

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ  
KATEDRA TECHNOLOGIÍ A MĚŘENÍ**

# **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Návrh regulace vytápění rodinného domu s vytápěním na  
tuhá paliva**

Bc. Jan Vild

Plzeň 2013

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2012/2013

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan VILD**  
Osobní číslo: **E11N0044P**  
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Komerční elektrotechnika**  
Název tématu: **Návrh regulace vytápění rodinného domu s vytápěním na tuhá paliva**  
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. Analyzujte možnosti regulace vytápění rodinného domu
2. Popište funkci a využití jednotlivých regulačních systémů
3. Navrhněte technické řešení regulace vytápění rodinného domu
4. Zhodnoťte navržené zařízení
5. Navrhněte další možnosti ke snížení spotřeby tepelné energie

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. Elektronické informační zdroje
3. Katalogy výrobců, www stránky

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

## **Anotace**

Tato diplomová práce se zabývá návrhem regulace vytápění rodinného domu, kde je využito kotle na tuhá paliva. Využitím moderního způsobu řízení vytápění je dosaženo hospodárného provozu vytápění v domě. S použitím ekologického paliva lze dosáhnout i ekologického provozu celého systému vytápění. Tato práce se dále zabývá problematikou a návrhem jednotlivých částí topné soustavy. Správně navržená topná soustava, u které je dodržován navržený způsob provozu přináší obyvatelům domu hospodárný a úsporný provoz při zachování jejich tepelné pohody.

## **Klíčová slova**

Vytápění, ekvitermní regulace, termostatický ventil, tuhá paliva, kotel, radiátor, rozvody topné vody.



## **Abstract**

This thesis deals with the design of heating regulation of a house with a solid fuel heating. Using modern managing mode of heating is achieved by the efficient running of the heating in the house. With the use of environmentally friendly fuel can be attain ecological running of the heating system. This thesis continues with the problems of individual parts of the heating system and its design. Correctly designed heating system and the correct method of operation give the householders an economical and efficient running of the house in maintenance of their thermal comfort.

## **Key words**

Heating, equithermal regulation, thermostatic valve, solid fuel boiler, radiator, water heating systems.

## **Prohlášení**

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

## **Poděkování**

Tímto bych velmi rád poděkoval mému vedoucímu diplomové práce Doc. Ing. Zbyňkovi Martínkovi, CSc. za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

## Obsah

Seznam použitých symbolů a zkratk.....	10
Úvod.....	14
1 Vytápění v České republice .....	15
1.1 Způsoby vytápění .....	15
1.2 Paliva.....	18
1.3 Zdroje tepla .....	20
1.3.1 Kotle na plyn.....	20
1.3.2 Elektrokotel.....	21
1.3.3 Tepelná čerpadla .....	21
1.3.4 Kotle na tuhá paliva .....	22
1.4 Regulace otopných soustav .....	24
1.4.1 Regulace teploty kotle .....	25
1.4.2 Regulace teploty v místnosti.....	28
1.4.3 Elektronické regulátory vytápění.....	30
1.5 Ostatní součásti otopné soustavy .....	34
1.5.1 Rozvody otopné soustavy .....	34
1.5.2 Topná tělesa .....	35
1.5.3 Armatury .....	37
1.5.4 Bezpečnostní zařízení topných soustav .....	37
2 Návrh topné soustavy.....	39
2.1 Tepelný výkon budovy.....	39
2.1.1 Předpokládaný stav budovy .....	39
2.1.2 Tepelné ztráty budovy .....	40
2.1.3 Zátopový tepelný výkon budovy .....	46
2.1.4 Návrhový tepelný výkon.....	47

2.2	Návrh topné soustavy .....	48
2.2.1	Otopné plochy .....	48
2.2.2	Připojení otopných ploch .....	49
2.2.3	Rozvody topné a vratné vody .....	52
2.2.4	Odvzdušnění topné soustavy .....	52
3	Návrh regulace topné soustavy .....	54
3.1	Regulace tlakové ztráty .....	54
3.2	Regulace tepelného výkonu .....	57
3.2.1	Návrh regulace a kotelny 1 .....	58
3.2.2	Návrh regulace a kotelny 2 .....	64
3.2.3	Návrh regulace a kotelny 3 .....	69
3.2.4	Sekundární zdroj vytápění .....	74
4	Další možnosti úspory tepelné energie .....	76
4.1	Tepelná ztráta budov .....	76
4.2	Provoz budovy .....	78
	Závěr .....	81
	Použitá literatura .....	83
	Přílohy .....	87

## Seznam použitých symbolů a zkratk

°C	Celsiův stupeň, jednotka teploty
MWh	Megawatthodina, násobná jednotka energie
kW	Kilowatt, násobná jednotka výkonu
MJ.Kg <sup>-1</sup>	Megajoule na kilogram, násobná jednotka výhřevnosti paliv
Kg	Kilogram, základní jednotka hmotnosti
Kč	Koruna česká, měnová jednotka České republiky
m <sup>3</sup>	Metr krychlový, základní jednotka objemu
kWh	Kilowattthodina, násobná jednotka energie
MJ.m <sup>-3</sup>	Megajoule na metr krychlový, násobná jednotka výhřevnosti paliv
A	Ampér, základní jednotka elektrického proudu
GJ	Gigajoule, násobná jednotka energie
MW	Megawatt, násobná jednotka výkonu
ČSN	Česká technická norma
ČSN EN	Česká technická norma převzatá z Evropské normy
%	Procento, vyjádření části celku pomocí celého čísla
TUV	Teplá užitková voda
V	Volt, základní jednotka elektrického napětí
HDO	Hromadné dálkové ovládání
CO	Oxid uhelnatý
mm	Milimetr, násobná jednotka délky
dm <sup>3</sup>	Decimetr krychlový, násobná jednotka objemu
$\lambda$	Tepelná vodivost
W . m <sup>-1</sup> . K <sup>-1</sup>	Watt na metr a kelvin, základní jednotka tepelné vodivosti
U <sub>k</sub>	Součinitele prostupu tepla
W . m <sup>-2</sup> . K <sup>-1</sup>	Watt na metr čtvereční a kelvin, základní jednotka součinitele prostupu tepla
$\Phi_i$	Celková tepelná ztráta
$\Phi_{T,i}$	Tepelná ztráta prostupem tepla
$\Phi_{V,i}$	Tepelná ztráta větráním
W	Watt, základní jednotka výkonu
H <sub>T,is</sub>	Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru ven
H <sub>T,iue</sub>	Měrná tepelná ztráta do nevytápěných prostor
H <sub>T,ig</sub>	Měrná tepelná ztráta do zeminy z vytápěného prostoru

$H_{T,ij}$	Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru na jinou teplotu
$\Theta_{int,i}$	Výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru
$\Theta_e$	Výpočtová venkovní teplota
$W.K^{-1}$	Watt na kelvin, základní jednotka měrné tepelné ztráty
$A_k$	Plocha stavební části
$U_{ke}$	Korigovaný součinitel prostupu tepla zahrnující vliv tepelných mostů
$e_k$	Korekční činitel pro výpočet měrné tepelné ztráty z vytápěného prostoru ven
$m^2$	Metr čtvereční, základní jednotka plochy
$\Delta U$	Korekční součinitel zohledňující tepelné mosty v konstrukci
$d$	Tloušťka vrstvy konstrukce
$m$	Metr, základní jednotka délky
$R_{si}$	Odpor přestupu tepla – vnitřní strana
$R_{se}$	Odpor přestupu tepla – vnější strana
$b_U$	Teplotní redukční činitel
$\Theta_U$	Teplota nevytápěného prostoru
$U_{equiv,k}$	Ekvivalentní součinitel prostupu tepla
$f_{g1}$	Korekční činitel zohledňující roční změnu venkovní teploty
$f_{g2}$	Teplotní redukční činitel
$G_w$	Korekční činitel zohledňující vliv spodní vody
$\Theta_{m,e}$	Průměrná teplota v topné sezóně
$b_{ij}$	Teplotní redukční činitel
$\Theta_j$	Výpočtová vnitřní teplota sousední vytápěné místnosti
$H_{V,i}$	Měrná tepelná ztráta větráním
$\dot{V}_1$	Výměna vzduchu ve vytápěné místnosti
$V_{inf,i}$	Infiltrace vzduchu pláštěm budovy
$V_{min,i}$	Hygienické množství vzduchu
$m^3.h^{-1}$	Metr krychlový za hodinu, základní jednotka výměny vzduchu
$V_i$	Objem místnosti
$n_{50}$	Intenzita výměny vzduchu při rozdílu vnějšího a vnitřního tlaku 50 Pa
$h^{-1}$	Hodina na mínus prvou, základní jednotka výměny vzduchu
$e_i$	Stínící činitel
$\varepsilon_i$	Výškový korekční činitel
$n_{min}$	Minimální intenzita výměny vzduchu
$\Phi_{RH,i}$	Zátopový tepelný výkon

$f_{RH}$	Korekční činitel, respektující dobu zátopu a pokles teploty v době útlumu
K	Kelvin, základní jednotka teploty
h	Hodina, násobná jednotka času
$\Phi_{HL,i}$	Návrhový tepelný výkon
$\Delta p_p$	Tlaková ztráta smyčky
$\Delta p_\lambda$	Tlaková ztráta třením v potrubí
$\Delta p_\xi$	Tlaková ztráta vřazenými odpory
$\Delta p_R$	Tlaková ztráta radiátoru
$\Delta p_T$	Tlaková ztráta termostatického ventilu
Pa	Pascal, základní jednotka tlaku
R	Měrná ztráta třením
$Pa \cdot m^{-1}$	Pascal na metr, základní jednotka měrné ztráty třením
M	Průtok potrubím
$kg \cdot h^{-1}$	Kilogram za hodinu, základní jednotka průtoku potrubím a spotřeby paliva
l	Délka
$\xi$	Součinitel místních odporů
w	Rychlost proudění kapaliny
$m \cdot s^{-1}$	Metr za sekundu, základní jednotka rychlosti
$\rho$	Hustota
$kg \cdot m^{-3}$	Kilogram na metr krychlový, základní jednotka hustoty
Q	Výkon radiátoru
$\Delta t$	Navrhovaný teplotní spád na radiátoru
H	Dopravní výška
$S_e$	Průřez sedla pojistného ventilu
$S_{e,min}$	Minimální průřez sedla pojistného ventilu
$mm^2$	Milimetr čtvereční, násobná jednotka plochy
$Q_p$	Výkon zdroje tepla
$\alpha_v$	Výtokový součinitel pojistného ventilu
K	Konstanta syté páry
$kW \cdot mm^{-2}$	Kilowatt na milimetr čtvereční, základní jednotka konstanty syté páry
$d_p$	Vnitřní průměr potrubí
$V_{ep}$	Předběžný objem expanzní nádoby
$V_e$	Expanzní objem
$p_{hd}$	Nejvyšší provozní tlak dán otvíracím přetlakem pojistného ventilu



$p_d$	Nejnižší provozní přetlak
$V_e$	Expanzní objem [ $m^3$ ];
$V_0$	Přibližný objem vody v otopné soustavě
$n$	Součinitel zvětšení objemu
kPa	Kilopascal, násobná jednotka tlaku
$l.kW^{-1}$	Litr na kilowatt, jednotka pro výpočet objemu vody v topné soustavě
l	litr, základní jednotka objemu kapalin
PE	Ochranný vodič
N	Střední vodič
Hz	Hertz, základní jednotka frekvence
AC	Střídáný proud
TN-S	Síť se samostatným ochranným vodičem (PE) a středním vodičem (N)
s	Sekunda, základní jednotka času

## Úvod

Tepelná energie společně s elektrickou energií je nejvyužívanější energií v civilní i bytové výstavbě. Tyto dvě energie se nejčastěji lidským přičiněním mění na sebe navzájem. Tyto koloběhy začínají již v elektrárnách, kde měníme teplo vzniklé v kotli na energii elektrickou a ji zase později využijeme k výrobě tepelné energie třeba ve formě teplé užitkové vody. V dnešní době je člověk na těchto přeměnách závislý. Ráno si člověk nedovede den představit bez šálku kávy, k jejíž přípravě využije obě energie. Večer člověk vykonává osobní hygienu a zde se setkává s tíženou tepelnou energií obsaženou v teplé užitkové vodě.

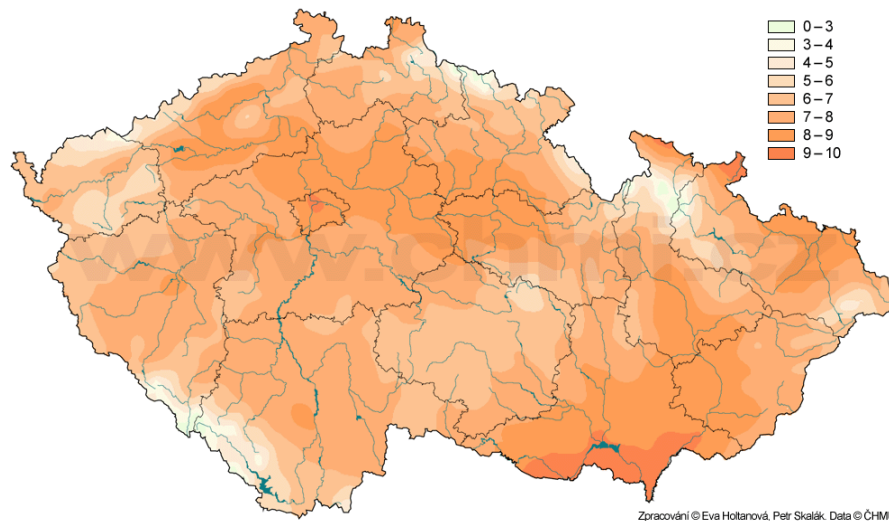
Snaha co nejvíce ušetřit žene obyvatele nemovitostí k úsporám elektrické i tepelné energie. Dalším důvodem jsou to i úmluvy uvnitř Evropské unie. Tyto úmluvy zvyšují požadavky na úspornost staveb nebo spotřebičů, jenž tyto energie spotřebovávají. Snaha ušetřit, podpořená legislativou, hledá stále nové možnosti úspor. A na tento stav reagují i výrobci svými technickými řešeními, jenž tíženou úsporu přinášejí.

Podíváme-li se blíže na spotřebu a výrobu tepelné energie, zjistíme skutečnost, že v České republice převládá vytápění plynem. Plynové vytápění lze přirovnat ke střední cestě z pohledu nákladů. Levnější, ale méně komfortní variantou, je kotel na tuhá paliva. Staré kotle na tuhá paliva s jednoduchou regulací lze považovat za neekonomické a neekologické. V tomto směru, ale již technologie pokročila a kotle se stali ekologičtější, ale jejich regulace zůstala stále nevhodná. Na tento stav zareagovali výrobci regulační techniky. Svým technickým řešením napravili i tuto chybu. Nové systémy regulace umožňují vylepšit ekonomiku provozu ekologických kotlů a tím uspořit až 20% nákladů na pořízení paliva.

Požadavek české legislativy umožňuje rozšiřování automatických regulačních systémů pro kotle na tuhá paliva. Tyto systémy jsou nejčastěji řízeny v závislosti na venkovních teplotách. Tato ekvitermní regulace je doplňována termostatickými hlavicemi na jednotlivých otopných plochách. Tato kombinace je jednou z nejvhodnějších regulací pro kotle na tuhá paliva. Koloběh hledání úspor stále pokračuje, a proto výrobci přichází stále s modernějším způsobem řízení. Moderní automatické kotle s optimalizovaným spalovacím procesem a integrovaným ekvitermním regulátorem patří dnes k špičkovému řešení využívaného při vytápění na tuhá paliva. Při využití paliva jako je dřevní štěpka, dřevěné pelety nebo dokonce obilí je automatický kotel zároveň ekologický a ekonomický co se týče jeho provozu.

# 1 Vytápění v České republice

Vytápění v České republice je ovlivněno charakterem klimatu na našem území. Naše republika je stát vnitrozemní. Ovlivněný převážně přechodem oceánského podnebí<sup>1</sup> na podnebí kontinentální<sup>2</sup>. Klima, jakožto průměr počasí za delší dobu, je pečlivě sledováno a zaznamenáváno Českým hydrometeorologickým ústavem. Výsledkem jeho činnosti jsou mapy charakteristik klimatu. Takto vznikla i mapa vypovídající o průměrných ročních teplotách a tedy nepřímo i o vytápění v České republice. Tuto mapu zobrazuje obr. 1.1.



**Obr. 1.1 - Průměrná roční teplota vzduchu 1961–1990, přejato z [1]**

Vlivem našeho klimatu se u nás teplota pohybuje v rozmezí cca  $-15^{\circ}\text{C}$  až  $30^{\circ}\text{C}$  ale jsou zaznamenány i extrémy, příkladem je 11. únor 1929, kdy bylo naměřeno  $-42,2^{\circ}\text{C}$  v Litvínovicích u Českých Budějovic. Aby byla tedy zajištěna tepelná pohoda člověka je tedy potřeba používat nějakou formu vytápění budov.

## 1.1 Způsoby vytápění

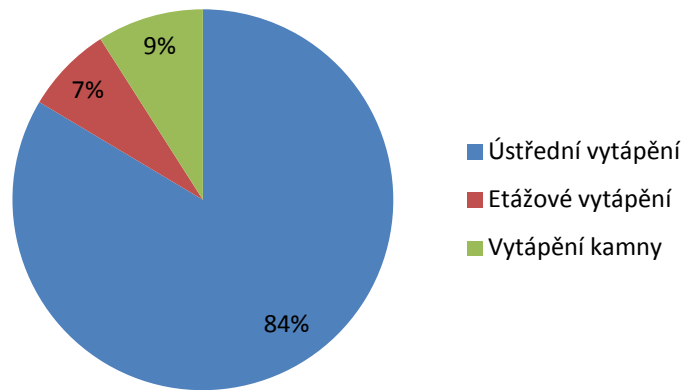
Vytápěním i používanými palivy na našem území se zabývala část Sčítání lidu, domů a bytů 2011 prováděných Českým statistickým úřadem. V české republice se nachází celkem 4 756 672 bytů, z nichž je 651 937 neobydlených. Tato statistika se tedy zabývá jen byty obydlenými, kterých bylo 4 104 735 k 26. 3. 2011.[2]

Dělení těchto obydlených bytů, podle způsobu jakým jsou vytápěny, znázorňuje obr. 1.2. Jak je na obrázku vidět nejrozšířenějším způsobem vytápění v českých domácnostech je ústřední vytápění kde přípravu topného média zajišťuje centrální kotelna

<sup>1</sup> Malé změny noční teploty oproti denním, oblasti západního pobřeží Evropy a Ameriky.

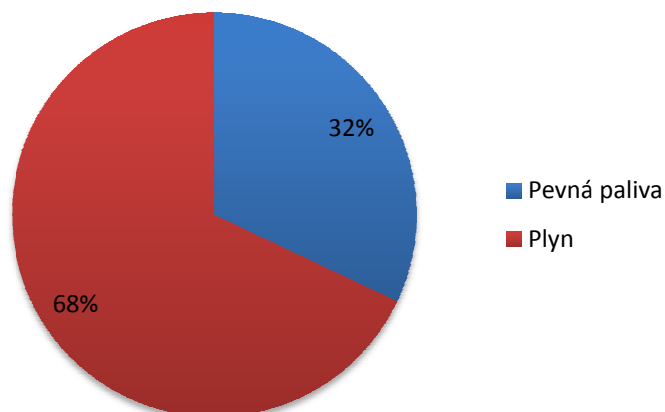
<sup>2</sup> Velké změny noční teploty oproti denním, oblasti východní části Evropy, severní část Asie a severní Ameriky.

pro více bytů nebo teplárna. Dále lidé dávají přednost vlastním kamnům v domácnosti. A jako nejméně využívaná je technologie etážového vytápění. Po analýze těchto dat, ale existuje jistá pochybnost, jestli respondenti sčítání lidu chápali rozdíl mezi ústředním vytápěním a etážovým vytápěním. A není-li skutečný podíl těchto dvou technologií jiný.



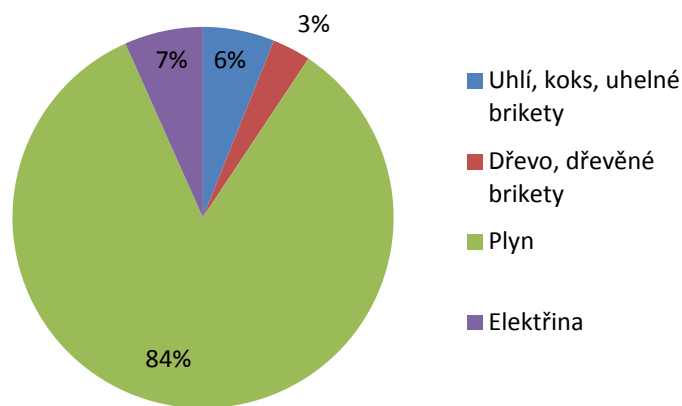
Obr. 1.2 - Způsob vytápění [2]

Dále lze jednotlivé způsoby vytápění dělit na jednotlivá paliva v otopné soustavě využívaná. Analýzou ústředního vytápění bylo zjištěno, že nejčastěji jsou v kotelnách instalovány kotle na plyn, viz obr. 1.3. Tento způsob je převládající u staveb a komplexů staveb s přidruženou kotelnou. Ve městech a větších lidských sídlech jsou v teplárnách používána převážně tuhá paliva. Dnes se k těmto palivům přidávají jiné alternativní zdroje. Ať jsou to kotle čistě na biomasu nebo uhelné kotle v teplárnách, kde se využívá příměsí alternativních paliv. Ve Sčítání lidu, domů a bytů 2011 se o alternativních palivech neuvažovalo, a proto se o jejich využívání v ústředním vytápění nedá nic říci.



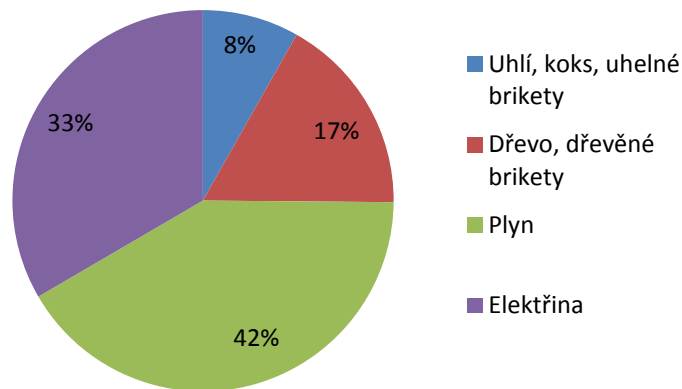
Obr. 1.3 - Ústřední vytápění paliva [2]

Bližším pohledem na paliva používaná v etážovém vytápění se do popředí dostává plyn, viz obr. 1.4. Příčinou nadvlády plynových etážových vytápění je hromadná plynofikace České republiky v 90. letech a skutečnost, že u nově budovaných novostaveb je vesměs realizováno vytápění za použití zemního plynu. V pořadí se dále vyskytuje vytápění za použití elektrické energie. Elektrokotel je využíván u domů, kde není přístup k plynu. Současně je požadován vysoký stupeň komfortu obsluhy, nehledě na náklady vytápění. Dále tepelné čerpadlo, jakožto levný zdroj tepelné energie, spotřebovává ke svému provozu elektrickou energii. Na posledních dvou místech se nachází vytápění tuhými palivy a dřevem. Tyto paliva snižují komfortnost obsluhy, ale mají nejnižší náklady na vytápění.



Obr. 1.4 - Etážové vytápění paliva [2]

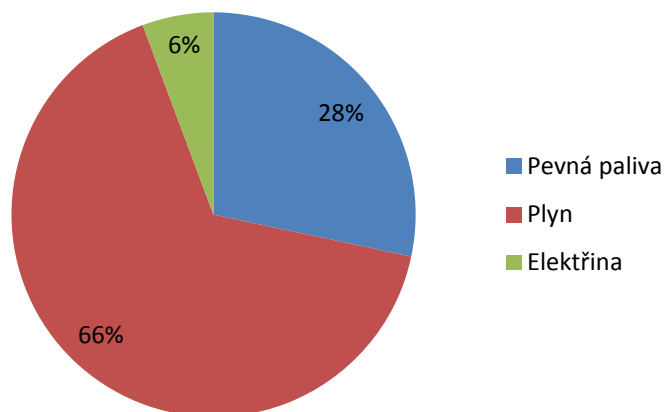
Posledním zkoumaným způsobem vytápění je vytápění kamny přímo v jednotlivých bytech, viz obr. 1.5. Do popředí se zde dostává opět plynové vytápění, ale v tomto případě se jedná o velmi rozšířené plynové topidlo VAFKY. Umístované do každé vytápěné místnosti pod okno s vodorovným kouřovým vývodem. Jako druhý nejvýznamnější způsob vytápění je elektrická energie. K vytápění nejčastěji slouží elektrické přímotopy nebo akumulární kamna. V pozadí se opět nachází vytápění tuhými palivy a dřevem. Za pomocí kamen nebo krbů instalovaných v interiéru.



Obr. 1.5 - Vytápění kamny paliva [2]

## 1.2 Paliva

Vyjdeme-li ze Sčítání lidu, domů a bytů 201,1 lze paliva dělit na tři základní skupiny, a to na pevná paliva (Uhlí, koks, uhelné brikety, dřevo a dřevěné brikety), plyn (Zemní plyn a propan) a elektřinu. Data z výzkumu lze využít k vytvoření grafu, podílu jednotlivých paliv využívaných v českých domácnostech, viz obr. 1.6.



Obr. 1.6 - Paliva [2]

Tento graf ilustruje skutečnost, že české domácnosti nejvíce využívají plynová topidla, ať již plynové kotle při etážovém vytápění nebo plynové přímotopy. Dále Pevná paliva převládají u tepláren a výtopen v domácnostech se používají v menší míře. Elektrická energie je zde zastoupena v menšinovém podílu a spotřebiči jsou nejčastěji elektrické přímotopy, akumulční kamna, elektrické kotle a tepelná čerpadla.

Paliva lze také třídit podle nákladů na vytápění, viz tabulka 1.1. Jednotlivá paliva jsou seřazena v tabulce dle ročních nákladů na vytápění a s ohledem na cenu energie a typu zdroje tepla. Toto srovnání je provedeno pro objekt s roční spotřebou tepla na vytápění 26 MWh. Jedná se o spotřebu průměrně velkého rodinného domu. Tepelná ztráta objektu činí 12 kW a nemovitost je situovaná v teplotní oblasti  $-15^{\circ}\text{C}$ , délka topné sezóny je 230 dnů s průměrnou venkovní teplotou  $3,6^{\circ}\text{C}$ . Tato tabulka je pouze orientační. Skutečné hodnoty u opravdové nemovitosti se mohou lišit v návaznosti na umístění budovy a rozdílné sazby za paliva. [3]

**Tabulka 1.1 - Srovnání paliv, přežato z [3]**

Palivo	Výhřevnost	Zdroj tepla	Roční spotřeba paliva	Roční náklady [Kč]
Hnědé uhlí	$18 \text{ MJ.Kg}^{-1}$	Klasický kotel	9 445 Kg	27 418
		Automatický kotel	6 500 Kg	18 850
Černé uhlí	$23,1 \text{ MJ.Kg}^{-1}$	Klasický kotel	7 367 Kg	35 362
		Automatický kotel	5 065 Kg	24 312
Koks	$27,5 \text{ MJ.Kg}^{-1}$	Klasický kotel	5 490 Kg	46 663
		Automatický kotel	4 255 Kg	36 164
Dřevo	$14,6 \text{ MJ.Kg}^{-1}$	Zplyňovací kotel	8 548 Kg	25 644
Dřevěné brikety	$17,5 \text{ MJ.Kg}^{-1}$	Kotel na dřevo a dřevní hmoty	6 292 Kg	30 204
Dřevěné pelety	$18,5 \text{ MJ.Kg}^{-1}$	Kotel na pelety	5 925 Kg	27 976
Rostlinné pelety	$16 \text{ MJ.Kg}^{-1}$	Kotel na pelety	6 500 Kg	23 725
Štěpka	$12,5 \text{ MJ.Kg}^{-1}$	Kotel na štěpku	9 360 kg	18 720
Obilí	$18 \text{ MJ.Kg}^{-1}$	Automatický kotel	6 118 Kg	19 576
Zemní plyn	$37,8 \text{ MJ.m}^{-3}$	Kotel klasický	$3 089 \text{ m}^3$	39 748
		Kotel nízkoteplotní	$2 894 \text{ m}^3$	37 466
		Kotel kondenzační	$2 695 \text{ m}^3$	35 142
Elektřina akumulace (3x25A)		Akumulační kamna	27 368 kWh	50 025
		Akumulační nádrž + Elektrokotel	27 957 kWh	51 000
Elektřina přímotop (3x25A)		Lokální topidla	26 531 kWh	64 042
		Elektrokotel	27 368 kWh	65 881
Tepelné čerpadlo (topný faktor 3)			8 667 kWh	23 737
Centrální zásobování			94 GJ	37 440

### 1.3 Zdroje tepla

Zdroj tepla je zařízení, které dodává budově tepelnou energii. Není-li od zdroje požadována i dodávka teplé užitkové vody, je zdroj tepla dimenzován tak, aby pokryl tepelnou ztrátu budovy. Nejčastějším zdrojem tepla v České republice je kotel (na tuhá paliva, plyn nebo elektřinu) nebo tepelné čerpadlo.

#### 1.3.1 Kotle na plyn

Zdroje tepla spalující zemní plyn lze dělit podle jejich instalovaného výkonu na čtyři hlavní kategorie.

- Spotřebiče do 50 kW umístěné v jednotlivých místnostech, jejichž součet nepřesahuje 100 kW a kotelna s kotlem o výkonu do 50 kW (ČSN EN 1775),
- Kotelna III. kategorie s kotlem o výkonu 50 až 500 kW (ČSN 07 0703),
- Kotelna II. kategorie s kotlem o výkonu 500 kW až 3,5 MW (ČSN 07 0703),
- Kotelna I. kategorie s kotlem o výkonu nad 3,5 MW (ČSN 07 0703).[3][4]

Standardní rodinná sídla mají tepelný zdroj do 50 kW, z tohoto důvodu se další dělení týká jen kotlů spadajících do první kategorie. Kotle v této kategorii se dále dělí na:

- Klasické kotle – části kotle přicházející do styku s kouřem jsou vyrobeny z oceli nebo litiny. Nejsou tedy ochráněny proti nízkoteplotní korozi, která nastává při teplotě nižší než 60°C vratné vody. Musí se tedy vhodným otopným systémem a regulací docílit vyšší teploty vratné vody. Účinnost těchto kotlů dosahuje 90%.
- Nízkoteplotní kotle – tyto kotle již mají části kotle přicházející do styku s kouřem provedeny z materiálů, které kotel chrání proti nízkoteplotní korozi. Tyto kotle mohou pracovat s teplotou vratné vody pod 60°C. Kotle se proto hodí pro nízkoteplotní topné systémy (podlahové vytápění). Účinnost těchto kotlů dosahuje 94%.
- Kondenzační kotle – Jedná se o speciální druh plynového kotle, dokáže využít i takzvané kondenzační teplo. Spalováním plynu vzniká určité množství vody, které u klasických a nízkoteplotních kotlů odchází se spalinami do komína. Kondenzační kotel tyto spaliny ochladí na teplotu kondenzace vody a tím odebere kondenzační teplo. Toto teplo navýší účinnost kotle na maximálně 97,4%.

Plynové kotle lze dále třídit podle nejrůznějších kritérií nevypovídajících přímo o funkci kotle. A takovými tříděními jsou prostorové uspořádání, z jakých míst je přiváděn spalovací vzduch, jestli kotel současně připravuje TUV...



### 1.3.2 Elektrokotel

V případě vytápění rodinného sídla elektrokotlem lze jít dvěma směry realizace otopné soustavy. První možností je použití elektrokotle přímo napojeného na otopnou soustavu. Takto realizovanou otopnou soustavu nazýváme přímotopná, kdy kotel ohřívá přímo vratnou vodu a ohřátou ji pomocí čerpadla čerpá zpět do radiátorů. Druhým způsobem je akumulární ohřev nádrže. Nádrž je ohřívána elektrokotlem v nižší sazbě elektrické energie, nejčastěji přes noc. Přes den, při nečinnosti kotle, čerpadlo a směšovací automatika vytápí dům. Nejčastěji se elektrokotel používá jako druhý zdroj tepelné energie, kdy jako hlavní zdroj slouží tepelné čerpadlo.

Elektrokotel je zdroj s vysokou účinností až 99%, nepotřebuje odtažení spalin a potřebuje minimální nároky na obsluhu. Všechny tyto výhody nepříznivě ovlivňují vysoké provozní náklady.

Elektrokotel jakožto elektrické zařízení s odběrem v rozmezí 4 až 60 kW podléhá schválení elektrozávodu v dané lokalitě. Připojují se nejčastěji přes samostatné jištění na 3x400V a jsou ovládány HDO a to v tarifu pro přímotopy nebo akumulaci.

### 1.3.3 Tepelná čerpadla

Tepelné čerpadlo patří mezi moderní zdroje tepla. Dokáže využít takzvané nízkopotencionální teplo a pomocí kompresoru ho upraví na teplo využitelné ve vytápění. Kompresor obsažený v tepelném čerpadle je samozřejmě spotřebičem elektrické energie. Z tohoto důvodu také tepelné čerpadlo podléhá schválení elektrozávodu v dané lokalitě. Tak jako elektrický kotel se i tepelné čerpadlo připojuje přes samostatné jištění a je ovládáno pomocí HDO v tarifu pro tepelná čerpadla.

V případě využití tepelného čerpadla, jakožto zdroje pro vytápění nemovitosti, je nutno brát v potaz, že tento nízkoteplotní systém pracuje s teplotou topné vody v rozmezí 50°C až 55°C. Tedy radiátory musí mít větší směnou plochu, nebo využívat podlahové vytápění.

Tepelné čerpadlo nedokáže při nízkých teplotách dodat dostatečné množství tepla. Proto se otopné systémy s tepelnými čerpadly realizují tak, aby tepelné čerpadlo krylo 50% až 75% spotřeby tepla objektu. Jako sekundární zdroj se používá elektrokotel nebo plynový kondenzační kotel.

Zdrojem nízkopotencionálního tepla je nejčastěji země, voda nebo vzduch. U tepelného čerpadla, využívající jako zdroj tepla zem, se realizuje plošný konektor, který je úměrný výkonu čerpadla. Takto realizovaný konektor má velké prostorové nároky.

Nad konektorem vzniká velká plocha s horší využitelností a zemina vyskytující se v blízkosti čerpadla je ochlazována a snadněji promrzá. Čerpadlo používající na vstupu vodu potřebuje v blízkosti čerpadla zdroj vody. Tento zdroj se nejčastěji realizuje hloubením dvou studní. V jedné studni se voda čerpá do tepelného čerpadla, do druhé se použitá voda vsakuje. Poslední nejméně účinným médiem pro tepelná čerpadla je vzduch. Vzduch je nasáván pomocí ventilátoru a ve výparníku předává své nízkopotenciální teplo.

### 1.3.4 Kotle na tuhá paliva

Kotel na tuhá paliva je nejméně komfortním zdrojem tepla. Svojí funkci nevykonalá automaticky, jako předešlé zdroje tepla, ale potřebuje zásah člověka. Některé druhy kotlů na tuhá paliva potřebují častější dohled člověka, ale existují i poloautomatické kotle. Největší nevýhodou tohoto zdroje tepla je nutnost umístit kotel do samostatné místnosti, kotelny. Tato místnost musí být dostatečně větrána, protože kotel produkuje škodlivé CO a při zauhlování a vysypávání popela vzniká prach. Doporučeno je, aby se za jednu hodinu vyměnil vzduch v kotelně 5x. Na kotelnu musí nejlépe přímo navazovat uhelna, která plní funkci skladu, ochraňujícího tuhá paliva. Tyto dvě místnosti jsou velmi prašné, a proto lze umístění kotle v obytné místnosti realizovat velmi špatně a vždy je tato instalace na úkor komfortu obytné místnosti.

#### 1.3.4.1 Druhy kotlů na tuhá paliva

Kotle na tuhá paliva, jako zdroj pro vytápění rodinného sídla, uvažujeme do maximálního výkonu 50 kW a lze je rozdělit na následující druhy:

- Atmosférické kotle na tuhá paliva – Jedná se o kotle nejsnazší konstrukce, hodí se nejčastěji pro spalování všech druhů tuhých paliv. Tyto kotle nejsou vybaveny zásobníkem paliva a dochází u nich k přímému přikládání do topeniště. Účinnost těchto kotlů se nachází mezi 70 až 80%.
- Automatické kotle na tuhá paliva – Automatické kotle řeší problém nutnosti stálého přikládání u atmosférických kotlů. Kotel je vybaven objemným zásobníkem na tuhá paliva, ze kterého je uhlí šnekovým dopravníkem dopravováno na rošt. Kotel je dále vybaven spalínovým ventilátorem s řízenými otáčkami. Regulací šnekového dopravníku a spalínového ventilátoru lze dosáhnout plynulé regulace výkonu kotle. Zásadním předpokladem správné funkce automatického kotle je určitá zrnitost paliva, která musí být dodržena. Tyto kotle nejčastěji pracují s palivy jako je uhlí a pelety. Automatizováním kotle lze dosáhnout účinnosti 80 až 83%.

- Polozplyňovací kotle – Jedná se o kotle určené ke spalování dřeva a dřevních briket. Ve spalovací komoře těchto kotlů dochází současně k hoření a zplyňování dřeva. Tyto kotle se doporučují používat jako sekundární zdroj pro vytápění. Účinnost těchto kotlů se pohybuje v rozmezí 70 až 83%.
- Zplyňovací kotle na dřevo – Jako palivo používají dřevní hmotu. Palivo je dále v kotli vysoušeno a generátorově zplyňováno. V tomto kotli je převážně spalován vzniklý plyn, který vznikl z veškerých spalitelných složek dřeva. Zplyňovací kotle na dřevo je dobře regulovatelný. Tyto kotle dosahují účinnosti 80 až 89%.
- Zplyňovací kotle na uhlí a dřevo – Jedná se o univerzální kotle na spalování uhlí a dřeva. Tak jako u předchozího druhu je palivo zplyňováno a tím i nejlépe využita hořlavina v něm obsažena. Opět jako kotel zplyňovací na dřevo je dobře regulovatelný. Účinnost zplyňovacího kotle na uhlí a dřevo se pohybuje v rozmezí 80 až 89%.
- Speciální kotle na tuhá paliva – Speciální kotle na tuhá paliva nejsou kotli s odlišným způsobem spalování ani odlišným technickým řešením. Jedná se o kotle, které spojují do jednoho zařízení primární a sekundární zdroj tepla. Příkladem může být kotel KOMBITERM AM – ELEKTRO, viz obr. 1.7. Tento kotel je primárně zplyňovací kotel na dřevo a jako sekundární zdroj je do něj instalováno odporové těleso o výkonu 9 až 15kW. Tento kotel dosahuje účinnosti 82 až 85 % při vytápění na tuhá paliva a 97, 8% při použití elektrické přímotopné spirály. [5]



Obr. 1.7 - KOMBITERM AM – ELEKTRO, přejato z [5]

#### 1.3.4.2 Provoz kotle na tuhá paliva

Základním požadavkem pro provoz kotle na tuhá paliva je provedení instalace v souladu s normou ČSN 06 1008. Základním požadavkem správného umístění kotle na hořlavé podlaze je vložení, mezi kotlem a podlahou, nehořlavé teplo izolující překážky

přesahující 300 mm kotel na straně u dvířek a 100 mm na ostatních stranách. Dalším požadavkem je vlastní kouřovod pro kotel na tuhá paliva v odpovídajícím technickém stavu. Také neméně důležitým požadavkem je již výše zmíněná výměna vzduchu v kotelně. [3]

Další provozní požadavky kotle nevycházejí již z bezpečnostních pravidel provozu kotle na tuhá paliva, ale mají spíše za úkol přispívat k hospodárnosti a životnosti kotle na tuhá paliva. V domácnostech se vyskytují samotížné otopné soustavy. Tyto topné soustavy cirkulují v závislosti na teplotě topné vody. Do kotle se proto z topné soustavy dostává velmi vychlazená voda. Tato teplota se pohybuje pod hranicí 65°C. Při této teplotě vratné vody se v kotli zvyšuje množství kondenzujícího dehtu a kyselin. Tato skutečnost přispívá ke snižování životnosti kotle. Jednou z možných náprav tohoto problému může být rozdělení topného okruhu na kotlový okruh a otopný okruh. V kotlovém okruhu je zaručena teplota vratné vody do kotle nad 65°C a otopný samotížný okruh si zachoval svojí původní funkci. Toto řešení si samozřejmě vyžádá instalaci čtyřcestného ventilu a k němu příslušející regulační jednotku.

Dalším problémem může být příliš malý nebo příliš velký tah komína. Malý tah se podílí opět na dehtování kotle, dá se řešit vyvločkováním komína nebo použitím regulovaného spalínového ventilátoru. Při nadměrném tahu komína se zvyšuje i spotřeba paliva, a proto se řeší optimální tah komína pomocí škrticích klapek nebo komínových regulátorů, viz obr. 1.8.



Obr. 1.8 - Komínový regulátor TEWIKO, přejato z [6]

#### 1.4 Regulace otopných soustav

Tepelná energie jako jedna z nejvyužívanějších energií v bytové a občanské zástavbě je jedním z velkých spotřebitelů paliv. Ať tepelná energie vzniká v domovních kotelnách nebo centrálně v teplárnách a výtopenách. Z důvodu velké spotřeby paliv tedy vyplývá

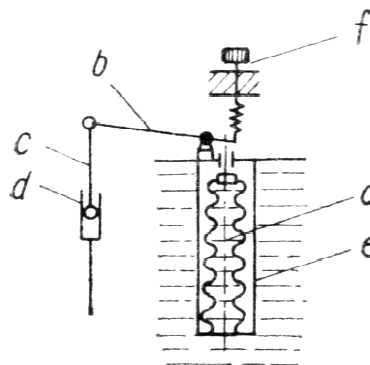
požadavek, na co nejednodušší provoz výroby tepla a otopných soustav, při zachování stávající tepelné pohody ve vytápěných místnostech.

Základním požadavkem kladeným na každé zařízení sloužící k regulaci tepelné energie jsou:

- a) zajistit hospodárný provoz soustavy za všech podmínek, které se v praxi mohou vyskytnout;
- b) zajistit bezpečný provoz bez obsluhujícího personálu. [7]

#### 1.4.1 Regulace teploty kotle

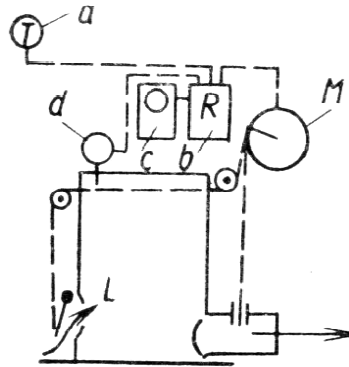
Jedná se o nejjednodušší způsob regulace otopné soustavy. Tato regulace řídí proces spalování v kotli. Prvním případem regulace na straně kotle je řízení, které spalovací proces řídí podle teploty topné vody. Jedná se o regulátor spalování za použití vlnovcového regulátoru teploty, viz obr. 1.9. Takto realizované řízení udržuje teplotu topné vody na nastavené hodnotě na regulátoru. Uzavřená jímka *e*, která je ponořena do topné vody obsahuje vlnovec *a*. Vlnovec je naplněn teplotně roztažnou kapalinou, roztahující se vlivem teploty topné vody. Pohyb vlnovce přenáší pohyb na páku *b*, jenž pohyb dále přenáší pomocí řetízku *c* na vzduchovou klapku. Nastavení požadované teploty se provádí ručně pomocí předpětí pružiny a ovládacího šroubu *f*.



Obr. 1.9 - Vlnovcový regulátor, přežato z [7]

Další možností jak lze regulovat proces spalování v kotli a tím i nepřímou, je ovládání vzduchové klapky, komínové spalinové klapky nebo obou současně. K tomuto principu regulace se již využívá elektrická energie a lze proces spalování řídit podle teploty ve vytápěné místnosti, ale i teploty vytápěné vody. Příkladem takto fungujícího systému je znázorněn na obr. 1.10. Regulovaná místnost je vybavena pokojovým termostatem *a*. Sepne-li termostat poklesem teploty, spíná i relé *b* a následkem toho elektromotor *M* otvírá

vzduchovou i spalínovou klapku. Vypne-li termostat elektrický obvod, navrátí motor obě klapky do výchozí polohy. Dále je obvod doplněn ochranným termostatem *d*, aby nedošlo k přetopení kotle v případě stálého sepnutí termostatu. Takto realizovanou jednoduchou regulaci je vhodné doplnit i spínacími hodinami *c* zajišťujícími přepínání mezi nočním útlumem a denním provozem.



Obr. 1.10 - Regulace kotle, přejato z [7]

Poslední zde uváděnou možností regulace topné soustavy je využití automatického kotle, viz obr. 1.11. Systém ovládání a regulace automatického kotle je již tak sofistikovaný, že dokáže současně ovládat spalovací proces v kotli a současně řídit i pokojovou teplotu tím, že pomocí trojcestných ventilů řídí teplotu topné vody. Předchozí dva příklady regulace otopné soustavy za využití řízení spalování kotle, jsou v porovnání s automatickým kotlem primitivní. Automatický kotel dosahuje úctyhodných vlastností v porovnání s klasickým manuálním kotlem. Jedná se o regulaci komfortní, kotel teplotu topné vody řídí sám a nutnost častého přikládání se díky zásobníku na 528 dm<sup>3</sup> také eliminuje. Díky tomu je obsluha kotle jednoduchá a časově nenáročná. Kotel je díky optimalizovanému provozu vysoce účinný a tím dociluje nízkých emisí. Další výhodou je, že příprava teplé užitkové vody je řízena opět řídicí jednotkou kotle. Výrobci již standardně ke kotli nabízejí příslušný kompatibilní akumulární nádoby na přípravu teplé užitkové vody. I přes výše vyjmenované klady má automatický kotel i své nevýhody. Největší nevýhodou je absolutní závislost na elektrické energii. Není-li elektrická energie dodávána, kotel nepřikládá palivo, ani neproudí vzduch z ventilátoru do ohniště. Další nevýhodou je složitost mechanické části kotle, ale i složitost regulátoru, jakožto řídicí jednotky spalování, směšování topné vody a přípravy teplé užitkové vody.

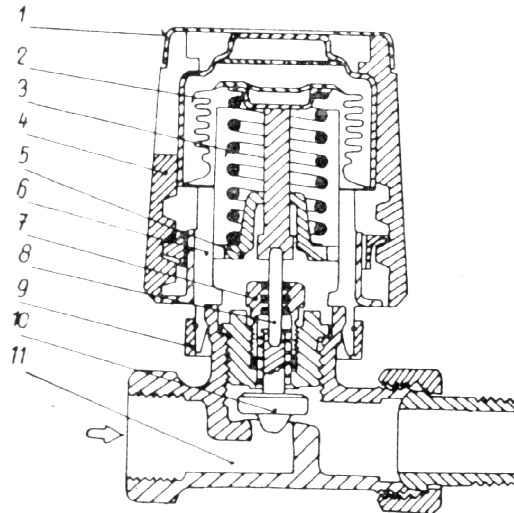


**Obr. 1.11 - Automatický kotel Viadrus, přejato z [8]**

Zde uváděné způsoby regulace kotle nejsou absolutním výčtem možností řízení teploty topné vody. V technické praxi existují i další technická řešení regulace spalovacího procesu v kotli. Všechny technické řešení regulující spalovací proces mají, ale společný základ a to, že ovládají tah kotle (ovládáním vzduchové klapky, komínové spalínové klapky nebo pomocí ventilátoru) nebo množství paliva ve spalovací komoře (šnekový dopravník v automatickém kotli).

### 1.4.2 Regulace teploty v místnosti

Předpokladem této regulace je stálá teplota dodávaná zdrojem topné vody. Nejčastěji používaným regulátorem teploty v místnosti je přímočinný regulátor teploty. Tento regulátor spíše známý pod názvem termostatický radiátorový ventil nebo termostatická hlavice přímo působí na průtočné množství topné vody. Toto množství topné vody vstupující do topného tělesa je řízeno na základě teploty v místnosti. Funkci takového regulátoru znázorňuje obr. 1.12.



Obr. 1.12 - Termostatický ventil, přejato z [7]

Základní částí termostatického ventilu je vlnovec, který je naplněn parami, které působením teploty mění svůj objem. Změna objemu se projevuje na vlnovci silou působící na pružinu. Síla této pružiny odpovídá nastavenému stupni na nastavovacím otočném knoflíku. Síla vlnovce a síla pružiny se vyrovná v jisté poloze. Tato poloha je přenášena táhlem na kuželku ventilu, která přímočinně ovládá průtok topné vody do topného tělesa. Změní-li se teplota ve vytápěné místnosti, dochází tím ke změně síly, kterou působí vlnovec na pružinu a tím dojde i ke změně průtočného množství procházejícího ventilem.

Možnou náhradou termostatické hlavice je jejich alternativa a to termostatická hlavice digitální, viz obr. 1.13. Funkce snímání a řízení teploty zůstává shodná s termostatickou hlavici mechanickou. Digitální termostatická hlavice, ale oproti své mechanické alternativě, přináší nové možnosti v řízení teploty vytápěné místnosti. Mezi tyto možnosti patří především možnost řídit vytápění podle nastaveného programu, který umožní různé teploty v různých částech dne. Další předností automatické hlavice je uzavření ventilu při otevření okna a tím úspore tepelné energie. Ale i přes výhody automatické hlavice se zde vyskytuje jedna



konkrétní nevýhoda. Digitální termostatická hlavice je řízena elektronikou, která potřebuje přísun energie. V případě termostatické hlavice je tato energie dodávána bateriemi.

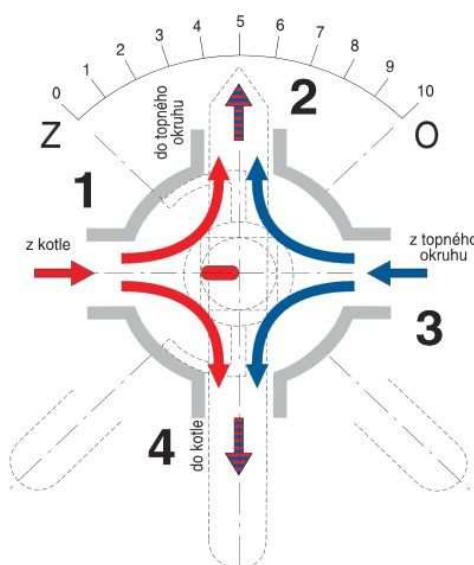


**Obr. 1.13 - Digitální termostatická hlavice, přejato z [9]**

Nevýhodou mechanické termostatické hlavice je nemožnost si v hlavici nastavit program, který by řídil teplotu v závislosti na denní době. Automatická hlavice toto již umožňuje, ale je závislá na bateriích a jejich nutnosti vyměňování za nové. Na trhu jsou proto k dostání sofistikovanější řešení pro regulaci vytápění. Tyto řešení jsou spojovány s prvky inteligentních domů, kdy je dům propleten velkým množstvím senzorů a akčních členů. V tomto automatizačním systému lze realizovat i automatickou regulaci vytápění. Otvírají se zde rozsáhlé možnosti nastavování a regulace této funkcionality. Příkladem může být řízení průtočného množství topné vody podle parametrů, jako jsou venkovní teplota, rychlost a směr větru, dopadu slunečního záření, ale i podle toho jestli je v budově přítomen obyvatel. V součinnosti s řízením množstvím vody proudícím do radiátoru lze samozřejmě řídit i jiné funkce budovy. Příkladem může být součinnost předokenních rolet s nočním útlumem, kdy při nočním útlumu vytápění, dojde automaticky k uzavření předokenních rolet. Domovní automatizace je nejhošpodárnější i nejkomfortnější systém regulace v domech a bytech. Nevýhodou bránící většímu využívání bytové automatizace je pořizovací cena, která v dnešní době dělá z inteligentních budov nedostupný komfort.

### 1.4.3 Elektronické regulátory vytápění

Elektronické regulátory vytápění jsou jakýmsi fyzickým mezistupněm mezi regulací teploty vody v kotli a regulací teploty v místnosti. Vytápěcí okruh je fyzicky rozdělen na dva okruhy, které jsou propojeny přes čtyřcestný (viz obr. 1.14), popřípadě třicestný ventil. V případě kotle na tuhá paliva je ovládání kotle, a tím i celého kotlového okruhu realizováno výše zmíněným vlnovcovým kotlovým regulátorem. Na vlnovcovém regulátoru nastavíme stálou teplotu okolo 80°C, kdy tato teplota zabezpečí, že v kotli nebude docházet k nízkoteplotní korozi vlivem teploty pod 65°C. Dále tato vyšší teplota přispěje k zlepšení spalovacího procesu, kdy kotel pracující na vyšší provozní teplotě, má i vyšší účinnost.



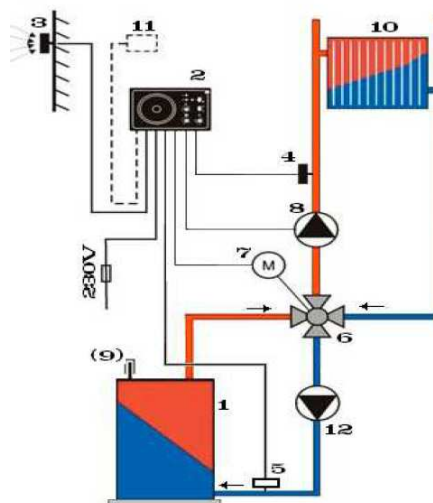
Obr. 1.14 - Čtyřcestný ventil, přejato z [27]

Druhým okruhem je okruh topné vody sloužící pro vytápění místností. V případě elektronických regulátorů vytápění není potřeba instalovat termostatické hlavice nebo jiný systém řízení teploty v místnostech. Elektronický systém regulace by měl být nastaven tak, že reguluje teplotu topného média podle venkovní teploty, a tím i nepřímo podle aktuálních tepelných ztrát budovy. Takto regulace topné vody funguje jen za předpokladu stálé venkovní teploty, bezvětrí a bez slunečního svitu ohřívajícího interiér. Z těchto důvodů je doporučováno provést instalaci termostatických ventilů nebo jiného systému řízení teploty v místnosti.

Poslední částí elektronických regulátorů je vlastní zařízení, provádějící řízení celého topného systému. Skládá se z vlastního regulátoru, čidel a servopohonu realizujícího řízení natáčení čtyřcestného ventilu. Dnes se výrobou zabývá velké množství zahraničních firem, příkladem je Siemens nebo Honeywell. Vyskytují se i čeští výrobci, mající zkušenost

s výrobou těchto ekvitermních regulátorů. Těmito výrobci jsou Protherm, Atmos nebo Komextherm Praha. Právě firma Komextherm má rozsáhlé zkušenosti s touto problematikou.

Funkce ekvitermní regulace, jako velmi kvalitní regulace vytápěné soustavy, je dále popsána na regulátoru firmy Komextherm Praha, a to díky rozsáhlým zkušenostem této české firmy. Výrobce se zabývá výrobou ekvitermních regulátorů určených pro provoz s kotli na tuhá paliva. Základním předpokladem implementace regulátoru RVT 6.2 nebo jeho mutace je instalace čtyřcestného ventilu, viz obr. 1.15. Čtyřcestný ventil (6) zajišťuje hlavní funkci celého regulátoru, mícháním vychlazené vody vracející se z topného okruhu (10) a horké topné vody připravené kotlem (1), jejíž teplota je hlídána kotlovým termostatickým regulátorem (9). Tímto způsobem dochází k přípravě topné vody o požadované teplotě. Tento ventil je ovládán servopohonem (7) sloužícím pro natáčení šoupátka ventilu. Aby mohl regulátor správně provádět svojí činnost, musí obsahovat i snímače teploty. Pro vlastní ekvitermní regulaci slouží dva odporové snímače. První, snímající venkovní teplotu (3), slouží pro řízení teploty topné vody podle nastavené topné křivky. Teplotní snímač (4) snímá právě teplotu topné vody, jdoucí do radiátorů a nastavuje se podle něj směšovací poměr ventilu. Posledním teplotním čidlem je čidlo okruhu kotle (5). Toto čidlo slouží k hlídání provozních stavů kotle. Při zátopu toto čidlo hlídá minimální teplotu (60 °C), kdy je regulace odpojena a ventil uzavřen, tak že jsou oba okruhy odděleny. Dále čidlo také hlídá maximální teplotu (90 °C), při jejíž překročení by mohlo dojít k přetopení kotle. V tomto případě regulátor otvírá ventil tak, že veškerá ochlazená topná voda proudí do kotle, a tím kotel účinně ochladí.



Obr. 1.15 - Zapojení regulátoru, přejato z [10]

Další volitelnou součástí regulace jsou dvě oběhová čerpadla. Čerpadla se instalují po jednom do každého okruhu. Jedno do kotlového okruhu (12) zajišťující cirkulaci topné vody přes kotel. Toto čerpadlo není ovládáno regulátorem. Druhé čerpadlo (8) zajišťuje cirkulaci vody v topném okruhu. Toto čerpadlo je již spínáno regulátorem, a to po dosažení 60°C na čidle kotlového okruhu (5), kdy současně dochází i ke spuštění regulace pomocí čtyřcestného ventilu. Čerpadla se nemusí osazovat, pokud se jedná o otopnou soustavu s přirozeným oběhem vody. V těchto topných soustavách tak odpadá závislost na elektrické energii, kdy se při výpadku dá čtyřcestný ventil ovládat manuálně, ale čerpadlo nikoliv.

Srdcem celého systému regulace je hlavní regulátor, viz obr. 1.16. V regulátoru je možno nastavit výše zmíněné topné křivky a ochranné parametry kotle. Součástí regulátoru jsou i digitální nebo mechanické spínací hodiny. Spínací hodiny realizují přechod z denního nastavení do nočního útlumu. Tento přechod, z vyššího do nižšího stavu, lze realizovat i několikrát denně. V případě digitálních hodin lze přechody nastavit i v závislosti na dni v týdnu, a tím docílit optimálních úspor podle využívání domu.



Obr. 1.16 - Regulátor RVT 06.2, přejato z [10]

Volitelnou součástí celého systému je pokojový termostat, viz obr. 1.17. Termostat se instaluje do jedné vytápěné místnosti a řídí regulátor v závislosti na teplotě v této místnosti. V případě zapojení tohoto termostatu k regulátoru dochází k odpojení integrovaných hodin a přepínání tlumeného a netlumeného provozu je realizováno termostatem. Trvalý tlumený provoz lze na termostatu nastavit pomocí přepínače.



Obr. 1.17 - Pokojový termostat k RVT 06.2, přejato z [10]

Kromě sofistikovaných elektronických regulátorů existují i o něco jednodušší regulátory topného výkonu. Tyto regulátory využívají, buď spínání čerpadla topného okruhu, nebo přepínání otáček u čerpadel s touto možností.

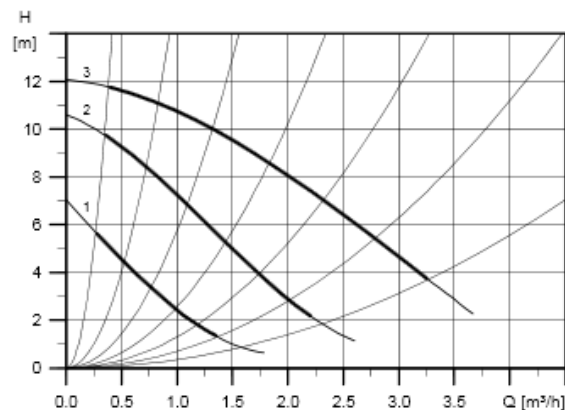
První z možností, tedy regulace spínání čerpadla, je realizována regulátorem oběhového čerpadla, viz obr. 1.18. Tento regulátor snímá teplotu vody vstupující do systému vytápění a zároveň snímá i teplotu vody ze systému se vracující. Podle těchto teplot regulátor řídí spínání čerpadla. Dále nechybí funkce nastavitelných hodin, pomocí nichž se nastavuje čas, kdy čerpadlo nespíná nebo spíná s menší četností. Takto lze nastavit denní netlumený provoz i noční útlum. Nevýhodou takto realizované regulace je skutečnost, že čerpadlo je buď zapnuté, nebo vypnuté. U kotlů na pevná paliva je vypnutý stav nežádoucí z důvodu přetopení a destrukce kotle. Jako možná náprava, by zde šel realizovat kotlový okruh, fungující na přirozeném proudění topné vody a tento okruh může vytápět kombinovaný bojler nebo dokonce bazén. A z tohoto samotížného okruhu můžeme odebírat pomocí regulovaného čerpadla topnou vodu do rodinného sídla.



Obr. 1.18 - Regulátor oběhového čerpadla, přejato z [11]

Druhou, z výše zmíněných možností, je instalace čerpadla s přepínatelnými otáčkami. Čerpadla mají většinou tři různé rychlosti otáčení, viz obr. 1.19. Mezi jednotlivými

rychlostmi dochází k přepínání elektronikou čerpadla na základě časového programu, tlakových změnách v potrubí nebo venkovní teplotě. Toto řešení eliminuje problém se zapínáním a vypínáním čerpadla. U takto realizované regulace je zaručeno, že čerpadlo vždy bude zapnuto na nejmenší otáčky, nebereme-li v úvahu výpadek dodávky elektrické energie. Nevýhodou může být, ale skutečnost, že k regulaci dochází skokovou změnou a neexistují mezistupně. Tento problém řeší moderní oběhová čerpadla od firmy Grundfos. Tato čerpadla jsou řízena frekvenčním měničem.



Obr. 1.19 - Charakteristiky čerpadla, přejato z [23]

## 1.5 Ostatní součásti otopné soustavy

Pro správnou funkci topné soustavy je základním kamenem zdroj tepla. Dále pro hospodárný a komfortní provoz se instaluje regulace vytápění, ať směšovačem a automatikou u kotle, nebo termostatickými ventily, ale nejčastěji kombinací obou. Toto jsou důležité součásti topné soustavy, ale nejsou postačující k funkci vytápění rodinného sídla.

### 1.5.1 Rozvody otopné soustavy

Rozvody otopné soustavy, jak už název napovídá, slouží pro distribuci topné vody od zdroje vytápění k místu spotřeby. Místem spotřeby topné vody se rozumí jeden z druhů otopných těles. V dnešní době se pro realizaci otopné soustavy používají tyto materiály:

- **Ocelové potrubí** – Jedná se o nejrozšířenější materiál, spojuje se vařením elektrickým obloukem nebo spojováním závity.
- **Měděné potrubí** – V dnešní době nahrazuje ocelová potrubí, k spojování dochází pájením nebo lisováním spoje.
- **Plastové potrubí** – Nejméně používaný druh potrubí pro svoji vysokou teplotní roztažnost, nejčastější využití je podlahové vytápění. Plastové potrubí se spojuje buď svařením, nebo mechanickým spojem.

Dalším parametrem otopné soustavy je způsob oběhu vody v soustavě:

- **Přirozený oběh vody** – Přirozený oběh vody je založen na skutečnosti, že teplá topná voda má rozdílnou hustotu než studená topná voda. Teplá topná voda tedy stoupá z nejnižšího položeného zdroje tepla do otopných těles a studená topná voda klesá od těles ke zdroji. Základním předpokladem přirozeného oběhu topné vody je umístění zdroje tepla níže než otopných těles, velké průměry potrubí, a armatury s malou tlakovou ztrátou.
- **Nucený oběh vody** – Jedná se o topnou soustavu, v níž je zajišťován oběh vody pomocí čerpadla. Na rozdíl od přirozeného oběhu vody se zde využívá potrubí s menším průměrem a na armatury není kladem požadavek nízkých tlakových ztrát. V takto realizované soustavě je tlaková ztráta překonávána právě výkonem čerpadla. Nevýhodou nuceného oběhu vody je závislost na dodávce elektrické energie.

Topnou soustavu můžeme také členit i podle topologie:

- **Horizontální soustava** – V budově je provedena jedna stoupačka, ze které jsou pak napojována, horizontálním potrubím, jednotlivá topná tělesa.
- **Vertikální soustava** – Jednotlivá tělesa jsou napojována přímo z většího počtu stoupaček. Co nejkratším horizontálním potrubím.

### 1.5.2 Topná tělesa

Primárním účelem topných těles je předávat teplo, vyrobené zdrojem tepla, vytápěné místnosti. V dnešní době je na vzestupu, ale i sekundární účel topných těles. Topná tělesa lze kromě vytápění využít i jako sušáky ručníků v koupelně, popřípadě některé propracované topné tělesa i jako ozdobný prvek interiéru. Existují tělesa, která vzhledově ladí s historickými interiéry. Ale i vysoce moderní topná tělesa, která jsou skryta ve vysoce leštěném kameni.

Dnes v moderním vytápění rozeznáváme dva směry realizace topných těles:

- **Konvenční topná tělesa** – Nejrozšířenější druh topných těles, instalují se nejčastěji pod okna. Dle způsobu provedení lze konvenční topná tělesa dále členit:
  - Čláčková topná tělesa – Nejčastěji litinové nebo plechové články spojované do topného tělesa mezi sebou vnitřním šroubením. Jedná se o tělesa s velkým vnitřním objemem vody, proto se nejčastěji využívají u topných soustav s přirozeným oběhem vody.
  - Desková topná tělesa – Tvoří je dva vylisované navzájem svařené plechy. Takto vzniklá komora uvnitř plechů, v níž proudí topná voda. Komory z plechů se mohou spojovat do celků o velikosti až tří komor, a tím zvýšit

výkon deskového topného tělesa. Jedná se o tělesa s malým objemem vody, využití tedy nacházejí u maloobjemových topných okruhů s nuceným oběhem vody.

- **Trubková topná tělesa** – Tělo topného tělesa je složeno z trubek, ať spojených do tvaru žebříku nebo v podobě hada. Tvar těchto těles umožňuje využít topné těleso kromě vytápění i jako sušák na ručníky, případně jiné prádlo. Pro tuto výhodu se tyto tělesa využívají převážně v koupelnách a technických místnostech domu, jakožto místa pro pračku. Díky propracovanému vnějšímu vzhledu některých trubkových těles se dnes využívají i v halách a na chodbách. Další výhodou těchto těles je možnost jakési duality v pohledu na zdroj tepla. Do trubkových topných těles se dnes zabudovávají ještě elektrické topné spirály. Je tedy možno tělesem přitopit v případě, kdy není v provozu primární zdroj vytápění.
- **Konvektory** – Oproti klasickým topným tělesům nevyžívají konvektory pro šíření tepla sálání. Konvektory fungují na principu proudění teplého vzduchu. Konstrukční řešení konvektorů je nejčastěji plechový kvádr, na jehož horní straně je provedeno žebrování nebo je kryt rohoží. Uvnitř je umístěno topné žebrování. Konvektory mohou být v provedení na stěnu nebo na podlahu, ale nejzajímavější provedení je konvektor zabudovatelný do podlahy. Takovéto provedení se využívá u velkých oken sahajících až po podlahu. Další výhodou konvektoru je možnost do jeho útrobu nainstalovat i elektricky poháněný ventilátor, pomocí něhož se dá zvýšit proudění na výstupu konvektoru.
- **Sálavé topné plochy** – Dnes díky rozšiřování vytápění, pomocí nízkoteplotních topných systémů na bázi tepelného čerpadla, je sálavé vytápění na vzestupu. Místo klasických interiérových topných těles se k vytápění využívají stěny a podlahy. Kromě klasického systému, kde je zdrojem tepla kotel, se dá sálavé vytápění realizovat i pomocí elektrických topných kabelů. Do podlah, popřípadě stěn objektu se instalují speciální systémy trubek tvořící topnou síť pod omítkou nebo podlahou. Pro návrh a realizaci taktového způsobu vytápění jsou důležité informace o použitých materiálech omítek a podlah z důvodu dimenzování topného výkonu.



### 1.5.3 Armatury

Pro propojení topné soustavy s topnými plochami se využívají armatury. Dále armatury najdou uplatnění i v jiných částech celku topné soustavy. Armatury používané v systémech vytápění můžeme rozčlenit na pět základních skupin:

- **Uzavírací armatury** – Slouží k tlakovému rozpojení topné soustavy (odpojení topných ploch v letních měsících pokud slouží zdroj tepla i pro přípravu teplé vody).
- **Regulační armatury** – Jedná se o čtyřcestný popřípadě třicestný ventil u ekvitermního regulátoru. Dále se mezi regulační armatury řadí ventily u topných ploch, na něž se instalují termostatické hlavice.
- **Napouštěcí a vypouštěcí Armatury** – Jsou umístěné v nejnižší části topné soustavy, nejčastěji jsou realizovány jako součást kotle.
- **Odvzdušňovací armatury** – V dnešní době převážně fungující nezávisle na zásahu člověka.
- **Měřicí armatury** – Slouží pro umístění čidel regulátorů, kontrolních teploměrů a tlakoměrů.

### 1.5.4 Bezpečnostní zařízení topných soustav

Základním požadavkem pro správnou funkci topné soustavy je její bezpečnost. Zabezpečení topných soustav se zabývá norma ČSN 06 0830 Tepelné soustavy v budovách - Zabezpečovací zařízení. Zabezpečovací zařízení můžeme dle normy ČSN členit na tři hlavní kategorie:

- **Zabezpečení přetlaku** – Do této kategorie se řadí zařízení, která chrání topnou soustavu před překročením dovoleného tlaku. Tlak v topné soustavě je zvyšován teplotní roztažností topné vody. Tato zařízení se dále dají členit podle způsobu provozu topné soustavy na:
  - **Otevřené topné soustavy** – V soustavě je realizována otevřená expanzní nádoba. Ta je umístěna nad nejvýše položeným topným tělesem a je opatřena přepadem pro odvod nadbytečného množství vody. Nevýhodou otevřené topné soustavy je průnik vzduchu expanzní nádobou do topné soustavy.
  - **Uzavřené topné soustavy** – Expanzní nádoba je na rozdíl od otevřené soustavy tlakově uzavřena a je umístěna v kotelně domu. Expanzní nádoba je realizována jako tlaková nádoba, v níž je topná voda oddělena od vzduchu membránou. Ve vzduchové části nádoby je udržován přetlak, a tím je topná voda vtlačována do celé topné soustavy. U uzavřené topné soustavy nedochází

k průniku vzduchu, ale soustava je tlakově uzavřena a mohlo by dojít k překročení povoleného tlaku. Z tohoto důvodu je u uzavřených topných soustav nutné instalovat pojistný ventil. Pojistný ventil reaguje na nárůst tlaku a v případě překročení povoleného tlaku dojde k samočinnému otevření a odpuštění určitého množství topné vody.

- **Zabezpečení maximální teploty** – Hlídáním maximální teploty topné vody nebo kotle předcházíme nebezpečnému nárůstu tlaku a nadměrnému tepelnému namáhání zařízení. Hlídání maximální teploty je realizováno několika způsoby. V případě kotle je nainstalován ventil reagující na maximální teplotu a v případě její překročení dochází k samočinnému otevření chladicí smyčky napojené na přívod studené vody. Dále lze maximální teplotu hlídat i pomocí regulační elektroniky a čtyřcestného směšovacího ventilu. Při překročení maximální teploty regulace otevře ventil tak aby veškerá vychlazená voda vracející se z topné soustavy proudila do kotle a kotel ochladila.
- **Zabezpečení dostatku topné vody** – V případě nedostatku topné vody, a tím i nefunkčnosti celé nebo části topné soustavy, je nedostatečně nebo vůbec teplo z kotle odváděno a může dojít k překročení maximální teploty i tlaku. Aby správně topná soustava fungovala, musí být tedy u otevřené topné soustavy minimální hladina v expanzní nádobě. V případě uzavřené topné soustavy musí být tlak vzduchu v tlakové expanzní nádobě na tlaku provozním. Dostatek vody se tedy dá snímat pomocí tlakoměru umístěného v kotelně, u nějž se správný provozní tlak vyznačí a každá odchylka k nižšímu tlaku značí, že je množství topné vody v nepořádku.

## 2 Návrh topné soustavy

Návrh topné soustavy rodinného domu musí respektovat požadavek nízké spotřeby energie na vytápění, při dodržení tepelné pohody obyvatel v domě žijících. Z důvodu nízké spotřeby jsou nové budovy navrhovány a stavěny s nízkými tepelnými ztrátami. Ani starší domy ale nezůstávají pozadu a prochází rekonstrukcí, kdy jsou nejčastěji vyměněna zastaralá okna za nová úsporná. Dále se rekonstrukce zaměřuje na tepelné ztráty zdi, stropem a podlahou. V dnešní době existují moderní materiály (viz tabulka 2.1) sloužící jako tepelná bariéra snižující tepelné ztráty těmito konstrukčními celky.

**Tabulka 2.1 - Tepelná vodivost izolačních materiálů [12]**

Materiál	Tepelná vodivost $\lambda$ [ $\text{W}\cdot\text{M}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ]
Drť z celulózy	0,037–0,050
Dřevovláknité desky	0,038–0,06
Keramzit	0,09–0,20
Perlit	0,06
Korek	0,06
Minerální vlna	0,03–0,05
Pěnový polyuretan	0,02–0,035
Pěnový (expandovaný) polystyren (EPS)	0,035–0,045
Extrudovaný polystyren (XPS)	0,030–0,038
Perforovaný polystyren	0,031–0,040

### 2.1 Tepelný výkon budovy

Aby se dal navrhnout výkon zdroje pro vytápění, výkon jednotlivých radiátorů, rozvody topné vody a ostatní části topné soustavy musí se vyčíslit tepelná ztráta budov a zátopový výkon. Postup výpočtu stanovuje ČSN EN 12 831 Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu.

#### 2.1.1 Předpokládaný stav budovy

Dvougenerační podsklepený rodinný dům v lokalitě Rokycany-město. V podkrovní části je umístěn dvoupokojový byt s kuchyní a vlastním sociálním zařízením. Přízemní část je rozdělena na vstupní halu a druhý třípokojový byt s kuchyní a vlastním sociálním zařízením. Sklepní část slouží jako kotelna s uhelnou a je zde zřízena místnost sloužící jako prádelna. Všechna patra protíná schodiště spojené s chodbou. Dispoziční řešení a půdorysné plány jsou vloženy do této práce jako příloha A. Dále je v příloze A označena funkce místnosti a interiérová teplota (v souladu s ČSN EN 12 831).

Pro dosažení úsporného systému vytápění je předpokládáno provedení zateplení konstrukčních celků budovy v rozsahu:

- výměna oken a dveří v obvodovém plášti budovy ( $U_k = 1,1 \text{ W.M}^{-2}.\text{K}^{-1}$ ),
- obložení obvodového pláště budovy izolačními deskami z minerální vaty ( $d = 16 \text{ cm}$ ,  $U_k = 0,25 \text{ W.M}^{-2}.\text{K}^{-1}$ ),
- obložení sklepní části obvodového pláště budovy zevnitř izolačními deskami z extrudovaného polystyrenu ( $d = 10 \text{ cm}$ ,  $U_k = 0,36 \text{ W.M}^{-2}.\text{K}^{-1}$ ),
- nové zateplení podkrovního bytu minerální vlnou ( $d = 25 \text{ cm}$ ,  $U_k = 0,14 \text{ W.M}^{-2}.\text{K}^{-1}$ ) a obložení stropu v nevytápěné uhelně a stropu ve vstupní hale (součást obvodového pláště budovy) pěnovým polystyrénem ( $d = 16 \text{ cm}$ ,  $U_k = 0,24 \text{ W.M}^{-2}.\text{K}^{-1}$ ).

### 2.1.2 Tepelné ztráty budovy

Tepelná ztráta celé budovy se počítá jako souhrn ztrát jednotlivých místností budovy. Díky tomuto postupu jsou poté známé i ztráty jednotlivých místností, které dále poslouží pro návrh topných ploch v domě. Kapitola 2.1.1 vychází z ČSN EN 12 831 (Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu). Všechny postupy, vzorce a tabulky jsou přejímány z této normy.

Celková tepelná ztráta jednotlivých místností, a tím tedy i celé budovy se vypočítá podle vzorce (1).

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} [W], \quad (1)$$

kde:

$\Phi_{T,i}$  tepelná ztráta prostupem tepla;

$\Phi_{V,i}$  tepelná ztráta větráním. [13]

#### Tepelná ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$

Tepelná ztráta prostupem tepla, jak už název napovídá, reprezentuje ztrátu, respektive přírůstek do jednotlivých místností z míst chladnějších nebo teplejších. Tepelná ztráta prostupem tepla se vypočítá podle vzorce (2).

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

kde:

$H_{T,is}$  měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru ven, vypočítá se podle vzorce (3);

$H_{T,iue}$  měrná tepelná ztráta do nevytápěných prostor, vypočítá se podle vzorce (4);

$H_{T,ig}$  měrná tepelná ztráta do zeminy z vytápěného prostoru, vypočítá se podle vzorce (5);

$H_{T,ij}$  měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru na jinou teplotu, vypočítá se podle vzorce (6);

$\Theta_{int,i}$  výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru [°C], viz tabulka 2.2;

$\Theta_e$  výpočtová venkovní teplota [°C], viz tabulka 2.3. [13]

**Tabulka 2.2 - Výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru, přejat z [13]**

Druh místnosti	$\Theta_{int,i}$ [°C]
Obytné místnosti	20
Kuchyně	20
Koupelny	24
Klozety	20
Vytápěné vedlejší místnosti (chodby)	15
Vytápěná schodiště	10
⋮	⋮

**Tabulka 2.3 - Ostatní výpočtové teploty, vpřejato z [13]**

Místo	$\Theta_e$ [°C]	$\Theta_{m,e}$ [°C]	Počet dnů topné sezóny
Praha	-12	4,3	225
Plzeň	-12	3,6	242
Rokycany	-15	3,5	252
⋮	⋮	⋮	⋮

**Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru ven  $H_{T,ie}$**

$$H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{ke} \cdot e_k \text{ [W} \cdot \text{K}^{-1}\text{]}, \quad (3)$$

kde:

$A_k$  plocha stavební části [m<sup>2</sup>];

$U_{ke}$  korigovaný součinitel prostupu tepla [W.M<sup>-2</sup>.K<sup>-1</sup>], zahrnuje vliv tepelných mostů, vypočítá se podle vzorce (3.1);

$e_k$  korekční činitel [-], základní hodnota 1.[13]

$$U_{ke} = U_k + \Delta U \text{ [W} \cdot \text{M}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}\text{]}, \quad (3.1)$$

kde:

$U_k$  součinitel prostupu tepla [W.M<sup>-2</sup>.K<sup>-1</sup>], vypočítá se podle vzorce (3.2);

$\Delta U$  korekční součinitel [W.M<sup>-2</sup>.K<sup>-1</sup>], zohledňuje tepelné mosty v konstrukci, viz tabulka 2.4. [13]

Tabulka 2.4 - Korekční součinitel  $\Delta U$ , přežato z [13]

Konstrukce	$\Delta U$ [ $W \cdot M^{-2} \cdot K^{-1}$ ]
Bez tepelných mostů	0
Téměř bez tepelných mostů	0,02
Mírné tepelné mosty	0,05
Běžné tepelné mosty	0,1
Výrazné tepelné mosty	0,2

$$U_k = \frac{1}{R_{si} + \sum_1^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_{se}} [W \cdot M^{-2} \cdot K^{-1}], \quad (3.2)$$

kde:

$d$  tloušťka vrstvy konstrukce [m];

$\lambda$  tepelná vodivost vrstvy [ $W \cdot M^{-1} \cdot K^{-1}$ ];

$R_{si}$  odpor přestupu tepla – vnitřní strana, viz tabulka 2.5;

$R_{se}$  odpor přestupu tepla – vnější strana, viz tabulka 2.5. [13]

Tabulka 2.5 - Odpor přestupu tepla, přežato z [13]

	Směr tepelného toku		
	Nahoru	Vodorovně	Dolů
$R_{si}$	0,1	0,13	0,17
$R_{se}$	0,04	0,04	0,04

**Měrná tepelná ztráta do nevytápěných prostor  $H_{T,iue}$**

$$H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{ke} \cdot b_U [W \cdot K^{-1}], \quad (4)$$

kde:

$A_k$  plocha stavební části [ $m^2$ ];

$U_{ke}$  korigovaný součinitel prostupu tepla [ $W \cdot M^{-2} \cdot K^{-1}$ ], zahrnuje vliv tepelných mostů, vypočítá se podle vzorce (3.1);

$b_U$  teplotní redukční činitel [-], vypočítá se podle vzorce (4.1). [13]

$$b_U = \frac{\theta_{int,i} - \theta_U}{\theta_{int,i} - \theta_e} [-], \quad (4.1)$$

kde:

$\Theta_{int,i}$  výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru [ $^{\circ}C$ ], viz tabulka 2.2;

$\Theta_U$  teplota nevytápěného prostoru [ $^{\circ}C$ ];

$\Theta_e$  výpočtová venkovní teplota [ $^{\circ}C$ ], viz tabulka 2.3. [13]

**Měrná tepelná ztráta do zeminy z vytápěného prostoru  $H_{T,ig}$** 

$$H_{T,ig} = \left( \sum A_k \cdot U_{equiv,k} \right) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w [W \cdot K^{-1}], \quad (5)$$

kde:

- $A_k$  plocha stavební části [ $m^2$ ];  
 $U_{equiv,k}$  ekvivalentní součinitel prostupu tepla [ $W \cdot M^{-2} \cdot K^{-1}$ ], určení viz Příloha B;  
 $f_{g1}$  korekční činitel [-], zohledňuje roční změnu venkovní teploty, národní hodnota 1,45 [-];  
 $f_{g2}$  teplotní redukční činitel [-], vypočítá se podle vzorce (5.1).  
 $G_w$  korekční činitel [-], zohledňuje vliv spodní vody, hodnota 1 pokud je spodní voda hlouběji než 1m pod úrovní podlahy. [13]

$$f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e} [-], \quad (5.1)$$

kde:

- $\Theta_{int,i}$  výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru [ $^{\circ}C$ ], viz tabulka 2.2;  
 $\Theta_{m,e}$  průměrná teplota v topné sezóně [ $^{\circ}C$ ], viz tabulka 2.3.;  
 $\Theta_e$  výpočtová venkovní teplota [ $^{\circ}C$ ], viz tabulka 2.3. [13]

**Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru na jinou teplotu  $H_{T,ij}$** 

$$H_{T,ij} = \sum A_k \cdot U_k \cdot b_{ij} [W \cdot K^{-1}], \quad (6)$$

kde:

- $A_k$  plocha stavební části [ $m^2$ ];  
 $U_k$  součinitel prostupu tepla [ $W \cdot M^{-2} \cdot K^{-1}$ ], vypočítá se podle vzorce (3.2);  
 $b_{ij}$  teplotní redukční činitel [-], vypočítá se podle vzorce (6.1). [13]

$$b_{ij} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_j}{\theta_{int,i} - \theta_e} [-], \quad (6.1)$$

kde:

- $\Theta_{int,i}$  výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru [ $^{\circ}C$ ], viz tabulka 2.2;  
 $\Theta_j$  výpočtová vnitřní teplota sousední vytápěné místnosti [ $^{\circ}C$ ], viz tabulka 2.2;  
 $\Theta_e$  výpočtová venkovní teplota [ $^{\circ}C$ ], viz tabulka 2.3. [13]

**Tepelná ztráta větráním  $\Phi_{V,i}$** 

Tepelná ztráta větráním určuje tepelný výkon, který musíme místnosti dodat, aby se vyrovnaly tepelné ztráty způsobené větráním okny budovy a infiltrací vzduchu pláštěm budovy. Hodnota tepelné ztráty větráním se stanoví podle vzorce (7).

$$\Phi_{T,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) [W], \quad (7)$$

kde:

$H_{V,i}$  měrná tepelná ztráta větráním, vypočítá se podle vzorce (8);

$\Theta_{int,i}$  výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru [°C], viz tabulka 2.2;

$\Theta_e$  výpočtová venkovní teplota [°C], viz tabulka 2.3. [13]

#### Měrná tepelná ztráta větráním $H_{V,i}$

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_i [W \cdot K^{-1}], \quad (8)$$

kde:

$\dot{V}_i$  výměna vzduchu ve vytápěné místnosti [ $m^3 \cdot s^{-1}$ ], vypočítá se podle vzorce (8.1). [13]

$$\dot{V}_i = \max(V_{inf,i}, V_{min,i}) [m^3 \cdot h^{-1}], \quad (8.1)$$

kde:

$V_{inf,i}$  infiltrace vzduchu pláštěm budovy, vypočítá se podle vzorce (8.2);

$V_{min,i}$  hygienické množství vzduchu, vypočítá se podle vzorce (8.3). [13]

$$V_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i [m^3 \cdot h^{-1}], \quad (8.2)$$

kde:

$V_i$  objem místnosti [ $m^3$ ];

$n_{50}$  intenzita výměny vzduchu při rozdílu vnějšího a vnitřního tlaku 50 Pa [ $h^{-1}$ ], hodnota 4,5  $h^{-1}$  pro budovy s přirozeným větráním;

$e_i$  stínící činitel [-], viz tabulka 2.6;

$\varepsilon_i$  výškový korekční činitel [-], do výšky budovy do 10 m rovem 1. [13]

Tabulka 2.6 - stínící činitel  $e_i$ , přejato z [13]

	Počet otvorů		
	0	1	Více
<b>Nechráněné</b>	0	0,03	0,05
<b>Průměrně chráněné</b>	0	0,02	0,03
<b>Velmi chráněné</b>	0	0,01	0,02

$$V_{min,i} = V_i \cdot n_{min} [m^3 \cdot h^{-1}], \quad (8.3)$$

kde:

$V_i$  objem místnosti [ $m^3$ ];

$n_{min}$  minimální intenzita výměny vzduchu [ $h^{-1}$ ], viz tabulka 2.7. [13]



Tabulka 2.7 - minimální intenzita výměny vzduchu  $e_{\min}$ , přejato z [13]

Druh místnosti	$n_{\min} [h^{-1}]$
Obytná místnost	0,5
Kuchyně, koupelna s oknem	1,5
Kancelář	1,0
Zasedací místnost, učebna	2,0

### Celkové tepelné ztráty budovy

Celková ztráta budovy, jejíž půdorysy jsou uvedeny v příloze A jsou stanoveny podle postupu z kapitoly 2.1.2. Celková ztráta budovy je součtem tepelné ztráty prostupem tepla a tepelné ztráty větráním jednotlivých místností. Postupy výpočtu jednotlivých místností jsou uvedeny v příloze C, výsledné hodnoty z výpočtu zobrazuje tabulka 2.8.

Tabulka 2.8 - Celkové tepelné ztráty budovy

Místnost	$\Phi_{T,i} [W]$	$\Phi_{V,i} [W]$
0.1 - Prádelna	259,69	107,40
0.2 – Kotelna *	0,00	0,00
0.3 – Uhelna **	0,00	0,00
1.1 - Pokoj	394,74	226,25
1.2 - Pokoj	206,52	129,39
1.3 - WC	74,18	34,02
1.4 - Koupelna	193,19	78,52
1.5 - Obývací pokoj	490,97	224,95
1.6 - Kuchyně	337,02	595,48
1.7 - Spíž	-97,10	29,69
1.8 - Vstupní hala	501,79	135,93
2.1 - Kuchyně	393,47	534,66
2.2 - Pokoj	308,80	200,92
2.3 - Spíž	-120,70	57,76
2.4 - Obývací pokoj	267,09	212,81
2.5 - Koupelna	350,11	166,18
2.6 - WC	86,65	92,24
CH – Chodba se schodištěm	-409,79	355,46
<b><math>\Sigma</math> ztrát [W]</b>	<b>3236,62</b>	<b>3181,67</b>

\* Tepelné ztráty kotelny nejsou vyčíslovány, místnost je vytápěna ztrátami kotle, jejichž hodnota je obsažena v účinnosti kotle. V kotelně je pro výpočet předpokládána trvalá teplota 20°C.

\*\* Tepelné ztráty uhelny nejsou vyčíslovány, místnost je nevytápěna. V uhelně je pro výpočet předpokládána trvalá teplota 5°C.

### 2.1.3 Zátopový tepelný výkon budovy

Zátopový tepelný výkon se uplatňuje u budov, kde dochází k přerušení vytápění nebo k nočnímu útlumu 8 hodin a déle. V realizované budově se předpokládá využití kotle na tuhá paliva, u kterého dochází k přerušení vytápění z důvodu čištění kotle nejméně dvakrát měsíčně v topné sezóně. Dále je předpokládána regulace vytápění s možností nočního útlumu nejvýše 8 hodin. Z těchto důvodů se zátopový tepelný výkon budovy v tomto případě vyčísluje. Výpočet zátopového tepelného výkonu se provádí podle vzorce (9).

$$\Phi_{RH,i} = A_k \cdot f_{RH} [W], \quad (9)$$

kde:

$A_k$  plocha stavební části [ $m^2$ ];

$f_{RH}$  korekční činitel [ $W \cdot m^{-2}$ ], závisí na době zátopu a vnitřním poklesu teploty v době útlumu, viz tabulka 2.9. [13]

**Tabulka 2.9 - Korekční činitel  $f_{RH}$  pro budovy s nočním útlumem nejvýše 8 hodin, přejato z [13]**

Doba zátopu [h]	Předpokládaný pokles teploty během útlumu		
	1K	2K	3K
1	11	22	45
2	6	11	22
3	4	9	16
4	2	7	13

#### Celkový zátopový tepelný výkon budovy

V budově je předpokládán pokles teploty ve vytápěných místnostech během nočního útlumu 2 K. Doba zátopu pro obnovení teploty z nočního útlumu je stanovena na 1 h. Hodnoty vypočítané pro řešený objekt jsou v tabulce 2.10.

Tabulka 2.10 - Celkový zátopový tepelný výkon budovy

Místnost	$A_k$	$f_{RH}$ [13]	$\Phi_{RH,i}$ [W]
0.1 - Prádelna	9,03	22,00	198,55
0.2 – Kotelna *	19,49	0,00	0,00
0.3 – Uhelna *	11,57	0,00	0,00
1.1 – Pokoj	15,21	22,00	334,58
1.2 – Pokoj	8,70	22,00	191,36
1.3 – WC	0,83	22,00	18,23
1.4 - Koupelna	1,72	22,00	37,76
1.5 - Obývací pokoj	15,12	22,00	332,71
1.6 - Kuchyně	13,34	22,00	293,57
1.7 - Spíž **	2,33	0,00	0,00
1.8 - Vstupní hala	9,93	22,00	218,53
2.1 - Kuchyně	13,82	22,00	304,09
2.2 – Pokoj	13,51	22,00	297,17
2.3 - Spíž **	6,37	0,00	0,00
2.4 - Obývací pokoj	14,31	22,00	314,75
2.5 - Koupelna	3,50	22,00	77,00
2.6 – WC	2,97	22,00	65,30
CH – Chodba se schodištěm	30,68	22,00	675,06
<b>Celkový zátopový tepelný výkon <math>\Phi_{RH,i}</math> [W]</b>			<b>3358,64</b>

\* Zátopový tepelný výkon není vyčíslován pro nevytápěné prostory.

\*\* Zátopový tepelný výkon není vyčíslován pro spíže, kde nevzniká potřeba rychlého vytopení po nočním útlumu nebo odstávce kotle.

#### 2.1.4 Návrhový tepelný výkon

Návrhový tepelný výkon stanovuje celkovou potřebu tepla pro vytápění v budově. Stanovuje se pro jednotlivé místnosti, kde tato hodnota slouží pro návrh otopných ploch. Součtem tepelných výkonů jednotlivých místností určíme celkový výkon budovy, jenž musí dodat zdroj tepla, v našem případě kotel na tuhá paliva. Výpočet navrhovaného tepelného výkonu se provede podle vzorce (10). Vyčíslené hodnoty navrhovaného výkonu budovy jsou v tabulce 2.11.

$$\Phi_{HL,i} = \phi_{T,i} + \phi_{V,i} + \phi_{RH,i} [W], \quad (10)$$

kde:

$\Phi_{T,i}$  tepelná ztráta prostupem tepla, vypočítá se podle vzorce (2);

$\Phi_{V,i}$  tepelná ztráta větráním, vypočítá se podle vzorce (7);

$\Phi_{RH,i}$  zátopový tepelný výkon budovy, vypočítá se podle vzorce (9). [13]

Tabulka 2.11 - Návrhový tepelný výkon budovy

Místnost	$\Phi_{T,i}$ [W]	$\Phi_{V,i}$ [W]	$\Phi_{RH,i}$ [W]	$\Phi_{HL,i}$ [W]
0.1 - Prádelna	259,69	107,40	198,55	565,64
0.2 – Kotelna *	0,00	0,00	0,00	0,00
0.3 – Uhelna *	0,00	0,00	0,00	0,00
1.1 – Pokoj	394,74	226,25	334,58	955,57
1.2 – Pokoj	206,52	129,39	191,36	527,26
1.3 – WC	74,18	34,02	18,23	126,43
1.4 - Koupelna	193,19	78,52	37,76	309,46
1.5 - Obývací pokoj	490,97	224,95	332,71	1048,63
1.6 - Kuchyně	337,02	595,48	293,57	1226,06
1.7 - Spíž	-97,10	29,69	0,00	0,00 (-67,40)**
1.8 - Vstupní hala	501,79	135,93	218,53	856,25
2.1 - Kuchyně	393,47	534,66	304,09	1232,22
2.2 – Pokoj	308,80	200,92	297,17	806,89
2.3 - Spíž	-120,70	57,76	0,00	0,00 (-62,94)**
2.4 - Obývací pokoj	267,09	212,81	314,75	794,65
2.5 - Koupelna	350,11	166,18	77,00	593,29
2.6 – WC	86,65	92,24	65,30	244,18
CH – Chodba se schodištěm	-409,79	355,46	675,06	620,73
<b>Návrhový tepelný výkon <math>\Phi_{HL,i}</math> [W]</b>				<b>9907,27</b>

\* Navrhovaný tepelný výkon není vyčíslován pro nevytápěné prostory.

\*\* Navrhovaný tepelný výkon nemůže být záporný.

## 2.2 Návrh topné soustavy

Aby bylo možno předávat teplo vyrobené kotlem jednotlivým místnostem v takové míře, jako jsou ztráty vytápěné místnosti, je zapotřebí realizovat v jednotlivých místnostech otopné plochy. Otopné plochy jsou s kotlem propojeny rozvody topné a vratné vody, vykazující tlakovou ztrátu, jejíž vyčíslení je důležité pro návrh oběžného čerpadla.

### 2.2.1 Otopné plochy

V budově jsou navrhovány dva druhy otopných ploch. První druh, konvenční litinové radiátory složené ze vzájemně spojených článků. Druhým druhem otopné plochy jsou trubková otopná tělesa sloužící převážně pro vytápění koupelen. Tepelný spád v radiátoru je navrhován 55°C na 45°C s přihlédnutím na implementaci ekvitermní regulaci. Díky čemuž bude možno tepelný výkon otopných ploch pomocí regulace snižovat, ale i zvyšovat, v případě chladnějších dnů.

Výchozí hodnotou pro stanovení výkonu otopné plochy je vyčíslený návrhový tepelný výkon budovy pro jednotlivé místnosti. Dále se v katalogu výrobce vybere příslušný radiátor pomocí navrhovaného tepelného spádu ( $55^{\circ}\text{C}$  na  $45^{\circ}\text{C}$ ), teploty v místnosti a navrhovaného tepelného výkonu místnosti. Tento postup ilustruje tabulka 2.12, katalogové hodnoty použitých otopných ploch jsou uvedeny v příloze D.

**Tabulka 2.12 - Návrh otopných ploch**

Místnost	$\Theta_{\text{int},i}$ [°C]	$\Phi_{\text{HL},i}$ [W]	Označení	Typ radiátoru	Q [W]
0.1	20	565,64	R 0.1	Viadrus Termo 623/130; 11 článků	615
1.1	20	955,57	R 1.1	Viadrus Termo 623/130; 18 článků	991
1.2	20	527,26	R 1.2	Viadrus Termo 623/130; 10 článků	562
1.3	20	126,43	R 1.3	Viadrus Termo 623/95; 3 články	153
1.4	24	309,46	R 1.4	KORADO RONDO MAX; KRMM 900.600	315
1.5	20	1048,63	R 1.5 a	Viadrus Termo 623/130; 10 článků	562
			R 1.5 b	Viadrus Termo 623/130; 10 článků	562
1.6	20	1226,06	R 1.6	Viadrus Termo 623/130; 23 článků	1259
1.8	20	856,25	R 1.8 a	Viadrus Termo 623/130; 8 článků	454
			R 1.8 b	Viadrus Termo 623/130; 8 článků	454
2.1	20	1232,22	R 2.1	Viadrus Termo 623/130; 23 článků	1259
2.2	20	806,89	R 2.2	Viadrus Termo 623/130; 15 článků	830
2.4	20	794,65	R 2.4	Viadrus Termo 623/130; 15 článků	830
2.5	24	593,29	R 2.5	KORADO RONDO MAX; KRMM 1820.750	645
2.6	20	244,18	R.2.6	Viadrus Termo 623/95; 6 článků	285
CH	15	620,73	R CH a	KORADO RONDO MAX; KRMM 900.600	368
			R CH b	KORADO RONDO MAX; KRMM 900.600	368

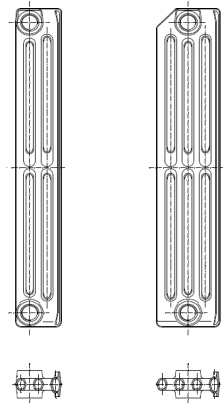
### 2.2.2 Připojení otopných ploch

Pro účely připojení radiátoru k topné soustavě výrobcí na radiátorech realizují přípojná místa. V dnešní době se nejčastěji jedná o spodní napojení radiátorů k rozvodům topné vody. Dále je potřeba regulovat výkon otopné plochy podle podmínek dané místnosti. I když je otopná plocha navržena pro danou místnost, nenachází se budova vždy v parametrech,

pro něž byl výpočet proveden. Vliv, jenž tyto parametry mění, je například sluneční paprsky pronikající do objektu prosklenými plochami.

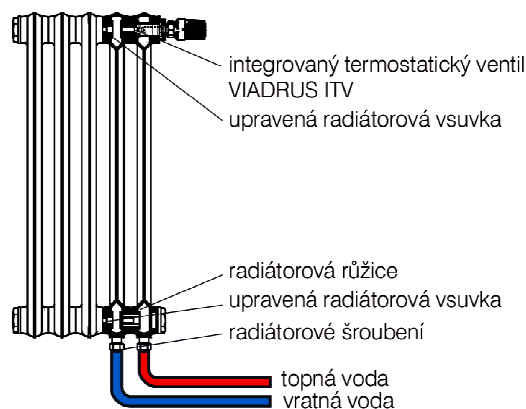
### Viadrus Termo 623/95 a 623/130

Jedná se o klasické litinové radiátory článkového provedení, viz obr. 2.1. Radiátory se hodí, jak pro samotížné vytápění, tak pro vytápění s nuceným oběhem. Svou možností skládat radiátor z jednotlivých článků vykazují velkou variabilitu výkonů.

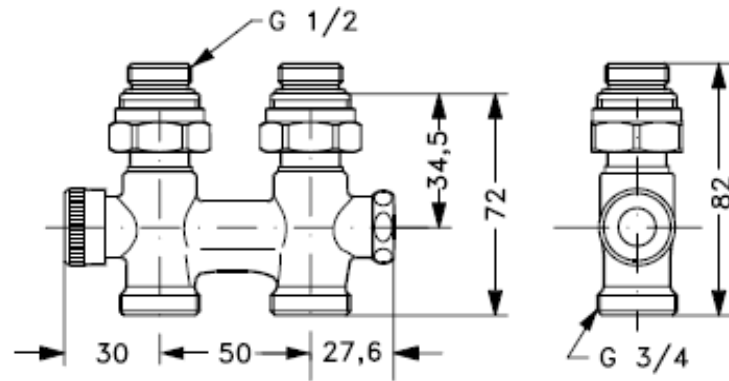


Obr. 2.1 - Viadrus Termo 623/95 a 623/130, přejato z [14]

Připojení a regulace radiátorů Viadrus Termo se provádí pomocí prvních dvou upravených článků radiátoru, viz obr. 2.2. Kdy první článek radiátoru je oddělený od zbylých a přivádí topnou vodu k integrovanému termostatickému ventilu s možností přednastavení tlakové ztráty. Aby bylo možno radiátor vypustit, popřípadě napustit, a odpojit od topné soustavy bez nutnosti odstavení zbytku topné soustavy, je radiátor připojen přes uzavírací a regulační armaturu Danfoss RLV – KD, viz obr. 2.3. Regulační armatura umožňuje kromě uzavření také regulaci tlakové ztráty. Tento způsob připojení uspokojuje požadavek vyhlášky č. 193/2007 (účinnost užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu).



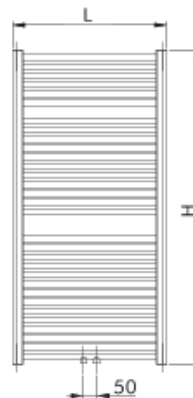
Obr. 2.2 - Připojení a regulace Viadrus Termo, přejato z [14]



2.3 - Danfoss RLV – KD, přejato z [15]

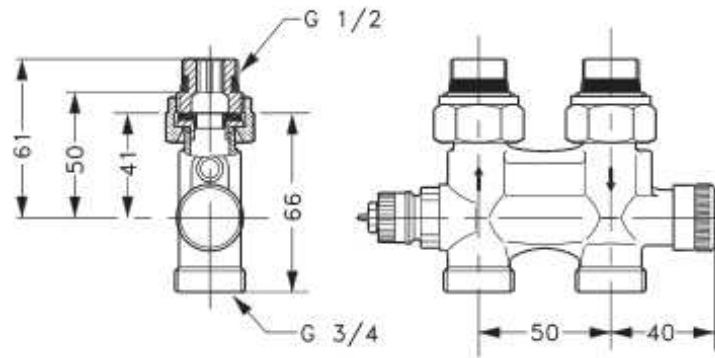
### KORADO RONDO MAX

Jsou trubková topná tělesa tvořená ocelovými profily, viz obr. 2.3. Svě využití naleznou v soustavách s nuceným oběhem vody. Primární určení radiátorů je k vytápění koupelen, ale lze je použít i k vytápění chodeb a hal. Konstrukce radiátorů také umožňuje sušení textilií, převážně ručníků v koupelnách.



Obr. 2.4 - KORADO RONDO MAX, přejato z [16]

Připojení a regulace radiátorů KORADO RONDO MAX se provádí pomocí připojovací armatury Danfoss VHS, viz obr. 2.5. Tato armatura plní funkci, jak termostatického ventilu, tak uzavírací armatury s možností regulace tlakové ztráty. Tento způsob připojení uspokojuje požadavek vyhlášky č. 193/2007 (účinnost užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu).



Obr. 2.5 - Danfoss VHS, přejato z [17]

### 2.2.3 Rozvody topné a vratné vody

Rozvody topné a vratné vody jsou koncipovány jako uzavřená dvoutrubková otopná soustava se spodním rozvodem a nuceným oběhem vody. Takto realizovaná topná soustava má hned několik přínosů. Oproti soustavě s přirozeným oběhem vody má lepší teplotní i hydraulické poměry, dále se dá velmi dobře regulovat a umožňuje rychlejší zátop v budově. Nevýhodou nuceného oběhu je závislost na dodávce elektrické energie. V tomto případě může dojít k zastavení proudění vody přes kotel a tedy k přetopení kotle. Realizace zabezpečení proti tomuto stavu je popsána dále v této práci.

Materiálem předpokládaným pro realizaci topných rozvodů jsou měděné trubky. Rozvody topné vody jsou realizované z tohoto materiálu, z důvodu vyšší odolnosti vůči korozi a velké pevnosti, díky čemu mají i menší tloušťku stěn. Ke spojování segmentů rozvodů se použije lisování spojů pomocí lisovaného spojení. Pro odbočení, zahnutí a napojení na armatury se využije připravených tvarovaných propojek a kolen.

Navrhovaný způsob rozvedení topné vody je zobrazen na půdorysech v příloze E. V tomto návrhu není zakresleno provedení kotelny z důvodu jejího rozdílného řešení pro různé zdroje tepla a regulace navrhované dále v této práci. Místo napojení kotelny na topnou soustavu znázorňuje v půdorysech A A'. Dále příloha E obsahuje rozvinuté schéma rozvodů a topných těles, v němž je znázorněn průměr potrubí a dopravní výška jednotlivých částí rozvodů.

### 2.2.4 Odvzdušnění topné soustavy

Odvzdušnění topné soustavy je pro provoz topné soustavy klíčový. Odvzdušňování soustavy se provádí přes topná tělesa. Z tohoto důvodu jsou všechna topná tělesa opatřena odvzdušňovacími armaturami. Pro komfortnost a jednoduchost obsluhy se předpokládá vybavení topných těles armaturami, jenž provádí odvzdušnění radiátorů nezávisle na zásahu



člověka. Touto armaturou může být automatický hygroskopický odvzdušňovací ventil od společnosti Caleffi, viz obr. 2.6.



**Obr. 2.6 - Automatický hygroskopický odvzdušňovací ventil, přejato z [18]**

### 3 Návrh regulace topné soustavy

Pro dosažení úsporné a účinné topné soustavy je nutno zavést do topné soustavy regulaci. V civilní výstavbě se nejčastěji využívá dvou systémů regulace. Prvním systémem je regulace tlakové ztráty jednotlivých větví. Tato regulace umožňuje nastavit tlakovou ztrátu jednotlivých otopných ploch. Díky tomuto nastavení protéká skrz otopné plochy požadované množství topného média. Druhou realizovanou regulací je regulace nějakým způsobem závislá na teplotě, ať vytápěné místnosti nebo venkovní.

#### 3.1 Regulace tlakové ztráty

Pro určení nastavení připojovacích a regulačních armatur otopných ploch se nejprve musí určit tlaková ztráta jednotlivých smyček. Smyčka v realizované otopné soustavě začíná v bodě A a prochází trubkovými rozvody, až k radiátoru. Zde projde radiátorem a vrací se zpátky do bodu A'.

Upravíme-li postup výpočtu tlakových ztrát na realizovanou topnou soustavu, určíme tlakovou ztrátu jednotlivých smyček podle vzorce (11).

$$\Delta p_p = \Delta p_\lambda + \Delta p_\xi + \Delta p_R + (\Delta p_T) [Pa], \quad (11)$$

kde:

$\Delta p_p$  tlaková ztráta smyčky;

$\Delta p_\lambda$  tlaková ztráta třením v potrubí [Pa], vypočítá se podle vzorce (11.1);

$\Delta p_\xi$  tlaková ztráta vřazenými odpory [Pa], vypočítá se podle vzorce (11.2);

$\Delta p_R$  tlaková ztráta radiátoru [Pa], vypočítá se podle vzorce (11.2);

$\Delta p_T$  tlaková ztráta termostatického ventilu [Pa], pokud není spojen s připojovací armaturou.

#### Tlaková ztráta třením v potrubí $\Delta p_p$

$$\Delta p_\lambda = R \cdot l [Pa], \quad (11.1)$$

kde:

$\Delta p_\lambda$  tlaková ztráta třením v potrubí [Pa];

R měrná ztráta třením [ $Pa \cdot m^{-1}$ ], určí se z tabulek pro daný druh potrubí a danou teplotu, za předpokladu známého průtoku potrubím M [ $kg \cdot h^{-1}$ ]. M se vypočítá podle vzorce (11.3);

l délka potrubí [m]. [20]

**Tlaková ztráta vřazenými odpory  $\Delta p_{\xi}$  / Tlaková ztráta radiátoru  $\Delta p_R$** 

$$\Delta p_{\xi} / \Delta p_R = \sum \xi \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho \text{ [Pa]}, \quad (11.2)$$

kde:

$\Delta p_{\xi}$  tlaková ztráta vřazenými odpory;

$\xi$  součinitel místních odporů [-], použité hodnoty, viz tabulka 2.13;

$w$  rychlost proudění kapaliny v potrubí [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ], určí se z tabulek pro daný druh potrubí a danou teplotu, za předpokladu známého průtoku potrubím  $M$  [ $\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$ ].  $M$  se vypočítá podle vzorce (11.3);

$\rho$  hustota vody při průměrné teplotě topné a vratné vody [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ], pro  $50^\circ\text{C}$   
 $\rho = 987,9 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . [20]

**Tabulka 3.1 - součinitel místních odporů [21]**

Tvar	$\xi$ [-]
	8
	3
	1,5
	1
	2
	0,2
Zúžení	1,5
Rozšíření	0,3
Koleno Cu 15x1	2
Koleno Cu 22x1, Koleno Cu 28x1	1,5
Koleno Cu 35x1,5	1
Radiátor Viadrus Termo [14]	2,5
Radiátor KORADO RONDO MAX [16]	9,3

$$M = \frac{Q}{(1,163 \cdot \Delta t)} [kg \cdot h^{-1}], \quad (11.3)$$

kde:

M průtoku potrubím;

Q výkon radiátoru v počítané smyčce [W],

$\Delta t$  navrhovaný teplotní spád na radiátoru [ $^{\circ}\text{C}$ ], v navrhovaném případě  $\Delta t = 10^{\circ}\text{C}$ . [20]

### **Tlaková ztráta termostatického ventilu $\Delta p_T$**

V realizovaném návrhu jsou radiátory Viadrus Termo vybaveny integrovaným termostatickým ventilem. Tento integrovaný termostatický ventil je vybaven vlastním tlakovým přednastavením, u kterého se musí, taktéž uvažovat při výpočtu tlakové ztráty. Tlakovou ztrátu určíme z diagramu pro daný průtok a pro dané přednastavení ventilu, viz příloha F.

### **Vyvážení tlakové ztráty jednotlivých smyček**

Aby se topná voda rovnoměrně rozprostírala po celé topné soustavě, provádí se vyvážení tlakové ztráty. Pro všechna tělesa se zavedou smyčky z bodu A do bodu A'. Pro tyto smyčky se vypočítá tlaková ztráta bez přispění přípojovací armatury. Z takto vzniklého seznamu tlakových ztrát se vybere nejvyšší hodnota. Tato smyčka s daným radiátorem se nazývá referenční. Nejčastěji to bývá ta, jež je nejdále od zdroje tepelné energie. K této tlakové ztrátě musíme ještě připočíst tlakovou ztrátu přípojovací armatury. Nastavení tlakové ztráty přípojovací armatury se volí při známém průtoku radiátorem, s co nejmenší tlakovou ztrátou. Výslednou hodnotu můžeme nazvat referenční tlaková ztráta.

Vyvážení ostatních smyček se následovně provede tak, že tlakovou ztrátu jednotlivých smyček odečteme (bez přispění přípojovací armatury) od referenční tlakové ztráty. Výsledná hodnota udává, jakou tlakovou ztrátu musíme ještě doškrtnit na přípojovacích armaturách topných těles. Tlakovou ztrátu určíme z diagramu pro daný průtok a pro dané přednastavení ventilu, viz příloha F.

Hodnoty tlakové ztráty jednotlivých těles pro navrhovanou topnou soustavu ilustruje tabulka 2.14. Podrobný výpočet tlakové ztráty jednotlivých smyček je uveden v příloze G.

Tabulka 3.2 - Vyvážení tlakové ztráty

Označení radiátoru	M [kg.h <sup>-1</sup> ]	$\Delta p_p$ [Pa]	$\Delta p_{ref}$ [Pa]	Doškrcení [Pa]	Nastavení armatury
R 0.1	52,88	4137,70	5378,46	1240,76	2,5
R 1.1	85,21	3389,15	5378,46	1989,31	4
R 1.2	48,32	3429,25	5378,46	1949,21	2,5
R 1.3	13,16	1066,08	5378,46	4312,38	0,25
R 1.4	27,09	802,78	5378,46	4575,68	4,5
R 1.5 a	48,32	3221,87	5378,46	2156,59	2,5
R 1.5 b	48,32	3160,92	5378,46	2217,54	2,5
R 1.6	108,25	4315,22	5378,46	1063,24	kvs
R 1.8 a	39,04	2503,15	5378,46	2875,31	1,5
R 1.8 b	39,04	2500,53	5378,46	2877,93	1,5
R 2.1 - Referenční	108,25	5378,46	-	-	kvs
R 2.2	71,37	3196,03	5378,46	2182,43	3
R 2.4	71,37	3520,23	5378,46	1858,23	4
R 2.5	55,46	987,94	5378,46	4390,52	6
R.2.6	24,51	2866,07	5378,46	2512,39	1
R CH a	31,64	749,12	5378,46	4629,35	4,5
R CH b	31,64	852,59	5378,46	4525,87	4,5

### 3.2 Regulace tepelného výkonu

Navrhovaný tepelný výkon radiátorů a zdroje předpokládá venkovní teplotu  $-15^{\circ}\text{C}$ . Tato teplota, ale není permanentně celou zimu. Teplota klesá a stoupá v závislosti na různých parametrech, a proto také tepelný výkon musí nějakým způsobem tento pohyb následovat.

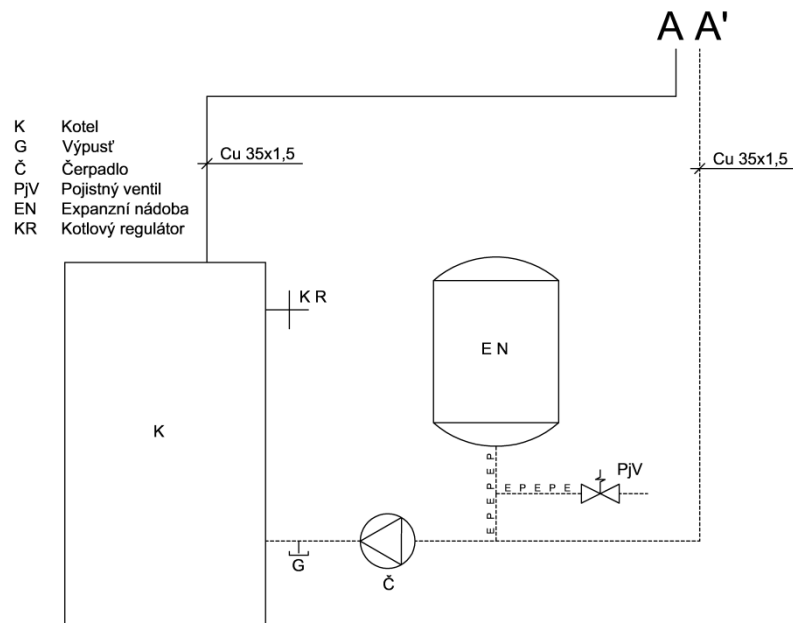
Návrh regulace topné soustavy s tímto jevem počítá, a proto je i v topné soustavě počítáno s dvěma způsoby regulace výkonu. První způsobem je regulace podle venkovní teploty fungující pro celou soustavu. Touto regulací se zabývají následující tři návrhy. Druhou použitou regulací je regulace místní, podle vnitřní teploty. Tato regulace je realizována termostatickými ventily u radiátorů Viadrus Termo a přípojovací armaturou s integrovaným termostatickým ventilem u radiátorů KORADO RONDO MAX. K termostatickým ventilům je použito termostatických hlavic Danfoss REA 5054, viz obr 3.1. Termostatická hlavice dovoluje teplotu regulovat v rozmezí  $8^{\circ}\text{C}$  až  $28^{\circ}\text{C}$ .



Obr. 3.1 - Danfoss REA 5054, přejato z [19]

### 3.2.1 Návrh regulace a kotelny 1

Tento návrh regulace vytápění vychází z nejrozšířenějšího způsobu provozu kotle na tuhá paliva. Jedná se o nejjednodušší způsob provozu topné soustavy. Jedná se o přímé propojení výše navrhnuté topné soustavy (v obrázku zastoupena bobem A A') na kotel, kdy je do zpátečky kotle vloženo oběhové čerpadlo s expanzní nádobou a pojistným ventilem, viz obr. 3.2. Regulace takto řešeného návrhu je realizována na těle kotle, a to vlnovcovým kotlovým regulátorem. Místní regulace v jednotlivých místnostech je provedena termostatickými ventily s osazenými hlavicemi.



Obr. 3.2 - Zapojení kotelny; Návrh 1

## Kotel

Na základě navrhovaného tepelného výkonu musí navrhovaný kotel splňovat tepelný výkon nejméně 10 kW. Takový výkon splňuje s rezervou výrobek společnosti Bosch Termotechnika s.r.o., prodáváný pod obchodní značkou DAKON DOR. Jedná se o kotel spalující hnědé uhlí, kusové dřevo a brikety. Kotel splňuje normy pro ochranu životního prostředí a při spalování předepsaného paliva, třídu 2, podle normy ČSN EN 303-5. Kladem tohoto kotle je nezávislost na dodávce elektrické energie, vysoká účinnost spalování uhlí při dodržení parametrů v návodu. Kotel se dodává v široké škále tepelných výkonů s různými parametry provozu. V případě realizované nemovitosti byl zvolen kotel s parametry podle tabulky 3.3.

Tabulka 3.3 - Parametry kotle [22]

Typ kotle	DAKON DOR 12
Tepelný výkon (min/max) [kW]	7/13,5
Účinnost [%]	78/82
Spotřeba paliva [kg.h <sup>-1</sup> ]	5,3

## Čerpadlo

Oběhové čerpadlo volíme podle charakteristik uvedených v dokumentaci čerpadla. V případě navrhované topné soustavy známe, z předchozích výpočtů, dva parametry. Prvním známým parametrem je průtok topné vody, druhým parametrem je tlaková ztráta soustavy. Přičemž tlakovou ztrátu známe jen od bodu A do bodu A' ve směru otopných ploch. Pro účel návrhu čerpadla musíme ještě určit tlakovou ztrátu ve směru kotle. Posledním parametrem je dopravní výška, což je místo, kam nejdříve v budově je topná voda dopravována.

Určení tlakové ztráty z bodu A do bodu A' smyčkou skz kotel provedeme obdobně jako v kapitole 3.1. Tento výpočet je uveden v tabulce 3.4. Výsledná hodnota tlakové ztráty smyčky skrz kotel se sečte s referenční ztrátou topné soustavy a tuto hodnotu tlakové ztráty musí být čerpadlo schopno vyrovnat. Výsledné hodnoty parametrů pro návrh čerpadla jsou uvedeny v tabulce 3.5.

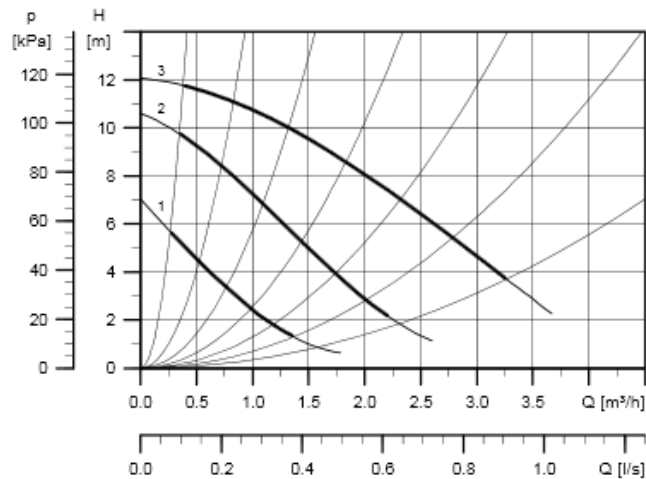
Tabulka 3.4 – Tlaková ztráta kotelna

Místo ztráty	M [kg.h <sup>-1</sup> ]	l [m]	w [m.s <sup>-1</sup> ]	$\Delta p_\lambda$ [Pa]	$\xi$ [-]	$\Delta p_\xi$ [Pa]	$\Sigma \Delta p$ [Pa]
Cu 35 x 1,5	903,87	3,50	0,32	152,90	3,20	161,86	314,76
Kotel	903,87	-	-	-	-	600,00	600,00
Cu 35 x 1,5	903,87	2,50	0,32	109,20	3,00	151,74	260,94
$\Delta p_p$ [Pa]							1175,70

Tabulka 3.5 - Parametry čerpadla

<b>M [kg.h<sup>-1</sup>]</b>	903,87
<b>H [m]</b>	6
<b>Δp<sub>p</sub> [Pa]</b>	6554,16

Těmto parametrům vyhovuje čerpadlo Grundfos UPS 25 – 120, nastaveného na druhý stupeň otáček se spotřebou 180 W. Provozní charakteristiky čerpadla zobrazuje obr. 3.3.



Obr. 3.3 - Grundfoe UPS 25 – 120, přejato z [23]

### Pojistný ventil

Pojistný ventil je zařízení instalující se do topné soustavy pro zabezpečení bezpečnosti provozu topné soustavy. V případě přetopení kotle a nebezpečného stoupání tlaku v topné soustavě pojistný ventil zareaguje a odpustí z topné soustavy vodu, popřípadě směs vody a páry.

Návrh pojistného ventilu vychází ze vzorce (12), který porovnává průřez sedla pojistného ventilu s minimálním průřezem sedla pojistného ventilu. Tuto minimální hodnotu získáme výpočtem z parametrů udávaných výrobcem pojistného ventilu a parametrů navrhované topné soustavy.

$$S_e < S_{e,min} [mm^2], \quad (12)$$

kde:

$S_e$  průřez sedla pojistného ventilu [mm<sup>2</sup>];

$S_{e,min}$  minimální průřez sedla pojistného ventilu [mm<sup>2</sup>], vypočítá se podle vzorce (12.1). [3]



$$S_{e,min} = \frac{Q_p}{(\alpha_v \cdot K)} [mm^2], \quad (12.1)$$

kde:

$S_{e,min}$  minimální průřez sedla pojistného ventilu [ $mm^2$ ];

$Q_p$  výkon zdroje tepla [kW];

$\alpha_v$  výtokový součinitel pojistného ventilu [-], určí se z katalogu výrobce pojistného ventilu;

$K$  konstanta syté páry [ $kW \cdot mm^{-2}$ ], hodnota, viz tabulka 3.6. [3]

**Tabulka 3.6 - Konstanta syté páry  $K$ , přejato z [3]**

<b>Přetlak syté páry [kPa]</b>	180	200	250	300
<b>Konstanta syté páry [<math>kW \cdot mm^{-2}</math>]</b>	0,91	0,97	1,12	1,26

V případě, že navržený pojistný ventil vyhovuje topné soustavě, musí se ještě určit průměr potrubí, jímž bude pojistný ventil připojen. Tento výpočet se provede podle vzorce (13) a výsledný vnitřní průměr potrubí volíme nejbližší vyšší vyráběný.

$$d_p = 15 + 1,4 \cdot \sqrt{Q_p} [mm], \quad (13)$$

kde:

$d_p$  vnitřní průměr potrubí [mm];

$Q_p$  výkon zdroje tepla [kW]. [3]

V případě realizovaného návrhu byl zvolen pojistný ventil IVAR.PV KD15. Jehož parametry a ověření jeho způsobilosti pro použití v navrhované topné soustavě znázorňuje tabulka 3.7.

**Tabulka 3.7 - Návrh pojistného ventilu [3], [26]**

<b><math>Q_p</math> [kW]</b>	13,50
<b><math>\alpha_v</math> [-]</b>	0,44
<b><math>K</math> [<math>kW \cdot mm^{-2}</math>]</b>	1,26
<b><math>S_{e,min}</math> [<math>mm^2</math>]</b>	24,13
<b><math>S_e</math> [<math>mm^2</math>]</b>	113,00
<b><math>d_p</math> [mm]</b>	20,14

Tabulka dokazuje, že zvolený pojistný ventil IVAR.PV KD15 postačuje k jištění topné soustavy. Pro připojení pojistného ventilu musí být využito potrubí s vnitřním průměrem nejméně 20,14 mm. Těmto parametrům vyhovuje potrubí Cu 28x1.

### Expanzní nádoba

Expanzní nádoba je důležitým zařízením pro správný provoz topné soustavy. Dimenzování expanzní nádoby vychází ze vzorce (14). Tímto vzorcem stanovíme předběžný objem vody v expanzní nádobě pro danou topnou soustavu. Tento předběžný objem porovnáme s katalogem expanzních nádob a z něho vybereme nejvyšší vyšší objem vyráběné expanzní nádoby.

$$V_{ep} = \frac{V_e \cdot (p_{hp} + 100)}{(p_{hp} - p_d)} [m^3], \quad (14)$$

kde:

$V_{ep}$  předběžný objem expanzní nádoby [ $m^3$ ];

$V_e$  expanzní objem [ $m^3$ ], vypočítá se podle vzorce (14.1);

$p_{hd}$  nejvyšší provozní tlak [Pa], je dán otvíracím přetlakem pojistného ventilu  $p_{hd} = 2500$  Pa;

$p_d$  nejnižší provozní přetlak [Pa], pro kotle na tuhá paliva  $p_d = 500$  Pa. [3]

$$V_e = 1,3 \cdot V_0 \cdot n [m^3], \quad (14.1)$$

kde:

$V_e$  expanzní objem [ $m^3$ ];

$V_0$  Přibližný objem vody v otopné soustavě [ $m^3$ ], hodnota, viz tabulka 3.8;

$n$  součinitel zvětšení objemu [-], udává zvětšení objemu vody při jejím zahřátí z  $10^\circ\text{C}$  na teplotu topné vody, hodnota, viz tabulka 3.9. [3]

**Tabulka 3.8 - Přibližný objem vody  $V_0$  v závislosti na topném výkonu, přejato z [3]**

Druh otopné soustavy	Objem vody [ $l \cdot kW^{-1}$ ]
Nucený oběh, plynový kotel a tělesa panelová	10
Nucený oběh, litinový nebo ocelový kotel a tělesa článková	12
⋮	⋮

**Tabulka 3.9 - Součinitel zvětšení objemu  $n$ , přejato z [3]**

$\Delta T_m$ [kPa]	40	60	70	80	90
$n$ [-]	0,012	0,023	0,0295	0,035	0,044

V návrhu byla zvolena řada expanzních nádob MB, společnosti GITRAL. Výpočet předběžného objemu expanzní nádoby pro realizovaný systém vytápění je uveden v tabulce 3.10.

Tabulka 3.10 - Návrh expanzní nádoby [3]

$n [-]$	0,0350
$V_o [m^3]$	0,1620
$V_e [m^3]$	0,0074
$p_{hd} [Pa]$	2500
$p_d [Pa]$	500
$V_{ep} [m^3]$	0,0096

Dle výpočtu expanzní nádoby je zapotřebí expanzní nádoba o objemu 9,6 l vody. Tomuto parametru vyhovuje expanzní nádoba GITRAL MB 12 s objemem 12 l.

### Elektrické zapojení

Jediným zařízením odebírající elektrickou energii tohoto návrhu je oběhové čerpadlo Grundfos UPS 25 – 120 se spotřebou 180 W.

Je předpokládáno, že v budově je proveden rozvod 3+PE+N, 50 Hz, AC, 400/230 V, TN-S. Pro zapojení čerpadla je navrhován zásuvkový vývod, řešený dle ČSN IEC 33 2000-5-523 a ČSN 33 2000-4-473. Dále je navrhováno uzemnění rozvodů topné vody v souladu s ČSN IEC 33 2000-4-41.

### Vyhodnocení varianty

Tento návrh vychází z klasického zapojení kotle a topné soustavy. Předností tohoto zapojení je jednoduchost potrubního systému v kotelně. Nevýhodou tohoto systému je regulace a provoz čerpadla.

Regulace tohoto systému je svěřena kotlovému regulátoru řídicímu klapku primárního vzduchu. Tento způsob regulace se vyznačuje širokým hysterezním pásmem. V tomto pásmu udržuje spalovací proces v kotli. Regulátor nikterak nereaguje na vnější prostředí budovy, proto v případě jiného požadavku na výkon kotle je nutný zásah obsluhy. Regulátor poté hlídá nově nastavenou teplotu topné vody na výstupu kotle. Kotel na různé teploty topné vody reaguje snižováním účinnosti spalovacího procesu a dochází tak k nehospodárnému využívání paliva. V dnešní době je takový jednoduchý systém regulace vytápění nedostatečný, a proto tento systém regulace vytápění přechází do složitějších systémů regulace, viz varianta 2.

Další problémovou částí tohoto návrhu je závislost čerpadla na elektrické energii. V případě výpadku dodávky elektrické energie se proudění v topné soustavě zastaví. V tento okamžik se přestává z kotle odvádět vyrobené teplo. Kotel se přehřívá a dochází k vzniku parních bublin. Pokud by nedošlo nikterak k ochlazení kotle, může dojít k explozi. Pro tento případ je v kotli instalována chladicí výměník. Při překročení předepsané maximální teploty,

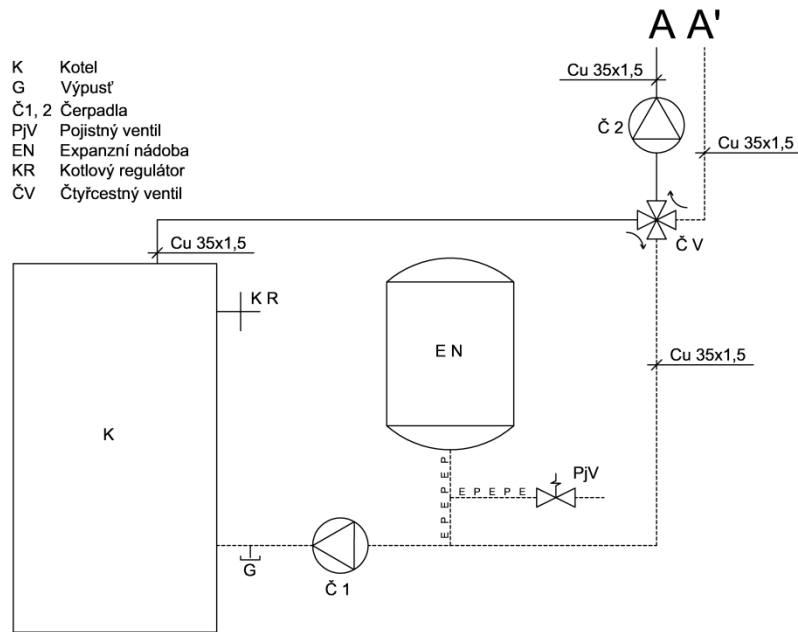
výměníkem začne proudit studená voda z vodovodního řádu a kotel ochladí. Další bezpečnostní pojistkou je instalovaný pojistný ventil. Ventil zabráni svým otevřením a odpuštěním topné vody k překročení maximálního tlaku soustavy.

Nevýhodou se zde jeví i instalace termostatických hlavic na radiátory. V tomto návrhu neexistuje automatizovaná závislost na venkovním prostředí. Nedojde-li k snížení teploty topné vody obsluhou, může dojít k přetopení domu a uzavření termostatických ventilů. V tento okamžik čerpadlo nemá kam dodávat topnou vodu, ale je stále zapnuté a může dojít i k jeho zničení.

Další interakcí čerpadla a termostatických hlavic je problém stálých otáček motoru. Přivřou-li hlavice ventilů, může docházet k hluku vycházejícího z termostatických ventilů. Tento problém nikterak nezasahuje do provozních vlastností topné soustavy, pouze snižuje komfort obyvatel domu.

### **3.2.2 Návrh regulace a kotelny 2**

Návrh číslo dvě je modernějším a dokonalejším zapojením provozu kotle na tuhá paliva. V tomto návrhu je využito ekvitermní regulace pomocí čtyřcestného ventilu a patřičného elektronického regulátoru. Kotel je připojen k výše navržené topné soustavě (v obrázku zastoupena bodem A A') přes tento regulační ventil. V tomto návrhu je využito dvou oběhových čerpadel, kdy každé zajišťuje cirkulaci v jednom okruhu. Expanzní nádoba a pojistný ventil je umístěn ve zpátečce kotle, jako v předchozím případě, viz obr. 3.4. Regulace kotlového okruhu je realizována pomocí vlnovcového kotlového regulátoru. Elektronický regulátor s využitím čtyřcestného ventilu reguluje teplotu topné vody v topném okruhu a místní regulaci v jednotlivých místnostech provádí termostatické ventily, osazené termostatickými hlavicemi.



Obr. 3.4 - Zapojení kotelny; Návrh 2

### Kotel

V tomto návrhu se jedná o zefektivnění provozu předchozího návrhu. Je tedy využito stejného kotle DAKON DOR s parametry podle tabulky 3.3.

### Čerpadla

V navrhovaném zapojení kotelny dle, druhého návrhu, je využito dvou čerpadel. První čerpadlo udržuje oběh vody v kotlovém okruhu s tlakovou ztrátou, dle tabulky 3.11. Druhé čerpadlo čerpá vodu do topného okruhu. Zde je nám již část tlakové ztráty z bodu A do bodu A' již známá z předchozích výpočtů. Výsledná tlaková ztráta topného okruhu je uvedena v tabulce 3.12. Výsledné parametry pro zvolení čerpadel přehledově uvádí tabulka 3.13.

Tabulka 3.11 – Tlaková ztráta kotlového okruhu

Místo ztráty	M [kg.h <sup>-1</sup> ]	l [m]	w [m.s <sup>-1</sup> ]	$\Delta p_\lambda$ [Pa]	$\xi$ [-]	$\Delta p_\xi$ [Pa]	$\Sigma \Delta p$ [Pa]
Cu 35 x 1,5	903,87	3,00	0,32	131,10	2,00	101,16	232,26
Kotel	903,87	-	-	-	-	600,00	600,00
Cu 35 x 1,5	903,87	2,00	0,32	874,00	2,00	101,16	975,16
Čtyřcestný ventil *	903,87	-	-	-	-	300,00	300,00
<b><math>\Delta p_p</math> [Pa]</b>							<b>2107,42</b>

\* Parametry čtyřcestného ventilu uvedeny v příloze G.

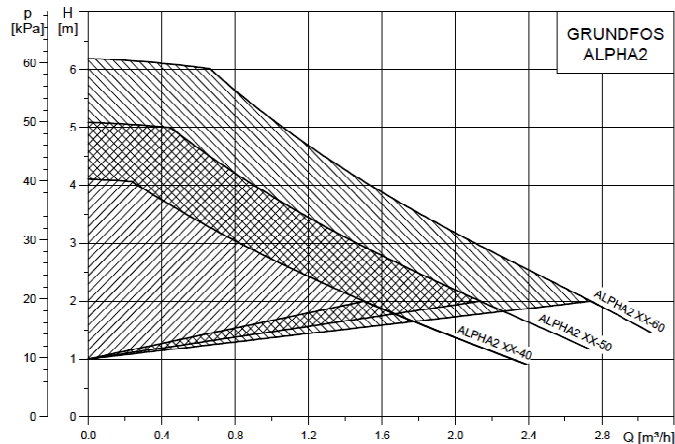
Tabulka 3.12 – Tlaková ztráta topného okruhu v kotelně

Místo ztráty	M [kg.h <sup>-1</sup> ]	l [m]	w [m.s <sup>-1</sup> ]	$\Delta p_\lambda$ [Pa]	$\xi$ [-]	$\Delta p_\xi$ [Pa]	$\Sigma \Delta p$ [Pa]
Cu 35 x 1,5	903,87	0,50	0,32	19,60	0,00	0,00	19,60
Čtyřcestný ventil	903,87	-	-	-	-	300,00	300,00
Cu 35 x 1,5	903,87	0,50	0,32	19,60	1,00	49,76	69,36
<b><math>\Delta p_p</math> [Pa]</b>							<b>388,96</b>

Tabulka 3.13 - Parametry čerpadel

	Čerpadlo 1	Čerpadlo 2
M [kg.h <sup>-1</sup> ]	903,87	903,87
H [m]	1,5	4,5
$\Delta p_p$ [Pa]	2107,42	5767,45

Pro vyhnutí nepříznivých interakcí čerpadla a termostatických ventilů je v tomto návrhu využito autoadaptivních oběhových čerpadel s frekvenčně řízenými otáčkami motoru. Těmito čerpadly jsou oběhová čerpadla značky Grundfos, a to typové označení ALPHA2. Provozní charakteristiky čerpadel zobrazuje obr. 3.5. Dle charakteristik je patrné, že čerpadlo 1 odpovídá ALPRA2 32-40 a čerpadlo 2 odpovídá ALPRA2 32-60.



Obr. 3.5 - Grundfoe ALPHA2, přejato z [23]

### Pojistný ventil

V tomto návrhu je využito stejného kotle na tuhá paliva jako v prvním návrhu. Tedy topný výkon se nezměnil, a tím se ani nezměnilo základní kritérium pro návrh pojistného ventilu. Pojistný ventil druhé varianty odpovídá tabulce 3.7.

## Expanzní nádoba

Instalací ekvitermní regulace s čtyřcestným ventilem se objem vody v topné soustavě změnil jen minimálně. Lze tedy předpokládat, že návrh expanzní nádoby z předchozího rozložení kotelní vyhovuje i v tomto případě. Expanzní nádoba druhé varianty odpovídá tabulce 3.10.

## Ekvitermní regulace

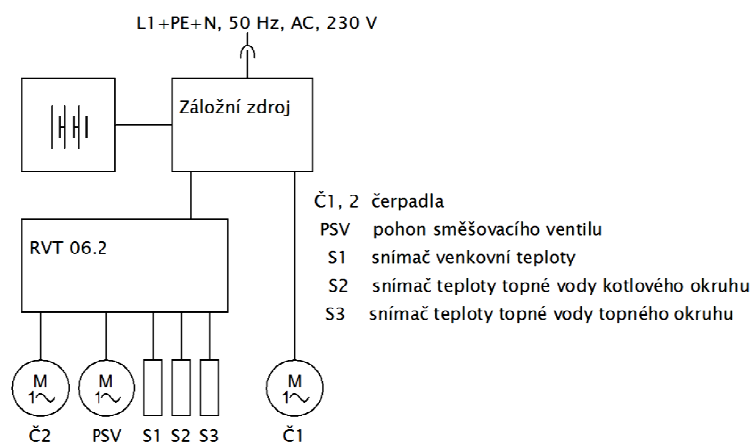
Důležitým členem tohoto návrhu je vlastní ekvitermní regulace. V návrhu je využito výrobku firmy Komexterm Praha a jejich výrobku RVT 06.2. Tento regulátor je přímo určen ke kotlům na tuhá paliva. Funkce tohoto regulátoru je popsána v kapitole 1.4.3. Regulátor provádí regulaci pomocí motorem ovládaného směšovacího čtyřcestného ventilu, jímž míchá výslednou teplotu topné vody proudící do otopných ploch. V návaznosti na použité potrubí v kotelně (Cu 35x1,5) je volen směšovač s označením DUOMIX C DN 32. Tento směšovač je proveden z šedé litiny a je opatřen závitů pro snadné napojení na topnou soustavu.

## Elektrické zapojení

Jako spotřebiče elektrické energie se v tomto návrhu regulace a kotelní jeví tyto tři zařízení:

- čerpadlo ALPRA2 32-40, se spotřebou 5 - 22 W, dle aktuálních otáček;
- čerpadlo ALPRA2 32-60, se spotřebou 5 - 45 W, dle aktuálních otáček;
- regulátor RVT 06.2, se spotřebou > 5 W.

Nevýhodou takto realizovaného systému v kotelně je opět závislost na elektrické energii. Proto v tomto návrhu je počítáno s částečným odbouráním této závislosti a využitím záložního zdroje napájení pro překlenutí výpadku elektrické sítě. Zapojení, takto zálohovaného systému se všemi spotřebiči blokově znázorňuje obr. 3.6.



Obr. 3.6 - Blokové schéma zapojení

Záložní zdroj musí splňovat určité parametry pro použití v tomto návrhu. Prvním parametrem je sinusový průběh napětí v případě běhu v záložním režimu, a to z důvodu citlivé elektroniky umístěné v regulátoru, ale i v inteligentních čerpadlech. Dalším parametrem je dostatečný výkon v záložním režimu. Z důvodu pokrytí i delšího výpadku (noc), kdy nedojde k zásahu obyvatel domu (odstavení kotle). Záložní zdroj by také měl být jednoduchý na údržbu a obsluhu se snadnou vyměnitelností baterií. Rychlost přechodu do záložního režimu, v případě vytápění, postačuje v řádu sekund. Hraniční parametry pro výběr záložního zdroje zobrazuje tabulka.

**Tabulka 3.14 - Záložní zdroj**

<b>Zálohovaný výkon [W]</b>	72
<b>Rychlost přechodu na záložní režim [s]</b>	>10
<b>Doba provozu záložního režimu [h]</b>	<5
<b>Průběh napětí</b>	Sinus

Těmto parametrům vyhovuje výrobek české společnosti Malapa, a to záložní zdroj ZZ01. Záložní zdroj má sinusový průběh výstupního napětí, s rychlostí přechodu do 3s od výpadku elektrické energie. Jako baterie tomuto záložnímu zdroji slouží klasická 45 Ah autobaterie. S níž je zdroj schopen dodat maximálně 300 W po dobu cca 2 hodin. V našem případě, neuvážím-li vliv rozběhu čerpadel, při odběru 72 W vydrží záložní zdroj, napájet cca 7 hodin, regulátor a obě oběhová čerpadla. Ve skutečnosti tato doba bude delší, neboť je využito autoadaptivních čerpadel s frekvenčně řízenými otáčkami.

Mezi přednosti tohoto záložního zdroje patří využití externí autobaterie. Autobaterii lze tedy snadno vyměnit po uplynutí její životnosti za novou. Autobaterie se také kupuje snáze než specializovaný druh baterií, požívaných v konkurenčních záložních zdrojích.

### **Vyhodnocení varianty**

Tato varianta odráží moderní způsob regulace vytápění na tuhá paliva. Je využito moderních čerpadel a regulace pro dosažení nejvyšší možné hospodárnosti vytápění na tuhá paliva s nutností lidské obsluhy kotle.

Regulace tohoto systému probíhá ve třech místech topného systému. Vydáme-li se od kotle, je kotlový topný okruh regulován kotlovým regulátorem jako v předchozím návrhu. Kotlový regulátor je ale nastaven na stálou teplotu cca 80°C a ve svém hysterezním pásmu udržuje tuto teplotu v kotlovém okruhu. Touto vysokou teplotou se přispívá k vysoké účinnosti kotle a zamezí se tak nízkoteplotní korozi kotle. Druhým stupněm regulace je ekvitermní regulace realizovaná směšovacím čtyřcestným ventilem. Ventil směšuje



ochlazenou vodu proudící z topných ploch s teplou vodou z kotlového okruhu. Touto regulací je do topné soustavy dodáváno právě tolik tepla, kolik je potřeba. Posledním systémem regulace je místní regulace termostatickými hlavicemi na otopných plochách.

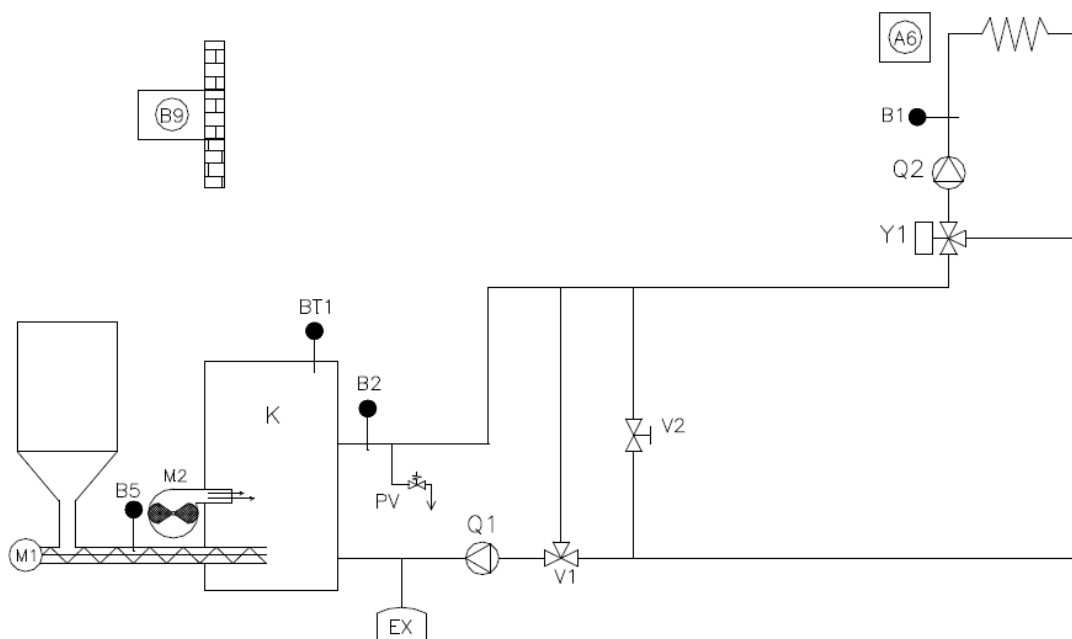
V tomto návrhu již není problém s výpadkem elektrické energie z důvodu instalace záložního zdroje, ale i přes to kotel obsahuje pojistný ventil s chladicí smyčkou a ekvitermní regulátor. Taktéž chrání kotel před přetopením, neboť může dojít k pochybení ze strany obsluhy, třeba nezavření dvířek popelníku.

Ani interakce čerpadla a termostatických hlavic již není problém, čerpadlo v topném okruhu je autoadaptivní. Dochází-li k uzavírání armatur termostatických ventilů, jednoduše čerpadlo změni otáčky motoru. Tím nedochází k hluku vycházejícího z termostatických ventilů. A ani zde nehrozí zničení čerpadla v případě úplného uzavření armatur, elektronika čerpadla by v tomto případě čerpadlo ochránila.

I přes zjevné výhody, takto realizované kotelny, má tento systém nevýhody. První nevýhodou je provoz kotle. V kotli je spalovací proces stále řízen primitivním vlnovcovým regulátorem. Druhou nevýhodou je zásah uživatele při obsluze kotle do míst, kde může pochybením způsobit, třeba výše zmíněné přetopení kotle. Tyto problémy řeší systém automatického kotle, viz varianta 3.

### **3.2.3 Návrh regulace a kotelny 3**

Poslední v této práci navrhovanou variantou je v dnešní době nejehospodárnější automatický kotel. Systém automatického kotle v sobě spojuje kotel s optimalizovaným spalovacím procesem a ekvitermní regulaci směšovačem, ať již výše zmíněným čtyřcestným nebo trojcestným. Připojení kotle k topné soustavě se provádí podle výrobcem stanovených schémat. Ani tento návrh se proto od těchto schémat nebude odklánět. Odklonění by mohlo znamenat chybnou funkci kotle a jeho regulátoru. V navrhovaném případě nejvíce vyhovuje výrobcem stanovené schéma, viz obr. 3.7.



Obr. 3.7 - Zapojení kotelny; Návrh 3, přejato z [24]

**Legenda:**

A6	pokojevé ovládání;	M2	motor ventilátoru vzduchu;
BT1	bezpečnostní termostat;	PV	pojistný ventil;
B1	čidlo teploty topné větve;	Q1	čerpadlo primárního okruhu kotle;
B2	čidlo teploty výstupu kotle;	Q2	čerpadlo topného okruhu;
B5	čidlo teploty podavače paliva;	Y1	trojcestný směšovací ventil s pohonem;
B9	čidlo venkovní teploty;	V1	termostatický ventil;
EX	expanzní nádoba;	V2	zkratovací ventil. [24]
M1	motor podavače paliva;		

## Kotel

Jako zdroj tepelné energie byl zvolen kotel od společnosti VIADRUS, prodáváný pod obchodní značkou Vulcanus. Jedná se o kotel umožňující spalovat hnědé a černé uhlí, ale jeho největší předností je možnost spalování dřevních pelet. Díky tomu se jedná o nejkologičtější variantu. Kotel splňuje normy pro ochranu životního prostředí a při spalování předepsaného paliva, třídu 3, podle normy ČSN EN 303-5. Kladem tohoto kotle je automatický provoz, vysoká účinnost spalovacího provozu, velký zásobník na palivo ( $528 \text{ dm}^3$ ) a integrovaný regulátor kotle. Tento regulátor umožňuje optimalizovaný provoz kotle a ekvitermní regulaci teploty topné vody. Moderní systém řízení kotle a využití spojení ekologických paliv přispívá k nejhospodárnějšímu provozu, navrhovaného vytápění domu. V případě realizované nemovitosti byl zvolen kotel s parametry, podle tabulky 3.15.

Tabulka 3.15 - Parametry kotle [24]

Typ kotle	Vulcanus 4 články
Tepelný výkon (min/max) [kW]	6/20
Účinnost [%]	87,3
Spotřeba paliva [ $\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$ ]	4,85

## Čerpadla

Jako čerpadla v tomto případě byla zvolena opět autoadaptivní frekvenčně řízená čerpadla Grundfos, a to typové označení ALPHA2. Díky použití, podobného druhu regulace a shodného rozložení kotelný, lze předpokládat, že se tlakové ztráty jednotlivých okruhů budou měnit jen v řádech desítek pascalů. Dopravní výšky jednotlivých oběhových čerpadel zůstanou taktéž nezměněny. Díky tomu lze opět za Q1 použít ALPRA2 32-40 a za Q2 použít ALPRA2 32-60.

## Pojistný ventil

Tabulka 3.16 - Návrh pojistného ventilu [3], [26]

$Q_p$ [kW]	20,00
$\alpha_v$ [-]	0,44
$K$ [ $\text{kW}\cdot\text{mm}^{-2}$ ]	1,26
$S_{e,\text{min}}$ [ $\text{mm}^2$ ]	35,75
$S_e$ [ $\text{mm}^2$ ]	113,00
$d_p$ [mm]	21,26

Tabulka 3.16 dokazuje, že zvolený pojistný ventil IVAR.PV KD15, i v tomto návrhu, postačuje k jištění topné soustavy. Pro připojení pojistného ventilu musí být využito potrubí s vnitřním průměrem nejméně 21,26mm. Těmto parametrům, i v tomto návrhu, vyhovuje potrubí Cu 28x1.

### Expanzní nádoba

Tabulka 3.17 - Návrh expanzní nádoby [3]

<b>n [-]</b>	0,0350
<b>V<sub>0</sub> [m<sup>3</sup>]</b>	0,2400
<b>V<sub>e</sub> [m<sup>3</sup>]</b>	0,0109
<b>p<sub>nd</sub> [Pa]</b>	2500
<b>p<sub>d</sub> [Pa]</b>	500
<b>V<sub>ep</sub> [m<sup>3</sup>]</b>	0,0142

Dle výpočtu v tabulce 3.17 je zapotřebí expanzní nádoba o objemu 14,2 l vody. Tomuto parametru vyhovuje expanzní nádoba GITRAL MB 18 s objemem 18 l.

### Regulace

Regulace je, v tomto případě, realizována elektronikou kotle. Tato elektronika umožňuje optimalizovanou regulaci spalovacího procesu. Dále je součástí této elektroniky ekvitermní regulátor topné vody.

### Elektrické zapojení

Jako spotřebiče elektrické energie se v tomto návrhu regulace a kotelny jeví tyto tři zařízení:

- čerpadlo ALPRA2 32-40, se spotřebou 5 - 22 W, dle aktuálních otáček;
- čerpadlo ALPRA2 32-60, se spotřebou 5 - 45 W, dle aktuálních otáček;
- elektronika kotle Vulcanus, se spotřebou 100 W.

I v tomto případě lze použít záložní zdroj pro nouzové napájení systémů v kotelně. Lze použít záložní zdroj shodného druhu, jako v druhém návrhu. V případě použití klasické 45 Ah autobaterie a odběru instalovaných zařízení 167 W, lze předpokládat cca 3 hodinový provoz vytápění.

## Ventily V1 a V2

Termostatický ventil V1 je v návrhu instalován z důvodu zamezení nízkoteplotní koroze kotle. Směšuje teplou vodu z kotle vycházející s chladnou do kotle vstupující, čímž zaručí kotli ochranu před nízkoteplotní korozí, v případě teploty zpětné vody pod 65°C.

Ventil V2 je přetlakem otevíraný ventil, který se zde umísťuje pro případ, že třícestný ventil neodebírá z kotlového okruhu žádnou nebo malé množství teplé vody. V tento okamžik čerpadlo Q1 nemá kam hnát topnou vodu. V tomto případě se otevře ventil V2 a voda může volně proudit kotlovým okruhem touto odbočkou.

## Vyhodnocení varianty

Jedná se o nejsložitější možnost provozu kotle na tuhá paliva. Tato varianta spojuje nejmodernější způsob řízení kotle s ekvitermní regulací a termostatickými ventily. Vespolejení s ekologickým palivem je tato varianta nejnevhodnější ze všech tří návrhů.

Tento návrh uplatňuje třístupňovou regulaci. Prvním stupněm je regulace kotlového okruhu. Tu zajišťuje automatika kotle pomocí přísunu paliva a vzduchu do spalovací komory pomocí šnekového dopravníku a ventilátoru. Regulací rychlosti dodávání paliva a množství vzduchu lze dosáhnout plynulé regulace výkonu kotle, a tím optimalizovat spalovací proces v kotli. Druhým stupněm je ekvitermní regulátor integrovaný do automatiky kotle. Regulátor řídí míchání ochlazené vody proudící z topných ploch s teplou vodou z kotlového okruhu. Touto regulací je do topné soustavy dodáváno právě tolik tepla, kolik je potřeba. Tyto dvoustupňové regulace jsou vzájemně provázány pro dosažení ještě větší úspory při provozu kotle. Posledním regulačním stupněm je místní regulace termostatickými hlavicemi na otopných plochách.

U automatických kotlů při výpadku proudu dochází k zastavení dodávky spalovacího vzduchu a paliva. V tomto případě dochází k odstavení kotle. Tím je snížena pravděpodobnost přetopení kotle. Tato vlastnost ve spojení s pojistným ventilem a chladicí smyčkou činí z automatického kotle bezpečné zařízení. Problém s dodávkou elektrické energie je opět vyřešen záložním zdrojem napájení, vykrývajícím krátkodobé výpadky napájení.

Proměnlivé otáčky inteligentních oběhových čerpadel opět ruší nevhodné interakce s termostatickými hlavicemi. Navíc svým provozem přispívají k hospodárnosti celé soustavy, tak že sníží svojí spotřebu, kdy není potřeba vysoký výkon.

I přes zjevné výhody má tento návrh nevýhodu. Nejedná se o technickou nevýhodu, automatické kotle patří mezi elitu v domovním vytápění. Nevýhodou je zde pořizovací cena automatického kotle, která se v dnešní době pohybuje v řádu 100 000 Kč.

### 3.2.4 Sekundární zdroj vytápění

Automatický kotel na tuhá paliva přináší navrhované budově zdroj tepelné energie, s minimálním požadavkem na obsluhu. Ale i tento minimální požadavek může být někdy problémem. Při odjezdu obyvatel na zimní dovolenou by automatický kotel na tuhá paliva určitě nevystačil fungovat celou dobu nepřítomnosti obyvatel. Nebo v domě zůstanou jen ti obyvatelé, kteří automatický kotel na tuhá paliva neumí obsluhovat.

Z těchto důvodů je vhodné návrh rozšířit o další zdroj vytápění. Nejvhodnější variantou je v tomto případě kotel plynový. Plyn je dodáván do nemovitosti nezávisle na přítomnosti obyvatel v domě. Obsluha plynového kotle je velmi jednoduchá, plynové kotle jsou převážně plně automatické.

Jako sekundární zdroj vytápění byl zvolen plynový kotel společnosti VIADRUS, prodávaný pod obchodní značkou Claudius K2L. Jedná se o kondenzační stacionární kotel spalující zemní plyn. Jedná se o ekologicky šetrný výrobek s nízkou hodnotou vypouštěných emisí a vysokou účinností spalování. Parametry tohoto plynového kotle znázorňuje tabulka 3.18.

Tabulka 3.18 – Parametry plynového kotle [25]

Typ kotle	Claudius K2L 2 články
Tepelný výkon (min/max) [kW]	3,5/16
Účinnost [%]	<98
Spotřeba paliva [m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ]	1,76

Kotel má již od výrobce integrovaný pojistný ventil, expanzní nádobu a čerpadlo (pro navrhovanou topnou soustavu) výkonově dostačující. Jako volitelné příslušenství je do kotle integrována ekvitermní regulace s regulátorem značky Siemens. Tento plynový kotel je tedy plnohodnotným záložním zdrojem, za výše vypracované návrhy, s ekologickým provozem, vysokou účinností a nízkou spotřebou zemního plynu.

Kotel slouží, jako záložní zařízení v případě, kdy je znemožněno využití primárního zdroje (automatický kotel na dřevní pelety). Lze tedy využít záložní zdroj primárního kotle i pro napájení plynového. Obsluha jednoduše odpojí, ze zásuvky záložního zdroje, automatický kotel na tuhá paliva a zapojí plynový kotel. Plynový kotel, se spotřebou 110 W, pak vydrží fungovat na záložní zdroj cca 5 hodin.

Posledním řešeným problémem v případě sekundárního zdroje je napojení na stávající topnou soustavu. Připojení plynového kotle by se provedlo do bodu AA' návrhu. Při zachování selektivity obou zdrojů pomocí kulových uzavíracích armatur, a to na vstupech a výstupech jednotlivých navržených celků zdrojů vytápění.

## 4 Další možnosti úspory tepelné energie

Česká republika v návaznosti na Evropskou unii přijala do své dlouhodobé strategie, snahu o budování co nejúspornějších budov. Z tohoto důvodu je snaha, stále snižovat tepelné ztráty budov a náklady vydané na výrobu tepelné energie. Hledání úspor tepelné energie se může ubírat dvěma směry. Prvním směrem je snižování tepelných ztrát budov, a tím i snížení výsledné spotřeby tepla. Druhým způsobem hledání úspor je snaha zefektivnit provoz budovy a využití energií v něm.

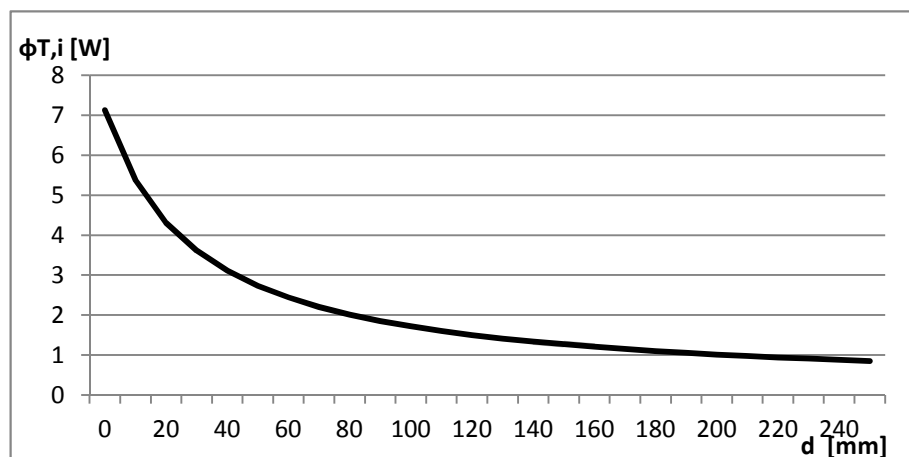
### 4.1 Tepelná ztráta budov

Vezmeme-li obálku budovy, najdeme dvě velké skupiny, kde můžeme hledat úspornější řešení. Obálku budovy můžeme tedy rozdělit na zdi a okna. U obou těchto skupin můžeme najít úspornější řešení jejich konstrukce.

#### Zdi

Obvodové zdi budovy vykazují nejvyšší tepelnou ztrátu v budově. Jejich zateplení je tedy věnována patřičná pozornost. Nové domy se již navrhují s patřičným zateplením a stávající stavby jsou postupně zateplovány. Otázkou ale může být jaký materiál? V dnešní době se používají převážně dva materiály na zateplení vnějšího pláště budov, a to minerální vlna, která vykazuje prodyšnost pro vlhkost. Druhým používaným materiálem je neprodyšný pěnový polystyren. Oba materiály mají srovnatelné tepelně izolační vlastnosti.

Vyřešíme-li otázku jakého materiálu, nastane problém se zvolením tloušťky. Pro určení tloušťky izolace obvodové zdi lze použít modelovou situaci. Vezme-li se 1 m<sup>2</sup> zdi z navrhovaného objektu a vypočítá-li se tepelná ztráta tohoto modelu, pro různé tloušťky tepelné izolace, výsledkem bude graf. Tento graf je zobrazen na obr. 4.1.



Obr. 4.1 - Tepelná izolace obvodové zdi

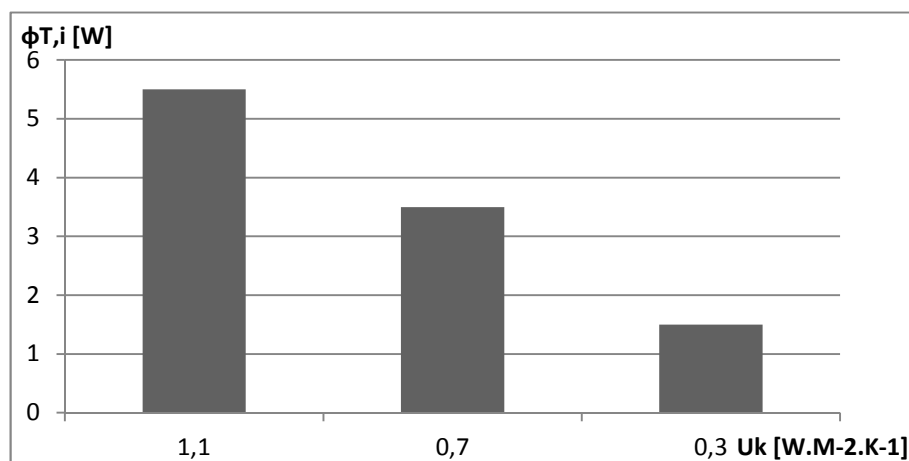


Tento graf dokazuje, že zvyšování úspor tepelné energie pomocí tepelné izolace, lze jen do určité dimenze izolace. Je-li navrženo pro izolaci domu minerální vlna tloušťky 100 mm, tak toto zateplení uspoří až 76% unikajícího tepla. Zvětšením tloušťky minerální vlny na 200 mm dojde k úspoře v hodnotě, až 86%. A tedy těchto dodatečně přidaných 10 cm zateplení, přibližně zdvojnásobilo cenu zateplení a přineslo jen 10% úspory. Z tohoto důvodu se tepelné izolace budov volí pro naše povětrnostní podmínky obvykle v tloušťce 160 mm. Takto navržené zateplení uspoří 80% nákladů na teplo, uniklé obvodovými zdi.

### Okna a dveře

V případě oken a dveří v obvodovém plášti budovy lze dosáhnout jejich výměnou, za jiné s lepšími tepelně izolačními vlastnostmi, zajímavější úspory. V dnešní době jsou do budov instalována okna se součinitelem prostupu tepla  $U_k = 1,1 \text{ W.M}^{-2}.\text{K}^{-1}$ . Jedná se o nejběžnější hodnotu. Okna jsou nejčastěji plastová se zasklením z izolačního dvojskla. Na českém trhu jsou, ale i k dostání hliníková okna s izolačním trojsklem se součinitelem prostupu tepla  $U_k = 0,7 \text{ W.M}^{-2}.\text{K}^{-1}$ . Jako novinka se na českém trhu nově vyskytují okna s izolačním čtyřsklem se součinitelem prostupu tepla  $U_k = 0,3 \text{ W.M}^{-2}.\text{K}^{-1}$ . Tato novinka koresponduje s plánem Evropské unie, o snížení  $U_k$ , u nově instalovaných oken pod hodnotu  $0,5 \text{ W.M}^{-2}.\text{K}^{-1}$ .

K porovnání oken je znovu použito modelové situace s oknem o rozměru  $1 \text{ m}^2$  a parametry dle navrhovaného objektu. Výsledné porovnání znázorňuje graf uvedený na obrázku 4.2.



Obr. 4.2 - Porovnání oken

Z grafu je patrné, že použitím izolačního trojskla se sníží únik tepelné energie o 36 %, oproti hojně využívanému izolačnímu dvojsklu. V případě použití novinky na našem trhu

izolačního čtyřskla je úspora až 73 %. V případě moderních budov s velkými skleněnými výplněmi ploch se tedy vyplatí investovat, alespoň do izolačního trojskla.

Hodnotu tepelné ztráty zasklenou plochou lze ještě více snížit za použití předokenních rolet. Předokenní rolety s lamelami, vyplněnými tepelně izolační pěnou, přinesou další možnost úspory tepelné energie. Výrobci rolet udávají, že rolety zabrání úniku tepelné energie až o 15%. Nevýhodou předokenních rolet je skutečnost, že aby zabránili tomuto tepelnému úniku, musí být úplně uzavřeny. Proto své využití naleznou převážně v noci, kdy poslouží i jako zvuková bariéra a dokonalé zaclonění okna. Předokenní rolety neslouží jenom v zimě a v noci. Přes den je lze využít jako clonící techniku. A v létě dokáže roleta svým uzavřením zabránit až 95% sluneční energie, v přehřívání interiéru budovy.

## 4.2 Provoz budovy

Omezení ztráty tepelné energie se dá, dosáhnou i správným provozem budovy. Ale v tomto odvětví úspor, existují i domnělé úspory tepelné energie. V návrhu se musí úspory správně identifikovat a správně zařadit, aby nedošlo k zbytečné snaze nebo k zvýšení spotřeby tepelné energie. Hledání úspor v provozu nemovitosti je zdlouhavá činnost započatá již návrhem vytápění a nikdy nekončící. Vždy je možnost nalezení úspor, ať malých nebo velkých, v závislosti na druhu budovy, způsobu provozu a obydlivosti domu.

### Teplota místností

Obyvatelé domu se často mylně domývajíc, že když sníží teplotu v nevyužívaných místnostech, nebo nastaví termostatické hlavice pouze na temperování, uspoří tím náklady vynaložené na teplo. Ale skutečnost je taková, že v místnosti dojde opravdu k poklesu spotřeby tepla. Současně s tím také dojde k navýšení spotřeby v místnostech okolních. Aby snížení teploty vedlo k hospodárnosti celé topné soustavy, musela by se snížit teplota v celé budově. Pokud tedy nechtějí být obyvatelé omezováni snížením tepelné pohody tak, snižování teploty nevede k úspoře tepelné energie.

S nastavením teploty místností je spojován ještě jeden nevhodný stav, a to přetápění místností. Přetápění místností je oproti snížené teplotě závažnějším problémem. Pokud nastavíme teplotu ve sledovaných místnostech výše, než je teplota návrhová (Pokoje 20°C), dosáhneme tím zvýšení spotřeby tepelné energie. Zvýšení teploty o pouhých 7°C dokáže nepříznivě navýšit spotřebu i o cca 50%.

Optimalizovaným provozem budovy z pohledu teploty místností tedy může být, snížení teploty celého domu, v případě nepřítomnosti obyvatel. Ale jen do té míry,

aby nedošlo k vzniku vhodného prostředí pro plísně a houby. Lepším způsobem hledání úspor je zabránění přetápění nemovitosti. Lze využít termostatických hlavice, s dorazy na maximální přípustné teplotě, nebo elektronický systém hlídání teploty místností. Současně se musí vzít na vědomí i existence případů, kdy je navýšení teploty nutné. V případě malých dětí nebo důchodců žijících v domě je navýšení teploty vhodné z důvodu jejich tepelné pohody.

### **Využití tepelného zisku**

Lidé žijící v budově svou každodenní činností přispívají k vytápění budovy. Jedná se o činnosti jako je příprava pokrmů, koupání, mytí nádobí v myčce, vysávání a využívání elektroniky. Všechny tyto spotřebiče nejsou určeny k vytápění, ale i přes to přispívají svým provozem k vytápění budovy. Čtyřčlenná rodina svojí činností vyprodukuje až 10% potřebného tepla pro vytápění. Toto teplo se již nemusí vyrobit.

### **Rekuperace tepla**

U domů s nuceným systémem větrání je samozřejmostí rekuperace, tepla z odpadního vzduchu do vzduchu proudícího do pokojů. Tento systém je velmi složitý a vyžaduje nutnost s ním již počítat, nejlépe při projektování budovy. Dodatečná montáž nuceného větrání do staršího rodinného domu by byla značně složitá, až nemožná.

Druhým způsobem rekuperace je rekuperace energie teplé vody. V budově je obvykle využíváno i ohřevu teplé užitkové vody. Použitá teplá užitková voda ze dřezů, umyvadel a van, ale i voda ohřátá pračkou a myčkou je zaváděna do rekuperační nádrže. Rekuperační nádrž je tepelně izolovaný výměník, kde odpadní voda předehřívá studenou vodu, napájející zásobník teplé užitkové vody. Ve výsledku toto řešení zvýší teplotu vody vstupující do zásobníku teplé užitkové vody. Měření společnosti Promax Media s.r.o., na jejich rekuperační jednotce AKIRETHERM, dokazují, že průměrně jednotka vodu předehřeje o 22°C.

### **Sdružená výroba teplé užitkové vody**

Poslední uvažovanou možností pro snížení spotřeby tepla je sdružená výroba teplé užitkové vody. Z předchozího případu je teplota vstupující vody předehřívána, ale stále jí musíme dodat určitou energii pro dosažení optimálních parametrů. V dnešní době je nejčastěji využíváno elektrického ohřevu užitkové vody. Druhým způsobem je ohřev pomocí kotle v budově instalovaném. Dále se dá použít třeba tepelného čerpadla nebo solárních panelů.

Zajímavým řešením může být i spojení několika systémů dohromady. Na českém trhu existují zásobníky teplé vody vybavené elektrickou topnou spirálou a dvěma výměníky. První pro připojení na systém vytápění v domě a druhý pro solární panely. Celý systém je řízen řadou snímačů a ventilů a směšovačů. Za slunečných dnů je využíváno solárních panelů. V zimě je voda dohřívána ze systému centrálního vytápění, v létě zase elektrickou spirálou. Elektronika tohoto zásobníku teplé vody dokáže vytěžit maximum ze slunečního svitu a jen pro dohřev užitkové vody využije placené zdroje tepla.

## **Závěr**

Tato diplomová práce je zaměřena na regulaci kotle a vytápění v domě, kde je použito kotle na tuhá paliva. Tuhým palivem rozumíme oba druhy uhlí, kusové dřevo, dřevní pelety, ale také obilí využívané jako palivo. Společně se zemním plynem je kotel na tuhá paliva nejrozšířenějším způsobem vytápění v našich podmínkách. Přestože je tento druh vytápění tak rozšířený, využívání sofistikovaného způsobu regulace už nikoliv. Nejčastěji je kotel regulován jen svým mechanickým regulátorem, což neumožňuje pružně reagovat na podmínky vzniklé v interiéru nebo exteriéru budovy. Právě snaha o ekonomický a ekologický způsob vytápění se dnes stále více lidí přesvědčuje k přechodu na jiný způsob vytápění, popřípadě modernizaci stávajícího.

První kapitola této práce pojednává o způsobu vytápění v české republice a možnostech regulace využívané v našich podmínkách. V první části je využíváno poznatků ze Sčítání lidu, domů a bytů 2011 prováděných Českým statistickým úřadem. Výsledky dokazují, že plynofikace České republiky rozšířila i plynové vytápění v České republice a odsunula kotle na tuhá paliva na druhé místo. V práci je dále vytápění rozděleno na jednotlivé způsoby vytápění a jejich paliva, podle výsledků provedeného sčítání. Druhá část této kapitoly se věnuje zdrojům vytápění, částem topné soustavy a přehledu způsobů regulace topné soustavy. V práci jsou uvedené různé mechanické i elektrické způsoby regulace, ať již kotle nebo topné soustavy. V práci se nejedná o úplný výčet používaných zařízení, ale o přehled možností regulace v jednotlivých místech topné soustavy.

Druhá kapitola, jejíž částí je návrh vytápění pro danou nemovitost. Jedná se o podrobnou technickou zprávu s uvedenými postupy výpočtu. Prvním krokem návrhu je výpočet tepelných ztrát jednotlivých místností. Dále tepelné ztráty větráním a zátopového výkonu, beroucího v potaz přerušování vytápění nebo noční útlum. Díky výpočtu tepelné ztráty místností a zátopového výkonu lze určit návrhový výkon, s jehož pomocí se zvolí topné plochy a celková potřeba tepla. Určením otopných ploch a navržením rozvodů topné vody je dokončena první část návrhu vytápění. Tato kapitola se také zabývá připojením a odvodušněním topných ploch.

Pro správnou funkci vytápění se dále provede tlakové vyvážení soustavy, čímž se zabývá první část třetí kapitoly. V případě správného nastavení tlakové ztráty jednotlivých větví lze předpokládat, že i nejvzdálenější topné plochy budou teplou topnou vodou zásobovány jako ty blízké. V druhé části jsou provedeny tři návrhy zapojení zdroje vytápění a jeho regulace. V prvním návrhu je předveden nejjednodušší, ale i nejméně hospodárny

provoz vytápění. Druhý návrh, doplněný o ekvitermní regulaci, již zastupuje moderní způsob řízení vytápění. Třetí nejsofistikovanější návrh využívá automatického ekologického kotle, jenž představuje nejúspěšnější variantu vytápění, v dnešní době realizovanou.

Poslední teoretická kapitola je věnovaná hledání dalších úspor. Zde je problematika v podobě domnělých úspor tepelné energie. V tomto případě si nejčastěji obyvatelé domu myslí, že šetří energii na vytápění, ale ve výsledku má tato snaha opačný efekt. V dnešní době je snaha ušetřit nejvíce řešeným problémem. Vyskytují se někdy až komické snahy ušetřit. Tato kapitola si nebere za úkol nastínit všechny možnosti úspor v rodinném domě nebo bytě. Kapitola představuje zajímavé možnosti, kde by se dala nalézt úspora tepelné energie a zároveň možnosti k úspoře nevedoucí.

## Použitá literatura

- [1] Mapy charakteristik klimatu: Průměrná roční teplota vzduchu. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. [cit. 2012-10-27]. Dostupné z:  
<http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/images/t6190.gif>
- [2] Byty: Obydlené byty podle způsobu vytápění. *Český statistický úřad: Sčítání lidu, dolů a bytů 2011* [online]. 26.3.2011 [cit. 2012-10-27]. Dostupné z:  
[http://vdb.czso.cz/sldbvo/#!stranka=podle-tematu&tu=30631&th=&v=&vo=H4sIAAAAAAAAAAFvzloG1uIhBMCuxLFGvtCQzR88jsTjDN7GAIf3WwcNiCReZGZjcGLhy8hNT3BKTS\\_KLPBk4SzKKUosz8nNSKgrsHRhAgKecA0gKADF3CQNnaLBrUIBjkKNvcSFDHQMDhhqGCqCiYA\\_\\_cLCiEgZGvxIGdg9\\_Fz\\_\\_EMeCEgY2b38XZ89gIIvLxTHEP8wx2NEFJM4ZHOIY5u\\_t7-MJ1OIP5IdEBkT5OwU5RgH5IUB9fo4ePq4uIDtZSxhYw1yDolzXstJzEvX88wrSU1PLRJ6tGDJ98Z2CyYGRk8G1rLEnNLUiiIGAYQ6v9LcpNSitjVTZbmnPOhmAjq44D8QIDDwAK10C\\_KF2coe4ugU6uPtWMLA4eni6hcSEAZ0Frt\\_iHOQoaFIBQAVeGIZWwEAAA..&vseuzemi=null&v](http://vdb.czso.cz/sldbvo/#!stranka=podle-tematu&tu=30631&th=&v=&vo=H4sIAAAAAAAAAAFvzloG1uIhBMCuxLFGvtCQzR88jsTjDN7GAIf3WwcNiCReZGZjcGLhy8hNT3BKTS_KLPBk4SzKKUosz8nNSKgrsHRhAgKecA0gKADF3CQNnaLBrUIBjkKNvcSFDHQMDhhqGCqCiYA__cLCiEgZGvxIGdg9_Fz__EMeCEgY2b38XZ89gIIvLxTHEP8wx2NEFJM4ZHOIY5u_t7-MJ1OIP5IdEBkT5OwU5RgH5IUB9fo4ePq4uIDtZSxhYw1yDolzXstJzEvX88wrSU1PLRJ6tGDJ98Z2CyYGRk8G1rLEnNLUiiIGAYQ6v9LcpNSitjVTZbmnPOhmAjq44D8QIDDwAK10C_KF2coe4ugU6uPtWMLA4eni6hcSEAZ0Frt_iHOQoaFIBQAVeGIZWwEAAA..&vseuzemi=null&v)
- [3] POČINKOVÁ, Marcela a Lea TREUOVÁ. *Vytápění*. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2011, xvi, 151 s. Stavíme. ISBN 978-80-251-3329-3.
- [4] ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, metrologii a státní zkušebnictví. *Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví: Seznam ČSN* [online]. [cit. 2012-10-28]. Dostupné z: <http://seznamcsn.unmz.cz/>
- [5] Agromechanika: Kombinované kotle. *AGROMECHANIKA* [online]. c2011 [cit. 2012-11-18]. Dostupné z: <http://www.agromechanika.cz/cs/kotle-am-elektro/kombinovane-kotle-drevo-elektrina>
- [6] Komínová technika: Komínový regulátor RT. *TEWIKO* [online]. c2012 [cit. 2012-11-18]. Dostupné z: <http://www.tewiko.cz/kominova-technika/regulator-tewiko.html>
- [7] CIKHART, J. *Měření a regulace ve vytápění*. Praha: SNTL, 1984.
- [8] Kotle na tuhá paliva: S automatickým provozem. VIADRUS A.S. *VIADRUS* [online]. c2013. [cit. 2013-03-04]. Dostupné z: [http://www.viadrus.cz/doc/kotletuhe\\_img/ekoret-34.png](http://www.viadrus.cz/doc/kotletuhe_img/ekoret-34.png)

- [9] Termostaty: Digitální termostatické hlavice. ELEKTROBOCK CZ S.R.O. *ELEKTROBOCK CZ* [online]. c2009. [cit. 2013-01-04]. Dostupné z: <http://www.elektrobock.cz/cs/digitalni-termostaticka-hlavice/product.html?id=41>
- [10] Ekvitermní regulace: Manuál. KOMEXTHERM PRAHA SPOL. S R.O. *KOMEXTHERM Praha* [online]. c2013 [cit. 2013-03-04]. Dostupné z: [http://www.komextherm.cz/documents/rvt\\_06\\_2\\_cz\\_n.pdf](http://www.komextherm.cz/documents/rvt_06_2_cz_n.pdf)
- [11] Řízení regulace: Úsporné ovládání oběhových čerpadel. CONRAD ELECTRONIC S R.O. *Conrad Electronic* [online]. c2012 [cit. 2013-03-04]. Dostupné z: <http://www.conrad.cz/uspornе-ovladani-obehovych-cerpadel.k560122>
- [12] LAXA, Václav a Václav ŠVÁB. *Rekonstrukce domu na nízkoenergetický standard: praktická řešení*. 1. vyd. Plzeň: ENVIC, 2009, 54 s. ISBN 978-80-254-5862-4.
- [13] ČSN EN 12 831. *Tepelné soustavy v budovách: Výpočet tepelného výkonu*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [14] Litinové radiátory: Termo. VIADRUS A.S. *VIADRUS* [online]. Bohumín, c2013 [cit. 2013-03-05]. Dostupné z: [http://www.viadrus.cz/doc/cms\\_library/cz\\_radiator\\_ka-ka3-ter\\_120802-41.pdf](http://www.viadrus.cz/doc/cms_library/cz_radiator_ka-ka3-ter_120802-41.pdf)
- [15] Tepelná technika: Termostatické radiátorové ventily. DANFOSS S.R.O. *Danfoss ČR* [online]. Praha, c2013 [cit. 2013-03-08]. Dostupné z: <http://cz.danfoss.com/PCMPDF/vd35c102%20data%20RLV-KD%20eng.pdf>
- [16] KORADO, a.s. *Trubkové otopné těleso: KORALUX RONDO MAX – M* [online]. Česká Třebová, c2012 [cit. 2013-03-05]. Dostupné z: [http://www.korado.cz/cs/vyrobky/koralux/prehled\\_modelu/produktova\\_rada\\_max/koralux\\_rondo\\_max\\_m.shtml#tu](http://www.korado.cz/cs/vyrobky/koralux/prehled_modelu/produktova_rada_max/koralux_rondo_max_m.shtml#tu)
- [17] Tepelná technika: Termostatické radiátorové ventily. DANFOSS S.R.O. *Danfoss ČR* [online]. Praha, c2013 [cit. 2013-03-08]. Dostupné z: [http://cz.danfoss.com/PCMPDF/VHS\\_X010781\\_VD53D448.pdf](http://cz.danfoss.com/PCMPDF/VHS_X010781_VD53D448.pdf)



- [18] Topenářský materiál: odvzdušňovací ventily. INTERCOM BOHEMIA S. R. O. *Intercom Bohemia* [online]. Trhové Sviny, c2013 [cit. 2013-03-15]. Dostupné z: [http://www.sagittarius.cz/?download=/\\_/06444dc/automatic-hygroscopic-air-vent-.pdf](http://www.sagittarius.cz/?download=/_/06444dc/automatic-hygroscopic-air-vent-.pdf)
- [19] DANFOSS S.R.O. *Tepelná technika: Termostatické radiátorové ventily* [online]. Praha: Danfoss ČR, c2013 [cit. 2013-03-16]. Dostupné z: [cz.danfoss.com/PCMPDF/VDTTM248\\_RAE.pdf](http://cz.danfoss.com/PCMPDF/VDTTM248_RAE.pdf)
- [20] Dimenzování potrubních rozvodů. VUT. *Vysoké učení technické v Brně: Fakulta stavební* [online]. Brno, c2013 [cit. 2013-03-24]. Dostupné z: [http://www.fce.vutbr.cz/TZB/pocinkova.m/vytapeni\\_soubory/BT01\\_P6.pdf](http://www.fce.vutbr.cz/TZB/pocinkova.m/vytapeni_soubory/BT01_P6.pdf)
- [21] Tabulky a výpočty: Hodnoty součinitelů místních ztrát. TOPINFO S.R.O. *TZB-info: Vytápění* [online]. Praha, c2013 [cit. 2013-03-24]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/23-hodnoty-soucinitelu-mistnich-ztrat-t-kusy-a-krizeni-prehled>
- [22] Návod: DOR. BOSCH TERMOTECHNIKA S.R.O. *DAKON: Dokumentace* [online]. Praha, c2013 [cit. 2013-03-24]. Dostupné z: [http://www.dakon.cz/user\\_data/cms/soubory/00063/DOR-facelift-Kompletni-navod.pdf](http://www.dakon.cz/user_data/cms/soubory/00063/DOR-facelift-Kompletni-navod.pdf)
- [23] Vytápění: Oběhová čerpadla. GRUNDFOS ČESKÁ REPUBLIKA. *GRUNDFOS* [online]. Olomouc, c2013 [cit. 2013-03-24]. Dostupné z: [http://cbs.grundfos.com/export/sites/dk.grundfos.cbs/GCZ\\_Czech\\_Republic/downloads/Download\\_Files/GCZ\\_Downloads\\_Series100-CZ.pdf](http://cbs.grundfos.com/export/sites/dk.grundfos.cbs/GCZ_Czech_Republic/downloads/Download_Files/GCZ_Downloads_Series100-CZ.pdf)
- [24] Kotle na tuhá paliva: S automatickým provozem. VIADRUS A.S. *VIADRUS* [online]. c2013 [cit. 2013-04-02]. Dostupné z: [http://viadrus.cz/doc/cms\\_library/cz\\_vulcanus\\_saphir\\_navod\\_k\\_obsluze\\_a\\_instalaci\\_46\\_2012-12.pdf](http://viadrus.cz/doc/cms_library/cz_vulcanus_saphir_navod_k_obsluze_a_instalaci_46_2012-12.pdf)
- [25] Kotle pro rodinné domy: Kotle na zemní plyn. VIADRUS A.S. *VIADRUS* [online]. c2013 [cit. 2013-04-05]. Dostupné z: [http://www.viadrus.cz/doc/cms\\_library/cz\\_viadrus\\_claudius\\_k2\\_siemens\\_navod\\_k\\_obsluze\\_a\\_instalaci\\_41\\_2012-33.pdf](http://www.viadrus.cz/doc/cms_library/cz_viadrus_claudius_k2_siemens_navod_k_obsluze_a_instalaci_41_2012-33.pdf)
- [26] Regulační a pojišťovací armatury: Pojistné ventily. IVAR CS. *IVAR* [online]. c2013 [cit. 2013-04-05]. Dostupné z: [http://www.ivares.cz/?download=/\\_/p.ivar.pv\\_kd/pv\\_kd.pdf](http://www.ivares.cz/?download=/_/p.ivar.pv_kd/pv_kd.pdf)

[27] Čtyřcestné směšovače: 4cestné směšovače "C". KOMEXTHERM PRAHA SPOL. S R.O. KOMEXTHERM [online]. c2013 [cit. 2013-04-05]. Dostupné z: [http://www.komextherm.cz/documents/smes\\_cz\\_n.pdf](http://www.komextherm.cz/documents/smes_cz_n.pdf)

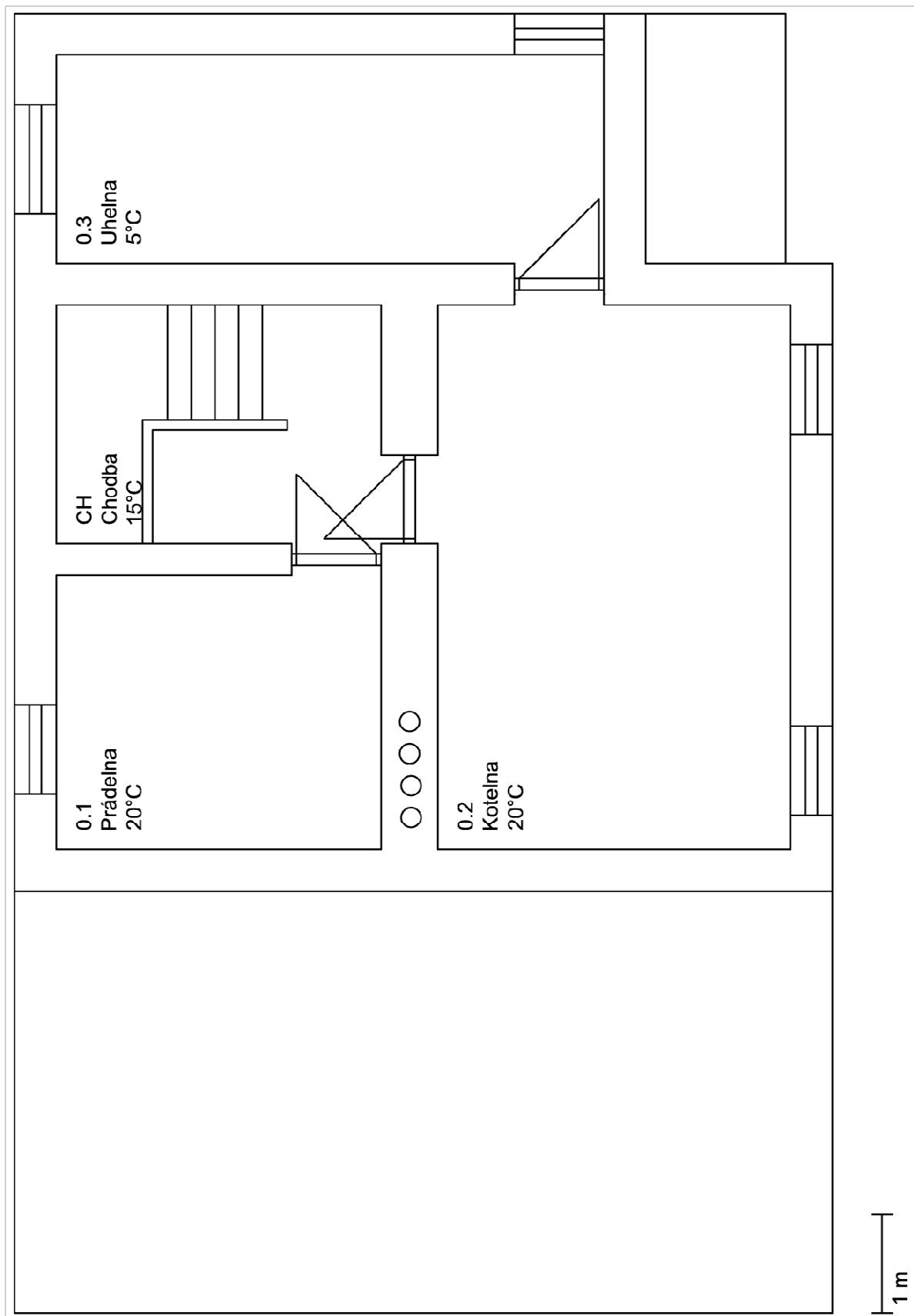
## **Přílohy**

### **Seznam příloh**

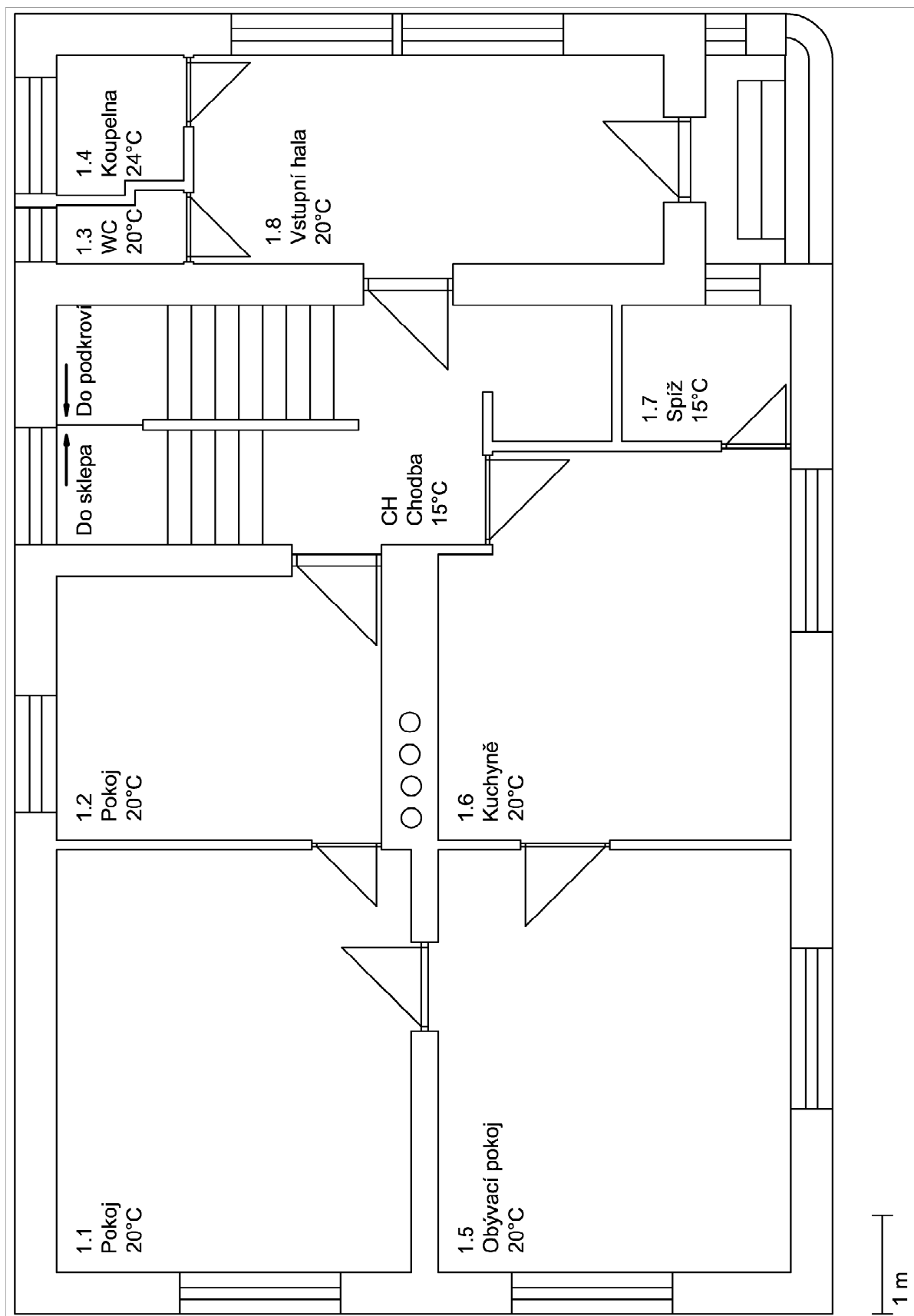
- A. Půdorysy navrhované budovy
- B. Ekvivalentní součinitel prostupu tepla
- C. Tepelné ztráty místností
- D. Katalogové hodnoty otopných ploch
- E. Rozvody topné a vratné vody
- F. Charakteristiky armatur
- G. Tlakové ztráty
- H. Čtyřcestný ventil

## A. Půdorysy navrhované budovy

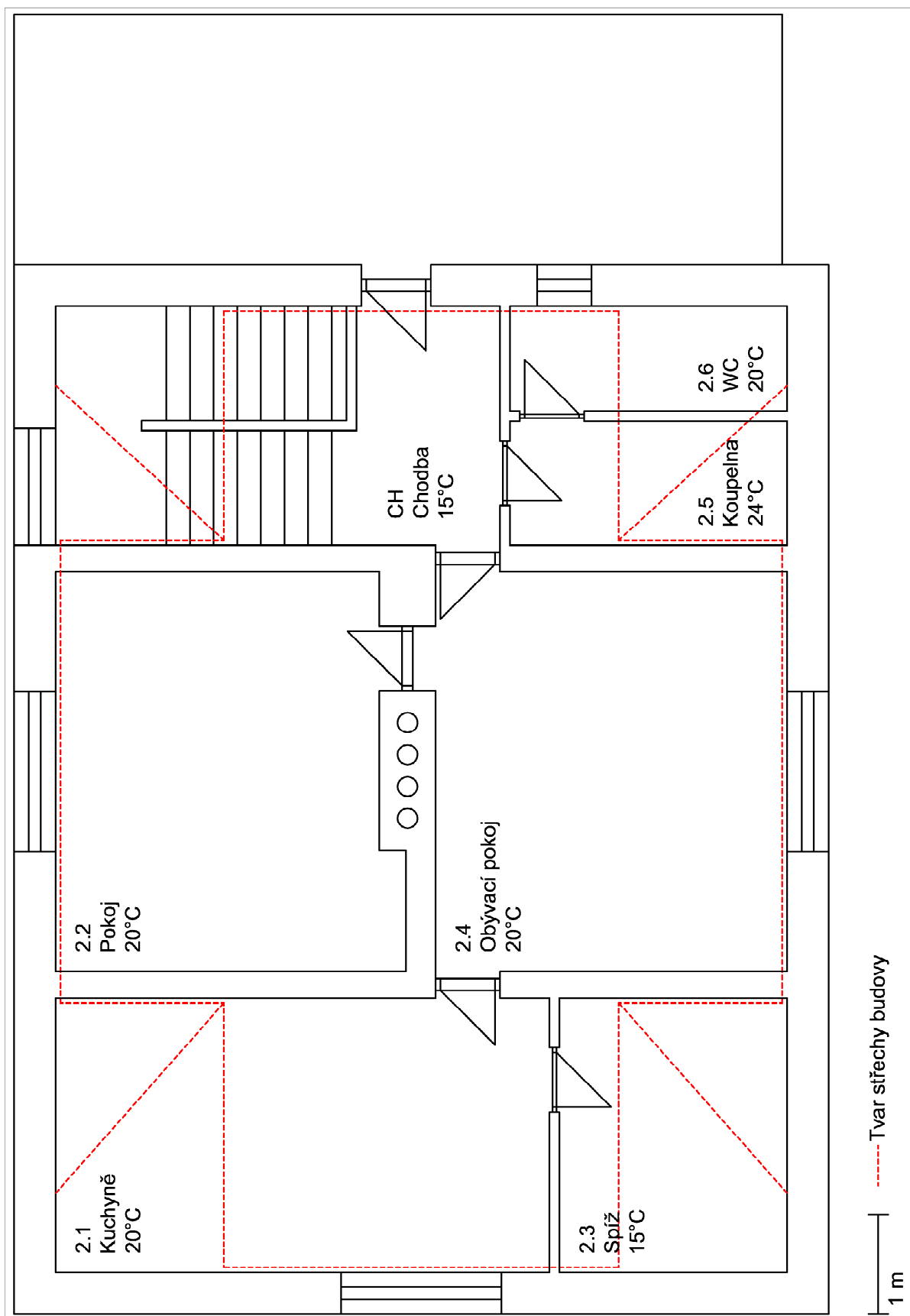
### Půdorys sklepa:



**Půdorys přízemí:**



**Půdorys podkroví:**



## B. Ekvivalentní součinitel prostupu tepla

Postup určení ekvivalentního součinitele prostupu tepla vychází z ČSN EN 12 831 (Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu), všechny postupy, vzorce a tabulky jsou přejímány z této normy.

Pro určení ekvivalentního součinitele prostupu tepla ( $U_{\text{equiv,k}}$ ) nejprve určíme, součinitel prostupu tepla pro stěnu, popřípadě podlahu bez vlivu zeminy ( $U$ ), podle vzorce (B1). Dále ještě musíme podle vzorce (B2) určit parametr  $B$ .

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j}} [\text{W} \cdot \text{M}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}], \quad (\text{B1})$$

kde:

$d$  tloušťka vrstvy konstrukce [m];

$\lambda$  tepelná vodivost vrstvy [ $\text{W} \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ];

$R_{si}$  odpor přestupu tepla – vnitřní strana (stěna – 0,13, podlaha – 0,17).

$$B = \frac{A}{(0,5 \cdot P)} [m], \quad (\text{B2})$$

kde:

$A$  plocha podlahové konstrukce stanovená z vnitřních rozměrů místností [ $\text{m}^2$ ];

$P$  obvod podlahové konstrukce celé budovy [m].

### Podlaha:

Známe:  $B$ [m],  $U$  [ $\text{W} \cdot \text{M}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ ] a hloubku  $Z$  [m] udávající, v jaké hloubce se podlaha nachází.

**Tabulka B.1 - Hodnota  $U_{\text{equiv,k}}$  [ $\text{W} \cdot \text{M}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ ] pro  $Z = 1,5$  m**

B[m]	U [ $\text{W} \cdot \text{M}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ ]				
	Bez izolace	2,0	1,0	0,5	0,25
2	0,86	0,58	0,44	0,28	0,16
4	0,64	0,48	0,38	0,26	0,16
6	0,52	0,40	0,33	0,25	0,15
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Pokračování tabulky a tabulky pro jinou hloubku viz ČSN EN 12 831.

**Stěna:**

Známe:  $U$  [ $W \cdot M^{-2} \cdot K^{-1}$ ] a hloubku  $Z$  [m], udávající výšku stěny sousedící se zeminou.

**Tabulka B.2 - Hodnota  $U_{eq,k}$  [ $W \cdot M^{-2} \cdot K^{-1}$ ]**

<b>U [<math>W \cdot M^{-2} \cdot K^{-1}</math>]</b>	<b>Z = 1 m</b>	<b>Z = 2 m</b>	<b>Z = 3 m</b>
0	0	0	0
0,5	0,39	0,35	0,32
0,75	0,54	0,48	0,43
1	0,68	0,59	0,53
⋮	⋮	⋮	⋮

Pokračování tabulky viz ČSN EN 12 831.



## C. Tepelné ztráty místností

Použité součinitele prostupu tepla:

**Stěny:**

**Tabulka C.1 - Venkovní stěna - sklep**

	$\lambda$ [W.M <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	d [m]
Vnitřní vápencová omítka	0,990	0,020
Armovací síť a hmota	0,800	0,010
Extrudovaný polystyren	0,040	0,100
Lepící stěrka	0,500	0,010
Nosné zdivo	0,800	0,400
Hydroizolace - Asfaltový pás	0,210	0,010
<b>U<sub>k</sub> [W.M<sup>-2</sup>.K<sup>-1</sup>]</b>		0,300

**Tabulka C.2 - Venkovní stěna**

	$\lambda$ [W.M <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	d [m]
Vnitřní vápencová omítka	0,990	0,020
Nosné zdivo	0,800	0,400
Lepící stěrka	0,500	0,005
Izolační desky z minerální vaty	0,042	0,160
Armovací síť a hmota	0,800	0,005
Exteriérová omítka	0,700	0,003
<b>U<sub>k</sub> [W.M<sup>-2</sup>.K<sup>-1</sup>]</b>		0,220

**Tabulka C.3 - Stěna 10 cm**

	$\lambda$ [W.M <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	d [m]
Vnitřní vápencová omítka	0,990	0,020
Nosné zdivo	0,800	0,080
Vnitřní vápencová omítka	0,990	0,020
<b>U<sub>k</sub> [W.M<sup>-2</sup>.K<sup>-1</sup>]</b>		3,220

**Tabulka C.4 - Stěna 27 cm**

	$\lambda$ [W.M <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	d [m]
Vnitřní vápencová omítka	0,990	0,020
Nosné zdivo	0,800	0,230
Vnitřní vápencová omítka	0,990	0,020
<b>U<sub>k</sub> [W.M<sup>-2</sup>.K<sup>-1</sup>]</b>		2,010

Tabulka C.5 - Stěna 32 cm

	$\lambda$ [ $\text{W}\cdot\text{M}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ]	$d$ [m]
Vnitřní vápencová omítka	0,990	0,020
Nosné zdivo	0,800	0,280
Vnitřní vápencová omítka	0,990	0,020
$U_k$ [ $\text{W}\cdot\text{M}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ]		1,780

Tabulka C.6 - Stěna 42 cm

	$\lambda$ [ $\text{W}\cdot\text{M}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ]	$d$ [m]
Vnitřní vápencová omítka	0,990	0,020
Nosné zdivo	0,800	0,380
Vnitřní vápencová omítka	0,990	0,020
$U_k$ [ $\text{W}\cdot\text{M}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ]		1,460

Tabulka C.7 - Stěna 57 cm

	$\lambda$ [ $\text{W}\cdot\text{M}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ]	$d$ [m]
Vnitřní vápencová omítka	0,990	0,020
Nosné zdivo	0,800	0,530
Vnitřní vápencová omítka	0,990	0,020
$U_k$ [ $\text{W}\cdot\text{M}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ]		1,150

**Stropy:**

Tabulka C.8 - Strop 1.3, 1.4, 1.8 → ven

	$\lambda$ [ $\text{W}\cdot\text{M}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ]	$d$ [m]
Dlažba keramická	1,010	0,010
Lepící stěrka	0,500	0,005
Beton	1,230	0,070
Hydroizolace - Asfaltový pás	0,210	0,010
Beton	1,230	0,200
Lepící stěrka	0,500	0,005
Pěnový polystyren	0,040	0,160
Armovací síť a hmota	0,800	0,002
Vnitřní vápencová omítka	0,990	0,020
$U_k$ [ $\text{W}\cdot\text{M}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ]		0,220

Tabulka C.9 - Strop 1.5 → 2.3

	$\lambda$ [W.M <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	d [m]
Dřevěná podlaha	1,180	0,800
Beton	1,230	0,200
Vnitřní vápencová omítka	0,990	0,020
<b>U<sub>k</sub> [W.M<sup>-2</sup>.K<sup>-1</sup>]</b>		1,000

Tabulka C.10 - Strop 1.6 → 2.5; 1.7 → 2.5, 2.6; CH → 2.5, 2.6

	$\lambda$ [W.M <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	d [m]
Dlažba keramická	1,010	0,010
Lepící stěrka	0,500	0,005
Beton	1,230	0,250
Vnitřní vápencová omítka	0,990	0,020
<b>U<sub>k</sub> [W.M<sup>-2</sup>.K<sup>-1</sup>]</b>		2,210

Tabulka C.11 - Zkosený podkrovní strop

	$\lambda$ [W.M <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	d [m]
Pojistná hydroizolace	0,350	0,006
Minerální vlna pod a mezi trámy	0,037	0,250
Parozábrana	0,350	0,003
Sádrokarton	0,220	0,012
<b>U<sub>k</sub> [W.M<sup>-2</sup>.K<sup>-1</sup>]</b>		0,140

Tabulka C.12 - Podkrovní strop

	$\lambda$ [W.M <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	d [m]
OSB desky	0,130	0,018
Pojistná hydroizolace	0,350	0,006
Minerální vlna pod a mezi trámy	0,037	0,250
Parozábrana	0,350	0,003
Sádrokarton	0,220	0,012
<b>U<sub>k</sub> [W.M<sup>-2</sup>.K<sup>-1</sup>]</b>		0,140

**Podlahy:****Tabulka C.13 - Podlaha sklep → zemina**

	$\lambda$ [W.M <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	d [m]
Beton	1,230	0,200
Hydroizolace - Asfaltový pás	0,210	0,010
Škvárový násyp	0,270	0,200
Beton	1,230	0,030
Lepící stěrka	0,500	0,010
Dlažba keramická	1,010	0,010
<b>U<sub>k</sub> [W.M<sup>-2</sup>.K<sup>-1</sup>]</b>		0,860

**Tabulka C.14 Podlaha 1.1, 1.5 → zemina**

	$\lambda$ [W.M <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	d [m]
Beton	1,230	0,200
Hydroizolace - Asfaltový pás	0,210	0,010
Škvárový násyp	0,270	0,200
Beton	1,230	0,030
Dřevěná podlaha	1,180	0,800
<b>U<sub>k</sub> [W.M<sup>-2</sup>.K<sup>-1</sup>]</b>		0,550

**Tabulka C.15 - Podlaha 2.3 → 1.5**

	$\lambda$ [W.M <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	d [m]
Dřevěná podlaha	1,180	0,800
Beton	1,230	0,200
Vnitřní vápencová omítka	0,990	0,020
<b>U<sub>k</sub> [W.M<sup>-2</sup>.K<sup>-1</sup>]</b>		1,000

**Tabulka C.16 - Podlaha 1.3, 1.4 a 1.8 → 0.3**

	$\lambda$ [W.M <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	d [m]
Dlažba keramická	1,010	0,010
Lepící stěrka	0,500	0,005
Beton	1,230	0,270
Lepící stěrka	0,500	0,005
Pěnový polystyren	0,040	0,160
Armovací síť a hmota	0,800	0,002
Vnitřní vápencová omítka	0,990	0,020
<b>U<sub>k</sub> [W.M<sup>-2</sup>.K<sup>-1</sup>]</b>		0,220

Tabulka C.17 - Podlaha 1.7 → 0.2; 2.5 → 1.6,1.7 a CH; 2.6 → 1.7 a CH; CH → 0.2

	$\lambda$ [ $\text{W}\cdot\text{M}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ]	$d$ [m]
Dlažba keramická	1,010	0,010
Lepící stěrka	0,500	0,005
Beton	1,230	0,250
Vnitřní vápencová omítka	0,990	0,020
$U_k$ [ $\text{W}\cdot\text{M}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ]		2,610

*Ostatní:*

Tabulka C.18 - Dveře

	$\lambda$ [ $\text{W}\cdot\text{M}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ]	$d$ [m]
Dřevo	1,180	0,040
$U_k$ [ $\text{W}\cdot\text{M}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ]		4,900

Tabulka C.19 - Okna a dveře do exteriéru

$U_k$ [ $\text{W}\cdot\text{M}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ]	1,100
--	-------

**Tepelné ztráty jednotlivých místností:****0.1 – Prádelna****Tabulka C.20 - Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru ven**

	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{ke}$	$e_k$	$A_k \cdot U_{ke} \cdot e_k$
0.1 → ven, Venkovní stěna	2,66	0,30	0,02	0,32	1,00	0,84
0.1 → ven, Okno	0,36	1,10	0,00	1,10	1,00	0,40
$H_{T,ie} [W \cdot K^{-1}]$						1,23

**Tabulka C.21 - Měrná tepelná ztráta do zeminy z vytápěného prostoru**

	$A_k$	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$
0.1 → zemina, Venkovní stěna - sklep	9,05	0,22	2,01
0.1 → zemina, Podlaha sklep	9,03	0,38	3,43
$f_{g1}$	1,45		
$f_{g2}$	0,47		
$G_w$	1,00		
$H_{T,ig} [W \cdot K^{-1}]$	3,72		

**Tabulka C.22 - Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru na jinou teplotu**

	$A_k$	$U_k$	$b_{ij}$	$A_k \cdot U_k \cdot b_{ij}$
0.1 → CH, Stěna 32 cm	4,74	1,78	0,14	1,21
0.1 → CH, Dveře	1,80	4,90	0,14	1,26
$H_{T,ij} [W \cdot K^{-1}]$				2,47

**Tabulka C.23 - Tepelná ztráta prostupem tepla**

$H_{T,i} [W \cdot K^{-1}]$	7,42
$\Phi_{T,i} [W]$	259,69

**Tabulka C.24 - Tepelná ztráta větráním**

$V_i [m^3]$	18,05
$n_{min} [h^{-1}]$	0,50
$V_{min,i}$	9,03
$n_{50}$	4,50
$e_i$	0,03
$\epsilon_i$	1,00
$V_{inf,i}$	4,87
$H_{v,i} [W \cdot K^{-1}]$	3,07
$\Phi_{v,i} [W]$	107,40

**0.2 – Kotelna**

Kotelna je vytápěna ztrátami kotle, tepelná ztráta prostupem tepla ani tepelná ztráta větráním se nevyčísľují.

**0.3 – Uhelna**

Uhelna není vytápěna, ztráta prostupem tepla ani tepelná ztráta větráním se nevyčísľují.

**1.1 – Pokoj****Tabulka C.25 - Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru ven**

	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{ke}$	$e_k$	$A_k \cdot U_{ke} \cdot e_k$
1.1 → ven, Venkovní stěna	17,39	0,22	0,02	0,24	1,00	4,19
1.1 → ven, Okno	2,19	1,10	0,00	1,10	1,00	2,41
$H_{T,ie} [W \cdot K^{-1}]$						6,60

**Tabulka C.26 - Měrná tepelná ztráta do zeminy z vytápěného prostoru**

	$A_k$	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$
1.1 → zemina, Podlaha	15,21	0,45	6,84
$f_{g1}$			1,45
$f_{g2}$			0,47
$G_w$			1,00
$H_{T,ig} [W \cdot K^{-1}]$			4,68

**Tabulka C.27 - Tepelná ztráta prostupem tepla**

$H_{T,i} [W \cdot K^{-1}]$	11,28
$\Phi_{T,i} [W]$	394,74

**Tabulka C.28 - Tepelná ztráta větráním**

$V_i [m^3]$	38,03
$n_{min} [h^{-1}]$	0,50
$V_{min,i}$	19,01
$n_{50}$	4,50
$e_i$	0,03
$\epsilon_i$	1,00
$V_{inf,i}$	10,27
$H_{v,i} [W \cdot K^{-1}]$	6,46
$\Phi_{v,i} [W]$	226,25

## 1.2 – Pokoj

Tabulka C.29 - Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru ven

	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{ke}$	$e_k$	$A_k \cdot U_{ke} \cdot e_k$
1.2 → ven, Venkovní stěna	5,06	0,22	0,02	0,24	1,00	1,22
1.2 → ven, Okno	1,59	1,10	0,00	1,10	1,00	1,75
$H_{T,ie} [W \cdot K^{-1}]$						2,97

Tabulka C.30 - Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru na jinou teplotu

	$A_k$	$U_k$	$b_{ij}$	$A_k \cdot U_k \cdot b_{ij}$
1.2 → CH, Stěna 32 cm	6,38	1,78	0,14	1,63
1.2 → CH, Dveře	1,86	4,90	0,14	1,30
$H_{T,ij} [W \cdot K^{-1}]$				2,93

Tabulka C.31 - Tepelná ztráta prostupem tepla

$H_{T,i} [W \cdot K^{-1}]$	5,90
$\Phi_{T,i} [W]$	206,52

Tabulka C.32 - Tepelná ztráta větráním

$V_i [m^3]$	21,75
$n_{min} [h^{-1}]$	0,50
$V_{min,i}$	10,87
$n_{50}$	4,50
$e_i$	0,03
$\epsilon_i$	1,00
$V_{inf,i}$	5,87
$H_{v,i} [W \cdot K^{-1}]$	3,70
$\Phi_{v,i} [W]$	129,39



## I.3 – WC

Tabulka C.33 - Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru ven

	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{ke}$	$e_k$	$A_k \cdot U_{ke} \cdot e_k$
1.3 → ven, Venkovní stěna	1,05	0,22	0,02	0,24	1,00	0,25
1.3 → ven, Okno	0,30	1,10	0,00	1,10	1,00	0,33
1.3 → ven, Strop	0,83	0,22	0,02	0,24	1,00	0,20
$H_{T,ie} [W \cdot K^{-1}]$						0,79

Tabulka C.34 - Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru na jinou teplotu

	$A_k$	$U_k$	$b_{ij}$	$A_k \cdot U_k \cdot b_{ij}$
1.3 → CH, Stěna 42 cm	2,94	1,46	0,57	2,45
1.3 → 1.4, Stěna 10 cm	3,29	3,22	-0,11	-1,21
$H_{T,ij} [W \cdot K^{-1}]$				1,24

Tabulka C.35 - Měrná tepelná ztráta do nevytápěných prostorů

	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{ke}$	$b_u$	$A_k \cdot U_{ke} \cdot b_u$
1.3 → 0.3, Podlaha	0,83	0,22	0,02	0,24	0,43	0,09
$H_{T,iue} [W \cdot K^{-1}]$						0,09

Tabulka C.36 - Tepelná ztráta prostupem tepla

$H_{T,i} [W \cdot K^{-1}]$	2,12
$\Phi_{T,i} [W]$	74,18

Tabulka C.37 - Tepelná ztráta větráním

$V_i [m^3]$	1,91
$n_{min} [h^{-1}]$	1,50
$V_{min,i}$	2,86
$n_{50}$	4,50
$e_i$	0,03
$\epsilon_i$	1,00
$V_{inf,i}$	0,51
$H_{v,i} [W \cdot K^{-1}]$	0,97
$\Phi_{v,i} [W]$	34,02

## 1.4 – Koupelna

Tabulka C.38 - Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru ven

	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{ke}$	$e_k$	$A_k \cdot U_{ke} \cdot e_k$
1.4 → ven, Venkovní stěna	5,54	0,22	0,02	0,24	1,00	1,34
1.4 → ven, Okno	0,64	1,10	0,00	1,10	1,00	0,71
1.4 → ven, Strop	1,72	0,22	0,02	0,24	1,00	0,42
$H_{T,ie} [W \cdot K^{-1}]$						2,46

Tabulka C.39 - Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru na jinou teplotu

	$A_k$	$U_k$	$b_{ij}$	$A_k \cdot U_k \cdot b_{ij}$
1.4 → 1.3, Stěna 10 cm	3,29	3,22	0,10	1,09
1.4 → 1.8, Stěna 10 cm	1,50	3,22	0,10	0,49
1.4 → 1.8, Dveře	1,40	4,90	0,10	0,70
$H_{T,ij} [W \cdot K^{-1}]$				2,29

Tabulka C.40 - Měrná tepelná ztráta do nevytápěných prostorů

	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{ke}$	$b_u$	$A_k \cdot U_{ke} \cdot b_u$
1.4 → 0.3, Podlaha	1,72	0,22	0,02	0,24	0,49	0,20
$H_{T,iue} [W \cdot K^{-1}]$						0,20

Tabulka C.41 - Tepelná ztráta prostupem tepla

$H_{T,i} [W \cdot K^{-1}]$	4,95
$\Phi_{T,i} [W]$	193,19

Tabulka C.42 - Tepelná ztráta větráním

$V_i [m^3]$	3,95
$n_{min} [h^{-1}]$	1,50
$V_{min,i}$	5,92
$n_{50}$	4,50
$e_i$	0,03
$\epsilon_i$	1,00
$V_{inf,i}$	1,07
$H_{v,i} [W \cdot K^{-1}]$	2,01
$\Phi_{v,i} [W]$	78,52

## 1.5 - Obývací pokoj

Tabulka C.43 - Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru ven

	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{ke}$	$e_k$	$A_k \cdot U_{ke} \cdot e_k$
1.5 → ven, Venkovní stěna	15,15	0,22	0,02	0,24	1,00	3,65
1.5 → ven, Okno	4,37	1,10	0,00	1,10	1,00	4,81
$H_{T,ie} [W \cdot K^{-1}]$						8,47

Tabulka C.44 - Měrná tepelná ztráta do zeminy z vytápěného prostoru

	$A_k$	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$
1.5 → zemina, Podlaha	15,12	0,45	6,81
$f_{g1}$	1,45		
$f_{g2}$	0,47		
$G_w$	1,00		
$H_{T,ig} [W \cdot K^{-1}]$	4,65		

Tabulka C.45 - Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru na jinou teplotu

	$A_k$	$U_k$	$b_{ij}$	$A_k \cdot U_k \cdot b_{ij}$
1.5 → 2.3, Strop	6,37	1,00	0,14	0,91
$H_{T,ij} [W \cdot K^{-1}]$				0,91

Tabulka C.46 - Tepelná ztráta prostupem tepla

$H_{T,i} [W \cdot K^{-1}]$	14,03
$\Phi_{T,i} [W]$	490,97

Tabulka C.47 - Tepelná ztráta větráním

$V_i [m^3]$	37,81
$n_{min} [h^{-1}]$	0,50
$V_{min,i}$	18,90
$n_{50}$	4,50
$e_i$	0,05
$\epsilon_i$	1,00
$V_{inf,i}$	17,01
$H_{v,i} [W \cdot K^{-1}]$	6,43
$\Phi_{v,i} [W]$	224,95

**1.6 - Kuchyně****Tabulka C.48 - Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru ven**

	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{ke}$	$e_k$	$A_k \cdot U_{ke} \cdot e_k$
1.6 → ven, Venkovní stěna	7,61	0,22	0,02	0,24	1,00	1,84
1.6 → ven, Okno	2,19	1,10	0,00	1,10	1,00	2,41
$H_{T,ie} [W \cdot K^{-1}]$						4,24

**Tabulka C.49 - Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru na jinou teplotu**

	$A_k$	$U_k$	$b_{ij}$	$A_k \cdot U_k \cdot b_{ij}$
1.6 → CH a 1.7, Stěna 10 cm	8,28	3,22	0,14	3,81
1.6 → CH a 1.7, Dveře	3,20	4,90	0,14	2,24
1.6 → 2.5, Strop	2,63	2,21	-0,11	-0,66
$H_{T,ij} [W \cdot K^{-1}]$				5,39

**Tabulka C.50 - Tepelná ztráta prostupem tepla**

$H_{T,i} [W \cdot K^{-1}]$	9,63
$\Phi_{T,i} [W]$	337,02

**Tabulka C.51 - Tepelná ztráta větráním**

$V_i [m^3]$	33,36
$n_{min} [h^{-1}]$	1,50
$V_{min,i}$	50,04
$n_{50}$	4,50
$e_i$	0,03
$\epsilon_i$	1,00
$V_{inf,i}$	9,01
$H_{V,i} [W \cdot K^{-1}]$	17,01
$\Phi_{V,i} [W]$	595,48

## 1.7 - Spíž

Tabulka C.52 - Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru ven

	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{ke}$	$e_k$	$A_k \cdot U_{ke} \cdot e_k$
1.7 → ven, Venkovní stěna	5,27	0,22	0,02	0,24	1,00	1,27
1.7 → ven, Okno	0,30	1,10	0,00	1,10	1,00	0,33
$H_{T,ie} [W \cdot K^{-1}]$						1,60

Tabulka C.53 - Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru na jinou teplotu

	$A_k$	$U_k$	$b_{ij}$	$A_k \cdot U_k \cdot b_{ij}$
1.7 → 1.6, Stěna 10 cm	2,85	3,22	-0,17	-1,53
1.7 → 1.6, Dveře	1,40	4,90	-0,17	-1,14
1.7 → 1.8, Stěna 42 cm	1,05	1,46	-0,17	-0,26
1.7 → 0,2, Podlaha	2,33	2,61	-0,17	-1,01
1.7 → 2.6, Strop	1,80	2,21	-0,17	-0,66
1.7 → 2.5, Strop	0,36	2,21	-0,30	-0,24
$H_{T,ij} [W \cdot K^{-1}]$				-4,84

Tabulka C.54 - Tepelná ztráta prostupem tepla

$H_{T,i} [W \cdot K^{-1}]$	-3,24
$\Phi_{T,i} [W]$	-97,10

Tabulka C.55 - Tepelná ztráta větráním

$V_i [m^3]$	5,82
$n_{min} [h^{-1}]$	0,50
$V_{min,i}$	2,91
$n_{50}$	4,50
$e_i$	0,01
$\epsilon_i$	1,00
$V_{inf,i}$	0,52
$H_{v,i} [W \cdot K^{-1}]$	0,99
$\Phi_{v,i} [W]$	29,69

**1.8 - Vstupní hala****Tabulka C.56 - Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru ven**

	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{ke}$	$e_k$	$A_k \cdot U_{ke} \cdot e_k$
1.8 → ven, Venkovní stěna	9,62	0,22	0,02	0,24	1,00	2,32
1.8 → ven, Okno	4,37	1,10	0,00	1,10	1,00	4,81
1.8 → ven, Vchodové dveře	9,93	0,22	0,02	0,24	1,00	2,43
1.8 → ven, Strop	1,72	1,10	0,00	1,10	1,00	1,89
$H_{T,ie} [W \cdot K^{-1}]$						11,45

**Tabulka C.57 - Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru na jinou teplotu**

	$A_k$	$U_k$	$b_{ij}$	$A_k \cdot U_k \cdot b_{ij}$
1.8 → CH a 1.7, Stěna 42 cm	9,08	1,46	0,14	1,89
1.8 → 1.7, Dveře	1,80	4,90	0,14	1,26
1.8 → 1.4, Stěna 10 cm	1,40	3,22	-0,11	-0,52
1.8 → 1.4, Dveře	1,40	4,90	-0,11	-0,78
$H_{T,ij} [W \cdot K^{-1}]$				1,85

**Tabulka C.58 - Měrná tepelná ztráta do nevytápěných prostorů**

	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{ke}$	$b_u$	$A_k \cdot U_{ke} \cdot b_u$
1.8 → 0.3, Podlaha	9,93	0,22	0,02	0,24	0,43	1,03
$H_{T,iue} [W \cdot K^{-1}]$						1,03

**Tabulka C.59 - Tepelná ztráta prostupem tepla**

$H_{T,i} [W \cdot K^{-1}]$	14,34
$\Phi_{T,i} [W]$	501,79

**Tabulka C.60 - Tepelná ztráta větráním**

$V_i [m^3]$	22,85
$n_{min} [h^{-1}]$	0,50
$V_{min,i}$	11,42
$n_{50}$	4,50
$e_i$	0,05
$\epsilon_i$	1,00
$V_{inf,i}$	10,28
$H_{v,i} [W \cdot K^{-1}]$	3,88
$\Phi_{v,i} [W]$	135,93

## 2.1 - Kuchyně

Tabulka C.61 - Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru ven

	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{ke}$	$e_k$	$A_k \cdot U_{ke} \cdot e_k$
2.1 → ven, Venkovní stěna	10,63	0,22	0,02	0,24	1,00	2,56
2.1 → ven, Okno	2,19	1,10	0,00	1,10	1,00	2,41
2.1 → ven, Podkrovní strop	9,11	0,14	0,02	0,16	1,00	1,46
2.1 → ven, Zkosený podkrovní strop	8,02	0,14	0,02	0,16	1,00	1,31
$H_{T,ie} [W \cdot K^{-1}]$						7,74

Tabulka C.62 - Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru na jinou teplotu

	$A_k$	$U_k$	$b_{ij}$	$A_k \cdot U_k \cdot b_{ij}$
2.1 → 2.3, Stěna 10 cm	5,63	3,22	0,14	2,59
2.1 → 2.3, Dveře	1,30	4,90	0,14	0,91
$H_{T,ij} [W \cdot K^{-1}]$				3,50

Tabulka C.63 - Tepelná ztráta prostupem tepla

$H_{T,i} [W \cdot K^{-1}]$	11,24
$\Phi_{T,i} [W]$	393,47

Tabulka C.64 - Tepelná ztráta větráním

$V_i [m^3]$	29,95
$n_{min} [h^{-1}]$	1,50
$V_{min,i}$	44,93
$n_{50}$	4,50
$e_i$	0,03
$\varepsilon_i$	1,00
$V_{inf,i}$	8,09
$H_{V,i} [W \cdot K^{-1}]$	15,28
$\Phi_{V,i} [W]$	534,66

## 2.2 - Pokoj

Tabulka C.65 - Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru ven

	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{ke}$	$e_k$	$A_k \cdot U_{ke} \cdot e_k$
2.2 → ven, Venkovní stěna	7,89	0,22	0,02	0,24	1,00	1,90
2.2 → ven, Okno	2,19	1,10	0,00	1,10	1,00	2,41
2.2 → ven, Podkrovní strop	13,51	0,14	0,02	0,16	1,00	2,17
$H_{T,ie} [W \cdot K^{-1}]$						6,48

Tabulka C.66 - Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru na jinou teplotu

	$A_k$	$U_k$	$b_{ij}$	$A_k \cdot U_k \cdot b_{ij}$
2.2 → CH, Stěna 27 cm	8,18	2,01	0,14	2,35
$H_{T,ij} [W \cdot K^{-1}]$				2,35

Tabulka C.67 - Tepelná ztráta prostupem tepla

$H_{T,i} [W \cdot K^{-1}]$	8,82
$\Phi_{T,i} [W]$	308,80

Tabulka C.68 - Tepelná ztráta větráním

$V_i [m^3]$	33,77
$n_{min} [h^{-1}]$	0,50
$V_{min,i}$	16,88
$n_{50}$	4,50
$e_i$	0,03
$\varepsilon_i$	1,00
$V_{inf,i}$	9,12
$H_{V,i} [W \cdot K^{-1}]$	5,74
$\Phi_{V,i} [W]$	200,92



## 2.3 - Spíž

Tabulka C.69 - Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru ven

	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{ke}$	$e_k$	$A_k \cdot U_{ke} \cdot e_k$
2.3 → ven, Venkovní stěna	6,09	0,22	0,02	0,24	1,00	1,47
2.3 → ven, Podkrovní strop	1,66	0,14	0,02	0,16	1,00	0,27
2.3 → ven, Zkosený podkrovní strop	8,02	0,14	0,02	0,16	1,00	1,31
$H_{T,ie} [W \cdot K^{-1}]$						3,05

Tabulka C.70 - Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru na jinou teplotu

	$A_k$	$U_k$	$b_{ij}$	$A_k \cdot U_k \cdot b_{ij}$
2.3 → 2.1, Stěna 10 cm	5,63	3,22	-0,17	-3,02
2.3 → 2.1, Dveře	1,30	4,90	-0,17	-1,06
2.3 → 1.5, Podlaha	6,37	1,00	-0,17	-1,06
2.3 → 2.4, Stěna 27 cm	5,75	2,01	-0,17	-1,92
$H_{T,ij} [W \cdot K^{-1}]$				-7,07

Tabulka C.71 - Tepelná ztráta prostupem tepla

$H_{T,i} [W \cdot K^{-1}]$	-4,02
$\Phi_{T,i} [W]$	-120,70

Tabulka C.72 - Tepelná ztráta větráním

$V_i [m^3]$	11,33
$n_{min} [h^{-1}]$	0,50
$V_{min,i}$	5,66
$n_{50}$	4,50
$e_i$	0,00
$\epsilon_i$	1,00
$V_{inf,i}$	0,00
$H_{v,i} [W \cdot K^{-1}]$	1,93
$\Phi_{v,i} [W]$	57,76

## 2.4 - Obývací pokoj

Tabulka C.73 - Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru ven

	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{ke}$	$e_k$	$A_k \cdot U_{ke} \cdot e_k$
2.4 → ven, Venkovní stěna	7,89	0,22	0,02	0,24	1,00	1,90
2.4 → ven, Okno	2,19	1,10	0,00	1,10	1,00	2,41
2.4 → ven, Podkrovní strop	14,31	0,14	0,02	0,16	1,00	2,30
$H_{T,ie} [W \cdot K^{-1}]$						6,61

Tabulka C.74 - Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru na jinou teplotu

	$A_k$	$U_k$	$b_{ij}$	$A_k \cdot U_k \cdot b_{ij}$
2.4 → CH, Stěna 27 cm	0,33	2,01	0,14	0,09
2.4 → CH, Dveře	1,30	4,90	0,14	0,91
2.4 → 2.3, Stěna 27 cm	5,88	2,01	0,14	1,69
2.4 → 2.5, Stěna 27 cm	7,25	2,01	-0,11	-1,66
$H_{T,ij} [W \cdot K^{-1}]$				1,03

Tabulka C.75 - Tepelná ztráta prostupem tepla

$H_{T,i} [W \cdot K^{-1}]$	7,63
$\Phi_{T,i} [W]$	267,09

Tabulka C.76 - Tepelná ztráta větráním

$V_i [m^3]$	35,77
$n_{min} [h^{-1}]$	0,50
$V_{min,i}$	17,88
$n_{50}$	4,50
$e_i$	0,03
$\epsilon_i$	1,00
$V_{inf,i}$	9,66
$H_{v,i} [W \cdot K^{-1}]$	6,08
$\Phi_{v,i} [W]$	212,81

## 2.5 - Koupelna

Tabulka C.77 - Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru ven

	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{ke}$	$e_k$	$A_k \cdot U_{ke} \cdot e_k$
2.5 → ven, Podkrovní strop	1,38	0,14	0,02	0,16	1,00	0,22
2.5 → ven, Zkosený podkrovní strop	5,52	0,14	0,02	0,16	1,00	0,90
2.5 → ven, Venkovní stěna	2,40	0,22	0,02	0,24	1,00	0,58
$H_{T,ie} [W \cdot K^{-1}]$						1,70

Tabulka C.78 - Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru na jinou teplotu

	$A_k$	$U_k$	$b_{ij}$	$A_k \cdot U_k \cdot b_{ij}$
2.5 → 2.4, Stěna 27 cm	7,00	2,01	0,10	1,44
2.5 → 2.6, Stěna 10 cm	3,58	3,22	0,10	1,18
2.5 → 2.6, Dveře	1,30	4,90	0,10	0,65
2.5 → CH, Stěna 10 cm	1,83	3,22	0,23	1,36
2.5 → CH, Dveře	1,30	4,90	0,23	1,47
2.5 → 1.6, Podlaha	2,80	2,61	0,10	0,75
2.5 → 1.7 a CH, Podlaha	0,70	2,61	0,23	0,42
$H_{T,ij} [W \cdot K^{-1}]$				7,28

Tabulka C.79 - Tepelná ztráta prostupem tepla

$H_{T,i} [W \cdot K^{-1}]$	8,98
$\Phi_{T,i} [W]$	350,11

Tabulka C.80 - Tepelná ztráta větráním

$V_i [m^3]$	8,36
$n_{min} [h^{-1}]$	1,50
$V_{min,i}$	12,53
$n_{50}$	4,50
$e_i$	0,00
$\epsilon_i$	1,00
$V_{inf,i}$	0,00
$H_{v,i} [W \cdot K^{-1}]$	4,26
$\Phi_{v,i} [W]$	166,18

## 2.6 - WC

Tabulka C.81 - Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru ven

	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{ke}$	$e_k$	$A_k \cdot U_{ke} \cdot e_k$
2.6 → ven, Podkrovní strop	1,17	0,14	0,02	0,16	1,00	0,19
2.6 → ven, Zkosený podkrovní strop	2,20	0,14	0,02	0,16	1,00	0,36
2.6 → ven, Venkovní stěna	4,33	0,22	0,02	0,24	1,00	1,04
2.6 → ven, Okno	0,55	1,10	0,00	1,10	1,00	0,61
$H_{T,ie} [W \cdot K^{-1}]$						2,19

Tabulka C.82 - Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru na jinou teplotu

	$A_k$	$U_k$	$b_{ij}$	$A_k \cdot U_k \cdot b_{ij}$
2.6 → 2.5, Stěna 10 cm	3,58	3,22	-0,11	-1,32
2.6 → 2.5, Dveře	1,30	4,90	-0,11	-0,73
2.6 → CH, Stěna 10 cm	2,65	3,22	0,14	1,22
2.6 → 1.7 a CH, Podlaha	2,97	2,61	0,14	1,11
$H_{T,ij} [W \cdot K^{-1}]$				0,28

Tabulka C.83 - Tepelná ztráta prostupem tepla

$H_{T,i} [W \cdot K^{-1}]$	2,48
$\Phi_{T,i} [W]$	86,65

Tabulka C.84 - Tepelná ztráta větráním

$V_i [m^3]$	5,17
$n_{min} [h^{-1}]$	1,50
$V_{min,i}$	7,75
$n_{50}$	4,50
$e_i$	0,03
$\epsilon_i$	1,00
$V_{inf,i}$	1,40
$H_{v,i} [W \cdot K^{-1}]$	2,64
$\Phi_{v,i} [W]$	92,24

**CH - Chodba se schodištěm****Tabulka C.85 - Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru ven**

	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{ke}$	$e_k$	$A_k \cdot U_{ke} \cdot e_k$
CH → ven, Venkovní stěna	16,19	0,30	0,02	0,32	1,00	5,11
CH → ven, Okno	1,20	1,10	0,00	1,10	1,00	1,32
CH → ven, Vchodové dveře	1,40	1,10	0,00	1,10	1,00	1,54
CH → ven, Zkosený podkrovní strop	8,02	0,14	0,02	0,16	1,00	1,31
CH → ven, Podkrovní strop	6,72	0,14	0,02	0,16	1,00	1,08
$H_{T,ie} [W \cdot K^{-1}]$						10,35

**Tabulka C.86 - Měrná tepelná ztráta do zeminy z vytápěného prostoru**

	$A_k$	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$
CH → zemina, Venkovní stěna - sklep	3,62	0,22	0,80
CH → zemina, Podlaha sklep	7,88	0,38	2,99
$f_{g1}$	1,45		
$f_{g2}$	0,47		
$G_w$	1,00		
$H_{T,ig} [W \cdot K^{-1}]$	2,11		

**Tabulka C.87 - Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru na jinou teplotu**

	$A_k$	$U_k$	$b_{ij}$	$A_k \cdot U_k \cdot b_{ij}$
CH → 0.1, Stěna 32 cm	4,74	1,78	-0,17	-1,41
CH → 0.1, Dveře	1,80	4,90	-0,17	-1,47
CH → 1.8 a 1.3, Stěna 42 cm	12,18	1,46	-0,17	-2,96
CH → 1.8, Dveře	1,80	4,90	-0,17	-1,47
CH → 1.6, Stěna 10 cm	5,68	3,22	-0,17	-3,05
CH → 1.6, Dveře	1,80	4,90	-0,17	-1,47
CH → 1.2, Stěna 32 cm	8,00	1,78	-0,17	-2,38
CH → 1.2, Dveře	1,80	4,90	-0,17	-1,47
CH → 2.2, Stěna 27 cm	9,60	2,01	-0,17	-3,21
CH → 2.4, Stěna 27 cm	0,23	2,01	-0,17	-0,08
CH → 2.4, Dveře	1,40	4,90	-0,17	-1,14
CH → 2.5, Stěna 10 cm	1,85	3,22	-0,30	-1,79
CH → 2.5, Dveře	1,40	4,90	-0,30	-2,06
CH → 2.6, Stěna 10 cm	2,78	3,22	-0,17	-1,49
CH → 2.6, Strop	1,06	2,21	-0,17	-0,39
CH → 2.5, Strop	0,21	2,21	-0,30	-0,14
$H_{T,ij} [W \cdot K^{-1}]$				-25,98

Tabulka C.88 - Měrná tepelná ztráta do nevytápěných prosto

	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{ke}$	$b_u$	$A_k \cdot U_{ke} \cdot b_u$
CH → 0.3, Stěna 42 cm	6,54	1,46	0,02	1,48	0,33	3,22
CH → 0.2, Stěna 57 cm	3,02	1,15	0,02	1,17	-0,17	-0,59
CH → 0.2, Dveře	1,80	4,90	0,02	4,92	-0,17	-1,48
CH → 0.2, Podlaha	2,98	2,61	0,02	2,63	-0,17	-1,30
$H_{T,iue} [W \cdot K^{-1}]$						-0,14

Tabulka C.89 - Tepelná ztráta prostupem tepla

$H_{T,i} [W \cdot K^{-1}]$	-13,66
$\Phi_{T,i} [W]$	-409,79

Tabulka C.90 - Tepelná ztráta větráním

$V_i [m^3]$	69,70
$n_{min} [h^{-1}]$	0,50
$V_{min,i}$	34,85
$n_{50}$	4,50
$e_i$	0,03
$\varepsilon_i$	1,00
$V_{inf,i}$	18,82
$H_{v,i} [W \cdot K^{-1}]$	11,85
$\Phi_{v,i} [W]$	355,46

## D. Katalogové hodnoty otopných ploch

## Viadrus Termo 623/95 a 623/130

Tab. č. 10

Tepelný výkon otopných těles typu Termo 623/95 v závislosti na požadované teplotě vzduchu a počtu článků

Teplovodní vytápění

 $t_{W1} = 55 \text{ }^\circ\text{C}$  $t_{W2} = 45 \text{ }^\circ\text{C}$ Tepelný výkon  $Q$  (W) při teplotě vzduchu  $t_i$  ( $^\circ\text{C}$ )

počet čl.(n)	10	15	18	20	22	24
2	161	134	119	109	99	90
3	226	189	167	153	139	126
4	292	243	215	197	179	162
5	357	297	263	241	219	198
6	422	352	311	285	260	235
7	487	406	360	329	300	271
8	552	461	408	373	340	307
9	618	515	456	417	380	343
10	683	569	504	461	420	380
11	748	624	552	506	460	416
12	813	678	600	550	500	452
13	879	732	648	594	540	488
14	944	787	696	638	580	525
15	1009	841	744	682	621	561
16	1074	895	793	726	661	597
17	1139	950	841	770	701	634
18	1205	1004	889	814	741	670
19	1270	1059	937	858	781	706
20	1335	1113	985	902	821	742
21	1400	1167	1033	946	861	779
22	1465	1222	1081	990	901	815
23	1531	1276	1129	1034	942	851
24	1596	1330	1178	1078	982	887
25	1661	1385	1226	1122	1022	924
26	1726	1439	1274	1167	1062	960
27	1792	1494	1322	1211	1102	996
28	1857	1548	1370	1255	1142	1032
29	1922	1602	1418	1299	1182	1069
30	1987	1657	1466	1343	1222	1105

Tab. č. 13

Tepelný výkon otopných těles typu Termo 623/130 v závislosti na požadované teplotě vzduchu a počtu článků

Teplovodní vytápění

$t_{W1} = 55 \text{ }^\circ\text{C}$

$t_{W2} = 45 \text{ }^\circ\text{C}$

Tepelný výkon  $Q$  (W) při teplotě vzduchu  $t_i$  ( $^\circ\text{C}$ )

počet čl.(n)	10	15	18	20	22	24
2	194	162	144	133	121	110
3	272	228	203	186	170	154
4	350	294	261	240	219	199
5	429	360	320	293	268	243
6	507	425	378	347	317	287
7	586	491	436	401	366	332
8	664	557	495	454	415	376
9	742	623	553	508	464	421
10	821	688	612	562	513	465
11	899	754	670	615	562	510
12	977	820	728	669	611	554
13	1056	885	787	723	660	598
14	1134	951	845	776	709	643
15	1213	1017	904	830	758	687
16	1291	1083	962	884	807	732
17	1369	1148	1020	937	856	776
18	1448	1214	1079	991	905	821
19	1526	1280	1137	1044	954	865
20	1604	1345	1196	1098	1003	909
21	1683	1411	1254	1152	1052	954
22	1761	1477	1312	1205	1101	998
23	1839	1543	1371	1259	1150	1043
24	1918	1608	1429	1313	1199	1087
25	1996	1674	1488	1366	1248	1132
26	2075	1740	1546	1420	1297	1176
27	2153	1806	1604	1474	1346	1220
28	2231	1871	1663	1527	1395	1265
29	2310	1937	1721	1581	1444	1309
30	2388	2003	1780	1635	1493	1354





## KORALUX® RONDO MAX, RONDO MAX - M

TEPELNÝ VÝKON Q [W]  
PRO TEPLONOSNOU LÁTKU VODA PODLE EN 442

ZÁKLADNÍ TECHNICKÉ PARAMETRY

Typové označení	H [mm]	L [mm]	h [mm]	t <sub>1</sub> /t <sub>2</sub> [°C]	Q [W] pro t [°C]					Jmenovitý tepelný výkon Q <sub>n</sub> [W] (75/65/20°C)	Tepelní exponent n [-]	Hmotnost tělesa M <sub>t</sub> [kg]	Vodní objem tělesa V <sub>t</sub> [l]	Max. výkon el. top. tělesa P [W]*
					15	18	20	22	24					
KRM 700.450 KRMM 700.450	690	445	415 50	90/70	460	434	416	399	382	335	1,2322	5,8	3,9	200
				70/55	313	288	272	256	240					
				55/45	215	192	177	162	148					
KRM 700.600 KRMM 700.600	690	595	565 50	90/70	609	574	551	528	506	444	1,2279	7,3	4,9	200
				70/55	414	382	360	339	318					
				55/45	285	255	235	216	197					
KRM 700.750 KRMM 700.750	690	745	715 50	90/70	758	715	686	658	629	553	1,2235	8,8	5,8	300
				70/55	516	476	449	423	397					
				55/45	356	318	294	270	246					
KRM 900.450 KRMM 900.450	900	445	415 50	90/70	594	560	537	515	492	432	1,2336	7,5	5,1	200
				70/55	403	371	350	330	309					
				55/45	277	248	228	209	191					
KRM 900.600 KRMM 900.600	900	595	565 50	90/70	789	744	714	684	654	574	1,2343	9,4	6,3	300
				70/55	535	493	466	438	411					
				55/45	368	329	303	278	253					
KRM 900.750 KRMM 900.750	900	745	715 50	90/70	982	925	888	851	814	714	1,2350	11,3	7,6	400
				70/55	666	614	579	545	511					
				55/45	458	409	377	346	315					
KRM 1220.450 KRMM 1220.450	1215	445	415 50	90/70	810	763	732	702	671	589	1,2357	10,4	7,0	300
				70/55	549	506	478	449	421					
				55/45	377	337	311	285	260					
KRM 1220.600 KRMM 1220.600	1215	595	565 50	90/70	1076	1014	973	932	891	781	1,2446	13,0	8,8	400
				70/55	728	670	632	595	557					
				55/45	499	445	410	376	342					
KRM 1220.750 KRMM 1220.750	1215	745	715 50	90/70	1344	1265	1214	1162	1111	973	1,2534	15,7	10,6	600
				70/55	907	834	787	739	693					
				55/45	620	553	509	466	424					
KRM 1500.450 KRMM 1500.450	1495	445	415 50	90/70	997	940	902	864	827	725	1,2376	12,7	8,6	400
				70/55	676	623	588	553	518					
				55/45	464	415	382	351	319					
KRM 1500.600 KRMM 1500.600	1495	595	565 50	90/70	1324	1247	1197	1147	1097	962	1,2384	15,9	10,8	600
				70/55	897	826	780	734	688					
				55/45	616	550	507	465	423					
KRM 1500.750 KRMM 1500.750	1495	745	715 50	90/70	1647	1552	1489	1427	1365	1197	1,2392	19,2	13,0	700
				70/55	1116	1028	970	913	856					
				55/45	766	684	631	578	526					
KRM 1820.450 KRMM 1820.450	1810	445	415 50	90/70	1210	1140	1094	1048	1002	879	1,2398	15,5	10,6	500
				70/55	820	755	712	670	628					
				55/45	562	502	463	424	386					
KRM 1820.600 KRMM 1820.600	1810	595	565 50	90/70	1602	1510	1449	1388	1328	1166	1,2314	19,6	13,3	700
				70/55	1088	1002	946	890	835					
				55/45	748	669	617	566	515					
KRM 1820.750 KRMM 1820.750	1810	745	715 50	90/70	1990	1876	1801	1727	1653	1452	1,2229	23,6	15,9	900
				70/55	1355	1250	1180	1111	1043					
				55/45	935	836	772	708	645					

\* Uvedené hodnoty maximálního výkonu elektrického topného tělesa platí pro kombinované vytápění (viz str. 34)

Charakteristická rovnice: $\Phi = K_T \cdot L^a \cdot H^b \cdot \Delta T^{(c_0+c_1/H)}$	$K_T$	$a$	$b$	$c_0$	$c_1$
	$7,05757 \times 10^6$	0,9827370	1,0420520	1,2429590	$-6,77537 \times 10^6$

Uvedené hodnoty tepelných výkonů platí pro znázorněné typy připojení otopných těles:



TEPELNÉ VÝKONY - RONDO MAX

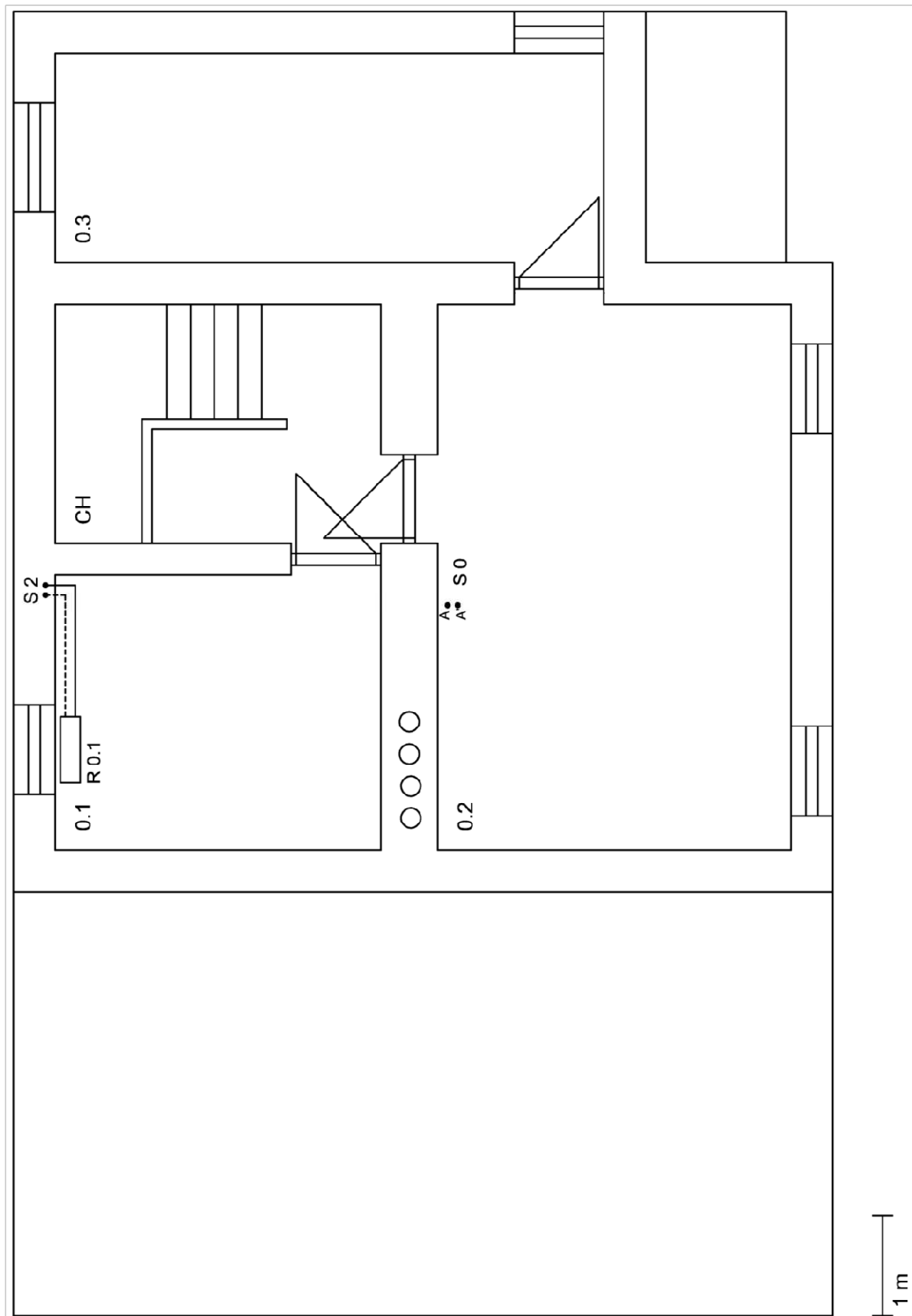
16

Technické změny vyhrazeny.

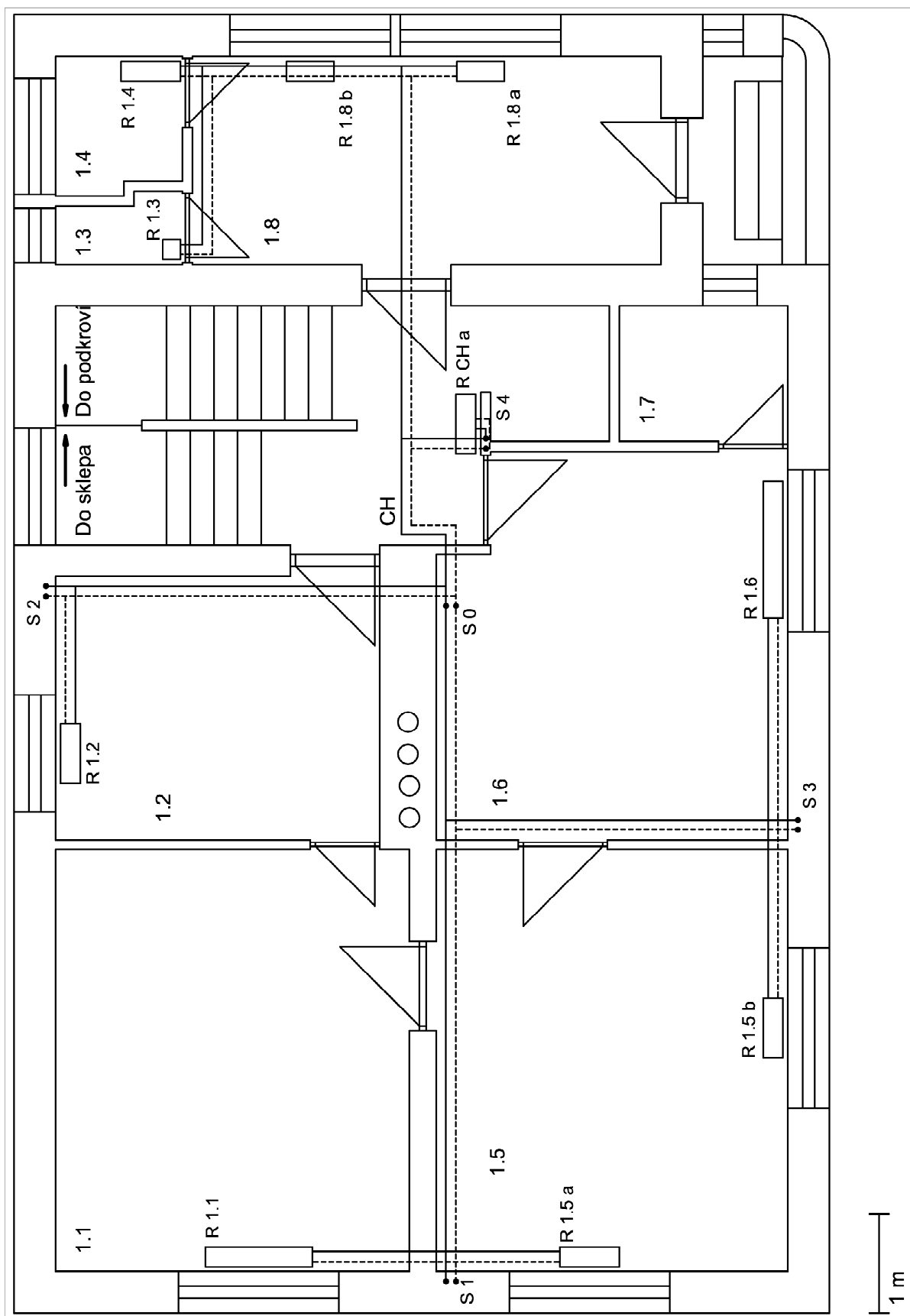
**Zdroj:** KORADO, a.s. *Trubkové otopné těleso: KORALUX RONDO MAX – M* [online]. Česká Třebová, c2012 [cit. 2013-03-05]. Dostupné z: [http://www.korado.cz/cs/vyrobky/koralux/prehled\\_modelu/produktova\\_rada\\_max/koralux\\_rondo\\_max\\_m.shtml#tu](http://www.korado.cz/cs/vyrobky/koralux/prehled_modelu/produktova_rada_max/koralux_rondo_max_m.shtml#tu)

## E. Rozvody topné a vratné vody

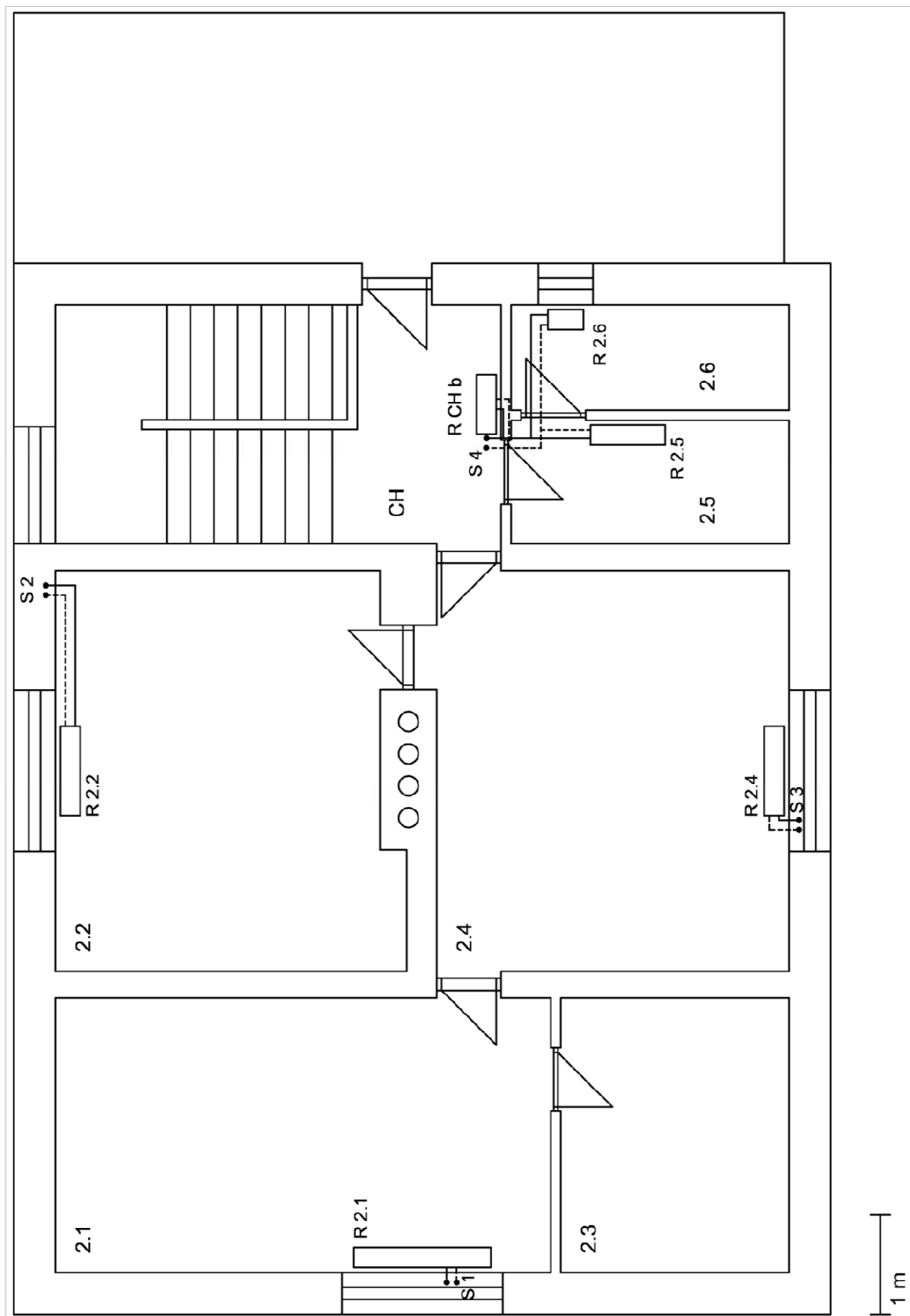
Sklep:



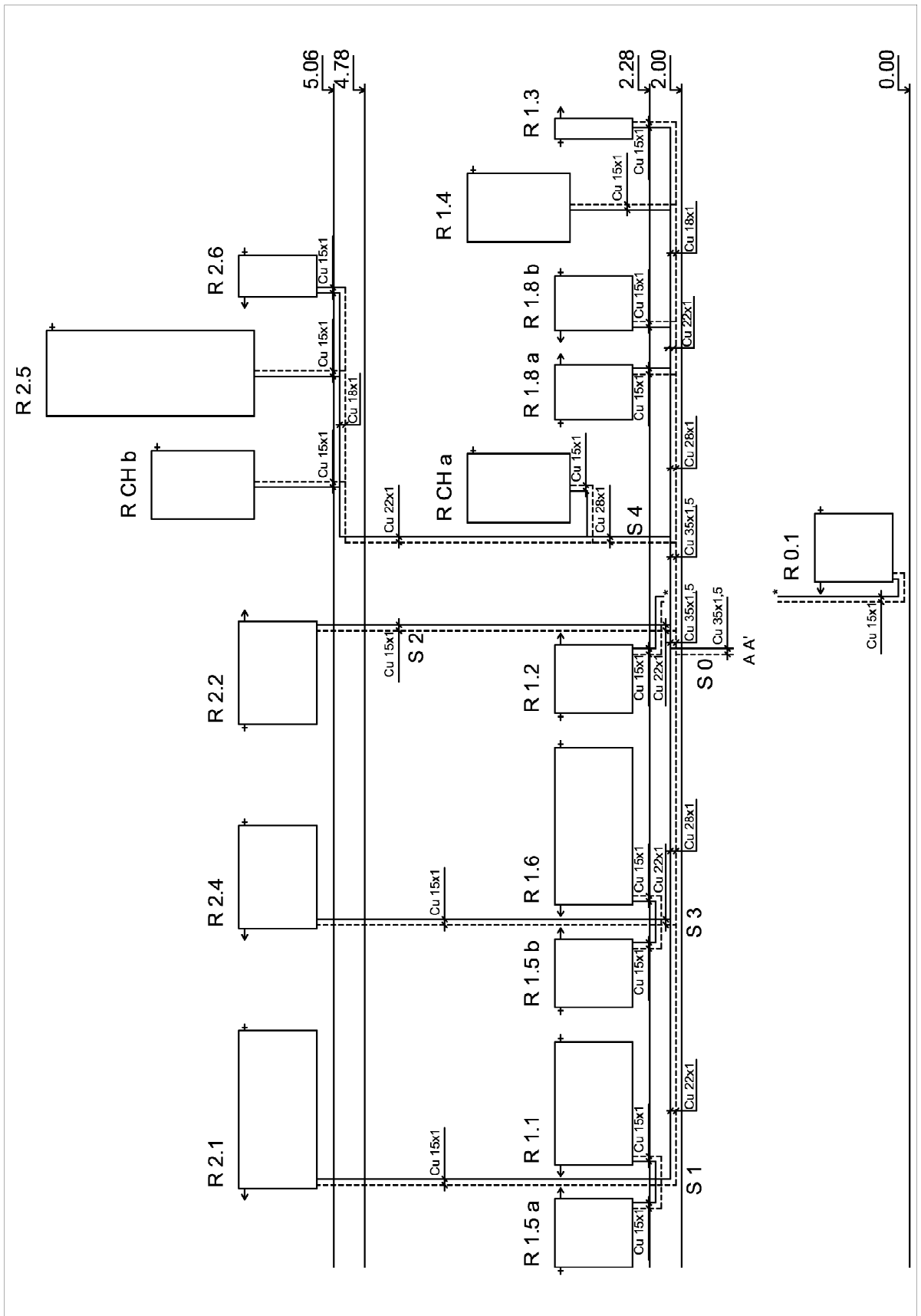
**Přízemí:**



**Podkroví:**

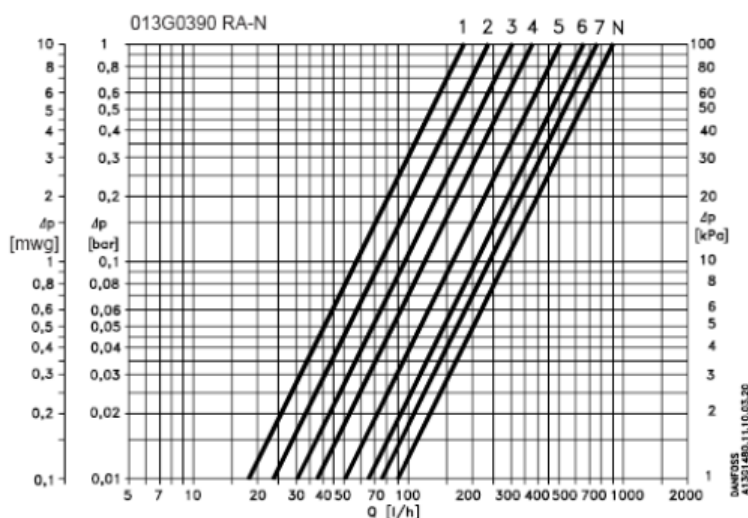


**Rozvinuté schéma:**



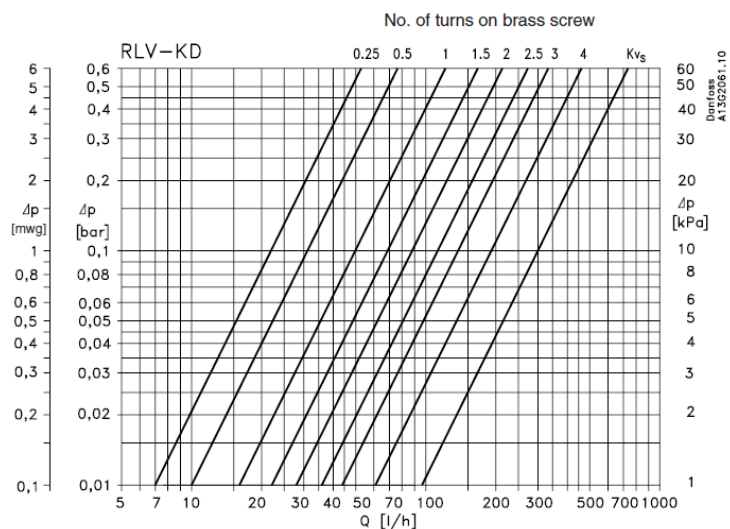
## F. Příloha F: Charakteristiky armatur

### Integrovaný termostatický ventil v Viadrus Termo:

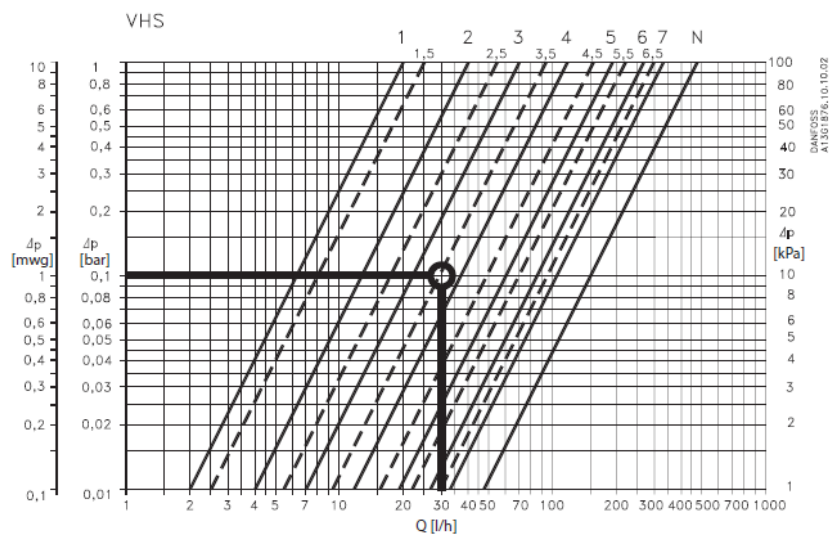


**Zdroj:** Litinové radiátory: Termo. VIADRUS A.S. VIADRUS [online]. Bohumín, c2013 [cit. 2013-03-05]. Dostupné z: [http://www.viadrus.cz/doc/cms\\_library/cz\\_radiator\\_ka-ka3-ter\\_120802-41.pdf](http://www.viadrus.cz/doc/cms_library/cz_radiator_ka-ka3-ter_120802-41.pdf)

### Připojovací armatura Danfoss RLV-KD:



**Zdroj:** Tepelná technika: Termostatické radiátorové ventily. DANFOSS S.R.O. Danfoss ČR [online]. Praha, c2013 [cit. 2013-03-08]. Dostupné z: <http://cz.danfoss.com/PCMPDF/vd35c102%20data%20RLV-KD%20eng.pdf>

**Připojovací armatura Danfoss VHS:**

**Zdroj:** Tepelná technika: Termostatické radiátorové ventily. DANFOSS S.R.O. *Danfoss ČR* [online]. Praha, c2013 [cit. 2013-03-08]. Dostupné z: [http://cz.danfoss.com/PCMPDF/VHS\\_X010781\\_VD53D448.pdf](http://cz.danfoss.com/PCMPDF/VHS_X010781_VD53D448.pdf)

## G. Tlakové ztráty

Tabulka G.1 - Radiátor R 2.1 (Referenční)

Místo ztráty	M [kg.h <sup>-1</sup> ]	l [m]	w [m.s <sup>-1</sup> ]	$\Delta p_\lambda$ [Pa]	$\xi$ [-]	$\Delta p_\xi$ [Pa]	$\Sigma \Delta p$ [Pa]
Cu 35 x 1,5	903,87	0,50	0,32	21,80	3,00	151,74	173,54
Cu 28 x 1	469,73	2,16	0,27	95,30	1,70	61,22	156,52
Cu 22 x 1	241,79	4,36	0,22	178,20	1,90	45,42	223,62
Cu 15 x 1	108,25	3,20	0,23	246,30	9,50	248,23	494,53
Termostatický ventil (N)	108,25	-	-	-	-	-	1500,00
R 2.1	108,25	-	0,23	-	2,50	65,32	65,32
Cu 15 x 1	108,25	3,20	0,23	246,30	8,30	216,88	463,18
Cu 22 x 1	241,79	4,36	0,22	178,20	2,30	54,99	233,19
Cu 28 x 1	469,73	2,16	0,27	95,30	1,30	46,81	142,11
Cu 35 x 1,5	903,87	0,50	0,32	21,80	8,00	404,64	426,44
Připojovací armatura (Kvs)	108,25	-	-	-	-	-	1500,00
<b><math>\Delta p_p</math> [Pa]</b>							5378,46

Tabulka G.2 - Radiátor R 1.5 a

Místo ztráty	M [kg.h <sup>-1</sup> ]	l [m]	w [m.s <sup>-1</sup> ]	$\Delta p_\lambda$ [Pa]	$\xi$ [-]	$\Delta p_\xi$ [Pa]	$\Sigma \Delta p$ [Pa]
Cu 35 x 1,5	903,87	0,50	0,32	21,80	3,00	151,74	173,54
Cu 28 x 1	469,73	2,16	0,27	95,30	1,70	61,22	156,52
Cu 22 x 1	241,79	4,36	0,22	178,20	3,70	88,46	266,66
Cu 15 x 1	48,32	1,20	0,10	12,70	2,50	12,35	25,05
Termostatický ventil (4)	48,32	-	-	-	-	-	1750,00
R 1.5 a	48,32	-	0,10	-	2,50	12,35	12,35
Cu 15 x 1	48,32	1,20	0,10	12,70	2,30	11,36	24,06
Cu 22 x 1	241,79	4,36	0,22	178,20	2,80	66,94	245,14
Cu 28 x 1	469,73	2,16	0,27	95,30	1,30	46,81	142,11
Cu 35 x 1,5	903,87	0,50	0,32	21,80	8,00	404,64	426,44
<b><math>\Delta p_p</math> [Pa]</b>							3221,87



Tabulka G.3 - Radiátor R 1.1

Místo ztráty	M [kg.h <sup>-1</sup> ]	l [m]	w [m.s <sup>-1</sup> ]	$\Delta p_\lambda$ [Pa]	$\xi$ [-]	$\Delta p_\xi$ [Pa]	$\Sigma \Delta p$ [Pa]
Cu 35 x 1,5	903,87	0,50	0,32	21,80	3,00	151,74	173,54
Cu 28 x 1	469,73	2,16	0,27	95,30	1,70	61,22	156,52
Cu 22 x 1	241,79	4,36	0,22	178,20	3,50	83,68	261,88
Cu 15 x 1	85,21	1,40	0,18	70,30	2,50	40,01	110,31
Termostatický ventil (6)	85,21	-	-	-	-	-	1750,00
R 1.1	85,21	-	0,18	-	2,50	40,01	40,01
Cu 15 x 1	85,21	1,40	0,18	70,30	2,30	36,81	107,11
Cu 22 x 1	241,79	4,36	0,22	178,20	1,80	43,03	221,23
Cu 28 x 1	469,73	2,16	0,27	95,30	1,30	46,81	142,11
Cu 35 x 1,5	903,87	0,50	0,32	21,80	8,00	404,64	426,44
<b><math>\Delta p_p</math> [Pa]</b>							3389,15

Tabulka G.4 - Radiátor R 2.4

Místo ztráty	M [kg.h <sup>-1</sup> ]	l [m]	w [m.s <sup>-1</sup> ]	$\Delta p_\lambda$ [Pa]	$\xi$ [-]	$\Delta p_\xi$ [Pa]	$\Sigma \Delta p$ [Pa]
Cu 35 x 1,5	903,87	0,50	0,32	21,80	3,00	151,74	173,54
Cu 28 x 1	469,73	2,16	0,27	95,30	3,50	126,03	221,33
Cu 22 x 1	227,94	3,25	0,20	112,40	1,90	37,54	149,94
Cu 15 x 1	71,37	3,20	0,15	102,70	9,50	105,58	208,28
Termostatický ventil (5)	71,37	-	-	-	-	-	1800,00
R 2.4	71,37	-	0,15	-	2,50	27,78	27,78
Cu 15 x 1	71,37	3,20	0,15	102,70	8,30	92,25	194,95
Cu 22 x 1	227,94	3,25	0,20	112,40	2,30	45,44	157,84
Cu 28 x 1	469,73	2,16	0,27	95,30	1,80	64,82	160,12
Cu 35 x 1,5	903,87	0,50	0,32	21,80	8,00	404,64	426,44
<b><math>\Delta p_p</math> [Pa]</b>							3520,23

Tabulka G.5 - Radiátor R 1.5 b

Místo ztráty	M [kg.h <sup>-1</sup> ]	l [m]	w [m.s <sup>-1</sup> ]	$\Delta p_\lambda$ [Pa]	$\xi$ [-]	$\Delta p_\xi$ [Pa]	$\Sigma \Delta p$ [Pa]
Cu 35 x 1,5	903,87	0,50	0,32	21,80	3,00	151,74	173,54
Cu 28 x 1	469,73	2,16	0,27	95,30	3,50	126,03	221,33
Cu 22 x 1	227,94	3,25	0,20	112,40	3,70	73,10	185,50
Cu 15 x 1	48,32	1,90	0,10	20,10	2,50	12,35	32,45
Termostatický ventil (4)	48,32	-	-	-	-	-	1750,00
R 1.5	48,32	-	0,10	-	2,50	12,35	12,35
Cu 15 x 1	48,32	1,90	0,10	20,10	2,30	11,36	31,46
Cu 22 x 1	227,94	3,25	0,20	112,40	2,80	55,32	167,72
Cu 28 x 1	469,73	2,16	0,27	95,30	1,80	64,82	160,12
Cu 35 x 1,5	903,87	0,50	0,32	21,80	8,00	404,64	426,44
<b><math>\Delta p_p</math> [Pa]</b>							3160,92

Tabulka G.6 - Radiátor R 1.6

Místo ztráty	M [kg.h <sup>-1</sup> ]	l [m]	w [m.s <sup>-1</sup> ]	$\Delta p_\lambda$ [Pa]	$\xi$ [-]	$\Delta p_\xi$ [Pa]	$\Sigma \Delta p$ [Pa]
Cu 35 x 1,5	903,87	0,50	0,32	21,80	3,00	151,74	173,54
Cu 28 x 1	469,73	2,16	0,27	95,30	3,50	126,03	221,33
Cu 22 x 1	227,94	3,25	0,20	112,40	3,50	69,15	181,55
Cu 15 x 1	108,25	2,10	0,23	161,70	2,50	65,32	227,02
Termostatický ventil (6)	108,25	-	-	-	-	-	2500,00
R 1.6	108,25	-	0,23	-	2,50	65,32	65,32
Cu 15 x 1	108,25	2,10	0,23	161,70	2,30	60,10	221,80
Cu 22 x 1	227,94	3,25	0,20	112,40	1,30	25,69	138,09
Cu 28 x 1	469,73	2,16	0,27	95,30	1,80	64,82	160,12
Cu 35 x 1,5	903,87	0,50	0,32	21,80	8,00	404,64	426,44
<b><math>\Delta p_p</math> [Pa]</b>							4315,22

Tabulka G.7 - Radiátor R 2.2

Místo ztráty	M [kg.h <sup>-1</sup> ]	l [m]	w [m.s <sup>-1</sup> ]	$\Delta p_\lambda$ [Pa]	$\xi$ [-]	$\Delta p_\xi$ [Pa]	$\Sigma \Delta p$ [Pa]
Cu 35 x 1,5	903,87	0,50	0,32	21,80	3,00	151,74	173,54
Cu 35 x 1,5	434,14	0,20	0,15	2,30	2,00	22,23	24,53
Cu 22 x 1	172,57	3,80	0,15	79,50	4,70	52,24	131,74
Cu 15 x 1	71,37	4,00	0,15	128,40	7,50	83,35	211,75
Termostatický ventil (5)	71,37	-	-	-	-	-	1800,00
R 2.2	71,37	-	0,15	-	2,50	27,78	27,78
Cu 15 x 1	71,37	4,00	0,15	128,40	6,30	70,02	198,42
Cu 22 x 1	172,57	3,80	0,15	79,50	9,30	103,36	182,86
Cu 35 x 1,5	434,14	0,20	0,15	2,30	1,50	16,67	18,97
Cu 35 x 1,5	903,87	0,50	0,32	21,80	8,00	404,64	426,44
<b><math>\Delta p_p</math> [Pa]</b>							3196,03

Tabulka G.8 - Radiátor R 1.2

Místo ztráty	M [kg.h <sup>-1</sup> ]	l [m]	w [m.s <sup>-1</sup> ]	$\Delta p_\lambda$ [Pa]	$\xi$ [-]	$\Delta p_\xi$ [Pa]	$\Sigma \Delta p$ [Pa]
Cu 35 x 1,5	903,87	0,50	0,32	21,80	3,00	151,74	173,54
Cu 35 x 1,5	434,14	0,20	0,15	2,30	2,00	22,23	24,53
Cu 22 x 1	172,57	3,80	0,15	79,50	3,50	38,90	118,40
Cu 15 x 1	48,32	1,50	0,10	15,90	2,50	12,35	28,25
Termostatický ventil (3)	48,32	-	-	-	-	-	2500,00
R 1.2	48,32	-	0,10	-	2,50	12,35	12,35
Cu 15 x 1	48,32	1,50	0,10	15,90	2,30	11,36	27,26
Cu 22 x 1	172,57	3,80	0,15	79,50	1,80	20,00	99,50
Cu 35 x 1,5	434,14	0,20	0,15	2,30	1,50	16,67	18,97
Cu 35 x 1,5	903,87	0,50	0,32	21,80	8,00	404,64	426,44
<b><math>\Delta p_p</math> [Pa]</b>							3429,25

Tabulka G.9 - Radiátor R 0.1

Místo ztráty	M [kg.h <sup>-1</sup> ]	l [m]	w [m.s <sup>-1</sup> ]	$\Delta p_\lambda$ [Pa]	$\xi$ [-]	$\Delta p_\xi$ [Pa]	$\Sigma \Delta p$ [Pa]
Cu 35 x 1,5	903,87	0,50	0,32	21,80	3,00	151,74	173,54
Cu 35 x 1,5	434,14	0,20	0,15	2,30	2,00	22,23	24,53
Cu 22 x 1	172,57	3,80	0,15	79,50	4,70	52,24	131,74
Cu 15 x 1	52,88	3,00	0,11	41,10	7,50	44,83	85,93
Termostatický ventil (3)	52,88	-	-	-	-	-	3000,00
R 0.1	52,88	-	0,11	-	2,50	14,94	14,94
Cu 15 x 1	52,88	3,00	0,11	41,10	6,30	37,65	78,75
Cu 22 x 1	172,57	3,80	0,15	79,50	9,30	103,36	182,86
Cu 35 x 1,5	434,14	0,20	0,15	2,30	1,50	16,67	18,97
Cu 35 x 1,5	903,87	0,50	0,32	21,80	8,00	404,64	426,44
<b><math>\Delta p_p</math> [Pa]</b>							4137,70

Tabulka G.10 - Radiátor R 1.3

Místo ztráty	M [kg.h <sup>-1</sup> ]	l [m]	w [m.s <sup>-1</sup> ]	$\Delta p_\lambda$ [Pa]	$\xi$ [-]	$\Delta p_\xi$ [Pa]	$\Sigma \Delta p$ [Pa]
Cu 35 x 1,5	903,87	0,50	0,32	21,80	3,00	151,74	173,54
Cu 35 x 1,5	434,14	0,20	0,15	2,30	0,20	2,22	4,52
Cu 35 x 1,5	261,57	2,00	0,09	9,40	2,20	8,80	18,20
Cu 28 x 1	118,33	3,80	0,07	12,60	4,50	10,89	23,49
Cu 22 x 1	79,29	1,00	0,07	3,50	1,70	4,11	7,61
Cu 18 x 1	40,25	1,20	0,06	4,90	3,50	6,22	11,12
Cu 15 x 1	13,16	2,20	0,03	6,80	5,50	2,45	9,25
Termostatický ventil (4)	13,16	-	-	-	-	-	300,00
R 1.3	13,16	-	0,03	-	2,50	1,11	1,11
Cu 15 x 1	13,16	2,20	0,03	6,80	4,30	1,91	8,71
Cu 18 x 1	40,25	1,20	0,06	4,90	1,70	3,02	7,92
Cu 22 x 1	79,29	1,00	0,07	3,50	1,30	3,15	6,65
Cu 28 x 1	118,33	3,80	0,07	12,60	8,30	20,09	32,69
Cu 35 x 1,5	261,57	2,00	0,09	9,40	3,00	12,00	21,40
Cu 35 x 1,5	434,14	0,20	0,15	2,30	1,00	11,11	13,41
Cu 35 x 1,5	903,87	0,50	0,32	21,80	8,00	404,64	426,44
<b><math>\Delta p_p</math> [Pa]</b>							1066,08

Tabulka G.11 - Radiátor R 1.4

Místo ztráty	M [kg.h <sup>-1</sup> ]	l [m]	w [m.s <sup>-1</sup> ]	$\Delta p_\lambda$ [Pa]	$\xi$ [-]	$\Delta p_\xi$ [Pa]	$\Sigma \Delta p$ [Pa]
Cu 35 x 1,5	903,87	0,50	0,32	21,80	3,00	151,74	173,54
Cu 35 x 1,5	434,14	0,20	0,15	2,30	0,20	2,22	4,52
Cu 35 x 1,5	261,57	2,00	0,09	9,40	2,20	8,80	18,20
Cu 28 x 1	118,33	3,80	0,07	12,60	4,50	10,89	23,49
Cu 22 x 1	79,29	1,00	0,07	3,50	1,70	4,11	7,61
Cu 18 x 1	40,25	1,20	0,06	4,90	1,70	3,02	7,92
Cu 15 x 1	27,09	1,50	0,06	9,30	7,50	13,34	22,64
R 1.4	27,09	-	0,06	-	9,30	16,54	16,54
Cu 15 x 1	27,09	1,50	0,06	9,30	6,30	11,20	20,50
Cu 18 x 1	40,25	1,20	0,06	4,90	1,30	2,31	7,21
Cu 22 x 1	79,29	1,00	0,07	3,50	1,30	3,15	6,65
Cu 28 x 1	118,33	3,80	0,07	12,60	8,30	20,09	32,69
Cu 35 x 1,5	261,57	2,00	0,09	9,40	3,00	12,00	21,40
Cu 35 x 1,5	434,14	0,20	0,15	2,30	1,00	11,11	13,41
Cu 35 x 1,5	903,87	0,50	0,32	21,80	8,00	404,64	426,44
<b><math>\Delta p_p</math> [Pa]</b>							802,78

Tabulka G.12 - Radiátor R 1.8 b

Místo ztráty	M [kg.h <sup>-1</sup> ]	l [m]	w [m.s <sup>-1</sup> ]	$\Delta p_\lambda$ [Pa]	$\xi$ [-]	$\Delta p_\xi$ [Pa]	$\Sigma \Delta p$ [Pa]
Cu 35 x 1,5	903,87	0,50	0,32	21,80	3,00	151,74	173,54
Cu 35 x 1,5	434,14	0,20	0,15	2,30	0,20	2,22	4,52
Cu 35 x 1,5	261,57	2,00	0,09	9,40	2,20	8,80	18,20
Cu 28 x 1	118,33	3,80	0,07	12,60	4,50	10,89	23,49
Cu 22 x 1	79,29	1,00	0,07	3,50	3,50	8,47	11,97
Cu 15 x 1	39,04	0,20	0,08	1,70	1,50	4,74	6,44
Termostatický ventil (3)	39,04	-	-	-	-	-	1750,00
R 1.8 b	39,04	-	0,08	-	2,50	7,90	7,90
Cu 15 x 1	39,04	0,20	0,08	1,70	0,30	0,95	2,65
Cu 22 x 1	79,29	1,00	0,07	3,50	1,80	4,36	7,86
Cu 28 x 1	118,33	3,80	0,07	12,60	8,30	20,09	32,69
Cu 35 x 1,5	261,57	2,00	0,09	9,40	3,00	12,00	21,40
Cu 35 x 1,5	434,14	0,20	0,15	2,30	1,00	11,11	13,41
Cu 35 x 1,5	903,87	0,50	0,32	21,80	8,00	404,64	426,44
<b><math>\Delta p_p</math> [Pa]</b>							2500,53

Tabulka G.13 - Radiátor R 1.8 a

Místo ztráty	M [kg.h <sup>-1</sup> ]	l [m]	w [m.s <sup>-1</sup> ]	$\Delta p_\lambda$ [Pa]	$\xi$ [-]	$\Delta p_\xi$ [Pa]	$\Sigma \Delta p$ [Pa]
Cu 35 x 1,5	903,87	0,50	0,32	21,80	3,00	151,74	173,54
Cu 35 x 1,5	434,14	0,20	0,15	2,30	0,20	2,22	4,52
Cu 35 x 1,5	261,57	2,00	0,09	9,40	2,20	8,80	18,20
Cu 28 x 1	118,33	3,80	0,07	12,60	4,50	10,89	23,49
Cu 15 x 1	39,04	0,80	0,08	6,60	3,50	11,06	17,66
Termostatický ventil (3)	39,04	-	-	-	-	-	1750,00
R 1.8 a	39,04	-	0,08	-	2,50	7,90	7,90
Cu 15 x 1	39,04	0,80	0,08	6,60	2,30	7,27	13,87
Cu 28 x 1	118,33	3,80	0,07	12,60	8,30	20,09	32,69
Cu 35 x 1,5	261,57	2,00	0,09	9,40	3,00	12,00	21,40
Cu 35 x 1,5	434,14	0,20	0,15	2,30	1,00	11,11	13,41
Cu 35 x 1,5	903,87	0,50	0,32	21,80	8,00	404,64	426,44
<b><math>\Delta p_p</math> [Pa]</b>							2503,15

Tabulka G.14 - Radiátor R 2.6

Místo ztráty	M [kg.h <sup>-1</sup> ]	l [m]	w [m.s <sup>-1</sup> ]	$\Delta p_\lambda$ [Pa]	$\xi$ [-]	$\Delta p_\xi$ [Pa]	$\Sigma \Delta p$ [Pa]
Cu 35 x 1,5	903,87	0,50	0,32	21,80	3,00	151,74	173,54
Cu 35 x 1,5	434,14	0,20	0,15	2,30	0,20	2,22	4,52
Cu 35 x 1,5	261,57	2,00	0,09	9,40	4,00	16,00	25,40
Cu 28 x 1	143,24	1,30	0,08	6,20	4,50	14,23	20,43
Cu 22 x 1	111,60	2,00	0,10	18,70	3,70	18,28	36,98
Cu 18 x 1	79,97	1,20	0,11	15,50	3,50	20,92	36,42
Cu 15 x 1	24,51	1,50	0,05	7,80	5,50	6,79	14,59
Termostatický ventil (1)	24,51	-	-	-	-	-	2000,00
R 2.6	24,51	-	0,05	-	2,50	3,09	3,09
Cu 15 x 1	24,51	1,50	0,05	7,80	4,30	5,31	13,11
Cu 18 x 1	79,97	1,20	0,11	15,50	1,80	10,76	26,26
Cu 22 x 1	111,60	2,00	0,10	18,70	3,30	16,30	35,00
Cu 28 x 1	143,24	1,30	0,08	6,20	2,30	7,27	13,47
Cu 35 x 1,5	261,57	2,00	0,09	9,40	3,50	14,00	23,40
Cu 35 x 1,5	434,14	0,20	0,15	2,30	1,00	11,11	13,41
Cu 35 x 1,5	903,87	0,50	0,32	21,80	8,00	404,64	426,44
<b><math>\Delta p_p</math> [Pa]</b>							2866,07

Tabulka G.15 - Radiátor R 2.5

Místo ztráty	M [kg.h <sup>-1</sup> ]	l [m]	w [m.s <sup>-1</sup> ]	$\Delta p_\lambda$ [Pa]	$\xi$ [-]	$\Delta p_\xi$ [Pa]	$\Sigma \Delta p$ [Pa]
Cu 35 x 1,5	903,87	0,50	0,32	21,80	3,00	151,74	173,54
Cu 35 x 1,5	434,14	0,20	0,15	2,30	0,20	2,22	4,52
Cu 35 x 1,5	261,57	2,00	0,09	9,40	4,00	16,00	25,40
Cu 28 x 1	143,24	1,30	0,08	6,20	4,50	14,23	20,43
Cu 22 x 1	111,60	2,00	0,10	18,70	3,70	18,28	36,98
Cu 18 x 1	79,97	1,20	0,11	15,50	1,70	10,16	25,66
Cu 15 x 1	55,46	1,70	0,12	29,50	3,50	24,90	54,40
R 2.5	55,46	-	0,12	-	9,30	66,15	66,15
Cu 15 x 1	55,46	1,70	0,12	29,50	2,30	16,36	45,86
Cu 18 x 1	79,97	1,20	0,11	15,50	1,30	7,77	23,27
Cu 22 x 1	111,60	2,00	0,10	18,70	3,30	16,30	35,00
Cu 28 x 1	143,24	1,30	0,08	6,20	2,30	7,27	13,47
Cu 35 x 1,5	261,57	2,00	0,09	9,40	3,50	14,00	23,40
Cu 35 x 1,5	434,14	0,20	0,15	2,30	1,00	11,11	13,41
Cu 35 x 1,5	903,87	0,50	0,32	21,80	8,00	404,64	426,44
Cu 35 x 1,5	903,87	0,50	0,32	21,80	3,00	151,74	173,54
<b><math>\Delta p_p</math> [Pa]</b>							987,94

Tabulka G.16 - Radiátor R CH b

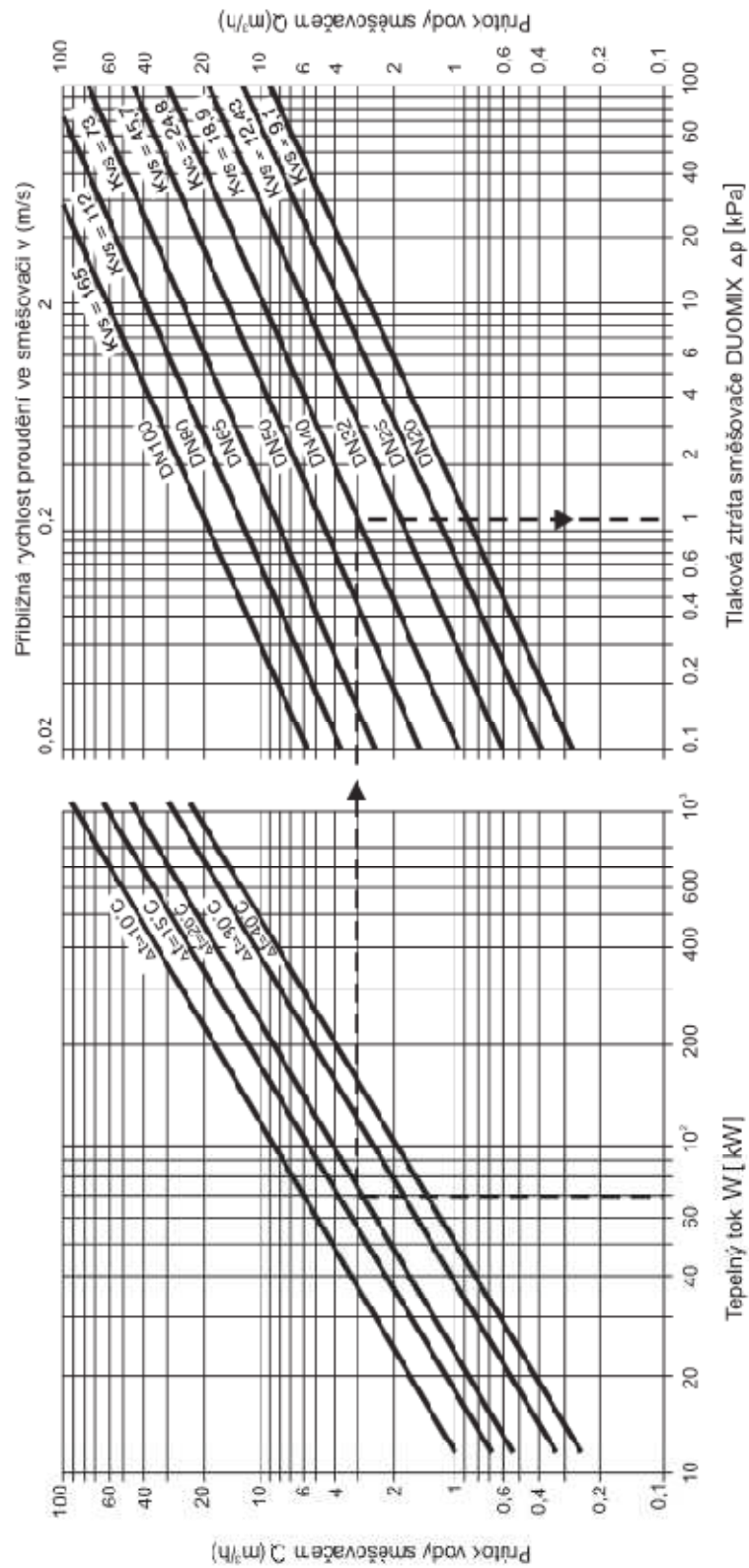
Místo ztráty	M [kg.h <sup>-1</sup> ]	l [m]	w [m.s <sup>-1</sup> ]	$\Delta p_\lambda$ [Pa]	$\xi$ [-]	$\Delta p_\xi$ [Pa]	$\Sigma \Delta p$ [Pa]
Cu 35 x 1,5	903,87	0,50	0,32	21,80	3,00	151,74	173,54
Cu 35 x 1,5	434,14	0,20	0,15	2,30	0,20	2,22	4,52
Cu 35 x 1,5	261,57	2,00	0,09	9,40	6,00	24,01	33,41
Cu 28 x 1	143,24	1,30	0,08	6,20	4,50	14,23	20,43
Cu 22 x 1	111,60	2,00	0,10	18,70	5,50	27,17	45,87
Cu 15 x 1	31,64	1,00	0,07	7,20	5,50	13,31	20,51
R CH b	31,64	-	0,07	-	9,30	22,51	22,51
Cu 15 x 1	31,64	1,00	0,07	7,20	4,30	10,41	17,61
Cu 22 x 1	111,60	2,00	0,10	18,70	3,80	18,77	37,47
Cu 28 x 1	143,24	1,30	0,08	6,20	2,30	7,27	13,47
Cu 35 x 1,5	261,57	2,00	0,09	9,40	3,50	14,00	23,40
Cu 35 x 1,5	434,14	0,20	0,15	2,30	1,00	11,11	13,41
Cu 35 x 1,5	903,87	0,50	0,32	21,80	8,00	404,64	426,44
<b><math>\Delta p_p</math> [Pa]</b>							852,59

Tabulka G.17 - Radiátor R CH a

Místo ztráty	M [kg.h <sup>-1</sup> ]	l [m]	w [m.s <sup>-1</sup> ]	$\Delta p_\lambda$ [Pa]	$\xi$ [-]	$\Delta p_\xi$ [Pa]	$\Sigma \Delta p$ [Pa]
Cu 35 x 1,5	903,87	0,50	0,32	21,80	3,00	151,74	173,54
Cu 35 x 1,5	434,14	0,20	0,15	2,30	0,20	2,22	4,52
Cu 35 x 1,5	261,57	2,00	0,09	9,40	4,00	16,00	25,40
Cu 28 x 1	143,24	1,30	0,08	6,20	5,00	15,81	22,01
Cu 15 x 1	31,64	0,50	0,07	3,60	3,50	8,47	12,07
R CH b	31,64	-	0,07	-	9,30	22,51	22,51
Cu 15 x 1	31,64	0,50	0,07	3,60	2,30	5,57	9,17
Cu 28 x 1	143,24	1,30	0,08	6,20	3,30	10,43	16,63
Cu 35 x 1,5	261,57	2,00	0,09	9,40	3,50	14,00	23,40
Cu 35 x 1,5	434,14	0,20	0,15	2,30	1,00	11,11	13,41
Cu 35 x 1,5	903,87	0,50	0,32	21,80	8,00	404,64	426,44
<b><math>\Delta p_p</math> [Pa]</b>							749,12



## H. Čtyřcestný ventil



**Zdroj:** Čtyřcestné směšovače: 4cestné směšovače "C". KOMEX THERM PRAHA SPOL. S R.O. KOMEX THERM [online]. c2013 [cit. 2013-04-05]. Dostupné z: [http://www.komextherm.cz/documents/smes\\_cz\\_n.pdf](http://www.komextherm.cz/documents/smes_cz_n.pdf)