

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STROJNÍ  
ÚSTAV TECHNIKY PROSTŘEDÍ

---

**STUDIE VYTÁPĚNÍ BYTOVÉHO DOMU**

DIPLOMOVÁ PRÁCE



**Název práce:** Studie bytového domu

**Autor:** Bc. Petr Vesecký

**Katedra (ústav):** Ústav techniky prostředí

**Vedoucí bakalářské práce:** Ing. Roman Vavříčka, Ph.D.

**Abstrakt** Cílem této diplomové práce „Studie bytového domu“ je kompletní návrh otopné soustavy, ve kterém je zahrnut výpočet tepelných ztrát objektu, návrh a výpočet otopných ploch včetně výpočtu hydrauliky, volba zdroje tepla, regulace otopné soustavy a návrh objemu zásobníku teplé vody.

Dále součástí této práce je návrh vodovodní, plynovodní a kanalizační potrubní sítě s návrhem zpětného získávání tepla z odpadní vody.

---

**Title:** Study of Residential Building

**Author:** Bc. Petr Vesecký

**Department:** Department of Environmental Engineering

**Supervisor:** Ing. Roman Vavříčka, Ph.D.

**Abstract** The target of the thesis „Study of Residential Building“ is a complete design of the heating system, which includes the calculation of the heat loss of the building, design and the calculation of heating surfaces including the calculation hydraulic, the choice of a heat source, regulation of the heating system and last design volume hot water tank.

Another part of this thesis is design of water, gas and sewerage conduits with design heat recovery from waste water.

### **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci na téma „Studie vytápění bytového domu“ vypracoval samostatně a uvedl na konci této práce všechnu použitou literaturu a použité zdroje, ze kterých jsem čerpal.

V Praze dne 14. Června 2017

Bc. Petr Vesecký

## Obsah

1. Úvod .....	7
2. Charakteristika budovy .....	8
2.1 Tepelně technické vlastnosti konstrukcí .....	8
2.1.1 Úspora energie .....	8
2.2 Konstrukce objektu .....	9
2.2.1 Konstrukce podlahy 3.PP, 2.PP a 1.PP .....	9
2.2.2 Konstrukce podlahy 1.NP .....	10
2.2.3 Konstrukce podlahy ostatních nadzemních podlažích .....	11
2.2.4 Konstrukce obvodového zdiva .....	11
2.2.5 Konstrukce vnitřních stěn .....	12
2.2.6 Konstrukce střechy .....	12
2.2.7 Otvorové výplně .....	13
2.3 Výpočet tepelných ztrát budovy .....	14
2.3.1 Stanovení tepelné ztráty prostupem konstrukce .....	16
2.3.2 Stanovení tepelné ztráty větráním .....	18
2.4 Vypočítané tepelné ztráty .....	20
3. Podlahové vytápění .....	21
3.1 Obecný popis a rozdělení otopných soustav .....	21
3.2 Tepelná pohoda .....	21
3.3 Tepelně technické vlastnosti .....	22
3.4 Provedení konstrukce podlahové otopné plochy .....	23
3.5 Výpočet výkonu podlahového vytápění .....	27
3.6 Pojistné a zabezpečovací zařízení .....	32
3.7 Regulace výkonu otopné soustavy .....	33
3.8 Hydraulická regulace .....	34
4. Zdroj tepla .....	37
4.1 Volba zdroje tepla .....	37
4.2 Příprava teplé vody .....	38
4.2.2 Stanovení objemu zásobníku .....	42
5. Vodovod .....	47
5.1 Obecně .....	47
5.2 Veřejný vodovod .....	47
5.3 Vnitřní vodovod .....	47
5.4 Požární potrubí .....	52
5.5 Návrh cirkulace teplé vody .....	54
6. Kanalizace .....	57
6.1 Obecně .....	57
6.2 Veřejná kanalizace .....	57
6.3 Vnitřní kanalizace .....	57
6.4 Návrh vnitřní kanalizace .....	59
6.5 Zpětné získávání tepla z odpadní vody .....	66
6.5.1 Návrh akumulačního zásobníku se zpětným získáváním tepla .....	69

7. Plynovod .....	72
7.1 Obecně .....	72
7.2 Vnější plynovod .....	72
7.2.1 Návrh jmenovité světlosti plynovodní přípojky .....	72
7.3 Domovní plynovod .....	74
7.3.1 Návrh jmenovité světlosti potrubí .....	75
8. Závěr .....	77
9. Seznam výkresové dokumentace .....	79
10. Seznam tabulek .....	81
11. Seznam grafů .....	82
12. Seznam obrázků .....	83
13. Použitá literatura .....	84

## 1. Úvod

Pocit pohodlí a komfortu nejvíce ovlivňuje teplota v dané místnosti. Teplo ve formě tepelné energie je dodáváno z otopných zařízení jako jsou např. otopná tělesa nebo velkoplošná vytápění.

K dodržení tepelného pohodlí a komfortu, musíme dodávat určitou tepelnou energii z jednotlivých otopných zařízení. K dalšímu významnému vlivu patří intenzita výměny vzduchu, která může být poskytnuta přirozeným nebo nuceným větráním. Tepelná energie se do místnosti dostává pomocí vedení, proudění a sálání. Podle způsobu vytápění se mění poměr mezi těmito složkami sdílení. Celkový tepelný tok obsahuje všechny vždy tři složky sdílení.

V dnešní době člověk bere tepelnou energii jako samozřejmost, nedokáže se bez ní obejít, ale za její výrobu a distribuci musí vždy zaplatit. Z tohoto důvodu je jedním z nejdůležitějších kritérií při navrhování budov nízká energetická náročnost budovy. Nízkou energetickou náročnost lze dosáhnout nízkými tepelnými ztrátami či zpětným získáváním tepla z odpadní vody nebo vzduchu.

Pro minimalizaci tepelných ztrát budovy se neustále vyvíjejí nové a efektivní stavební materiály, jejichž vlastnosti jsou nesrovnatelné s materiály z minulého století.

Současný pohled na budovu určenou k obývání osob, zahrnuje konstrukční návrh tepelně technického řešení budovy, s velkou prioritou na co nejmenší potřebu energie na vytápění a větrání, volbu otopné soustavy včetně regulace a volbu zdroje tepla.

Tato problematika je popsána příslušnými vyhláškami a normami, které udávají doporučené hodnoty jednotlivých veličin. Tyto veličiny nám pomáhají při návrhu budovy docílit optimálního řešení.

A toto je i cíl mé diplomové práce.



Obr. 1: Bytový dům, palác Ehrlich [1]

## 2. Charakteristika budovy

V této diplomové práci se zabývám bytovým domem „Palác Ehrlich“. Budovu tvoří devět nadzemních podlaží, tři podzemní podlaží a plochá střecha. Bytový dům se nachází v ulici Šafaříkovy sady v Plzni.

V prvním podzemním podlaží se nacházejí parkovací místa pro dvacet automobilů a technická místnost. V dalších podzemních podlažích se nacházejí pouze parkovací místa pro celkem padesát automobilů. První nadzemní podlaží tvoří dvě obchodní jednotky se zázemím a vstupní hala s recepcí. V ostatních nadzemních podlažích nalezneme pouze byty, ateliéry a na společné chodbě sklepy.

Podrobnější přehled nalezneme ve výkresové dokumentaci, která je součástí příloh.

### 2.1 Tepelně technické vlastnosti konstrukcí

K dodržení energetické náročnosti budovy, především minimalizaci tepelných ztrát, musejí veškeré konstrukce budovy splňovat tepelně technické vlastnosti dané vyhláškou č.268/2009 Sb. resp. normou ČSN 73 0540-2.

#### 2.1.1 Úspora energie

1. Budova musí být navržena tak, aby veškerá potřeba energie pro pocit pohodlí a komfortu byla co nejnižší. Tuto potřebnou energii (tepelnou) lze ovlivnit použitými stavebními a konstrukčními materiály, způsobem vytápění, dispozičním řešením budovy, jejím tvarem ale také orientací budovy. Tato řešení můžeme ovlivnit v rámci projektu, ale jsou také vlivy, které nelze ovlivnit v rámci projektu, jako jsou např. klimatické podmínky lokality (teplota venkovního vzduchu, vlhkost vzduchu, četnost srážek, síla a směr větru).
2. Tepelně technické vlastnosti budov jsou dány normovanými hodnotami
3. Budovy musí splňovat požadavky na stav vnitřního prostředí
  - a) pro tepelné pohodlí uživatelů
  - b) pro splnění požadavku tepelně technické vlastnosti konstrukci
  - c) pro splnění stavu vnitřního prostředí k technologickým účelům
  - d) pro dodržení nízké energetické náročnosti

Z tepelně technického hlediska je nejdůležitější při návrhu jednotlivé konstrukce budovy celkový součinitel prostupu tepla  $U_N$ . Norma ČSN 73 0540-2 udává konkrétní hodnoty nebo rozmezí hodnot pro dané konstrukce budovy. Konkrétní hodnoty celkových součinitelů přestupu tepla jsou uvedeny v tabulce 1 dle typu konstrukce.



Tab. 1: Požadované hodnoty součinitele prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2 [3]

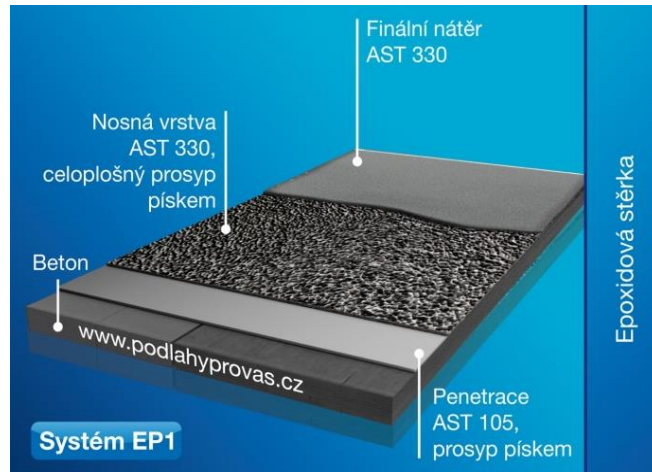
Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m <sup>2</sup> ·K)]			
	Požadované hodnoty U <sub>N,20</sub>	Doporučené hodnoty U <sub>reo,20</sub>	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy U <sub>pas,20</sub>	
Stěna vnější	0,30 <sup>1)</sup>	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12	
Střeška strmá se sklonem nad 45°	0,30	0,20	0,18 až 0,12	
Střeška plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15 až 0,10	
Strop s podlahou nad venkovním prostorem	0,24	0,16	0,15 až 0,10	
Strop pod nevytápěnou půdou (se střeškou bez tepelné izolace)	0,30	0,20	0,15 až 0,10	
Stěna k nevytápěné půdě (se střeškou bez tepelné izolace)	0,30 <sup>1)</sup>	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12	
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině <sup>4), 6)</sup>	0,45	0,30	0,22 až 0,15	
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,60	0,40	0,30 až 0,20	
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru	0,75	0,50	0,38 až 0,25	
Strop a stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí	0,75	0,50	0,38 až 0,25	
Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině <sup>6)</sup>	0,85	0,60	0,45 až 0,30	
Stěna mezi sousedními budovami <sup>3)</sup>	1,05	0,70	0,5	
Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,05	0,70		
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,30	0,90		
Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,2	1,45		
Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,7	1,80		
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,5 <sup>2)</sup>	1,2	0,8 až 0,6	
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	1,4 <sup>7)</sup>	1,1	0,9	
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	1,7	1,2	0,9	
Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru	3,5	2,3	1,7	
Výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	3,5	2,3	1,7	
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45° vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	2,6	1,7	1,4	
Lehký obvodový plášť (LOP), hodnocený jako smontovaná sestava včetně nosných prvků, s poměrnou plochou průsvitné výplně otvoru $f_w = A_w / A$ , v m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> , kde A je celková plocha lehkého obvodového pláště (LOP), v m <sup>2</sup> ; A <sub>w</sub> plocha průsvitné výplně otvoru sloužící převážně k osvětlení interiéru včetně příslušných částí rámu v LOP, v m <sup>2</sup> .	$f_w \leq 0,5$	0,3 + 1,4·f <sub>w</sub>	0,2 + f <sub>w</sub>	0,15 + 0,85·f <sub>w</sub>
	$f_w > 0,5$	0,7 + 0,6·f <sub>w</sub>		
Kovový rám výplně otvoru	-	1,8	1,0	
Nekovový rám výplně otvoru <sup>5)</sup>	-	1,3	0,9-0,7	
Rám lehkého obvodového pláště	-	1,8	1,2	

Veškeré konstrukce budovy, byli stanoveny na doporučené hodnoty pro pasivní budovy U<sub>pas,20</sub>.

## 2.2 Konstrukce objektu

### 2.2.1 Konstrukce podlahy 3.PP, 2.PP a 1.PP

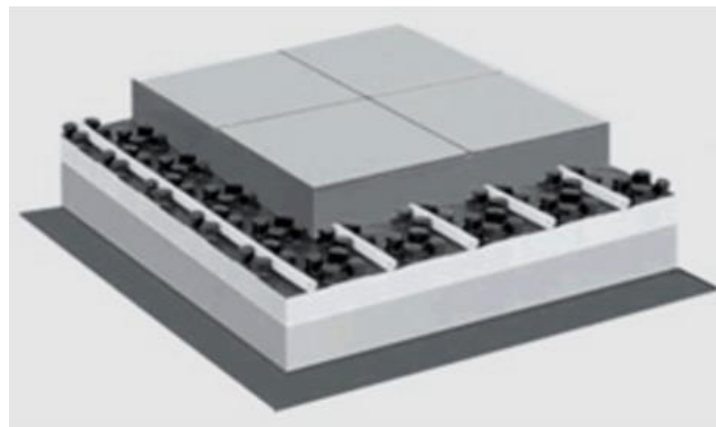
Konstrukce podlahy ve třetím, druhém a v prvním podzemním podlaží, je tvořena ze čtyř vrstev. Základ je tvořen v podobě vyztuženého betonu, na který je položena vrstva penetrace AST 105 a nosná vrstva plastobetonové směsi AST 330. Nášlapná vrstva je v podobě epoxidové pryskyřice AST 105 PB



Obr. 2: skladba podlahy 1.PP, 2PP a 3PP [4]

### 2.2.2 Konstrukce podlahy 1.NP

Podlaha v prvním nadzemním podlaží se skládá celkem z devíti vrstev. Základem konstrukce podlahy je vyztužený železobeton tloušťce 200 mm. Na vyztužený železobeton je položen pěnový polystyrén značky Isover TDPT o tloušťce 50 mm, ochranná vrstva, systémová deska značky Rehau o tloušťce 30 mm, izolace proti vlhkosti, cementový potěr o tloušťce 40 mm, stavební lepidlo a nášlapná vrstva v podobě keramické dlažby. Podle konstrukční skladby podlahy jsem stanovil výpočtem hodnotu součinitele prostupu tepla na hodnotu  $U = 0,376 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Výpočet byl proveden podle vztahu 1.



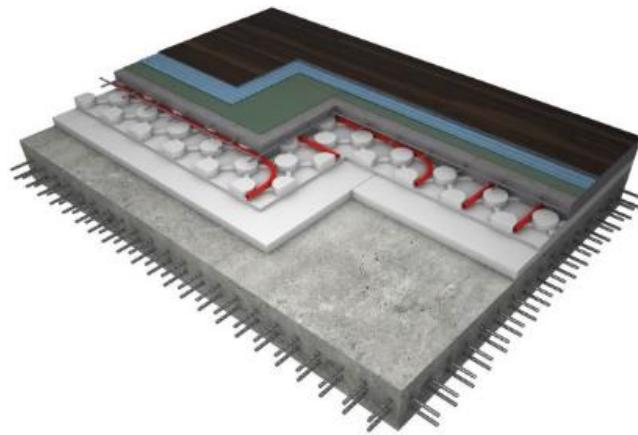
Obr. 3: skladba podlahy 1.NP [6]

### 2.2.3 Konstrukce podlahy ostatních nadzemních podlaží

Se stejným podlahovým základem (vyztužený železobeton) jsou tvořena ostatní nadzemní podlaží. Podlahy jsou složeny také z devíti vrstev, ale skladba podlah se liší pouze jinou podlahovou izolací značky Isover Strodrur 3000 cs o tloušťce 120 mm. Některé místnosti (koupelna, WC, chodby, komory) mají nášlapnou vrstvu v podobě keramické dlažby. Ostatní místností mají nášlapnou vrstvu tvořenou z linolea. Při výpočtu součinitele prostupu tepla podlahou, se musí vzít v úvahu směr proudění tepelného toku. Podle vztahu 1 jsem stanovil součinitele přestupu tepla s ohledem na rozdílné hodnoty tepelného odporu při přestupu tepla směrem nahoru a směrem dolů. Vypočtené hodnoty viz tabulka 2.

Tab. 2: Součinitelé prostupu tepla podlahy

nášlapná vrstva	směr tep. toku	U [W/m <sup>2</sup> K]
keramická dlažba	dolů	0,202
keramická dlažba	nahoru	0,208
linoleum	dolů	0,202
linoleum	nahoru	0,207



Obr. 4: Skladba podlahy v obytných místnostech [7]

### 2.2.4 Konstrukce obvodového zdiva

Obvodové zdivo budovy je navrženo z vyztuženého betonu o tloušťce 200 mm. K minimalizaci tepelných ztrát je vyztužený beton obložen fasádní izolační deskou značky Isover Twinner o tloušťce 240 mm. Ke splnění vzhledového komfortu je vnitřní strana stěny omítnuta vápeno-cementovou omítkou a vnější stranu stěny tvoří voděodolná a paropropustná vrstva s perlitovou omítkou. Celková tloušťka zdiva je 440 mm, součinitel postupu tepla byl stanoven podle vztahu 1 na hodnotu  $U = 0,128 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Tato hodnota je dle ČSN 73 0540-2 v rozmezí hodnot součinitele přestupu tepla pro pasivní domy, viz tabulka 1. Součinitel prostupu tepla se stanoví dle vzorce 1.

$$U = \frac{1}{R_i + \sum R + R_e} \quad [\text{W/m}^2\text{K}] \quad (1)$$

$R_i$  ... tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně [ $\text{m}^2\text{K/W}$ ]

$\sum R$  ... tepelný odpor stěny [ $\text{m}^2\text{K/W}$ ]

$R_e$  ... tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně [ $\text{m}^2\text{K/W}$ ]

## 2.2.5 Konstrukce vnitřních stěn

Vnitřní stěny budovy jsou navrženy z dutých cihel značky Heluz. Nosné stěny o tloušťce 300 mm jsou tvořeny z cihel Heluz UNI. Vnitřní příčky a přízdívky jsou z broušených cihel o tloušťce 80, 115 a 230 mm. Vnitřní stěny jsou omítnuty vápenno-sádrovou omítkou o maximální tloušťce 15 mm. Výpočet součinitele prostupu tepla pro tuto stěnu se liší výpočtem od obvodové stěny a stanoví se podle vztahu 2.

$$U_i = \frac{1}{R_i + \sum R + R_i} \quad [\text{W/m}^2\text{K}] \quad (2)$$

Pro vnitřní stěny je  $R_i = 0,125$  [ $\text{m}^2\text{K/W}$ ].

Tab. 3 Součinitel prostupu tepla vnitřními stěny

druh cihly	tloušťka [mm]	U [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ]
HELUZ 8 broušená	80	1,85
HELUZ 11,5 broušená	115	1,45
HELUZ 24 broušená	240	0,85
HELUZ UNI 30	300	0,55

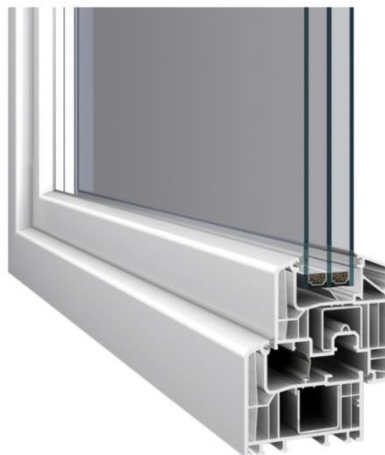
## 2.2.6 Konstrukce střechy

Při výpočtu součinitele prostupu tepla střechou, jsem respektoval rozdílnou skladbu střechy v osmém a devátém nadzemním podlaží. Základem střešní konstrukce je vyztužený beton s tepelnou izolací značky Isover EPS Grey, o tloušťce 140 mm a extrudovaného polystyrénu značky Isover Synthos XPS Prime S30 IR. Tato izolace má vysokou pevnost v tlaku a může se použít na pochozí střechu. Nášlapnou vrstvu střechy osmého nadzemního podlaží tvoří terasový systém dřevoplastik s překrytou spárou. Celkový součinitel střechy osmého nadzemního podlaží byl stanoven na hodnotu  $U = 0,121$   $\text{W/m}^2\text{K}$ . Skladba střechy devátého nadzemního podlaží je téměř stejná, liší se pouze nášlapnou vrstvou, která je tvořena z pouhé asfaltové lepenky. Celkový součinitel střechy devátého nadzemního podlaží byl stanoven na hodnotu  $U = 0,123$   $\text{W/m}^2\text{K}$ . Obě dvě vypočítané hodnoty jsou dle ČSN 73 0540-2 v rozmezí hodnot součinitele přestupu tepla pro pasivní domy viz tabulka 1.

### 2.2.7 Otvorové výplně

Vchodové dveře do každého bytu jsou navrženy od firmy Dare - panelové vchodové dveře, profil IV 78. Jedná se o dřevěné lepené sendvičové dveře se stavební hloubkou 78 mm. Výrobce udává celkový součinitel prostupu v rozmezí 0,8 až 1 W/m<sup>2</sup>K.

Balkonový dveřní systém je navržen od firmy Inoutic – Eforte se stavební hloubkou 84 mm. Balkonové plastové dveře jsou opatřeny šestikomorovým systémem, celkem čtyřmi těsněními a s trojitými izolačními skly. Výrobce udává hodnotu součinitele prostupu tepla 0,82 W/m<sup>2</sup>K.



Obr. 5: Detail konstrukce balkonových dveří [10]

Okenní systém je navržen firmou Veka – Softline 82 plus XL. Jedná se o plastová okna se stavební hloubkou 82 mm, které díky celoobvodovému těsnění a sedmi komorovému systému zaručují dobré tepelné izolační vlastnosti díky. Výrobce udává hodnotu součinitele prostupu tepla 0,74 W/m<sup>2</sup>K.



Obr. 6: Detail konstrukce oken [11]

Vchodové dveře recepce a obchodů jsou navrženy od firmy Oknotherm – Profil D92 UD. Dveře jsou zhotoveny z hliníku, mají tedy vysokou pevnost a jsou odolné proti vloupání. Výrobce udává hodnotu součinitele prostupu tepla  $U = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Oba dva obchody mají velkou prosklenou plochu, vzhledem ke stálému snižování tepelné ztráty bylo navrženo izolační trojsklo značky Akuterm AKUTOP XN 2B2. Součinitel prostupu tepla systému je  $U = 0,61 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Sekční garážová vrata jsou navržena od firmy Hörmann s tichým chodem. Vrata se díky motorovému pohonu otevírají svisle a tím šetří místo nad vrata. Součinitel prostupu tepla je  $U = 2,1 \text{ W/m}^2\text{K}$



Obr. 7: Garážová vrata [14]

### 2.3 Výpočet tepelných ztrát budovy

Při stanovení tepelné ztráty budovy jsem postupoval podle normy ČSN EN 12 831. Podle vypočtené tepelné ztráty se stanoví výkon otopné plochy v místnosti a také výkon zdroje tepla. Tento výpočet se dělí na tepelné ztráty prostupem a tepelné ztráty větráním viz vztah 3.

Tepelná ztráta vytápěného prostoru  $\Phi_I$ , je součet tepelné ztráty prostupem konstrukce  $\Phi_{T,i}$ , tepelné ztráty větráním  $\Phi_{V,i}$  a tepelný příkon na zátap  $\Phi_{RH,i}$ .

$$\Phi_I = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} \quad [\text{W}] \quad (3)$$

Při výpočtu tepelné ztráty budovy jsem nepočítal s potřebným tepelným příkonem na zátap. Dle mého názoru je tato varianta výpočtu vhodnější, tímto nedojde k předimenzování podlahové otopné plochy, velikosti zdroje tepla a celkové potrubní soustavy.

Tepelné ztráty jsou závislé na rozdílu teplot uvnitř v místnosti, ale také ve venkovním prostředí. Norma ČSN EN 12 831 udává výpočtové vnitřní teploty a venkovní teploty podle lokality umístění budovy. Tento stručný přehled venkovních výpočtových teplot je uveden v tabulce 4.

Tab. 4: Venkovní výpočtová teplota podle lokality umístění budovy dle ČSN EN 12 831[16]

Lokalita (místo měření)	Nadmořská výška	Venkovní výpočtová teplota
	h	$t_e$
	[m]	[°C]
Benešov	327	-15
Beroun (Králov Dvůr)	229	-12
Blansko (Dolní Lhota)	273	-15
Brno	227	-12v
Bruntál	546	-18v
Břeclav (Lednice)	159	-12
Opava	258	-15
Ostrava	217	-15
Pardubice	223	-12v
Pelhřimov	499	-15v
Písek	348	-15
Ptzeň	311	-12
Praha (Karlovy)	181	-12

Poznámka: Pokud je k výpočtové venkovní teplotě připsané písmeno „v“ znamená to, že oblast leží v místě s intenzivními větry. V tomto případě se snižuje venkovní výpočtová teplota o 3 °C.

Intenzita větru není jediné opravující kritérium venkovní výpočtové teploty, je zapotřebí také zohlednit nadmořskou výšku. V tabulce 5 jsou jednotlivé výpočtové teploty s ohledem na nadmořskou výšku.

Tab. 5: Snižování venkovní výpočtové teploty s ohledem na nadmořskou výšku [16]

Snižování venkovní výpočtové teploty s ohledem na nadmořskou výšku		
Nadmořská výška	Venkovní výpočtová teplota	Snižovaná venkovní výpočtová teplota
	$t_e$	
	[°C]	
nad 400 m n.m.	-12	-15
nad 600 m n.m.	-15	-18
nad 800 m n.m.	-18	-21

Tepelnou ztrátu objektu jsem počítal dle venkovní výpočtové teploty, doporučenou normou ČSN EN 12 831 dle tabulky 4. Jak již jsem zmiňoval, objekt se nachází v Plzni, k této oblasti norma uvidí venkovní výpočtovou teplotu na hodnotu -12 °C. S touto teplotou byl proveden výpočet tepelných ztrát.

V tabulce 6 najdeme pouze část přehledu vnitřních výpočtových teplot. V některých místnostech byla vnitřní výpočtová teplota navýšena na přání investora.

Tab. 6: Vnitřní výpočtové teploty [17]

Druh vytápěné místnosti		Výpočtová vnitřní teplota	Relativní vlhkost vzduchu
		$t_i$ [°C]	$\phi_{ai}$ [%]
<b>1.</b>	<b>Obytné budovy</b>		
<b>1.1</b>	<b>trvale užívané</b>		
	obývací místnosti, tj. obývací pokoje, ložnice, jídelny, jídelny s kuchyňským koutem, pracovny, dětské pokoje	20	60
	kuchyně	20	60
	koupelny	24	90
	klozety	20	60
	vytápěné vedlejší místnosti (předsíň, chodby aj.)	15	60
	vytápěná schodiště	10	60
<b>1.2</b>	<b>občasně užívané (rekreační)</b> - v době provozu		
	obývací místnosti, tj. obývací pokoje, ložnice, jídelny, jídelny s kuchyňským koutem, pracovny, dětské pokoje	20	60
	kuchyně	20	60
	koupelny	24	90
	klozety	20	60
	vytápěné vedlejší místnosti (předsíň, chodby aj.)	15	60
	vytápěná schodiště	10	60
	- mimo provoz	5	80
<b>2.</b>	<b>Administrativní budovy</b>		
	kanceláře, čekárny, zasedací síně, jídelny	20	60
	vytápěné vedlejší místnosti (chodby, hlavní schodiště, klozety aj.)	15	60
	vytápěná vedlejší schodiště	10	70
	haly, místnosti s přepážkami	18	70

### 2.3.1 Stanovení tepelné ztráty prostupem konstrukce

V kapitole 2.3 jsem zmiňoval, že celková tepelná ztráta, je složena z tepelné ztráty prostupem konstrukce a tepelné ztráty větráním. V této podkapitole se zaměřím na tepelnou ztrátu prostupem konstrukce  $\Phi_{T,i}$ , která se stanoví dle vztahu 4.

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\Theta_{int,i} - \Theta_e) \quad [W] \quad (4)$$

$H_{T,ie}$  ... měrná tepelná ztráta prostupem konstrukce z vytápěného do venkovního prostoru [W/K]

$H_{T,iue}$  ... měrná tepelná ztráta prostupem konstrukce z vytápěného do nevytápěného prostoru [W/K]

$H_{T,ig}$  ... měrná tepelná ztráta prostupem konstrukce z vytápěného do přilehlé zeminy [W/K]

$H_{T,ij}$  ... měrná tepelná ztráta prostupem konstrukce z vytápěného prostoru do sousedního prostoru s rozdílnou teplotou [W/K]

$\Theta_{int,i}$  ... vnitřní výpočtová teplota [°C]

$\Theta_e$  ... venkovní výpočtová teplota [°C]

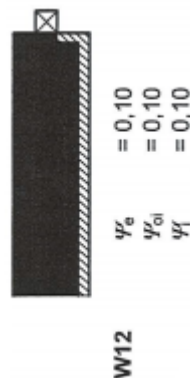


Vztahem 5 stanovíme měrnou tepelnou ztrátu postupem konstrukce z vytápěného do venkovního prostoru.

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_l \psi_l \cdot l_l \cdot e_l \quad [\text{W/K}] \quad (5)$$

- $A_k$  ... plocha stavební části konstrukce [m<sup>2</sup>]  
 $U_k$  ... součinitel prostupu tepla stavební části konstrukce [m<sup>2</sup>K/W]  
 $e_k, e_l$  ... korekční činitel, zahrnující klimatické podmínky [-]  
 $\psi_l$  ... součinitel lineárního prostupu tepla lineárního tepelného mostu [W/mK]  
 $l_l$  ... délka lineárního tepelného mostu [m]

Při výpočtu měrné tepelné ztráty postupem konstrukce, jsem použil normu ČSN EN ISO 14 683. Tato norma řeší vliv tepelných mostů ve stavebních konstrukcích. Dle polohy a typu tepelného mostu, jsem z tabulky odečetl přímo hodnotu součinitele lineárního prostupu tepla lineárního tepelného mostu.



Obr. 8: Hodnoty součinitele lineárního prostupu tepla lineárního tepelného mostu pro okna a balkonové dveře [18]

Měrné tepelné ztráty postupem konstrukce z vytápěného do nevytápěného prostoru, se stanoví podle vztahu 6.

$$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U \cdot b_u \quad [\text{W/K}] \quad (6)$$

- $b_u$  ... součinitel zohledňující teplotní rozdíl mezi vytápěným a nevytápěným prostorem stanoven podle vztahu 7 [-]

$$b_u = \frac{\theta_{int,i} - \theta_u}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad [^\circ\text{C}] \quad (7)$$

- $\theta_u$  ... teplota nevytápěného prostoru [°C]

Měrná tepelná ztráta prostupem konstrukce z vytápěného prostoru do přilehlé zeminy, se stanoví dle vztahu 8.

$$H_{T,ie} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot (\sum_k A_k \cdot U_{equiv}) \cdot G_w \quad [\text{W/K}] \quad (8)$$

$f_{g1}$  ... součinitel zohledňující vliv roční změny venkovní teploty [-]

$f_{g2}$  ... součinitel zohledňující rozdíl mezi roční průměrnou teplotou a střední teplotou přilehlé zeminy se stanoví podle vztahu 9 [-]

$$f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{mg}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad [-] \quad (9)$$

$\theta_{mg}$  ... střední teplota přilehlé zeminy [°C]

$U_{equiv}$  ... ekvivalentní součinitel prostupu tepla [W/m<sup>2</sup>K]

$G_w$  ... součinitel zohledňující vliv spodní vody [-]

Stanovení měrné tepelné ztráty prostupem konstrukce z vytápěného do vytápěného prostoru o jiné teplotě se stanoví podle vztahu 10.

$$H_{T,ij} = \sum_k A_k \cdot U_i \cdot f_{ij} \quad [\text{W/K}] \quad (10)$$

$U_i$  ... součinitel prostupu tepla vnitřní stěny [W/m<sup>2</sup>K]

$f_{ij}$  ... součinitel zohledňující rozdíl mezi vnitřní výpočtovou a sousední teplotou se stanoví podle vztahu 11 [-]

$$f_{ij} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{ij}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad [-] \quad (11)$$

$\theta_{ij}$  ... teplota vytápěného sousedního prostoru [°C]

### 2.3.2 Stanovení tepelné ztráty větráním

Další částí celkové tepelné ztráty, je tepelná ztráta větráním  $\Phi_{v,i}$ . Tato ztráta se stanoví podle vztahu 12.

$$\Phi_{v,i} = H_{v,ie} \cdot (\Theta_{int,i} - \Theta_e) \quad [\text{W}] \quad (12)$$

$H_{v,ie}$  ... měrná tepelná ztráta větráním [W/K]

$\Theta_{int,i}$  ... vnitřní výpočtová teplota [°C]

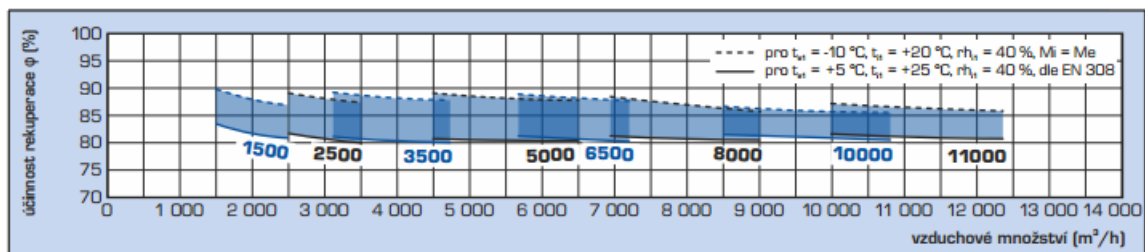
$\Theta_e$  ... venkovní výpočtová teplota [°C]

Stanovení měrné tepelné ztráty větráním  $H_{v,i}$  byla stanovena podle vztahu 13.

$$H_{v,i} = n \cdot V \cdot c_p \cdot \rho \quad [\text{W/K}] \quad (13)$$

$V$ ... objem větrané místnosti	$[\text{m}^3]$
$C_p$ ... měrná tepelná kapacita vzduchu	$[\text{J/kg.K}]$
$n_v$ ... intenzita výměny vzduchu	$[\text{1/s}]$

Jak je patrné ze vztahu 13, tepelná ztráta větráním mimo jiné také záleží na intenzitě výměny vzduchu, která udává, kolikrát za hodinu se vymění objem vzduchu vnitřního prostoru. U obytných místností se počítá s minimální intenzitou výměny vzduchu  $n = 0,5$  [1/h]. Ke snížení tepelné ztráty bude přívod čerstvého vzduchu a odvod znehodnoceného vzduchu řešen nuceným vzduchotechnickým systémem. Tento systém není součástí mé diplomové práce, ale ke snížení tepelné ztráty jsem navrhl jednotku zpětného získávání tepla. Tato jednotka byla navržena podle bilance přiváděného a odváděného vzduchu. Pro splnění této bilance bylo nutné navýšit hodnotu intenzity výměny vzduchu z odsávacích míst (koupelny, WC a z kuchyně). Navrhl jsem jednotku zpětného získávání tepla značky Atrea – Duplex 1500 až 11000 Multi-N. Podle objemového průtoku byla zvolena účinnost zpětného získávání tepla v jednotce na hodnotu 88 % (viz graf 1). Jednotka zpětného získávání tepla ohřeje nasávaný venkovní vzduch o teplotě  $-12$  °C na teplotu  $18$  °C. Tepelná energie se předává od odsávaného vzduchu o teplotě  $22,1$  °C, který je směsí vzduchu z každé koupelny a kuchyně.



Graf 1: Závislost účinnosti rekuperaci na objemovém průtoku vzduchu [19]

## 2.4 Vypočítané tepelné ztráty

Tab. 7: Tepelné ztráty v 2.NP

místnost	$\Phi_{T,i}$ [W]	$\Phi_{V,i}$ [W]	$\Phi_{V,i}$ se zzt [W]	$\Phi_I$ [W]
A02	13	57	7	20
A03	424	333	40	460
A04	149	107	13	162
A05	72	139	17	90
B02	336	265	32	370
B04	186	118	14	200
B05	143	190	23	170
C02	6	146	17	25
C03	251	239	29	280
D03	30	141	17	50
D04	182	220	26	210
E03	58	168	20	80
E04	270	322	39	309
E05	158	120	14	170
F02	35	133	16	50
F03	257	133	16	270
F04	620	363	44	660
G02	43	118	14	60
G03	543	406	49	590
G04	184	73	9	190
H02	13	186	22	40
H03	326	265	32	360
H04	221	121	15	240
I02	585	355	43	630
I03	176	129	15	190
I04	19	140	17	40
J02	19	143	17	40
J03	212	112	13	230
J04	399	279	33	430

Tabulky s přehledem tepelných ztrát zbývajících podlažích, viz přílohy na přiloženém kompaktním disku.

Celková ztráta objektu je 52 kW.

### 3. Podlahové vytápění

#### 3.1 Obecný popis

Podlahové vytápění spadá pod skupinu velkoplošného sálavého vytápění, které sdílí teplo do vytápěného prostoru převážně sáláním. Znamená to, že se teplota vzduchu uvnitř místnosti ohřívá od sálající plochy. Mezi velkoplošné převážně sálavé vytápění řadíme velkoplošné vytápění podlahové, stropní stěnové, ale také lokální vytápění v podobě zavěšených sálavých panelů, tmavých nebo světlých zářičů. Tepelný tok sdílení sálavou složkou je u jednotlivého velkoplošného vytápění odlišný, například u podlahového vytápění je sálavá složka 55 %, u stěnového je sálavá složka 65 % a u stropního vytápění je sálavá složka 80 %. Zbylé množství tepelného toku je předáváno formou proudění, ale tento tepelný tok je velmi malý.

Velkoplošné vytápění je tvořeno otopnou plochou stavební konstrukce například stropem, podlahou nebo stěnou. Teplota povrchu otopné plochy je nižší než povrchová teplota u otopných těles, například povrchová teplota u stropního vytápění je 40 až 45 °C, u stěnového 55 až 60 °C a u podlahového 25 až 34 °C.

Můžeme se setkat s různými typy velkoplošného vytápění.

- a) Podle způsobu ohřívání
  - Teplou vodou
  - Teplým vzduchem
  - Elektricky
  
- b) Podle použité plochy
  - Stropní
  - Stěnové
  - Podlahové

V této diplomové práci se zabývám návrhem velkoplošného podlahového vytápění. Z tohoto důvodu se v následujících kapitolách zaměřím pouze na velkoplošné podlahové vytápění.

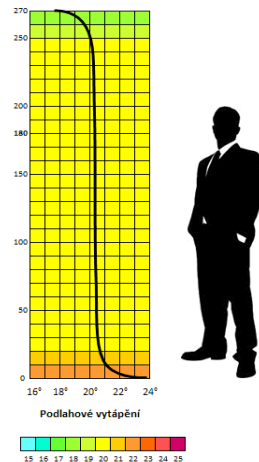
#### 3.2 Tepelná pohoda

Člověk vnímá tepelnou pohodu jako rovnovážný stav, kdy nepocítuje chlad ani nadměrné teplo. Cítí se tedy tepelně neutrálně. Pro dodržení tohoto pocitu slouží vytápění. Musí se dodržet rovnováha tepelných toků mezi okolím (tepelný tok sáláním, konvekcí, dýcháním, vypařováním a vedením) a člověkem (metabolický tepelný tok).

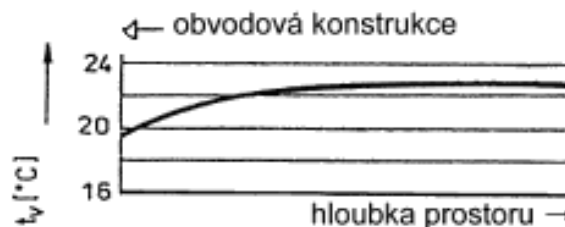
Faktory osoby ovlivňující tepelnou pohodu: a) činnost vyjádřená metabolickým tepelným tokem  
b) tepelný odpor oblečení

Faktory prostředí ovlivňující tepelnou pohodu: a) teplota vnitřního vzduchu  
 b) střední radiační teplota  
 c) tlak vodních par ve vzduchu  
 d) rychlost proudění vzduchu

S těmito všemi faktory můžeme stanovit rovnici tepelné pohody. Úkolem vytápění je také splnit požadavky na eliminaci lokální tepelné nepohody, jako je neasymetrické tepelné sálání, nevhodný vertikální teplotní gradient vzduchu, příliš teplá či chladná podlaha a vysoká rychlost proudění vzduchu.



Obr. 9: Vertikální průběh teploty při podlahovém vytápění [24]



Graf 2: Horizontální průběh teploty při podlahovém vytápění [25]

### 3.3 Tepelně technické vlastnosti

Tepelně technické vlastnosti konstrukce podlahy jsou dány její skladbou, avšak součinitel prostupu tepla  $U_{\text{podl}}$ , musí být menší než hodnota udávaná v normě ČSN 73 0540-2 (viz tabulka 1).

Tepelně technické vlastnosti konstrukce podlahy jsou dále dány:

- Teplotním útlumem stavební konstrukce
- Tepelnou jímavostí podlahy
- Množstvím vypařené a zkondenzované vodní páry
- Provzdušností spár
- Tepelnou stabilitou místnosti
- Spotřebou energie

### 3.4 Provedení konstrukce podlahové otopné plochy

Konstrukce podlahy se rozděluje na dvě části. První částí je tzv. nosná část podlahy, v mém případě vyztužený železobeton. Druhou částí podlahy je konstrukce otopné plochy. Tyto dvě vrstvy nejsou spolu pevně spojeny, ale jsou provedeny tak, aby byla možná dilatace otopné plochy.

Provedení otopné plochy lze rozdělit podle způsobu provedení otopné plochy a podle tvaru otopného hadu.

Rozdělení podle způsobu provedení: a) suchým způsobem  
b) mokrým způsobem  
c) kapilárními rohožemi  
d) modulové klima desky

Rozdělení podle tvaru otopného hadu: a) tvar do meandru  
b) tvar do spirály

#### Provedení otopné plochy suchým způsobem

V tomto typu provedení je potrubí otopného hadu odděleno od betonové mazaniny. Potrubí je uloženo do izolační vrstvy, přes kterou je položena speciální fólie v podobě plastové nebo kovové fólie. Díky této fólii se nedostává potrubí do přímého kontaktu s betonovou mazaninou. Tento způsob provedení se používá v místnostech s potřebným měrným tepelným výkonem do  $50 \text{ W/m}^2$ , přičemž teplota přírodní otopné vody se pohybuje v rozsahu 40 až  $70 \text{ }^\circ\text{C}$ .



Obr. 10: Podlahové vytápění provedené suchým způsobem [26]

#### Provedení otopné plochy mokrým způsobem

U mokrého způsobu provedení (viz obrázek 4 v kap. 2.2) je otopný had uložený přímo v betonové mazanině. Teplota přírodní otopné vody je v rozmezí 35 až  $55 \text{ }^\circ\text{C}$ . Měrný tepelný výkon podlahové plochy je nad  $50 \text{ W/m}^2$ .

### **Provedení otopné plochy modulovými klima deskami**

Pod pojmem modulové klima desky si představíme profilované duté podlahové desky či pásy. Tyto desky nebo pásy se pokládají na tepelnou izolaci a poté se hydraulicky propojí. Jejich velkou výhodou je v rovnoměrném rozložení povrchové teploty a nízké konstrukční výšce. Díky nízké konstrukční výšce mají desky malý průtočný průřez, klade se tedy velký požadavek na čistotu otopné vody. Teplota přívodní otopné vody je poměrně nízká, pohybuje v rozmezí 25 až 35 °C.

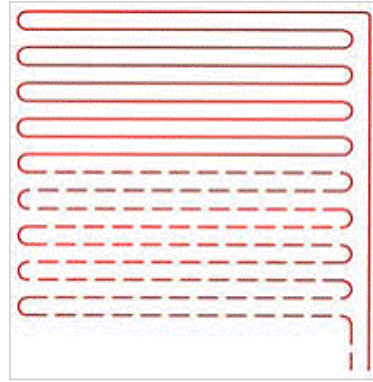
### **Provedení otopné plochy kapilárními rohožemi**

Kapilární rohož je spojená síť tenkých plastových trubiček o vnějším průměru cca 3,5 mm, do kterých je rozváděna otopná voda. Poměrně malá rozteč mezi jednotlivými trubičkami způsobuje rovnoměrné rozložení povrchové teploty. Trubičky jsou vyrobeny z polypropylenu. Tento typ materiálu bohužel nevykazuje ochranu proti difuzi kyslíku do otopné vody přes stěnu potrubí. Proto je doporučeno oddělit okruh s kapilárními rohožemi od ostatních okruhů teplosměnnou plochou výměníku tepla (např. nerezový deskový výměník). Díky velmi malému průtočnému průřezu se klade velký požadavek na čistotu otopné vody. Dojde-li k ucpání a poškození potrubí, lze potrubí lehce opravit výměnou poškozené části za novou a následně svařit speciální elektrickou svařovací pistolí.

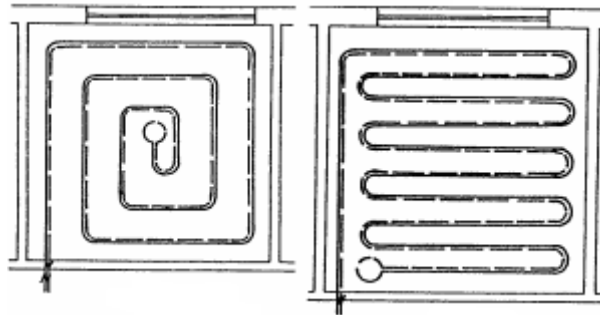
### **Tvarování otopného hadu**

Tvarování otopného hadu lze provést dvěma způsoby. Prvním způsobem je otopný had tvořen do meandru. U tohoto způsobu kladení, klesá teplota otopné vody od obvodové konstrukce směrem k vnitřním konstrukcím. To zajišťuje rovnoměrné rozložení teplot ve vytápěné místnosti. Meandrový způsob (viz obrázek 11) lze také provést jako bifilární viz obrázek 12 vpravo. Princip tohoto způsobu pokládky je položení dvou vedle sebe ležících potrubí, tím lze zprůměrovat teplotu otopné vody a docílit vyrovnané povrchové teploty po celé podlaze. Dalším způsobem pokládky je způsobem plošné spirály viz obr. 15. Při tomto způsobu kladení se otopný had pokládá nejprve po obvodu vytápěné místnosti a pokračuje ve tvaru spirály do středu místnosti, kde se vrací zpět. Tímto způsobem lze dosáhnout rovnoměrné povrchové teploty, ale jeho nevýhodou je pokles teploty v horizontálním směru od vnitřní k obvodové konstrukci. Tuto nevýhodu lze eliminovat vytvořením intenzivní okrajové zóny. Intenzivní okrajová zóna spočívá pokládky otopného hadu v poloviční navržené rozteči potrubí (zhuštění otopného hadu). Tyto zóny se nejčastěji umísťují k okenní stěně, pod okna či do rohu vytápěné místnosti o šířce 0,5 až 1 m.

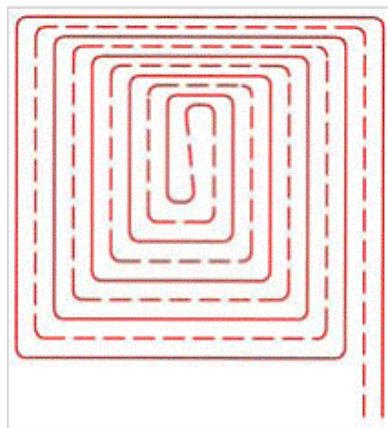




Obr. 11: Otopný had tvořen do meandru [29]



Obr. 12: Otopný had tvořen bifilární plošnou spirálou a bifilárního meandru [22]



Obr. 13: Otopný had tvořen do plošné spirály [29]

### Potrubí otopného hadu

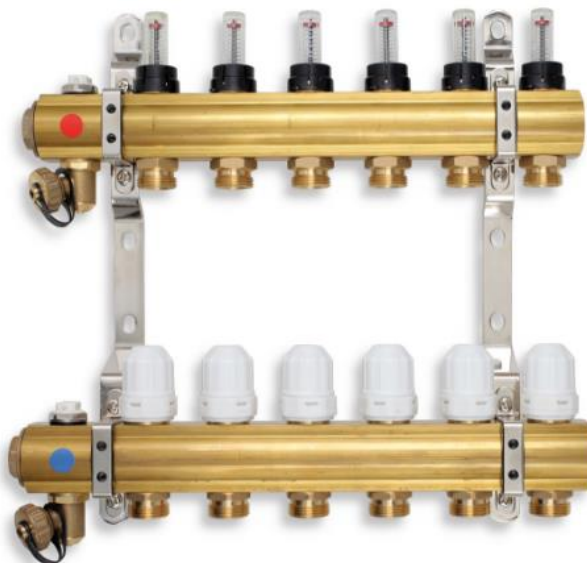
Otopný had podlahového vytápění je tvořen z kovového, nekovového, nebo vícevrstvého potrubí. Mezi kovové potrubí patří nerezové a měděné. Mezi nekovové potrubí patří plastové. Z hlediska dlouhé životnosti je nerezové potrubí ideální. Potrubí se musí svařovat speciální technologií, při které nedochází k nežádoucí rekrytalizaci. Je možné také potrubí spojit speciálními lisovacími objímkami. Tento způsob spojení je však finančně náročnější. Při použití měděného potrubí se musí brát velký ohled na tvorbu bodové koroze. Z tohoto důvodu se měděné potrubí potahuje PVC povlakem, který zabraňuje bodové korozi, která vzniká působením betonové či omítkové směsi.

V dnešní době se nejčastěji používá otopný had z plastového potrubí, konkrétně síťovaného polypropylenu PEX. Síťovaný polypropylen má velmi dobré mechanické vlastnosti, je odolný proti difuzi kyslíku přes stěnu potrubí a je velmi dobře odolný vůči tlaku za vysoké teploty. Potrubí z tohoto materiálu se nedá svařovat ani lepit, jediným způsobem spojení je pomocí mechanických spojek. Dnes se můžeme setkat také s vícevrstevným potrubím. Toto potrubí je složeno ze základního plastového potrubí, hliníkového pláště a ochranné plastové trubky.

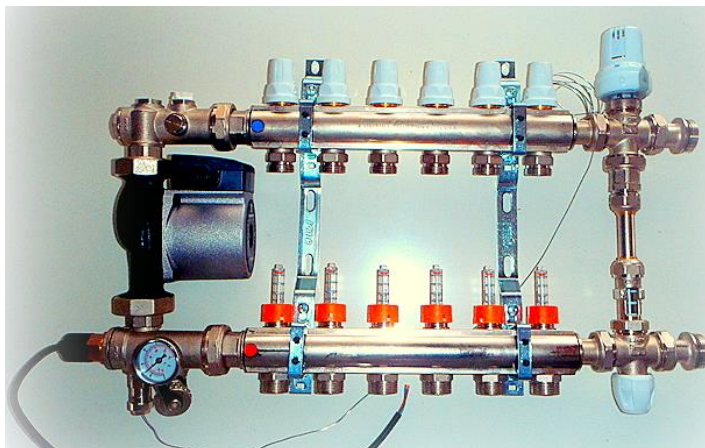
V této diplomové práci jsem zvolil potrubí PEX-a. Potrubí se pokládá nejprve k ochlazované konstrukci místnosti a pokračuje dále směrem k vnitřním konstrukcím meandrovým způsobem pokládky potrubí. Průměr potrubí byl zvolen s ohledem na tlakové vyvážení otopných okruhů (viz přílohy).

### Rozdělovač a sběrač topných okruhů

Rozdělovač (přívodní díl) topných okruhů slouží pro rozdělení proudu otopné vody z tzv. hlavní větve do jednotlivých otopných hadů podlahového vytápění. Sběrač (vratný díl) topných okruhů slouží ke spojení proudů otopné vody z jednotlivých topných okruhů a poté se odvádí proud otopné vody zpět do zdroje tepla. Volba rozdělovače a sběrače se tedy nesmí podcenit. Na rozdělovač a sběrač jsou napojena všechna regulační zařízení (regulační šroubení a termostatický ventil) pro nastavení optimálního výkonu, nebo hydraulického vyvážení potrubní sítě (více se tímto budu zabývat v kapitole 3.6 a 3.7). V současné době existují dva základní typy rozdělovače a sběrače. Prvním typem rozdělovače a sběrače je rozdělovač nesměšovaný (viz obrázek 14). Druhým typem rozdělovače je rozdělovač směšovaný (viz obrázek 15). Tento typ soustavy je opatřen trojcestnou směšovací armaturou, která je osazena před vstupem do rozdělovače. Jak je patrné z obrázku 17, u tohoto typu rozdělovače je zapotřebí oběhové čerpadlo, jehož nevýhodou je, že neumí komunikovat se zdrojem tepla.



Obr. 14: Nesměšovaný rozdělovač a sběrač [30]



Obr. 15: Směšovaný rozdělovač a sběrač [31]

Do objektu byli navrženy nesměšované nerezové rozdělovače a sběrače otopných okruhů značky Buderus TYP 90. Všechny rozdělovače a sběrače topných okruhů jsou umístěny ve skříni rozdělovače, která je určena k zabudování na omítku. Skříň rozdělovače značky Buderus typ AP 90 má malou montážní hloubku pro snadné ukrytí.

### 3.5 Výpočet výkonu podlahového vytápění

Jak už říká název kapitoly, podlahové vytápění využívá pro otopnou plochu jednu ze stavebních konstrukce, a tím je podlaha. Před návrhem otopné podlahové plochy musíme zkontrolovat tepelně technické vlastnosti daného prostoru. Průměrná tepelná ztráta prostoru by měla být menší než  $20 \text{ W/m}^3$ , eventuálně průměrná roční spotřeba tepla by měla být menší než  $80 \text{ kWh/m}^2$ . Ke správnému rozložení teplotního horizontálního a vertikálního gradientu by měla být otopná plocha po celé ploše podlahy.

Návrh podlahového teplovodního vytápění vychází z tepelné rovnováhy a tepelné ztráty vytápěného prostoru. Dále z tepelně technického výpočtu otopné podlahové plochy a hydraulického výpočtu otopné podlahové plochy.

Významnou veličinou při stanovení výkonu podlahové otopné plochy je tepelná ztráta místnosti, kterou nahrazuje podlahová otopná plocha. Pokud je tepelná ztráta příliš vysoká a podlahová otopná plocha nekryje tepelné ztráty, může se použít dodatečný zdroj tepla v podobě otopného tělesa či použít další stavební konstrukci k velkoplošnému převážně sálavému vytápění (stěnu nebo strop).

Další významnou veličinou při výpočtu tepelného výkonu podlahové otopné plochy je střední povrchová teplota podlahy, která nesmí překročit hygienické přípustné hodnoty udané v tabulce 8.

Tab. 8: Nejvýše přístupné povrchové teploty

$t_p$ [°C]	místnost
27 - 28	s trvalým pobytem (obytné místnosti, kanceláře, ...)
30 - 32	kde člověk příležitostně přechází (předsíně, chodby, ...)
32 - 34	kde člověk chodí převážně bos (plovárny lázně, koupelny, ...)

Střední povrchová teplota se stanoví podle vztahu 14

$$t_p - t_i = \frac{\Lambda_a}{\alpha_p} \cdot (t_m - t_i) \cdot \frac{tgh\left(m \cdot \frac{l_r}{2}\right)}{m \cdot \frac{l_r}{2}} \quad [\text{K}] \quad (14)$$

$t_m$  ... střední teplota otopné vody [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$t_i$  ... vnitřní výpočtová teplota [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$m$  ... charakteristické číslo podlahy se stanoví podle vztahu 15 [1/m]

$\Lambda_a$  ... tepelná propustnost vrstev nad trubkami se stanoví podle vztahu 16 [ $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ ]

$\alpha_p$  ... celkový součinitel přestupu tepla na povrchu otopné plochy [ $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ ]

$l_r$  ... rozteč trubek [m]

Doporučuje se počítat s  $\alpha_p = 12$  [ $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ ]

$$m = \sqrt{\frac{2 \cdot (\Lambda_a - \Lambda_b)}{\pi^2 \cdot \lambda_d \cdot d_e}} \quad [1/\text{m}] \quad (15)$$

$\Lambda_b$  ... tepelná propustnost vrstev pod trubkami se stanoví podle vztahu 17 [ $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ ]

$\lambda_d$  ... součinitel tepelné vodivosti materiálu, do kterého je zalito potrubí [ $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ ]

$d_e$  ... vnější průměr potrubí [m]

$$\Lambda_a = \frac{1}{\sum \frac{a}{\lambda_a} + \frac{1}{\alpha_p}} \quad [\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}] \quad (16)$$

$a$  ... tloušťka jednotlivých vrstev nad trubkami [m]

$\lambda_a$  ... součinitel tepelné vodivosti jednotlivých vrstev nad trubkami [ $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ ]

$$\Lambda_b = \frac{1}{\sum \frac{b}{\lambda_b} + \frac{1}{\alpha_p}} \quad [\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}] \quad (17)$$

$b$  ... tloušťka jednotlivých vrstev pod trubkami [m]

$\lambda_b$  ... součinitel tepelné vodivosti jednotlivých vrstev pod trubkami [ $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ ]

Jak je vidět ze vztahu 14, střední povrchová teplota výrazně závisí na střední teplotě otopné vody, vnitřní výpočtové teplotě ale také na rozteči potrubí l. Z vypočítané střední povrchové teploty nyní můžeme určit měrný tepelný tok směrem nahoru vztah 18, ale také měrný tepelný tok směrem dolů podle vztahu 19.

$$q = \alpha_p \cdot (t_p - t_i) \quad [\text{W}/\text{m}^2] \quad (18)$$

$$q_p = \Lambda_b \cdot \frac{\alpha_p}{\Lambda_a} \cdot (t_p - t_i) + \Lambda_b \cdot (t_i - t'_i) \quad [\text{W}/\text{m}^2] \quad (19)$$

$t'_i$  ... teplota v místnosti pod konstrukcí podlahy [ $^{\circ}\text{C}$ ]

Měrný tepelný tok směrem dolů představuje tepelnou ztrátu, kterou je zapotřebí co nejvíce omezit. Tento tepelný tok by měl být menší než 15 % užitečného tepelného výkonu  $q$ . Nevyhovuje-li tato podmínka, je nutné volit větší tepelný odpor podlahy, například větší tloušťku tepelné izolace.

Z měrných tepelných toků se stanoví celková potřebná otopná plocha podle vztahu 20.

$$S_p = \frac{Q_c}{q+q''} \quad [\text{m}^2] \quad (20)$$

$Q_c$  ... celková tepelná ztráta místnosti [W]

$q''$  ... měrný tepelný tok směrem shora dolů [W/m<sup>2</sup>]

U místnosti v nejvyšším podlaží je měrný tepelný tok směrem shora dolů roven nule.

Díky potřebné celkové otopné ploše nyní můžeme stanovit celkový otopný výkon podlahové plochy  $Q_p$  a tepelný výkon okrajové plochy  $Q_o$ , který je dán vzdáleností krajní trubky otopného hadu od stěny  $r$ .

Celkový otopný výkon podlahové plochy udává vztah (21)

$$Q_p = (q + q'') \cdot S_p \quad [\text{W}] \quad (21)$$

Tepelný výkon okrajové plochy  $Q_o$  o šířce  $r$  (která se stanoví podle vztahu 22), se stanoví podle vztahu 23.

$$r = \frac{2,3}{m} \quad [\text{m}] \quad (22)$$

$$Q_o = Q_p \cdot \frac{O_p}{S_p} \cdot \frac{0,448 \cdot l}{\text{tgh}\left(m \cdot \frac{l}{2}\right)} \quad [\text{W}] \quad (23)$$

$O_p$  ... obvod otopné podlahové plochy vymezené krajními trubkami [m]

Skutečný celkový výkon otopné plochy je dán prostým součtem celkového a okrajového tepelného výkonu viz vztah 24.

$$Q_{PC} = Q_p + Q_o \quad [\text{W}] \quad (24)$$

Výpočet všech otopných podlahových ploch byl proveden pomocí přizpůsobeného softwaru Microsoft Excel, který jsem si zapůjčil od pana Ing. Romana Vavříčky, Ph.D. Do připraveného programu se vyplní potřebné údaje (označené žlutými políčky), jako je například skladba podlahové konstrukce nad a pod otopným hadem, požadovaná vnitřní teplota vzduchu, povrchová teplota podlahy, skutečná plocha otopného hadu a skutečný obvod plochy otopného hadu.

Složení podlahy:		
Vrstvy nad trubkami	$s_i$ [m]	$\lambda_i$ [W/m·K]
dláždění	0,003	0,19
stavební tepidlo	0,002	0,8
cementový potěr	0,04	0,8
-	0	1

Vrstvy pod trubkami		
	$s_i$ [m]	$\lambda_i$ [W/m·K]
Řešazový systém	0,03	0,04
hydroizolace	0,004	0,2
tepelná izolace	0,12	0,034
hydroizolace	0,004	0,2
podkladový beton	0,2	1,35

Výpočet:	
$\lambda_e$ [W/m <sup>2</sup> ·K]	5,29
$\lambda_s$ [W/m <sup>2</sup> ·K]	0,22
$m$ [m <sup>2</sup> ]	9,06
$q$ [W/m <sup>2</sup> ]	22,35
$e$ [W/m <sup>2</sup> ]	4,05

Výpočet:	
$r$ [m]	0,25
$S_p$ [m <sup>2</sup> ] - skutečná plocha topného hada	17,70
$O_p$ [m] - skutečný obvod plochy topného hada	18,80
$Q_p$ [m <sup>2</sup> ]	467
$Q_{pc}$ [W]	529

Okrajové podmínky:	
Teplota vzduchu $t_i$ [°C]	20
Teplota vzduchu pod podlahou $t_{i,1}$ [°C]	5,5
Teplota povrchu podlahy $t_p$ [°C]	22,7
Součinitel přestupu tepla na povrchu podlahy $\alpha_p$ [W/m <sup>2</sup> ·K]	5,28
Položka podlahové otopné plochy v domě, tj. v podlahové nebo stropní konstrukci domu.	
Strop vpartě budovy; podlaha nad podléžkou/územní domem	
Součinitel přestupu tepla pod povrchem podlahy $\alpha_p'$ [W/m <sup>2</sup> ·K]	5,00
Vnější průměr potrubí $d$ [m]	0,017
Součinitel tepelné vodivosti vrstvy, kde jsou trubky zaláty $\lambda_{tr}$ [W/m·K]	0,8

Rozteč potrubí $l$ [m]	0,200
Střední teplota otopné vody $t_w$ [°C]	25,32

MAXIMÁLNÍ POVRCHOVÉ TEPLoty PRO NÁVRH PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ	
$t_p = 27$ až $28$ °C	u místností pro trvalý pobyt (obytné místnosti, kanceláře, ...)
$t_p = 30$ až $32$ °C	u pomocných místností, kde člověk jen příležitostně přechází (předstěna, chodby, schodiště)
$t_p = 32$ až $34$ °C	u místností, kde člověk převážně chodí bos (plovárny, lázně, koupelny)

Zlutá pole vyplň => Modrá se doplňovat

**Výpočet proběhl správně**

**START výpočtu zvolím si teplotu otopné vody !!!**

**START výpočtu zvolím si rozteč potrubí !!!**

**TISK**

Obr. 16: Program na výpočet podlahového vytápění pro místnost A03 v 2.NP

Z tabulky 7 v kapitole 2.4 je patrné, že není potřeba všechny místnosti vytápět. Pro zamezení pocitu chladu při dotyku podlahy a chodidla člověka je v některých místnostech položen otopný had s proudící vratnou otopnou vodou z okruhu vytápění v jiné místnosti. Položení otopného hadu znázorňují přiložené výkresové dokumentace. Všechny koupelny v objektu jsou vytápěna trubkovým otopným tělesem značky Buderus, s elektrickou topnou patronou. Trubkové otopné těleso není napojeno na systém podlahového vytápění, pro lepší tepelně vodivé vlastnosti je trubkové otopné těleso naplněno olejem.

Tab.9 Návrh podlahové otopné plochy v 2. NP

místnost	l [m]	Sp [m <sup>2</sup> ]	L1 [m]	Lp [m]	Lc [m]	Q [W]	m [m <sup>3</sup> /h]	ΔT [K]	dp [m]	w [m/s]
A03	0,2	17,7	89	6,2	95	529	114	4	0,016	0,16
A04	0,3	7,2	24	31	55	192	41	4	0,013	0,09
A				15,5	16	721	155	4	0,013	0,33
B02	0,3	18,1	60,3	7,7	68	450	97	4	0,013	0,20
B04	0,3	10,7	35,7	35	71	276	59	4	0,013	0,12
B				16,8	17	726	156	4	0,013	0,33
C03	0,35	14,7	42	22,7	65	309	66	4	0,013	0,14
C				16,8	17	309	66	4	0,013	0,14
D04	0,25	10,9	43,6	24,3	68	272	58	4	0,013	0,12
D				16	16	272	58	4	0,013	0,12
E04	0,35	13,1	37,4	21	58	262	56	4	0,013	0,12
E04-2	0,25	4,2	16,8	18,7	36	121	26	4	0,013	0,05
E05	0,35	10,3	29,5	34,3	64	208	45	4	0,013	0,09
E				1,6	2	590	127	4	0,013	0,27
F03	0,15	9,2	61,3	9,5	71	278	60	4	0,013	0,13
F04	0,35	35,7	102,0	12,2	114	670	144	4	0,013	0,30
F				34,3	34	948	204	4	0,013	0,43
G03	0,25	26,0	104,2	9,4	114	627	135	4	0,016	0,19
G04	0,25	8,0	32,0	14	46	236	51	4	0,013	0,11
G				12,2	12	863	185	4	0,013	0,39
H03	0,3	16,1	53,7	36	90	385	83	4	0,013	0,17
H04	0,35	9,9	28,3	34	62	238	51	4	0,013	0,11
H				16,2	16	623	134	4	0,013	0,28
I02	0,1	18,8	188,0	12,5	201	630	135	4	0,016	0,19
I03	0,3	8,0	26,7	37	64	211	45	4	0,013	0,10
I				1,9	2	842	181	4	0,013	0,38
J03	0,35	7,5	21,4	6,7	28	153	33	4	0,013	0,07
J04	0,35	5,0	14,3	10,5	25	138	30	4	0,013	0,06
J04-2	0,35	12,3	35,1	19,2	54	293	63	4	0,013	0,13
J				10	10	585	126	4	0,013	0,26

Návrh podlahového vytápění všech vytápěných místností obsahují přílohy na přiloženém CD.

Celkový potřebný výkon podlahové plochy je 46,3 kW. Na tento požadavek byl navrhnut výkon zdroje tepla. Potřebný výkon je nižší než celková tepelná ztráta objektu, tento rozdíl vzhledem k velkému počtu místností je zanedbatelný. Ve všech koupelnách tepelnou ztrátu nahrazují trubková otopná tělesa s elektrickou topnou tyčí. V místnosti s malou tepelnou ztrátou je v podlaze veden otopný had s vratnou vodou.

### 3.6 Pojistné a zabezpečovací zařízení

Pojistné zařízení chrání otopnou soustavu proti překročení nejvyššímu dovolenému přetlaku. Tímto zařízením může být pojistný ventil nebo otevřená expanzní nádoba, které je připojeno ke zdroji tepla neuzavíratelným pojistným potrubím. Zabezpečovací zařízení chrání otopnou soustavu proti náhlým kolísání teplot a tím způsobenou změnu vodního objemu v soustavě. Tímto zařízením může být otevřená expanzní nádoba nebo tlaková expanzní nádoba, která je z důvodu kontroly expanzní nádoby připojena na otopnou soustavu uzavíratelným potrubím.

#### Návrh zabezpečovacího zařízení

Z důvodu uzavřené otopné soustavy a provozních a technických podmínek jsem zvolil jako zabezpečovací zařízení tlakovou expanzní nádobu, která je umístěna v technické místnosti. Objem tlakové expanzní nádoby se stanoví podle vzorce 25.

$$V_{en} = 1,3 \cdot V_0 \cdot n_{en} \cdot \frac{1}{\eta} \quad [l] \quad (25)$$

$V_0$  ... objem vody v otopné soustavě [l]

$n_{en}$  ... součinitel zvětšení objemu, určená podle tabulky 10 [-]

$\eta$  ... stupeň využití expanzní nádoby stanoven podle vztahu 26 [-]

Tab. 10: Součinitel zvětšení objemu [32]

$\Delta t = t_{max} - 10$ [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
$\Delta t = t_{max} - 10$ [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

$$\eta = \frac{p_{h,dov,A} - p_{d,A}}{p_{h,dov,A}} \quad [-] \quad (26)$$

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

$p_{d,A}$  ... hydrostatický absolutní tlak, stanoven podle vztahu 27 [kPa]

$$p_{d,A} = \rho \cdot g \cdot h + p_B \quad [kPa] \quad (27)$$

$h$  ... výška vodního sloupce [m]

$p_B$  ... barometrický tlak [kPa]

Podle vztahu 25 jsem vypočítal objem tlakové expanzní nádoby na hodnotu 192,5 l. Zvolil tlakovou expanzní nádobu značky Buderus o objemu 200 l.



### 3.7 Regulace výkonu otopné soustavy

Výkony jednotlivých otopných ploch jsou stanoveny na nejnepříznivější venkovní teplotu, která většinou trvá velmi krátkou dobu nebo tato teplota vůbec není dosažena. Je-li teplota vyšší, než na kterou se stanovil výkon otopné plochy, je otopná plocha výkonově předimenzována a nespĺňuje požadavek na tepelný komfort. Z tohoto a ekonomického hlediska je nutno výkon podlahové plochy regulovat (snižovat).

Regulaci výkonu otopné plochy lze provést dvěma způsoby, a to změnou teploty nebo změnou průtoku. Jeden ze způsobů regulace výkonu otopné plochy se nazývá kvalitativní. Při tomto způsobu regulace zůstává konstantní průtok s měnící se teplotou otopné vody. Teplota otopné vody se mění přímo ve zdroji a díky tomu se mění i výkon zdroje tepla nebo se vratná otopná voda směšuje ve směšovací armatuře (trojcestný, čtyřcestný směšovací ventil) s přívodní otopnou vodou. Efektivní regulací výkonu zdroje tepla je regulace vůči venkovní teplotě. Venkovní teplotu snímá správně umístěné venkovní čidlo propojené s řídicí jednotkou zdroje tepla. Umístění čidla se nesmí zanedbat, přednostně se čidlo umísťuje na jižní stranu budovy. Čidlo nesmí být ovlivněno okolními vlivy jako, je například výfuk znehodnoceného vzduchu z budovy, dopad slunečního záření

a podobně.

Druhým způsobem regulace výkonu otopné plochy je regulace kvantitativní. Tento způsob regulace spočívá změnou průtok za konstantní teploty otopné vody. Průtok otopné vody se rozdělí v rozdělovací armatuře nebo se průtok sníží (trojcestný ventil, přizavřený regulační šroubení). Při tomto způsobu regulace se výkon otopné plochy reguluje pomocí termostatickému ventilu, který je napojen na prostorové teplotní čidlo umístěné v místnosti.

V objektu byly navrženy dva závěsné kondenzační plynové kotle značky Buderus Logamax GB192i o výkonu 25 kW. Výkon kotlů je řízen podle aktuální venkovní teploty. Venkovní čidlo, které je umístěno na jižní venkovní stěně budovy je napojeno na modulační digitální regulátor značky Buderus Logamatic 4323, který je rozšířen o přídatné moduly. Moduly řídí provoz kaskády dvou kotlů, čtrnáct směšovaných okruhů podlahového vytápění a dva okruhy pro přípravu teplé vody.



Obr. 17: Modulační regulátor značky Buderus Logamatic 4323 [33]

Výkony jednotlivých otopných ploch podlahového vytápění jsou regulovány podle vnitřní teploty prostorovým elektromechanickým pokojovým termostatem značky Siemens RAA41, který je umístěn v každé místnosti. Tento prostorový termostat komunikuje s kulovým kohoutem se servopohonem značky IMI Hydronic CV216 MZ s možností přednastavení. Podle potřeby k dodržení tepelného komfortu se ventil uzavírá nebo otevírá.



Obr. 18: Pokojový termostat Siemens RAA41 a kulový kohout IMI Hydronic CV216 MZ [34;35]

### 3.8 Hydraulická regulace

Hydraulická regulace neboli hydraulické vyvážení otopné soustavy je dáno danou vyhláškou 193/2007 Sb. Pokud nedojde ke správnému hydraulickému vyvážení otopné soustavy, otopná soustava nebude správně pracovat. Nedojde tedy k dosažení tepelného komfortu ve vytápěné místnosti. V tomto případě otopná voda proudí k nejbližší otopné ploše v nedostatečném množství. K dosažení potřebného průtoku ve všech otopných plochách se musí celá otopná soustava hydraulicky vyvážit. Hydraulické vyvážení se provádí pomocí regulačního šroubení a termostatického ventilu, na kterém se nastaví potřebná tlaková ztráta k potřebnému průtoku otopné vody. Hydraulické vyvážení se provádí vůči okruhu, který má nejvyšší tlakovou ztrátu. V první řadě se stanoví celková tlaková ztráta všech okruhů osazených regulačním šroubením a termostatickým ventilem na jeden rozdělovač a sběrač. Při výpočtu těchto tlakových ztrát se výpočet provádí za plně otevřených armatur a zjistí se nejvyšší tlaková ztráta okruhu.

Tlakové ztráty třením a místními odpory tvoří celkovou tlakovou ztrátu  $\Delta p_z$ . Tato ztráta se stanoví podle vztahu 26.

$$\Delta p_z = \Delta p_{zt} + \Delta p_{zm} \quad [\text{Pa}] \quad (28)$$

$\Delta p_{zt}$  ... tlaková ztráta způsobena vlivem tření, stanovená podle vztahu 29 [Pa]

$\Delta p_{zm}$  ... tlaková ztráta způsobena vlivem místními odpory, stanovená podle vztahu 30 [Pa]

Tlaková ztráta vlivem tření závisí na jmenovité světlosti, délce a drsnosti potrubí, a rychlosti proudění otopné vody. Tato ztráta je daná vztahem 31.

$$\Delta p_{zt} = p_2 - p_1 = \lambda \cdot \frac{l}{d_i} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho = R \cdot l \quad [\text{Pa}] \quad (31)$$

$\lambda$  ...součinitel tření [-]  
 $l$  ...délka potrubí [m]  
 $d_i$  ...světlost potrubí [m]  
 $w$  ... rychlost proudění vody [m/s]  
 $\rho$  ... hustota prouděné vody [kg/m<sup>3</sup>]  
 $R$  ...měrná tlaková ztráta [Pa/m]

Tlaková ztráta místními odpory vzniká narušením proudu otopné vody vlivem směru nebo průřezu potrubí. Tato ztráta je daná součinitelem místního odporu, která je udávána výrobcem. Tato tlaková ztráta se vypočítá podle vztahu 32.

$$\Delta p_{zm} = \sum_{i=1}^n \xi_i \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho = Z \quad [\text{Pa}] \quad (32)$$

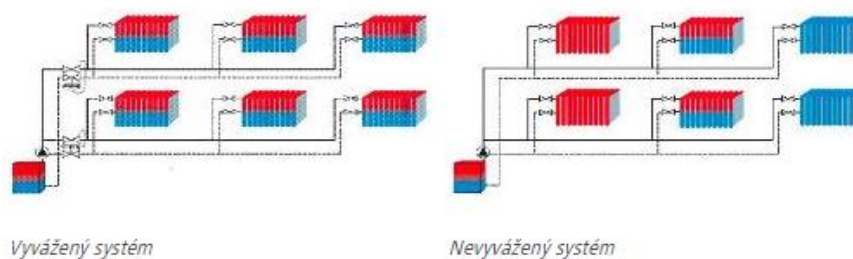
$\xi$ ...součinitel místní ztráty [-]

Tlakový rozdíl mezi největší tlakovou ztrátou okruhu a ostatních okruhů připojené na jeden rozdělovač a sběrač se musí hydraulicky vyvážit pomocí přednastavení regulačního šroubení a termostatických ventilů. Vyvažování se nejprve provádí regulačním šroubením a poté termostatickým ventilem. Při škrcení pomocí termostatického ventilu se snižuje pásmo proporcionality, tedy omezení zdvihu kuželky v termostatickém ventilu a tím zmenšení rozsahu regulované teploty. K určení polohy přednastavení termostatického ventilu nebo regulačního šroubení nám složí tzv.  $k_v$  hodnota, kterou udávají výrobce. Ze vztahu 33 můžeme určit celkovou tlakovou ztrátu  $\Delta p_v$ .

$$k_v = \sqrt{\frac{\Delta p_o}{\Delta p_v}} \cdot \dot{m} \quad [\text{kg/h}] \quad (33)$$

$\dot{m}$ ...hmotnostní průtok proudící armaturou [kg/h]  
 $\Delta p_o$ ... tlaková ztráta plně otevřené armatury, uvažují 100 kPa [kPa]  
 $\Delta p_v$ ... tlaková ztráta ventilu [kPa]

Na obrázku 19 je patrný rozdíl mezi hydraulicky vyváženou a nevyváženou otopnou soustavou.



Obr. 19: Vyvážená a nevyvážená otopná soustava [37]

Tab. 11: Hydraulické vyvážení potrubní sítě v 2. NP

místnost	Lc [m]	Q [W]	$\Delta T$ [K]	dp [m]	w [m/s]	$\lambda$ [-]	R [Pa/m]	Pc [Pa]	Kv kk [-]	Pkk+Pc [Pa]	kvRŠ [-]	doškrtit [Pa]	kv RŠ [-]	Pc [Pa]	nedoškr. [Pa]
A03	95	529	4	0,016	0,16	0,043	33,4	3260,7	2,5	3468,7	1,55	0		4009,8	0,0
A04	55	192	4	0,013	0,09	0,053	15,2	869,7	0,63	1299,9		2709,9	0,25	4031,6	-21,8
A	16	721	4	0,013	0,33	0,038	154,0	2387,5							
B02	68	450	4	0,013	0,20	0,043	67,5	4697,6	2,5	4848,0	1,55	0		5239,5	0
B04	71	276	4	0,013	0,12	0,048	28,6	2109,9	1	2462,7		2776,8	0,35	5342,3	-102,8
B	17	726	4	0,013	0,33	0,038	155,8	2617,9							
C03	65	309	4	0,013	0,14	0,047	35,0	2370,1	2,5	2441,2	1,55	0		2626,2	0
C	17	309	4	0,013	0,14	0,047	35,0								
D04	68	272	4	0,013	0,12	0,048	28,0	1995,5	2,5	2050,5	1,55	0		2193,6	0
D	16	272	4	0,013	0,12	0,048	28,0								
E04	58	262	4	0,013	0,12	0,049	26,2	1578,1	2,5	1629,0	1,55	0		1761,3	0,0
E04-2	36	121	4	0,013	0,05	0,059	6,8	249,6	2,5	260,5		1500,8	0,21	1802,0	-40,7
E05	64	208	4	0,013	0,09	0,052	17,4	1151,9	2,5	1183,9		577,4	0,55	1845,4	-84,1
E	2	590	4	0,013	0,27	0,040	108,6	173,7							
F03	71	278	4	0,013	0,13	0,048	29,0	2134,7	0,63	3037,5		13910,2	0,16	17034,5	-86,8
F04	114	670	4	0,013	0,30	0,039	135,6	15745,3	2,5	16079,2	1,55	0		16947,7	0
F	34	948	4	0,013	0,43	0,035	248,8	8534,6							
G03	114	627	4	0,016	0,19	0,041	45,0	5298,0	2,5	5590,0	1,55	0		6349,7	0
G04	46	236	4	0,013	0,11	0,050	21,8	1041,6	2,5	1082,9		5266,7	0,22	6421,5	-71,9
G	12	863	4	0,013	0,39	0,036	211,0	2573,9							
H03	90	385	4	0,013	0,17	0,044	51,4	4749,9	2,5	4860,2	1,55	0		5146,9	0
H04	62	238	4	0,013	0,11	0,050	22,1	1417,3	2,5	1459,3		3687,6	0,27	5056,6	90,3
H	16	623	4	0,013	0,28	0,039	119,3	1931,9							
I02	201	630	4	0,016	0,19	0,041	45,4	9373,2	2,5	9668,4	1,55	0		10436,2	0
I03	64	211	4	0,013	0,10	0,052	18,0	1202,5	2,5	1235,8		9200,4	0,15	10460,9	-24,7
I	2	842	4	0,013	0,38	0,037	202,0	383,9							
J03	28	153	4	0,013	0,07	0,056	10,3	302,2	2,5	319,7		1697,6	0,25	2068,0	-50,7
J04	25	138	4	0,013	0,06	0,057	8,6	222,9	2,5	237,2		1780,1	0,23	1919,5	97,8
J04-2	54	293	4	0,013	0,13	0,048	31,9	1787,6	2,5	1851,4	1,55	0		2017,3	0
J	10	585	4	0,013	0,26	0,040	106,8	1100,3							

Návrh hydraulického vyvážení podlahového vytápění všech vytápěných místností viz přílohy na přiloženém CD.

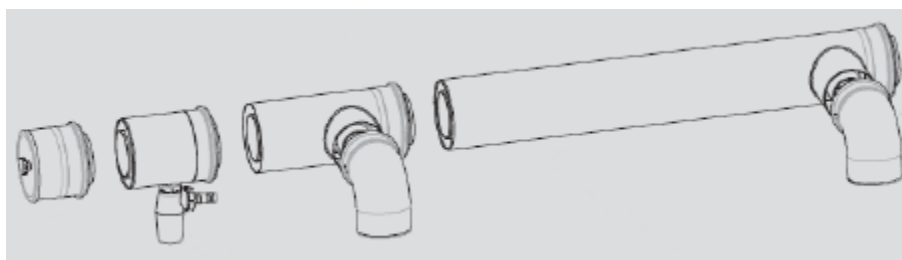
Hydraulické vyvážení musí být provedeno tak mezi jednotlivými větví potrubní sítě, která jsou napojena na jedno stoupačí potrubí. Toto vyvážení jsem provedl pomocí vyvažovacích ventilů s možností přednastavení.

Hydraulické vyvážení bylo navrženo s regulačním šroubením značky Ivar DD331, Ivar DS301, Giacomini R17, IMI Heiner. K hydraulickému vyvážení jsem použil vyvažovací ventil značky Ivar, Danfoss a hydronic. Typ a pozice přednastavení regulačního šroubení, termostatického a vyvažovacího ventilu jsou znázorněny ve výkresové dokumentaci. Z důvodu rozdílných středních teplot v otopném hadu, je potřeba otopnou vodu na výstupu z rozdělovače směřovat s pomocí směšovací trojcestnou armaturou. K tomuto účelu byli navrženy třícestné směšovací armatury vhodné jmenovité světlosti, které jsou osazeny na vratné potrubí před sběrač. Na rozdělovač a sběrač je napojeno celkem čtrnáct topných okruhů a dvě okruhy určené pro přípravu teplé vody. Každý okruh má své vlastní čerpadlo značky Grundfos, která jsou navržena na daný hmotnostní průtok okruhu a tlakovou ztrátu. Směšovací armatury a čerpadla jsou znázorněna ve výkresové dokumentaci.

## 4. Zdroj tepla

### 4.1 Volba zdroje tepla

Jako zdroj tepla pro vytápění a přípravu teplé vody byla pro tuto budovu navržena kaskáda dvou závěsných kondenzačních kotlů značky Buderus Logamax GB192i, každý o výkonu 25kW. Tyto kondenzační kotle jsou napojeny do kaskády, takže umožňují společný výkon až 50 kW. Minimální výkon jednoho kotle při teplotním spádu 50/30 °C je 2,8 kW. Díky dobrému a plynule regulovatelnému výkonu zdroje tepla umožňuje toto zapojení využití širokého rozsahu výkonu od 2,8 až do 50 kW. Jelikož kondenzační kotle využívají také teplo obsažené ve spalinách, dosahují tímto nižší spotřebu paliva. Provoz této kaskády není závislý na vzduchu v místnosti kde se kotle nacházejí. Jsou provozovány jako plynový spotřebič typu C. Dle projekčních podkladů výrobce kondenzačního kotle tato kaskáda umožňuje nasátí spalovacího vzduchu a vyústění spalin až ve výšce 36 m, za předpokladu, že potrubí sběrače spalin bude koncentrické o rozměru DN110/160 a přípojovací potrubí kotle DN80/125 s bočním vstupem do kotle (viz obrázek 20). Komín bude v nejdříve možném místě vytažen na vnější stranu fasády budovy, po které bude pokračovat nad střechu objektu s převisem 500 mm.

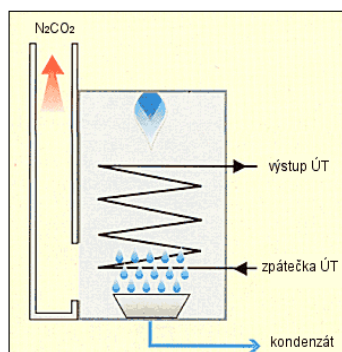


Obr. 20: Koncentrické odkouření kaskády [33]

### Princip kondenzačního kotle

Při spalování paliva (zemního plynu, propanu), vzniká určité množství vodní páry, která s oxidem uhličitým tvoří spaliny hoření. Tyto spaliny odcházejí spolu s částí tepelné energie v podobě latentního tepla. Pokud se tyto spaliny ochladí, dojde ke kondenzaci vodní páry a tím dojde k uvolnění latentního tepla. Uvolněné latentní teplo se využívá k předehřevu výměníku vratné otopné vody (obrázek 21) [25].

Proto teoretická účinnost spalování zemního plynu vztažená k výhřevnosti dosahuje až 108 %.

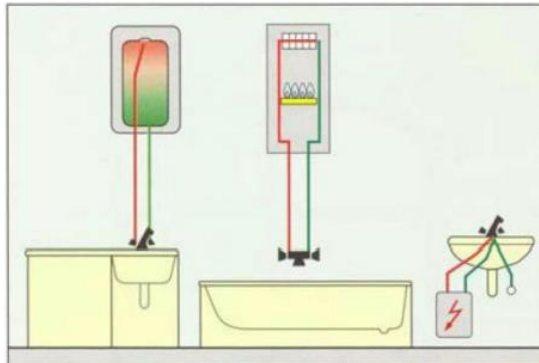


Obr. 21: Princip kondenzačního kotle [46]

## 4.2 Příprava teplé vody

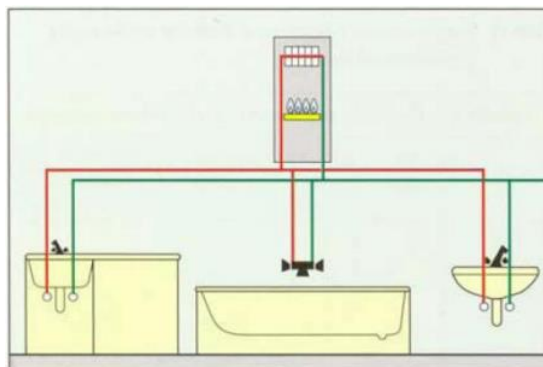
Teplá voda je zdravotně nezávadná voda, která ale není určena přímo k pití nebo k vaření. Teplá voda je přednostně určena na umývání nádobí, koupání a úklidu. Teplota teplé vody se pohybuje od 55 do 60 °C.

Teplou vodu můžeme připravit třemi způsoby. Prvním způsobem je lokální příprava teplé vody. Při tomto způsobu ohřevu teplé vody (obrázek 22), má každý spotřebič svůj vlastní zdroj teplé vody. Tento zdroj může být v podobě zásobníkového nebo průtokového ohřívače.



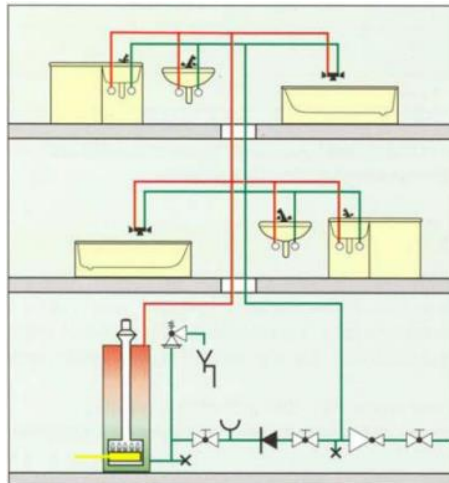
Obr. 22: Lokální ohřev teplé vody [47]

Dalším způsobem ohřevu teplé vody je centrální ohřev (obrázek 23). Na rozdíl od lokálního ohřevu teplé vody, je napojeno na jeden zdroj více spotřebičů. Tento zdroj může být v podobě zásobníkového nebo průtokového ohřevu teplé vody.



Obr. 23: Centrální ohřev teplé vody [47]

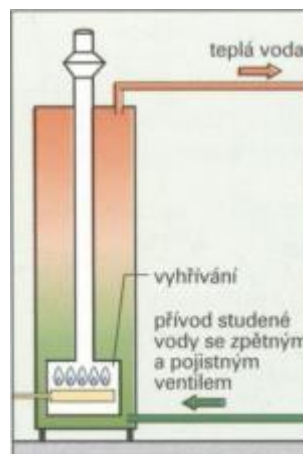
Posledním možným způsobem ohřevu teplé vody je ústřední (obrázek 24). Při tomto způsobu je zásobováno více odběrných spotřebičů na jeden zdroj teplé vody.



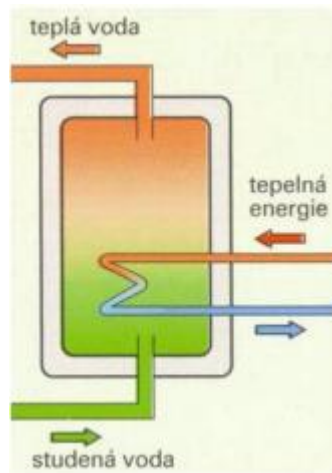
Obr. 24: Ústřední ohřev teplé vody [47]

Další rozdělení je podle konstrukce ohřívače. Konstrukce ohřívače teplé vody může být zásobníková nebo průtoková. Zásobníkový ohřívač teplé vody ohřívá vodu v zásobníku teplé vody a také ji akumuluje, dokud se teplá voda nespotřebuje. Tento ohřev může být přímý nebo nepřímý. V případě přímého ohřevu (obrázek 25) je tepelná energie přímo dodávána teplé vodě. U nepřímého ohřevu teplé vody (obrázek 26), se tepelná energie obsažená v teplosměnné látce předává pomocí teplosměnné plochy (většinou v podobě měděného potrubí stočeného do spirály.

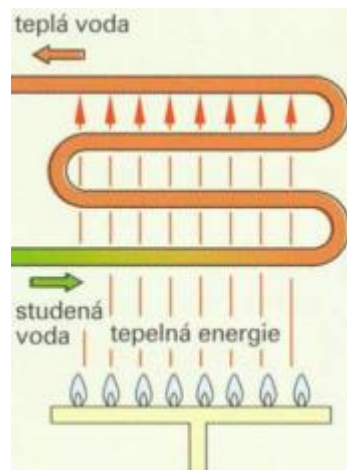
Průtokový ohřívač teplé vody (obrázek. 27), nastává ohřev při průtoku vody, voda se tedy někde neakumuluje. Ohřev teplé vody může být pomocí elektrického nebo plynového ohřívače.



Obr. 25: Přímý zásobníkový ohřívač teplé vody [47]



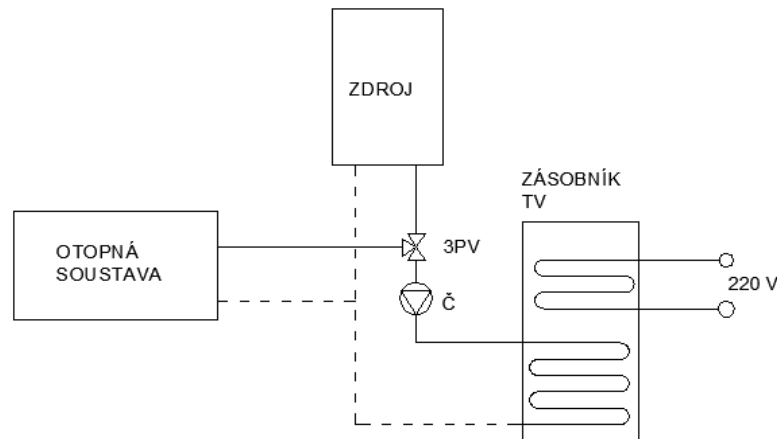
Obr. 26: Nepřímý zásobníkový ohřivač teplé vody [47]



Obr. 27: Průtokový ohřivač teplé vody [47]

V této diplomové práci jsem navrhl přípravu teplé vody s přednostní přípravou teplé vody. Přípravu teplé vody obstará zdroj tepla na vytápění. Dojde-li k poklesu teploty v zásobníku teplé vody, výkon vzroste na 100% výkon zdroje tepla a integrovaný třicestý přepínací ventil se přepne do polohy pro ohřev teplé vody. Na obrázku 28 můžeme vidět stručné schéma zapojení celého systému. V tomto případě je nepřímo ohříván zásobník opatřen elektrickou topnou patronou, která slouží jako záložní zdroj při poruše kondenzačních kotlů nebo při přerušené dodávce paliva. Jednou z hlavních výhod je využití tepelného výkonu zdroje tepla ne maximální hodnotu. Při ohřevu teplé vody není v provozu otopná soustava, ale díky tepelné setrvačnosti otopné soustavy nedojde k tepelné nepohodě člověka. Z tohoto důvodu ohřev teplé vody musí trvat co nejkratší možnou dobu (tato doba by neměla překročit 10 minut).





Obr. 28: Systém přednostní přípravy teplé vody

Čerpadlo označené písmenem Č, je stanoveno na tlakovou ztrátu úseku pro přípravu teplé vody.

#### 4.2.1 Stanovení objemu zásobníku

Velikost zásobníku teplé vody nesmíme podcenit. Navrhne-li se zásobník teplé vody o menším objemu, než je zapotřebí, nemusí být splněna potřeba teplé vody. Na druhou stranu, navrhne-li zásobník teplé vody o mnohem větším objemu, než je zapotřebí, bude docházet k větším tepelným ztrátám a tím bude provoz přípravy teplé vody ekonomicky náročnější. Výpočet velikosti zásobníku teplé vody udává norma ČSN 06 0320 – Tepelné soustavy v budovách, norma ČSN EN 15 316-3 nebo norma DIN 4708 – Centrální zařízení pro ohřev vody.

#### Stanovení objemu zásobníku

Výpočet velikosti zásobníku teplé vody podle této normy je poměrně jednoduchý. Nejprve je zapotřebí stanovení potřeby teplé vody za zvolenou periodu (v mém případě 24 hodin). Podle vztahu 34 můžeme stanovit celkovou potřebu teplé vody  $V_{2p}$ .

$$V_{2p} = V_o + V_j + V_u \quad [\text{m}^3/\text{den}] \quad (34)$$

$V_o$ ...potřeba teplé vody pro mytí osob  $[\text{m}^3/\text{den}]$

$V_j$ ... potřeba teplé vody pro mytí nádobí  $[\text{m}^3/\text{den}]$

$V_u$ ... potřeba teplé vody pro úklid  $[\text{m}^3/\text{den}]$

Potřeba teplé vody pro mytí osob se stanoví podle vztahu 35.

$$V_o = n_l \cdot \sum_{i=1}^n V_{di} = n_l \cdot \sum_{i=1}^n (n_{di} \cdot U_{3i} \cdot \tau_{di} \cdot p_{di}) \quad [\text{m}^3/\text{den}] \quad (35)$$

$V_{di}$ ...objem dávky za den  $[\text{m}^3]$

$n_l$ ...počet uživatelů [-]

$n_d$ ...počet dávek [-]

$\tau_{di}$ ...doba dávky [h]

$U_{3i}$ ...objemový průtok teplé vody při teplotě  $t_3$  do výtoku  $[\text{m}^3/\text{h}]$

$p_{di}$ ...součinitel prodloužení doby dodávky [-]

Potřeba teplé vody pro mytí nádobí se stanoví podle vztahu 36.

$$V_j = n_j \cdot V_d \quad [\text{m}^3/\text{den}] \quad (36)$$

$n_j$ ...počet jídel [-]

Potřeba teplé vody pro úklid se stanoví podle vztahu 37.

$$V_u = n_u \cdot V_d \quad [\text{m}^3/\text{den}] \quad (37)$$

$n_u$ ... výměra ploch [-]

Při určení potřebné dávky teplé vody na mytí osob  $V_d$  může nastat problém, z důvodu individuálního chování uživatele. Proto norma ČSN 06 0320 udává množství teplé vody na jednoho uživatele, ale tato hodnota je značně předimenzovaná. Celková potřeba teplé vody dle normy ČSN 06 0320 doporučuje celkovou potřebu teplé vody  $V_{2p} = 0,082 \text{ m}^3/\text{osoba.den}$ . Reálná hodnota potřeby teplé vody se pohybuje od 0,04 do 0,05  $\text{m}^3/\text{osoba.den}$ . Tato norma umožňuje stanovení objemu zásobníku podle odebraného tepla z ohříváče teplé vody za danou periodu  $Q_{2p}$ . Objem zásobníku teplé vody se stanoví podle vztahu 38.

$$Q_{2p} = Q_{2t} + Q_{2z} = (1 + z) \cdot Q_{2t} = \frac{(1+z) \cdot V_{2p} \cdot \rho \cdot c \cdot (t_2 - t_1)}{3600 \cdot 1000} \quad [\text{kWh}/\text{den}] \quad (38)$$

$Q_{2t}$ ...teoretické teplo odebrané z ohříváče teplé vody  $[\text{kWh}/\text{den}]$

$Q_{2z}$ ...teplo ztracené při ohřevu a distribuci teplé vody  $[\text{kWh}/\text{den}]$

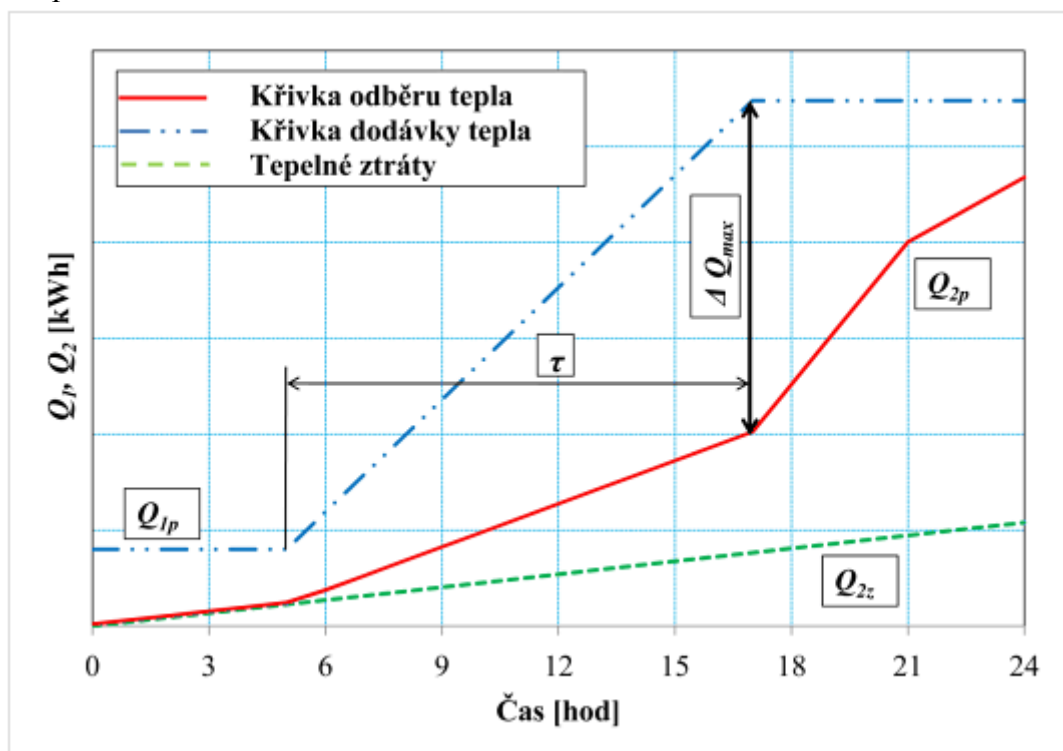
$z$ ...poměrná ztráta tepla při ohřevu a distribuci [-]

$t_2$ ...teplota teplé vody  $[\text{°C}]$

$t_1$ ...teplota studené vody  $[\text{°C}]$

Hodnota poměrné ztráty tepla při ohřevu a distribuci teplé vody závisí na tepelné izolaci rozvodu a celého zásobníku teplé vody. Pro novostavby a bytové domy se standardní tloušťkou izolace, se tato hodnota pohybuje od 0,3 do 0,5 [-]. Teplota teplé a studené vody byla uvažována 55 a 10 °C.

Z odebraného tepla z ohřivače a tepla ztraceného při ohřevu a distribuci teplé vody se sestaví křivky odběru a dodávky tepla v dané periodě. Tyto hodnoty je nutné znát v závislosti danou periodu. Pro zjednodušení je možné zvažovat časový rozbor odběru teplé vody, který uvádí norma ČSN 06 0320. Následující graf (Graf 3) znázorňuje křivky odběru a dodávky tepla v časově omezené dodávce tepla. Pokud by byl graf sestaven s nepřetržitou dodávkou tepla, byla by křivka dodávky tepla konstantně rostoucí. Pokud křivka odběru tepla protne křivku dodávky tepla, nastane nedostatek tepla pro ohřev vody na požadovanou teplotu. Mezi těmito křivkami musí být dostatečná rezerva alespoň 15 %.



Graf 3: Křivky odběru a dodávky tepla s časově omezenou dodávkou tepla [48]

Objem zásobníku se stanoví podle grafu 3 vztahem (39).

$$V_z = \frac{\Delta Q_{max}}{\rho \cdot c \cdot (t_2 - t_1)} \cdot 3600 \cdot 1000 \quad [m^3] \quad (39)$$

$\Delta Q_{max}$  ... maximální rozdíl teplot mezi křivkou dodávky a odběru tepla [kWh]

Tepelný výkon zdroje tepla se stanoví podle vztahu (40).

$$P_z = \left( \frac{Q_1}{\tau} \right)_{max} \quad [W] \quad (40)$$

$\tau$  ... čas ohřevu [h]

### Stanovení objemu zásobník dle normy ČSN EN 15 316-3

Při návrhu objemu zásobníku dle normy ČSN EN 15 316-3, je podstatné správně stanovit potřebu teplé vody, při výstupní teplotě 60 °C. Tato norma uvádí přímo tabulky (tabulka 12) a jednoznačně nám tak ulehčí výpočet. Potřeba teplé vody se stanoví podle vztahu 41.

$$V_{W,day} = V_{wf,day} \cdot f \quad [\text{m}^3/\text{den}] \quad (41)$$

$V_{wf,day}$  ... specifická potřeba teplé vody při teplotě 60 °C [m<sup>3</sup>/měrná jednotka.den]

$f$  ... počet měrných jednotek [-]

Tab. 12: Potřeba teplé vody při teplotě 60 °C, dle druhu budovy [49]

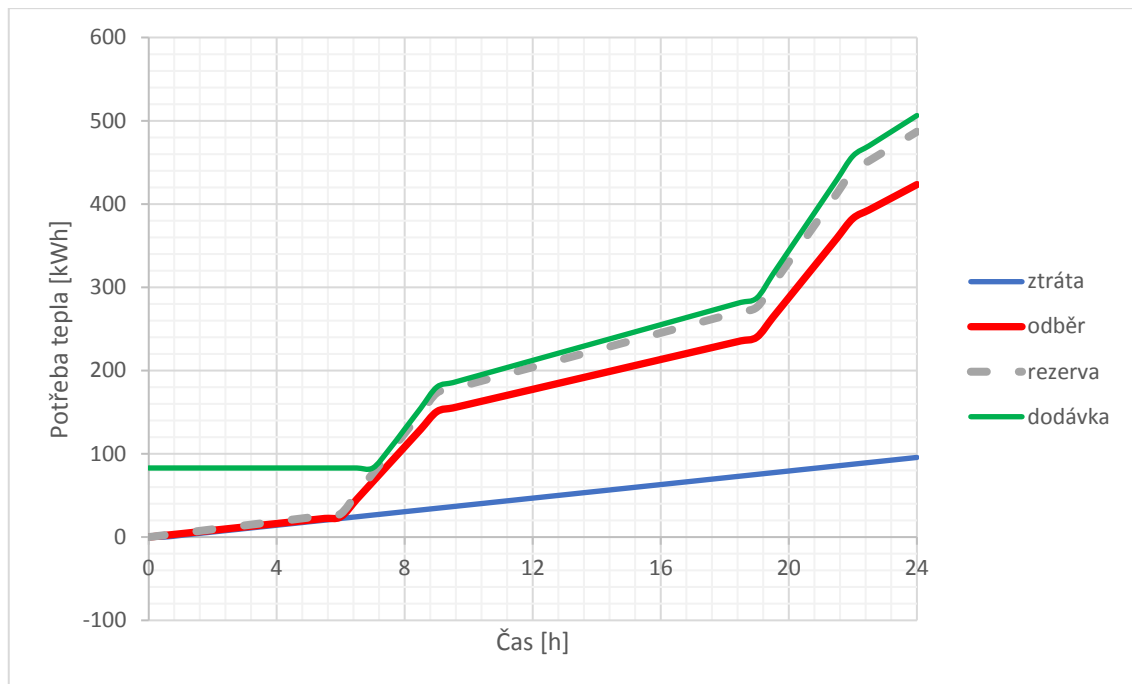
Druh budovy	Specifická potřeba teplé vody $V_{W,f,day}$ [l/(měrná jednotka . den)]	Měrná jednotka
Rodinný dům	40 až 50	obyvatel
Bytový dům	40	obyvatel
Ubytovací zařízení	28	lůžko
Jednohvězdičkový hotel bez prádelny	56	lůžko
Jednohvězdičkový hotel s prádelnou	70	lůžko
Dvouhvězdičkový hotel bez prádelny	76	lůžko
Dvouhvězdičkový hotel s prádelnou	90	lůžko

Dále tato norma také uvádí procentuální potřebu teplé vody v daném časovém úseku. Při sestavování křivky odběru a dodávky teplé vody jsem uvažoval 140 osob, potřebu vody o průtoku 40 l/osoba.den a tepelnou ztrátu celého systému 30 %. Dodávka teplé vody byla stanovena s minimální 15% rezervou oproti potřebě teplé vody. Ve výpočtu byla zohledněna akumulace tepla na začátku dne o velikosti 83 kW a teplota vstupní vody 10 °C.

Tabulka 13 znázorňuje procentuální odběr teplé vody v daný časový úsek. Podle grafu 4 jsem určil potřebný výkon zdroje tepla a objem zásobníku teplé vody za každý časový úsek (tabulka 14).

Tab. 13: Procentuální odběry v daný časový úsek dle ČSN EN 15 316-3

	čas. úsek	odběr	$Q_{2t}$ [kWh]
odběr	0h-6h	0%	0
	6h-9h	35%	114,0
	9h-19h	15%	48,8
	19h-22h	40%	130,3
	22h-24h	10%	32,6



Graf 4: Křivky odběru a dodávky tepla dle ČSN EN 15 316-3

Tab.14: Potřebný výkon zdroje tepla a objem zásobníku

	$\Delta Q_{m,i}$ [kWh]	$\tau$ [h]	$Q_z$ [kW]	$V_{tv}$ [m <sup>3</sup> ]
1	37,5	3	13	1,42
2	47,1	10	5	0,81
3	75,0	3	25	1,29
4	83,0	2	41	1,43

$\Delta Q_{m,i}$  ... maximální rozdíl mezi křivkou dodávky a odběru tepla za daný časový úsek [kWh]

$\tau_i$  ... doba ohřevu v daný časový úsek [h]

$Q_z$  ... potřebný výkon zdroje tepla v daný časový úsek [kW]

$V_{tv}$  ... objem zásobníku teplé vody v daný časový úsek [m<sup>3</sup>]

Podle tabulky 13 jsem zvolil parametry zásobníku teplé vody s nejvyššími hodnotami a navrhl jsem dva zásobníky teplé vody značky Buderus Logalux SU750 o objemu 750 litrů.

V kapitole 4.2 jsme zmiňoval použití elektrické topné patrony jako nouzového zdroje tepla. Bohužel pro tento případ se elektrická topná patrona nedá použít. Potřebný výkon na ohřev teplé vody je 41 kW, nejvyšší výkon elektrické patrony je 9 kW.

### Stanovení objemu zásobníku s přednostním přípravou teplé vody

Princip tohoto provozu je popsán v kapitole 4.2. Objem zásobníku teplé vody se stanoví ze vztahu 42.

$$Q_k = \frac{V_{TV} \cdot \tau_a}{y \cdot \rho \cdot c \cdot X_p} \quad [\text{W}] \quad (42)$$

$Q_k$  ... výkon kotle [W]

$\tau_a$  ... doba ohřevu [s]

$y$  ... korekční faktor odběru tepla ze zásobníku se stanoví podle tabulky 15 [-]

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

Tab. 15 : Korekční faktor odběru tepla ze zásobníku [48]

Zásobník TV	$y$ [-]	
	$\tau_a < 20$ minut	$\tau_a < 10$ 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

## 5. Vodovod

### 5.1 Obecně

Vodovod je potrubní síť, která rozvádí a dopravuje požadované množství pitné vody od zdroje (vodárna, vodojem, přírodní zdroj pitné vody, zásobník pitné vody atd.) přímo ke spotřebiteli. Hlavní rozdělení vodovodu je na vnitřní vodovod a veřejný vodovod.

### 5.2 Veřejný vodovod

Veřejný vodovod je vodovodní síť, která je využívána a provozována podle vyhlášky č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu. Veřejný vodovod je potrubní rozvod zajišťující dodávku vody pro velký počet obyvatel, který je veden ve veřejných prostorách z důvodu snadné opravy (pod nebo souběžně s pozemní komunikací). Potrubní síť veřejného vodovodu lze rozdělit na místní síť (tato síť zásobuje vodou pouze jednu obec nebo město), dále na skupinovou síť (zásobuje vodou několik měst nebo obcí) nebo na oblastní síť (zásobuje vodou velké množství spotřebišť). Dále lze potrubní síť rozdělit podle výškového uspořádání. Podle tohoto rozdělení se vodovod rozděluje na gravitační nebo výtlačné uspořádání. U gravitačního uspořádání není zapotřebí dodávaná energie (energie pro pohon čerpadla) k dopravování potřebného množství vody a tedy proudění vody zajišťuje pouze gravitační síla. Tento způsob má uplatnění pouze v případě, zda je úroveň zdroje pitné vody nad úrovní spotřebitele (vodojem). Opakem gravitačního způsobu je způsob výtlačný, který potřebuje dodávat energii (elektrická energie pro pohon čerpadla) pro dopravu potřebného množství vody. Na veřejné potrubní síti jsou udělány odbočky v podobě vodovodních přípojek k jednotlivým vodoměrům. Vodovodní přípojku můžeme považovat za část potrubí který propojuje veřejnou a vnitřní síť vodovodního rozvodu.

### 5.3 Vnitřní vodovod

Vnitřní vodovod je tvořen potrubní sítí od hlavního uzávěru vody až po výtokovou armaturu u spotřebiče. Potrubní rozvod vnitřního vodovodu se musí splňovat tyto uvedené předpisy: a) Vyhláška č. 137/1998 – „*požadavky na územně technické řešení staveb a na účelové a stavebně technické řešení staveb které náleží do působnosti obecných stavebních úřadů a orgánů obcí podle §117, 118, 119, 123 a 124 stavebního zákona*“ [53]

- b) ČSN EN 1717- „*Ochrana proti znečištění pitné vody ve vnitřních vodovodech a všeobecné požadavky na zařízení na ochranu proti znečištění zpětným průtokem*“ [53]
- c) ČSN EN 806 – „*Vnitřní vodovod pro rozvod vody určené k lidské potřebě*“ [33]
- d) ČSN 75 5455 – „*Výpočet vnitřních vodovodů*“ [53]

Pro splnění normy ČSN EN 1717, se instalují ochranné jednotky přímo na potrubní rozvod vody nebo jsou ochranné jednotky integrované například ve výtokové armatuře. Volba typu ochranné jednotky se volí podle normy ČSN EN 1717 a ČSN 73 6660.

Ochranné jednotky se rozdělují podle třídy tekutiny 1 až 5. Veškerá zařízení s pitnou vodou jsou označené třídou 1. Třídou 2 jsou označena za nápojové automaty, ohříváče vody, požární vodovody zásobované z rozvodu pitné vody. Pro tyto dvě třídy se značí ochranné jednotky písmeny EA a jako ochranný prvek se používá pružinový zpětný ventil.

Soustavy vytápění s otopnou vodou bez inhibitorů a čistící zařízení pro nápojová potrubí jsou označené třídou 3. Pro tuto třídu je ochranná jednotka typu CA a jako ochranný prvek se používá potrubní oddělovač.

Pro soustavy s otopnou vodou s inhibitory bazény s úpravnou vody, změkčovací zařízení a pro směšovací zařízení s chemikálií nesou označení třídy číslo 4. Pro tuto třídu je ochranná jednotka typu BA a jako ochranný prvek se používá potrubní oddělovač.

Tabulka 16 znázorňuje přehled ochranných jednotek pro třídu tekutiny 5.

Tab. 16: Ochranná jednotka třídy tekutiny 5 [53]

Zařízení	Třída	Schválené úrovně jednotek
Armatura s volným výtokem pro umyvadlo, dřez, sprchu, vanu	5	Ochranné jednotky odpovídající třídě 2 + EB, ED, HC
Vana s přítokem ponořeným pod horní okraj	5	Ochranné jednotky odpovídající třídě 3
Odběrný uzávěr se šroubením na připojení hadice	5	Ochranné jednotky odpovídající třídě 3
Zavodňovací systém trávníků - podzemní	5	Ochranné jednotky odpovídající třídě 4
Záchodová mísa (netýká se nádržkového splachovače) Bidet	5	AA Volný výtok neomezený AB Volný výtok s nekruhovým přepadem (neomezený) AD Volný výtok s injektorem DC Přerušovač průtoku s trvalým zavzdušněním z ovzduší (u tlakového splachovače)

Norma ČSN 806 popisuje výpočet vnitřního rozvodu vody pouze do pětipatrové budovy. Také podle uvedené normy nelze stanovit dimenzi pro cirkulační a požární potrubí. Nelze s touto normou počítat a potrubí vnitřního vodovodu se musí stanovit pouze podle normy ČSN 75 5455.

### Návrh světlosti potrubí podle normy ČSN 75 5455

Světlost potrubí rozvodu vody se stanovuje podle jednotlivého výpočtového průtoku  $Q_D$ . Tuto hodnotu stanovíme podle vztahu 43, který je dán pouze pro bytové, rodinné a administrativní domy.

$$Q_D = \sqrt{\sum_{i=1}^m (Q_{Ai}^2 \cdot n_i)} \quad [l/s] \quad (43)$$

$n_i$  ... počet odběrných stejných míst [-]

$Q_A$  ... jmenovitý výtok odběrného zařízení viz tabulka 16 [l/s]



Tab. 17: Jmenovité výtoky  $Q_A$  [52]

Výtokové armatury	DN	Jmenovité výtoky <sup>1)</sup> $Q_A$ l/s	Součinitel výtoku $f$		Minimální požadované hydrodynamické přetlaky $P_{minFI}$ kPa	
			Pro jednu výtokovou armaturu	Pro dvě a více výtokových armatur	Doporučené	Nejmenší
Výtokový ventil	15	0,2	1	1	100	50 <sup>5)</sup>
Výtokový ventil	20	0,4	1	1	100	50 <sup>5)</sup>
Bidetová souprava nebo směšovací baterie	15	0,1 <sup>2)</sup>	1	1	100	50
Nádržkový splachovač	15	0,15	0,7	0,7 <sup>4)</sup>	100	50
Automatická bytová pračka	15	0,2	1	1	---	100 <sup>7)</sup>
Bytová myčka nádobí	15	0,15	1	1	---	100 <sup>7)</sup>
Směšovací baterie u umyvadla, umývatka nebo umývacího žlabu	15	0,2 <sup>2)</sup> 3) 6)	0,65	1	100 <sup>3)</sup>	50 <sup>3)</sup>
Směšovací baterie u dřezu	15	0,2 <sup>2)</sup> 3)	1	1	100 <sup>3)</sup>	50 <sup>3)</sup>
Směšovací baterie sprchová	15	0,2 <sup>2)</sup> 3)	1	1	100 <sup>3)</sup>	50 <sup>3)</sup>
Směšovací baterie vanová	15	0,3 <sup>2)</sup> 3)	1	1	100 <sup>3)</sup>	50 <sup>3)</sup>
Tlakový splachovač pisoárové mísy bez odsávání nebo pisoárového stání	15	0,15	1	1	---	100
Tlakový splachovač pisoárové mísy odsávací	15	0,3	1	0,75	---	100
Tlakový splachovač záchodové mísy	20	1,2	0,85	0,85	---	120
<b>POZNÁMKY</b>						
1) Výtok vody pro zařízení, která nejsou v tabulce uvedena, se určí podle údajů výrobce nebo odhadne podle výtokové armatury, přes kterou jsou k vnitřnímu vodovodu napojena, např. výtokového ventilu na hadici.						
2) Hodnoty jmenovitého výtoku se používají pro stanovení výpočtového průtoku studené i teplé vody ke směšovací baterii.						
3) Hodnoty jmenovitého výtoku a nejmenšího požadovaného hydrodynamického přetlaku platí pro běžné směšovací baterie.						
4) Při dimenzování potrubí, např. užitkové vody, které zásobuje vodou pouze nádržkový splachovač, je součinitel výtoku $f = 1$ .						
5) Před výtokovými ventily na hadici musí být minimální požadovaný hydrodynamický přetlak $p_{minFI}$ nejméně 100 kPa.						
6) Při dimenzování potrubí podle vztahů (1) a (3), na které je napojena pouze jedna směšovací baterie a žádné jiné výtokové armatury, je jmenovitý výtok $Q_A = 0,13$ l/s.						
7) Před armaturou pro připojení automatické bytové pračky nebo bytové myčky nádobí.						

Podle vztahu 44 se určí předběžná jmenovitá světlost potrubí  $d_i$ .

$$d_i = 35,7 \cdot \sqrt{\frac{Q_D}{w_n}} \quad [\text{m}] \quad (44)$$

$w_n$  ... návrhová rychlost vody v potrubí, doporučené hodnoty viz tabulka 18 [m/s]

Tab. 18: Doporučené rychlosti proudění v potrubí [54]

Druh potrubí		Nejnižší doporučená rychlost $w_{min}$ [m/s]	Nejvyšší dovolená rychlost $w_{max}$ [m/s]
Přívodní potrubí při výpočtovém průtoku	Ocelové pozinkované potrubí	0,5	1,7
	Potrubí z nerezavějící oceli	0,5	2,0
	Měděné potrubí	0,5	2,0
	Potrubí z plastů nebo vnitřním plastovým povrchem	0,5	3,0
Cirkulační potrubí teplé vody. Trvalý odběr vody (déle než 30 min)	Ocelové pozinkované potrubí	0,2	0,5
	Potrubí z nerezavějící oceli	0,3	0,8
	Měděné potrubí	0,3	1,0
	Potrubí z plastů nebo vnitřním plastovým povrchem	0,3	1,5

Při návrhu jmenovité světlosti potrubí se musí také splnit podmínka nerovnosti, zohledňující dispoziční přetlak v místě napojení a tlakové ztráty vnitřního vodovodu. Není-li splněna nerovnice vztahu 45, musí se do systému vnitřního vodovodu navrhnout dodatečné oběhové čerpadlo

$$p_{dis} \geq p_{minFl} + p_g + p_{vodoměr} + p_{další\ pr} + p_{přípojka} + p_{bud} \quad (45)$$

$p_{disp}$  ... dispoziční přetlak v místě napojení vodovodní přípojky na vodovodní řad [Pa]

$p_{minFl}$  ... minimální požadovaný hydrodynamický přetlak u nejvýše položené výtokové armatury [Pa]

$p_g$  ... tlaková ztráta způsobená rozdílem mezi výškovou úrovní nejvyšší výtokové armatury a místa napojení vodovodní přípojky [Pa]

$p_{vodoměr}$  ... tlaková ztráta vodoměru [Pa]

$p_{další\ p}$  ... tlakové ztráty dalších zařízení (průtokové ohříváče vody, zařízení pro úpravu vody apod.) [Pa]

$p_{přípojka}$  ... součet místních a třecích ztrát ve vodovodní přípojce [Pa]

$p_{budova}$  ... součet místních a třecích ztrát potrubního rozvodu [Pa]

Dispoziční přetlak v místě napojení vodovodní přípojky na vodovodní řad uvažuju hodnotu 400 kPa. Minimální požadovaný hydrodynamický přetlak u nejvýše položené výtokové armatury uvažuju 100 kPa.

Součet místních a třecích ztrát potrubního rozvodu udává vztah 46.

$$p_{budova} = p_t + p_m \quad [\text{Pa}] \quad (46)$$

$p_t$  ... tlaková ztráta způsobena vlivem tření, viz vztah 47 [Pa]

$p_m$  ... tlaková ztráta způsobena vlivem místními odpory, viz vztah 48 [Pa]

$$p_t = p_2 - p_1 = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho = R \cdot l \quad [\text{Pa}] \quad (47)$$

$\lambda$ ...součinitel tření [-]  
 $l$ ...délka potrubí [m]  
 $d$ ...světlost potrubí [m]  
 $w$ ... rychlost proudění vody [m/s]  
 $\rho$ ... hustota proudící vody [kg/m<sup>3</sup>]  
 $R$ ...měrná tlaková ztráta [Pa/m]

$$p_m = \sum_{i=1}^n \xi_i \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho = Z \quad [\text{Pa}] \quad (48)$$

$\zeta$ ...součinitel místní ztráty [-]

Pro potrubní rozvod vnitřního vodovodu bylo zvoleno plastové potrubí typu PPR. Toto potrubí je levné, spojuje se velmi rychle svařováním a ke zrychlení a snadnější montáži rozvodu je možné zakoupit tvarovky různých tvarů a rozměrů. Potrubí je vedeno ve stěně tak, že je horizontální potrubí vedeno nad sebou. V horním potrubí proudí teplá voda a ve spodním studená. Potrubí vedené pod stropem je připevněno na pevném a kluzném uložení a je vedeno vedle sebe. Tepelná dilatace tohoto potrubí je řešena pomocí U-kompensátoru. Veškeré potrubí je izolováno PE izolací o vhodném průměru. Tato izolace umožňuje tepelnou dilataci potrubí, které je vedeno ve zdi.

Tabulka 19 představuje návrh světlosti potrubí pro rozvod teplé vody v sedmém nadzemním podlaží. Tato větev má největší tlakovou ztrátu.

Tab. 19: Návrh světlosti potrubí a stanovení tlakové ztráty

úsek	Q <sub>A</sub> [l/s]	Q <sub>D</sub> [l/s]	w [m/s]	d [mm]	m [m]	volím potrubí	w <sub>skut</sub> [m/s]	R [Pa/m]	R.l [Pa]	∑ζ [-]	Z [Pa]	∑(R.l+Z) [Pa]
1	0,3	0,30	1,4	16,53	1,3	20x2,8	1,842	2,4	3,12	21	35,6	38,75
2	0,3	0,30	1,4	16,53	0,6	20x2,8	1,842	2,4	1,44	21	35,6	37,07
3	0,5	0,36	1,4	18,12	1,3	25x3,5	1,417	1,1	1,43	19	19,1	20,50
4	0,7	0,41	1,4	19,37	1,6	25x3,5	1,620	1,4	2,24	19	24,9	27,18
5	0,1	0,10	1,4	9,54	0,7	16x2,3	0,980	1,3	0,91	4	1,9	2,83
6	0,8	0,42	1,4	19,65	1,6	25x3,5	1,667	1,6	2,56	4	5,6	8,12
7	0,2	0,20	1,4	13,49	1,2	20x2,8	1,228	1,2	1,44	19	14,3	15,77
8	0,4	0,28	1,4	16,05	0,1	20x2,8	1,737	2,1	0,21	25	37,7	37,91
9	1,2	1,12	1,4	31,97	1,8	32x4,5	2,702	2,8	5,04	12	43,8	48,84

Tab. 20: Stanovení celkové tlakové ztráty

p <sub>dis</sub> [kPa]	500
p <sub>min,fl</sub> [kPa]	50
p <sub>vodoměru</sub> [kPa]	55
p <sub>přípojky</sub> [kPa]	295,1
p <sub>budovy</sub> [kPa]	237,0
p <sub>g</sub> [kPa]	186,39
rozdíl [kPa]	-323,5

Výpočty zbylé potrubní sítě rozvodu vody viz přílohy.

V případě návrhu potrubní sítě bez oběhového čerpadla je hodnota dispozičního tlaku uvažována 500 kPa. Bohužel na tuto hodnotu není splněna nerovnice ze vztahu 45. Do budovy pro dopravu vody do nejvyššího nadzemního podlaží je zapotřebí oběhové čerpadlo.

Na tuto hodnotu rozdílu uvedenou v tabulce 20 spolu s dispozičním tlakem 500 kPa je navrženo oběhové čerpadlo značky Wilo Comfort Vario COR 1- MVIE 204/VR viz obrázek 29.



Obr. 29: Oběhové čerpadlo značky Wilo Comfort Vario COR 1- MVIE 204/VR [55]

#### 5.4 Návrh požárního potrubí

Návrh požárního potrubí byl proveden také podle normy ČSN 75 5455. Návrh požárního potrubí se liší od návrhu rozvodu vody pouze minimálním požadovaným přetlakem před přítokovým ventilem hydrantu a jmenovitým výtokem  $Q_A$ . Tyto hodnoty udává tabulka 21.

Tab. 21: Hodnoty pro návrh požárního potrubí [54]

Typ hydrantu	Minimální požadovaný hydrodynamický přetlak před přítokovým ventilem hydrantu $p_{minFl}$ [kPa]	Průměr hubice [mm]	Jmenovitý výtok $Q_A$ [l/s]
25 (D)	120	5,0	0,3
52 (C)	135	12,5	2,1
		16,0	2,9

Z důvodu požární odolnosti nemůže být použito plastové potrubí. Navrhl jsem jmenovitou světlost ocelového potrubí podle vztahu 43 a 44, kde jsem zvažoval hodnoty jmenovitého výtoku pro typ hydrantu 25 (D). Ocelové potrubí je vedeno pod stropem v kluzných a pevných uloženích. Délková dilatace byla řešena pomocí U-kompensátoru.

Návrh světlosti potrubí a tlakové ztráty, která byla stanovena podle vztahů 43 a 44 viz tabulka 22.

Tab. 22: Návrh požárního potrubí

úsek	$Q_A$ [l/s]	$Q_D$ [l/s]	$w$ [m/s]	$d$ [mm]	$m$ [m]	volím potrubí	$w_{skut}$ [m/s]	$R$ [Pa/m]	$R.l$ [Pa]	$\sum \zeta$ [-]	$Z$ [Pa]	$\sum(R.l+Z)$ [Pa]
1	0,3	0,30	1,4	16,53	3	DN25	0,611	0,7	2,1	5	0,9	3,03
2	0,6	0,42	1,4	19,65	3	DN25	0,864	1,3	3,9	5	1,9	5,77
3	0,9	0,52	1,4	21,75	3	DN32	0,646	0,7	2,1	5	1,0	3,14
4	1,2	0,60	1,4	23,37	3	DN32	0,746	0,8	2,4	5	1,4	3,79
5	1,5	0,67	1,4	24,71	3	DN32	0,834	1,1	3,3	5	1,7	5,04
6	1,8	0,73	1,4	25,86	3	DN32	0,914	1,2	3,6	5	2,1	5,69
7	2,1	0,79	1,4	26,88	3	DN32	0,987	0,4	1,2	5	2,4	3,64
8	2,4	0,85	1,4	27,79	3	DN32	1,055	0,5	1,5	5	2,8	4,28
9	2,7	0,90	1,4	28,62	15	DN32	1,119	0,6	9	9	5,6	14,64

Tab. 23: Stanovení celkové tlakové ztráty

$p_{dis}$ [kPa]	600
$p_{min,fl}$ [kPa]	120
$p_{vodoměru}$ [kPa]	45
$p_{přípojky}$ [kPa]	58,0
$p_{budovy}$ [kPa]	82,1
$p_g$ [kPa]	245,25
rozdíl [kPa]	49,7

Při výpočtu celkové tlakové ztráty jsem uvažoval dispoziční tlak o hodnotě 600 kPa, který dodává požární čerpadlo značky Wilo -FLA Compact – 1 Helix V, viz obrázek 30. Výpočty zbylé potrubní sítě rozvodu vody a technické parametry čerpadla viz přílohy.



Obr. 30: Požární čerpadlo Wilo -FLA Compact – 1 Helix V [56]

## 5.5 Návrh cirkulace teplé vody

Podle normy ČSN 06 0320 musí mít teplá voda do 30 sekund po úplném otevření výtokové armatury požadovanou teplotu. Nemá-li tato podmínka splněna, musí se použít a navrhnout cirkulační oběh teplé vody. Cirkulační potrubí je nejčastěji napojeno na potrubí teplé vody v místě posledního přípojného potrubí. Nemá-li žádný odběr teplé vody, teplá voda se vrací cirkulačním potrubím zpět do zásobníku teplé vody. Cirkulační potrubí se navrhuje na výpočtový průtok, který se stanoví z předpokladu nulového odběru teplé vody z výtokových armatur, tedy pouze z tepelné ztráty potrubí teplé vody. Při výpočtu této ztráty při rozvodu teplé vody do 115 °C je rozdíl mezi povrchovou teplotou izolace a teplotou okolí menší než 20 K. Měrná tepelná ztráta potrubím se stanoví podle vztahu 49.

$$q_p = \frac{(T_{wm} - T_i)}{\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{iz}} \ln\left(\frac{D_{tr} + 2 \cdot h_{iz}}{D_{tr}}\right) + \frac{1}{\pi \cdot (D_{tr} + 2 \cdot h_{iz}) \cdot \alpha_e}} \quad [\text{W/m}] \quad (49)$$

$T_{wm}$  ... střední teplota teplotonosné látky, určená podle vztahu 50 [K]

$T_i$  ... teplota okolí, ve kterém se potrubí nachází [K]

$\lambda_{iz}$  ... tepelná vodivost izolace potrubí [W/mK]

$D_{tr}$  ... vnější průměr potrubí [m]

$h_{iz}$  ... tloušťka izolace [m]

$\alpha_e$  ... součinitel přestupu tepla na vnější straně izolace, určená podle vztahu 51 [W/m<sup>2</sup>K]

Hodnotu součinitel přestupu tepla na vnější straně izolace pro zjednodušení výpočet udává při vyhláška č. 193/2007 sb., která předpokládá hodnotu  $\alpha_e = 10$  W/mK.

$$T_{wm} = \frac{(t_w - t_i) \cdot (t_v - t_e)}{(t_e - t_i)} + t_i + 273,15 \quad [\text{K}] \quad (50)$$

$t_w$  ... maximální teplota teplotonosné látky [°C]

$t_v$  ... průměrná venkovní teplota v posuzovaném období [°C]

$t_e$  ... venkovní výpočtová teplota [°C]

$$\alpha_e = \frac{Nu \cdot \lambda_v}{L} \quad [\text{W/m}^2\text{K}] \quad (51)$$

$Nu$  ... Nusseltovo číslo, určené podle vztahu 52 [-]

$\lambda_v$  ... součinitel tepelné vodivosti vzduchu [W/mK]

$L$  ... charakteristický rozměr [m]

Vztah 48 představuje výpočet Nusseltova čísla z kritériální rovnice určené pro obtékání válce.

$$Nu = 0,3 + \frac{0,62 \cdot \sqrt{Red} \cdot Pr^{\frac{1}{3}}}{\left(1 + \left(\frac{0,4}{Pr}\right)^{\frac{2}{3}}\right)^{\frac{1}{4}}} \left(1 + \left(\frac{Red}{282000}\right)^{\frac{5}{8}}\right)^{\frac{4}{5}} \quad [-] \quad (52)$$

$Red$  ... Reynoldsovo číslo, určené podle vztahu 53 [-]

$Pr$  ... Prandtlovo číslo [-]

$$Re = \frac{u \cdot D_l}{\nu} \quad [-] \quad (53)$$

$u$  ... rychlost obtékání [m/s]

$D_l$  ... charakteristický rozměr [m]

$\nu$  ... kinematická viskozita vzduchu [m<sup>2</sup>/s]

Při výpočtu tepelné ztráty potrubí jsem uvažoval PE izolaci s tepelnou vodivostí 0,035 W/mK a tloušťku izolace 20 mm. Vyhláška č. 193/2007 Sb. § 5 odstavec 11 předepisuje: „U vnitřních rozvodů plastových a měděných se tloušťka tepelné izolace volí podle vnějšího průměru potrubí nejbližšího vnějšímu průměru potrubí řady DN“ [40]. Dále jsme uvažoval maximální rychlost proudění v cirkulačním potrubí 0,3 m/s a maximální ochlazení o 3 K. Z vypočítané měrné tepelné ztráty podle vztahu 39, stanovíme výpočtové průtoky v jednotlivých okruzích podle vztahu 54 a 55.

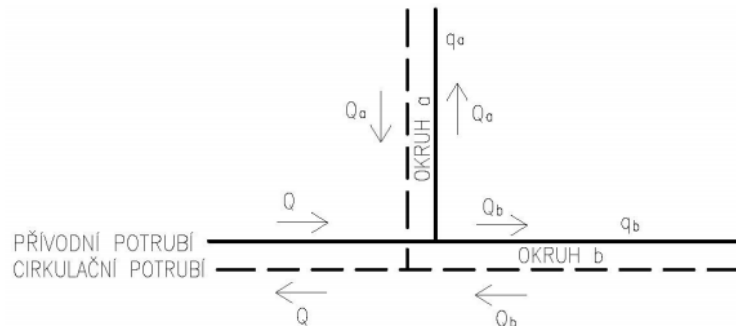
$$Q_a = Q \cdot \frac{q_a}{q_a + q_b} \quad [l/s] \quad (54)$$

$q_a, q_b$  ... tepelná ztráta cirkulační větve [W]

$Q$  ... výpočtový průtok cirkulace teplé vody v přívodním nebo cirkulačním potrubí [l/s]

$$Q_b = Q - Q_a \quad [l/s] \quad (55)$$

$Q_b$  ... výpočtové průtoky v jednotlivých okruzích [l/s]



Obr. 31: Schéma výpočtových průtoků cirkulace teplé vody [52]

Jednotlivé větve musí mít stejnou tlakovou ztrátu, proto je zapotřebí jednotlivé větve hydraulicky vyvážit. Návrh světlosti potrubí a tlakové ztráty, která byla stanovena podle vztahů 47 a 48 viz tabulka 24.

Tab. 24: Návrh cirkulačního potrubí

okruh	Q [W]	qa [W/m]	qb [W/m]	Qa [W]	Qb [W]	Da [mm]	Db [mm]	volím	v skut. [m/s]	R.l [Pa]	Z [-]	$\Sigma(R.l+Z)$ [Pa]
SP7-8	0,11	86,7	101,0	0,05	0,06	26,17	28,2	40x5,6	0,269	0,03	0,11	0,14
SP7-8-6	0,11	187,7	84,3	0,08	0,03	31,98	21,4	32x4,5	0,261	0,05	0,11	0,16
SP7-8-6-5	0,11	272,1	84,7	0,08	0,03	33,62	18,8	32x4,5	0,200	0,06	0,13	0,19
SP7-8-6-5-9	0,11	356,8	126,3	0,08	0,03	33,09	19,7	32x4,5	0,220	0,04	0,13	0,16
SP015	0,11	32,4	32,4	0,06	0,06	27,23	27,2	32x4,5	0,420	0,02	0,13	0,15
SP4-16	0,11	82,8	32,4	0,03	0,08	20,43	32,6	40x5,6	0,360	0,04	0,04	0,08
A-SP4-16	0,11	483,1	115,2	0,09	0,02	34,60	16,9	32x4,5	0,162	0,09	0,15	0,24
SP14-13	0,11	123,9	102,5	0,06	0,05	28,48	25,9	40x5,6	0,227	0,07	0,15	0,22
SP14-13-12	0,11	226,4	95,8	0,08	0,03	32,28	21,0	32x4,5	0,250	0,03	0,11	0,14
C-SP11	0,11	322,2	101,7	0,08	0,03	33,57	18,9	32x4,5	0,202	0,05	0,13	0,18
C-SP11-10	0,11	423,9	95,8	0,09	0,02	34,77	16,5	32x4,5	0,155	0,03	0,15	0,19
SP3-2	0,11	84,3	88,7	0,06	0,05	27,57	26,9	40x5,6	0,244	0,06	0,13	0,19
D-SP3-2	0,11	519,7	173,0	0,08	0,03	33,35	19,2	40x5,6	0,125	0,02	0,13	0,15
E-B	0,11	598,3	692,7	0,10	0,01	36,51	12,2	63x8,7	0,186	0,04	0,07	0,12
E-B-SP1	0,11	1291,1	102,5	0,10	0,01	37,06	10,4	32x4,5	0,247	0,05	0,08	0,13

Hydraulické vyvážení jednotlivých větví se provedlo přednastavením regulačních kulových uzávěrů značky IVAR TOP BALL.

Celková tlaková ztráta byla stanovena na hodnotu 16,6 kPa. Na tuto tlakovou ztrátu a potřebný objemový průtok bylo navrženo oběhové čerpadlo značky Grundfos Alpha 1 L 25-60. Jedním z ekonomických řešení provozu je připevnit teplotní čidlo na nejvzdálenější odbočku přípojného potrubí. Toto čidlo by komunikovalo s řídicí jednotkou oběhového čerpadla a při poklesu teploty pod určenou hodnotu se čerpadlo uvede do chodu po dobu, dokud nedojde k výměně teplé vody v celém rozvodu teplé vody.



## 6. Kanalizace

### 6.1 Obecně

Kanalizace je soubor zařízení a staveb zahrnující kanalizační stoky určené k zachycení a odvedení odpadní a srážkové vody. Dále tuto vodu zařízení zneškodní a vyčistí tak, aby nedošlo k znehodnocení vodního hospodářství. Kanalizační systém dělíme na veřejnou a vnitřní kanalizaci a podle způsobu odvodu odpadní vody na gravitační, tlakový a podtlakový způsob odvodu.

Při gravitačním způsobu odvodu odpadní vody je odpadní potrubí ve sklonu, a tedy odvod vody je způsoben pouze díky přirozené gravitační síle bez dodávané pomocné energie (energie pro pohon čerpadla). Gravitační způsob se používá tam, kde je místo určené k zachycení pod úrovní potrubní sítě. V tomto případě se odpadní voda přečerpá čerpadlem do přečerpávací stanice nebo potrubní sítě. Při tomto způsobu se musí dodávat pomocná energie k pohonu přečerpávacího čerpadla. Podtlakový systém odvádí odpadní vodu pomocí podtlakových armatur, které doslova odsají odpadní vodu a vzduch. S tímto systémem se můžeme setkat například v letadle.

### 6.2 Veřejná kanalizace

Pod pojmem veřejná kanalizace si lze představit stokové sítě, čistírny a kanalizační přípojky. Slouží tedy pro odvod odpadních vod z měst a obcí. Veřejná kanalizace je využívána a provozována podle zákona č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu. Tento provoz je řízen kanalizačním řádem, který nám určuje nejvyšší možnou hodnotu znečištění odpadních vod, které jsou vypuštěny do veřejné kanalizace. Výše uvedený zákon zakazuje do veřejné kanalizace vpouštět látky, které jsou chemicky agresivní, jedovaté, omamné, hořlavé, výbušné, radioaktivní a infekční. Veřejnou kanalizaci můžeme dále rozdělit na jednotný stokový systém a oddílný stokový systém. V jednotném stokovém systému se odvádí splašková a dešťová voda dohromady jedním potrubím. U odděleného systému se dešťová a splašková voda odvádějí odděleně.

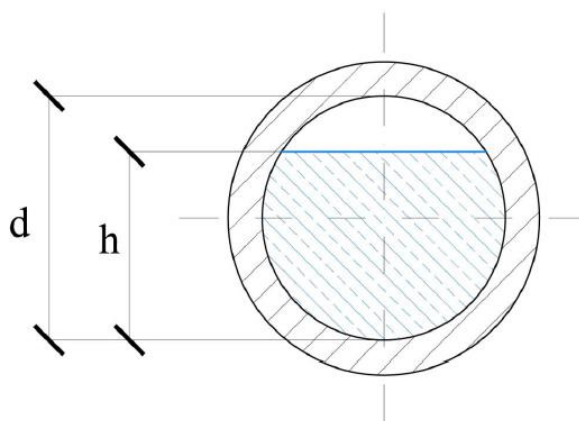
### 6.3 Vnitřní kanalizace

Vnitřní kanalizací je veškerá potrubní síť určená k odvodu odpadních vod uvnitř budovy. Kanalizační potrubí vnitřní kanalizace se dělí na odtokové, přípojovací, odpadní, svodné a větrací. Odtokovým potrubím je vedena odpadní voda přímo od zařizovacího předmětu volně nad odvodňovací plochu nebo přímo nad vpust'. Přípojovací potrubí propojuje zařizovací předmět nebo vpust' s odpadním či svodným potrubím. Toto potrubí je nejčastěji horizontální s požadovaným sklonem směrem od vpusti či zařizovacího předmětu. Odpadní potrubí poznáme velmi snadno, často se jedná o vertikální potrubí, které spojuje přípojovací a svodné potrubí. Při návrhu tohoto potrubí nesmíme zapomenout, že v jednu místě napojení přípojovacího potrubí může být napojeno pouze jedno přípojovací potrubí. Další členění odpadního potrubí je podle odvodu vody, a to odvod splaškové nebo odvod dešťové vody. Dalším druhem vertikálního potrubí je větrací potrubí. Toto potrubí umožňuje kanalizaci tzv. dýchat, a při odvodu odpadní vody nedochází k podtlaku v potrubní síti. Nemůže nastat vysátí zápachových uzávěrek (která se musí instalovat na každý zařizovací předmět) a dochází k lepšímu proudění

odpadní vody v potrubní síti. Větrací potrubí se připojují na odpadní potrubí, nevyhovují-li délkové rozměry přípojného potrubí osazuje se větrací potrubí i na tato přípojná potrubí. Potrubí je zakončeno protidešťovou stříškou na střeše objektu nebo se mohou také použít automatické přivzdušňovací armatury. Svodné potrubí představuje horizontálně položené potrubí v požadovaném sklonu, které se nachází v podlaze či pod stropem nejnižšího podlaží budovy. Toto potrubí propojuje odpadní potrubí s veřejnou kanalizací.

Podle ČSN EN 12 056-2 musí být každý zařizovací předmět napojený na přípojovací potrubí přes zápachovou uzávěrku. Zápachová uzávěrka zamezuje pronikání kanalizačních plynů dovnitř budovy z kanalizační sítě.

Dalším rozdělením vnitřní kanalizace je podle stupně plnění. Stupeň plnění je definován jako poměr výšky hladiny při proudění odpadní vody v potrubí ( $h$ ) a vnitřního průměru potrubí ( $d$ ) viz obrázek 31.

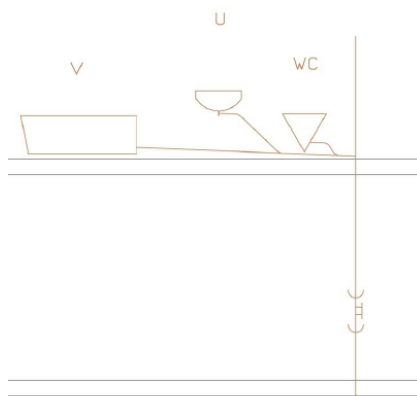


Obr. 32: Stupeň plnění potrubí [60]

### Systémy přípojovacího a odpadního potrubí

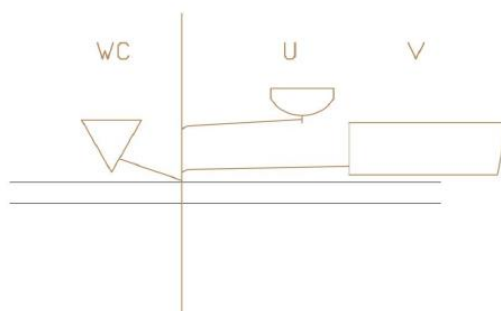
Podle stupně plnění, způsobu napojení přípojného potrubí na odpadní potrubí a podle odvodu splaškové kanalizace se systém dělí do čtyř kategorií.

Systém 1 a 2 se liší pouze s rozdílným stupněm plnění. Systém 1 vykazuje 50% stupeň plnění ale systém 2 už vykazuje 70% stupeň plnění. Způsob napojení přípojovacího potrubí na odpadní je totožný tedy připojení dvou a více na jedno přípojovací potrubí (viz obrázek 32).



Obr. 33: Systém 1 a 2 [60]

Systém 3 je specifický tím, že každý zařizovací předmět je zvlášť napojen na odpadní potrubí přípojovacím potrubím viz obrázek 33. Stupeň plnění tohoto systému je 100 %, průměr potrubí se tedy navrhuje na menší jmenovitou světlost.



Obr. 34: Systém 3 [60]

Systém 4 se vyznačuje dvěma potrubními rozvody. V jednom potrubním rozvodu se odvádí tzv. šedá voda. Pod pojmem šedá voda si představíme odpadní vodu ze sprchy, vany, dřezu, z kuchyňské myčky nádobí a z automatické pračky. Energie (teplo) v odpadní „šedé vodě“ se může dále využít v podobě zpětného získávání tepla. Ve druhém potrubním rozvodu se odvádí tzv. „černá voda“, neboli odpadní voda z toalety a z pisoárů. V této vodě není obsažena žádná využitelná energie, a tak se všechna voda odvádí přímo do veřejné kanalizace.

#### 6.4 Návrh vnitřní kanalizace

Návrh potrubní odpadní kanalizační sítě jsem stanovil podle normy ČSN 75 6760. V první řadě je nutno stanovit celkový průtok splaškových vod potrubí podle vzorce 56 a z tohoto výsledku určit dimenzi potrubí podle tabulky 27, 28 nebo 29.

$$Q_{tot} = Q_{ww} + Q_{ck} + Q_{pk} \quad [l/s] \quad (56)$$

$Q_{ww}$  ... průtok splaškových vod ze zařizovacího předmětu, stanoví se dle vztahu 57 [l/s]

$Q_{pk}$  ... čerpací průtok od čerpacích stanic trvajících déle než pět minut [l/s]

$Q_{ck}$  ... průtok splaškových vod s hromadným nebo nárazovým použitím trvajících déle než pět minut [l/s],

$$Q_{ww} = K \cdot \sqrt{\sum DU} \quad [l/s] \quad (57)$$

$K$  ... součinitel odtoku, který se určí dle tabulky 25 [ $l^{0,5}/s^{0,5}$ ]

$DU$  ... výpočtový odtok určený z tabulky 26 podle zařizovacího předmětu [l/s]

Tab. 25: Přehled součinitele odtoku [61]

Způsob odběru vody	Součinitel odtoku $K [l^{0,5}/s^{0,5}]$
Budovy s nepravidelným používáním zařizovacích předmětů (bytové domy, rodinné domy, penziony, administrativní budovy)	0,5
Budovy s pravidelným používáním zařizovacích předmětů (nemocnice, školy, restaurace a hotely)	0,7
Budovy jejichž jednotlivé části jsou charakterizovány oběma výše uvedenými druhy budov (např. bytový dům s restaurací)	0,6 nebo 0,7 (podle toho, ve které části budovy je větší průtok splaškových vod)
Budovy s častým používáním zařizovacích předmětů (např. veřejné toalety)	1,0
Budovy se zvláštním odběrem vody (průmysl, laboratoře, apod.)	1,2

Při stanovení dimenze odpadního potrubí musí platit podmínka: je-li průtok splaškových vod ( $Q_{ww}$ ) menší než největší hodnota výpočtového odtoku ( $DU_{max}$ ), pro návrh potrubí se uvažuje, že  $DU_{max}$  je rovno  $Q_{ww}$ .

Tab. 26: Výpočtový odtok [61]

Zařizovací předmět	$DU [l/s]$	Zařizovací předmět	$DU [l/s]$
Umývatko	0,3	Automatická pračka do 6 kg prádla	0,8
Umyvadlo	0,5	Podlahová vpust DN 50	0,8
Bidet	0,5	Litinová výlevka	1,5
Pisoárová mísa	0,5	Podlahová vpust DN 70	1,5
Sprcha s podlahovou vpustí	0,6	Záchodová mísa s nádržkovým splachovačem do 4,5 l	1,8
Sprchová mísa bez zátky	0,6	Záchodová mísa s nádržkovým splachovačem do 7,5 l	2,0
Sprchová mísa se zátkou	0,8	Záchodová mísa s nádržkovým splachovačem do 9 l	2,5
Koupací vana	0,8		
Kuchyňský dřez	0,8		
Prameník	0,8		
Bytová myčka nádobí	0,8		

Po stanovení průtoku splaškových odpadních vod a délce úseku odpadního potrubí s určením počtem kolen (nejvíce 3 ks kolen s úhlem větší než  $67,5^\circ$ ), musíme provést kontrolu podle tabulky 27, zda není zapotřebí na daný úsek připojit větrací potrubí. Pokud nevyhovuje dimenze odpadního potrubí, je možné změnit dimenzi potrubí nebo na úsek napojit větrací potrubí (viz tabulka. 28), ale musíme brát v potaz délku úseku (nejvíce 10 m, v případě není-li čistící otvor, pouze 6 m). Ale také spadovou výšku, která může být nejvíce 3 m.

Tab. 27: Nevětrané připojovací potrubí [61]

Hydraulická kapacita $Q_{max}$ [l/s]	Největší spádová výška [m]	Největší připojovací délka [m]	Nejmenší sklon [%]	Jmenovitá světlost DN	Poznámky
0,50	0,0	4,0	3,0	40	Pouze od jednoho zařizovacího předmětu
0,80	1,0	6,0	3,0	50	Nejvíce dvě pisoárové mísy
1,00	1,0	6,0	3,0	60	Nejvíce pět pisoárových mís, nebo jeden velkokuchyňský dřez
1,50	2,0	6,0	2,0	70	-
2,25	0,0	5,0	1,5	90	Nejvíce dvě záchodové mísy
1,70	2,0	6,0	2,0	100	-
2,50	2,0	6,0	2,0	100	-
3,90	2,0	6,0	2,0	125	Při napojení na potrubí DN 125 musí být v odpadním potrubí průtok $Q_{br} \leq 3,90$ l/s

Tab. 28: Větrané připojovací potrubí [61]

Hydraulická kapacita $Q_{max}$ [l/s]	Největší spádová výška [m]	Jmenovitá světlost připojovací potrubí DN	Jmenovitá světlost větrací potrubí DN	Poznámky
0,80	3,0	50	40	Nejvíce dvě pisoárové mísy
1,50	3,0	60	40	Nejvíce pět pisoárových mís, nebo jeden velkokuchyňský dřez
2,25	3,0	70	50	Žádná záchodová mísa
3,40	1,5	90	60	Nejvíce dvě záchodové mísy
3,75	2,0	100	60	-

Tabulka 29 nám ukazuje výjimku při dimenzování odpadního potrubí, kde od určitých zařizovacích předmětů se přednostně navrhuje dimenze dle tabulky 29.

Tab. 29: Přednostní dimenze odpadního potrubí [61]

Splaškové odpadní potrubí, které odvádí odpadní vody	Minimální jmenovitá světlost DN
Od pisoárů	70
Od van	70
Od dřezů z bytových kuchyní	70
Od záchodových mís	100
S obsahem tuků od velkokuchyňských dřezů	100

Podle tabulky 30 a vypočteného průtoku splaškových vod  $Q_w$ , můžeme určit nejmenší dimenzi větracího potrubí. Hlavní větrací potrubí se nesmí směrem od odpadního potrubí zužovat a musí mít alespoň jmenovitou světlost jako je potrubí, na které je napojeno.

Tab. 30: Dimenze hlavního větracího potrubí [61]

Nejvyšší hodnota součtu celkových průtoků odpadních vod ( $Q_{tot}$ ) v připojených splaškových odpadních potrubí [l/s]	Minimální jmenovitá světlost DN
2,6	70
4,0	90
5,5	100
Při větším součtu jak 5,5 l/s se jmenovitá světlost společného větracího potrubí navrhuje nejbližší větší než jmenovitá světlost největšího hlavního větracího potrubí	

Odvod dešťové vody ze střechy objektu je řešen také potrubním systémem vnitřní kanalizace. Kvůli nevyhovujícím podmínkám ke sloučení splaškové a dešťové vody je splašková a dešťová voda vedena odděleně v samostatných potrubích. Dimenze dešťového potrubí se zvolí podle tabulky 31 a podle průtoku dešťových vod daný vzorcem.

Tab. 31: Dimenze dešťového vnitřního odpadního potrubí [61]

Hydraulická kapacita $Q_r$ [l/s] (stupeň plnění 0,30)	Minimální jmenovitá světlost DN
3,2	70
4,8	90
8,1	100
12,6	125
25,0	150

Průtok dešťových odpadních vod stanovíme podle vztahu 58.

$$Q_r = i \cdot S_{od} \cdot C \quad [l/s] \quad (58)$$

$i$  ... intenzita deště [l/s.m<sup>2</sup>]

$S_{od}$  ... odváděná plocha [m<sup>2</sup>]

$C$  ... součinitel odtoku dešťové vody, který se stanoví podle tabulky 32 [-]

Hodnota intenzity deště se volí podle místa, kde se střecha či plocha nachází. Nachází-li se budova v hrozící záplavové oblasti, volí se intenzita deště na hodnotu 0,03 l/s.m<sup>2</sup>. Nachází-li se budova v místě, kde nehrozí zaplavení, volí se hodnota intenzity deště na hodnotu 0,02 l/s.m<sup>2</sup>. Pro střechy a plochy, které se nacházejí pod úrovní okolního terénu, se volí hodnota intenzity deště 0,05 l/s.m<sup>2</sup>.

Tab. 32: Součinitel odtoku dešťové vody [61]

Druh odvodňované plochy a úpravy povrchu	Sklon povrchu a hodnota C		
	do 1 %	1 až 5 %	nad 5 %
Střechy s propustnou horní vrstvou do 100 mm	0,7	0,7	0,8
Střechy s nepropustnou horní vrstvou	1,0	1,0	1,0
Asfaltové a betonové plochy, dlažby se zálivkou spár	0,7	0,8	0,9
Dlažby s pískovými spárami	0,5	0,6	0,7
Upravené štěrkové plochy	0,3	0,4	0,5
Neupravené a nezastavěné plochy	0,2	0,25	0,3
Sady, hřiště	0,1	0,15	0,2
Zatrávněné plochy	0,05	0,1	0,15

Po stanovení průtoku a dimenzí odpadního a dešťového potrubí, můžeme stanovit průtok splaškových vod ve svodném potrubím (viz vztah 59) a tím i dimenzi svodného potrubí (viz tabulka 33).

$$Q_{r,w} = 0,33 \cdot Q_{ww} + Q_c + Q_p + Q_r \quad [l/s] \quad (59)$$

Při návrhu dimenze potrubí musíme zohlednit následující podmínky:

- 1) Je-li průtok splaškových vod ve svodném potrubím menší než průtok splaškových vod ze zařizovacího předmětu, dimenze potrubí se stanoví podle vztahu 60.

$$Q_{r,w} = Q_{tot} + Q_r \quad [l/s] \quad (60)$$

- 2) Průtok ve svodném potrubí je při stupni plnění 0,7
- 3) Výpočtová průtočná rychlost splaškové vody, musí být v rozsahu 0,7 až 5 m/s

Tab. 33: Stanovení dimenze svodného potrubí [61]

Sklon J [%]	DN 70		DN 90		DN 100		DN 125		DN 150		DN 200	
	$Q_{max}$ [l/s]	v [m/s]	$Q_{max}$ [l/s]	v [m/s]	$Q_{max}$ [l/s]	v [m/s]	$Q_{max}$ [l/s]	v [m/s]	$Q_{max}$ [l/s]	v [m/s]	$Q_{max}$ [l/s]	v [m/s]
1,0	1,7	0,6	2,5	0,7	4,2	0,8	6,8	0,9	12,8	1,0	23,7	1,2
1,5	2,0	0,7	3,0	0,8	5,1	1,0	8,3	1,1	15,7	1,3	29,1	1,5
2,0	2,4	0,9	3,5	1,0	5,9	1,1	9,6	1,2	18,2	1,5	33,6	1,7
2,5	2,6	1,0	3,9	1,1	6,7	1,2	10,8	1,4	20,3	1,6	37,6	1,9
3,0	2,9	1,1	4,3	1,2	7,3	1,3	11,8	1,5	22,3	1,8	41,2	2,1
3,5	3,1	1,1	4,7	1,3	7,9	1,5	12,8	1,6	24,1	1,9	44,5	2,2
4,0	3,3	1,2	5,0	1,4	8,4	1,6	13,7	1,8	25,8	2,1	47,6	2,4
4,5	3,5	1,3	5,3	1,4	8,9	1,7	14,5	1,9	27,3	2,2	50,5	2,5
5,0	3,7	1,4	5,6	1,5	9,4	1,7	15,3	2,0	28,8	2,3	53,3	2,7

Při realizaci potrubní kanalizační sítě se musejí dodržet minimální sklony potrubí. Sklon potrubí závisí na dimenzi potrubí. Připojovací potrubí se doporučuje realizovat pod úhlem minimálně 3 % avšak u svodného potrubí se tento sklon může zmenšit dle tabulky 34.

Tab. 34: Minimální sklon svodného potrubí [62]

Jmenovitá světlost DN	Svodná potrubí splaškové a jednotné vnitřní kanalizace [%]	Svodná potrubí, která odvádí srážkové a mechanicky čisté odpadní vody [%]
70	3,0	2,0
90	2,0	1,5
100 až 200	2,0	1,0
250 až 300	1,5	1,0

Uložení svodného potrubí musí zabezpečit stabilitu a mechanickou odolnost potrubí. Potrubí vedené v zemi musí být vedené v hloubce tak, aby mezi horní hranou potrubí a spodní hranou konstrukce (podkladní beton podlahy), bylo minimálně 150 mm. Není-li toto možné, musí se provést vhodná zabezpečení proti poškození svodného potrubí například obetonováním, instalací do betonového kanálu nebo vedení potrubí v ochranné trubce.

Odpadní voda z budovy je svedena do svodného potrubí, které odvádí odpadní vodu do kanalizační stoky přes kanalizační přípojku. I na tuto část potrubí jsou kladeny nároky v podobě nejmenší jmenovité světlosti DN150, potrubí má být co nejkratší, v jednotném sklonu a kolmo na kanalizační stoku. Stejně jako svodné potrubí, kanalizační přípojka musí být uložena tak, aby mezi vnější stěnou potrubí a spodní hranou silnice byla minimálně 1,8 m. Z této hloubky je patrné, že kanalizační přípojka musí být uložena v nemrznoucí hloubce.

Objekt je tvořen bytovou částí ale také dvěma prodejními jednotkami, které v budoucnu mohou být přestavěny na jiný druh jednotky, například na restauraci. Z tohoto důvodu jsem zvolil součinitel odtoku vhodný pro budovy, jejichž jednotlivé části jsou charakterizovány nepravidelným a pravidelným používáním zařizovacích předmětů na hodnotu  $0,7 \text{ l}^{0,5}/\text{s}^{0,5}$  viz tabulka 35. Z důvodu ekonomického provozu a tedy zpětného získávání tepla jsem zvolil kanalizační systém č. 4. Veškeré výpočty dimenze potrubí jsou v příložené dokumentaci.

### Zabezpečovací armatury

K zajištění správného odvodu odpadních splaškových vod musí být na potrubní rozvod instalovány čistící armatury a ochranná armatura proti vzduť vodě. Čistící armatury (obrázek 35), se usazují na svodné potrubí kde dochází ke zmenšení sklonu potrubí na místo, kde dochází s větší pravděpodobností k ucpání nebo se čistící tvarovka osazuje na místa dle tabulky 35.



Obr. 35: Čistící armatura [63]



Tab. 35: Vzdálenosti pro umístění čistících armatur [62]

Druhy odpadních vod ve svodném potrubí	Jmenovitá světlost potrubí DN	Maximální vzdálenost mezi místy pro čištění [m]
Splaškové, splaškové a dešťové	Do 100	12
Splaškové, splaškové a dešťové	100 až 200	18 (max. 40 pro rovný úsek bez kolena nebo oblouku)
Dešťové a mechanicky čisté technologické	100 až 200	25 (max. 40)
Splaškové, splaškové a dešťové uvnitř budovy	Nad 200	25 (max. 40)

Čistící armaturu nelze umístit do míst, kde by únik odpadních vod mohl způsobit závažné hygienické škody, jako například v kuchyni, ve skladu potravin atd ...

Druhou zabezpečovací armaturou je zpětná armatura proti vzduťové vodě (viz obrázek. 36). Použití této ochranné armatury je dáno normou ČSN EN 12 056-4, jsou-li zařizovací předměty nebo vpusti pod hladinou vzduťové vody.

Ke zpětnému vzduťování dochází při vydatných deštích, kdy hladina vody nadměrně vzroste a kanalizační stokou a přípojkou proudí do potrubí vnitřní kanalizace. Tato voda může vytékat ze zařizovacích předmětů nebo vpustí. Provozovatel veřejné kanalizace by měl sdělit výšku hladiny vzduťové vody. Není-li tato výška známá, považuje se výška hladiny vzduťové vody totožná s úrovní terénu v místě napojení.

Tato ochranná armatura může být instalována v zápachové uzávěrce, na připojovacím a svodném potrubí, u vyústění svodného potrubí, u podlahové vpusti nebo v místě napojení drenáže.

Tuto ochrannou armaturu jsem umístil na svodné potrubí před výstupem potrubí z objektu. Dále byla provedena zpětná vazba na hlavní uzávěr vody a to tak, že pokud ke zpětnému vzduťování, samočinně se uzavře hlavní uzávěr vody.

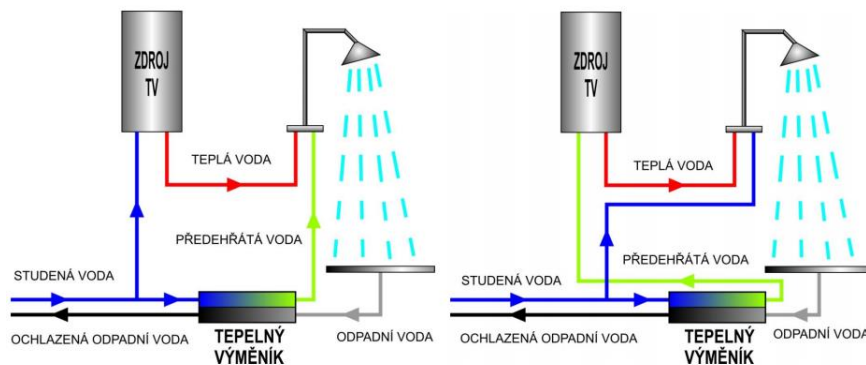


Obr. 36: Ochranná armatura proti vzduťové vodě [64]

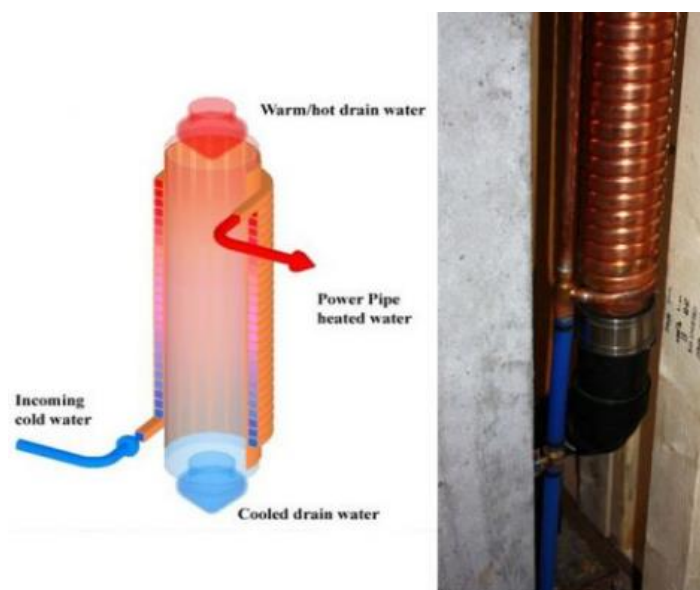
## 6.5 Zpětné získávání tepla z odpadní vody

Jak již jsem zmiňoval, v dnešní době je velká snaha o minimalizaci provozních nákladů. Jedním z řešení je zpětné získávání tepla z odpadní vody. Energie ve formě tepla obsažená v odpadní „šedé vodě“ (viz kapitola 6.3 Systémy připojovacího a odpadního potrubí), je předávána studené vodě z vodovodního řadu. Předání této tepelné energie se může uskutečnit přímo v budově (lokálními nebo centrální systémy zpětného získávání tepla), v kanalizační stoce (zabudování vodovodního potrubí do potrubí kanalizační stoky), nebo předání tepla z čistírny odpadních vod.

Lokální systémy zpětného získávání tepla využívají odběr tepla z obtékající vody, která přímo předehřívá studenou vodu (viz obrázek 37) pro okamžitou potřebu. Tedy předehřívá studenou vodu v okamžiku spotřeby vody. Výměník tepla se osazuje přímo na potrubí studené vody, jak je patrné z obrázku 38. Tento systém není vhodný pro všechny zařizovací předměty, například pro napouštění a vypouštění koupací vany.



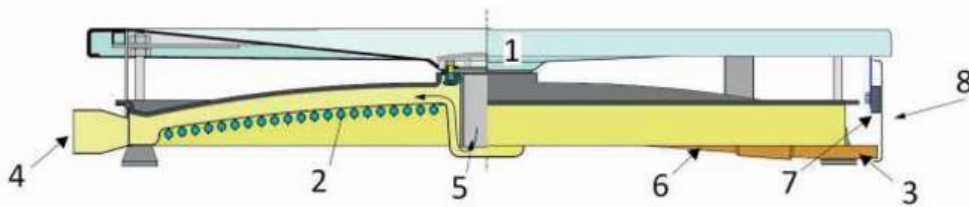
Obr. 37: Lokální systém zpětného získávání tepla [62]



Obr. 38: Výměník tepla osazený na potrubí [67]

Výměník tepla z obrázku 38 se osazuje přímo na svodné potrubí. Pro lepší dosažené tepelného přenosu je výměník zhotoven z měděného materiálu. K přenosu tepelné energie není zapotřebí další „pomocná“ energie. Celý přenos energie je díky přírodním jevům a to díky gravitační síle polí Země a povrchovému napětí vody, které zaručí proudění vody po obvodu celého potrubí. Výrobce tohoto zařízení americká firma GFXtechnology udává, že lze získat až 80 % odpadní energie.

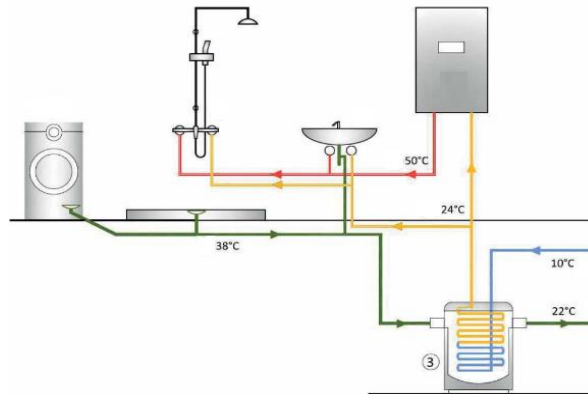
Dalším lokálním zpětným získáváním tepla je inteligentní a kompaktní řešení v podobě integrace výměníku tepla do sprchové vaničky (viz obrázek 39). Hlavní částí tohoto výměníku je dvacetimetrové měděné potrubí ve tvaru spirály, které je připevněné na vypouklou měděnou desku, na kterou se přivádí odpadní voda. Měděným potrubím proudí studená voda, která se přes měděnou desku ohřívá. V celém výměníku je velmi malé množství vody (menší než 1 l), z tohoto důvodu se studená voda přehřeje za velmi krátkou dobu.



Obr. 39: Sprchová vanička s integrovaným výměníkem [68]

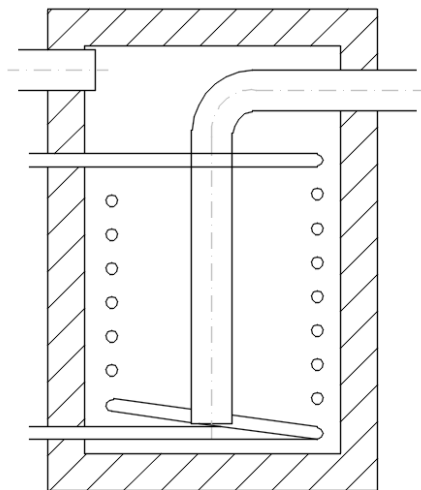
- 1- Sprchová vanička
- 2- Měděný výměník tepla
- 3- Vstup studené vody
- 4- Výstup ochlazené odpadní vody
- 5- Vstup teplé odpadní vody do sprchové vaničky
- 6- Předehřátá teplá voda
- 7- Magnet
- 8- Čelní plocha

Druhým vnitřním systémem zpětného získávání tepla je centrální systém (viz obrázek 40). Tento systém je vhodný pro větší objekty například pro bytové domy. Princip zpětného získávání tepla spočívá v tom, že veškerá odpadní „šedá voda“ je zachycována do akumulací nádrže, ve které je navinuto potrubí s proudící vodou z venkovního řadu. Toto zapojení předehřívá studenou vodu do zásobníků teplé vody, kterou ohřeje na požadovanou teplotu zdroj tepla.



Obr. 40: Systém centrálního zpětného získávání tepla [68]

Hlavní částí tohoto systému je akumulční zásobník, do kterého se přivádí splašková „šedá voda“. K dobrému rozložení teplot vody uvnitř zásobníku je zapotřebí, aby splašková voda protékala na bázi sifonového efektu. Z obrázku 41 je patrný princip sifonového efektu. V horní části je vstup ohřáté odpadní vody do zásobníku. Odvod ochlazené odpadní vody je pod vstupem odpadní ohřáté vody a aby nedocházelo k odvodu teplé vody do kanalizační stoky, je na odvodní otvor připevněno potrubí, které svou délkou dosahuje až téměř na dno zásobníku.



Obr. 41: Akumulační zásobník se sifonovým efektem

Z důvodu ekonomického provozu jsem se rozhodl použít centrální systém zpětného získávání tepla s akumulční nádobou, umístěnou v technické místnosti v prvním podzemním podlaží. Do této nádrže je svedena téměř všechna „šedá voda“ viz výkresová dokumentace.

### 6.5.1 Návrh akumulčního zásobníku se zpětným získáváním tepla

Účelem tohoto návrhu je návrh optimálního akumulčního zásobníku s vnitřním výměníkem tepla v podobě spirálního potrubí a určit výstupní teplotu ohřáté vody ze zásobníku. Pro návrh tohoto zásobníku je podstatné stanovit množství odpadní vody a její teploty. Jako výměník tepla je navrženo potrubí, které je spirálovitě navinuto uvnitř zásobníku (obrázek 42). Ke zlepšení přestupu tepla z odpadní vody je potrubí z měděného materiálu s dobrou tepelnou vodivostí. K co možná nejvyššímu využití přenosu tepelné energie jsem navrhl měděné potrubí stočené do spirály a její rozteč. Jako akumulční zásobník teplé vody byl navržen individuálně vyrobený zásobník teplé vody o objemu 2500 l. Do tohoto zásobníku teplé vody jsou zhotoveny celkem 4 otvory. Jeden otvor je zhotoven pro přívod teplé odpadní vody a druhý pro odvod studené odpadní vody o průměru DN150. Poslední dva prostupy jsou zhotoveny pro průchod spirálního měděného potrubí o dimenzí 76x2mm. Všechny prostupy jsou dokonale utěsněny.

#### Stanovení výstupní teploty

Výstupní teplota byla odvozena z kalorimetrické rovnice stanovena podle vztahu 61.

$$T_{w1} = \frac{Q_{zzt}}{\dot{V} \cdot \rho \cdot c_v} + T_{w2} \quad [\text{K}] \quad (61)$$

$Q_{zzt}$  ... předávaný tepelný výkon, stanoven podle vztahu 62 [W]

$\dot{V}$  ... objemový průtok studené vody [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

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

$c_v$  ... měrná tepelná kapacita studené vody [ $\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}$ ]

$T_{w2}$  ... teplota studené vody z vodovodního řádu o teplotě 10 °C [K]

$$Q_{zzt} = U \cdot S \cdot (T_1 - T_{w2}) \quad [\text{K}] \quad (62)$$

$U$  ... součinitel přestupu tepla kruhovým potrubím stanoven podle vztahu 63 [ $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ ]

$S$  ... celková plocha potrubí [ $\text{m}^2$ ]

$T_1$  ... teplota teplé odpadní vody (pro návrh uvažováno 25°C) [K]

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\pi \cdot \alpha_i \cdot d_i} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_t} \cdot \ln\left(\frac{d_e}{d_i}\right) + \frac{1}{\pi \cdot \alpha_{e,celk} \cdot d_e}} \quad [\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}] \quad (63)$$

$\alpha_i$  ... součinitel přestupu tepla na vnitřní straně stěny potrubí stanovený podle vztahu 64 [ $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ ]

$\alpha_{e,celk}$  ... součinitel přestupu tepla na vnější straně stěny potrubí zohledňující počet spirál stanovený podle vztahu 65 [ $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ ]

$\lambda_i$  ... součinitel tepelné vodivosti potrubí (pro měděné potrubí počítáno s hodnotou 372 W/m.K) [W/m.K]

$d_e$  ... vnější průměr potrubí [m]

$d_i$  ... vnitřní průměr potrubí [m]

$$\alpha_i = \frac{Nu-i \cdot \lambda_s}{L} \quad [\text{W/m}^2 \cdot \text{K}] \quad (64)$$

$Nu-i$  ... Nuseltovo číslo pro proudění vody uvnitř potrubí, stanovené z kritériální rovnice pro proudění vody ve válcovém potrubím podle vztahu 67 [-]

$\lambda_s$  ... součinitel tepelné vodivosti studené vody z vodovodního řadu (počítáno s hodnotou pro teplotu vody 10 °C,  $\lambda = 2,48 \cdot 10^2$  W/m.K) [W/m.K]

$$\alpha_{e,celk} = \alpha_e \cdot \sqrt[4]{\frac{1}{N}} \quad [\text{W/m}^2 \cdot \text{K}] \quad (65)$$

$\alpha_e$  ... součinitel přestupu tepla na vnější straně stěny potrubí stanovený podle vztahu 66 [W/m<sup>2</sup>.K]

$N$  ... celkový počet spirál [-]

$$\alpha_e = \frac{Nu-e \cdot \lambda}{L} \quad [\text{W/m}^2 \cdot \text{K}] \quad (66)$$

$Nu-e$  ... Nuseltovo číslo pro proudění vody na vnější straně potrubí, stanovené z kritériální rovnice pro obtékání vnější stěny válcového potrubí podle vztahu 68 [-]

$\lambda$  ... součinitel tepelné vodivosti teplé odpadní vody (počítáno s hodnotou pro teplotu vody 25 °C,  $\lambda = 2,59 \cdot 10^2$  W/m.K) [W/m.K]

$L$  ... charakteristický rozměr [m]

$$Nu_{u-i} = 0,027 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,3} \quad [-] \quad (67)$$

$Re$  ... Reynoldsovo číslo, určené podle vztahu 53 [-]

$Pr$  ... Prandtlovo číslo [-]

Tato kritériální rovnice platí pro tyto podmínky:

$$\begin{aligned} 0,6 &\leq Pr \leq 160 \\ Re &\geq 10 \\ \frac{l}{d_e} &\geq 10 \end{aligned}$$

$l$  ... délka potrubí [m]

$d_e$  ... průměr potrubí [m]

$$Nu_{-e} = 0,5 \cdot (Gr \cdot Pr)^{0,25} \quad [-] \quad (68)$$

Gr ... Grashofovo číslo, stanovené podle vztahu 69 [-]

$$Gr = \beta \cdot \Delta T \cdot \frac{g \cdot L^3}{\nu^2} \quad [-] \quad (69)$$

$\beta$  ... součinitel roztažnosti, stanoven podle vztahu 70 [1/K]

$$\beta = \frac{1}{T_1} \quad [1/K] \quad (70)$$

Při stanovení ohřáté studené vody (viz příloha), jsem počítal se studenou vodou o teplotě 10 °C o průtoku 37,4 m<sup>3</sup>/h. Tato studená voda proudí v měděném potrubí, které je spirálově navinuto o rozteči 100 mm do akumulčního zásobníku. Dimenze a tloušťka stěny tohoto potrubí je 76x2 mm o celkové délce 42,7 m. Odpadní teplá voda přitéká do nádrže o teplotě 25 °C. Teplota vody, vystupující z akumulčního zásobníku proudící do kotle byla stanovena na teplotu 14,6°C. Podle vztahu 31 v kapitole 4.2.1, jsem stanovil nové hodnoty pro odběr tepla a potřebný výkon pro ohřev potřebného množství teplé vody na hodnotu 295,7 kW.den a potřebný výkon zdroje tepla pro ohřev vody do zásobníku teplé vody na hodnotu 38 kW.

Hodnoty bez zpětného získávání tepla:

- potřebný výkon pro ohřátí potřebného množství teplé vody: 325,6 kW.den
- potřebný výkon zdroje tepla pro ohřev vody do zásobníku teplé vody: 41 kW

Z těchto rozdílných hodnot je patrná 10% úspora energie, oproti provozu bez zpětného získávání tepla.

## 7. Plynovod

### 7.1. Obecně

Plynovod je potrubní síť, ve kterém proudí plynné palivo (zemní plyn) od předávajícího místa k plynovodní přípojce. Podle přetlaku se potrubní síť rozlišuje na potrubní síť s velmi vysokým tlakem (4 až 10 MPa), s vysokým tlakem (0,4 až 4 MPa), středotlaký potrubní systém (0,005 až 0,4 MPa) a nízkotlaká potrubní síť (před do 0,005 MPa). Potrubní síť s vysokým a s velmi vysokým tlakem se používá pro rozvod plynu na velké vzdálenosti například od místa těžby k předávací stanici nebo jako rozvod tranzitního plynovodu. Středotlaký rozvod se používá pro rozvod plynu z předávací stanice k jednotlivým plynovodním přípojkám (například rozvod plynu po městě). Nízkotlaký rozvod plynu slouží pro rozvod plynu uvnitř budovy. Stejně jako vodovod a kanalizaci může i plynovod rozdělit na vnější a domovní.

### 7.2 Vnější plynovod

Pod pojmem vnější plynovod si můžeme představit veškerou potrubní síť, která je vedena mimo budovu. Do této skupiny patří také plynovodní přípojka, která propojuje odběrná plynová zařízení a distribuční plynovod. Tato plynová přípojka končí hlavním uzávěrem plynu (dále jen HUP). Pro vedení plynovodní přípojky musíme dodržet následující podmínky:

- plynovodní přípojka má být napojena kolmo na potrubí distribučního plynovodu
- plynovodní přípojka má být vedena kolmo na budovu
- vedení potrubí má být přístupné pro případ opravy či rekonstrukce
- je nepřípustné nad přípojkou zřizovat stavbu, terasu, schody, sklady a vysazovat stromy
- minimální výška krytí 0,6 m, je-li použita chránička lze snížit výšku krytí na 0,25 m

Plynovodní přípojka je nejčastěji provedena z plastového potrubí (z vysokohustotního polyetylenu PE-HD).

#### 7.2.1 Návrh jmenovité světlosti plynovodní přípojky

Dimenze plynovodní přípojky se stanoví podle vztahu 71.

$$d = 0,097486 \cdot \left( z_1 \cdot T_1 \cdot \frac{v_p^2 \text{ sec}}{p_1^2 - p_2^2} \cdot L \right)^{0,1875} \quad [\text{m}] \quad (71)$$



$z_1$  ... kompresibilní faktor zemního plynu při tlaku  $p_1$  a teplotě  $T_1$  [-]

$T_{p1}$  ... teplota zemního plynu na vstupu do plynovodu [K]

$p_1$  ... tlak zemního plynu na vstupu do plynovodu [Pa]

$p_2$  ... tlak zemního plynu na výstupu do plynovodu [Pa]

$L_p$  ... délka plynovodu [m]

$V_{p\ sec}$  ... množství plynu [ $m^3/s$ ]

Rozdíl tlaků na vstupu a vstupu a výstupu do plynovodu a z plynovodu se stanoví podle vztahu 72.

$$p_1^2 - p_2^2 = \lambda \cdot \rho_n \cdot \frac{z_1}{z_n} \cdot \frac{T_{p1}}{T_n} \cdot \frac{16}{\pi^2} \cdot p_n \cdot \frac{V_{p\ sec}^2}{d^5} \cdot L_p \quad [\text{Pa}] \quad (72)$$

$\lambda$  ... součinitel tlakových ztrát třením v plynovodu, stanovený podle vztahu 73 [-]

$\rho_n$  ... hustota zemního plynu (počítáno s hodnotou  $0,73 \text{ kg/m}^3$ ) [ $\text{kg/m}^3$ ]

$z_n$  ... kompresibilní faktor zemního plynu při tlaku  $p_n$  a teplotě  $T_n$  (počítáno s hodnotou  $z_n=1$ ) [-]

$T_n$  ... termodynamická teplota zemního plynu (počítáno s hodnotou  $273,15 \text{ K}$ ) [K]

$p_n$  ... barometrický tlak (počítáno s hodnotou  $101\ 325 \text{ Pa}$ ) [Pa]

$$\lambda = \frac{0,009407}{\sqrt[3]{d}} \quad [-] \quad (73)$$

Průměr potrubí do vztahu 73 dosazujeme v mm.





















Tlaková ztráta vertikálního potrubí se stanoví podle vztahu 74. Kvůli nízké hustotě zemního plynu, která je nižší než hustota okolního vzduchu, nenastávají ve vertikálním potrubí při proudění směrem vzhůru tlakové ztráty ale naopak tlakové zisky. Při výpočtu tlakové ztráty způsobené místními odpory se hodnota součinitele vřazeného odporu nahradí ekvivalentní délkou podle tabulky 36. Tato ekvivalentní délka se jednoduše přičte k délce úseku potrubního rozvodu a dále se tak počítá pouze s tlakovou ztrátou třením s upravenou délkou potrubí.

$$p_{vzt} = (\rho_v - \rho_n) \cdot H \cdot g \quad [\text{Pa}] \quad (74)$$

$\rho_v$  ... hustota vzduchu [ $\text{kg/m}^3$ ]

$H$  ... délka vertikálního potrubí [m]

Tab. 36: Stanovení ekvivalentní délky [71]

Tvarovka		Přirážka* [m]	Tvarovka		Přirážka* [m]
kulový kohout kuželový kohout		0,5 2,0	čistící T-kus (90°)		1,3
rohový kohout kulový nebo kuželový		1,3 5,0	T-kus (90°)		1,5
šoupě		0,5	odbočka		0,9
kříž (90°)		1,3	T-kus, oblouk		0,3
kříž (90°)		2,0	rozdělení		1,3
kříž čistící (90°)		0,3	čistící koleno		0,9
kříž čistící (90°)		1,3	reduktor **		0,4
T-kus (90°)		0,5	etážka		0,5
T-kus (90°)		1,3	změna směru (např. koleno)		0,7

Jmenovitá světlost plynovodní přípojky byla stanovena pouze pro dvě plynová zařízení. Tedy pouze pro provoz dvou plynových kondenzačních kotlů značky Buderus Logamax GB192i o výkonu 25 kW a se spotřebou plynu 5,37 m<sup>3</sup>/h. Podle předchozích vztahů byla stanovena jmenovitá světlost potrubí na hodnotu DN40. Plynovodní přípojka je napojena kolmo na distribuční plynovod, který vede pod silnicí na ulici před budovou v hloubce tři metry pod povrhem. Přípojka je ukončena HUP, který je umístěn spolu s plynoměrem v zabudované skřini na hranici pozemku. Potrubní trasa a výpočty viz přiložená dokumentace.

Z důvodu měření spotřeby plynného paliva pro provoz plynového zařízení je zapotřebí použít plynoměr. V dnešní době se můžeme setkat se čtyřmi druhy plynoměrů. Prvním druhem plynoměru je plynoměr rychlostní. Tento plynoměr měří průtok pomocí otáčení lopatkového kola a dále se rychlost otáček převádí na číselník. Dalším druhem plynoměru je plynoměr dynamický. Tento druh plynoměru je vybaven clonkou a měření průtoku spočívá v stanovení rozdílu tlaku před a za clonkou. Z tohoto rozdílu tlaku se stanoví rychlost proudění a tím i průtok plynu. Třetím druhem plynoměru je plynoměr ultrazvukový. Ultrazvukový plynoměr měří průtok plynu na principu rozdílu rychlosti šíření zvuku po a proti směru proudění plynu. Posledním druhem plynoměru je plynoměr membránový. Princip měření tohoto plynoměru spočívá v periodickém plnění dvou měchů. Na tyto měchy jsou připojeny šoupátka, která mění posuvný pohyb na rotační a tím nám udává na číselníku plynoměru stav spotřeby plynu.

### 7.3 Domovní plynovod

Domovní plynovodem je potrubní rozvod od HUP až po plynový spotřebič, respektive k jednotlivým uzávěrům před plynovými spotřebiči. Přetlak v potrubní síti domovního plynovodu je nízký do 0,005 MPa. Celá potrubní síť je navržena tak, aby splnila požadovaný připojovací přetlak pro provoz plynového zařízení. Tento připojovací přetlak udává výrobce plynového spotřebiče. V tomto případě je požadovaný připojovací přetlak stanoven na hodnotu 2 kPa pro každý nástěnný kotel.

Domovní plynovod se dále může rozlišit na vnější domovní plynovod a vnitřní domovní plynovod. Při návrhu potrubní sítě obou plynovodu je potřeba splnit potřebné požadavky.

Pro vnější domovní plynovod je zapotřebí splnit tyto podmínky:

- potrubní síť se přednostně vede v zemi,
- potrubní síť z ocelového potrubí lze vést po obvodové zdi a po vnitřní straně oplocení
- potrubí nesmí být určeno jako nosná konstrukce
- potrubí vedené po povrchu budovy nebo plotu musí být bez rozebíratelných spojů a opatřeno antikoročním nátěrem
- vedené potrubí pod omítkou musí být opatřeno chráničkou a bez rozebíratelných spojů
- potrubní rozvod musí být co možná nejkratší

Pro vnitřní domovní plynovod je zapotřebí splnit tyto podmínky:

- potrubní rozvod se přednostně vede po povrchu v co možná nejkratší délce, s odstupem od zdi a podlahy 20 mm
- potrubní rozvod nesmí sloužit jako nosná konstrukce
- potrubí nesmí být vedeno v nepřístupných a nevětraných šachtách o půdorysné ploše menší než 1 m<sup>2</sup>, chráněnými únikovými cestami, prostorem jiného vlastníka, ve stropě, na půdě, komíny, výtahovými šachtami, pod zabudovanými schody a dalšími zabudovanými předměty
- potrubí vedené v kotelně je provedeno z nerozebíratelných spojů a potrubí má být co nejkratší

### 7.3.1 Návrh jmenovité světlosti potrubí

Jmenovitá světlost potrubí vnitřního plynovodu s přetlakem do 5 kPa se stanoví podle vztahu 75.

$$d_i = 10 \cdot \sqrt[5]{\frac{19,4 \cdot V_r^2 \cdot L_e \cdot a_r}{\Delta p_c}} \quad [\text{mm}] \quad (75)$$

$V_r$  ... redukovaný odběr plynu, stanoven vztahem 76 [m<sup>3</sup>/h]

$L_e$  ... ekvivalentní délka plynovodu [m]

$a_r$  ... relativní hustota plynu (počítáno s hustotou 0,5646) [-]

$\Delta p_c$  ... tlaková ztráta v daném úseku plynovodu [Pa]

$$V_r = K_1 \cdot V_1 + K_2 \cdot V_2 + K_3 \cdot V_3 + K_4 \cdot V_4 \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (76)$$

$V_1$  ... součet objemových průtoků spotřebičů pro přípravu pokrmů [m<sup>3</sup>/h]

$V_2$  ... součet objemových průtoků spotřebičů pro lokální vytápění a pro přípravu teplé vody [m<sup>3</sup>/h]

$V_3$  ... součet objemových průtoků kotle, včetně kombinovaného kotle pro přípravu teplé vody [m<sup>3</sup>/h]

$V_4$  ... součet objemových průtoků technologických plynových spotřebičů a spotřebičů ve velkokuchyních [m<sup>3</sup>/h]

$K_1$  ... koeficient současnosti provozu závisí na druhu, množství a způsobu provozu technologických plynových spotřebičů, stanoven podle vzorce 77 [-]

- $K_2$  ... koeficient současnosti provozu závisí na druhu, množství a způsobu provozu technologických plynových spotřebičů, stanoven podle vzorce 78 [-]
- $K_3$  ... koeficient současnosti provozu závisí na druhu, množství a způsobu provozu technologických plynových spotřebičů, stanoven podle vzorce 79 [-]
- $K_4$  ... koeficient současnosti provozu závisí na druhu, množství a způsobu provozu technologických plynových spotřebičů [-]

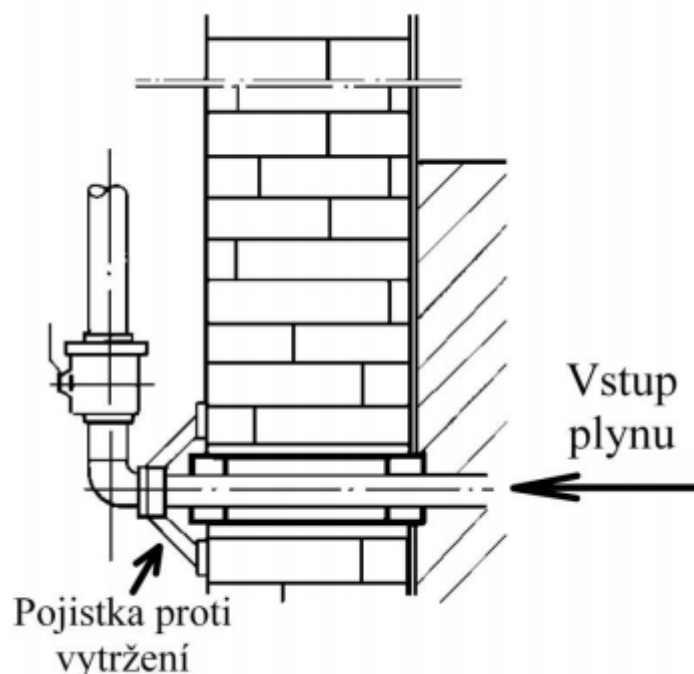
$$K_1 = n_p^{-0,5} \quad [-] \quad (77)$$

$n_p$  ... počet plynových spotřebičů [-]

$$K_2 = n_p^{-0,15} \quad [-] \quad (78)$$

$$K_3 = n_p^{-0,1} \quad [-] \quad (79)$$

Domovní plynový rozvod byl navržen z ocelového potrubí o jmenovité světlosti DN32. Vnější domovní plynovodní potrubí od HUP a plynoměru, je vedeno v zemi 1,8 m od obvodové zdi budovy v hloubce 1 m. Plynoměr byl navržen značky BK40. Na prostupu potrubí obvodovou zdí je pojistka proti vytržení (viz obrázek 42). Uvnitř budovy je potrubí ukončeno kulovými kohouty DN32, které jsou umístěny přímo pod každým nástěnným kotlem. Nástěnný plynový kotel je od kulového kohoutu napojen pomocí nerezové vlnkové hadice.



Obr. 42: Pojistka proti vytržení potrubí [71]

## 8. Závěr

Cílem této diplomové práce byl návrh otopného systému, zdroje tepla pro vytápění a ohřev teplé vody. Dalším úkolem byl návrh vodovodní, kanalizační a plynovodní potrubní sítě. Při této práci jsem aplikoval a ověřil své znalosti v oblasti projektování otopného systému, vodovodu, kanalizace a plynovodu. Před samotným výpočtem tepelné ztráty objektu jsem navrhl na přání investora skladbu stěn a podlah s požadavkem na doporučenou hodnotu součinitele prostupu tepla určené pro pasivní domy. Tepelné ztráty objektu byly stanoveny normou ČSN EN 12 831 na hodnotu 52 kW. S ohledem na takto velký objekt je tepelná ztráta malá díky použití zpětného získávání z odváděného vzduchu z místností. Podle přání investora a tepelně technických vlastností objektu jsem navrhl podlahové vytápění doplněné o trubková koupelňová otopná tělesa, která mají jako zdroj tepla elektrické topné těleso. Potrubí otopného hadu podlahového vytápění je z plastového materiálu typu PEX-a. Potrubní rozvod k jednotlivým rozdělovačům je navržen z ocelového potrubí. Tato potrubí jsou svedena do jednoho rozdělovače a sběrače, přes trojcestnou směšovací armaturu a oběhové čerpadlo, které je navrženo na tlakovou ztrátu otopného okruhu a potřebného množství otopné vody. Z důvodu velké tepelné ztráty osmého a devátého podlaží byla zapotřebí vyšší střední teplota teplosměnné látky v potrubí na teplotu 28,2 °C. Střední teplota teplosměnné látky v potrubí je stanovena na hodnotu 25,3 °C. Celkový potřebný výkon pro vytápění byl stanoven na hodnotu 46,3 kW. Má-li otopná soustava správně pracovat, musí být hydraulicky vyvážena. Hydraulické vyvážení otopné soustavy jsem provedl pomocí nastavitelného škrtícího a termostatického ventilu a vyvažovacích ventilů. Zdrojem tepla pro vytápění a ohřev teplé vody je navržena kaskáda dvou plynových kondenzačních kotlů značky Buderus Logamax GB192i o výkonu 25 kW. Tato kaskádu kotlů disponuje výkonem od 2,8 až 50 kW při teplotní spádu 50/30 °C. Tento výkon kotlů je řízen regulací značky Buderus Logamatic 4323 podle venkovní teploty. Regulační systém je dále rozšířen o potřebné moduly k řízení čtrnácti topných okruhů a dvou okruhů určených pro ohřev teplé vody. Zásobníky teplé vody byly navrženy podle platné normy ČSN EN 15 316-3 na celkový objem 1500 l. Zvolil jsem dva zásobníky teplé vody značky Buderus Logalux SU750 o objemu 750 l.

Dalším úkolem této práce byl návrh rozvodu studené vody, teplé vody a návrh cirkulačního a požárního potrubí. Veškerý potrubní rozvod s výjimkou požárního potrubí je zhotoven z plastového potrubí typu PPR, které je izolováno PE izolací. Z důvodu požární odolnosti potrubí je požární potrubí navrženo z ocelového potrubí a je napojeno na jednotlivé hydranty v každém podlaží.

Kanalizační potrubí bylo navrženo podle platné normy ČSN 75 6760. Z důvodu zpětného získávání tepla z odpadní vody jsem zvolil čtvrtý systém plnění se součinitelem odtoku  $0,7 \text{ l}^{0,5}/\text{s}^{0,5}$ . Kanalizační potrubí je také zhotoveno z plastu ale typu HT. Odvod dešťové vody ze střechy objektu je navržen jako samostatná síť potrubí, která se spolu s kanalizačním potrubím splaškové vody spojí těsně před vstupem do kanalizační stoky. Dále jsem navrhl zpětné získávání tepla z odpadní vody. Základem byl navržen akumulární zásobník o objemu 2500 l, ve kterém je spirálně navinuté měděné potrubí s proudící studenou vodou z venkovního řádu. Díky tomuto zpětnému získávání tepla, můžeme dosáhnout až 10% úspore energie.

Poslední úkol spočíval v návrhu plynovodního potrubí. Tento rozvod byl navržen z ocelového potrubí DN32. Nástěnné plynové kotle jsou provozovány jako spotřebič třídy C. Odkouření a sání spalovacího vzduchu kotlů je provedeno koncentrickým

potrubím, které je vedeno na vnější straně fasády budovy. Ukončení komína je na střeše objektu s převisem 500 mm.

## 9. Seznam výkresové dokumentace

<b>VYT-1.PP</b>	Vytápění - půdorys 1.PP
<b>VYT-1.NP</b>	Vytápění - půdorys 1.NP
<b>VYT-2.NP</b>	Vytápění - půdorys 2.NP
<b>VYT-3.NP</b>	Vytápění - půdorys 3.NP
<b>VYT-4.NP</b>	Vytápění - půdorys 4.NP
<b>VYT-5.NP</b>	Vytápění - půdorys 5.NP
<b>VYT-6.NP</b>	Vytápění - půdorys 6.NP
<b>VYT-7.NP</b>	Vytápění - půdorys 7.NP
<b>VYT-8.NP</b>	Vytápění - půdorys 8.NP
<b>VYT-9.NP</b>	Vytápění - půdorys 9.NP
<b>ROZ 1.NP</b>	Rozdělovač 1.NP
<b>ROZ 2.NP</b>	Rozdělovač 2.NP
<b>ROZ 3.NP</b>	Rozdělovač 3.NP
<b>ROZ 4.NP</b>	Rozdělovač 4.NP
<b>ROZ 5.NP</b>	Rozdělovač 5.NP
<b>ROZ 6.NP</b>	Rozdělovač 6.NP
<b>ROZ 7.NP</b>	Rozdělovač 7.NP
<b>ROZ 8.NP</b>	Rozdělovač 8.NP
<b>ROZ 9.NP</b>	Rozdělovač 9.NP
<b>ROZ .C</b>	Centrální rozdělovač a sběrač
<b>R. S.</b>	Rozvinuté schéma podlahového vytápění
<b>SCH.Z</b>	Schéma zapojení zdroje tepla
<b>VOD 1.PP</b>	Vodovod - půdorys 1.PP
<b>VOD 1.NP</b>	Vodovod - půdorys 1.NP
<b>VOD 2.NP</b>	Vodovod - půdorys 2.NP
<b>VOD 3.NP</b>	Vodovod - půdorys 3.NP
<b>VOD 4.NP</b>	Vodovod - půdorys 4.NP
<b>VOD 5.NP</b>	Vodovod - půdorys 5.NP
<b>VOD 6.NP</b>	Vodovod - půdorys 6.NP
<b>VOD 7.NP</b>	Vodovod - půdorys 7.NP
<b>VOD 8.NP</b>	Vodovod - půdorys 8.NP
<b>VOD 9.NP</b>	Vodovod - půdorys 9.NP
<b>V.R.S</b>	Rozvinuté schéma vodovodu
<b>VOD – AV</b>	Axonometrie rozvodu teplé a studené vody
<b>VOD – CP</b>	Axonometrie cirkulačního potrubí
<b>KAN 2.PP</b>	Kanalizace - půdorys 2.PP
<b>KAN 1.PP</b>	Kanalizace - půdorys 1.PP
<b>KAN 1.NP</b>	Kanalizace - půdorys 1.NP
<b>KAN 2.NP</b>	Kanalizace - půdorys 2.NP
<b>KAN 3.NP</b>	Kanalizace - půdorys 3.NP
<b>KAN 4.NP</b>	Kanalizace - půdorys 4.NP
<b>KAN 5.NP</b>	Kanalizace - půdorys 5.NP
<b>KAN 6.NP</b>	Kanalizace - půdorys 6.NP

<b>KAN 7.NP</b>	Kanalizace - půdorys 7.NP
<b>KAN 8.NP</b>	Kanalizace - půdorys 8.NP
<b>KAN 9.NP</b>	Kanalizace - půdorys 9.NP
<b>KAN STR</b>	Kanalizace - střecha
<b>K. R. S.S</b>	Rozvinuté schéma šedé vody
<b>K. R. S.C</b>	Rozvinuté schéma černé vody
<b>PLN</b>	Plynovod – půdorys 1.PP



## 10. Seznam tabulek

1. Požadované hodnoty součinitele prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2 [3].....	3
2. Součinitelé prostupu tepla podlahy .....	5
3. Součinitelé prostupu tepla vnitřními konstrukcemi .....	6
4. Venkovní výpočtové teploty podle lokality umístění budovy dle ČSN EN 12 831 [16] .....	9
5. Snížení venkovní výpočtové teploty s ohledem na nadmořskou výšku [16] .....	9
6. Vnitřní výpočtové teploty [17] .....	10
7. Tepelné ztráty 2.NP .....	14
8. Nejvýše přístupné povrchové teploty .....	21
9. Návrh podlahové otopné plochy v 2.NP .....	25
10. Součinitel zvětšení objemu [32] .....	26
11. Hydraulické vyvážení potrubní sítě v 2.NP .....	30
12. Potřeba teplé vody při teplotě 60 °C, dle druhu budovy [49] .....	38
13. Procentuální odběry v daný časový úsek dle ČSN EN 15 316-3 .....	38
14. Potřebný výkon zdroje tepla a objem zásobníku TV .....	39
15. Korekční faktor odběru tepla ze zásobníku [48] .....	40
16. Ochranná jednotka třídy tekutiny 5 [53] .....	42
17. Jmenovité výtoky $Q_A$ [52] .....	43
18. Doporučené rychlosti proudění v potrubí [54] .....	44
19. Návrh světlosti potrubí a stanovení tlakové ztráty .....	45
20. Stanovení celkové tlakové ztráty .....	45
21. Hodnoty pro návrh požárního potrubí [54] .....	46
22. Návrh požárního potrubí .....	47
23. Stanovení celkové tlakové ztráty .....	47
24. Návrh cirkulačního potrubí .....	50
25. Přehled součinitele odtoku [61] .....	54
26. Výpočtový odtok [61] .....	54
27. Nevětrané připojovací potrubí [61] .....	55
28. Větrané připojovací potrubí [61] .....	55
29. Přednostní dimenze odpadního potrubí [61] .....	55
30. Dimenze hlavního větracího potrubí [61] .....	56
31. Dimenze dešťového vnitřního odpadního potrubí [61] .....	56
32. Součinitel odtoku dešťové vody [61] .....	57
33. Stanovení dimenze svodného potrubí [61] .....	57
34. Minimální sklon svodného potrubí [62] .....	58
35. Vzdálenosti pro umístění čistících armatur [62] .....	59
36. Stanovení ekvivalentní délky [71] .....	68

## 11. Seznam grafů

1. *Závislost účinnosti rekuperaci na objemovém průtoku vzduchu [19] .....13*
2. *Horizontální průběh teploty při podlahovém vytápění [25] .....16*
3. *Křivky odběru a dodávky tepla s časově omezenou dodávkou tepla [48] .... 37*
4. *Křivky odběru a dodávky tepla dle ČSN EN 15 316-3 ..... 39*

## 12. Seznam obrázků

1. <i>Bytový dům palác Ehrlih</i> [1] .....	1
2. <i>Skladba podlahy 1. PP, 2 PP a 3 PP</i> [4] .....	4
3. <i>Skladba podlahy 1. NP</i> [6] .....	4
4. <i>Skladba podlahy v obytných místností</i> [7] .....	5
5. <i>Detail konstrukce balkonových dveří</i> [10] .....	7
6. <i>Detail konstrukce oken</i> [11] .....	7
7. <i>Garážová vrata</i> [14] .....	8
8. <i>Hodnoty součinitele lineárního prostupu tepla lineárního tepelného mostu pro okna a balkonové dveře</i> [18] .....	11
9. <i>Vertikální průběh teploty při podlahovém vytápění</i> [24] .....	16
10. <i>Podlahové vytápění provedené suchým způsobem</i> [26] .....	17
11. <i>Otopný had tvořen do meandru</i> [29] .....	19
12. <i>Otopný had tvořen bifilární plošnou spirálou a bifilárního meandru</i> [22] ..	19
13. <i>Otopný had tvořen do plošné spirály</i> [29] .....	19
14. <i>Nesměšovaný rozdělovač a sběrač</i> [30] .....	20
15. <i>Směšovaný rozdělovač a sběrač</i> [31] .....	21
16. <i>Program na výpočet podlahového vytápění pro místnost A03 v 2.NP</i> .....	24
17. <i>Modulační regulátor značky Buderus Logamatic 4323</i> [20] .....	26
18. <i>Pokojevý termostat Siemens RAA41 a kulový kohout IMI Hydronic CV216 MZ</i> [21;22] .....	27
19. <i>Vyvážená a nevyvážená otopná soustava</i> [29] .....	30
20. <i>Koncentrické odkouření kaskády</i> [33] .....	31
21. <i>Princip kondenzačního kotle</i> [46] .....	31
22. <i>Lokální ohřev teplé vody</i> [47] .....	32
23. <i>Centrální ohřev teplé vody</i> [47] .....	32
24. <i>Ústřední ohřev teplé vody</i> [47] .....	33
25. <i>Přímý zásobníkový ohřivač teplé vody</i> [47] .....	33
26. <i>Nepřímý zásobníkový ohřivač teplé vody</i> [47] .....	34
27. <i>Průtokový ohřivač teplé vody</i> [47] .....	34
28. <i>Systém přednostní přípravy teplé vody</i> .....	35
29. <i>Oběhové čerpadlo značky Wilo Comfort Vario COR 1-MVIE 204/VR</i> [55] .....	46
30. <i>Požární čerpadlo Wilo -FLA Compact – 1 Helix V</i> [56] .....	47
31. <i>Schéma výpočtových průtoků cirkulace teplé vody</i> [52] .....	50
32. <i>Stupeň plnění potrubí</i> [60] .....	52
33. <i>Systém 1 a 2</i> [60] .....	52
34. <i>Systém 3</i> [60] .....	53
35. <i>Čistící armatura</i> [63] .....	58
36. <i>Ochranná armatura proti vzdučné vodě</i> [64] .....	59
37. <i>Lokální systém zpětného získávání tepla</i> [62] .....	60
38. <i>Výměník tepla osazený na potrubí</i> [67] .....	60
39. <i>Sprchová vanička s integrovaným výměníkem</i> [68] .....	61
40. <i>Systém centrálního zpětného získávání tepla</i> [68] .....	62
41. <i>Akumulační zásobník se sifonovým efektem</i> .....	62
42. <i>Pojistka proti vytržení potrubí</i> [71] .....	70

### 13. Použitá literatura

- [2] Bytový dům palác Ehrlich [online]. Dostupné z [http://www.tyden.cz/rubriky/relax/bydleni/nova-dominanta-plzne-treba-palac-ehrich-od-borka-sipka\\_47721.html](http://www.tyden.cz/rubriky/relax/bydleni/nova-dominanta-plzne-treba-palac-ehrich-od-borka-sipka_47721.html)
- [2] VYHLÁŠKA č.268/2009 Sb. *Ministerstva pro místní rozvoj o obecných požadavcích na stavby.*
- [3] Normované hodnoty součinitele prostupu tepla  $U_{N20}$  jednotlivých konstrukcí tepla dle ČSN 73 0540 – 2; 2011 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky [online] Dostupné z <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/136-normove-hodnoty-soucinitele-prostupu-tepla-un-20-jednotlivych-konstrukci-dle-csn-73-0540-2-2011-tepeln-a-ochrana-budov-cast-2-pozadavky>
- [4] Průmyslové a dekorativní podlahy [online]. Dostupné z <http://www.ppplacek.cz/podlahy-pro/vypis-systemu.html>
- [5] Katalog produktů Isover [online], Dostupné z <http://www.isover.cz/produkty>
- [6] Projekční skladby podlah dle tepelných ztrát (skladby s betonovou mazaninou) [online], Dostupné z [https://www.1-topeni-levne.cz/aktuality/\\_zobraz=skladba-podlahy-pro-nejprodavanejsi-a-nejcastejsi-aplikaci-v-rodinnych-domech/\\_zobraz=skladba-podlahy-pro-nejprodavanejsi-a-nejcastejsi-aplikaci-v-rodinnych-domech/\\_zobraz=skladba-podlahy-pro-nejprodavanejsi-a-nejcastejsi-aplikaci-v-rodinnych-domech](https://www.1-topeni-levne.cz/aktuality/_zobraz=skladba-podlahy-pro-nejprodavanejsi-a-nejcastejsi-aplikaci-v-rodinnych-domech/_zobraz=skladba-podlahy-pro-nejprodavanejsi-a-nejcastejsi-aplikaci-v-rodinnych-domech/_zobraz=skladba-podlahy-pro-nejprodavanejsi-a-nejcastejsi-aplikaci-v-rodinnych-domech)
- [7] Skladby podlahy – konstrukcí pro obytné místnosti [online], Dostupné z <https://www.1-topeni-levne.cz/technicke-informace/skladba-podlahy-konstrukci-u-bezneho-rodinneho-domu>
- [8] Katalog produktů Heluz [online], Dostupné z <http://www.heluz.cz/cs/vyrobek>
- [9] Vchodové dveře – panelové profil IV 78 [online], Dostupné z <http://www.dare.cz/vchodove-dvere-panelove.html>
- [10] Terasové a balkonové dveře INOUTIC [online], Dostupné z <http://www.inoutic.cz/terasove-balkonove-dvere>
- [11] Plastová okna VEKA Softline 82 plus XL [online], Dostupné z <http://www.oknotherm.cz/plastova-okna/veka-softline82plus#xl>
- [12] Hliníkové dveře - Profil D92 UD [online], Dostupné z <http://www.oknotherm.cz/hlinikove-dvere/profil-d92-ud>

- [13] Akuterm - prohlášení o vlastnostech [online], Dostupné z [http://www.akuterm.cz/\\_files/f381/files/certif/akuterm\\_prohlaseni\\_o\\_vlastnostech\\_v4.pdf](http://www.akuterm.cz/_files/f381/files/certif/akuterm_prohlaseni_o_vlastnostech_v4.pdf)
- [14] Sekční garážová vrata Hörmann [online], Dostupné z [http://www.hormann.cz/fileadmin/\\_country/hoermann.cz/kataloge/Sectional%20Garage%20Doors%2086912%20CS.pdf](http://www.hormann.cz/fileadmin/_country/hoermann.cz/kataloge/Sectional%20Garage%20Doors%2086912%20CS.pdf)
- [15] ČSN EN 12 831. *Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu*. vyd. Praha: ÚNMZ, srpen 2005
- [16] Venkovní výpočtové teploty a otopná období dle lokalit [online], Dostupné z <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/25-venkovni-vypoctove-teploty-a-otopna-obdobi-dle-lokalit>
- [17] Vnitřní výpočtové teploty dle ČSN EN 12831 a doporučené relativní vlhkosti vzduchu dle ČSN 06 0210 [online], Dostupné z <http://vetrani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/28-vnitri-vypoctove-teploty-dle-csn-en-12831-a-doporucene-relativni-vlhkosti-vzduchu-dle-csn-06-0210>
- [18] ČSN EN ISO 14 683. *Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích – Lineární činitel prostupu tepla – Zjednodušené metody a orientační hodnoty*. vyd. Praha: ÚNMZ, únor 2009
- [19] Atrea Duplex 1500-11000 Multi – N -Technický list [online], Dostupné z [http://www.atrea.cz/img/jednotky/duplex\\_multi-n\\_cz/files/assets/common/downloads/files/duplex\\_1500\\_11000\\_multi-n\\_cz\\_2017\\_01.pdf](http://www.atrea.cz/img/jednotky/duplex_multi-n_cz/files/assets/common/downloads/files/duplex_1500_11000_multi-n_cz_2017_01.pdf)
- [20] Bašta J., *Velkoplošné sálavé vytápění. podlahové, stěnové a stropní vytápění a chlazení*, vyd. Praha Grada Publishing, a.s., 2010, 128 s, ISBN 978-80-247-3524-5
- [21] Podlahové vytápění I [online], Dostupné z <http://vytapani.tzb-info.cz/podlahove-vytapani/3428-podlahove-vytapani-i>
- [22] Podlahové vytápění II [online], Dostupné z <http://vytapani.tzb-info.cz/podlahove-vytapani/3442-podlahove-vytapani-ii>
- [23] Podlahové vytápění III [online], Dostupné z <http://vytapani.tzb-info.cz/podlahove-vytapani/3449-podlahove-vytapani-iii>
- [24] Podlahové vytápění [online], Dostupné z <http://vytapani.tzb-info.cz/podlahove-vytapani>
- [25] Velkoplošné vytápění I [online], Dostupné z <http://vytapani.tzb-info.cz/3383-velkoplosne-vytapani-i>

- [26] Podlahové topení příjemné rozložení teplot [online], Dostupné z <https://www.novinky.cz/bydleni/tipy-a-trendy/265619-podlahove-topeni-prijemne-rozlozi-teplo.html>
- [27] Velkoplošné vytápění I [online], Dostupné z <http://vytapani.tzb-info.cz/3383-velkoplosne-vytapani-i>
- [28] Kapilární rohože v praktických aplikacích [online], Dostupné z <http://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazení/5574-kapilarni-rohoze-v-praktickych-aplikacich>
- [29] Topné okruhy – typy pokládky [online], Dostupné z <http://www.pn66.cz/index1.php?show=spiraly>
- [30] Rozdělovače pro topné systémy I [online], Dostupné z <http://heating-instal.cz/cs/14-rozdelovace-pro-topne-systemy>
- [31] Katalog příslušenství 2015 – Buderus [online], Dostupné z [https://www.buderus.cz/files/583\\_Buderus\\_katprisl\\_A4\\_nahl\\_19-2-2015\\_CZ.pdf](https://www.buderus.cz/files/583_Buderus_katprisl_A4_nahl_19-2-2015_CZ.pdf)
- [32] Návrh expanzní nádoby [online], Dostupné z <http://vytapani.tzb-info.cz/teorie-a-schemata/1156-navrh-expanzni-nadoby>
- [33] Technický katalog Buderus – Nástěnné kotle [online], Dostupné z [https://www.buderus.cz/files/01\\_Nastenne\\_kondenzacni\\_kotle\\_CZ.pdf](https://www.buderus.cz/files/01_Nastenne_kondenzacni_kotle_CZ.pdf)
- [34] Prostorový termostat Siemens RAA41 [online], Dostupné z <http://www.top-termostat.cz/cz/produkt-3732/prostorovy-termostat-siemens-raa41.html>
- [35] Standartní regulační ventily [online]. Dostupné z <http://www.imi-hydronic.com/sites/EN/cs-cz/Produkty/vyva%20Beo%20A1n%20AD-regulace-a-pohony/regula%20Dn%20AD-ventily/standardn%20AD-regula%20Dn%20AD-ventily/CV216316-MZ/a3d98e77-072a-4ddf-a2e9-c191efe1ce4>
- [36] VYHLÁŠKA č.193/2007 Sb. *Ministerstva průmyslu a obchodu*
- [37] Hydraulické yvážení [online]. Dostupné z [https://www.google.cz/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&ved=0ahUKEwjclZHEvJjUAhXC7xQKHRsFBsIQjRwIBw&url=https%3A%2F%2Fwww.kermi.cz%2Fprostorove-klima%2Fhydraulicke-vyvazeni%2F&psig=AFQjCNH1DoyCNwrIr8LWvUZf689eME\\_sDg&ust=1496263090162253](https://www.google.cz/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&ved=0ahUKEwjclZHEvJjUAhXC7xQKHRsFBsIQjRwIBw&url=https%3A%2F%2Fwww.kermi.cz%2Fprostorove-klima%2Fhydraulicke-vyvazeni%2F&psig=AFQjCNH1DoyCNwrIr8LWvUZf689eME_sDg&ust=1496263090162253)

- [38] Regulační šroubení [online]. Dostupné z <http://www.ivarcs.cz/cz/regulacni-sroubeni-prime-vk-ivar-dd-331-vk-ivar-ds-332>
- [39] Regulační a uzavírací šroubení [online]. Dostupné z <http://www.ivarcs.cz/cz/regulacni-a-uzaviraci-sroubeni>
- [40] Armatury [online]. Dostupné z <https://www.giacomini.cz/armatury>
- [41] Vyvažovací a kombinované ventily [online]. Dostupné z <http://www.hydronic.cz/rubriky/prehled-produktu/vyvazovaci-a-kombinovane-ventily--clony/rucni-vyvazovaci-ventil-d9505/>
- [42] Datový list [online]. Dostupné z [http://cz.danfoss.com/PCMPDF/MSV-BD\\_VDB4C848.pdf](http://cz.danfoss.com/PCMPDF/MSV-BD_VDB4C848.pdf)
- [43] Technický list [online]. Dostupné z [http://www.ivar.cz/techniky-list\\_ivar.cim-787.pdf](http://www.ivar.cz/techniky-list_ivar.cim-787.pdf)
- [44] Rotační ventily [online]. Dostupné z <http://www.esbe.cz/assets/Uploads/Productlist-price/rotacni-ventily-katalog-2015-cz.pdf>
- [45] Najít čeradlo [online]. Dostupné z <http://cz.grundfos.com/Produkty/find-product.html>
- [46] Stručná teorie kondenzačních kotlů plynových kotlů [online]. Dostupné z <http://www.tzb-info.cz/1912-strucna-teorie-kondenzace-u-kondenzacnich-plynovych-kotlu>.
- [47] Příprava teplé vody [online]. Dostupné z [http://users.fs.cvut.cz/roman.vavricka/ZTI/NEW/004\\_TV\\_1.pdf](http://users.fs.cvut.cz/roman.vavricka/ZTI/NEW/004_TV_1.pdf)
- [48] Metody návrhu zásobníku teplé vody [online]. Dostupné z <http://voda.tzb-info.cz/priprava-teple-vody/7885-metody-navrhu-zasobniku-teple-vody>.
- [49] Potřeba vody a tepla pro přípravu teplé vody [online]. Dostupné z <http://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/6839-potreba-vody-a-tepla-pro-pripravu-teple-vody>
- [50] Zásobníkové teplé vody Logalux SU500-1000 [online]. Dostupné z <https://www.buderus.cz/produkty/zasobniky-prehled/zasobniky-teple-vody/logalux-su500-1000.html>

- [51] Vodovod [online]. Dostupné z <https://cs.wikipedia.org/wiki/Vodovod>
- [52] Vnitřní vodovod – 1.díl [online]. Dostupné z <http://voda.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-voda-kanalizace/4694-vypocet-vnitrnich-vodovodu-podle-nove-csn-75-5455>
- [53] Vnitřní vodovod – 1.díl [online]. Dostupné z [http://users.fs.cvut.cz/roman.vavricka/ZTI/NEW/006\\_SV\\_1.pdf](http://users.fs.cvut.cz/roman.vavricka/ZTI/NEW/006_SV_1.pdf).
- [54] Vnitřní vodovod – 2. díl [online]. Dostupné z [http://users.fs.cvut.cz/roman.vavricka/ZTI/NEW/007\\_SV\\_2.pdf](http://users.fs.cvut.cz/roman.vavricka/ZTI/NEW/007_SV_2.pdf)
- [55] Wilo – Comfort – Vario COR-1 MVIE [online]. Dostupné z <http://productfinder.wilo.com/index.php#page=product&cat=c00000011001b7e300020023&pid=c000000110001b7e300020023&lcc=cz&lcd=cz&path=Wilo%2C0000002a0003a61400010023%2C0000002a0003a61400010023>
- [56] Wilo-FLA kompaktní -1 Helix [online]. Dostupné z <http://productfinder.wilo.com/cz/cz/c000000410003792a00010023/product.html>
- [57] Barták.M., *Řešené příklady z přenosových jevů pro inteligentní budovy*, ČVUT Praha, 2011
- [58] Technický list [online]. Dostupné z [http://www.ivar.cz/technicky-list\\_ivar.top-ball.pdf](http://www.ivar.cz/technicky-list_ivar.top-ball.pdf)
- [59] Revize ČSN 75 6760 Vnitřní kanalizace [online]. Dostupné z <http://voda.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-voda-kanalizace/11106-revize-csn-75-6760-vnitri-kanalizace-i>
- [60] Vnitřní kanalizace – 1.díl [online]. Dostupné z [http://users.fs.cvut.cz/roman.vavricka/ZTI/NEW/008\\_OD\\_1.pdf](http://users.fs.cvut.cz/roman.vavricka/ZTI/NEW/008_OD_1.pdf)
- [61] Vnitřní kanalizace – 2.díl [online]. Dostupné z [http://users.fs.cvut.cz/roman.vavricka/ZTI/NEW/009\\_OD\\_2.pdf](http://users.fs.cvut.cz/roman.vavricka/ZTI/NEW/009_OD_2.pdf)
- [62] Vnitřní kanalizace – 3.díl [online]. Dostupné z [http://users.fs.cvut.cz/roman.vavricka/ZTI/NEW/009\\_OD\\_3.pdf](http://users.fs.cvut.cz/roman.vavricka/ZTI/NEW/009_OD_3.pdf)
- [63] Trubky a tvarovky [online]. Dostupné z <http://www.skladnik.cz/instalacni-material/trubky-a-tvarovky>



- [64] Zpětné klapky [online]. Dostupné z <http://www.aco.cz/42-zpetne-klapky.html>
- [63] Trubky a tvarovky [online]. Dostupné z <http://www.skladnik.cz/instalacni-material/trubky-a-tvarovky>
- [64] Jak využít teplo z kanalizace na přípravu teplé vody v budovách [online]. Dostupné z <http://voda.tzb-info.cz/uspory-voda-kanalizace/11807-jak-vyuzit-teplo-z-kanalizace-na-pripravu-teple-vody-v-budovach>
- [65] Využití energie z odpadní vody [online]. Dostupné z <http://www.asio.cz/cz/139.vyuziti-energie-z-odpadnich-vod>
- [66] Zpětné získávání tepla z odpadní vody [online]. Dostupné z <http://www.zpetne-ziskavani-tepla.cz/>
- [67] Kouzelný kanál šetří horkou vodu [online]. Dostupné z <http://www.obecstablovice.cz/kouzelnny-kanal-setri-horkou-vodu.html>
- [68] Využití odpadního tepla z vnitřní kanalizace pro předehřev teplé vody [online]. Dostupné z <https://www.asb-portal.cz/tzb/energie/vyuziti-odpadniho-tepla-z-vnitri-kanalizace-pro-predohrev-teple-vody>
- [69] Plynovody domácí veřejné [online]. Dostupné z <http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/tzb-1/10.html>
- [70] Plynárenské soustavy [online]. Dostupné z [http://users.fs.cvut.cz/roman.vavricka/ZTI/NEW/011\\_PL\\_1.pdf](http://users.fs.cvut.cz/roman.vavricka/ZTI/NEW/011_PL_1.pdf)
- [71] Odběrná plynová zařízení [online]. Dostupné z [http://users.fs.cvut.cz/roman.vavricka/ZTI/NEW/011\\_PL\\_2.pdf](http://users.fs.cvut.cz/roman.vavricka/ZTI/NEW/011_PL_2.pdf)