

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**  
**Katedra elektroenergetiky**

**Návrh nízkoenergetického vytápění rodinného domu**

**Suggestion lowenergy heating rezidental home**

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra elektroenergetiky

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Martin Filip**

Studijní program: N2649 Elektrotechnika

Studijní obor: 3907T001 Elektroenergetika

Téma: **Návrh nízkoenergetického vytápění rodinného domu.  
Suggestion lowenergy heating rezidential home.**

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Teoretický rozbor variant vytápění.
2. Výpočet tepelné ztráty objektu.
3. Volba softwaru pro výpočet tepelné ztráty.
4. Moderní metody vytápění.
5. Návrh nízkoenergetického vytápění rodinného domu.

Seznam doporučené odborné literatury:

Hradílek Z. Elektroenergetika distribučních a průmyslových zařízení. Kniha, Vydavatelství MONTANEX 2008.

Hradílek Z. Lázníčková I. Král V. Elektrotepelná technika. Vydalo ČVUT Praha 2011.


Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Zdeněk Hradílek, DrSc.**

Datum zadání: 01.09.2018

Datum odevzdání: 30.04.2019



  
prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.  
vedoucí katedry

  
prof. Ing. Pavel Brandšetter, CSc.  
děkan fakulty

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne: 29. 4. 2019



.....  
Martin Filip

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval prof. Ing. Zdeňku Hradílkovi, DrSc. za odbornou pomoc a další cenné rady při vytváření této diplomové práce.

## **Abstrakt**

Tato diplomová práce se zabývá problematikou vytápění nízkoenergetického domu. Cílem práce je seznámit se s různými variantami vytápění a následně vybrat tu nejvhodnější pro zvolený stavební objekt. V prvních dvou kapitolách jsou teoreticky zpracované varianty vytápění a nové moderní metody, které se v dnešní době používají. V následující kapitole je popsán daný objekt, z něž se dozvídáme, z jakých materiálů je objekt zhotoven. V této diplomové práci je pomocí stavební výkresové dokumentace a výpočtového softwaru TechCON dům namodelován a následným výpočtem jsou zjištěny jeho tepelné ztráty. V programu je také namodelováno podlahové vytápění. Na základě vypočtených hodnot z programu jsou pro posuzování vhodnosti vytápění zvoleny tři varianty vytápění, a to tepelné čerpadlo vzduch/voda, tepelné čerpadlo země/voda a elektrický kotel. Pro každou z těchto variant jsou vypočteny investiční i provozní náklady, a následně za účasti dalších kritérií jsou vyhodnoceny pomocí metody WSA, abychom našli tu nejvhodnější variantu vytápění pro zvolený rodinný dům.

## **Klíčová slova**

Tepelné ztráty, software TechCON, nízkoenergetický dům, větrání s rekuperací, potřeba energie, spotřeba energie, vytápění, tepla užitková voda, tepelné čerpadlo, elektrický kotel, investiční náklady, provozní náklady, WSA

## **Abstract**

This thesis deals with the problematics of a low-energy house heating. The aim of this work is to get familiar with different variants of heating and then choose the most suitable solution for the selected building. In the first two chapters there are theoretically described variants of heating and new modern methods that are used nowadays. In the following chapter we will learn what materials is the building made from. In this thesis the house is modeled using the building documentation and the calculation software TechCON and its heat loss is determined by subsequent calculation. The program is also used for modeling the floor heating. Based on the calculated values from the program, three heating variants are selected for the assessment of heating suitability, namely air/water heat pump, ground/water heat pump and electric boiler. For each of these options the investment and operating costs are calculated and subsequently, with the help of other parameters, they are evaluated using the WSA method to find the most suitable heating option for the selected family house.

## **Keywords**

Heat loss, software TechCON, low energy house, heat recovery ventilation, energy demand, energy consumption, heating, hot water, heat pump, electric boiler, capital cost, operating cost, WSA

# Obsah

|       |   |           |
|-------|---|-----------|
| 1     | Úvod.....   | 13        |
| 2     | <b>Rozbor variant vytápění .....</b>                        | <b>14</b> |
| 2.1   | Dřevo.....  | 14        |
| 2.2   | Uhlí.....   | 14        |
| 2.3   | Pelety.....   | 15        |
| 2.4   | Zemní plyn .....  | 15        |
| 2.5   | Elektrické vytápění.....                                    | 16        |
| 2.5.1 | Akumulační elektrické vytápění.....                         | 17        |
| 2.5.2 | Přímotopné elektrické vytápění.....                         | 18        |
| 2.5.3 | Smíšené (hybridní) elektrické vytápění.....                 | 19        |
| 2.6   | Tepelná čerpadla .....                                      | 19        |
| 2.6.1 | Druhy tepelných čerpadel.....                               | 20        |
| 2.6.2 | Provoz tepelných čerpadel.....                              | 23        |
| 2.7   | Solární energie.....  | 24        |
| 3     | <b>Moderní metody vytápění.....</b>                         | <b>26</b> |
| 3.1   | Nucené větrání s rekuperací .....                           | 29        |
| 4     | <b>Popis objektu .....</b>                                  | <b>34</b> |
| 5     | <b>Výpočet tepelné ztráty a spotřeby energie .....</b>      | <b>36</b> |
| 5.1   | Výpočet tepelných ztrát dle normy ČSN EN 12831 - 1 .....    | 36        |
| 5.2   | Výpočet tepelné ztráty pomocí softwaru TechCON IVAR CS..... | 39        |
|       | Modelování .....  | 39        |
| 5.3   | Výpočet potřeby energií na vytápění a ohřev TUV.....        | 41        |
| 6     | <b>Návrh vytápění daného objektu.....</b>                   | <b>44</b> |
| 6.1   | Varianta 1 – tepelné čerpadlo země/voda.....                | 44        |
| 6.2   | Varianta 2 – tepelné čerpadlo vzduch/voda .....             | 49        |
| 6.3   | Varianta 3 – elektrický kotel .....                         | 52        |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 6.4      | Teplovodní podlahové vytápění .....                      | 54        |
| <b>7</b> | <b>Vyhodnocení pomocí multikriteriální analýzy .....</b> | <b>57</b> |
| 7.1      | Určení vah kriterií .....                                | 58        |
| 7.2      | Metoda WSA.....  | 59        |
| <b>8</b> | <b>Závěr.....</b>  | <b>61</b> |
|          | <b>Seznam použité literatury.....</b>                    | <b>62</b> |
|          | <b>Přílohy .....</b>                                     | <b>65</b> |



## Seznam použitých symbolů a zkratk

| Symbol             | Význam symbolu  | Jednotka                 |
|--------------------|---|--------------------------|
| $d$                | Počet dnů otopného období   | (den)                    |
| $D$                | Denostupně  | (K·den)                  |
| $J$                | Stálá měsíční cena za jmenovitou hodnotu hlavního jističe                                   | (Kč)                     |
| $M_h$              | Hmotnostní průtok topné vody v okruhu   | (kg·m <sup>-1</sup> )    |
| $NT$               | Cena za 1 MWh v nízkém tarifu   | (Kč)                     |
| $OTE$              | Stálá měsíční cena za služby operátora trhu v elektroenergetice                             | (Kč)                     |
| $P$                | Příkon tepelného čerpadla   | (W)                      |
| $P_d$              | Výkon elektrický dodaný   | (W)                      |
| $P_p$              | Výkon elektrický předaný  | (W)                      |
| $Q_{ch}$           | Chladicí výkon  | (W)                      |
| $Q_r$              | Potřebná energie pro vytápění a ohřev TUV za rok  | (MWh·rok <sup>-1</sup> ) |
| $Q_{rs-TČ}$        | Spotřeba energie při vytápění a ohřevu TUV tepelným čerpadlem za rok                        | (MWh·rok <sup>-1</sup> ) |
| $Q_{rs-TČ+EB}$     | Spotřeba energie při vytápění a ohřevu TUV tepelným čerpadlem a elektrickým bojlerem za rok | (MWh·rok <sup>-1</sup> ) |
| $Q_{rs-TČ+EP}$     | Spotřeba energie při vytápění a ohřevu TUV tepelným čerpadlem a elektrickou patronou za rok | (MWh·rok <sup>-1</sup> ) |
| $Q_{TČ}$           | Tepelný výkon tepelného čerpadla  | (W)                      |
| $Q_{TUV-r}$        | Potřebná energie pro ohřev TUV za rok   | (MWh·rok <sup>-1</sup> ) |
| $Q_{TUV-r-TČ}$     | Potřebná energie pro ohřev TUV tepelným čerpadlem za rok                                    | (MWh·rok <sup>-1</sup> ) |
| $Q_{TUV-r-TT}$     | Potřebná energie pro ohřev TUV topným tělesem za rok  | (MWh·rok <sup>-1</sup> ) |
| $Q_{TUV-rs-EB}$    | Spotřeba energie při ohřevu TUV elektrokotlem   | (MWh·rok <sup>-1</sup> ) |
| $Q_{TUV-rs-TČ}$    | Spotřeba energie při ohřevu TUV tepelným čerpadlem za rok                                   | (MWh·rok <sup>-1</sup> ) |
| $Q_{VYT-r}$        | Potřebná energie pro vytápění za rok  | (MWh·rok <sup>-1</sup> ) |
| $Q_{VYT-rs-EK}$    | Spotřeba energie při vytápění elektrokotlem   | (MWh·rok <sup>-1</sup> ) |
| $Q_{VYT-rs-EK-NT}$ | Spotřeba energie při vytápění elektrokotlem při nízkém tarifu                               | (MWh·rok <sup>-1</sup> ) |
| $Q_{VYT-rs-EK-VT}$ | Spotřeba energie při vytápění elektrokotlem při vysokém tarifu                              | (MWh·rok <sup>-1</sup> ) |
| $Q_{VYT-rs-TČ}$    | Spotřeba energie při vytápění elektrickou patronou za rok                                   | (MWh·rok <sup>-1</sup> ) |
| $R-I+z$            | Tlaková ztráta potrubí  | (Pa)                     |
| $SE$               | Stálá měsíční cena za silovou elektřinu   | (Kč)                     |
| $t_e$              | Venkovní výpočtová teplota  | (°C)                     |
| $t_{es}$           | Průměrná venkovní teplota v otopném období  | (°C)                     |
| $t_i$              | Vnitřní teplota   | (°C)                     |
| $t_{is}$           | Průměrná vnitřní teplota  | (°C)                     |
| $T_v$              | Doba vytápění   | (h)                      |

| Symbol       | Význam symbolu                                    | Jednotka                     |
|--------------|---|------------------------------|
| $U_w$        | Součinitel prostupu tepla okna                    | $(W \cdot m^2 \cdot K^{-1})$ |
| VT           | Cena za 1 MWh ve vysokém tarifu                   | (Kč)                         |
| $\Delta t$   | Teplotní spád topného okruhu                      | (°C)                         |
| $\Phi_{HL}$  | Tepelná ztráta objektu                            | (W)                          |
| $\Phi_{TUV}$ | Potřebný výkon pro ohřev TUV                      | (W)                          |
| $\Phi_{TZ}$  | Celkový potřebný výkon pro návrh tepelného zdroje | (W)                          |

| Zkratka          | Význam zkratky       |
|------------------|----------------------|
| CO               | Oxid uhelnatý        |
| CO <sub>2</sub>  | Oxid uhličitý        |
| COP              | Topný výkon          |
| COP <sub>p</sub> | Průměrný topný výkon |
| EB               | Elektrický bojler    |
| EK               | Elektrokotel         |
| EP               | Elektrická patrona   |
| NO <sub>x</sub>  | Oxid dusíku          |
| SDK              | Sádrokarton          |
| SO <sub>2</sub>  | Oxid siřičitý        |
| TČ               | Tepelné čerpadlo     |
| TUV              | Teplá užitková voda  |
| TT               | Topné těleso         |
| W55              | Voda o teplotě 55 °C |

## Seznam ilustrací

|   |    |
|---|----|
| Obr. 2.1 Zplyňovací kotel [3].....  | 14 |
| Obr. 2.2 Kotel se šnekovým dopravníkem[3] .....   | 15 |
| Obr. 2.3 Typy akumulčních topidel.....  | 17 |
| Obr. 2.4 Princip funkce tepelného čerpadla [1].....   | 19 |
| Obr. 2.5 Tepelné čerpadlo vzduch-voda [8].....  | 21 |
| Obr. 2.6 Tepelné čerpadlo země-voda s geotermálním vrtem [8].....                             | 21 |
| Obr. 2.7 Tepelné čerpadlo země-voda s plošným kolektorem [8] .....                            | 22 |
| Obr. 2.8 Schéma tepelného čerpadla v monovalentním provozu [1] .....                          | 23 |
| Obr. 2.9 Schéma tepelného čerpadla v monoenergetickém provozu[1].....                         | 24 |
| Obr. 2.10 Schéma tepelného čerpadla v bivalentním provozu[1] .....                            | 24 |
| Obr. 2.11 Dvouokruhový kapalinový solární systém [7] .....                                    | 25 |
| Obr. 5.1 Přehled použitých stěn .....   | 39 |
| Obr. 5.2 Namodelovaný rodinný dům v programu TechCON .....                                    | 40 |
| Obr. 6.1 Teplotní hodnoty v zemním prostoru [13] .....  | 44 |
| Obr. 6.2 Výkonová křivka VWF 57/4 v závislosti na nemrznoucí směsi[13] .....                  | 45 |
| Obr. 6.3 Výkonová křivka čerpadla VWF 57/4 země/voda v závislosti na venkovní teplotě.....    | 48 |
| Obr. 6.4 Výkonová křivka čerpadla VWL 55/5 vzduch/voda v závislosti na venkovní teplotě ..... | 50 |

## Seznam tabulek

|  |    |
|--|----|
| Tab. 2.1 Porovnání emisí různých paliv.....                              | 16 |
| Tab. 3.1 Rozdělení objektu podle spotřeby energie.....                   | 26 |
| Tab. 3.2 Stavebně fyzikální vlastnosti tepelně izolačních materiálu..... | 28 |
| Tab. 3.3 Hodnoty součinitele prostupu tepla obvodových konstrukcí.....   | 28 |
| Tab. 5.1 Vnitřní teploty místnosti.....                                  | 40 |
| Tab. 5.2 Výstupní hodnoty tepelných ztrát.....                           | 41 |
| Tab. 6.1 Technické parametry tepelného čerpadla[13].....                 | 45 |
| Tab. 6.2 Investiční náklady tepelného čerpadla flexoTHERM VWF 58/4.....  | 47 |
| Tab. 6.3 Přehled potřeby a spotřeby tepla.....                           | 48 |
| Tab. 6.4 Technické parametry tepelného čerpadla[20].....                 | 50 |
| Tab. 6.5 Investiční náklady tepelného čerpadla aroTHERM VWL 55/5.....    | 51 |
| Tab. 6.6 Přehled potřeby a spotřeby tepla.....                           | 52 |
| Tab. 6.7 Technické parametry elektrokotle [22].....                      | 53 |
| Tab. 6.8 Investiční náklady elektrokotle RAY 6 KE.....                   | 53 |
| Tab. 6.9 Přehled potřeby a spotřeby tepla.....                           | 54 |
| Tab. 6.10 Bilance rozdělovačů.....                                       | 55 |
| Tab. 6.11 Okruhy a jejich nastavení.....                                 | 55 |
| Tab. 7.1 Přehled uvažovaných variant hodnotících kritérií.....           | 57 |
| Tab. 7.2 Fullerův trojúhelník.....                                       | 58 |
| Tab. 7.3 Vypočtené váhy.....   | 59 |
| Tab. 7.4 Vypočtené hodnoty maximální hodnoty užítka.....                 | 60 |

# 1 Úvod

V dnešní době je moderní stavět budovy v nízkoenergetickém či pasivním standardu. Tyto stavby se vyznačují zvláště nízkou potřebou energie na vytápění a tím pádem i nižšími provozními náklady a energetickými požadavky na zabezpečení vnitřní tepelné pohody. Tepelná pohoda je v rodinném domě či bytě pro člověka důležitá, jelikož zde tráví téměř polovinu svého života. Tepelné pohody a nízkých provozních nákladů lze docílit vhodným výběrem tepelného zdroje a otopné soustavy. Při rozhodování chceme zpravidla dosáhnout bezstarostného bydlení za minimální peníze. Proto nejdůležitějšími kritérii při výběru topného systému jsou pořizovací náklady, provozní náklady, nároky na obsluhu, dostupnost paliva atd. V dnešní době už se upouští od zdrojů na fosilní paliva a přechází se k modernějším zdrojům energie, jako jsou elektrické zdroje, tepelná čerpadla, solární kolektory, biomasa atd.

V této diplomové práci se zabývám návrhem vytápění pro zadaný rodinný dům. První dvě kapitoly práce obsahují přehled variant a způsobů vytápění, podle kterých byly pak vybrány ty nejvhodnější a v dnešní době nejpoužívanější. Největší pozornost je věnovaná tepelným čerpadlům a elektrickému vytápění, které jsou popsány uvnitř druhé kapitoly. Další z kapitol obsahuje výběr vhodného softwaru, pomocí kterého jsou vypočteny tepelné ztráty objektu. Na základě hodnot vypočtených programem byly zvoleny tepelné zdroje a teplovodní otopná soustava, pro které byly následně vypočítány provozní a investiční náklady. V závěrečné části je vyhodnocena nejvhodnější varianta vytápění za pomoci multikriteriální analýzy – metody WSA.

## 2 Rozbor variant vytápění

### 2.1 Dřevo

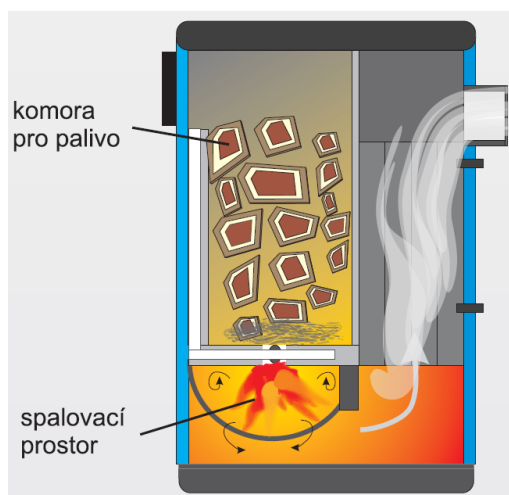
Topení dřevem je velmi oblíbené, hlavně na vesnicích či horských oblastech, kde lidé vlastní lesy a mají vytápění skoro zadarmo. Ve městech dochází k ústupu hlavně kvůli zvyšujícím se cenám. Negativními vlastnostmi vytápění dřevem jsou skladování, nutná akumulární nádoba, častá obsluha, manipulace s popelem. Mezi plusy patří dobrá regulovatelnost a ekologičnost.

Dřevo vhodné pro vytápění musí být uskladněno zhruba po dobu dvou let, aby se pořádně vysušilo a mělo co největší výhřevnost. Obsah vody v suchém dřevu je pod 15 %. Je považováno za obnovitelný zdroj.

#### Typy kotlů:

- Prohořivací;
- Odhořivací;
- Zplyňovací;
- Automatický kotel se šnekovým dopravníkem;
- Automatický kotel s otočným roštem;

Mezi nejpoužívanějšími jsou většinou kotle zplyňovací, které dosahují účinnosti přes 90 % a splňují emisní třídu 3.

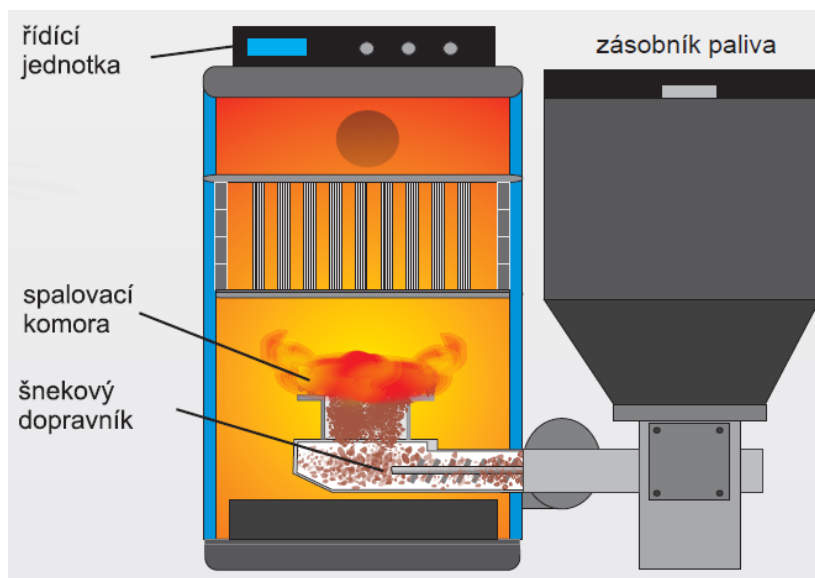


Obr. 2.1 Zplyňovací kotel [3]

### 2.2 Uhlí

Podobně jako u dřeva musíme brát v potaz dovoz, uskladnění a manipulaci. Místnost, v níž bude umístěn kotel, musí být větší rozměrů. Kotel je nutné hlídat, nemůže zůstat bez dozoru. Cena uhlí je sice oproti dřevu vyšší, ale na druhou stranu má uhlí větší výhřevnost.

Staré kotle se mění za nové automatické kotle, protože jsou pohodlnější. Palivo se nasype do zásobníku a kotel si z něho sám ubírá. Kotle splňují emisní třídu 3. U automatických kotlů může dojít k úsporám až 30 % za palivo, ale v praxi se nemůže dosáhnout takové úspory, protože nedojde k vyhasnutí kotle. Regulace těchto kotlů je srovnatelná s plynovými.



Obr. 2.2 Kotel se šnekovým dopravníkem[3]

### 2.3 Pelety

Malý, slisovaný kousek hmoty nejčastěji válcovitého tvaru. Pelety dřeva se používají jako náhrada fosilních paliv. Pelety se vyrábějí z dřevěných hoblin nebo pilin. Je to ekologické palivo s nízkým obsahem vody, proto někdy musí být vstupní materiál na výrobu pelet dosušován v sušárnách.

Rozlišujeme dva druhy pelet. První typ je pro domácnost, jsou to pelety z jednoho druhu stromu. Mají vyšší jakost a výhřevnost. Za kvalitní pelety považujeme pelety vyráběné pouze z měkkého dřeva bez kůry, které nám zaručí bezproblémový chod kotle. Druhý typ je pro průmysl, tyto pelety obsahují víc příměsí a mají horší parametry pro hoření. [4]

### 2.4 Zemní plyn

Při spalování zemního plynu nevznikají žádné nespálené a nebezpečné částice, které jsou v současné době největším problémem. Emise oxidu uhelnatého a oxidů síry jsou zanedbatelné. Emise oxidu dusíku a oxidu uhličitého tvoří 25–50 % emisí vznikajících při spalování uhlí a jiných paliv. Jako zemní plyn lze použít i další zkapalněné plyny, jako je propan nebo butan. Vlastnosti těchto plynů jsou stejné a jejich vyšší cena je dána použitím v místech, kde není možnost použít zemní plyn.

Plyn se dodává na místo spotřeby pomocí potrubí, ve kterém dochází k minimálním ztrátám a nepotřebuje žádnou hnací sílu. Pro vytápění budov používáme buď lokální vytápění, tj. použití více nezávislých zdrojů pro vytopení nějakého objektu, nebo centrální, tj. použije se hlavní zdroj (kotel), který rozvádí teplo do více objektů. [5]

Mezi výhody zemního plynu patří:

- Vysoká energetická účinnost plynových spotřebičů;
- Možnost využití plynu u odběratele bez zbytečných přeměn;
- Snadná ovladatelnost, regulace a automatizace;
- Příznivý vliv na životní prostředí;

Tab. 2.1 Porovnání emisí různých paliv

|                 |         | Hnědé uhlí | Koks   | Zemní plyn |
|-----------------|---------|------------|--------|------------|
| Popílek         | (mg/MJ) | 608,4      | 309,2  | 0,6        |
| SO <sub>2</sub> | (mg/MJ) | 1129,4     | 398,9  | 0,3        |
| CO              | (mg/MJ) | 3146,9     | 1717,6 | 9,4        |
| Uhlovodíky      | (mg/MJ) | 699,3      | 381,7  | 3,8        |
| NO <sub>x</sub> | (mg/MJ) | 209,8      | 57,3   | 47,2       |
| CO <sub>2</sub> | (g/MJ)  | 111        | 92     | 56         |

## 2.5 Elektrické vytápění

Užití elektrické energie pro vytápění je jedna z ekonomicky nejnáročnějších variant. Na druhou stranu je elektrické vytápění považováno za nejčistší a nejkomfortnější pro vytvoření tepelné pohody člověka. Žádná z ostatních forem energie nenabízí tak dobře regulovatelný tepelný tok do místnosti přesně odpovídající její tepelné ztrátě a žádané vnitřní teplotě.

Rozlišujeme dva typy otopného systému podle umístění zdroje:

- Lokální – elektrotopný spotřebič je umístěn přímo ve vytápěném prostoru;
- Centrální – zdroj tepla (kotel) je umístěn mimo objekt nebo v jednom z vytápěných prostorů a rozvádí teplo do jiných prostorů;

Mezi výhody elektrického vytápění patří:

- Vysoká spolehlivost;
- Dokonalá regulovatelnost;
- Vysoká účinnost (téměř 100 %);
- Minimální nároky na údržbu;
- Bezhluchý a čistý provoz;
- Nízké náklady na 1 kWh vyrobeného tepla;

Rozlišujeme tři systémy podle časového odběru elektrické energie ze sítě a její přeměny na teplo:

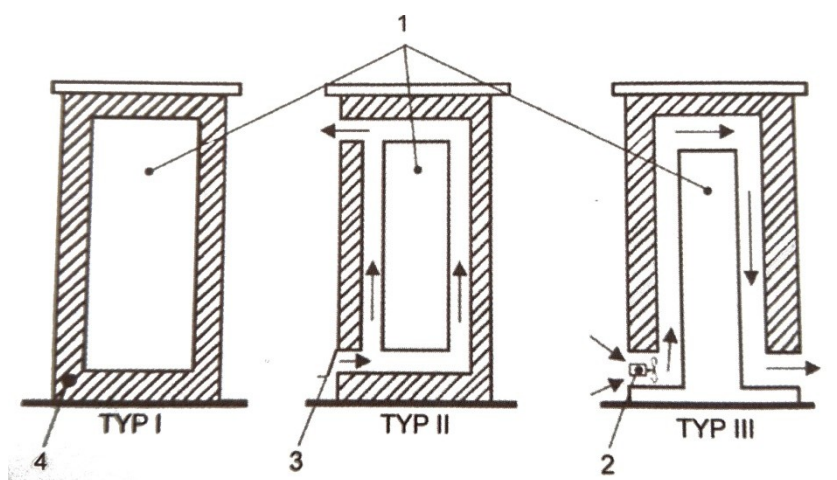
- Akumulační;
- Přímotopé;
- Smíšené (hybridní);



### 2.5.1 Akumulační elektrické vytápění

U tohoto způsobu vytápění se přeměňuje elektrická energie na teplo v odporových člancích nebo kabelech, které jsou uloženy v akumulčním materiálu. Ten je ve tvaru topidla, kotle nebo je betonovou částí, většinou podlahy. Vytápění požaduje znalost doby vytápění  $T_v$  na výpočtovou vnitřní teplotu  $t_i$ . Při tomto způsobu vytápění se elektrická energie odebírá ve vybraných hodinách, kdy je levnější energie – nízký tarif. Energie ze sítě se odebírá většinou mezi 22 a 6 hodinou, anebo ve vybraných denních hodinách, a to po 2 hodinách.

Jako akumulční materiál se užívá hlavně magnezit a šamot. Podle konstrukčního provedení můžeme sdílení tepla rozdělit na tři typy, které jsou znázorněny na Obr. 2.3.



Obr. 2.3 Typy akumulčních topidel

#### Typ I

U tohoto typu topidla se teplo sdílí pouze z povrchu pláště. Vybíjení tepla je přirozené (statické), takže nelze řídit vydávání tepla. Teplo se sdílí sáláním z povrchu a přirozenou konvencí z povrchu topidla.

#### Typ II

Teplo je předáváno povrchem pláště sáláním a konvencí. Oproti typu I je část tepla vydávána řízeně, a to ohříváním vzduchu, který proudí teplovzdušnými kanálky v akumulčním jádru. Po ukončení nabíjení topidla se částečně řídí vydávání tepla pomocí prostorového termostatu, který zavírá a otevírá průduchy.

#### Typ III

Po nabití se vydávání tepla řídí automaticky podle vnitřní teploty. Akumulační jádro je dobře izolováno a plášť topidla je především plechový. Jeho povrchová teplota je nízká. Teplo se vybíjí proháněním vzduchu přes teplovzdušné kanálky pomocí ventilátoru. Ventilátor se řídí prostorovým termostatem. Používají se hlavně v rodinných domech a bytech, kde je zapotřebí rychlého zátopy a dobrá ovladatelnost vydávání tepla.

Hlavní elektrické akumulční vytápění sestává z teplovodní otopné soustavy, tj. odporový zdroj tepla a z vodního akumulátoru. Teplo se z akumulátoru dopravuje do vytápěné místnosti.

Dalším typem akumulčního vytápění je velkoplošné podlahové akumulční vytápění. Zde jsou zdrojem tepla kabely uložené v akumulční desce (betonové mazanině). Akumulční deska musí být dobře izolovaná od spodní části, aby nedocházelo k odvodu tepla. K tepelné izolaci se používá především kombinace pěnového polystyrénu a minerální vláknité izolace.

### **2.5.2 Přímotopné elektrické vytápění**

Tenhle typ vytápění se skládá z přímotopných topidel s topnými tělesy nebo elektrod, rozvodu a z regulačního obvodu.

Podle umístění zdroje tepla a způsobu sdílení tepla je rozdělujeme:

#### 1. Lokální

- Konvektory a teplovzdušná topidla;
- Elektrické podlahové topné kabely;
- Sálavé topné systémy;

#### 2. Centrální

- Teplovodní elektrické kotle;

### **Konvektory a teplovzdušná topidla**

Přeměňují všechnu elektrickou energii na energii tepelnou. Do spodní části konvektoru přichází studený vzduch, prochází topným tělesem uvnitř a pak ohřátý vzduch odchází horní částí do místnosti, kterou vyhřívá přirozenou cirkulací. Je to většinou trubkové topné těleso z nerezové oceli s nalisovanými hliníkovými lamelami. Moderní konvektory jsou vybaveny kvalitní regulací.

Mezi výhody patří:

- Rychlý ohřev;
- Přesná regulace;
- Jednoduchost;
- Automatický provoz;

### **Elektrické podlahové topné kabely**

Používají se pro velkoplošné podlahové vytápění, kde jsou topné kabely podloženy polystyrenem a následně zalité betonovou vrstvou. Podlahové vytápění má vyšší účinnost než konvekční a rovnoměrnější rozložení teploty v místnosti. Na druhou stranu má menší schopnost regulace kvůli vrstvě betonu a trvá déle, než se prostor vyhřeje.

## Sálavé topné systémy

U sálavého vytápění dochází k přenosu tepla zářením. Zdroje tepla jsou většinou speciální fólie nebo panely, umístěné na stropěch nebo stěnách. Tyto fólie mají povrchovou teplotu vyšší než 250 °C a vyzařování probíhá v infračerveném spektru. Lze docílit vysoké rovnoměrnosti rozložení teploty mezi podlahou a stropem (rozdíl je kolem 1–2 °C). Rovnoměrnost je způsobena přenosem zářivé energie na tělesa umístěná ve vytápěném prostoru, kde se přemění z velké části na tepelnou energii a následně ohřívá vzduch. Zajímavostí u tohoto typu vytápění je, že je možné zajistit tepelnou pohodu člověka již při teplotě vzduchu okolo 18–19 °C, a to kvůli zvýšené relativní vlhkosti, tudíž je menší spotřeba elektrické energie.

## Teplovodní elektrické kotle

Elektrické teplovodní kotle používají jako topné médium vodu, která po ohřátí pomocí topné spirály proudí potrubím do radiátorů či ostatních topných těles.

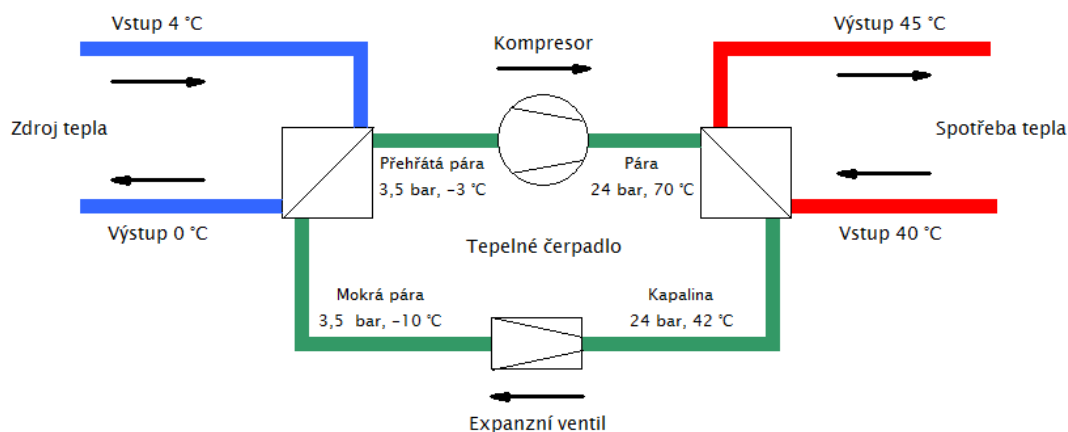
Teplovodní systémy používají pro rozvod topného média plastové trubky. Trubky jsou uloženy do tvaru spirály nebo meandrů na izolační podložku a poté jsou zalité betonovou mazaninou. Teplovodní systémy se označují jako nízkoteplotní, proto je vhodné používat nízkoteplotní zdroje tepla, jako jsou tepelná čerpadla.

### 2.5.3 Smíšené (hybridní) elektrické vytápění

Hybridní elektrické vytápění se skládá jak z akumulčního tak z přímotopného vytápění. Akumulční vytápění odebírá elektrickou energii většinou v nočních hodinách (mimo špičku). Přímotopné vytápění pracuje většinou přes den, ale taky mimo špičku a používá se většinou při nižších venkovních teplotách. [1]

## 2.6 Tepelná čerpadla

Tepelná čerpadla jsou zařízení, které umožňují čerpat tepelnou energii o nízké teplotě a předávat ji do dalších tepelných soustav s vyšší využitelnou teplotou.



Obr. 2.4 Princip funkce tepelného čerpadla [1]

Princip tepelného čerpadla si můžeme rozdělit do 4 částí:

### 1. Vypařování

Teplonosné médium v kapalně fázi přijímá energii ve výparníku ze zdroje tepla. Zdrojem tepla je buď voda, vzduch, nebo země. Se vzrůstající teplotou se teplonosné médium odpařuje do plynné fáze při nízkém tlaku.

### 2. Komprese (stlačení)

Odpařené a přehřáté teplonosné médium v plynné fázi je pomocí kompresoru stlačeno, a tím zvýší tlak a teplotu. Teplonosné médium vystupuje z kompresoru jako pára.

### 3. Kondenzace

Pára o teplotě kolem 70 °C vstupuje do kondenzátoru, kde předává svou tepelnou energii do topné soustavy. Pak zkondenzované médium opustí kondenzátor jako teplé chladivo. Topná voda se ohřívá na požadovanou teplotu.

### 4. Dekompresa

Zkondenzované médium v kapalně fázi vede k expanznímu ventilu, kde dojde ke snížení tlaku. Se snížením tlaku se sníží okamžitě i teplota média. Dále pokračuje teplonosné médium do výparníku, odkud odebírá energii z okolí. Tento cyklus se neustále opakuje.

U tepelného čerpadla se udává výkonové číslo neboli topný faktor. Je to vlastně účinnost tepelného čerpadla. Ukazuje závislost mezi výstupním výkonem z čerpadla a vstupním výkonem do čerpadla. Toto číslo je větší než jedna a pohybuje se od 1 do 6 podle účinnosti části čerpadla rozdílem teplot mezi výparníkem a kondenzátorem. [1], [6]

$$\varepsilon = \frac{P_p}{P_d} \quad (2.1)$$

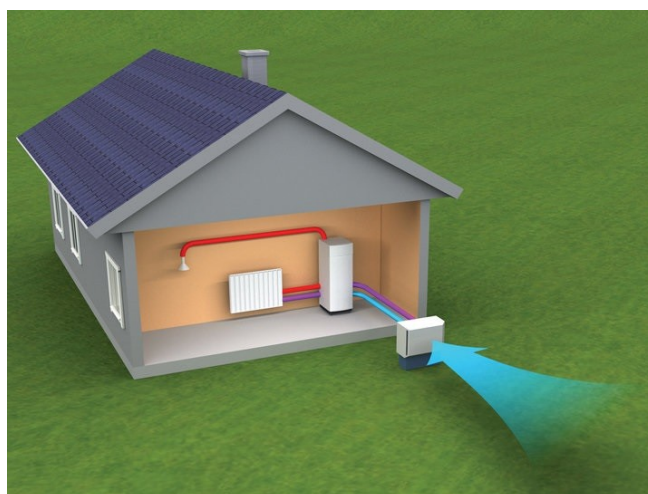
kde:

|               |                              |
|---------------|------------------------------|
| $\varepsilon$ | výkonové číslo [-]           |
| $P_p$         | výkon elektrický předaný [W] |
| $P_d$         | výkon elektrický dodaný [W]  |

#### 2.6.1 Druhy tepelných čerpadel

##### Vzduch-voda

Tyto druhy čerpadel jsou méně náročné na investice oproti čerpadlům země-voda a montáž není tak komplikovaná. Ale na rozdíl od ostatních čerpadel jsou velmi závislé na teplotě vzduchu. Čím je vzduch chladnější, tím je výkon čerpadla vyšší a tím pádem menší topný faktor. To znamená, že když je teplota okolí velmi nízká, potřebujeme náhradní zdroj. Z toho plyne, že tato čerpadla nejsou vhodná do oblastí, kde zimní teploty klesají výrazně pod nulu (např. horské oblasti). [1], [6]

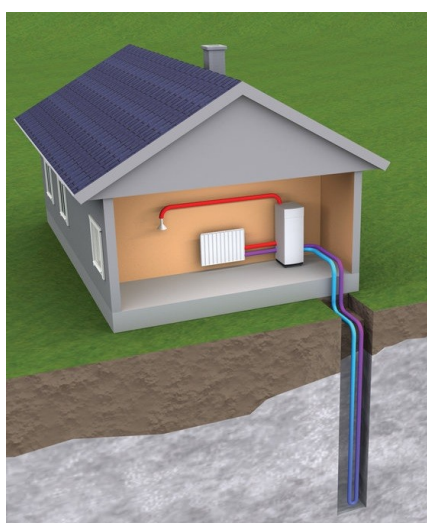


*Obr. 2.5 Tepelné čerpadlo vzduch-voda [8]*

### **Země-voda**

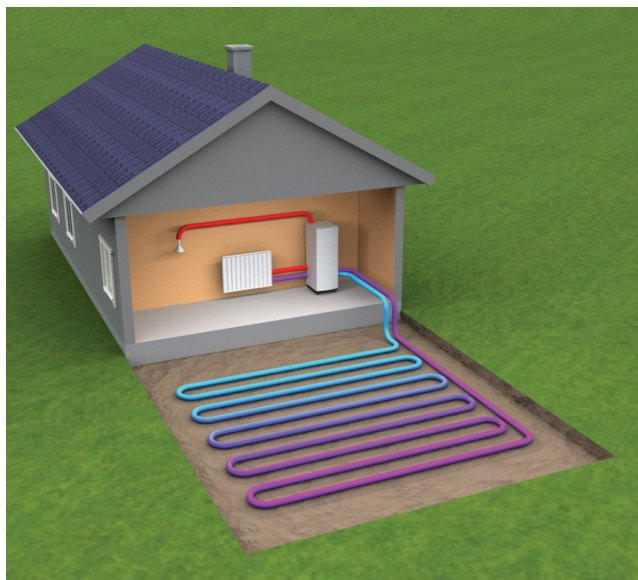
Jsou to nejstabilnější čerpadla. Energie se získává ze zemské půdy a otopným jednotkám je dodávána pomocí vody, která cirkuluje v sekundárním okruhu. Mezi nevýhody tohoto čerpadla patří zemní práce, při kterých se potřebujeme dostat do určité hloubky pod terén. Podle hloubky se rozdělují čerpadla na dva typy: s geotermálním vrtem a plošným kolektorem.

Čerpadla s geotermálním vrtem využívají energii uloženou hluboko v zemi. U těchto čerpadel je potřeba hlubokých vrtů, maximální délky vrtů dosahují až 150 m, avšak průměr hloubky vrtu se pohybuje okolo 50 m. Pokud jeden vrt nezajišťuje požadovanou hodnotu energie, znásobí. Mezi nevýhody tohoto čerpadla patří vysoké pořizovací náklady, ale naopak mezi výhody patří stálost provozu nezávislá na vnějších klimatických podmínkách. [1], [6]



*Obr. 2.6 Tepelné čerpadlo země-voda s geotermálním vrtem [8]*

U čerpadel s plošným kolektorem se využívá naakumulovaná sluneční energie uložená pod povrchem země. U tohoto typu je potřeba velké plochy, do níž se pod povrchem rozmístí kolektory. Čím je plocha větší, tím je topný faktor vyšší. Zde však dosahuje topný faktor nižších hodnot stejně jako u geotermálního vrtu, jelikož v průběhu roku klesá i teplota zeminy. U tohoto čerpadla ale nejsou tak vysoké pořizovací náklady.



Obr. 2.7 Tepelné čerpadlo země-voda s plošným kolektorem [8]

### **Voda-voda**

U tepelných čerpadel typu voda-voda je nutné mít v blízkosti instalace zdroj vody. Zdrojem může být voda pozemní nebo povrchová. Tento typ čerpadel se vyznačuje vysokým topným faktorem.

U čerpadel s výskytem podzemních vod je potřeba mít dvě studny, z nichž jedna je topná (odebíraná voda, která je zdrojem tepla) a druhá vsakovací (vracená voda, která je už ochlazená). Nutnou podmínku je, aby v topné studni byl přítok vody minimálně  $0,5 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ , a u vsakovací to je naopak, musí toto množství pojmout.

Čerpadla s výskytem povrchových vod se skoro nepoužívají, jen vzácně. Je zapotřebí řeky, rybníku, přehrady nebo ostatních vodních ploch.

### **Energetické piloty**

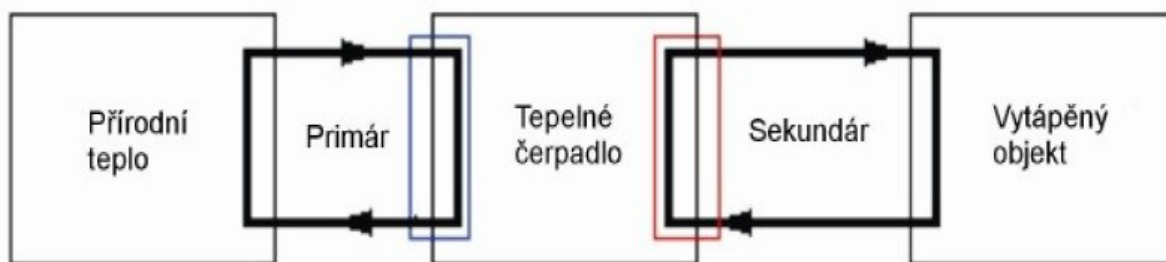
Je to typ čerpadel, která čerpají tepelnou energii ze stavebních konstrukcí. Jedná se hlavně o výškové budovy (např. panelové domy), které mají hluboké základy. Tuto technologii lze použít pouze u novostaveb, kde se piloty zabudují přímo do betonové konstrukce. Tyto zdroje se většinou kombinují s geotermálními vrty. [1]

## 2.6.2 Provoz tepelných čerpadel

Při výběru tepelného čerpadla záleží na mnoha faktorech, ale nejvíce se hledí na tepelné ztráty. Podle typu provozu tepelného čerpadla se pak odlišují provozní a pořizovací náklady. Při dimenzování tepelného čerpadla na maximální hodnotu potřebného výkonu záleží na výši tepelných ztrát a typu čerpadla. Při vyšších ztrátách objektu je to neekonomické (cca nad 10 kW), ale když máme nízkoenergetické stavby, kde jsou ztráty malé, tak to lze aplikovat. Proto se rozlišují tři provozní stavy tepelných čerpadel podle procentního pokrytí tepelných ztrát.

### Monovalentní provoz

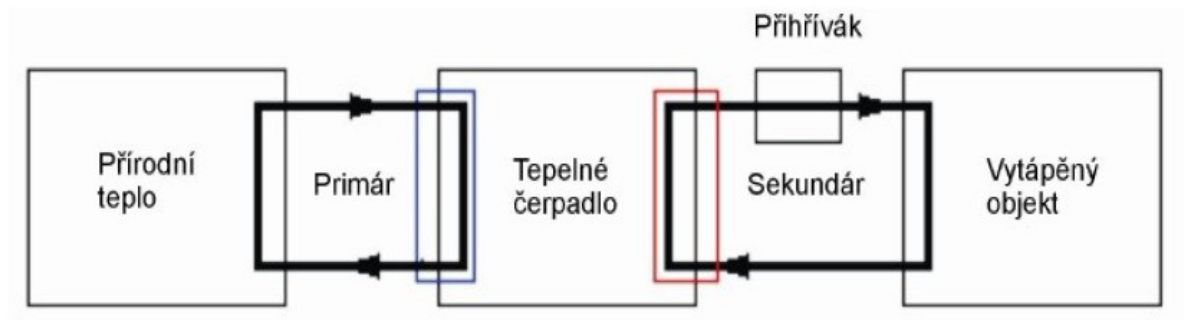
Při tomto provozu je zdrojem tepla pouze tepelné čerpadlo, které pokrývá 100 % celkové tepelné ztráty objektu i za nejnepříznivějších klimatických podmínek. Tento provoz se používá u objektů, které mají velmi dobré izolační vlastnosti a malé tepelné ztráty. Využívá se u typu tepelných čerpadel země/voda a voda/voda, kde teplota primárního okruhu je stálá a nezávisí na venkovních teplotách.



Obr. 2.8 Schéma tepelného čerpadla v monovalentním provozu [1]

### Monoenergetický provoz

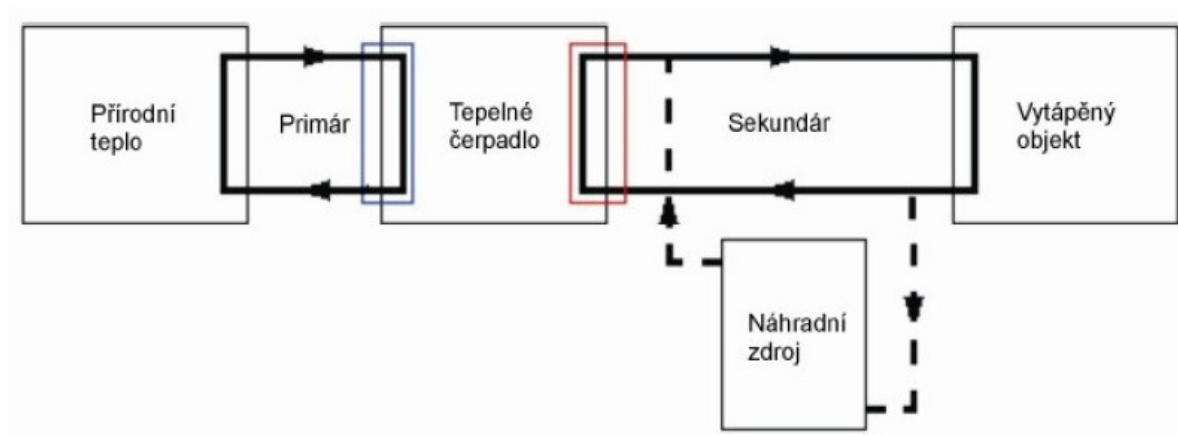
Při tomto provozu není zdrojem pouze tepelné čerpadlo, ale navíc je na sekundárním okruhu připojen malý záložní elektrický zdroj (elektrická patrona), který je už většinou součástí tepelného čerpadla. Tento pomocný zdroj se využívá hlavně při nízkých venkovních teplotách, kdy tepelné čerpadlo už není schopné dodat potřebný tepelný výkon. V monoenergetickém provozu se tepelná čerpadla dimenzují na 60–80 % celkové tepelné ztráty objektu. Zbytek 20–40 % tepelných ztrát pokryje záložní elektrický zdroj. Záložní zdroj se spíná pouze při nízkých venkovních teplotách, kterých je jen pár za rok. Je to ekonomický výhodnější. Používá se převážně u čerpadel země/voda a vzduch/voda.



Obr. 2.9 Schéma tepelného čerpadla v monoenergetickém provozu[1]

### Bivalentní provoz

Podobný monoenergetickému provozu, pouze s tím rozdílem, že místo elektrického zdroje (elektrické patrony) je použit tepelný zdroj, který získává teplo z jiného zdroje, než je elektrický. Tudiž nedochází k paralelnímu chodu dvou zdrojů. Při poklesu venkovní teploty pod bivalentní teplotu se vypne tepelné čerpadlo a provoz je nahrazen bivalentním zdrojem (kotel na tuhá paliva, plynový kotel atd.).



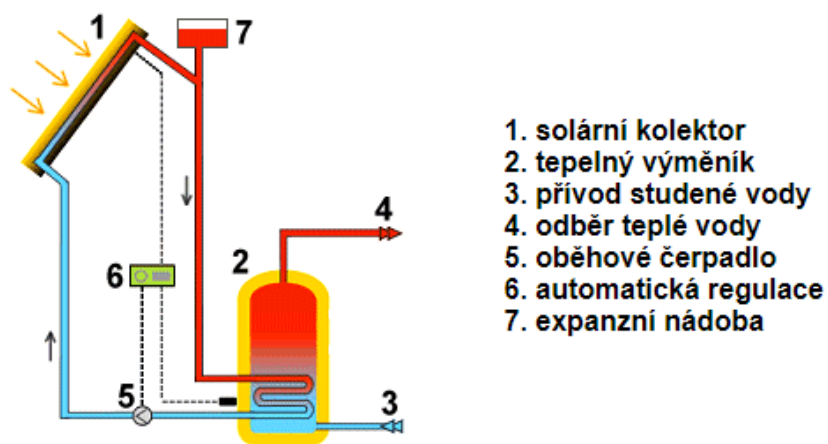
Obr. 2.10 Schéma tepelného čerpadla v bivalentním provozu[1]

## 2.7 Solární energie

Solární vytápění a ohřev teplé vody jsou založeny na získávání energie ze slunečního záření. Je to ekologický způsob získání, přeměny a využití elektrické energie. Většinou se používají jako doplňkový zdroj tepla hlavně na začátku a konci topné sezóny kvůli našim klimatickým podmínkám. To vyplývá z toho, že v zimě, kdy je spotřeba tepla největší, je energie ze slunce malá. A naopak nejvíce energie ze slunce dostáváme v létě, kdy vytápění nepotřebujeme. Proto se používají tyto systémy převážně pro ohřev TUV.

Ukážeme si nejpoužívanější dvoukruhový kapalinový solární systém pro celoroční ohřev teplé vody.





*Obr. 2.11 Dvouokruhový kapalinový solární systém [7]*

Sluneční záření, které dopadá na kolektor, je přeměněno na tepelnou energii. Tato energie zahřívá nemrznoucí kapalinu a trubkami je odvedena do tepelného výměníku (akumulační nádrže), kde předává tepelnou energii ohřívané užitkové vodě. Automatická regulace řídí celý proces ohřevu. Cirkulaci teplotnosné kapaliny obstarává oběhové čerpadlo. [7]

### 3 Moderní metody vytápění

Při realizaci novostaveb je snaha stále důsledněji prosazovat energetické úspory v budovách z důvodu neustálého zvyšování cen energie. Energetickou spotřebu domu lze jistými opatřeními výrazně snížit. Proto se v poslední době zaměřuje hlavně na stavby s nízkou spotřebou energií, které můžeme podle jejich hodnoty dělit do několika skupin. V *Tab. 3.1* můžeme vidět rozdělení objektu podle energetické spotřeby.

*Tab. 3.1 Rozdělení objektu podle spotřeby energie*

| Objekt                  | Energetická spotřeba | Jednotka                  |
|-------------------------|----------------------|---------------------------|
| Energetický úsporný dům | 50 – 70              | kWh·m <sup>2</sup> za rok |
| Nízkoenergetický dům    | 15 – 50              | kWh·m <sup>2</sup> za rok |
| Energetický pasivní dům | 5 - 15               | kWh·m <sup>2</sup> za rok |
| Energetický nulový dům  | 0 - 5                | kWh·m <sup>2</sup> za rok |

Existují ještě domy energeticky nezávislé a plusenergetické. Domy energeticky nezávislé pokrývají jakoukoliv spotřebu energie (na vytápění, ohřev TUV, provoz elektrospotřebičů) pouze pomocí slunečního záření, aniž by odebíraly energii odjinud. Domy plusenergetické jsou téměř stejné jako energeticky nezávislé, akorát s tím rozdílem, že nepokrývají pouze vlastní spotřebu energie, ale ještě navíc vytváří přebytek elektrické energie, která je dodávána do sítě.

Při projektovém řešení energeticky úsporné budovy je třeba řešit následující otázky:

- Osazení budovy
- Tvar budovy;
- Orientaci ke světovým stranám;
- Vnitřní uspořádání prostoru;
- Vysoká tepelně – izolační schopnost a vzduchotěsnost vnější obálky budovy;
- Vyloučení tepelných mostů;
- Optimální velikost vnějších prosklených ploch;

#### Osazení budovy

Podle umístění energeticky úsporných budov se odvíjí i tepelné ztráty. Na kopcích a v údolích jsou tepelné ztráty větší vlivem nižších venkovních teplot, větších povětrnostních vlivů atd. Ideální umístění je na rovinách. Nejmenší tepelné ztráty dosahují při umístění na jižním svahu. Také je dobré umístit budovu do již zastavěné oblasti, kde jsou teploty oproti nezastavěným oblastem vyšší.

#### Tvar budovy

Jedním z předpokladů energeticky úsporného bydlení je co nejmenší plocha vnější obálky budovy v poměru k vytápěnému objemu. Neoptimálnějším tvarem úsporných budov by byla z tohoto hlediska

polokoule ležící na zemi. Určitě není nutné stavět domy ve tvaru polokoule, ale je vhodné se vyvarovat přízemním, půdorysně rozlehlým stavbám s mnoha výčnělky a výstupky. Jednoduchý tvar domů je vhodný i z hlediska eliminace tepelných mostů, kterými odchází teplo.

Vliv tvarového řešení budovy na její energetickou náročnost vyjadřuje tzv. objemový faktor budovy  $A/V$ , což je poměr mezi ochlazovanou plochou obalu budovy a vytápěným objemem. Faktor budovy nabývá hodnot 0,2–1,3, a tím pádem čím je poměr  $A/V$  menší, tím je zároveň i budova ekonomicky výhodnější. Nejvýhodnější faktor tvaru mají výškové budovy (0,2–0,3), deskové a bodové domy (0,4–0,5). U domů s klesající výškou se poměr  $A/V$  zvětšuje. Pro dosažení dobré energetické kvality samostatně stojícího domu se doporučuje nepřekročit poměr  $A/V = 0,7$ .

### **Orientace ke světovým stranám**

Severní strana – zde jsou umístěny vedlejší prostory – koupelna, WC, garáž, chodby, schodiště, spíš, komora apod. Umístění těchto prostorů na severní stranu vytváří tepelně vyrovnávací zónu mezi obytnými místnostmi a venkovním prostředím. Jsou to prostory, které nejsou často obývané, tudíž zde nepotřebujeme velké nároky na denní světlo. Proto zde umísťujeme co nejméně oken s minimální plochou zasklení, a tím i minimalizujeme tepelné ztráty. Pokud bychom na severní stranu umístili obytné místnosti, nastal by problém zajištění potřebného denního osvětlení.

Jižní strana – tady je vyrovnávacím prostorem většinou zahrada nebo zasklená veranda. Místnosti vhodné pro orientaci na tuto stranu jsou převážně užívané místnosti, kde se používá velkoplošného zasklení z důvodu zlepšení energetické bilance domu pasivním využitím solární energie.

Při umístění obytných místností na ostatní strany musíme brát v úvahu jejich dobu využívání.

### **Konstrukce domu**

Na vnější stavební konstrukce (obvodové stěny, střechu nebo strop nad nejvyšším podlažím, podlahu na terénu, okna a dveře) se kladou zvýšené tepelně-technické nároky. Proto je jedním ze základních prvků nízkoenergetického domu tepelná izolace, která dosahuje tloušťky až 40 cm. Izolovány musí být venkovní zdi, vnitřní konstrukce mezi vytápěným a nevytápěným prostorem, podlahy, stropy a stěny přilehlé k terénu.

Obvyklé hodnoty tepelné vodivosti některých tepelně izolačních materiálů jsou uvedeny v *Tab. 3.2*.

Tab. 3.2 Stavebně fyzikální vlastnosti tepelně izolačních materiálu

| Tepelně izolační materiál   | Tepelná vodivost<br>( $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ ) | Třída<br>nehořlavosti<br>(-) |
|-----------------------------|---|------------------------------|
| Polystyrén                  | 0,035 – 0,045   | B1                           |
| Polystyrén - extrudovaný    | 0,030 – 0,035   | B1                           |
| Polyuretan                  | 0,025 – 0,035   | B1/B2                        |
| Pěnové sklo                 | 0,040 – 0,055   | A1                           |
| Vakuum jako tepelné izolace | 0,004 – 0,008   | -                            |
| Minerální vlákna            | 0,035 – 0,045   | A1/A2                        |
| Celulóza                    | 0,040 – 0,045   | B2                           |

U stěn nízkoenergetických domů je důležité, aby stěna dobře izolovala, a to i v místě tepelných mostů. Nosné zdivo se používá co nejtenčí – tak, aby bylo dostatečně únosné (25–30 cm u dutinových cihel) a musí se doplnit o tepelnou izolaci. V dnešní době se používají tvárnice, jejich vzduchové mezery jsou vyplněny izolačním materiálem (polystyren, minerální vata) a tvárnice YTONG. Tepelná izolace může být provedena jako vnější kontaktní zateplení se štěrkovou omítkou nebo keramickým či dřevěným obkladem. Taky můžeme použít sendvičovou konstrukci, u které je izolace uložena mezi dvěma vrstvami zdiva, nebo mezi zdívem a lehkou vnější fasádou.

Nízkoenergetický dům je většinou osazen velkým počtem oken s velkou plochou prosklení kvůli solárním ziskům. Zasklení musí být kvalitní, aby hodnota ztrát nepřesahovala hodnotu zisků. Používají se buď okna s trojsklem, nebo okna, kde je uprostřed místo tabule skla pouze odrazová folie (výhodou je nižší hmotnost). Pro zvýšení tepelně izolačních schopností se prostor mezi skly vyplňuje plyny s nižší tepelnou vodivostí než má vzduch (např. krypton, xenon, argon). V současné době je součinitel prostupu tepla rámu vyšší než u zasklení, proto se používají okna, která mají rám pouze po obvodu.

Je potřeba, aby součinitele prostupu tepla obvodových konstrukcí byly co nejnižší. Jejich hodnoty by se měly pohybovat podle Tab. 3.3 .

Tab. 3.3 Hodnoty součinitele prostupu tepla obvodových konstrukcí

| Typ konstrukce    | Součinitel prostupu tepla<br>( $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ) |
|-------------------|--|
| Obvodové stěny    | 0,1 – 0,15   |
| Podlahy na terénu | 0,1 – 0,2  |
| Střechy           | 0,1 – 0,12   |
| Okna              | 0,8 – 1,1  |

## **Tepelné mosty**

Tepelné mosty mají velký podíl na celkových tepelných ztrátách. Tepelná ztráta těmito místy může dosahovat i několik desítek procent celkové ztráty prostupem tepla. Proto je nutné věnovat pozornost konstrukčnímu řešení detailů. Důležité je správné napojení tepelné izolace a okenních rámců, izolace pásu zdi nad terénem, napojení izolace svislých stěn a střechy atd.

## **Vzduchotěsnost**

U nízkoenergetických domů by neměl pronikat žádný vzduch spárami ve stěnách, okny, dveřmi atd., protože nežádoucí proudění venkovního vzduchu do domu má velmi výrazný vliv na tepelné ztráty. Těsnost se ověřuje zkouškou po dokončení stavby, tzv. blower–door testem. Při tomto testu se musí všechny otvory uzavřít a následně se do otvoru vstupních dveří vloží ventilátor a zbývající prostor dveří se uzavře pomocí folie. Pak se ventilátor spustí, ten “napumpuje“ dům vzduchem a měří se rozdíl tlaků uvnitř a venku.

Pokud je dům vzduchotěsný, je nutno brát v potaz nucené větrání s rekuperací, aby byly splněny hygienické požadavky na větrání interiéru.

## **Zdroje elektrické energie pro úsporné domy**

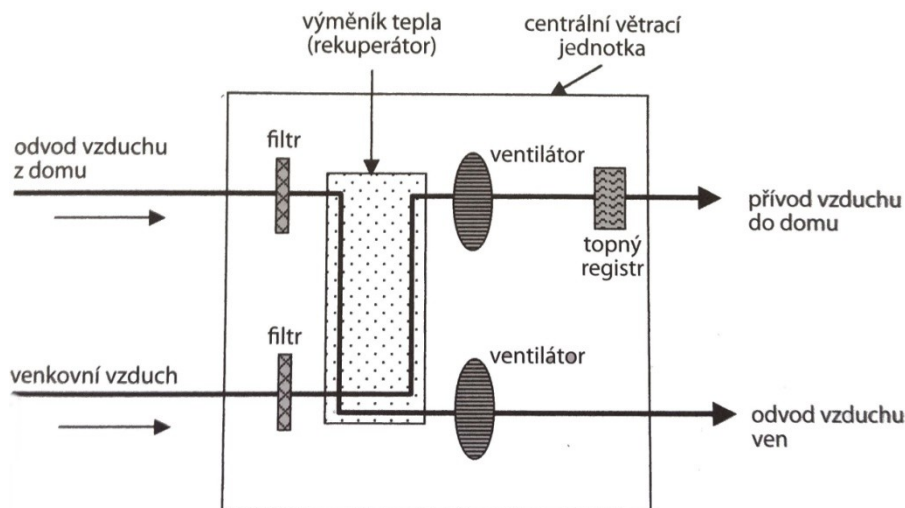
Tepelné zdroje byly rozebrány v kapitole 1. Mezi nejpoužívanější zdroje u nízkoenergetických domů patří elektrokotle a tepelná čerpadla v kombinacích se solárním systémem. Navíc jsou používány především u pasivních domů kompaktní agregáty.

Kompaktní agregát je zařazení, které obsahuje všechny potřebné komponenty. Obsahuje tepelné čerpadlo (vzduch/vzduch nebo země/voda), větrací jednotku s rekuperací, přídatné elektrické topení, výměník, přípravu a zásobník teplé vody s možností připojení solárního systému. Výkony těchto zařízení se pohybují kolem 1–2 kW.

### **3.1 Nucené větrání s rekuperací**

Nucené větrání s rekuperací se využívá u nízkoenergetických a pasivních domů, které jsou vzduchotěsné, a není zde možnost přirozeného větrání. Rekuperace tepla spočívá ve zpětném získávání tepelné energie z odváděného vzduchu a jeho předávání zpět přiváděnému čerstvému vzduchu. Slouží k tomu větrací jednotky, které jsou vybaveny výměníky tepla, kde přenos tepla probíhá přes tenké membrány, aniž by došlo k promíchání vzduchu.

Princip rekuperace si znázorníme na následujícím *Obr. 3.1* .



Obr. 3.1 Princip větrání s rekuperací [28]

Venkovní vzduch je nasáván přes filtr a přiváděn k centrální větrací jednotce. Současně se odsává již použitý vzduch (z odvětrávaných prostorů, např. WC, koupelna, kuchyně) a je přiváděn také k centrální větrací jednotce. Ve výměníku tepla (rekuperátoru) centrální větrací jednotky se odeberá tepelná energie z odváděného vzduchu a přenáší se do přiváděného venkovního vzduchu. Před výměníkem tepla je umístěn filtr, který brání ukládání prachu a jiných nečistot. Přefiltrovaný a ohřátý venkovní vzduch je přiváděn do obytných místností jako čerstvý vzduch. Použitý vzduch ochlazený je z výměníku tepla vypouštěn do venkovního prostoru. [28]

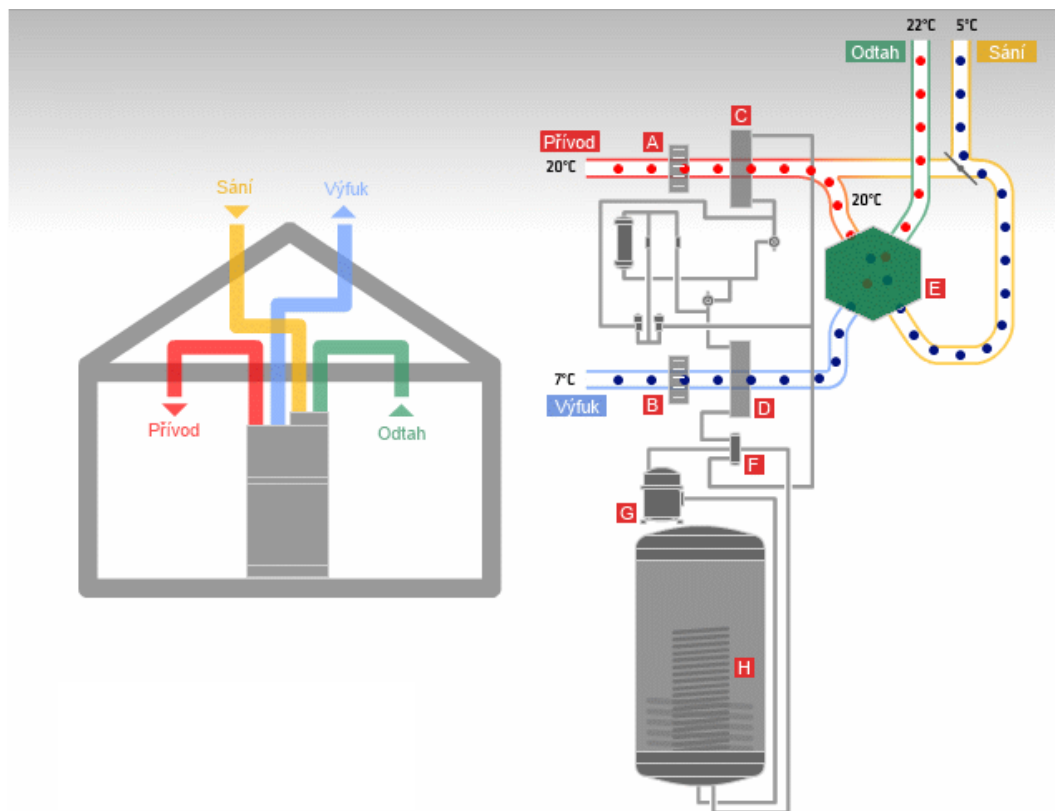
Existují dva typy řízeného větrání s rekuperací:

- **Pasivní**

Nepotřebuje žádné přídavné zařízení, v rekuperační jednotce dojde pouze k výměně tepla. Nejúčinnější jednotky dokáží z odpadního vzduchu získat zpět až 80 % tepla a předat je čerstvému vzduchu.

- **Aktivní**

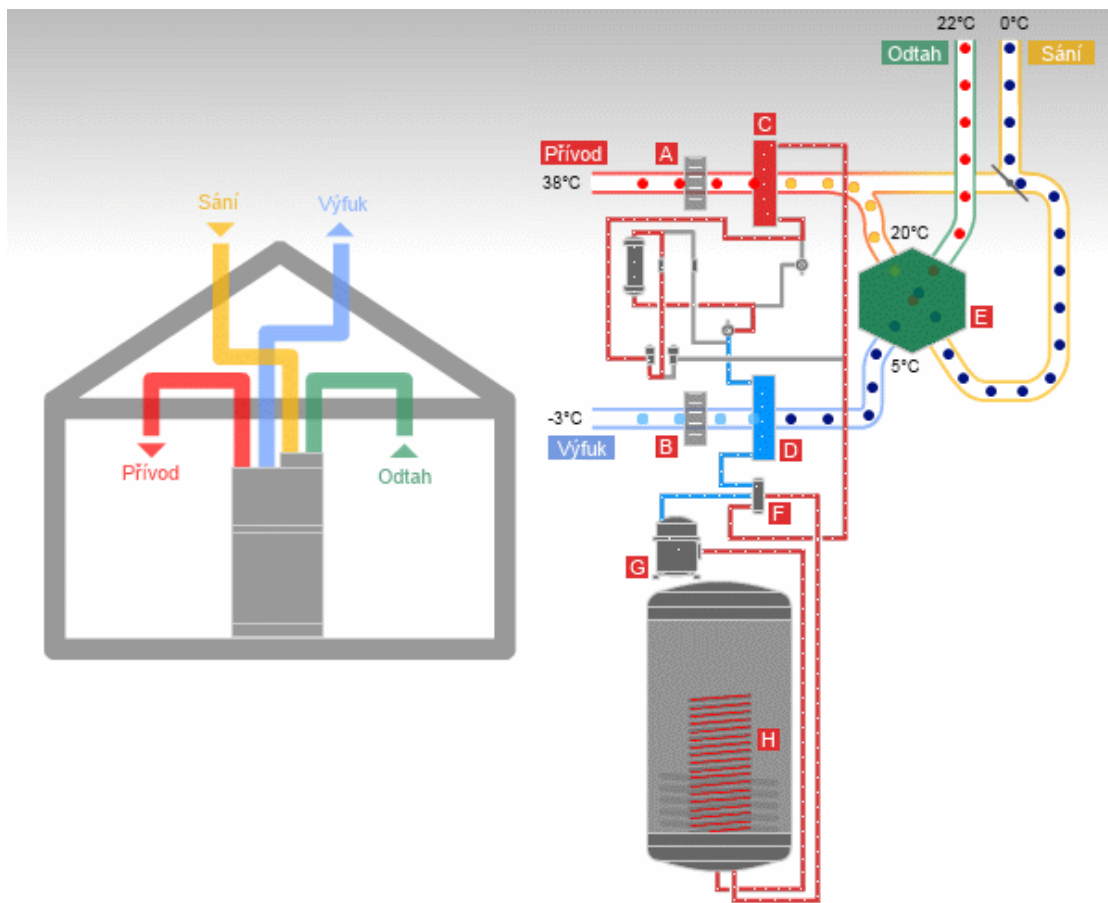
K rekuperaci je využíváno principu tepelného čerpadla. Rekuperační jednotka může vracet do místnosti vzduch o vyšší teplotě, než je teplota vzduchu odcházejícího z objektu.



Obr. 3.2 Pasivní rekuperace [33]

*A, B – ventilátor, C – výparník (kondenzátor), D – kondenzátor (výparník), E – výměník, F – třícestný ventil, G – kompresor, H - nádrž*

Na Obr. 3.2 je znázorněna pasivní funkce řízeného větrání s rekuperací, kde dochází pouze k výměně tepla ve výměníku. Kompresor je vypnutý a vzduch proudí pouze pomocí ventilátorů deskovým křížově proudovým výměníkem.

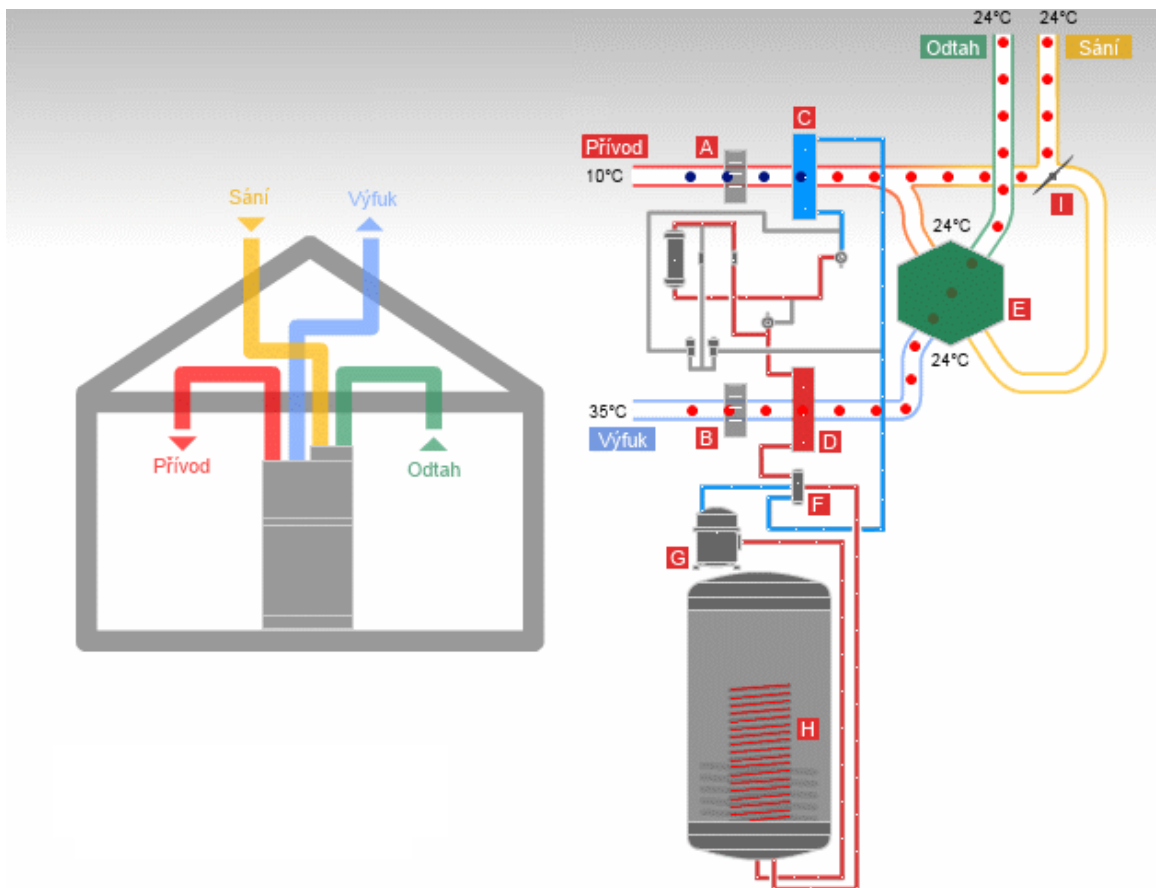


Obr. 3.3 Aktivní rekuperace v režimu topení [33]

*A, B – ventilátor, C – kondenzátor, D – výparník, E – výměník,  
F – třícestný ventil, G – kompresor, H - nádrž*

Na Obr. 3.3 je znázorněna funkce aktivní rekuperace a současně pasivní rekuperace v režimu topení. Vzduch odebíraný z venkovního okolí prochází nejprve pasivním výměníkem, podmínkou je, že venkovní teploty nesmí klesnout pod teplotu 0 °C. Klesnou-li venkovní teploty pod tuto teplotu, uzavře se by-passová klapka a vzduch nejde přes výměník, ale rovnou do kondenzátoru a ohřívá se na teplotu přívodu. Odpadní vzduch předá nejprve energii v pasivním výměníku a zbytek energie je pak získáván následným ochlazením ve výparníku a z domu je vyfukován vzduch o ještě nižší teplotě.





Obr. 3.4 Aktivní rekuperace v režimu chlazení [33]

*A, B – ventilátor, C – výparník, D – kondenzátor, E – výměník,  
F – třícestný ventil, G – kompresor, H - nádrž*

Na Obr. 3.4 je znázorněná funkce aktivní rekuperace a současně pasivní rekuperace v režimu chlazení. Při aktivování tohoto režimu dojde k uzavření by-passové klapky a venkovní vzduch je vháněn přímo do výparníku. Funkce chlazení je umožněna automatickou změnou nastavení třícestného ventilu, který otočí směr proudění chladiva v systému a výparník si vymění funkci s kondenzátorem a tím dojde k chlazení čerstvého vzduchu.

## 4 Popis objektu

### Využití objektu

Jedná se o novostavbu jednopodlažního rodinného domu. Stavba plní funkci rodinného bydlení čtyřčlenné rodiny.

### Architektonické řešení

Z architektonického hlediska se jedná o stavbu o jednom podlaží bez suterénu. Zastřešení je řešeno pultovou střechou o sklonu 5 °. Tvar objektu tvoří půdorysně písmeno L. Světlá výška všech místností je 2,5 m. Výška hřebene střechy dosahuje 4,1 m od přilehlého upraveného terénu.

### Dispoziční řešení

Vstup do objektu je z jihovýchodu. Hlavním vstupem se dostaneme do zádveří, z pravé strany zádveří se nachází vstup do pracovny, dále na zádveří navazuje chodba, která je centrem přístupu do jednotlivých obytných místností a hygienických prostor. Z levé strany chodby je přístup do obývacího pokoje s kuchyňským koutem a stolováním, tyto prostory tvoří centrální část domu. Ložnice s šatnou a samostatnou koupelnou je umístěna v zadní části domu.

### Základová konstrukce

Obvodové zdivo rodinného domu je založeno na základových pásech. Základové pásy jsou provedeny jakou dvoustupňové ze dvou navzájem propojených konstrukcí. Úroveň základové spáry je navržena 1,45 m od podlahy prvního patra. Základové pásy jsou výšky 500 mm a šířky 700 mm pod obvodovými zdmi. Druhý stupeň základového pásu je tvořen z tvárnic ztraceného bednění šířky 300 mm pod obvodovými zdmi a šířky 250 mm pod vnitřními zdmi. Beton je vyztužen svislou výztuží o  $\varnothing$  6 mm.

### Konstrukce

Svislá konstrukce objektu rodinného domu je navržena jako stěnová. Obvodové zdivo je vyzděno z broušených keramických tvárnic HELUZ FAMILY 30 tl. 300 mm, zděných na celoplošné lepidlo HELUZ. Obvodové zdivo je zatepleno kontaktním zateplovacím systémem EPS GreyWall tl. 200 mm. V obvodových stěnách jsou provedeny okenní a dveřní otvory.

Svislé nosné konstrukce (vnitřní) jsou vyzděny z tvárnic HELUZ 24 na celoplošné lepidlo a jsou připevněny k obvodové konstrukci.

Svislé nenosné konstrukce jsou vyzděny z tvárnic HELUZ 11,5 na celoplošné lepidlo. Příčky jsou k nosnému zdivu kotveny pomocí ocelových kotvicích pásků.

Pod střešní konstrukcí je proveden železo betonový věnec z betonu C 20/25 výšky 250 mm. Věnec je proveden na obvodových stěnách i vnitřních nosných stěnách. Věnec je vyztužen podélnou rohovou výztuží 4  $\varnothing$  R 10 + třmínky E 6 po max. 250 mm. SDK podhledy jsou řešeny závěsnou konstrukcí připevněnou ke spodním pásům příhradového vazníku. Spodní pásy příhradových vazníků jsou zaklopeny OSB deskou o tl. 18 mm včetně montáže parozábrany.

## **Střecha**

Objekt je zastřešen pultovou střechou se sklonem 5 °. Střešní konstrukci tvoří dřevěné příhradové pultové vazníky, které se pojí se styčnickovými deskami. Vazníky jsou uloženy na obvodovém zdivu domu ukončeným standardním železobetonovým věncem. Dolní pásy vazníku tvoří nosné prvky podhledu.

## **Výplně otvoru**

Okna jsou plastová s šestikomorovým rámem a s izolačním trojsklem s celkovým součinitelem prostupu tepla  $U_w < 1 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ . Vstupní dveře jsou vyrobeny z hliníkových profilů s přerušným tepelným mostem, s izolačním trojsklem a s celkovým součinitelem prostupu tepla  $U_D < 1,2 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ . Vnitřní dveře budou z odlehčených desek.

## **Izolace**

Tepelná izolace podlahy je navržena z desek z expandovaného polystyrénu Isover EPS 150 tl. 180 mm. Desky jsou uloženy ve dvou vrstvách na hydroizolaci z asfaltových pásů.

Fasáda je zateplena kontaktním zateplovacím systémem (ETICS) s tepelnou izolací Isover EPS GreyWall tl. 200 mm.

Střecha je zaizolována skelnou vatou o tl. 300 mm. Střešní vazník bude zespod zaklopen OSB deskou o tl. 18 mm. Pod záklopem je instalována parozábrana.

## 5 Výpočet tepelné ztráty a spotřeby energie

Výpočet tepelné ztráty zvoleného objektu lze získat dvěma způsoby. První způsob je ruční (manuální) výpočet, který je složitý a není až tak přesný. Druhý způsob je použití vhodného výpočetního programu, s jehož pomocí dosáhneme přesnějších výsledků. V mém případě jsem zvolil druhou metodu – pro výpočet tepelných ztrát jsem použil software TechCON IVAR CS. Tento software se řídí normou STN EN 12831-1.

### 5.1 Výpočet tepelných ztrát dle normy ČSN EN 12831 - 1

Norma stanovuje postup výpočtu dodávky tepla nutného pro vytápění a dosažení požadované vnitřní teploty. [9]

#### Celková tepelná ztráta

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{hu,i} + \Phi_{gain,i} \quad (5.1)$$

kde:

|                 |  |     |
|-----------------|--|-----|
| $\Phi_{HL,i}$   | návrhový tepelný výkon vytápěného prostoru (i)   | (W) |
| $\Phi_{T,i}$    | návrhová tepelná ztráta prostupem vytápěného prostoru (i)  | (W) |
| $\Phi_{V,i}$    | návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru (i)   | (W) |
| $\Phi_{hu,i}$   | volitelný dodatečný zátopový tepelný výkon vytápěného prostoru (i) v případě přerušovaného vytápění      | (W) |
| $\Phi_{gain,i}$ | trvalé tepelné zisky ve vytápěném prostoru (i), které se vyskytují při venkovních výpočtových podmínkách | (W) |

#### Návrhová tepelná ztráta prostupem vytápěného prostoru (i)

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iaBE} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_{int,i} - \vartheta_e) \quad (5.2)$$

kde:

|                  |   |                      |
|------------------|---|----------------------|
| $H_{T,ie}$       | měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru (i) přímo do venkovního prostředí (e)   | (W·K <sup>-1</sup> ) |
| $H_{T,ia}$       | měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru (i) přímo do sousedních vytápěných prostor (a)                                    | (W·K <sup>-1</sup> ) |
| $H_{T,iae}$      | měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru (i) přímo do venkovního prostředí přes nevytápěné prostory a přilehlé budovy (ae) | (W·K <sup>-1</sup> ) |
| $H_{T,iaBE}$     | měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru (i) přímo do sousedních funkčních částí budovy (aBE)                              | (W·K <sup>-1</sup> ) |
| $H_{T,ig}$       | měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru (i) přímo do zeminy (g)   | (W·K <sup>-1</sup> ) |
| $\theta_{int,i}$ | vnitřní výpočtová teplota   | (°C)                 |

$\theta_e$  venkovní výpočtová teplota (°C)

### Měrný tepelný tok prostupem přímo do venkovního prostředí

$$H_{T,ie} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot \Delta U_{TB}) \cdot f_{U,k} \cdot f_{ie,k} \quad (5.3)$$

kde:

|                 |   |                                       |
|-----------------|---|---------------------------------------|
| $A_k$           | plocha stavební části (k)   | (m <sup>2</sup> )                     |
| $U_k$           | součinitel prostupu tepla stavební části (k)  | (W·K <sup>-1</sup> ·m <sup>-2</sup> ) |
| $\Delta U_{TB}$ | přirážka na vliv tepelných vazeb  | (W·K <sup>-1</sup> ·m <sup>-2</sup> ) |
| $f_{U,k}$       | opravný činitel zohledňující vliv vlastností stavebních částí a povětrnostní vlivy, které nebyly uvažovány při stanovování příslušných U-hodnot | (-)                                   |
| $f_{ie,k}$      | teplotní opravný činitel  | (-)                                   |

### Měrný tepelný tok prostupem do nebo přes sousední prostory

$$H_{T,ia(iae,iaBE)} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia(iae,iaBE),k}) \quad (5.4)$$

kde:

|                      |  |                                       |
|----------------------|--|---------------------------------------|
| $A_k$                | plocha stavební části (k)                    | (m <sup>2</sup> )                     |
| $U_k$                | součinitel prostupu tepla stavební části (k) | (W·K <sup>-1</sup> ·m <sup>-2</sup> ) |
| $f_{ia(iae,iaBE),k}$ | teplotní opravný činitel                     | (-)                                   |

### Měrný tepelný tok prostupem do zeminy

$$H_{T,ig} = f_{\theta ann} \cdot \sum_k (A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{ig,k} \cdot U_{GW,k}) \quad (5.5)$$

kde:

|                  |   |                                       |
|------------------|---|---------------------------------------|
| $f_{\theta ann}$ | opravný činitel zohledňující vliv změny venkovní teploty v průběhu roku         | (-)                                   |
| $A_k$            | plocha stavební části (k), která je v přímém kontaktu se zeminou                | (m <sup>2</sup> )                     |
| $f_{GW,k}$       | opravný činitel zohledňující vliv spodní vody                                   | (-)                                   |
| $f_{ig,k}$       | teplotní opravný činitel  | (-)                                   |
| $U_{equiv,k}$    | ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební části (k) v kontaktu se zeminou | (W·K <sup>-1</sup> ·m <sup>-2</sup> ) |

## Teplotní opravný činitel

$$f_{ix,k} = f_1 + f_2 \quad (5.6)$$

$$f_1 = \frac{\vartheta_{int,i} - \vartheta_x}{\vartheta_{int,i} - \vartheta_e} \quad (5.7)$$

$$f_2 = \frac{\vartheta_{int,k}^* - \vartheta_{int,i}}{\vartheta_{int,i} - \vartheta_e} \quad (5.8)$$

kde:

|                       |  |      |
|-----------------------|--|------|
| $f_{ix,k}$            | teplotní opravný činitel pro výpočet teplotně korigovaných měrných tepelných toků z vytápěného prostoru (i) do jiného prostředí nebo prostoru (x) přes stavební část (k), umožňující stanovení rozdílu mezi:<br>- teplotou prostoru (x) a venkovní výpočtovou teplotou;<br>- vnitřní výpočtovou teplotou a průměrnou vnitřní povrchovou teplotou stavební části (k); | (-)  |
| $f_1$                 | opravný činitel zohledňující rozdíl mezi teplotou sousedního prostředí nebo prostoru (x) a venkovní výpočtovou teplotou  | (-)  |
| $f_2$                 | opravný činitel zohledňující rozdíl mezi vnitřní výpočtovou teplotou prostředí (i) a průměrnou povrchovou teplotou stavební části (k)  | (-)  |
| $\vartheta_{int,i}$   | vnitřní výpočtová teplota uvažovaného vytápěného prostoru (i)  | (°C) |
| $\vartheta_x$         | teplota sousedního prostoru nebo prostředí (x)   | (°C) |
| $\vartheta_e$         | venkovní výpočtová teplota   | (°C) |
| $\vartheta_{int,i}^*$ | průměrná vnitřní povrchová teplota stavební části (k)  | (°C) |

## Návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru (i)

$$\Phi_{v,i} = \rho \cdot c_p \cdot q_{v,min,i} \cdot (\vartheta_{int,i} - \vartheta_e) \quad (5.9)$$

kde:

|                     |  |   |
|---------------------|--|---|
| $\rho$              | hustota vzduchu při vnitřní výpočtové teplotě $\vartheta_{int,i}$                | (kg·m <sup>3</sup> )                    |
| $c_p$               | měrná tepelná kapacita vzduchu při vnitřní výpočtové teplotě $\vartheta_{int,i}$ | (Wh·K <sup>-1</sup> ·kg <sup>-1</sup> ) |
| $q_{v,min,i}$       | minimální objemový průtok vzduchu místnosti (i)                                  | (m <sup>3</sup> ·h)                     |
| $\vartheta_{int,i}$ | vnitřní výpočtová teplota uvažovaného vytápěného prostoru (i)                    | (°C)                                    |
| $\vartheta_e$       | venkovní výpočtová teplota   | (°C)                                    |

## Dodatečný zátopový výkon pro prostory s přerušovaným vytápěním

$$\Phi_{hu,i} = A_i \cdot \varphi_{hu,i} \quad (5.10)$$

kde:

|                  |                                    |                        |
|------------------|------------------------------------|------------------------|
| $A_i$            | podlahová plocha místnosti (i)     | (m <sup>2</sup> )      |
| $\varphi_{hu,i}$ | měrný zátopový výkon místnosti (i) | (W · m <sup>-2</sup> ) |

## 5.2 Výpočet tepelné ztráty pomocí softwaru TechCON IVAR CS

Program TechCON IVAR CS je grafický výpočtový program, který je určený pro návrh a zpracování komplexních projektů vytápění ve 2D a 3D zobrazovacím prostoru. Tento program umožňuje realizovat výpočet tepelných ztrát, dimenzovat otopné soustavy a jejich regulování, podlahové vytápění, stěnové vytápění, rozvod vody a kanalizace. [10]

### Modelování

Po otevření programu TechCON IVAR CS jsem nejprve zadal údaje budovy (název, místo, projektant, datum). Potom jsem uvedl nejbližší okresní město, ve kterém se dům nachází. V mém případě Nový Jičín. Tato pozice má vliv na hodnotu tepelných ztrát. Pro lokalitu Nový Jičín platí venkovní výpočtová teplota ve vytápěcím období  $t_e = -15$  °C a průměrnou roční venkovní teplotu  $t_{ep} = 3,8$  °C. Následně jsem zvolil charakteristické číslo budovy, které závisí na poloze objektu. Toto číslo určuje, zdali je objekt chráněn, nechráněn nebo je v dané oblasti výskyt větrů. Zvolený rodinný dům je nechráněný, je to osaměle stojící budova.

Pak se z výkresu půdorysu domu (Příloha A) a výpisu skladeb (Příloha C) zjistí skladby jednotlivých podlah, stěn a stropů. V dialogovém okně "Budova" se vloží údaje o složení stěn, podlah, stropů, typů oken, dveří a střechy. V každé záložce se poskládají jednotlivé konstrukce. Každá konstrukce má definovaný součinitel přestupu tepla. U oken a dveří se zvolí typ, který chceme použít.



| č. | Konstrukce     | U [W/m <sup>2</sup> K] | Tzk [°C] | Tloušťka [m] | Barva | Poznámka:                            |
|----|----------------|------------------------|----------|--------------|-------|--------------------------------------|
| 1  | OBVODOVE_STENY | 0.137                  | V        | 0.525        | Red   | HELUZ FAMILY 30 + ISOVER 200 + Jadro |
| 2  | NOSNE_STENY    | 0.881                  | V        | 0.246        | Pink  | HELUZ 24 + Vápennocementová omítka   |
| 3  | VNITRNI_STENY  | 1.575                  | 20.0     | 0.121        | Pink  | HELUZ 11,5 + Vápennocementová omítka |

Obr. 5.1 Přehled použitých stěn

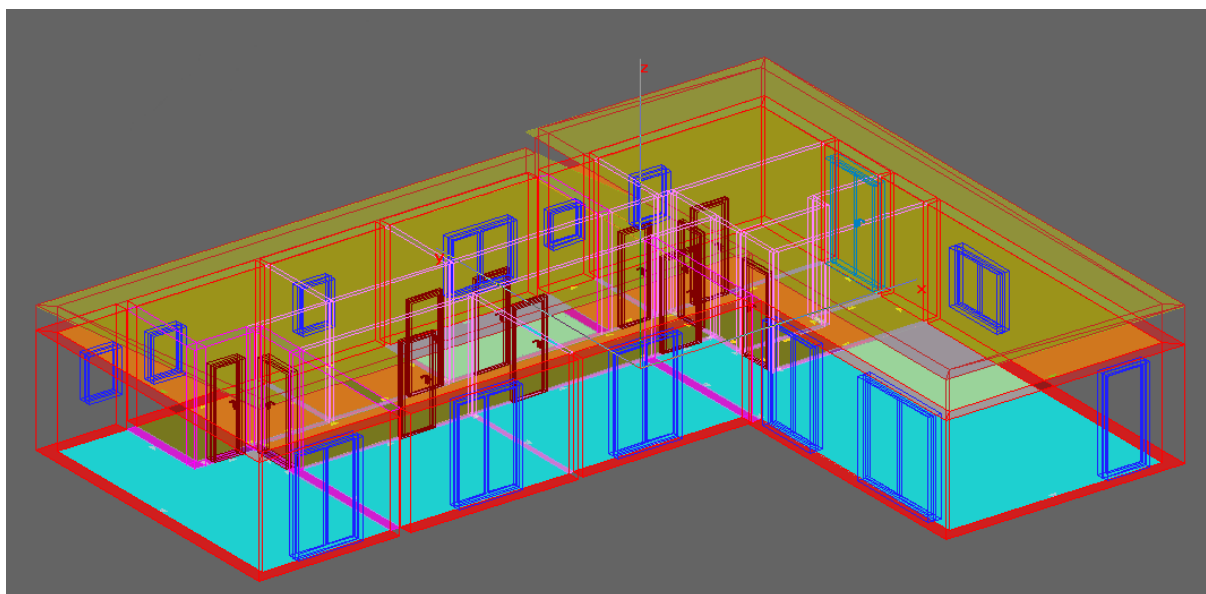
Po vložení půdorysu do programu se vytvoří jednotlivé místnosti. Každé místnosti se přiřadí číslo a účel místnosti. Každá místnost má odlišnou vnitřní teplotu, rozdíl jednotlivých teplot je zobrazen v Tab. 5.1. Poté se zvolí světová strana, na kterou je daná místnost umístěna, tepelné zisky, výměna vzduchu a výška místnosti.

Tab. 5.1 Vnitřní teploty místnosti

| Místnost   | Zádveří | Chodba | Obývací pokoj | Spíž | Pokoj 1 | Pokoj 2 |
|------------|---------|--------|---------------|------|---------|---------|
| $t_i$ (°C) | 15      | 20     | 20            | 15   | 20      | 20      |

| Místnost   | Ložnice | Koupelna 1 | Koupelna 2 | Šatna | Záchod | Technická místnost |
|------------|---------|------------|------------|-------|--------|--------------------|
| $t_i$ (°C) | 20      | 24         | 24         | 20    | 20     | 15                 |

Po vytvoření místnosti a skladeb konstrukcí kreslíme do pozadí (půdorys) jednotlivé typy konstrukcí. Kreslí se postupně po místnostech. Začíná se nejdříve stěnami, poté podlahou, stropem, popř. okny a dveřmi. Po dokončení celého patra se vytvoří druhé patro obdobným způsobem, a navíc se nakreslí ještě roviny potřebné pro zhotovení střechy. Zhotovený dům si můžeme prohlédnout v 3D pohledu, viz Obr. 5.2.



Obr. 5.2 Namodelovaný rodinný dům v programu TechCON

Nakonec se spustí výpočet tepelných ztrát. Program nám vypočítá jak celkové tepelné ztráty daného objektu, tak tepelné ztráty v jednotlivých místnostech.



Tab. 5.2 Výstupní hodnoty tepelných ztrát

| Číslo místnosti | Účel místnosti     | Světová strana | $A$ (m <sup>2</sup> ) | $V$ (m <sup>3</sup> ) | $\Phi_{V,i}$ (W) | $\Phi_{T,i}$ (W) | $\Phi_{HL,i}$ (W) |
|-----------------|--------------------|----------------|-----------------------|-----------------------|------------------|------------------|-------------------|
| 1. 101          | Zádveří            | SV             | 6,6                   | 16,5                  | 84               | 182              | 266               |
| 1. 102          | Chodba             | Z              | 12,0                  | 30,1                  | 154              | -399             | -245              |
| 1. 103          | Obývací pokoj      | JV             | 39,9                  | 99,9                  | 594              | 1013             | 1607              |
| 1. 104          | Spíž               | S              | 3,9                   | 9,7                   | 49               | -115             | -66               |
| 1. 105          | Pokoj 1            | JV             | 12,2                  | 30,5                  | 182              | 346              | 528               |
| 1. 106          | Pokoj 2            | JV             | 12,2                  | 30,5                  | 181              | 337              | 518               |
| 1. 107          | Ložnice            | JZ             | 16,5                  | 41,1                  | 245              | 423              | 668               |
| 1. 108          | Koupelna 1         | SZ             | 5,8                   | 14,4                  | 96               | 238              | 334               |
| 1. 109          | Koupelna 2         | SZ             | 5,2                   | 13                    | 86               | 264              | 350               |
| 1. 110          | Šatna              | SZ             | 6,7                   | 16,7                  | 99               | 217              | 316               |
| 1. 111          | Záchod             | S              | 2,1                   | 5,1                   | 30               | 117              | 147               |
| 1. 112          | Technická místnost | S              | 7,4                   | 18,4                  | 94               | 112              | 206               |
| Celkem:         |                    |                | 130,4                 | 326                   | 1895             | 2735             | 4630              |

### Tepelná ztráta objektu

$$\Phi_{HL} = 4630 \text{ W} \quad (5.11)$$

### Tepelný výkon pro přípravu TUV

Tepelný výkon potřebný pro přípravu TUV závisí hlavně na spotřebě teplé vody. Spotřeba odpovídá počtu osob, které v daném objektu žijí. V navrhovaném domě budou bydlet 4 osoby a uvažujeme navýšení tepelných ztrát o 200 W na osobu.

$$\Phi_{TUV} = 4 \cdot 200 = 800 \text{ W} \quad (5.12)$$

### Celkový potřebný výkon pro návrh tepelného zdroje

$$\Phi_{TZ} = \Phi_{HL} + \Phi_{TUV} = 4630 + 800 = 5430 \text{ W} \quad (5.13)$$

## 5.3 Výpočet potřeby energií na vytápění a ohřev TUV

### Potřeba energie na vytápění

Vychází se z denostupňové metody, kde se počet denostupňů pro lokalitu Nový Jičín určí:

$$D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) \quad (5.14)$$

$$D = 242 \cdot (19,5 - 3,8) = 3799 \text{ dny} \cdot K$$

|          |  |         |
|----------|--|---------|
| $D$      | denostupně                             | (K·den) |
| $d$      | počet dnů otopného období              | (den)   |
| $t_{is}$ | průměrná vnitřní výpočtová teplota     | (°C)    |
| $t_{es}$ | průměrná teplota během otopného období | (°C)    |

Potřeba energie pro vytápění za celé otopné období:

$$Q_{VYT-r} = \frac{\varepsilon}{\eta_0 \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot \Phi_{HL} \cdot D}{t_{is} - t_e} \quad (5.15)$$

$$Q_{VYT-r} = \frac{0,7}{0,98 \cdot 0,98} \cdot \frac{24 \cdot 4630 \cdot 3799}{19,5 - (-15)} = 8,91 \text{ MWh} \cdot \text{rok}^{-1}$$

|               |                                      |                          |
|---------------|--------------------------------------|--------------------------|
| $Q_{VYT-r}$   | potřebná energie pro vytápění za rok | (MWh·rok <sup>-1</sup> ) |
| $\varepsilon$ | opravný součinitel                   | (-)                      |
| $\eta_r$      | účinnost rozvodu vytápění            | (-)                      |
| $\eta_0$      | účinnost obsluhy                     | (-)                      |
| $\Phi_{HL}$   | tepelná ztráta objektu               | (kW)                     |
| $t_e$         | výpočtová venkovní teplota           | (°C)                     |

### Potřeba energie na ohřev TUV

Denní potřeba energie pro ohřev TUV:

$$Q_{TUV-d} = (1 + z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{4p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} \quad (5.16)$$

$$Q_{TUV-d} = (1 + 0,5) \cdot \frac{1000 \cdot 4186 \cdot 0,2 \cdot (55 - 10)}{3600} = 15,7 \text{ kWh} \cdot \text{den}^{-1}$$

|             |   |  |
|-------------|---|--|
| $Q_{TUV-d}$ | denní potřeba tepla pro ohřev TUV       | (MWh·den <sup>-1</sup> )               |
| $z$         | koeficient energetických ztrát systému  | (-)                                    |
| $\rho$      | hustota vody                            | (kg·m <sup>3</sup> )                   |
| $c$         | měrná tepelná kapacita vody             | (J·kg <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> ) |
| $V_{4p}$    | celková potřeba vody za den pro 4 osoby | (m <sup>3</sup> ·den <sup>-1</sup> )   |
| $t_2$       | teplota teplé vody                      | (°C)                                   |
| $t_1$       | teplota studené vody                    | (°C)                                   |

Roční potřeba energie pro ohřev TUV:

$$Q_{TUV-r} = Q_{TUV-d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV-d} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d) \quad (5.17)$$

$$Q_{TUV-r} = 15,7 \cdot 242 + 0,8 \cdot 15,7 \cdot \frac{55 - 15}{55 - 5} \cdot (365 - 242) = 5,04 \text{ MWh} \cdot \text{rok}^{-1}$$

|             |                                   |                          |
|-------------|-----------------------------------|--------------------------|
| $Q_{TUV-r}$ | roční potřeba tepla pro ohřev TUV | (MWh·rok <sup>-1</sup> ) |
| $t_{svl}$   | teplota studené vody v létě       | (°C)                     |
| $t_{svz}$   | teplota studené vody v zimě       | (°C)                     |
| $N$         | počet dní v roce                  | (den)                    |

**Celková potřeba energie na vytápění a ohřev TUV**

$$Q_r = Q_{VYT-r} + Q_{TUV-r} \quad (5.18)$$

$$Q_r = 8,91 + 5,04 = 13,95 \text{ MWh} \cdot \text{rok}^{-1}$$

[11]

## 6 Návrh vytápění daného objektu

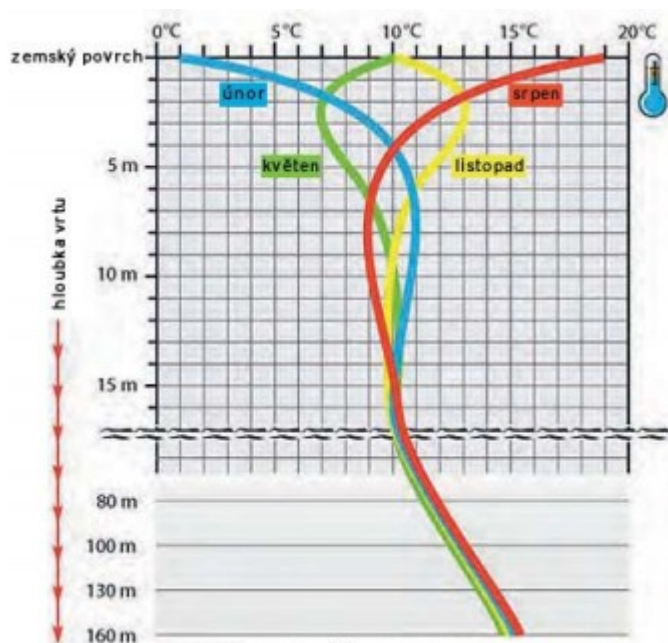
V této kapitole se podrobněji zaměříme na konkrétní příklad návrhu vytápění daného objektu. Vyhodnocovat budeme tři alternativy vytápění:

- Tepelné čerpadlo země/voda;
- Tepelné čerpadlo vzduch/voda;
- Elektrický kotel;

Pro všechny tři varianty vytápění budeme uvažovat pouze teplovodní podlahový systém. Je to systém, který využívá nízkoteplotní soustavu, tudíž nemá vysokou teplotu topného média, a je vhodný ke kombinacím s tepelným čerpadlem. Mezi výhody podlahového systému patří rovnoměrné vertikální rozložení teplot v místnosti, což zajistí tepelnou pohodu.

### 6.1 Varianta 1 – tepelné čerpadlo země/voda

Jako první variantu jsem zvolil tepelné čerpadlo země/voda se zapojením zemního kolektoru, které bude pracovat monovalentně. Oproti typu tepelného čerpadla se zemní sondou vyjde ekonomicky výhodněji, protože nepotřebuje drahé vrty, ale na druhou stranu potřebuje velkou plochu, kde je uloženo potrubí do hloubky cca 1,5 m. V této hloubce se celoroční teplota pohybuje kolem 7 – 13 °C (viz. Obr. 6.1).



Obr. 6.1 Teplotní hodnoty v zemním prostoru [13]

Při výběru jsem zvolil tepelné čerpadlo typu flexoTHERM exclusive VWF 57/4 od firmy Vaillant.

## Tepelné čerpadlo Vaillant - flexoTHERM exclusive VWF 57/4 - země/voda

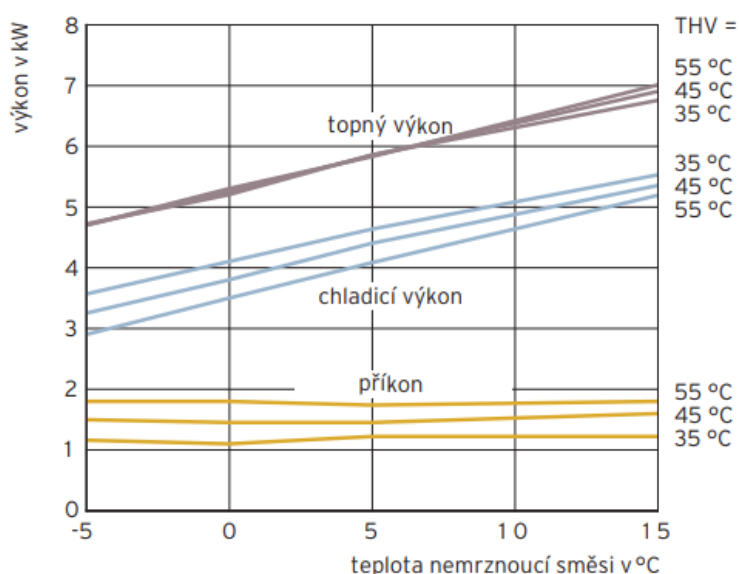
Toto tepelné čerpadlo může pracovat jak v monovalentním, tak v monoenergetickém chodu s průtokovým ohřivačem vody. Regulace průtokového ohřivače vody je zajištěna třemi výkonovými stupni, tj. 3, 6 a 9 kW. Tepelné čerpadlo typu VWF 57/4 bude pracovat monovalentně, tedy bez průtokového ohřivače. K čerpadlu bude připojen zásobník TUV OKCE 200 S o objemu 200 l od firmy Dražice a na sekundární okruh bude připojen akumulární zásobník o objemu 300 l, který bude oddělovat sekundární okruh čerpadla s otopnou soustavou, aby nedocházelo k častému spínání tepelného čerpadla a aby se tím prodloužila jeho životnost. V případě, že nastane porucha tepelného čerpadla, je jako záložní zdroj instalován elektrokotel RAY 6 KE o výkonu 6 kW.

TUV bude ohřívána pomocí tepelného čerpadla na teplotu 35 °C a následně se v zásobníku TUV bude dohřívát na teplotu 55 °C pomocí topného tělesa TPK 210/12 o výkonu 3 kW.

Tab. 6.1 Technické parametry tepelného čerpadla[13]

| Parametr  | VWF 57/4    | Jednotka |
|---|-------------|----------|
| Topný výkon B0/W35                                | 5,2         | kW       |
| Příkon B0/W35                                     | 1,1         | kW       |
| Topný faktor B0/W55                               | 4,7         | -        |
| Akustický výkon B0/W35                            | 39,8        | dB       |
| Dimenzované napětí                                | 3-/N/PE 400 | V        |
| Minimální vstupní teplota zdroje v topném provozu | -10         | °C       |
| Maximální vstupní teplota zdroje v topném provozu | 25          | °C       |
| Životnost   | 25          | let      |

### Výkonová charakteristika tepelného čerpadla



Obr. 6.2 Výkonová křivka VWF 57/4 v závislosti na nemrznoucí směsi[13]

### Potřebná plocha pro zabudování plošného kolektoru

Při zjednodušeném dimenzování plošného kolektorů se vychází pouze z chladicího výkonu tepelného čerpadla a z teoretického zisku kolektoru. [6]

Chladicí výkon

$$Q_{ch} = Q_{T\check{c}} - P \quad (6.1)$$

$$Q_{ch} = 5200 - 1100 = 4100 \text{ W}$$

|                  |                           |     |
|------------------|---------------------------|-----|
| $Q_{ch}$         | chladicí výkon            | (W) |
| $Q_{T\check{c}}$ | výkon tepelného čerpadla  | (W) |
| $P$              | příkon tepelného čerpadla | (W) |

Plocha kolektorů:

$$S = \frac{Q_{ch}}{q_{kol}} \quad (6.2)$$

$$S = \frac{Q_{ch}}{q_{kol}} = \frac{4100}{16} = 256,25 \text{ m}^2$$

|           |                           |                     |
|-----------|---------------------------|---------------------|
| $q_{kol}$ | teoretický zisk kolektoru | (W·m <sup>2</sup> ) |
|-----------|---------------------------|---------------------|

## Investiční náklady

Při výpočtu investičních nákladů na vytápění rodinného domu se bere v potaz DPH 15 %.

Tab. 6.2 Investiční náklady tepelného čerpadla flexoTHERM VWF 58/4

| Název produktu  | Cena (Kč)       |
|---|-----------------|
| Tepelné čerpadlo Vaillant flexoTHERM VWF 57/4   | 171 400,-       |
| Nová generace kompresoru Copeland Scroll se systémem EVI  | součást sestavy |
| Ekvitermní regulace Multimatic 700  | součást sestavy |
| Omezovač náběhového proudu  | součást sestavy |
| Oběhové čerpadlo primárního okruhu – elektronicky řízené  | součást sestavy |
| Oběhové čerpadlo sekundárního okruhu – elektronicky řízené  | součást sestavy |
| Vestavěný 4 cestný ventil, 2 elektronicky řízené expanzní ventily   | součást sestavy |
| Trojité izolace s revolučním antivibračním systémem   | součást sestavy |
| Akumulační zásobník allSTOR plus VPS 300/3-5  | 28 600,-        |
| VWZ NC 11 modul pasivního chlazení 5 – 11 kW  | 17 600,-        |
| Plnicí sestava primárního okruhu  | 10 600,-        |
| Připojovací sada potrubí – přímá  | 4 200,-         |
| Modul VR920 se službou aplikace multiMATIC – pro vzdálenou správu topného systému přes mobil                  | 6 900,-         |
| Plošný kolektor (zemní práce, potrubí, spojky, spojovací potrubí, nemrznoucí směs, tepelná izolace kolektoru) | 32 800,-        |
| Materiál potřebný k připojení TČ k otopné soustavě  | 14 000,-        |
| Elektrický kotel RAY 6 KE   | 20 000,-        |
| Zásobník OKCE 200 S   | 11 500,-        |
| Elektrická topná jednotka TPK 210/12 3 – 6 kW   | 5 500,-         |
| Elektroinstalace  | 2 400,-         |
| Montáž TČ   | 10 000,-        |
| Doprava   | 2 000,-         |
| Uvedení TČ do provozu   | 6 000,-         |

|        |         |           |
|--------|---------|-----------|
| Celkem | bez DPH | 343 500,- |
|        | s DPH   | 395 025,- |

[16], [17]





## Celková roční spotřeba energie při vytápění a ohřevu TUV tepelným čerpadlem VWF 57/4

$$Q_{rs-T\check{c}} = Q_{VYT-rs-T\check{c}} + Q_{TUV-rs-T\check{c}} + Q_{TUV-rs-TT} \quad (6.4)$$

$$Q_{rs-T\check{c}} = 1,57 + 0,49 + 2,29 = 4,35 \text{ MWh} \cdot \text{rok}^{-1}$$

Z vypočítané spotřeby elektrické energie při použití tepelného čerpadla  $Q_{r-T\check{c}}$  a podle příslušné sazby odběru elektrické energie můžeme vypočíst provozní náklady. Při použití tepelného čerpadla se volí sazba D56d od společnosti ČEZ. Hlavní jistič volíme 3 x 32 A.

$$N_p = 12 \cdot (J + SE + OTE) + Q_{rs-T\check{c}} \cdot NT \quad (6.5)$$

$$N_p = 12 \cdot (539,66 + 89,5 + 8,39) + 4,35 \cdot 2186,28 = 17\,160,9 \text{ Kč} \cdot \text{rok}^{-1}$$

|            |   |      |
|------------|---|------|
| <i>J</i>   | stálá měsíční cena za jmenovitou hodnotu hlavního jističe       | (Kč) |
| <i>SE</i>  | stálá měsíční cena za silovou elektřinu                         | (Kč) |
| <i>OTE</i> | stálá měsíční cena za služby operátora trhu v elektroenergetice | (Kč) |
| <i>NT</i>  | cena za 1 MWh v nízkém tarifu                                   | (Kč) |

[18]

## 6.2 Varianta 2 – tepelné čerpadlo vzduch/voda

Jako druhou variantu jsem opět zvolil tepelné čerpadlo, akorát s tím rozdílem, že energie bude získávána z okolního vzduchu a ne ze země. Místo zemního kolektoru bude mít na primárním okruhu vzduchovou jednotku. Tepelné čerpadlo bude provozováno monoenergeticky. Oproti typu čerpadla typu země/voda vyjdou pořizovací náklady výrazně nižší.

Při výběru jsem zvolil tepelné čerpadlo typu aroTHERM split VWL 55/5 od firmy Vaillant.

### Tepelné čerpadlo Vaillant - aroTHERM split VWL 55/5 - vzduch/voda

Tepelné čerpadlo typu VWL 55/5 bude pracovat v bivalentním provozu s elektrokotlem od firmy Protherm RAY 6 KE. Čerpadlo bude pracovat do bodu bivalence, potom vypne a provoz bude nahrazen elektrokotlem. Jelikož zvolené tepelné čerpadlo nemá zabudovaný zásobník TUV, musíme instalovat externí zásobník OKCE 200 S od firmy Dražice o objemu 200 l. Na sekundární okruh je připojen akumulací zásobník o objemu 300 l, který slouží k hydraulickému oddělení výroby tepla (tepelné čerpadlo) od využití tepla (podlahové vytápění). Tímto je dosaženo minimálního množství vody v oběhu a počet sepnutí tepelného čerpadla se sníží.

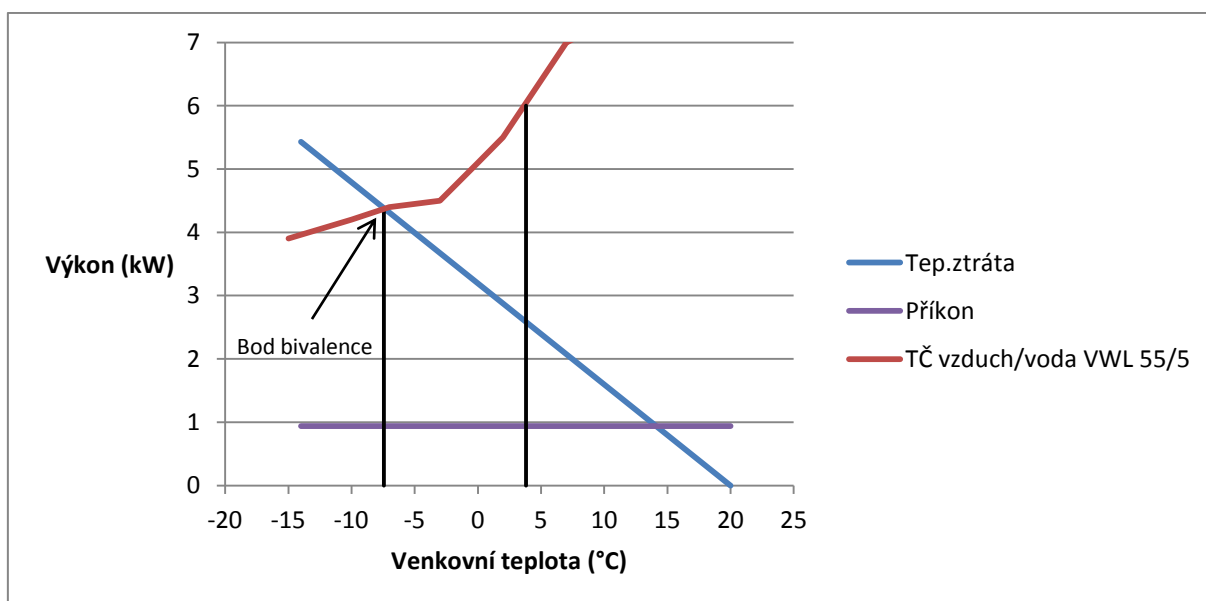
TUV bude ohřívána pomocí tepelného čerpadla na teplotu 35 °C a pak se v zásobníku TUV bude dohřívát na teplotu 55 °C pomocí topného tělesa TPK 210/12 o výkonu 3 kW.

Tab. 6.4 Technické parametry tepelného čerpadla[20]

| Parametr                                       | VWL 55/5    | Jednotka |
|--|-------------|----------|
| Topný výkon A7/W35                             | 4,5         | kW       |
| Příkon A7/W35                                  | 0,94        | kW       |
| Topný faktor A7/W35                            | 4,8         | -        |
| Akustický výkon A7/W55                         | 53          | dB       |
| Dimenzované napětí tepelného čerpadla VWL 55/5 | 1-/N/PE 230 | V        |
| Dimenzované uniTOWER VWL 57/5 IS MB5           | 3-/N/PE 400 | V        |
| Minimální teplota vzduchu                      | -20         | °C       |
| Maximální teplota vzduchu                      | 20          | °C       |
| Životnost                                      | 25          | let      |

### Určení bodu bivalence

Je to bod, který udává teplotu venkovního vzduchu, pod kterou již výkon tepelného čerpadla nestačí pokrýt potřebu tepla vytápěného objektu a je nutné k tepelnému čerpadlu připojit doplňkový zdroj, který pokryje „chybějící“ výkon.



Obr. 6.4 Výkonová křivka čerpadla VWL 55/5 vzduch/voda v závislosti na venkovní teplotě

Z Obr. 6.4 můžeme vidět, že bod bivalence při výstupní teplotě vody 35 °C odpovídá venkovní teplotě -7,45 °C a výkonu 4,35 kW. Při teplotě nižší jak -7,45 °C je tepelné čerpadlo vypnuté a pracuje místo něho elektrokotel.

## Investiční náklady

Tab. 6.5 Investiční náklady tepelného čerpadla aroTHERM VWL 55/5

| Název produktu   | Cena (Kč)       |         |
|--|-----------------|---------|
| Sestava aroTHERM VWL 55/5 230 V + VWL 57/5 IS MB5 + VRC 700                                  | 109 500         |         |
| Ekvitermní regulace Multimatic 700   | součást sestavy |         |
| Omezovač náběhového proudu   | součást sestavy |         |
| Oběhové čerpadlo sekundárního okruhu – elektronicky řízené                                   | součást sestavy |         |
| Akumulační zásobník allSTOR plus VPS 300/3-5   | 28 600          |         |
| Podstavec pro venkovní jednotku TČ   | 6 100           |         |
| Modul VR920 se službou aplikace multiMATIC – pro vzdálenou správu topného systému přes mobil | 6 900           |         |
| Materiál potřebný k připojení TČ k otopné soustavě   | 14 000          |         |
| Elektrický kotel RAY 6 KE  | 20 000          |         |
| Zásobník OKCE 200 S  | 11 500          |         |
| Elektrická topná jednotka TPK 210/12 3 – 6 kW  | 5 500           |         |
| Elektroinstalace   | 2 400           |         |
| Montáž TČ  | 10 000          |         |
| Doprava  | 2 000           |         |
| Uvedení TČ do provozu  | 6 000           |         |
| Celkem   | bez DPH         | 222 500 |
|  | s DPH           | 255 875 |

[16], [17]

## Provozní náklady

Pro zjištění provozních nákladu musíme opět zjistit topný faktor pro průměrnou venkovní teplotu 3,8 °C. Z Obr. 6.4 vidíme, že průměrné venkovní teplotě odpovídá topný faktor 6,38.

$$COP_p = \frac{6}{0,94} = 6,38 \quad (6.6)$$

Pro výpočet spotřeby tepla bivalentním zdrojem musíme nejdříve zjistit, kolik dní za otopnou sezónu dosáhne teploty nižší než je bivalentní teplota. To zjistíme z historických dat na portálu CHMI. Budeme uvažovat minimální hodnoty teplot z posledních tří let. Počet dní, kdy teplota klesne pod -7,45 °C, bylo určeno 17, což je cca 7 % otopné sezóny a 5 % celého roku.

Tab. 6.6 Přehled potřeby a spotřeby tepla

|                                    |                 |      |                       |
|------------------------------------|-----------------|------|-----------------------|
| Potřeba energie pro vytápění       | $Q_{VYT-r}$     | 8,91 | MWh·rok <sup>-1</sup> |
| Potřeba energie pro vytápění TČ    | $Q_{VYT-r-TČ}$  | 8,29 | MWh·rok <sup>-1</sup> |
| Potřeba energie pro vytápění EK    | $Q_{VYT-r-EK}$  | 0,62 | MWh·rok <sup>-1</sup> |
| Spotřeba energie a pro vytápění TČ | $Q_{VYT-rs-TČ}$ | 1,3  | MWh·rok <sup>-1</sup> |
| Spotřeba energie pro vytápění EK   | $Q_{VYT-rs-EK}$ | 0,62 | MWh·rok <sup>-1</sup> |

|                                   |                 |      |                       |
|-----------------------------------|-----------------|------|-----------------------|
| Potřeba energie pro ohřev TUV     | $Q_{TUV-r}$     | 5,04 | MWh·rok <sup>-1</sup> |
| Potřeba energie pro ohřev TUV TČ  | $Q_{TUV-r-TČ}$  | 2,66 | MWh·rok <sup>-1</sup> |
| Potřeba energie pro ohřev TUV TT  | $Q_{TUV-r-TT}$  | 2,38 | MWh·rok <sup>-1</sup> |
| Spotřeba energie pro ohřev TUV TČ | $Q_{TUV-rs-TČ}$ | 0,42 | MWh·rok <sup>-1</sup> |
| Spotřeba energie pro ohřev TUV TT | $Q_{TUV-rs-TT}$ | 2,38 | MWh·rok <sup>-1</sup> |

### Celková roční spotřeba při vytápění a ohřevu TUV tepelným čerpadlem

$$Q_{rs-TČ} = Q_{VYT-rs-TČ} + \frac{Q_{VYT-rs-EK}}{\eta_{EK}} + Q_{TUV-rs-TČ} + Q_{VYT-rs-TT} \quad (6.7)$$

$$Q_{rs-TČ+EP} = 1,3 + \frac{0,62}{0,995} + 0,42 + 2,38 = 4,72 \text{ MWh} \cdot \text{rok}^{-1}$$

Z vypočítané spotřeby elektrické energie při použití tepelného čerpadla a elektrické patrony monoenergetickém provozu  $Q_{r-TČ+EP}$  a podle příslušné sazby odběru elektrické energie můžeme vypočítat provozní náklady. Při použití tepelného čerpadla s kombinací elektrického zdroje se volí sazba D56d od společnosti ČEZ. Hlavní jistič volíme 3 x 32 A. [10]

$$N_p = 12 \cdot (J + SE + OTE) + Q_{rs-TČ+EP} \cdot NT \quad (6.8)$$

$$N_p = 12 \cdot (539,66 + 89,5 + 8,39) + 4,72 \cdot 2186,28 = 17\,969,8 \text{ Kč} \cdot \text{rok}^{-1}$$

[18]

### 6.3 Varianta 3 – elektrický kotel

Jako třetí variantu jsem zvolil vytápění elektrickým kotlem RAY 6 KE o výkonu 6 kW od firmy Protherm. Pro ohřev TUV jsem zvolil zásobník OKCE 200 S od firmy Dražice o objemu 200 l doplněný o elektrické topné těleso TPK 210/12 o výkonu 3 kW. [22],[23]

#### Elektrokotel Protherm RAY 6 KE

Je to závěsný kotel, který je vhodný pro moderní vytápění bytů a rodinných domů. Kotel může i připravovat TUV. Provoz kotel je velmi jednoduchý a tichý.

Tab. 6.7 Technické parametry elektrokotle [22]

| Parametr               | RAY 6 KE      | Jednotka |
|------------------------|---------------|----------|
| Topný výkon            | 6             | kW       |
| Dimenzované napětí     | 3-/N/PE 400 V | -        |
| Akustický výkon A7/W55 | 10            | dB       |
| Objem expanzní nádoby  | 8             | l        |
| Účinnost               | 99,5          | %        |
| Krytí                  | IP40          | -        |

### Investiční náklady

Tab. 6.8 Investiční náklady elektrokotle RAY 6 KE

| Název produktu  | Cena (Kč) |
|---|-----------|
| Elektrický kotel RAY 6 KE   | 20 000    |
| Zásobník OKCE 200 S   | 11 500    |
| Elektrická topná jednotka TPK 210/12 3 – 6 kW                               | 5 500     |
| Ekvitermní čidlo pro kotel RAY  | 900       |
| Prostorový termostat  | 1 400     |
| Materiál potřebný k připojení elektrokotle k otopné soustavě                | 10 000    |
| Materiál na dopojení elektrického bojlerů včetně cirkulačního čerpadla vody | 10 000    |
| Montáž elektrokotle + uvedení do provozu                                    | 15 000    |
| Doprava   | 1 000     |

|        |         |        |
|--------|---------|--------|
| Celkem | bez DPH | 75 300 |
|        | s DPH   | 86 595 |

[16] + Kovařík David, Elektro-fm.cz s.r.o.

## Provozní náklady

Tab. 6.9 Přehled potřeby spotřeby tepla

|   |                    |      |                       |
|---|--------------------|------|-----------------------|
| Potřeba energie pro vytápění              | $Q_{VYT-r}$        | 8,91 | MWh·rok <sup>-1</sup> |
| Spotřeba energie a pro vytápění EK        | $Q_{VYT-rs-EK}$    | 8,95 | MWh·rok <sup>-1</sup> |
| Spotřeba energie a pro vytápění EK při NT | $Q_{VYT-rs-EK-NT}$ | 7,45 | MWh·rok <sup>-1</sup> |
| Spotřeba energie a pro vytápění EK při VT | $Q_{VYT-rs-EK-VT}$ | 1,49 | MWh·rok <sup>-1</sup> |

|                                   |                 |      |                       |
|-----------------------------------|-----------------|------|-----------------------|
| Potřeba energie pro ohřev TUV     | $Q_{TUV-r}$     | 5,04 | MWh·rok <sup>-1</sup> |
| Spotřeba energie pro ohřev TUV EB | $Q_{TUV-rs-EB}$ | 5,04 | MWh·rok <sup>-1</sup> |

### Celková roční spotřeba při vytápěním a ohřevu TUV elektrokotlem

$$Q_{rs-EK+EB} = \frac{Q_{VYT-rs-EK}}{\eta_{EK}} + Q_{TUV-r-EB} \quad (6.9)$$

$$Q_{rs-EK+EB} = \frac{8,95}{0,995} + 5,04 = 14,03 \text{ MWh} \cdot \text{rok}^{-1}$$

Z vypočítané spotřeby elektrické energie při použití elektrokotle  $Q_{r-EK}$  a podle příslušné sazby odběru elektrické energie můžeme vypočítat provozní náklady. Důležité je při výpočtu provozních nákladů elektrokotle spočítat spotřebu elektrické energie při nízkém tarifu a při vysokém. Ze stránek společnosti ČEZ jsem zjistil, že při použití elektrického vytápění je denně nízký tarif nastaven na 20 hodin a vysoký tarif na 4 hodiny. Při výpočtu budeme uvažovat tu nejhorší možnou variantu, tedy že elektrokotel bude vytápět v otopné sezóně 24 hodin denně. Ohřev TUV bude probíhat pouze při NT, protože máme zásobník TUV. [27]

Při použití elektrokotle se volí sazba D57d od společnosti ČEZ. Hlavní jistič volíme 3 x 40 A. [10]

$$N_p = 12 \cdot (J + SE + OTE) + (Q_{VYT-rs-EK-NT} + Q_{TUV-rs-EB}) \cdot NT + Q_{rs-EK-VT} \cdot VT \quad (6.10)$$

$$N_p = 12 \cdot (579,9 + 89,5 + 8,39) + (7,45 + 5,04) \cdot 2272,42 + 1,49 \cdot 2342,63 =$$

$$= 40\,006,5 \text{ Kč} \cdot \text{rok}^{-1}$$

[18]

## 6.4 Teplovodní podlahový systém

Výpočet teplovodního podlahového vytápění bylo provedeno pomocí program TechCON IVAR CS. Obývací pokoj bylo potřeba rozdělit na tři samostatné okruhy, ostatní místnosti jsou napájeny

samostatnými okruhy. Přehled uložení potrubí ve tvaru spirál můžeme vidět v příloze F. Aby bylo docíleno hydraulické rovnováhy, je potřeba každý okruh vybavit regulačním ventilem.

Tab. 6.10 Bilance rozdělovačů

| Rozdělovač číslo | Max. počet okruhů | Připojené okruhy | Teplotní spád | Max. tlaková ztráta | Průtok                | Rychlost             |
|------------------|-------------------|------------------|---------------|---------------------|-----------------------|----------------------|
|                  |                   |                  | (K)           | (kPa)               | (kg·h <sup>-1</sup> ) | (m·s <sup>-1</sup> ) |
| RZ 0 – 1. NP (9) | 9                 | 9                | 4,8           | 10,29               | 680,78                | 0,26                 |
| RZ 0 – 1. NP (3) | 3                 | 3                | 4,3           | 2,03                | 130,98                | 0,12                 |

Okruhy jsou napájeny dvěma rozdělovači/sběrači (viz. Tab 6.10), které mají teplotní spády 35/30 a 30/25 °C při venkovní teplotě -15 °C. Každý rozdělovač je vybavený rezervním ventilem. Rozdělovač, který pracuje s nižší teplotovou přívodní topné vody, využívá teplotu zpětné vody rozdělovače s teplotním spádem 35/30 pomocí třicestného směšovacího ventilu. V místnosti koupelna 1 a koupelna 2 není dosaženo teplotního hygienického limitu, proto je potřeba instalovat teplovodní otopné těleso, které pokryje zbývající tepelné ztrát. Teplovodní otopné těleso je vybaveno elektrickým topným tělesem, aby bylo dosaženo vyšší teploty topné vody.

V Tab. 6.11 můžeme vidět vypočtené hodnoty podlahového vytápění po jednotlivých místnostech.

Tab. 6.11 Okruhy a jejich nastavení

| Místnost           | Okruh | Odchylka | Pokrytí ztrát | $\Delta t$ | $l_{\text{celk}}$ | $M_h$                 | $R \cdot I + z$ |
|--------------------|-------|----------|---------------|------------|-------------------|-----------------------|-----------------|
|                    |       | (W)      | (%)           | (°C)       | (m)               | (kg·h <sup>-1</sup> ) | (Pa)            |
| Zádveří            | 1     | 0        | 100           | 7,6        | 29,1              | 27,76                 | 383             |
| Obývací pokoj      | 1     | 0        | 100           | 4,8        | 98,2              | 97,9                  | 6822            |
| Obývací pokoj      | 2     | 0        | 100           | 4,8        | 90                | 89,97                 | 4944            |
| Obývací pokoj      | 2     | 0        | 100           | 4,8        | 75,7              | 78,09                 | 2847            |
| Pokoj 1            | 1     | 0        | 100           | 4,4        | 67                | 94,92                 | 4481            |
| Pokoj 2            | 1     | 0        | 100           | 4,7        | 72,3              | 88,83                 | 4140            |
| Ložnice            | 1     | 0        | 100           | 4,2        | 81                | 125,51                | 10288           |
| Koupelna 1         | 1     | -72      | 76            | 4          | 98,4              | 53,02                 | 1889            |
| Koupelna 2         | 1     | -70      | 78            | 4          | 95,1              | 57,03                 | 2028            |
| Šatna              | 1     | 0        | 100           | 4,3        | 48,5              | 60,31                 | 1446            |
| Záchod             | 1     | 0        | 100           | 5,9        | 13,4              | 20,93                 | 132             |
| Technická místnost | 1     | 15       | 108           | 10         | 33,2              | 17,49                 | 264             |

Celková délka potrubí je 802 m, objem vody v soustavě 107 l a celková otopná plocha 106,76 m<sup>2</sup>.

## Investiční náklady

| Název produktu   | Cena (Kč) |
|--|-----------|
| Sestava rozdělovač/sběrač - pro podlahové vytápění - 9cestný + skříň N-KLASIK 3 - 1"xEK; | 12 700    |
| Sestava rozdělovač/sběrač - pro podlahové vytápění - 3cestný + skříň N-KLASIK 2 - 1"xEK; | 7 460     |
| Systémová izolační deska s ochrannou fólií   | 5 710     |
| Potrubí PEX - 17x2 - 800m  | 24 800    |
| Kombinované koupelňové těleso + příslušenství  | 6 000     |
| Propojovací materiál   | 5 000     |
| Roznášecí betonová mazanina + práce  | 33 500    |

|        |         |         |
|--------|---------|---------|
| Celkem | bez DPH | 95 170  |
|        | s DPH   | 109 446 |

[25], [26]



## 7 Vyhodnocení pomocí multikriteriální analýzy

Multikriteriální analýza je metoda, která se používá při rozhodování mezi několika alternativami. Ve výsledku je pouze jediná alternativa a není možné, aby jich bylo současně víc.

U této metody můžeme vyhodnocení rozdělit podle více typů vyhodnocovacích metod, jako jsou:

- Metoda váženého součtu – WSA;
- Metoda ideálních bodu – IPA;
- Metoda TOPSIS;
- Metoda shody a neshody – CDA;
- Metoda AGREPREF;

Mezi nejpoužívanější metody patří metoda WSA a TOPSIS. V mém případě jsem zvolil pro vyhodnocení metodu WSA.

### Stanovení variant

- Varianta  $a_1$  – tepelné čerpadlo země/voda;
- Varianta  $a_2$  – tepelné čerpadlo vzduch/voda;
- Varianta  $a_3$  – elektrický kotel;

### Stanovení kritérií

- Kriterium  $f_1$  – investiční náklady (Kč) – minimalizační;
- Kriterium  $f_2$  – provozní náklady (Kč) – minimalizační;
- Kriterium  $f_3$  – doba životnosti (rok) – maximalizační;
- Kriterium  $f_4$  – hlučnost (dB) – minimalizační;

Tab. 7.1 Přehled uvažovaných variant hodnotících kritérií

|       | Varianta                       | $f_1$                   | $f_2$                 | $f_3$                 | $f_4$         |
|-------|--------------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------|
|       |                                | Investiční náklady (Kč) | Provozní náklady (Kč) | Doba životnosti (rok) | Hlučnost (db) |
| $a_1$ | Tepelné čerpadlo země – voda   | 504 471                 | 17 161                | 25                    | 39,8          |
| $a_2$ | Tepelné čerpadlo vzduch – voda | 365 321                 | 17 970                | 25                    | 53            |
| $a_3$ | Elektrický kotel               | 196 041                 | 40 007                | 20                    | 10            |

V Tab. 7.1 jsou investiční náklady jednotlivých variant s uvažováním investičních nákladů teplovodního podlahového systému.

## 7.1 Určení vah kritérií

U většiny metod vícekritériálního rozhodování vyžaduje odlišení jednotlivých kritérií podle jejich významu. Jednou z možností je číselné vyjádření této významnosti pomocí tzv. vah.

Váhy lze vyjádřit pomocí vektoru vah kritérií:

$$v = (v_1, v_2, \dots, v_k); \quad (7.1)$$

Musí platit:

$$\sum_{j=1}^k v_j = 1, \quad v_j \geq 0; \quad (7.2)$$

Pro určení jednotlivých vah jsem použil Fullerovou metodu, v rámci níž dochází k postupnému porovnávání vždy dvou kritérií. Porovnání se provádí pomocí Fullerova trojúhelníku. Počet srovnání vždy závisí na počtu kritérií.

$$N = \binom{k}{2} = \frac{k \cdot (k - 1)}{2} = \frac{4 \cdot (4 - 1)}{2} = 6 \quad (7.3)$$

Tab. 7.2 Fullerův trojúhelník

|                |                |                |
|----------------|----------------|----------------|
| f <sub>1</sub> | f <sub>1</sub> | f <sub>1</sub> |
| f <sub>2</sub> | f <sub>3</sub> | f <sub>4</sub> |
|                | f <sub>2</sub> | f <sub>2</sub> |
|                | f <sub>3</sub> | f <sub>4</sub> |
|                |                | f <sub>3</sub> |
|                |                | f <sub>4</sub> |

Tab. 7.3 Vypočtené váhy

| Kritérium               | $v_j$<br>(%) |
|-------------------------|--------------|
| Investiční náklady (Kč) | 33,33        |
| Provozní náklady (Kč)   | 41,67        |
| Doba životnosti (rok)   | 16,67        |
| Hlučnost (dB)           | 8,33         |

## 7.2 Metoda WSA

Metoda WSA je založena na principu maximalizace úžitku. Musíme spočítat hodnotu váženého součtu pro každou variantu a za nejlepší variantu vybereme tu, která bude mít vážený součet nejvyšší.

Nejprve si popíšeme tzv. kritériální matici:

$$Y = \begin{matrix} & f_1 & f_2 & f_3 & f_4 \\ \begin{matrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 504471 & 17161 & 25 & 39,8 \\ 365321 & 17970 & 25 & 53,0 \\ 196041 & 40007 & 20 & 10,0 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (7.4)$$

Teď provedeme úpravu kritériální matice na tvar, kdy budou všechna kritéria maximalizační:

$$Y_{\max} = \begin{matrix} & f_1 & f_2 & f_3 & f_4 \\ \begin{matrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 22846 & 25 & 13,2 \\ 139150 & 22037 & 25 & 0,0 \\ 308430 & 0 & 20 & 43,0 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (7.5)$$

Dále určíme maximální  $H$  a minimální  $D$  hodnoty z každého sloupce  $j$ :

$$H = (308430, 22846, 25, 43)$$

$$D = (0, 0, 20, 0)$$

Následně zkonstruujeme normalizovanou kritériální matici  $R$  (7.7) podle vzorce (7.6):

$$r_{ij} = \frac{Y_{ij} - D_j}{H_j - D_j} \quad (7.6)$$

$$R = \begin{matrix} & & f_1 & f_2 & f_3 & f_4 \\ \begin{matrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{matrix} & \left[ \begin{array}{cccc} 0,00 & 1,00 & 1,00 & 0,31 \\ 0,45 & 0,96 & 1,00 & 0,00 \\ 1,00 & 0,00 & 0,00 & 1,00 \end{array} \right] \end{matrix} \quad (7.7)$$

Pak zhotovíme váženou kriteriální matici  $W$  (7.8) tak, že každý sloupec normalizované matice  $R$  vynásobíme odpovídající vahou  $v_j$ :

$$W = \begin{matrix} & & f_1 & f_2 & f_3 & f_4 \\ \begin{matrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{matrix} & \left[ \begin{array}{cccc} 0,00 & 0,42 & 0,17 & 0,03 \\ 0,15 & 0,40 & 0,17 & 0,00 \\ 0,33 & 0,00 & 0,00 & 0,08 \end{array} \right] \end{matrix} \quad (7.8)$$

Tab. 7.4 Vypočtené hodnoty maximální hodnoty užitku

|       | Varianta                     | Hodnota užitku |
|-------|------------------------------|----------------|
| $a_1$ | Tepelné čerpadlo země/voda   | 0,61           |
| $a_2$ | Tepelné čerpadlo vzduch/voda | 0,72           |
| $a_3$ | Elektrický kotel             | 0,41           |

Z Tab 7.4 vidíme, že maximálního užitku dosahuje varianta  $a_2$  – tepelné čerpadlo vzduch/voda, a znamená to tedy, že je ze všech variant nejvhodnější.

## 8 Závěr

Tato diplomová práce se zabývala návrhem vhodného nízkoenergetického vytápění domů. Byla zde zpracována jak teoretická problematika možností vytápění obytných prostorů, tak praktická, v níž byly navrženy zdroje a vytápěcí systém pro konkrétní rodinný dům. Pro tento objekt byly pro posuzování vhodnosti vytápění vybrány tři varianty vytápění: tepelné čerpadlo země/voda, tepelné čerpadlo vzduch/voda a elektrokotel. Jako vytápěcí systém sloužilo teplovodní podlahové vytápění.

Nejprve bylo nutné najít vhodný software, pomocí kterého se vypočítaly tepelné ztráty objektu. Pro tento účel jsem použil software TechCON od společnosti Rehau. Program TechCON počítá tepelné ztráty podle normy STN EN 12 831. Tepelné ztráty objektu dosáhly hodnoty  $\Phi_{HL} = 4\,630\text{ W}$ . Po zjištění tepelných ztrát mohlo být v programu navrženo teplovodní podlahové vytápění. Z vypočtených tepelných ztrát a počtu osob obývajících rodinný dům byl určen potřebný výkon na pokrytí tepelných ztrát a ohřevu TUV, který se rovná  $\Phi_{TZ} = 5\,430\text{ W}$ . Tato hodnota je důležitá při návrhu zdroje tepla. Poté se vypočítaly roční potřeby energií na vytápění a ohřev TUV, které se využijí při dalším výpočtu provozních nákladů jednotlivých zdrojů. Roční potřeba energie na vytápění je rovná  $Q_{VYT-r} = 8,91\text{ MWh}\cdot\text{rok}^{-1}$  a roční potřeba energie na ohřev TUV je rovná  $Q_{TUV-r} = 5,04\text{ MWh}\cdot\text{rok}^{-1}$ .

Pro všechny tři varianty vytápění byly rovněž spočítány provozní náklady a od firem a výrobců byly zjištěny investiční náklady, životnosti a hlučnosti.

Pro tepelné čerpadlo země/voda flexoTHERM exclusive VWF 57/4 od firmy Vaillant byly zjištěny investiční náklady o hodnotě 504 471 Kč (včetně teplovodního podlahového systému). Provozní náklady činily 17 161 Kč. Životnost tepelného čerpadla VWF 57/4 je výrobcem určena na 25 let a hlučnost při výstupní teplotě vody 35 °C je 39,8 db.

U tepelného čerpadla vzduch/voda aroTHERM split VWL 55/5 rovněž od firmy Vaillant dosáhly investiční náklady hodnoty 365 321 Kč (včetně teplovodního podlahového systému). Výsledek provozních nákladů činil 17 790 Kč. Životnost tepelného čerpadla VWL 55/5 je výrobcem určena na 25 let a hlučnost při výstupní teplotě vody 35 °C je 53 db.

Poslední variantou návrhu vytápění byl elektrokotel RAY 6 KE od firmy Protherm. Investiční náklady elektrokotle byly ze všech typů vytápění nejnižší – celkem 196 041 Kč (včetně teplovodního podlahového systému). Provozní náklady vyšly naopak nejvyšší, a to 40 007 Kč. Životnost tepelného čerpadla VWL 55/5 je výrobcem určena na 20 let a hlučnost je 10 db.

Nakonec bylo provedeno vyhodnocení optimální varianty vytápění pomocí multikriteriální analýzy metodou WSA. Jako hodnoticí kritéria byly zvoleny pořizovací náklady, provozní náklady, životnost a hlučnost. Váha jednotlivých kritérií byla posouzena pomocí párového porovnávání (Fullerův trojúhelník). Při určování vah záleželo především na ekonomické stránce, tudíž se nejdůležitějšími staly provozní náklady s investičními. Nejvýhodnější variantou vytápění pro vybraný nízkoenergetický dům se podle vyhodnocení metody WSA stala varianta druhá – tepelné čerpadlo vzduch/voda –, hned za ní následovala varianta první – tepelné čerpadlo země/voda – a s odstupem jako poslední varianta třetí – elektrokotel.

## Seznam použité literatury

- [1] Hradílek Zdeněk. *Elektrotepelná technika*. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04938-9.
- [2] Hradílek Zdeněk. *Elektroenergetika distribučních a průmyslových zařízení*. 1. vyd. Ostrava: Montanex a.s., 2008. ISBN 978 -80-7225-291-6.
- [3] *Technická zařízení budov* [online]. [cit. 2018-11-13]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-tuhymi-palivy>
- [4] *Wikipedie* [online]. [cit. 2018-11-13]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Peleta>
- [5] Musil Ladislav. *Technická zařízení budov* [online]. [cit. 2018-11-13]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-plynem/1163-plyn-ve-vytapeni-i>
- [6] Karlík Robert. *Tepelné čerpadlo pro váš dům*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing a.s., 2009. ISBN 978-80-247-2720-2.
- [7] *Skupina ČEZ*. [online]. [cit. 2018-11-15]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k22.htm>
- [8] *Incognito heat co* [online]. [cit. 2018-11-15]. Dostupné z: <https://www.incognitoheatco.com/heat-pumps-scotland/>
- [9] ČSN EN 12831-1 Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu – Část 1: Tepelný výkon pro vytápění, Modul M3-3, 2018.
- [10] Cimmermann Marek. *TechCON* [online]. [cit. 2018-12-1]. Dostupné z: <http://www.techcon.sk/>
- [11] *Technická zařízení budov* [online]. [cit. 2019-01-05]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapeni-a-ohrev-teple-vody>
- [12] Blažiček Jan. *Technická zařízení budov* [online]. [cit. 2019-01-05]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/11359-varianty-teplvodniho-elektrického-vytapeni>
- [13] *Vaillant* [online]. [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: <https://www.vaillant.cz/pro-zakazniky/produkty/tepelne-cerpadlo-flexocompact-exclusive-20801.html>
- [14] Žeravík Antonín. *Stavíme tepelné čerpadlo*. 1. vyd. Přerov: EURO-PRINT Přerov spol. s.r.o., 2003. ISBN 80-239-0275-X.
- [15] Srdečný Karel. *Tepelná čerpadla*. 1. vyd. Praha: EkoWATT, 2009. ISBN 978-80-87333-02-0.

- [16] *Vaillant* [online]. [cit. 2019-04-01]. Dostupné z: <https://www.vaillant.cz/pro-zakazniky/obchodni-podpora/cenik-produktu/>
- [17] Fránek Tomáš, *HOT-ENERGY* [online]. [cit. 2019-04-01]. Dostupné z: <http://www.hotenergy.cz/>
- [18] *Skupina ČEZ.* [online]. [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/podpora/ceniky.html?commodity=ele>
- [19] *Viessmann* [online]. [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: [https://www.podlahovetopeni-moravia.cz/tepelna\\_cerpadla.pdf](https://www.podlahovetopeni-moravia.cz/tepelna_cerpadla.pdf)
- [20] *Vaillant* [online]. [cit. 2019-04-01]. Dostupné z: <https://www.vaillant.cz/pro-zakazniky/produkty/tepelne-cerpadlo-arotherm-split-3-12-kw-32896.html>
- [21] *Český hydrometeorologický ústav.* [online]. [cit. 2019-04-01]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/denni-data#>
- [22] *Protherm* [online]. [cit. 2019-04-03]. Dostupné z: <https://www.protherm.cz/pro-nase-zakazniky/produkty/product-detail-page-325.html>
- [23] *Dražice* [online]. [cit. 2019-04-03]. Dostupné z: <https://www.dzd.cz/ohrivace-a-zasobniky-teple-vody>
- [24] *Protherm* [online]. [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: [https://www.protherm.cz/pro-nase-zakazniky/ke-stazeni/?facets=f%2Fmeta\\_document\\_type%2Fcenik](https://www.protherm.cz/pro-nase-zakazniky/ke-stazeni/?facets=f%2Fmeta_document_type%2Fcenik)
- [25] *IVAR-CS* [online]. [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <https://www.ivarcs.cz/katalog/vytapeni-ivartrio/>
- [26] *Borůvka a syn s.r.o* [online]. [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <https://www.litipodlah.cz/cena-lite-podlahy/>
- [27] *Skupina ČEZ.* [online]. [cit. 2019-04-03]. Dostupné z: [https://www.cezdistribuce.cz/edee/content/file-other/distribuce/cezdistribuce\\_pasmplatnostintavt\\_prubehove\\_mereni.pdf](https://www.cezdistribuce.cz/edee/content/file-other/distribuce/cezdistribuce_pasmplatnostintavt_prubehove_mereni.pdf)
- [28] Pregizer Dieter. *Zásady pro stavbu pasivního domu*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing a.s., 2009. ISBN 978-80-247-2431-7.
- [29] Smola Josef. *Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing a.s., 2011. ISBN 978-80-247-2995-4.

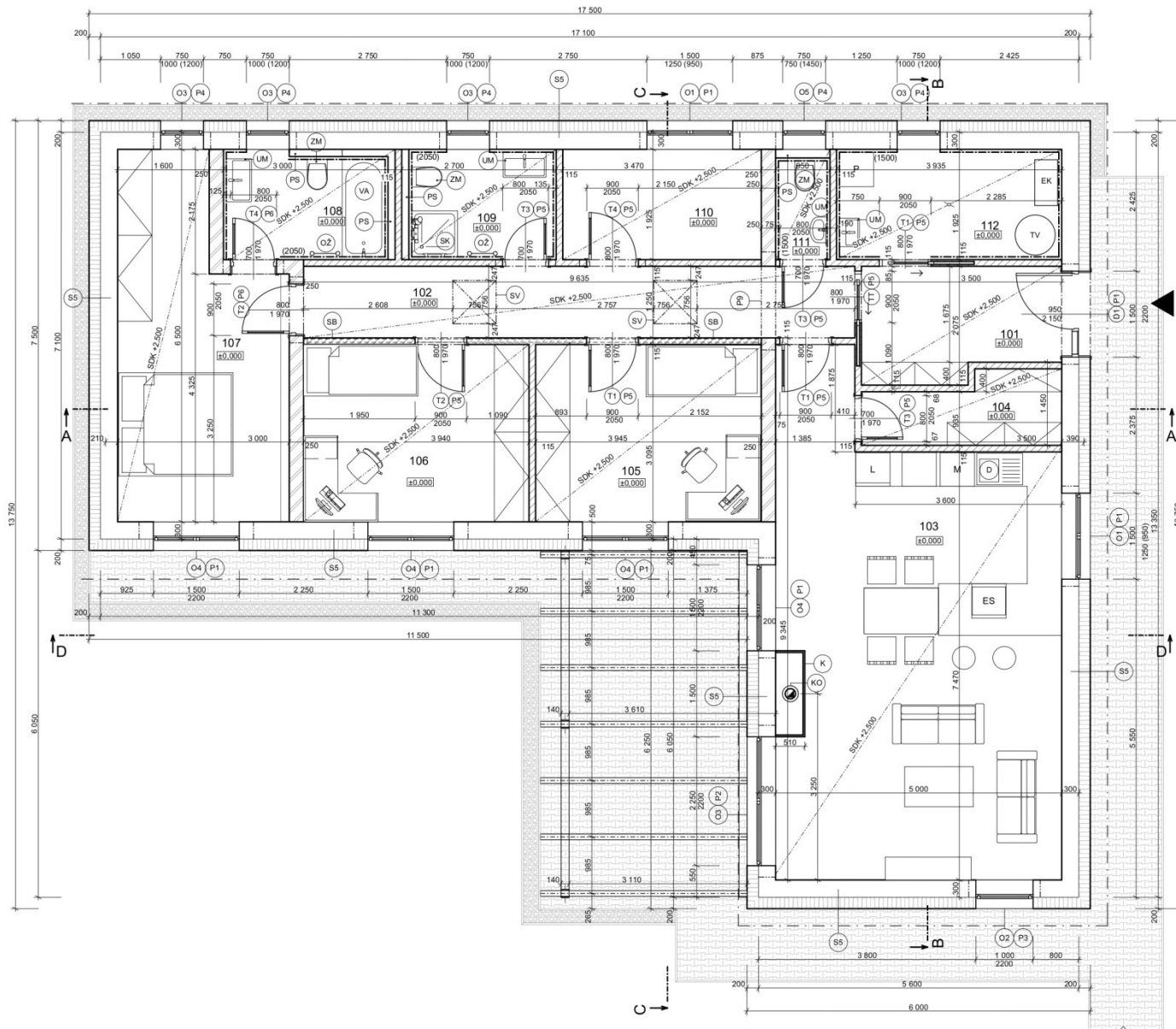
- [30] Nagy Eugen. *Nízkoenergetický a energeticky pasivní dům*. 1. vyd. Bratislava: JAGA GROUP, s.r.o., 2009. ISBN 978-80-247-2995-4.
- [31] Počinková Marcela. *Úsporný dům*. 1. vyd. Brno: CPress, 2012. ISBN 978-80-264-0014-1.
- [32] *Technická zařízení budov* [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/10610-rizene-ventrání-s-rekuperací-tepla-pro-rodinné-domy-a-byty-i>
- [33] *Nilan* [online]. [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <https://www.nilan.cz/web/cs/teorie/nazorna-schemata/nilan-compact-schema-funkce>









## **Přílohy**

|   |    |
|---|----|
| <b>Příloha A</b> - Půdorys objektu a legendy půdorysu.....                          | 66 |
| <b>Příloha B</b> - Řezy objektu.....  | 68 |
| <b>Příloha C</b> - Výpis skladeb.....   | 69 |
| <b>Příloha D</b> - Výsledek z program TechCON - tepelné ztráty přes konstrukce..... | 70 |
| <b>Příloha E</b> - Výsledek z program TechCON - výpočet budovy.....                 | 71 |
| <b>Příloha F</b> - Podlahový topný systém.....                                      | 72 |

Příloha A - Půdorys objektu a legendy půdorysu



**LEGENDA MATERIÁLŮ:**

|   |   |
|---|---|
|  | OBVODOVÉ ZDIVO Z KERAMICKÝCH BROUŠENÝCH CIHEL HELUZ FAMILY 30, NA CELOPLOŠNÉ LEPIDLO HELUZ  |
|  | VNITŘNÍ NOSNÉ ZDIVO Z KERAMICKÝCH BROUŠENÝCH CIHEL HELUZ 24, NA CELOPLOŠNÉ LEPIDLO HELUZ    |
|  | VNITŘNÍ NENOSNÉ ZDIVO Z KERAMICKÝCH BROUŠENÝCH CIHEL HELUZ 11,5 NA CELOPLOŠNÉ LEPIDLO HELUZ |
|  | KONTAKTNÍ ZATEPLOVACÍ SYSTÉM EPS ISOVER GREYWALL TL. 200 mm                                 |
|  | OKAPOVÝ CHODNÍK Z PRANÉHO ŘÍČNÍHO KAMENIVA TL. 100 mm, OBRUBNÍK                             |
|  | BETONOVÁ ZÁMKOVÁ DLAŽBA TL. 60 mm   |

**VÝPIS PŘEKLADŮ:**

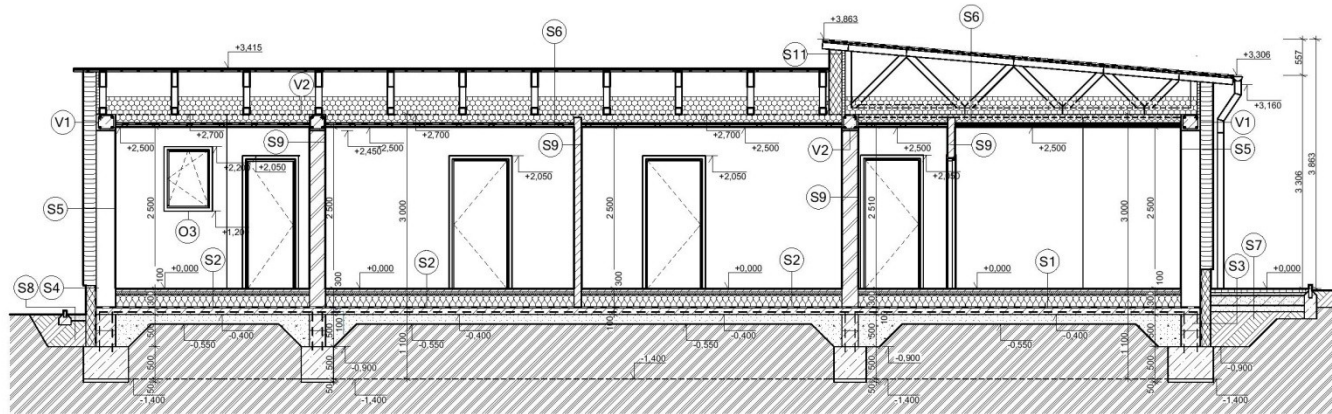
- (P1) 4 x PŘEKLAD HELUZ 23,8; L = 1,75 m; 7 KS; U = 0,250 m
- (P2) 4 x PŘEKLAD HELUZ 23,8; L = 2,75 m; 2 KS; U = 0,250m
- (P3) 4 x PŘEKLAD HELUZ 23,8; L = 1,25 m; 1 KS; U = 0,125 m
- (P4) 4 x PŘEKLAD HELUZ 23,8; L = 1,0 m; 5 KS; U = 0,125 m
- (P5) 1 x PŘEKLAD HELUZ 11,5; L = 1,25 m; 9KS; U = 0,125 m
- (P6) 3 x PŘEKLAD HELUZ 23,8; L = 1,25 m; 2KS; U = 0,175 m
- (P9) 2 x U 160 SVAŘENÉ DO KRABICE; L = 1,71 m; 1KS; U = 0,25 m

**TABULKA MÍSTNOSTÍ 1NP**

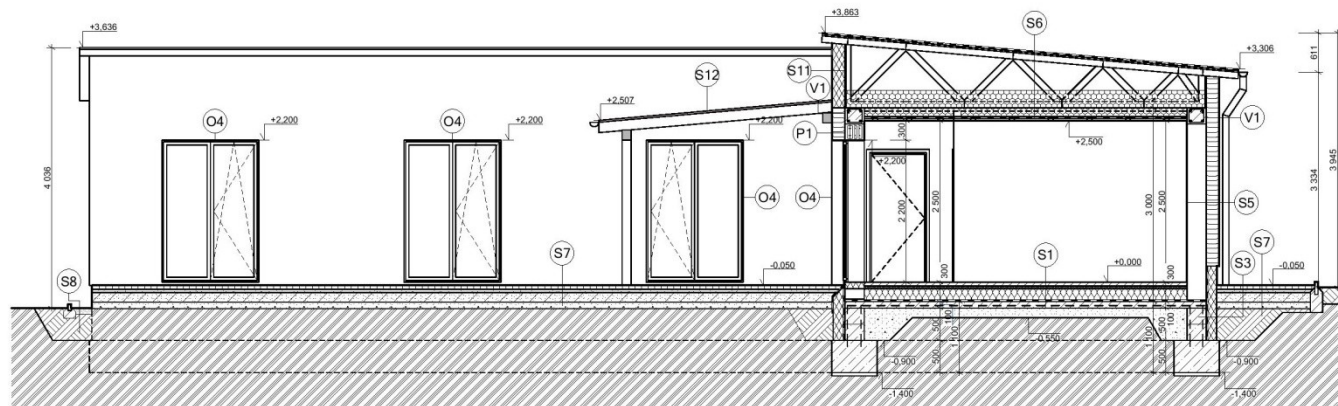
| Č.  | NÁZEV MÍSTNOSTI       | PLOCHA [m2]           | PODLAHA          | POVRCH. ÚPRAVA ZDIVA     | POVRCH. ÚPRAVA STROPU | S.V [m] | POZNÁMKA      |
|-----|-----------------------|-----------------------|------------------|--------------------------|-----------------------|---------|---------------|
| 101 | ZÁDVEŘÍ               | 6,60                  | KERAMICKÁ DLAŽBA | VNITŘ. ŠTUK JEMNÝ, NÁTĚR | ZÁVĚSNÝ SDK PODHLED   | 2,5     | KERAM. SOKL   |
| 102 | CHODBA                | 12,00                 | KERAMICKÁ DLAŽBA | VNITŘ. ŠTUK JEMNÝ, NÁTĚR | ZÁVĚSNÝ SDK PODHLED   | 2,5     | KERAM. SOKL   |
| 103 | OBÝVACÍ POKOJ, KUCHYŇ | 39,90                 | VINYL            | VNITŘ. ŠTUK JEMNÝ, NÁTĚR | ZÁVĚSNÝ SDK PODHLED   | 2,5     | SYSTÉM. LIŠTA |
| 104 | SPIŽ                  | 3,90                  | KERAMICKÁ DLAŽBA | VNITŘ. ŠTUK JEMNÝ, NÁTĚR | ZÁVĚSNÝ SDK PODHLED   | 2,5     | KERAM. SOKL   |
| 105 | POKOJ 1               | 12,20                 | VINYL            | VNITŘ. ŠTUK JEMNÝ, NÁTĚR | ZÁVĚSNÝ SDK PODHLED   | 2,5     | SYSTÉM. LIŠTA |
| 106 | POKOJ 2               | 12,20                 | VINYL            | VNITŘ. ŠTUK JEMNÝ, NÁTĚR | ZÁVĚSNÝ SDK PODHLED   | 2,5     | SYSTÉM. LIŠTA |
| 107 | LOŽNICE               | 16,50                 | VINYL            | VNITŘ. ŠTUK JEMNÝ, NÁTĚR | ZÁVĚSNÝ SDK PODHLED   | 2,5     | SYSTÉM. LIŠTA |
| 108 | KOUPELNA 1            | 5,80                  | KERAMICKÁ DLAŽBA | KERAMICKÝ OBKLAD         | ZÁVĚSNÝ SDK PODHLED   | 2,5     |               |
| 109 | KOUPELNA 2            | 5,20                  | KERAMICKÁ DLAŽBA | KERAMICKÝ OBKLAD         | ZÁVĚSNÝ SDK PODHLED   | 2,5     |               |
| 110 | ŠATNA                 | 6,70                  | VINYL            | VNITŘ. ŠTUK JEMNÝ, NÁTĚR | ZÁVĚSNÝ SDK PODHLED   | 2,5     | KERAM. SOKL   |
| 111 | WC                    | 2,10                  | KERAMICKÁ DLAŽBA | KERAMICKÝ OBKLAD         | ZÁVĚSNÝ SDK PODHLED   | 2,5     |               |
| 112 | TECHNICKÁ MÍSTNOST    | 7,40                  | KERAMICKÁ DLAŽBA | KERAMICKÝ OBKLAD         | ZÁVĚSNÝ SDK PODHLED   | 2,5     |               |
|     |                       | 130,40 m <sup>2</sup> |                  |                          |                       |         |               |

# Příloha B - Řezy objektu

## ŘEZ A - A'



## ŘEZ D - D'



- LEGENDA MATERIÁLŮ:**
- OBVODOVÉ ZDIVO Z KERAMICKÝCH BROUŠENÝCH CIHEL HELUZ FAMILY 30, NA CELOPOŠSNÉ LEPIDLO HELUZ
  - VNITŘNÍ NOSNÉ ZDIVO Z KERAMICKÝCH BROUŠENÝCH CIHEL HELUZ 24, NA CELOPOŠSNÉ LEPIDLO HELUZ
  - VNITŘNÍ NENOSNÉ ZDIVO Z KERAMICKÝCH BROUŠENÝCH CIHEL HELUZ 11,5 NA CELOPOŠSNÉ LEPIDLO HELUZ
  - KONTAKTNÍ ZATEPLOVACÍ SYSTÉM EPS ISOVER GREYWALL TL. 200 mm
  - OKAPOVÝ CHODNÍK Z PRANÉHO ŘÍČNÍHO KAMENIVA TL. 100 mm, OBRUBNÍK
  - ROSTLÝ TERÉN
  - TEPelná IZOLACE XPS SYNTHOS TL. 160 mm
  - ŠTĚRKODŮT FR. 16/32
  - DESKY ZE STABILIZOVANÉHO PĚNOVÉHO POLYSTYRÉNU EPS 100 TL. 300 mm
  - BETONOVÁ MAZANINA
  - PROSTÝ BETON C 20/25
  - KLADEČÍ ŠTĚRKOPÍSKOVÉ LOŽE FR. 0/8
  - ŠTĚRKOVÝ HUTNĚNÝ NASYP 8/16 TL. 150 mm
  - DEKPERIMETR SD 150
  - PALUBKY/DESKY NA BÁZI DŘEVA TL. 22 mm
  - BETONOVÁ ZÁMKOVÁ DLAŽBA TL. 60 mm
  - ZEMINA NASYPANÁ
  - OCHRANNÁ BETONOVÁ MAZANINA TL. 30 mm
  - IZOLACE PROTI ZEMNÍ VLHKOSTI, GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL
  - PAROTĚSNÍČÍ A VZDUCHOĚSNÍČÍ ZÁBRANA PÁS Z MODIFIKOVANÉHO SBS ASFALTU, GLASTEK STICKER 30 PLUS

## Příloha C - Výpis skladeb

|            |  |           |  |
|------------|--|-----------|--|
| <b>S1</b>  | <b>SKLADBA PODLAHY - KERAMICKÁ DLAŽBA</b>  |           |  |
|            | - KERAMICKÁ DLAŽBA   | TL 8 mm   |  |
|            | - FLEXIBILNÍ LEPÍCÍ TMEL   | TL 3 mm   |  |
|            | - OCHRANNÁ HYDROIZOLAČNÍ HMOTA   |           |  |
|            | - PENETRACE  |           |  |
|            | - ROZNAŠECÍ BETONOVÁ MAZANINA  | TL 50 mm  |  |
|            | - DESKA Z EPS, PODKLAD PRO TEPLOVODNÍ VYTÁPĚNÍ (DEKPERIMETER PV-NR 75)   | TL 50 mm  |  |
|            | - DEKPERIMETR SD 150   | TL 200 mm |  |
|            | - OCHRANNÁ BETONOVÁ MAZANINA   | TL 30 mm  |  |
|            | - GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL   |           |  |
|            | - ASFALTOVÁ PENETRACE (DEKPRIMER)  |           |  |
|            | - PODKLADNÍ BETONOVÁ DESKA, PEVN. TŘÍDY C20/25   | TL 100 mm |  |
|            | - ŠTĚRKODRŤ 16/32 TL 100 mm  | TL 100 mm |  |
| <b>S2</b>  | <b>SKLADBA PODLAHY - VINYL</b>   |           |  |
|            | - LAMINÁTOVÁ PODLAHOVÁ KRYTINA   | TL 8 mm   |  |
|            | - TLUMICÍ PODLOŽKA   | TL 3 mm   |  |
|            | - SEPARAČNÍ VRSTVA (DEKSEPAR)  |           |  |
|            | - ROZNAŠECÍ BETONOVÁ MAZANINA  | TL 50 mm  |  |
|            | - DESKA Z EPS, PODKLAD PRO TEPLOVODNÍ VYTÁPĚNÍ (DEKPERIMETER PV-NR 75)   | TL 50 mm  |  |
|            | - DEKPERIMETR SD 150   | TL 200 mm |  |
|            | - OCHRANNÁ BETONOVÁ MAZANINA   | TL 30 mm  |  |
|            | - GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL   |           |  |
|            | - ASFALTOVÁ PENETRACE (DEKPRIMER)  |           |  |
|            | - PODKLADNÍ BETONOVÁ DESKA, PEVN. TŘÍDY C20/25   | TL 100 mm |  |
|            | - ŠTĚRKODRŤ 16/32 TL 100 mm  | TL 100 mm |  |
| <b>S3</b>  | <b>SKLADBA OBVODOVÉ KONSTRUKCE POD TERÉNEM</b>   |           |  |
|            | - ZÁKLADOVÉ BETON. TVÁRNICE - ZTRACENÉ BEDNĚNÍ VYPLNĚNÉ BETONEM C20/25 XC2, VÝZTUŽ VE VODOROVNÉM I SVISLÉM SMĚRU | TL 300 mm |  |
|            | - IZOLACE PROTI ZEMNÍ VLHKOSTI GLASTEK   | TL 4 mm   |  |
|            | - LEPÍCÍ A ŠTĚRKOVÁ HMOTA ETAG 004   | TL 3 mm   |  |
|            | - TEPELNÁ IZOLACE XPS SYNTHOS  | TL 160 mm |  |
|            | - OCHRANNÁ NETKANÁ GEOTEXILIE 300 g/m <sup>2</sup>   |           |  |
| <b>S4</b>  | <b>SKLADBA OBVODOVÉ KONSTRUKCE V MÍSTĚ SOKLU</b>   |           |  |
|            | - MALÍŘSKÝ NÁTĚR VE 2 VRSTVÁCH , BARVA BILÁ  |           |  |
|            | - VNITŘNÍ ŠTUKOVÁ OMÍTKA   | TL 3 mm   |  |
|            | - JÁDROVÁ OMÍTKA RUČNÍ HRUBÁ   | TL 25 mm  |  |
|            | - PODKLADNÍ SPOJOVACÍ MŮSTEK   |           |  |
|            | - ZDIVO HELUZ FAMILY 30  | TL 300 mm |  |
|            | - IZOLACE PROTI ZEMNÍ VLHKOSTI GLASTEK   | TL 4 mm   |  |
|            | - LEPÍCÍ A ŠTĚRKOVÁ HMOTA ETAG 004   | TL 3 mm   |  |
|            | - TEPELNÁ IZOLACE XPS SYNTHOS  | TL 160 mm |  |
|            | - SKLOVLÁKNITÁ TKANINA R135 DO LEPIDLA   | TL 4 mm   |  |
|            | - PODKLADNÍ PENETRAČNÍ NÁTĚR   |           |  |
|            | - EXTERIÉROVÉ FLEXIBILNÍ LEPIDLO   | TL 3 mm   |  |
|            | - SOKLOVÝ KAMENNÝ OBKLAD   |           |  |
| <b>S5</b>  | <b>SKLADBA OBVODOVÉ KONSTRUKCE</b>   |           |  |
|            | - MALÍŘSKÝ NÁTĚR VE 2. VRSTVÁCH , BARVA BILÁ   |           |  |
|            | - VNITŘNÍ ŠTUKOVÁ OMÍTKA   | TL 3 mm   |  |
|            | - JÁDROVÁ OMÍTKA RUČNÍ HRUBÁ   | TL 25 mm  |  |
|            | - PODKLADNÍ SPOJOVACÍ MŮSTEK   |           |  |
|            | - ZDIVO HELUZ FAMILY 30  | TL 300 mm |  |
|            | - LEPÍCÍ A ŠTĚRKOVÁ HMOTA ETAG 004   | TL 3 mm   |  |
|            | - EXPANDOVANÝ POLYSTYRÉN ISOVER EPS GreyWall   | TL 200 mm |  |
|            | - LEPENO A MECHANICKY KOTVENO  |           |  |
|            | - LEPÍCÍ A ŠTĚRKOVÁ CEMENTOVÁ HMOTA ETAG 004 S VTLAČENOU SKLOVLÁKNITOU TKANINOU VERTEX R131                      | TL 4 mm   |  |
|            | - PODKLADNÍ PENETRAČNÍ NÁTĚR   |           |  |
|            | - EXTERIÉROVÉ FLEXIBILNÍ LEPIDLO   | TL 3 mm   |  |
|            | - VNĚJŠÍ TENKOVRSŤVÁ OMÍTKA WEBER SILIKONOVÁ ZRNO  | 1,5 mm    |  |
| <b>S7</b>  | <b>SKLADBA ZPEVNĚNÉ PLOCHY S DLAŽBOU</b>   |           |  |
|            | - BETONOVÁ ZÁMKOVÁ DLAŽBA  | TL 60 mm  |  |
|            | - KLADECI ŠTĚRKOPÍSKOVÉ LOŽE FR 0/8  | TL 50 mm  |  |
|            | - ŠTĚRKOVÝ HUTNĚNÝ NÁSYP FR 8/16   | TL 150 mm |  |
|            | - ŠTĚRKOVÝ HUTNĚNÝ NÁSYP FR 16/32  | TL 100 mm |  |
| <b>S8</b>  | <b>SKLADBA OKAPOVÉHO CHODNÍKU S KAČÍRKEM</b>   |           |  |
|            | - PRANÝ OKRASNÝ KAČÍREK FR 4/8   | TL 100 mm |  |
|            | - NETKANÁ GEOTEXILIE 300 g/m <sup>2</sup>  |           |  |
|            | - ŠTĚRKOVÝ HUTNĚNÝ NÁSYP FR 16/32  | TL 100 mm |  |
| <b>S9</b>  | <b>VNITŘNÍ STĚNA</b>   |           |  |
|            | - VNITŘNÍ NÁTĚR 2x   |           |  |
|            | - VNITŘNÍ ŠTUKOVÁ OMÍTKA   | TL 3 mm   |  |
|            | - SKLOVLÁKNITÁ TKANINA R135 DO LEPIDLA   | TL 4 mm   |  |
|            | - HELUZ ZDIVO  |           |  |
|            | - SKLOVLÁKNITÁ TKANINA R135 DO LEPIDLA   | TL 4 mm   |  |
|            | - VNITŘNÍ ŠTUKOVÁ OMÍTKA   | TL 3 mm   |  |
|            | - VNITŘNÍ NÁTĚR 2x   |           |  |
| <b>S10</b> | <b>SKLADBA OBVODOVÉ KONSTRUKCE</b>   |           |  |
|            | - MALÍŘSKÝ NÁTĚR VE 2 VRSTVÁCH , BARVA BILÁ  |           |  |
|            | - VNITŘNÍ ŠTUKOVÁ OMÍTKA   | TL 3 mm   |  |
|            | - JÁDROVÁ OMÍTKA RUČNÍ HRUBÁ   | TL 25 mm  |  |
|            | - PODKLADNÍ SPOJOVACÍ MŮSTEK   |           |  |
|            | - ZDIVO HELUZ FAMILY 30  | TL 300 mm |  |
|            | - LEPÍCÍ A ŠTĚRKOVÁ HMOTA ETAG 004   | TL 3 mm   |  |
|            | - EXPANDOVANÝ POLYSTYRÉN ISOVER EPS GreyWall   | TL 200 mm |  |
|            | - LEPENO A MECHANICKY KOTVENO  |           |  |
|            | - LEPÍCÍ A ŠTĚRKOVÁ CEMENTOVÁ HMOTA ETAG 004 S VTLAČENOU SKLOVLÁKNITOU TKANINOU VERTEX R131                      | TL 4 mm   |  |
|            | - PODKLADNÍ PENETRAČNÍ NÁTĚR   |           |  |
|            | - EXTERIÉROVÉ FLEXIBILNÍ LEPIDLO   | TL 3 mm   |  |
|            | - KAMENNÝ OBKLAD   |           |  |
| <b>S11</b> | <b>SKLADBA OBVODOVÉ KONSTRUKCE POD TERÉNEM</b>   |           |  |
|            | - OSB III  | TL 25 mm  |  |
|            | - LEPÍCÍ A ŠTĚRKOVÁ HMOTA ETAG 004   | TL 3 mm   |  |
|            | - EXPANDOVANÝ POLYSTYRÉN ISOVER EPS GreyWall   | TL 200 mm |  |
|            | - LEPENO A MECHANICKY KOTVENO  |           |  |
|            | - LEPÍCÍ A ŠTĚRKOVÁ CEMENTOVÁ HMOTA ETAG 004 S VTLAČENOU SKLOVLÁKNITOU TKANINOU VERTEX R131                      | TL 4 mm   |  |
|            | - PODKLADNÍ PENETRAČNÍ NÁTĚR   |           |  |
|            | - EXTERIÉROVÉ FLEXIBILNÍ LEPIDLO   | TL 3 mm   |  |
|            | - VNĚJŠÍ TENKOVRSŤVÁ OMÍTKA WEBER SILIKONOVÁ ZRNO  | 1,5 mm    |  |
| <b>S12</b> | <b>SKLADBA SRĚCHY NAD TERASOU</b>  |           |  |
|            | - KOMŮRKOVÉ POLYKARBONÁTOVÉ DESKY  | TL 25 mm  |  |

## Příloha D - Výsledek z program TechCON - tepelné ztráty přes konstrukce



Firma:   
 Datum: 20.10.2018   
 Projektant: Bc. Martin Filip   
 Stavba: Rodinný dům   
 Místo: Petřvald u Nového Jičína

### Tepelné ztráty přes konstrukce:

Stěny celkem : 556 W   
 Vnější stěny : 721 W   
 Stěny sousedící se zemínou : 0 W   
 Stěny s nevytápěným prostorem : 0 W   
 Ostatní stěny : -165 W

Podlahy : 580 W   
 Stropy : 489 W   
 Střecha : 0 W

Okna : 975 W   
 Dveře : 135 W

Tepelné mosty (zjednodušená metoda) : 627 W   
 (zahrnuto již ve ztrátách konstrukcí)

Tepelní mosty : 0 W

Celkové ztráty větráním : 1895 W   
 Zohledněné ztráty větráním pro výpočet   
 projektovaného tepelného příkonu : 1895 W

Celková tepelná ztráta : 4630 W

Roční potřeba tepla na vytápění : 30.50 GJ/rok

| Místnosti                  | plocha<br>[m <sup>2</sup> ] | objem<br>[m <sup>3</sup> ] | Tepelná ztráta na m <sup>2</sup><br>[W/m <sup>2</sup> ] | Tepelná ztráta na m <sup>3</sup><br>[W/m <sup>3</sup> ] | Celková tepelná ztráta<br>[W] |
|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|---|---|-------------------------------|
| 1.101 - Zádveří            | 6.6                         | 16.5                       | 40  | 16  | 266                           |
| 1.102 - Chodba             | 12.0                        | 30.1                       | -20   | -8  | -245                          |
| 1.103 - Obývací pokoj      | 39.9                        | 99.9                       | 40  | 16  | 1607                          |
| 1.104 - Spiž               | 3.9                         | 9.7                        | -17   | -7  | -66                           |
| 1.105 - Pokoj 1            | 12.2                        | 30.5                       | 43  | 17  | 528                           |
| 1.106 - Pokoj 2            | 12.2                        | 30.5                       | 43  | 17  | 518                           |
| 1.107 - Ložnice            | 16.5                        | 41.1                       | 41  | 16  | 668                           |
| 1.108 - Koupelna 1         | 5.8                         | 14.4                       | 58  | 23  | 334                           |
| 1.109 - Koupelna 2         | 5.2                         | 13.0                       | 67  | 27  | 350                           |
| 1.110 - Šatna              | 6.7                         | 16.7                       | 47  | 19  | 316                           |
| 1.111 - WC                 | 2.1                         | 5.1                        | 72  | 29  | 147                           |
| 1.112 - Technická místnost | 7.4                         | 18.4                       | 28  | 11  | 206                           |
| 1.113 - Podkroví 1         | 63.8                        | 62.4                       | 0   | 0   | 0                             |
| 1.114 - Podkroví 2         | 72.8                        | 67.2                       | 0   | 0   | 0                             |

Plocha budovy : 267 m<sup>2</sup>   
 Objem budovy : 456 m<sup>3</sup>

Tepelná ztráta budovy na m<sup>3</sup>: 10 W/m<sup>3</sup>   
 Průměrná tepelná ztráta budovy na m<sup>2</sup>: 17 W/m<sup>2</sup>



Příloha E - Výsledek z program TechCON - výpočet budovy



Firma:: IVAR CS  
 Datum:: 20.10.2018  
 Projektant:: Bc. Martin Filip  
 Stavba:: Rodinný dům  
 Místo:: Petřvald u Nového Jičína

Výpočet budovy

$\theta_e = -15\text{ °C}$

| č.m.   | Účel místnosti     | $\theta_{int,i}$ [°C] | $A_i$ [m <sup>2</sup> ] | $V_i$ [m <sup>3</sup> ] | $\epsilon_i$ [-] | $V_{inf,i}$ [m <sup>3</sup> /h] | $V_{su,i}$ [m <sup>3</sup> /h] | $\theta_{su}$ [°C] | $V_{ex,i}$ [m <sup>3</sup> /h] | $V_{mech,inf,i}$ [m <sup>3</sup> /h] | $V_{su,sm}$ [m <sup>3</sup> /h] | $V_i$ [m <sup>3</sup> /h] | $n$ [1/h] | $n_{min}$ [1/h] | $V_{min,i}$ [m <sup>3</sup> /h] | $V_{i,v}$ [m <sup>3</sup> /h] | $\Phi_{V,i}$ [W] | $\Phi_{T,i}$ [W] | $f_{h,i}$ [-] | $\Phi_{RH,i}$ [W] | $\Phi_{HL,i}$ [W] |  |
|--------|--------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|---------------------------|-----------|-----------------|---------------------------------|-------------------------------|------------------|------------------|---------------|-------------------|-------------------|--|
| 1.101  | Zádveří            | 15.0                  | 6.61                    | 16.52                   | 1.0              | 0.0                             | -                              | -                  | -                              | -                                    | -                               | 0.0                       | 0.0       | 0.5             | 8.3                             | 8.3                           | 84               | 182              | 1             | 0                 | 266               |  |
| 1.102  | Chodba             | 15.0                  | 12.05                   | 30.11                   | 1.0              | 0.0                             | -                              | -                  | -                              | -                                    | -                               | 0.0                       | 0.0       | 0.5             | 15.1                            | 15.1                          | 154              | -399             | 1             | 0                 | -245              |  |
| 1.103  | Obyvací pokoj      | 20.0                  | 39.95                   | 99.87                   | 1.0              | 0.0                             | -                              | -                  | -                              | -                                    | -                               | 0.0                       | 0.0       | 0.5             | 49.9                            | 49.9                          | 594              | 1013             | 1             | 0                 | 1607              |  |
| 1.104  | Spíž               | 15.0                  | 3.88                    | 9.70                    | 1.0              | 0.0                             | -                              | -                  | -                              | -                                    | -                               | 0.0                       | 0.0       | 0.5             | 4.9                             | 4.9                           | 49               | -115             | 1             | 0                 | -66               |  |
| 1.105  | Pokoj 1            | 20.0                  | 12.21                   | 30.52                   | 1.0              | 0.0                             | -                              | -                  | -                              | -                                    | -                               | 0.0                       | 0.0       | 0.5             | 15.3                            | 15.3                          | 182              | 346              | 1             | 0                 | 528               |  |
| 1.106  | Pokoj 2            | 20.0                  | 12.19                   | 30.49                   | 1.0              | 0.0                             | -                              | -                  | -                              | -                                    | -                               | 0.0                       | 0.0       | 0.5             | 15.2                            | 15.2                          | 181              | 337              | 1             | 0                 | 518               |  |
| 1.107  | Ložnice            | 20.0                  | 16.46                   | 41.14                   | 1.0              | 0.0                             | -                              | -                  | -                              | -                                    | -                               | 0.0                       | 0.0       | 0.5             | 20.6                            | 20.6                          | 245              | 423              | 1             | 0                 | 668               |  |
| 1.108  | Koupelna 1         | 24.0                  | 5.78                    | 14.44                   | 1.0              | 0.0                             | -                              | -                  | -                              | -                                    | -                               | 0.0                       | 0.0       | 0.5             | 7.2                             | 7.2                           | 96               | 238              | 1             | 0                 | 334               |  |
| 1.109  | Koupelna 2         | 24.0                  | 5.20                    | 12.99                   | 1.0              | 0.0                             | -                              | -                  | -                              | -                                    | -                               | 0.0                       | 0.0       | 0.5             | 6.5                             | 6.5                           | 86               | 264              | 1             | 0                 | 350               |  |
| 1.110  | Šatna              | 20.0                  | 6.68                    | 16.70                   | 1.0              | 0.0                             | -                              | -                  | -                              | -                                    | -                               | 0.0                       | 0.0       | 0.5             | 8.3                             | 8.3                           | 99               | 217              | 1             | 0                 | 316               |  |
| 1.111  | WC                 | 20.0                  | 2.05                    | 5.13                    | 1.0              | 0.0                             | -                              | -                  | -                              | -                                    | -                               | 0.0                       | 0.0       | 0.5             | 2.6                             | 2.6                           | 30               | 117              | 1             | 0                 | 147               |  |
| 1.112  | Technická místnost | 15.0                  | 7.35                    | 18.38                   | 1.0              | 0.0                             | -                              | -                  | -                              | -                                    | -                               | 0.0                       | 0.0       | 0.5             | 9.2                             | 9.2                           | 94               | 112              | 1             | 0                 | 206               |  |
| 1.113  | Podkroví 1         | -15.0                 | 63.75                   | 62.38                   | 1.0              | 0.0                             | -                              | -                  | -                              | -                                    | -                               | 0.0                       | 0.0       | 0.5             | 31.2                            | 31.2                          | 0                | 0                | 1             | 0                 | 0                 |  |
| 1.114  | Podkroví 2         | -15.0                 | 72.80                   | 67.16                   | 1.0              | 0.0                             | -                              | -                  | -                              | -                                    | -                               | 0.0                       | 0.0       | 0.5             | 33.6                            | 33.6                          | 0                | 0                | 1             | 0                 | 0                 |  |
| Spolu: |                    |                       | 266.95                  | 455.53                  |                  |                                 | 0.00                           | 0.00               |                                | 0.00                                 |                                 |                           |           |                 |                                 |                               |                  |                  |               |                   |                   |  |

- $\Phi_T$  - Součet tepelných ztrát přechodem tepla všech vytápěných prostorů (mimo tepla šířícího se uvnitř budovy - např. tepelné ztráty mezi jednotlivými byty)  $\Phi_T = 2735\text{ W}$
- $\Phi_V$  - Tepelné ztráty větráním všech vytápěných prostorů ( $\sum V_i = 0.5 \cdot \sum V_{inf,i} + \sum V_{su,i} \cdot f_{v,i} + \sum V_{su,sm} \cdot f_{v,sm} + \sum V_{mech,inf,i}$ )  $\Phi_V = 1895\text{ W}$
- $\Phi_{RH}$  - Součet tepelných příkonů na zátop všech vytápěných prostorů potřebný na vyrovnání vlivu přerušovaného vytápění  $\Phi_{RH} = 0\text{ W}$
- $\Phi_{HL}$  - Projektovaný tepelný příkon pro celou budovu  $\Phi_{HL} = 4630\text{ W}$

Příloha F - Podlahový topný systém

