
Šumperk	317	-15v	3	230	3,5	242	5,2	277
Tábor	480	-15	3	236	3,5	250	5	289
Tachov (Stříbro)	496	-15	3,1	237	3,6	250	5	289
Teplice	205	-12v	3,8	221	4,1	230	5,3	261
Trutnov	428	-18	2,8	242	3,3	257	5	298
Třebíč (Bitovánky)	406	-15	2,5	247	3,1	263	4,6	306
Uherské Hradiště (Buchlovice)	181	-12v	3,2	222	3,6	233	5	266
Ústí nad Labem	145	-12v	3,6	221	3,9	229	5	256
Ústí nad Orlicí	332	-15v	3,1	238	3,6	251	4,9	289
Vsetín	346	-15	3,2	225	3,6	236	4,9	270
Vyškov	245	-12	3,3	219	3,7	229	4,9	260
Zlín (Napajedla)	234	-12	3,6	216	4	226	5,1	257
Znojmo	289	-12	3,6	217	3,9	226	5,2	256
Žďár nad Sázavou	572	-15	2,4	252	3,1	270	4,7	318

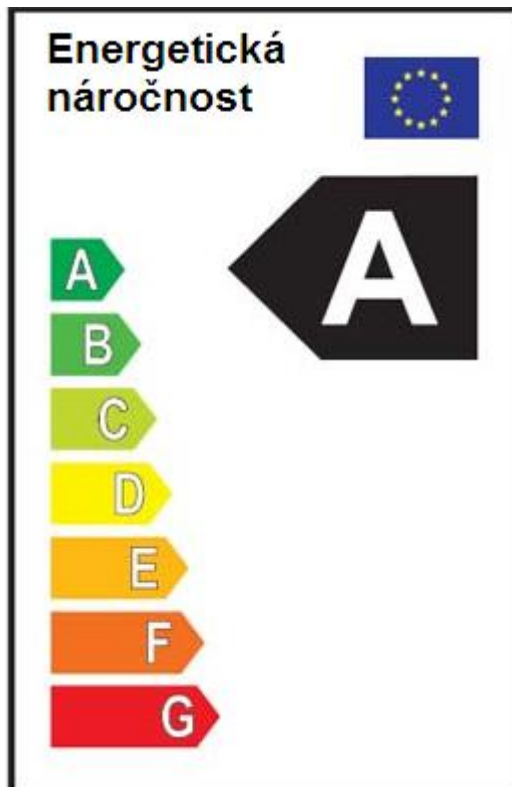


Příloha č. 2.: Hodnocení energetické náročnosti budov - Tabulka slovního vyjádření tříd energetické náročnosti budovy

Třída energetické náročnosti budovy	Slovní vyjádření energetické náročnosti budovy
A	Mimořádně úsporná
B	Úsporná
C	Vyhovující
D	Nevyhovující
E	Nehospodárná
F	Velmi nehospodárná
G	Mimořádně nehospodárná

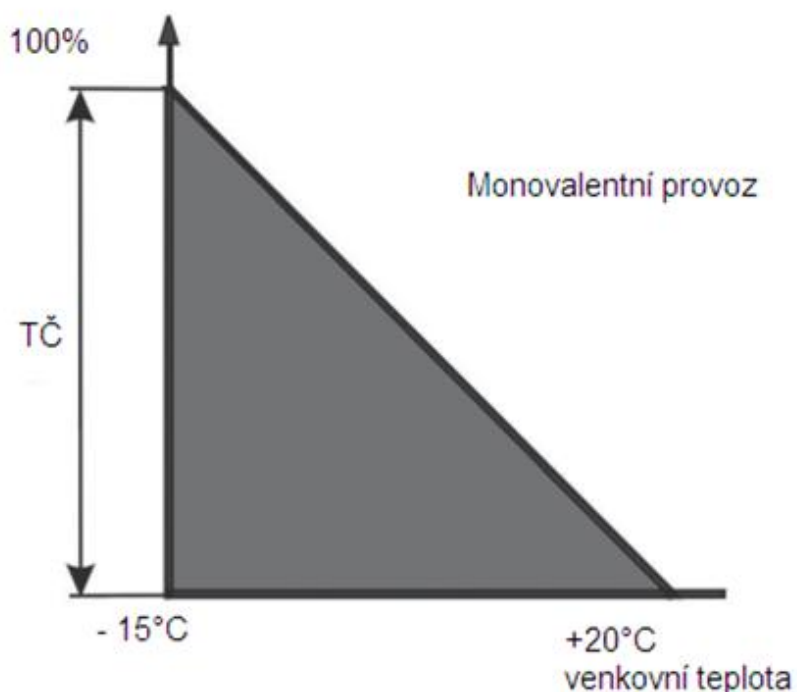
Druh budovy	A	B	C	D	E	F	G
Rodinný dům	< 51	51 - 97	98 - 142	143 - 191	192 - 240	241 - 286	> 286
Bytový dům	< 43	43 - 82	83 - 120	121 - 162	163 - 205	206 - 245	> 245
Hotel a restaurace	< 102	102 - 200	201 - 294	295 - 389	390 - 488	489 - 590	> 590
Administrativní budova	< 62	62 - 123	124 - 179	180 - 236	237 - 293	294 - 345	> 345
Nemocnice	< 109	109 - 210	211 - 310	311 - 415	416 - 520	521 - 625	> 625
Budova pro vzdělávání	< 47	47 - 89	90 - 130	131 - 174	175 - 220	221 - 265	> 265
Sportovní zařízení	< 53	53 - 102	103 - 145	146 - 194	195 - 245	246 - 297	> 297
Budova pro velkoobchod a maloobchod	< 67	67 - 121	122 - 183	184 - 241	242 - 300	301 - 362	> 362

Příloha č. 3.: Energetická náročnost budov



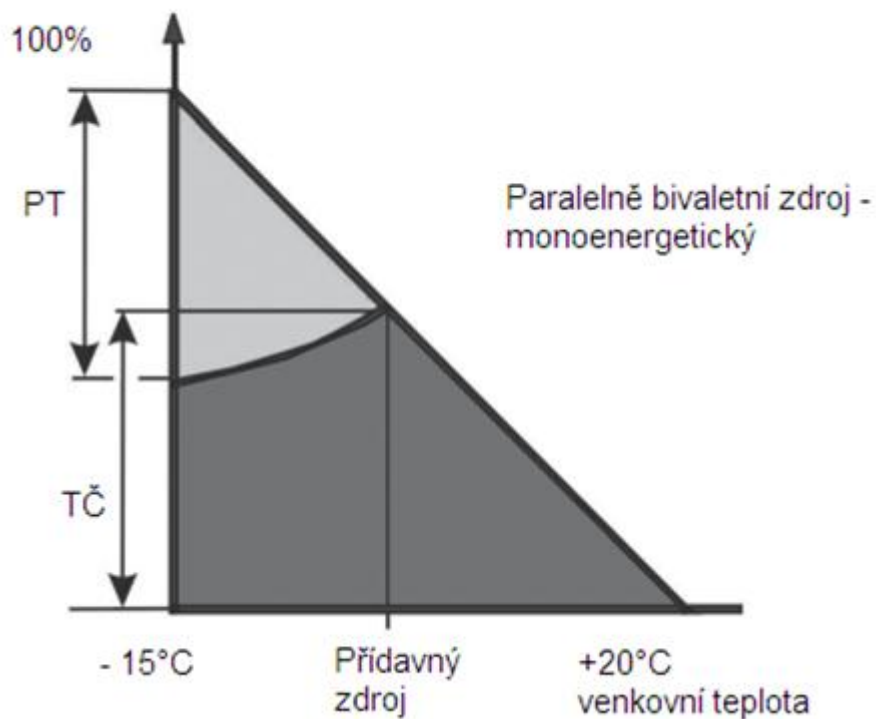
Příloha č. 4.: Topný výkon – monovalentní provoz

Topný výkon

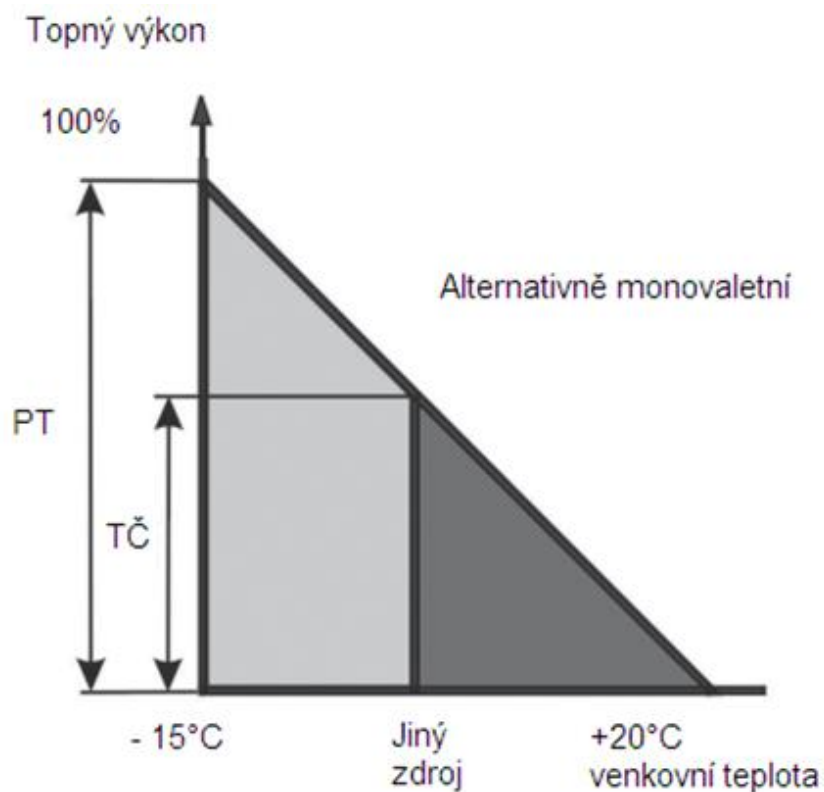


Příloha č. 5.: Topný výkon – Paralelně bivalentní zdroj – monoenergetický

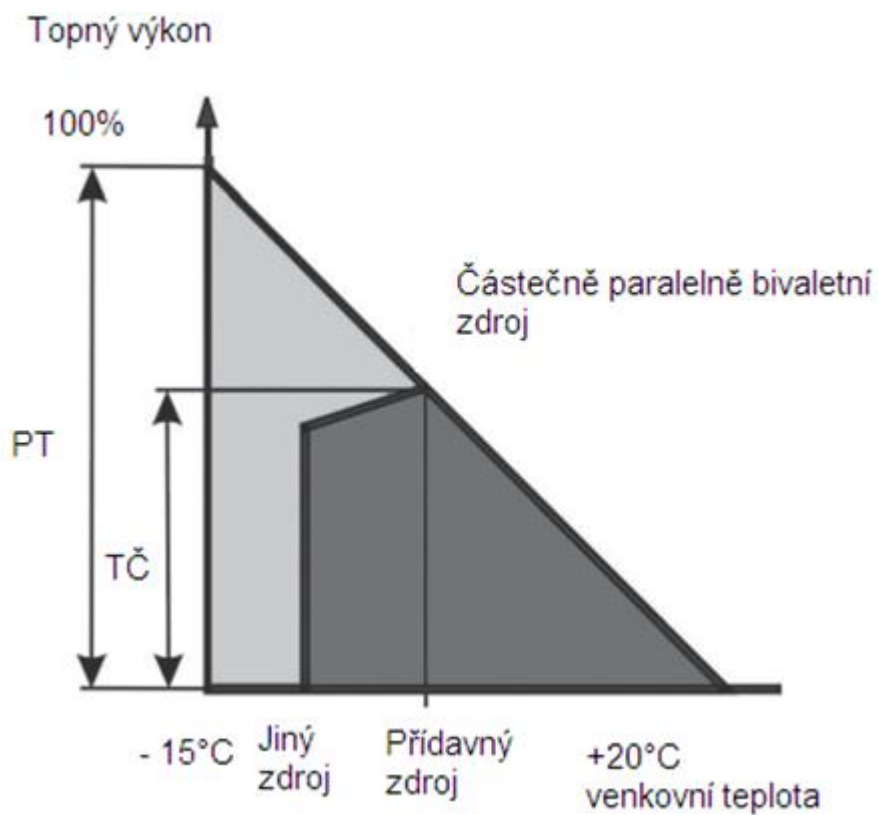
Topný výkon



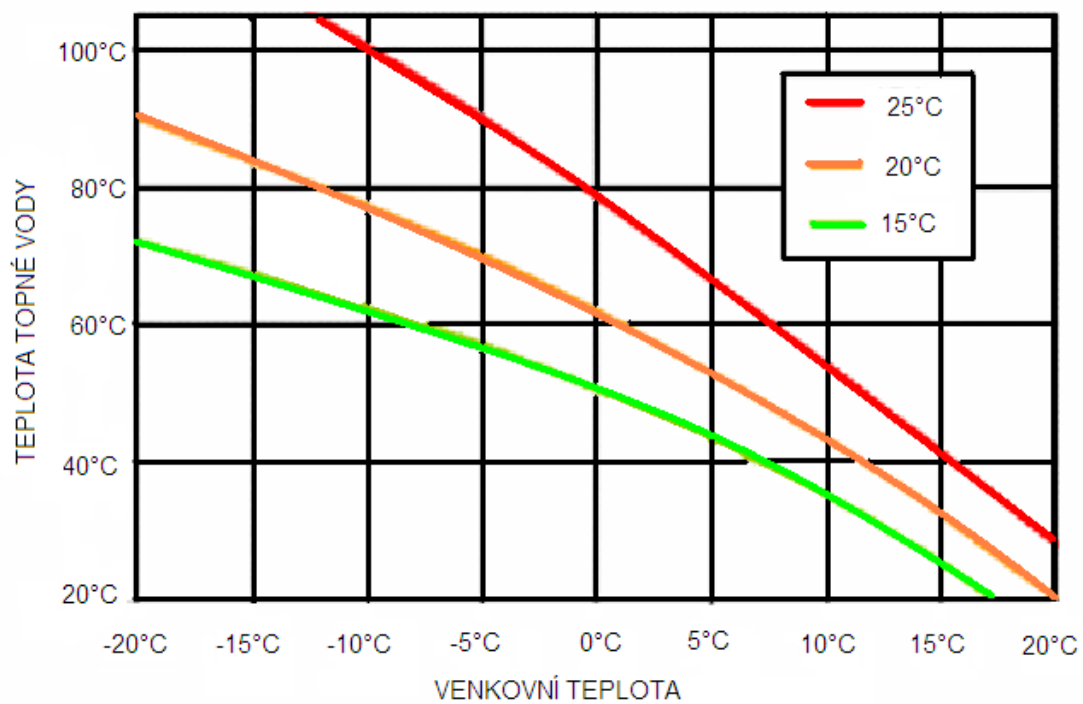
Příloha č. 6.: Topný výkon – Alternativně monovalentní



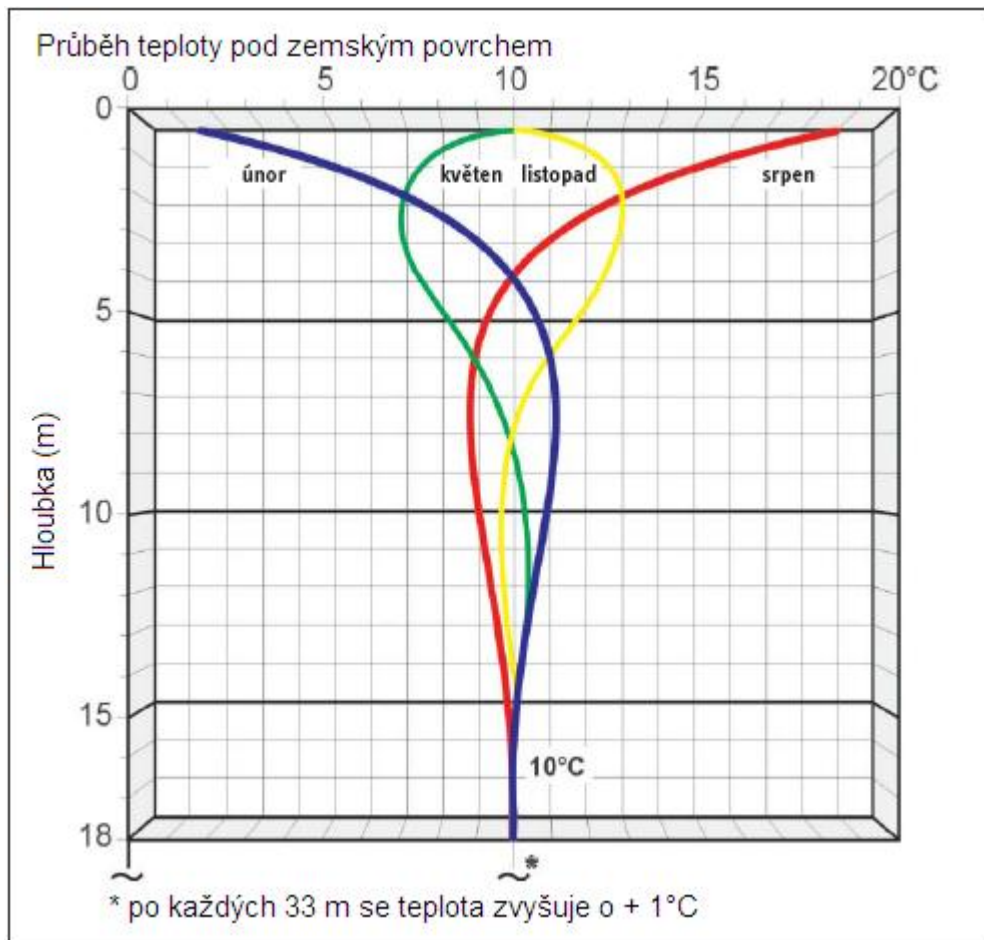
Příloha č. 7.: Topný faktor – Částečně paralelně bivalentní zdroj



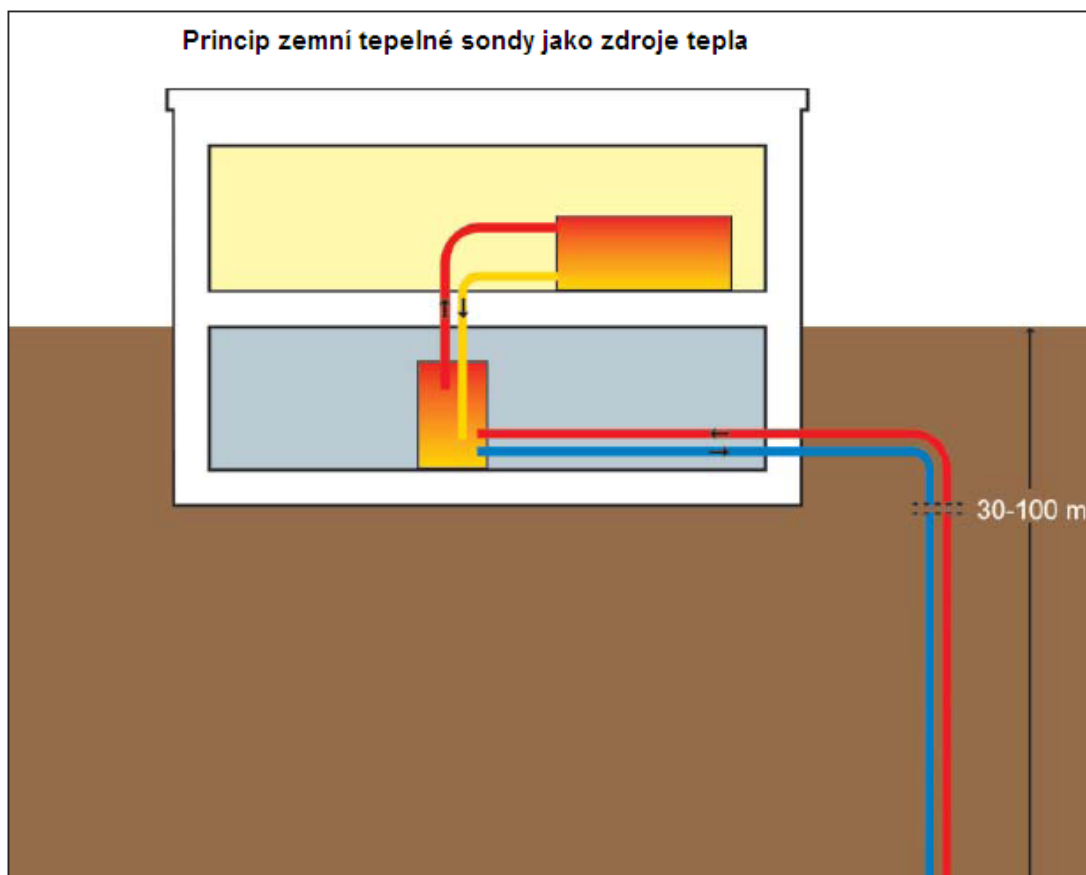
Příloha č. 8.: Ekvivalentní křivky pro různé teploty topné vody



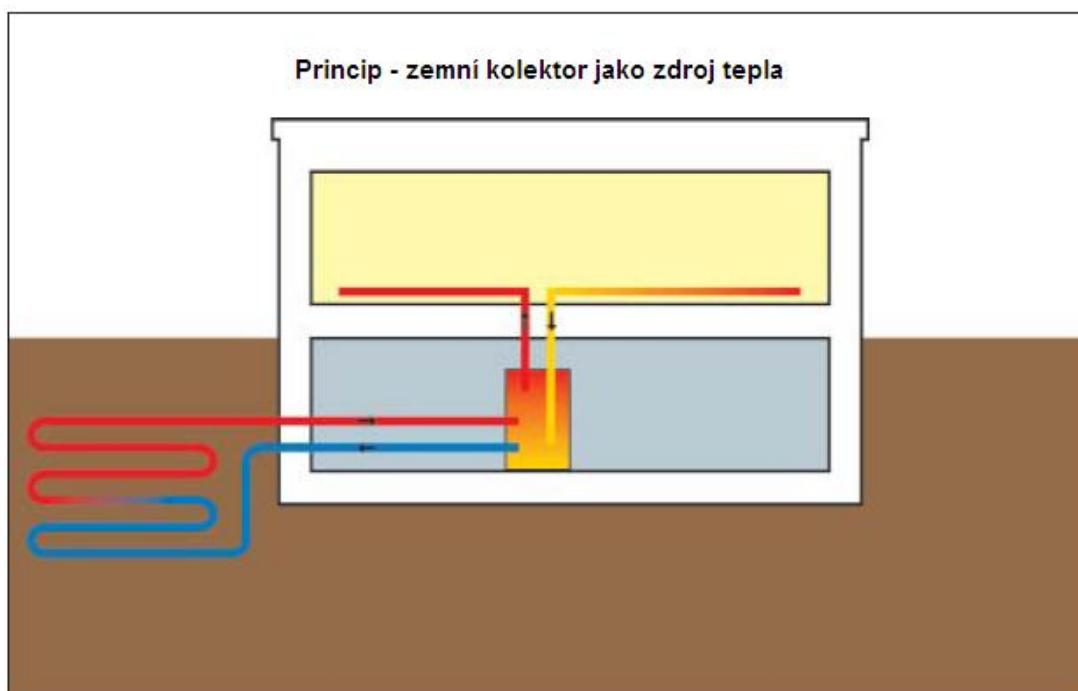
Příloha č. 9.: Průběh teploty pod zemským povrchem



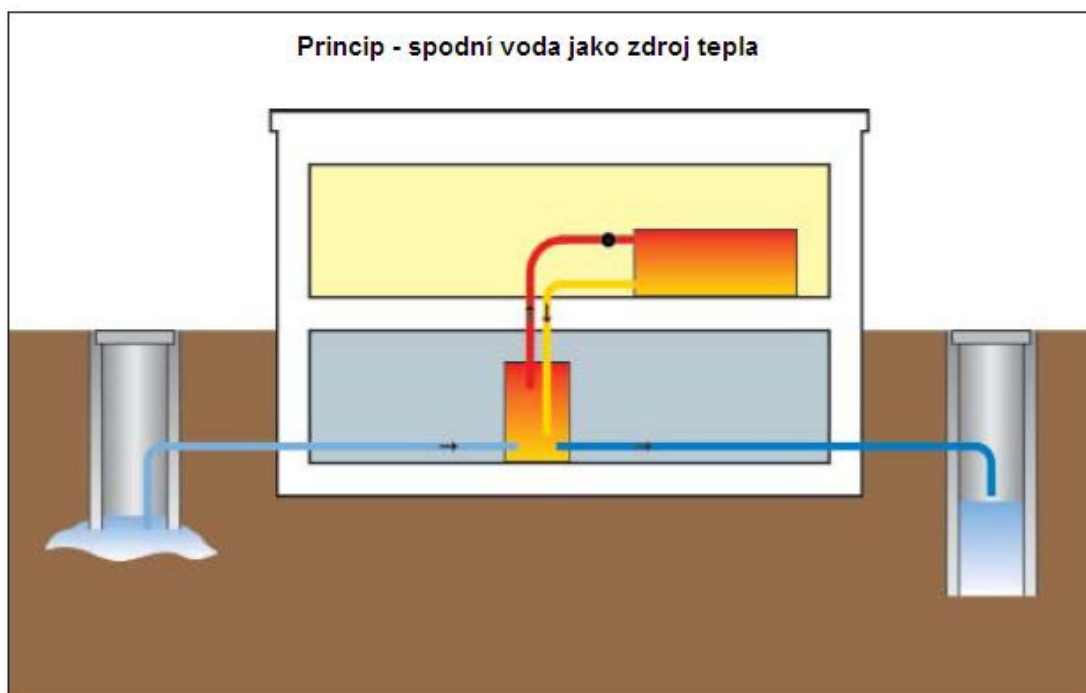
Příloha č. 10.: Princip tepelného čerpadla země/voda – podzemní sondy



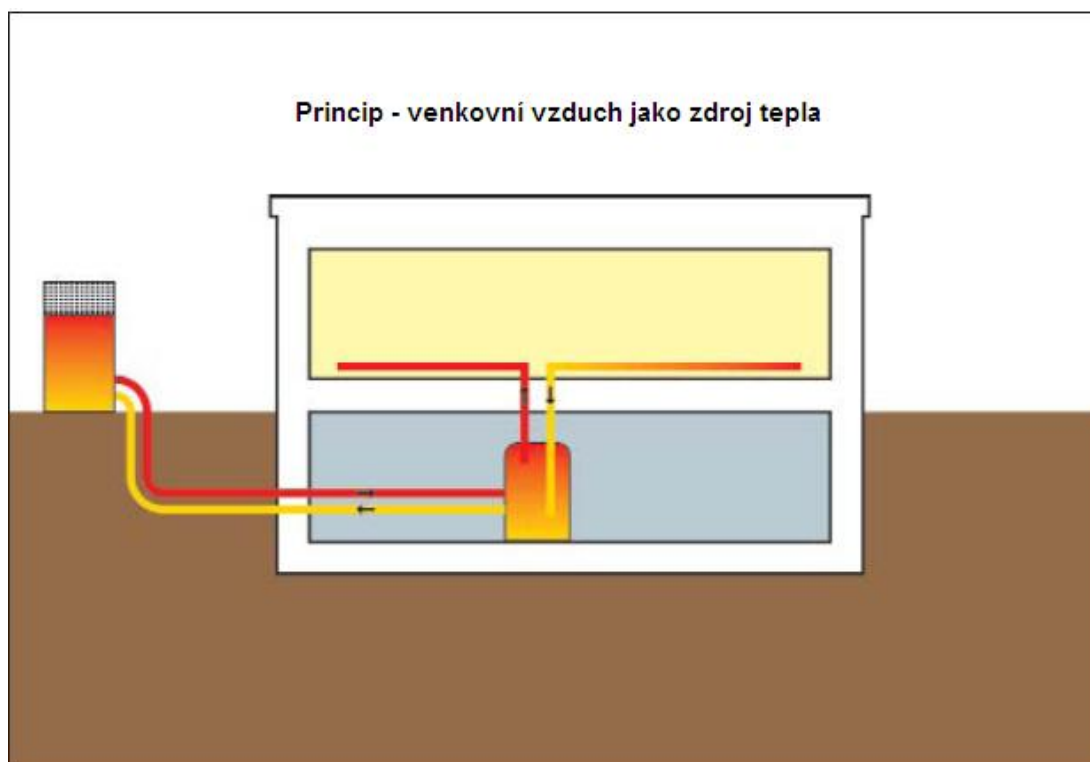
Příloha č. 11.: Princip tepelného čerpadla země/voda – zemní kolektor



Příloha č. 12.: Princip tepelného čerpadla voda/voda – vrtané studny

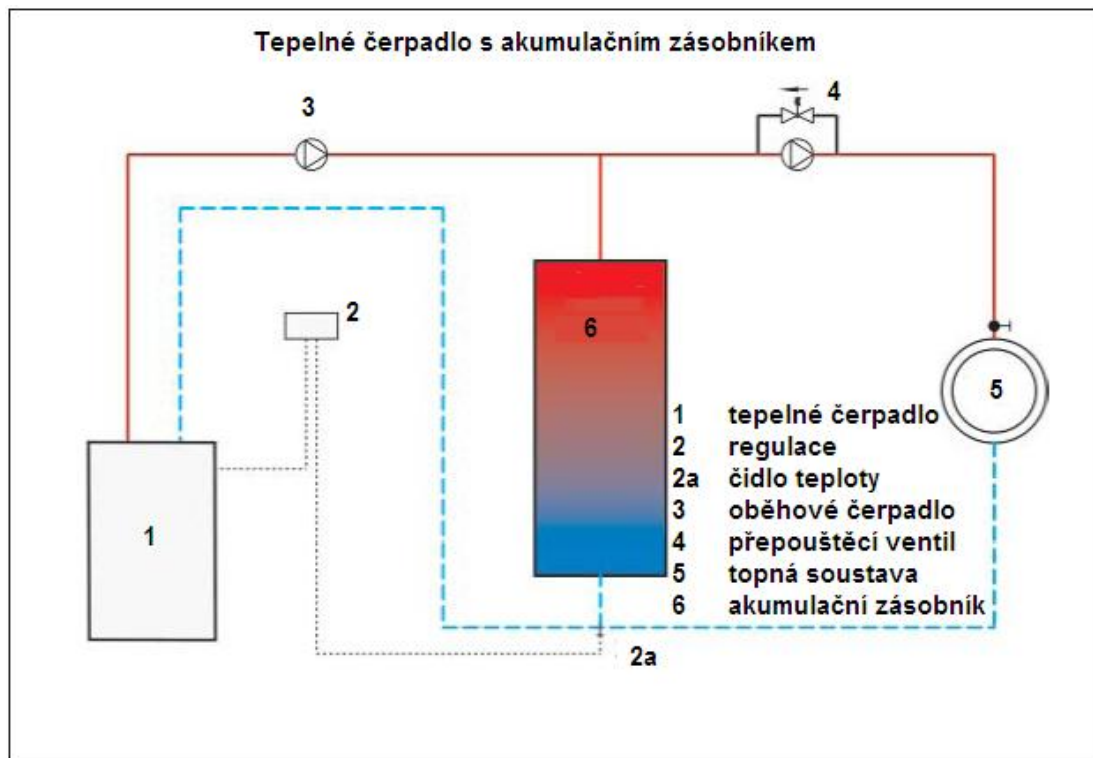


Příloha č. 13.: Princip tepelného čerpadla vzduch/voda – venkovní varianta

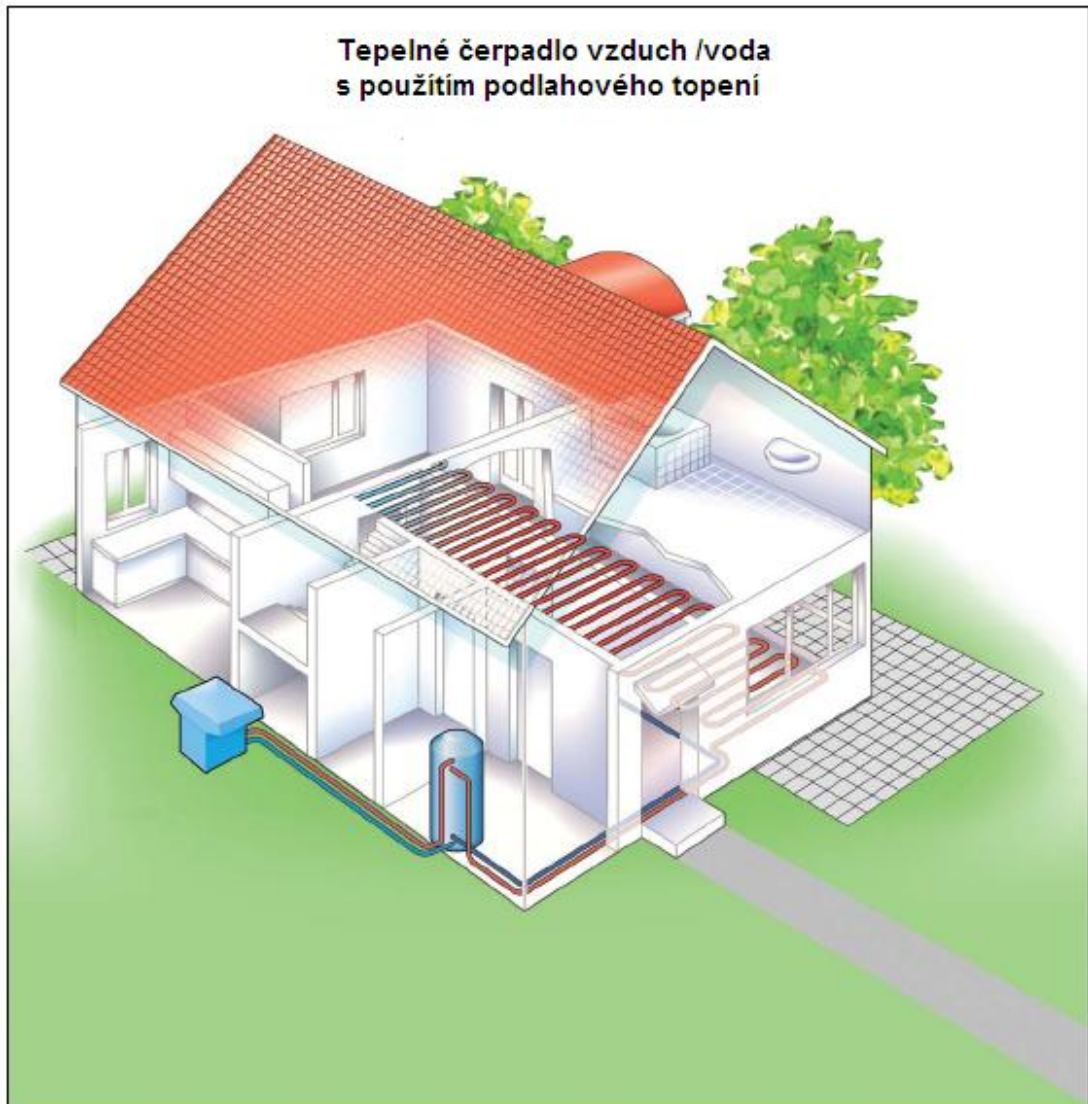




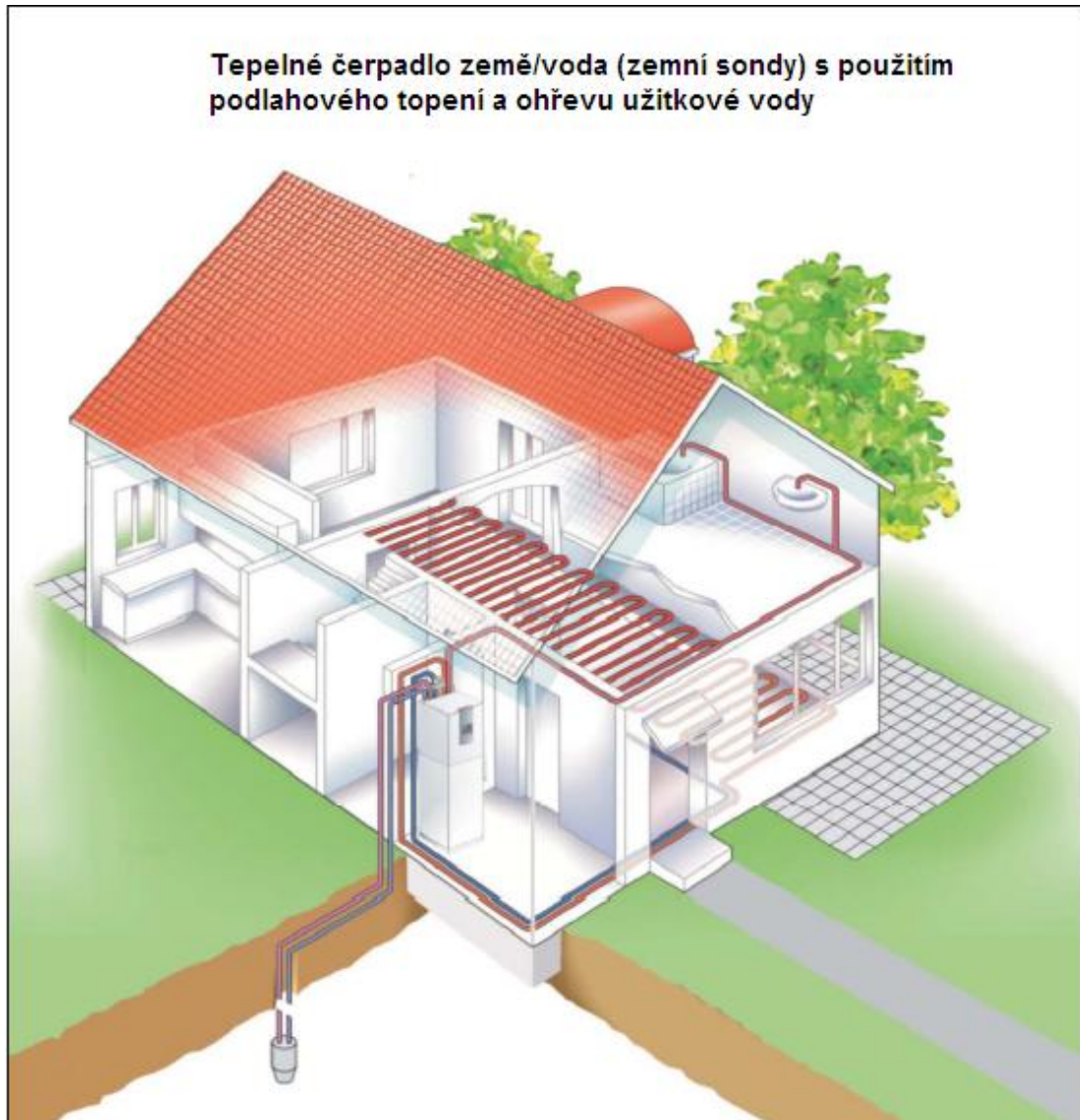
Příloha č. 14.: Schéma tepelného čerpadla s akumulčním zásobníkem



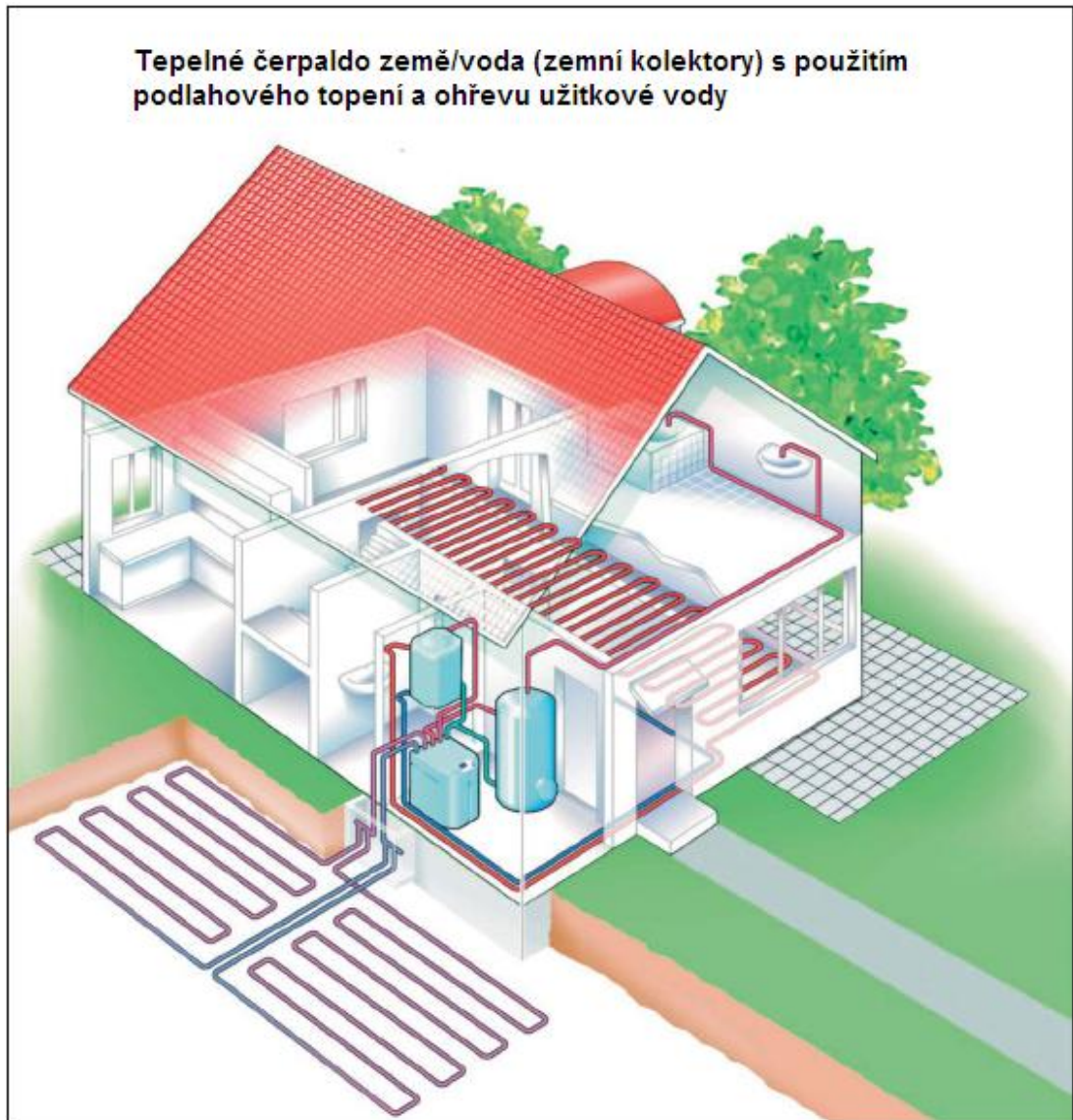
Příloha č. 15.: Tepelné čerpadlo vzduch/voda a znázornění podlahového topení



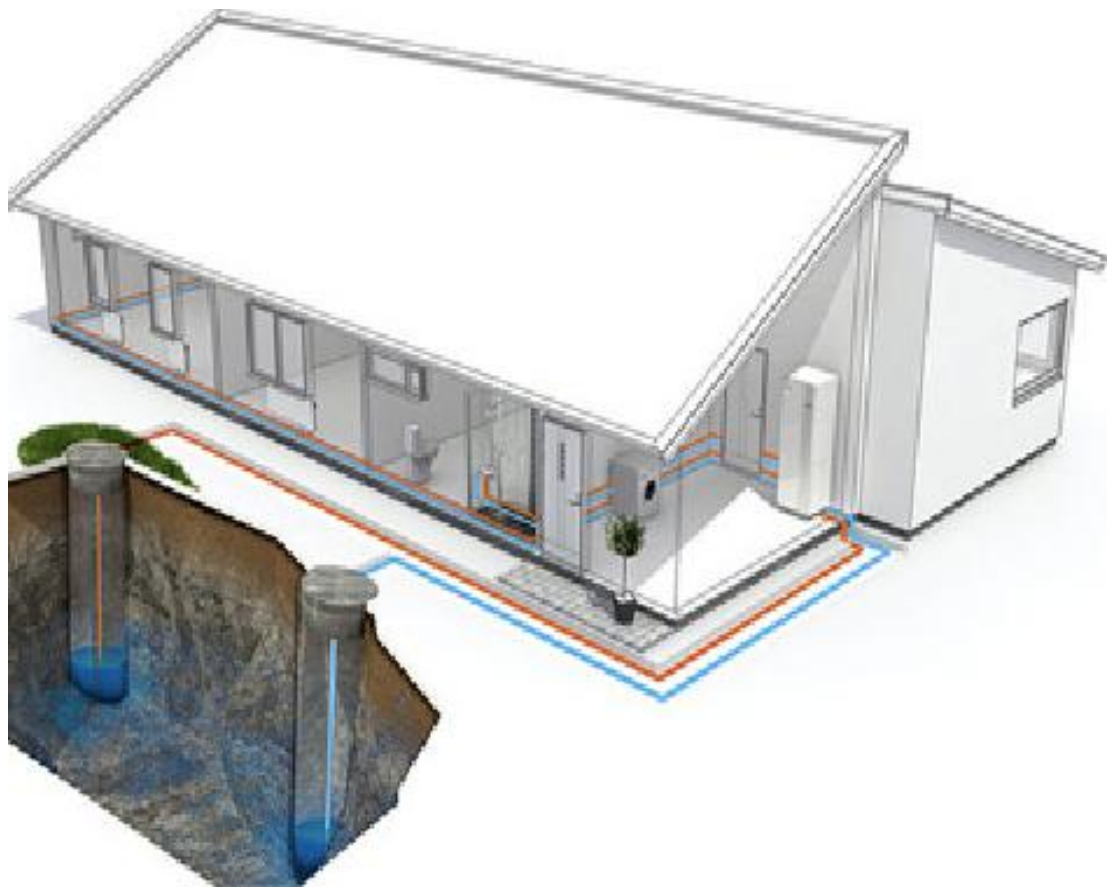
Příloha č. 16.: Tepelné čerpadlo země/voda (zemní sondy), znázornění podlahového topení a ohřevu užitkové vody



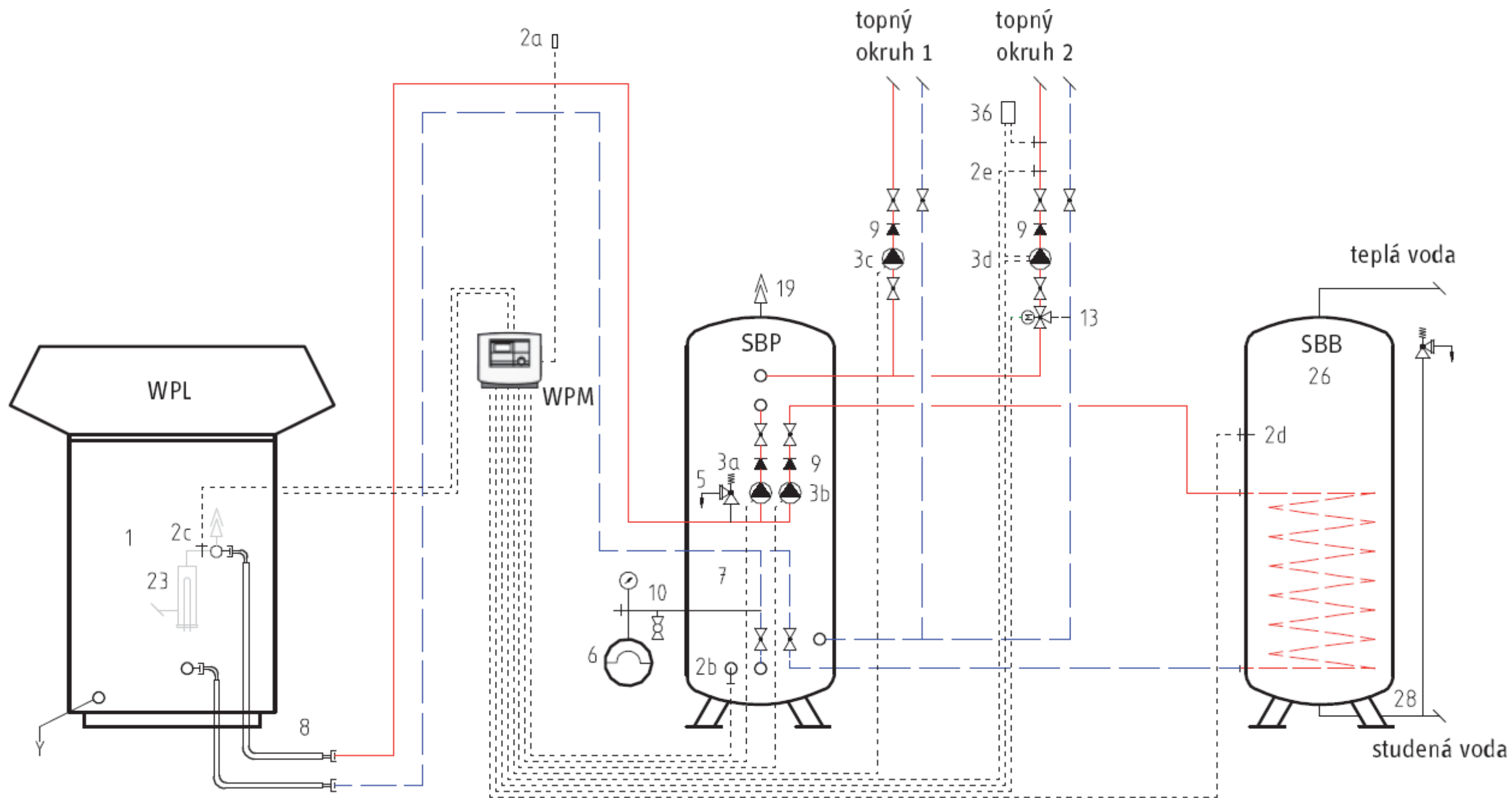
Příloha č. 17.: Tepelné čerpadlo země/voda (zemní kolektor), znázornění podlahového topení a ohřevu užitkové vody



Příloha č. 18.: Tepelné čerpadlo voda/voda (zemní studny), znázornění nástěnného topení a ohřevu užitkové vody




Příloha č. 19.: Tepelné čerpadlo typu WPL v systémovém řešení vzduch/voda s akumulčním zásobníkem SBP a přípravou teplé vody

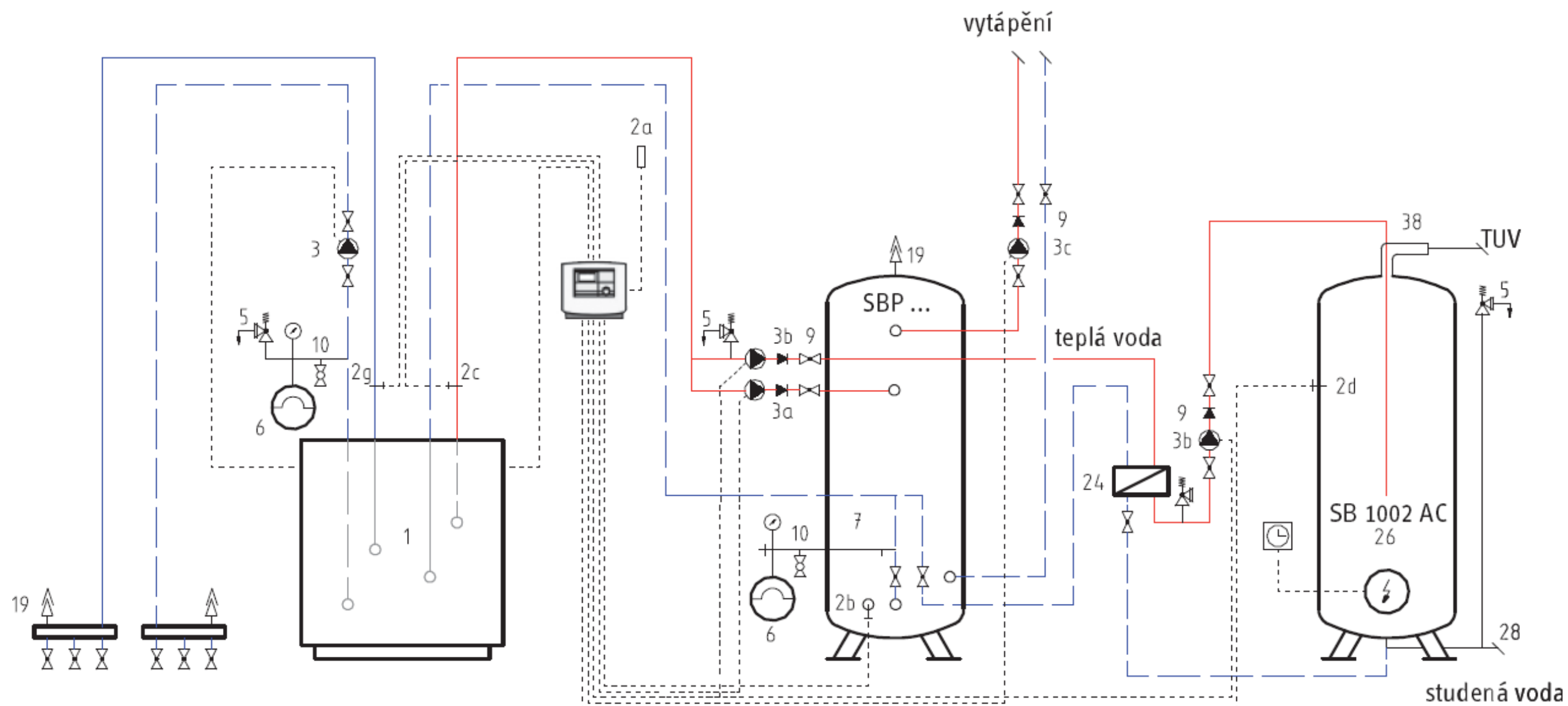


**LEGENDA:**

- |    |                                  |    |                              |    |                                             |
|----|----------------------------------|----|------------------------------|----|---------------------------------------------|
| 1  | tepelné čerpadlo pro vytápění    | 3c | oběh. čerpadlo topný okruh 1 | 13 | směšovací ventil                            |
| 2a | čidlo venkovní teploty           | 3d | oběh. čerpadlo topný okruh 2 | 19 | odvzdušnění                                 |
| 2b | čidlo                            | 5  | pojistná armatura            | 23 | elektrické topné těleso (BGC)               |
| 2c | čidlo tep. topné vody a TUV vyp. | 6  | expanzní nádrž               | 26 | zásobník TUV                                |
| 2d | čidlo tep. topné vody a TUV zap. | 7  | akumulační zásobník          | 28 | pojistná armatura dle ČSN                   |
| 2e | čidlo tep. směšovacího ventilu   | 8  | tlumič chvění                | 36 | bezpečnostní termostat podlahového vytápění |
| 3a | oběh. čerpadlo TČ (topná strana) | 9  | zpětný ventil                |    |                                             |
| 3b | oběh. čerpadlo přípravy TUV      | 10 | plnicí a vypouštěcí kohout   |    |                                             |

Příjmení: <b>Svobodová</b>		Příloha č. 19
Jméno: <b>Petra</b>		Zpracoval: STIEBEL ELTRON
	Vysoká škola:	Název:
	<b>ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE</b>	<b>TČ WPL vzduch/voda s akumulčním zásobníkem SBP a přípravou teplé vody</b>
	Fakulta:	Katedra
	<b>ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ</b>	<b>VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A ENVIROMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ</b>
Regionální a enviromentální správa - DRES		STIEBEL ELTRON


Příloha č. 20.: Tepelné čerpadlo typu WPF v systémovém řešení země/voda s akumulčním zásobníkem SBP a přípravou teplé vody



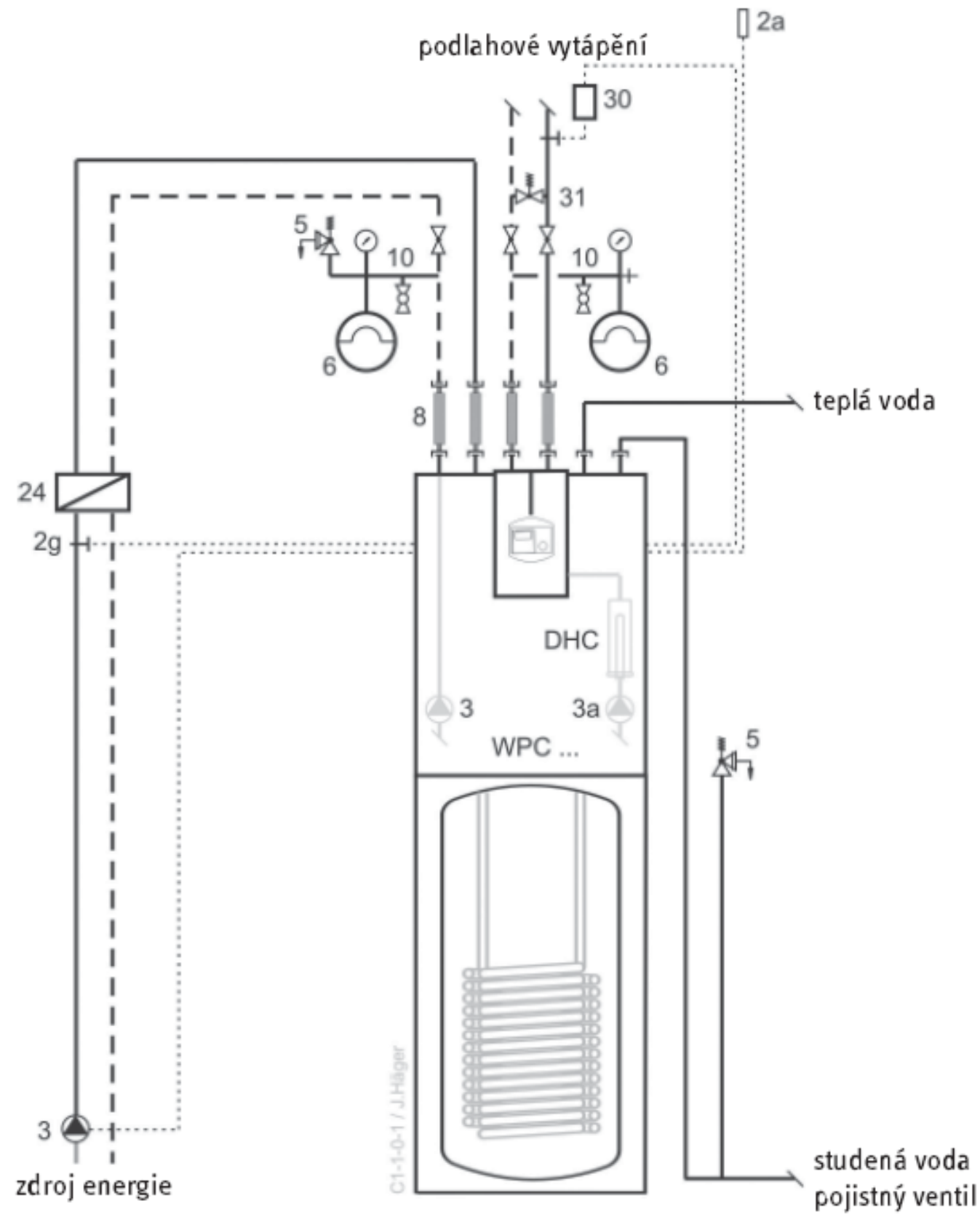
### zdroj energie

#### LEGENDA:

1	tepelné čerpadlo pro vytápění	5	pojistná armatura
2a	čidlo venkovní teploty	6	expanzní nádrž
2b	čidlo	7	akumulační zásobník
2c	čidlo tep. Topné vody a TUV vyp.	9	zpětný ventil
2d	čidlo tep. Topné vody a TUV zap.	10	plnicí a vypouštěcí kohout
2g	čidlo teploty zdroje energie	19	odvzdušnění
3	oběh. čerpadlo TČ (zdroj energie)	24	tepelný výměník
3a	oběh. čerpadlo TČ (topná strana)	26	zásobník TUV
3b	oběh. čerpadlo přípravy TUV	28	pojistná armatura dle ČSN
3c	oběh. čerpadlo topný okruh 1	38	TUV


Příjmení: <b>Svobodová</b>	Příloha č. 20
Jméno: <b>Petra</b>	Zpracoval: STIEBEL ELTRON
	Vysoká škola:
	<b>ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE</b>
Fakulta:	Název:
<b>ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ</b>	<b>TČ WPF země/voda s akumulčním zásobníkem SBP a přípravou teplé vody</b>
	Katedra
	<b>VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A ENVIROMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ</b>
Regionální a enviromentální správa - DRES	STIEBEL ELTRON

Příloha č. 21.: Tepelné čerpadlo typu WPC v systémovém řešení voda/voda s oddělovacím výměníkem



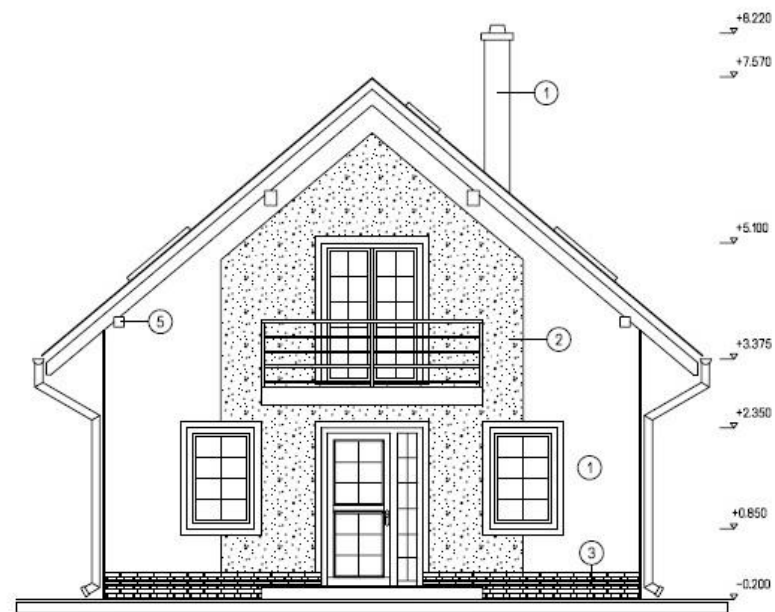
**LEGENDA:**

- 2a regulace TČ
- 2g čidlo teploty zdroje tepla
- 3 oběhové čerpadlo (zdroj energie)
- 3a oběhové čerpadlo TČ (topná strana)
- 5 pojistná armatura
- 6 expanzní nádrž
- 8 tlumič chvění (propojovací hadice)
- 10 plnicí a vypouštěcí kohout
- 24 tepelný výměník
- 30 elektronický regulátor teploty
- 31 přepouštěcí ventil

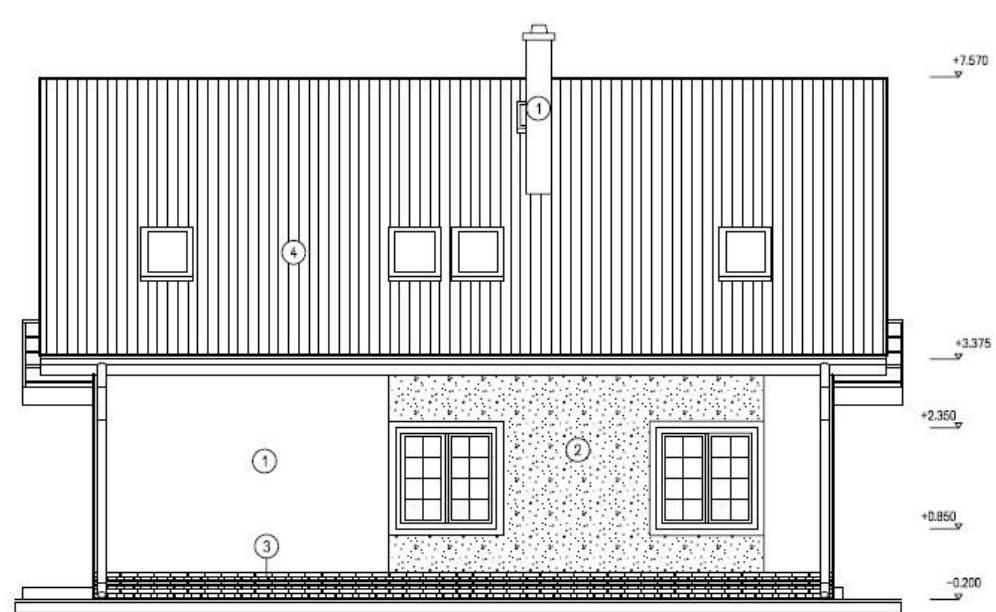
Příjmení: <b>Svobodová</b>	Příloha č. 21
Jméno: <b>Petra</b>	Zpracoval: STIEBEL ELTRON
	Vysoká škola:
	<b>ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE</b>
	Fakulta:
	<b>ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ</b>
Regionální a enviromentální správa - DRES	Název:
	<b>TČ WPC v systémovém řešení voda/voda s oddělovacím výměníkem</b>
	Katedra
	<b>VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A ENVIROMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ</b>
	STIEBEL ELTRON



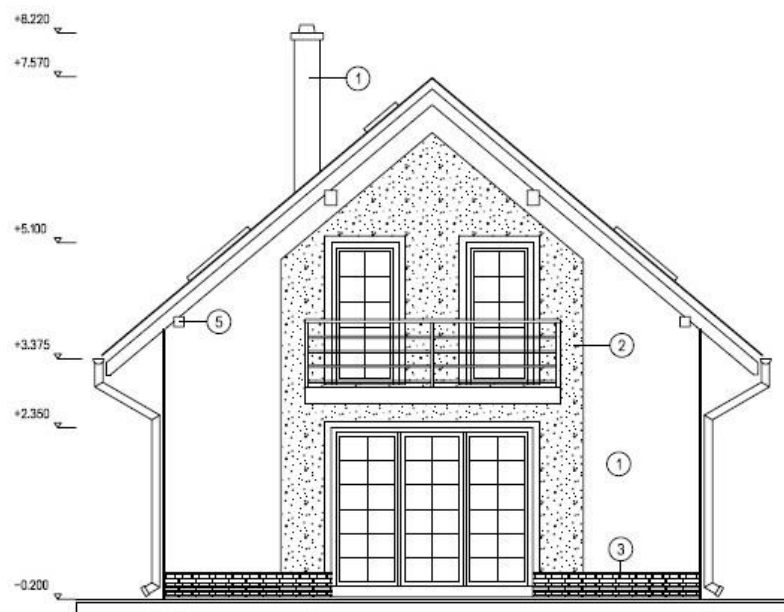
Příloha č. 22.: RD TELETÍN - POHLEDY



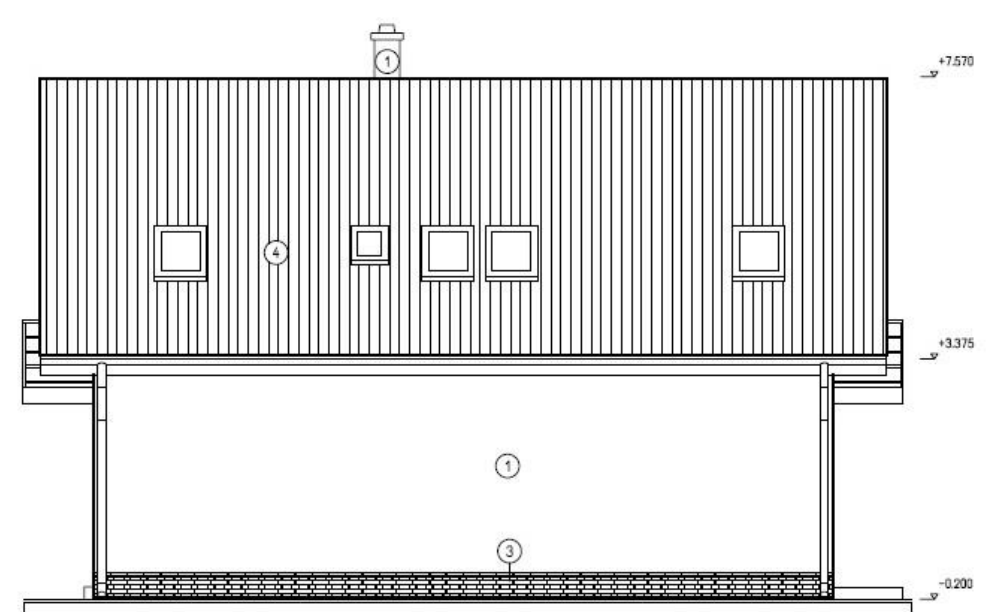
POHLED ČELNÍ



POHLED BOČNÍ




POHLED ZADNÍ



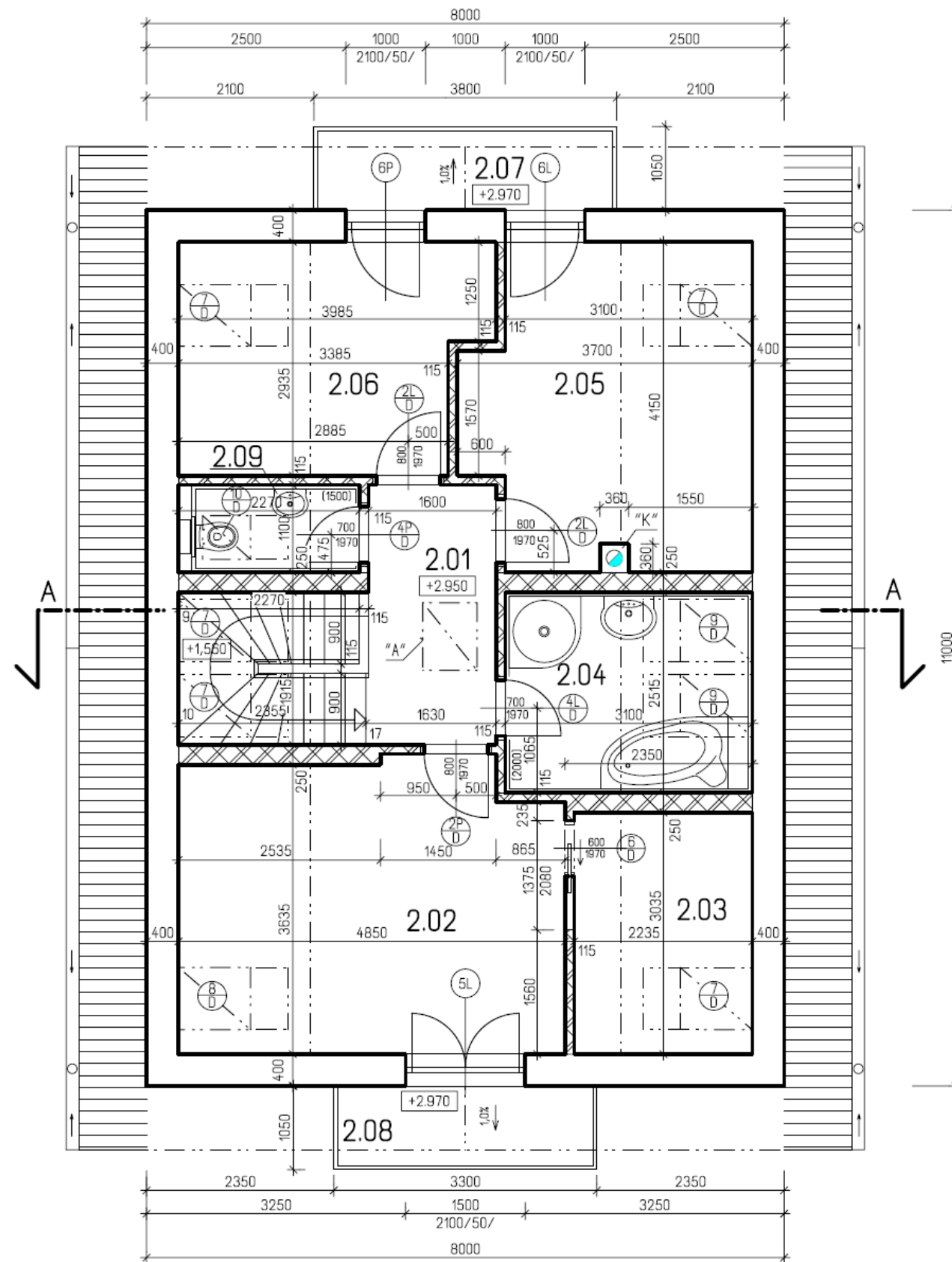
POHLED BOČNÍ

## LEGENDA

- ① POVRCHOVÁ OMÍTKOVÁ VRSTVA - TERRANOVA
- ② POVRCHOVÁ OMÍTKOVÁ VRSTVA - TERRANOVA
- ③ KERAMICKÝ OBKLAD
- ④ BETONOVÁ STŘEŠNÍ KRYTINA
- ⑤ DŘEVĚNÉ PRVKY NATŘÍT LAZUROVACÍM LAKEM

Příjmení: <b>Svobodová</b>	Příloha č. 22	
Jméno: <b>Petra</b>	Zpracoval: Ing. V. Krotký	
 <p>ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE</p>	Vysoká škola:	
	<b>ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE</b>	Název:
	Fakulta:	<b>Rodinný dům Teletín - POHLEDY</b>
	ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ	Katedra
Regionální a environmentální správa - DRES	VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A ENVIROMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ	
	G SERVICE CZ, s.r.o.	

Příloha č. 23.: RD TELETÍN - POSCHODÍ

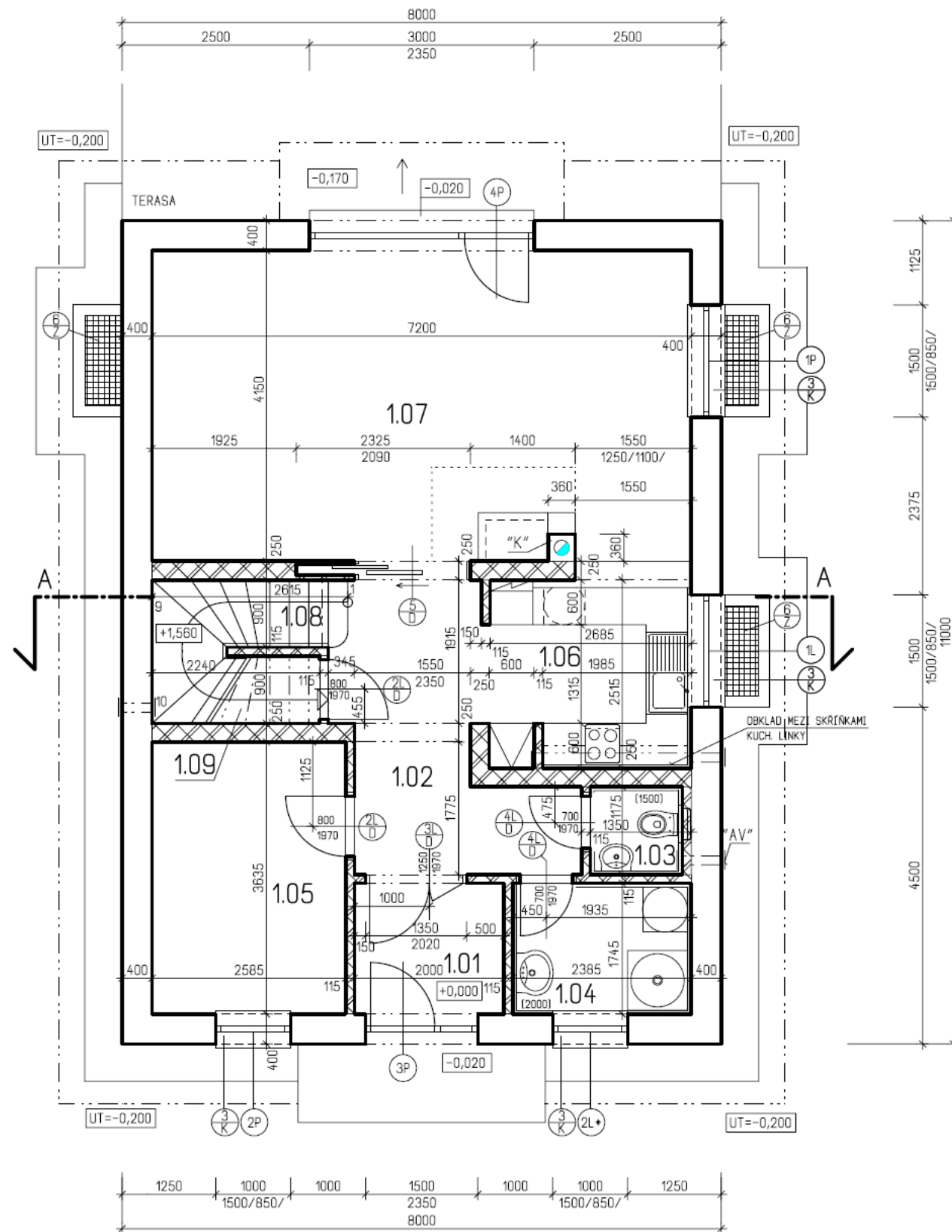


## LEGENDA MÍSTNOSTÍ

Č.M.	MÍSTNOSTI	M <sup>2</sup>	PODLAHA		STĚNY	STROPY	POZNÁMKA
			OZN.	POPIS			
2.01	CHODBA	5,30	P4	LAMIN. PLOVOUCÍ PODLAHA	VÁPENNÁ OMÍTKA STUKOVÁ	SÁDROKARTONOVÝ PODHLED	PODL. LISTA
2.02	LOŽNICE RODIČŮ	17,40	P4	LAMIN. PLOVOUCÍ PODLAHA	VÁPENNÁ OMÍTKA STUKOVÁ	SÁDROKARTONOVÝ PODHLED	PODL. LISTA
2.03	ŠATNA	6,80	P4	LAMIN. PLOVOUCÍ PODLAHA	VÁPENNÁ OMÍTKA STUKOVÁ	SÁDROKARTONOVÝ PODHLED	PODL. LISTA
2.04	KOUPELNA	7,80	P6	KERAM. DLAŽBA	VÁP.CEM.OMÍTKA KER. OBKLAD	SÁDROKARTONOVÝ PODHLED	v.o.=2000 mm
2.05	POKOJ	13,80	P4	LAMIN. PLOVOUCÍ PODLAHA	VÁPENNÁ OMÍTKA STUKOVÁ	SÁDROKARTONOVÝ PODHLED	PODL. LISTA
2.06	POKOJ	10,70	P4	LAMIN. PLOVOUCÍ PODLAHA	VÁPENNÁ OMÍTKA STUKOVÁ	SÁDROKARTONOVÝ PODHLED	PODL. LISTA
2.07	BALKON	4,00	P8*	KERAM. DLAŽBA	VENK. OMÍTKA		KER. SOKL
2.08	BALKON	3,50	P8*	KERAM. DLAŽBA	VENK. OMÍTKA		KER. SOKL
2.09	WC	2,50	P6	KERAM. DLAŽBA	VÁP.CEM.OMÍTKA KER. OBKLAD	SÁDROKARTONOVÝ PODHLED	v.o.=1500 mm

Příjmení: <b>Svobodová</b>		Příloha č. 23		
Jméno: <b>Petra</b>		Zpracoval: Ing. V. Krotký		
	Vysoká škola:		Název:	
	<b>ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE</b>		<b>Rodinný dům Teletín - POSCHODÍ</b>	
	Fakulta:		Katedra	
	ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ		VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A ENVIROMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ	
Regionální a enviromentální správa - DRES		G SERVICE CZ, s.r.o.		

Příloha č. 24.: RD TELETÍN – PŘÍZEMÍ

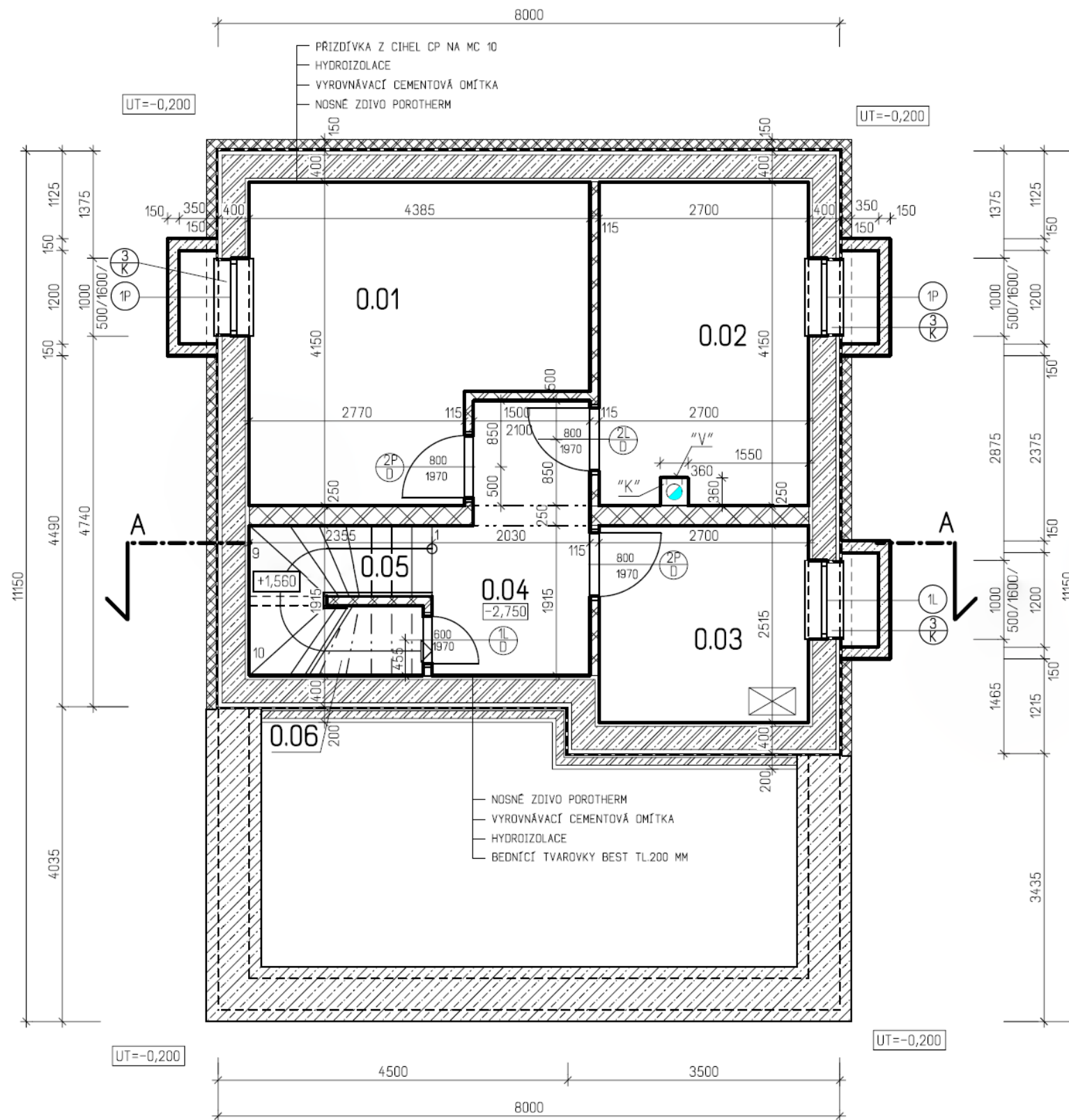


## LEGENDA MÍSTNOSTÍ

Č.M.	MÍSTNOSTI	M <sup>2</sup>	PODLAHA		STĚNY	STROPY	POZNÁMKA
			OZN.	POPIS			
1.01	ZÁDVEŘÍ	3,50	P1	KERAM. DLAŽBA	VÁPENNÁ OMÍTKA STUKOVÁ	VÁPENNÁ OMÍTKA STUKOVÁ	KER. SOKL
1.02	HALA	8,50	P1	KERAM. DLAŽBA	VÁPENNÁ OMÍTKA STUKOVÁ	VÁPENNÁ OMÍTKA STUKOVÁ	KER. SOKL
1.03	WC	1,60	P2	KERAM. DLAŽBA	VÁPOMÍTKA ŠTUK. KER. OBKLAD	SÁDROKARTONOVÝ PODHLED	V. O. = 1500mm
1.04	PRÁDELNA	4,10	P2	KERAM. DLAŽBA	VÁPOMÍTKA ŠTUK. KER. OBKLAD	VÁPENNÁ OMÍTKA STUKOVÁ	V. O. = 2000mm
1.05	POKOJ	9,40	P3	LAMIN. PLOVOUCÍ PODLAHA	VÁPENNÁ OMÍTKA STUKOVÁ	VÁPENNÁ OMÍTKA STUKOVÁ	PODLAHOVÁ LISTA
1.06	KUCHYŇ	6,90	P1	KERAM. DLAŽBA	VÁPOMÍTKA ŠTUK. KER. OBKLAD	VÁPENNÁ OMÍTKA STUKOVÁ	KER. SOKL v. o. = 800-1400 mm
1.07	OBÝVACÍ POKOJ + JÍDELNA	29,90	P3	LAMIN. PLOVOUCÍ PODLAHA	VÁPENNÁ OMÍTKA STUKOVÁ	VÁPENNÁ OMÍTKA STUKOVÁ	PODLAHOVÁ LISTA
1.08	SCHODIŠTĚ	4,50	P5	DUBOVÁ DESKA	VÁPENNÁ OMÍTKA STUKOVÁ	SÁDROKARTONOVÝ PODHLED	
1.09	SKLAD	2,00	P1	KERAM. DLAŽBA	VÁPENNÁ OMÍTKA STUKOVÁ	VÁPENNÁ OMÍTKA STUKOVÁ	KER. SOKL

Příjmení: <b>Svobodová</b>		Příloha č. 24	
Jméno: <b>Petra</b>		Zpracoval: Ing. V. Krotký	
	Vysoká škola:	Název:	
	<b>ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE</b>	<b>Rodinný dům Teletín - PŘÍZEMÍ</b>	
	Fakulta:	Katedra	
	<b>ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ</b>	<b>VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A ENVIROMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ</b>	
Regionální a enviromentální správa - DRES		G SERVICE CZ, s.r.o.	

Příloha č. 25.: RD TELETÍN – SUTERÉN



LEGENDA MÍSTNOSTÍ

Č.M.	MÍSTNOSTI	M <sup>2</sup>	PODLAHA		STĚNY	STROPY	POZNÁMKA
			OZN.	POPIS			
0.01	SKLAD	15,8	P9	KERAM. DLAŽBA	CEMENT. OMÍTKA	CEMENT. OMÍTKA	KER. SOKL
0.02	SKLAD	11,0	P9	KERAM. DLAŽBA	CEMENT. OMÍTKA	CEMENT. OMÍTKA	KER. SOKL
0.03	TECHNICKÁ MÍSTNOST	6,80	P9	KERAM. DLAŽBA	CEMENT. OMÍTKA	CEMENT. OMÍTKA	KER. SOKL
0.04	CHODBA	6,30	P9	KERAM. DLAŽBA	CEMENT. OMÍTKA	CEMENT. OMÍTKA	KER. SOKL
0.05	SCHODIŠTĚ	4,30	P5	DUBOVÝ OBKLAD	VÁPENNÁ OMÍTKA	VÁPENNÁ OMÍTKA	DŘEV. LIŠTA
0.06	KOMORA	2,00	P9	KERAM. DLAŽBA	CEMENT. OMÍTKA	CEMENT. OMÍTKA	KER. SOKL

Příjmení: Svobodová		Příloha č. 25	
Jméno: Petra		Zpracoval: Ing. V. Krotký	
	Vysoká škola:		Název:
	ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE		Rodinný dům Teletín - SUTERÉN
	Fakulta:		Katedra
	ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ		VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A ENVIROMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ
Regionální a enviromentální správa - DRES			G SERVICE CZ, s.r.o.

Příloha č. 26.: Osvědčení o úspěšném absolvování školení firmy Stiebel Eltron spol. s.r.o.

