

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STROJNÍ  
ÚSTAV TECHNIKY PROSTŘEDÍ

---

**NÁVRH VYTÁPĚNÍ NOVOSTAVBY  
RODINNÉ VILY**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

## **Souhrn**

Cílem práce je na základě vhodné volby obálky budovy a otvorových výplní a na tom založeném výpočtu tepelných ztrát podle ČSN EN 12831–1 návrh teplovodní otopné soustavy pro novostavbu rodinné vily. Na základě rešerše byla zvolena, podlahová otopná soustava a její hydraulické vyvážení, plynový kondenzační kotel s přednostní přípravou teplé vody a rovněž byla navržena ekvitermní regulace soustavy.

## **Summary**

The aim of the thesis is to design a warm-water heating system for a new family villa building based on the appropriate building envelope and aperture fillings and the heat loss calculation based on this standard. On the basis of the research, a floor heating system and its hydraulic balancing, a gas condensing boiler with preferential hot water preparation and an equitherm regulation of the system were also selected.

## **Prohlášení o samostatném vypracování bakalářské práce**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem: „Návrh vytápění novostavby rodinné vily“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Jindřicha Boháče, s použitím literatury, uvedené na konci mé bakalářské práce v seznamu použité literatury.

V Praze 20.06.2019

Martin Kejmar

## **Poděkování**

Tímto děkuji vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Jindřichu Boháčovi za cenné rady a odborné vedení.

## Obsah

1.	Úvod .....	11
2.	Popis rodinného domu .....	12
3.	Skladba obálky rodinné vily .....	13
3.1.	Skladba obvodových zdí .....	13
3.2.	Skladba vnitřních zdí .....	13
3.3.	Skladba střešní konstrukce .....	13
3.4.	Skladba stropu mezi 1NP a 2NP .....	13
3.5.	Skladba podlahy přilehlé k zemině .....	13
3.6.	Volba okenních výplní .....	14
3.7.	Volba dveřních výplní .....	14
3.7.1.	Interiérové dveře .....	14
3.7.2.	Vchodové dveře .....	14
4.	Stanovení návrhového tepelného výkonu .....	15
5.	Způsoby vytápění .....	16
5.1.	Lokální topidla .....	17
5.2.	Sálavé vytápění .....	17
5.2.1.	Sálavé panely .....	17
5.2.2.	Podlahové vytápění .....	17
5.2.3.	Stropní vytápění .....	18
5.2.4.	Stěnové vytápění .....	18
5.3.	Teplovzdušné vytápění .....	18
5.4.	Vytápění pomocí otopných těles .....	19
5.4.1.	Rozdělení otopných těles .....	19
5.5.	Návrh podlahového vytápění .....	20
5.5.1.	Zvolené parametry otopné soustavy .....	20
5.5.2.	Skladba mokré pokládky podlahového vytápění .....	20
6.	Zdroj tepla .....	22
6.1.	Dělení zdrojů .....	22
6.2.	Tepelná čerpadla .....	22
6.3.	CZT .....	22
6.4.	Kotle na tuhá paliva .....	22
6.5.	Elektrokotle .....	23
6.6.	Plynové kotle .....	23
6.7.	Zvolený zdroj tepla .....	23

<b>7.</b>	Regulace .....	24
<b>7.1.</b>	Zónová regulace.....	24
<b>7.2.</b>	Decentralizovaná místní regulace jednotlivých místností .....	24
<b>7.3.</b>	Centrální regulace jednotlivých místností .....	24
<b>7.4.</b>	Regulace teploty přírodní vody .....	24
<b>7.5.</b>	Ekvitermní regulace se zpětnou vazbou na vnitřní teplotu vzduchu .....	25
<b>7.6.</b>	Zvolený způsob regulace .....	25
<b>7.6.1.</b>	Výpočet trojcestného směšovacího ventilu.....	26
<b>8.</b>	Výpočet podlahového vytápění .....	27
<b>9.</b>	Hydraulické vyvažování .....	32
<b>9.1.</b>	Výpočet tlakové ztráty třením.....	32
<b>9.2.</b>	Výpočet tlakové ztráty místními odpory .....	33
<b>9.3.</b>	Rozdělovač.....	34
<b>9.4.</b>	Hydraulické vyvážení 2 NP .....	35
<b>9.4.1.</b>	Nastavení <i>kv</i> hodnoty .....	36
<b>9.5.</b>	Vzájemné vyvážení otopných okruhů.....	38
<b>10.</b>	Oběhové čerpadlo .....	40
<b>11.</b>	Kontrola expanzní nádoby .....	42
<b>12.</b>	Návrh zásobníku pro přípravu teplé vody.....	44
<b>13.</b>	Potřeba tepla a paliva .....	47
<b>13.1.</b>	Potřeba tepla na přípravu teplé vody .....	47
<b>13.2.</b>	Teoretická potřeba tepla na vytápění .....	47
<b>13.3.</b>	Skutečná potřeba tepla na vytápění .....	47
<b>13.4.</b>	Roční potřeba paliva .....	48
<b>14.</b>	Roční náklady na provoz .....	49
<b>15.</b>	Závěr .....	50
<b>16.</b>	Seznam použité literatury .....	51
	Seznam příloh .....	54

**Soupis použitého značení**

$D_{tr}$	Vnější průměr trubky	[m]
$H_{\zeta}$	Dopravní výška čerpadla	[m]
$H_u$	Výhřevnost paliva	[MJ/m <sup>3</sup> ]
$L$	Délka otopného hadu	[m]
$N$	Počet provozních dní soustavy	[den]
$P_v$	Autorita ventilu	[–]
$\dot{Q}_{dod}$	Skutečný dodatečný výkon otopného tělesa	[W]
$Q_{d,TV}$	Roční potřeba tepla na přípravu teplé vody	[J/rok]
$Q_{d,TV,den}$	Denní potřeba tepla na přípravu teplé vody	[J/den]
$Q_{d,vyt,skut}$	Skutečná potřeba tepla na vytápění	[J/ot. období]
$Q_{d,vyt,teor}$	Teoretická potřeba tepla na vytápění	[J/ot. období]
$\dot{Q}_k$	Výkon kotle	[W]
$\dot{Q}_o$	Výkon otopného hadu	[W]
$\dot{Q}_{PC}$	Tepelný příkon podlahové otopné plochy	[W]
$\dot{Q}_{pot}$	Potřebný dodatečný výkon otopného tělesa	[W]
$\dot{Q}_{zdroj}$	Tepelný výkon ohříváče	[W]
$R$	Měrná tlaková ztráta	[Pa/m]
$Re$	Reynoldsovo číslo	[–]
$S_p$	Potřebná plocha pro umístění otopného hadu	[m <sup>2</sup> ]
$S_{disp}$	Dispoziční plocha v místnosti po odečtení okrajové zóny	[m <sup>2</sup> ]
$U$	Součinitel prostupu tepla	[W/m <sup>2</sup> . K]
$U_{d,celk}$	Roční potřeba paliva	[m <sup>3</sup> /rok]
$U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla	[W/m <sup>2</sup> . K]
$V_{2p}$	Celková potřeba teplé vody na osobu a den	[m <sup>3</sup> /os. den]
$V_{EN,T}$	Objem expanzní nádoby	[m <sup>3</sup> ]
$V_s$	Objem vody v soustavě	[m <sup>3</sup> ]
$V_{TV}$	Objem zásobníku teplé vody	[m <sup>3</sup> ]
$V_z$	Minimální objem zásobníku pro přípravu TV	[m <sup>3</sup> ]
$\dot{V}$	Objemový průtok armaturou	[m <sup>3</sup> /h]
$\dot{V}_{HN}$	Objemový průtok trojcestným ventilem	[m <sup>3</sup> /h]
$X_p$	Spínací diference pro dohřev teplé vody	[K]
$a$	Tloušťka vrstvy	[m]
$b$	Tloušťka vrstvy	[m]
$c$	Měrná tepelná kapacita vody	[J/kg. K]
$d$	Počet dní otopného období	[den]
$d_p$	Vnitřní průměr potrubí	[m]
$e_d$	Opravný součinitel na zkrácení doby provozu	[–]
$e_i$	Opravný součinitel na nesoučasnost tepelné ztráty větráním a prostupem	[–]
$e_t$	Opravný součinitel na snížení vnitřní teploty	[–]
$f_p$	Opravný součinitel na umístění tělesa	[–]
$g$	Tíhové zrychlení	[m/s <sup>2</sup> ]
$h$	Celková výška otopné soustavy	[m]

$k_v$	Jmenovitý průtok armaturou	[m <sup>3</sup> /h]
$k_{vs}$	Jmenovitý průtok armaturou při maximálním otevření	[m <sup>3</sup> /h]
$l$	Rozteč trubek	[m]
$l_{př}$	Přívodní potrubí k otopné ploše	[m]
$m$	Charakteristické číslo podlahy	[1/m]
$\dot{m}$	Hmotnostní průtok vody	[kg/s]
$n$	Součinitel zvětšení objemu	[–]
$n_1$	Počet osob	[–]
$n_{\ddot{r}}$	Počet řad trubek otopného hadu	[–]
$p_{d,dov,A}$	Nejnižší dovolený absolutní tlak	[kPa]
$p_{h,dov,A}$	Nejvyšší dovolený absolutní tlak	[kPa]
$\dot{q}$	Měrný tepelný tok do vytápěné místnosti	[W/m <sup>2</sup> ]
$\dot{q}'$	Měrný tepelný tok do dolní místnosti	[W/m <sup>2</sup> ]
$r$	Okrajová zóna	[m]
$w$	Rychlost proudění vody v potrubí	[m/s]
$y$	Korekční faktor odběru tepla ze zásobníku TV	[–]
$z$	Poměrná ztráta tepla při ohřevu a distribuci teplé vody	[–]
$\Delta p$	Hledaná tlaková ztráta armatury	[Pa]
$\Delta p_{3cv}$	Požadovaná ztráta trojcestného ventilu	[kPa]
$\Delta p_c$	Celková tlaková ztráta	[Pa]
$\Delta p_{\check{c}}$	Dopravní tlak čerpadla	[Pa]
$\Delta p_o$	Tlaková ztráta pro $k_{vs}$	[kPa]
$\Delta p_{var}$	Tlaková ztráta části zařízení s proměnným průtokem	[kPa]
$\Delta p_{\lambda}$	Tlaková ztráta třením	[Pa]
$\Delta p_{\xi}$	Tlaková ztráta místními odpory	[Pa]
$\Delta Q_{max}$	Maximální rozdíl mezi křivkou dodávky a odběru teplé vody	[kWh]
$\Delta Q_z$	Maximální dodávka tepla	[kWh]
$\Delta \theta$	Ochlazení vody v otopném hadu	[K]
$\Delta \theta_{max}$	Maximální rozdíl teplot v otopné soustavě	[K]
$\Lambda_a$	Propustnost tepla směrem nahoru	[W/m <sup>2</sup> . K]
$\Lambda_b$	Propustnost tepla směrem dolů	[W/m <sup>2</sup> . K]
$\phi_{gain,i}$	Trvalé tepelné zisky ve vytápěném prostoru	[W]
$\phi_{HL}$	Návrhový tepelný výkon budovy	[W]
$\phi_{HL,i}$	Návrhový tepelný výkon vytápěného prostoru	[W]
$\phi_{hu,i}$	Volitelný dodatečný zátopový výkon vytápěného prostoru v případě přerušovaného vytápění	[W]
$\phi_{T,i}$	Návrhová tepelná ztráta prostupem	[W]
$\phi_{V,i}$	Návrhová tepelná ztráta větráním	[W]
$\alpha_p$	Součinitel přestupu tepla nahoru	[W/m <sup>2</sup> . K]
$\alpha'_p$	Součinitel přestupu tepla dolů	[W/m <sup>2</sup> . K]
$\eta$	Součinitel využití expanzní nádoby	[–]
$\eta_K$	Účinnost plynového kondenzačního kotle	[–]
$\eta_{K,max}$	Maximální možná „účinnost“	[–]
$\eta_{K,výr}$	„Účinnost“ plynového kondenzačního kotle dána výrobcem	[–]
$\eta_o$	Účinnost regulace otopné soustavy	[–]



$\eta_R$	Účinnost rozvodů tepla	[–]
$\theta_{1,\text{léto}}$	Teplota studené přiváděné vody v létě	[°C]
$\theta_{1,s}$	Průměrná roční teplota studené vody	[°C]
$\theta_{1,\text{zima}}$	Teplota studené přiváděné vody v zimě	[°C]
$\theta_2$	Teplota vody v zásobníku	[°C]
$\theta_e$	Venkovní výpočtová teplota	[°C]
$\theta_i$	Vnitřní výpočtová teplota	[°C]
$\theta'_i$	Výpočtová vnitřní teplota místnosti pod danou místností	[°C]
$\theta_{i,s}$	Průměrná vnitřní teplota v objektu	[°C]
$\theta_{\max}$	Maximální teplota vody v otopné soustavě	[°C]
$\theta_{m,e}$	Průměrná venkovní teplota za otopné období	[°C]
$\theta_p$	Střední povrchová teplota podlahy	[°C]
$\theta_{w1}$	Teplota vstupní otopné vody	[°C]
$\theta_{w2}$	Teplota výstupní otopné vody	[°C]
$\lambda$	Součinitel tepelné vodivosti	[W/m. K]
$\lambda_a$	Součinitel tepelné vodivosti vrstev směrem od roviny uložení otopného hadu nahoru	[W/m. K]
$\lambda_{a1}$	Součinitel tepelné vodivosti betonové mazaniny	[W/m. K]
$\lambda_b$	Součinitel tepelné vodivosti vrstev směrem od roviny uložení otopného hadu dolů	[W/m. K]
$\lambda_z$	Součinitel třecích ztrát	[–]
$\xi$	Součinitel tlakové ztráty místními odpory	[–]
$\xi_\varphi$	Součinitel místního odporu oblouku o úhlu $\varphi$	[–]
$\rho$	Hustota vody	[kg/m <sup>3</sup> ]
$\tau$	Čas dohřevu zásobníku pro přípravu TV	[hod]
$\tau_a$	Doba ohřevu TV při teplotním rozdílu pro dohřev teplé vody	[s]

## 1. Úvod

Jelikož člověk tráví ve vnitřním prostředí až 90 % veškerého času, je důležité udržovat podmínky ve vnitřních prostorech tak, aby se v nich daná osoba cítila co nejpříjemněji tedy dosáhnout stavu tepelné pohody.

Bakalářská práce se zabývá optimálním návrhem otopné soustavy pro zadanou novostavbu rodinné vily s ohledem na provozní náklady zvolené otopné soustavy a tepelnou pohodu osob nacházejících se ve vnitřních prostorech budovy pomocí vhodných prostředků regulace. Součástí práce je navržení tepelně technických vlastností budovy a otvorových výplní, tak aby splňovali požadavky normy ČSN 73 0540–2.

Dále se práce zabývá určením návrhového tepelného výkonu budovy podle tepelně technických vlastností zvolené obálky dle normy ČSN EN 12831–1. Na základě řešení zvolit optimální zdroj pro vytápění a přípravu teplé vody a vhodnou teplovodní otopnou soustavu.

Důležité je zkontrolovat, zda zvolený zdroj tepla dokáže hradit tepelné ztráty a zároveň přípravu teplé vody v dostatečné míře. Zkontrolovat nebo zvolit velikost expanzní nádoby a pojišťovací ventil s ohledem na zvolenou otopnou soustavu.

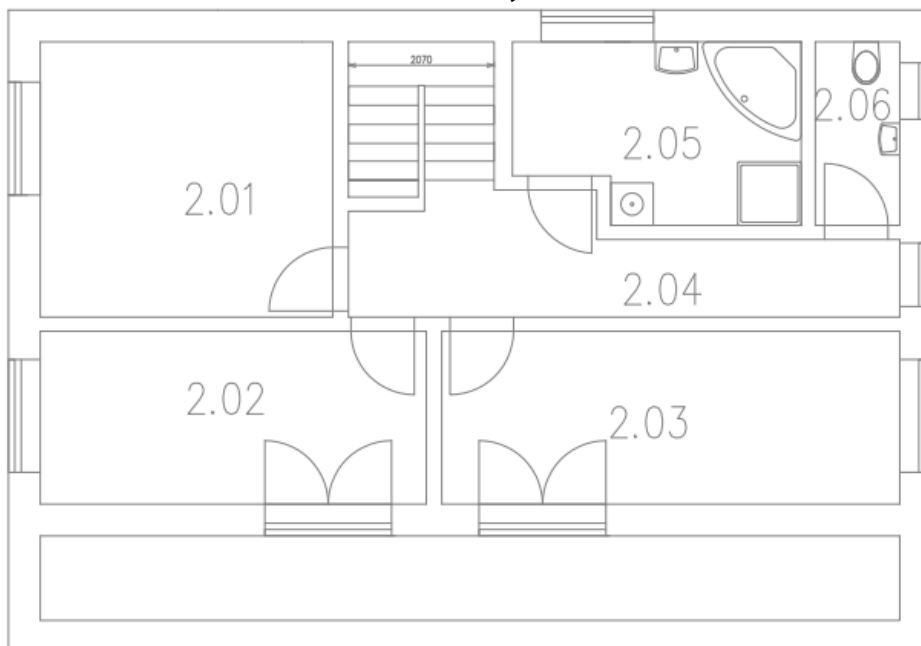
## 2. Popis rodinného domu

Lokalita pro výstavbu rodinného domu se nalézá v Praze. Dům má dvě nadzemní podlaží bez podsklepení. V prvním nadzemním podlaží se nachází technická místnost 1.06, obývací pokoj s kuchyňskou linkou, toaleta, předsíň, chodba, komora a jeden pokoj. Ve druhém patře jsou dvě ložnice s přístupem na balkón, koupelna s vanou a sprchovým koutem, samostatná toaleta, chodba a jeden pokoj bez balkónu. Dům je opatřen rovnou střechou. Celková užitná plocha domu činí 170 m<sup>2</sup>.

Pro danou lokalitu je charakteristická venkovní výpočtová teplota  $\theta_e = -12\text{ }^{\circ}\text{C}$  dále průměrná teplota za otopné období  $\theta_{m,e} = 4,3\text{ }^{\circ}\text{C}$  a počet dní otopného období  $d = 225$ . [1]



Obr. 2-1 Půdorys 1 NP



Obr. 2-2 Půdorys 2 NP

### 3. Skladba obálky rodinné vily

Skladba obálky je navržena dle doporučených hodnot součinitele prostupu tepla  $U_{\text{rec},20}$ . [2]

#### 3.1. Skladba obvodových zdí

Obvodové zdivo je složeno z cihel HELUZ PLUS 44 o tloušťce 440 mm s tepelnou vodivostí  $\lambda = 0,094 \text{ W/m.K}$ . [3]

Zdi jsou omítnuty jádrovou omítkou o tloušťce 15 mm, z vnitřní i vnější strany, se součinitelem tepelné vodivosti  $\lambda = 0,48 \text{ W/m.K}$ . Takto navržená obvodová zeď má celkový součinitel prostupu tepla  $U = 0,2 \text{ W/m}^2.\text{K}$ , který vyhovuje doporučeným hodnotám  $U_{\text{rec},20}$ . [4]

#### 3.2. Skladba vnitřních zdí

Vnitřní zdivo je složeno z broušených cihel HELUZ AKU KOMPAKT 21 o tloušťce 210 mm s tepelnou vodivostí  $\lambda = 0,14 \text{ W/m.K}$ . [5]

Zdi jsou omítnuty jádrovou omítkou o tloušťce 15 mm, z vnitřní i vnější strany, se součinitelem tepelné vodivosti  $\lambda = 0,48 \text{ W/m.K}$ . Takto navržená vnitřní zeď má celkový součinitel prostupu tepla  $U = 0,56 \text{ W/m}^2.\text{K}$ , který vyhovuje doporučeným hodnotám  $U_{\text{rec},20}$ . [4]

#### 3.3. Skladba střešní konstrukce

Střešní konstrukce je tvořena nosníky HELUZ MIAKO 23/50 s výškou 230 mm a tepelnou vodivostí  $\lambda = 0,13 \text{ W/m.K}$ . [6]

Ze spodní strany jsou nosníky omítnuty jádrovou omítkou o tloušťce 15 mm, se součinitelem tepelné vodivosti  $\lambda = 0,48 \text{ W/m.K}$ . Na horní straně nosníku je asfaltový hydroizolační pás zabraňující vsakování vody do konstrukce budovy, mezi pásem a nosníkem, se nachází vyspádovaný izolační materiál, který umožňuje plynulý odtok dešťové vody do vsakovacího zařízení dešťovou kanalizací. Budova má rovnou střechu, a proto je izolační materiál do výpočtu zahrnut pouze minimální tloušťkou, která je stejná po celé půdorysné ploše tedy 10 cm s tepelnou vodivostí  $\lambda = 0,039 \text{ W/m.K}$ . Celkový součinitel prostupu tepla  $U = 0,22 \text{ W/m}^2.\text{K}$ . [4]

#### 3.4. Skladba stropu mezi 1NP a 2NP

Stropní konstrukce je tvořena nosníky HELUZ MIAKO 23/50 s výškou 230 mm a tepelnou vodivostí  $\lambda = 0,13 \text{ W/m.K}$ . [6]

Strop je ze spodní strany omítnut jádrovou omítkou o tloušťce 15 mm, se součinitelem tepelné vodivosti  $\lambda = 0,48 \text{ W/m.K}$ . Celkový součinitel prostupu tepla stropní konstrukce  $U = 0,5 \text{ W/m}^2.\text{K}$ . [4]

Horní strana stropu je sestavena dle doporučení pro podlahové vytápění a bude instalována během pokládky samotného systému.

#### 3.5. Skladba podlahy přilehlé k zemině

Podlaha přilehlá k zemině se stává ze šterkového podsypu o celkové tloušťce 30 cm. Tepelná vodivost byla stanovena dle normy ČSN 73 0540-3 a je rovna  $\lambda = 0,58 \text{ W/m.K}$ . [7]

Další součástí konstrukce je betonová mazanina o tloušťce 50 mm, se součinitelem tepelné vodivosti  $\lambda = 1,3 \text{ W/m.K}$ , nosníky HELUZ MIAKO 23/50 s výškou 230 mm a tepelnou vodivostí  $\lambda = 0,13 \text{ W/m.K}$ , tepelnou izolací do podlahy o tloušťce 30 mm, se součinitelem tepelné vodivosti  $\lambda = 0,022 \text{ W/m.K}$ , asfaltovým hydroizolačním pásem proti pronikání vlhkosti a radonu do vnitřních prostor budovy. A vrstvou betonu o tloušťce 20 cm, se součinitelem tepelné vodivosti  $\lambda = 1,5 \text{ W/m.K}$ . Celkový součinitel prostupu tepla podlahy přilehlé k zemině  $U = 0,25 \text{ W/m}^2.\text{K}$ . [4, 6, 8, 9, 10]

### **3.6. Volba okenních výplní**

Veškeré okenní výplně jsou tvořeny plastovými okny s dvojsklem. Okna o rozměrech 1600x1600 mm jsou dvoudílná. Okna osazená v místnostech s toaletou o rozměrech 800x800 mm jsou jednodílná. Vstupy na balkón jsou tvořeny dvoudílnými okny o rozměrech 1800x2000 mm. Všechna okna mají stejný součinitel prostupu tepla  $U = 1,1 \text{ W/m}^2.\text{K}$ . [11]

### **3.7. Volba dveřních výplní**

#### **3.7.1. Interiérové dveře**

Veškeré interiérové dveře jsou jednokřídlé, mají rozměr 2000x900 mm a jejich součinitel prostupu tepla  $U = 1,5 \text{ W/m}^2.\text{K}$ . [13]

#### **3.7.2. Vchodové dveře**

Vchodové dveře jsou opatřeny izolačním dvojsklem, jsou jednokřídlé o rozměrech 2000x900 mm. Celkový součinitel prostupu tepla  $U = 1,2 \text{ W/m}^2.\text{K}$ . [12]

#### 4. Stanovení návrhového tepelného výkonu

Návrhový tepelný výkon budovy byl stanoven na základě normy ČSN EN 12 831-1. [1]

Pro výpočet bylo použito předpokladu kontinuálního vytápění. Tedy  $\phi_{hu,i} = 0 \text{ W}$  dalším předpokladem jsou nulové trvalé tepelné zisky tedy  $\phi_{gain,i} = 0 \text{ W}$ .

$$\phi_{HL,i} = \phi_{T,i} + \phi_{V,i} + \phi_{hu,i} - \phi_{gain,i} \text{ [W]} \quad (1)$$

kde je

$\phi_{HL,i}$  – návrhový tepelný výkon vytápěného prostoru [W]

$\phi_{hu,i}$  – volitelný dodatečný zátopový výkon vytápěného prostoru v případě přerušovaného vytápění [W]

$\phi_{gain,i}$  – trvalé tepelné zisky ve vytápěném prostoru [W]

$\phi_{T,i}$  – návrhová tepelná ztráta prostupem [W]

$\phi_{V,i}$  – návrhová tepelná ztráta větráním [W]

$$\phi_{HL} = \Sigma \phi_{HL,i} = 5900 \text{ W} \quad (2)$$

kde je

$\phi_{HL}$  – návrhový tepelný výkon budovy [W]

Tab. 4.1 Hodnoty tepelných ztrát místností

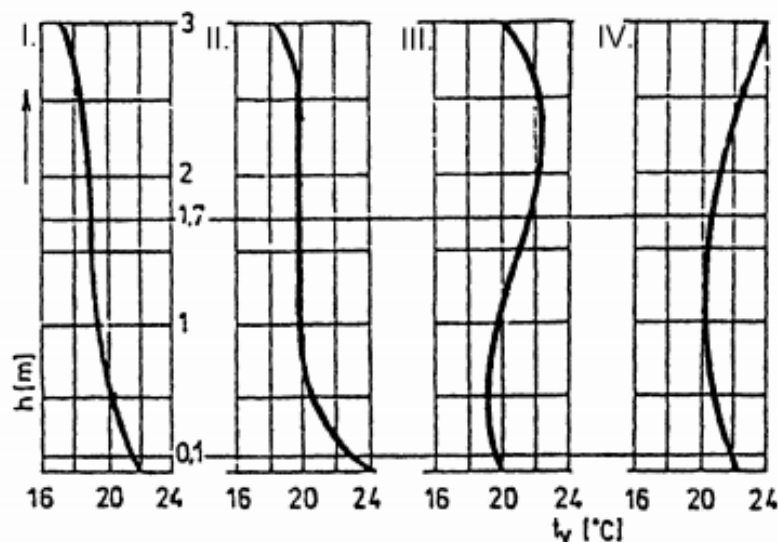
číslo místnosti	$\phi_{T,i}$ [W]	$\phi_{V,i}$ [W]	$\phi_{HL,i}$ [W]
1.01	871	538	1409
1.02	-37	32	-5
1.03	344	202	546
1.04	2	206	208
1.06	103	140	243
1.07	129	126	255
1.08	58	92	150
2.01	356	184	539
2.02	416	116	532
2.03	496	206	701
2.04	-68	293	225
2.05	402	420	822
2.06	104	126	230
$\phi_{HL}$ [W]			5900

## 5. Způsoby vytápění

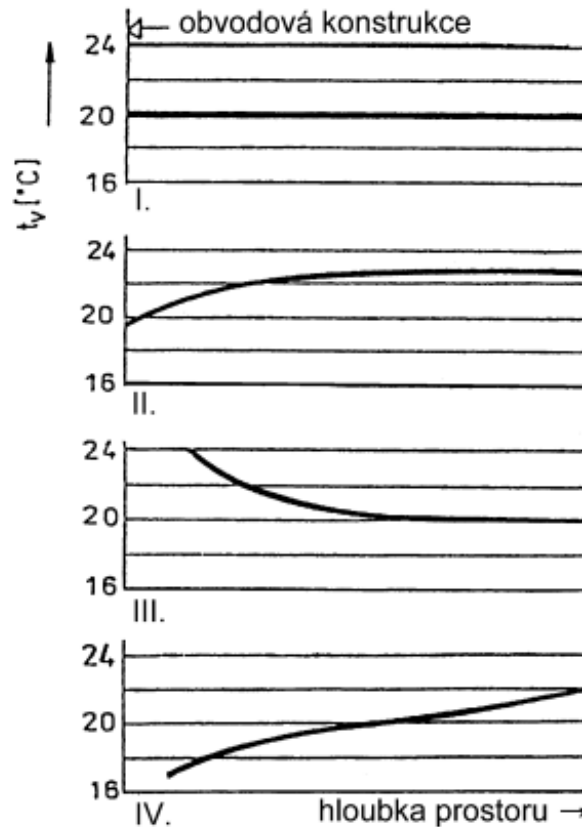
Obecně při vytápění je snaha docílit tepelné pohody osob nacházejících se v daném prostoru. Tedy zajistit, aby osoby nepociťovali pocit chladu či přílišného tepla. Tepelná pohoda je však subjektivní pocit jednotlivců, který ovlivňuje mnoho faktorů, ať už se jedná o faktory osoby či faktory prostředí. Úkolem projektanta je navrhnout optimální faktory prostředí, pro které se předpokládá určitá činnost v prostoru. [26]

Je důležité mít na paměti, že tepelná nepohoda může být i lokálního charakteru. Například při vysoké teplotě otopné plochy u stropního vytápění, může vzniknout lokální nepohoda v místě temene hlavy. Obecně vzniká lokální nepohoda asymetrickým tepelným sáláním, zvýšením proudění vzduchu či příliš chladnou nebo teplou podlahou. [26]

Tepelnou pohodu dále ovlivňuje prostorové rozložení teplot v místnosti ve vertikálním i horizontálním směru. Vertikální nerovnost ovlivňuje teplota otopné plochy, nerovnoměrný přívod tepla s ohledem na různé teploty stěn místnosti. Ideální stav pro vertikální rozvrstvení teplot docílíme, pokud teplota v místě hlavy bude o minimálně 2 °C nižší než v místě kotníků. V horizontální rovině ovlivňuje rozložení teplot především umístění otopné plochy s ohledem na nejchladnější část konstrukce. [26]



Obr. 5-1 vertikální průběh teplot vzduchu ve vytápěné místnosti při různých způsobu vytápění; I. – ideál, II. – podlahové, III. – Člákové OT, IV – stropní [26]



Obr. 5-2 Horizontální průběh teplot vzduchu ve vytápěné místnosti při různém způsobu vytápění; I. – ideál, II. – podlahové, III. – Článekové OT, IV – stropní [26]

## 5.1. Lokální topidla

Jednou z možností je vytápění pomocí lokálních topidel, ať už se jedná o elektrické přímotopy či lokální zdroje tepla na tuhá paliva např. kachlová kamna. Takový to způsob vytápění je vhodný pro malé obytné prostory.

## 5.2. Sálavé vytápění

Hlavní složkou sdílení tepla je sálání. Princip sdílení tepla sálavou složkou spočívá v ohřevu osálaných ploch či předmětů. Vzduch je ohříván až konvekcí od osálaných předmětů. Střední radiační teplota je tak vyšší než teplota vzduchu. U konvekčního vytápění je tato nerovnost obráceně.

### 5.2.1. Sálavé panely

Jsou vhodné především do průmyslových aplikací. Při tomto způsobu vytápění dochází ke sdílení tepla převážně sáláním. Což vede k přímému ohřevu předmětů, konstrukcí i osob v daném prostoru. Osoby obývající dané prostory mají příjemný pocit díky přímému sdílení tepla sáláním. Sálavé panely, světlé či tmavé zářiče jsou tělesa s velkými výkony a je třeba je zavěšovat vysoko nad podlahu z hygienických předpisů, tudíž nejsou do rodinné vily příliš vhodné. [14]

### 5.2.2. Podlahové vytápění

Řadí se mezi velkoplošné otopné soustavy s převážnou sálavou složkou tepelného výkonu. V případě podlahového vytápění se jedná přibližně o 55 %. Dále se řadí



mezi systémy nízkoteplotní, dosahující maximální povrchové teploty 34 °C pro místnosti s krátkým pobytem osob. Pro místnosti s trvalým pobytem osob by teplota neměla překročit 29 °C. Podlahové vytápění zajišťuje v místnosti rozložení teplot, které se nejlépe přibližuje ideálnímu stavu, jak v horizontálním, tak ve vertikálním průběhu teplot vzduchu ve vytápěné místnosti viz obr. 5-1 a obr. 5-2, je vhodné pro alergiky, jelikož oproti otopným tělesům nevíří vzduch, který přenáší prach. Díky nízké povrchové teplotě nedochází k přílišnému vysušování vzduchu, což má pozitivní vliv na dýchací cesty. Další výhodou je estetické hledisko. Celý otopný systém se nachází zakrytý v podlaze, což vede k úspoře prostoru, který by zabrala otopná tělesa. Podlahové vytápění je vhodné pro vytápění prostor s dlouhým výskytem osob díky akumulacím účinkům soustavy. [16]

### 5.2.3. Stropní vytápění

Oproti podlahovému vytápění je zde zvýšen podíl sálavé složky přenosu tepla. Otopné hady jsou umístěny ve stropní konstrukci budovy. Jednou z možností je zalití potrubí betonem, díky tomuto opatření plní trubky funkci nosné konstrukce. Další možností je umístění pod omítkou. Při umístění trubek v betonu se musí trubky pokládat současně s výstavbou domu. U umístění hadu pod omítkou je montáž jednodušší, pouze se upevní had na spodní straně stropu a následně se had zakryje omítkou.

Z hlediska tepelné pohody je důležité ohlídat povrchovou teplotu plochy. Vysoká teplota může způsobovat tepelnou nepohodu ve výšce temene hlavy. Hodnota nejvyšší intenzity sálání v místě temene hlavy dle vyhlášky č. 6/2003 Sb. činí 200 W/m<sup>2</sup>. [43]

Montáž stropního vytápění je oproti podlahovému složitější, neboť je všechna práce prováděna nad výškou hlavy. [26]

### 5.2.4. Stěnové vytápění

Otopné hady jsou umístěny na konstrukcích stěn pod omítkou. Stejně jako u podlahového vytápění viz kapitola 5.5. jsou zde dva možné způsoby provedení pokládky.

Mokrý systém je využíván pro zděné domy nebo pro rekonstrukce. Otopný had je přichycen například pomocí hmoždinek a následně zadělán mokrou omítkou.

Druhým je systém suchý. Vhodný pro lehké stavby, montované domy či nízkoenergetické. Takovýto systém je montážně jednodušší. Otopné hady jsou již umístěny v sádrovláknitých deskách, které se umísťují na sádrokartonové desky případně na pomocné konstrukce, které jsou umístěny na samotné konstrukci zdi. A následně jsou desky z estetických důvodů potřeny omítkou. [26]

## 5.3. Teplovzdušné vytápění

Do vytápěného prostoru je přiváděn teplý vzduch, který je ochlazován a následně po vyčerpání tepelné energie odveden zpět do venkovních prostor, případně může být použit pro předehřev přiváděného venkovního vzduchu. Nespornou výhodou metody je dostatečný přívod čerstvého vzduchu a absence otopných těles narušujících vzhled místnosti. Mezi nevýhody je třeba zařadit větší dimenze rozvodů pro otopnou soustavu. Další nevýhodou je absence sálavé složky vytápění, a tudíž je třeba vytápět prostor na vyšší teploty, což způsobuje větší tepelnou ztrátu. [15]

## 5.4. Vytápění pomocí otopných těles

Tento způsob patří v domácnostech k nejrozšířenějším. Tělesa v místnostech sdílí teplo jak konvekcí, tak sáláním. Převažující je většinou složka konvekčního sdílení tepla. U takto zvoleného systému vytápění je důležité umístění otopných těles v místnosti. Ideální stav pro umístění je pod oknem po celé délce okna. Takto umístěné otopné těleso ohřívá chladné padající proudy hned při průniku do místnosti, tudíž jim zabrání ve volném šíření v prostoru a nenastane stav lokální tepelné nepohody v oblasti kotníků uvnitř prostoru, což je žádoucí pro docílení tepelné pohody.

### 5.4.1. Rozdělení otopných těles

#### a) desková otopná tělesa

Tělesa jsou lisována z ocelových plechů a následně svařována do výsledné podoby. Čelní plocha těles bývá hladká či častěji profilovaná. Dále se desková tělesa dělí na jednoduchá, zdvojená a ztrojená. [19]

#### b) článková otopná tělesa

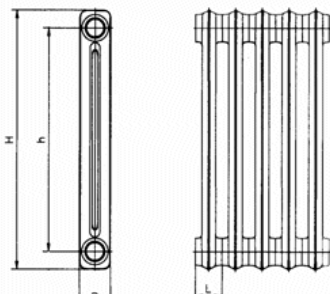
Jak již název napovídá, jedná se o tělesa složená z jednotlivých článků. Články se spojují svařováním nebo závitovými vsuvkami. Tělesa jsou vyráběna z litiny, oceli nebo slitin hliníku. [19]

#### c) trubková otopná tělesa

Trubková tělesa jsou složena z jednotlivých trubek, které spojují rozvodné a sběrné komory. Dle výrobce mohou mít trubky různé tvary. Kruhové, čtvercové, obdélníkové nebo kombinované. Trubková tělesa se dle celkového poměru uspořádání dělí na meandr nebo registr s vodorovnými nebo svislými trubkami. [19]

#### d) konvektory

Sdílí teplo převážně konvekcí. Konvektor se skládá z výměníku tepla a skříně, která je opatřena výdechovou mřížkou. Mezi základní druhy konvektorů patří skříňové, soklové, zapuštěné. [19]



Obr. 5-4 Litinové článkové otopné těleso [19]



Obr. 5-3 Deskové otopné těleso [20]



Obr. 5-5 Koupelnové trubkové otopné těleso [19]



Obr. 5-6 Zapuštěný konvektor [21]

## 5.5. Návrh podlahového vytápění

S ohledem na nízkou tepelnou ztrátu budovy a na volbu skladby obálky podle  $U_{rec,20}$  jsem zvolil jako nejvhodnější způsob hrazení tepelných ztrát podlahové vytápění. Pro podlahové vytápění jsou možné dva způsoby pokládky. Mokrý a suchý způsob.

**Mokrý způsob:** Spočívá v zalití otopného hadu betonovou mazaninou nad tepelnou izolací. Pro mokrý způsob pokládky nesmí otopná voda překročit teplotu 55 °C. [17]

**Suchý způsob:** Při suchém způsobu pokládky je otopný had uložen v tepelné izolaci a teprve nad izolací s hadem je betonová deska, která je oddělena od izolace pomocí hydroizolační fólie. Suchý způsob pokládky je vhodný pro rekonstrukce díky menší náročnosti na výšku celého systému. [17]

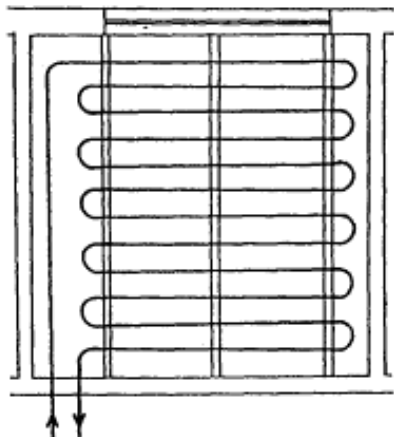
Pokládka otopného hadu může být provedena dvěma způsoby.

### a) Meandr

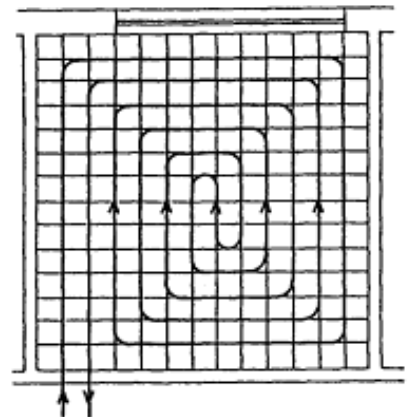
Výhodou meandrového způsobu pokládky je, že nejvyšší teplota otopného hadu se nalézá u nechlazenější konstrukce a postupně snižující se teplota v otopném hadu postupuje do středu místnosti. [17]

### b) Plošná spirála

Pokládka otopného hadu ve tvaru plošné spirály má hlavní výhodu v rovnoměrném rozložení teplot po celé své ploše. Což je i hlavní nevýhodou v případě místností s odlišnou teplotou v místech u obvodové konstrukce a vnitřních stěn, kde je teplota vyšší. [17]



Obr. 5-7 Meandrový způsob pokládky [17]



Obr. 5-8 Otopný had ve tvaru plošné spirály [17]

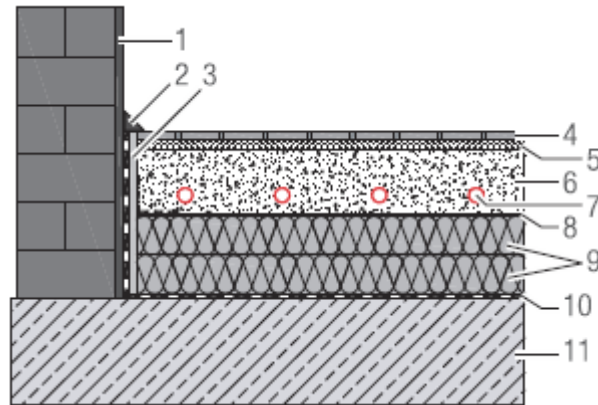
### 5.5.1. Zvolené parametry otopné soustavy

Pro můj návrh jsem zvolil mokrý způsob pokládky a meandrový způsob kladení otopného hadu. Celá otopná soustava bude provedena v teplotním spádu 42/34 °C, aby nebyla překročena limitní povrchová teplota podlahy.

### 5.5.2. Skladba mokré pokládky podlahového vytápění

Pro uchycení trubek bude použita systémová deska Varionova. Veškeré rozvody otopné vody v podlaze budou provedeny z RAUTHERM S 17 x 2 mm. Trubky jsou z materiálu Pe-Xa. Skladba je navrhována dle obr. 5-9. Podlahová krytina pro koupelnu a toalety je provedena z keramické dlažby. Ostatní místnosti jsou pokryty parketami. [18, 45]

Stoupací potrubí a potrubí mezi vedené od kotle ke stoupacímu potrubí bude provedeno z Cu 22x1 mm a bude opatřeno návlekovou tepelnou izolací Mirelon o příslušném průměru.



*Obr. 5-9 Trubkový podlahový systém vytápění proveden mokrým způsobem pokládky. 1 vnitřní omítka, 2 krycí lišta, 3 dilatační páska, 4 podlahová krytina, 5 maltové lože, 6 mazanina, 7 trubka, 8+9 systémová deska s izolací, 10 hydroizolace, 11 stavební konstrukce [18]*

## 6. Zdroj tepla

Zdroj tepla je využíván pro přípravu teplé vody a vytápění rodinné vily.

### 6.1. Dělení zdrojů

Zdroje zde uvedeny nejsou zdaleka všechny na trhu. Další zdroje tepla mohou být např. kotle na kapalná paliva, biomasu atd...

- a) Tepelná čerpadla
- b) CZT
- c) Kotle na tuhá paliva
- d) elektrokotle
- e) plynové kotle

### 6.2. Tepelná čerpadla

Tepelné čerpadlo může být navrženo pro monovalentní nebo bivalentní provoz. V případě bivalentního provozu je tepelné čerpadlo úspornější a pracuje s vyšší účinností po celou dobu provozu. Pokud je tepelné čerpadlo navrženo pro monovalentní provoz, hradí veškeré tepelné ztráty. Takto navržené čerpadlo je většinou předimenzované, jelikož je nutné vyhovět extrémním teplotám, které v praxi nemusejí ani nastat, a pracuje tak s horší účinností než při bivalentním provozu. Avšak již není třeba dalšího zdroje tepla. [36]

Tepelné čerpadlo se skládá ze čtyř základních částí. Kompresoru, kondenzátoru, škrťacího ventilu a výparníku. Díky těmto částem je tepelné čerpadlo schopno čerpat nízko potenciální energii a předat ji dál o vyšší pracovní teplotě. Tepelná čerpadla pracují na principu parního oběhu. Z pracovní látky je odnímáno teplo pomocí změny skupenství (vypařováním) ve výparníku, následně je pomocí kompresoru látka odsávána a stlačována na vyšší tlak. Díky zvýšení tlaku naroste i teplota. Teplá látka o vysokém tlaku je přivedena do kondenzátoru, kde látka zkondenzuje a předá tak teplo pomocí výměníku dál do systému. Zkondenzovaná látka je přivedena do škrťacího ventilu, kde je snižován tlak pracovní látky, a ta je opět přivedena do výparníku. [36]

### 6.3. CZT

Nevýhodou centrálního zdroje tepla je nutnost velkého množství odběratelů. Další nevýhodou jsou vysoké pořizovací náklady a náklady na rozvodnou síť do domácností, případně průmyslových podniků. Tento systém se tak vyplatí pro hustě osídlené oblasti, kde není tak velký tlak na množství rozvodů. Výhodou jsou menší emise spalin v místě pobytu osob a v případě velkého množství odběratelů i cena tepla.

### 6.4. Kotle na tuhá paliva

Mezi typické představitele tuhých paliv patří dřevo, černé či hnědé uhlí. Kotel na tuhá paliva může být buď automatický, nebo s obsluhou.

Kotel s ruční obsluhou je pro dnešní uživatele nekomfortní. Je třeba stále chodit přikládat. Časový interval přiložení se liší v závislosti na rychlosti spalování daného paliva. Další nevýhodou je špatná regulovatelnost. Kotel lze regulovat množstvím spalovacího vzduchu nebo množstvím spalovaného paliva. Tímto způsobem nelze docílit přesné požadované teploty po celou dobu provozu a hrozí tak přetopení prostor, což vede k plýtvání paliva.

Další možností jsou kotle automatické. Výhodou oproti neautomatickým kotlům je nesporně menší nárok na ruční příkládání paliva. Automatické kotle jsou opatřeny zásobníkem, z kterého si sami dokáží odebírat palivo a spalovat dle požadavku provozovatele. Je tedy nutné mít v závislosti na typu kotle potřebný prostor pro uložení tuhého paliva.

### **6.5. Elektrokotle**

Největší výhodou elektrokotle je jeho pořizovací cena. Není nutné řešit odkouření nebo přívod plynu. Dále je elektrokotel úsporný z hlediska zabíraného prostoru. Elektrokotle se využívají například s kombinací pro tepelné čerpadlo jako špičkový zdroj tepla při nedostačujícím výkonu tepelného čerpadla. Další výhodou je absence nutnosti revize na zařízení. Nevýhodou je vytápění pomocí elektřiny, která má vysoký faktor neobnovitelné primární energie. Tudíž má elektrokotel vysokou spotřebu energie. [22, 23]

### **6.6. Plynové kotle**

Plynové kotle dělíme na nízkoteplotní nebo efektivnější kondenzační. Nízkoteplotní plynové kotle jsou navrženy pro provoz se suchými spalinami. Avšak i přes tento fakt je zde možnost, že v kotli bude vznikat kondenzát, který je v nízkoteplotních kotlích nežádoucí. Proto se musí teplosměnná plocha kotle vyrábět z materiálu odolného proti korozi. [24]

Oproti tomu v plynovém kondenzačním kotli probíhá kondenzace účelně. Dochází zde ke kondenzaci vodní páry ve spalinách, což vede k vyšší účinnosti kotle. Díky kondenzačnímu provozu plynového kotle je třeba vyrobit teplosměnnou plochu z protikorozního materiálu. Dále je třeba neustále odvádět kondenzát. Díky využívání tepla ze spalin má kotel nižší nároky na množství paliva, které musí spálit, avšak teplota spalin nedosahuje dostatečné teploty pro bezpečný odvod kouřovodem, a je nutné takový kotel opatřit ventilátorem, který odvod spalin zajistí. Odváděné spaliny obsahují vlhkost, tedy i konstrukce pro odvod spalin musí být vyrobena z protikorozního materiálu. [24]

### **6.7. Zvolený zdroj tepla**

Pro navrhovanou soustavu jsem zvolil plynový kondenzační kotel Vaillant ecoTEC exclusive VU 156/5–7. Modulační rozsah výkonu 1,9–15,3 kW. Kotel má v sobě zabudovanou expanzní nádobu o objemu 10 l, pojistný ventil s otevíracím přetlakem 300 kPa a oběhové čerpadlo. Další vlastnosti jsou uvedeny v příloze V. [39]

## 7. Regulace

Regulace je proces optimalizace k zajištění co nejehospodárnějšího provozu daného systému. Regulovat lze zdroj tepla, otopnou soustavu nebo její část, případně lokální spotřebič tepla. [33]

Dle nejzákladnějšího rozdělení lze regulaci teplovodních soustav rozdělit na kvalitativní a kvantitativní. Případně regulace sdružená, která je kombinací obou výše zmíněných. [33]

Kvalitativní regulace spočívá ve změně teploty otopné vody za neměnného průtoku. Této skutečnosti je možné docílit ve zdroji tepla nebo směřováním pomocí směšovací armatur. [33]

U kvantitativní regulace zůstává naopak konstantní teplota otopné vody a je měněn hmotnostní průtok soustavy. Snížit průtok lze pomocí třicestné armatury nebo běžněji škrcením. Této regulace se využívá typicky u otopných těles osazených regulačními ventily s termostatickou hlavicí. [33]

### 7.1. Zónová regulace

Představuje regulaci jednotlivých zón. Zónu představuje místnost s více otopnými tělesy nebo více místností vytápěných na stejné vnitřní parametry. Jako zpětná vazba je zde použit pokojový termostat. Častěji však ekvitermní regulátory. Zónovou regulaci tak lze využít například ve školách. Kde zóna představuje třídy situované na totožnou světovou stranu. [33]

### 7.2. Decentralizovaná místní regulace jednotlivých místností

Pro decentralizovaný systém je regulátor s regulačním členem umístěn v jednotlivých místnostech. Mezi výhody takového systému jsou menší nároky na kabeláž od regulačního prvku. [33]

### 7.3. Centrální regulace jednotlivých místností

Jak již název napovídá je veškerá regulace prováděna v jednom centrálním regulátoru. V každé místnosti se nachází čidlo teploty, na kterém závisí nastavení regulačního orgánu na otopném tělese. I přes centrální regulátor, lze regulovat teplotu v jednotlivých místnostech. Výhodou je menší počet regulátorů, tedy i menší prostor pro případné technické závady. [33]

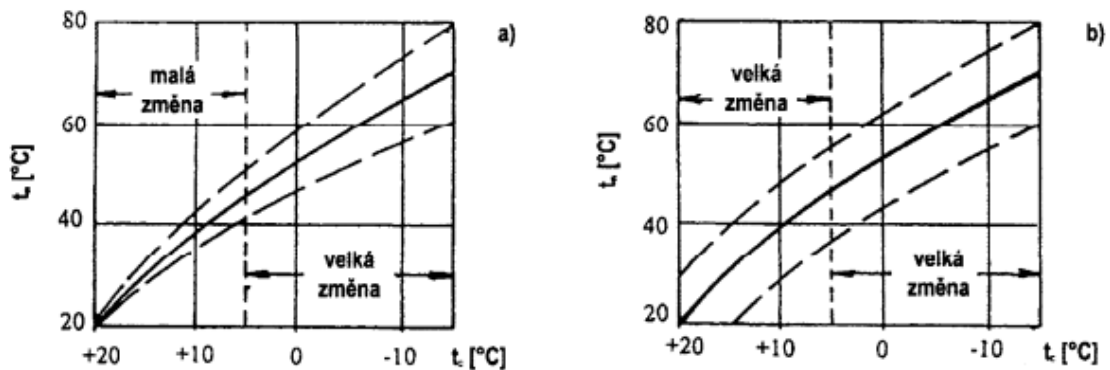
### 7.4. Regulace teploty přírodní vody

Dva nepoužívanější způsoby jsou založeny na rozdílném umístění teplotních čidel. První možností je tedy regulace na základě vnitřní teploty vzduchu. Druhou je regulace ekvitermní, která závisí na venkovní teplotě vzduchu. [33]

Při regulaci podle vnitřní teploty vzduchu je tato hodnota posílána do regulátoru. U tohoto způsobu je riziko vzniku regulační odchylky, která je zapříčiněna umístěním snímače v jedné referenční místnosti, která však ovlivňuje i místnosti další. V dané referenční místnosti je nejčastěji umístěn lichý počet čidel a rozhodnutí, zda se vytápět bude či ne závisí na většinové hodnotě. Může tedy docházet ke zbytečnému vytápění prostor ve kterých není potřeba vytápět. Nevýhodou je zpoždění otopné soustavy. Tedy při rychlém poklesu venkovních teplot začne vychlázet konstrukce budovy a teprve při poklesu vnitřních teplot začne soustava vytápět a je nutné opět naakumulovat obvodovou konstrukci stavby. [33]

Ekvitermní regulace má čidlo, které přenáší signál do regulátoru umístěné na fasádě domu. Daný regulátor je třeba přednastavit pro otopnou křivku charakterizující danou aplikaci. Tvar otopné křivky závisí na střední teplotě vody otopné soustavy, na tepelně technických vlastnostech objektu a na druhu použité otopné soustavy. [33]

Správná funkčnost ekvitermní regulace bude zajištěna v případě správného nastavení otopné křivky. Nastavit křivku lze na základě výpočtových hodnot pro projekt, avšak tato hodnota není správná. Pokud chceme korektní nastavení je třeba experimentálního postupu. Což může být pro uživatele složité a nekomfortní. Je tedy možnost posunu a sklonění křivky. Sklon se využívá u nižších venkovních teplot. Pro vyšší teploty venkovního vzduchu se upřednostňuje posun. Což je možné provést ručně případně využít adaptivní regulátor, který je schopen se přizpůsobit i změně tepelně technických vlastností objektu. [33]



Obr. 7-1 Vliv nastavení otopné křivky; a) změna sklonu b) změna posunu [33]

## 7.5. Ekvitermní regulace se zpětnou vazbou na vnitřní teplotu vzduchu

Regulátor snímá teplotu v daném prostoru, kterou mění pomocí ekvitermní regulace. Tento způsob regulace je více soběstačný. Pokud nastane situace, že vnitřní teplota vzduchu se liší od teploty požadované, posune se otopná křivka vystihující ekvitermní regulaci a změni teplotu otopné vody přivádějící do soustavy například směšovací armaturou. Dále zde hraje roli faktor vlivu prostorové teploty KOR. Nastavením tohoto parametru lze změnit vliv vnitřní teploty na teplotu otopné vody. Cílem regulace je dosáhnout stavu vyladěné otopné křivky, která charakterizuje rovnováhu mezi spotřebou a výrobou tepla a dosáhnout optimální eliminace přetápění prostoru. [33]

## 7.6. Zvolený způsob regulace

Pro mnou navrženou otopnou soustavu jsem zvolil ekvitermní regulaci Vaillant calorMATIC 630/3. [42]

Čidlo venkovní teploty bude umístěno na severní fasádě domu ve 2/3 výšky budovy více jak jeden metr od oken. Čidlo nesmí být chráněno před větrem, ale zároveň nesmí být umístěné v průvanu nebo být přímo ozařované sluncem. [42]

Vybraná regulace pracuje s týdenním programem. Tedy lze navolit dle týdenního rozvrhu členů v domácnosti, aby byli, vytápěné prostory vytápěny v čase, kdy v nich osoby tráví čas. Stejný program lze zvolit pro přípravu teplé vody. [42]



Regulace bude napojena na kotel pro regulaci průtoku a teploty otopné vody, tedy na oběhové čerpadlo a třicestný ventil umístěný v kotli. Dále je regulován zásobník pro přednostní přípravu TV, která bude upřednostňována pomocí třicestného ventilu integrovaného v kotli.

Dále bude regulace napojena na oběhová čerpadla a trojcestné ventily se servopohonem umístěné před rozdělovači jednotlivých otopných okruhů.

Regulace teploty jednotlivých místností bude zajištěna pomocí digitálních prostorových termostatů IVAR.TAD B s napojením na elektrotermické hlavice IVAR.TE 3040. [40,41]

Termostaty jsou umístěny viz přílohy I a II. Elektrotermické hlavice budou umístěny na rozdělovači.

### 7.6.1. Výpočet trojcestného směšovacího ventilu

$$\Delta p_{3cv} = P_v \cdot \frac{\Delta p_{var}}{1 - P_v} \text{ [kPa]} \quad (3)$$

kde je

$\Delta p_{3cv}$  – požadovaná ztráta trojcestného ventilu [kPa]

$\Delta p_{var}$  – tlaková ztráta části zařízení s proměnným průtokem [kPa]

$P_v$  – autorita ventilu [–]

$$k_{vs} = \dot{V}_{HN} \cdot \sqrt{\frac{\Delta p_o}{\Delta p_{3cv}}} \text{ [m}^3/\text{h]} \quad (4)$$

kde je

$k_{vs}$  – jmenovitý průtok armaturou při maximálním otevření [m<sup>3</sup>/h]

$\dot{V}_{HN}$  – objemový průtok trojcestným ventilem [m<sup>3</sup>/h]

$\Delta p_o$  – tlaková ztráta pro  $k_{vs}$  [kPa]

Tab. 7.6.1 Výpočet trojcestných směšovacích ventilů

	1 NP	2 NP
$\dot{V}_{HN}$ [m <sup>3</sup> /h]	0,33	0,34
$\Delta p_o$ [kPa]	100	100
$\Delta p_{3cv}$ [kPa]	15,6	15,7
$P_v$ [–]	0,7	0,7
$\Delta p_{var}$ [kPa]	6,7	6,7
$k_{vs}$ [m <sup>3</sup> /h]	0,82	0,86

Pro vypočtené hodnoty  $k_{vs}$  jsem zvolil trojcestné směšovací ventily se servopohonem ESBE VRG 131 DN 15 s  $k_{vs} = 1$ . Ventily budou ze všech stran osazeny redukcí průměru. [46]

## 8. Výpočet podlahového vytápění

Pro výpočet jsou zásadní tepelné vlastnosti jednotlivých vrstev v mokřem způsobu pokládky. A jejich propustnost tepla. Cílem je co nejvyšší propustnost tepla směrem nahoru do vytápěného prostoru a co nejnižší směrem dolů do sousedních prostor.

$$\Lambda_a = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_p} + \frac{a}{\lambda_a}} \text{ [W/m}^2 \cdot \text{K]} \quad (5)$$

kde je

$\Lambda_a$  – propustnost tepla směrem nahoru [W/m<sup>2</sup>. K]

$\alpha_p$  – součinitel přestupu tepla nahoru [W/m<sup>2</sup>. K]

$a$  – tloušťka vrstvy [m]

$\lambda_a$  – tepelná vodivost [W/m. K]

Stejný vztah lze použít pro výpočet tepelné propustnosti směrem dolů.

$$\Lambda_b = \frac{1}{\frac{1}{\alpha'_p} + \frac{b}{\lambda_b}} \text{ [W/m}^2 \cdot \text{K]} \quad (6)$$

kde je

$\Lambda_b$  – propustnost tepla směrem dolů [W/m<sup>2</sup>. K]

$\alpha'_p$  – součinitel přestupu tepla dolů [W/m<sup>2</sup>. K]

$b$  – tloušťka vrstvy [m]

$\lambda_b$  – tepelná vodivost [W/m. K]

Dalším krokem je určení charakteristického čísla místnosti.

$$m = \sqrt{\frac{2 \cdot (\Lambda_a + \Lambda_b)}{\pi^2 \cdot \lambda_{a1} \cdot D_{tr}}} \text{ [1/m]} \quad (7)$$

kde je

$m$  – charakteristické číslo podlahy [1/m]

$\lambda_{a1}$  – tepelná vodivost mazaniny [W/m. K]

$D_{tr}$  – vnější průměr trubky [m]

Dále určíme střední povrchovou teplotu podlahy.

$$\theta_p = \theta_i + \frac{\Lambda_a}{\alpha_p} \cdot \left( \frac{\theta_{w1} + \theta_{w2}}{2} - \theta_i \right) \cdot \frac{\operatorname{tgh}\left(\frac{m \cdot l}{2}\right)}{m \cdot \frac{l}{2}} \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (8)$$

kde je

$\theta_p$  – střední povrchová teplota podlahy [°C]

$\theta_{w1}$  – teplota vstupní otopné vody [°C]

$\theta_{w2}$  – teplota výstupní otopné vody [°C]

$\theta_i$  – vnitřní výpočtová teplota [°C]

$l$  – rozteč trubek [m]

Pomocí střední povrchové teploty spočítáme měrný tepelný tok do vytápěné místnosti.

$$\dot{q} = \alpha_p \cdot (\theta_p - \theta_i) \text{ [W/m}^2\text{]} \quad (9)$$

kde je

$\dot{q}$  – měrný tepelný tok do vytápěné místnosti [W/m<sup>2</sup>]

Poté výpočet měrného ztrátového toku do dolní místnosti.

$$q' = \frac{\Lambda_b}{\Lambda_a} \alpha_p \cdot (\theta_p - \theta_i) \text{ [W/m}^2\text{]} \quad (10)$$

kde je

$q'$  – měrný tepelný tok do dolní místnosti [W/m<sup>2</sup>]

Výpočet měrného tepelného toku do dolní místnosti s rozdílnou teplotou vnitřních prostor v 1 a 2 NP.

$$q' = \frac{\Lambda_b}{\Lambda_a} \alpha_p \cdot (\theta_p - \theta_i) + \Lambda_b \cdot (\theta_p - \theta'_i) \text{ [W/m}^2\text{]} \quad (11)$$

kde je

$\theta'_i$  – výpočtová vnitřní teplota místnosti pod danou místností [°C]

Následuje stanovení poměru mezi měrnými toky směrem nahoru a dolu. Tento poměr musí být v případě pro 2 NP roven do 15 %. Pro 1 NP musí být poměr maximálně 10 %. Obecně 15 % procent platí, pokud je pod místností další vytápěný prostor (byt). V případě, že pod místností je místnost nevytápěná, tedy s nízkou teplotou, případně přilehlá k zemině, je tento poměr maximálně 10 %.

Na základě těchto výpočtů je možné stanovit celkovou potřebnou plochu pro umístění otopného hadu.

$$S_p = \frac{\phi_{HL,i}}{\dot{q} + q'} \text{ [m}^2\text{]} \quad (12)$$

kde je

$S_p$  – je potřebná plocha pro umístění otopného hadu [m<sup>2</sup>]

$\phi_{HL,i}$  – návrhový tepelný výkon vytápěného prostoru [W]

Poté je možné určit celkový tepelný příkon podlahové otopné plochy.

$$\dot{Q}_{PC} = S_p \cdot (\dot{q} + q') \text{ [W]} \quad (13)$$

kde je

$\dot{Q}_{PC}$  – tepelný příkon podlahové otopné plochy [W]

Tab. 8.1 Vypočtené hodnoty pro návrh podlahového vytápění

číslo místnosti	$\theta_p$ [°C]	$\dot{q}$ [W/m <sup>2</sup> ]	$\dot{q}'$ [W/m <sup>2</sup> ]	$S_p$ [m <sup>2</sup> ]	$\dot{Q}_{PC}$ [W]	$\phi_{HL,i}$ [W]
1.01	25,3	63,6	7,8	20,6	1473	1409
1.02	21,8	81,3	10,0	0	-6	-5
1.03	25,3	63,6	7,8	8,4	599	546
1.04	22,4	89,1	10,9	2,3	231	208
1.06	22,4	89,1	10,9	2,7	266	243
1.07	29,0	107,5	8,4	2,3	269	255
1.08	21,8	81,3	10,0	1,8	167	150
2.01	25,3	64,2	2,3	8,4	559	539
2.02	25,6	67,4	2,4	7,9	550	532
2.03	25,3	64,2	2,3	10,9	726	701
2.04	21,0	72,6	2,6	3,1	233	225
2.05	31,0	83,9	2,3	9,8	845	822
2.06	29,0	107,8	2,4	2,1	236	230

Veškerá pokládka podlahového vytápění by měla respektovat okrajovou zónu.

$$r = \frac{2,3}{m} \text{ [m]} \quad (14)$$

kde je

$m$  – charakteristické číslo podlahy [–]

$r$  – okrajová zóna [m]

Dále je třeba určit délku otopných hadů.

Přibližná délka otopného hadu v meandrové pokládce:

$$L = \frac{S_p}{l} + l_{př} \text{ [m]} \quad (15)$$

kde je

$L$  – délka otopného hadu [m]

$l$  – rozteč trubek [m]

$l_{př}$  – přívodní potrubí k otopné ploše [m]

Tab. 8.2 Délky otopných hadů

číslo místnosti	označení ot. hadu	$S_{\text{disp}}$ [m <sup>2</sup> ]	$S_p$ [m <sup>2</sup> ]	$L$ [m]
1.01	A4	15,4	8	48
1.01	A5	15,4	12,6	68,6
1.03	A3	9,5	8,4	46,9
1.04+1.06	A1	13,2	5	50,7
1.07+1.08	A2	6,2	4,2	40,4
2.01	B5	10,2	8,4	46,5
2.02	B4	8,3	7,9	57,1
2.03	B1	11,4	10,9	57,6
2.04+2.06	B3	16,1	5,2	38,7
2.05	B2	4,8	9,8	47,7

$S_{\text{disp}}$  je dispoziční plocha místnosti po odečtení okrajové zóny.

Tab. 8.3 Výkon trubkového otopného tělesa

	Pokrytý výkon otopnou soustavou [W]	Nutno dodat [W]	Výkon tělesa v zapojení na otopnou soustavu [W]	Dodatečný výkon pomocí topné patrony [W]
Místnost 2.05	409	440	273	200

Pro místnost 2.05 (koupelna) je plocha určená pro podlahové vytápění nedostatečná. Je tedy nutné pokrýt potřebný výkon dodatečným tělesem.

Potřebný doplňkový výkon činí 440 W. Otopné trubkové těleso bude umístěno dle přílohy I na stěně kolmé k oknu, paralelně na otopném hadu B2. Tudíž je třeba uvažovat Opravný součinitel na umístění otopného tělesa, který pro danou situaci činí 0,95. Skutečný potřebný dodatečný výkon otopného tělesa:

$$\dot{Q}_{\text{dod}} = \frac{\dot{Q}_{\text{pot}}}{f_p} = \frac{440}{0,95} = 460 \text{ W} \quad (16)$$

kde je

$\dot{Q}_{\text{dod}}$  – skutečný dodatečný výkon otopného tělesa [W]

$\dot{Q}_{\text{pot}}$  – potřebný dodatečný výkon tělesa [W]

$f_p$  – opravný součinitel na umístění tělesa [–]

Volím trubkové těleso KORALUX LINEAR MAX 1810.750 s příkonem 273 W pro parametry otopné soustavy. [27]

Tab. 8.4 Výkon otopného tělesa při teplotním spádu 42/34/24 °C [27]

<b>KORALUX LINEAR MAX</b>					
<b>Výška [mm]</b>					
<b>Délka [mm]</b>	<b>690</b>	<b>900</b>	<b>1215</b>	<b>1495</b>	<b>1810</b>
<b>450</b>	64	82	108	132	159
<b>600</b>	84	106	142	176	215
<b>750</b>	102	130	174	219	273

Jelikož je jmenovitý výkon při daných podmínkách (42/34/24 °C) nedostačující je třeba uzpůsobit těleso pro kombinovaný způsob vytápění. Tedy opatřit trubkové těleso dodatečnou topnou patronou, která pomocí elektřiny bude hradit dodatečný potřebný výkon. Volím elektrické topné těleso EL.O7 s integrovaným regulátorem teploty o délce 400 mm s výkonem 200 W. Celkový výkon tělesa při chodu teplovodní soustavy a elektrického příkonu činí 473 W což je dostatečný výkon pro hrazení tepelné ztráty. [35]

## 9. Hydraulické vyvažování

Aby soustava správně fungovala je třeba ji hydraulicky vyvážit. Tedy docílit, aby v každém otopném hadu soustavy byl stejný tlak.

Je tedy nutné určit tlakové ztráty v jednotlivých otopných hadech. Celková tlaková ztráta se určí:

$$\Delta p_c = \Delta p_\lambda + \Delta p_\xi \text{ [Pa]} \quad (17)$$

kde je

$\Delta p_c$  – celková tlaková ztráta [Pa]

$\Delta p_\lambda$  – tlaková ztráta třením [Pa]

$\Delta p_\xi$  – tlaková ztráta místními odpory [Pa]

### 9.1. Výpočet tlakové ztráty třením

$$\Delta p_\lambda = \lambda_z \cdot \frac{L}{d_p} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho \text{ [Pa]} \quad (18)$$

kde je

$\lambda_z$  – součinitel třecích ztrát [–]

$L$  – délka otopného hadu [m]

$d_p$  – vnitřní průměr potrubí [m]

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

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

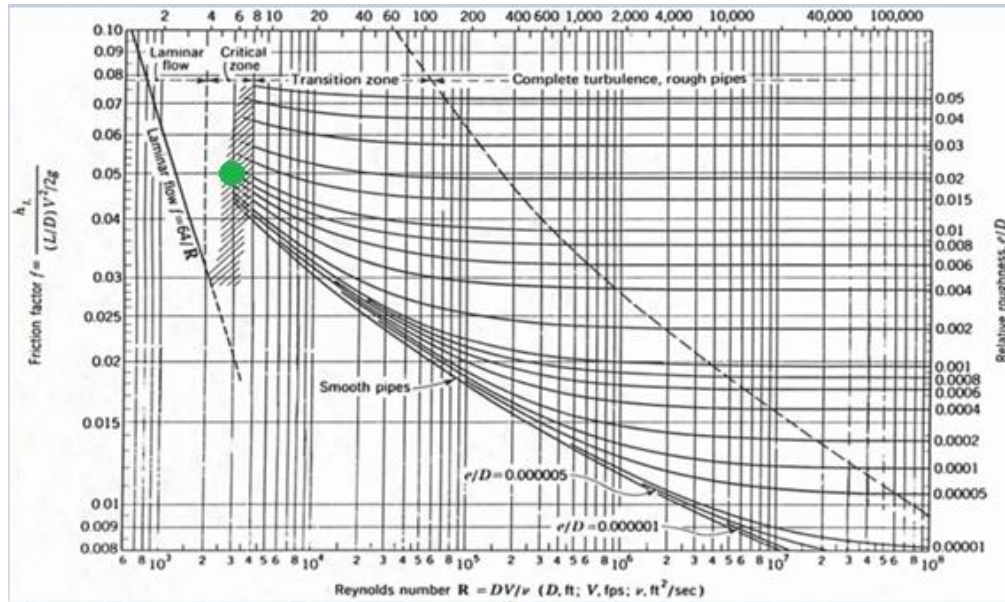
Pokud je hodnota Reynoldsova čísla menší než 2320 jedná se o laminární proudění a lze  $\lambda_z$  spočítat.

$$\lambda_z = \frac{64}{Re} \text{ [Pa]} \quad (19)$$

kde je

$Re$  – Reynoldsovo číslo [–]

Pro určení  $\lambda_z$  kde Reynoldsovo číslo je větší než 2320 jsem použil Moodyho diagram. Na základě Reynoldsovo číslo jsem z grafu odečetl příslušné hodnoty pro součinitel třecích ztrát.

Obr. 9-1 Moodyho diagram s vyznačením pracovního bodu pro  $Re > 2320$  [29]

Dále je třeba vypočítat rychlost proudění v potrubí  $w$  [m/s]. Rychlost stanovíme ze znalosti hmotnostního průtoku v potrubí.

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}_{PC}}{c \cdot \Delta\theta} \text{ [kg/s]} \quad (20)$$

kde je

$\dot{m}$  – hmotnostní průtok vody [kg/s]

$\dot{Q}_{PC}$  – tepelný příkon podlahové otopné plochy [W]

$c$  – měrná tepelná kapacita vody [J/kg·K]

$\Delta\theta$  – ochlazení vody v otopném hadu [K]

Z hmotnostního průtoku vody v otopné soustavě spočítáme rychlost proudění vody dle vztahu:

$$w = \frac{\dot{m}}{\left(\rho \cdot \pi \cdot \frac{d_p^2}{4}\right)} \text{ [m/s]} \quad (21)$$

## 9.2. Výpočet tlakové ztráty místními odpory

$$\Delta p_\xi = \sum \xi \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho \text{ [Pa]} \quad (22)$$

kde je

$\xi$  – součinitel tlakové ztráty místními odpory [–]

$\Sigma\xi$  byla stanovena pro oblouk  $180^\circ$  podle vztahu

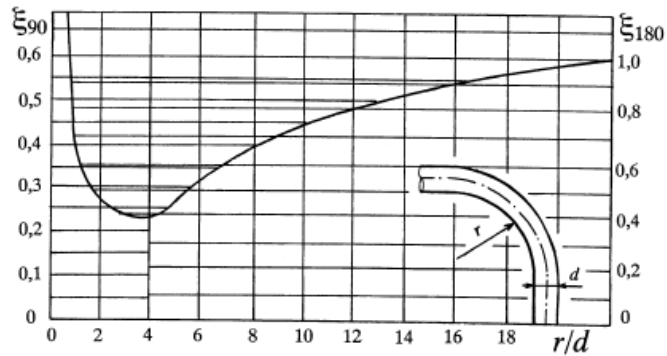
$$\Sigma\xi = 2 \cdot (n_\mp - 1) \cdot \xi_\varphi \text{ [–]} \quad (23)$$

kde je

$n_\mp$  – počet řad trubek otopného hadu [–]

$\xi_\varphi$  – součinitel místního odporu oblouku o úhlu  $\varphi$  [–]





Obr. 9-2 Součinitel místního odporu pro oblouk 180 ° [30]

Tab. 9.2.1 Tlakové ztráty v otopných hadech

Označení otopného hadu	$L$ [m]	$\lambda_z$ [-]	$W$ [m/s]	$R$ [Pa/m]	$\dot{m}$ [kg/s]	$\Delta p_c$ [Pa]	$\dot{Q}_o$ [W]
A1	50,7	0,03	0,11	14,59	0,01	847	497
A2	40,4	0,03	0,10	12,79	0,01	625	436
A3	46,9	0,05	0,14	35,13	0,02	1809	599
A4	48,0	0,05	0,13	32,10	0,02	1688	572
A5	68,6	0,05	0,20	79,64	0,03	5827	901
B1	47,7	0,04	0,19	56,08	0,03	3021	845
B2	38,7	0,03	0,11	13,76	0,01	658	469
B3	57,6	0,05	0,16	46,54	0,02	2983	726
B4	57,1	0,05	0,12	29,72	0,02	1869	550
B5	46,5	0,05	0,13	30,60	0,02	1526	559

kde je

$R$  – měrná tlaková ztráta [Pa/m]

$\dot{Q}_o$  – výkon otopného hadu [W]

### 9.3. Rozdělovač

Pro otopnou soustavu jsem zvolil rozdělovač IVAR.CS 553 VP v provedení s pěti cestami v obou podlažích. Jedná se o rozdělovač určený pro podlahové vytápění.

Součástí IVAR.CS 553 VP je rozdělovač s regulačními průtokoměry s funkcí regulace průtoku a uzavírání, sběrač s uzavíracími ventily, teploměry na vstupu a výstupu ze systému, odvzdušňovací ventily, napouštěcí/vypouštěcí ventily a instalační skříň pod omítkou. [30]



*Obr. 9-3 Rozdělovač IVAR.CS 553 VP [30]*

Pro dodatečné doškrcení jsou použity přímé termostatické ventily DN 15 s termostatickou hlavici IVAR.VD 2101 N. Umístěné za rozdělovačem na jednotlivých otopných hadech.



*Obr. 9-4 Termostatický ventil IVAR.VD 2101 N [31]*

#### **9.4. Hydraulické vyvážení 2 NP**

Po určení tlakových ztrát v jednotlivých otopných hadech je třeba přičíst tlakovou ztrátu rozdělovače a sběrače.

Rozdělovač bude pro větev s největší tlakovou ztrátou plně otevřen a následně budou zbylé větve soustavy doškrcovány k nejvyšší hodnotě tlakové ztráty v daném okruhu. Ke všem otopným hadům se přičte tlaková ztráta na sběrači pro daný průtok.

Doškrcování bude provedeno přímo na rozdělovači pomocí termostatického regulačního ventilu a v případě velkého tlakového rozdílu, který nelze pokrýt samotným rozdělovačem, bude daný otopný had doškrcen termostatickým ventilem. Z důvodu

nízkých průtočných rychlostní otopné vody v soustavě způsobené nízkou tepelnou ztrátou budovy, je třeba doškrkovat termostatickými ventily hned 3 otopné hady.

V 1 NP je doškrkování provedeno pomocí stejných termostatických ventilů. Doškrkovány jsou 3 otopné hady.

#### 9.4.1. Nastavení $k_v$ hodnoty

$$k_v = \dot{V} \cdot \sqrt{\frac{100}{\Delta p}} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (24)$$


kde je

$k_v$  – jmenovitý průtok armaturou [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]

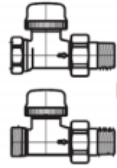
$\dot{V}$  – Objemový průtok armaturou [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]

$\Delta p$  – hledaná tlaková ztráta armatury [Pa]

Tab. 9.4.1 Hodnoty  $k_v$  pro rozdělovač IVAR.CS 553 VP [30]

#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	1	1.125	1.25	1.375	1.5	1.75	1.875	2	2.25	2.5	Max
Kv	0.05	0.15	0.22	0.32	0.41	0.51	0.61	0.71	0.87	1.02	1.16

Tab. 9.4.2 Hodnoty  $k_v$  pro Termostatický ventil IVAR.VD 2101 N - DN 15 [31]

ART. VD2101N + T3000 ART. VD2103N*/5N* + T5000	Pp	q <sub>mN</sub> (kg/h)	k <sub>v1</sub> (Δt = -1 K)	k <sub>v2</sub> (Δt = -2 K)	q <sub>m max</sub> (kg/h)	a	
 D: 0,45 K	DN15	6	180 ±10%	0.35	0.57	270	0.51
		5	155 ±10%	0.32	0.49	210	0.41
		4	115 ±15%	0.27	0.36	130	0.19
	DN20	3	90 ±15%	0.25	0.28	95	0.09
		2	60 ±20%	0.17	0.19	60	0
		1	30 ±40%	0.09	0.09	30	0

Výslednou kombinaci  $k_v$  hodnot pro rozdělovač a termostatický ventil jsem volil pro dosažení nejmenších tlakových rozdílů jednotlivých otopných hadů v daném otopném okruhu.

V každém otopném okruhu, by měla být splněna podmínka, kdy maximální rozdíl tlaků jednotlivých otopných hadů, by neměl překročit 10 % z původního rozdílu.

Tab. 9.4.3 hydraulické vyvážení 2 NP

2NP	B5	B4	B3	B2	B1
$\Delta p_c$ [Pa]	1526	1869	2983	658	3054
$\Delta p$ otevřeného rozdělovače [Pa]					623
$\Delta p$ sběrače [Pa]	59	57	99	41	134
$\Sigma \Delta p$ [Pa]	1584	1926	3081	700	3811
potřeba doškrtit [Pa]	2227	1885	729	3111	
nastavení $k_v$ rozdělovače [-]	0,71	0,71	0,87	0,51	1,16
$\Delta p$ doškrčená na Rozdělovači [Pa]	726	705	817	991	
$\Delta p$ termostatického ventilu [Pa]	1524	1093		1989	
celková $\Delta p$ otopného hadu	3834	3724	3898	3680	3811
Ztráta 2NP B1 [Pa]					3811

B5 až B1 Charakterizuje označení otopného hadu.  $\Delta p$  symbolizuje tlakovou ztrátu.  $k_v$  hodnoty pro termostatické ventily jsou uvedeny v tab. 9.4.5. Analogicky A5 až A1 v tab. 9.4.2 jsou označení pro otopné hady v 1 NP.

Tab. 9.4.4 hydraulické vyvážení 1 NP

Okruh 1NP	A5	A4	A3	A2	A1
$\Delta p_c$ [Pa]	5827	1688	1809	625	847
$\Delta p$ otevřeného rozdělovače [Pa]	708				
$\Delta p$ sběrače [Pa]	152	61	67	36	46
$\Sigma \Delta p$ [Pa]	6687	1749	1876	661	893
potřeba doškrtit [Pa]	0	4938	4812	6027	5794
nastavení $k_v$ rozdělovače [-]	1,16	0,32	0,51	0,22	0,22
$\Delta p$ doškrčená na Rozdělovači [Pa]		3748	1615	4607	5989
$\Delta p$ termostatického ventilu [Pa]		1181	3241	929	
celková $\Delta p$ otopného hadu	6687	6679	6732	6197	6882
Ztráta 1NP A5 [Pa]					6687

Tab. 9.4.5 Použité  $k_v$  hodnoty pro termostatické ventily

Termostatické ventily			
Označení topného hadu	$k_v$ [-]	$\dot{V}$ [m <sup>3</sup> /h]	$\Delta p$ termostatického ventilu [Pa]
A2	0,49	0,047	929
A3	0,36	0,065	3241
A4	0,57	0,062	1181
B2	0,36	0,051	1989
B4	0,57	0,060	1093
B5	0,49	0,060	1524

## 9.5. Vzájemné vyvážení otopných okruhů

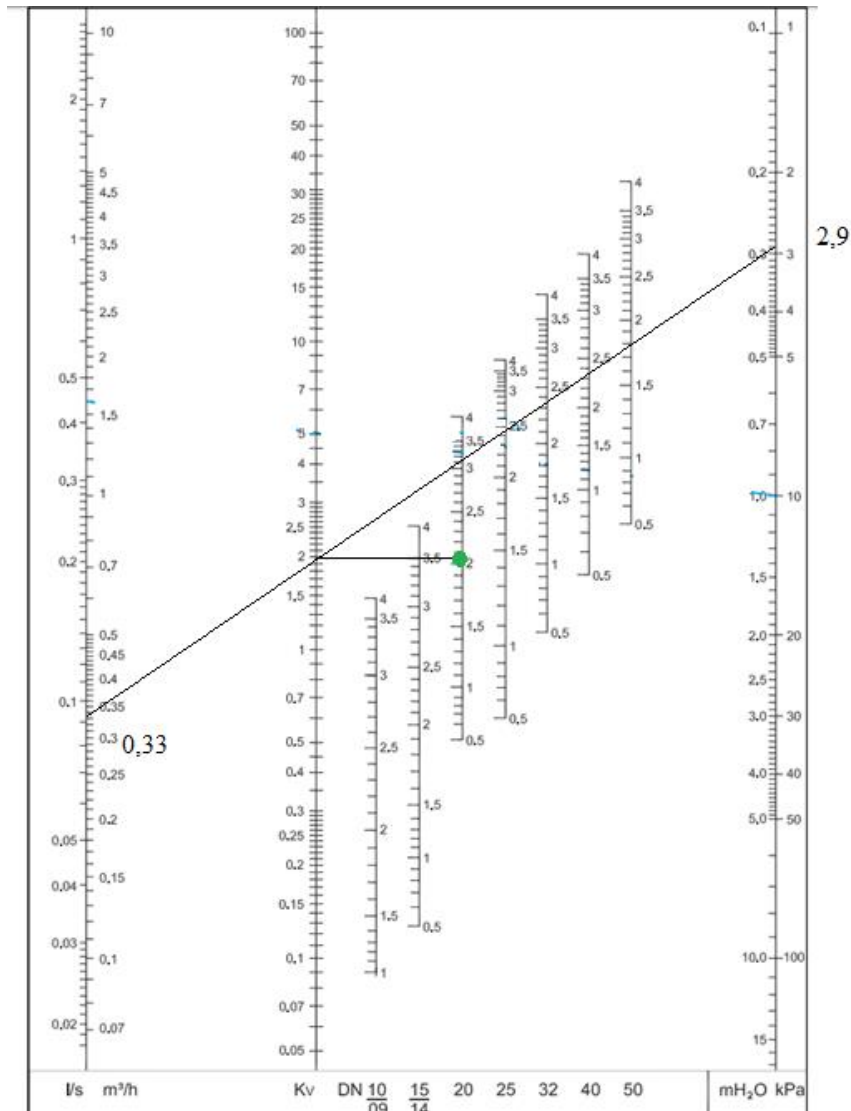
Pro správný chod soustavy je důležité vzájemně vyvážit otopné okruhy na stejnou tlakovou ztrátu.

Vyvážení je provedeno pomocí vyvažovacího ventilu STAD DN 20-2.

Tab. 9.5.1 Vyvážení otopných okruhů v 1 NP a 2 NP

	1NP	2NP
$\Delta p_c$ [Pa]	6687	3811
potřeba doškrtit [Pa]		2876
nastavení $k_v$ vyvažovacího ventilu [-]		2
$\Delta p$ vyvažovacího ventilu [Pa]		2908
$\Sigma \Delta p$ [Pa]	6687	6719
$\Delta p$ 1NP a 2NP [Pa]	31	

Hodnota  $k_v$  byla odečtena z obr. 9-1 pro celkový průtok v 2 NP 0,33 m<sup>3</sup>/h a tlakovou ztrátu, kterou je třeba doškrtit 2858 Pa.



Obr. 9-5 Diagram vyvažovacího ventilu [32]

Vyvažovací ventil bude nastaven na 2,1 s  $k_v$  hodnotou 2.

## 10. Oběhové čerpadlo

Pro danou soustavu s nuceným oběhem vody je zapotřebí zvolit oběhová čerpadla. Soustava bude opatřena celkem třemi oběhovými čerpadly.

První oběhové čerpadlo, integrované v kotli, bude překonávat tlakovou ztrátu mezi kotlem a rozdělovači jednotlivých otopných okruhů. Další dvě čerpadla budou rozmístěna po jednom do každého patra, kde budou hradit tlakovou ztrátu daného otopného okruhu.

Tab. 10.1 Hodnoty pro určení pracovních bodů oběhových čerpadel

	$\dot{V}$ [l/h]	$H_{\zeta}$ [m]
čerpadlo 1 NP	325	0,69
čerpadlo 2 NP	341	0,69
čerpadlo kotle	666	1,1

V charakteristikách oběhových čerpadel na obr. 10-1 a obr. 10-2 je vidět závislost dopravní výšky čerpadla  $H_{\zeta}$  a objemového průtoku.

$$H_{\zeta} = \frac{\Delta p_{\zeta}}{\rho \cdot g} \text{ [m]} \quad (25)$$

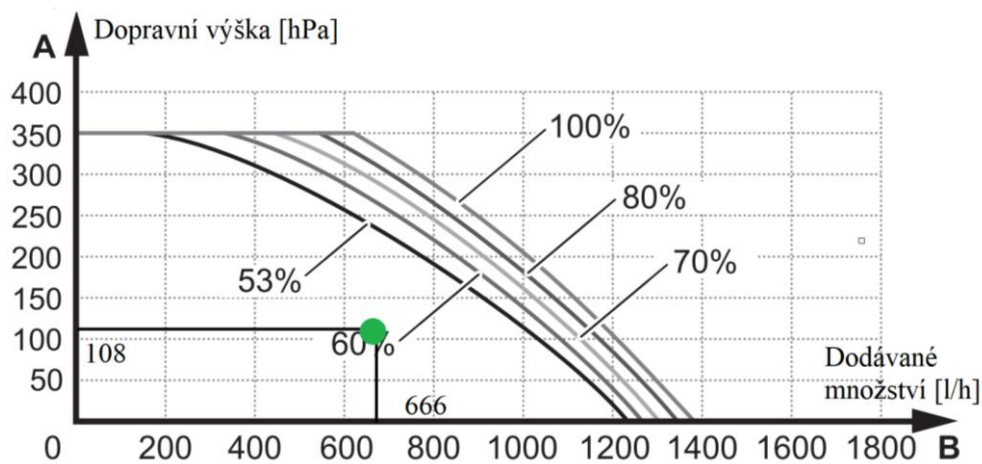
kde je

$H_{\zeta}$  – dopravní výška čerpadla [m]

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

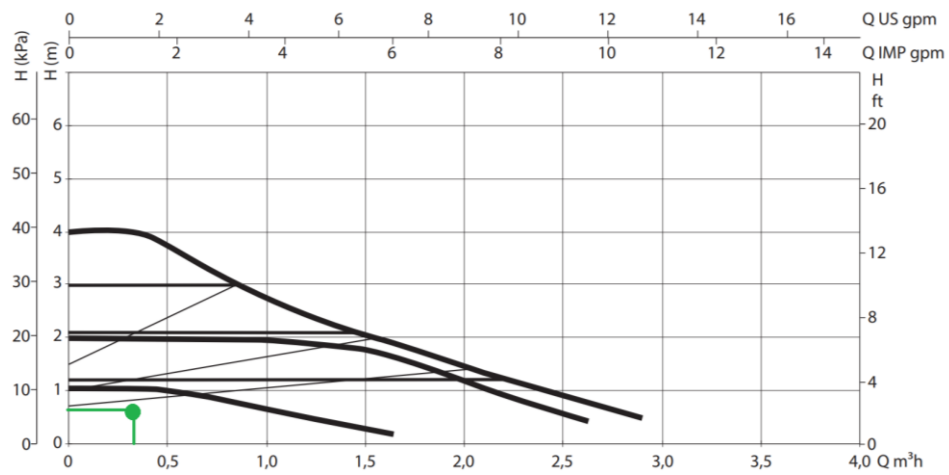
$g$  – tíhové zrychlení [ $\text{m/s}^2$ ]

$\Delta p_{\zeta}$  – dopravní tlak čerpadla [Pa]



Obr. 10-1 Charakteristika čerpadla umístěného v kotli s vyznačením pracovního bodu [39]

Oběhová čerpadla pro oba otopné okruhy jsou stejná, a to IVAR EVOSTA3 40/130 s maximálním příkonem 20 W.



Obr. 10-2 Výkonová křivka oběhových čerpadel pro 1 a 2 NP s vyznačením pracovního bodu [38]



## 11. Kontrola expanzní nádoby

Vybraný plynový kondenzační kotel má zabudovanou expanzní nádobu o objemu 10 l tedy je nutné zkontrolovat, zda je daný objem dostačující.

$$V_{EN,T} = 1,3 \cdot V_s \cdot n \cdot \frac{1}{\eta} [\text{m}^3] \quad (26)$$

kde je

$V_{EN,T}$  – objem expanzní nádoby [ $\text{m}^3$ ]

$V_s$  – objem vody v soustavě [ $\text{m}^3$ ]

$n$  – součinitel zvětšení objemu [–]

$\eta$  – součinitel využití expanzní nádoby [–]

$$\Delta\theta_{\max} = \theta_{\max} - 10 = 42 - 10 = 32 [\text{K}] \quad (27)$$

kde je

$\Delta\theta_{\max}$  – maximální rozdíl teplot v otopné soustavě [K]

$\theta_{\max}$  – maximální teplota vody v otopné soustavě [ $^{\circ}\text{C}$ ]

Tab. 11.1 tabulka pro určení  $n$  [44]

$\Delta\theta_{\max}$ [K]	20	30	40	45	50	55	60	65	70
$n$ [–]	0,00401	0,00749	0,01169	0,01413	0,01672	0,01949	0,02243	0,02551	0,02863
$\Delta\theta_{\max}$ [K]	75	80	85	90	95	100	105	110	115
$n$ [–]	0,03198	0,03553	0,03916	0,04313	0,04704	0,05112	0,05529	0,05991	0,06435

Po aproximaci  $n$  zvoleno 0,0085

$$p_{d,dov,A} = 1,1 \cdot \rho \cdot g \cdot h \cdot \frac{1}{1000} + 100 [\text{kPa}] \quad (28)$$

$$p_{d,dov,A} = 1,1 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 3 \cdot \frac{1}{1000} + 100 = 132 \text{ kPa}$$

kde je

$p_{d,dov,A}$  – nejnižší dovolený absolutní tlak [kPa]

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

$g$  – tíhové zrychlení [ $\text{m}/\text{s}^2$ ]

$h$  – celková výška soustavy [m]

$$\eta = \frac{p_{h,dov,A} - p_{d,dov,A}}{p_{h,dov,A}} [-] \quad (29)$$

$$\eta = \frac{400 - 132}{400} = 0,67$$

kde je

$p_{h,dov,A}$  – nejvyšší dovolený absolutní tlak [kPa]

$$V_{EN,T} = 1,3 \cdot 0,07 \cdot 0,0085 \cdot \frac{1}{0,68} = 0,0011 \text{ m}^3$$

Stejný výpočet je nutné provést pro expanzi vody v zásobníku pro přípravu teplé vody. Výsledná potřebná velikost expanzní nádoby musí být větší než maximální hodnota těchto dvou výsledků.

$$V_{\text{EN,T}} = 1,3 \cdot 0,144 \cdot 0,01413 \cdot \frac{1}{0,68} = 0,004 \text{ m}^3$$

Tedy potřebný objem expanzní nádoby činí 4 l což vybraný kondenzační kotel s 10 l expanzní nádobou splňuje.

## 12. Návrh zásobníku pro přípravu teplé vody

Pro tento dům jsem zvolil přednostní přípravu teplé vody. Plynový kondenzační kotel bude pomocí třicetného přepínacího ventilu upřednostňovat přípravu teplé vody. Zvolený způsob vytápění má díky velké měrné ploše dobré akumulaci vlastnosti.

Akumulační schopnost však není trvalá, a tudíž nesmí příprava teplé vody trvat příliš dlouho maximálně 20 minut, aby soustava nevychladla.

Při odběru teplé vody bude klesat teplota v zásobníku. Pokud teplota překročí spínací teplotu 45 °C. Soustava vypne oběhové čerpadlo a trojcestný ventil přepne veškerý výkon kotle do přípravy teplé vody.

Stanovení potřeby tepla na přípravu teplé vody

$$Q_{d,TV,den} = (1 + z) \cdot V_{2p} \cdot \rho \cdot c \cdot n_1 \cdot (\theta_2 - \theta_{1,s}) \text{ [J/den]} \quad (30)$$

kde je

$Q_{d,TV,den}$  – denní potřeba tepla na přípravu teplé vody [J/den]

$\theta_2$  – teplota vody v zásobníku [°C]

$\theta_{1,s}$  – průměrná roční teplota studené vody [°C]

$z$  – poměrná ztráta tepla při ohřevu a distribuci teplé vody [–]

$V_{2p}$  – celková potřeba teplé vody na osobu a den [m<sup>3</sup>]

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

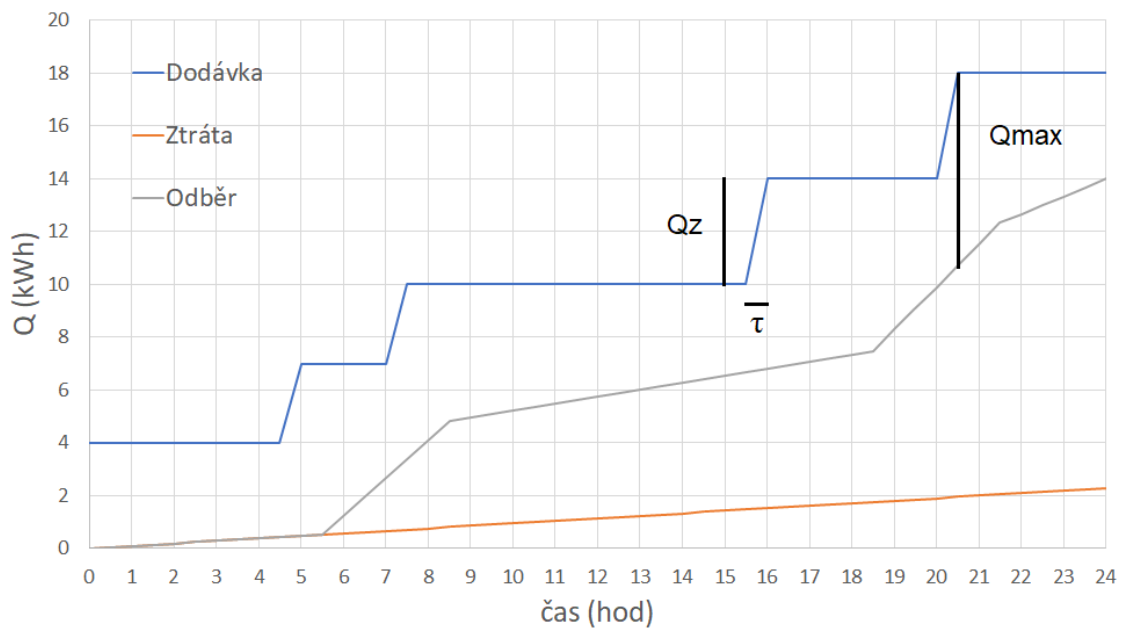
$c$  – měrná tepelná kapacita vody [J/kg. K]

$n_1$  – počet osob [–]

Výpočet je proveden pro 4 osoby se ztrátou 25 %, teplota vody v zásobníku je zvolena 55 °C, teplota studené vody je zvolena 10 °C a potřeba vody je zvolena 45 l/os.den.

$$Q_{d,TV,den} = (1 + 0,25) \cdot 0,045 \cdot 994 \cdot 4187 \cdot 4 \cdot (55 - 10) = 42,4 \text{ MJ/den}$$

Dále je třeba určit velikost zásobníku pro přípravu teplé vody. K tomu poslouží křivka odběru teplé vody dle ČSN EN 15 316–3. [47]



Obr. 12-1 Křivka dodávky a odběru teplé vody

Celkový objem zásobníku se stanoví

$$V_z = \frac{\Delta Q_{\max} \cdot 3600 \cdot 1000}{\rho \cdot c \cdot (\theta_2 - \theta_{1,s})} \text{ [m}^3\text{]} \quad (31)$$

kde je

$V_z$  – minimální objem zásobníku pro přípravu TV [m<sup>3</sup>]

$\Delta Q_{\max}$  – Maximální rozdíl mezi křivkou dodávky a odběru teplé vody [kWh]

$$V_z = \frac{7,3 \cdot 3600 \cdot 1000}{994,4187 \cdot (55 - 10)} = 0,1393 \text{ m}^3$$

Minimální potřebná velikost zásobníku je 139,3 l volím tedy nejbližší vyšší. Zvolen zásobník Vaillant VIH R 150/6M ACI o objemu 144 l. [37]

Dále je třeba zkontrolovat, zda je výkon kotle dostatečný pro přípravu teplé vody dle křivky.

$$\dot{Q}_{\text{zdroj}} = \left( \frac{\Delta Q_z}{\tau} \right)_{\max} \text{ [kW]} \quad (32)$$

kde je

$\dot{Q}_{\text{zdroj}}$  – tepelný výkon ohřivače [W]

$\Delta Q_z$  – maximální dodávka tepla [kWh]

$\tau$  – čas dohřevu zásobníku pro přípravu TV [hod], (volím 20 minut)

$$\dot{Q}_{\text{zdroj}} = \left( \frac{4}{\frac{1}{3}} \right) = 12 \text{ kW}$$

Navržený kotel má maximální výkon 15,3 kW, tedy splňuje podmínky pro ohřev teplé vody.

## Výpočet doby ohřevu teplé vody

$$\tau_a = \frac{V_{TV} \cdot y \cdot \rho \cdot c \cdot X_p}{\dot{Q}_k} \quad [s] \quad (33)$$

kde je

$\dot{Q}_k$  – výkon kotle [W]

$V_{TV}$  – objem zásobníku teplé vody [m<sup>3</sup>]

$\tau_a$  – doba ohřevu TV při teplotním rozdílu pro dohřev teplé vody [s]

$X_p$  – spínací diference pro dohřev teplé vody [K]

$y$  – korekční faktor odběru tepla ze zásobníku TV [–]

Spínací diferenci volím 10 K, korekční faktor  $y = 0,89$  na základě obr. 14-2.

Zásobník TV	y [-]	
	$\tau_a < 20 \text{ minut}$	$\tau_a < 10 \text{ minut}$
Vertikální zásobník TV	0,94	0,89
Horizontální zásobník TV (do 400 l)	0,96	0,91
Horizontální zásobník TV (nad 400 l)	0,90	0,85

Obr. 12-2 korekční faktor odběru tepla ze zásobníku TV [28]

$$\tau_a = \frac{0,144 \cdot 0,89 \cdot 994 \cdot 4187 \cdot 10}{15300} = 349 \text{ s} = 5,8 \text{ min}$$

Vybraný kotel může být použit pro přípravu teplé vody, jelikož je splněna jak podmínka minimálního výkonu, tak podmínka pro dobu dohřevu teplé vody. Výkon kotle je větší než potřebných 12 kW a doba dohřevu je menší než požadovaných 20 minut.

## 13. Potřeba tepla a paliva

### 13.1. Potřeba tepla na přípravu teplé vody

$$Q_{d,TV} = Q_{d,TV,den} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{d,TV,den} \cdot \frac{\theta_2 - \theta_{1,léto}}{\theta_2 - \theta_{1,zima}} \cdot (N - d) \text{ [J/rok]} \quad (34)$$

kde je

$Q_{d,TV}$  – roční potřeba tepla na přípravu teplé vody [J/rok]

$Q_{d,TV,den}$  – denní potřeba tepla na přípravu teplé vody [J/den]

$d$  – počet dní otopného období [–]

$\theta_2$  – teplota vody v zásobníku [°C]

$\theta_{1,léto}$  – teplota studené přiváděné vody v létě [°C]

$\theta_{1,zima}$  – teplota studené přiváděné vody v zimě [°C]

$N$  – počet provozních dní soustavy [den]

### 13.2. Teoretická potřeba tepla na vytápění

$$Q_{d,vyt,teor} = 24.3600 \cdot \phi_{HL} \cdot d \cdot \frac{\theta_{is} - \theta_{m,e}}{\theta_{is} - \theta_e} \cdot e_i e_t e_d \text{ [J/ot. období]} \quad (35)$$

$Q_{d,vyt,teor}$  – teoretická potřeba tepla na vytápění [J/ot. období]

$\phi_{HL}$  – návrhový tepelný výkon budovy [W]

$\theta_{i,s}$  – průměrná vnitřní teplota v objektu [°C]

$\theta_{m,e}$  – průměrná venkovní teplota za otopné období [°C]

$\theta_e$  – venkovní výpočtová teplota [°C]

$e_i$  – opravný součinitel na nesoučasnost tepelné ztráty větráním a prostupem [–] (volím  $e_i = 0,6$ )

$e_t$  – opravný součinitel na snížení vnitřní teploty [–] (volím  $e_t = 0,95$ )

$e_d$  – opravný součinitel na zkrácení doby provozu [–] (volím  $e_d = 1$ )

### 13.3. Skutečná potřeba tepla na vytápění

$$Q_{d,vyt,skut} = \frac{Q_{d,vyt,teor}}{\eta_R \cdot \eta_o \cdot \eta_K} \text{ [J/ot. období]} \quad (36)$$

kde je

$Q_{d,vyt,skut}$  – skutečná potřeba tepla na vytápění [J/ot. období]

$\eta_R$  – účinnost rozvodů tepla [–]

$\eta_o$  – účinnost regulace otopné soustavy [–]

$\eta_K$  – účinnost plynového kondenzačního kotle [–]

Účinnost rozvodů volím 0,98 a účinnost regulace 0,98.

Účinnost kotle zadaná výrobcem je vztažena k výhřevnosti paliva, nikoli ke spalnému teplu, a tudíž není její význam fyzikálně správný. Je tedy nutné „účinnost“ uvedenou výrobcem přepočítat na správnou fyzikální hodnotu pro daný kotel. Výsledná hodnota účinnosti s fyzikálně správným významem lze stanovit pomocí vzorce (36).

$$\eta_K = \frac{\eta_{K,výr}}{\eta_{K,max}} = \frac{108}{111} = 0,97 [-] \quad (37)$$

kde je

$\eta_{K,výr}$  – je „účinnost“ plynového kondenzačního kotle dána výrobcem [-]

$\eta_{K,max}$  – je maximální možná „účinnost“ [-]

V obou případech, jak pro  $\eta_{K,výr}$ , tak pro  $\eta_{K,max}$  se nejedná o „účinnost“ v pravém slova smyslu, jelikož obě hodnoty nabývají přes 100 %.

Tab. 13.3.1 Výsledky pro výpočet roční potřeby tepla

Roční potřeba tepla			
Příprava teplé vody		Vytápění	
$Q_{d,TV,den}$ [MJ]	42,1	$Q_{d,vyt,teor}$ [MJ]	31841
$Q_{d,TV}$ [MJ]	13152	$Q_{d,vyt,skut}$ [MJ]	34074

### 13.4. Roční potřeba paliva

$$U_{d,celk} = \frac{Q_{d,vyt,skut}}{H_u} + \frac{Q_{d,TV}}{H_u} \text{ [m}^3\text{/rok]} \quad (38)$$

kde je

$U_{d,celk}$  – roční potřeba paliva [m<sup>3</sup>/rok]

$H_u$  – výhřevnost paliva [MJ/m<sup>3</sup>]

Výhřevnost pro zemní plyn jsem zvolil na základě [25]

$$H_u = 33,48 \text{ [MJ/m}^3\text{]}$$

Tab. 13.4.1 Výsledky pro výpočet roční potřeby paliva s cenou

$U_{d,celk}$ [m <sup>3</sup> /rok]	1411
Cena za m <sup>3</sup> [Kč]	8,5
Celková částka za rok [Kč]	11990

## 14. Roční náklady na provoz

Do celkových nákladů je třeba započítat jak cenu plynu, která činí 11 990 Kč viz tab. 13.4.1, tak cenu elektřiny potřebné pro pohon oběhových čerpadel a dodatečné topné patrony umístěné v koupelně.

*Tab. 14.1 Roční náklady na provoz topné patrony a oběhových čerpadel*

	Patrona	Čerpadla
Potřeba elektřiny [kWh]	681,4	594
Cena elektřiny [Kč]	4,6	4,6
Částka za rok [Kč]	3134	2733
Celková částka za rok [Kč]	5867	

Pro výpočet jsem uvažoval kontinuální chod elektrické topné patrony během otopného období v chodu 12 hodin denně. Po zbytek roku jsem uvažoval chod topné patrony 5 hodin denně. Chod oběhových čerpadel na maximální výkon pro  $d = 225$  dní. Plus celkové roční náklady na vytápění a přípravu teplé vody.

Tedy celkové roční náklady činí přibližně 17 900 Kč.



## 15. Závěr

Bakalářská práce se zabývá návrhem podlahového vytápění v novostavbě rodinné vily. Na základě zvolené obálky budovy jsem určil dle požadavků normy ČSN EN 12 831–1 návrhový tepelný výkon budovy  $\phi_{HL} = 5,9 \text{ kW}$ .

Pokládka podlahového vytápění bude provedena mokrým způsobem za použití systémové desky pro usnadnění montáže v meandrovém způsobu kladení otopných hadů. Soustava je vedena v jednotném teplotním spádu 42/34 °C. Tento spád je dostačující pro veškeré prostory nacházejících se v budově, kromě koupelny, kde je instalováno dodatečné trubkové otopné těleso s napojením na podlahové vytápění s přídatnou topnou patronou.

Z důvodu nízkého teplotního spádu a přítomnosti plynové přípojky v lokalitě novostavby, jsem jako nejvhodnější způsob vytápění zvolil plynový kondenzační kotel Vaillant ecoTEC exclusive s modulačním výkonem 1,9–15,3 kW.

Takto výkonný kotel je dostačující pro hrazení tepelné ztráty budovy v extrémních zimních podmínkách, a zároveň díky modulaci výkonu i pro běžné zimní podmínky v průběhu otopného období.

Příprava teplé vody bude zajištěna stejným kotlem pomocí přednostního ohřevu teplé vody. Dohřev při maximálním výkonu kotle 15,3 kW bude trvat necelých 6 minut. Za takto krátký čas otopná soustava nestihne vychladnout a způsobit tak tepelnou nepohodu ve vnitřním prostředí.

Plynulý rozvod otopné vody bude zajištěn díky oběhovým čerpadlům Ivar EVOSTA3 a pomocí oběhového čerpadla umístěného v kotli.

Zásobník pro přípravu teplé vody o objemu 144 l je umístěn pod zavěšeným plynovým kondenzačním kotlem v technické místnosti. Zásobník je též od firmy Vaillant. Jedná se o nepřímotopný zásobníkový ohřivač.

Zásobník, kotel i oběhová čerpadla jsou napojena na centrální ekvitermní regulační jednotku Vaillant calorMATIC umístěnou v technické místnosti, která řídí jejich chod v závislosti na venkovní teplotě, případně na jednotlivých požadavcích osob přítomných v budově.

V závěru práce je uveden výpočet pro stanovení celkových ročních nákladů na provoz soustavy, který činí 17 900 Kč. Ve výpočtu jsou zahrnuty i náklady za elektřinu pro topnou patronu umístěnou v trubkovém tělese a pohon oběhových čerpadel.

## 16. Seznam použité literatury

- [1] ČSN EN 12 831–1, *Výpočet návrhového tepelného výkonu*
- [2] ČSN 73–0540–2\_2011, *Doporučený součinitel prostupu tepla stavby*
- [3] Obvodová cihla [online] 5. 5. 2019 Dostupné z: <https://www.heluz.cz/cs/vyrobek/heluz-plus-44-1>
- [4] Omítka [online] 5. 5. 2019 Dostupné z: <https://www.cemix.cz/vyhledavani?s=j%C3%A1drov%C3%A1+om%C3%ADtka>
- [5] Cihla pro vnitřní příčky [online] 5. 5. 2019 Dostupné z: <https://www.heluz.cz/cs/vyrobek/heluz-aku-kompakt-21-brousená>
- [6] Keramický strop MIAKO [online] 5. 5. 2019 Dostupné z: <https://www.heluz.cz/cs/vyrobek/heluz-miako-23-50-1>
- [7] ČSN 73–0540–3\_2005, *Tepelná vodivost štěrkového podsypu*
- [8] Betonová mazanina [online] 5. 5. 2019 Dostupné z: <https://www.cemix.cz/produkty/betony-potery/cementove-potery>
- [9] Izolace do podlahy [online] 5. 5. 2019 Dostupné z: [https://www.dek.cz/produkty/detail/1421010630-dekpir-floor-022-30mm-28-8m2-bal-1200x2400?tab\\_id=parametry](https://www.dek.cz/produkty/detail/1421010630-dekpir-floor-022-30mm-28-8m2-bal-1200x2400?tab_id=parametry)
- [10] Beton [online] 5. 5. 2019 Dostupné z: <https://www.cemix.cz/produkty/beton-klasik#soubory>
- [11] Plastová okna [online] 5. 5. 2019 Dostupné z: <http://www.oknoshop.cz/plastove-okno/dvojkridle-bez-sloupku-bez-svetliku/dbblq1.6-1.6bbdb-b2.1s#dbblq1.6-1.6bbdb-b2.1s>
- [12] Vchodové dveře [online] 5. 5. 2019 Dostupné z: <https://dafe.cz/plastova-okna-a-dvere/vchodove-dvere-progress/>
- [13] Interiérové dveře [online] 5. 5. 2019 Dostupné z: <https://www.prum.cz/upload/page/technicalDetails/PRUM-technicke-info-dvere-Standard.pdf>
- [14] Sálavé panely [online] 5. 5. 2019 Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/otopne-plochy/16849-salave-vytapani-malych-prostor-i-co-je-salavy-panel-ksp-to-go>
- [15] Teplovzdušné vytápění [online] 5. 5. 2019 Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/teplvzdušne-vytapani/620-teplvzdušne-vytapani-obytnych-budov>
- [16] Podlahové vytápění [online] 5. 5. 2019 Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/vyhody-a-nevyhody-podlahoveho-vytapen.html>
- [17] Mokrý způsob pokládky, kladení otopných hadů [online] 5. 5. 2019 Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/podlahove-vytapani/3442-podlahove-vytapani-ii>
- [18] Mokrý způsob pokládky, Systémová deska firemní podklady REHAU [online] 5. 5. 2019 Dostupné z: <https://www.rehau.com/download/1398624/vytapani-chlazení-ti-cz.pdf>

- [19] Otopná tělesa [online] 5. 5. 2019 Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/otopne-plochy/3064-otopne-plochy-ii-druhy-otopnych-teles>
- [20] Deskové těleso obrázek [online] 5. 5. 2019 Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/otopne-plochy/6655-kompletni-program-deskovych-otopnych-teles-znacky-buderus>
- [21] Zapuštěný konvektor obrázek [online] 5. 5. 2019 Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/technicka-zarizeni-budov/vytapani/konvektory-a-nizkoteplotni-zdroje-vytapani-1>
- [22] Elektrokotle [online] 5. 5. 2019 Dostupné z: <https://www.thermona.cz/elektrokotle>
- [23] Elektrokotle [online] 10. 5. 2019 Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-elektrinou/16772-kdy-se-vyplati-vytapet-elektrokotlem>
- [24] Plynové kotle [online] 10. 5. 2019 Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-plynem/868-kondenzacni-kotel-pro-kazdeho-i>
- [25] Výhřevnost zemního plynu [online] 10. 5. 2019 Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/11-vyhrevnosti-paliv>
- [26] **Bašta Jiří, Hojer Ondřej.** Základy sálavého vytápění. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2009
- [27] Trubkové otopné těleso [online] 10. 5. 2019 Dostupné z: <https://www.korado.cz/produkty/koralux/koralux-linear-max.html>
- [28] Křivka odběru teplé vody [online] 10. 5. 2019 Dostupné z: [http://users.fs.cvut.cz/~vavrirom/ZTI/NEW/004\\_TV\\_1.pdf](http://users.fs.cvut.cz/~vavrirom/ZTI/NEW/004_TV_1.pdf)
- [29] Moodyho diagram [online] 4. 6. 2019 Dostupné z: [https://www.researchgate.net/figure/Moody-diagram-illustrating-relationship-between-friction-factor-relative-surface\\_fig5\\_275950252](https://www.researchgate.net/figure/Moody-diagram-illustrating-relationship-between-friction-factor-relative-surface_fig5_275950252)
- [30] Rozdělovač IVAR.CS 553 VP technický list [online] 5. 5. 2019 Dostupné z: <https://www.ivarcs.cz/katalog/vytapani-ivartrio/sestava-rozdelovac-sberac-pro-podlahove-vytapani-vcetne-skrine-p140064/>
- [31] Termostatický ventil [online] 5. 5. 2019 Dostupné z: <https://www.ivarcs.cz/storage/File/32001-34000/32963-file-CSTL-IVAR.VD-2101-N.pdf>
- [32] Vyvažovací ventil [online] 5. 5. 2019 Dostupné z: [https://www.bola.cz/admin/files/e\\_product\\_files/2/2262/src\\_STAD\\_CS\\_low.pdf](https://www.bola.cz/admin/files/e_product_files/2/2262/src_STAD_CS_low.pdf)
- [33] **Bašta Jiří, Hemzal Karel.** Regulace v technice prostředí staveb. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2009
- [34] Regulátor RE10A [online] 5. 6. 2019 Dostupné z: <https://www.korado.cz/montaz-a-prislusenstvi/montaz-a-prislusenstvi-koralux/prislusenstvi-pro-elektricke-topne-teleso.html>
- [35] Topná patrona [online] 10. 5. 2019 Dostupné z: <https://www.korado.cz/produkty/koralux/kombinovane-vytapani.html>
- [36] **Tomáš Matuška.** Prezentace alternativní zdroje energie – tepelná čerpadla

- [37] Zásobník pro přípravu TV [online] 6. 6. 2019 Dostupné z: <https://www.vaillant.cz/downloads/projek-n-podklady/pp-kl-01-o1-ver-6-unistor-vih-1200449.pdf>
- [38] Oběhové čerpadlo 1 a 2 NP [online] 6. 6. 2019 Dostupné z: <https://www.ivarcs.cz/storage/File/28001-30000/29482-file-CSTL-EVOSTA-2-3-san.pdf>
- [39] Plynový kondenzační kotel [online] 6. 6. 2019 Dostupné z: <https://www.vaillant.cz/downloads/projek-n-podklady/kl-03-z2-verze03-1200893.pdf>
- [40] Termostatické hlavice [online] 6. 6. 2019 Dostupné z: <https://www.ivarcs.cz/storage/File/28001-30000/29953-file-CSTL-IVAR.TE-3040-4040-3041-4041.pdf>
- [41] Prostorový termostat [online] 6. 6. 2019 Dostupné z: <https://www.ivarcs.cz/storage/File/28001-30000/29742-file-CSTL-IVAR.TAD02B.pdf>
- [42] Ekvitermní regulátor [online] 6. 6. 2019 Dostupné z: <https://www.vaillant.cz/downloads/projek-n-podklady/pp-kl-03r2-ver4-calormatic-630-3-1-425623.pdf>
- [43] Vyhláška č. 6/2003 Sb. [online] 18. 6. 2019 Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2003-6?text=s%C3%A1lav%C3%A9+vyt%C3%A1p%C4%9Bn%C3%AD>
- [44] Součinitel zvětšení objemu [online] 18. 6. 2019 Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/teorie-a-schemata/1156-navrh-expanzni-nadoby>
- [45] Trubka Rautherm S Pe–Xa [online] 18. 6. 2019 Dostupné z: <https://www.rehau.com/download/1740682/technick%C3%A1-informace.pdf>
- [46] Směšovací ventily se servopohonem [online] 18. 6. 2019 Dostupné z: [https://www.bola.cz/admin/files/e\\_product\\_files/0/449/VRG131\\_132\\_133\\_21.pdf](https://www.bola.cz/admin/files/e_product_files/0/449/VRG131_132_133_21.pdf)
- [47] ČSN EN 15 316–3, *Křivka odběru teplé vody*

## **Seznam příloh**

Příloha I	D.1.1.1 Půdorys 1 NP
Příloha II	D.1.1.2 Půdorys 2 NP
Příloha III	D.1.1.3 Rozvinuté schéma
Příloha IV	D.1.1.4 Schéma technické místnosti
Příloha V	Katalogový list Vaillant ecoTEC exclusive

**Příloha V: Katalogový list Vaillant ecoTEC exclusive**

## Technické údaje ecoTEC exclusive

Označení	jednotka	VU 156/5-7	VU 216/5-7	VU 276/5-7
Rozsah jmenovitého tepelného výkonu P při 50/30 °C	kW	1,9 ... 15,3	1,9 ... 21,6	3,4 ... 26,7
Rozsah jmenovitého tepelného výkonu P při 80/60 °C	kW	1,7 ... 14,2	1,7 ... 20,0	3,0 ... 24,7
Největší tepelné zatížení na straně topení	kW	14,5	20,4	25,3
Nejmenší tepelné zatížení	kW	1,9	1,9	3,3
Rozsah nastavení topení	kW	2 ... 14	2 ... 21	3 ... 26
Maximální výstupní teplota	°C	85	85	85
Rozsah nastavení max. výstupní teplota (výrobní nastavení: 75 °C)	°C	30 ... 80	30 ... 80	30 ... 80
Přípustný celkový přetlak	MPa (bar)	0,3 (3,0)	0,3 (3,0)	0,3 (3,0)
Expanzní nádoba	l	10	10	10
Množství cirkulující vody (vztaženo na ΔT = 20 K)	l/h	609	859	1 064
Množství kondenzátu cca (hodnota pH 3,5-4,0) v topném režimu 50/30 °C	l/h	1,45	2,04	2,52
Zbytková dopravní výška čerpadlo (při jmenovitém množství cirkulující vody)	MPa (bar)	0,020 (0,200)	0,020 (0,200)	0,020 (0,200)
Elektrické připojení	V/ Hz	230 / 50	230 V / 50 Hz	230 V / 50 Hz
Přípustné napájecí napětí	V	190 ... 253	190 ... 253	190 ... 253
Instalované jistění (inertní)	A	2	2	2
Elektrický příkon min.	W	22	29	28
Plynová přípojka na straně kotle	mm	20	20	20
Přípojky výstupu do/vstupu z topení na straně kotle	"	G 3/4	G 3/4	G 3/4
Připojovací trubka pojistný ventil (min.)	mm	15	15	15
Potrubí k odvodu kondenzátu (min.)	mm	19	19	19
Hydraulický tlak plynu zemní plyn G20	kPa (mbar)	2,0 (20,0)	2,0 (20,0)	2,0 (20,0)
Hydraulický tlak plynu Propan G31	kPa (mbar)	3,0 (30,0)	3,0 (30,0)	3,0 (30,0)
Jmenovitý příkon při 15 °C a 1 013 mbar (příp. vztaženo na ohřev teplé vody), G20	m <sup>3</sup> /h	1,9	2,6	3,2
Jmenovitý příkon při 15 °C a 1 013 mbar (příp. vztaženo na ohřev teplé vody), G31	kg/h	1,41	1,88	2,35
Teplota spalin min.	°C	40	40	40
Teplota spalin max.	°C	65	65	65
Přípustné druhy plynových kotlů		B23, B33, B33P, B53, B53P, C13, C33, C43, C53, C83, C93	B23, B33, B33P, B53, B53P, C13, C33, C43, C53, C83, C93	B23, B33, B33P, B53, B53P, C13, C33, C43, C53, C83, C93
Účinnost 30 %	%	108	108	108
Třída NOx	-	5	5	5
Rozměr kotle, šířka	mm	440	440	440
Rozměr kotle, výška	mm	720	720	720
Rozměr kotle, hloubka	mm	338	338	338
Čistá hmotnost cca	kg	33,0	33,0	34,5
Elektrický příkon max. při topném provozu (jmenovitý tepelný výkon)	W	50	61	62
Elektrický příkon max. při nabíjení zásobníku	W	67	81	80
Elektrický příkon pohotovostní režim	W	< 1,9	< 1,9	< 1,9
Krytí		IP X4 D	IP X4 D	IP X4 D