

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STROJNÍ  
ÚSTAV TECHNIKY PROSTŘEDÍ

---

**PŘÍPADOVÁ STUDIE CENTRALIZOVANÉHO  
ZÁSOBOVÁNÍ TEPEM**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

# České vysoké učení technické v Praze

## Fakulta strojní

Ústav techniky prostředí

Akademický rok: 2014/2015

### ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jméno studenta(ky): **Robin FIŠER**

Studijní program: **Teoretický základ strojního inženýrství**

Obor: **bez oboru**

Název česky: **Případová studie centralizovaného zásobování teplem**

Název anglicky: **Case Study of District Heating**

#### **Zásady pro vypracování:**

Vypracujte krátkou rešerši současného stavu CZT, význam a popis využitelných zdrojů. Uveďte příklad funkčního celku v ČR či zahraničí. V praktické části uveďte zvolené vstupy pro konkrétní řešení (lokalita, počet odběrných míst, aj.) a následně řešení dodávky tepla do odběrných míst. Studii je možno doplnit o výkresovou dokumentaci a funkční schémata. Závěrem může být porovnání navrženého CZT se současným reálným stavem a návratnost investice.

**Rozsah grafických prací:** Dle potřeby

**Rozsah průvodní zprávy:** Dle potřeby do vyčerpání zadaného tématu

**Seznam odborné literatury:**

- 1) VLACH, Josef a kol. *Zásobování teplem a teplárenství*. Vyd. 1. Praha: SNTL, 1989, 543 s.
- 2) *Topenářská příručka*. 1. vyd. Praha: Agentura ČSTZ, 2007, 378 s. ISBN 978-80-86028-13-2
- 3) Volně dostupné podklady od Ing. Josefa Karafiáta, CSc.
- 4) Příslušné normy (např. EN 15316 – 4-5)
- 5) Internet

**Vedoucí bakalářské práce:**

**Ing. Jindřich Boháč**

**Konzultant:**

-

**Datum zadání bakalářské práce:**

**30.4. 2015**

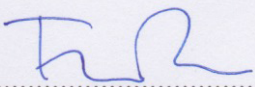
**Termín odevzdání bakalářské práce:**

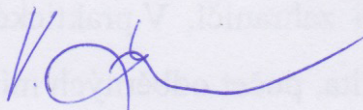
**19.6. 2015**

Neodevzdá-li student bakalářskou nebo diplomovou práci v určeném termínu a tuto skutečnost předem písemně zdůvodnil a omluva byla děkanem uznána, stanoví děkan studentovi náhradní termín odevzdání bakalářské nebo diplomové práce. Pokud se však student řádně neomluvil nebo omluva nebyla děkanem uznána, může si student zapsat bakalářskou nebo diplomovou práci podruhé.

*Diplomant (student) bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou (bakalářskou) práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové (bakalářské) práci.*

Zadání bakalářské práce převzal dne:

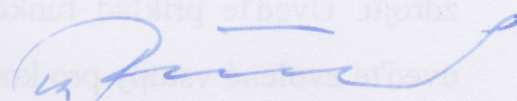
  
.....  
student



Doc. Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D.

Vedoucí ústavu





Prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.

Děkan fakulty

V Praze dne 30.4. 2015

## **Souhrn**

Na základě myšlenky možnosti využití obnovitelných zdrojů energie v centralizovaném zásobování teplem jsem vypracoval bakalářskou práci, kterou jsem primárně rozdělil na teoretickou a praktickou část. V teoretické části v práci nejprve popíšu jednotlivé subjekty centralizovaného zásobování teplem jako jsou zdroje tepla a s tím související používaná paliva, dále pak distribuční sítě nebo výměňkové stanice. Taktéž uvedu příklad realizace obecní výtopny v České republice. V praktické části práce si zvolím vhodnou lokalitu části města, kterou se stala oblast zástavby ve městě Rožnov pod Radhoštěm. V této lokalitě stanovím vhodné koncepční řešení pro zásobování teplem na základě předběžné potřeby tepla. Předmětem řešení bude samotná kotelna, distribuční síť a domovní přípojka. V závěru práce provedu ekonomické zhodnocení tohoto myšlenkového námětu a vysvětlím proč je dle mého názoru vhodné využívat biomasu v měřítku obecní výtopny.

## **Summary**

My bachelor's thesis is based on idea of possibilities of using renewable energy sources in district heating. Work is divided into theoretical and practical part. At the beginning of theoretical part I will describe the different entities of district heating such as boilers and related fuels used, as well as a distribution heating net and heat exchanger station. I'll give an example of implementation of the district heating in the Czech republic, too. In the practical part I will choose the appropriate location of the city, which is Rožnov pod Radhoštěm. I will determine suitable solution for heat supply based on a preliminary heat demand in this area. The subject of the solution will be the boiler room, network of heat pipes and house connection. In conclusion, I'll make an economic evaluation of this subject and explain why it is appropriate to use district heating.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem: „Případová studie centralizovaného zásobování teplem“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Jindřicha Boháče, s použitím literatury, uvedené na konci mé bakalářské práce v seznamu použité literatury.

V Praze 22. 05. 2015

Robin Fišer

## **Poděkování**

Tímto bych chtěl poděkovat především mému vedoucímu práce Ing. Jindřichu Boháčovi za ochotu při konzultacích, vstřícnost a poskytnuté informace. Dále děkuji celému Ústavu techniky prostředí a v neposlední řadě mé rodině a přítelkyni, kteří mi byli velkou oporou nejen při psaní bakalářské práce, ale i při samotném studiu.

## **OBSAH**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>SOUPIS POUŽITÉHO ZNAČENÍ</b>  | 2         |
| <b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK</b>  | 5         |
| <b>1. ÚVOD</b>   | 6         |
| <b>2. TEORETICKÁ ČÁST</b>  | 8         |
| 2.1 CENTRALIZOVANÉ ZÁSOBOVÁNÍ TEPEM                                      | 8         |
| 2.2 ZDROJE TEPLA   | 11        |
| 2.3 ZDROJE TEPLA NA BIOMASU  | 17        |
| 2.4 BIOMASA VYUŽÍVANÁ V CZT  | 20        |
| 2.5 DISTRIBUČNÍ SÍTĚ   | 23        |
| 2.6 PŘEDÁVACÍ STANICE  | 28        |
| 2.7 PŘÍKLAD REALIZACE OBECNÍ VÝTOPNY V HOSTĚTÍNĚ                         | 29        |
| <b>3. PRAKTICKÁ ČÁST</b>   | <b>32</b> |
| 3.1 ZÁKLADNÍ MYŠLENKA  | 32        |
| 3.2 VÝBĚR ÚZEMÍ  | 32        |
| 3.3 STANOVENÍ TEPELNÝCH ZTRÁT A POTŘEBY TEPLA PRO<br>PŘÍPRAVU TEPLÉ VODY | 34        |
| 3.4 VOLBA PRIMÁRNÍHO ZDROJE – KOTLE                                      | 38        |
| 3.5 DISTRIBUČNÍ SÍŤ  | 46        |
| 3.6 DOMOVNÍ PŘÍPOJKA CZT   | 51        |
| <b>4. EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ</b>  | 55        |
| 4.1 POROVNÁNÍ NÁKLADŮ NA VYTÁPĚNÍ A PŘÍPRAVU TV                          | 55        |
| <b>5. ZÁVĚR</b>  | 58        |
| <b>6. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ</b>  | 60        |
| <b>7. SEZNAM POUŽITÝCH PŘÍLOH</b>  | 63        |

## SOUPIS POUŽITÉHO ZNAČENÍ

|                        |                   |   |
|------------------------|-------------------|---|
| $A$                    | [m]               | vzdálenost mezi středovými liniemi přívodního a vratného potrubí                  |
| $A_P$                  | [m <sup>2</sup> ] | celková podlahová plocha  |
| $A_{vym}$              | [m <sup>2</sup> ] | plocha desek výměníku   |
| $D$                    | [m]               | vnější průměr PE plášťové trubky  |
| $E_{max}$              | [kWh]             | maximální rozdíl mezi křivkou dodávky a odběru tepla                              |
| $E_{P,TV}$             | [kWh/den]         | potřeba tepla odebraného z ohřivače TV  |
| $E_{P,TV}^{celk}$      | [kWh/den]         | potřeba tepla odebraného z ohřivače TV pro všechny domy                           |
| $E_{rd}$               | [GJ/ot. obd.]     | potřeba tepla pro přípravu TV v otopném období v RD                               |
| $E_r^{tv}$             | [GJ/ot. obd.]     | potřeba tepla pro přípravu TV v otopném období                                    |
| $E_r^{vyt}$            | [GJ/ot. obd.]     | potřeba tepla na vytápění v otopném období  |
| $E_{teor}$             | [kWh/den]         | teoretické teplo odebrané z ohřivače TV   |
| $E_{ztr}$              | [kWh/den]         | tepelná ztráta při přípravě a distribuci TV v domě                                |
| $G$                    | [W/m.K]           | tepelná vodivost od střední roviny uložení přívodního a vratného potrubí v zemině |
| $H$                    | [m]               | referenční výška stropu   |
| $H_{\S}$               | [MJ/kg]           | výhřevnost dřevní štěpky  |
| $H_z$                  | [m]               | výška krycí vrstvy zeminy od středové linie potrubí                               |
| $k_z$                  | [-]               | součinitel ztrát v síti   |
| $\dot{M}_{w,I}$        | [kg/s]            | hmotnostní průtok v daném úseku   |
| $\dot{Q}^Z$            | [kW]              | ztrátový tepelný tok vzniklý v rozvodech a přípojkách budov                       |
| $\dot{Q}^{ZAL}$        | [kW]              | zálohový výkon  |
| $\dot{Q}_{celk}^{TZ}$  | [kW]              | celková tepelná ztráta domů   |
| $\dot{Q}_{celk}^{TV}$  | [kW]              | celkový tepelný výkon pro přípravu TV   |
| $\dot{Q}_{max}^{TECH}$ | [kW]              | součet jmenovitých příkonů samostatně napojených technologických zařízení         |



|                       |                            |  |
|-----------------------|----------------------------|--|
| $\dot{Q}_P$           | [kW]                       | přenášený tepelný výkon úseku daný součtem příkonů zásobovaných odběrných míst |
| $\dot{Q}_{př}$        | [kW]                       | uvažovaná přípojná hodnota tepelného výkonu                                    |
| $\dot{Q}_{př}^{I,II}$ | [kW]                       | přípojně hodnoty tepelného výkonu  |
| $Q_{rd}^{TV}$         | [kW]                       | jmenovitý tepelný výkon pro přípravu TV v referenčním domě                     |
| $\dot{Q}_{rd,N}^{TV}$ | [kW]                       | navržený tepelný výkon pro referenční dům                                      |
| $\dot{Q}_{rd}^{TZ}$   | [kW]                       | tepelná ztráta referenčního domu   |
| $R_p$                 | [m.K/W]                    | tepelný odpor potrubí  |
| $R_t$                 | [m.K/W]                    | tepelný odpor při sdílení tepla mezi přívodním a vratným potrubím              |
| $R_z$                 | [m.K/W]                    | tepelný odpor zeminy   |
| $P$                   | [kW]                       | tepelný výkon pro vytápění a přípravu TV                                       |
| $U_{celk}^t$          | [t/ot. obd.]               | potřeba paliva za otopné období  |
| $U_{celk}^{obj}$      | [m <sup>3</sup> /ot. obd.] | potřeba paliva za otopné období (objemová)                                     |
| $V$                   | [m <sup>3</sup> ]          | objem vytápěných prostor domu  |
| $\dot{V}_{TV}$        | [m <sup>3</sup> /os. den]  | spotřeba teplé vody  |
| $V_Z$                 | [m <sup>3</sup> ]          | objem zásobníku  |
| $c_{šť}$              | [Kč/kg]                    | cena štěpky  |
| $c_w$                 | [J/kg.K]                   | měrná tepelná kapacita vody  |
| $e_0$                 | [kWh/os. den]              | potřeba tepla na osobu   |
| $d$                   | [den]                      | počet dnů otopného období  |
| $k$                   | [W/m <sup>2</sup> .K]      | skutečný součinitel prostupu tepla   |
| $n_b$                 | [-]                        | počet bytů   |
| $n_{celk}^{šť}$       | [Kč/ot. obd.]              | celková cena štěpky za otopné období   |
| $n_{ct}$              | [Kč/GJ]                    | uvažovaná cena tepla v obecní výtopně  |
| $n_0$                 | [os.]                      | počet obyvatel referenčního domu   |
| $n_{RD}$              | [-]                        | počet rodinných domů vč. uvažovaného rozšíření zástavby                        |
| $n_{rd}^{czt}$        | [Kč/ot. obd.]              | náklady na vytápění a přípravu TV v referenčním domě                           |
| $\dot{q}_Z$           | [W/m <sup>3</sup> .K]      | měrná tepelná ztráta   |

|                   |                      |   |
|-------------------|----------------------|---|
| $t_e$             | [°C]                 | venkovní výpočtová teplota  |
| $t_{ep}$          | [°C]                 | průměrná vnější teplota v otopném období  |
| $t_i$             | [°C]                 | vnitřní výpočtová teplota   |
| $t_z$             | [°C]                 | teplota zeminy  |
| $t_{w1}$          | [°C]                 | teplota vody na vstupu do tepelné sítě  |
| $t_{w2}$          | [°C]                 | teplota ve vratném potrubí  |
| $t_1$             | [°C]                 | teplota přívodu primární strany   |
| $t_2$             | [°C]                 | vratná teplota primární strany  |
| $t_3$             | [°C]                 | teplota přívodu sekundární strany   |
| $t_4$             | [°C]                 | vratná teplota sekundární strany  |
| $z$               | [-]                  | poměrná ztráta při přípravě a distribuci TV   |
| $\Delta t$        | [K]                  | rozdíl teplot průměrné studené vody a teplé vody  |
| $\Delta t_{stř}$  | [°C]                 | střední logaritmický teplotní rozdíl  |
| $\Delta t_1$      | [°C]                 | rozdíl teplot $t_1$ a $t_4$   |
| $\Delta t_2$      | [°C]                 | rozdíl teplot $t_2$ a $t_3$   |
| $\varepsilon$     | [-]                  | součinitel zohledňující zkrácení denního provozu a použití přirážky na urychlení zátopy |
| $\eta_{oh}$       | [-]                  | účinnost zásobníkového ohříváče   |
| $\lambda_z$       | [W/m.K]              | součinitel tepelné vodivosti zeminy pro suchý písek                                     |
| $\rho_{dš}$       | [kg/m <sup>3</sup> ] | měrná hmotnost dřevní štěpky  |
| $\rho_w$          | [kg/m <sup>3</sup> ] | hustota vody  |
| $\tau$            | [h]                  | počet hodin provozu za den  |
| $\Delta P$        | [W/m]                | tepelná ztráta přívodního a vratného potrubí  |
| $\Delta P_{us,I}$ | [W/m]                | tepelná ztráta přívodního a vratného potrubí pro úsek I.                                |

## **SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK**

|     |                                  |
|-----|----------------------------------|
| CZT | centralizované zásobování teplem |
| ČSN | česká státní norma               |
| LTO | lehké topné oleje                |
| OZE | obnovitelný zdroj energie        |
| RD  | referenční rodinný dům           |
| TV  | teplá voda                       |

## 1. ÚVOD

Tepelná pohoda je předmětem řešení u všech vznikajících, ale i rekonstruovaných budov. Jedná se o problematiku, která je přímo spojená s užíváním objektu a tím i lidmi žijícími či trávícími čas ve vnitřních prostorech budov. Tepelná pohoda vyjadřuje jak se v daném místě cítíme nebo jak prostor vnímáme.

Vzhledem k potřebě zajišťovat tepelnou pohodu v tak velkém měřítku jako jsou městské zástavby, vesnice či průmyslové provozovny, dochází k problému, kterým je ekologický dopad na naši planetu. Znečištění ovzduší při výrobě energie je zapříčiněno především využíváním fosilních paliv, které jsou z dlouhodobého hlediska nežádoucí. Současným problémem světového formátu je však závislost právě na fosilních palivech. S ohledem na výrobu tepelné energie by měla být prvotní úvahou schopnost snížit potřebu energie. V této souvislosti uvedu mé oblíbené motto: „Nejlevnější energie je ta, která se vůbec nevyrobí.“ Myšlenka samozřejmě souvisí s ekologií a tedy nižším dopadem na životní prostředí.

Předmětem práce je myšlenka, která klade důraz nejen na právě realizované výstavby, ale také na ty stávající, které tvoří velký podíl při výrobě tepelné energie. Beru svou práci jako určitý myšlenkový námět, jak řešit ekologické vytápění obcí, vesnic, továren apod., nejlépe s využíváním lokálně dostupného paliva.

Svou práci rozdělím na dvě hlavní části – teoretickou a praktickou část. V teoretické části nejdříve popíšu fungování centralizovaného zásobování teplem a jeho zastoupení v České republice. Dále se budu obecně soustředit na primární zdroje tepla používané v CZT a jejich rozdělení dle používaného paliva. Samostatnou kapitolu věnuji právě obnovitelných zdrojům využívaných v systémech CZT, na které kladu velký důraz, a často je vzhledem k charakteru práce upřednostňuji. V teoretické části se také zaměřím na distribuční sítě a jejich provedení v CZT. V závěru teoretické části uvedu příklad fungování obecní výtopy v České republice.

Praktická část je popisem koncepčního řešení, nejedná se o samotný projekt systému, protože ten by značně přesahoval rozsah mé práce. V úvodu praktické části si určím vhodnou lokalitu a popíšu reálné možnosti. Pro další postup bude nutné stanovit potřebu tepla pro zamýšlenou lokalitu. Následně se budu věnovat výpočtu primárního zdroje tepla a samotné kotelny, u které také stanovím dispoziční řešení a funkci.

Součástí bude také návrh distribuční sítě a dodávka tepla v jednotlivých odběrných místech.

V závěru práce provedu ekonomické zhodnocení uvažovaného případu s ohledem na potřebu paliva.

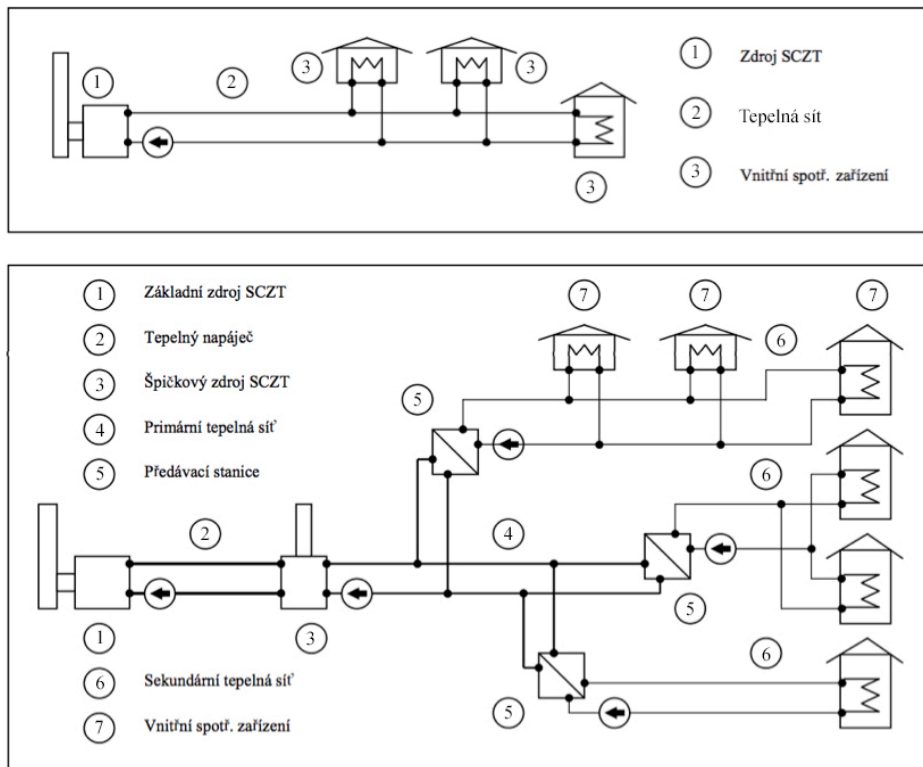
## 2. TEORETICKÁ ČÁST

### 2.1 CENTRALIZOVANÉ ZÁSOBOVÁNÍ TEPEM

Principem centralizovaného zásobování teplem (dále jen CZT) je dodávka tepelné energie pro vytápění, přípravu teplé vody a provoz technologických zařízení pro několik budov, či průmyslových objektů pomocí jednoho centrálního zdroje, tepelné sítě a předávacích stanic. Zdroj tepla většinou bývá umístěn mimo vytápěné objekty a tepelná energie je následně pomocí distribučních sítí dopravovaná koncovému odběrateli pomocí teplotně nosné látky – vody v kapalném nebo plynném skupenství. To vede k efektivnější a ekonomičtější výrobě tepelné energie především díky tomu, že systémy mají instalovány důmyslné řízení, regulaci a filtraci zplodin. CZT snižuje produkci škodlivin do ovzduší a z dnešního pohledu tak podtrhuje mezinárodní úmluvy o ochraně životního prostředí, jako jsou úmluvy o snižování skleníkových plynů apod. Velkou výhodou je možnost využívání obnovitelných zdrojů tepla a jejich následná logistika, přičemž je možné využívat lokálních zdrojů jako např. odpadní dřevo z lesní těžby, dřevařské výroby nebo pilařské odřezky.

Nespornou výhodou CZT přináší v oblasti komfortu pro koncového odběratele. Celý systém dodávky zaručuje poskytovatel, což znamená, že nese zodpovědnost danou smluvními podmínkami. Jedinci tak odpadá povinnost zajišťovat např. palivo pro provoz svého zdroje popř. nutnost provádění revizí komínů, zařízení apod. V běžném provozu je také nutno uvažovat s výměnou zdrojů tepla, které mají omezenou životnost. V soustavách CZT je tato zodpovědnost převedena na poskytovatele.

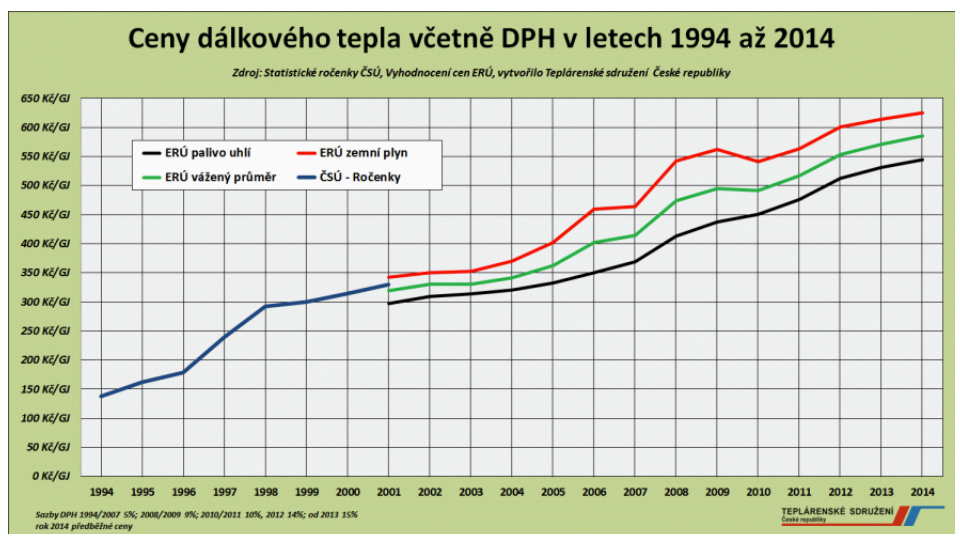
Z ekonomického pohledu se využívání CZT pro zákazníka jeví jako výhodnější v porovnání s běžně realizovaným principem vlastního zdroje tepla. Problémem může být počáteční investice, která je vysoká. Je to dáno především nutností realizace samotné výtopny, distribuční sítě a taky napojení na jednotlivé subjekty odběratelů. Díky dotacím popř. politikou Evropské unie a její podporou využívání OZE je možnost CZT za takové podpory realizovat. Dalším řešením může být podpora města či regionu. Systém CZT se také případně může stát investicí pro soukromníka. [1] [5]



Obr. 2-1. Schéma jednoduchého a složitějšího tepelného oběhu CZT [5]

## 2.1.1 SOUČASNÝ PODÍL CZT V ČR

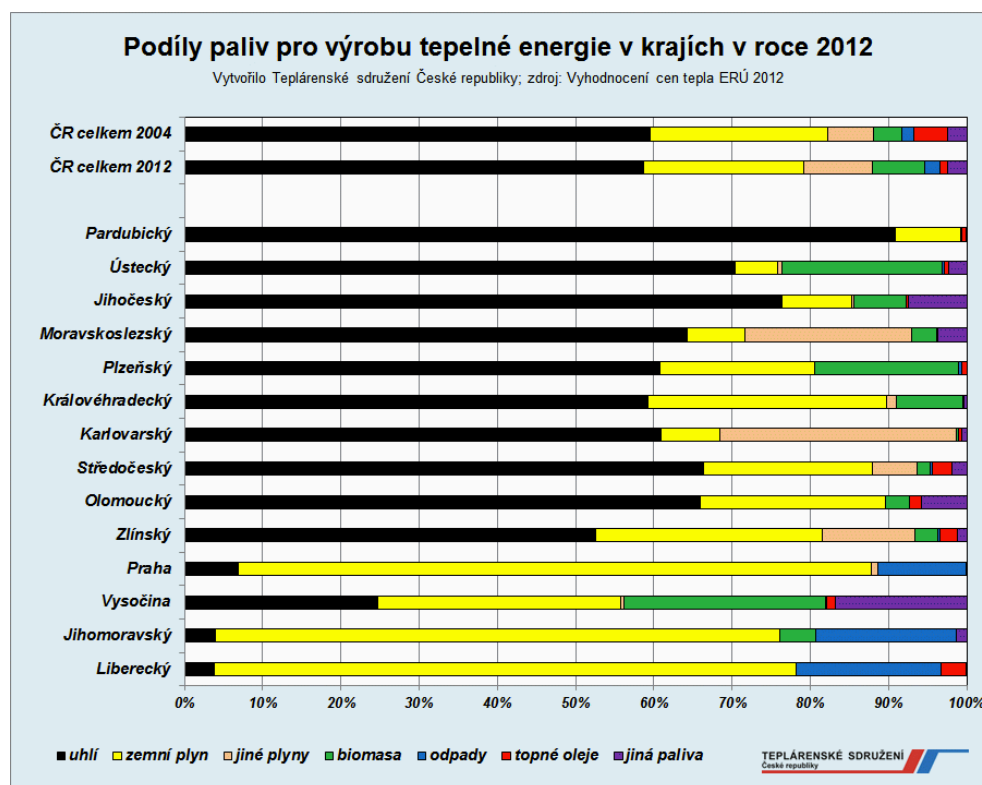
Níže uvádím přehledy provozu centralizovaného zásobování teplem v České republice. Jedná se podíl CZT v teplárenském sektoru a jeho rozdělení dle podílu paliva. Uvádím také přehled vývoje ceny tepla v systémech CZT.



Obr. 2-2. Vývoj ceny tepla vyrobeného v CZT [27]

Tab. 2-1. Základní údaje o teplotárenském sektoru v ČR [28]

| Teplotárenský sektor v ČR – základní údaje   |                  |
|--|------------------|
| Počet domácností zásobovaných teplem z CZT   | 1,48 milionu     |
| Podíl obyvatel ČR zásobovaných teplem  | 38,1 %           |
| Počet evidovaných zdrojů centrálně vyrábějících teplo  | 2 000            |
| Počet evidovaných zdrojů nad 5 MWt výkonu vyrábějících centrálně teplo                       | 1 800            |
| Počet evidovaných zdrojů od 0,2 - 5 MWt výkonu vyrábějících teplo                            | 17 000           |
| Podíl z celkové spotřeby paliv v energetice využívaný při výrobě tepla                       | 31 %             |
| Podíl zdrojů paliv při výrobě tepla z CZT pocházející z ČR                                   | 68 %             |
| Podíl dodávek tepla z velkých zdrojů nad 300 MWt   | 57 %             |
| Podíl dodávek tepla z malých zdrojů do 30 MWt  | 21 %             |
| Délka tepelných sítí   | 10 tis. km       |
| Podíl tepla vyrobeného v KVET (v kogeneraci)   | 75 %             |
| Počet subjektů vyrábějících centrálně teplo spadajících do systému obchodování s povolenkami | 400              |
| Spotřeba tepla v ČR celkem (bez tepla na výrobu elektřiny)                                   | 147 134 TJ       |
| <i>z toho domácností</i>   | <i>46 657 TJ</i> |
| <i>z toho průmysl</i>  | <i>87 305 TJ</i> |



Obr. 2-3. Podíly paliv pro výrobu energie [27]



## 2.2 ZDROJE TEPLA V SYSTÉMECH CZT

Zdroj tepla je zařízení, ve kterém se získává teplo pro distribuční síť přeměnou chemické energie vázané v palivu na energii tepelnou. V systémech CZT se k přenosu tepla využívá distribuční médium (teplonosná látka), kterým je nejčastěji voda nebo pára. [4]

### 2.2.1 ROZDĚLENÍ ZDROJŮ TEPLA DLE INSTALOVANÉHO VÝKONU

#### a) Okrskové kotelny

Jedná se o nejjednodušší typ zdroje tepla využívaného v CZT. Jejich výkony se většinou pohybují v jednotkách MW. Zásobují objekty bez předávacích stanic, jsou tedy přímo napojeny na koncové spotřebitele. Kotelna může být také umístěna v jedné z připojených budov. Většinou se u okrskových kotelen používá palivo zemní plyn, z dnešního pohledu se však naskýtá možnost využívat obnovitelné zdroje tepla právě v měřítku okrskových kotelen.

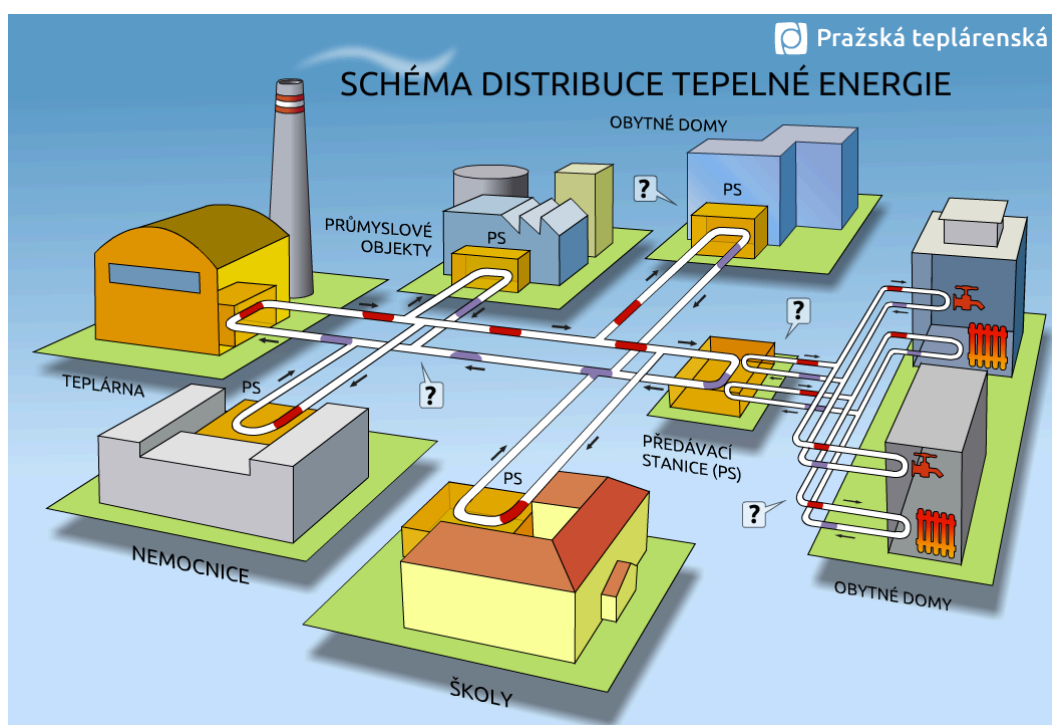
#### b) Výtopny

Výtopny můžeme charakterizovat jako kotelny do výkonu 35 MW. Využívají se u nich především nízkotlaké horkovodní kotle s teplotou vody dosahující 130 až 180 °C. U parních kotelen je dosahováno tlaků až 2 MPa. Dispozičně se výtopny umísťují v bezprostřední vzdálenosti k vytápěným objektům popř. mezi nimi. Do distribuční sítě se umísťují předávací stanice, které zajišťují dodávku koncovému odběrateli. Z urbanistického hlediska je tedy nutné pomýšlet i nad vzhledem samotné výtopny popř. jejich rozvodů.

#### c) Teplárny

Jsou zdroje tepla o výkonech vyšších než 35 MW. V teplárnách se využívá souběžná výroba tepelné a elektrické energie, tento způsob nazýváme kogenerací. Využito je rovněž přebytečné teplo vznikající při výrobě el. energie. Dnes již není pravidlem, že jsou kogenerační jednotky využívány jen u tepláren, naopak je možné tento princip využít i přímo v objektu do kterého je energie dodávána.

[1] [3] [30]



Obr. 2-4 Schéma distribuce teplárny [41]

Tab. 2-2. Klasifikace kotelen [19]

| Kotelna       | Nízkotlaká                           |                      | Sředitlaká                   |
|---------------|--------------------------------------|----------------------|------------------------------|
| Tepelný výkon | 0,05 až 3,5 MW                       | nad 3,5 MW           | od 0,05 MW                   |
| Umístění      | vytápěná budova či samostatný objekt | samostatný objekt    |                              |
| Topné médium  | teplá voda do 115 °C                 | teplá voda do 115 °C | horká voda nad 115 °C        |
|               | pára o přetlaku do 0,07 MPa          |                      | pára o přetlaku nad 0,07 MPa |
| Druh paliva   | plynné, kapalné, tuhé                |                      |                              |

### 2.2.2 PALIVOVÉ KOTLE

Vzhledem k charakteru a principu CZT se v tomto systému nevyužívají elektrokotle, proto dále budu uvažovat jen se zdroji tepla, kde tvoří primární energii palivové kotle. Pro zachycení spektra kotlů však uvedu i kotle, které se používají i u kotelen malých výkonů, či domovních kotelen.

Palivové kotle jsou z konstrukčního hlediska uzpůsobovány dle typu spalovaného paliva. Důležitým aspektem je účinnost samotného kotle, tedy procentuální vyjádření rozdílu mezi dodanou energií do kotle (ve formě paliva) a tepelnou energií získanou. Účinnost ovlivňující ztráty způsobené citelným teplem spalin, tedy teplem ztraceným v komínovém systému, což tvoří největší podíl tepelných ztrát při provozu kotle. K dalším tepelným ztrátám dochází při sdílení tepla z kotle do okolí a netěsnostmi v konstrukci kotle. [1]

#### Výhřevnost

*„Je teplo uvolněné úplným spálením jednotkového množství paliva sloučením s kyslíkem obsaženým ve vzduchu za konstantního tlaku a teploty, přičemž se předpokládá, že všechny produkty spalování se ochladí na výchozí teplotu a jsou v plynném stavu.“ [1]*

#### Spalné teplo

*„Teplo uvolněné dokonalým spálením jednotkového množství paliva jako v předchozím případě, předpokládá se však, že spaliny budou nejen ochlazeny na původní teplotu, ale že páry obsažené ve spalinách zkondenzují a tím se získá i kondenzační teplo těchto par a účinnost spalovacího procesu bude tedy vyšší.“ [1]*

#### **Podle provozních parametrů dělíme kotle na: [1]**

##### a) nízkotlaké

Dělíme je na kotle teplovodní s pracovní teplotou otopné vody max. 115 °C a parní nízkotlaké s pracovním přetlakem nejvýše 70 kPa.

##### b) horkovodní

Jedná se o kotle s pracovní teplotou vody nad 115 °C a s pracovním přetlakem nepřesahujícím 2,5 MPa.

##### c) parní středotlaké

Kotle s pracovním přetlakem vyšším než 70 kPa, avšak nepřesahujícím 1,6 MPa

**Podle tlaku ve spalovacím prostoru:**

## a) podtlakové

Mezi ně řadíme všechny kotle na tuhá paliva, u nichž je podtlak v topeništi vyvolán buď přirozeným tahem komínového průduchu nebo spalínovým ventilátorem.

## b) přetlakové

Jedná se zejména o kotle s hořáky na kapalná nebo plynná paliva, v jejichž spalovacím prostoru se palivo spaluje za zvýšeného tlaku vyvolaného ventilátorem hořáku (přetlak 50 – 5000 Pa).

[1]

**Podle primární energie dělíme kotle na:**

## a) Kotle na pevná paliva

Řadíme mezi ně kotle na spalování uhlí, dřeva i biomasy přičemž i přesto, že se jedná o přírodní zdroje mezi ty ekologické řadíme pouze palivo, které roste nebo vzniká v současnosti, tedy palivo, které je obnovitelné. Vzhledem k mému zaměření bakalářské práce budu i nadále upřednostňovat biomasu.

Existují dvě varianty spalování biomasy. Varianta, u které je palivo přiváděno zespona (horní spalování), kdy spalování probíhá nad zdrojem paliva a je tak možné efektivně regulovat výkon. Další variantou je ta, u které se palivo přivádí shora (spodní spalování). Proces hoření tedy probíhá v celé vrstvě přivedeného paliva. Ke spalování kusových pevných paliv v klidné vrstvě tzv. filtračním způsobem slouží roštové ohniště. Základní části roštového ohniště jsou: spalovací prostor (vlastní ohniště - vymezené na bocích stěnami, přední a zadní klenbou a na dně roštem), palivová násypka, popelník a zařízení pro přívod a regulaci množství spalovacího vzduchu. [2]

## Funkce roštu:

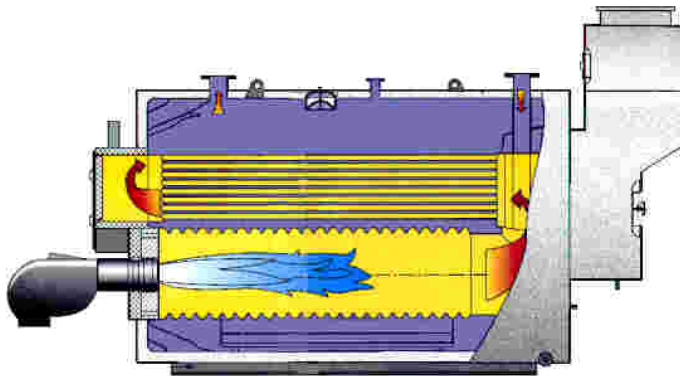
Vytváří a udržuje vrstvu paliva při dodržení prodyšnosti a zaručuje co nejmenší propad zrn paliva. Umožňuje palivu postupné vysoušení, zahřátí na zápalnou teplotu, hoření a dokonalé vyhoření, tak aby bylo palivo využito s co možná nejlepší účinností.

[2]

V současnosti jsou za technologicky nejpokročilejší považovány zplyňovací kotle, u kterých dochází v prostoru ohniště k rozkladu organických a anorganických látek. V prostoru hoření musí být ke správné funkci kotle vytvořen přetlak, který je běžně vytvářen pomocí ventilátoru. [2]

#### b) Kotle na kapalná paliva

Kotle na kapalná paliva se využívají v objektech nacházejících se v místech, kde není výhodné využívat kotel na tuhá paliva. Obvykle jsou to místa, kam se nevyplatilo realizovat inženýrské sítě - například mobilní obydlí. Palivem jsou nejběžněji lehké topné oleje (LTO) - deriváty ropy, kterými se plní periodicky zásobníky umístěné vedle vytápěných objektů. Jsou vhodné tam, kde se neplánuje zavedení plynofikace a je potřeba automatické regulace vytápění. [7]



Obr. 2-4. Schéma horkovodního kotle UNIMAT UT-HZ LOOS na kapalná paliva [9]

#### c) Kotle na plynná paliva [1]

Nejběžněji používaným palivem je zemní plyn, popř. propan-butan nebo bioplyn. Kotle na plynná paliva v CZT můžou mít více podob využití. V menším měřítku to může být např. využití zapojení kotlů do kaskády, čímž je zajištěna možnost regulace celku a zároveň pokrytí velkého výkonu. Další možnosti využití plynových kotlů se jeví u systémů vysokého výkonu, např. výrobce VIESSMANN vyrábí komplexní systém centralizovaného zásobování teplem pomocí plynových kotlů až do výkonu 116 MW. Uvádí taky vhodnost použití plynových kotlů v kombinaci s kotly na obnovitelné zdroje energie. [42]

**Rozdělení plynových kotlů dle spalovacího prostoru:**

## a) s otevřeným spalovacím prostorem

Vzduch potřebný pro provoz kotle je odebírán přímo z místnosti, která musí být vytápěná, pokud v ní teplota vzduchu může klesnout pod 5 °C . V této místnosti je nutné zajistit přístup čerstvého vzduchu např. okny nebo dveřmi, které nesmí mít těsnění. Odtah spalin se řeší pomocí svislého komínového průduchu. [1]

## b) s uzavřeným spalovacím prostorem

Přiváděný vzduch se odebírá z venkovního prostředí, proto je nezávislý na výměně vzduchu v místnosti, ve které je kotel umístěn. Je to nejběžnější typ plynového kotle, který je používán pro vytápění. Řadíme mezi ně např. plynové kondenzační kotle, u kterých se ve spalinách po procesu spalování tvoří tzv. latentní teplo, což je energie obsažená ve vodní páře. Pokud tyto spaliny ochladíme pod teplotu rosného bodu dojde ke kondenzaci a my tak můžeme tuto energii pomocí tepelného výměníku využít k předehřevu vratné vody. [8]



Obr. 2-6. Teplovodní plynový kotel VIESSMANN Vitomax [42]

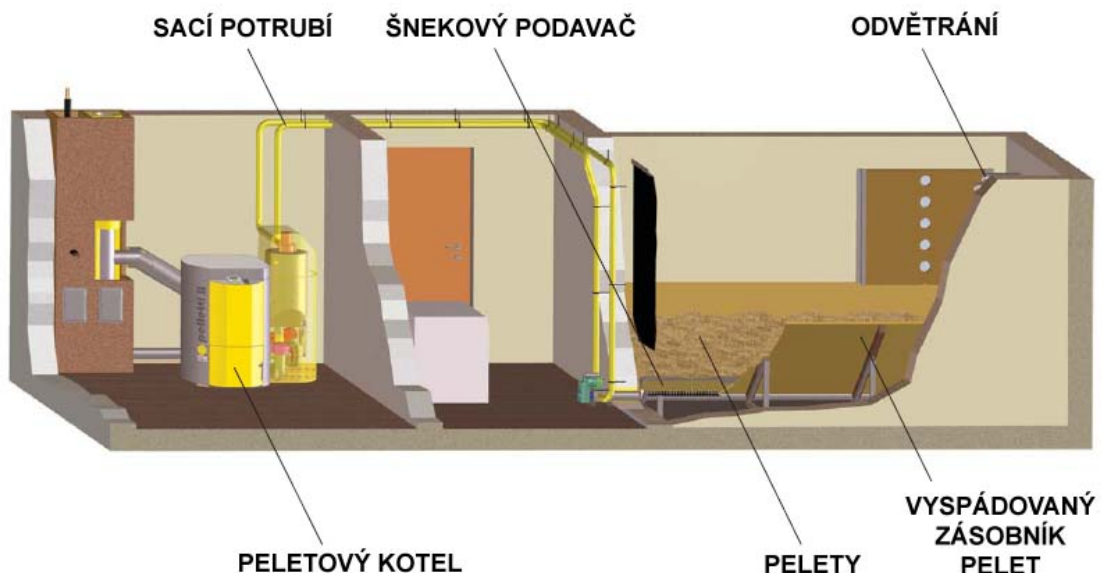
Kotle lze dále dělit i podle dalších kritérií (např. odolnost proti nízkoteplotní korozi apod.), nicméně výše uvedené dělení je pro účely práce dostačující.

## 2.3 ZDROJE TEPLA NA BIOMASU

Řadíme mezi ně kotle, které ke své funkci využívají ekologické paliva, tím je biomasa. Největší výhodou současných kotlů na biomasu je jejich zautomatizování. Základním principem je tedy připravit do zásobníku určitý objem biomasy, která je postupně přiváděna ke kotli a spalována. Automatické kotle se liší především konstrukčním provedením a to zejména spalovací komory, která v případě spalování méně hodnotného paliva, jako je štěpka nebo odpad ze zemědělských plodin, musí být uzpůsobena (např. volbou kvalitnějších materiálů roštů).

### 2.3.1 KOTLE NA PELETY

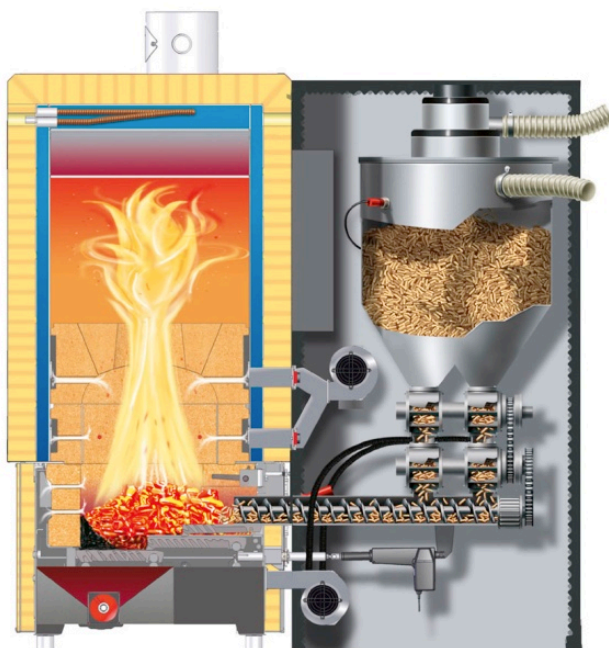
Pelety jsou uzpůsobeny pro co nejjednodušší manipulaci a komfort při provozu. Proces spalování může být celý zautomatizován a především regulován. U takových kotlů je potřeba dimenzovat zásobník, který pojme určité množství paliva např. na den provozu kotle. Do takového zásobníku jsou pelety dopravovány ze skladu pelet např. pomocí šnekového dopravníku. Samozřejmě je nutné logisticky zvládnout doplňování samotného skladu pelet.



Obr. 2-6. Příklad skladovacího prostoru a dopravy pelet ke kotli [11]

Sklad pelet je možné umístit jak v interiéru tak exteriéru budov, popř. je možné zvolit skladování např. v transportním kontejneru apod. Je nutné, aby skladovací prostory byly suché z toho důvodu, že jsou pelety hygroskopické a po pohlcení vlhkosti by byly znehodnoceny. Nejčastěji se využívá skladovací prostorů, ve kterých jsou zhotoveny nakloněné podlahy se spádem směrem k dopravnímu šneku. Tyto konstrukce je možné provést např. ze dřeva a opatřit je vhodnou povrchovou úpravou, tak aby pelety snadno samospádem padaly do dopravníku. K dopravě ke kotli se využívá mechanického principu dopravního šneku nebo účinnější varianty – sacího či pneumatického odběru. [2]

Výhodou kotlů na pelety je jejich snadná regulace podle množství, doslova počtu, pelet přiváděných na peletový hořák. Pracovní cyklus pak probíhá následovně. Při požadavku na dodávku tepla dá automatická regulace pokyn k zažehnutí hořáku (pomocí elektrické energie). Po zapálení hořáku probíhá spalování pelet, přičemž potřebné množství je dodáváno šnekovým dopravníkem. Pokud již není dodávky tepla zapotřebí, automatická regulace zastavuje šnekový dopravník a pelety na hořáku nechá dohořet. Činnost je běžně kontrolována prostřednictvím termostatu umístěného ve vytápěném prostoru, který je umístěný v kotli nebo akumulární nádrži. Vzduch pro spalování je dodáván s pomocí elektrického ventilátoru, který může také zajišťovat dodávku sekundárního vzduchu. [2]



Obr. 2-7. Schéma automatického kotle na pelety [12]

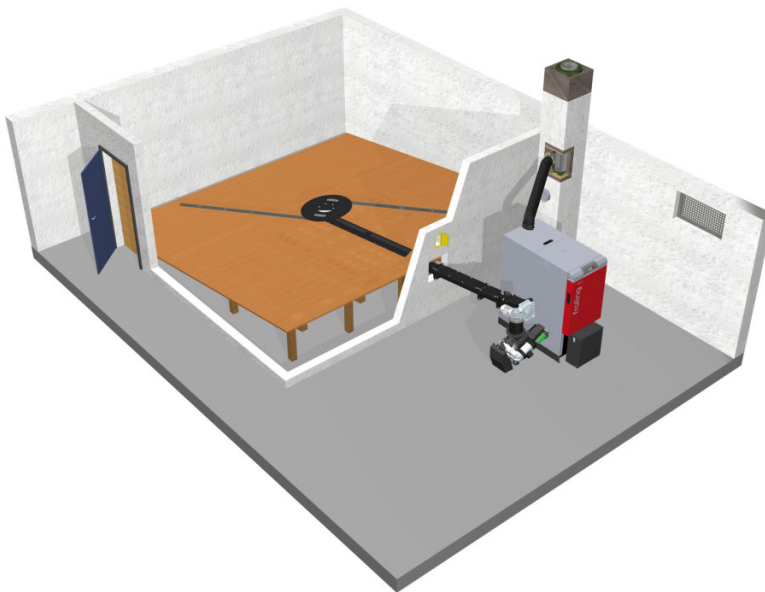


V důsledku nutnosti výroby samotných pelet je cena takového paliva poměrně vysoká v porovnání např. s dřevní štěpkou apod. Tato varianta kotlů je tedy vhodná např. pro rodinné domy, u kterých je komfort určující. V oblasti CZT už se varianta nejeví příliš výhodně.

### 2.3.2 KOTLE NA ŠTĚPKU

Relativně nízká cena dřevní štěpky, získaná např. z odpadového dřeva, nasvědčuje vhodnosti využití pro centralizované zásobování teplem. Je nutné brát v úvahu, že štěpka je různorodé palivo, s velkými rozdíly obsažené vlhkosti, což vede k nutnosti volby kotle, který je tomu z konstrukčního hlediska uzpůsoben. U takových kotlů porostou investiční náklady, které jsou však následně kompenzovány levnějším provozem.

Uskladnění štěpky a její doprava do kotle je hlavním subjektem řešení. V porovnání s peletami štěpka zabírá více prostoru a z důvodu nižší sypné hmotnosti je taky komplikovanější její skladování a doprava do kotle. Nejosvědčenější způsob je řešení násypníku s posuvným dnem, u kterého hydraulický píst zpětným pohybem posouvá ocelovým roštem a tím je palivo posouváno ke šnekovému dopravníku. Dalším řešením je násypník s rotační lopatkou.



Obr. 2-8. Sklad štěpky s rotační lopatkou [13]

Z prostoru skladu paliva do spalovacího prostoru je palivo do kotle dopravováno šnekovým dopravníkem. Hoření je tak možno regulovat samotným objemem přikládaného paliva. Další možností regulace je umístění ventilátoru do prostoru spalování. Topeniště kotlů má obvykle instalovaný automatický vynášecí dopravník popele, který pracuje i za plného provozu kotle. Kotle větších výkonů jsou často vyráběny tak, aby jednotlivé segmenty byly snadno oddělitelné a tak opravitelné. [2]

## 2.4 BIOMASA VYUŽÍVANÁ V CZT

Ve většině tepláren se v ČR spaluje fosilní palivo – uhlí (hnědé, černé a koks). Z dnešního pohledu je to neekologický, neobnovitelný zdroj, který znečišťuje ovzduší škodlivinami, přičemž důsledkem je mimo jiné i devastace krajiny povrchovou těžbou uhlí. Ve vytopnách se nejčastěji používá zemní plyn, popř. v horším případě je to mazut či topný olej. [14]

Vhodnou alternativou je biomasa, tedy organická hmota rostlinného původu. Nejčastěji se setkáváme s biomasou tvořenou dřevním odpadem (získanou např. ze zemědělství, lesnictví nebo průmyslu). Biomasa může být také úmyslně pěstována, potom je její primární využití právě v energetice.

### a) Pelety

Jsou slisované kompaktní válečky o průměru 6-14 mm a délce do 40 mm. Lisování se provádí pod vysokým tlakem za teplot, u kterých lignin obsažený v biomase plastifikuje a funguje tak jako pojivo. Jsou určeny pro spalování v automatických kotlích. Jejich výhodou je především v možnosti dopravy, která se řeší např. pomocí pojízdných cisteren, které pneumaticky doplňují zásobníky. Další předností je taky minimální vznik popele, u dřevěných pelet je to většinou do 0,5 % z celkového objemu paliva. Cena pelet je vyšší a využívá se tedy spíše u rodinných domů, kde je benefit v podobě komfortu dodávky a kompaktnosti paliva určující.

Výroba pelet se provádí z vysušených surovin neboli pilin. Nejvyšší kvalita pelety (nejvyšší výhřevnost) se vyrábí z dřevěných pilin, je však mnoho dalších způsobů z čeho pelety lisovat. Používají se např. pelety z řepkové slámy, slunečnice, kukuřice, šťovíku nebo sena. Výhřevnost pelet se pohybuje okolo 15-19,5 MJ/kg a obsažená vlhkost běžně do 30%. [2] [15]



Obr. 2-9. Dřevěné pelety bez kůry [15]



Obr. 2-10. Dřevěné pelety bez kůry [15]

## b) Štěpka

Dřevní štěpka se získává z odpadů lesní těžby nebo při průmyslovém zpracování dřeva. Další možností můžou být rychle rostoucí energetické dřeviny. Většinou mívá podobu částic o délce od 3 do 250 mm. Štěpku dle kvality dělíme na zelenou, hnědou a bílou.



Obr. 2-11. Miscanthus giganteus – rychle rostoucí energetická dřevina [43]

Štěpka běžné mívá poměrně vysoký obsah vlhkosti a při skladování je tak potřeba zajistit její provětrávání, aby nedocházelo k plesnivění a zapařování. Vzhledem k nutnosti vybudování velkých zásobníků, dosoušení a nízké kompaktnosti se používá především u kotlů větších rozměrů. Je tedy vhodná např. pro použití ve výtopnách nebo okrskových kotelnách. [16]



Obr. 2-12. Dřevní štěpka vyrobená nožovým štěpkovačem [16]

### Dřevní štěpka

Je štěpka získaná jako odpadní materiál v procesu těžby dřeva. Tento materiál se strojově upravuje na délky 50 - 250 mm. Obsah vlhkosti takové štěpky může být ihned po zpracování až 55 %. Je tedy nutné štěpku následně nechat vysoušet (např. v prostoru skladu odběratele). Výhřevnost dřevní štěpky se pohybuje okolo 8 - 12 MJ/kg

Štěpka s nejvyšším obsahem vlhkosti se nazývá zelenou (lesní) štěpkou. Často se v ní objevují kousky větví, listů a taky jehličí. Hnědá štěpka se získává z částí kmenů, pilařských odřezků apod. V hnědé štěpce je možné nalézt kousky kůry, to proto, že na dříví byla kůra ponechána. Nej kvalitnější štěpkou je štěpka bílá, která se získává z pilařských odřezků, nenachází se zde již žádné kousky kůry. Využívá se však často k výrobě dřevotřískových desek.

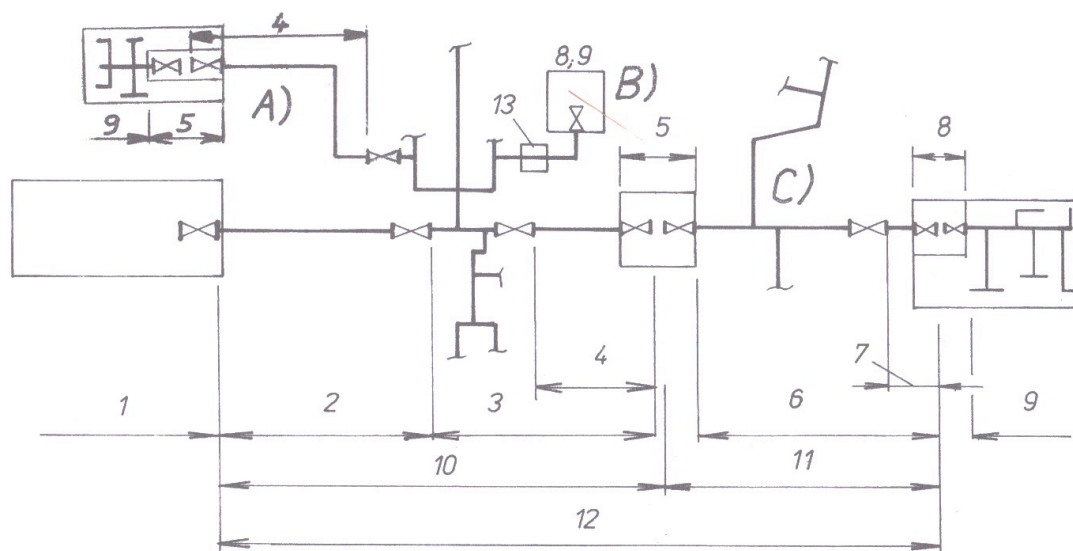
### Štěpka získaná z průmyslového zpracování dřeva

Štěpka, která je odpadním materiálem při dřevařské výrobě nebo v pilařském průmyslu. Běžně se upravuje na délky od 50 do 150 mm. Vlhkost štěpky z pilařského průmyslu bývá okolo 45 % a z truhlářského průmyslu okolo 15 % při výhřevnosti 9-16 MJ/kg.

## 2.5 DISTRIBUČNÍ SÍTĚ

Dodávka tepelné energie od zdroje tepla po koncového uživatele je realizována distribuční sítí. Předávací stanice zajišťuje tepelné a tlakové parametry pro sekundární okruhy, tedy pro koncového odběratele. Nejjednodušší způsob předávání tepla je přímo v koncovém objektu pomocí výměníku, u kterého je také instalováno měřící zařízení pro odběr tepla. Složitějším řešením, využívaným např. ve starší panelové zástavbě je princip výstavby předávací stanice pro více napojených odběratelů. Předávací stanice tak tvoří předávací místo a za tímto místem vzniká další rozvodná síť. [2]

### 2.5.1 ZÁKLADNÍ POJMY DISTRIBUČNÍ SÍTĚ CZT



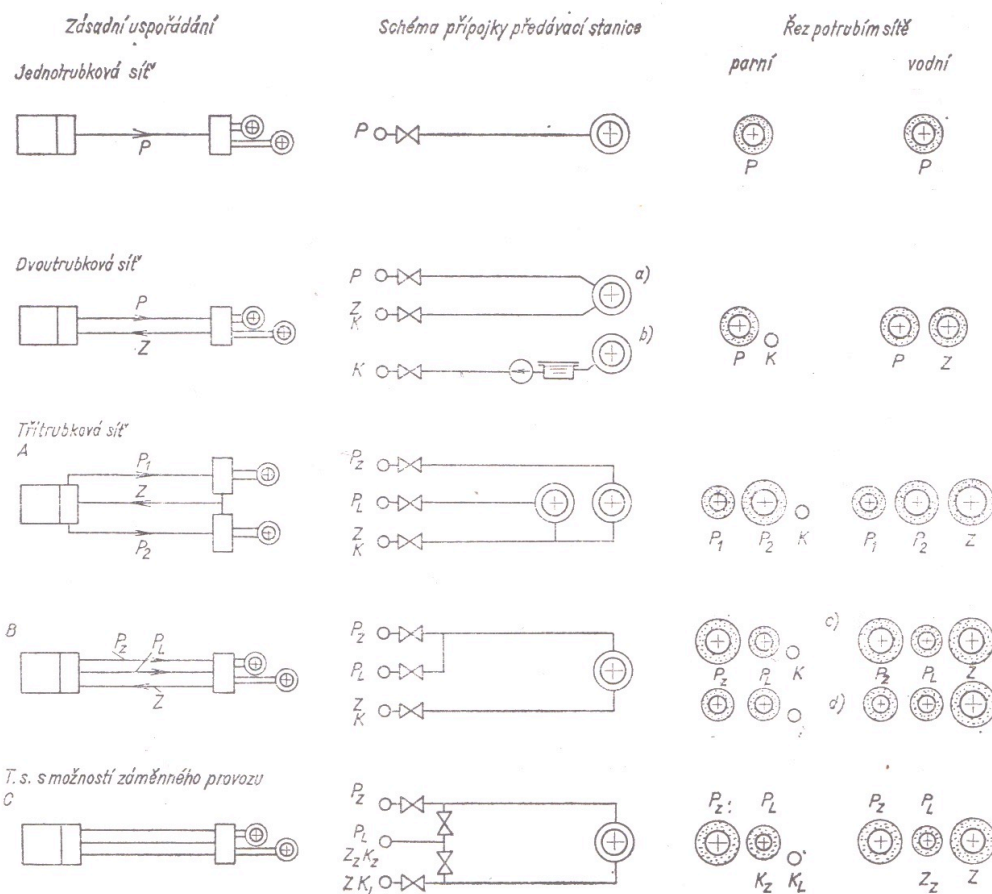
1 – primární zdroj tepla, 2 – tepelný napáječ, 3 – rozvodná tepelná síť primární,  
 4 – přípojka předávací stanice, 5 – předávací stanice (úpravna parametrů) – sekundární zdroj tepla,  
 6 – rozvodná tepelná síť sekundární, 7 – přípojka objektu, 8 – regulační a měřící stanice objektu,  
 9 – otopná soustava objektu, 10 – primární tepelná síť, 11 – sekundární tepelná síť, 12 – venkovní rozvod tepla, 13 – předávací místo

Obr. 2-13. Základní členění soustavy CZT [1]

### 2.5.2 DOPRAVA TEPLONOSNÉHO MÉDIA

Tepelné sítě se nejčastěji realizují jako teplovodní, horkovodní a parní. Zde uvádím jejich rozdělení dle způsobu dopravy teplonosného média: [2]

- Dvoutrubkové – s přívodním a vratným teplovodním popř. parním a kondenzátním potrubím
- Jednotrubkové – parní sítě bez vracení kondenzátu
- Třítrubkové – parní sítě se zvláštním potrubím pro provoz – léto/zima
- Čtyřtrubkové – řešení je provedeno se souběžným vedením dvoutrubkové sítě pro teplou vodu

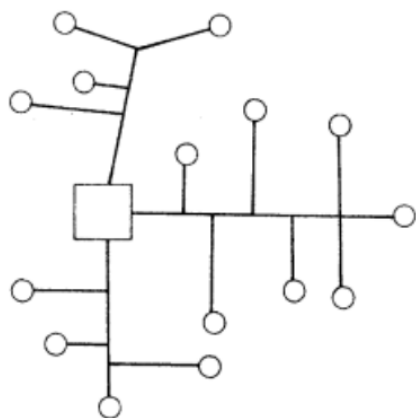


Obr. 2-14. Schéma vedení tepelných sítí vodních a parních [44]

### 2.5.3 SCHÉMA TEPELNÝCH SÍTÍ

#### a) Paprskovitá síť

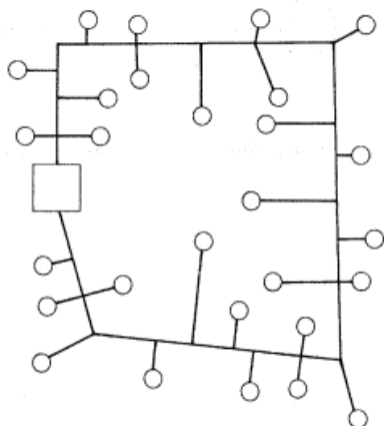
Používá se u rozlehlějších oblastí, přičemž ze zdroje vystupuje jedna nebo více tepen, které se následně větví směrem k odběratelským předávacím stanicím. Jedná se o nejpoužívanější typ tepelné sítě.



Obr. 2-15. Paprskovitá tepelná síť [30]

## b) Okružní síť

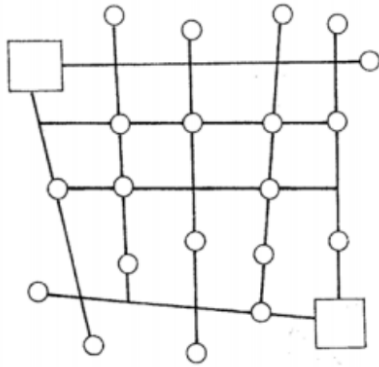
Územím je vedena tak, že tvoří uzavřený okruh. Na tento hlavní okruh jsou napojovány další větve, které případně tvoří další okruhy. Používají se v menší míře především z důvodu obtížného udržování tlakových poměrů v síti.



Obr. 2-16. Okružní tepelná síť [30]

## c) Mřížová síť

Je modifikací okružní tepelné sítě. Skládá se s více spojených okruhů umístěných v blízkosti. Používá se např. pro vedení městských vodovodů, do kterých může být zapojeno i více zdrojů a síť je v jednotrubkovém provedení. V teplárenství se nevyužívá.

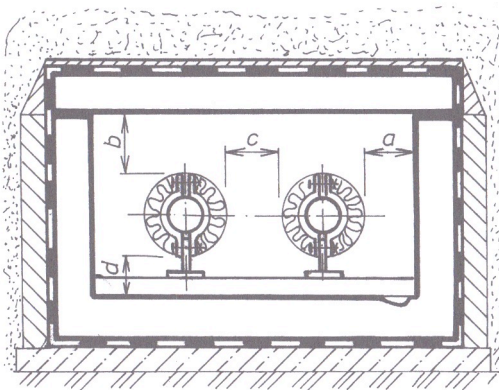


Obr. 2-17. Mřížová tepelná síť [30]

### 2.5.4 STAVEBNÍ PROVEDENÍ TEPELNÝCH SÍTÍ

#### a) Podzemní vedení

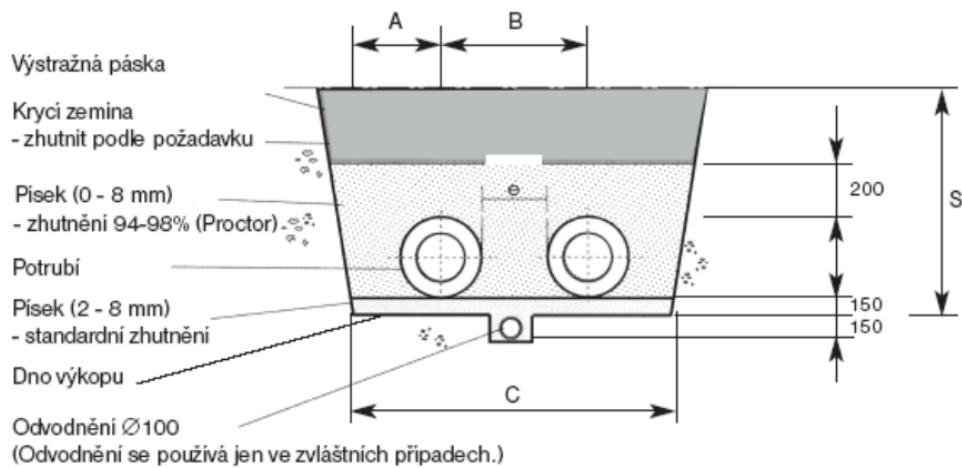
Nejčastější provedení tepelných sítí. U rozsáhlejších tepelných sítí, kde jsou souběžně vedeny další inženýrské sítě se budují podzemní kanály, které mohou být v provedení průchozím (městské kolektory) nebo průlezném.



Obr. 2-18. Provedení žlabového neprůlezného kanálu [1]

Běžným řešením je bezkanálové vedení podzemní tepelné sítě, u kterého se používají ocelové svařované rozvodné trubky. Ty jsou obaleny izolací, kterou nejčastěji tvoří PUR pěna. Povrchovou vrstvu pak tvoří bezešvá trubka z polyetylenu, která slouží jako mechanická ochrana. V PUR pěně jsou také umístěny snímače, které v případě zvlhnutí hlásí poruchu a je tak možné zjistit poškození rozvodu (popř. ho i lokalizovat). [1] [44]





Obr. 2-19. Způsob uložení bezkanálového vedení potrubí [17]



Obr. 2-20. Rozvodné předizolované ocelové potrubí FINTHERM Wehotherm [32]

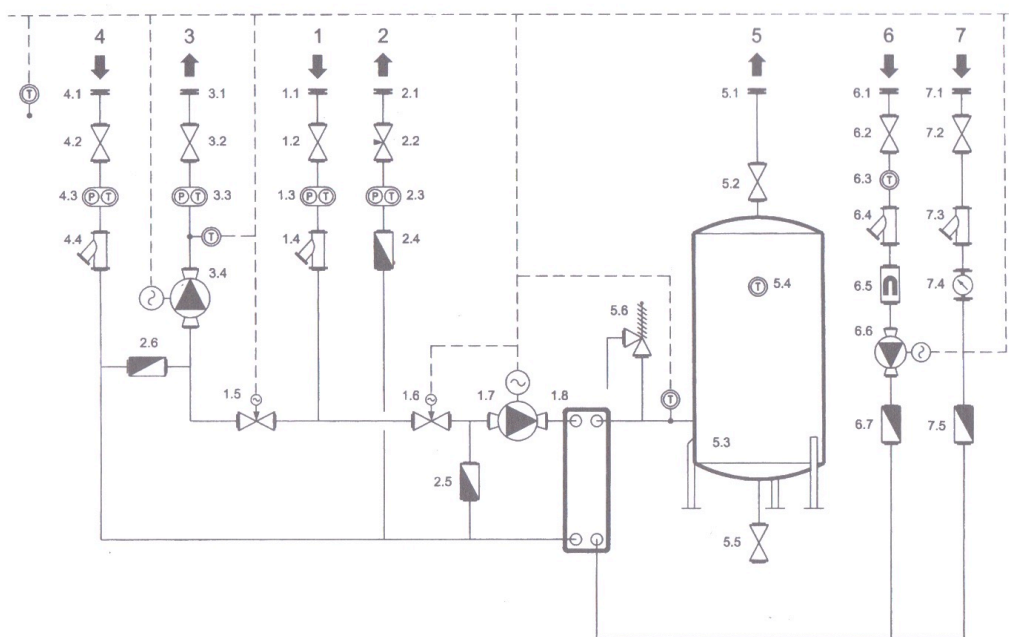
## b) Nadzemní vedení

Umísťují se na nosné konzole. Je nutné brát v úvahu, že jsou trubky vystaveny povětrnostním vlivům. Potrubí bývá potaženo pozinkovaným plechem proti případnému mechanickému poškození. Z dnešního pohledu je tento způsob vedení v obytných zónách spíše nežádoucí. [2]

## 2.6 PŘEDÁVACÍ STANICE

### a) Tlakově závislé

Regulace tlakově závislé předávací stanice se řeší přimícháváním vratného média do média přívodního. Nevýhoda je tlaková závislost těchto okruhů, protože primární okruh často funguje pod vysokým tlakem, což může být v sekundárním okruhu nežádoucí především kvůli bezpečnosti. Přimíchávání vratné vody se může řešit např. směšovacím ejektorem nebo čerpadlem.

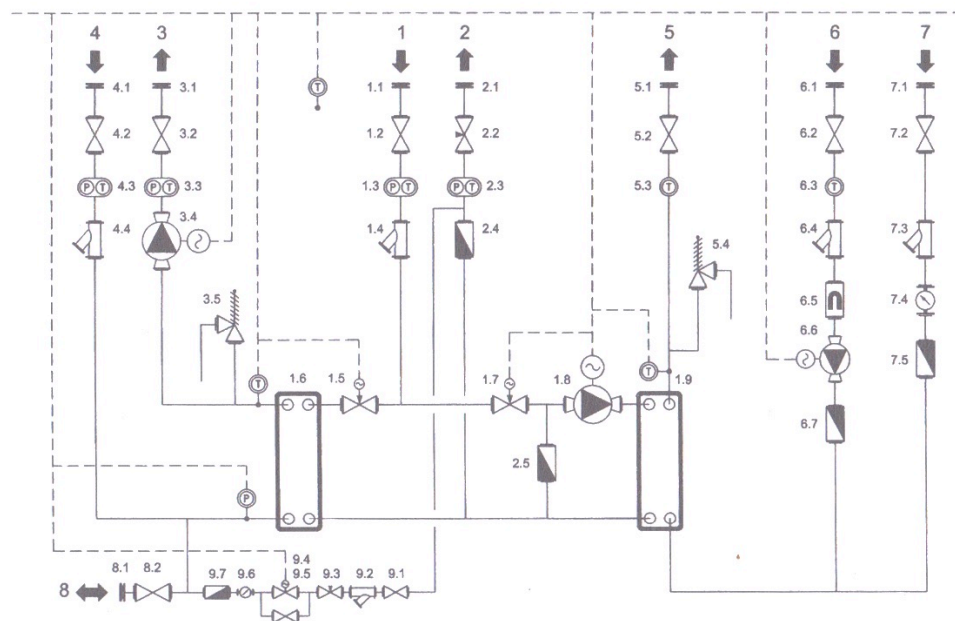


1 – primární voda přívodní, 2 – primární voda vratná, 3 – sekundární voda přívodní, 4 -sekundární voda vratná, 5 – TUV, 6 – TUV cirkulace, 7 – voda z vodovodu

Obr. 2-21. Tlakově závislá předávací stanice se směšovacím čerpadlem a akumulčním ohřevem TV [1]

### b) Tlakově nezávislé

U tlakově nezávislé předávací stanice jsou primární a sekundární okruh od sebe tlakově odděleny. Sekundární okruh je tak možné provozovat při nižších teplotách. Předávání tepelné energie se řeší pomocí teplosměnné plochy, kterou tvoří např. tepelné výměníky (s trubkami do „U“, deskový výměník, atd.) [2]



1 – primární voda přívodní, 2 – primární voda vratná, 3 – sekundární voda přívodní,  
4 -sekundární voda vratná, 5 – TUV, 6 – TUV cirkulace, 7 – voda z vodovodu, 8 – expanzní  
potrubí, 9 – doplňování vody z primární sítě

Obr. 2-22. Tlakově nezávislá předávací stanice s deskovým výměníkem a průtokovou přípravou TV [1]

## 2.7 PŘÍKLAD REALIZACE OBECNÍ VÝTOPNY V HOSTĚTÍNĚ

Hostětín je malá vesnice ve Zlínském kraji, kde žije 242 obyvatel. V 90. letech minulého století vznikla v kraji myšlenka využívání obnovitelných zdrojů energie pro zásobování teplem obcí. V minulosti byla většina objektů vytápěna zdroji na elektřinu a uhlím. V obci se také neplánovala plynofikace. Lokalita se jevila vhodná také díky velkým zásobám biomasy. Po vzoru rakouských realizací vznikla první obecní výtopna na biomasu v kraji právě v Hostětíně. Realizace byla zaštitěna nizozemsko-českým partnerstvím pomocí nástroje Activities Implemented Jointly (AIJ) ustanoveného dle Rámcové dohody OSN o změně klimatu z roku 1992, tzv. Kjótským protokolem o možnosti prodávat emisní povolenky zemím, kde je snižování emisí nákladnější. Návrh byl vypracován v roce 1998 a realizace byla dokončena o dva roky později. [24]



Obr. 2-23. Obecní výtopna na biomasu v Hostětíně [26]

Výstavbu financovali: [24]

- Vláda Nizozemska (agentura Senter) – technologie kotelny: 11,4 mil Kč (31 %)
- Státní fond životního prostředí ČR – dofinancování stavby: 19,8 mil Kč (54 %)
- Česká energetická agentura – tepelné rozvody: 3,2 mil Kč (9 %)
- Připojení občané – přípojky: 2 mil Kč (6 %)
- Celkem: 36,4 mil Kč.

Obecní výtopna má výkon 732 kW a dodává teplo do 67 objektů, což tvoří 83 % obce. Spalovanou biomasou je dřevní štěpka, která je skladována v prostoru o objemu 900 m<sup>3</sup>, kde je možné skladovat přibližně 1/3 celkové roční potřeby paliva. Odtud se štěpka pomocí nakladače jednou za 3-7 dní dopravuje na zásobník s posuvným dnem, odkud si již kotel automaticky odebírá potřebnou dávku. Spotřeba paliva je přibližně 500 – 600 tun štěpky ročně a roční produkce tepla je 3 500 GJ. Emisní úspora je 1092 tun emisí CO<sub>2</sub> za rok. Délka rozvodů v obci je 2,8 km. Spotřebovanou elektrickou energii nutnou k provozu celého systému, což tvoří zhruba 23 000 kWh za topnou sezónu, pokrývá sousední fotovoltaická elektrárna o jmenovitém výkonu 50,6 kW.

U koncových odběratelů byly instalovány tlakově nezávislé výměňkové stanice o výkonu 25 – 35 kW, původní zdroje tepla slouží uživatelům jako záložní. Výtopna pracuje pouze v zimním provozu, proto je TV během zbývajících období připravována u koncového odběratele pomocí elektrických zásobníků popř. solárních kolektorů.

Obec je ukázkou ekologického fungování jako celku. Funguje zde kořenová čistírna odpadních vod, kde díky bakteriím žijícím na kořenech rostlin dochází k rozkládání organického znečištění a tím se voda čistí. Na 9 domech byly instalovány sluneční kolektory a v obci byly nahrazeno pouliční osvětlení úspornější variantou. V obci je také seminární centrum, realizované nadací Veronika, které jako první veřejná budova v ČR splňuje pasivní standard, tedy spotřebu energie na vytápění do 15 kWh na metr čtvereční a rok.



Obr. 2-24. Sklad biomasy v obecní výtopně Hostětín [24]

## **3. PRAKTICKÁ ČÁST**

### **3.1 ZÁKLADNÍ MYŠLENKA**

Celý koncept vychází z myšlenky zásobovat teplem určité území města či vesnice pomocí obnovitelného zdroje energie. Principem má být výroba tepla v oblastní výtopně na biomasu a jeho následná distribuce tepelnou sítí. Cílem je poukázat na takovou možnost tedy vzorový případ, který by mohl být proveditelný v jiných vhodných lokalitách. Realizace systému by sebou nesla mj. nutnou výstavbu kotelny, distribuční sítě a také napojení odběratelů pomocí domovních předávacích stanic, což může být natolik razantní komplikovaný zásah, který by již v počátku mohl odrazovat od samotné výstavby. Avšak z prioritního hlediska, tím je snižování vzniku škodlivin díky použití obnovitelného zdroje tepla, je myšlenka určující a v současných zahraničních ale i tuzemských oblastech realizovaná.

Kompletní projekt systému CZT pro uvažovanou oblast by byl značně rozsáhlý a zaobíral by několik profesí. Má práce je pouze koncepční případovou studií takového řešení. Výsledky tedy nejsou směrodatné, v reálném případě by se muselo jednat o hlubší analýzu všech řešených subjektů.

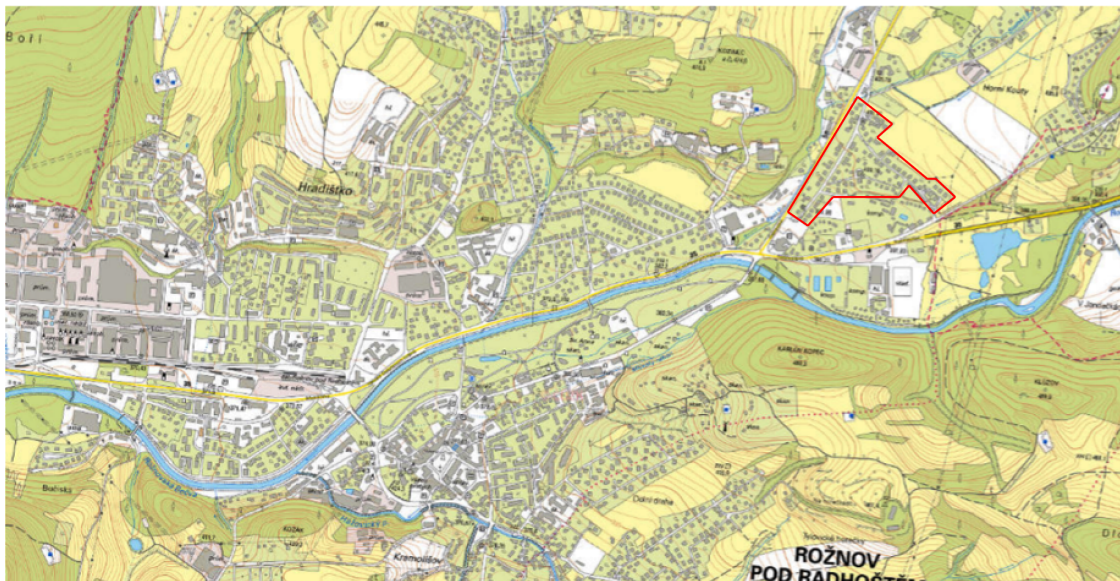
### **3.2 VÝBĚR ÚZEMÍ**

Jako demonstrační příklad jsem si vybral část města Rožnova pod Radhoštěm. Město se nachází v Chráněné krajinné oblasti Beskydy, což je jeden z hlavních bodů uvažování, především v souvislosti s potřebou myslet na ochranu životního prostředí a vystavovat tak krajinu co možná nejmenšímu znečištění. Město má 16 789 obyvatel a nachází se v nadmořské výšce 378 m. n. m. Velkou část města vč. některých budov občanské vybavenosti zásobuje teplem společnost Energoaqua, a. s. [18]

Lokalita Rožnova p. R. se nabízí také s ohledem na možnost využití paliva v bezprostřední blízkosti uvažovaného území. V okolí se těží dřevo, které je následně zpracováváno v pilařské výrobě, rovněž v dané lokalitě. Taktéž je zde rozšířen dřevařský průmysl. Vzniká tedy mnoho odpadního materiálu, tedy především po svozu dřeva ve formě štěrky, která může být následně lokálně využita. Je to výhodné zejména

pro usnadnění logistiky, s tím spojené kratší vzdálenosti pro distribuci a samozřejmě i lepší výsledné ceny.

V návrhu se zaměřím na část lokality Rybníčky, která je situována v blízkosti hory Radhošť a Valašského muzea v přírodě. Jedná se o část, ve které se doposud nachází 75 rodinných domů, přičemž se jedná o poměrně lukrativní oblast s možností dalšího rozšíření, třeba i díky uvažované výtopně. To může být podstatné pro případného investora. Místní území tvoří také společenskou komunitu, což je důležité pro odsouhlasení výstavby.



Obr. 3-1. Katastrální mapa území [31]



Obr. 3-2. Katastrální mapa zachycující řešené objekty [31]

### 3.3 STANOVENÍ TEPELNÝCH ZTRÁT A POTŘEBY TEPLA PRO PŘÍPRAVU TEPLÉ VODY

V lokalitě se nachází 75 rodinných domů. Většina z nich byla vybudována na přelomu 80-tých a 90-tých let minulého století. Několik domů, převážně v severní části uvažované lokality vzniklo v posledních 10-ti letech.

V mé práci uvažuji s možností rozšíření výstavby v této lokalitě o další domy. Beru v potaz lukrativní místo v blízkosti přírody a výbornou dostupnost do centra města, popř. k budovám občanské vybavenosti. Poptávka po této lokalitě také stoupne díky možnosti připojení na samotnou distribuční síť CZT.

Uvažuji s provozem vytápění pouze v otopném období, což je v mém případě 236 dnů. Zbylé dny v roce je potřeba zajistit přípravu teplé vody v domácnostech pomocí elektrického akumulovaného ohřevu.

Tab. 3-1. Přehled údajů o otopném období v okrese Vsetín dle ČSN 06 0210

|  |         |
|--|---------|
| lokality (okres)   | Vsetín  |
| výpočtová venkovní teplota $t_e$                         | -15 °C  |
| počet dnů otopného období $d$                            | 236 dnů |
| průměrná venkovní teplota během otopného období $t_{ep}$ | 3,6 °C  |

Předmětem práce není výpočet tepelných ztrát jednotlivých objektů, proto volím zjednodušenou variantu výpočtu, kterou jsem konzultoval s vedoucím práce. Smyslem je výpočet tepelné ztráty pro referenční dům, která je následně uvažována pro všechny zbylé domy. Na základě doporučení a dle ČSN EN 12831 pro referenční dům volím měrnou tepelnou kapacitu  $\dot{q}_z = 1,2 \text{ W/m}^3 \cdot \text{K}$ , celkovou podlahovou plochu domu  $A_p = 125 \text{ m}^2$ , referenční výšku stropu  $H = 2,7 \text{ m}$  a vnitřní výpočtovou teplotu  $t_i = 21 \text{ °C}$ . [27]

Objem domu  $V$  se vypočítá dle:

$$V = A_p \cdot H = 125 \cdot 2,7 = 337,5 \text{ m}^3 \quad (3-1)$$

$V$  objem vytápěných prostor [ $\text{m}^3$ ]

$A_p$  celková podlahová plocha [ $\text{m}^2$ ]

$H$  referenční výška stropu [m]



Zjednodušený výpočet tepelných ztrát referenčního nezatepleného domu:

$$\dot{Q}_{rd}^{TZ} = \dot{q}_Z \cdot V \cdot (t_i - t_e) = 1,2 \cdot 337,5 \cdot (20 - (-15)) \doteq 14,2 \text{ kW} \quad (3-2)$$

$\dot{Q}_{rd}^{TZ}$  tepelná ztráta referenčního domu [kW]

$\dot{q}_Z$  měrná tepelná ztráta [ $\text{W}/\text{m}^3 \cdot \text{K}$ ]

$t_i$  vnitřní výpočtová teplota [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$t_e$  venkovní výpočtová teplota [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$V$  objem vytápěných prostor [ $\text{m}^3$ ]

Vzhledem k myšlence plánovaného rozšíření zásobované oblasti uvažují s navýšením výstavby domů o  $\approx 25\%$ :

$$n_{RD} = 75 \cdot 1,25 \doteq 94 \quad (3-3)$$

Výsledná tepelná ztráta všech domů  $\dot{Q}_{celk}^{TZ}$  tedy bude: [1]

$$\dot{Q}_{celk}^{TZ} = \dot{Q}_{rd}^{TZ} \cdot n_{RD} \doteq 14,2 \cdot 94 = 1332 \text{ kW} \quad (3-4)$$

$\dot{Q}_{celk}^{TZ}$  celková tepelná ztráta domů [kW]

$\dot{Q}_{rd}^{TZ}$  tepelná ztráta referenčního domu [kW]

$n_{RD}$  počet rodinných domů vč. uvažovaného rozšíření zástavby [-]

Při stanovení potřeby tepla pro přípravu teplé vody vycházím z potřeby tepla pro pro osobu za jeden den. Uvažuji, že v referenčním domě žijí 4 osoby, přičemž dle normy ČSN 06 0320 je spotřeba teplé vody pro jednu osobu 82 l/den. Po konzultaci s vedoucím práce a vzhledem k nepřesným hodnotám výpočtu dle normy mi bylo doporučeno uvažovat s hodnotou nejvýše 50 l/den. Teplota studené vody byla stanovena na  $10^{\circ}\text{C}$ , přičemž je potřeba vodu ohřívat na  $55^{\circ}\text{C}$ . [29]

Výpočet dle normy ČSN 06 0320:

$$e_0 = \frac{\dot{V}_{TV} \cdot \rho_w \cdot c_w \cdot \Delta t}{3600} = \frac{0,05 \cdot 980 \cdot 4187 \cdot 45}{3600} = 2,56 \text{ kWh/os. den} \quad (3-5)$$

- $e_0$  potřeba tepla na osobu [kWh/os. den]  
 $\dot{V}_{TV}$  spotřeba teplé vody [ $\text{m}^3/\text{os. den}$ ]  
 $\rho_w$  hustota vody [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]  
 $c_w$  měrná tepelná kapacita vody [ $\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}$ ]  
 $\Delta t$  rozdíl teplot průměrné studené vody a teplé vody [K]

Potřeba tepla odebraného z ohřivače pro referenční dům se stanoví dle ČSN 06 0320:

$$\begin{aligned} E_{P,TV} &= E_{teor} + E_{ztr} = n_b \cdot n_0 \cdot e_0 + E_{teor} \cdot z = \\ &= 1 \cdot 4 \cdot 2,56 + 10,24 \cdot 0,3 = 13,31 \text{ kWh/den} \end{aligned} \quad (3-6)$$

- $E_{P,TV}$  potřeba tepla odebraného z ohřivače TV [kWh/den]  
 $E_{teor}$  teoretické teplo odebrané z ohřivače TV [kWh/den]  
 $E_{ztr}$  teplo ztracené při přípravě a distribuci TV v domě [kWh/den]  
 $n_b$  počet bytů [-]  
 $n_0$  počet obyvatel referenčního domu [os.]  
 $e_0$  potřeba tepla na osobu [kWh/os. den]  
 $z$  poměrná ztráta při přípravě a distribuci TV [-]  
 (pro starší zástavbu volím  $z = 0,3$ ) [29]

Tepelný výkon  $Q_{rd}^{TV}$  pro kontinuální přípravu TV v referenčním domě bude:

$$Q_{rd}^{TV} = \frac{E_{P,TV}}{\tau} = \frac{13,31}{24} = 0,56 \text{ kW} \quad (3-7)$$

- $Q_{rd}^{TV}$  jmenovitý tepelný výkon pro přípravu TV v referenčním domě [kW]  
 $E_{P,TV}$  potřeba tepla odebraného z ohřivače TV [kWh/den]  
 $\tau$  počet hodin provozu za den [h]

Jelikož uvažuji akumulční přípravu teplé vody, tak velikost zásobníku bude dle ČSN 06 0320:

$$V_Z = \frac{E_{max}}{\frac{\rho_w \cdot c_w}{3600000} \cdot \Delta t} = \frac{4}{\frac{980 \cdot 4187}{3600000} \cdot 45} \doteq 0,078 \text{ m}^3 \quad (3-8)$$

$V_Z$  objem zásobníku TV [ $\text{m}^3$ ]

$\rho_w$  hustota vody [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]

$c_w$  měrná tepelná kapacita vody [ $\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}$ ]

$\Delta t$  rozdíl teplot průměrné studené vody a teplé vody [ $\text{K}$ ]

$E_{max}$  maximální rozdíl mezi křivkou dodávky a odběru tepla [ $\text{kWh}$ ]

(Stanovena dle ČSN 06 0320 pomocí křivek odběru a dodávky tepla, po konzultaci s vedoucím zvolena hodnota  $E_{max} = 4 \text{ kWh}$ ). [29]

Přístup k přípravě TV pro jednotlivé odběratele je velmi individuální, záleží tedy na požadavcích a potřebách koncového zákazníka. Vzhledem k tomu, že tepelný výkon pro akumulční přípravu TV v referenčním domě vyšel dle ČSN poměrně malý, tak po konzultaci s vedoucím volím větší výkon a objem zásobníku. Důvodem je schopnost pokrýt špičkovou potřebu tepla v určitou denní hodinu. Např. ve večerních hodinách by bylo v případě vypočteného zásobníku problematické pokrýt poptávku teplé vody. Proto uvažuji s kombinovaným zásobníkovým ohřivačem TV o výkonu  $\dot{Q}_{rd,N}^{TV} = 5,5 \text{ kW}$ , při teplotě otopné vody  $70 \text{ }^\circ\text{C}$ . Objem zásobníku je 95 l. Součástí zásobníku je elektrická topná spirála o příkonu 2 kW pro přípravu teplé vody v letním období, viz Příloha č. 1. [3] [35]

Celkový tepelný výkon pro přípravu TV:

$$\dot{Q}_{celk}^{TV} = \dot{Q}_{rd,N}^{TV} \cdot n_{RD} = 5,5 \cdot 94 = 517 \text{ kW} \quad (3-9)$$

$\dot{Q}_{celk}^{TV}$  celkový tepelný výkon pro přípravu TV [ $\text{kW}$ ]

$\dot{Q}_{rd,N}^{TV}$  navržený tepelný výkon pro referenční dům [ $\text{kW}$ ]

$n_{RD}$  počet rodinných domů vč. uvažovaného rozšíření zástavby [-]

### 3.4 VOLBA PRIMÁRNÍHO ZDROJE – KOTLE

#### 3.4.1 Výpočet tepelného výkonu zdroje tepla

Při volbě výkonu kotle popř. kotlů je třeba brát ohled na nesoučasnost provozu všech vytápěných zařízení, tzn. že celková potřeba tepla pro vytápění, větrání a přípravu TV není jen součtem takových hodnot. Kotel by tak byl zbytečně předdimenzovaný a drahý. Uvažuje se tedy s tzv. přípojnou hodnotou, což je předpokládané maximum součtu tepelných toků pro vytápění, větrání a přípravu TV. Běžně se při návrhu kotlů pro CZT uvažuje min s 10% rezervou, především s ohledem na zhoršení provozních podmínek kotlů. [1] [3]

Přípojná hodnota tepelného výkonu  $\dot{Q}_{př}$  se dle ČSN 06 0310 vypočítá z následujících rovnic, přičemž se v dalším postupu uvažuje s vyšší hodnotou. [1]

$$\dot{Q}_{př}^I = 0,7 \cdot \dot{Q}_{celk}^{TZ} + \dot{Q}_{celk}^{TV} = 0,7 \cdot 1332 + 517 \doteq 1449 \text{ kW} \quad (3-10)$$

$$\dot{Q}_{př}^{II} = \dot{Q}_{celk}^{TZ} = 1332 \text{ kW} \quad (3-11)$$

$$\dot{Q}_{př}^I > \dot{Q}_{př}^{II} \rightarrow \dot{Q}_{př} = 1449 \text{ kW} \quad (3-12)$$

$\dot{Q}_{př}^{I,II}$  přípojně hodnoty tepelného výkonu [kW]

$\dot{Q}_{celk}^{TZ}$  celková tepelná ztráta domů [kW]

$\dot{Q}_{celk}^{TV}$  celkový tepelný výkon pro přípravu TV [kW]

$\dot{Q}_{př}$  uvažovaná přípojná hodnota tepelného výkonu [kW]

Ztrátový tepelný tok vzniklý vedením potrubí v zemi se vypočítá dle následující rovnice. Součinitel určující tepelnou ztrátu vedením potrubí se volí v rozmezí 0,03 – 0,1. V mém případě, s ohledem na nově vybudovanou izolovanou síť volím součinitel ve výši 3 % z přípojně hodnoty tepelného výkonu. [1]

$$\dot{Q}^Z = 0,03 \cdot (\dot{Q}_{př} + \dot{Q}^{TECH}) = 0,03 \cdot (1449 + 0) \doteq 44 \text{ kW} \quad (3-13)$$

- $\dot{Q}^Z$  ztrátový tepelný tok vzniklý v rozvodech a přípojkách budov [kW]  
 $\dot{Q}_{př}$  uvažovaná přípojná hodnota tepelného výkonu [kW]  
 $\dot{Q}_{max}^{TECH}$  součet jmenovitých příkonů samostatně napojených technologických zařízení [kW]

Minimální tepelný výkon zdroje tepla se stanoví dle: [1]

$$\dot{Q}_{min}^{ZDR} = \dot{Q}_{př} + \dot{Q}^{TECH} + \dot{Q}^Z = 1449 + 44 \doteq 1493 \text{ kW} \quad (3-14)$$

Tak aby byla pokryta rezerva 10 % pro případ zhoršení provozních parametrů kotlů, popř. celého systému je nutné uvažovat s celkovým výkonem: [3]

$$\dot{Q}^{ZDR} = 1493 \cdot 1,1 \doteq 1642 \text{ kW} \quad (3-15)$$

### 3.4.2 Výpočet zálohového výkonu

Dle ČSN 06 0310 je nutné v případě výkonu kotelny nad 250 kW instalovat kotle o tzv. zálohovém výkonu, což v případě odstávky největšího z instalovaných kotlů umožňuje ze 60 % pokrýt dodávku tepelné energie. [19]

$$\dot{Q}^{ZAL} = 0,6 \cdot \dot{Q}_{př} = 0,6 \cdot 1449 = 870 \text{ kW} \quad (3-16)$$

- $\dot{Q}^{ZAL}$  zálohový výkon [kW]  
 $\dot{Q}_{př}$  uvažovaná přípojná hodnota tepelného výkonu [kW]

### 3.4.2 Volba počtu a typu kotlů

Jako nejlepší řešení se jeví zapojení kotlů do kaskády, což je systém zapojení několika kotlů za sebou. Výhodnost řešení je především ve způsobu plynulé regulace, kotle se tak zapínají postupně podle potřeby (modulace výkonu). V přechodném období se např. spíná jen jeden kotel, který samotný pokryje potřebu tepla pro přípravu teplé vody. [20]

Do systému navrhuji tři teplovodní kotle VERNER GOLEM 600 o celkovém výkonu  $\dot{Q}_{celk}^{ZDR} = 1800 \text{ kW}$ . V případě odstávky největšího z kotlů tedy kotle GOLEM 600 o jmenovitém výkonu  $\dot{Q}_{jmen}^{ZDR} = 600 \text{ kW}$  zbývá výkon  $1200 \text{ kW}$ , který dostatečně pokryje zálohový výkon  $\dot{Q}^{ZAL} = 870 \text{ kW}$ . Dle doporučení výrobce volím teplotní spád: 105/65°C, přičemž s ohledem na provoz kotlů je nutné zajistit konstantní teplotu vratné vody, tak aby neklesla pod 60 °C. [1] [21]

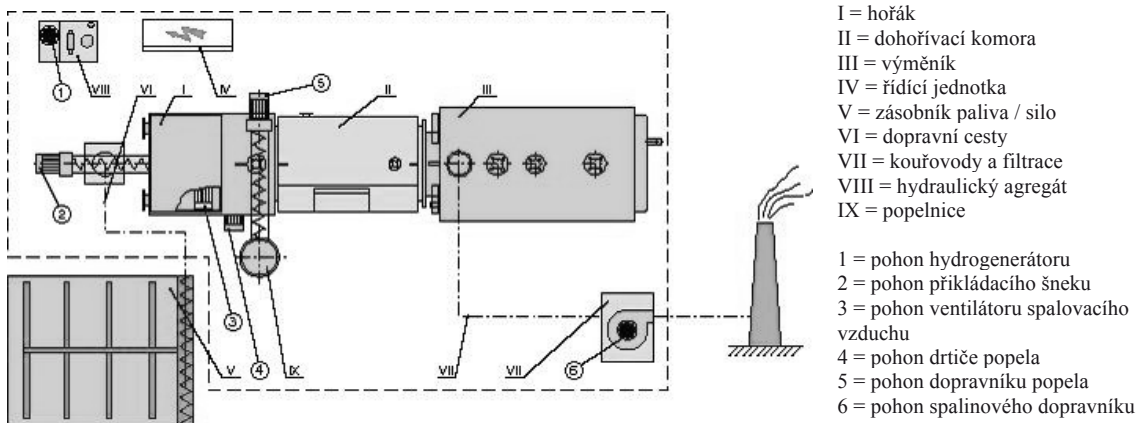


Obr. 3-3. Kotel VERNER GOLEM [22]

Kotle mají automatické podávání paliva s hydraulickým vyhrnováním. Ze sila se biomasa dopravuje pomocí šnekových dopravníků, velikost štěrky tedy nesmí překročit rozměry 30 x 30 x 60 mm, proto se často u výkonu kotlů do 2 MW umísťuje třídění paliva. Silo se instaluje v provedení pohyblivého dna, které zaručuje rovnoměrné skladování paliva.

Spalovací prostor má vodou chlazené dno a hoření je regulováno pomocí počítačové regulace, která vyhodnocuje proces z několika údajů jako je teplota vratné vody, podtlak v topeništi, apod. Spalovací proces je také řízen podle hodnot z lambda sondy, která měří obsah  $O_2$  ve spalinách a na základě toho reguluje přívod spalovacího vzduchu. Zapalování i odpopelnění probíhá automaticky, což umožňuje kontinuální provoz kotlů.

Součástí je také multicyklónový odlučovač spalin, který zajišťuje splnění emisních limitů. [21]



Obr. 3-4. Schéma kotle VERNER GOLEM [22]

### Technické parametry kotle VERNER GOLEM 600 [21]

|  |                   |
|--|-------------------|
| Účinnost kotle                           | 86 – 90 %         |
| Regulovatelnost plynulá                  | 40 – 100 %        |
| Maximální provozní přetlak vody v hořáku | 5 bar (0,5 MPa)   |
| Přívodní napětí                          | 3 x 400 V / 50 Hz |
| Teplota spalin na výstupu z kotle        | 180 – 260 °C      |
| Minimální teplota vratné vody do hořáku  | 60 °C             |

Tab. 3-2. Základní rozměry a hmotnost [21]

| Typ kotle  | Celkový jmenovitý výkon (kW) | Celkové rozměry v mm (délka x šířka x výška) | Zastavěný prostor v m (délka šířka x výška) | Celková provozní hmotnost včetně vodní náplně (kg) |
|--|------------------------------|--|---|--|
| <b>GOLEM 90</b> (compact)  | 90                           | 1670 x 1430 x 1000                           | 5,0 x 3,5 x 3,5                             | 1 600  |
| <b>GOLEM 225</b> (compact)   | 225                          | 2250 x 1380 x 1870                           | 5,5 x 3,5 x 3,5                             | 4 000  |
| <b>GOLEM 350</b> (hořák + dohořivací komora + výměník)   | 350                          | 5580 x 1230 x 2100                           | 8,5 x 4,0 x 4,5                             | 4 800  |
| <b>GOLEM 600</b> (hořák + výměník)   | 600                          | 5590 x 1980 x 2150                           | 9,5 x 5,0 x 4,5                             | 7 000  |
| <b>GOLEM 900</b> (hořák + výměník)   | 900                          | 5990 x 2210 x 2330                           | 11,0 x 5,0 x 4,5                            | 12 400   |
| <b>GOLEM 1800</b> (hořák + výměník)  | 1 800                        | 7980 x 2550 x 2910                           | 12,0 x 5,5 x 5,5                            | 32 800   |
| <b>GOLEM 2500</b> (hořák + výměník)  | 2 500                        | 9925 x 2800 x 3325                           | 14,0 x 6,5 x 6,0                            | 40 900   |
| U kotlů GOLEM 90 a 225 tvoří hořák, dohořivací komora a výměník jeden nerozebiratelný celek, použití pouze jako teplovodní provedení   |                              |  |   |  |
| U kotle GOLEM 350 jsou hořák, dohořivací komora a výměník samostatné celky spojené pomocí přírub, podle typu použitého výměníku existuje možnost teplovodního, horkovodního nebo parního provedení   |                              |  |   |  |
| U kotlů GOLEM 600 až 2500 jsou samostatným celkem hořák a výměník, součástí výměníku je dohořivací komora, podle typu použitého výměníku existuje možnost teplovodního, horkovodního nebo parního provedení, u těchto výkonů je možné spalovat i slámu |                              |  |   |  |

Tab. 3-3. Spotřeba energií a paliva [21]

| Typ kotle         | Instalovaný elektrický příkon (kW) | Běžný elektrický příkon (kW) | Maximální spotřeba nekvalitního paliva s vyšší vlhkostí (kg/h) | Spotřeba spalovacího vzduchu při plném výkonu (m <sup>3</sup> /h) | Množství spalin (skutečné) při vlhkosti paliva 35% a teplotě spalin 220 °C (m <sup>3</sup> /h) | Množství spalin (přečítané) při teplotě 0 °C a normálním atmosférickém tlaku (Nm <sup>3</sup> /h) |
|-------------------|------------------------------------|------------------------------|--|---|--|---|
| <b>GOLEM 90</b>   | 8                                  | 4,8                          | 45   | 270   | 355  | 270   |
| <b>GOLEM 225</b>  | 14                                 | 8,4                          | 115  | 690   | 855  | 675   |
| <b>GOLEM 350</b>  | 16                                 | 9,7                          | 175  | 1050  | 1375   | 1050  |
| <b>GOLEM 600</b>  | 19                                 | 11,4                         | 300  | 1800  | 2355   | 1801  |
| <b>GOLEM 900</b>  | 21                                 | 12,3                         | 450  | 2700  | 3535   | 2701  |
| <b>GOLEM 1800</b> | 33                                 | 19,7                         | 900  | 5400  | 7070   | 5402  |
| <b>GOLEM 2500</b> | 44                                 | 26,3                         | 1250   | 7500  | 9820   | 7503  |

Tab. 3-4. Spotřeba paliva vztažená k vyrobené energii [21]

| Palivo                                | Velikost paliva (mm) | Maximální (absolutní) vlhkost (%) | Při (absolutní) vlhkosti (%) ... | ... je spotřeba paliva (v kg na 1 kWh vyrobené energie): | Poznámka  |
|---------------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--|---|
| <b>Štěpka (i zelená lesní štěpka)</b> | 30 x 30 x 60         | 50                                | do 25                            | 0,28   | Maximální použitelnou vlhkost paliva lze zvýšit použitím stabilizačního paliva, řešení je nutné dojednat s výrobcem |
|                                       |                      |                                   | do 45                            | 0,35   |   |
|                                       |                      |                                   | do 55                            | 0,45   |   |
| <b>Piliny</b>                         | do 5                 | 35                                | do 20                            | 0,28   |   |
|                                       |                      |                                   | do 35                            | 0,35   |   |
|                                       |                      |                                   | do 40                            | 0,45   |   |
| <b>Sláma</b>                          | balíky               | 22                                | do 18                            | 0,45   | Vhodné je míchat slámu se štěpkou   |
|                                       |                      |                                   | do 22                            | 0,60   |   |
| <b>Alternativní palivo (rostliny)</b> | do 50                | 28                                | do 19                            | 0,45   | Skližený řezačkou   |
|                                       |                      |                                   | do 28                            | 0,60   |   |
|                                       | balíky               | 21                                | do 19                            | 0,45   | Hranaté balíky; příjem kulatých je ve vývoji  |
|                                       |                      |                                   | do 23                            | 0,60   |   |

### 3.4.3 Stanovení potřeby tepla a paliva

Potřebu tepla na vytápění za otopné období  $E_r$  stanovím dle denostupňové metody: [1]

$$\begin{aligned}
 E_r^{vyt} &= \varepsilon \cdot \dot{Q}_{celk}^{TZ} \cdot 24 \cdot d \cdot \frac{(t_i - t_{ep})}{(t_i - t_e)} = \\
 &= 0,9 \cdot 1,332 \cdot 24 \cdot 236 \cdot \frac{(21 - 3,6)}{(21 + 15)} \doteq 3282 \text{ MWh}
 \end{aligned} \tag{3-17}$$

Při přepočtu na GJ vychází hodnota:  $E_r^{vyt} \doteq 11\,815 \text{ GJ/ot. obd.}$



- $E_r^{vyt}$  potřeba tepla na vytápění v otopném období [GJ/ot. obd.]
- $\varepsilon$  součinitel zohledňující zkrácení denního provozu a použití přirážky na urychlení zátopy [-]
- $\dot{Q}_{celk}^{TZ}$  celková tepelná ztráta domů [kW]
- $d$  počet dnů otopného období [den]
- $t_i$  vnitřní výpočtová teplota [°C]
- $t_e$  venkovní výpočtová teplota [°C]
- $t_{ep}$  průměrná vnější teplota v otopném období [°C]

Potřeba tepla pro přípravu teplé vody v otopném období se stanoví dle: [30]

$$E_r^{tv} = \frac{E_{P,TV}^{celk} \cdot d \cdot 3,6 \cdot 10^6}{\eta_{oh}} =$$

$$= \frac{(13,31 \cdot 94) \cdot 236 \cdot 3,6 \cdot 10^6}{0,85} \doteq 1251 \text{ GJ/ot. obd.} \quad (3-18)$$

- $E_r^{tv}$  potřeba tepla pro přípravu TV v otopném období [GJ/ot. obd.]
- $E_{P,TV}^{celk}$  potřeba tepla odebraného z ohříváče TV pro všechny domy [kWh/den]
- $d$  počet dnů otopného období [den]
- $\eta_{oh}$  účinnost zásobníkového ohříváče [-]

Celková potřeba tepla pro otopné období tedy bude (uvažováno i s rozšířením zástavby):

$$E_r^{celk} = E_r^{vyt} + E_r^{tv} = 11\,815 + 1251 \doteq 13\,066 \text{ GJ/ot. obd.} \quad (3-19)$$

- $E_r^{celk}$  celková potřeba paliva v otopném období [GJ/ot. obd.]
- $E_r^{vyt}$  potřeba tepla na vytápění za rok v otopném období [GJ/ot. obd.]

Potřeba paliva při výhřevnosti dřevní štěpky 12,5 MJ/kg a objemové hmotnosti 250 kg/m<sup>3</sup> bude: [1] [16]

$$U_{celk}^t = \frac{E_r^{celk}}{H_{\xi}} = \frac{13\,066}{12,5} \doteq 1\,045 \text{ t/ot. obd.} \quad (3-20)$$

$U_{celk}^t$  potřeba paliva za otopné období [t/ot. obd.]

$E_r^{celk}$  celková potřeba tepla v otopném období [MJ/ot. obd.]

$H_{\xi}$  výhřevnost dřevní štěpky [MJ/kg]

Celkový potřebný objem paliva při objemové hmotnosti  $\rho_{d\check{s}} = 250 \text{ kg/m}^3$  vypočítám ze vztahu:

$$U_{celk}^{obj} = \frac{U_{celk}^{kg}}{\rho_{d\check{s}}} = \frac{1\,045\,000}{250} = 4180 \text{ m}^3/\text{ot. obd.} \quad (3-21)$$

$U_{celk}^{obj}$  potřeba paliva za otopné období (objemová) [m<sup>3</sup>/ot. obd.]

$U_{celk}^{kg}$  hmotnost paliva za otopné období [kg/ot. obd.]

$\rho_{d\check{s}}$  měrná hmotnost dřevní štěpky [kg/m<sup>3</sup>]

#### 3.4.4 Stanovení velikosti skladu

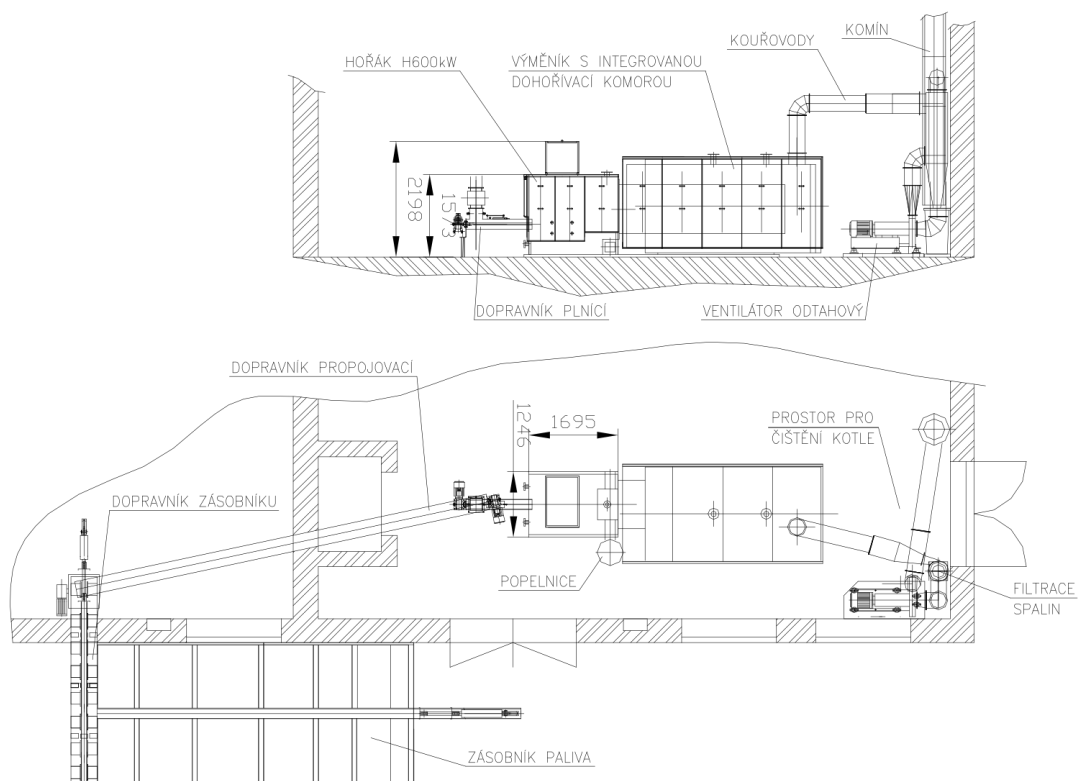
Na základě výpočtu potřebného objemu paliva pro zajištění provozu uvažuji s velikostí skladu, který pokryje třetinu celkové roční potřeby. Díky tomu bude závoz nutné provádět jen třikrát za otopné období. Sklad by tak měl pokrýt cca 1400 m<sup>3</sup> dřevní štěpky. V prostoru skladu, dle doporučení výrobce uvažuji zásobník s posuvným dnem, do kterého se jednou za 5 – 6 dnů umístí potřebný objem paliva (cca 90 m<sup>3</sup> dřevní štěpky).

Celý prostor skladu uvažuji jako nadzemní, provětrávaný a se snadnou manipulací skladovaného paliva. [21] [28]

### 3.4.5 Stavebně technické řešení kotelny

Umístění kotelny uvažuji na okraji města Rožnova pod Radhoštěm. Lokalita je dobře dostupná po pozemní komunikaci E442, což je vhodné pro palivové hospodářství. Při realizaci kotelny je potřeba se řídit vyhláškou č. 91/1993 Sb. k zajištění bezpečnosti práce v nízkotlakých kotelnách a dbát především na požární bezpečnost.

Do prostoru kotelny je nutné zajistit dostatečný přívod vzduchu, v mém případě při použití kotlů na pevná paliva je potřeba zajistit 4 - 6 násobnou výměnu vzduchu v kotelně.



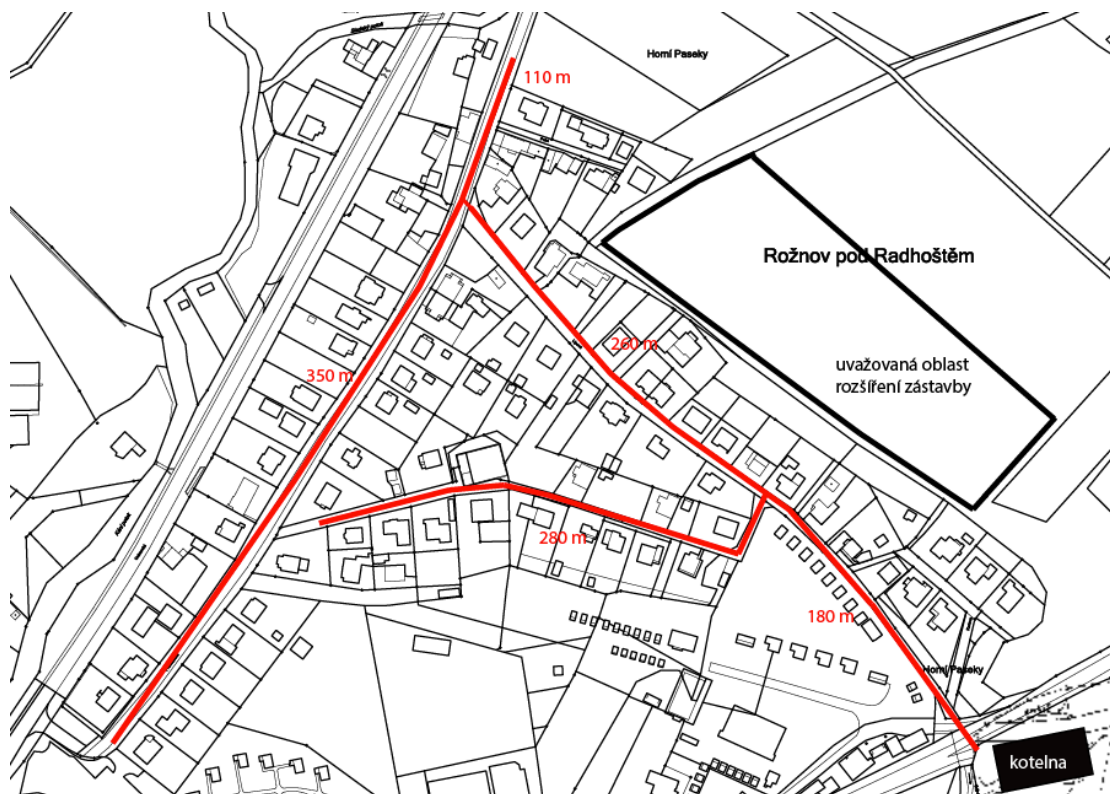
Obr. 3-5. Schéma zapojení kotle Verner GOLEM 600 [21]

Podlaha kotelny musí být nehořlavá, stěny mají být hladké, světlé a omyvatelné do výšky alespoň 1,8 m. Úniková cesta z kotelny má mít šířku minimálně 1200 mm. U kotelen o půdorysném rozměru nad 150 m<sup>3</sup> je nutné vybudovat dvě únikové cesty a taktéž nouzové osvětlení. V horní části obvodových stěn uvažují neuzavíratelné okenní otvory, díky, kterým bude zajištěna dostatečná výměna vzduchu a taktéž přirozené světlo. [1] [40]

V Příloze č. 2 uvádím jednoduché schéma rozmístění jednotlivých subjektů realizace. Jedná se o část skladu a kotelny. Veškeré hydraulické propojení kotlů a další zařízení jako jsou čerpadla, hydraulický vyrovnávač dynamických tlaků, regulátory apod. uvažují umístit v prostoru kotelny.

### 3.5 DISTRIBUČNÍ SÍŤ

#### 3.5.1 Stanovení základních parametrů



Obr. 3-6 Schéma páteřní sítě [31]

Vzhledem k doporučení výrobce a teplovodnímu kotli volím tlakový spád mezi teplotou přívodu a vratu 105/65 °C. Uvažuji dvoutrubkovou protiproudou tepelnou síť, u které probíhá stálý oběh teplotonosné látky mezi zdrojem a spotřebičem (výměníky rodinných domů). Nucený oběh teplotonosného média zajišťuje oběhové čerpadlo, které je umístěno v prostoru kotelny. [22]

Pro dispoziční rozmístění rodinných domů je nejvýhodnější zvolit paprskovitou tepelnou síť, která se větví od páteřní větve směrem k odběrným zařízením. Předběžná celková délka páteřní tepelné sítě pro stávající zástavbu má délku 1,18 km. Uvažuji s vedením bezkanálové podzemní sítě umístěné v místě pozemních komunikací, které jsou ve vlastnictví města Rožnova p. R. [31]

### 3.5.2 Návrh DN a výpočet tepelné ztráty úseku páteřní sítě

Uvedu pouze příklad návrhu světlosti potrubí provedu v úseku od výstupu z kotelny po první odbočku (označím jako úsek I.), ve kterém je potřeba uvažovat s hmotnostním průtokem pro celou soustavu. Jedná se o úsek v délce 60 m.

Přenášený tepelný výkon bude v daném úseku roven celkovému tepelnému výkonu soustavy, protože v sobě zahrnuje všechny odběrná místa, tedy v tomto případě se bude rovnat přípojnému výkonu  $\dot{Q}_P = \dot{Q}_{př} = 1449 \text{ kW}$ . Hmotnostní průtok pro vodní síť se vypočítá dle: [1] [30]

$$\dot{M}_{w,I} = \frac{k_z \cdot \dot{Q}_P}{c_W \cdot (t_{w1} - t_{w2})} = \frac{1,02 \cdot 1449000}{4187 \cdot (105 - 65)} = 8,824 \text{ kg/s} \quad (3-22)$$

$\dot{M}_{w,I}$  hmotnostní průtok v daném úseku [kg/s]

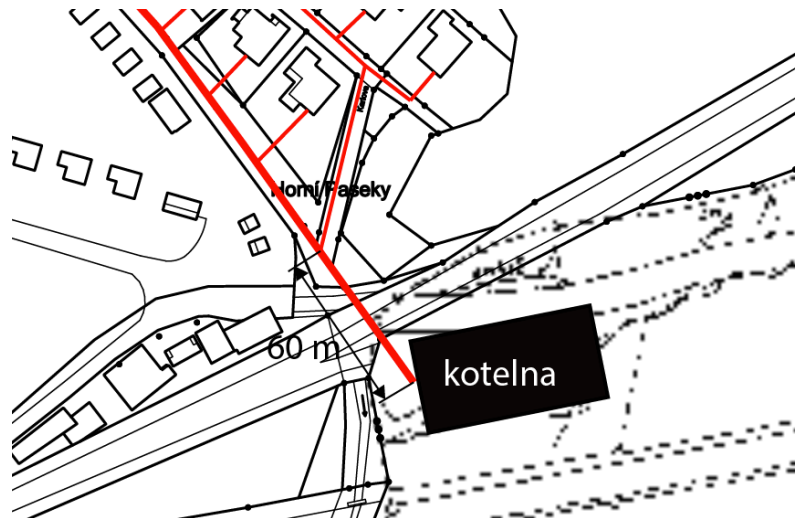
$c_W$  měrná tepelná kapacita vody [J/kg.K]

$\dot{Q}_P$  přenášený tepelný výkon úseku daný součtem příkonů zásobovaných odběrných míst [kW]

$t_{w1}$  teplota vody na vstupu do tepelné sítě [°C]

$t_{w2}$  teplota ve vratném potrubí [°C]

$k_z$  součinitel ztrát v síti (= 1,02) [30]



Obr. 3-7. Schéma vedení úseku I. [31]

Doporučená ekonomická rychlost proudění ve vodní síti je  $w = 0,5$  až  $2$  m/s. Vzhledem k úseku, který je v bezprostřední blízkosti kotle předběžně volím  $w = 1,2$  m/s. Návrh světlosti potrubí vypočítám dle: [30]

$$d_{us,I} = \sqrt{\frac{4 \cdot \dot{M}_{w,I}}{\pi \cdot w \cdot \rho_w}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 8,824}{\pi \cdot 1,2 \cdot 980}} = 0,097 \text{ m} \quad (3-23)$$

$d_{us,I}$  jmenovitá světlost potrubí v úseku I. [m]

$\dot{M}_{w,I}$  hmotnostní průtok v daném úseku [kg/s]

$\rho_w$  hustota vody [kg/m<sup>3</sup>]

$w$  rychlost proudění vody v potrubí [m/s]

Výpočet tepelné ztráty zvoleného potrubí provedu dle technických podkladů výrobce FINTHERM [32]. Více technických informací viz Příloha č. 3. Volím předizolovanou ocelovou trubku izolační třídy 2:

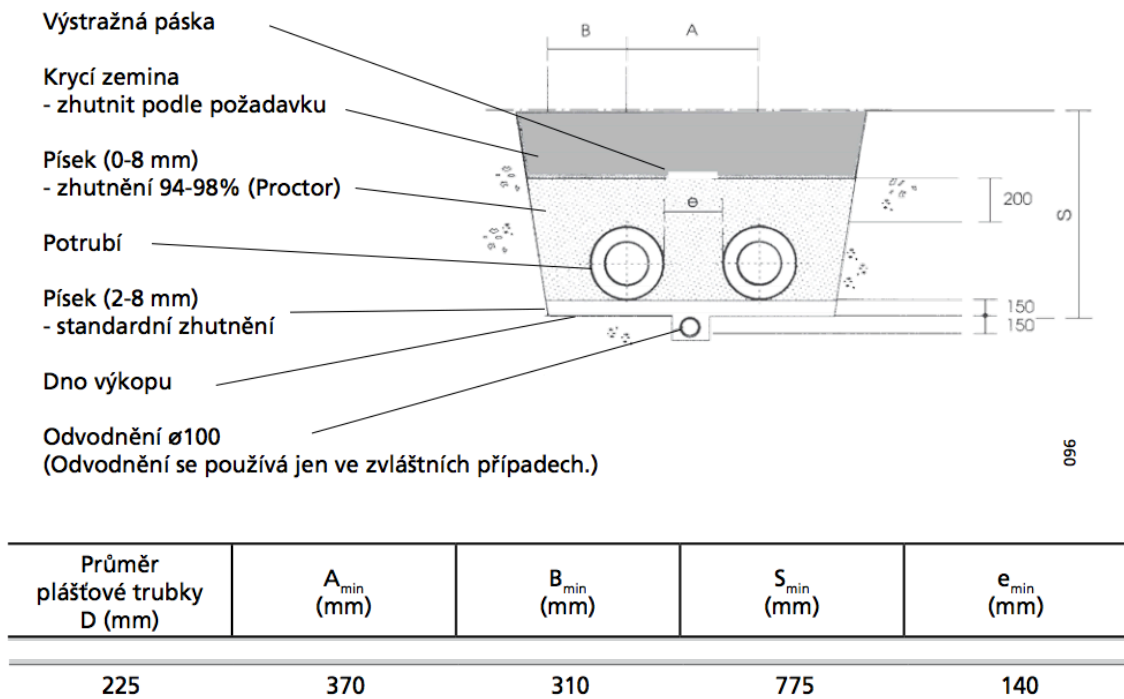
Výrobce: FINTHERM

Model: Weotherm Standard

$DN = 100 \text{ mm}$

$D = 225 \text{ mm}$

$R_p = 3,964 \text{ m.K/W}$



Obr. 3-8. Uložení předizolovaného potrubí DN 100 [32]

Potrubí má v sobě instalovaný systém detekce pomocí vodičů typu Nordic dle normy EN 14 419. Součástí každé trubky i spojovacích prvků jsou minimálně dva detekční vodiče, které jsou umístěny v izolaci přiléhající na nosnou ocelovou trubku. Při instalaci je nutné tyto vodiče spojit. V případě porušení potrubí a následného úniku média ze sítě je pomocí detektorů (konduktometrie nebo reflektometrie) možné vyhodnotit tuto skutečnost, případně i určit místo vzniku havárie. [33]

Tepelný odpor vrstvy zeminy a odpor při sdílení tepla mezi přívodním a vratným potrubím se vypočítá dle: [32]

$$R_z = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_z} \cdot \ln \frac{4 \cdot (H_z + 0,0685 \cdot \lambda_z)}{D} =$$

$$= \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 1,5} \cdot \ln \frac{4 \cdot (0,5 + 0,0685 \cdot 1,5)}{225} \doteq 0,481 \text{ m.K/W} \quad (3-24)$$

$$\begin{aligned}
 R_t &= \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \lambda_z} \cdot \ln \left[ 1 + \left( \frac{2 \cdot (H_z + 0,0685 \cdot \lambda_z)}{A} \right)^2 \right] = \\
 &= \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot 1,5} \cdot \ln \left[ 1 + \left( \frac{2 \cdot (0,5 + 0,0685 \cdot 1,5)}{0,37} \right)^2 \right] = 0,13 \text{ m.K/W}
 \end{aligned}
 \tag{3-25}$$

- $R_p$  tepelný odpor potrubí [m.K/W] (= 3,964 m.K/W) [32]  
 $R_z$  tepelný odpor vrstvy zeminy [m.K/W]  
 $R_t$  tepelný odpor při sdílení tepla mezi přívodním a vratným potrubím [m.K/W]  
 $\lambda_z$  součinitel tepelné vodivosti zeminy pro suchý písek (1,5 W/m.K)  
 $H_z$  výška krycí vrstvy zeminy od středové linie potrubí [m]  
 $D$  vnější průměr PE plášťové trubky [m]  
 $A$  vzdálenost mezi středovými liniemi přívodního a vrat. potrubí [m]

Tepelná vodivost vrstvy od střední roviny uložení přívodního a vratného potrubí v zemině se spočítá dle: [32]

$$G = \frac{1}{R_p + R_z + R_t} = \frac{1}{3,964 + 0,481 + 0,13} = 0,219 \text{ W/m.K}
 \tag{3-26}$$

- $G$  tepelná vodivost od střední roviny uložení přívodního a vratného potrubí v zemině [W/m.K]  
 $R_p$  tepelný odpor potrubí [m.K/W] (= 3,964 m.K/W) [32]  
 $R_z$  tepelný odpor vrstvy zeminy [m.K/W]  
 $R_t$  tepelný odpor při sdílení tepla mezi přívodním a vratným potrubím [m.K/W]

Tepelná ztráta pro 1 m přívodního a vratného potrubí se vypočítá dle: [32]

$$\begin{aligned}
 \Delta P &= G \cdot (t_{w1} + t_{w2} - 2 \cdot t_z) = \\
 &= 0,219 \cdot (105 + 65 - 2 \cdot 10) \doteq 33 \text{ W/m}
 \end{aligned}
 \tag{3-27}$$



- $\Delta P$  tepelná ztráta přívodního a vratného potrubí [W/m]  
 $G$  tepelná vodivost od střední roviny uložení přívodního a vratného potrubí v zemině [W/m.K]  
 $t_{w1}$  teplota vody na vstupu do tepelné sítě [°C]  
 $t_{w2}$  teplota ve vratném potrubí [°C]  
 $t_z$  teplota zeminy [°C] (= 10 °C) [32]  
 Pro úsek I. v délce  $l_{us,I} = 60 \text{ m}$  se bude tepelná ztráta rovnat: [32]

$$\Delta P_{us,I} = l_{us,I} \cdot \Delta P = 60 \cdot 33 = 1980 \text{ W} \quad (3-28)$$

$\Delta P_{us,I}$  tepelná ztráta přívodního a vratného potrubí pro úsek I. [W/m]

$l_{us,I}$  délka úseku I. přívodního a vratného potrubí [m]

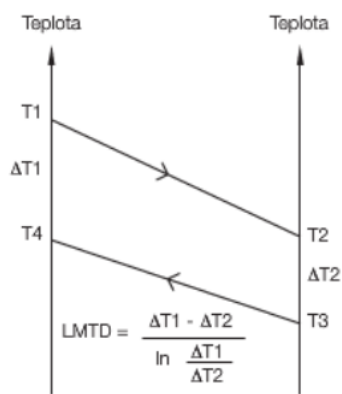
## 3.6 DOMOVNÍ PŘÍPOJKA CZT

### 3.6.1 Návrh deskového výměníku pro domovní přípojku

Pro referenční dům volím princip zapojení protiproudého deskového výměníku, který bude zajišťovat tepelný výkon pro vytápění i akumulární přípravu TV. Výkon potřebný pro pokrytí tepelných ztrát a přípravy teplé vody byl stanoven v předchozích výpočtech. Teplotní spád primárního okruhu volím dle doporučení výrobce 105/65 °C a teplotní spád sekundární strany 70/55 °C volím na základě uvažovaných otopných těles v referenčním domě a vhodnosti teplotního spádu pro akumulární přípravu TV v zásobníkovém ohříváči.

Tab. 3-5. Vstupní údaje pro návrh

|       |   |         |
|-------|---|---------|
| Q     | tepelný výkon (špičková hodnota tepelného výkonu pro pokrytí tepelných ztrát a potřeby tepla pro přípravu TV – dle předchozích výpočtů) | 19,7 kW |
| $t_1$ | teplota přívodu primární strany   | 105 °C  |
| $t_2$ | vratná teplota primární strany  | 65 °C   |
| $t_3$ | teplota přívodu sekundární strany   | 55 °C   |
| $t_4$ | vratná teplota sekundární strany  | 70 °C   |



Obr. 3-9. Graf teplotního průběhu v deskovém výměníku [33]

Střední logaritmický teplotní rozdíl  $\Delta t_{stř}$  stanovím dle: [33]

$$\Delta t_{stř} = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}} = \frac{(105 - 70) - (65 - 55)}{\ln \frac{(105 - 70)}{(65 - 55)}} = 19,95 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3-29)$$

$\Delta t_{stř}$  střední logaritmický teplotní rozdíl [ $^\circ\text{C}$ ]

$\Delta t_1$  rozdíl teplot  $t_1$  a  $t_4$  [ $^\circ\text{C}$ ]

$\Delta t_2$  rozdíl teplot  $t_2$  a  $t_3$  [ $^\circ\text{C}$ ]

$t_1$  teplota přívodu primární strany [ $^\circ\text{C}$ ]

$t_2$  teplota vratu primární strany [ $^\circ\text{C}$ ]

$t_3$  teplota přívodu sekundární strany [ $^\circ\text{C}$ ]

$t_4$  teplota vratu sekundární strany [ $^\circ\text{C}$ ]

Velikost plochy desek výměníku  $A_{vym}$  stanovím dle vzorce 3-30, přičemž součinitel prostupu tepla  $k$  volím na základě výpočtového programu výrobce REFLEX: [33] [34]

$$A_{vym} = \frac{P}{k \cdot \Delta t_{stř}} = \frac{19\,700}{4739 \cdot 19,95} \doteq 0,208 \text{ } m^2 \quad (3-30)$$

$A_{vym}$  plocha desek výměníku [ $m^2$ ]

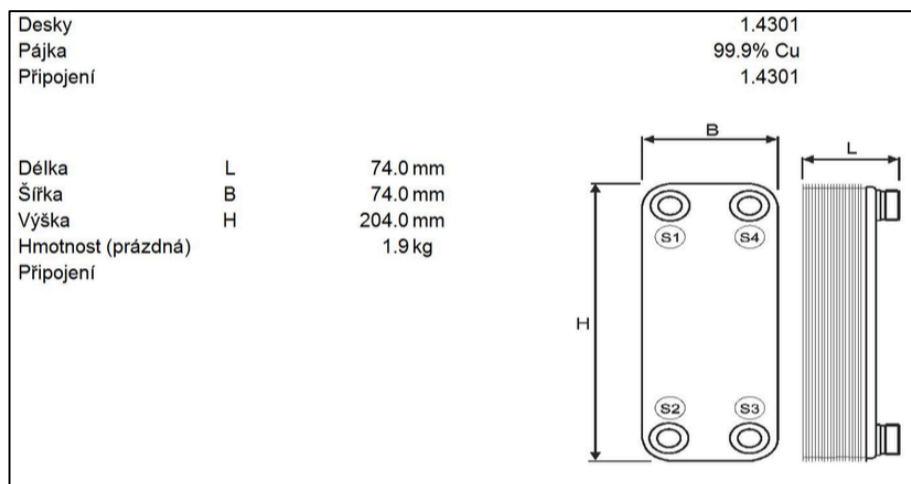
$P$  tepelný výkon pro vytápění a přípravu TV [W]

$\Delta t_{stř}$  střední logaritmický teplotní rozdíl [ $^\circ\text{C}$ ]

$k$  skutečný součinitel prostupu tepla [ $\text{W}/m^2 \cdot \text{K}$ ]

Návrh skutečného výměníku jsem provedl dle výpočtového programu firmy REFLEX, viz Příloha č. 4. Zde uvádím technická data zvoleného výměníku Longtherm rhc 15/20:

|                          |                   |                     | Primár                 | Sekundár |
|--------------------------|-------------------|---------------------|------------------------|----------|
|                          |                   |                     | paralelně 1 * v řadě 1 |          |
| Řazení                   |                   |                     | Voda                   | Voda     |
| Medium                   |                   |                     | 100.0                  | 100.0    |
| Koncentrace              | %                 |                     | 100.0                  | 100.0    |
| Průtok                   | m <sup>3</sup> /h |                     | 0.4                    | 1.2      |
| Vstupní teplota          | POŽAD.            | °C                  | 105.0                  | 55.0     |
| Výstupní teplota         | POŽAD.            | °C                  | 65.0                   | 70.0     |
| Výkon                    | kW                |                     |                        | 20.0     |
| Delta tm ln              | K                 |                     |                        | 20.0     |
| Tlaková ztráta           | SKUTEČ.           | kPa                 | 1.1                    | 8.7      |
| K-hodnota                | SKUTEČ.           | W/m <sup>2</sup> *K |                        | 4,739.0  |
| Specif. tepelná kapacita | J/kg*K            |                     | 4,203.5                | 4,177.2  |
| Hustota                  | kg/m <sup>3</sup> |                     | 968.1                  | 980.8    |
| Tepelná vodivost         | kJ/m*K*h          |                     | 0.67                   | 0.66     |
| Viskozita                | mPa*s             |                     | 0.43                   | 0.40     |
| Předávací plocha         | SKUTEČ.           | m <sup>2</sup>      |                        | 0.25     |
| Přebytek ploch           | %                 |                     |                        | 19.2     |
| Počet desek              | kusy              |                     |                        | 20       |



Obr. 3-10. Technická data pro výměník tepla Longtherm rhc 15/20 [34]

### 3.6.2 Návrh zásobníkového ohřivače TV

Zásobníkový ohřivač volím na základě výpočtu potřeby tepla pro akumulární přípravu teplé vody. Stanovená hodnota tepelného výkonu, po konzultaci s vedoucím práce, je  $\dot{Q}_{rd,N}^{TV} = 5,5 \text{ kW}$ . Minimální objem zásobníku je dle výpočtu  $V_Z \doteq 0,078 \text{ m}^3$ . Teplotní spád sekundárního okruhu volím 70/55 °C. Příprava teplé vody v letním období bude zajišťován ohřevem zásobníku pomocí topné patrony o výkonu 2000 W.

Oběhovým čerpadlem je nutné zajistit dostatečný průtok pro výměník umístěný v ohřívači. Na základě vstupních hodnot volím modelovou řadu OKC 100 od výrobce Dražice, viz Příloha č. 1. [35]

Tab. 3-6. Technické parametry zásobníkového ohřívače Dražice OKC 100. [35]

| Typ / Type / Typ / Модель  |                          | OKC 80             | OKC 100 | OKC 125 |
|--|--------------------------|--------------------|---------|---------|
| Objem / Capacity / Volumen / Объём   | l                        | 75                 | 95      | 120     |
| Max. hmotnost ohřívače bez vody / Max weight of the heater without heater / Max. Gewicht des Wassererwärmers ohne Wasser/ Масса водонагревателя без воды       | kg                       | 42                 | 52      | 58      |
| Max. provozní tlak / Max operating overpressure in the tank / Max. Betriebsüberdruck im Behälter / Избыточное давление   | MPa                      | 0,6                |         |         |
| Max. provozní přetlak ve výměníku / Maximum operating overpressure in the exchanger / Max. Betriebsüberdruck im Wärmetauscher / Макс.рабочее избыт.давление *  | MPa                      | 1                  |         |         |
| Elektrické připojení / Electric connection / Elektroanschluss / Электрическое соединение   | V                        | 1 PE-N-230 V/50 Hz |         |         |
| Příkon / Power input / Leistungsaufnahme / Потреб. Мощность  | W                        | 2000               |         |         |
| El. krytí / El.protection / El. Deckung / Коэффициент электр.безопасности  |                          | 45 IP              |         |         |
| Max. teplota TUV / Max temperature of HSW / Max. WBW-Temperatur / Максимум Температура горячей воды  | °C                       | 80                 |         |         |
| Doporučená teplota TUV / Recommended HSW temperature / Empfohlene WBW-Temperatur / Рекомендуемая температура для горячей воды                                  | °C                       | 60                 |         |         |
| Doba ohřevu z 10°C na 60°C elektrickou energií / Time of el.heating from 10°C to 60°C/ Erwärmungsdauer von 10°C auf 60°C/ Время нагрева эл. эн. от 10 до 60 °C | hod./hour/stunde/<br>час | 2,5                | 3       | 3,8     |

## 4. EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Investice do výstavby celého systému by na základě podobně fungujících CZT byla obrovská. Dle uskutečněných realizací v ČR nebo zahraničí je známo, že je investice bez podpory dotačního programu nenávratná. Je potřeba brát v úvahu především ekologická hlediska realizace takové výtopny, přičemž se jedná o účinné techniky spalování, čištění zplodin a volbu paliva. Díky politice Evropské unie a její podpoře využívání obnovitelných zdrojů energie je možnost čerpat evropské dotace. Dle příkladu realizace v Hostětíně by bylo schůdné řešení využití kombinaci dotačního programu státního fondu životního prostředí a nástroje Activities Implemented Jointly (AIJ) ustanoveného dle Rámcové dohody OSN o změně klimatu. [24] [38]

### 4.1 POROVNÁNÍ NÁKLADŮ NA VYTÁPĚNÍ A PŘÍPRAVU TV

Činitelé ovlivňující cenu dodávky tepla v CZT jsou dány investičními náklady na kW instalovaného výkonu, cenou paliva, životností systému a dalšími doprovodnými náklady ve výši 15 - 20 % celkových provozních nákladů. V mém případě by se jednalo o investici do systému, která je doprovázena náklady na samotnou kotelnu, distribuční síť i domovních výměníků, proto je třeba uvažovat s variantou nejvyšších investičních nákladů v kategorii 20 tis. Kč na 1 kW instalovaného výkonu. Investice by tak řádově byla ve výši 36 mil. Kč. [6]

Největší vliv z činitelů určující výslednou cenu tepla má cena štěpky. Cena dřevní štěpky je závislá na ročním období a samozřejmě poskytovateli. U lokálního dodavatele – ZOD Rožnovsko jsem našel cenu 1,61 Kč/kg vč. DPH. Dle zjištěných cen je průměrná cena štěpky cca  $c_{št} = 2,5 \text{ Kč/kg}$  vč. DPH při výhřevnosti  $12,5 \text{ MJ/kg}$ . [37]

Cena paliva - štěpky pro celý systém CZT vč. uvažování rozšíření zástavby:

$$n_{celk}^{št} = U_{celk}^{kg} \cdot c_{št} = 1\,045\,216 \cdot 2,5 = 2\,613\,040 \text{ Kč/ot. obd.} \quad (3-31)$$

- $n_{celk}^{št}$  celková cena štěpky za otopné období [Kč/ot. obd.]  
 $U_{celk}^{kg}$  potřeba paliva (štěpky) za otopné období [kg/ot. obd.]  
 $c_{št}$  cena štěpky [Kč/kg]

Odhadovanou cenu tepla v mém případě stanovuji na:  $n_{ct} = 450$  Kč/GJ, jedná se však předběžný odhad stanovený dle podobně fungujících vytopen, např. v blízké obci Valašská Bystřice, kde je cena vztažená k 1. 1. 2015 ve výši 449 Kč/GJ. Ve zmiňované obci Hostětín je cena za dodávku tepla z obecní výtopy 423 Kč/GJ. Cena však každým rokem stoupá právě na základě zvyšování cen dřevní štěpky. [23]

Odhadované náklady na vytápění a přípravu TV v referenčním domě by při vypočtené potřebě tepla  $E_{rd} \doteq 139$  GJ/ot. obd byly:

$$n_{rd}^{czt} = E_{rd} \cdot n_{ct} = 139 \cdot 450 = 62\,550 \text{ Kč/ot. obd.} \quad (3-32)$$

- $n_{rd}^{czt}$  náklady na vytápění a přípravu TV v referenčním domě [Kč/ot. obd.]  
 $E_{rd}$  potřeba tepla v referenčním domě [GJ/ot. obd.]  
 $n_{ct}$  uvažovaná cena tepla v obecní výtopy [Kč/GJ]

Pro porovnání uvádím výpočet nákladů na vytápění pro referenční dům stávajícím zdrojem pomocí výpočtového programu na webové adrese: [www.tzbinfo.cz](http://www.tzbinfo.cz) [40]. Uvažuji vytápění a přípravu TV klasickým kotlem na uhlí, přičemž jsem u lokálního dodavatele zjistil cenu hnědého uhlí  $c_{uhl} = 4,71$  Kč/kg vč. DPH při výhřevnosti  $18$  MJ/kg. Celková potřeba tepla pro RD je  $E_{rd} \doteq 139$  GJ/ot. obd. V tabulce uvádím i náklady na vytápění plynovým kotlem a elektrokotlem s akumulací. [39]

Tab. 3-7. Náklady na vytápění referenčního domu [40]

PLATNOST CEN: Plyn 01.05.2015, El. energie 01.05.2015

| Náklady na vytápění Výpočtová spotřeba tepla = 139 GJ  |   |  |  |                                  |  |
|--|---|--|--|----------------------------------|--|
| Druh paliva (Výhřevnost)<br>(Volba tarifu)   | Cena paliva v Kč  | Spalovací zařízení<br>(Průměrná účinnost v %)<br><input type="checkbox"/> zadat vlastní účinnost | Cena tepla<br><input checked="" type="radio"/> Kč/GJ<br><input type="radio"/> Kč/kWh | Spotřeba<br>paliva / rok         | Náklady<br>na vytápění<br>Kč / rok                 |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>Hnědé uhlí (18 MJ/kg)</b><br><small>ceny a dodavatelé</small>   | 4,71 /kg  | Klasický kotel na uhlí (55%)   | 476  | 14040 kg                         | <input checked="" type="checkbox"/> <b>66130,-</b> |
| <input type="checkbox"/> <b>Zemní plyn</b><br>(spalné teplo 37,82 MJ/m <sup>3</sup> ) <small>ceny</small><br>Dodavatel:<br>E.ON<br>Spotřeba plynu:<br>20000 - 25000 kWh /rok | 1,2712 /kWh<br>vztažena ke<br>spalnému teplu ???<br><b>13,35 Kč/m<sup>3</sup></b><br>+ 287 Kč/měsíc | Kotel běžný (89%)<br>účinnost je vztažena<br>k výhřevnosti ZP ???                                | 465  | 48166 kWh<br>4587 m <sup>3</sup> | <input type="checkbox"/> <b>64699,-</b>            |
| <input type="checkbox"/> <b>Elektřina akumulace</b><br><small>ceny a tarify ???</small><br>D26d jistič nad 3x25 A do 3x32 A včetně   | <b>374 Kč/měsíc +</b><br>NT: 1,8324 /kWh  | S akumulční nádrž (93%)  | 580  | 41517 kWh                        | <input type="checkbox"/> <b>80568,-</b>            |

## 5. ZÁVĚR

V teoretické části mé bakalářské práce jsem nejprve uvedl samotnou funkci centralizovaného zásobování teplem a jeho jednotlivé prvky. Taktéž jsem vyhledal přehledy o současném využití dálkového vedení tepla v České republice.

Následně jsem se věnoval jednotlivým subjektům, které tvoří součást systému CZT. Začal jsem u primárních zdrojů tepla, které se jeví jako nejvýznamnější prvek systému. V práci popisuji rozdělení jednotlivých kotlů dle použitého paliva a taktéž klasifikaci zdrojů tepla dle instalovaného výkonu. Podstatnou částí mé teoretické části je rozdělení zdrojů tepla dle používaného paliva, zde jsem upřednostňoval biomasu a uvedl jsem její další rozdělení a možnosti využití. Nadále jsem se věnoval popisu a možnosti vedení distribuční sítě, která v CZT zajišťuje přenos tepla ze zdroje tepla ke koncovému odběrateli pomocí teplotnosného média. Uvedl jsem také možnosti vedení potrubí ve venkovním prostředí a nutná opatření pro ochranu těchto rozvodů. V závěru teoretické části uvádím příklad realizace vytápění na biomasu v obci Hostětín, kde již od roku 2000 vytápí kotelna přes 80 % zástavby.

Podstatou mé práce je praktická část, kde jsem si nejprve zvolil lokalitu, kde by dle mého názoru bylo možné systém CZT realizovat. Jedná se o část Rybníčky ve městě Rožnově pod Radhoštěm, kde se v současné době nachází 75 rodinných domů. V mé práci uvažuji s rozšířením výstavby o 25 %. Myšlenka realizovat systém v této lokalitě nasvědčuje umístění v CHKO Beskydy a tedy přirozená snaha eliminovat vznik škodlivin. Dalším podnětem byla možnost odběru paliva v blízkosti uvažované kotelny.

Nadále jsem na základě skutečného stavu provedl zjednodušený výpočet tepelných ztrát a potřeby tepla pro referenční dům. Přičemž jsem dle výpočtu celkové potřeby tepla určil přípojný výkon kotelny, který vyšel 1449 kW. V práci tak uvažuji s instalací třech kusů kotlů Verner GOLEM 600 o jmenovitém výkonu kotle 600 kW. Kotle by byly zapojeny do kaskády a byla by tak zajištěna plynulá regulace výkonu. Následně jsem vypočítal celkovou potřebu tepla pro otopné období, které v mém případě činí 236 dnů. Po zbytek roku bude přípravu teplé vody v domácnostech zajišťovat elektrický akumulární ohřev. Potřeba tepla tak vyšla 13 066 GJ/ot.obd což odpovídá 1045 tunám dřevní štěpky. Uvažuji s realizací skladu paliva, který pojme třetinu celkové spotřeby v otopném období, přičemž uvažuji s instalací zásobníku s pohyblivým dnem, který pojme palivo na dobu 5-6 dnů. Základní subjekty kotelny jsem uvedl ve schématu.



Dalším předmětem praktické části bylo řešení distribuční sítě, pro mou lokalitu uvažuji s bezkanálovou dvoutrubkovou teplovodní sítí o teplotním spádu 105/65°C. Větvení sítě se jeví jako nejvhodnější jako paprskovitě. Pro část páteřní sítě jsem stanovil jmenovitý průměr, tloušťku izolace a tepelnou ztrátu vzniklou vedením v zemině. Distribuční síť je následně větvena k jednotlivým odběrným zařízením – domovním přípojkám. Opět jsem uvažoval s referenčním domem a stanovil jsem velikost a typ deskového výměníku tak aby byl zaručen přenos potřebného tepelného výkonu. Dalším podstatným prvkem domovní přípojky je zásobníkový ohřívač, který jsem na základě výpočtu zvolil o objemu 95 l. Ohřívač je doplněn elektrickou topnou spirálou pro přípravu teplé vody mimo otopné období. Část návrhu domovní přípojky jsem doplnil o funkční schéma v referenčním domě.

Poslední částí mé práce bylo ekonomické zhodnocení. Dle podobně fungujících obecních výtopen na biomasu je investice nenávratná. Investice společně s cenou paliva značně ovlivňují cenu dodávaného tepla. V mém případě uvažuji s předběžným odhadem ceny 450 Kč/GJ. Na základě této hodnoty vyšly náklady na vytápění a přípravu teplé vody v referenčním domě cca 62 tis. Kč. Hodnota vyšla poměrně vysoká, to je dané uvažovanou potřebou tepla pro referenční dům, která je nadprůměrná. Finální náklady tak mohou být značně nižší, pokud by došlo ke snížení tepelné ztráty objektů, např. jejich zateplením. Cena tepla vyrobeného v systému oblastní výtopy je srovnatelná s náklady na vytápění při použití vlastního zdroje tepla na uhlí nebo zemní plyn, které v práci taktéž uvádím. Problémem do budoucna může být neustále se zvyšující cena paliva, která negativně ovlivní cenu tepla. Na druhou stranu gradující ceny nastávají i v případě uhlí nebo zemního plynu, což je naopak kladem pro další rozvoj využívání obnovitelných zdrojů energie.

Podstatnou myšlenkou, kterou jsem si při zpracování práce uvědomil je vhodnost použití systému CZT na biomasu právě v měřítku obecní výtopy. To především z důvodu možnosti využití lokálního paliva, a tím krátké vzdálenosti na samotnou dopravu paliva do skladu. Navíc díky nakupování dřevní štěpky u lokálního prodejce dochází k ekonomické podpoře oblasti. To mě přivádí k myšlence, že u velkých tepláren nebude výhodou využívání obnovitelných zdrojů opodstatněna pokud bude nutné dopravovat palivo napříč kraji, v horším případě dokonce státy. I přes vysoké investiční náklady by dle mého názoru měly v dnešní době převažovat myšlenky ekologie a ochrany životního prostředí a podpora takových realizací by měla být prioritní.

## 6. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] ŠTĚCHOVSKÝ, Jaroslav. *Vytápění: pro střední školy se studijním oborem TZB nebo obdobným*. Vyd. 3., přeprac., (V Sobotáles vyd. 1.). Praha: Sobotáles, 2005, 487 s. ISBN 80-86817-11-3.
- [2] KOLONIČNÝ, Jan, HORÁK, Jiří a ŠEVČÍKOVÁ, Silvie. *Kotle malých výkonů na pevná paliva*. 2011. Dostupné také z: <http://www.iczt.cz/cs/doc/kotleMV.pdf>
- [3] VLACH, Josef. *Zásobování teplem a teplotěrenství*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1989, 543 s.
- [4] TZB INFO. *Základní topenářské definice* [online]. 2006 [cit. 2015-05-04]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3311-zakladni-topenarske-definice-slovník-pojmu>
- [5] KARAFIÁT, Josef. *Popis systémů CZT Historie, typy a principy KVET* [online]. [cit. 2015-06-04]. Dostupné z: [https://www.powerwiki.cz/attach/Vyroba/Popis\\_systemu\\_CZT.pdf](https://www.powerwiki.cz/attach/Vyroba/Popis_systemu_CZT.pdf)
- [6] NESŇAL, Zdeněk. BIOM. *Ekonomika provozu obecní výtopy na biomasu* [online]. [cit. 2015-05-04]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/ekonomika-provozu-obecni-vytopny-na-biomasu>
- [7] *Kotle na kapalná paliva - komfort a nezávislost* [online]. [cit. 2015-05-04]. Dostupné z: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-klasicka/kotle-na-kapalna-paliva.php>
- [8] TZB INFO. *Stručná teorie kondenzace u kondenzačních plynových kotlů Zdroj: http://www.tzb-info.cz/1912-strucna-teorie-kondenzace-u-kondenzacnich-plynovych-kotlu* [online]. 2004 [cit. 2015-05-04]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1912-strucna-teorie-kondenzace-u-kondenzacnich-plynovych-kotlu>.
- [9] ENERGETICKÝ INFORMAČNÍ SYSTÉM. *Kotle horkovodní UNIMAT UT-HZ LOOS* [online]. [cit. 2015-06-05]. Dostupné z: <http://www.eis.cz/popisvyr.php3?vcis=151>
- [10] QUANTUM, A.S. *Kondenzační technika* [online]. [cit. 2015-05-04]. Dostupné z: <http://www.quantumas.cz/kondenzacni-kotle/>
- [11] ČESKÁ PELETA, Z.S.P.O. *Pelety a brikety* [online]. [cit. 2015-05-04]. Dostupné z: <http://www.ceska-peleta.cz/pelety-brikety-drevo-zakladni-prehled/>
- [12] DŘEVO - PRODUKT SV, SPOL. S R.O. *Kotel na pelety WTH 150 - 200 kW* [online]. [cit. 2015-06-05]. Dostupné z: <http://www.drevoprodukt.cz/galerie-hsv-150-200.p87.html>

- [13] FRÖLING. *Kotel na štěpku, pelety, piliny T4* [online]. [cit. 2015-05-04]. Dostupné z: <http://www.froling.cz/products/kotel-na-stepku-pelety-piliny-t4/>
- [14] TZB INFO. *Alternativa k centralizovanému zásobování teplem pro panelové domy* Zdroj: <http://vytapani.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/7234-alternativa-k-centralizovanemu-zasobovani-teplem-pro-panelove-domy> [online]. 2011 [cit. 2015-06-05]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/7234-alternativa-k-centralizovanemu-zasobovani-teplem-pro-panelove-domy>
- [15] STUPAVSKÝ, Vladimír. BIOM. *Pelety z biomasy - dřevěné, rostlinné, kůrové pelety* [online]. [cit. 2015-06-05]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/pelety-z-biomasy-drevene-rostlinne-kurove-pelety>
- [16] STUPAVSKÝ, Vladimír. BIOM. *Dřevní štěpka - zelená, hnědá, bílá* [online]. [cit. 2015-06-05]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/drevni-stepka-zelena-hneda-bila>
- [17] PLZEŇSKÁ TEPLÁRENSKÁ, A.S. *Kniha o Systému Centralizovaného Zásobování Teplem* [pdf].
- [18] *Stránky města Rožnov pod Radhoštěm* [online]. [cit. 2015-06-05]. Dostupné z: <http://www.roznov.cz/>
- [19] CIHLÁŘ, Jiří, Marcela POČINKOVÁ a Günter GEBAUER. *Technická zařízení budov: Ústřední vytápění I : cvičení, ateliérová tvorba*. Brno: CERM, 1998, 238 s. ISBN 80-214-1142-2.
- [20] THERMONA. *Vše co potřebujete vědět o kaskádových kotelnách* [pdf]
- [21] VERNER. *Průmyslové kotle Verner Golem* [online]. [cit. 2015-05-04]. Dostupné z: [http://www.kotle-verner.cz/data/sharedfiles/3183/cz\\_100813%20VERNER%20GOLEM.pdf](http://www.kotle-verner.cz/data/sharedfiles/3183/cz_100813%20VERNER%20GOLEM.pdf)
- [22] VERNER. *Kotel GOLEM 600* [online]. [cit. 2015-05-04]. Dostupné z: <http://www.kotle-verner.cz/vyroby/kotelny-na-biomasu/golem-600-horak--vymenik>
- [23] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. *Předběžné ceny tepla 2015* [online]. [cit. 2015-05-04]. Dostupné z: [http://www.eru.cz/documents/10540/462926/Predbezne\\_ceny\\_tepla\\_2015.pdf/66b9423a-fc5c-4761-b829-4d28e5a6bcbf](http://www.eru.cz/documents/10540/462926/Predbezne_ceny_tepla_2015.pdf/66b9423a-fc5c-4761-b829-4d28e5a6bcbf)
- [24] VERONICA CENTRUM HOSTĚTÍN. *Výtopna na biomasu* [online]. [cit. 2015-05-04]. Dostupné z: <http://hostetin.veronica.cz/vytopna-na-biomasu>
- [25] GAILLYOVÁ, Yvonna. *Hostětín na cestě k nefosilnímu zásobování energií - realizované projekty a další záměry* [online]. [cit. 2015-05-04]. Dostupné z: [http://astro.sci.muni.cz/pub/hollan/e\\_papers/prednasky/ho\\_ceeres.htm](http://astro.sci.muni.cz/pub/hollan/e_papers/prednasky/ho_ceeres.htm)

- [26] HOSTĚTÍN. *Ekologické projekty v obci* [online]. [cit. 2015-05-04]. Dostupné z: <http://www.hostetin.cz/ekologicke-projekty/ds-1005/p1=1619>
- [27] TEPLÁRENSKÉ SDRUŽENÍ ČR. [online]. [cit. 2015-06-05]. Dostupné z: <http://www.tscr.cz/>
- [28] VERNER. *Průmyslové, kaskádové a mobilní kotelny* [online]. [cit. 2015-05-04]. Dostupné z: <http://www.verner.cz/data/sharedfiles/4660/prumyslove-kaskadove-a-mobilni-kotelny70.pdf>
- [29] VAVŘIČKA, Roman. [online]. [cit. 2015-05-04]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/priprava-teple-vody/7885-metody-navrhu-zasobniku-teple-vody>
- [30] MATUŠKA, Tomáš. *Zásobování teplem – přednášky* [pdf]
- [31] ČÚZK. *Nahlížení do katastru nemovitostí* [online]. [cit. 2015-05-04]. Dostupné z: <http://nahlizenidokn.cuzk.cz/>
- [32] FINTHERM. *Projektování předizolovaného potrubí* [online]. [cit. 2015-05-04]. Dostupné také z: <http://www.fintherm.cz/~media/countryspecific/czech-fintherm/documents/cz/uponor-infra-fintherm-designing-manual-2015-cz.pdf?version=2>
- [32] FINTHERM. *Produktový katalog předizolovaného potrubí a příslušenství* [online]. [cit. 2015-05-04]. Dostupné také z: <http://www.fintherm.cz/~media/countryspecific/czech-fintherm/documents/cz/uponor-infra-fintherm-product-catalog-of-preinsulated-pipes-and-accessories-2015-cz.pdf?version=4>
- [33] ALFA LAVAL. *Komplexní online příručka* [online]. [cit. 2015-05-04]. Dostupné z: <http://local.alfalaval.com/cs-cz/alcz/novinky/Pages/on-line-prirucka.aspx>
- [34] REFLEX CZ. *Výpočtový program Reflex CZ* [online]. [cit. 2015-06-05]. Dostupné z: <http://www.reflexcz.cz/cz/stazeni-programu>
- [35] DZD. *OKC 80 - 125 Technický list* [online]. [cit. 2015-06-05]. Dostupné z: [http://www.dzd.cz/images/download/TL\\_OKC\\_80-125.pdf](http://www.dzd.cz/images/download/TL_OKC_80-125.pdf)
- [36] DZD. *Charakteristika závěsných a svislých ohřivačů vody* [online]. [cit. 2015-05-04]. Dostupné z: <http://www.dzd.cz/cs/ohrivace-vody-bojlery/kombinovane-ohrivace-vody/zavesne-svisle>
- [37] ZOD ROŽNOVSKO. *Ceník palivového dřeva* [online]. [cit. 2015-05-04]. Dostupné z: [http://www.zod-roznovsko.com/pila/cenik\\_pd.pdf](http://www.zod-roznovsko.com/pila/cenik_pd.pdf)
- [38] SRDEČNÝ, Karel. TZB INFO. *Výtopna na biomasu - zdroj energie pro obec* [online]. [cit. 2015-06-05]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/877-vytopna-na-biomasu-zdroj-energie-pro-obec>

- [39] OPTIMTOP. *Balené černé uhlí* [online]. [cit. 2015-06-05]. Dostupné z: <http://www.optimtop.cz/balene-cerne-uhli-pro-automaticke-kotle-950-kg/>
- [40] TZB INFO. *Porovnání nákladů na vytápění podle druhu paliva Zdroj:* [http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/139-porovnan-nakladu-na-vytapani-podle-druhu-paliva?energie\\_gj](http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/139-porovnan-nakladu-na-vytapani-podle-druhu-paliva?energie_gj) [online]. [cit. 2015-05-04]. Dostupné z: [http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/139-porovnan-nakladu-na-vytapani-podle-druhu-paliva?energie\\_gj](http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/139-porovnan-nakladu-na-vytapani-podle-druhu-paliva?energie_gj)
- [41] PRAŽSKÁ TEPLÁRENSKÁ. *Schéma dodávky tepla* [online]. [cit. 2015-05-04]. Dostupné z: <http://www.ptas.cz/cs/dodavky-tepla/jak-to-funguje/schema-vyroby-a-dodavek-tepla/schema-dodavky-tepla/>
- [42] VIESSMAN. *Individuální řešení s efektivními systémy pro průmyslovou, komunální a obchodní sféru* [online]. [cit. 2015-06-05]. Dostupné z: [http://www.viessmann.cz/content/dam/internet-cz/pdf/Brozura\\_Individualni\\_reseni\\_05-2014\\_CZ\\_WEB.pdf](http://www.viessmann.cz/content/dam/internet-cz/pdf/Brozura_Individualni_reseni_05-2014_CZ_WEB.pdf)
- [43] SOVÁK, Lukáš a Vladimír STUPAVSKÝ. BIOM. *Využití energetické plodiny Miscanthus Gigantheus je rentabilní* [online]. [cit. 2015-05-04]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-energeticke-plodiny-miscanthus-gigantheus-je-rentabilni>
- [44] CIKHART, Jiří. *Soustavy centralizovaného zásobování teplem. 2., přeprac. a dopln. vyd.* Praha: SNTL, 1989, 557 s. ISBN 80-03-00021-1.

## POUŽITÉ NORMY

ČSN EN 1775

ČSN 06 0210

ČSN EN 12831

ČSN 06 0320

## 7. SEZNAM POUŽITÝCH PŘÍLOH

Příloha č. 1: Technický list zásobníkového ohřivače Dražice OKC 100

Příloha č. 2: Schéma dispozičního řešení kotelny

Příloha č. 3: Technické listy předizolovaného potrubí Fintherm Wehotharm

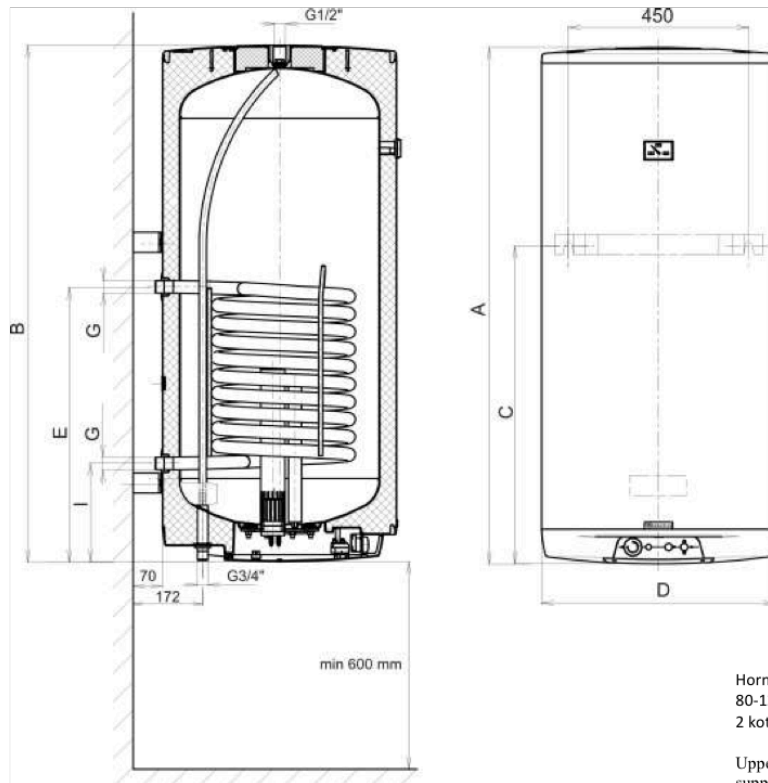
Příloha č. 4: Technická data pro výměník tepla Reflex Longtherm rhc

## Příloha č. 1: Technický list zásobníkového ohříváče Dražice OKC 100 [35]



## OKC 80 – 125

Technický list / Technical Data Sheet / Technisches Merkblatt / Технические данные



Horní závěs a opěra  
80-125L  
2 kotevní šrouby

Upper hinge and  
support  
80-125L  
2 anchor bolts

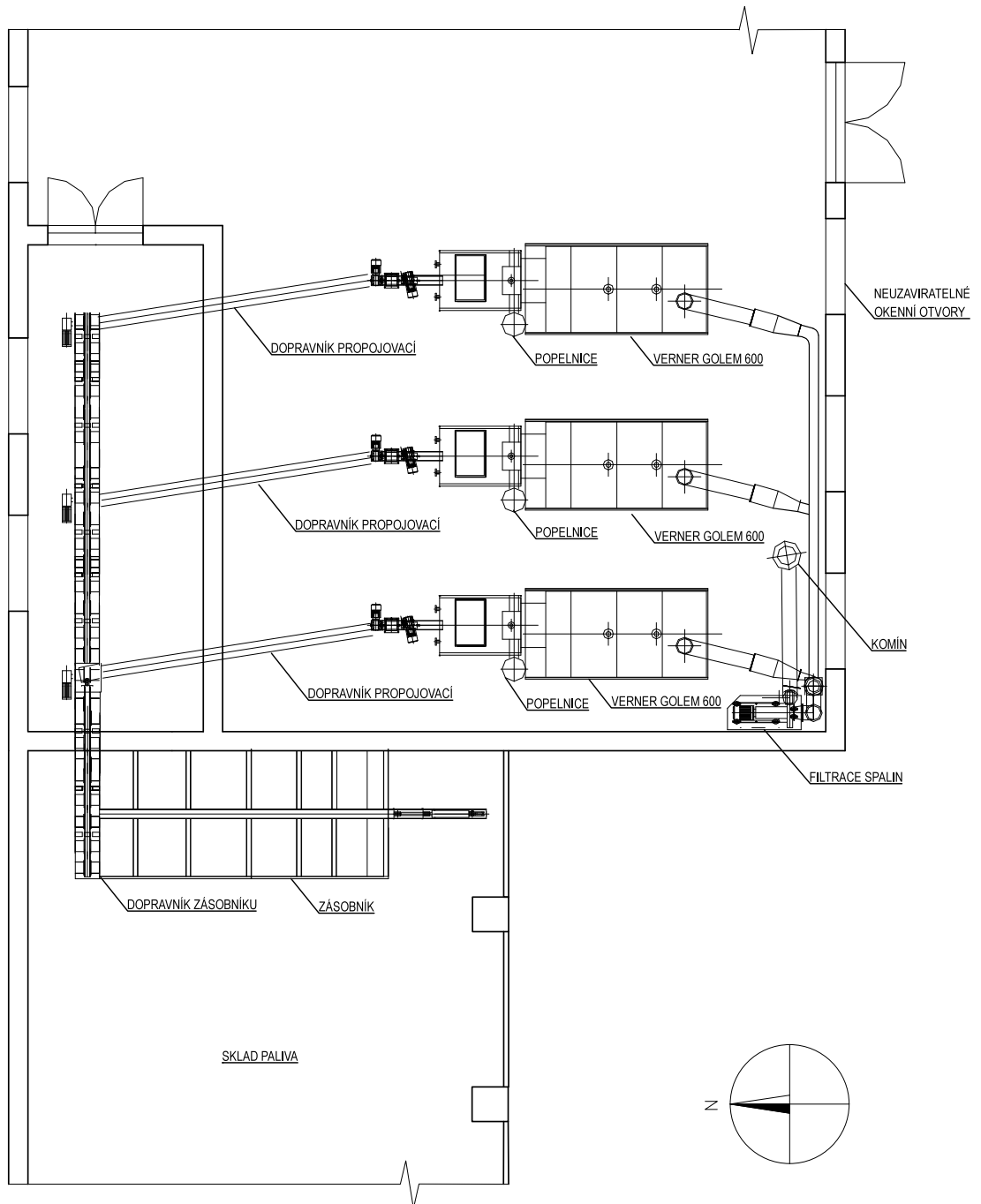
Obere Aufhängung und  
Stütze  
50-125L  
2 Ankerschrauben

Верхний кронштейн  
80-125л  
2 крепежные болты

| Typ | OKC 80 | OKC 100 | OKC 125 |
|-----|--------|---------|---------|
| A   | 736    | 881     | 1046    |
| B*  | 731    | 876     | 1041    |
| C   | 615    | 765     | 765     |
| D   | 524    | 524     | 524     |
| E   | 501    | 651     | 651     |
| G   | G3/4"  | G3/4"   | G3/4"   |
| I   | 211    | 211     | 211     |

\*Vzdálenost od horní hrany ke konci trubek vstupu a výstup vody  
Distance from the upper heater's edge to the end of the water inlet and outlet tubes.  
Entfernung von der Oberkante der Warmwasserspeicher bis zum Ende der Zulauf- und Auslassrohre.  
Расстояние от верхнего края нагревателя воды на входе и выходе воды.

Příloha č. 2: Schéma dispozičního řešení kotelny



## Příloha č. 3: Technické listy předizolovaného potrubí Fintherm Wehotherm [32]

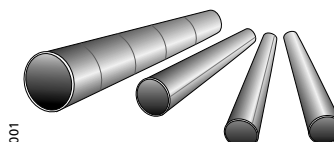
### Wehotherm® Standard

#### 1.1.1 Ocelová medionosná trubka

Ocelová potrubí používaná v systému Wehotherm® Standard jsou standardně vyráběna z podélně nebo spirálně svařovaných trubek podle normy EN 10217-1, EN 10217-2, EN 10217-5 nebo na vyžádání z bezešvých trubek dle EN 10216-2.

Není-li uvedeno jinak, hodnoty v tomto katalogu jsou platné pro svařované trubky dle norem EN 10217.

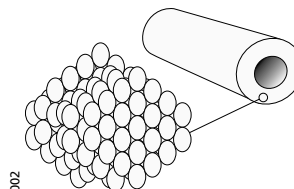
|                           |  |                     |
|---------------------------|--|---------------------|
| Materiál:                 | P 235 GH, P 235 TR 1, P 265 GH           |                     |
| Certifikát:               | EN 10204 - 3.1                           |                     |
| Úkosity:                  | DIN 2559/22, ISO 6761                    |                     |
| Délky:                    | DN 20, DN 25:                            | L = 6 m             |
|                           | DN 32 - DN 80:                           | L = 6 m, 12 m       |
|                           | DN 100 - DN 700:                         | L = 6 m, 12 m, 16 m |
| Hustota:                  | 7850 kg/m <sup>3</sup>                   |                     |
| Modul pružnosti v tahu:   | 2,06 · 10 <sup>5</sup> N/mm <sup>2</sup> |                     |
| Mez kluzu:                | 235 N/mm <sup>2</sup>                    |                     |
| Pevnost v tahu:           | 350 N/mm <sup>2</sup>                    |                     |
| Koef. tepel. vodivosti:   | 46 - 54,5 W/mK                           |                     |
| Koef. tepel. roztažnosti: | 1,2 · 10 <sup>-5</sup> K <sup>-1</sup>   |                     |



#### 1.1.2 Tvrdá polyuretanová izolace

Tvrdá polyuretanová pěna (PUR) se vyrábí míšením polyalkoholů (polyol) obsahujících aditiva s izokyanáty (MDI). Směs se vstříkuje do trubek technikou vysokotlakového pění. Jako nadouvadlo se používá cyklopentan. PUR pěna systému Wehotherm® Standard je bezfreonová a splňuje přísné požadavky evropské normy EN 253.

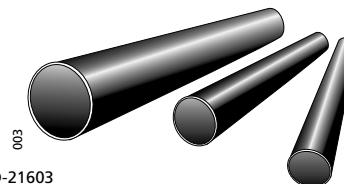
|                                      |                        |
|--------------------------------------|------------------------|
| Průměrná velikost buňky:             | ≤ 0,5 mm               |
| Obsah uzavřených buněk:              | ≥ 88 %                 |
| Hustota jádra:                       | ≥ 60 kg/m <sup>3</sup> |
| Pevnost v tlaku:                     | ≥ 0,3 MPa              |
| Pevnost ve střihu:                   | ≥ 0,12 MPa             |
| Koeficient tepel. vodivosti (+50°C): | 0,026 W/mK             |



#### 1.1.3 Plášťová trubka z PE-HD

Materiál PE-HD (vysokohustotní polyetylén)

|  |  |
|--|--|
| Rozměry:   | podle EN 253                           |
| Materiál:  | PE-HD                                  |
| Hustota (+20°C):                                   | ~ 960 kg/m <sup>3</sup>                |
| Koeficient tepelné vodivosti:                      | 0,43W/mK                               |
| Koeficient tepelné roztažnosti:                    | 1,8 · 10 <sup>-4</sup> K <sup>-1</sup> |
| Rychlost toku taveniny (MFI 190/5):                | 0,2 až 1,4                             |
| Obsah černého uhlíku:                              | 2,5 ± 0,5 % ASTM D-21603               |
| Protahání při přetržení:                           | ≥ 350% ISO R-292                       |
| Rázová pevnost:                                    | ≥ 10 mJ/mm <sup>2</sup> ISO R-179      |
| Pevnost v tahu:                                    | ≥ 17 MPa ISO DIS 572B                  |
| Materiál obsahuje ochranu proti účinkům UV záření. |  |





## Příloha č. 4: Technická data pro výměník tepla Reflex Longtherm rhc 15/20 [34]



Projekt: Případová studie CZT - Rožnov p. R.  
Datum: 5/3/2015 Odborný poradce:  
Strana: 1

Projekt číslo: 01

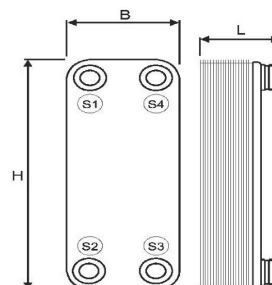
### Technická data pro výměník tepla Longtherm rhc 15/20

|                          |                             | Primár                 | Sekundár |         |
|--------------------------|-----------------------------|------------------------|----------|---------|
|                          |                             | paralelně 1 * v řadě 1 |          |         |
| Řazení                   |                             | Voda                   |          | Voda    |
| Koncentrace              | %                           | 100.0                  |          | 100.0   |
| Průtok                   | m <sup>3</sup> /h           | 0.4                    |          | 1.2     |
| Vstupní teplota          | POŽAD. °C                   | 105.0                  |          | 55.0    |
| Výstupní teplota         | POŽAD. °C                   | 65.0                   |          | 70.0    |
| Výkon                    | kW                          |                        | 20.0     |         |
| Delta tm ln              | K                           |                        | 20.0     |         |
| Tlaková ztráta           | SKUTEČ. kPa                 | 1.1                    |          | 8.7     |
| K-hodnota                | SKUTEČ. W/m <sup>2</sup> *K |                        | 4,739.0  |         |
| Specif. tepelná kapacita | J/kg*K                      | 4,203.5                |          | 4,177.2 |
| Hustota                  | kg/m <sup>3</sup>           | 968.1                  |          | 980.8   |
| Tepelná vodivost         | kJ/m*K*h                    | 0.67                   |          | 0.66    |
| Viskozita                | mPa*s                       | 0.43                   |          | 0.40    |
| Předávací plocha         | SKUTEČ. m <sup>2</sup>      |                        | 0.25     |         |
| Přebytek ploch           | %                           |                        | 19.2     |         |
| Počet desek              | kusy                        |                        | 20       |         |

### Materiál

|           |          |
|-----------|----------|
| Desky     | 1.4301   |
| Pájka     | 99.9% Cu |
| Připojení | 1.4301   |

|                    |   |          |
|--------------------|---|----------|
| Délka              | L | 74.0 mm  |
| Šířka              | B | 74.0 mm  |
| Výška              | H | 204.0 mm |
| Hmotnost (prázdná) |   | 1.9 kg   |
| Připojení          |   |          |





Version 1.0.34

Projekt: Případová studie CZT - Rožnov p. R.  
Datum: 5/3/2015 Odborný poradce:  
Strana: 2

Projekt číslo: 01

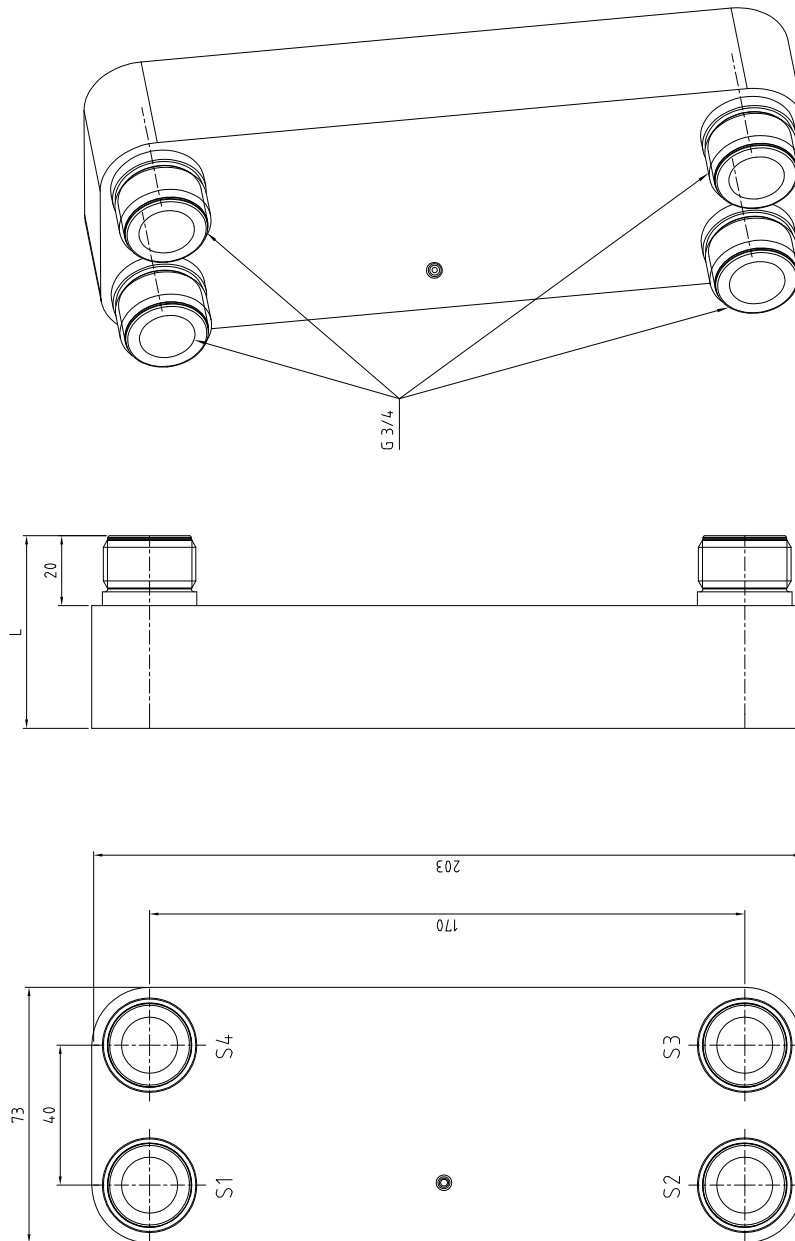
### 1. Longtherm-výměník tepla

| Pozice | Obj. č. | Počet | Druh textu  | Cena    | Celková cena |
|--------|---------|-------|---|---------|--------------|
| 1.1    | 6712200 | 1     | <p>Reflex Longtherm, pájený deskový výměník tepla z nerezové oceli (1.4404), pájený mědi ve vakuu, se závitovým připojením. Schváleno ve smyslu Evropské směrnice pro tlaková zařízení 97/23/EG. Výrobek nese označení CE.</p> <p>Typ : rhc 15/20<br/> Výkon : 20,0 kW<br/> Vstup. teplota s1/s2 : 105,0 °C<br/> Výstup. teplota s1/s2 : 65,0 °C<br/> Vstup. teplota s3/s4 : 55,0 °C<br/> Výstup. teplota s3/s4 : 70,0 °C<br/> Objemový tok s1/s2 : 0,4 m3/h<br/> Objemový tok s3/s4 : 1,2 m3/h<br/> Tlaková ztráta s1/s2 : 1,1 kPa<br/> Tlaková ztráta s3/s4 : 8,7 kPa<br/> Rezerva na teplosm. ploše : 19,2 %<br/> Délka : 74 mm<br/> Šířka : 74 mm<br/> Výška : 204 mm<br/> Dovol. provozní tlak : 30 bar<br/> Dovol. provozní teplota : 195 °C<br/> Připojení : G 3/4<br/> Hmotnost (prázd.) : 1,9 kg</p> | 238.00€ | 238.00€      |
| 1.2    | 6750000 | 1     | <p>Reflex Longtherm-Tepelná izolace, skládající se ze dvou PU dílů se spojovacím páskem, jednoduše montovatelná.</p> <p>Typ : rc 15/10-20<br/> Povrchový materiál : PS<br/> Délka : 110 mm<br/> Šířka : 120 mm<br/> Výška : 280 mm<br/> Tloušťka izolace : 20 mm</p>  | 60.30€  | 60.30€       |
| 1.3    | 6760100 | 1     | <p>Reflex Longtherm-Připojovací šroubení, ocelové pro navařování s mosaznými převlečnými maticemi v sadě po dvou kusech, montáž na stavbě.</p> <p>Typ : Anschweißende rhc 15<br/> Dimenze připojení : G 3/4 * 21,2 mm</p>   | 22.50€  | 22.50€       |
| 1.4    | 6761100 | 1     | <p>Reflex Longtherm-Připojovací šroubení, mosazné pro pájení na měděnou trubku, s mosaznými převlečnými maticemi v sadě po dvou kusech, montáž na stavbě.</p> <p>Typ : Lötende rhc 15<br/> Dimenze připojení : G 3/4 * 18 mm</p>  | 19.60€  | 19.60€       |
| 1.5    | 6762100 | 1     | <p>Reflex Longtherm-Připojovací šroubení, mosazné pro našroubování s mosaznými převlečnými maticemi v sadě po dvou kusech, montáž na stavbě.</p> <p>Typ : Anschraubende rhc 15<br/> Dimenze připojení : G 3/4 * R 1/2<br/> Materiál : mosaz</p>   | 42.10€  | 42.10€       |

Zboží bez objednačního čísla nepatří do výrobního programu Reflex.

E-Mail: [info@reflex.de](mailto:info@reflex.de)

Internet: [www.reflex.de](http://www.reflex.de)

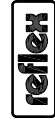


Platten-Wärmeübertrager (gelötet)

' longtherm rhc 15/...'

zul. Betriebsüberdruck: 30 bar

zul. Betriebstemperatur: 195 °C



Reflex Winkelmann GmbH+Co.KG  
D- 59227 Ahlen

|                              |      |      |      |
|------------------------------|------|------|------|
| Plattenanzahl                | 10   | 20   | 30   |
| L (mm)                       | 50   | 73   | 101  |
| Gewicht (kg)                 | 1,2  | 1,7  | 2,2  |
| Oberfläche (m <sup>2</sup> ) | 0,11 | 0,25 | 0,39 |