

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



NÁVRH SYSTÉMU VYTÁPĚNÍ
A VĚTRÁNÍ REKONSTRUKCE RODINNÉHO
DOMU

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

KAREL ŠAVRDA

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Miroslav Urban, Ph.D.
Katedra technických zařízení budov

2016/2017



Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a podkladů.

V Praze dne 20. května 2017



PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval panu doktorovi Ing. Miroslavu Urbanovi Ph.D. za vedení mé bakalářské práce, osobní přístup a dobré rady. Dále bych chtěl zmínit pana Filipa Novotného, který mi nad rámec svých povinností poskytl podklady k rodinnému domu. Stejně tak vzdávám dík i své rodině, která se nemalou zásluhou podílela na dokončení mé bakalářské práce.



ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá vytápěním a větráním rekonstrukce rodinného domu. Jejím cílem je vybrat optimální způsob vytápění a větrání již zmíněného objektu a následně návrh konkrétních otopných ploch reprezentovaných podlahovým vytápěním a nejvhodnějšího větracího systému. Součástí práce je výpočet tepelných ztrát objektu, výpočet výkonu otopných ploch, jejich hydraulická ztráta a množství větraného vzduchu v jednotlivých místnostech. Důležitou součástí práce jsou i výkresové výstupy.

ABSTRACT

The bachelor thesis deals with heating and ventilation of detached family house. The aim of this thesis is to choose an optimal possibility of heating and ventilation in this object and design of heating surfaces represented by floor-heating and ventilation system. The part of this thesis is calculation of heat loss and calculation of heating surfaces' power, their hydraulic loss and quantum of air in rooms. An important part of this thesis are drawings.

KLÍČOVÁ SLOVA

Vytápění, větrání, varianta, podlahové vytápění, rodinný dům

KEYWORDS

Heating, ventilation, variant, floor-heating, detached family house



OBSAH

A	TEXTOVÁ ČÁST	7
1	PŘEHLED POUŽITÝCH SYMBOLŮ, VELIČIN A JEDNOTEK	7
2	ÚVOD	10
3	POPIS OBJEKTU	10
3.1	<i>Obecný popis</i>	<i>10</i>
3.2	<i>Popis konstrukcí.....</i>	<i>12</i>
4	POPIS LOKACE.....	13
4.1	<i>Průměrné teploty a úhrn srážek.....</i>	<i>14</i>
4.2	<i>Oblačné, slunečné a deštivé dny</i>	<i>14</i>
4.3	<i>Rychlost větru.....</i>	<i>15</i>
4.4	<i>Směr větru</i>	<i>15</i>
5	ZPŮSOBY VYTÁPĚNÍ:.....	16
5.1	<i>Plynový kotel</i>	<i>16</i>
5.2	<i>Elektrický kotel</i>	<i>17</i>
5.3	<i>Tepelné čerpadlo vzduch-voda.....</i>	<i>19</i>
5.4	<i>Tepelné čerpadlo země-voda</i>	<i>20</i>
5.5	<i>Výběr finální varianty</i>	<i>22</i>
5.5.1	<i>Komfort</i>	<i>22</i>
5.5.2	<i>Čistota</i>	<i>22</i>
5.5.3	<i>Cena</i>	<i>22</i>
5.5.4	<i>Vliv na životní prostředí</i>	<i>23</i>
5.6	<i>Konečná varianta</i>	<i>25</i>
6	VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT.....	25
6.1	<i>Postup výpočtu</i>	<i>25</i>
7	OTOPNÁ SOUSTAVA	29
7.1	<i>Návrh otopné soustavy</i>	<i>29</i>
7.2	<i>Návrh podlahového vytápění</i>	<i>30</i>
7.3	<i>Tepelně-technický výpočet podlahového vytápění</i>	<i>32</i>
7.4	<i>Otopné plochy</i>	<i>36</i>
7.5	<i>Výpočet hydraulických ztrát</i>	<i>36</i>
7.6	<i>Hydraulické vyvážení soustavy.....</i>	<i>39</i>
7.7	<i>Oběhové čerpadlo</i>	<i>40</i>
8	VĚTRÁNÍ.....	41
8.1	<i>Požadavky na větrání</i>	<i>41</i>
8.2	<i>Způsoby větrání</i>	<i>42</i>
8.2.1	<i>Přirozené větrání.....</i>	<i>42</i>



8.2.2	Nucené větrání.....	43
8.2.2.a	Podtlakové větrání	43
8.2.2.b	Přetlakové větrání	44
8.2.2.c	Rovnotlaké větrání	45
8.3	Návrh větrání pro RD.....	46
9	ZÁVĚR.....	49
B	LITERATURA A POUŽITÉ ZDROJE	50
C	SEZNAM OBRÁZKŮ	53
D	SEZNAM PŘÍLOH.....	55
E	VÝKRESOVÁ ČÁST	55



A Textová část

1 Přehled použitých symbolů, veličin a jednotek

U_d	ideální součinitel prostupu tepla [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$]
ΔU	vliv tepelných mostů [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$]
U	Součinitel prostupu tepla [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$]
R_{si}	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$]
R	Odpor konstrukce [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$]
R_{se}	Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$]
d	tloušťka vrstvy konstrukce [m]
λ	součinitel tepelné vodivosti [$\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$]
θ_i	výpočtová vnitřní teplota posuzované místnosti [$^{\circ}\text{C}$]
θ_s	teplota za příslušnou konstrukcí [$^{\circ}\text{C}$]
θ_e	výpočtová vnější teplota [$^{\circ}\text{C}$]
f_i	Činitel teplotní redukce [-]
A	plocha konstrukce [m^2]
V_m	objem vzduchu v místnosti [m^3]
c_p	měrná tepelná kapacita vzduchu [$\text{Wh}/\text{kg} \cdot \text{K}$]
n	požadovaná výměna vzduchu
V_i	výměna vzduchu ve vytápěném prostoru [m^3/h]
ρ	hustota vzduchu [kg/m^3]
θ_t	tepelná ztráta prostupem tepla [W]
θ_v	tepelná ztráta větráním [W]
H_t	součinitel tepelné ztráty prostupem [W/K]
H_v	součinitel tepelné ztráty větráním [W/K]
t_m	střední teplota otopné vody [$^{\circ}\text{C}$]
t_i	výpočtová vnitřní teplota [$^{\circ}\text{C}$]



m	charakteristické číslo podlahy [m^{-1}]
Λ_a	tepelná propustnost vrstev nad trubkami [$W/m^2.K$]
α_p	celkový součinitel přestupu tepla na povrchu otopné plochy [$W/m^2.K$]
l	rozteč trubek otopného hada [m]
Λ_b	tepelná propustnost vrstev pod trubkami [$W/m^2.K$]
λ_d	součinitel tepelné vodivosti materiálu do kterého jsou zalaty trubky [$W/m.K$]
d	vnější průměr trubek [m]
a	tloušťka jednotlivých vrstev nad osou trubek [m]
λ_a	součinitel tepelné vodivosti jednotlivých vrstev nad osou trubek [$W/m.K$]
b	tloušťka jednotlivých vrstev pod osou trubek [m]
α'_p	celkový součinitel přestupu tepla na spodní straně otopné podlahy [$W/m^2.K$]
q	měrný tepelný tok směrem nahoru [W/m^2]
q'	měrný tepelný tok směrem dolů [W/m^2]
S_p	otopná plocha [m^2]
r	šířka okrajové zóny [m]
Q_o	tepelný výkon okrajové plochy [W]
Q_p	tepelný výkon plochy s otopným hadem [W]
O_p	obvod plochy ohraničené krajní trubkou [m]
Q_c	celkový výkon podlahové otopné plochy [W]
Q	přenášený tepelný výkon [W]
m	hmotnostní průtok [kg/s]
c	měrná tepelná kapacita vody [J/kg.K]
t_1	teplota přívodní vody [°C]
t_2	teplota zpátečky [°C]
w	střední rychlost [m/s]



m	hmotnostní průtok [kg/s]
ρ	hustota kapaliny [kg/m ³]
d	vnitřní průměr potrubí [m]
R	měrná tlaková ztráta [Pa/m]
λ	součinitel tření [-]
w	střední rychlost [m/s]
Δp_{zt}	tlaková ztráta třením [Pa]
l	délka úseku [m]
Δp_{zm}	tlaková ztráta místními odpory [Pa]
ξ	součinitel místního odporu [-]
Δp_c	tlaková ztráta celková [Pa]



2 Úvod

Ve své bakalářské práci se zaměřuji na návrh systému vytápění a větrání rekonstrukce rodinného domu. V rámci rešerše postupně předložím čtyři rámcové možnosti systému vytápění a rámcové možnosti větrání RD a poté zvolím nejvhodnější variantu pro daný objekt. Jedná se o RD číslo popisné 561 v Pelhřimově. Studie tohoto domu mi byla poskytnuta firmou Projekt Světlá v.o.s., která zajišťovala rekonstrukci tohoto objektu.

3 Popis objektu

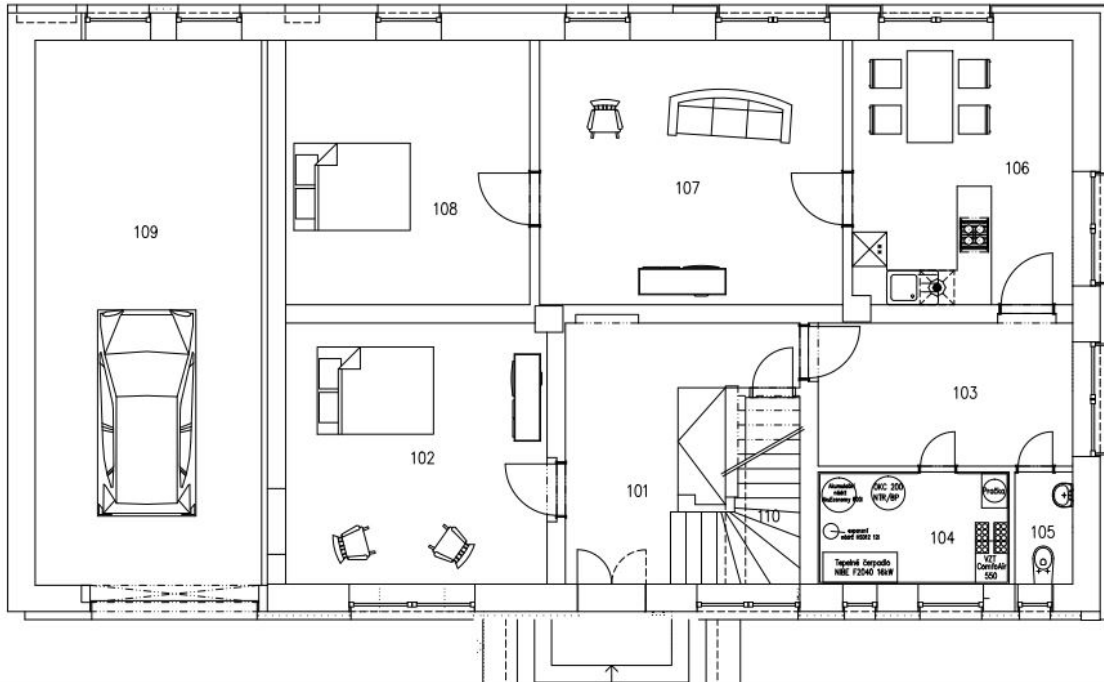
V této kapitole se budu věnovat popisu rodinného domu z hlediska architektonického a z hlediska tepelně technických vlastností konstrukcí.

3.1 Obecný popis

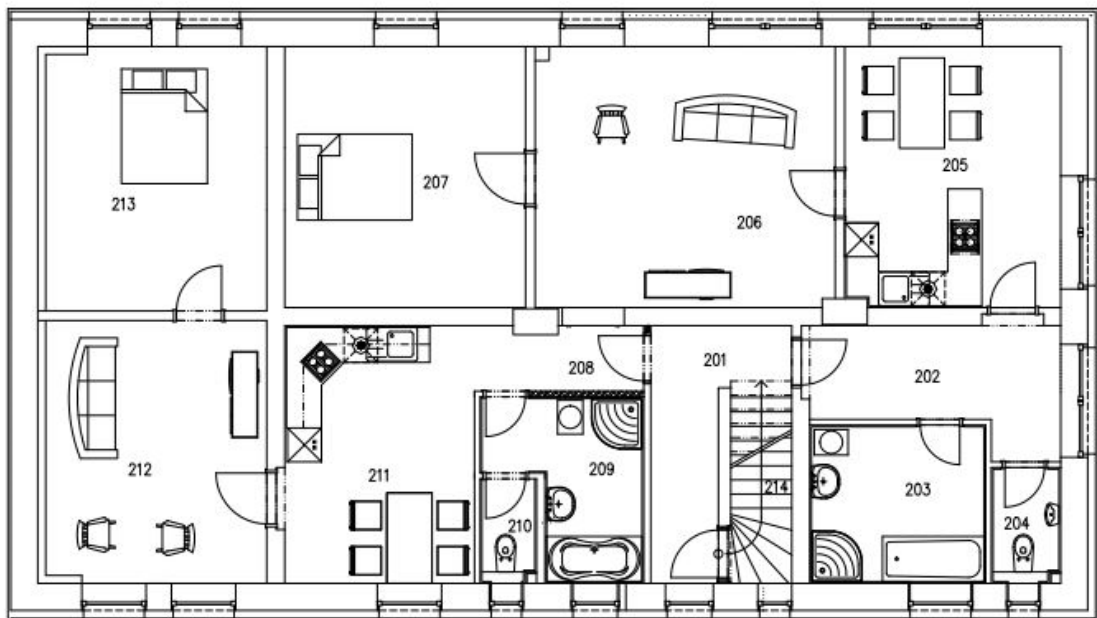
Jedná se o rodinný dům vhodný až pro 3 generace, což znamená přibližně pro 8-10 obyvatel. Hlavní vstup do objektu je ze severovýchodu z pozemku patřící k RD. Daný dům má dvě nadzemní podlaží a jeho půdorysný tvar je obdélník o rozměrech 19,1 x 10,5 m. Konstrukční výška v jednotlivých patrech je rozdílná. V prvním patře je rovna 3,42 metru, zatímco v druhém je 3,40 metru. Daný objekt je částečně podsklepen.

Pokud obyvatel domu přijede autem, má možnost zaparkovat automobil v garáži, jež je součástí RD a je v ní jedno stání pro osobní automobil. Garáž není propojena vchodem s obytnou částí objektu. Po vstupu do RD se ocitneme v předsíni, odtud je možné se dostat do schodišťového traktu, do pokoje pro hosty a do chodby vedoucí ke vchodu na WC a na opačné straně ke vstupu do kuchyně. V tomto patře se rovněž nachází technická místnost, obývací pokoj, který je průchozí a dostaneme se z něj do ložnice.

Ve druhém nadzemním patře se po zdolání schodiště nejprve ocitneme v chodbě, ze které je možné pokračovat do kuchyně a dále do ložnice, nebo obdobně jako v prvním patře lze pokračovat chodbou ke koupelně, WC a druhé kuchyni. Pokoje jsou situovány obdobně jako v přízemí, s tím rozdílem, že místo technické místnosti je zde koupelna a nad garáží je umístěn obývací pokoj s ložnicí. Rovněž se zde objevuje průchozí obývací pokoj, jímž se prochází do ložnice.



Obr.: 1) Půdorys 1.NP



Obr.: 2) Půdorys 2.NP



3.2 Popis konstrukcí

RD je založen na základových pasech z prostého betonu C16/20 o rozdílných tloušťkách a to 400 mm a 500 mm a minimální výšce 1 m, které jsou umístěny pod všemi nosnými stěnami. Základová betonová deska je z betonu C16/20 tloušťky 100 mm a je položena na zhutněném násypu tl. 200 mm. Podlaha je opatřena hydroizolací z asfaltových pásů Elastek 40 tl. 8 mm a izolaci zajišťuje EPS tl. 100 mm. Jedná se o těžkou podlahu s povrchem z PVC, nebo s keramickým obkladem. Pro vertikální komunikaci se používá dřevěné schodiště, do kterého je přístup umožněn z předsíně. Konstrukce střechy je tvořena klasickým krovem typu tzv. „stojatá stolice“.

Krov je izolován minerální vatou Isover UNI ($\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$) [8], kterou je vyplněn prostor mezi krokvemi. Dřevěná konstrukce střechy má sklon $37,5^\circ$ a je pokryta keramickými taškami typu Tondach Falcovka 11 Režná [9]. Skladba obvodových stěn je tvořena vnitřní omítkou o tloušťce 10 mm, zdivem z cihel plných ($\lambda = 0.860 \text{ W/mK}$) [9] zděných tradičním způsobem tl. 440 mm, fasádním zateplovacím systémem Baumit s izolantem Baumit EPS F ($\lambda = 0,039 \text{ W/mK}$) [9] tl.160 mm, stěrkovací cementovou hmotou s výztužnou tkaninou a vnější silikonovou omítkou tloušťky 20 mm. Celková tloušťka je tedy 630 mm. Stěna mezi garáží a prostorem obývaného objektu má skladbu z vnější omítky tl. 20 mm, zděné konstrukce z cihel plných ($\lambda = 0.860 \text{ W/mK}$) [9] zděných tradičním způsobem tl. 290 mm, zateplovacím systémem Baumit s izolantem BaumitStarTherm ($\lambda = 0,032 \text{ W/mK}$) [9] tl. 100 mm a vnitřní omítkou tl. 10 mm. Celková tl. je 420 mm. Příčky jsou také z cihel plných ($\lambda = 0.860 \text{ W/mK}$) [9] a mají tloušťky 100 mm, 170 mm a 320 mm.

Ke vstupu do objektu se používají dvoukřídlé hliníkové dveře s prosklením od firmy Internorm AT 305 ($U = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$) [6]. Dále jsou použity vnitřní dřevěné dveře od firmy Sapeli, typ Tenga ($U = 2,4 \text{ W/m}^2\text{K}$) [7] s hladkým dveřním křídlem bez prosklení s povrchovou úpravou – dýha ořech americký. U garáže jsou použity sekční garážová vrata Lomax Excellent ($U = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$) [5] s elektrickým pohonem. Jedná se o dvoustěnný ocelový plášť s polyuretanovým pěnovým jádrem. Plášť je pozinkovaný a lakovaný. Okna v celém objektu jsou použita jednokřídlá, nebo dvoukřídlá dřevěná od firmy Sulko typ EURO 78 ($U = 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$) [10]. Vnější oplechování je titanzinek a vnitřní obložení je dřevěné. Trochu podrobnější popis si zaslouží technická místnost, která bude dále využívána k návrhům vytápění. Tato místnost se nachází v prvním nadzemním patře, přičemž její půdorysné rozměry jsou 3,34 x 1,96 m a světlá výška místnosti je 2,92 m. Podlahu této místnosti tvoří keramická dlažba a její součástí je i keramický sokl. Větrání místnosti je zajištěno jednokřídlým oknem o rozměrech 1140/1500 mm.



konstrukce	R [m ² .K/W]	U [W/m ² .K]
vnější stěna	4,655	0,215
stěna garáž/dům	3,513	0,285
stěna mezi domy	3,203	0,312
CP příčka 320 mm	0,400	2,500
CP příčka 170 mm	0,213	4,706
CP příčka 100 mm	0,125	8,000
střecha	4,286	0,233
Porfix 150 mm	1,389	0,720
Porfix 100 mm	0,934	1,071
Duragips BT3	2,451	0,408

Obr.:3) Tabulka tepelně technických vlastností konstrukcí

4 Popis lokace

Pelhřimov je město ležící v kraji Vysočina v nadmořské výšce 494 metrů, což je v porovnání se střední nadmořskou výškou ČR, která činí 430 m n.m., mírný nadprůměr. Nachází se v údolí říčky Bělé v Křemešnické vrchovině (*součást Českomoravské vrchoviny*) 27 km západně od Jihlavy, 74 km severovýchodně od Českých Budějovic a 93 km jihovýchodně od Prahy. Žije zde přes 16 tisíc obyvatel. Z klimatického hlediska se Pelhřimov příliš neliší od průměrných klimatických hodnot naměřených v České republice. Pro moji práci mají největší význam klimatické faktory jako jsou průměrná teplota, průměrný úhrn srážek, rychlost a směr větru a oblačnost. V níže uvedených grafech jsou znázorněny tyto jednotlivé klimatické faktory.

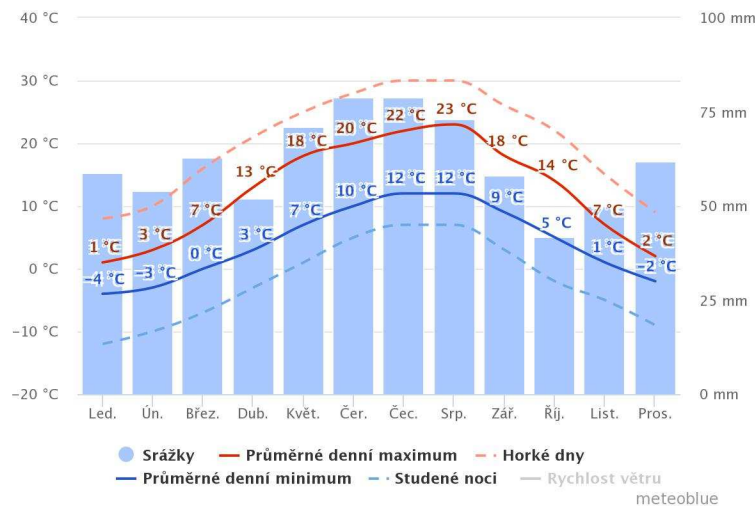


Obr.:4) Poloha Pelhřimova



4.1 Průměrné teploty a úhrn srážek

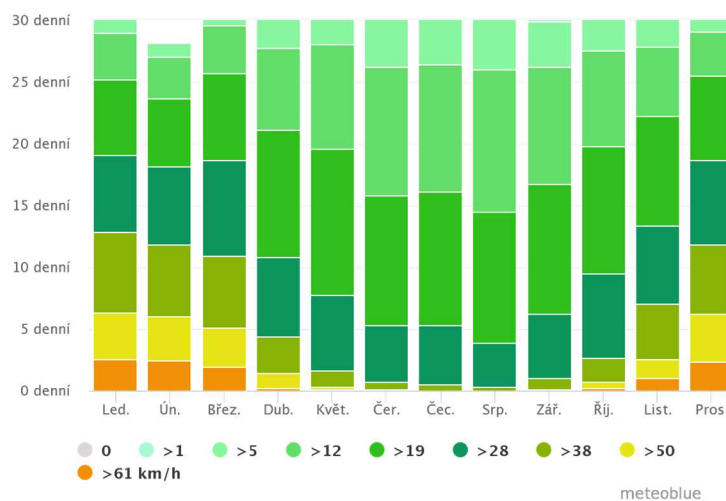
V zimních měsících se průměrné denní teploty pohybují v rozmezí od -4 do 3 °C, přičemž v nejchladnějších nocích mohou průměrné teploty klesat až k -12°C. Naopak v letních měsících se průměrná denní maxima pohybují okolo 22°C. V horkých dnech navíc průměrné teploty stoupají až k 30 °C. Nejvíce srážek je na území zaznamenáno z pravidla v letních měsících, kdy se úhrn srážek pohybuje kolem 75 mm. [4]



Obr.:5) Graf teploty a úhrnu srážek [4]

4.2 Oblačné, slunečné a deštivé dny

Z grafu vyplývá, že nejvíce slunečných dní je od dubna do října. Naopak je tomu v zimních měsících, kdy je na daném území silná oblačnost, přičemž počet zatažených dnů převládá. Tímto se tedy oblast nijak neliší od republikového průměru. [4]

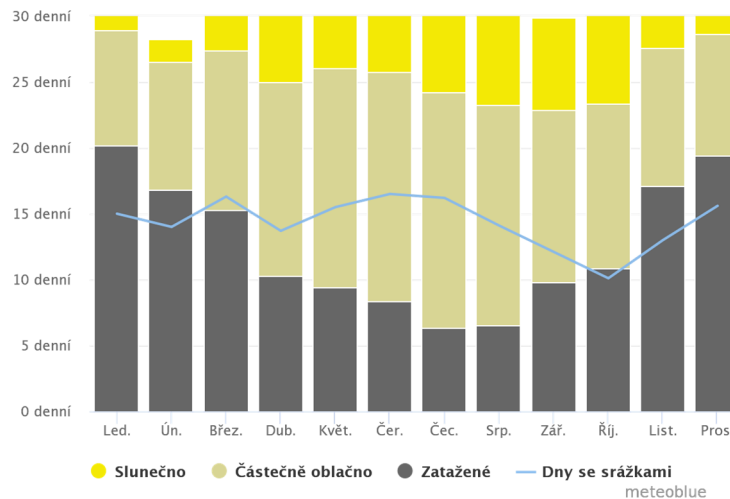


Obr.:6) Graf slunečných a deštivých dnů [4]



4.3 Rychlost větru

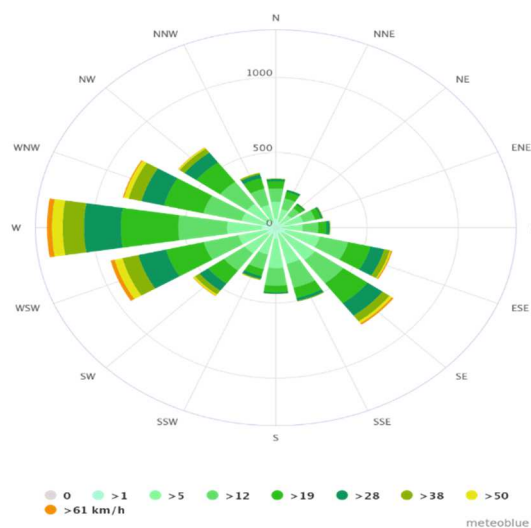
Dle grafu jsou letní měsíce z hlediska rychlosti větru relativně stabilní, zatímco v zimních měsících je rychlost větru v jednotlivých dnech často velmi rozdílná – hodnoty se pohybují od 5 km/h až k rychlostem větším než 61 km/h. [4]



Obr.:7) Rychlost větru [4]

4.4 Směr větru

Dle větrné růžice vítr nejčastěji přichází ze západu. Dalšími významnými směry, ze kterých vítr na území přichází, jsou jihozápad, severozápad a samozřejmě i jihovýchod.



Obr.:8) Směr větru [4]

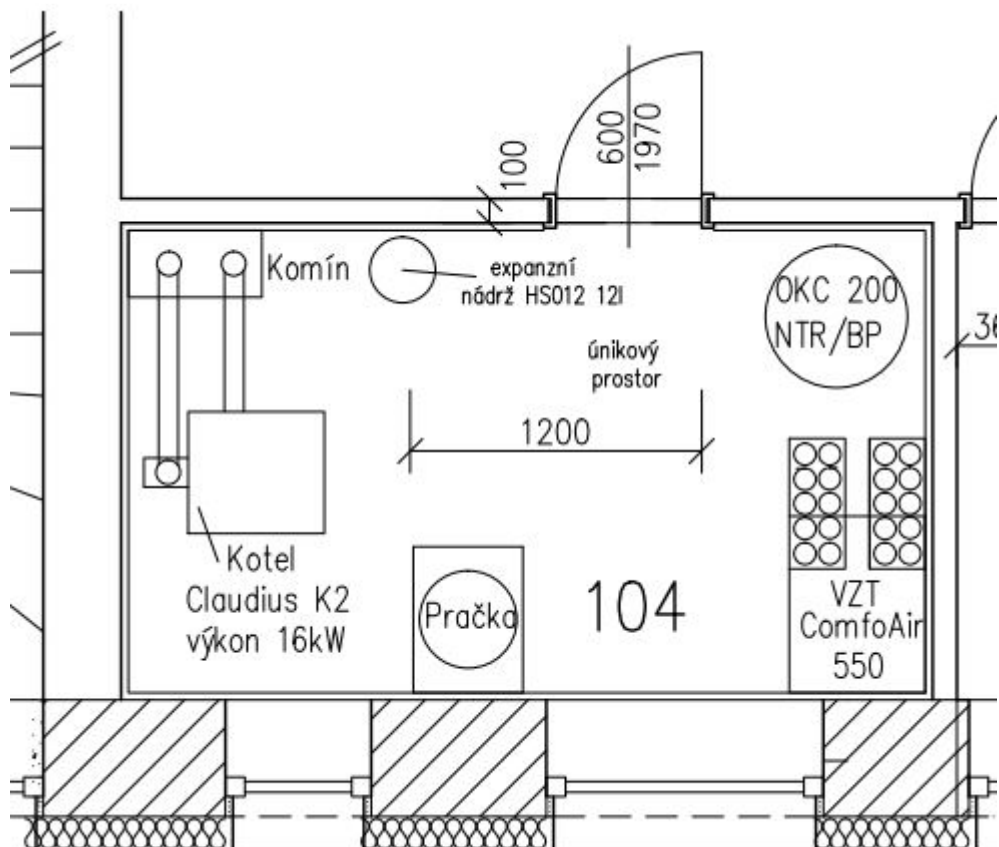


5 Způsoby vytápění:

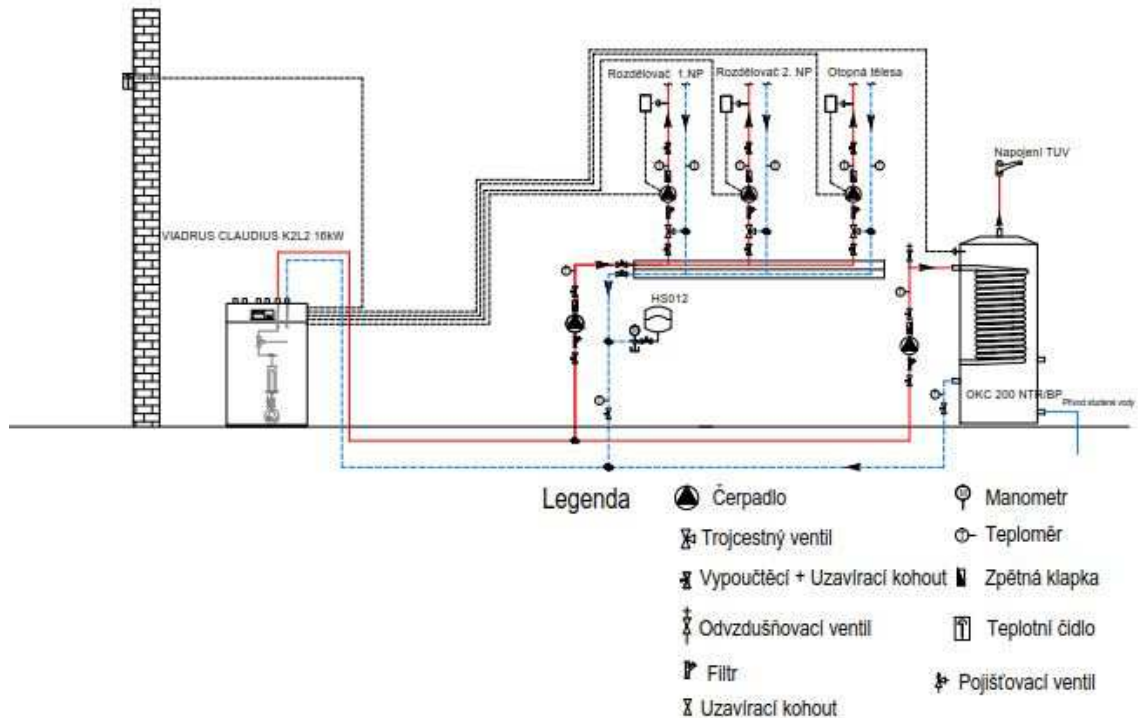
V této části postupně navrhnu 4 rámcové varianty vytápění RD a v závěru vyberu nejvhodnější variantu.

5.1 Plynový kotel

V první variantě je jako zdroj tepla použit plynový kotel. Pro centrální ohřev teplé vody a vytápění byl dle roční spotřeby tepla na přípravu teplé vody a vytápění navržen plynový kotel VIADRUS CLAUDIUS K2L2 16kW [19]. Plynový kotel je umístěn v technické místnosti v přízemí. Součástí technické místnosti je také expanzní nádrž HS012 [21], zásobník teplé vody OKC 200 NTR/BP [23] a čerpadlo Grundfos ALPHA2. Odvod spalin z této místnosti je zajištěn kouřovody komínu Schiedel Brilon. Technická místnost je odvětrávána pomocí okenního otvoru o rozměrech 1140/1500 mm a větracího průduchu komínu.



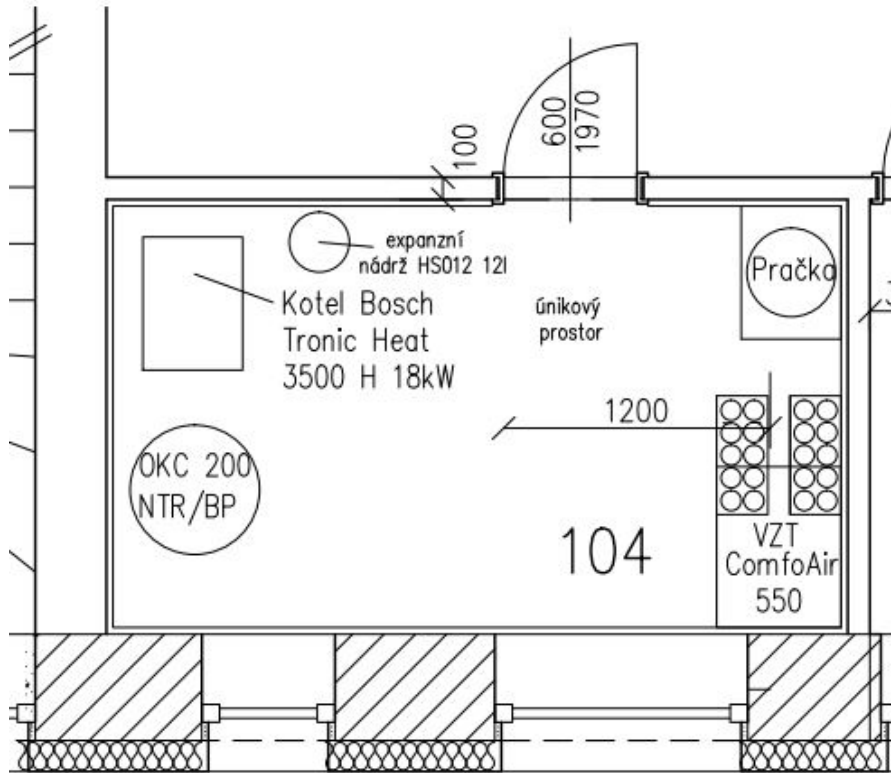
Obr.:9) Půdorys technické místnosti s plynovým kotlem



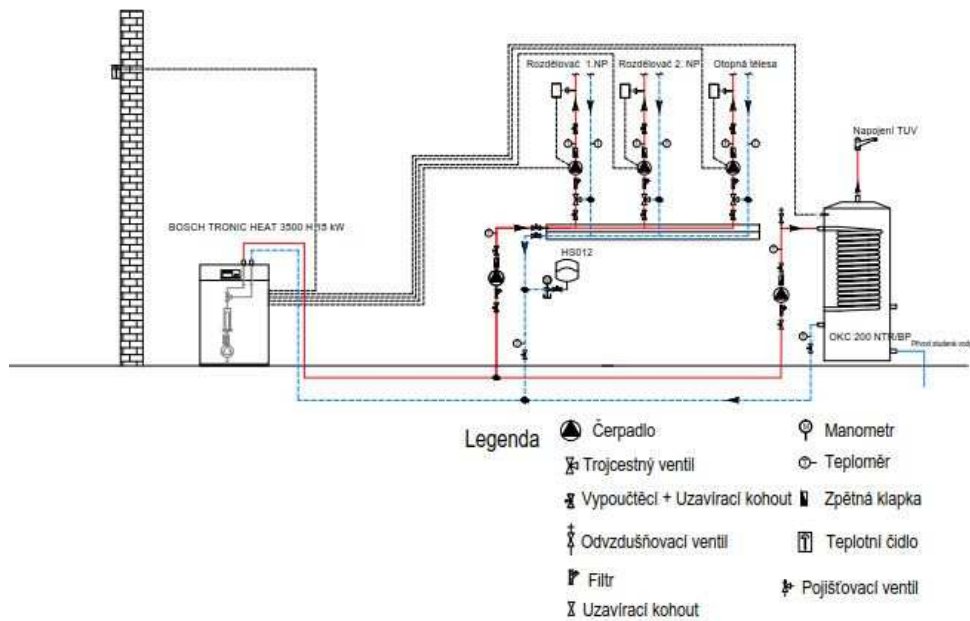
Obr.:10) Schéma technické místnosti s plynovým kotlem

5.2 Elektrický kotel

Druhá varianta využívá jako zdroj tepla elektrický kotel. Dle roční spotřeby tepla na přípravu teplé vody a vytápění je navržen elektrický kotel BOSCH TRONIC HEAT 3500 H 18 kW [20]. Elektrický kotel je umístěn v technické místnosti v přízemí spolu se zásobníkem teplé vody OKC 200 NTR/BP [23] a expanzní nádobou HS012 [21] a oběhovým čerpadlem Grundfos ALPHA2. U tohoto typu vytápění nevznikají spaliny a není nutné zajišťovat jejich odvod komínem. Technická místnost je odvětrávána pomocí okenního otvoru o rozměrech 1140/1500 mm.



Obr.:11) Půdorys technické místnosti s elektrickým kotlem

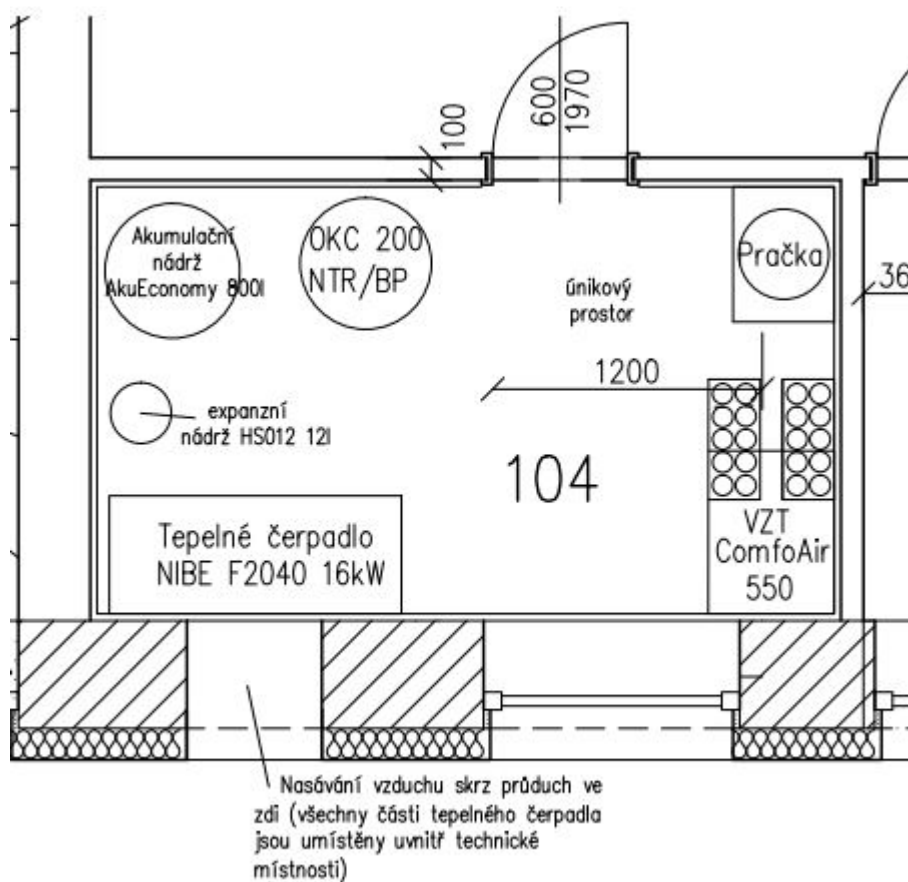


Obr.:12) Schéma technické místnosti s elektrickým kotlem

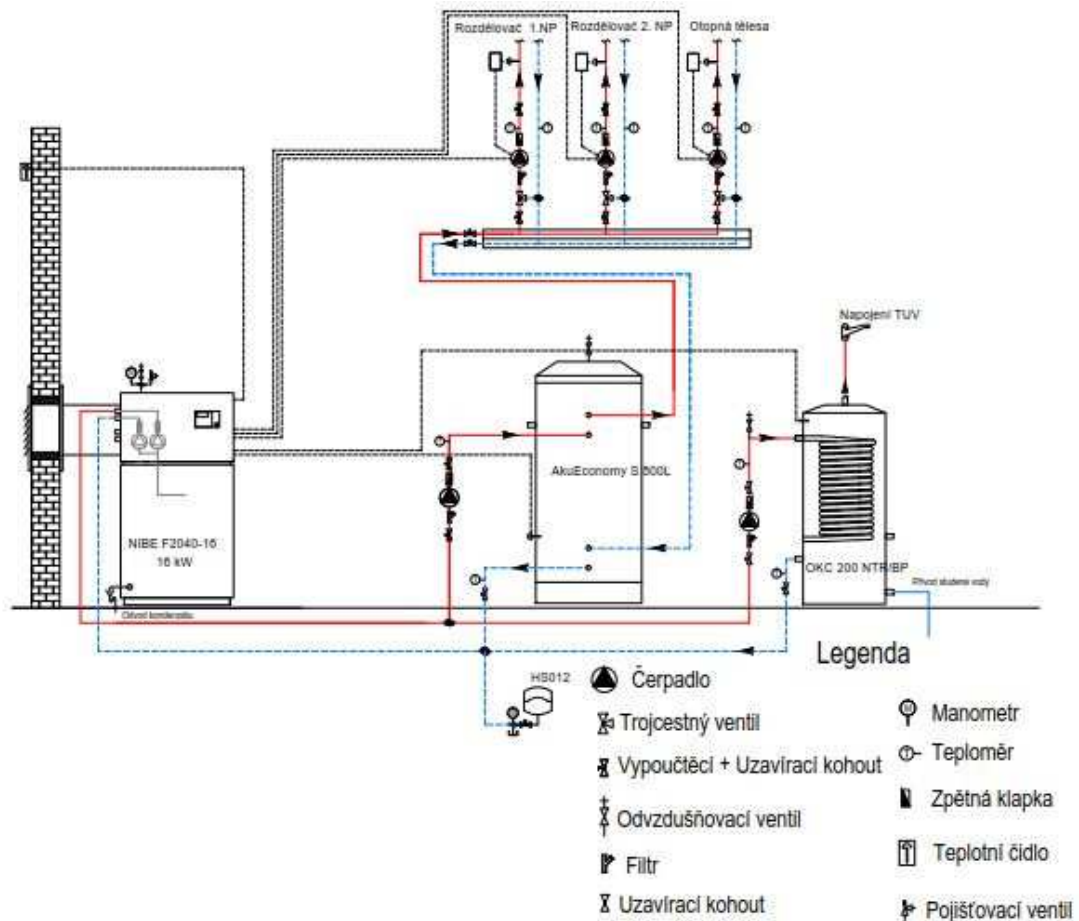


5.3 Tepelné čerpadlo vzduch-voda

Třetí varianta vytápění RD využívá jako zdroj tepla tepelné čerpadlo. Dle roční spotřeby tepla na přípravu teplé vody a vytápění je navrženo tepelné čerpadlo NIBE F2040 - 16 kW [18]. Veškeré části tepelného čerpadla jsou umístěny uvnitř technické místnosti. Součástí vybavení je kromě samotného tepelného čerpadla také expanzní nádoba HS012 [21], dále akumulční nádoba AkuECONOMY 800 L [22], zásobník teplé užitkové vody OKC 200 NTR/BP [23] a oběhové čerpadlo Grundfos ALPHA2.



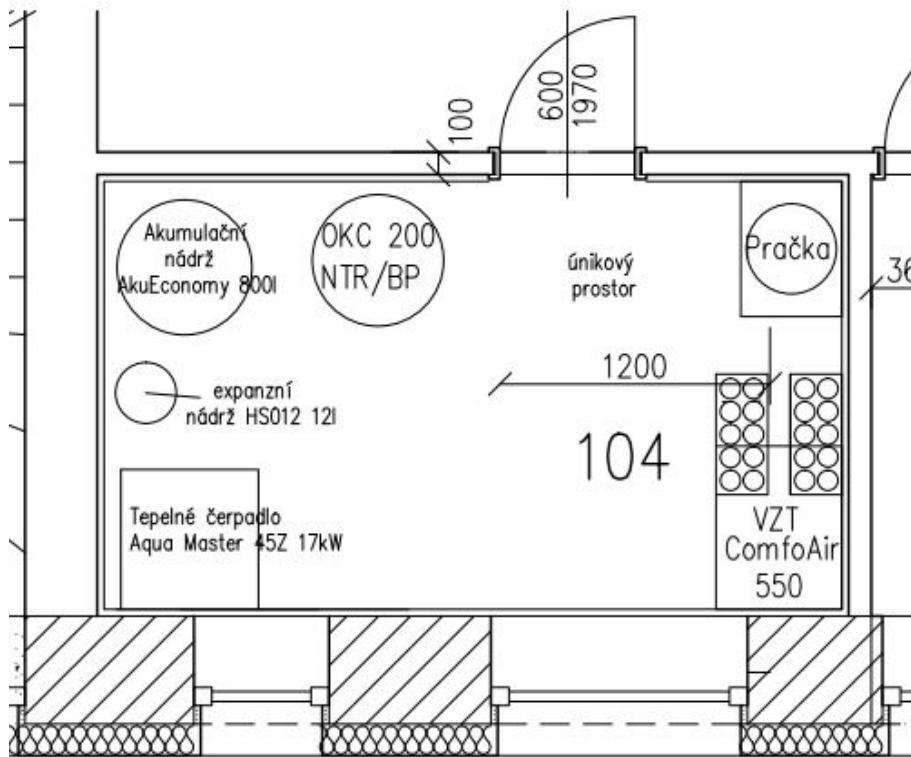
Obr.:13) Půdorys technické místnosti s tepelným čerpadlem vzduch-voda



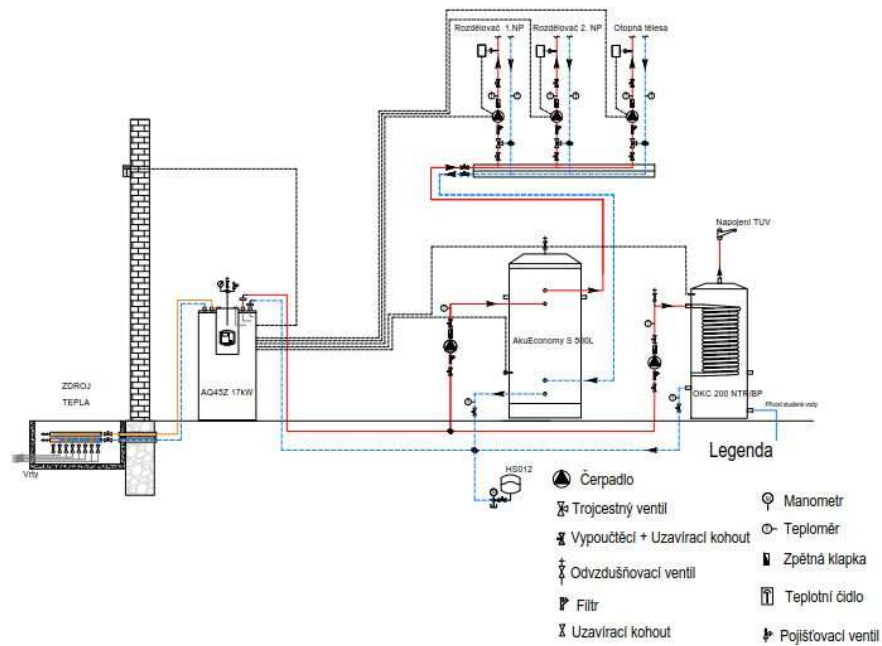
Obr.:14) Schéma technické místnosti s tepelným čerpadlem vzduch-voda

5.4 Tepelné čerpadlo země-voda

Závěrečná čtvrtá varianta vytápění RD využívá jako zdroj tepla tepelné čerpadlo země-voda. Dle roční spotřeby tepla na přípravu teplé vody a vytápění je navrženo tepelné čerpadlo Aqua Master-45Z 17kW [17]. Součástí vybavení jsou kromě samotného tepelného čerpadla také podzemní vrty nutné k funkci tepelného čerpadla. Nedílnou součástí je také expanzní nádoba HS012 [21], akumulační nádoba AkuECONOMY 800 L [22], zásobník teplé užitkové vody OKC 200 NTR/BP [23] a oběhové čerpadlo Grundfos ALPHA2.



Obr.:15) Půdorys technické místnosti s tepelným čerpadlem země-voda



Obr.:16) Schéma technické místnosti s tepelným čerpadlem země-voda



5.5 Výběr finální varianty

Výběr nejvhodnější varianty závisí na mnoha faktorech. Jelikož se v tomto případě jedná o rekonstrukci RD a ne o novostavbu, je proveditelnost návrhu velmi důležitým faktorem. Jak je vidět v předchozích výkresech, všechny možnosti, o kterých uvažujeme, jsou v tomto RD proveditelné. Dalšími faktory, které dle mého názoru uživatelé při výběru topení ovlivňují, jsou komfort, čistota, cena a v posledních letech i vliv na životní.

5.5.1 Komfort

V dnešní době je pro většinu lidí důležitý komfort, neboli pohodlí. Z tohoto hlediska se obecně jeví kotle jako méně vhodné varianty. To však platí hlavně pro kotle na tuhá paliva, jako jsou uhlí, dřevo, pelety či štěpka, kde je nutné kontrolovat stav paliva. S tím souvisí i nutnost ho doplňovat. Z tohoto důvodu jsem navrhl kotel na plyn a elektřinu. Všechny varianty jsou tedy prakticky bezúdržbové. Výsledkem je tedy podobný komfort u všech návrhů.

5.5.2 Čistota

Toto platí hlavně v případech, pokud je technická místnost součástí RD. A přesně to je tento případ. Tudíž paliva jako uhlí, nebo dřevo nepřicházelo v úvahu. Tepelné čerpadlo je v tomto ohledu téměř ideální, stejně jako elektrický kotel. Menší problém nastává u plynového kotle. U plynového kotle dochází ke spalovacímu procesu. Musíme tedy zajistit odvod spalin z místnosti. I když to není žádný obtížný nebo nevyřešitelný problém, v porovnání s ostatními možnostmi je to mírná nevýhoda.

5.5.3 Cena

Nejdůležitější parametr, podle kterého si lidé vybírají způsob vytápění, je bezesporu cena. A zde už nastávají poměrně dramatické rozdíly mezi jednotlivými návrhy. Tento bod je velice individuální z hlediska pořizovací ceny jednotlivých variant a jejich návratnosti. Jak bude vidět v níže přiloženém grafu (Obr.:21 Graf ceny variant vytápění), ze začátku se náklady liší až 5-ti násobně. Záleží tedy na finanční situaci zákazníka.

Já jsem se rozhodl hodnotit jednotlivé varianty z hlediska jejich finanční návratnosti za dobu 10 let. Už během této poměrně krátké doby se projevila jako nejvýhodnější varianta tepelné čerpadlo vzduch-voda. Samozřejmě by záleželo i na



vývoji cen jednotlivých paliv. Tyto změny se mohou projevit jak pozitivně, tak negativně. Z tohoto důvodu jsou na tom lépe tepelná čerpadla. Ty získávají teplo z okolního vzduchu, nebo z vrtů a jsou tak méně závislá na cenách paliv. Oproti tomu u vytápění plynem, či elektřinou jsme velmi závislí na ceně paliv. Pokud by ceny neustále stouply, může se vytápění těmito palivy několikanásobně prodražit.

Dále může cenu ovlivnit životnost dané varianty. Toto riziko lze značně eliminovat zvolením kvalitního řešení a provedení, které je sice dražší oproti nekvalitnějším variantám, ale ušetří nám spoustu starostí, času a ve výsledku i peněz. Z tohoto důvodu jsem se snažil všechny varianty navrhnout z kvalitních částí a jejich životnost by měla být dostatečná.

5.5.4 Vliv na životní prostředí

V posledních letech se stále častěji diskutuje o vlivu na životní prostředí v důsledku lidské činnosti. Z tohoto hlediska jsou výhodnější tepelná čerpadla. Na rozdíl od plynového kotle nedochází ke spalování plynu a tvorbě nežádoucích skleníkových plynů. U elektrického kotle sice nedochází ke spalování přímo, ale elektrická energie, kterou využívají, se získává v elektrárnách přeměnou z energie vázané v určitém zdroji. Nejčastěji je tato energie přeměněna na energii mechanickou, která následně pohání elektrický generátor. Tepelná čerpadla sice také využívají elektrickou energii, ale mají nižší spotřebu, a tudíž šetří primární zdroje energie.

Vliv na životní prostředí se může odrazit i na finanční stránce varianty a to tím, že vzhledem k dotačnímu programu Ministerstva životního prostředí: Zelená úsporám, lze dosáhnout na státní dotace od státu. Další výhodou je možné získání speciální sazby na elektrickou energii, která nám výrazně ušetří náklady za elektřinu.

Plynový kotel	
kotel VIADRUS CLAUDIUS K2	57205 Kč
rozvody	7500 Kč
expanzní nádoba HS012	690 Kč
zásobník teplé vody OKC 200 NTR/BP	13190 Kč
oběhové čerpadlo Grundfos ALPHA2	5311 Kč
celkem	83896 Kč
cena plynu E.ON Energie	33654 Kč/rok

Obr.:17) Cena varianty s plynovým kotlem

Elektrický kotel	
kotel BOSCH TRONIC HEAT 3500 H 18 kW	21900 Kč
rozvody	7500 Kč
expanzní nádoba HS012	690 Kč
zásobník teplé vody OKC 200 NTR/BP	13190 Kč
oběhové čerpadlo Grundfos ALPHA2	5311 Kč
celkem	48591 Kč
cena elektřiny E.ON Energie	54078 Kč/rok

Obr.:18) Cena varianty s elektrickým kotlem

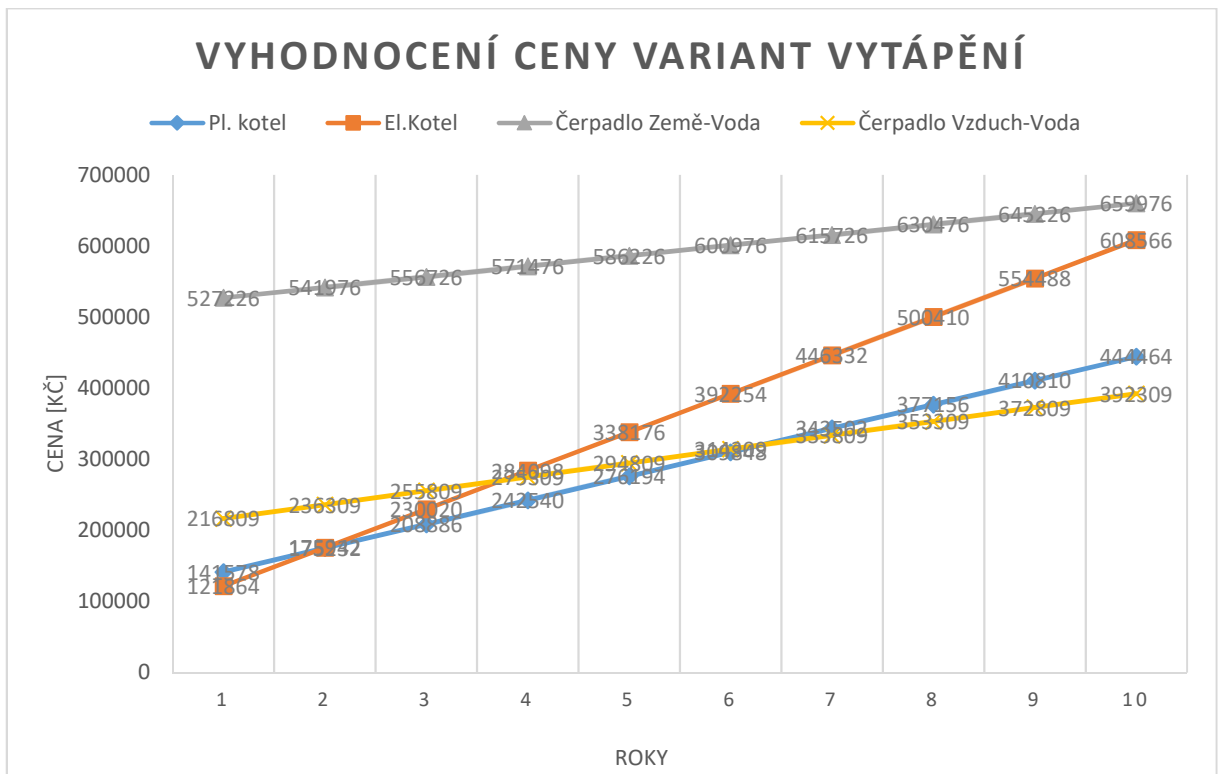


Tepelné čerpadlo země-voda	
Tepelné čerpadlo Aqua Master - 45Z	477990 Kč
zásobník teplé vody OKC 200 NTR/BP	13190 Kč
oběhové čerpadlo Grundfos ALPHA2	5311 Kč
celkem	496491 Kč
cena vytápění	14750 Kč/rok

Tepelné čerpadlo vzduch-voda	
Tepelné čerpadlo NIBE F2040-16	144000 Kč
zásobník teplé vody OKC 200 NTR/BP	13190 Kč
expanzní nádoba HS012	690 Kč
akumulační nádrž AkuECONOMY 800 L	18823 Kč
oběhové čerpadlo Grundfos ALPHA2	5311 Kč
celkem	182014 Kč
cena vytápění	19500 Kč/rok

Obr.:19) Cena varianty s čerpadlem země-voda

Obr.:20) Cena varianty s čerpadlem vzduch-voda



Obr.:21) Graf ceny variant vytápění



5.6 Konečná varianta

Vzhledem k výhodám a nevýhodám jednotlivých návrhů, jež jsou uvedeny výše, jsem se rozhodl zvolit variantu číslo 3. Jedná se o tepelné čerpadlo NIBE F2040 - 16 kW. Tato varianta splňuje všechny požadavky pro moderní, bezúdržbové a ekologické vytápění. Tato varianta, jak je vidět na Obr.:21) Graf ceny variant vytápění, je nejideálnější z finančního hlediska.

6 Výpočet tepelných ztrát

Výpočet tepelných ztrát byl proveden dle ČSN EN 12 831 pro výpočet tepelného výkonu. Pro stanovení tepelných odporů materiálů je použita norma ČSN 73 0540-4. Venkovní výpočtová teplota pro oblast Pelhřimova je $t_e = -15$ °C. Vnitřní výpočtové teploty dle ČSN EN 12 831 jsou uvedeny v následující tabulce. [31]

Místnost	°C
Obytná místnost	20
Koupelna	24
WC	20
Chodba	15
Schodiště nevytápěné	10
Garáž	5

Obr.:22) Vnitřní výpočtové teploty [32]

Celková výsledná ztráta budovy je dána součtem tepelných ztrát jednotlivých místností.

6.1 Postup výpočtu

Součinitel prostupu tepla [12]

$$U = U_d + \Delta U$$

U_d ideální součinitel prostupu tepla [$W/m^2 \cdot K$]

ΔU vliv tepelných mostů [$W/m^2 \cdot K$]

Hodnoty ΔU lze brát orientačně z ČSN 73 0540-4

$$U_d = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}}$$

R_{si} Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce [$m^2 \cdot K/W$]

R Odpor konstrukce [$m^2 \cdot K/W$]

R_{se} Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce [$m^2 \cdot K/W$]



Odpor konstrukce [11]

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

d tloušťka vrstvy konstrukce [m]

λ součinitel tepelné vodivosti [W/m.K]

Činitel teplotní redukce f_i

$$f_i = \frac{\theta_i - \theta_s}{\theta_i - \theta_e}$$

θ_i výpočtová vnitřní teplota posuzované místnosti [°C]

θ_s teplota za příslušnou konstrukcí [°C]

θ_e výpočtová vnější teplota [°C]

Součinitel tepelné ztráty H_T

$$H_T = A \cdot U \cdot f_i$$

f_i činitel teplotní redukce [-]

A plocha konstrukce [m²]

U součinitel prostupu tepla [W/m². K]

Větrání

$$V_i = V_m \cdot n$$

V_m objem vzduchu v místnosti [m³]

n požadovaná výměna vzduchu

$$H_V = c_p \cdot V_i \cdot \rho$$

c_p měrná tepelná kapacita vzduchu [Wh/kg. K]

V_i výměna vzduchu ve vytápěném prostoru [m³/h]

ρ hustota vzduchu [kg/m³]



Tepelná ztráta Q

$$\theta = \theta_t + \theta_v$$

θ_t tepelná ztráta prostupem tepla [W]

θ_v tepelná ztráta větráním [W]

$$\theta_t = H_T \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

$$\theta_v = H_V \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

θ_i výpočtová vnitřní teplota posuzované místnosti [°C]

θ_e výpočtová vnější teplota [°C]

H_t součinitel tepelné ztráty prostupem [W/K]

H_v součinitel tepelné ztráty větráním [W/K]

Tepelné ztráty jednotlivých místností jsou uvedeny v následující tabulce (Obr.:23 Tabulka tepelných ztrát místností)

Podrobné výpočty tepelných ztrát jednotlivých místností jsou uvedeny v příloze č.:1 Výpočet tepelných ztrát.



Číslo místnosti	Název místnosti	Plocha [m ²]	Tep. ztráta prostupem [W]	Tep. ztráta větráním [W]	Tep. Ztráta celková [W]
101	Předsíň	13,3	-16	198	182
102	Ložnice	21	473	365	838
103	Chodba	11,6	100	173	73
104	Technická místnost	6,6	352	229	581
105	WC	2,04	119	106	225
106	Kuchyně	17,9	513	506	1018
107	Obývací pokoj	25,05	520	435	955
108	Ložnice	19,73	244	346	590
109	Garáž	40,47	177	413	589
110	Schodiště	5,52	-255	70,4	-185
201	Chodba	7,32	55	109	164
202	Chodba	8,96	-159	133	-25
203	Koupelna	8,73	400	152	552
204	WC	2,48	109	129	238
205	Kuchyně	17,76	511	494	1005
206	Obývací pokoj	24,69	393	429	822
207	Ložnice	19,72	174	343	517
208	Předsíň	3,42	-18	50,9	33
209	Koupelna	7,39	203	300	503
210	WC	1,81	7	95	102
211	Kuchyně	15,66	114	699	813
212	Obývací pokoj	19,01	211	330	541
213	Ložnice	19	246	330	576
214	Schodiště	3,74	-456	48	-408
	Střecha				1631
Celková tepelná ztráta objektu					11930

Obr.:23) Tabulka tepelných ztrát místností



7 Otopná soustava

Součástí každé otopné soustavy je zdroj tepla, potrubní sítě, otopné plochy a čerpadla. Důležitou částí otopné soustavy, na kterou nesmíme zapomenout, jsou pojistná, regulační a zabezpečovací zařízení.

Otopná soustava má za úkol pokrýt ztráty jednotlivých místností a tím zajištění tepelné pohody interiéru.

7.1 Návrh otopné soustavy

Vzhledem k umístění technické místnosti v daném objektu je poměrně obtížný rozvod potrubní sítě k jednotlivým otopným tělesům mimo konstrukci. Převážně z tohoto důvodu jsem se rozhodl pro návrh podlahového vytápění objektu.

Jelikož se jako zdroj tepla využívá tepelné čerpadlo, je podlahové vytápění lepší i z důvodu použití otopné vody o nižších teplotách než u jiných otopných soustav.

Použitím podlahového topení jsme schopni dosáhnout téměř ideálního rozložení teplot v místnosti. Při vytápění běžnými otopnými tělesy (např. radiátor) dochází ke značnému rozdílu teplot mezi stropem a podlahou, což nepříspěvá k tepelné pohodě v místnosti. Toto je dáno především rozdílným průběhem proudění vzduchu. Další negativní vlastnost bodových zdrojů tepla je zahřívání jejich povrchů na vysokou teplotu. To má za následek snížení vlhkosti v okolí radiátorů, což může komplikovat život lidem s dýchacími problémy. Nežádoucí je také víření prachu v důsledku proudění vzduchu, které je u podlahového topení velmi omezené. Kladem podlahového topení je efekt samoregulace. Díky nízké povrchové teplotě se značně omezí množství předávaného tepla mezi vzduchem a podlahou, pokud dojde k ohřátí vzduchu v místnosti vlivem slunečních paprsků.

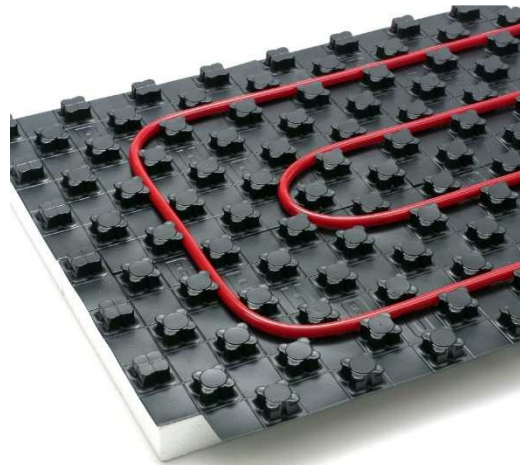
Podlahové vytápění má však i své negativní stránky, které musíme v návrhu zohlednit. Pokud dojde k poruše otopných trubek, je oprava poměrně finančně i technologicky náročná. Proto je třeba se v návrhu pečlivě věnovat volbě materiálů, rozmístění otopných trubek a samotné realizaci. Každá chyba se velmi špatně odstraňuje, protože otopné trubky jsou zality do betonové vrstvy. Jediný způsob, jak odstranit vzniklý problém, vede přes rozbitou podlahu. Další úskalí při návrhu podlahového vytápění je, že je dobré znát rozmístění jednotlivých kusů nábytku, kuchyňské linky a ostatních věcí, které trvale zakrývají podlahu. Je to z důvodu značného omezení účinnosti podlahového vytápění v těchto oblastech.

Při zhodnocení kladných a záporných vlastností podlahového vytápění je podlahové vytápění pro daný objekt ideální variantou. [1]



7.2 Návrh podlahového vytápění

Pro realizaci podlahového vytápění jsem zvolil mokrý způsob provedení, protože dochází k vyšším měrným výkonům. Pro usnadnění montáže použiji systémové desky. Vzhledem k tvaru jednotlivých místností a částečnému zakrytí jejich ploch využiji meandrový způsob kladení otopného hada. Při meandrovém způsobu jsou poloměry ohybu otopného hada až 180° , proto jsem navrhl druh systémových desek Varionova 30-2 od firmy Rehau. Tato systémová deska nahrazuje hydroizolaci a umožňuje rozteč pokládky 5, 10, 15, 20, 25, 30 cm a je určena pro bytové a nebytové objekty se zatížením do 5 kN/m^2 .



Obr.:24) systémová deska Varionova 30-2 [33]

Jako trubku otopného hada zvolím PE-Xa REHAU Rautherm S o průměru 17x2 mm. Ke spojení trubek otopného hada využiji nerozebíratelné objímky. Úseky jednotlivých okruhů (od rozdělovače k otopným hadům) budou izolovány tepelnou izolací s minimální tloušťkou 10 mm.



Obr.:25) PE-Xa REHAU Rautherm S [33]



Pod systémovou deskou je v přízemí uložena tepelná izolace tloušťky 100 mm a součinitelem tepelné vodivosti 0,04 W/m.K. Potrubí je uloženo v cementovém potěru o tloušťce 70 mm a tepelné vodivosti 1,2 W/m.K. Podlaha je tvořena keramickou dlažbou tloušťky 10 mm o tepelné vodivosti 1 W/m.K. Součástí podlahy je také lepidlo o tloušťce 2 mm s tepelnou vodivostí 0,8 W/m.K. V prvním nadzemním patře jsou využity materiály se stejným součinitelem tepelné vodivosti, ale mají jinou tloušťku. Tepelná izolace pod systémovou deskou má tloušťku 70 mm. Skladba podlahy se liší jen v tloušťce cementového potěru, jenž má tloušťku 50 mm. Skladby podlah jsou ve všech místnostech stejné.

Součástí podlahového vytápění jsou rozdělovače REHAU HKV - D4 v přízemí a ve druhém nadzemním patře REHAU HKV – D8. Rozdělovače se umístí do speciálních instalačních skříní k tomu určených. Nedílnou částí rozdělovače jsou také kulové kohouty a armatury určené k odvzdušnění a vypouštění.



Obr.:26) Rozdělovač REHAU HKV- D4 [33]

Jednotlivé okruhy podlahového vytápění a tvary všech otopných hadů jsou podrobně zobrazeny v přiložené výkresové dokumentaci (výkres č.:1 Okruhy podlahového vytápění 1.NP, výkres č.:2 Okruhy podlahového vytápění 2.NP, výkres č.:3.Půdorys podlahové vytápění 1.NP a výkres č.:4 Půdorys podlahového vytápění 2.NP).



7.3 Tepelně-technický výpočet podlahového vytápění

U tohoto výpočtu vycházíme z předpokladu, že střední povrchová teplota podlahy nepřekročí hygienicky přípustné hodnoty a zároveň tepelný výkon podlahové otopné plochy pokryje tepelné ztráty místnosti. Hlavním výkonovým parametrem je měrný tepelný výkon q při hygienicky přípustné střední povrchové teplotě podlahy t_p . Také předpokládáme stejnou teplotu po obou stranách stropu. [1]

Tento návrh výpočtu není v plném souladu s ČSN EN 1264 - 1 až 3, neboť ta je přebírána pouhým překladem a skýtá takové nepřesnosti a nesrozumitelnosti, že bude, především z iniciativy Německa, následující tři roky procházet úplnou revizí. Uváděný způsob výpočtu dává vždy přesnější hodnoty než EN 1264 a stran dosažených výsledků vždy splní její požadavky. [1]

Dle výše uvedených předpokladů se střední povrchová teplota počítá ze vztahu

$$t_p - t_i = \frac{\Lambda_a}{\alpha_p} \cdot (t_m - t_i) \cdot \frac{\operatorname{tgh}(m \cdot \frac{l}{2})}{m \cdot \frac{l}{2}}$$

- t_m střední teplota otopné vody [°C]
- t_i výpočtová vnitřní teplota [°C]
- m charakteristické číslo podlahy [m^{-1}]
- Λ_a tepelná propustnost vrstev nad trubkami [$W/m^2.K$]
- α_p celkový součinitel přestupu tepla na povrchu otopné plochy [$W/m^2.K$]
- l rozteč trubek otopného hada [m]

Charakteristické číslo podlahy

$$m = \sqrt{\frac{2 \cdot (\Lambda_a + \Lambda_b)}{\pi^2 \cdot \lambda_d \cdot d}}$$

- Λ_b tepelná propustnost vrstev pod trubkami [$W/m^2.K$]
- λ_d součinitel tepelné vodivosti materiálu do kterého jsou zality trubky [$W/m.K$]
- d vnější průměr trubek [m]

Tepelná propustnost nad trubkami

$$\Lambda_a = \frac{1}{\sum \frac{a}{\lambda_a} + \frac{1}{\alpha_p}}$$

- a tloušťka jednotlivých vrstev nad osou trubek [m]
- λ_a součinitel tepelné vodivosti jednotlivých vrstev nad osou trubek [$W/m.K$]
- α_p celkový součinitel přestupu tepla na povrchu otopné plochy [$W/m^2.K$]



Tepelná propustnost pod trubkami

$$\Lambda_b = \frac{1}{\sum \frac{b}{\lambda_b} + \frac{1}{\alpha_p}}$$

- b tloušťka jednotlivých vrstev pod osou trubek [m]
 λ_b součinitel tepelné vodivosti jednotlivých vrstev pod osou trubek [W/m.K]
 α_p celkový součinitel přestupu tepla na spodní straně otopné podlahy [W/m².K]

Střední povrchová teplota podlahové otopné plochy nemá z fyziologických a hygienických důvodů překročit teplotu:

- $t_p = 27$ až 28 °C u místností pro trvalý pobyt (obytné místnosti, kanceláře, ...)
 $t_p = 30$ až 32 °C u pomocných místností, kde člověk jen příležitostně přechází (předsíně, chodby, schodiště, ...)
 $t_p = 32$ až 34 °C u místností, kde člověk převážně chodí bos (plovárny, lázně, koupelny, ...) [1]

Tepelný tok směrem nahoru

$$q = \alpha_p \cdot (t_p - t_i)$$

- q měrný tepelný tok směrem nahoru [W/m²]
 t_p střední povrchová teplota podlahové otopné plochy [°C]
 t_i výpočtová vnitřní teplota [°C]
 α_p celkový součinitel přestupu tepla na povrchu otopné plochy [W/m².K]

tepelný tok směrem dolů

$$q' = \Lambda_b \cdot \frac{\alpha_p}{\Lambda_a} \cdot (t_p - t_i)$$

- q' měrný tepelný tok směrem dolů [W/m²]
 α_p celkový součinitel přestupu tepla na spodní straně otopné podlahy [W/m².K]
 Λ_b tepelná propustnost vrstev pod trubkami [W/m².K]
 Λ_a tepelná propustnost vrstev nad trubkami [W/m².K]
 t_p střední povrchová teplota podlahové otopné plochy [°C]
 t_i výpočtová vnitřní teplota [°C]



Celkový tepelný příkon otopné plochy

$$Q_{PC} = S_P \cdot (q + q')$$

- S_P otopná plocha [m^2]
 q měrný tepelný tok směrem nahoru [W/m^2]
 q' měrný tepelný tok směrem dolů [W/m^2]

Šířka okraje

$$r = \frac{2,3}{m}$$

- r šířka okrajové zóny [m]
 m charakteristické číslo podlahy [m^{-1}]

Tepelný výkon okrajové plochy

$$Q_O = Q_P \cdot \frac{O_P}{S_P} \cdot \frac{0,448 \cdot l}{\operatorname{tgh}\left(\frac{l}{2} \cdot m\right)}$$

- Q_O tepelný výkon okrajové plochy [W]
 Q_P tepelný výkon plochy s otopným hadem [W]
 O_P obvod plochy ohraničené krajní trubkou [m]
 l rozteč trubek otopného hada [m]
 S_P otopná plocha [m^2]

Skutečný výkon podlahové otopné plochy

$$Q_C = \left(1 + \frac{Q_O}{Q_P}\right) \cdot (q + q') \cdot S_P$$

- Q_C celkový výkon podlahové otopné plochy [W]
 Q_O tepelný výkon okrajové plochy [W]
 Q_P tepelný výkon plochy s otopným hadem [W]
 S_P otopná plocha [m^2]
 q měrný tepelný tok směrem nahoru [W/m^2]
 q' měrný tepelný tok směrem dolů [W/m^2]

Podle výše uvedených vzorců a podle návrhových nomogramů jsem zvolil střední teplotu otopné vody na 34 °C. Teplotní spád otopné vody je ideálně 8 K, z čehož jsem získal teplotu vody na přívodu do rozdělovače 38 °C a 30 °C na zpátečce otopných okruhů.

Teplotní spád 38/30 °C je společný pro všechny okruhy podlahového vytápění a měrný tepelný výkon podlahové otopné plochy je regulován pomocí změn rozteče



trubek otopného hada. Rozteče otopného hada se pohybují v rozmezí 150–300 mm v závislosti na tepelné ztrátě jednotlivých místností.

Celkový výkon podlahových otopných ploch v jednotlivých místnostech je uveden v následující tabulce a podrobný výpočet pro všechny místnosti je uveden v příloze č.:2) Výpočet podlahového vytápění.

číslo místnosti	Tepelná ztráta místnosti [W]	Plocha otopné podlahy [m ²]	Povrchová teplota podlahy [°C]	Rozteč trubek [m]	Celkový výkon podlahové otopné plochy [W]
101	182	3,5	25	0,2	406,2
102	838	18,27	26,4	0,3	1222
103	73	1,8	26,5	0,08	294,3
104	bez podlahového vytápění				
105	225	1,15	28	0,15	126,3
106	1018	15	28	0,15	1248
107	955	20	26,4	0,3	1334
108	590	17	26,4	0,3	1141
201	164	2,1	26	0,2	304,8
202	bez tepelných ztrát				
203	552	4,8	31	0,15	377,3
204	238	1,4	28	0,15	142,7
205	1005	15	28	0,15	1192
206	822	19,6	26,8	0,3	1323
207	517	17,6	26,8	0,3	1204
208	33	1,2	28	0,08	144,1
209	503	5	31	0,15	385,9
210	102	0,5	28	0,15	62,67
211	813	10,5	28	0,15	871,8
212	541	13,9	26,5	0,3	958,8
213	576	17	26,5	0,3	1137

Obr.:27) Tabulka výkonu otopných ploch podlahového vytápění

Z výše uvedené tabulky je patrné, že tepelné ztráty jsou u většiny místností pokryty díky výkonu podlahového vytápění. V některých místnostech je však tepelná ztráta vyšší. Tento problém jsem vyřešil přidáním otopných ploch. U místností č. 105, 204 a 210 není tepelná ztráta zcela pokryta. Vzhledem k tomu, že rozdíl mezi výkonem podlahové otopné plochy a tepelnou ztrátou u těchto místností dosahuje



maximálně 98,7 W, a jedná se o toalety, které nejsou určeny k trvalému pobytu osob, rozhodl jsem se tyto ztráty nepokrývat přidáním otopných ploch. Víím, že v těchto místnostech bude vnitřní teplota nižší než bylo původně plánováno, ale věřím, že to neohrozí tepelný komfort.

U místností č. 203 a 209 dochází také k deficitu výkonu podlahového vytápění. Oproti předchozímu případu se však jedná o koupelny, kde by pro obyvatele RD byla absence tepelného komfortu značně nepříjemná. Tuto situaci jsem vyřešil přidáním žebříkových otopných těles, které dorovnájí tuto ztrátu.

7.4 Otopné plochy

Jak jsem již výše uvedl, v koupelnách bylo nutné vyřešit situaci přidáním žebříkových otopných těles. Zvolil jsem otopná tělesa značky Korado, konkrétně Korolux Linear MAX s úhlopříčným připojením. Výkony těchto otopných těles jsou uvedeny v příloze č.:3 Výkon otopných žebříkových ploch. Potrubní vedení je provedeno v mědi obdobně jako rozvody v kotelně. Toto potrubí je obaleno tepelnou izolací. [34]

7.5 Výpočet hydraulických ztrát

Hydraulické ztráty musíme znát pro hydraulické vyvážení celé soustavy. U podlahového vytápění je potrubí využíváno jak pro transport teplotonosné látky, tak pro vytápění (nahrazuje otopné plochy). Teplotonosnou látkou je jako ve většině případů voda.

Celková hydraulická ztráta určitého okruhu se určí jako součet ztrát způsobených třením a ztráty způsobené místními odpory. U podlahového topení ve většině případů převažují tlakové ztráty třením. Tyto ztráty závisí především na materiálu potrubí, vnitřním průměru potrubí, rychlosti proudění teplotonosné látky, délce úseku a v neposlední řadě na samotné teplotonosné látce. Ztráty způsobeny místními odpory vznikají především na ohybech potrubí, dále také na přechodech, armaturách, kolenech atd.

Na začátku výpočtu hydraulických ztrát určíme hmotnostní průtok. Tento průtok je konstantní v celém okruhu. [2]



Hmotnostní průtok

$$Q = m \cdot c \cdot (t_1 - t_2) \Rightarrow m = \frac{Q}{c \cdot (t_1 - t_2)}$$

Q	přenášený tepelný výkon [W]
m	hmotnostní průtok [kg/s]
c	měrná tepelná kapacita vody [J/kg.K]
t ₁	teplota přívodní vody [°C]
t ₂	teplota zpátečky [°C]

střední rychlost

$$w = \frac{4 \cdot m}{\rho \cdot \Pi \cdot d^2}$$

w	střední rychlost [m/s]
m	hmotnostní průtok [kg/s]
ρ	hustota kapaliny [kg/m ³]
d	vnitřní průměr potrubí [m]

měrná tlaková ztráta

$$R = \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho$$

R	měrná tlaková ztráta [Pa/m]
λ	součinitel tření [-]
w	střední rychlost [m/s]
d	vnitřní průměr potrubí [m]
ρ	hustota kapaliny [kg/m ³]

Měrnou tlakovou ztrátu lze odečíst z tabulek pro daný materiál.

Tlaková ztráta třením

$$\Delta p_{zt} = R \cdot l$$

Δp _{zt}	tlaková ztráta třením [Pa]
R	měrná tlaková ztráta [Pa/m]
l	délka úseku [m]



Tlaková ztráta místními odpory

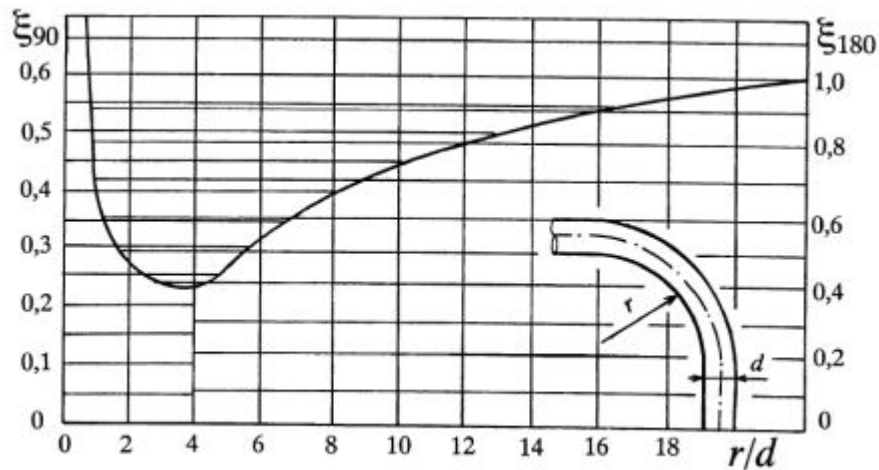
$$\Delta p_{zm} = \sum \xi \cdot \rho \cdot \frac{w^2}{2}$$

Δp_{zm} tlaková ztráta místními odpory [Pa]

w střední rychlost [m/s]

ρ hustota kapaliny [kg/m³]

ξ součinitel místního odporu [-]



Obr.:28) Součinitel místního odporu na oblouku [3]

Celková tlaková ztráta

$$\Delta p_c = \Delta p_{zt} + \Delta p_{zm}$$

Δp_c tlaková ztráta celková [Pa]

Δp_{zt} tlaková ztráta třením [Pa]

Δp_{zm} tlaková ztráta místními odpory [Pa]



Tabulka pro výpočet tlakové ztráty

Okruh	Přenášený výkon [W]	Hmotnostní průtok [kg/h]	Qv [l/min]	Délka l [m]	DN	W [m/s]	R [Pa/s]	$\Sigma\xi$ [-]	R . l [Pa]	Z [Pa]	R . l + Z [Pa]
1	1628,2	175,00	2,4	101,75	17x2	0,34	170,6	80,66	17359	4629,5	21988,06
2	1141	122,64	1,8	112,4	17x2	0,262	100	94,72	11240	3228,2	14468,22
3	1334	143,38	1,8	97,7	17x2	0,295	127	64,6	12408	2791,2	15199,13
4	1374,3	147,71	1,8	87,1	17x2	0,3	129,5	92,54	11279	4135,1	15414,6
5	753,37	80,97	1,2	53,9	17x2	0,168	35	74,36	1886,5	1042	2928,523
6	871,8	93,70	1,8	72,9	17x2	0,192	54,6	60,6	3980,3	1109,2	5089,5
7	958,8	103,05	1,8	86,8	17x2	0,221	68,7	74,54	5963,2	1807,6	7770,722
8	1137	122,21	1,8	95,5	17x2	0,261	99,5	72,6	9502,3	2455,5	11957,73
9	1204	129,41	2	109,7	17x2	0,27	107	98,72	11738	3573,2	15311,06
10	1323	142,20	2,4	97,6	17x2	0,295	126,1	66,72	12307	2882,8	15190,19
11	1192	128,12	2	76,7	17x2	0,253	96,6	62,48	7409,2	1985,6	9394,864
12	520	55,89	1,2	54,2	17x2	0,157	30,2	74,36	1636,8	910,03	2546,875
OP	362	38,91	0,6	28,5	16x2,7	0,127	26	64,4	741	64,4	805,4

Obr.:29) Tabulka tlakových ztrát

7.6 Hydraulické vyvážení soustavy

Pomocí hydraulického vyvážení soustavy docílíme stejné tlakové ztráty jednotlivých okruhů podlahového vytápění k definičnímu připojovacímu místu, i při dodržení rozdílných hmotnostních průtoků jednotlivých okruhů. Tímto zásahem způsobíme rovnoměrné zásobení každého okruhu podlahového vytápění teplonosnou látkou při požadovaných tepelných výkonech.

Vyvážení začíná u okruhu s největší tlakovou ztrátou. U tohoto okruhu se ventily nastaví tak, aby byly co nejvíce otevřeny. Podle této tlakové ztráty zaregulujeme ostatní okruhy podlahového vytápění, aby došlo k hydraulickému vyvážení soustavy a rovnoměrnému šíření teplonosné látky do všech okruhů.

Vyvážení stavu se dosahuje pomocí vyvažovacích ventilů, regulátorů tlakové diference, termostatických ventilů, dále regulace šroubení a ventily pro regulaci na rozdělovačích podlahového topení. [25]

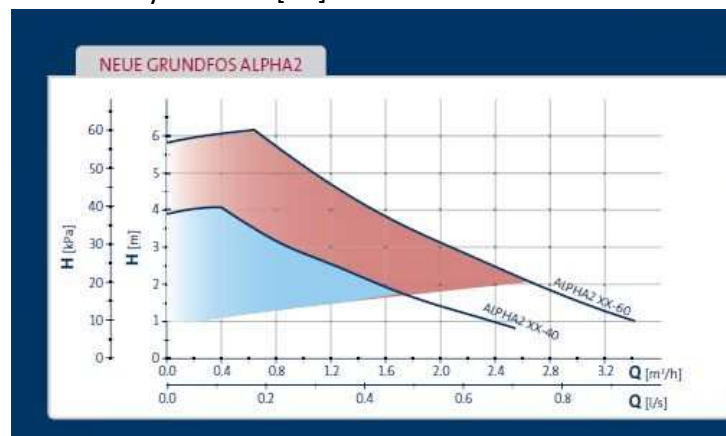


7.7 Oběhové čerpadlo

Hydraulickou tlakovou ztrátu překonáme pomocí oběhového čerpadla. Tím pádem dochází k rozvodu vody v potrubí. Z toho vyplývá, že oběhové čerpadlo je nedílnou součástí teplovodních topných systémů.

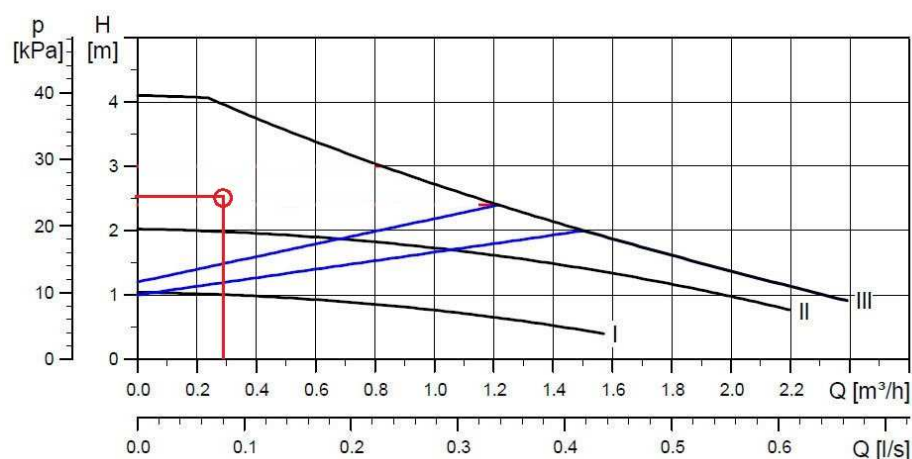
Při výběru čerpadla pro podlahové vytápění je nutné brát v úvahu tyto vlastnosti: nízkou hlučnost, bezúdržbový provoz, nízkou spotřebu elektrické energie, životnost a spolehlivost. Z těchto důvodů jsem se rozhodl pro čerpadlo ALPHA 2 XX-40 od firmy Grundfos.

Návrh jsem provedl podle níže přiložených grafů, které jsou ke stažení na stránkách výrobce. Z těchto grafů je patrné, že zvolené oběhové čerpadlo má dostatečný výkon k překonání tlakových ztrát. [26]



Obr.:30) Graf oběhových čerpadel Grundfos Alpha 2[26]

V následujícím grafu je červeně vyznačen potřebný výkon čerpadla



Obr.:31) Graf návrhu oběhového čerpadla Grundfos Alpha 2 XX-40



8 Větrání

Téma větrání obytných prostor nabývá v současnosti stále větší důležitosti. Je to vzhledem k neustálému nárůstu znečištění ovzduší. Jedním z nástrojů, kterým se proti tomuto znečištění můžeme bránit je právě větrání. Větrání je nezbytné, protože při nedostatečném množství přiváděného vzduchu pociťujeme bolest hlavy, únavu, závratě, máme pocit dráždění v krku a na kůži a v neposlední řadě se u lidí také vyskytují příznaky alergií. Podle různých výzkumů byla prokázána spojitost mezi kvalitou vzduchu a schopnostmi koncentrace, náchylnosti k onemocněním a psychofyzickou kondicí.

Kvalitu vzduchu v místnosti ovlivňuje celá řada nejrůznějších faktorů. Jedná se především o množství prachu, bakterií, částic hub, sloučenin emitované z nábytku, množství radonu a intenzitu uvolňování pachů, vlhkosti a kyslíčnicku uhličitého do okolí. Většinu z těchto znečištění nelze zjistit čichem. Onemocnění, která způsobují, se mohou projevit až po několika letech strávených v znečištěném prostředí. Pokud eliminujeme faktory, které negativně ovlivňují kvalitu vzduchu, značně tím omezíme nepříjemné dopady na naše zdraví.

Škodliviny můžeme omezit přímo v jejich zdroji. Tato opatření jsou však ve většině případů nákladnější a složitější než právě větrání. Větrání představuje jednoduchý a účinný způsob pro omezení škodlivin ve vzduchu. Větrání vlastně představuje proces, při kterém dochází k výměně znehodnoceného vzduchu za vzduch čerstvý.

8.1 Požadavky na větrání

Těmito požadavky se zabývá norma ČSN EN 15 665/Z1. Základním požadavkem, ze kterého vycházíme, je zajištění minimální intenzity trvalého přívodu čerstvého vzduchu v závislosti na počtu osob, velikosti a typu místnosti. [28]

Přesněji lze vycházet přímo z koncentrací CO₂. Ve venkovním čerstvém vzduchu je ho kolem 400 ppm, čili přibližně 723 mg CO₂/m³. To je zároveň normální, zdravá hladina CO₂ ve vzduchu pro dlouhodobý pobyt podle ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air). Stejná norma doporučuje pobývat v prostředí do 700 ppm, akceptovatelná hranice činí 1000 ppm. [28]



Požadavek	Trvalé větrání (průtok venkovního vzduchu)		Nárazové větrání (průtok odsávaného vzduchu)		
	Intenzita větrání [h^{-1}]	Větrání na osobu [$\text{m}^3/(\text{h} \times \text{os})$]	Kuchyně [m^3/h]	Koupelny [m^3/h]	WC [m^3/h]
Minimální hodnota	0,3	15	100	50	25
Doporučená hodnota	0,5	25	150	90	50

Obr.:32) Tabulka požadavků na větrání obytných budov [28]

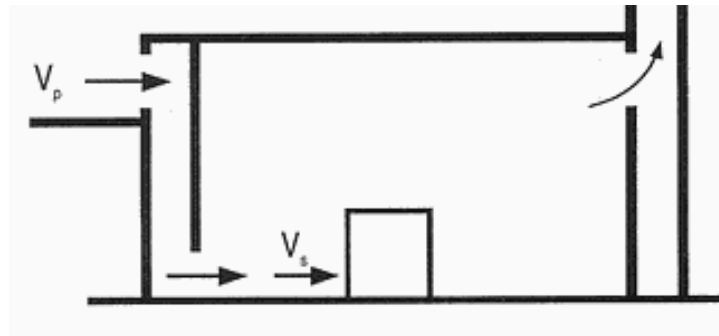
8.2 Způsoby větrání

Existuje několik způsobů, jakými lze provádět větrání obytných prostor. Hlavní rozdělení způsobů větrání je na přirozené a nucené větrání.

8.2.1 Přirozené větrání

Tento způsob větrání je zdaleka nejjednodušší a je velmi rozšířený. Využívá principu rozdílné hustoty teplého vzduchu v místnosti a čerstvého chladnějšího vzduchu z venkovního prostředí. Díky tomuto rozdílu dochází k samočinné výměně interiérového a exteriérového vzduchu, přičemž znečištěný vzduch je odváděn výstupními větracími komíny (šachtami) a čerstvý vzduch se dovnitř dostává netěsnostmi.

K nesporným výhodám přirozeného větrání patří snadné provedení a malé investiční náklady, ale obecně převažují spíše zápory. Mezi ty hlavní patří menší účinnost. Netěsnosti, kterými se čerstvý vzduch dostává do místnosti, jsou trnem v oku investorům i uživatelům, jelikož zvyšují tepelné ztráty. Moderní stavby jsou z důvodu omezení tepelných ztrát stavěny velmi těsně a splnit požadavek na výměnu vzduchu je velmi obtížné až nemožné. Také je zde velká závislost na venkovním prostředí, a to především teplotě vzduchu a rychlosti větru. To téměř znemožňuje kontrolu množství přiváděného vzduchu. Velmi častým negativním jevem je průvan a hluk z venkovního prostředí, který je pro obyvatele velmi nepříjemný. Také se zvyšují náklady na vytápění, jelikož přiváděný vzduch není ohříván. Jelikož RD byl při rekonstrukci nově zateplen a osazen novými okny s dvojskly, nelze přirozené větrání aplikovat z důvodu velké těsnosti konstrukce.



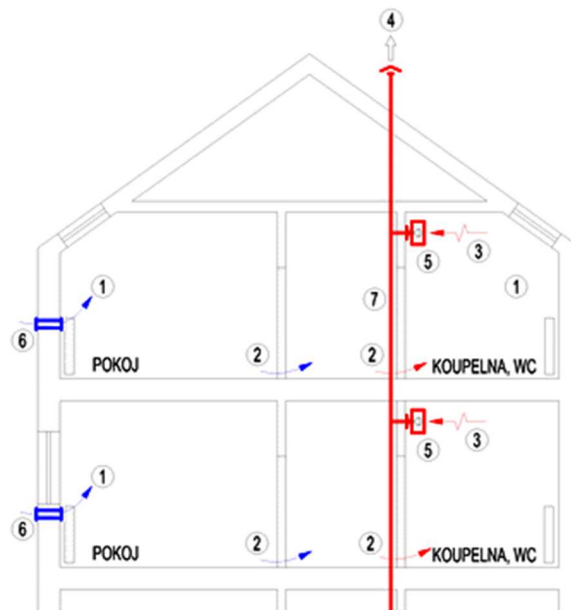
Obr.:33) Přirozené větrání pomocí šachet pro odvod vzduchu [27]

8.2.2 Nucené větrání

Nucené větrání lze rozdělit do 3 kategorií. Na podtlakové, přetlakové a rovnotlakové větrání.

8.2.2.a Podtlakové větrání

U tohoto způsobu je vzduch z místnosti odváděn ventilátory a čerstvý vzduch je přiváděn větracími otvory zabudovanými do oken, nebo obvodových stěn. K výhodám podtlakového větrání patří jednoduchost a nižší pořizovací náklady. Také je zde možnost regulace odváděného vzduchu. Nevýhodou způsobu je hlavně nemožnost ohřevu přiváděného vzduchu a s tím spojeny zvýšené náklady na vytápění.

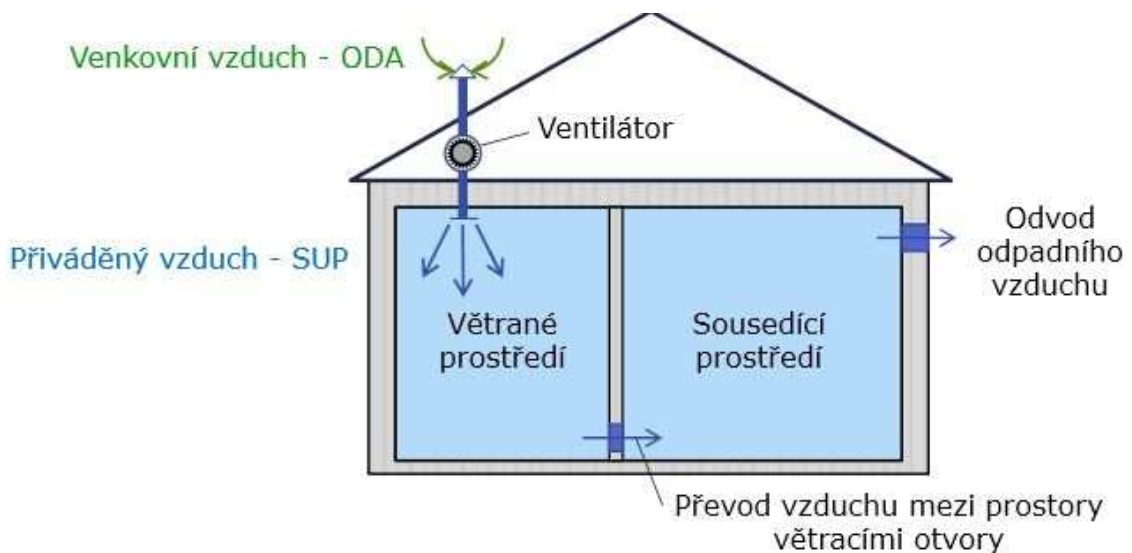


Obr.:34) Schéma podtlakového větrání [27]



8.2.2.b Přetlakové větrání

Přetlakové větrání využívá ventilátor pro přívod vzduchu do prostoru a odváděn je netěsnostmi, kterými proudí ven z objektu. Jedná se tedy o opačný princip než u podtlakového větrání. Výhodou přetlakového větrání je možná úprava přiváděného vzduchu. Lze jej filtrovat a ohřívat. Úskalí spočívá ve způsobu odvodu vzduchu. Ten proudí ven netěsnostmi konstrukce. Odváděný vzduch, který je vlhký a teplý, se při proudění ven z objektu ochlazuje a tím může docházet ke kondenzaci vlhkosti v odváděném vzduchu. To má za následek usazování plísň v izolaci, nebo zamrzání oken. Přetlakovým větráním nelze zajistit odvod škodlivin z kuchyně při vaření. Pro obytné domy se tento způsob moc nevyužívá, ale nalezl uplatnění například na operačních sálech, kde nesmí docházet k infiltraci škodlivin z okolního prostředí.

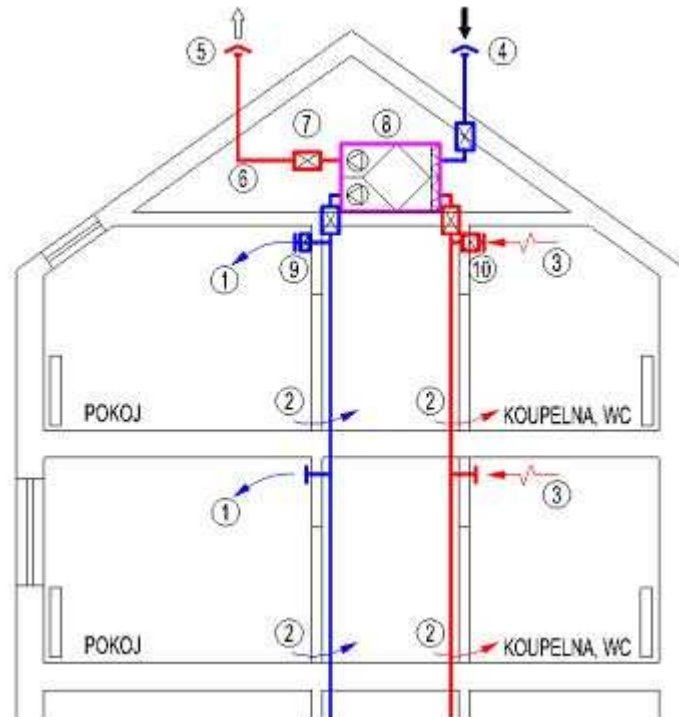


Obr.:35) Schéma přetlakového větrání [29]



8.2.2.c Rovnotlaké větrání

Je nejsložitější z uvedených variant. Jeho součástí jsou ventilátory pro odvod a přívod vzduchu, filtry a rekuperační jednotka pro zpětné získávání tepla. Vzduch je veden vzduchotechnickými rozvody a dochází k průběžnému nahrazení znehodnoceného vzduchu vzduchem čerstvým. Výhodou je přívod ohřátého, přefiltrovaného vzduchu do místnosti. Navíc lze regulovat množství přiváděného i odváděného vzduchu. To omezuje vznik průvanu. Systém zpětného získávání tepla značně snižuje náklady na vytápění objektu. Systém je schopný automaticky reagovat na změnu vnějších podmínek bez nutnosti zásahu majitele. Vyskytují se tu však i nevýhody. Především se jedná o vyšší pořizovací cenu a značnou prostorovou náročnost zejména pro rozvody vzduchu.



Obr.:36) Schéma rovnotlakého větrání [27]



8.3 Návrh větrání pro RD

Při výběru způsobu větrání hrála hlavní roli proveditelnost a funkčnost každé z variant. Jelikož RD byl při rekonstrukci nově zateplen a osazen novými okny s dvojskly není přirozené větrání z hlediska účinnosti ta správná varianta. Podobný problém může nastat i u nuceného podtlakového větrání. Tato varianta je také horší z hlediska nákladů na vytápění, a proto jsem ji také zavrhl. Přetlakové větrání se jeví jako levná a účinná varianta, ale kvůli možnému vzniku plísní v izolaci a následným problémům při jejím odstranění jsem se rozhodl pro nucené rovnotlaké větrání.

Jelikož se jedná o RD a výměny vzduchu v jednotlivých místnostech nejsou nikterak dramatické, zvolil jsem systémové řešení od firmy Zehnder pro rodinné domy.

Tabulka množství větraného vzduchu				
Místnost	Objem místnosti	Trvalé [m ³ /h]		Nárazové [m ³ /h]
		l = 0,1	l = 0,5	
101	48,56	4,856	24,28	-
102	54,57	5,457	27,285	-
103	30,16	3,016	15,08	-
104	17,16	1,716	8,58	-
105	5,2	0,52	2,6	50
106	46,48	4,648	23,24	150
107	65	6,5	32,5	-
108	51,3	5,13	25,65	-
201	18,3	1,83	9,15	-
202	22,4	2,24	11,2	-
203	21,83	2,183	10,915	90
204	6,2	0,62	3,1	50
205	44,4	4,44	22,2	150
206	61,75	6,175	30,875	-
207	49,3	4,93	24,65	-
208	8,55	0,855	4,275	-
209	18,5	1,85	9,25	90
210	4,5	0,45	2,25	50
211	39,15	3,915	19,575	150
212	47,5	4,75	23,75	-
213	47,5	4,75	23,75	-

Obr.:37) Tabulka množství větraného vzduchu



Obr.:38) Systém větrání RD od firmy Zehnder [35]

Konkrétně se jedná o větrací jednotku ComfoAir 550, která je vybavena výkonnými ventilátory s maximálním průtokem vzduchu 550 m³/h. Jednotka je vybavena výměníkem pro zpětné získávání tepla s účinností až 95 %. Dále splňuje podmínky na úsporu elektrické energie a je téměř bezúdržbová. Centrální jednotka je umístěna v technické místnosti a osazena modulárním systémem pro akustický tlumič, filtr a rozdělovač ComfoWell 520. Šíře 520 mm umožňuje osazení 10-ti hrdly ComfoTube což je dostatečný počet pro tento RD. Rozvody jsou provedeny trubkami ComfoTube 90 z HDPE, který má teplotní rozsah od -25 °C do 60 °C. Rychlost přiváděného vzduchu se pohybuje v rozmezích od 1,0 do 3,5 m/s, jak je vidět v následující tabulce.

ComfoTube	50	75	90
Vnitřní průměr [mm]	40	63	74
Rychlost vzduchu: 0.5 m/s	2.3	5.6	7.7
Rychlost vzduchu: 1.0 m/s	4.5	11.2	15.5
Rychlost vzduchu: 1.5 m/s	6.8	16.8	23.2
Rychlost vzduchu: 2.0 m/s	9.0	22.4	31.0
Rychlost vzduchu: 2.5 m/s	11.3	28.1	38.7
Rychlost vzduchu: 3.0 m/s	13.6	33.7	46.4
Rychlost vzduchu: 4.0 m/s	18.1	44.9	61.9
Rychlost vzduchu: 5.0 m/s	22.6	56.1	77.4

Obr.:39) Tabulka rychlosti proudění vzduchu [35]



Potrubí je vedeno v podhledech o výšce 300 mm a na konci potrubí jsou umístěny tvarovky pro rozvod vzduchu CLD, které jsou schopny intenzity výměny vzduchu až 45 m³/h. Kuchyň je vybavena digestoří Gorenje DU5345W s výkonem 178 m³/h [30] Digestoř bude opatřena zpětnou klapkou a odtah vzduchu bude proveden odděleně nad střechu objektu. V koupelně a na WC je k odvodu vzduchu použita kulatá tvarovka od firmy Zehnder TVA 90. Tato tvarovka je rovněž umístěná v kuchyních, aby bylo dosaženo principu rovnotlakého větrání a docházelo v této části k odvodu vzduchu i v době, kdy je vypnuta digestoř.

System je také vybaven čidly CO₂ a čidly vlhkosti což značně napomáhá k udržování optimálního stavu vzduchu v objektu. Rozmístění potrubí a tvarovek pro rozvod a odvod vzduchu je vidět ve výkresech č.:5) Půdorys větrání 1.NP, č.:6) Půdorys větrání 2.NP, č.:7) Řez A-A' větrání a č.:8) Řez B-B' větrání.



9 Závěr

Cílem bakalářské práce byl návrh vytápění a větrání vícegeneračního, rekonstruovaného rodinného domu. Jako nejvhodnější varianta vytápění byla zvolena ta s tepelným čerpadle NIBE F2040-16 jako zdrojem tepla.

Výpočet tepelných ztrát byl proveden dle normy ČSN EN 12 831 pro výpočet tepelného výkonu. Pro stanovení tepelných odporů materiálů je použita norma ČSN 73 0540-4 a vnitřní výpočtové teploty dle ČSN EN 12 831.

Pro vytápění objektu byly navrženy podlahové otopné plochy, které byly doplněny o žebříková otopná tělesa. V každém patře je umístěn rozdělovač podlahového vytápění. Teplotní spád je 38/30 °C. Hydraulického vyvážení systému se dosahuje pomocí vyvažovacích ventilů, regulátorů tlakové diference, termostatických ventilů, dále regulace šroubení a ventily pro regulaci na rozdělovačích podlahového topení.

K větrání byl zvolen rovnotlaký systém, který jsem zvolil jako nejlepší variantu. Jedná se o systémové řešení od firmy Zehnder s jednotkou ComfoAir 550, která je vybavena výkonnými ventilátory s maximálním průtokem vzduchu 550 m³/h. Centrální jednotka je umístěna v technické místnosti. Rozvody jsou provedeny trubkami ComfoTube 90 z HDPE, který má teplotní rozsah od -25 °C do 60 °C.

Při tvorbě bakalářské práce jsem se snažil o návrh nejlepší varianty vytápění a větrání pro daný objekt. A to i s přihlédnutím k tomu, jak se bude vytápění pravděpodobně vyvíjet do budoucna. Pevně věřím, že mnou navržené řešení bude spolehlivé, ušetří majitelům náklady na vytápění a poskytne jim požadovaný komfort.



B Literatura a použité zdroje

- [1] BAŠTA, Jiří. *Otopné plochy-otopná tělesa*. 2.přepřacované vydání. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2016. ISBN 978-80-01-05943-2.
- [2] BAŠTA, Jiří a KABELE Karel. *Otopné soustavy teplovodní*. 2.přepřac. vyd. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2001. Sešit projektanta-pracovní podklady. ISBN 80-02-01426-X.
- [3] BAŠTA, Jiří a HOJER Ondřej. *Sálavé a průmyslové vytápění pro IB*. Praha: Evropský a sociální fond Praha & EU, 2009
- [4] *Podnebí Pelhřimova*, [online]. [cit. 2017-04-14]. Dostupný z WWW:
<https://www.meteoblue.com/cs/po%C4%8Das%C3%AD/p%C5%99edpov%C4%9B%C4%8F/modelclimate/pelh%c5%99imov_%c4%8cesko_3068445>
- [5] *Garážová vrata Lomax*, [online]. [cit. 2017-04-14]. Dostupný z WWW:
<<https://www.lomax.cz/sekcni-garazova-vrata-excellent>>
- [6] *Vchodové dveře*, [online]. [cit. 2017-04-14]. Dostupný z WWW:
<<https://www.internorm.com/cz-cs/produkty/home-pure-okna-dvere/dvere/hlinik/db.html>>
- [7] *Interiérové dveře*, [online]. [cit. 2017-04-14]. Dostupný z WWW:
<[https://www.sapeli.cz/dvere/konfigurator?model=436&kategorie\[\]=464&kategorie\[\]=355&kategorie\[\]=157&kategorie\[\]=223](https://www.sapeli.cz/dvere/konfigurator?model=436&kategorie[]=464&kategorie[]=355&kategorie[]=157&kategorie[]=223)>
- [8] *Izolace Isover*, [online]. [cit. 2017-04-14]. Dostupný z WWW:
<<http://www.isover-eshop.cz/isover-uni?v=52>>
- [9] *Tabulky fyzikálních veličin stavebních materiálů*, [online]. [cit. 2017-04-14]. Dostupný z WWW:
<<http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/58-hodnoty-fyzikalnich-velicin-vybranych-stavebnich-materialu>>
- [10] *Okna Sulko*, [online]. [cit. 2017-04-14]. Dostupný z WWW:
<<http://www.sulko.cz/drevena-okna/>>
- [11] *Tepelný odpor*, [online]. [cit. 2017-04-14]. Dostupný z WWW:
<<http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/312-tepelny-odpor-#odporRT>>



- [12] *Součinitel prostupu tepla*, [online]. [cit. 2017-04-14]. Dostupný z WWW:
< <http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/315-soucinitel-prostupu-tepla> >
- [13] *Ytong Multipor*, [online]. [cit. 2017-04-14]. Dostupný z WWW:
< <http://www.ytong.cz/tepelneizolacni-desky-ytong-multipor.php> >
- [14] *Porfix*, [online]. [cit. 2017-04-14]. Dostupný z WWW:
< http://www.porfix.cz/produkty/bile-prickovky-porfix_15/ >
- [15] *Cena zemního plynu*, [online]. [cit. 2017-04-20]. Dostupný z WWW:
< <http://kalkulator.tzb-info.cz/cz/dodavka-zemniho-plynu-porovnani-nabidek> >
- [16] *Porovnání nákladů na vytápění*, [online]. [cit. 2017-04-20]. Dostupný z WWW:
< <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/138-porovnani-nakladu-na-vytapani-tzb-info> >
- [17] *Tepelné čerpadlo země-voda*, [online]. [cit. 2017-04-20]. Dostupný z WWW:
< <http://www.solareni.cz/a-47-tepelna-cerpadla-zeme-voda-hlubinne-vrty.html> >
- [18] *Tepelné čerpadlo vzduch-voda*, [online]. [cit. 2017-04-20]. Dostupný z WWW:
< <http://www.nibe.cz/cs/tepelna-cerpadla-vzduch-voda/tepelne-cerpadlo-nibe-f2040> >
- [19] *Kotel Claudius K2*, [online]. [cit. 2017-04-20]. Dostupný z WWW:
< <http://www.viadrus.cz/kondenzacni-plynové-kotle/kondenzacni-plynovy-kotel-claudius-k2-30-cz6.html> >
- [20] *Kotel Bosch Tronic Heat*, [online]. [cit. 2017-04-20]. Dostupný z WWW:
< <https://www.topenilevne.cz/bosch-tronic-heat-3500-h-18-kw-p44519/> >
- [21] *Expanzní nádoba*, [online]. [cit. 2017-04-20]. Dostupný z WWW:
< <http://www.regulus.cz/cz/expanzni-nadoba-hs012> >
- [22] *Akumulační nádoba*, [online]. [cit. 2017-04-20]. Dostupný z WWW:
< <http://www.viadrus.cz/akumulacni-nadrze-131.html> >
- [23] *Zásobník vody*, [online]. [cit. 2017-04-20]. Dostupný z WWW:
< <http://www.dzd.cz/cs/ohrivace-vody-bojler/zasobniky-teple-vody> >
- [24] *Tabulka hydraulických ztrát třením*, [online]. [cit. 2017-04-28]. Dostupný z WWW:
< <http://tzb.fsv.cvut.cz/vyucujici/reinberk/vypocty/dimtab.php> >



- [25] *Regulace soustavy*, [online]. [cit. 2017-04-20]. Dostupný z WWW:
< <http://vytapani.tzb-info.cz/mereni-a-regulace> >
- [26] *Oběhové čerpadlo Aplha 2*, [online]. [cit. 2017-04-20]. Dostupný z WWW:
< http://cz.grundfos.com/Produkty/find-product/Obehove_cerpadlo_nova_alpha2.html >
- [27] *Větrání rodinných domů*, [online]. [cit. 2017-05-12]. Dostupný z WWW:
< <http://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-rodinnych-domu/7937-systemy-vetrani-obytnych-budov> >
- [28] *Požadavky na větrání*, [online]. [cit. 2017-05-12]. Dostupný z WWW:
< <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/zpusoby-vetrani-bytu-a-rodinnych-domu/> >
- [29] ADAMOVSKEJ, Daniel. *Základy distribuce vzduchu. Úvod do problematiky vlhkého vzduchu.*, [online]. [cit. 2017-04-20]. Dostupný z WWW:
< <http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=vyuka&kod=125TBA2> >
- [30] *Gorenje DU 5345W*, [online]. [cit. 2017-05-12]. Dostupný z WWW:
< <http://www.tsnova.cz/du-5345-w-odsavac-par-gorenje> >
- [31] *Tepelné ztráty*, [online]. [cit. 2017-04-14]. Dostupný z WWW:
< <http://vytapani.tzb-info.cz/teorie-a-schemata/3555-porovnani-vypoctu-rd-podle-csn-06-0210-a-csn-en-12831> >
- [32] *Tabulka vnitřních výpočtových teplot*, [online]. [cit. 2017-04-14]. Dostupný z WWW:
< <http://vytapani.tzb-info.cz/teorie-a-schemata/3555-porovnani-vypoctu-rd-podle-csn-06-0210-a-csn-en-12831> >
- [33] *Podlahové vytápění komponenty Rehau*, [online]. [cit. 2017-04-14]. Dostupný z WWW:
< <https://www.rehau.com/czcs/investor/podlahov%C3%A9vyt%C3%A1p%C4%9Bn%C3%AD/mo%C5%BEnosti-plo%C5%A1n%C3%A9-vt%C3%A1p%C4%9Bn%C3%AD> >
- [34] *Otopné plochy*, [online]. [cit. 2017-04-14]. Dostupný z WWW:
< <https://www.korado.cz/produkty/koralux/koralux-linear-max.html> >
- [35] *Zehnder*, [online]. [cit. 2017-04-14]. Dostupný z WWW:
< <http://www.zehnder.cz/vyrobky-a-systemy/komfortni-systemy-vetrani-s-rekuperaci> >



C Seznam obrázků

Obr.: 1) Půdorys 1.NP.	11
Obr.:2) Půdorys 2.NP	11
Obr.:3) Tabulka tepelně technických vlastností konstrukcí	13
Obr.:4) Poloha Pelhřimova [4].	13
Obr.:5) Graf teploty a úhrnu srážek [4]	14
Obr.:6) Graf slunečných a deštivých dnů [4]	14
Obr.:7) Rychlost větru [4].	15
Obr.:8) Směr větru [4]	15
Obr.:9) Půdorys technické místnosti s plynovým kotlem.	16
Obr.:10) Schéma technické místnosti s plynovým kotlem	17
Obr.:11) Půdorys technické místnosti s elektrickým kotlem.	18
Obr.:12) Schéma technické místnosti s elektrickým kotlem.	18
Obr.:13) Půdorys technické místnosti s tepelným čerpadlem vzduch-voda	19
Obr.:14) Schéma technické místnosti s tepelným čerpadlem vzduch-voda	20
Obr.:15) Půdorys technické místnosti s tepelným čerpadlem země-voda	21
Obr.:16) Schéma technické místnosti s tepelným čerpadlem země-voda.	21
Obr.:17) Cena varianty s plynovým kotlem	23
Obr.:18) Cena varianty s elektrickým kotlem	23
Obr.:19) Cena varianty s čerpadlem země-voda	24
Obr.:20) Cena varianty s čerpadlem vzduch-voda	24
Obr.:21) Graf ceny variant vytápění	24
Obr.:22) Vnitřní výpočtové teploty [34]	25
Obr.:23) Tabulka tepelných ztrát místností.	28
Obr.:24) systémová deska Varionova 30-2 [35]	30



<i>Obr.:25) PE-Xa REHAU Rautherm S [35]</i>	30
<i>Obr.:26) Rozdělovač REHAU HKV- D4 [35]</i>	31
<i>Obr.:27) Tabulka výkonu otopných ploch podlahového vytápění.</i>	35
<i>Obr.:28) Součinitel místního odporu na oblouku [3]</i>	38
<i>Obr.:29) Tabulka tlakových ztrát.</i>	39
<i>Obr.:30) Graf oběhových čerpadel Grundfos Alpha 2[26]</i>	40
<i>Obr.:31) Graf návrhu oběhového čerpadla Grundfos Alpha 2 XX-40.</i>	40
<i>Obr.:32) Tabulka požadavků na větrání obytných budov [28]</i>	42
<i>Obr.:33) Přirozené větrání pomocí šachet pro odvod vzduchu [27]</i>	43
<i>Obr.:34) Schéma podtlakového větrání [27]</i>	43
<i>Obr.:35) Schéma přetlakového větrání [29]</i>	44
<i>Obr.:36) Schéma rovnotlakého větrání [27]</i>	45
<i>Obr.:37) Tabulka množství větraného vzduchu.</i>	46
<i>Obr.:38) Systém větrání RD od firmy Zehnder [37]</i>	47
<i>Obr.:39) Tabulka rychlosti proudění vzduchu [37]</i>	47



D Seznam příloh

příloha č.:1) Výpočet tepelných ztrát.

příloha č.:2) Výpočet podlahového vytápění.

příloha č.:3) Výkon otopných žebříkových ploch.

příloha č.:4) Technická zpráva.

E Výkresová část

výkres č.:1) Okruhy podlahového vytápění 1.NP

výkres č.:2) Okruhy podlahového vytápění 2.NP

výkres č.:3) Půdorys podlahové vytápění 1.NP

výkres č.:4) Půdorys podlahového vytápění 2.NP

výkres č.:5) Půdorys větrání 1.NP

výkres č.:6) Půdorys větrání 2.NP

výkres č.:7) Řez A-A' větrání

výkres č.:8) Řez B-B' větrání.

výkres č.:9) Svislé schéma vytápění