

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA TECHNOLOGIÍ A MĚŘENÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Návrh rekonstrukce systému pro vytápění u stávajícího
rodinného sídla**

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

Jméno a příjmení: **Tomáš PAJMA**
Osobní číslo: **E11N0032P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Komerční elektrotechnika**
Název tématu: **Návrh rekonstrukce systému pro vytápění u stávajícího rodinného sídla**
Zadávací katedra: **Katedra technologií a měření**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :


1. Navrhněte různé varianty rekonstrukce systému pro vytápění
2. Vypracujte technický popis návrhu při respektování platných norem
3. Proveďte ekonomickou bilanci navrhovaných variant
4. Posuďte varianty s ohledem na životní prostředí
5. Zvolte příkladový dům a vyberte dvě nejvhodnější varianty

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího
Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:


1. Určí vedoucí práce na první konzultaci
2. www stránky, katalogové listy firem, normy respektující řešenou, problematiku DP

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Zbyněk Martínek, CSc.**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce: **15. října 2012**
Termín odevzdání diplomové práce: **9. května 2013**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Vlastimil Skočil, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2012

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá návrhem různých způsobů rekonstrukce systému pro vytápění u zadaného příkladového domu. Daný objekt je popsán z pohledu stavebního provedení a z pohledu systému pro vytápění. Pro dům jsou následně navrženy čtyři odlišné otopné soustavy a je vypracován jejich technický popis, který je založen na výpočtu návrhového tepelného výkonu. Dále je provedena ekonomická bilance, ve které se využívá dat získaných výpočtem potřebného tepla na vytápění a ohřev teplé užitkové vody. Poslední konfrontací variant je jejich srovnání dle vlivu na životní prostředí. Na základě těchto analýz jsou v závěru práce vybrány dva nejvhodnější způsoby rekonstrukce pro zadaný příkladový dům.

Klíčová slova

Energetická náročnost budov, tepelná pohoda, kotel na pelety, kondenzační plynový kotel, tepelné čerpadlo, infrapanel, elektrická topná fólie, deskové otopné těleso, podlahová otopná plocha, návrhový tepelný výkon, roční potřeba tepla, technický popis, ekonomická bilance, ekologické zhodnocení

Abstract

This master thesis deals with a proposal of various methods of reconstruction of heating system for a given sample house. This house is described from the point of view of the construction execution and the heating system. Four different heating systems are suggested for the sample house. The technical description of these systems is developed on the basis of Design Thermal Performance calculation. The economic balance is carried out in the next step. This balance is based on the calculation of Annual Heating Requirement for heating and water heating. Finally, the proposed systems are compared according to environmental aspects. Two best methods of reconstruction of the heating system are chosen for the given sample house on the basis of results of the above mentioned analyses.

Keywords

Energy performance of buildings, thermal comfort, Pellet Boiler, Condensing Gas Boiler, Heat Pump, Infrared Heat Panel, Electric Radiant Floor Heat Film, Panel Radiator, Underfloor Heating, Design Thermal Performance, Annual Heating Requirement, technical description, economic balance, environmental valorization

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, je legální.

.....
podpis

V Plzni dne 07.05.2013

Bc. Tomáš Pajma

Poděkování

Tímto děkuji doc. Ing. Zbyňku Martínkovi, CSc. za odborné vedení diplomové práce, vstřícnost, ochotu a mnoho cenných rad a podnětů.

Velký dík patří i mé rodině za trpělivost, podporu a tvorbu potřebného zázemí.

Obsah

1	Úvod.....	14
2	Teoretická část.....	15
2.1	Energetická náročnost budovy (ENB).....	15
2.1.1	Požadavky tepelné ochrany budov.....	15
2.2	Tepelná pohoda.....	15
2.2.1	Faktory ovlivňující tepelnou pohodu a její hodnocení.....	16
2.2.2	Výpočtová vnitřní teplota.....	17
2.3	Předpoklady návrhu otopného systému.....	17
2.4	Zdroje tepla pro vytápění rodinných domů.....	18
2.4.1	Kotle na pelety.....	19
2.4.2	Kondenzační plynové kotle.....	21
2.4.3	Vytápění elektrickou energií.....	22
2.4.4	Tepelná čerpadla.....	24
2.5	Otopné soustavy.....	27
2.5.1	Nízkoteplotní a teplovodní soustavy.....	27
2.5.2	Přirozený a nucený oběh otopné vody.....	27
2.6	Otopná tělesa.....	28
2.6.1	Čláňková otopná tělesa.....	28
2.6.2	Desková otopná tělesa.....	28
2.6.3	Trubková otopná tělesa.....	28
2.6.4	Podlahové otopné plochy.....	28
2.6.5	Armatury otopných těles.....	29
3	Metodika výpočtu tepelného výkonu pro vytápění.....	30
3.1	Výpočet celkové návrhové ztráty vytápěného prostoru ϕ_i	31
3.1.1	Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla $\phi_{T,i}$	31
3.1.2	Návrhová tepelná ztráta přirozeným větráním $\phi_{V,i}$	32
3.2	Zjednodušená metoda stanovení tepelného zátopového výkonu $\phi_{RH,i}$	33
3.3	Návrhový tepelný výkon.....	33

3.3.1	Postup výpočtu tepelného výkonu pro vytápěný prostor $\phi_{HL,i}$	34
3.3.2	Postup výpočtu tepelného výkonu pro funkční část budovy nebo budovu ϕ_{HL}	34
3.3.3	Celková tepelná ztráta obálkou vytápěného prostoru	34
4	Metodika výpočtu potřebného tepla na vytápění a ohřev TUV	35
4.1	Výpočet roční potřeby tepla Q_r	35
4.1.1	Výpočet roční potřeby tepla na vytápění $Q_{VYT,r}$ – denostupňová metoda.....	35
4.1.2	Výpočet roční potřeby tepla na ohřev TUV $Q_{TUV,r}$	36
5	Praktická část.....	38
5.1	Popis přiděleného příkladového rodinného sídla	38
5.1.1	Popis stavebního provedení.....	38
5.1.2	Popis stávající otopné soustavy a soustavy pro přípravu TUV	41
5.2	Návrh variant rekonstrukce systému pro vytápění	44
5.2.1	Výsledky výpočtů tepelných ztrát budovy a návrhového tepelného výkonu	44
5.2.2	Výstavba otopné soustavy s využitím stávajícího kotle	44
5.2.3	Výstavba otopné soustavy s plynovým kondenzačním kotlem	45
5.2.4	Výstavba otopné soustavy s tepelným čerpadlem vzduch/voda	45
5.2.5	Výstavba systému: Elektrické podlahové vytápění a infrapanely	46
5.3	Technický popis navrhovaných variant rekonstrukce	47
5.3.1	Technický popis: Kotel na pelety	47
5.3.2	Technický popis: Kondenzační plynový kotel	50
5.3.3	Technický popis: Tepelné čerpadlo	52
5.3.4	Technický popis: Elektrické vytápění.....	55
5.4	Ekonomická bilance navrhovaných variant.....	58
5.4.1	Výsledky výpočtů potřebného tepla na vytápění a ohřev TUV.....	58
5.4.2	Porovnání nákladů na výrobu potřebného tepla	58
5.4.3	Náklady na realizaci otopné soustavy.....	60
5.4.4	Celkové roční náklady na otopnou soustavu	60
5.5	Posouzení navržených variant s ohledem na životní prostředí	62
5.6	Výběr dvou nejvhodnějších variant rekonstrukce systému pro vytápění	64

5.6.1	Technický popis a ekonomická bilance: Alternativa TČ	64
5.6.2	Porovnání varianty „Alternativa TČ“ s vybranými nejvhodnějšími soustavami	67
6	Závěr	68
	Seznam použité literatury.....	70
	Přílohy	1
	Příloha A: Půdorysy domu	1
	Příloha B: Podrobný rozpis stavebních částí budovy	5
	Příloha C: Dodávka a příslušenství sady na přestavbu Viadrus.....	12
	Příloha D: Popis proved. výpočtu tepelných ztrát budovy a návrhového tepelného výkonu ...	14
	Příloha E: Doporučená schémata zapojení: Kotel na pelety	15
	Příloha F: Doporučené schémata zapojení: Kondenzační kotel.....	18
	Příloha G: Doporučené schémata zapojení: Tepelné čerpadlo	19
	Příloha H: Popis provedení výpočtu potřebného tepla na vytápění a ohřev TUV	20
	Příloha I: Podklady k ekonomické bilanci	21

Seznam symbolů a zkratek

COP	Coefficient of Performance
ENB	energetická náročnost budovy
TČ	Tepelné čerpadlo
TUV	teplá užitková voda
A_i	podlahová plocha vytápěného prostoru
A_k	plocha stavební části
B	tloušťka
b_u	teplotní redukční činitel zahrnující teplotní rozdíl mezi teplotou nevytápěného prostoru a venkovní návrhové teploty
d	počet dnů otopného období za rok
D	počet denostupňů
E	energie pro pohon tepelného čerpadla
e_d	zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu
e_i	stínící činitel
e_{ii}	nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací vzduchu a prostupem
e_k	korekční činitel vystavení povětrnostním vlivům
e_t	snížení teploty v místnosti během dne (noci) vlivem regulace
f_{ij}	redukční teplotní činitel, koriguje rozdíl mezi teplotou sousedního prostoru a venkovní výpočtové teploty
f_{RH}	korekční součinitel závisející na době zátopy a předpokládaném poklesu vnitřní teploty v útlumové době
H	výška
$H_{T,ie}$	součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí pláštěm budovy
$H_{T,ig}$	součinitel tepelné ztráty prostupem do zeminy z vytápěného prostoru do zeminy v ustáleném stavu

$H_{T,iue}$	součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí nevytápěným prostorem
$H_{T,j}$	součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do sousedního prostoru vytápěného na výrazně jinou teplotu
$H_{V,i}$	součinitel návrhové tepelné ztráty
L	délka
n_{min}	minimální intenzita výměny venkovního vzduchu za hodinu
n_{50}	intenzita výměny vzduchu při rozdílu tlaků 50 Pa mezi vnitřkem a vnějškem budovy
Q	teplo dodané na vytápění
Q_c	tepelná ztráta
Q_r	roční potřeba tepla
$Q_{TUV,d}$	denní potřeba tepla pro ohřev TUV
$Q_{TUV,r}$	roční potřeba pro ohřev TUV
$Q_{VYT,r}$	roční potřeba tepla pro vytápění
δ	šířka článku
t	tloušťka článku
U_k	součinitel prostupu tepla stavební části
U_{kc}	korigovaný součinitel prostupu tepla stavební části, který zahrnuje lineární tepelné mosty
ΔU_{tb}	korekční součinitel
v	výška článku
V_i	objem vytápěné místnosti vypočtený z vnitřních rozměrů
V_{2p}	celková potřeba TUV na den
\dot{V}_i	výměna vzduchu ve vytápěném prostoru
$\dot{V}_{inf,i}$	maximum výměny vzduchu infiltrací spárami a styky obvodového pláště budovy

$\dot{V}_{min,i}$	minimální výměna vzduchu požadovaná z hygienických důvodů
z	pausační přírážka tepelných ztrát soustavy na přípravu TUV
\emptyset	průměr trubky
ε	opravný součinitel
ε_i	výškový korekční činitel
ε_T	topný faktor tepelného čerpadla
η_o	účinnost rozvodu
η_r	účinnost regulace soustavy
θ_e	výpočtová venkovní teplota
$\theta_{int,i}$	výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru
θ_{is}	průměrná výpočtová vnitřní teplota
$\theta_{m,e 13}$	průměrná teplota v průběhu otopného období
θ_{sv}	střední hodnota teploty studené vody mezi teplotou v zimě a v létě
θ_{svl}	teplota studené vody v létě
θ_{svz}	teplota studené vody v zimě
θ_{vsp}	výpočtová teplota vytápěného sousedního prostoru
ϕ_{bi}	celková tepelná ztráta obálky vytápěného prostoru bez uvažování tepla sdíleného mezi vytápěnými prostory
$\phi_{bT,i}$	tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru s výjimkou tepla sdíleného uvnitř části budovy
$\phi_{bV,i}$	tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru s výjimkou tepla sdíleného uvnitř funkční části budovy
ϕ_i	celková tepelná ztráta vytápěného prostoru
$\phi_{RH,i}$	tepelný zátopový výkon
$\phi_{T,i}$	návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru
$\phi_{V,i}$	návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru

1 Úvod

Spotřeba energie při vytápění je dnes velmi aktuální téma, a to nejen kvůli neustále se zvyšujícím cenám paliva, ale také kvůli politice Evropské unie, která se svými rozhodnutími snaží množství spotřebované energie neustále snižovat. Nejen kvalita provedení stavební konstrukce budovy, ale také druh otopné soustavy a možnosti její regulace ovlivňují spotřebu energie při vytápění. Právě řízení otopné soustavy a s tím spojenou míru úspory financí ovlivňuje sám uživatel systému.

Tato diplomová práce se bude zabývat návrhem možných variant rekonstrukce otopné soustavy u stávajícího rodinného domu. Cílem této práce je zvolit z navržených variant dva nejvhodnější způsoby pro zadaný příkladový dům.

První část práce se bude zabývat teorií týkající se vytápění. Nejprve budou definovány vybrané pojmy této problematiky. Následně budou popsány zvolené zdroje tepla, druhy otopných soustav a otopná tělesa.

Ve druhé části práce budou stanoveny vhodné výpočtové metody. První metoda bude zapotřebí pro návrh variant rekonstrukce a jejich technický popis. Druhá metoda bude sloužit jako podkladový materiál pro ekonomickou bilanci navržených variant.

V poslední části práce bude nejprve popsáno stavební provedení a stávající otopná soustava příkladového domu. Následovat bude návrh čtyř možných variant rekonstrukce systému pro vytápění. Pro tyto navržené způsoby přestavby otopné soustavy bude poté vypracován technický popis. Po provedení ekonomické bilance a po posouzení variant dle vlivu na životní prostředí budou z vypracovaných způsobů rekonstrukce vybrány dva, které jsou pro realizaci v příkladovém domě nejvhodnější.

Jako literatura poslouží knihy a internetové portály zabývající se problematikou vytápění, dále pak dokumentace výrobců jednotlivých prvků otopných soustav a nakonec příslušné normy.

2 Teoretická část

2.1 Energetická náročnost budovy (ENB)

Energetickou náročností budovy se zabývá vyhláška č. 78/2013 Sb., která implementuje evropskou směrnicí 2010/31/EU do národních předpisů České Republiky. [1]

Energetickou náročnost budov ovlivňují energetické systémy objektu. Mezi tyto systémy patří soustavy technického zařízení budov pro vytápění, větrání, chlazení, klimatizaci, přípravu teplé vody a osvětlení. Pokud jsou dosažené výsledky u hodnoceného objektu nižší než v případě budovy referenční, pak došlo ke splnění požadavků na jeho energetickou náročnost. Referenční budova musí být výpočtově definovaný objekt stejného druhu jako hodnocená stavba, která má stejný geometrický tvar a velikost včetně prosklených ploch a částí, stejnou orientaci z pohledu světových stran, shodné stínění okolní zástavbou a přírodními překážkami, stejné vnitřní uspořádání a shodné typické užívání. Při posuzování energetické náročnosti jsou uvažovány referenční hodnoty vlastností budovy, které však respektují klimatické údaje dle umístění hodnocené stavby. Vyhodnocení energetické náročnosti budovy se provádí dle následujících ukazatelů: celková primární energie za rok; neobnovitelná primární energie za rok; celková dodaná energie za rok; dílčí dodané energie pro technické systémy (vytápění, chlazení, větrání, úpravu vlhkosti vzduchu, přípravu TUV a osvětlení za rok); průměrný součinitel prostupu tepla; součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí na systémové hranici; účinnost technických systémů. [1], [2], [3]

2.1.1 Požadavky tepelné ochrany budov

Vedle ENB se dále vyhodnocují požadavky na tepelnou ochranu budov. Ty jsou uvedeny v normě ČSN 73 0540-2 „Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky“. Jedná se o zkoumání průměrného součinitele prostupu tepla. Na základě výsledků se vystavuje Energetický štítek budovy. Tato dokumentace vyjadřuje stavebně-energetickou vlastnost budovy, tedy kvalitu zpracování a tepelné vlastnosti konstrukcí vnější obálky budovy. [3]

2.2 Tepelná pohoda

Pojem „tepelná pohoda“ vyjadřuje dosažení takových tepelných poměrů, kdy se člověk cítí příjemně. To je stav, kdy necítí ani chlad, ani přílišné teplo. Jedná se tedy

o subjektivní dojem člověka, při kterém osoba cítí spokojenost s teplotním klimatem daného prostoru. Teplotní klima místnosti je tvořeno působením vytápění, větrání, klimatizace a také vnějšího klimatu. Aby bylo dosaženo tepelné pohody, musí nastat tepelná rovnováha. Jedná se o stav, při kterém okolí člověku odjímá tolik tepla, kolik ho lidské tělo právě produkuje. Nutnost vzniku této tepelné rovnováhy je dána funkcionalitou lidského organismu, který si za jakýchkoli podmínek udržuje přibližně konstantní teplotu. [4], [3]

2.2.1 Faktory ovlivňující tepelnou pohodu a její hodnocení

První způsob hodnocení tepelné pohody se provádí formou dotazníků, kdy člověk subjektivně odpovídá na otázky, které se z větší části týkají vnímání teploty. Souběžně s tímto dotazováním je prováděno měření parametrů klimatu v místnosti. Tato metoda se využívá zejména pro běžně obydlené interiéry. Druhou možností je určení hodnot dle měření fyziologických změn člověka (pocení, vlhkost pokožky, teplota pokožky). Toto měření se však provádí v laboratořích. [4]

Faktory, které ovlivňují tepelnou pohodu člověka, se dělí do dvou kategorií (viz Tabulka 2.1) :

Kategorie faktorů	Faktor
Objektivní	teplota vnitřního vzduchu
	účinná teplota okolních ploch
	vlhkost vnitřního vzduchu
	rychlost proudění vnitřního vzduchu
Subjektivní	měrný tepelný tok vlivem metabolismu
	tepelně-izolační schopnost oděvu

Tabulka 2.1: Faktory ovlivňující tepelnou pohodu (převzato z [3])

2.2.2 Výpočtová vnitřní teplota

Jelikož je posuzování tepelné pohody subjektivní záležitostí, používá se při výpočtech tepelného výkonu otopného systému tzv. „výpočtová vnitřní teplota“, kterou stanovuje norma ČSN EN 12831 „Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu“. Hodnoty „výpočtové vnitřní teploty“ jsou děleny do kategorií dle typu budovy a podkategorií podle druhu místnosti. Jednotlivé hodnoty jsou zapsány v příloze NA.2 uvedené normy.

Druh místnosti	Výpočtová teplota [°C]
Obývací místnost (obývací pokoje, ložnice, jídelny, jídelny s kuchyňským koutem, pracovny, dětské pokoje)	20
kuchyně	20
koupelny	24
klozety (tj. WC)	20
vytápěné vedlejší místnosti (předsíň, chodby, aj.)	15
vytápěná schodiště	10

Tabulka 2.2: Výpočtová vnitřní teplota pro obytné budovy trvale užívané (převzato z [5])

2.3 Předpoklady návrhu otopného systému

Otopný systém budovy musí být navrhován tak, aby svými parametry respektoval tepelně-technické vlastnosti objektu. Tyto vlastnosti se určují výpočtem tepelných ztrát stavby. Návrh otopného systému se nezaměřuje pouze na výběr a vhodnou dimenzaci zdroje, ale také na vhodné stanovení parametrů otopných ploch. Nevhodná dimenzace systému vede ke zvyšování provozních nákladů. Volba velikosti otopných ploch se řídí výpočtovou venkovní teplotou, která charakterizuje nejnepříznivější zimní podmínky. Z návrhu by měl vzejít otopný systém, který vyhovuje velikosti budovy, respektuje její tepelné ztráty a je vhodně řešeno jeho umístění. [3]

Prvním krokem při volbě otopného systému je výběr zdroje tepla, od něhož se následně odvíjí návrh dalších prvků otopné soustavy.

Volba systému pro vytápění by se měla řídit zejména těmito kritérii:

Kritéria volby otopného systému
výpočtové požadavky na zdroj tepla a množství paliva
druh, velikost a účel nemovitosti
účel systému mimo vytápění (ohřev vody, vytápění bazénu, atp.)
dostupnost a možnosti skladování paliva
obslužnost zařízení
pořizovací a provozní náklady, návratnost investice
prostorové dispozice budovy
vliv na životní prostředí
kombinace hlavního zdroje s podpůrnými systémy

Tabulka 2.3: Kritéria volby otopného systému (převzato z [3])

Dále se bude návrh zabývat výběrem druhu otopné soustavy a typu otopných těles. Důraz bude kladen na požadavky ohledně velikosti otopných ploch, možnosti umístění rozvodů otopného média a výběr materiálů. [3], [6]

Z uvedených informací je tedy patrné, že nelze předem říci, který otopný systém je nejvýhodnější. Nejprve je nutné provést analýzu problému pro konkrétní objekt, jelikož u každé budovy mohou působit další individuální kritéria, která návrh otopného systému ovlivní. [3]

2.4 Zdroje tepla pro vytápění rodinných domů

Zdroj tepla je zařízení, pomocí kterého se mění energie paliva, elektrická energie nebo přírodní energie (nizkopotencionální teplo) na tepelnou energii. Takto získaná energie se následně pomocí teplonosné látky přenesení do místa spotřeby, kde je předána do vytápěného prostoru prostřednictvím otopného tělesa. [3], [7]

Tato kapitola se zabývá pouze vybranými zdroji tepla, nejedná se o výčet všech možností.

2.4.1 Kotle na pelety

Kotle na pelety jsou plně automatizovaná zařízení, která se vyznačují dobrými vlastnostmi spalování s nízkými emisemi. Tyto kotle lze označit jako ekologicky šetrné s komfortní obsluhou. Tímto zdrojem tepla se kromě vytápění může v objektu zajistit také ohřev teplé vody. [8]

Palivem pro tyto kotle jsou pelety (peletky). Jedná se o válcovitý výlisek vyrobený z biomasy, zejména z dřevní a okrajově rostlinné štěpky. Takto zhotovený kus má průměr 6 nebo 8 mm a jeho délka se pohybuje v rozmezí 15 až 40 mm. Peleta je pevné sypké palivo vyznačující se vysokou výhřevností, nízkým obsahem popelovin, nízkým obsahem vody a odolností proti nárazu, která umožňuje automatizaci spalovacích procesů. [3], [9]

U pelet se sleduje zejména jejich výhřevnost¹ a s ní související potřebné množství spalovacího vzduchu. Uvedené hodnoty jsou uvažovány pro špičkový peletový kotel s průměrnou provozní účinností $\gamma = 88 \%$. Jedem kilogram kvalitních pelet má výhřevnost 17,1 MJ/kg. Pro získání výkonu 10 kW bude zapotřebí ve výše uvedeném kotli spálit 2,4 kg pelet, přičemž se za těchto podmínek musí přivést 19 m³ spalovacího vzduchu. [9]



Obrázek 2.1: Kotel na pelety (převzato z [10])

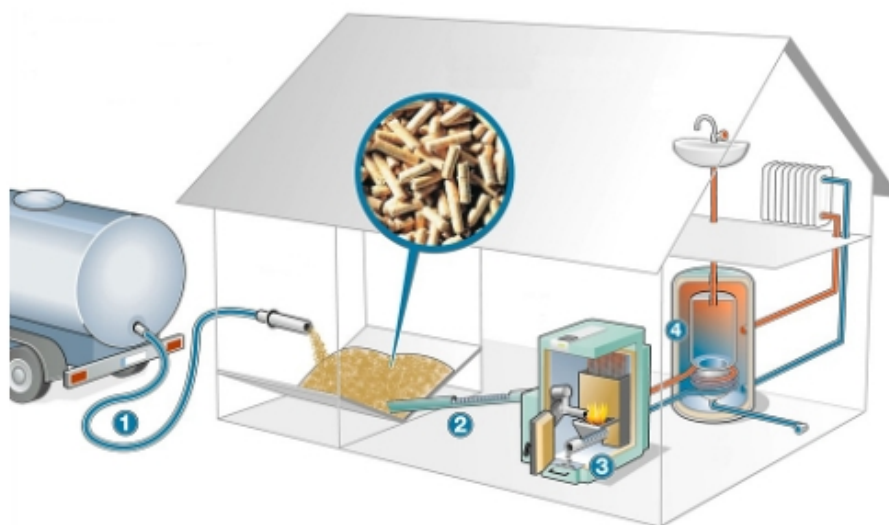
¹ množství získaného tepla [9]

2.4.1.1 Hořáky kotlů na pelety

Hořáky těchto kotlů se dělí na horizontální, přepadávací, trubicové a retortové (podsvně). U horizontálních hořáků se pelety dopravují malým šnekovým dopravníkem z kotlové násypky na rošt, zde odhoří a popel následně propadne roštem do nádoby. V případě přepadávacích hořáků přesune dopravník pelety do přepadového kanálku, odkud díky gravitaci dopadají na rošt, po odhoření padá popel do stejné nádoby jako v předchozím případě. U trubicových hořáků jsou pelety dopraveny do trubice, kde odhořívají. Plamen je skrz trubici směřován do tělesa výměníku. Retortové hořáky jsou zásobovány šnekovým dopravníkem, který vtlačí pelety do kolena (retorty), odsud jsou vertikálně vytlačeny na kruhový rošt, zde odhořívají. Popel a případné nespálené zbytky jsou vytlačovány na okraj roštu novým palivem. Z okraje padají do zásobníku na popel. Tento způsob je vhodný i pro méně kvalitní pelety, u kterých vznikají úlomky a spečené zbytky. Ostatní uvedené principy vyžadují vysoce kvalitní pelety, které těmito neduhy netrpí. [3]

2.4.1.2 Zásobníky pelet a skladování

Zásobníky pelet jsou součástí kotlů, mohou být v kotli integrovány nebo stát samostatně vedle něj. Doplnění zásobníku může být automatické, realizované šnekovým dopravníkem nebo pneumatickým podávacím systémem, případně manuální, kdy plnění zásobníku zajišťuje člověk. Obecným předpokladem je, že objem zásobníku by měl odpovídat týdenní spotřebě pelet. [3], [10]



Obrázek 2.2: Cisternové plnění, automatická doprava pelet do kotle (převzato z [8])

Pro skladování pelet je vhodné mít dostatečné prostory, neboť je cena pelet nejpříznivější po skončení topné sezóny a naopak v zimě značně vzroste. Na 1 m³ připadá přibližně 600 kg pelet. Roční spotřeba pelet je velmi odlišná dle velikosti objektu, jeho tepelně-technickém provedení a způsobu využití tepelného zdroje, u něhož záleží, jestli se vedle vytápění využívá teplo také na ohřev vody. K vytápění průměrného rodinného domu se ročně spotřebuje přibližně 4 až 5 tun pelet. Na skladování je možné vyčlenit místnost v domě, která musí být řešena jako samostatný požární úsek a dostatečně odvětrávána, dále je možné instalovat speciální textilní zásobník. V případech, kdy postačí menší množství pelet, jsou také distribuovány pytle o váze 15 kg. [8], [10], [11]

Doprava pelet je možná v uvedených pytlích, ve velkých textilních vacích zvaných Big Bag o váze přibližně 1000 kg nebo cisternou, která pomocí pneumatického dopravníku nafouká pelety do skladu. [8]

2.4.2 Kondenzační plynové kotle

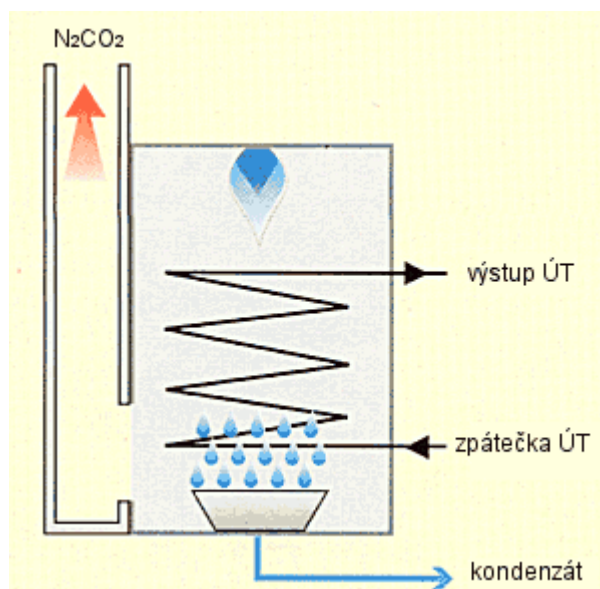
Kondenzační plynové kotle na zemní plyn nebo propan mají mezi plynovými kotli nejvyšší účinnost, která teoreticky dosahuje hodnoty až 108 %, reálně pak 97,4 %. Provoz těchto kotlů je navržen jako kondenzační, který využívá takzvané latentní teplo (viz 2.4.2.1). Z toho vyplývá, že bude přímo v kotli probíhat kondenzace vlhkosti z vodních par, které jsou obsaženy ve spalínách. Díky využití latentního tepla dochází u těchto kotlů ke snížení spotřeby plynu. Je zde však nezbytné neustálé odvádění kondenzátu z kotle. Teplota vstupní vody do kotle není stanovena na určitou hodnotu. Teplota spalin silně závisí na teplotě vstupní vody a pohybuje se v rozmezí 40 °C až 90 °C. [3], [12]

Protože dochází ke kondenzaci přímo v kotli, musí být pro teplosměnnou plochu vybrán materiál, který je plně odolný proti korozi. V tomto případě se používá nerezová ocel nebo hliníko-hořčíková slitina. Spaliny, které vstupují z kotle do komína, jsou mokré. Proto je nutné, aby byl komín schopen odolávat vlhkosti. Také musí vydržet vnitřní přetlak. Je nezbytné, aby byl kotel vybaven vzduchovým nebo spalinovým ventilátorem, jelikož je teplota spalin příliš nízká a není schopna sama vytvořit dostatečný tah komínu. [12]

2.4.2.1 Spalování a kondenzace spalin u kondenzačních kotlů

Během spalování zemního plynu nebo propanu se vytvoří určité množství vody. V průběhu hoření se tato voda ohřívá. Takto ohřátá voda v podobě vodní páry tvoří

s oxidem uhličitým spaliny, které odchází. Tyto spaliny však v sobě mají část skryté tepelné energie v podobě latentního tepla. Pokud jsou tyto spaliny ochlazeny pod teplotu jejich rosného bodu, dojde ke kondenzaci vodní páry a s tím spojené uvolnění tepla. U kondenzačních kotlů je toto uvolněné teplo využito k předehřevu vratné vody, který je realizován ve speciálním výměníku, který je k předehřevu určen. [13]



Obrázek 2.3: Princip spalování zemního plynu při kondenzačním ohřevu (převzato z [13])

2.4.2.2 Přehled provedení plynových kotlů

Plynové kotle se kromě vytápění využívají velmi často také pro ohřev teplé vody. Z hlediska provedení se kotle dělí následovně: [3]

- kotle bez ohřevu teplé vody
- kotle s průtokovým ohřevem teplé vody
- kotle pro akumulaci přípravu teplé vody (vestavěný nebo externí zásobník)

Ohřev teplé vody je většinou řešen jako přednostní. V průběhu ohřívání teplé vody, ať při průtoku nebo v zásobníku, není kotlem ohříváno otopné médium. Jelikož je ohřívání teplé vody krátkodobý proces, nedojde k omezení tepelné pohody při vytápění. [3]

2.4.3 Vytápění elektrickou energií

Vytápění pomocí elektrické energie je charakterizováno jako čisté, bezpečné a ekologicky nezávadné s minimálními nároky na obsluhu. Vytápění pomocí akumulace, přímotopů a elektrokotlů se však dnes řadí k nejnákladnějším způsobům dodávky tepla pro

budovy. Na druhou stranu je možné realizovat vytápění elektřinou moderními způsoby, kterými jsou elektrické podlahové vytápění a infrapanely. Pokud se takový systém použije v domě splňujícím nízkoenergetický standard², může konkurovat ostatním typům otopných soustav. To je dáno zejména nízkou pořizovací cenou systému. [3], [14], [15]

2.4.3.1 Elektrokotle

Elektrokotle, pomocí kterých se vytápí byty a rodinné domy, jsou vyráběny ve výkonové řadě od 4 do 60 kW. Existují tři typy ohřevu topné vody, a to přímotopný, akumulární a smíšený. U přímotopného typu je odběr elektrické energie řízen aktuální potřebou tepla. Akumulární typ ohřívá otopnou vodu při nízkém tarifu dodávky elektrické energie, která se následně uchovává v akumulární nádrži. Provoz elektrokotle patří k nejnákladnějším způsobům vytápění. Proto se v dnešní době elektrokotle využívají jako druhotný zdroj energie například u systémů s tepelným čerpadlem (viz 2.4.4). [3]

2.4.3.2 Elektrické podlahové vytápění

Elektrické podlahové vytápění může být aplikováno pouze při využití vhodných podlahových krytin (viz 2.6.4). Tento způsob vytápění může být řešen pomocí topných kabelů, topných rohoží nebo topných fólií. Rozdíl těchto typů je ve způsobu uložení topných těles do podlahy a ve druhu vytápění, který může být přímotopný, akumulární nebo smíšený. Druh vytápění je realizován různou tloušťkou cementové topné mazaniny, která zde funguje jako akumulární vrstva. Čím je vrstva mazaniny tenčí, tím dříve se prohřeje, ale také vychladne. U akumulárního způsobu je tloušťka mazaniny 12 až 14 centimetrů, u přímotopného 4 až 6 centimetrů. [16]

Topné kabely a rohože jsou určeny k zalití do vrstvy cementu nebo anhydritu. Rozdíl mezi kabelem a rohoží je jednoduchý. Rohož je kabel, který je fixován v nosné tkanině. Instalace obou uvedených druhů je vhodná jak v kombinaci s dlažbou, tak s laminátovými nebo dřevěnými plovoucími podlahovými krytinami. U dlažby je nutné umístění tepelné izolace pod nosnou desku, která zabrání úniku tepla do nižších pater domu. U laminátových a dřevěných podlahových krytin je nutné použít vhodný typ kročejové izolace, která se instaluje na podkladovou desku, tedy mezi podlahu a topné těleso. Kročejová izolace omezuje přenos tepla do podlahové krytiny, proto je nutné využít kročejovou izolaci certifikovanou pro použití s podlahovým vytápěním. [16]

² měrná potřeba tepla na vytápění budovy nepřesahuje 50 kWh/m² za rok [47]

Třetím typem elektrického podlahového vytápění jsou topné fólie. Topná fólie se nezalívá do podkladové desky, ale pokládá se na tenkou vrstvu kročejové izolace a na fólii je následně položena laminátová podlahová krytina. Využití topných fólií je výhodné zejména při dodatečném budování elektrického podlahového vytápění. [16]

2.4.3.3 Infrapanely

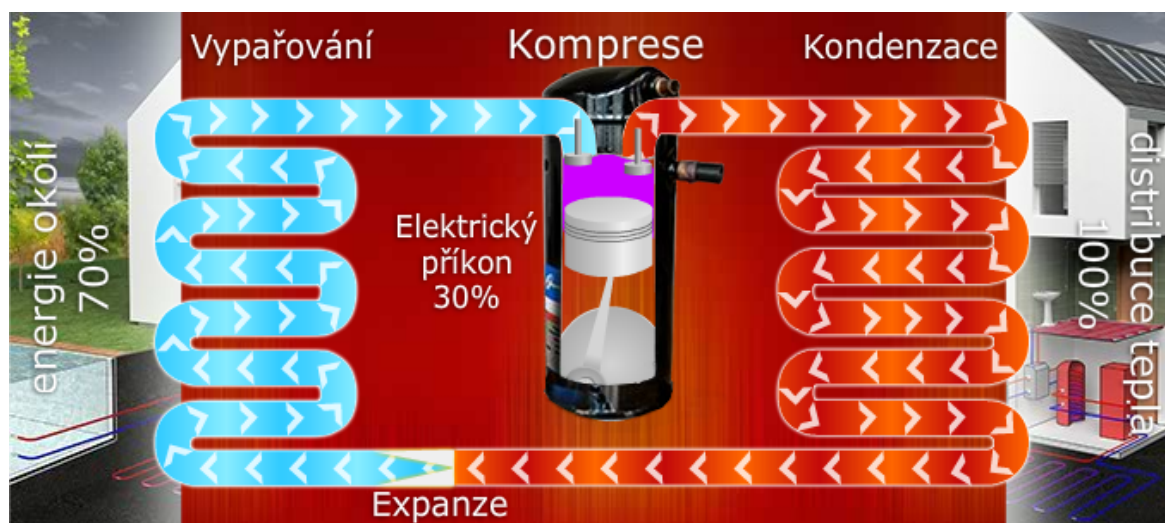
Infrapanely jsou tenké obdélníkové desky, které se umísťují na strop nebo stěny místnosti. Umístění na stěny místnosti je efektivnější, jelikož se ohřívá asi 80 % plochy povrchů místnosti, na rozdíl od stropních panelů, kde se jedná o 40 % této plochy. Povrchová teplota infrapanelu se pohybuje v rozmezí 90 až 110 °C. Proto je nutné panel umístit tak, aby se zabránilo dotykům od dětí a domácích zvířat. Princip infrapanelů neboli topných obrazů je založen na emitaci infračervených vln. Infrapanel tedy neohřívá okolní vzduch, ale veškerou plochu a předměty v místnosti. Od ploch a předmětů následně dochází k ohřívání vzduchu v místnosti. Z principu topných obrazů plyne jejich nevýhoda. Nábytek v místnosti tvoří pro infračervené vlny překážku, za kterou bude chladno. Tento problém se eliminuje rozdělením potřebného topného výkonu na dvě tělesa. Ani to však nemusí odstranit všechny problémy. Například pod stoly může být stále pocitově nižší teplota, což může negativně působit na tepelnou pohodu (viz 2.2). [14]

Mezi klady infrapanelů se řadí možnost vytápět místnost na teplotu o 2 až 3 °C nižší oproti konvekčnímu ohřevu. To je možné díky vysokému podílu infračervené složky. Mezi další výhody patří nepřítomnost výrazného proudění a s tím spojeného víření prachových částic, snadná montáž a vysoká tepelná setrvačnost. Mezi zápory patří malá dynamika, relativně malý výkon při velké ploše, nutnost nezávislého termostatu v místnosti a již zmiňované stínění infračervených vln. [17]

2.4.4 Tepelná čerpadla

Tepelná čerpadla jsou řazena mezi alternativní zdroje energie. Toto přiřazení je dáno jejich schopností získávat teplo z okolního prostředí (voda, vzduch, země) a využít jej pro vytápění a přípravu teplé vody. Odebranou energii okolí následně opětovně dodá slunce. Energie, která je tepelným čerpadlem z okolí získána tvoří přibližně 70 % z jeho výkonu. Zbývajících 30 % energie je tvořeno elektřinou, která je spotřebovávána na pohon kompresoru. Většina moderních tepelných čerpadel nabízí možnost reverzního chodu, čerpadlo je tak možné využít i k chlazení objektu. [18], [19]

2.4.4.1 Technický princip tepelného čerpadla



Obrázek 2.4: Ilustrace technického principu tepelného čerpadla (převzato z [19])

Princip tepelného čerpadla lze rozdělit na čtyři hlavní děje, kterými jsou vypařování, komprese, kondenzace, expanze. Při vypařování je médiem kolujícím v čerpadle odebíráno teplo z okolního prostředí, díky takto získanému teplu se mění skupenství média z kapalného na plynné. Při kompresi dojde pomocí kompresoru ke stlačení plynného média, čímž se zvýší tlak média a následně se zvýší také teplota přibližně na 80 °C. Při kondenzaci se teplo uložené v médiu předá ve druhém výměníku otopné vodě kolující v topném okruhu. Médium se předáním tepla ochladí a z kondenzuje. Při posledním ději, tj. při expanzi, se médium přes expanzní ventil přesouvá zpět k prvnímu výměníku a celý koloběh se opakuje. [19]

2.4.4.2 Topný faktor tepelného čerpadla

Topný faktor vyjadřuje spotřebu elektrické energie vynaloženou na produkci potřebného tepla. Patří tedy mezi významné parametry tepelných čerpadel. [20]

$$\varepsilon_T = \frac{Q}{E} \text{ [kWh; kWh; -]} \quad (2-1)$$

Q teplo dodané na vytápění E energie pro pohon tepelného čerpadla

Topný faktor tepelného čerpadla závisí také na vstupní a výstupní teplotě systému. Čím je rozdíl těchto teplot menší, tím vyšší je hodnota topného faktoru. Vstupní teplota je dána okolním prostředím a v průběhu roku se mění. Velikost změn závisí na způsobu získávání tepla z okolí (viz 2.4.4.3). Obecně platí, čím je vyšší teplota na vstupu, tím lépe.

Aby byl topný faktor co nejvyšší, používá se nízkoteplotní otopná soustava (viz 2.5.1). Teplota otopné vody se pohybuje mezi 30 až 50 °C. Čím je tato teplota nižší, tím vyšší je hodnota topného faktoru. [20]

V praxi však otopný systém s tepelným čerpadlem spotřebovává elektrickou energii také na pohon oběhových čerpadel a popřípadě ventilátorů. Tato spotřeba je zohledněna ve veličině Skutečný topný faktor. Při výběru tepelného čerpadla je nutné ověřit, při jakých podmínkách je uvedená hodnota topného faktoru vypočítána. [20]

2.4.4.3 Způsoby získávání tepla

Pro vytápění obytných domů se nejčastěji získává energie z vody, půdy nebo vzduchu. Jako oběžnou látku v otopných tělesech využívají tato tepelná čerpadla vodu. Provedení je tedy možné ve třech systémech, kterými jsou voda – voda, země – voda nebo vzduch – voda. Systémy voda – voda a země – voda mohou pracovat jak v monovalentním provozu bez druhotného zdroje energie tak v režimu bivalentním s jiným zdrojem. U obou systémů je vždy nutné dobře zvážit obě varianty. Dimenzací tepelného čerpadla na 70 až 80 % tepelných ztrát objektu u bivalentního režimu může být dosaženo úspory při prvotní investici, která mírně vyšší náklady na provoz bivalentního provozu předčí. Systém vzduch – voda pracuje vždy v bivalentním provozu, jelikož samotné tepelné čerpadlo je schopno dodat potřebné teplo do venkovních teplot mezi -4 až -9 °C, po té se spíná druhotný zdroj energie. [19]

Systém voda – voda vyžaduje vybudování napájecí a vsakovací studně. Z napájecí studny je čerpána voda do výměníku, kde je ochlazena a následně vypuštěna do vsakovací studny. Vzdálenost mezi studněmi musí být minimálně 10 metrů. Systém země - voda využívá zemní kolektor, který je umístěn ve vrtu nebo proveden jako plošný v nezámrné hloubce³ pod povrchem. V kolektoru koluje nemrzoucí směs, která se v zemi ohřívá a ve výměníku ochlazuje. Systém vzduch – voda získává teplo do otopného systému z okolního vzduchu. Tento systém je nejvíce náchylný na klimatické změny, ale zároveň má nejnižší investiční náklady, protože odpadá nutnost provedení vrtu. Systémy země – voda a voda - voda jsou nákladnější na vybudování, dále je zapotřebí také vhodná lokalita a dispozice pozemku objektu. Na druhou stranu však pracují s vyšším topným faktorem. Každý systém

³ V zeměpisných šířkách České republiky je ve stavebnictví považováno za nezámrnou hloubku úroveň 80 až 140 cm pod povrchem dle druhu zeminy. [48]

má své klady a zápory, proto je nutné posoudit vhodnost použití individuálně u každého projektu. [19], [20]

2.5 Otopné soustavy

Otopná soustava je zařízení objektu skládající se ze zdroje tepla (viz 2.4), zabezpečovacích zařízení, potrubní sítě, otopných těles a armatur. [3]

2.5.1 Nízkoteplotní a teplovodní soustavy

Za nízkoteplotní otopné soustavy se považují systémy s teplotou otopné vody do 65 °C. Běžně využívané teplotní spády (otopná/vratná voda) u tohoto typu soustav jsou 55/45 °C, 45/35 °C, 35/25 °C. U tohoto typu soustavy je nutný nucený oběh otopné vody (viz 2.5.2). Pro nízkoteplotní soustavu je možné využít jakýkoli zdroj tepla, který je pro takovou soustavu určen. Pro tento systém je možné kombinovat různé typy otopných těles (viz 2.6), pokud jsou navržena na shodný obsah vody, mají stejnou tepelnou setrvačnost a jsou dimenzována na totožnou teplotu otopné vody. [7], [21]

V teplovodních otopných soustavách se využívají teplotní spády otopné vody 92,5/67,5 °C, 90/70 °C, 85/75 °C, 80/60 °C, 75/65 °C, 70/50 °C a 70/60 °C. Teplotní spád 92,5/67,5 °C se používá u otopných soustav s přirozeným oběhem, kde je nutný co nejvyšší vztlak. Teplovodní soustavy s nuceným oběhem jsou realizovány se spády 85/75 °C nebo 80/60 °C. Jako zdroj tepla je u těchto soustav využít kotel na tuhá paliva. [7], [21]

2.5.2 Přirozený a nucený oběh otopné vody

Přirozený oběh otopné vody pracuje v soustavě díky rozdílným teplotám přívodní a vratné vody. K výhodám přirozeného oběhu patří zejména nezávislost jeho funkce na elektrické energii, mezi nevýhody se pak řadí limitované možnosti umístování otopných těles, velká tepelná setrvačnost, velké průměry potrubí a omezené využití regulačních prvků. [7]

Nucený oběh otopné vody je realizován díky dopravnímu tlaku od oběhového čerpadla. Mezi výhody tohoto systému patří zajištění lepších hydraulických a teplotních parametrů, dobrá regulace, měření spotřeby tepla a urychlení zátoku. Nevýhodou systému je závislost funkce systému na elektrické energii. [7]

2.6 Otopná tělesa

Otopná tělesa se využívají k vytápění místností objektu. Tato tělesa mohou být provedena jako lokální, kdy přeměňují energii na teplo přímo v místnosti, nebo jsou součástí ústředního vytápění a pouze předají energii akumulovanou v otopném médiu (nejčastěji voda), které v nich koluje. Teplo se z tělesa do místnosti předává sáláním, vedením a konvekcí. U jednotlivých typů otopných těles je vždy některá ze složek převažující. [3]

2.6.1 Článeková otopná tělesa

Článeková otopná tělesa se řadí mezi konvekční, jsou složena z článků a vyhotovena z litiny, ocelového plechu nebo slitin hliníku. Použitá technologie výroby určuje tvar a velikost článků, počet článků je závislý na konkrétní potřebě tepla v místnosti. Článeková otopná tělesa jsou určena pro teplovodní otopné soustavy (viz 2.5.1), mají však velkou tepelnou setrvačnost, a proto se obtížně regulují. [3], [21]

2.6.2 Desková otopná tělesa

Desková otopná tělesa patří do skupiny konvekčních těles. Těleso tvoří ocelová deska, která může být jednoduchá, zdvojená nebo ztrojená. Deska bývá zvlněna lisováním, čímž se dosáhne zvětšení jejího povrchu. Výhodou deskových otopných těles je malý obsah vody, který umožňuje jeho dobrou regulovatelnost. Tato tělesa jsou vhodná k využití v nízkoteplotních otopných soustavách (viz 2.5.1). [3], [21]

2.6.3 Trubková otopná tělesa

Trubková otopná tělesa se řadí do skupiny konvekčních těles a utváří je trubkový registr nebo trubkový had. Trubky mohou být hladké nebo žebrované. Jedny z nejvyužívanějších trubkových těles jsou takzvané koupelňové žebříky, které se nejčastěji umísťují na stěnu místnosti. Tato otopná tělesa jsou vhodná do teplovodních soustav (viz 2.5.1) s nuceným i přirozeným oběhem (viz 2.5.2). Těleso může být doplněno elektrickou topnou vložkou, nebo může být řešeno pouze s touto vložkou bez připojení do otopné soustavy. [3]

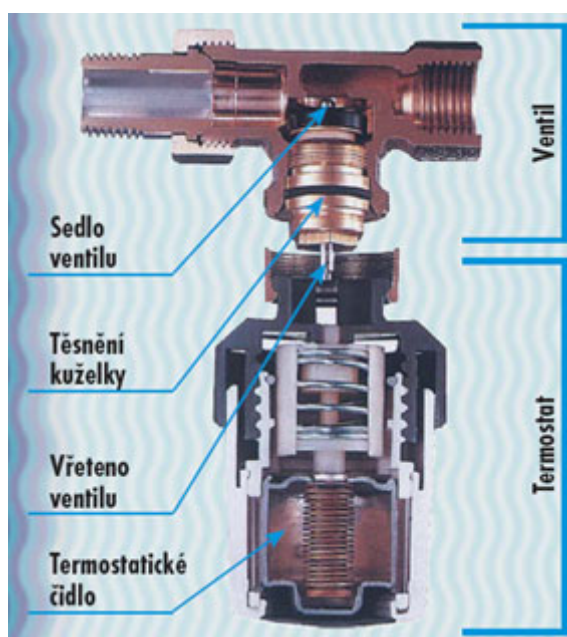
2.6.4 Podlahové otopné plochy

Podlahové otopné plochy patří do skupiny sálavých těles. Podlahové vytápění může být řešeno jako elektrické (viz 2.4.3.2) nebo vodní, kdy je systém trubek v podlaze

a v trubkách proudí topná voda. Trubky bývají nejčastěji zabetonovány do topné desky. Vodní podlahové otopné plochy jsou vhodné pro nízkoteplotní otopné soustavy (viz 2.5.1). Podlahové vytápění lze využít u staveb splňující požadavky na nízkoenergetickou stavbu, v místnostech s dostatečně velkou volnou plochou a vhodnou podlahovou krytinou, jejíž tepelný odpor může být maximálně na hodnotě $0,15 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-2}$. Vhodnými krytinami jsou například dlažba nebo laminátová podlaha, vždy je nutné ověřit vhodnost daného výrobku pro použití s podlahovým vytápěním. [3]

2.6.5 Armatury otopných těles

Armatury jsou spojovacím článkem mezi potrubím a otopným tělesem na jeho vstupu i výstupu. Armatury slouží k uzavírání otopného tělesa, regulaci teploty v dané místnosti. Funkce mohou plnit oddělené armatury, nebo je uzavírání i regulace realizována pomocí jedné armatury, například pomocí termostatického ventilu. [3]



Obrázek 2.5: Termostatický ventil (převzato z [49])

3 Metodika výpočtu tepelného výkonu pro vytápění

Uvedenou problematikou se zabývá norma ČSN EN 12831 „Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu“. Pro určení tepelného výkonu je nutné nejprve vypočítat tepelné ztráty jednotlivých místností. Jedná se o určení tepelných toků, které sdílí prostupem a větráním vytápěné místnosti se svým okolím, kterým je vnější prostředí nebo sousední místnosti. [3], [5]

Pro dimenzování zdroje tepla je nutné provést výpočet tepelného výkonu pro celou budovu nebo její funkční část, tj. bez uvažování sdílení tepla uvnitř vytápěné obálky budovy. Pro návrh velikosti otopných ploch jednotlivých místností se musí uvažovat i sdílení uvnitř vytápěné obálky budovy. [3], [5]

Pro výpočet tepelného výkonu jsou nutné tyto podklady: [3], [5]

- lokalita, kde je stavba umístěna (určení klimatických údajů dle přílohy NA.1 uvedené normy)
- půdorysy jednotlivých podlaží (hlavní rozměry, umístění a rozměry oken a dveří)
- řez nebo řezy budovy vyjadřující světlé a konstrukční výšky v objektu
- tepelně-technické vlastnosti budovy (stavebních konstrukcí a výplní otvorů), tj. je nutné znát skladby konstrukcí nebo hodnoty tepelných odporů či součinitelů prostupu tepla a měrnou nebo požadovanou těsnost objektu
- princip větrání domu
- údaje o účelu užívání jednotlivých místností nebo individuální požadavky obyvatel na vnitřní teplotu v jednotlivých místnostech (Z těchto podkladů se určí výpočtová vnitřní teplota, viz Tabulka 2.4.)

Zde popsáný výpočet se vztahuje přímo k příkladovému domu, který byl pro tuto práci přidělen (viz 5.1). Postup výpočtu vychází z normy ČSN EN 12831 [5] a byl zvolen dle pokynů uvedených v této normě v závislosti na znalosti a neznalosti hodnot parametrů potřebných k jeho provedení. Pro určení neznámých hodnot parametrů budou využity přílohy dané normy.

3.1 Výpočet celkové návrhové ztráty vytápěného prostoru ϕ_i

$$\phi_i = \phi_{T,i} + \phi_{V,i} [W] \quad (3-1)$$

ϕ_i celková tepelná ztráta vytápěného prostoru (W)

$\phi_{T,i}$ návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru (W)

$\phi_{V,i}$ návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru (W)

3.1.1 Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla $\phi_{T,i}$

$$\phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \times (\theta_{int,i} - \theta_e) [W] \quad (3-2)$$

$H_{T,ie}$ součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí pláštěm budovy (W/K)

$H_{T,iue}$ součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí nevytápěným prostorem (W/K)

$H_{T,ig}$ součinitel tepelné ztráty prostupem do zeminy z vytápěného prostoru do zeminy v ustáleném stavu (W/K)

$H_{T,ij}$ součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do sousedního prostoru vytápěného na výrazně jinou teplotu, např. sousední místnost funkční části budovy nebo vytápěný prostor sousední funkční části budovy (W/K)

$\theta_{int,i}$ výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru (°C), příloha NA.2 normy ČSN EN 12831

θ_e výpočtová venkovní teplota (°C), příloha NA.1 normy ČSN EN 12831

3.1.1.1 Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie}$

Součinitel $H_{T,ie}$ zahrnuje veškeré stavební části a lineární tepelné mosty (nelineární mosty se zde neuvažují) oddělující vytápěný prostor od venkovního prostředí. [5]

Pro tento výpočet byla zvolena zjednodušená metoda stanovení lineárních tepelných ztrát.

$$U_{kc} = U_k + \Delta U_{tb} [W/m^2K] \quad (3-3)$$

U_{kc} korigovaný součinitel prostupu tepla stavební části, který zahrnuje lineární tepelné mosty (W/m²K)

U_k součinitel prostupu tepla stavební části (W/m²K)

ΔU_{tb} korekční součinitel (W/m²K), jeho hodnota byla stanovena dle normy „ČSN 73 0540 - 4 Tepelná ochrana budov – Část 4: výpočty“ [22] na hodnotu $\Delta U_{tb} = 0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$ („Konstrukce s mírnými tepelnými mosty“)

$$H_{T,ie} = \sum_k (A_k \times U_{kc} \times e_k) [W/K] \quad (3-4)$$

A_k plocha stavební části (m²)

e_k korekční činitel vystavení povětrnostním vlivům, stanoven dle přílohy D.4.1 normy ČSN EN 12831 na hodnotu $e_k = 1$ (základní hodnota)

3.1.1.2 Tepelné ztráty nevytápěným prostorem $H_{T,iue}$

$$H_{T,iue} = \sum_k (A_k \times U_{kc} \times b_u) [W/K] \quad (3-5)$$

b_u teplotní redukční činitel zahrnující teplotní rozdíl mezi teplotou nevytápěného prostoru a venkovní návrhové teploty, jeho hodnota bude stanovena pomocí základních hodnot v příloze D.4.2 normy ČSN EN 12831 pro každý nevytápěný prostor zvlášť

3.1.1.3 Tepelné ztráty do přilehlé zeminy $H_{T,ig}$

Protože je řešený objekt proveden s nevytápěným podzemním podlažím, bude se řešit tepelná ztráta podlahou prvního podlaží jako ztráta nevytápěným prostorem, tedy dle rovnice 3-5.

3.1.1.4 Tepelné ztráty do nebo z vytápěných prostorů při různých teplotách

$H_{T,j}$

$$H_{T,j} = \sum_k (A_k \times U_k \times f_{i,j}) [W/K] \quad (3-6)$$

$f_{i,j}$ redukční teplotní činitel, koriguje rozdíl mezi teplotou sousedního prostoru a venkovní výpočtové teploty

$$f_{i,j} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{vsp}}{\theta_{int,i} - \theta_e} [-] \quad (3-7)$$

θ_{vsp} výpočtová teplota vytápěného sousedního prostoru (°C)

3.1.2 Návrhová tepelná ztráta přirozeným větráním $\phi_{V,i}$

$$\phi_{V,i} = H_{V,i} \times (\theta_{int,i} - \theta_e) [W] \quad (3-8)$$

$H_{V,i}$ součinitel návrhové tepelné ztráty (W/K)

$\theta_{int,i}$ výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru (°C), příloha NA.2 normy ČSN EN 12831

θ_e výpočtová venkovní teplota (°C), příloha NA.1 normy ČSN EN 12831

$$H_{V,i} = 0,34 \times \dot{V}_i [W/K] \quad (3-9)$$

\dot{V}_i výměna vzduchu ve vytápěném prostoru (m³/h)

Rovnice je platná pro konstantní hodnoty hustoty vzduchu a měrné tepelné kapacity při $\theta_{int,i}$.

$$\dot{V}_i = \max (\dot{V}_{inf,i}, \dot{V}_{min,i}) [\text{m}^3/\text{h}] \quad (3-10)$$

$\dot{V}_{inf,i}$ maximum výměny vzduchu infiltrací spárami a styky obvodového pláště budovy (m^3/h)

$\dot{V}_{min,i}$ minimální výměna vzduchu požadovaná z hygienických důvodů (m^3/h)

3.1.2.1 Hygienické množství vzduchu $\dot{V}_{min,i}$

$$\dot{V}_{min,i} = n_{min} \times V_i [\text{m}^3/\text{h}] \quad (3-11)$$

n_{min} minimální intenzita výměny venkovního vzduchu za hodinu (h^{-1}) stanovená dle přílohy D.5.1 normy ČSN EN 12831

V_i objem vytápěné místnosti vypočtený z vnitřních rozměrů (m^3)

3.1.2.2 Infiltrace spárami a styky obvodového pláště budovy $\dot{V}_{inf,i}$

$$\dot{V}_{inf,i} = 2 \times V_i \times n_{50} \times e_i \times \varepsilon_i [\text{m}^3/\text{h}] \quad (3-12)$$

n_{50} intenzita výměny vzduchu při rozdílu tlaků 50 Pa mezi vnitřkem a vnějškem budovy (h^{-1}) stanovená dle přílohy D.5.2 normy ČSN EN 12831

e_i stínící činitel stanovený dle přílohy D.5.3 normy ČSN EN 12831

ε_i výškový korekční činitel, který zohledňuje zvýšení rychlosti proudění vzduchu s výškou prostoru nad povrchem země přílohy D.5.4 normy ČSN EN 12831, v tomto případě $\varepsilon_i = 1$ pro celý objekt

3.2 Zjednodušená metoda stanovení tepelného zátopového výkonu $\phi_{RH,i}$

Uvedený zátopový výkon bude uvažován pro dobu omezení max. 8 hodin (noční útlum).

$$\phi_{RH,i} = A_i \times f_{RH} [\text{W}] \quad (3-13)$$

A_i podlahová plocha vytápěného prostoru (m^2)

f_{RH} korekční součinitel závisející na době zátopu a předpokládaném poklesu vnitřní teploty v útlumové době (W/m^2), hodnota bude stanovena dle přílohy D.6 normy ČSN EN 12831

3.3 Návrhový tepelný výkon

Návrhový tepelný výkon pro vytápěný prostor se využívá při navrhování parametrů otopného tělesa, návrhový tepelný výkon pro funkční část budovy slouží k návrhu tepelného výkonu zdroje tepla.

3.3.1 Postup výpočtu tepelného výkonu pro vytápěný prostor $\phi_{HL,i}$

$$\phi_{HL,i} = \phi_i + \phi_{RH,i} [W] \quad (3-14)$$

ϕ_i viz rovnice 3-1

$\phi_{RH,i}$ viz rovnice 3-13

3.3.2 Postup výpočtu tepelného výkonu pro funkční část budovy nebo budovu ϕ_{HL}

$$\phi_{HL} = \sum \phi_{bT,i} + \sum \phi_{bV,i} + \sum \phi_{RH,i} [W] \quad (3-15)$$

$\sum \phi_{bT,i}$ suma tepelných ztrát prostupem tepla všech vytápěných prostorů s výjimkou tepla sdíleného uvnitř části budovy (W)

$$\sum \phi_{bT,i} = \sum [\phi_{T,i} - [H_{T,ij} \times (\theta_{int,i} - \theta_e)]] [W] \quad (3-16)$$

$\phi_{T,i}$ viz rovnice 3-1

$H_{T,ij}, \theta_{int,i}, \theta_e$ viz rovnice 3-2

$\sum \phi_{bV,i}$ tepelné ztráty větráním všech vytápěných prostorů s výjimkou tepla sdíleného uvnitř funkční části budovy (W)

$$\sum \phi_{bV,i} = 0,34 \times \sum \dot{V}_{bi} \times (\theta_{int,i} - \theta_e) [W] \quad (3-17)$$

$\theta_{int,i}, \theta_e$ viz rovnice 3-8

$\sum \dot{V}_{bi}$ množství vzduchu pro budovu (m^3/h)

$$\sum \dot{V}_{bi} = \max (0,5 \times \sum \dot{V}_{inf,i}, \sum \dot{V}_{min,i}) [m^3/h] \quad (3-18)$$

$\dot{V}_{inf,i}, \dot{V}_{min,i}$ viz rovnice 3-10

$\sum \phi_{RH,i}$ součet tepelných zátopových výkonů všech vytápěných prostorů požadujících vyrovnání účinků přerušovaného vytápění (W)

3.3.3 Celková tepelná ztráta obálkou vytápěného prostoru

$$\phi_{bi} = \sum \phi_{bT,i} + \sum \phi_{bV,i} [W] \quad (3-19)$$

ϕ_{bi} celková tepelná ztráta obálky vytápěného prostoru (bez uvažování tepla sdíleného mezi vytápěnými prostory) (W)

$\sum \phi_{bT,i}$ viz rovnice 3-16

$\sum \phi_{bV,i}$ viz rovnice 3-17

4 Metodika výpočtu potřebného tepla na vytápění a ohřev TUV

V této kapitole bude popsán postup výpočtu roční potřeby tepla na vytápění a ohřev teplé vody pro zadaný příkladový dům (viz 5.1). Vypočtená hodnota bude následně využita v ekonomické bilanci variant otopných systémů jako jeden ze srovnávacích parametrů. Metodika výpočtu vychází z materiálů uvedených v těchto zdrojích [23], [24], [25].

4.1 Výpočet roční potřeby tepla Q_r

$$Q_r = Q_{VYT,r} + Q_{TUV,r} \text{ [Wh/rok]} \quad (4-1)$$

$Q_{VYT,r}$ roční potřeba tepla pro vytápění

$Q_{TUV,r}$ roční potřeba pro ohřev TUV

4.1.1 Výpočet roční potřeby tepla na vytápění $Q_{VYT,r}$ – denostupňová metoda

„Denostupňová metoda“ neuvažuje využitelnost tepelných zisků, což je její nevýhodou. Reálná potřeba tepla na vytápění bude tedy ve většině případů nižší. [25]

$$Q_{VYT,r} = \frac{24 \times Q_c \times \varepsilon \times D}{\theta_{is} - \theta_e} \text{ [Wh/rok]} \quad (4-2)$$

Q_c tepelná ztráta (W), zde bude využita tepelná ztráta ϕ_{bi} , viz rovnice 3-19

$$Q_c = \sum \phi_{bT,i} + \sum \phi_{bV,i} \text{ [W]} \quad (4-3)$$

$\sum \phi_{bT,i}$ viz rovnice 3-16

$\sum \phi_{bV,i}$ viz rovnice 3-17

ε opravný součinitel (viz 4.1.1.1)

D počet denostupňů (K.den)

$$D = (\theta_{is} - \theta_{m,e 13}) \times d \text{ [K.den]} \quad (4-4)$$

$\theta_{m,e 13}$ průměrná teplota v průběhu otopného období při (°C)

$\theta_{np,e} = 13^\circ\text{C}$ ⁴, příloha NA.1 normy ČSN EN 12831 [5]

d počet dnů otopného období (den) za rok při $\theta_{np,e} = 13^\circ\text{C}$, příloha NA.1 normy ČSN EN 12831

θ_{is} průměrná výpočtová vnitřní teplota (°C) určená pomocí váženého průměru, váhou je podlahová plocha

θ_e výpočtová venkovní teplota (°C), příloha NA.1 normy ČSN EN 12831 [5]

⁴ $\theta_{np,e}$ střední venkovní teplota pro začátek a konec otopného období (°C) [24]

4.1.1.1 Opravný součinitel ε

$$\varepsilon = \frac{e_{ii} \times e_t \times e_d}{\eta_o \times \eta_r} [-] \quad (4-5)$$

- e_{ii} nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací vzduchu a prostupem, jelikož ztráta infiltrací tvoří obvykle 10 až 20 % ztráty celkové, tento součinitel se volí v rozmezí $e_i = 0,8$ až $0,9$
- e_t snížení teploty v místnosti během dne (noci) vlivem regulace, tento součinitel se volí v rozmezí $e_t = 0,8$ až $1,0$ (pro školy s polodenním vyučováním až po nemocnice, kde je vyžadován 100% výkon otopné soustavy po 24 hodin)
- e_d zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu $e_d = 1$ pro budovy se sedmidenním provozem (do této kategorie spadají rodinné domy)
- η_o účinnost rozvodu, volí se v rozmezí $\eta_o = 0,95$ až $0,98$ dle provedení
- η_r účinnost regulace soustavy, volí se v rozmezí $\eta_r = 0,9$ až $1,0$ dle provedení otopného systému ($0,9$ pro kotelnu na pevná paliva bez rozdělení kotelny na sekce až po $1,0$ pro plynovou kotelnu s otopnou soustavou rozdělenou do sekcí s automatickou regulací)

4.1.2 Výpočet roční potřeby tepla na ohřev TUV $Q_{TUV,r}$

$$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \times d + 0,8 \times Q_{TUV,d} \times \frac{55 - \theta_{svl}}{55 - \theta_{svz}} \times (365 - d) [Wh/rok] \quad (4-6)$$

- $Q_{TUV,d}$ denní potřeba tepla pro ohřev TUV (Wh/rok)
- d počet dnů otopného období v roce (den), viz rovnice 4-4
- $0,8$ součinitel zohledňující pokles spotřeby TUV v letním období
- 55 teplota ohřáté vody ($^{\circ}C$)
- θ_{svl} teplota studené vody v létě, voleno $\theta_{svl} = 15^{\circ}C$
- θ_{svz} teplota studené vody v zimě, voleno $\theta_{svz} = 5^{\circ}C$
- 365 počet dnů přípravy TUV vody v roce (den)

4.1.2.1 Výpočet denní potřeby tepla pro ohřev TUV $Q_{TUV,d}$

$$Q_{TUV,d} = (1 + z) \times \frac{1000 \times 4182 \times (55 - \theta_{sv}) \times V_{2p}}{3600} [Wh/den] \quad (4-7)$$

- z paušální přírůstek tepelných ztrát soustavy na přípravu TUV stanovená dle [26]
- 1000 měrná hmotnost vody (kg/m^3)
- 4182 měrná tepelná kapacita vody ($J/kg.K$)
- 55 teplota ohřáté vody ($^{\circ}C$)

- θ_{sv}** střední hodnota teploty studené vody mezi teplotou v zimě a v létě,
 $\theta_{sv} = 10^{\circ}\text{C}$
- V_{2p}** celková potřeba TUV na den (m^3/den), u staveb pro bydlení se uvažuje hodnota $0,082 \text{ m}^3/\text{den}$ na jednu osobu [27]
- 3600** přepočít jednotky Joule na Watthodiny

5 Praktická část

5.1 Popis přiděleného příkladového rodinného sídla

Pro účely vypracování této práce byl přidělen následující rodinný dům. Jedná se o jednu část dvojdomku umístěného v lokalitě spadající pod klimatickou stanici Klatovy, který byl vystavěn v 70. letech 20. stolní. Dům se skládá z nevytápěného technického podlaží o výměře 74 m², vytápěného přízemí o výšce 2,50 m a podkroví o výšce 2,40 m (některé místnosti mají zkosený strop), jejichž výměra je 149 m², a nevytápěné půdy o výměře 62,50 m². V domě se nachází dvě bytové jednotky, 3+1 v přízemí a 2+1 v podkroví. Dům prošel rekonstrukcí, při které byla provedena výměna oken, zateplení venkovního zdiva, hydroizolace základů a zateplení střechy. Výměna střešní krytiny provedena nebyla, je zachován původní eternit.

Dům trvale obývají tři osoby, jeden důchodce a dva pracující. O víkendu se počet obyvatel zvyšuje na pět až sedm osob.

5.1.1 Popis stavebního provedení

Následující podkapitola je tvořena tabulkami a to z důvodu zvýšení přehlednosti uváděných dat.

V podkapitole jsou nejprve uvedeny součinitele prostupu tepla jednotlivých stavebních částí budovy, které jsou zapotřebí pro výpočet tepelných ztrát budovy. Dále jsou sepsány výměry ploch a objemy vzduchu jednotlivých místností budovy.

Pro provedení výpočtu tepelných ztrát budovy je zapotřebí podrobný rozpis stavebních částí jednotlivých vytápěných místností. Tento rozpis je umístěn v Příloze B.

Výměna vzduchu v budově probíhá přirozeným větráním.

Kód	Název	U_k [W/m ² .K]
Ven01	Venkovní obvodové zdivo (pálená cihla plná d = 45cm; pěnový polystyren d = 16 cm; venkovní omítka)	0,23
Ven02	Strop technické podlaží (hurdisky a škvárobeton d = 25cm; stříkaná polyuretanová pěna d = 5cm; vnitřní omítka)	0,39
Ven03	Podlaha půda (Stropní trámy, bednění, škvárový násyp a beton d = 33 cm; měkká minerální vlna s pochozí úpravou d = 25 cm)	0,20
Ven04	Strop podkroví šikmý (vnitřní obklad - sádrokarton d = 1,2 cm; měkká minerální vlna v instalační mezeře d = 6cm; parozábrana – fólie; měkká minerální vlna pod a mezi krokviemi d = 26 cm; pojistná hydroizolace – fólie; eternit)	0,16
Ven05	Plastová okna a balkónové dveře ENERGY Plus (trojsklo)	0,78
Ven06	Střešní plastová okna (dvojsklo)	1,10
Ven07	Plastové vchodové dveře	1,20
Ven08	Stěna do sousední části dvojdomku (pálená cihla plná d = 30cm; foukaná celulózová izolace d = 6,8 cm; sádrokarton d = 1,2 cm)	0,45
Ven09	Dveře mezi vytápěným a nevytápěným prostorem	2,10
Ven10	Stěny mezi vytápěným a nevytápěným prostorem, zateplení v nevytápěném prostoru (pálená cihla plná d = 10cm; pěnový polyuretan d = 8 cm; interiérová omítka)	0,32

Tabulka 5.1: Součinitele prostupu tepla do nevytápěných prostor a venkovního prostředí

Kód	Název	U_k [W/m ² .K]
Vyt01	Podlaha podkroví/strop přízemí (hurdisky a škvárobeton d = 25 cm; omítka)	0,60
Vyt02	Stěny mezi místnostmi 1 (pálená cihla plná d = 10 cm; omítka)	8,00
Vyt03	Stěny mezi místnostmi 2 (pálená cihla plná d = 30 cm; omítka)	2,67
Vyt04	Interiérové dveře	3,50

Tabulka 5.2: Součinitele prostupu tepla mezi vytápěnými prostory

Kód	Místnost	A_i [m ²]	V_i [m ³]
PrPod01	Přízemí: chodba; schodiště; Podkroví: chodba (zkosení)	32,64	73,93
Pr02	Přízemí: ložnice 1	16,77	41,93
Pr03	Přízemí: koupelna a WC 1	5,60	14,00
Pr04	Přízemí: kuchyň 1	9,00	22,50
Pr05	Přízemí: ložnice 2	10,13	25,33
Pr06	Přízemí: obývací pokoj	21,17	52,93
Pod02	Podkroví: ložnice 3	12,56	30,14
Pod03	Podkroví: koupelna a WC 2	5,04	12,10
Pod04	Podkroví: kuchyň 2 (zkosení)	18,00	38,38
Pod05	Podkroví: ložnice 4 (zkosení)	18,00	38,38

Tabulka 5.3: Parametry místností vytápěného prostoru

Kód	Místnost	A_i [m ²]	b_u [-]
TechP01	Technické podlaží: chodba; schodiště do přízemí	14,54	0,4
TechP02	Technické podlaží: sklep	10,15	0,4
TechP03	Technické podlaží: dílna	9,86	0,4
TechP04	Technické podlaží: garáž	23,21	0,6
TechP05	Technické podlaží: kotelna	16,07	0,6
Pu01	Půda	62,50	0,9
Sou01	Přilehlé místnosti sousedního domu	-	0,4

Tabulka 5.4: Parametry místností nevytápěného prostoru

5.1.2 Popis stávající otopné soustavy a soustavy pro přípravu TUV

V příkladovém domě je instalována dvoutrubková teplovodní otopná soustava (viz 2.5.1) s přirozeným oběhem otopné vody (viz 2.5.2). Zabezpečení je zajištěno pomocí otevřené expanzní nádoby, která je umístěna na půdě domu, jedná se tedy o otevřený systém pro vytápění. V soustavě jsou instalována článková otopná tělesa z ocelového plechu, dále deskové a trubkové těleso. Zdrojem tepla je litinový kotel na tuhá paliva Viadrus Hercules U 26 vybavený regulátorem tahu Regulus RT3, což je termostatický řetízkový regulátor spalovacího vzduchu pro tepelné zdroje na tuhá paliva. Další regulace je možná pouze omezením hoření, které se realizuje pomocí nastavení polohy komínové klapky a nastavení přívodu sekundárního vzduchu. Záložním tepelným zdrojem je elektrokotel o jmenovitém výkonu 12 kW (3x4 kW). Pro možnost individuálního vytápění jsou v přízemí domu v místnosti Pr06 instalována krbová kamna Haas and Sohn o výkonu 5 kW. Radiátory nejsou osazeny termostatickými ventily, ale pouze uzavíracími kohouty. Regulace teploty místnosti je při otevřeném uzavíracím kohoutu možná pouze větráním, což je z dnešního pohledu velmi zastaralý a vysoce nevhodný způsob.

Přípravu TUV zajišťují dva systémy. V topném období je TUV ohřívána v nepřímotopném horizontálním ohříváči o objemu 180 litrů teplem získaným z otopné soustavy, ve zbytku roku je zajištěna pomocí elektrického svislého ohříváče vody. Rozvod TUV je jednotrubkový bez cirkulace. Ztráty v soustavě TUV budou určeny zjednodušeným způsobem dle [26] pro typ přípravy TUV „Centrální zásobníkový ohřev bez cirkulace“ ($z = 0,15$).

Díky nainstalovanému elektrokotli je pro příkladový dům poskytován tarif dodávky elektrické energie „D-Přímotop“, kdy je 20h z denní dodávky v „nízkém tarifu“. Jmenovitá hodnota hlavního domovního jističe je 3x25 A. Pro vaření se využívají plynové sporáky, plyn je dodáván z propan-butanových láhví o váze 10 kg.

Kotel Viadrus Hercules U 26			Instalace: 3/2011
Emisní třída kotle dle EN 303 - 5			1
Počet článků [kusy]			4
Doporučená provozní teplota otopné vody [°C]			60 - 85
Palivo	Výhřevnost paliva [MJ/kg]	Účinnost kotle [%]	Jmenovitý výkon [kW]
koks	27,8	80	22,5
černé uhlí	28,31	75	16,5
dřevo	15,01	75	15,75

Tabulka 5.5: Technické parametry stávajícího kotle [28]

Regulátor tahu Regulus RT3	
Regulační rozsah [°C]	30 - 90
Maximální teplota vody [°C]	120
Maximální teplota prostředí [°C]	60

Tabulka 5.6: Technické Parametry regulátoru tahu Regulus RT3 [29]

Elektrický svislý ohřivač vody Dražice OKCE 180	
Elektrický příkon [W]	2200
Objem [litry]	180

Tabulka 5.7: Technické parametry elektrického svislého ohřivače vody

Otopná tělesa		
Otopné těleso článkové I	Rozměr článku (v * š * t) [mm]	620 * 200 * 20
	Kód místnosti	Počet článků [kusy]
	Pr02	20
	Pr03	10
	Pr04	10
	Pr05	20
	Pr06	28
	Pod04	20
	Pod05	20
Otopné těleso článkové II	Rozměr článku (v * š * t) [mm]	420 * 200 * 20
	Kód místnosti	Počet článků [kusy]
	PrPod01	21
Otopné těleso deskové	Rozměr desky (L * H * B) [mm]	100 * 600 * 15
	Kód místnosti	Počet desek [kusy]
	Pod02	2
Trubkové otopné těleso „koupelnový žebřík“	Rozměr tělesa (L * H * B) [mm]	450 * 1640 * 30
	Rozměr trubky (L * Ø) [mm]	390 * 20
	Kód místnosti	Počet trubek [kusy]
	Pod03	34

Tabulka 5.8: Otopná tělesa stávající soustavy

5.2 Návrh variant rekonstrukce systému pro vytápění

V této kapitole jsou uvedeny navržené varianty rekonstrukce. Jedná se o přehled těchto variant, jejichž technický popis bude uveden v následující kapitole (viz 5.3).

5.2.1 Výsledky výpočtů tepelných ztrát budovy a návrhového tepelného výkonu

Výpočty tepelných ztrát budovy a návrhového tepelného výkonu jsou nezbytné pro stanovení výkonů prvků otopné soustavy. Výpočty byly provedeny dle teoretických podkladů normy ČSN EN 12831 „Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu“. Dle této normy byl zpracován postup výpočtu pro příkladový dům (viz 5.1), tento postup je uveden v kapitole „Metodika výpočtu tepelného výkonu pro vytápění“ (viz 3).

Popis provedení výpočtu (viz Příloha D).

Dům		Místnosti	
		Kód místnosti	$\Phi_{HL,i}$ [W]
Φ_{HL} [W]	8719,16	PrPod01	92,01
Φ_i [W]	6471,91	Pr02	804,54
Φ_{bi} [W]	6336,60	Pr03	1201,01
Φ_{RH} [W]	2382,56	Pr04	685,67
		Pr05	604,37
		Pr06	1328,98
		Pod02	894,01
		Pod03	926,19
		Pod04	1329,46
		Pod05	988,24

Tabulka 5.9: Výsledky výpočtů tepelných ztrát a návrhového tepelného výkonu

5.2.2 Výstavba otopné soustavy s využitím stávajícího kotle

Tato varianta (pracovní název „Kotel na pelety“) uvažuje přestavbu stávajícího kotle a likvidaci většiny nynější otopné soustavy. Bude provedena výstavba dvoutrubkového systému s nuceným oběhem a teplotním spádem 80/60 °C. Krbová kamna v místnosti Pr06 se ponechají pro možnost individuálního vytápění. Stávající elektrokotel bude instalován jako záložní zdroj tepla. Díky tomu bude možné nadále využívat pro dodávku elektrické energie tarif „D-Přímotop“. Jelikož byl stávající kotel instalován před zateplením domu, je dle výsledku návrhového tepelného výkonu předimenzován. Proto bude do soustavy zařazena akumulární nádoba. Systém ohřevu TUV bude zachován.

Stávající kotel Viadrus Hercules U 26 bude doplněn originální sadou na přestavbu Viadrus a nově bude vytvořen automatický kotel Hercules Duo model 2013 schopný spalovat uhlí a pelety. Takový kotel je téměř bezobslužný, vyžaduje pouze doplňování paliva do zásobníku a vynášení popelu. Frekvence těchto činností závisí na aktuálních klimatických podmínkách. V kotli bude i nadále možné spalovat tuhá paliva v manuálním režimu.

Nově vzniklý automatický kotel umožní spalování hnědého a černého uhlí, ale také dřevních pelet, které budou v tomto případě uvažovány jako hlavní a jediné palivo. Sada na přestavbu se skládá z retortového hořáku, podstavce kotle, šnekového dopravníku a jeho motoru, ventilátoru, regulátoru Saphir a jeho obslužné jednotky HMI. Detailní rozpis dodávky a příslušenství, viz Příloha C. [30], [31]

5.2.3 Výstavba otopné soustavy s plynovým kondenzačním kotlem

Tato varianta (pracovní název „Kondenzační plynový kotel“) uvažuje kompletní přestavbu otopné soustavy, stávající systém pro vytápění bude téměř celý zlikvidován. Zachován bude pouze elektrokotel jako záložní zdroj tepla, u něhož dojde ke změně výkonu na 8 kW (2x4 kW). Systém přípravy TUV bude zachován. Hlavním zdrojem tepla bude stacionární plynový kondenzační kotel. Regulace soustavy se zajistí ekvitermním⁵ regulátorem dodávaným spolu s kotlem. Zdroj tepla bude umístěn v současné kotelně. Otopná soustava bude vystavěna jako nízkoteplotní s teplotním spádem 55/45 °C (viz 2.5.1) a nuceným oběhem (viz 2.5.2). Do soustavy budou instalována desková otopná tělesa (viz 2.6), jejich připojení bude realizováno pomocí dvoutrubkového systému.

Takto zvolený teplotní spád zajistí, že teplota vratné vody nepřekročí teplotu rosného bodu. Pokud by k překročení došlo, v kotli by nenastala kondenzace a klesla by jeho účinnost. [32]

Pro realizaci tohoto systému se musí vybudovat nová plynová přípojka, jelikož v příkladovém domě plyn zaveden není. Dále je nutné předpokládat i úpravu komínu. Technickou místností zůstane stávající kotelna.

5.2.4 Výstavba otopné soustavy s tepelným čerpadlem vzduch/voda

Varianta (pracovní název „Tepelné čerpadlo“) s tepelným čerpadlem uvažuje výstavbu nové soustavy pro vytápění a ohřev TUV. Původní systém bude zlikvidován kromě

⁵ Ekvitermní regulace: řízení teploty v místnosti dle venkovní teploty [51]

krbových kamen v místnosti Pr06. Jako zdroj bude vybráno tepelné čerpadlo vzduch/voda (viz 2.4.4.3) hlavně kvůli velmi omezenému a členitému prostoru zahrady domu. Součástí sestavy tepelného čerpadla bude také přídatné elektrické topení, ekvitermní regulace a externí zásobník na ohřev TUV. Otopná soustava bude řešena jako nízko teplotní (viz 2.5.1) s nuceným oběhem otopné vody (viz 2.5.2). Teplotní spád bude uvažován 35/25 °C. Technickým zázemím opět zůstane stávající kotelna. Otopné plochy budou řešeny jako podlahové vytápění (viz 2.6.4).

Tato varianta bude pravděpodobně nejnákladnější z navrhovaných způsobů rekonstrukce. Kromě kompletní výstavby otopné soustavy bude nutné investovat i do výstavby nových podlah do všech vytápěných místností kvůli vybudování podlahového vytápění. Na druhou stranu bude tato otopná soustava v letních měsících využitelná také k chlazení domu. Současný tarif dodávky elektrické energie bude změněn. Nynějších 20 hodin dodávky v „nízkém tarifu“ bude navýšeno na 22 hodin za den. Bude nutné přezkoumat vhodnost stávajícího hlavního domovního jističe. Jako technické zázemí poslouží nynější kotelna.

5.2.5 Výstavba systému: Elektrické podlahové vytápění a infrapanely

Na rozdíl od předchozích třech variant nevyužívá tato otopná soustava (pracovní název „Elektrické vytápění“) nevyužívá jako otopné médium vodu, ale přímo elektrickou energii. Stávající systém pro vytápění bude zdemolován s výjimkou krbových kamen v místnosti Pr06. Soustava bude navržena jako kombinace elektrického podlahového vytápění (viz 2.4.3.2) a infrapanelů (viz 2.4.3.3). První úvaha počítá s instalací infrapanelů do místností PrPod01, Pr03, Pr04, Pod02, Pod03 a Pod04. V ostatních místnostech budou instalovány elektrické podlahové otopné plochy. V těchto místnostech bude využito „topných fólií“ (viz 2.4.3.2) a laminátových podlah. Tato varianta podlahových otopných ploch je nejjednodušší pro instalaci při rekonstrukcích, jelikož se fólie nezalívají do betonu.

Stávající kotelna bude využita jako nové skladovací prostory. Ohřev TUV bude celoročně zajištěn svislým akumulacním elektrickým ohřevačem. Tarif dodávky elektrické energie se zachová. Také zde bude nutné provést kontrolu jmenovité hodnoty hlavního domovního jističe.

5.3 Technický popis navrhovaných variant rekonstrukce

Tato kapitola se zabývá technickým popisem variant rekonstrukce, které byly pro daný příkladový dům (viz 5.1) navrženy v kapitole 5.2. Návrh parametrů zdrojů tepla a otopných těles bude proveden dle výsledků výpočtů, které jsou prezentovány v podkapitole (viz 5.2.1).

Připojování otopných těles se řídí vyhláškou č. 193/2007 Sb. (§4 – Vnitřní rozvod tepelné energie).

Požadavky na zabezpečovací prvky otopné soustavy stanovuje norma ČSN 06 0830 „Tepelné soustavy v budovách - Zabezpečovací zařízení“.

Nutné ochrany, blokády a signalizace určuje norma ČSN 06 0310 „Tepelné soustavy v budovách - Projektování a montáž“.

5.3.1 Technický popis: Kotel na pelety

Popis se řídí doporučeními výrobce kotle Viadrus Hercules DUO [33].

Popis otopné soustavy

Teplovodní otopná soustava se spádem 80/60 °C a nuceným oběhem. Podkladem pro zapojení soustavy je schéma „Varianta zapojení D“ [33] (viz Příloha E). Soustava se skládá z automatického kotle na pelety Viadrus Hercules DUO, akumulární nádoby Dražice NAD 750 v5 (objem 750 l) a jednoho směšovacího topného okruhu. Záložním tepelným zdrojem je stávající elektrokotel. TUV je v topném období ohřívána v nepřímotopném horizontálním ohříváči o objemu 180 litrů připojeným k otopné soustavě v odděleném okruhu. Ve zbytku roku je ohřev TUV zajištěn pomocí elektrického svislého ohříváče vody.

Potrubní rozvod mezi akumulární nádrží a topným okruhem je tvořen trubkou PPR (polypropylen) Faser DN 25, uložení ve stropě technického podlaží pod izolací a ve stěnách místností. Rozvod mezi kotlem, akumulární nádrží a zásobníkem TUV realizován měděnou trubkou DN 40.

Druh energie

Spalování pelet slouží jako primární zdroj energie. Elektrická energie je záložním zdrojem pro vytápění a primárním zdrojem pro ohřev TUV mimo otopné období.

Zdroj tepla pro vytápění a ohřev TUV

Kotel Viadrus Hercules DUO			
Emisní třída kotle dle EN 303 - 5		3	
Počet článků [kusy]		4	
Velikost zásobníku paliva [l]		528	
Doporučená provozní teplota otopné vody [°C]		50-85	
Minimální teplota vratné vody [°C]		40	
Regulovaný výkon [kW]		6 - 20	
Maximální elektrický příkon [W]		85	
Palivo	Výhřevnost [MJ/kg]	Účinnost kotle [%]	Jmenovitý výkon [kW]
Dřevní pelety	17	až 87,3	20

Tabulka 5.10: Parametry kotle Viadrus Hercules DUO [30]

Záložní zdroj elektrokotel o výkonu 12 kW (3x4 kW). Elektrický svislý ohříváč TUV Dražice OKCE 180 (viz Tabulka 5.7).

Zabezpečovací zařízení soustavy

3x pojistný ventil, 3x odvzdušňovací ventil (automatický), 4x zpětný ventil, 4x filtr, 1x zpětná klapka, 1x expanzní nádoba uzavřená Regulus MB IN LINE v okruhu kotel – akumulární nádrž, 1x dvoucestný bezpečnostní ventil DBv 1 – 02 jako ochrana kotle proti přetopení při ručním provozu (doporučené zapojení, viz Příloha E), 1x zpětná klapka TRIVAL typ ZRK1 pro minimalizaci rizika přetopení kotle při ručním provozu (doporučené zapojení, viz Příloha E).

1x záložní zdroj napájení NZ 500 se zálohovým akumulátorem AKU 12V – 65 Ah.

Regulace a měření

1x regulátor kotle Saphir (součást přestavbové sady kotle), 1x regulátor RVS43.345, 1x ovládací jednotka AVS37.294, 1x prostorový přístroj QAA55.110 (referenční místnost Pr06), 3x příložné čidlo QAD36/101, 2x ponorné čidlo QAZ36.522/109, 1x venkovní čidlo QAC34/101, 3x teploměr, 3x tlakoměr

1x termostatická třícestná směšovací armatura ESBE (součást přestavbové sady kotle), 1x trojcestný směšovací ventil topného okruhu s pohonem VBI 31.20

9x programovatelná termostatická hlavice eQ-3 K, 1x ruční hlavice TM 3052 (místnost Pr06)

Čerpací zařízení

2x oběhové čerpadlo kotle GRUNDFOS UPS 25-40, 1x čerpadlo topného okruhu elektronicky řízené GRUNDFOS ALPHA 2, 1x oběhové čerpadlo okruhu na ohřev TUV GRUNDFOS Alpha+

Uzavírání, plnění a vypouštění otopné soustavy

13x kulový kohout, 3x výpustný kulový kohout (slouží také k napuštění soustavy), 1x kulový kohout s vypouštěcím ventilkem

Otopná tělesa

Otopná tělesa desková typ Kermi Therm X2 Profil-V [34] se spodním připojením a termostatickým ventilem, připojení pomocí přípojného úhlového šroubení ZHWIVA 002 s roztečí 50 mm, přípojné šroubení umožňuje uzavření vstupu i výstupu otopného tělesa.

Otopná tělesa trubková typ Korado KORALUX RONDO MAX-M [35], spodní středové připojení s roztečí 50 mm, připojovací rohová integrovaná armatura HM (termostatický ventil na vstupu, uzavírací armatura na výstupu).

Kód místnosti	Typ tělesa	Typ	Výkon [W]	Rozměr (L*H*B) [mm]
PrPod01	deskové	Profil-V 10	149	400 * 300 * 61
Pr02	deskové	Profil-V 11	870	900 * 600 * 61
Pr03	trubkové	MAX KRMM	1273	750 * 1820 * 35
Pr04	deskové	Profil-V 11	773	800 * 600 * 61
Pr05	deskové	Profil-V 11	676	700 * 600 * 61
Pr06	deskové	Profil-V 12	1334	1100 * 600 * 61
Pod02	deskové	Profil-V 11	966	1000 * 600 * 61
Pod03	trubkové	MAX KRMM	1019	600 * 1820 * 35
Pod04	deskové	Profil-V 12	1334	1100 * 600 * 61
Pod05	deskové	Profil-V 11	1063	1100 * 600 * 61

Tabulka 5.11: Navržené parametry otopných těles soustavy „Kotel na pelety“

5.3.2 Technický popis: Kondenzační plynový kotel

Popis se řídí doporučeními výrobce kotle Viadrus Claudius K 2 L23 [36], [37].

Popis otopné soustavy

Otopná soustava nízkoteplotní se spádem 55/45 °C a nuceným oběhem. Podkladem pro zapojení soustavy je schéma „Varianta zapojení C2“ [36] (viz Příloha F). Soustava se skládá z kondenzačního plynového kotle Viadrus Claudius K 2 L23 a jediného přímého topného okruhu, záložním tepelným zdrojem pro vytápění je stávající elektrokotel se sníženým výkonem na 8 kW. TUV je v topném období ohřívána v nepřímotopném horizontálním ohříváči o objemu 180 litrů připojeným přímo k otopné soustavě, ve zbytku roku může být ohřev zajištěn alternativně pomocí elektrického svislého ohříváče vody (viz Tabulka 5.7).

Potrubní rozvod tvoří trubka PPR (polypropylen) Faser DN 20, uložení ve stropě a stěnách technického podlaží pod izolací a ve stěnách místností.

Druh energie

Primárním zdrojem energie pro vytápění a ohřev TUV je zemní plyn, elektrická energie slouží jako záložní zdroj pro vytápění a alternativní zdroj pro ohřev TUV mimo otopné období.

Zdroj tepla pro vytápění a ohřev TUV

Kotel Viadrus Claudius K 2 L23	
Třída NO _x	5
Počet článků [kusy]	2
Jmenovitý výkon při teplotním spádu 50/30 °C [kW]	16
Výkonový rozsah [kW]	3,5 - 16
Účinnost při teplotním spádu 50/30 °C, dle výkonu kotle [%]	101,5 - 108
Elektrický příkon včetně čerpadla [W]	110
Zařízení integrovaná v kotli	Oběhové čerpadlo, trojcestný ventil, plynový ventil (provedení SIEMENS), expanzní nádoba, pojistný ventil, tlakoměr, teploměr Elektronická řídicí a zapalovací automatika SIEMENS LMU 64, ekvitermní regulace (1x topný okruh, 1x ohřev TUV)

Tabulka 5.12: Parametry kotle Viadrus Claudius K 2 L23 [36]

Záložní zdroj elektrokotel o výkonu 8 kW (2x4 kW). Elektrický svislý ohřívač TUV Dražice OKCE 180 (viz Tabulka 5.7).

Zabezpečovací zařízení soustavy

2x pojistný ventil, 2x odzdušňovací ventil (automatický), 3x zpětný ventil, 1x filtr, 1x zpětná klapka, 1x přídatná expanzní nádoba uzavřená Regulus MB IN LINE, 1x bypass („přepouštěcí ventil“) topného okruhu

Záložní zdroj napájení NZ 500 se zálohovým akumulátorem AKU 12V – 65 Ah

Regulace a měření

Součást dodávky kotle: Elektronická řídicí a zapalovací automatika SIEMENS LMU 64 (ekvitermní regulace), 1x prostorový přístroj QAA55.110 (referenční místnost Pr06), 2x příložné čidlo QAD36/101

1x ponorné čidlo QAZ36.522/109, Venkovní čidlo QAC34/101, 3x teploměr, 3x tlakoměr

9x programovatelná termostatická hlavice eQ-3 K, 1x ruční hlavice TM 3052 (místnost Pr06)

Čerpací zařízení

1x oběhové čerpadlo integrované v kondenzačním kotli

1x oběhové čerpadlo kotle GRUNDFOS UPS 25-40 pro elektrokotel

Uzavírání, plnění a vypouštění otopné soustavy

7x kulový kohout, 1x výpustný kulový kohout (slouží také k napuštění soustavy), 1x kulový kohout s vypouštěcím ventilkem

Odvod kondenzátu a spalin

PVC trubka o průměru 16 mm pro odvod kondenzátu do odpadního potrubí, odkouření: plastové potrubí o průměru 80 mm (dle doporučení výrobce)

Otopná tělesa

Otopná tělesa desková typ Kermi Therm X2 Profil-V [34] se spodním připojením a termostatickým ventilem, připojení pomocí přípojného úhlového šroubení ZHWIVA 002 s roztečí 50 mm, přípojné šroubení umožňuje uzavření vstupu i výstupu otopného tělesa.

Otopná tělesa vertikální desková Kermi Verteo Profil, spodní středové připojení s roztečí 50 mm, ventilový blok rohový ZV00410001.

Kód místnosti	Typ tělesa	Název	Výkon [W]	Rozměr (L*H*B) [mm]
PrPod01	deskové	Profil-V 10	108	500 * 300 * 61
Pr02	deskové	Profil-V 33	862	700 * 600 * 155
Pr03	vertikální d.	Typ 22	1238	700 * 2200 * 100
Pr04	deskové	Profil-V 33	738	600 * 600 * 155
Pr05	deskové	Profil-V 33	615	500 * 600 * 155
Pr06	deskové	Profil-V 33	1354	1100 * 600 * 155
Pod02	deskové	Profil-V 33	985	800 * 600 * 155
Pod03	vertikální d.	Typ 22	939	600 * 1800 * 100
Pod04	deskové	Profil-V 33	1354	1100 * 600 * 155
Pod05	deskové	Profil-V 33	1108	900 * 600 * 155

Tabulka 5.13: Navržené parametry otopných těles soustavy „Kondenzační kotel“

5.3.3 Technický popis: Tepelné čerpadlo

Popis se řídí doporučeními výrobce tepelného čerpadla AC Heating Convert AW9 [38].

Popis otopné soustavy

Otopná soustava nízkoteplotní se spádem 35/25 °C. Podkladem pro zapojení soustavy je schéma zapojení (viz Příloha G). Soustava se skládá z tepelného čerpadla AC Heating Convert AW9 a jediného přímého topného okruhu, záložním (bivalentním) tepelným zdrojem je elektrokotel Mora-Top Electra Mini o výkonu 6 kW (zapojen v sérii). TUV je po celý rok ohřívána v nepřímotopném vertikálním ohříváči ACV SMART 210 o objemu 203 litrů. TUV je ohřívána na teplotu max. 55 °C a to v přednostním režimu před vytápěním. Soustava umožňuje také chlazení díky reverzaci chodu tepelného čerpadla.

Potrubní rozvod tvoří trubka CU 28x1 mm, uložení v technickém podlaží volně, v obytném prostoru v podlaze.

Propojení vnitřní a vnější jednotky tepelného čerpadla je realizováno pomocí měděných trubek s kaučukovou izolací.

Druh energie

Zdrojem tepla pro vytápění, přípravu TUV je elektřina a energie získaná z okolí.

Zdroj tepla pro vytápění a ohřev TUV

Tepelné čerpadlo AC Heating Convert AW9		Připojení: 1 fáze
Nominální topný výkon (při A2W35 ⁶) [kW]		9,5
Topný výkonový rozsah (horní hranice při A2W35) [kW]		2,9 – 10,1
Maximální příkon při vytápění [kW]		3,5
COP (50% zatížení, A2W35) [W/W]		4,2
COP (100% zatížení, A2W35) [W/W]		3,5
Maximální chladicí výkon (při A35W7) [kW]		9,5
Maximální příkon při chlazení [kW]		3,7
Popis zařízení	Plynule regulovatelný výkon (30 až 100 %) díky frekvenčnímu měniči, kompresor: Toshiba DC – dvojitý rotační, elektronicky řízený expanzní ventil, oběhové čerpadlo Wilo Star RS 25/6, axiální šroubové ventilátory, regulátor xCC Executive, jistič B/16A	

Tabulka 5.14: Parametry tepelného čerpadla AC Heating Convetr AW9 [38]

Elektrokotel Mora-Top Electra Mini	
Tepelný výkon [kW]	6
Účinnost [%]	99

Tabulka 5.15: Parametry elektrokotel Mora-Top Electra Mini [39]

Zabezpečovací zařízení soustavy

1x pojistný ventil, 1x odvzdušňovací ventil, 2x filtr, 1x zpětná klapka, 1x expanzní nádoba uzavřená Regulus MB IN LINE, 1x trojcestný ventil SF 25

Regulace a měření

1x regulátor xCC Executive, 1x prostorový přístroj QAA 55.110 (referenční místnost Pr06), 2x příložné čidlo na topném okruhu QAD 36/101

⁶ A2W35: venkovní teplota 2°C, teplota otopné vody 35°C

1x ponorné čidlo QAZ36.522/109, Venkovní čidlo QAC34/101, 1x teploměr, 1x tlakoměr

9x programovatelná termostatická hlavice eQ-3 K, 1x Ruční hlavice TM 3052 (místnost Pr06)

Čerpací zařízení

1x oběhové čerpadlo Wilo Star RS 25/6 (součást jednotky tepelného čerpadla)

Uzavírání, plnění a vypouštění otopné soustavy

9x kulový kohout, 5x vypouštěcí ventil (též plnění soustavy), 2x rozdělovač pro podlahové vytápění Komfort 90 (5 topných okruhů; umístění v příslušném podlaží v místnosti PrPod01), 2x sada kulových uzávěrů pro rozdělovač topných okruhů

Otopná tělesa

Jako otopná tělesa budou využity podlahové otopné plochy. Při jejich návrhu by musely být zohledněny zejména následující skutečnosti [40]:

- potřebný výkon tělesa
- volná podlahová plocha místnosti (plocha, která není zastavěna nábytkem)
- skladba podlahy

Návrh výkonu těles proto bude proveden pouze orientačně dle [41]. Systém je vyhotoven formou suché pokládky otopných trubek. Výška podlahy se zvýší o 60 mm (EPS systémová deska $b = 40$ mm, 2x sádkartonová deska $b = 10$ mm). Otopné trubky o průměru 18 mm, rozteč trubek 75 mm. V koupelnách jsou pro dosažení potřebného instalovaného výkonu umístěny infrapanely Fenix GR s prostorovými termostaty Eberle INSTAT 2 (viz 5.3.4). Pro výpočty v ekonomické bilanci bude uvažován provoz infrapanelů takto: 3 hodiny za den v otopném období, tj. během 248 dnů.

Kód místnosti		Podlahová krytina	Délka trubky [m]	Zastavěná plocha [m ²]	Dílčí výkon [W]	Výkon [W]
PrPod01	Pr01	Dlažba	-	-	-	171
	Pod01	Dlažba	20,10	1,50	171	
Pr02		PVC	168,97	12,61	-	805
Pr03		Dlažba	75,04	5,60	258	1158
		Fenix GR 900 Mirror			900	
Pr04		Dlažba	120,60	9,00	-	684
Pr05		PVC	127,03	9,48	-	605
Pr06		PVC	279,00	20,82	-	1329
Pod02		PVC	169,51	12,56	-	807
Pod03		Dlažba	67,54	5,04	232	932
		Fenix GR 700 White			700	
Pod04		Dlažba	234,50	17,5	-	1330
Pod05		PVC	207,57	15,49	-	989

Tabulka 5.16: Výchozí parametry pro návrh otopných ploch "Tepelného čerpadla"

5.3.4 Technický popis: Elektrické vytápění

Popis se řídí doporučeními výrobce infrapanelů a topných fólií Fenix [42], [43].

Popis otopné soustavy

Otopná soustava se skládá z infrapanelů Fenix GR a elektrických podlahových topných fólií Fenix ECOFILM F. Infrapanely jsou instalovány v místnostech PrPod01, Pr03, Pr04, Pod02, Pod03, Pod04. Topné fólie pak zajišťují vytápění místností Pr02, Pr05, Pr06, Pod05 a musí být připojeny do obvodu s proudovým chráničem.

Ohřev TUV je po celý rok zajištěn svislým elektrickým akumulacním ohříváčem Dražice OKCE 180 o objemu 180 litrů, který je umístěn v místnosti TechP01.

Požadovaná jmenovitá hodnota hlavního domovního jističe 3x32 A.

Druh energie

Jediným zdrojem tepla pro vytápění a ohřev TUV je elektrická energie.

Zdroj tepla pro vytápění a ohřev TUV

Infrapanely Fenix GR		Účinnost: 99 %	Napětí: 230 V
Typ	Příkon [W]	Proud [A]	Rozměr (L*H*B) [mm]
GR 300 White	300	1,3	700 x 500 x 12
GR 700 White	700	3	1100 x 600 x 12
GR 900 White	900	3,9	1200 * 800 * 12
GR 900 Mirror	900	3,9	800 x 1200 x 12

Tabulka 5.17: Parametry infrapanelů Fenix GR [43]

Topné folie ECOFILM F		Účinnost: 99 %	Napětí: 230 V
Typ	Příkon [W/m]	Topná šířka [mm]	Rozměr (H*B) [mm]
608/55	44	550	600 * 4
1008	78	970	1000 * 4

Tabulka 5.18: Parametry topných fólií ECOFILM F [42]

Elektrický svislý ohřivač vody Dražice OKCE 180	
Elektrický příkon [W]	2200
Objem [litry]	180

Tabulka 5.19: Technické parametry elektrického svislého ohřivače vody [44]

Zabezpečovací zařízení soustavy

3x proudový chránič s jističem 10A PFL7-10/1N/B/003 Moeller (Okruhy: Pr02+Pr05; Pr06+Pod05; Pr03+Pod03), 2x jistič 10A PL6-10/1/B Eaton (Okruhy: Pod02+Pod04; Pr04+PrPod01)

Regulace

6x programovatelný prostorový termostat Eberle INSTAT 2 (pro ovládání infrapanelů), 4x programovatelný univerzální termostat Fenix – Therm 350 (pro řízení elektrického podlahového vytápění)

Otopná tělesa

Zdroje tepla pro vytápění jsou zároveň otopnými tělesy. Před realizací této varianty by bylo nutné konzultovat s dodavatelem zařízení vhodnost zvolené metody výpočtu tepelného výkonu pro vytápěný prostor a to zejména velikost zátopového výkonu (viz 3.3).

Kód místnosti	Typ tělesa	Počet	Výkon [W]
PrPod01	GR 300 White	1	300
Pr03	GR 900 Mirror	1	1200
	Gr 300 White	1	
Pr04	GR 700 White	1	700
Pod02	GR 900 White	1	900
Pod03	GR 900 Mirror	1	900
Pod04	GR 700 White	2	1400

Tabulka 5.20: Navržené parametry infrapanelů

Kód místnosti	Typ tělesa	Počet pásů	Příkon [W]	Délka pásu [mm]
Pr02	ECOFILM F 1008	3	819	3500
Pr05	ECOFILM F 608/55	4	616	3500
Pr06	ECOFILM F 1008	4	1341	4300
Pod05	ECOFILM F 608/55	6	1003	3800

Tabulka 5.21: Navržené parametry elektrických topných fólií

5.4 Ekonomická bilance navrhovaných variant

V této kapitole je provedena ekonomická bilance navrhovaných variant rekonstrukce z pohledu nákladů na provoz a na realizaci otopné soustavy.

5.4.1 Výsledky výpočtů potřebného tepla na vytápění a ohřev TUV

Roční potřeba tepla na vytápění a ohřev TUV slouží jako referenční hodnota ke kalkulaci nákladů na provoz navržených otopných systémů. Je však nutné zmínit, že se jedná o výpočtovou hodnotu a ne o skutečnou spotřebu. Hodnotu spotřeby pozitivně ovlivní zisky z oslunění, od domácích spotřebičů a obyvatel domu. Dále bude mít vliv způsob centrální regulace soustavy i míra lokální regulace teploty místností v závislosti na jejím denním využití. Negativně se naopak může projevit vytápění místností na vyšší než výpočtovou teplotu. Na spotřebu tepla bude mít také vliv průměrná venkovní teplota v daném roce.

Popis provedení výpočtu (viz Příloha H).

Q_r		$Q_{\text{vyt},r}$			
		[MWh/rok]	14,15		
		[GJ/rok]	50,93		
[MWh/rok]	20,51	$Q_{\text{TUV},r}$		$Q_{\text{TUV},r \text{ vo}}$	
[GJ/rok]	73,85			[MWh/rok]	4,89
		[GJ/rok]		$Q_{\text{TUV},r \text{ mo}}$	
				[MWh/rok]	1,48
				[GJ/rok]	5,32

Tabulka 5.22: Výsledky výpočtů potřebného tepla na vytápění a ohřev TUV

V levém sloupci se nachází celková potřeba tepla, v prostředním sloupci jsou hodnoty potřebného tepla na vytápění a tepla na ohřev TUV. Pravý sloupec obsahuje hodnoty potřebného tepla na ohřev TUV v topném období a mimo něj.

5.4.2 Porovnání nákladů na výrobu potřebného tepla

Podklady pro určení nákladů na výrobu potřebného tepla pro vytápění a ohřev TUV a uvažované účinnosti primárních zdrojů tepla se nachází v Příloze I. V následující tabulce je uvedeno nezbytné množství paliva pro dodání potřebného tepla. Pro variantu „Tepelné čerpadlo“ je potřeba tepla na vytápění rozdělena takto: tepelné čerpadlo (TČ) 12,96 MWh; 1,19 MWh infrapanely (IP) v koupelnách.

Otopná soustava	Výpočtová potřeba paliva:		
	Vytápění	Ohřev TUV	
		Topné období	Zbytek roku
Kotel na pelety	3 103,14 kg	1 072,36 kg	1 480 kWh
Kondenzační kotel	1 469,76 m ³ (15 506,02 kWh)	507,91 m ³ (5 358,45 kWh)	153,53 m ³ (1 691,71 kWh)
Tepelné čerpadlo	TČ: 3 724,14 kWh IP: 1 190 kWh	1 859,32 kWh	540,15 kWh
Elektrické vytápění	14 293 kWh	4 890 kWh	1 480 kWh

Tabulka 5.23: Výpočtová potřeba paliva na vytápění a ohřev TUV

V následující tabulce je uvedena kalkulace nákladů na vytápění pro jednotlivé otopné soustavy. U elektrické energie jsou zahrnuty náklady na provoz oběhových čerpadel, spotřeba elektrické energie je uvažována v nízkém tarifu (NT). Dále je zahrnuta jedna třetina roční platby za pevný měsíční tarif (MP), pokud je elektřina využívána na vytápění nebo ohřev TUV. Pevný měsíční tarif (MT) u zemního plynu je uvažován celý.

Otopná soustava	Palivo	Náklady na palivo [Kč/rok]	Náklady na výrobu tepla [Kč/rok]
Kotel na pelety	Dřevní pelety	26 306	33 921
	El. energie (NT)	6 114	
	El. energie (MP)	1 501	
Kondenzační kotel	Zemní plyn	35 188	39 902
	Zemní plyn (MT)	3 615	
	El. energie (NT)	1 099	
Tepelné čerpadlo	El. energie (NT)	19 302	20 803
	El. energie (MP)	1 501	
Elektrické vytápění	El. energie (NT)	56 790	58 697
	El. energie (MP)	1 907	

Tabulka 5.24: Výpočtové náklady na výrobu tepla

5.4.3 Náklady na realizaci otopné soustavy

Náklady na realizaci otopné soustavy jsou uvažovány ve formě ročních investičních nákladů a jsou určeny jako poměr celkové ceny výstavby systému a jeho životnosti. V porovnání je uvažována technická životnost zařízení a životnost morální, která je stanovena vyčerpáním technických možností ve srovnání s aktuálním stavem techniky [45]. Morální životnost je pro tento výpočet stanovena na 15 let.

Podrobný soupis cen jednotlivých komponentů (viz Příloha I).

Otopná soustava	Celková Investice [Kč]	Životnost primárního zdroje tepla [roky]		Roční investiční náklady [Kč/rok]	
		Technická	Morální	Tech. ž.	Morál. ž.
Kotel na pelety	193 914	30 ⁷	15	6 464	12 928
Kondenzační kotel	204 565	20 ⁸	15	10 228	13 638
Tepelné čerpadlo	589 563	20 ⁹	15	29 478	39 304
Elektrické vytápění	199 438	40 ¹⁰	15	4 986	13 296

Tabulka 5.25: Roční investiční náklady

5.4.4 Celkové roční náklady na otopnou soustavu

Celkové roční náklady na otopnou soustavu jsou součtem „Nákladů na výrobu tepla“ (viz 5.4.2) a „Ročních investičních nákladů“ (viz 5.4.3). Tato finanční položka tedy vyjadřuje nutnou roční platbu na dodání výpočtové potřeby tepla na vytápění a na pokrytí celkové investice na vybudování otopné soustavy.

Otopná soustava		Kotel na pelety	Kondenzační kotel	Tepelné čerpadlo	Elektrické vytápění
Celkové roční náklady [Kč/rok]	Tech. ž.	40 385	50 130	50 281	63 683
	Morál. ž.	46 894	53 540	60 107	71 993

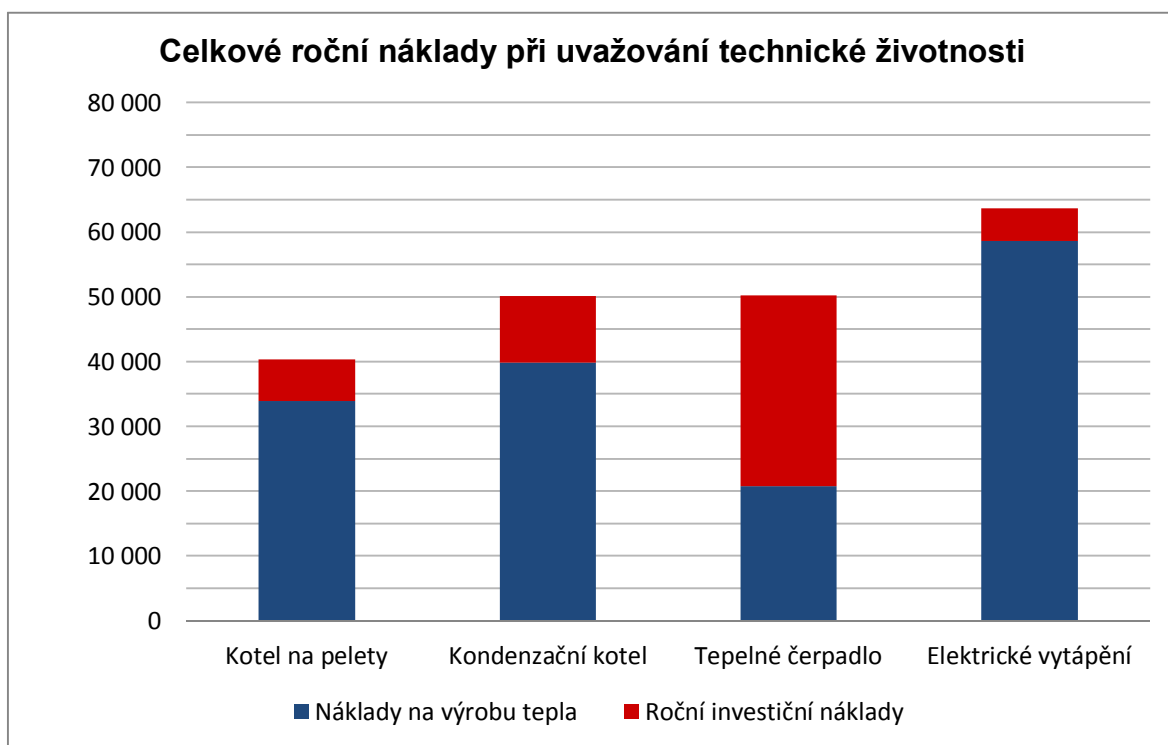
Tabulka 5.26: Celkové roční náklady na otopnou soustavu

⁷ [53]

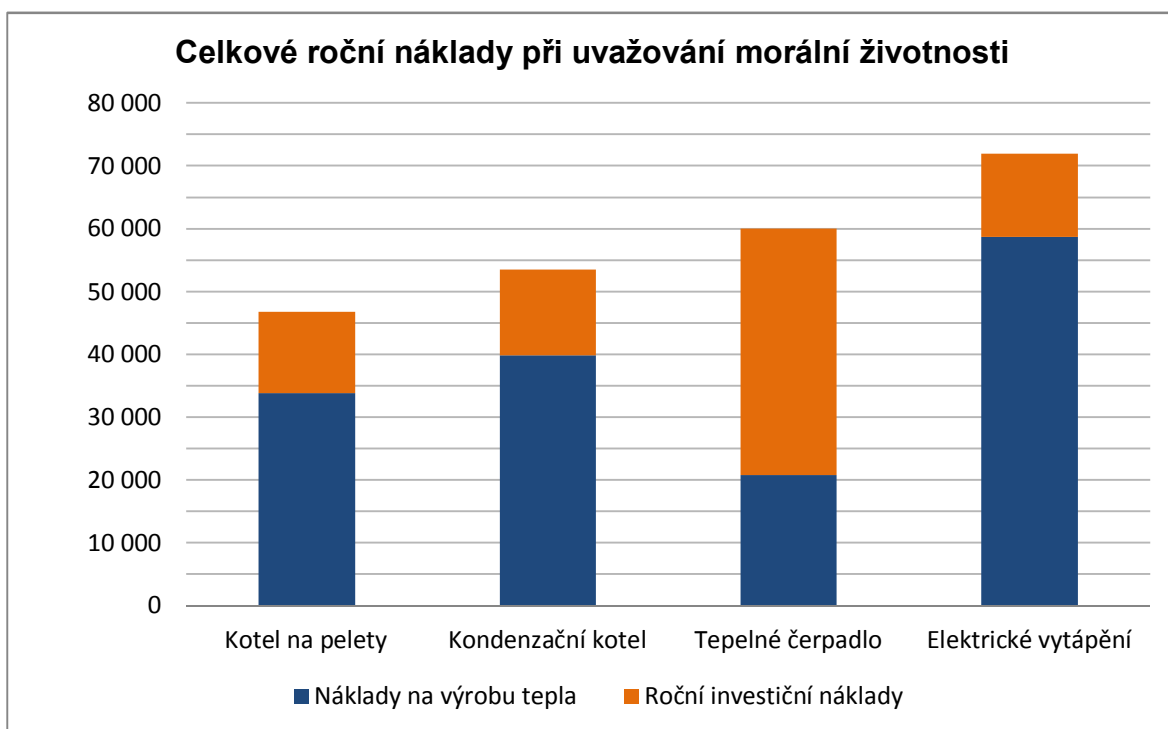
⁸ [56]

⁹ [52]

¹⁰ [54], [55]



Obrázek 5.1: Celkové roční náklady při uvažování technické životnosti



Obrázek 5.2: Celkové roční náklady při uvažování morální životnosti

5.5 Posouzení navržených variant s ohledem na životní prostředí

Současná otopná soustava příkladového rodinného domu je velmi neekologická. Kotel Viadrus Hercules U26 splňuje limity emisní třídy 1 dle normy ČSN EN 303-5 „Kotle pro ústřední vytápění - Část 5: Kotle pro ústřední vytápění na pevná paliva, s ruční a samočinnou dodávkou, o jmenovitém tepelném výkonu nejvýše 500 kW - Terminologie, požadavky, zkoušení a značení“. Prodej kotlů této třídy nebude od roku 2014 povolen a jejich provoz bude od roku 2022 zakázán [46]. Regulace otopné soustavy je velice omezená, jelikož je možné ovládat pouze množství spalovacího vzduchu. Individuální regulace teploty místností na požadovanou teplotu je možná větráním, což je z dnešního pohledu „historický“ způsob.

Oproti současnému stavu otopné soustavy jsou všechny navrhované varianty z pohledu regulace naprosto odlišné. Nabízejí totiž moderní a na spotřebu energie orientovaný způsob regulace systému díky instalovaným ekvitermním regulátorům. Jednotlivé místnosti lze regulovat nejen na požadovanou hodnotu teploty, ale díky digitálním termostatickým hlavicím a programovatelným pokojovým termostatům lze teplotu každé místnosti regulovat dle jejího denního využití. Pokud obyvatel domu tuto možnost vhodně využije, dojde ke snížení spotřeby tepla, což má samozřejmě i pozitivní vliv na ekologii, protože nedochází k nadbytečné spotřebě energie.

Zdroje tepla v navrhovaných variantách je zapotřebí zhodnotit zvlášť. Kotel Viadrus Hercules DUO, který je vytvořen díky přestavbové sadě ze stávajícího kotle, splňuje požadavky emisní třídy 3 dle ČSN EN 303-5, což je nejnižší možná třída schválená pro provoz i po roce 2022. Jako palivo je pro tuto zvolena dřevní peleta, která se řadí mezi biopaliva. Pelety jsou ze strany Evropské unie prosazovány, takže je možné i tento tepelný zdroj zhodnotit jako ekologicky šetrný právě díky zvolenému druhu paliva. Kondenzační kotel Viadrus Claudius K 2 L23 spaluje zemní plyn a splňuje emisní třídu NO_x 5 dle ČSN EN 483 „Kotle na plynná paliva pro ústřední vytápění - Kotle provedení C s jmenovitým tepelným příkonem nejvýše 70 kW“. Třída pět má nejnižší podíl vyprodukovaných NO_x na dodanou kWh tepla. Díky této skutečnosti a díky samotnému principu kondenzačního kotle (viz 2.4.2) lze konstatovat, že je zvolený kondenzační kotel v dané kategorii z pohledu ekologie nejpříjemnější. Zbylé varianty, tj. tepelné čerpadlo vzduch/voda AC Heating Convert AW9 a systém s infrapanely Fenix GR a podlahovými topnými Fenix ECOFILM F, v místě dodávky tepla neprodukují žádné emise. Jsou však napájeny elektrickou energií, při jejíž výrobě k produkci emisí dochází. Z toho pohledu je pak

výhodná varianta s tepelným čerpadlem, protože tento tepelný zdroj získává přibližně 70 % dodané energie z okolního prostředí a zbylých 30 % pokryje elektřina (viz 2.4.4). Oproti tomu u systému s infrapanely a topnými fóliemi je veškerá energie potřebná na dodávku tepla získaná z elektřiny.

Na základě uvedených informací lze stanovit pořadí navrhovaných variant z pohledu ekologie od nejpříjemnější varianty k nejméně vyhovující takto:

Pořadí	Varianta otopného systému
1.	Tepelné čerpadlo
2.	Kotel na pelety
3.	Kondenzační kotel
4.	Elektrické vytápění

Tabulka 5.27: Pořadí variant rekonstrukce dle zhodnocení z pohledu ekologie

5.6 Výběr dvou nejvhodnějších variant rekonstrukce systému pro vytápění

Dle provedené ekonomické bilance a posouzení variant rekonstrukce s ohledem na životní prostředí se otopná soustava s pracovním názvem „Kotel na pelety“ jeví jako nejvhodnější způsob renovace. Jako druhou nejpříhodnější variantu rekonstrukce lze stanovit systém „Kondenzační kotel“ nebo „Tepelné čerpadlo“. Při uvažování morální životnosti otopných systémů jsou u soustavy „Tepelné čerpadlo“ roční náklady o 6 567 Kč vyšší než u systému „Kondenzační kotel“. Varianta „Tepelné čerpadlo“ je však přijatelnější s ohledem na životní prostředí a nabízí možnost chlazení budovy, proto je i přes vyšší náklady zvolena druhou nejvhodnější variantou rekonstrukce systému pro vytápění právě soustava „Tepelné čerpadlo“. Tato varianta s tepelným čerpadlem však vyžaduje rozsáhlé stavební úpravy při instalaci podlahových otopných ploch. Proto je dále navržena a zkoumána soustava s pracovním názvem „Alternativa TČ“, která je založena na systému „Tepelné čerpadlo“, ale využívá deskových otopných těles.

5.6.1 Technický popis a ekonomická bilance: Alternativa TČ

Technický popis:

Popis se řídí doporučeními výrobce tepelného čerpadla AC Heating Convert AW9 [38].

Popis otopné soustavy

Nízkoteplotní otopná soustava se spádem 55/45 °C. Podkladem pro zapojení soustavy je schéma (viz Příloha G). Na rozdíl od tohoto nákresu jsou ale v systému instalována desková otopná tělesa. Soustava se skládá z tepelného čerpadla AC Heating Convert AW9 a jediného přímého topného okruhu, záložním (bivalentním) tepelným zdrojem je elektrokotel Mora-Top Electra Mini o výkonu 6 kW (zapojen v sérii). V místnosti Pr06 jsou ponechána stávající krbová kamna a další budou instalována v místnosti PrPod01 v části Pod01. Krbová kamna slouží jako záložní zdroj v případě výpadku dodávky elektrické energie. TUV je po celý rok ohřívána tepelným čerpadlem v nepřímotopném vertikálním ohříváči ACV SMART 210 o objemu 203 litrů. Maximální dosažitelná teplota TUV je 55 °C, její ohřev probíhá v přednostním režimu před vytápěním. Soustava umožňuje také chlazení díky reverzaci chodu tepelného čerpadla.

Potrubní rozvod tvoří trubka CU 28x1 mm, uložení v technickém podlaží volně a ve stropě pod izolací, v obytném prostoru ve stěnách. Propojení vnitřní a vnější jednotky tepelného čerpadla je realizováno pomocí měděných trubek s kaučukovou izolací.

Druh energie

Zdrojem tepla pro vytápění a přípravu TUV je elektřina a energie získaná z okolí. Sekundárním zdrojem energie je spalování kusového dřeva v krbových kamnech instalovaných v místnostech Pr06 a PrPod01.

Zdroj tepla pro vytápění a ohřev TUV

Tepelné čerpadlo AC Heating Convert AW9 (viz Tabulka 5.14) a elektrokotel Mora-Top Electra Mini (viz Tabulka 5.15)

Krbová kamna v místnosti Pr06, Krbová kamna THORMA FALUN o výkonu 8 kW v místnosti PrPod01 v části Pod01

Zabezpečovací zařízení soustavy

1x pojistný ventil, 1x odvzdušňovací ventil, 2x filtr, 1x zpětná klapka, 1x expanzní nádoba uzavřená Regulus MB IN LINE, 1x trojcestný ventil SF 25, 1x bypass („přepouštěcí ventil“) topného okruhu

Regulace a měření

1x regulátor xCC Executive, 1x prostorový přístroj QAA 55.110 (referenční místnost Pr06), 2x příložné čidlo na topném okruhu QAD 36/101, 1x ponorné čidlo QAZ36.522/109, Venkovní čidlo QAC34/101, 1x teploměr, 1x tlakoměr

9x programovatelná termostatická hlavice eQ-3 K, 1x Ruční hlavice TM 3052 (místnost Pr06)

Čerpací zařízení

1x oběhové čerpadlo Wilo Star RS 25/6 (součást jednotky tepelného čerpadla)

Uzavírání, plnění a vypouštění otopné soustavy

9x kulový kohout, 5x vypouštěcí ventil (též plnění soustavy)

Otopná tělesa

Otopná tělesa desková typ Kermi Therm X2 Profil-V [34] se spodním připojením a termostatickým ventilem, připojení pomocí přípojného šroubení úhlového ZHWIVA 002 s roztečí 50 mm, přípojné šroubení umožňuje uzavření vstupu i výstupu otopného tělesa.

Otopná tělesa vertikální desková Kermi Verteo Profil, spodní středové připojení s roztečí 50 mm, ventilový blok rohový ZV00410001.

Kód místnosti	Typ tělesa	Název	Výkon [W]	Rozměr (L*H*B) [mm]
PrPod01	deskové	Profil-V 10	108	500 * 300 * 61
Pr02	deskové	Profil-V 33	862	700 * 600 * 155
Pr03	vertikální d.	Typ 22	1238	700 * 2200 * 100
Pr04	deskové	Profil-V 33	738	600 * 600 * 155
Pr05	deskové	Profil-V 33	615	500 * 600 * 155
Pr06	deskové	Profil-V 33	1354	1100 * 600 * 155
Pod02	deskové	Profil-V 33	985	800 * 600 * 155
Pod03	vertikální d.	Typ 22	939	600 * 1800 * 100
Pod04	deskové	Profil-V 33	1354	1100 * 600 * 155
Pod05	deskové	Profil-V 33	1108	900 * 600 * 155

Tabulka 5.28: Navržené parametry otopných těles „Alternativa TČ“

Ekonomická bilance:

Celkové náklady na vybudování soustavy činí 407 468 Kč. Při ekonomické bilanci je uvažován tento provoz elektrokotle: 6kW s účinností 99 %, 4 hodiny za den během 21 dní za rok. Elektrokotel tedy dodá 509 kWh z celkového vypočteného potřebného tepla na vytápění pro příkladový dům. Účinnost (COP vytápění A2W55) a podrobný rozpis nákladů viz Příloha I.

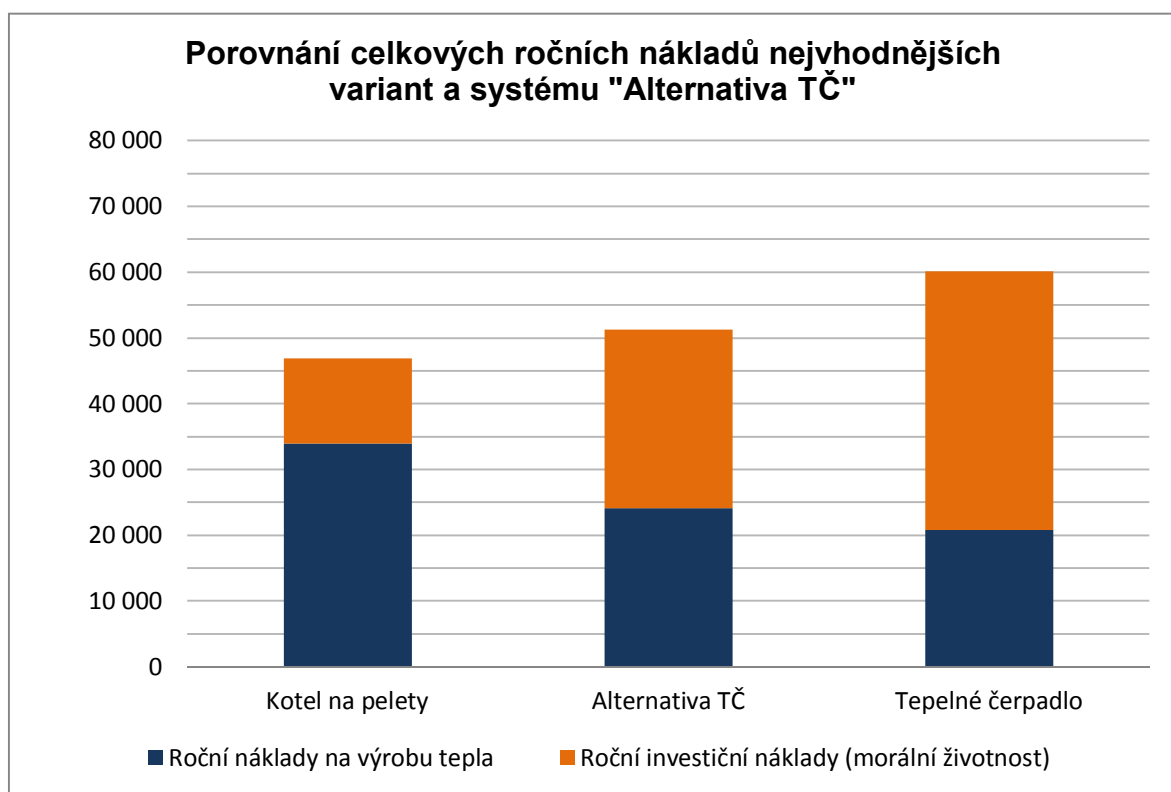
Zdroj tepla	Výpočtová potřeba paliva:		
	Vytápění	Ohřev TUV	
		Topné období	Zbytek roku
Tepelné čerpadlo	5 320,00 kWh	1 859,32 kWh	540,15 kWh
Elektrokotel	509,00 kWh	-	-
Díličí náklady na palivo	16 042 Kč/rok	5 117 Kč/rok	1 487 Kč/rok

Tabulka 5.29: Výpočtová potřeba paliva „Alternativa TČ“

Roční náklady soustavy:	Technická životnost	Morální životnost
Investiční náklady [Kč/rok]	20 374	27 165
Náklady na palivo [Kč/rok]	22 646	22 646
Pevný měsíční tarif [Kč/rok]	1 501	1 501
Celkové roční náklady [Kč/rok]	44 531	51 312

Tabulka 5.30: Roční náklady „Alternativa TČ“

5.6.2 Porovnání varianty „Alternativa TČ“ s vybranými nejvhodnějšími soustavami



Obrázek 5.3: Porovnání celkových ročních nákladů nejvhodnějších variant a systému „Alternativa TČ“

Z grafu je patrné, že celkové roční náklady varianty „Alternativa TČ“ jsou oproti hodnotě systému „Tepelné čerpadlo“ nižší. Konkrétně se jedná o částku 8 795 Kč/rok při uvažování morální životnosti (viz 5.4.3). Na základě těchto poznatků jsou pro zadaný příkladový dům nově zvoleny otopné soustavy „Kotel na pelety“ a „Alternativa TČ“, jako nejvhodnější varianty rekonstrukce systému pro vytápění.

6 Závěr

Cílem této práce bylo navrhnout různé varianty rekonstrukce systému pro vytápění u zadaného příkladového domu a zvolit dva nejvhodnější způsoby.

Příkladovým domem byla jedna část dvojdomku ze 70. let 20. století o výměře vytápěné plochy 149 m², u které byla provedena rekonstrukce a zateplení stavebních částí. Stávající otopná soustava byla zhodnocena jako nevyhovující jak z ekonomického, tak ekologického hlediska, jelikož disponuje pouze velice omezenou regulací výkonu kotle na tuhá paliva a neumožňuje regulaci teploty v jednotlivých místnostech.

Jako možné varianty rekonstrukce byly navrženy systémy s automatickým kotlem na spalování pelet, soustava s plynovým kondenzačním kotlem, systém s tepelným čerpadlem vzduch/voda a systém kombinující infrapanely a elektrické podlahové vytápění. Pro stanovení potřebných parametrů zdroje tepla a otopných těles, tedy také pro zpracování technického popisu, byla dle normy ČSN EN 12831 zpracována „Metodika výpočtu tepelného výkonu pro vytápění“ (viz 3).

Ekonomická bilance byla vypracována jako porovnání celkových ročních nákladů na danou soustavu. Tyto celkové náklady se skládají z ročních investičních nákladů, které jsou stanoveny jako podíl celkové investice a uvažované životnosti, a ročních nákladů na výrobu tepla. Tato složka celkových nákladů byla kalkulována jako náklady na dodání potřebného tepla na vytápění a ohřev TUV, viz „Metodika výpočtu potřebného tepla na vytápění a ohřev TUV“ (viz 4). Vliv na životní prostředí byl vyhodnocen s přihlédnutím na technologii výroby tepla jednotlivých zdrojů a na politiku Evropské unie v dané problematice.

Jako dvě nejvhodnější varianty rekonstrukce systému pro vytápění byly zvoleny soustavy s pracovními názvy „Kotel na pelety“ a „Alternativa TČ“. U soustavy „Kotel na pelety“ se ukázalo, že je možné využít stávající zánovní kotel na tuhá paliva tak, že se pomocí speciální sady přestaví na automatický kotel na pelety. U varianty „Alternativa TČ“ bylo prokázáno, že se v tomto případě rekonstrukce nevyplatí budovat podlahové otopné plochy, ale z pohledu celkových nákladů je výhodnější využít desková otopná tělesa.

Pokud by byla některá z navržených variant realizována, je zapotřebí zmínit následující skutečnosti. Vyhláška č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov stanovuje využití normy ČSN EN ISO 13 790 „Tepelné chování budov - Výpočet potřeby energie

pro vytápění a chlazení“ pro výpočet tepelných ztrát budovy. V této práci byla pro tento výpočet využita norma ČSN EN 12 831 „Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu“. Obě uvedené normy jsou platné. V ekonomické analýze byly kalkulovány hodnoty vypočteného potřebného tepla na vytápění a ohřev TUV. Skutečná spotřeba tepla se však od tohoto výpočtu bude lišit, jelikož výpočet potřebného tepla nezahrnuje vnitřní tepelné zisky budovy a zisky z oslunění obálky budovy. Přesný výpočet dodané energie stanovuje také vyhláška č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov.

Tato práce může posloužit vlastníkům rodinných domů, kteří uvažují o modernizaci otopné soustavy, jako materiál ukazující možnosti a finanční náročnost rekonstrukce.

Seznam použité literatury

- [1] Vyhláška o energetické náročnosti budov. In: 78/2013 Sb.22.3.2013. Dostupné z: <http://www.sbirka.cz/POSL4TYD/NOVE/13-078.htm>.
- [2] POČINKOVÁ, Marcela. Podlahové a stěnové vytápění, stropní chlazení. Vyd. 2. Brno: Computer Press, 2009, vi, 118 s. Stavíme. ISBN 978-80-251-2746-9.
- [3] POČINKOVÁ, Marcela a Lea TREUOVÁ. Vytápění. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2011, xvi, 151 s. Stavíme. ISBN 978-80-251-3329-3.
- [4] CENTNEROVÁ, Lada. Tepelná pohoda a nepohoda. In: TZB-info [online]. 13.12.2000 [cit. 2012-11-14]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/404-tepelna-pohoda-a-nepohoda> .
- [5] ČSN EN 12831. Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [6] VELFEL, Petr. Energie pro rodinný dům. 1. vyd. Hradec Králové: Paradise Studio, 2010, 173 s. ISBN 978-80-254-7679-6.
- [7] PETRÁŠ, Dušan. Vytápění rodinných a bytových domů. 1. české vyd. Bratislava: Jaga, 2005, 246 s. Vytápění. ISBN 80-807-6020-9.
- [8] Peletky. TZB-info [online]. © 2001-2012 [cit. 2012-11-10]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/peletky>.
- [9] LYČKA, Zdeněk. Dřevní peleta II: spalování v malých zdrojích tepla. 1. vyd. Krnov: LING Vydavatelství, 2011, 71 s. ISBN 978-80-904914-1-0.
- [10] STUPAVSKÝ, Vladimír. Peletové vytápěcí soustavy pro rodinné domy. In: TZB-info [online]. 11.1.2010 [cit. 2012-11-10]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/peletky/6170-peletove-vytapeci-soustavy-pro-rodinne-domy>.
- [11] Novinka na trhu s biomasou - jarní ceny pelet jednotné pro celou ČR. In: TZB-info [online]. 26.4.2010 [cit. 2012-11-10]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/biomasa/6422-novinka-na-trhu-s-biomasou-jarni-ceny-pelet-jednotne-pro-celou-cr> .
- [12] VALENTA, Vladimír. Kondenzační kotel pro každého (I). In: TZB-info [online]. 1.2.2002 [cit. 2012-11-28]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/868-kondenzacni-kotel-pro-kazdeho-i> .
- [13] FUČÍK, Zdeněk. Stručná teorie kondenzace u kondenzačních plynových kotlů. TZB-info [online]. 2.4.2004 [cit. 2012-11-28]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1912-strucna-teorie-kondenzace-u-kondenzacnich-plynovych-kotlu> .
- [14] Infrapanely: Vyplatí se jako hlavní zdroj vytápění?. SCHUHOVÁ, Tereza. Nalezno.cz [online]. 12.12.2011 [cit. 2013-01-15]. Dostupné z:

<http://www.nazeleno.cz/infrapanely-vyplati-se-jako-hlavni-zdroj-vytapeni.aspx>.

- [15] Vytápění nízkoenergetického rodinného domu elektřinou a plynem – srovnání. ŠOVČÍK, Petr. Stavebnictvi3000.cz [online]. © 2001–2013 [cit. 2013-01-15]. Dostupné z: <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/vytapeni-nizkoenergetickeho-rodinneho-domu-elektřinou-a-plynem-srovnani/>.
- [16] VELFEL, Petr. Energie pro rodinný dům. 1. vyd. Hradec Králové: Paradise Studio, 2010, 173 s. ISBN 978-80-254-7679-6.
- [17] Kdy se elektrické přímotopy vyplatí - 1.díl. DřevoStavitel [online]. 23.07.2012 [cit. 2013-01-15]. Dostupné z: <http://www.drevostavitel.cz/clanek/kdy-se-vyplati-elektricke-primotopy-1dil>.
- [18] Tepelná čerpadla. TZB-info [online]. © 2001-2013 [cit. 2013-01-15]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla>.
- [19] Princip tepelných čerpadel. MasterTherm [online]. © 2012 [cit. 2013-01-15]. Dostupné z: <http://www.mastertherm.cz/princip-tepelneho-cerpadla>.
- [20] SRDEČNÝ, Karel. Tepelná čerpadla. 1. vyd. Brno: ERA, 2005, vi, 68 s. ISBN 80-736-6031-8.
- [21] Vyberáte do svého bytu nová otopná tělesa?. ČeskéStavby.cz [online]. 23.12.2011 [cit. 2013-01-17]. Dostupné z: <http://www.ceskestavby.cz/clanky/vybirate-do-sveho-bytu-nova-otopna-telesa-20574.html>.
- [22] ČSN 73 0540 - 4. Tepelná ochrana budov – Část 4: výpočty. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [23] Projekční podklady a pomůcky - Tepelná bilance objektu - denostupňová metoda. Katedra technických zařízení budov K11125, České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební [online]. [© 2005] [cit. 2013-02-12]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz>.
- [24] Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody. REINBERK, Zdeněk. TZB-info [online]. © 2001-2013 [cit. 2013-02-12]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapeni-a-ohrev-teple-vody>.
- [25] BILANCE A VÝPOČTY. Hestia VIVID 5 [online]. [2008] [cit. 2013-02-12]. Dostupné z: <http://hestia.energetika.cz/encyklopedie/12.htm>.
- [26] Tepelné ztráty přípravy teplé vody. Panelové domy [online]. 15.1.2010 [cit. 2013-03-20] Dostupné z: <http://panelovedomy.ekowatt.cz/tepla-voda/39-tepelne-zraty-pripravy-teple-vody>.
- [27] ČSN 06 0320. Tepelné soustavy v budovách - Příprava teplé vody - Navrhování a projektování. Praha: Český normalizační institut, 2006. .
- [28] Návod k obsluze Viadrus Hercules U 26. [2011], 59 s. .

- [29] Návod k obsluze Regulátor tahu Regulus RT3. [2011], 4 s.
- [30] Návod Přestavbová sada kotle U26 na Hercules Duo model 2013. [2013].
- [31] Prospekt Přestavbová sada kotle U26 na Hercules Duo model 2013. [2013].
- [32] VALENTA, Vladimír. Parametry tepelných soustav zvyšující účinnost kondenzačních kotlů. TZB-info [online]. 2.10.2006 [cit. 2013-03-13]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3565-parametry-tepelných-soustav-zvyšující-účinnost-kondenzačních-kotlů> .
- [33] Projekční podklady VIADRUS - automatické kotle na tuhá paliva do 50 kW - 01/2012. 2012. Dostupné z: http://www.viadrus.cz/doc/cms_library/pp_kotletp_automat_2012-03-21-96.pdf.
- [34] Therm X2 Profil-V. Kermi [online]. © 2007-2013 [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: <http://kermi.tzb-info.cz/?page=profilv>.
- [35] KORALUX RONDO MAX – M - trubkové otopné těleso se středovým připojením. Korado [online]. © 2012 [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: http://www.korado.cz/cs/vyrobky/koralux/prehled_modelu/produktova_rada_max/koralux_rondo_max_m.shtml.
- [36] Projekční podklady VIADRUS - kondenzační kotle s výkonem do 50 kW. 2012. Dostupné z: http://www.viadrus.cz/doc/cms_library/pp_kotle_kondenzacni_2012-04-4-94.pdf.
- [37] Viadrus Claudius K2, návod k obsluze a instalaci kotle. 2012. Dostupné z: http://www.viadrus.cz/doc/cms_library/cz_viadrus_claudius_k2_siemens_navod_k_obsluze_a_instalaci_41_2012-33.pdf .
- [38] Projekční podklady Convert AW/Regulace xCC. [2012]. Dostupné z: <http://www.ac-heating.cz/upload/file/Projek%C4%8Dn%C3%AD%20podklady%20Convert%20AW.pdf> .
- [39] Mora-Top [online]. © 2005 [cit. 2013-03-28]. Dostupné z: <http://moratop.cz/index.jsp> .
- [40] Podlahové vytápění. TZB-info [online]. © 2001-2013 [cit. 2013-03-28]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/podlahove-vytapeni> .
- [41] Grafy a tabulky - Systém Revel. <i>Revel</i> [online]. © 2013 [cit. 2013-04-01]. Dostupné z: <http://www.revel-pex.com/system-revel-pex/grafy-a-tabulky/>.
- [42] FENIX [online]. © 2007 [cit. 2013-03-29]. Dostupné z: <http://www.fenixgroup.cz/pages/cs/jen-slunce-umi-lepe>.
- [43] Návod k montáži a použití: GR panel. 2012. Dostupné z: <http://www.fenixgroup.cz/pages/files/pdf/N183.pdf> .

- [44] OKCE (kulaté). Dražice [online]. © 2012 [cit. 2013-03-30]. Dostupné z: <http://www.dzd.cz/index.php/cs/sortiment/elektricke-ohrivace/zavesne-svisle/okce-kulate>.
- [45] Nákladově optimální úrovně minimálních požadavků na energetickou náročnost budov. 2011. Dostupné z: http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/ekonomie_publicace-2011.pdf.
- [46] DŮLEŽITÉ - od 1.9.2012 NOVÝ ZÁKON o ochraně ovzduší. Vetim [online]. [2012] [cit. 2013-04-05]. Dostupné z: <http://www.vetim.cz/uvod/aktuality/detail/dulezite-od-192012-novy-zakon-o-ochrane-ovzdusi/>.
- [47] LAXA, Václav, ŠVÁB, Václav. Rekonstrukce domu na nízkoenergetický standard : Praktická řešení. 1. vyd. Plzeň : ENVIC, o.s., 2009. 56 s. ISBN 978-80-254-5.
- [48] Nezámrzná hloubka. PERGOLYKUČERA [online]. © 2012 [cit. 2013-01-16]. Dostupné z: http://www.pergolykucera.cz/?page_id=265.
- [49] Využití regulační techniky. KEA Olomouckého kraje [online]. © 2006-2009 [cit. 2013-01-18]. Dostupné z: <http://www.kea-olomouc.cz/index.php?ca=spotreba&ar=05>.
- [50] Návod k instalaci a obsluze Viadrus Hercules U 26. 2012. Dostupné z: http://www.viadrus.cz/doc/cms_library/cz_sk_viadrus_hercules_u26_model_2010_navod_k_obsluze_a_instalaci_42_2012-4.pdf.
- [51] MATZ, Václav. Ekvitermní regulace – princip a využití v systémech regulace vytápění. TZB info [online]. 8.3.2010 [cit. 2013-03-28]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/mereni-a-regulace/6294-ekvitermni-regulace-princip-a-vyuziti-v-systemech-regulace-v>.
- [52] Často kladené otázky. AC Heating [online]. © 2010 [cit. 2013-04-02]. Dostupné z: <http://www.ac-heating.cz/casto-kladene-otazky.htm>.
- [53] Katalog tepelné techniky. [2013]. Dostupné z: http://www.rojek.cz/pdf/Kotle_CZ.pdf.
- [54] SCHUHOVÁ, Tereza. Infrapanely: Vyplatí se jako hlavní zdroj vytápění?. Nalezno.cz [online]. 12.12.2011 [cit. 2013-04-02]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/vytapani/primotopy/infrapanely-vyplati-se-jako-hlavni-zdroj-vytapani.aspx>.
- [55] BERNATÍK, Dalibor. ECOFILM F. 31.10.2002. Dostupné z: http://www.fenixgroup.cz/pages/files/pdf/454_ecofilm_f.pdf.
- [56] Čím se dnes vyplatí topit?. <i>Biom.cz</i> [online]. 2.8.2007 [cit. 2013-04-02]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/legislativa/fyto-legislativa/cim-se-dnes-vyplati-topit>.

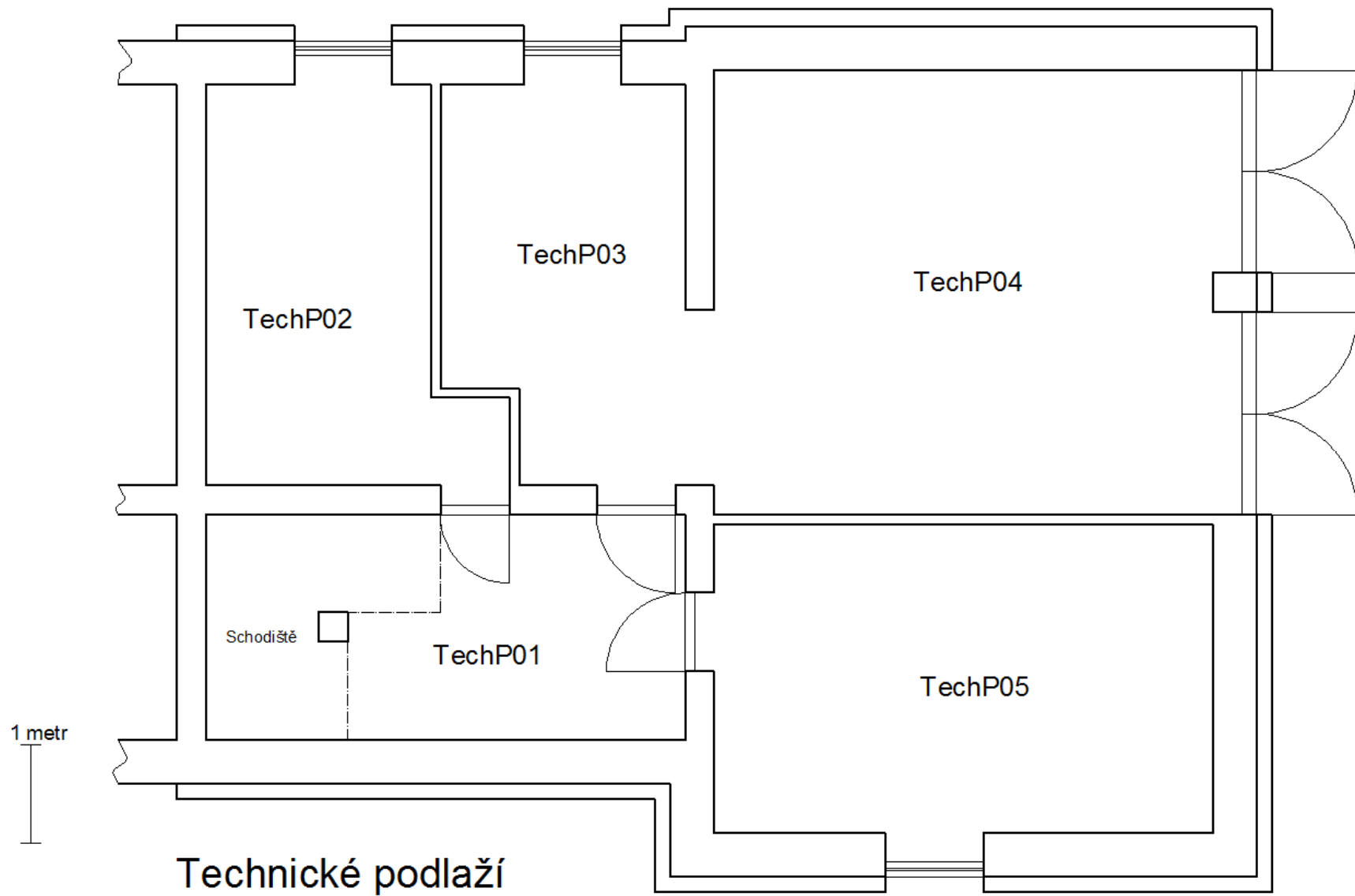
Přílohy

Příloha A: Půdorysy domu

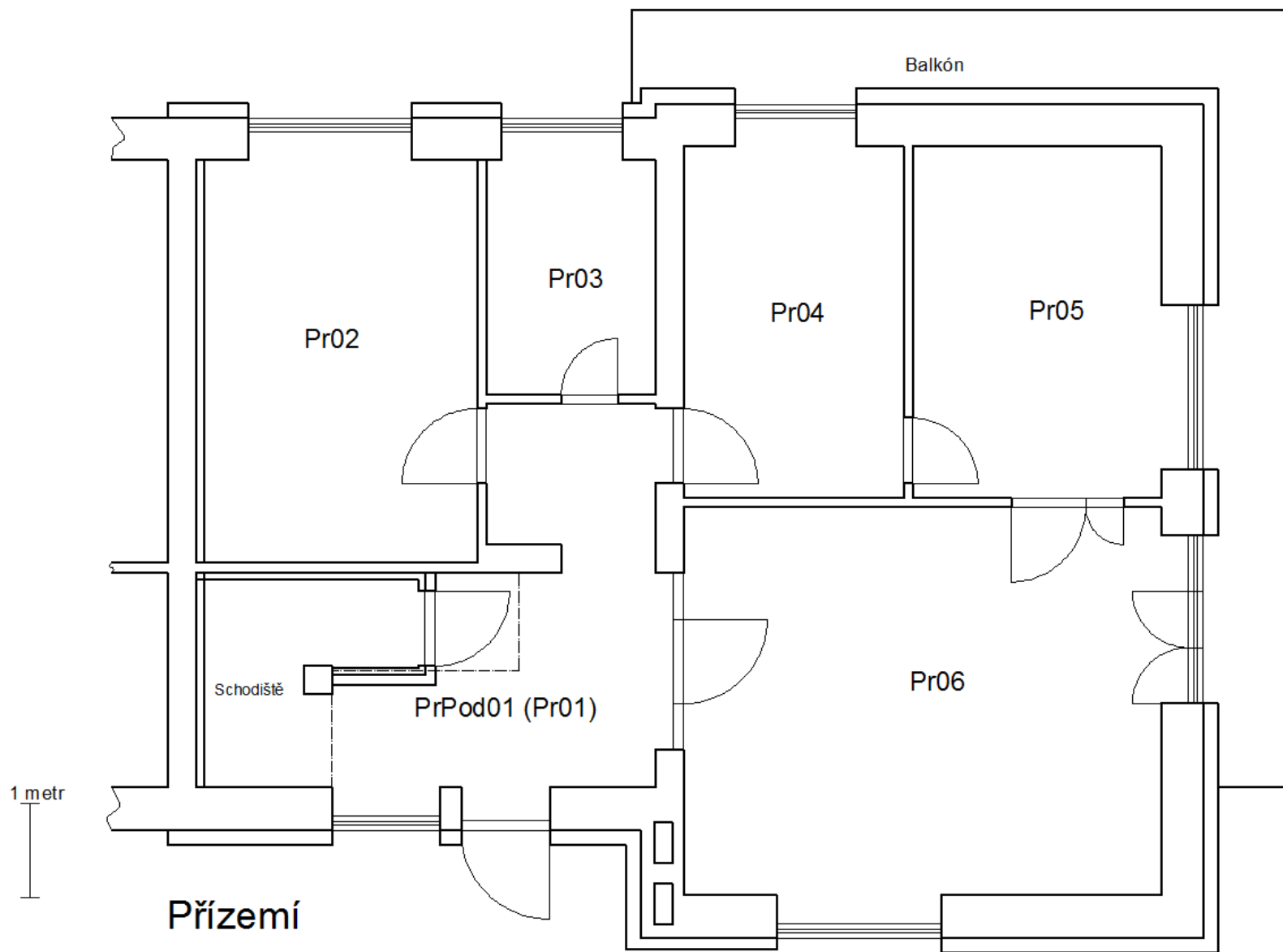
Tato příloha obsahuje nákresy třech podlaží příkladového domu.

Kód	Místnost
PrPod01	Přízemí: chodba; schodiště; Podkroví: chodba (zkosení)
Pr02	Přízemí: ložnice 1
Pr03	Přízemí: koupelna a WC 1
Pr04	Přízemí: kuchyň 1
Pr05	Přízemí: ložnice 2
Pr06	Přízemí: obývací pokoj
Pod02	Podkroví: ložnice 3
Pod03	Podkroví: koupelna a WC 2
Pod04	Podkroví: kuchyň 2 (zkosení)
Pod05	Podkroví: ložnice 4 (zkosení)

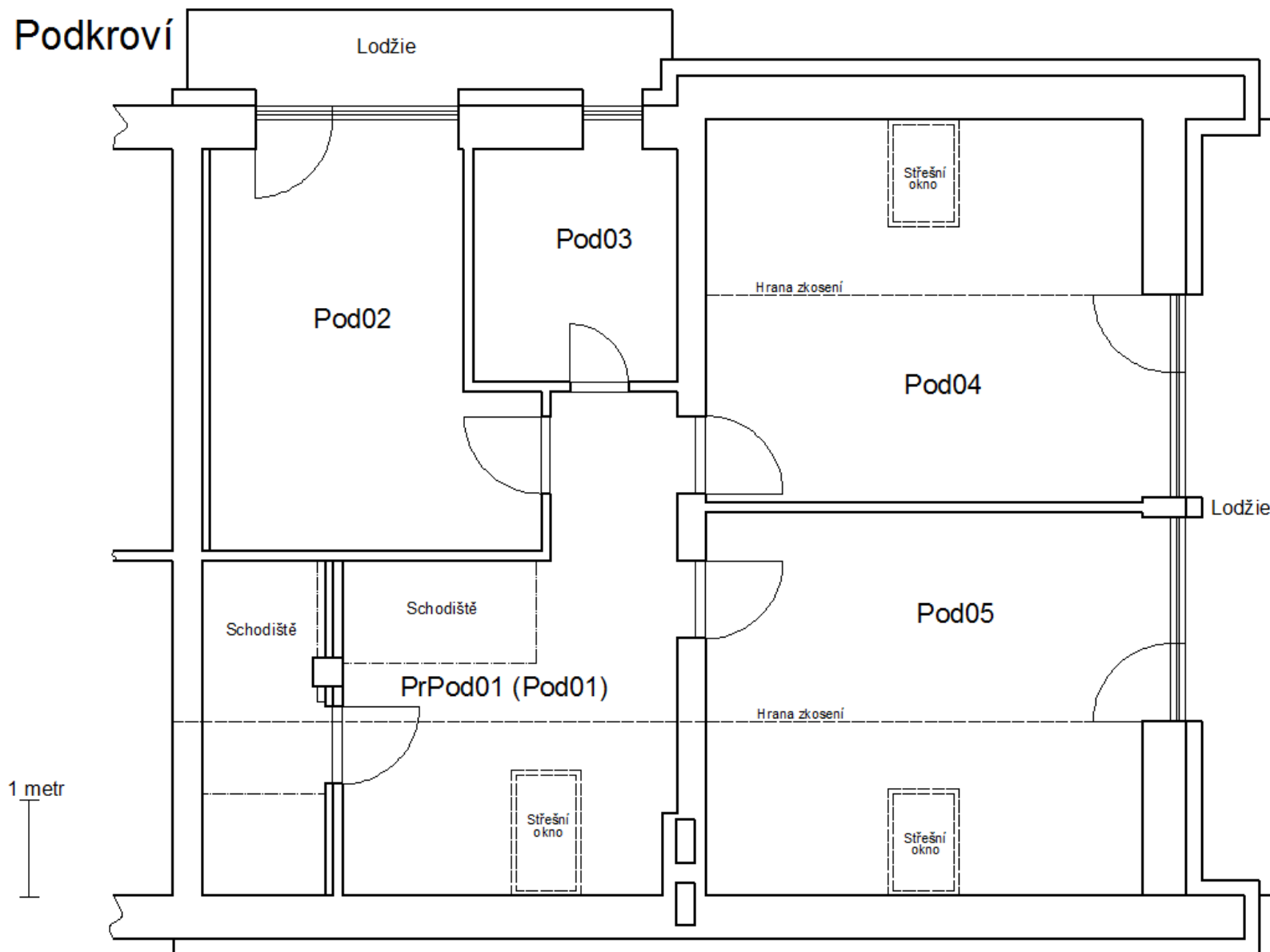
Tabulka A.1: Místnosti vytápěného prostoru



Obrázek A.1: Půdorys - Technické podlaží



Obrázek A.2: Půdorys - Přízemí



Obrázek A.3: Půdorys - Podkroví

Příloha B: Podrobný rozpis stavebních částí budovy

V této příloze je uveden podrobný rozpis vytápěných místností. Každá místnost je rozdělena na plochy stavebních částí dle součinitele prostupu tepla a dle sousedních místností. Součinitel tepelné ztráty prostupem H_x vyjadřuje příslušnost dané stavební části k jednotlivým složkám součinitele prostupu tepla. Protože sousední část dvojdomku není trvale užívána, jsou prostory sousední části uvažovány jako nevytápěné.

Kód místnosti	Kód materiálu	Sousední místnost	H_x [W/K]	A_k [m ²]
PrPod01 (část: Přízemí)	Ven01	-	$H_{T,ie}$	5,69
	Ven05	-	$H_{T,ie}$	1,38
	Ven07	-	$H_{T,ie}$	2,04
	Ven02	TechP01; TechP03	$H_{T,iue}$	11,34
	Ven08	Sou01	$H_{T,iue}$	2,50
	Ven10	TechP01	$H_{T,iue}$	3,47
	Ven09	TechP01	$H_{T,iue}$	1,58
	Vyt02	Pr02	$H_{T,j}$	1,04
	Vyt02	Pr03	$H_{T,j}$	5,00
	Vyt03	Pr04; Pr06	$H_{T,j}$	6,85
	Vyt04	Pr04; Pr06	$H_{T,j}$	4,71
	Vyt04	Pr03	$H_{T,j}$	1,58
	Pr02	Ven01	-	$H_{T,ie}$
Ven05		-	$H_{T,ie}$	2,28
Ven02		TechP02; TechP03	$H_{T,iue}$	16,77
Ven08		Sou01	$H_{T,iue}$	10,75
Ven10		TechP01	$H_{T,iue}$	8,75
Vyt01		Pod02	$H_{T,j}$	14,67
Vyt01		Pod03	$H_{T,j}$	2,1
Vyt02		PrPod01	$H_{T,j}$	3,22
Vyt04		PrPod01	$H_{T,j}$	1,58
Vyt02		Pr03	$H_{T,j}$	7,00
Tabulka pokračuje na následující straně				

Kód místnosti	Kód materiálu	Sousední místnost	H_x [W/K]	A_k [m ²]
Pr03	Ven01	-	$H_{T,ie}$	2,81
	Ven05	-	$H_{T,ie}$	1,69
	Ven02	TechP03	$H_{T,iue}$	5,60
	Vyt01	PrPod01	$H_{T,j}$	0,72
	Vyt01	Pod03	$H_{T,j}$	4,32
	Vyt02	Pr02	$H_{T,j}$	7,00
	Vyt02	PrPod01	$H_{T,j}$	5,00
	Vyt03	Pr04	$H_{T,j}$	7,00
	Vyt04	PrPod01	$H_{T,j}$	1,58
Pr04	Ven01	-	$H_{T,ie}$	4,31
	Ven05	-	$H_{T,ie}$	1,69
	Ven02	TechP04	$H_{T,iue}$	9,00
	Vyt01	Pod04; Pod05	$H_{T,j}$	9,00
	Vyt02	Pr05;Pr06	$H_{T,j}$	14,37
	Vyt04	Pr05	$H_{T,j}$	1,38
	Vyt03	Pr03	$H_{T,j}$	7,00
	Vyt03	PrPod01	$H_{T,j}$	1,17
	Vyt04	PrPod01	$H_{T,j}$	1,58
Pr05	Ven01	-	$H_{T,ie}$	13,85
	Ven05	-	$H_{T,ie}$	2,28
	Ven02	TechP04	$H_{T,iue}$	10,13
	Vyt01	Pod04; Pod05	$H_{T,j}$	10,13
	Vyt02	Pr04; Pr06	$H_{T,j}$	13,73
Tabulka pokračuje na následující straně				

Kód místnosti	Kód materiálu	Sousední místnost	H_x [W/K]	A_k [m ²]
Pr05 (pokračování)	Vyt04	Pr06	$H_{T,j}$	2,40
Pr06	Ven01	-	$H_{T,ie}$	22,17
	Ven05	-	$H_{T,ie}$	3,96
	Ven02	TechP04; TechP05	$H_{T,iue}$	21,17
	Vyt01	Pod04; Pod05	$H_{T,j}$	21,17
	Vyt02	Pr04; Pr05	$H_{T,j}$	10,10
	Vyt04	Pr05	$H_{T,j}$	2,40
	Vyt03	PrPod01	$H_{T,j}$	6,58
	Vyt04	PrPod01	$H_{T,j}$	3,80

Tabulka B.1: Podrobný rozpis stavebních částí přízemí

Kód místnosti	Kód materiálu	Sousední místnost	H_x [W/K]	A_k [m ²]
PrPod01 (část: Podkroví)	Ven04	-	$H_{T,ie}$	10,33
	Ven06	-	$H_{T,ie}$	0,94
	Ven01	-	$H_{T,ie}$	3,16
	Ven10	Pu01	$H_{T,iue}$	2,20
	Ven09	Pu01	$H_{T,iue}$	1,58
	Ven03	Pu01	$H_{T,iue}$	15,64
	Ven02	TechP01	$H_{T,iue}$	6,28
	Ven08	Sou01	$H_{T,iue}$	2,50
	Vyt01	Pr03	$H_{T,j}$	0,52
Tabulka pokračuje na následující straně				

Kód místnosti	Kód materiálu	Sousední místnost	H_x [W/K]	A_k [m ²]
PrPod01 (část: Podkroví) (pokračování)	Vyt02	Pod02	$H_{T,j}$	11,55
	Vyt04	Pod02	$H_{T,j}$	1,58
	Vyt02	Pod03	$H_{T,j}$	1,94
	Vyt04	Pod03	$H_{T,j}$	1,18
	Vyt03	Pod04; Pod05	$H_{T,j}$	9,68
	Vyt04	Pod04; Pod05	$H_{T,j}$	3,16
Pod02	Ven01	-	$H_{T,ie}$	3,07
	Ven05	-	$H_{T,ie}$	3,39
	Ven03	Pu01	$H_{T,iue}$	12,56
	Ven08	Sou01	$H_{T,iue}$	9,96
	Vyt01	Pr02	$H_{T,j}$	12,56
	Vyt02	PrPod01	$H_{T,j}$	11,55
	Vyt04	PrPod01	$H_{T,j}$	1,58
	Vyt02	Pod03	$H_{T,j}$	8,35
Pod03	Ven01	-	$H_{T,ie}$	4,54
	Ven05	-	$H_{T,ie}$	0,50
	Ven03	Pu01	$H_{T,iue}$	5,04
	Vyt01	Pr03	$H_{T,j}$	4,32
	Vyt01	Pr02	$H_{T,j}$	0,72
	Vyt02	Pod02	$H_{T,j}$	8,35
	Vyt02	PrPod01	$H_{T,j}$	1,94
	Vyt04	PrPod01	$H_{T,j}$	1,18
	Vyt03	Pod04	$H_{T,j}$	4,69
Tabulka pokračuje na následující straně				

Kód místnosti	Kód materiálu	Sousední místnost	H_x [W/K]	A_k [m ²]
Pod04	Ven01	-	$H_{T,ie}$	5,14
	Ven04	-	$H_{T,ie}$	12,67
	Ven05	-	$H_{T,ie}$	3,39
	Ven06	-	$H_{T,ie}$	0,79
	Ven03	Pu01	$H_{T,iue}$	11,25
	Vyt01	Pr04; Pr05;Pr06	$H_{T,j}$	18,00
	Vyt03	Pod03	$H_{T,j}$	4,69
	Vyt03	PrPod01	$H_{T,j}$	1,78
	Vyt04	PrPod01	$H_{T,j}$	1,58
	Vyt02	Pod05	$H_{T,j}$	10,80
Pod05	Ven01	-	$H_{T,ie}$	5,14
	Ven04	-	$H_{T,ie}$	12,67
	Ven05	-	$H_{T,ie}$	3,39
	Ven06	-	$H_{T,ie}$	0,79
	Ven03	Pu01	$H_{T,iue}$	11,25
	Vyt01	Pr06	$H_{T,j}$	18,00
	Vyt03	PrPod01	$H_{T,j}$	6,68
	Vyt04	PrPod01	$H_{T,j}$	1,58
	Vyt02	Pod04	$H_{T,j}$	10,80

Tabulka B.2: Podrobný rozpis stavebních částí podkroví

Kód místnosti	Kód materiálu	Sousední místnost	H_x [W/K]	A_k [m ²]
PrPod01	Ven01	-	$H_{T,ie}$	8,85
	Ven04	-	$H_{T,ie}$	10,33
	Ven05	-	$H_{T,ie}$	1,38
	Ven06	-	$H_{T,ie}$	0,94
	Ven07	-	$H_{T,ie}$	2,04
	Ven02	TechP01; TechP03	$H_{T,iue}$	17,62
	Ven08	Sou01	$H_{T,iue}$	2,50
	Ven10	TechP01	$H_{T,iue}$	3,47
	Ven10	Pu01	$H_{T,iue}$	2,20
	Ven09	TechP01	$H_{T,iue}$	1,58
	Ven09	Pu01	$H_{T,iue}$	1,58
	Ven03	Pu01	$H_{T,iue}$	15,64
	Vyt02	Pr02; Pod02	$H_{T,j}$	12,59
	Vyt02	Pr03; Pod03	$H_{T,j}$	6,94
	Vyt03	Pr04; Pr06; Pod04; Pod05	$H_{T,j}$	16,53
	Vyt04	Pr04; Pr06; Pod04; Pod05; Pod02	$H_{T,j}$	9,45
	Vyt04	Pr03; Pod03	$H_{T,j}$	2,70
	Vyt01	Pr03	$H_{T,j}$	0,52

Tabulka B.3: Zjednodušený rozpis místnosti PrPod01

Příloha C: Dodávka a příslušenství sady na přestavbu Viadrus

Text převzat z [30].

Standardní dodávka k přestavbové sadě:

- podstavec
- sestava podavače paliva
- zásobník paliva (objem 269 dm³), lze zásobník (objem 528 dm³)
- rozvodnice SIMBOX WP 8GB1 373-3 – sestava vč. elektrosvazku
- obslužná jednotka HMI (ACX84.910/ALG) pro ovládání regulátoru Saphir – fa Siemens
- ventilátor
- mezipříruba
- šroub s půlkulovou hlavou a křížovou drážkou M6 x 16 (4 ks) k uchycení ventilátoru k mezipřírubě
- šroub se zápusťnou hlavou M6 x 20 (4 ks), matice M6(4 ks) a podložka 6,4 (4 ks) pro uchycení mezipříruby k sestavě podavače paliva
- bezpečnostní termostat
- šroub s půlkulovou hlavou a křížovou drážkou M4 x 6 (2 ks) pro uchycení bezpečnostního termostatu
- popelník
- kotlový tmel – tuba 310 ml
- vývodky PG 13,5 (2 ks)
- vývodky PG 11 (2 ks)
- závrtný šroub M10 x 30 (4 ks), podložky 10,5 (4 ks) a matice M10 (4 ks) k uchycení sestavy podavače paliva k podstavci
- šrouby se šestihrannou hlavou M8 x 20 (4 ks) a podložky 8 (4 ks) k uchycení zásobníku paliva k podavači paliva
- napouštěcí a vypouštěcí kohout Js 1/2“ (1 ks)
- zátka Js 6/4“ slepá (1ks)
- těsnění Ø 60 x 48 x 2 (1 ks)
- oblouk svařenec
- hák (1 ks)
- deflektor (1 ks)
- manipulační klíč(1 ks)
- siseal 10 g

- termostatický ventil BVTS (fa Danfoss) nebo TS 130 (fa Honeywell) nebo STS 20 (fa Watts)
- litinové rošty (dle Tab. č. 5 Přiřazení typu roštu dle velikosti kotle a typu paliva v návodu kotle HERCULES DUO.)
- čidlo kotle QAZ 36.526/109
- čidlo proti prohoření paliva QAZ 36.526/109
- termostatický ventil (plnicí ventil) - řada VTC312 (vnější závit) od fa ESBE (minimální teplota vratné vody 45°C) (obj. kód: 5100 15 00) – HERCULES DUO 4 čl.
- termostatický ventil (plnicí ventil) - řada VTC512 (vnější závit) od fa ESBE (minimální teplota vratné vody 50 °C) (obj. kód: 5102 15 00) – HERCULES DUO 5 – 7 čl.
- nálepka – kontrolka signalizace bezpečnostního termostatu
- návod k přestavbě kotle
- návod k obsluze a instalaci kotle HERCULES DUO, jehož součástí je záruční list
- seznam smluvních servisních organizací

Povinné příslušenství (není součástí dodávky):

- Čidlo teplé vody QAZ36.526/109 (v případě, že kotel bude využíván k ohřevu TV) (fa Siemens)
- Trojcestný ventil V4044F (v případě, že kotel bude využíván k ohřevu TV) (fa Honeywell). - v tomto případě budou zapojeny pouze vodiče fázový, pracovní a ochranný. Pozn. lze použít i ventil V4044C.
- Pojišťovací ventil (1 ks) dle maximálního provozního přetlaku kotle (viz. tab. č. 1)

Na přání:

- spojovací materiál pro plášť podstavce (16 ks šroub ST 4,8 x 13)
- plášť podstavce
- spojovací materiál pro uchycení pláště podstavce k podstavci (4 ks podložka 8,4, 4 ks matice M8)
- keramiky do kotlového tělesa (6 ks)
- přepážky spalovacího prostoru (4 čl. – 2 ks, 5 čl. – 3 ks, 6 čl. – 4 ks, 7 čl. – 5 ks)
- turbulátory (8 ks)
- příruba topné a vratné vody 2“ (2 ks)
- těsnění Ø 90 x 60 x 3 (2 ks)
- Oběhové čerpadlo Grundfos UPS 25-40
- Ohřívač vody (dle nabídky VIADRUS a.s.)

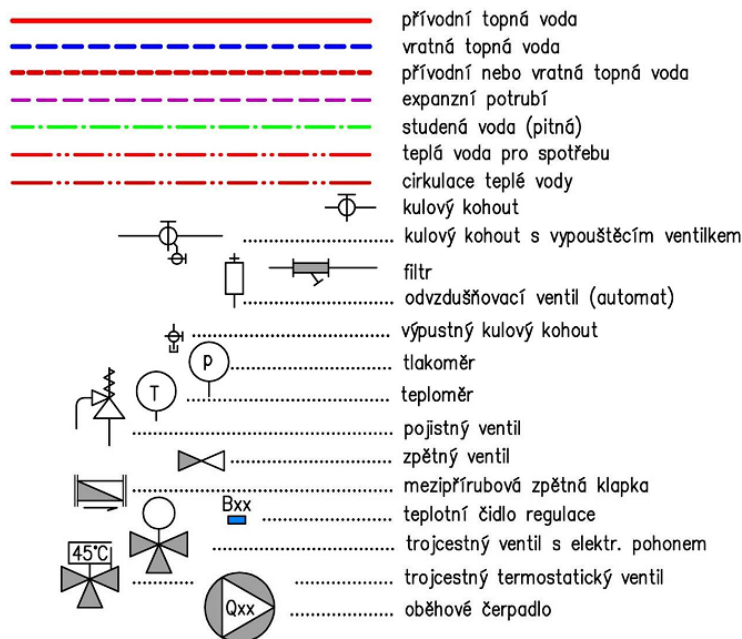
Příloha D: Popis provedení výpočtu tepelných ztrát budovy a návrhového tepelného výkonu

Pro potřebu provedení výpočtu byl vytvořen jednoduchý kalkulační nástroj v programu MS Office Exel. Tato pomůcka je k práci přiložena v elektronické podobě na CD nosiči pod názvem „Vypocet_tepelne_ztraty_a_navrhovy_tepelny_vykon.xls“.

Výpočet byl proveden dle teoretických podkladů, které jsou uvedeny v kapitole 3. Kalkulační nástroj koresponduje s popisem příkladového domu (viz 5.1 a Příloha B) a skládá se z dvanácti listů (Vstupní data, Výsledky, 10 listů označených dle kódů místností). List „Vstupní data“ obsahuje hodnoty proměnných potřebných k provedení výpočtu a volených koeficientů. List „Výsledky“ zobrazuje výsledky výpočtů, které budou dále použity pro návrh parametrů otopné soustavy. Na listech označených kódy místností se provádí výpočty jednotlivých tepelných ztrát do okolí a prostor domu a také dílčí výpočty návrhové tepelné ztráty a zátopového výkonu. Rozdělení výpočtů odpovídá rozdělení stavebních ploch jednotlivých místností dle Přílohy B.

Příloha E: Doporučená schémata zapojení: Kotel na pelety

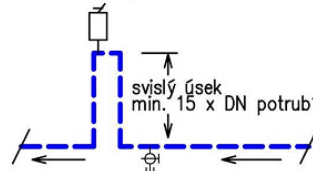
Legenda:



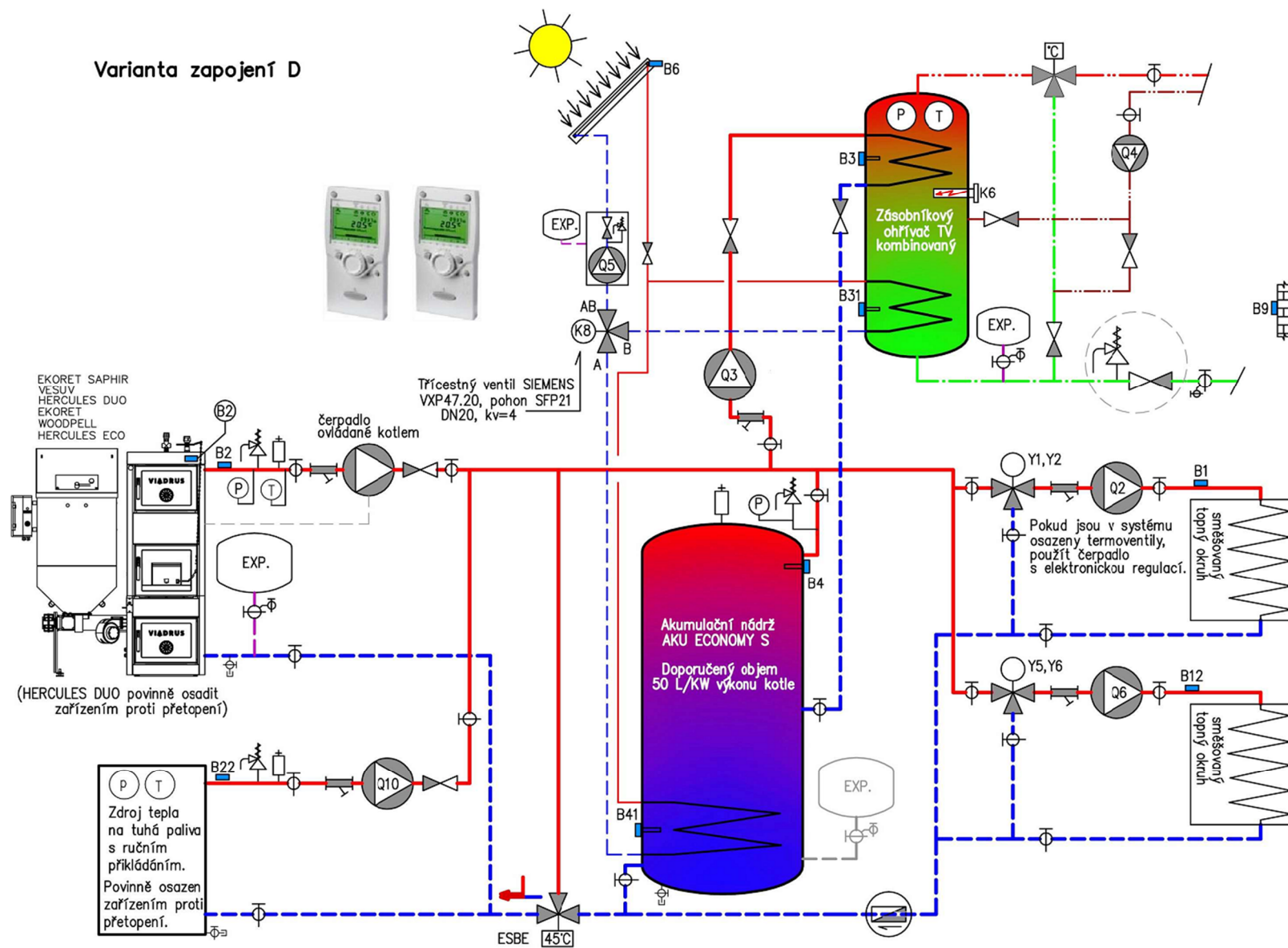
Označení zařízení pro zamezení nechtěné cirkulace teplotního média v jedné trubce. K tomuto může dojít, pokud vratné potrubí vedeno od zdroje tepla vzhůru.

Řešením je osazení zpětné klapky, jak je zakresleno na schématu.

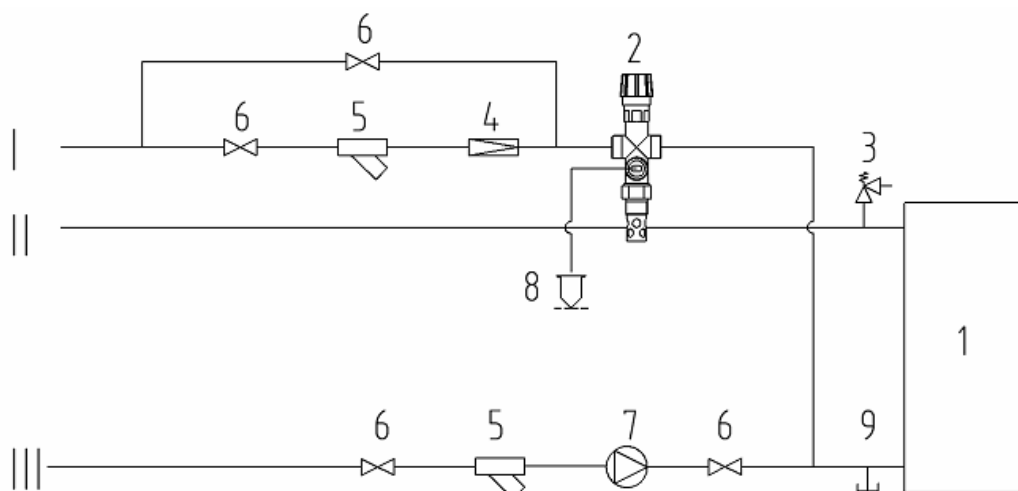
Alternativním řešením, bez přidání, tlakové ztráty v okruhu systému ÚV, je úsek potrubí, vedený směrem dolů. Délka úseku je min. 15 x DN. V tomto úseku dojde k přerušení nechtěné cirkulace v jedné trubce, kdy teplejší voda stoupá středem trubky vzhůru, ochlazená pak po obvodu trubky klesá dolů.



Obrázek E.1: Legenda (převzato z [33])

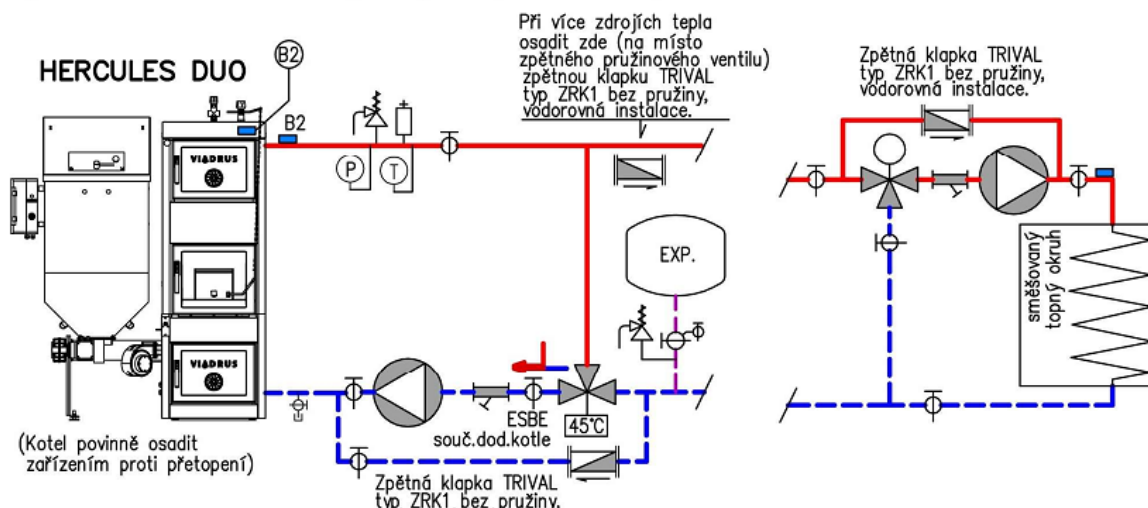


Obrázek E.2: Podkladové schéma pro zapojení „Kotle na pelety“ (převzato z [33])



- | | |
|--|-----------------------------|
| 1. Kotel | 8. Odvod přebytečného tepla |
| 2. Dvoucestný bezpečnostní ventil DBV 1 – 02 | 9. Vypouštěcí ventil |
| 3. Pojistný ventil | |
| 4. Redukční ventil | |
| 5. Filtr | I – Vstup studené vody |
| 6. Kulový kohout | II – Výstup topné vody |
| 7. Čerpadlo | III – Vstup vratné vody |

Možná úprava zapojení pro kotle HERCULES DUO pro minimalizaci rizika přetopení při ručním přikládání



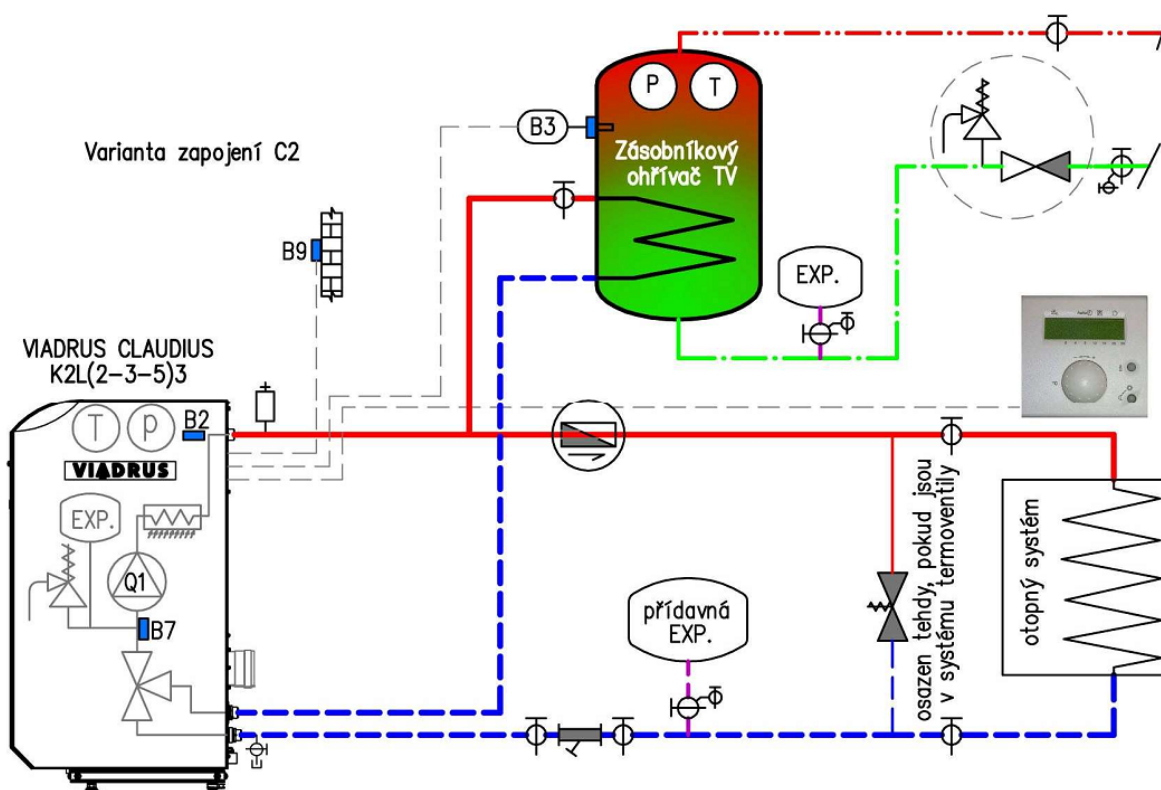
Obrázek E.3: Dvoucestný bezpečnostní ventil DVB 1-02 (převzato z [50])

naoodu. Přemostění směšovacího ventilu klapkou ZRK1 provést, pokud existuje alespoň minimální možnost samotize.

Obrázek E.4: Zapojení pro minimalizaci rizika proti přetopení (převzato z [33])

Příloha F: Doporučené schémata zapojení: Kondenzační kotel

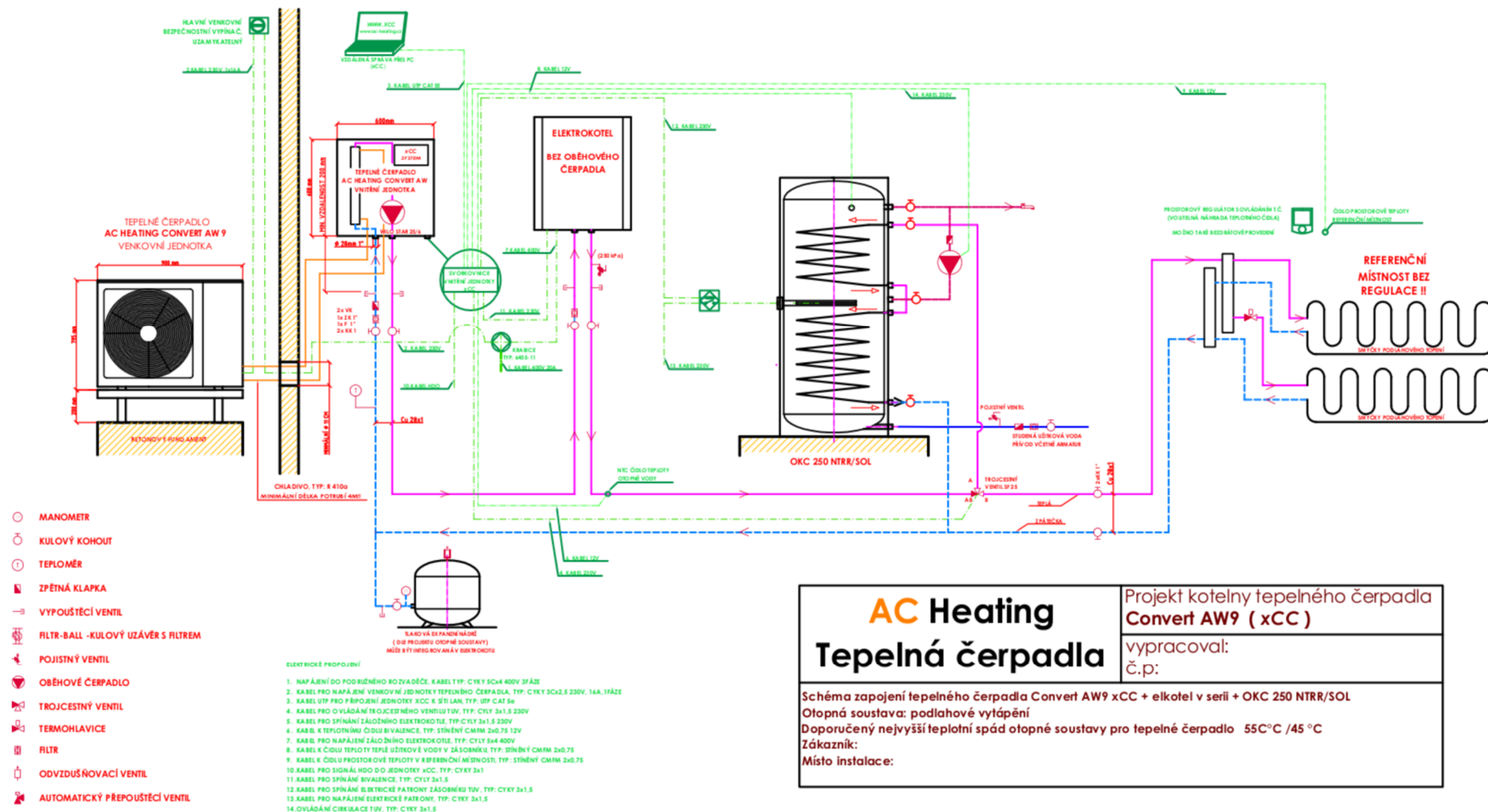
Legenda, viz Příloha E.



Obrázek F.1: Podkladové schéma pro zapojení „Kondenzačního kotle“ (převzato z [36])

Elektrokotel, který slouží pouze jako záložní zdroj pro vytápění, bude připojen mezi odbočku ohřevu TUV a zpětnou klapku ve větvi otopné vody a mezi uzavírací kohout a vstup vratné vody otopného systému do kotle. Zapojení musí být doplněno o: 2x zpětný ventil, 4x kulový kohout, 1x oběhové čerpadlo, 1x pojistný ventil, 1x odvzdušňovací ventil (automat), 1x teploměr, 1x tlakoměr. Přídavná expanzní nádoba je instalována.

Příloha G: Doporučené schémata zapojení: Tepelné čerpadlo



Obrázek G.1: Podkladové schéma pro zapojení „Tepelného čerpadla“ (převzato [38])

Příloha H: Popis provedení výpočtu potřebného tepla na vytápění a ohřev TUV

Pro potřebu provedení výpočtu byl vytvořen jednoduchý kalkulační nástroj v programu MS Office Excel. Tato pomůcka je k práci přiložena v elektronické podobě na CD nosiči pod názvem „Vypocet_potrebne_teplo_na_vytapeni_a_ohrev_TUV.xls“.

Výpočet byl proveden dle teoretických podkladů, které jsou uvedeny v kapitole 4. Kalkulační nástroj se skládá ze čtyř listů: Vstupní data, Výsledky, Teplo na vytápění, Teplo na ohřev TUV. Na listu „Vstupní data“ jsou zadány hodnoty proměnných, které je nutno dosadit nebo zvolit. Na listech „Teplo na vytápění“ a „Teplo na ohřev TUV“ jsou aplikovány vzorce pro dosažení hodnot potřebného tepla na vytápění a ohřev TUV. Na listu „Výsledky“ jsou interpretovány výsledky výpočtu roční potřeby tepla a také hodnoty složek, ze kterých se výsledek skládá.

Příloha I: Podklady k ekonomické bilanci

Dřevní peleta: (zdroj: <http://cdp.cz/detail/drevene-pelety/>)

- Cena (ke 30.03.2013): 6,30 Kč/kg
- Výhřevnost: 18,8 MJ/kg

Zemní plyn: (zdroj: <http://www.rwe.cz/cs/do-zp-ceny-zp-RWE-Energie/>)

- Cena (ke 30.03.2013): 1,56 Kč/kWh a 301,21 Kč/měsíc
- Výhřevnost: 33,48 MJ/m³

(zdroj: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/11-vyhrevnosti-paliv>)

- přepočítaný objem spotřebovaného plynu 1 m³ = 10,55 kWh

Elektrická energie: D - Tepelné čerpadlo

(zdroj: <http://www.cez.cz/cs/pro-zakazniky/elektrina/ceny/2013/domacnost/etarif/d-tepelne-cerpadlo.html>)

- Cena (ke 30.03.2013): nízký tarif: 2752,04 Kč/MWh a 375,10 Kč/měsíc

Elektrická energie: D - Přímotop

(zdroj: <http://www.cez.cz/cs/pro-zakazniky/elektrina/ceny/2013/domacnost/etarif/d-primotop.html>)

- Cena: nízký tarif: 2748,41 Kč/MWh a 375,10 Kč/měsíc (3x 25A)
(ke 30.03.2013) nízký tarif: 2748,41 Kč/MWh a 476,74 Kč/měsíc (3x 32A)

Název zařízení	Účinnost	Název zařízení	Účinnost
Viadrus Hercules Duo	87,3 %	Fenix GR	99 %
Viadrus Claudius K 2 L23	103,5 %	ECOFILM F	99 %
AC Heating Convert AW9	3,48 (COP vytápění A2W35) 2,63 (COP vytápění A2W55) 2,63 (COP TUV _{vo} A2W55) 2,74 (COP TUV _{mo} A7W55)	Dražice OKCE 180	100 %

Tabulka I.1: Uvažované účinnosti zařízení

Roční spotřeba čerpadel:

(viz <http://www.tzb-info.cz/5180-uspory-elektricke-energie-pri-uzivani-energeticky-uspornych-cerpadel>)

Oběhové čerpadlo topného okruhu nebo ohřevu TUV: 400 kWh/rok

Oběhové čerpadlo okruhu otopných těles: 90 kWh/rok

Podrobný rozpis nákladů na realizaci navrhovaných systémů pro vytápění:

* text „kurzíva“: pouze orientační částky

Rozpis nákladů: Kotel na pelety			
Název položky	Cena za jednotku [Kč]	Počet jednotek	Cena [Kč]
Přestavbová sada na Hercules DUO	36 923,00	1	36 923,00
Dražice NAD 750 v5	19 899,00	1	19 899,00
Potrubí PPR Faser DN 25	54,30	75	4 072,50
Spojovací díly PPR Faser DN 25	-	-	2 000,00
Potrubí CU 42x1,5 mm	436,00	10	4 360,00
Spojovací díly CU 42x1,5 mm	-	-	1 000,00
Pojistný ventil	402,93	3	1 208,79
Odvzdušňovací ventil (automatický)	185,13	3	555,39
Zpětný ventil	228,69	4	914,76
Filtr mosazný DN 40	321,00	4	1 284,00
Zpětná klapka DN 40	422,00	1	422,00
Regulus MB IN LINE	1 530,00	1	1 530,00
DBV 1 - 02	2 424,00	1	2 424,00
TRIVAL ZRK 1	-	1	1 000,00
NZ 500	4 000,00	1	4 000,00
Zálohový akumulátor AKU 12 V	3 496,90	1	3 496,90
RVS43.345	5 839,00	1	5 839,00
AVS37.294	2 896,00	1	2 896,00
QAA 55.110	2 101,00	1	2 101,00
Tabulka pokračuje na další straně			

Název položky	Cena za jednotku [Kč]	Počet jednotek	Cena [Kč]
QAD 36/101	605,00	3	1 815,00
QAZ 35.522/109	296,45	2	592,90
QAC 34/101	423,50	1	423,50
VBI 31.20	5 294,00	1	5 294,00
Teploměr	189,00	3	567,00
Tlakoměr	136,00	3	408,00
GRUNDFOS UPS 25-40	1 944,00	2	3 888,00
GRUNDFOS ALPHA 2 25-40	3 849,00	1	3 849,00
GRUNDFOS ALPHA + 25-40	1 187,00	1	1 187,00
Kulový kohout DN 25 (PPR)	194,00	4	776,00
Kulový kohout DN 40	357,00	9	3 213,00
Výpustný kohout	66,00	3	198,00
Kulový kohout s vypuštěním	249,00	1	249,00
Profil-V 10 (PrPod01)	2 240,00	1	2 240,00
Profil-V 11 (Pr02)	3 709,00	1	3 709,00
MAX KRMM (Pr03)	3 936,00	1	3 936,00
Profil-V 11 (Pr04)	3 540,00	1	3 540,00
Profil-V 11 (Pr05)	3 368,00	1	3 368,00
Profil-V 12 (Pr06; Pod04)	5 097,00	2	10 194,00
Profil-V 11 (Pod02)	3 540,00	1	3 540,00
MAX KRMM (Pod03)	3 634,00	1	3 634,00
Profil-V 11 (Pod05)	4 051,00	1	4 051,00
Armatura HM rohová	1 499,00	2	2 998,00
Tabulka pokračuje na další straně			

Název položky	Cena za jednotku [Kč]	Počet jednotek	Cena [Kč]
eQ-3 K	475,00	9	4 275,00
TM 3052	42,00	1	42,00
Stavební práce	7 000,00	1	7 000,00
Montáž	13 000,00	1	13 000,00
Úprava skladu na pelety	10 000,00	1	10 000,00
Celkem (vč. DPH)			193 914

Tabulka I.2: Rozpis nákladů: Kotel na pelety

Rozpis nákladů: Kondenzační kotel			
Název položky	Cena za jednotku [Kč]	Počet jednotek	Cena [Kč]
Viadrus Claudius K2 L23	39 824,00	1	39 824,00
Potrubí PPR Faser DN 20	37,00	75	2 550,00
Spojovací díly PPR Faser DN 20	-	-	1 500,00
Pojistný ventil	402,93	2	806,00
Odvzdušňovací ventil (automatický)	185,13	2	370,00
Zpětný ventil	228,69	3	458,00
Filtr mosazný DN 20	88,50	1	89,00
Zpětná klapka DN 20	204,00	1	204,00
Regulus MB IN LINE	1 530,00	1	1 530,00
Přepouštěcí ventil DN 20	1 064,00	1	1 064,00
NZ 500	4 000,00	1	4 000,00
Zálohový akumulátor AKU 12 V	3 496,90	1	3 497,00
QAA 55.110	2 101,00	1	2 101,00
Tabulka pokračuje na další straně			

Název položky	Cena za jednotku [Kč]	Počet jednotek	Cena [Kč]
QAD 36/101	605,00	2	1 210,00
QAZ 35.522/109	296,45	1	296,00
QAC 34/101	423,50	1	424,00
Teploměr	189,00	3	567,00
Tlakoměr	136,00	3	408,00
GRUNDFOS UPS 25-40	1 944,00	1	1 944,00
Kulový kohout DN 20 (PPR)	126,50	7	886,00
Kulový kohout s vypuštěním DN 20 (PPR)	176,50	1	177,00
Výpustný kohout	66,00	1	66,00
Profil-V 10 (PrPod01)	2 328,04	1	2 328,00
Profil-V 33 (Pr02)	6 435,99	1	6 436,00
Typ 22 (Pr03)	26 627,26	1	26 627,00
Profil-V 33 (Pr04)	6 048,79	1	6 049,00
Profil-V 33 (Pr05)	5 661,59	1	5 662,00
Profil-V 33 (Pr06; Pod04)	7 989,63	2	15 979,00
Profil-V 33 (Pod02)	6 826,82	1	6 827,00
Typ 22 (Pod03)	24 261,71	1	24 262,00
Profil-V 33 (Pod05)	7 214,02	1	7 214,00
ZV00410001	1 108,36	2	2 217,00
eQ-3 K	475,00	9	4 275,00
TM 3052	42,00	1	42,00
Stavební práce	7 000,00	1	7 000,00

Tabulka pokračuje na další straně

Název položky	Cena za jednotku [Kč]	Počet jednotek	Cena [Kč]
Montáž	13 000,00	1	13 000,00
Potrubí pro odvod kondenzátu	-	-	2 500,00
Potrubí pro odkouření	-	-	10 000,00
Vybudování plynové přípojky	-	-	40 000,00
Celkem (vč. DPH)			204 565

Tabulka I.3: Rozpis nákladů: Kondenzační kotel

Rozpis nákladů: Tepelné čerpadlo			
Název položky	Cena za jednotku [Kč]	Počet jednotek	Cena [Kč]
AC Heating Convert AW	151 129,00	1	151 129,00
Mora-Top Electra Mini	6 954,00	1	6 945,00
ACV SMART 210	19 890,00	1	19 890,00
Potrubí CU 28x1	175,00	40	7 000,00
Spojovací díly CU potrubí	-	-	2 800,00
Propojovací CU potrubí + kaučuková izolace	285,00	4	1 140,00
Pojistný ventil	402,93	1	403,00
Odvzdušňovací ventil (automatický)	185,13	1	185,00
Filtr mosazný DN 25	88,50	1	89,00
Zpětná klapka DN 25	204,00	1	204,00
Regulus MB IN LINE	1 530,00	1	1 530,00
SF 25	2 215,00	1	2 215,00
xCC Executive	54 329,00	1	54 329,00
Tabulka pokračuje na další straně			

Název položky	Cena za jednotku [Kč]	Počet jednotek	Cena [Kč]
QAA 55.110	2 101,00	1	2 101,00
QAD 36/101	605,00	2	1 210,00
QAZ 35.522/109	296,45	1	296,00
QAC 34/101	423,50	1	424,00
Teploměr	189,00	1	189,00
Tlakoměr	136,00	1	136,00
Kulový kohout DN 25	152,90	9	1 376,00
Vypouštěcí ventil	352,00	5	1 760,00
Komfort 90	4802,18	2	9 604,00
Kulový uzávěr rozdělovače	892,98 (sada)	2	1 786,00
Skříň rozdělovače	3872	2	7 744,00
EPS systémová deska	837,32 /m ²	149	124 761,00
Otopná trubka (místnosti)	42,35 /m	1469	62 212,00
Otopná trubka (přívod)	42,35 /m	92,3	3 909,00
Drobné příslušenství	-	-	10 000,00
eQ-3 K	475,00	9	4 275,00
TM 3052	42,00	1	42,00
Fenix GR 900 Mirror	13 969,00	1	13 969,00
Fenix GR 700 White	8 201,00	1	8 201,00
Eberle INSTAT 2	1 375,00	2	2 750,00
Potrubí pro odvod kondenzátu	-	-	2 500,00
Pokládka potrubí	10,89 /m	1561,3	17 003,00
Pokládka systémových desek	30,25 /m	149	4 507,00
Tabulka pokračuje na další straně			

Název položky	Cena za jednotku [Kč]	Počet jednotek	Cena [Kč]
Stavební práce	13 000,00	1	13 000,00
Montáž	7 000,00	2	14 000,00
PVC	192,00 /m ²	78,72	15 114,00
Dlažba	268,00 /m ²	70,28	18 835,00
Celkem (vč. DPH)			589 563

Tabulka I.4: Rozpis nákladů: Tepelné čerpadlo

Rozpis nákladů: Elektrické vytápění			
Název položky	Cena za jednotku [Kč]	Počet jednotek	Cena [Kč]
Fenix GR 300 White	5 372,00	2	10 744,00
Fenix GR 700 White	8 201,00	3	24 603,00
Fenix GR 900 White	10 663,00	1	10 663,00
Fenix GR 900 Mirror	13 969,00	2	27 938,00
Fenix ECOFILM F 608/55	324,00 /m	36,8	11 923,00
Fenix ECOFILM F 1008	639,00 /m	27,7	17 700,00
Moeller 10A PFL7-10/1N/B/003	1 696,00	3	5 088,00
Eaton 10A PL6-10/1/B	73,81	2	148,00
Eberle INSTAT 2	1375,00	4	8 250,00
Fenix – Therm 350	2 021,00	6	12 126,00
Dražice OKCE 180	6 326,00	1	6 326,00
Izolace Extrupor 6 mm	134,9 /m ²	66,07	8 913,00
PE fólie 0,25 mm	12,54 /m ²	66,07	829,00
Vinylová podlaha	508,20 / m ²	66,07	33 577,00
Pokládka vinylové podlahy	150 /m ²	66,07	9 910,00
Tabulka pokračuje na další straně			

Název položky	Cena za jednotku [Kč]	Počet jednotek	Cena [Kč]
CYKY 3x 2,5 mm	28 /m	25	700,00
Rozvod elektrické energie	-	-	6 000,00
Montáž panelů	-	-	4 000,00
Celkem (vč. DPH)			199 438

Tabulka I.5: Rozpis nákladů: Elektrické vytápění

Rozpis nákladů: Alternativa TČ			
Název položky	Cena za jednotku [Kč]	Počet jednotek	Cena [Kč]
AC Heating Convert AW	151 129,00	1	151 129,00
Mora-Top Electra Mini	6 954,00	1	6 945,00
ACV SMART 210	19 890,00	1	19 890,00
Potrubí CU 28x1	175,00	75	13 125,00
Spojovací díly CU potrubí	-	-	4 800,00
Propojovací CU potrubí + kaučuková izolace	285,00	4	1 140,00
Pojistný ventil	402,93	1	403,00
Odvzdušňovací ventil (automat.)	185,13	1	185,00
Filtr mosazný DN 25	88,50	1	89,00
Zpětná klapka DN 25	204,00	1	204,00
Regulus MB IN LINE	1 530,00	1	1 530,00
SF 25	2 215,00	1	2 215,00
xCC Executive	54 329,00	1	54 329,00
QAA 55.110	2 101,00	1	2 101,00
QAD 36/101	605,00	2	1 210,00
Tabulka pokračuje na další straně			

Název položky	Cena za jednotku [Kč]	Počet jednotek	Cena [Kč]
QAZ 35.522/109	296,45	1	296,00
QAC 34/101	423,50	1	424,00
Teploměr	189,00	1	189,00
Tlakoměr	136,00	1	136,00
Kulový kohout DN 25	152,90	9	1 376,00
Vypouštěcí ventil	352,00	5	1 760,00
Přepouštěcí ventil DN 25	1 362,00	1	1 362,00
Profil-V 10 (PrPod01)	2 328,04	1	2 328,00
Profil-V 33 (Pr02)	6 435,99	1	6 436,00
Typ 22 (Pr03)	26 627,26	1	26 627,00
Profil-V 33 (Pr04)	6 048,79	1	6 049,00
Profil-V 33 (Pr05)	5 661,59	1	5 662,00
Profil-V 33 (Pr06; Pod04)	7 989,63	2	15 979,00
Profil-V 33 (Pod02)	6 826,82	1	6 827,00
Typ 22 (Pod03)	24 261,71	1	24 262,00
Profil-V 33 (Pod05)	7 214,02	1	7 214,00
ZV00410001	1 108,36	2	2 217,00
eQ-3 K	475,00	9	475,00
TM 3052	42,00	1	42,00
THORMA FALUN	11 512,00	1	11 512,00
Montáž	7 000,00	2	14 000,00
Stavební práce	13 000,00	1	13 000,00
Celkem (vč. DPH)			407 468

Tabulka I.6: Rozpis nákladů: Alternativa TČ