

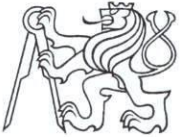
**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  
**FAKULTA STAVEBNÍ**  
KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



**STUDIE NA TÉMA VYTÁPĚNÍ BYTOVÉHO DOMU**  
**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**  
Čečrlová Klára

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Vladimír Jelínek, CSc.

2017/2018



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Čečrlová Jméno: Klára Osobní číslo: 423161  
Zadávací katedra: Technické zařízení budov (k125)  
Studijní program: Stavební inženýrství  
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Vytápění bytového domu  
Název bakalářské práce anglicky: Heating system in the apartment building

Pokyny pro vypracování:

Textová část: interní mikroklima, technická legislativa, tepelně technické výpočty, návrhy systémů a zdrojů.

Projektová část: projekt v podrobnosti DPS (dokumentace pro provedení stavby), výkresy, technická zpráva, výtah z podkladů výrobců použitých prvků a zařízení.

Seznam doporučené literatury:

Petráš, Dušan: Vytápění rodinných a bytových domů. Jaga group, s.r.o., 2008, 246 str., ISBN 80-8076-020-9.

Kabele, Karel: Energetické a ekologické systémy 1: zdravotní technika, vytápění. Vyd. 1. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 281 str., ISBN 80-010-3327-9.

Počinková, Marcela a Treuová, Lea: Vytápění. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2011, 151 str., ISBN 978-80-251-3329-3.

Jméno vedoucího bakalářské práce: doc. Ing. Vladimír Jelínek, CSc.

Datum zadání bakalářské práce: 22.2.2018 Termín odevzdání bakalářské práce: 27.5.2018  
*Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku*

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.*

22.2.2018  
Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a podkladů.

V Praze dne 27.5.2018

---

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu bakalářské práce panu doc. Ing. Vladimíru Jelínkovi, CSc. za odborné vedení, pomoc a rady při zpracování této práce. Dále bych chtěla poděkovat své rodině a blízkým za pomoc a podporu během celého studia.

## Obsah

Abstrakt .....	7
1. ÚVOD .....	8
2. VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ .....	9
2.1. Charakteristika vnitřního prostředí .....	9
2.1.1. Oděrové mikroklima .....	9
2.1.2. Akustické mikroklima .....	10
2.2. Tepelně – vlhkostní mikroklima .....	10
2.2.1. Fyziologické reakce člověka na okolní prostředí .....	10
2.2.2. Faktory ovlivňující tepelnou pohodu .....	11
2.2.3. Lokální tepelná nepohoda .....	12
3. TEPELNĚ TECHNICKÉ POŽADAVKY A VÝPOČTY .....	13
3.1. Součinitel prostupu tepla .....	13
4. TEPELNÉ ZTRÁTY .....	16
4.1. Postup výpočtu tepelné ztráty místnosti .....	18
4.1.1. Tepelná ztráta prostupem tepla .....	18
4.1.2. Tepelná ztráta větráním .....	19
4.1.3. Celková tepelná ztráta místnosti .....	20
5. OTOPNÉ SOUSTAVY .....	22
5.1. Parní otopné soustavy .....	22
5.2. Teplovzdušné vytápění .....	22
5.2.1. Princip .....	22
5.2.2. Varianty řešení .....	23
5.3. Vodní otopné soustavy .....	25
5.3.1. Princip .....	25
5.3.2. Rozdělení vodních otopných soustav .....	26
5.3.3. Prostorové uspořádání soustavy .....	26
5.3.4. Nejvyšší pracovní teplota otopné vody .....	30
5.3.5. Oběh otopné vody v soustavě .....	30
5.3.6. Materiál rozvodu .....	30
5.3.7. Konstrukce expanzní nádoby .....	31
5.3.8. Dimenzování vodních otopných soustav .....	32
6. OTOPNÁ TĚLESA A PLOCHY .....	35
6.1. Čláková otopná tělesa .....	35
6.2. Desková otopná tělesa .....	36
6.3. Trubková otopná tělesa .....	36
6.4. Konvektory .....	37

6.5.	Lokální topidla .....	38
6.5.1.	Plynová lokální topidla .....	38
6.5.2.	Elektrická lokální topidla .....	38
6.5.3.	Lokální topidla na pevná paliva .....	38
6.6.	Sálavé plochy .....	38
6.6.1.	Podlahové vytápění .....	39
6.6.2.	Stěnové vytápění .....	39
7.	ZDROJE TEPLA.....	40
7.1.	Rozdělení podle druhu paliva .....	40
7.1.1.	Kotle na tuhá paliva .....	40
7.1.2.	Kotle na plynná paliva.....	41
7.1.3.	Elektrokotle .....	41
7.2.	Tepelná čerpadla.....	41
7.3.	Návrh plynové kotelny .....	42
8.	OTOPNÁ SOUSTAVA ZADANÉHO BYTOVÉHO DOMU .....	46
8.1.	Zadání .....	46
8.2.	Výpočty .....	46
8.3.	Varianty řešení otopného systému a zdroje .....	46
8.3.1.	Konvektory s přirozeným větráním .....	46
8.3.2.	Desková otopná tělesa s nuceným větráním .....	47
8.3.3.	Centrální / Decentrální teplovzdušné vytápění .....	48
9.	ZÁVĚR .....	52
	Seznam tabulek .....	53
	Seznam obrázků.....	53
	Seznam použitých zdrojů.....	55
	Seznam použitých norem .....	58
	Použitý software.....	58

## Abstrakt

Tématem mé bakalářské práce je vytápění bytového domu. Závěrečná práce se skládá ze dvou částí – projektové části a textové části. Cílem projektové části je návrh optimálního řešení otopného systému pro zadaný bytový dům. Projektová část obsahuje výpočty potřebné k návrhu otopného systému, technické listy od výrobců jednotlivých zařízení, technickou zprávu a výkresy v podrobnosti dokumentace pro provedení stavby. Textová část je studie na téma vytápění bytového domu. Obsahuje obecné informace potřebné k návrhu otopného systému, zkrácené výpočty a popis jednotlivých soustav a zdrojů. Na konci textové části je návrh jednotlivých variant otopných soustav pro zadaný bytový dům. Textová část se celkově prolíná s projektovou částí.

## Klíčová slova

Vytápění, bytový dům, vytápění bytového domu, otopná soustava, otopná tělesa, zdroje tepla, vnitřní mikroklíma, tepelné ztráty

## Abstract

The topic of my bachelor thesis is heating system in the apartment building. The final work consists of two parts – the project part and the text part. Purpose of the project part is desing of the optimal solution for the heating system in the assigned apartment building. Project part contains calculation needed for the desing of heating system, technological sheets of the individual devices, technical report and drawings. The text part is study on heating in the apartment building. It consists of basic information needed for desing of the heating system, calculations and description of individual systems and sources. At the end of the text part, there is design for each variant of heating systém for assigned apartment building. Text part intermingles with the project part.

## Keywords

Heating, heating of the apartment building, heating system, heating elements, heat sources, inner microclimate, heat losses

## 1. ÚVOD

Člověk tráví převážnou část svého života ve vnitřních prostorech, ať už se jedná o byt, či pracoviště, kde vyžaduje příjemné prostředí. Úkolem vytápění je zajištění příjemného vnitřního mikroklimatu, tedy tepelné pohody, která je pro člověka při jakékoliv práci velmi důležitá a ovlivňuje jeho zdraví. Při tepelné pohodě nastává ideální vlhkostní mikroklima, kdy člověk nepocítí uje nadměrné teplo, ani chlad.

Důležitými aspekty pro vhodný návrh vytápění ale není jen vnitřní mikroklima. Patří sem i ekonomické hledisko, kde je snaha o pokrytí celkové tepelné ztráty při minimální spotřebě energie a paliv. Další je architektonické hledisko, které se s dobou stává důležitějším, a vliv na životní prostředí, kde je snaha o používání recyklovatelných zdrojů a využívání přírodních zdrojů energie.

Vytápění je jednou z hlavních částí projektu a nemělo by být opomíjeno od samého počátku projektování, jelikož otopný systém úzce souvisí se stavebními konstrukcemi a jejich tepelně technickými vlastnostmi. V posledních letech je jednou z nejsledovanějších vlastností budovy její energetická náročnost, kterou ovlivňuje ze stavebního hlediska průměrný součinitel prostupu tepla a z části technických zařízení budov soustavy větrání, chlazení, klimatizace, přípravy teplé vody, osvětlení, a hlavně vytápění.

Tato práce má seznámit čtenáře s informacemi ohledně vnitřního mikroklimatu, tepelně technických požadavků vč. jejich výpočtu, výpočtu tepelných ztrát a otopných systémů vč. jejich návrhu. Mezi informace ohledně otopných systémů patří rozdělení a popis otopných soustav, otopných ploch a zdrojů tepla s jejich výpočty potřebnými pro návrh otopného systému. Textová část je provázána s částí projektovou, kde bylo cílem navrhnout vhodné řešení otopného systému zadaného bytového domu. V textu se objevují poznámky, které odkazují na jednotlivé výpočty v projektové části. Poslední kapitola této textové části je věnována samotnému návrhu otopné soustavy pro zadaný bytový dům.



## 2. VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ

Kvalita vnitřního prostředí v budově má výrazný vliv na zdraví, výkonnost a psychiku člověka. S kvalitou vnitřního prostředí souvisí výskyt alergií, astmatu a jiných onemocnění, které jsou spojené s dýchací soustavou. Rozoznáváme také Syndrom nemocných budov SBS a Syndrom nemocí z budov BRI. Při SBS si lidé stěžují na nepříjemné stavy bez zjevné příčiny a jejich odstranění bývá náročné. Mezi příznaky patří pálení očí, ucpaný nos, sucho, či bolest v krku. U BRI jsou příčiny známe, bývá to například nachlazení kvůli průvanu, hluk v okolí, špatný způsob osvětlení, vysoké množství škodlivých látek v ovzduší. Tyto parametry vzduchu není tak obtížné odstranit a je potřeba se na ně při návrhu budovy zaměřit, zejména v oblasti technických zařízení budov. [1] [2]

### 2.1. Charakteristika vnitřního prostředí

Vnitřní prostředí je s živým organismem v neustálém spolupůsobení. Společně vytvářejí výsledný stav. Pokud dojde ke změně vnitřního prostředí, lidský organismus se snaží nepříznivé účinky eliminovat a dosáhnout tak komfortu. Tento jev se nazývá adaptace člověka na vnitřní prostředí. Příklad adaptace je změna oblečení, pozice, úprava prostředí, otevření okna atd. [1]

Látky vnitřního prostředí, co působí na člověka se nazývají agencie. Pro pojem agencie se stále užívá i název škodliviny, i přes to, že se ve vnitřním prostředí nemusí jevit jako škodlivé. Agencie mají buď energetický charakter, kam patří například teplo, chlad, hluk, záření, nebo látkový charakter, kam se řadí odéry, vodní pára, plyny, kouř a další. [3]

Z hlediska charakteru agencií lze vnitřní prostředí dělit na [1] [3]:

- Tepelně – vlhkostní mikroklima
- Kvalitu vzduchu – odérové mikroklima, toxické mikroklima, aerosolové mikroklima, mikrobiální mikroklima
- Akustické mikroklima
- Světelné mikroklima
- Elektromagnetické, elektrostatické a elektroiontové mikroklima
- Ionizační a radiační mikroklima
- Psychický komfort – barva stěn, podlahy

V budovách pro pobyt osob je nejdůležitější tepelně – vlhkostní, odérové a akustické mikroklima.

#### 2.1.1. Odérové mikroklima

Odérové mikroklima je složka vnitřního prostředí tvořená plyny. Lidé vnímají odéry jako pach či vůni. Odéry jsou organické nebo anorganické látky vyprodukované člověkem, jeho činností, nebo jsou to látky, které se uvolňují ze stavebních konstrukcí, nábytku apod. Mezi odéry se řadí CO<sub>2</sub>, tělesné pachy, těkavé organické látky atd. [4]

Hlavním odérem v prostorách pro pobyt lidí je CO<sub>2</sub>, jeho přípustná koncentrace vychází z hygienických podmínek. Z produkce CO<sub>2</sub> se stanovuje nezbytné množství větracího vzduchu. Pro hodnocení se používá Pettenkoferovo kritérium, podle kterého je optimální koncentrace CO<sub>2</sub> ve vnitřním prostředí 1000 ppm = 0,1 %. Pro tuto koncentraci CO<sub>2</sub> je nutný přívod vnějšího vzduchu 30 m<sup>3</sup>/hod na osobu. Doporučená maximální hodnota koncentrace CO<sub>2</sub> je 1200 ppm, pro ni by měl být přívod vzduchu minimálně 25 m<sup>3</sup>/hod. Minimální přívod vzduchu a minimální intenzita větrání je popsána v kapitole 4. Tepelné ztráty. [4]

V běžných místnostech s pobytem osob se vyskytuje tzv. vydýchaný vzduch, který člověk vnímá jako zhoršení kvality vnitřního vzduchu. Důvodem zhoršené kvality není nízký obsah O<sub>2</sub>, ale relativní vlhkost vzduchu, koncentrace CO<sub>2</sub> a oděry. Důsledkem zhoršení kvality vnitřního vzduchu dochází k menší produktivitě člověka, únavě a špatné schopnosti soustředění. [3] [4]

### 2.1.2. Akustické mikroklima

Optimální akustické mikroklima je zajištěno eliminací zvuků, které nepříznivě ovlivňují pohodu člověka. Negativním projevem zvuku je hluk, který působí na živý organismus rušivým účinkem. Zdrojem nebo nositelem hlučnosti v bytovém domě může být např. zdroj tepla, otopný systém nebo vzduchotechnické rozvody a jednotky. K hodnocení akustického stavu slouží řada fyzikálních veličin, z nich mezi základní patří hladina akustického tlaku, hladina akustického výkonu, doba dozvuku a frekvence zvuku. [1] [3] [4]

## 2.2. Tepelně – vlhkostní mikroklima

Jelikož je tepelně – vlhkostní mikroklima hlavní složkou vnitřního prostředí pro návrh technických zařízení budov – v mém případě vytápění, budu se jím zabývat podrobněji.

Základní tepelně – vlhkostní mikroklima ve vnitřním prostředí tvoří vnější klima, upravené stavebními konstrukcemi budovy, a vnitřní zdroje tepla a vodní páry. Je potřeba zajistit, aby se parametry tepelně – vlhkostního mikroklimatu pohybovaly v optimálních mezích, tento stav se nazývá tepelná pohoda. Tepelná pohoda člověka má větší vliv na jeho pocit celkové pohody, odpočinku a produktivity práce, než třeba nežádoucí emise nebo hluk. Některé definice tepelné pohody: [5] [6]

- Tepelná pohoda znamená, že je dosaženo takových tepelných poměrů, kdy člověku není ani chladno, ani příliš teplo. (*Cihelka*)
- Tepelnou pohodou (někdy též tepelnou neutralitou) se označuje stav, kdy prostředí odnímá člověku jeho tepelnou produkci bez významného (mokrého) pocení. (*Pulkrábek*)
- Tepelná pohoda je stav mysli, jenž vyjadřuje spokojenost s teplotním klimatem a který vychází ze subjektivního hodnocení. (*ASHRAE*) [5]

### 2.2.1. Fyziologické reakce člověka na okolní prostředí

Lidské tělo nepřetržitě produkuje teplo, které odevzdává do svého okolí. Tato metabolická produkce může být rozdělena do dvou skupin: [5] [6]

- Bazální metabolismus – Člověk produkuje teplo, i když nevykonává žádnou práci. Toto teplo je produkováno na základě biologických procesů v lidském těle. Hlavním procesem produkující teplo je „spalování pohonné látky“, kterou je potrava. Bazální metabolické teplo se s věkem snižuje.
- Svalový metabolismus – Vzniká při činnosti člověka. V závislosti na obtížnosti činnosti roste/klesá vyprodukované teplo.

Teplo produkované organismem se musí odvést do okolí nebo dojde ke změně tělesné teploty. Uvnitř lidského těla je teplota okolo 37 °C, zatímco teplota kůže mívá kolem 31-34 °C v závislosti na okolním prostředí. Teplo je z lidského organismu odváděno sáláním, proděním, vedením, vypařováním a dýcháním. Odvod tepla z lidského těla závisí na parametrech okolí. Lidské tělo je homoiotermické, to znamená, že má několik fyziologických regulačních mechanismů, jak docílit tepelné rovnováhy. Tělo člověka má tedy schopnost přizpůsobovat se okolním podmínkám v určitých optimálních hodnotách tepelně –

vlhkostního mikroklimatu, kdy je člověk pořád v tepelné pohodě. Reakce lidského organismu v závislosti na teplotě okolního prostředí se rozděluje do dvou kategorií: [5] [6]

**Reakce lidského těla na teplé prostředí** – Pokud se zvýší teplota prostředí nebo stoupá produkce metabolického tepla, tělo člověka na to odpovídá rozšiřováním podkožních cév a zvyšováním zásobování pokožky krví. Tím se zvýší teplota pokožky těla a ta následně odvádí přebytečné teplo. Pokud zvýšení teploty pokožky nepomůže obnovit tepelnou rovnováhu, aktivují se potní žlázy a začne probíhat chlazení odpařováním. Pokud tyto dva mechanismy nedokáží obnovit tepelnou rovnováhu těla, následuje nevyhnutelné přehřívání organismu. Příznaky jsou slabost, bolest hlavy, ztráta chuti, apatie, zrychlený tep, a další.

**Reakce lidského těla na chladné prostředí** – Na chladné prostředí reaguje tělo nejprve snížením podkožní cirkulace krve, snížením teploty pokožky, což následně snižuje tepelné ztráty člověka. Tento proces je provázen vznikem „husí kůže“ nebo postavením chloupků na kůži, což zlepšuje tepelnou izolaci kůže. Pokud tento proces není dostatečný, nastává svalové napětí, třesení, které zvyšuje produkci tepla, které zahřívá organismus. Pokud tyto dva procesy nepomohou, následuje nevyhnutelné podchlazení těla, kde vnitřní teplota těla může klesnout pod 35°C. Jestliže začne klesat vnitřní teplota těla, klesá srdeční frekvence a dochází k selhání krevního oběhu. [5]

### 2.2.2. Faktory ovlivňující tepelnou pohodu

Faktory ovlivňující tepelnou bilanci organismu a tím zároveň i tepelnou pohodu, mohou být rozděleny do 3 kategorií: [5]

- Vnitřní prostředí – teplota vzduchu, radiační teplota, vlhkost vzduchu, rychlost proudění vzduchu a jeho turbulence
- Osobní faktory – hodnota metabolismu, oblečení
- Doplnující faktory – jídlo a pití, aklimatizace (adaptace na venkovní klima), aklimace (adaptace na vnitřní klima), tělesná postava, podkožní tuk, věk, pohlaví

**Teplota vzduchu  $t_i$**  – K prvnímu orientačnímu posuzování tepelného stavu prostředí v místnosti slouží teplota vnitřního vzduchu. Průměrná teplota vnitřního vzduchu se měří teploměrem, který je odstíněný vůči sálání okolních ploch a oslunění. Optimální teplota vzduchu, kde se odpočívá, vykonává jen lehká práce nebo pracuje duševně, se pohybuje mezi 18-22 °C. Tyto hodnoty platí v případě, že uvažujeme prakticky klidný vzduchu (do 0,3 m/s) a teploty okolních ploch jen nepatrně se lišících od teploty vzduchu. Teplota vzduchu není v celé místnosti stejná.

**Radiační teplota** – Střední radiační teplota  $t_r$  nebo též účinná teplota okolních ploch  $t_w$  je definována jako rovnoměrná společná teplota všech okolních ploch, při níž by byl přenos tepla z těla sáláním stejný, jako ve skutečnosti. Komplexní účinek teploty vzduchu a účinné teploty okolních ploch vyjadřuje výsledná teplota  $t_g$ .

**Operativní teplota  $t_o$**  – Je definována jako jednotná teplota černého uzavřeného prostoru, ve kterém by tělo sdílelo sáláním i konvekcí stejné množství tepla, jako ve skutečném teplotně nesourodém prostředí.

**Vlhkost vzduchu** – Nejčastěji se používá relativní vlhkost vzduchu  $RH$  [%], která udává stupeň nasycení vzduchu vodní parou. Dále se používá měrná vlhkost  $x$  [g/kg], což je hmotnostní množství vodní páry v 1 kg suchého vzorku.

**Rychlost proudění vzduchu a jeho turbulence  $w$**  – Ovlivňuje přenos tepla prouděním a odpařování vlhkosti z pokožky. Proudění vzduchu může být zdrojem místního diskomfortu, např. průvanu. V interiérech lze očekávat proudění vzduchu o rychlosti 0,1-0,4 m/s.

**Hodnota metabolismu** – Závisí na činnosti člověka. Může být ovlivněna i jídlem, pitím a aklimací člověka.

**Oblečení** – Je jedním z hlavních faktorů ovlivňujících odvod tepla z lidského těla do okolního prostředí. Tepelně izolační schopnost oděvu je dána tepelnou propustností nebo tepelným odporem oděvu. [5] [7]

### 2.2.3. Lokální tepelná nepohoda

Kromě požadavku tepelné neutrality musí platit, že se žádná část těla nepřehřívá nebo příliš neochlazuje. Z tohoto důvodu je třeba definovat další požadavky tepelné pohody, které vyloučí možnost vzniku lokální nepohody na libovolné části lidského těla. Lokální tepelná nepohoda má vliv i na energetickou náročnost budovy, proto je potřeba budovy včetně technického prostředí (vytápění, vzduchotechnika) navrhovat tak, aby výskyt tepelné nepohody uživatele byl nepravděpodobný. Lokální tepelnou nepohodu může zapříčinit: [8]

- Asymetrické tepelné sálání
- Vertikální teplotní gradient vzduchu
- Teplá nebo studená podlaha
- Proudění vzduchu

**Asymetrické tepelné sálání** – Lokální tepelnou nepohodu v bytových domech nejčastěji vyvolává chladné asymetrické sálání přes okna a nadměrné tepelné sálání sálavého vytápění (zejména stropního) v zimě.

**Vertikální teplotní gradient vzduchu** – Ve většině vnitřních prostor není teplota vzduchu po výšce stejná. Teplota vzduchu roste s rostoucí výškou místnosti. Pokud je vertikální teplotní gradient vzduchu velký, může nastat lokální tepelná nepohoda z nadměrného tepla (např. v oblasti hlavy) nebo z nadměrného chladu (např. oblast chodidel), přičemž pro tělo jako celek může být podmínka tepelné rovnováhy splněna.

**Teplá nebo studená podlaha** – Při přímém kontaktu nohou člověka a podlahy může nastat lokální tepelná nepohoda z důvodu příliš vysoké, resp. příliš nízké teploty podlahy. Teplota podlahy výrazně ovlivňuje sálavou teplotu v interiéru. Závisí na tepelně – technických vlastnostech jednotlivých vrstev podlahy, její umístění a funkci.

**Proudění vzduchu** – Jak již bylo psáno, proudění vzduchu může zapříčinit nežádoucí lokální ochlazení těla, které je způsobeno buď rozdílem teplot nebo účinkem větru (průvanu). Lidé na toto nežádoucí ochlazení těla většinou reagují zvyšováním teploty v interiéru, přičemž, zejména v zimním období, může zvyšování teploty lokální tepelnou nepohodu ještě navýšit a tím zároveň narušit tepelnou pohodu člověka. [8]

### 3. TEPELNĚ TECHNICKÉ POŽADAVKY A VÝPOČTY

Požadavky na tepelně technické parametry konstrukcí jsou uvedeny v normě ČSN 73 0540–2 Tepelná ochrana budov, část 2: Požadavky. Tepelná ochrana budov se zabývá zejména šířením tepla, vlhkosti a vzduchu ve stavebních konstrukcích a prostorách, které jsou těmito konstrukcemi ohraničeny. Tepelně technické požadavky se dělí do těchto kategorií: [9]

- Šíření tepla konstrukcí – Nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce  $f_{Rsi}$ , Součinitel prostupu tepla  $U$ , Lineární a bodový činitel prostupu tepla  $\psi_k, \chi_j$ , Pokles dotykové teploty podlahy  $\Delta\theta_{10}$
- Šíření vlhkosti konstrukcí – Zkondenzovaná vodní pára uvnitř konstrukce  $M_{ca}$ , Roční bilance kondenzace a vypařování vodní páry uvnitř konstrukce
- Šíření vzduchu konstrukcí a budovou – Průvzdušnost funkčních spár  $i_{LV}$ , Intenzita větrání  $n$
- Tepelná stabilita místností
- Prostup tepla obálkou budovy  $U_{em}$

Z hlediska výpočtu tepelných ztrát v mé bakalářské práci jsem z této normy využila stanovení součinitele prostupu tepla, proto ho zde popíši podrobněji. Celkově by se konstrukce měla posuzovat i na ostatní technické parametry – nejnižší vnitřní povrchová teplota, zkondenzovaná vodní pára uvnitř konstrukce, aj., ale já využila zjednodušeného posouzení konstrukce – součinitele prostupu tepla, který využiji při výpočtu tepelných ztrát. Intenzitu větrání  $n$  jsem přebrala z jiné normy, popis tohoto požadavku viz. kapitola 4. Tepelné ztráty.

#### 3.1. Součinitel prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla vyjadřuje, kolik tepla projde konstrukcí o ploše  $1 \text{ m}^2$  při rozdílu jejich povrchů  $1 \text{ K}$ . Norma ČSN 73 0540–2 Tepelná ochrana budov, část 2: Požadavky stanovuje požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou  $\theta_{im}$  v intervalu mezi  $18$  až  $22 \text{ }^\circ\text{C}$  viz. Tab.1 na straně 14. Musí platit tato podmínka: [10]

$$U \leq U_{N,20}$$

Kde:

$U_{N,20}$  [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ] je požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla daná normou viz. Tab. 1 na straně 14.

Pro výpočet součinitele prostupu tepla konstrukce je potřeba znát **tepelný odpor materiálu  $R$  [ $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ ]**. Tepelný odpor je tepelně izolační vlastnost vrstvy materiálu, popř. stavební konstrukce dané tloušťky, vyjadřuje, jakou plochu konstrukce a při jakém rozdílu teplot na jejích površích dojde k přenosu energie o velikosti  $1 \text{ J}$  za  $1 \text{ s}$ . Je-li známá hodnota součinitele tepelné vodivosti vrstvy materiálu a je-li konstantní, je tepelný odpor definován vztahem: [11]

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

Kde:

$d$  je tloušťka vrstvy [ $\text{m}$ ]

$\lambda$  je součinitel tepelné vodivosti materiálu [ $\text{W}/\text{mK}$ ]

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m <sup>2</sup> ·K)]		
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
Stěna vnější	0,30 <sup>1)</sup>	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Střecha strmá se sklonem nad 45°	0,30	0,20	0,18 až 0,12
Střecha 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 střechou bez tepelné izolace)	0,30	0,20	0,15 až 0,10
Stěna k nevytápěné půdě (se střechou 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> .	$f_w \leq 0,5$	$0,3 + 1,4 \cdot f_w$	$0,2 + f_w$
	$f_w > 0,5$	$0,7 + 0,6 \cdot f_w$	$0,15 + 0,85 \cdot f_w$
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

**Poznámky**

<sup>1)</sup> Pro jednovrstvé zdivo se nejpozději do 31.12.2012 připouští hodnota 0,38 W/(m<sup>2</sup>·K).

<sup>2)</sup> Nejpozději do 31.12.2012 se připouští hodnota 1,7 W/(m<sup>2</sup>·K).

<sup>3)</sup> Nemusí se vždy jednat o teplosměnnou plochu, ovšem s ohledem na postup výstavby a možné změny způsobu užívání se zajišťuje tepelná ochrana na uvedené úrovni.

<sup>4)</sup> V případě podlahového a stěnového vytápění se do hodnoty součinitele prostupu tepla započítávají pouze vrstvy od roviny, ve které je umístěno vytápění, směrem do exteriéru.

<sup>5)</sup> Platí i pro rámy využívající kombinace materiálů, včetně kovových, jako jsou například dřevo-hliníkové rámy.

<sup>6)</sup> Odpovídá výpočtu součinitele prostupu tepla podle ČSN 73 0540-4 (tj. bez vlivu zeminy), nikoli výslednému působení podle ČSN EN ISO 13370.

<sup>7)</sup> Nejpozději do 31.12.2012 se připouští hodnota 1,5 W/(m<sup>2</sup>·K).

**Tab. 1 - Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla  $U_{N,20}$  [10]**

Tepelný odpor konstrukce je součet tepelných odporů jednotlivých vrstev, ze kterých je konstrukce složena:

$$R = \sum R_j$$

Kde:

$R_j$  je tepelný odpor  $j$ -té vrstvy konstrukce [ $\text{m}^2\text{K/W}$ ]

**Odpor konstrukce při prostupu tepla  $R_T$  [ $\text{m}^2\text{K/W}$ ]** je celkový tepelný odpor, který brání výměně tepla mezi prostředími před konstrukcí a za konstrukcí, která jsou od sebe oddělena stavební konstrukcí o tepelném odporu  $R$  s přilehlými mezními vzduchovými vrstvami. Je dán vztahem: [11]

$$R_T = R_{si} + R + R_{se}$$

Kde:

$R_{si}$  je odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce [ $\text{m}^2\text{K/W}$ ] viz. Tab. 2

$R$  je odpor konstrukce [ $\text{m}^2\text{K/W}$ ]

$R_{se}$  je odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce [ $\text{m}^2\text{K/W}$ ] viz. Tab. 2

Tepelné odpory při přestupu tepla dle ČSN 73 0540-3			
Povrch	Účel výpočtu	Konstrukce / povrch	Tepelný odpor při přestupu tepla $R_{se}$ a $R_{si}$ [ $\text{m}^2\cdot\text{K/W}$ ]
vnější	souč. prostupu tepla, povrchové teploty	jednoplášťová	0,04
		dvouplášťová	stejně jako $R_{si}$
zemina		styk se zeminou	0
vnitřní	souč. prostupu tepla, tepelné toky	stěna (horizont. tep. tok)	0,13
		střecha (tep. tok vzhůru)	0,10
		podlaha (tep. tok dolů)	0,17

Tab. 2 – Tepelné odpory při přestupu tepla [12]

**Součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$  [ $\text{W/mK}$ ]** vyjadřuje schopnost vrstvy materiálu vést teplo. Jeho hodnota udává množství tepla, které proudí vrstvou o tloušťce 1 m při rozdílu povrchových teplot 1 K.

**Součinitel prostupu tepla  $U$  [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ]** je celková výměna tepla v ustáleném stavu mezi dvěma prostředími, která jsou vzájemně oddělena stavební konstrukcí o tepelném odporu  $R$  s přilehlými vzduchovými vrstvami, jejichž tepelný odpor je stanovený normou. Vztah pro výpočet součinitele prostupu tepla: [13]

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

Kde:

$R_{si}$  je odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce [ $\text{m}^2\text{K/W}$ ] viz. Tab 2

$R$  je odpor konstrukce [ $\text{m}^2\text{K/W}$ ]

$R_{se}$  je odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce [ $\text{m}^2\text{K/W}$ ] viz. Tab. 2

V mém případě jsem pro výpočet tepelných odporů a součinitelů prostupu tepla použila internetový program na stránce tzb-info.cz. Tento program vypočítá požadované parametry dle platných norem a výsledek porovná s požadavky aktuální normy. [14] Výpočty jednotlivých stavebních konstrukcí jsou v příloze projektové části Výpočty.

## 4. TEPELNÉ ZTRÁTY

Prvním krokem při návrhu otopného systému je výpočet tepelných ztrát objektu (místnosti). Tepelná ztráta se dá chápat jako tepelný tok, který se předává z místnosti o vyšší teplotě do místnosti o nižší teplotě, popř. vnějšího prostředí. K orientačnímu určení potřeby tepla pro vytápění celého objektu se dá použít předběžný výpočet tepelných ztrát, kde se zjednodušeně počítá tepelná ztráta obálky budovy. Díky tomuto zjednodušenému výpočtu se dá vypočítat i průměrný součinitel prostupu tepla, ze kterého se dál stanoví energetický štítek obálky budovy. Při návrhu otopných ploch je potřeba provést přesný výpočet tepelných ztrát, resp. tepelného výkonu, kde se tepelná ztráta počítá pro každou místnost zvlášť. Jejich součet je pak celková tepelná ztráta objektu, která se dá použít například pro výpočet tepelné bilance, roční potřeby tepla na vytápění nebo návrh kotle. Tepelná ztráta místnosti udává, kolik tepla ve Watech je potřeba dodat do místnosti, aby se místnost vytopila na výpočtovou vnitřní teplotu, při nejnižší uvažované tabulkové hodnotě teploty vnějšího vzduchu [7]. Potřebné údaje pro výpočet tepelných ztrát:

**Vnitřní výpočtová teplota  $\theta_i$  [°C]** – Je to normová hodnota, která závisí na účelu a typu místnosti. Tyto hodnoty udává norma ČSN EN 12831.

Druh vytápěné místnosti		Výpočtová vnitřní teplota	Relativní vlhkost vzduchu
		$t_i$ [°C]	$\varphi_{ai}$ [%]
1.	Obytné budovy		
1.1	trvale užívané		
	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

Tab. 3 – Vnitřní výpočtové teploty pro obytné budovy dle ČSN EN 12831 [15]

**Venkovní výpočtová teplota  $\theta_e$  [°C]** – Též vnější výpočtová teplota, je to normová hodnota, která závisí na lokalitě stavby, nejlépe konkrétním městě. Tyto hodnoty udává norma ČSN 38 3350 Zásobování teplem a ČSN 06 0210 Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění. Tabulka s venkovní výpočtovou teplotou obsahuje i počet otopných dní v daném městě.

Lokalita (místo měření)	Nadmořská výška h	Venkovní výpočtová teplota $t_e$	Otopné období pro					
			$t_{em}=12^\circ$		$t_{em}=13^\circ$		$t_{em}=15^\circ$	
			$t_{es}$	d	$t_{es}$	d	$t_{es}$	d
	[m]	[°C]	[°C]	[dny]	[°C]	[dny]	[°C]	[dny]
Benešov	327	-15	3,5	234	3,9	245	5,2	280
Beroun (Králov Dvůr)	229	-12	3,7	225	4,1	236	5,3	268
Blansko (Dolní Lhota)	273	-15	3,3	229	3,7	241	5,1	275
Brno	227	-12v	3,6	222	4,0	232	5,1	263
Plzeň	311	-12	3,3	233	3,6	242	4,8	272
Praha (Karlovy)	181	-12	4,0	216	4,3	225	5,1	254
Prachovice	574	-18v	3,3	253	3,8	267	5,1	307

Tab. 4 – Venkovní výpočtové teploty a otopná období dle lokalit [16]



**Teplota ve vedlejších nevytápěných prostorech  $\theta_{li}$  [°C]** – Je to hodnota daná normou ČSN 06 0210 Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění, 5/1994.

Druh nevytápěných místností			Teplota v sousedních nevytápěných místnostech $t_{ie}$ [°C] při výpočtové venkovní teplotě $t_e$ [°C]			
			-12	-15	-18	-21
1	Podstřešní prostory (půdy)	netěsná krytina	-6	-9	-12	-15
		těsná krytina				
		- bez tepelné izolace	-3	-6	-9	-12
		- s tepelnou izolací	0	0	-3	-6
2	Vzduchová mezera u větraných dvouplášťových střech <sup>1)</sup>		-9	-12	-15	-18
3	Místnosti sousedící	převážně s vytápěnými místnostmi, např. vnitřní chodby apod.	+15			
		zčásti s vytápěnými místnostmi a zčásti s venkovním prostředím - bez venkovních dveří	+6	+6	+3	+3
		- s venkovními dveřmi; také vnitřní schodiště <sup>2)</sup>	0	0	-3	-3
		převážně s venkovním prostředím, s nímž jsou spojeny venkovními dveřmi	-3	-6	-9	-12
4	Sklepy a jiné suterénní nevytápěné místnosti	zcela pod terénem	+5 až +10			
		částečně nad terénem				
		- nevětrané	+3	+3	0	0
		- větrané	0	0	-3	-3
5	Zřídka vytápěné místnosti	ve stejné budově	+15			
		v sousední budově	+10			
6	Kotelny, výměňkové stanice, strojovny		+15 až +20			

Tab. 5 – Teplota v sousedních nevytápěných místnostech dle ČSN 06 0210 [17]

**Výpočtová teplota zeminy  $\theta_{ez}$  [°C]** – Je to normová hodnota dle ČSN 06 0210 Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění, 5/1994. Závisí na venkovní výpočtové teplotě.

Poloha přilehlé zeminy	Teplota přilehlé vrstvy $t_{ez}$ [°C] při venkovní výpočtové teplotě $t_{ev}$			
	-12 °C	-15 °C	-18 °C	-21 °C
pod podlahou	+5 °C	+5 °C	+5 °C	+5 °C
u svislé stěny do hloubky 1 m	-3	-3	-6	-6
u svislé stěny v hloubce 1 až 2 m	0	0	-3	-3
u svislé stěny v hloubce 2 až 3 m	+3	+3	0	0
u svislé stěny v hloubce přes 3 m	+5	+5	+5	+5

Tab. 6 – Teplota přilehlé vrstvy zeminy dle ČSN 06 0210 [18]

**Součinitel průstupu tepla jednotlivých konstrukcí  $U$  [W/m<sup>2</sup>K]** – Vypočítané hodnoty součinitelů průstupu tepla pro každou konstrukci v budově – střecha, podlaha, stěna, přičky, aj. V konstrukcích se objevují tepelné mosty a je potřeba je při výpočtu tepelných ztrát uvažovat. Zjednodušeně lze jejich vliv zahrnout do výpočtu formou přírážky  $\Delta U$  [W/m<sup>2</sup>K]: [7]

- Konstrukce zcela bez tepelných mostů:  $\Delta U = 0,00$  W/m<sup>2</sup>K
- Konstrukce téměř bez tepelných mostů:  $\Delta U = 0,02$  W/m<sup>2</sup>K
- Konstrukce s mírnými tepelnými mosty:  $\Delta U = 0,05$  W/m<sup>2</sup>K
- Budovy s běžnými tepelnými mosty:  $\Delta U = 0,10$  W/m<sup>2</sup>K
- Budovy s výraznými tepelnými mosty:  $\Delta U = 0,20$  W/m<sup>2</sup>K

**Rozměry jednotlivých konstrukcí  $x, y$  [m], jejich plocha  $A$  [m<sup>2</sup>] a objem  $V_p$  [m<sup>3</sup>]** – Při předběžném výpočtu se uvažují vnější rozměry budovy. Při přesném výpočtu je potřeba

znát vnitřní rozměry konstrukcí a konstrukční výšku místnosti. Rozměry by měly být patrné z výkresové dokumentace.

**Intenzita větrání  $n_{min}$  [ $h^{-1}$ ], dávka venkovního vzduchu na osobu  $V_o$  [ $m^3/h$ ] a nárazové větrání  $V_n$  [ $m^3/h$ ]** – Jsou to normové hodnoty a jsou potřeba ke stanovení nejmenšího hygienického množství přiváděného vzduchu, které bude potřeba pro výpočet tepelné ztráty větráním místnosti. Hodnoty jsou z normy ČSN EN 15665/Z1.

Tab. 8 Požadavky na větrání obytných budov podle národní přílohy Z1 k ČSN EN 15665

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

Tab. 7 – Požadavky na větrání obytných budov [19]

## 4.1. Postup výpočtu tepelné ztráty místnosti

### 4.1.1. Tepelná ztráta prostupem tepla

- 1) Nejprve je třeba určit, které z místností budovy jsou vytápěné a které ne.
- 2) Následně se stanoví vnitřní výpočtová teplota v místnosti  $\theta_i$  [ $^{\circ}C$ ] podle jejího typu, vnitřní teploty okolních místností  $\theta_{u,k}$  [ $^{\circ}C$ ] a teplota venkovního prostředí  $\theta_e$  [ $^{\circ}C$ ], popř. teplota zeminy  $\theta_{ez}$  [ $^{\circ}C$ ].
- 3) Odměří se šířka a délka / výška jednotlivých konstrukcí, co obklopují místnost  $x, y$  [m] a vypočítá se jejich plocha  $A$  [ $m^2$ ]. Od této plochy je potřeba odečíst plochu otvorů (oken a dveří včetně rámu a zárubní) v konstrukci  $A_o$  [ $m^2$ ]. Tím vznikne plocha konstrukce bez otvorů  $A_k$  [ $m^2$ ].
- 4) Proveďte se výpočet součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí  $U$  [ $W/m^2K$ ] a přidá se k němu přírážka  $\Delta U$  [ $W/m^2K$ ], tím vznikne  $U_k$  [ $W/m^2K$ ]. Součinitele prostupu tepla je potřeba vyhledat, popř. vypočítat, i pro výplně otvorů v konstrukci.
- 5) Poté se vypočítá měrná tepelná ztráta jednotlivých konstrukcí (otvorů) v místnosti  $H_{T,k}$  [ $W/K$ ] následujícím způsobem:

$$H_{T,k} = A_k \times U_k \times b_{u,k}$$

Kde:

$A_k$  je plocha konstrukce bez otvorů, popř. plocha otvorů [ $m^2$ ]

$U_k$  je součinitel prostupu tepla konstrukce s přírážkou na tepelné mosty [ $W/m^2K$ ]

$b_{u,k}$  je redukční teplotní činitel [-] stanovený ze vztahu:

$$b_{u,k} = \frac{\theta_i - \theta_{u,k}}{\theta_i - \theta_e}$$

Kde:

$\theta_i$  je vnitřní výpočtová teplota v místnosti [ $^{\circ}C$ ]

$\theta_{u,k}$  je teplota okolních místností, popř. venkovního prostředí [ $^{\circ}C$ ]

$\theta_e$  je teplota venkovního prostředí [ $^{\circ}C$ ]

- 6) Následně se sečtou měrné tepelné ztráty jednotlivých konstrukcí v místnosti  $H_{T,k}$  [ $W/K$ ] a vznikne celkový součinitel tepelné ztráty  $H_T$  [ $W/K$ ]

7) Tepelná ztráta místnosti prostupem tepla  $\phi_T$  [W] se pak vypočítá následovně:

$$\phi_T = H_T \times (\theta_i - \theta_e)$$

Kde:

$H_T$  je celkový součinitel tepelné ztráty v místnosti [W/K]

$\theta_i$  je vnitřní výpočtová teplota v místnosti [°C]

$\theta_e$  je teplota venkovního prostředí [°C]

Mé výpočty tepelných ztrát prostupem jsou v příloze projektové části Výpočty, příklad viz. Tab. 8 na str. 19. Jsou zpracované v tabulkách a jednotlivé značky znamenají:

- SO – Ochlazovaná stěna
- DO – Ochlazované dveře
- OK – Ochlazované okno
- SN – vnitřní stěna
- DN – vnitřní dveře
- PDL – podlaha
- STR – strop
- SCH – střecha

Číslo místnosti	2.1.3/2.7.3/2.8.3/2.13.3				Účel místnosti			Byt - pokoj s kk			
Vnitřní výpočtová teplota $\theta_i$ [°C]				20				Vnější výpočtová teplota $\theta_e$ [°C]			
										-12	
Označení	x [m]	y [m]	A [m <sup>2</sup> ]	Ao [m <sup>2</sup> ]	Ak [m <sup>2</sup> ]	Uk [W/m <sup>2</sup> K]	$\theta_{u,k}$ [°C]	bu,k [-]	HT,k [W/K]		
SO1	3,31	3	9,93	4,83	5,1	0,19	-12	1	0,969		
DO1	1,01	2,3	2,323	0	2,323	1,2	-12	1	2,7876		
OK1	1,09	2,3	2,507	0	2,507	0,84	-12	1	2,10588		
SO2	6,37	3	19,11	2,7	16,41	0,19	-12	1	3,1179		
OK2	1,8	1,5	2,7	0	2,7	0,84	-12	1	2,268		
SN1	2,26	3	6,78	0	6,78	1,98	24	-0,125	-1,67805		
SN2	1,47	3	4,41	1,773	2,637	1,98	15	0,15625	0,81582188		
DN1	0,9	1,97	1,773	0	1,773	2	15	0,15625	0,5540625		
Celkový součinitel tepelné ztráty HT [W/K]								10,9402144			
Tepelná ztráta $\phi_T$ [W]								350,09			

Tab. 8 – Příklad výpočtu tepelné ztráty prostupem tepla místnosti v projektové části mé bakalářské práce

#### 4.1.2. Tepelná ztráta větráním

Výpočet tepelné ztráty větráním závisí na tom, jestli je větrání nucené nebo přirozené. V případě nuceného větrání se uvažují, místo parametrů venkovního vzduchu, parametry přívodního vzduchu po rekuperaci nebo případném ohřevu. Zbylou část tepelné ztráty větráním musí pokrýt otopné těleso. V případě přirozeného větrání pokrývá celkové tepelné ztráty otopné těleso. Dále popíši přirozené větrání, protože ho uvažuji v mém zadaném bytovém domě.

- 1) Nejprve je potřeba vypočítat objem místnosti z vnitřních rozměrů  $V_p$  [m<sup>3</sup>].
- 2) Podle účelu místnosti se stanoví vnitřní výpočtová teplota vzduchu  $\theta_i$  [°C] a podle lokality stavby venkovní výpočtová teplota  $\theta_e$  [°C].
- 3) Dále se stanoví doporučená hodnota intenzity větrání  $n_{min}$  [h<sup>-1</sup>] a požadovaná dávka venkovního vzduchu na osobu  $V_o$  [m<sup>3</sup>/h].
- 4) Podle účelu místnosti a jeho vybavení se stanoví potřebné množství nárazového větrání  $V_n$  [m<sup>3</sup>/h].

- 5) Podle uvažovaného počtu osob v místnosti se vypočítá minimální hygienické množství podle počtu osob  $V_{min,o}$  [m<sup>3</sup>/h]. Vztah:

$$V_{min,o} = n_o \times V_o$$

Kde:

$n_o$  je uvažovaný počet osob v místnosti [-]

$V_o$  je požadovaná dávka venkovního vzduchu na osobu [m<sup>3</sup>/h]

- 6) Z doporučené hodnoty intenzity větrání  $n_{min}$  [h<sup>-1</sup>] se vypočítá minimální hygienické množství vzduchu podle intenzity větrání  $V_{min,i}$  [m<sup>3</sup>/h] podle vzorce:

$$V_{min,i} = n_{min} \times V_p$$

Kde:

$n_{min}$  je intenzita větrání [h<sup>-1</sup>]

$V_p$  je objem místnosti [m<sup>3</sup>]

- 7) Z vypočítaných hodnot se stanoví minimální hygienické množství vzduchu  $V_{min}$  [m<sup>3</sup>/h] výběrem největší z hodnot  $V_n$ ,  $V_{min,o}$  a  $V_{min,i}$  [m<sup>3</sup>/h].

- 8) Z minimálního množství vzduchu  $V_{min}$  se vypočítá měrná tepelná ztráta větráním  $H_v$  [W/K] podle vzorce:

$$H_v = c \times \rho \times V_{min}$$

Kde:

$c$  je měrná tepelná kapacita vzduchu [Wh/kgK]

$\rho$  je hustota vzduchu [kg/m<sup>3</sup>]

$V_{min}$  je minimální hygienické množství vzduchu [m<sup>3</sup>/h]

- 9) Poté se vypočítá tepelná ztráta větráním  $\phi_v$  [W] podle následujícího vztahu:

$$\phi_v = H_v \times (\theta_i - \theta_e)$$

Kde:

$H_v$  je minimální hygienické množství vzduchu [W/K]

$\theta_i$  je vnitřní výpočtová teplota v místnosti [°C]

$\theta_e$  je teplota venkovního prostředí [°C]

Mé výpočty tepelných ztrát větráním jsou v příloze projektové části Výpočty, příklad viz. Tab. 9 na straně 21.

#### 4.1.3. Celková tepelná ztráta místnosti

Celková tepelná ztráta  $\phi$  [W] místnosti je součet tepelné ztráty prostupem tepla  $\phi_T$  [W] a tepelné ztráty větráním  $\phi_v$  [W]. Je dána vztahem:

$$\phi = \phi_T + \phi_v$$

Kde:

$\phi_T$  je tepelná ztráta místnosti prostupem tepla [W]

$\phi_v$  je tepelná ztráta místnosti větráním [W]

Na tuto celkovou tepelnou ztrátu  $\phi$  [W] se dále navrhuje otopné těleso (otopná tělesa), kde by tepelný výkon tělesa (těles) měl být vyšší, než je tepelná ztráta místnosti. Příklad výpočtu viz. Tab. 10 na straně 21. Návrhy otopných těles jsou v příloze Výpočty.

VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT VĚTRÁNÍM									
Měrná tepelná kapacita vzduchu $c$ [Wh/kgK]							0,28		
Hustota vzduchu $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]							1,334		
Uvažovaný počet osob v místnosti - byt							2 [25 m <sup>3</sup> /osoba]		
Teplota venkovního vzduchu $\theta_e$ [°C]							-12		
Ozn.	Účel místnosti	Vnitřní teplota $\theta_i$ [°C]	Objem vzduchu v místnosti $V_p$ [m <sup>3</sup> ]	Intenzita větrání $n_{min}$ [-]	Nárazové větrání $V_n$ [m <sup>3</sup> /h]	Dávka venkovního vzduchu (osoby) $V_o$ [m <sup>3</sup> /h]	Hygienické množství vzduchu $V_{min}$ [m <sup>3</sup> /h]	Měrná tepelná ztráta $H_v$ [W/K]	Tepelná ztráta větrání $m \cdot \phi_v$ [W]
1. NP									
Společné prostory									
101	Chodba	15	105,3	0,2	-	-	21,06	7,866	212,39
102	Schodiště	10	62,4	0,5	-	-	31,2	11,654	256,38
103	Chodba	15	147,3	0,2	-	-	29,46	11,004	297,11
Bytové prostory									
1.1.1	Byt 12 - chodba	15	23,82	0,2	-	-	4,764	1,779	48,05
1.1.2	Byt 12 - pokoj	20	40,77	0,5	-	50	50	18,676	597,63
1.1.3	Byt 12 - pokoj s kk	20	62,7	1,5	150	50	150	56,028	1792,90
1.1.4	Byt 12 - koupelna	24	19,59	1,5	140	-	140	52,293	209,17

Tab. 9 – Příklad výpočtu tepelných ztrát větráním v projektové části mé bakalářské práce

NÁVRH OTOPNÝCH PLOCH						
Ozn.	Účel místnosti	Výpočtová teplota $\theta_i$ [°C]	Tepelná ztráta $\phi$ [W]	Typ otopné plochy	Výkon otopné plochy $Q_{ot}$ [W]	Podíl $Q_{ot} \cdot 100 / \phi$ [%]
1. NP						
Společné prostory						
101	Chodba	15	231	Radik 11 Line VK 300/700	256	110,82
102	Schodiště	10	-87	Otopná plocha není třeba	-	-
103	Chodba	15	38	Otopná plocha není třeba	-	-
Bytové prostory						
Byt 1						
1.1.1	Chodba	15	-109	Otopná plocha není třeba	-	-
1.1.2	Pokoj	20	886	Koraflex FV 7/28/120	971	109,59
1.1.3	Pokoj s kk	20	2254	Koraflex FV 7/28/160	1444	64,06
				Radik 11 Line VK 600/1600	1045	46,36
						110,43
1.1.4	Koupelna	24	544	Koralux Linear Max 600/1810	654	120,22
1.1.5	Šatna	15	-66	Otopná plocha není třeba	-	-

Tab. 10 – Příklad návrhu otopných ploch v projektové části mé bakalářské práce

## 5. OTOPNÉ SOUSTAVY

Otopná soustava zajišťuje v jednotlivých místnostech předepsané teplotní parametry pomocí otopných těles, případně jiných spotřebičů tepla. Skládá se ze zdroje tepla, potrubních rozvodů a spotřebičů tepla. Pro návrh otopné soustavy je potřeba vybrat a navrhnout vhodné jednotlivé části soustavy, které spolu dají optimální otopnou soustavu. Z hlediska toho, jakou teplonosnou látkou je teplo dopravováno do jednotlivých otopných prvků, se otopné soustavy dělí na parní (voda v plynném skupenství), vodní (voda v kapalném skupenství) a teplovzdušné (vzduch).

### 5.1. Parní otopné soustavy

Parní otopná soustava využívá pro přenos tepla z kotle do otopného tělesa přehřátou sytou páru. Pára na stěnách otopného tělesa zkondenzuje, předá výparné teplo a v podobě kondenzátu se vrací zpátky do kotle.

Parní soustavy byly historicky první soustavy ústředního vytápění. V současné době se takřka nenavrhují. Návrh parní otopné soustavy by byl možný maximálně v prostorech s nízkými požadavky na hygienu, jako jsou průmyslové nebo výrobní objekty. [8]

### 5.2. Teplovzdušné vytápění

Jak již bylo zmíněno, větrání je pro vnitřní mikroklima budovy, a hlavně lidský organismus důležité. Z hlediska koncentrace oxidu uhličitého jsou stanoveny požadavky na minimální množství přívodního vzduchu. V posledních letech je snaha o zvyšování požadovaného tepelného odporu obvodových konstrukcí, výplní oken a o minimalizaci infiltrace vzduchu obvodovým pláštěm, kdy infiltrace nepostačuje k pokrytí minimální hygienické výměny vzduchu v místnostech. První způsob řešení tohoto problému je umělé zvyšování infiltrace vzduchu pomocí vytvořených štěrbin v konstrukci okna, druhý způsob je řízené větrání obytných budov. Nejvyšší podíl na tepelných ztrátách budovy mají ztráty větráním, proto je potřeba snížit dopad větrání na spotřebu energie v budově. [20] Teplovzdušné vytápění je kombinace nuceného větrání a vytápění. Přivádí čerstvý, upravený vzduch do místnosti a zároveň díky zpětnému získávání tepla nebo směšování dokáže snížit potřebu energie na další ohřev přiváděného vzduchu. Vzduchotechnickým zařízením je možné pokrýt celkové tepelné ztráty nebo jen jejich část a kombinovat ho s teplovodní otopnou soustavou. [21]

#### 5.2.1. Princip

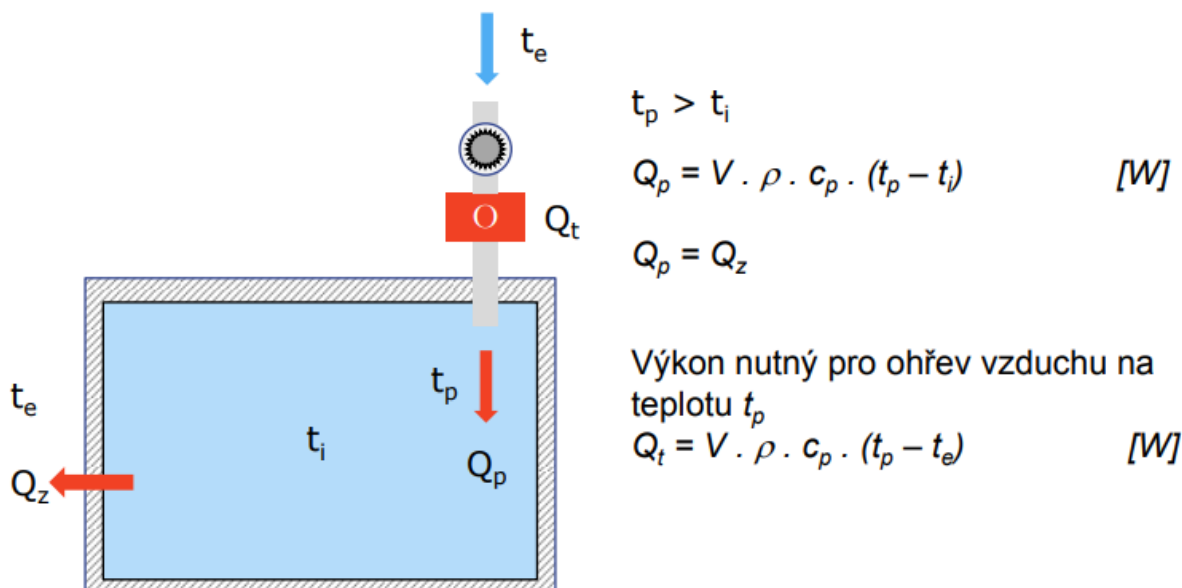
Při teplovzdušném vytápění se tepelná energie dostává do vytápěné místnosti proudícím vzduchem. V místnosti se přiváděný vzduch vlivem tepelných ztrát ochlazuje na požadovanou vnitřní teplotu a odvádí mimo místnost.

Parametr	Voda	Vzduch
měrné teplo $c$ [J.kg-1.K-1]	4186	1010
hustota [kg.m-3]	980	1,28
teplotní spád používaný pro vytápění obytných budov [K]	10 až 25	20 až 30

Tab. 11 – Fyzikální vlastnosti vody a vzduchu [20]

Z hlediska fyzikální vlastností vzduchu a vody (viz. Tab. 11 na str. 22) je patrné, že vzduch je horším nosičem tepla. Kvůli této skutečnosti je potřeba navrhovat větší dimenze rozvodů teplovzdušného vytápění, ale ve srovnání s teplovodním vytápěním není potřeba

otopných ploch. Do místnosti je potřeba dopravovat vzduch o výrazně vyšší teplotě a tím dochází k tepelným ztrátám a odlišnému vnímání tepelné pohody uživatelem. [20]



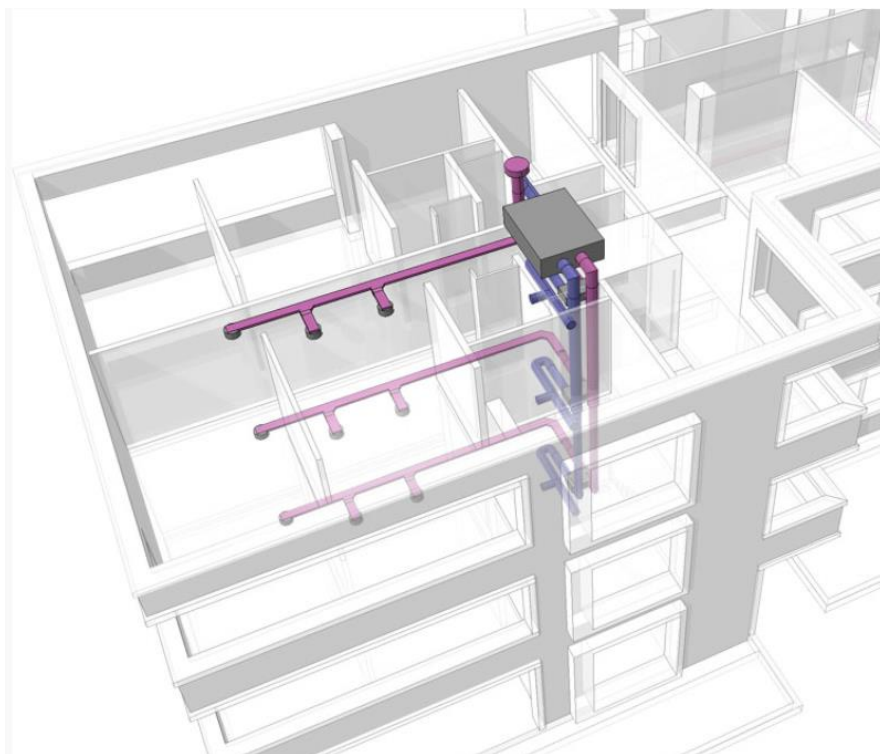
Obr. 1 – Princip teplovzdušného vytápění – tepelný výkon ohřivače ve vzduchotechnickém zařízení, kde  $t_p$  = teplota přívodního vzduchu,  $t_i$  = výpočtová teplota vnitřního vzduchu,  $t_e$  = teplota venkovního vzduchu,  $Q_t$  = Výkon nutný pro ohřev vzduchu,  $Q_p$  = Tepelný výkon přívodního vzduchu,  $Q_z$  = Tepelná ztráta v místnosti. [21]

### 5.2.2. Varianty řešení

Variantami řešení jsou centrální, decentrální a lokální systémy. **Centrální systém** má jednu centrální vzduchotechnickou jednotku, kde probíhá zpětné získávání tepla, filtrování, směšování, ohřev a jiné úpravy vzduchu (chlazení, vlhčení). Jednotka je připojena na otopnou soustavu, kde je zdrojem tepla například tepelné čerpadlo, plynový kotel nebo kotel na biomasu. Upravený vzduch se pak rozvodným vzduchotechnickým potrubím v šachtách přivádí do regulačních boxů jednotlivých bytů, které slouží k řízení větrání v dané bytové jednotce na požadavku uživatele, nezávisle na ostatních bytech. Potrubím ve stropě nebo v podlaze je pak přiváděný vzduch veden do jednotlivých místností. Odvodním potrubím je vnitřní vzduch veden zpět do vzduchotechnické jednotky. Mezi centrální jednotky patří i tzv. furnace, což je plynová (popř. elektrická) jednotka rozšířená zejména v USA. [23]

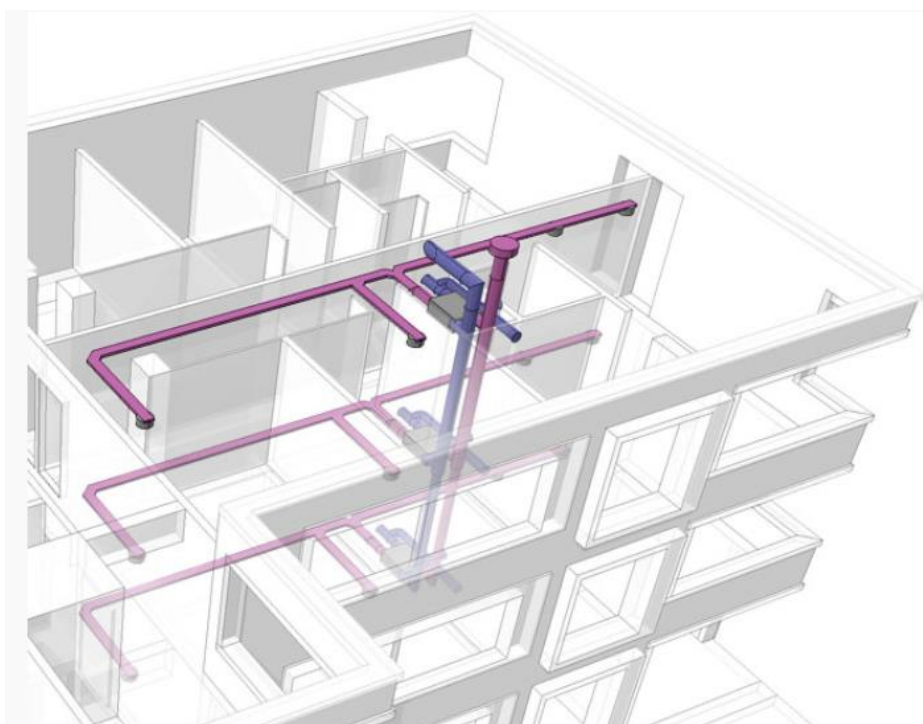


Obr. 2 – Vzduchotechnická jednotka [22]



Obr. 3 – Centrální systém teplovzdušného vytápění [23]

Pro bytové domy je vhodné použít i tzv. **decentrální systém**, kde se v každém bytě nachází vzduchotechnická jednotka, kde je zajištěna rekuperace tepla a řízené větrání. Jednotka je umístěna většinou pod stropem WC, odkud je přírodní čerstvý vzduch veden obvykle podstropním rozvodem do jednotlivých místností. Čerstvý vzduch je přiveden šachtami k jednotlivým vzduchotechnickým jednotkám. Z koupelen, WC a kuchyně je odváděn odpadní, teplý, vlhký vzduch, který je po rekuperaci odveden do společných stoupaček a ven z objektu. [24]



Obr. 4 – Decentrální systém teplovzdušného vytápění [24]



**Lokální systémy** teplovzdušného vytápění jsou buď cirkulační, nebo s přívodem čerstvého vzduchu. Cirkulační systém spočívá v tom, že se vnitřní vzduch bez přívodu venkovního čerstvého vzduchu ve vzduchotechnické jednotce ohřívá a vypouští zpět ven. Mezi lokální systémy patří například konvektory, nástěnné nebo podstropní jednotky, poháněné elektrickou energií, teplovodní soustavou nebo plynem. Využití zpětného získávání tepla lokálních jednotek je možné použít, ale není běžné. Tento systém se využívá zejména v průmyslových nebo výrobních objektech. [21]



Obr. 5 – Lokální teplovzdušná jednotka Atlas. [25]

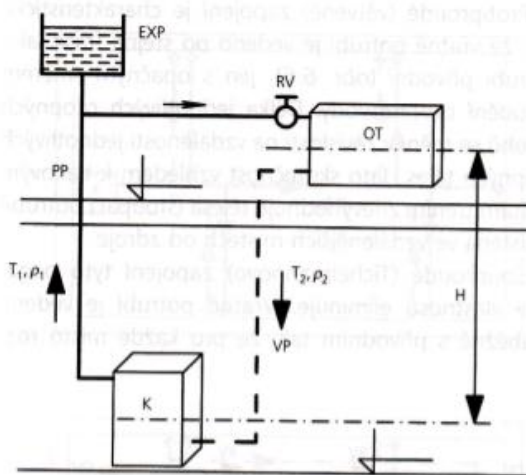
### 5.3. Vodní otopné soustavy

Vodní otopná soustava by se měla vždy navrhovat na podmínky konkrétní budovy. Návrh otopné soustavy je v podstatě volba jednotlivých částí soustavy z hlediska minimálních provozních a investičních nákladů s přihlédnutím k požadavkům investora nebo specifickým podmínkám daného objektu. [8] Pro návrh jsou důležité tyto informace:

- Účel objektu – občanská vybavenost, obytná budova, průmyslová nebo sportovní stavba
- Provoz objektu – přerušovaný, nepřetržitý, počet provozních jednotek
- Konstrukce budovy z hlediska tepelně technických parametrů budovy a uložení

#### 5.3.1. Princip

Vodní otopná soustava funguje na principu uzavřeného vodního okruhu, který propojuje zdroj tepla a otopná tělesa. Topná voda je ve zdroji ohřívána a přívodním potrubím dopravována do jednotlivých otopných těles. V otopných tělesech předává část tepelné energie, tím se ochlazuje a odvodním potrubím odvádí zpět do kotle, kde se znovu ohřívá. V soustavě se pohybuje neměnné množství otopné vody. [8]

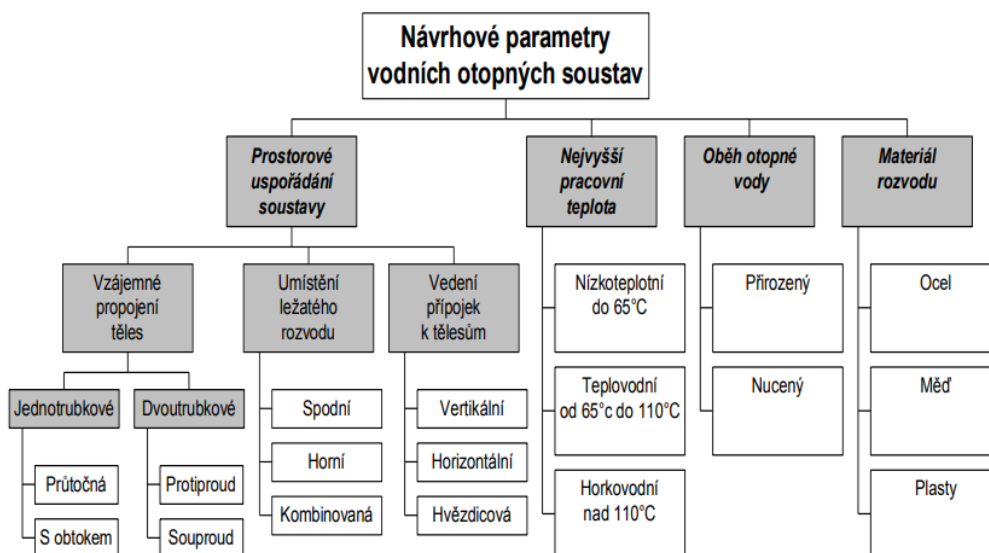


Obr. 6 – Schéma vodní otopné soustavy, kde EXP = expanzní nádoba, OT = otopné těleso, RV = regulační ventil, PP = přívodní potrubí, K = kotel, VP = vratné potrubí, H = účinná výška [8]

### 5.3.2. Rozdělení vodních otopných soustav

Vodní otopné soustavy lze dělit dle následujících parametrů:

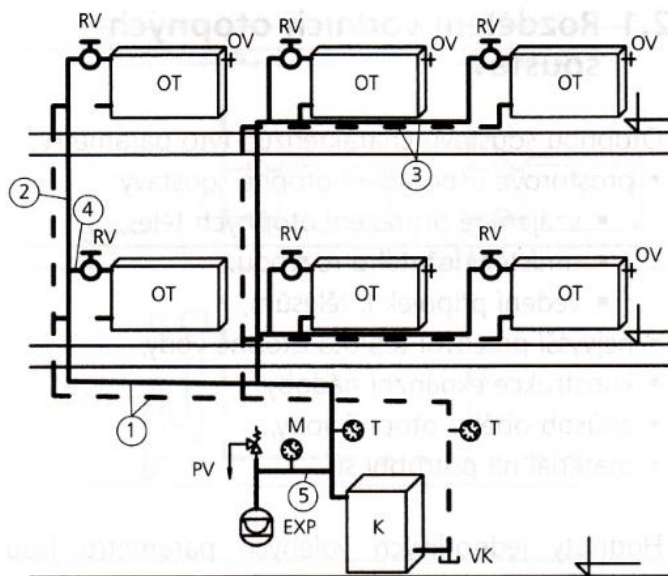
- Prostorové uspořádání soustavy – vzájemné propojení těles, umístění ležatého rozvodu, vedení přípojek k tělesům
- Nejvyšší pracovní teplota
- Způsob oběhu otopné vody
- Materiál rozvodu



Obr. 7 – Návrhové parametry vodních otopných soustav [26]

### 5.3.3. Prostorové uspořádání soustav

Předpokladem pro dobré fungování otopné soustavy a její splynutí se stavbou je vhodné prostorové uspořádání potrubní sítě. Všechny soustavy by měly umožňovat úplné odvodnění v případě odstavení otopné soustavy v zimním období a dokonalé odvzdušnění. Toho se docílí vypsádováním potrubí směrem k osazenému vypouštěcímu ventilu a osazením odvzdušňovacích ventilů na nejvyšší místa soustavy. [8]

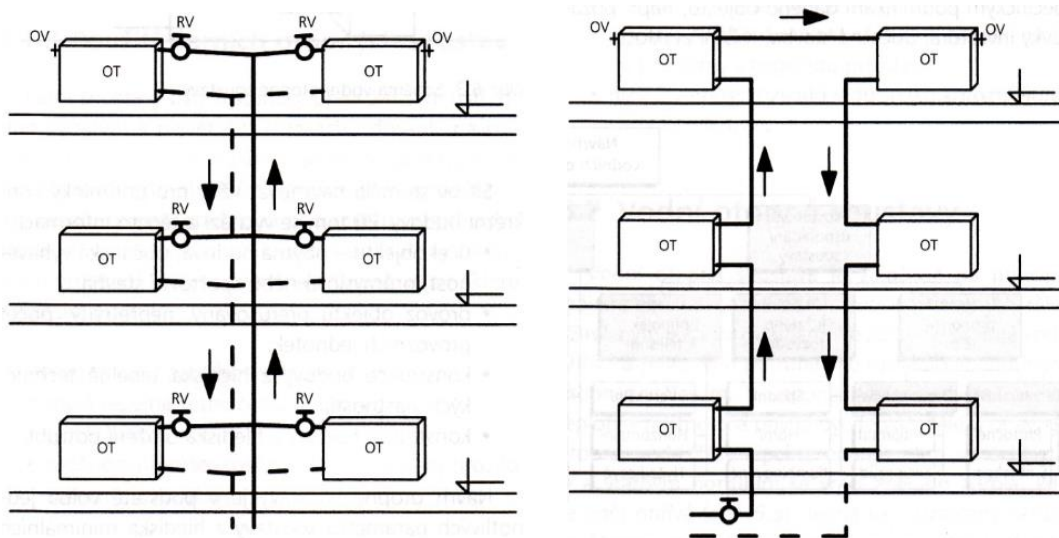


Obr. 8 – Části potrubí vodní otopné soustavy, kde 1 = hlavní ležaté rozvody, 2 = stoupačí potrubí, 3 = podlahové ležaté rozvody, 4 = přípojovací potrubí, 5 = pojistné potrubí [8]

Při návrhu geometrického uspořádání rozvodu je třeba hledat nejoptimálnější řešení z hlediska délky rozvodů, umístění otopných ploch ve vytápěné místnosti, způsobu regulace, hydraulické stability, míry zásahu do stavebních konstrukcí, investičních nákladů a možností opravy. [8]

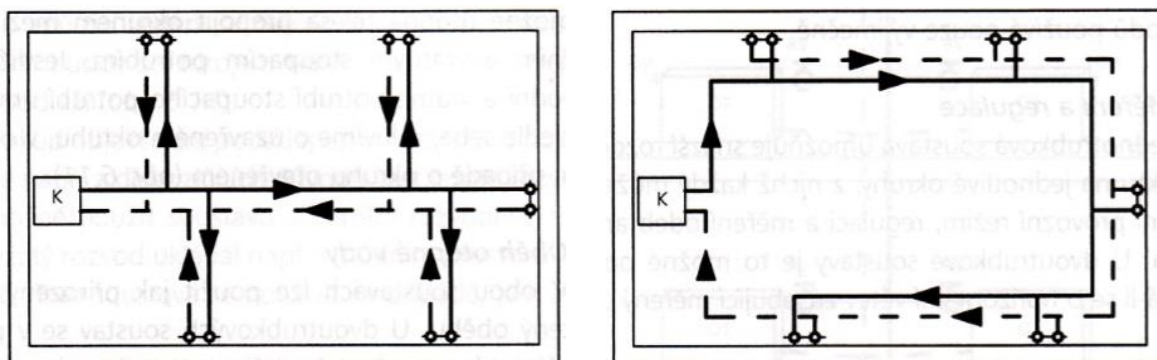
### • Vzájemné propojení otopných těles

Z hlediska vzájemného propojení otopných těles se rozlišují jednotrubkové a dvoutrubkové otopné soustavy.



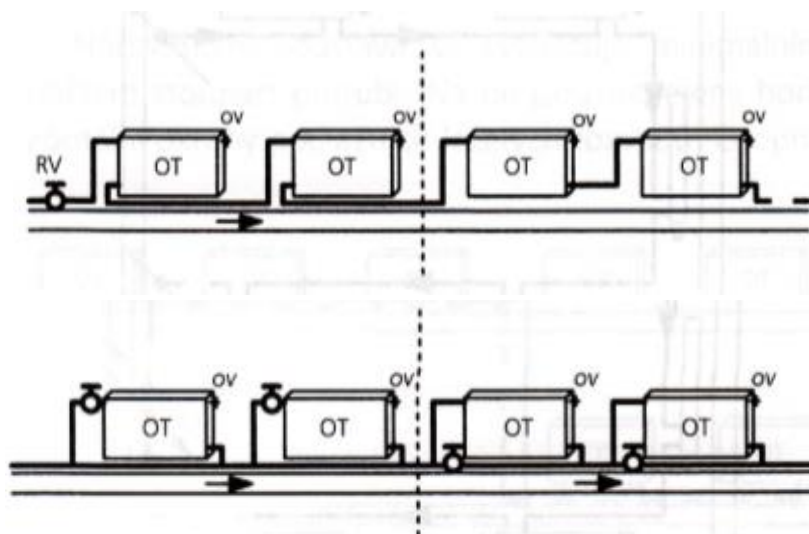
Obr. 9 – Dvoutrubková a jednotrubková otopná soustava [8]

Ve **dvoutrubkové soustavě** se dá snadno rozlišit, které potrubí je vratné a které přívodní. Všechna tělesa pracují s otopnou vodou o stejné teplotě. Dvoutrubkové soustavy patří k nejpoužívanějším soustavám vzhledem k jejich provozní spolehlivosti a hydraulické stabilitě. Podle vzájemného vztahu vedení přívodního a vratného potrubí se rozlišuje souprůdé a protiprůdé zapojení dvoutrubkových otopných soustav. Protiprůdé vedení je charakteristické tím, že vratné potrubí je vedeno po stejné trase jako přívodní potrubí, jen s opačným směrem proudění otopné vody. Délka jednotlivých otopných okruhů závisí na vzdálenosti otopného tělesa, tím jsou, kvůli ztrátám třením v potrubí, znevýhodněná tělesa vzdálenější od zdroje. U souprůdé (Tichelmannovo) zapojení je vratné potrubí vedeno souběžně s přívodním potrubím tak, že pro každý úsek rozvodu je součet délky přívodního a vratného potrubí konstantní. Souprůdé zapojení se používá na části otopné soustavy, kde je třeba zajistit rovnoměrné zásobování více míst, např. vzájemné propojení několika kotlových jednotek. Výhody souprůdého zapojení se dají využít hlavně tam, kde je možné rozvod vést do okruhu tak, aby nevznikalo místo se třemi trubkami vedle sebe. [8]



Obr. 10 – Protiprůdé a souprůdé zapojení vodní otopné soustavy [8]

V **jednotrubkové soustavě** protéká otopná voda postupně jednotlivými otopnými tělesy, zapojenými v okruhu. V jednotlivých úsecích rozvodu tedy protéká směs vratné a přiváděné vody. Teplota vody přiváděné do otopných těles postupně klesá, tím se mění i měrný výkon jednotlivých otopných těles na okruhu. Kvůli tomu je potřeba přepočítat velikosti otopných těles v závislosti na teplotě přivodní vody v jednotlivých úsecích okruhu. Nejjednodušší variantou jednotrubkové soustavy je průtočné zapojení, při kterém jsou nevýhodami vysoký hydraulický odpor okruhu a nemožná regulace jednotlivých otopných těles. Používá se zejména v rozsáhlých místnostech s více tělesy, administrativních budovách bez požadavku na regulaci jednotlivých těles atd. Zapojením obtoku se umožní regulace jednotlivých otopných těles. Poměr tlakových ztrát obtoku a tělesa určuje, kolik otopné vody bude protékat dál přímo zkratem bez ochlazení a kolik zateče do otopného tělesa. [8]



Obr. 11 – Průtočné zapojení a zapojení s obtokem jednotrubkových otopných soustav [8]

- **Umístění ležatého rozvodu**

Podle umístění vzhledem k otopným tělesům lze ležatý rozvod dělit na soustavy s horním, dolním a kombinovaným rozvodem. [8]

V **soustavě s dolním rozvodem** je ležaté potrubí umístěno v nejnižším podlaží, pod stropem nebo v podlaze, a na něj jsou napojena stoupačí potrubí. Při tomto rozvodu je zdroj tepla většinou umístěn v nejnižším podlaží v technické místnosti.

**Soustavu s horním rozvodem** je možné využít, pokud objekt není podsklepen nebo není možné vést ležaté rozvody v nejnižším podlaží. Horní rozvod přináší mnoho komplikací, zejména u budov s plochou střechou bez technického podlaží.

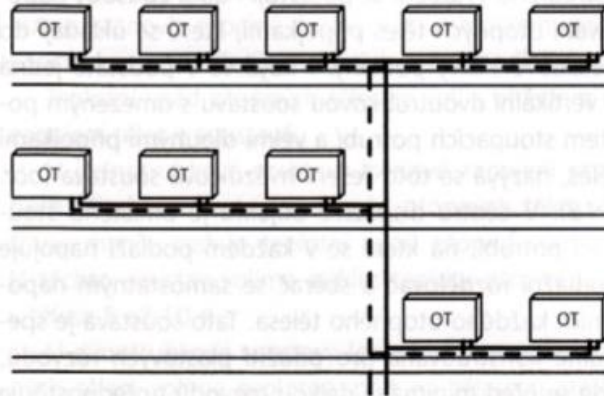
**Soustavy s kombinovaným** horním nebo dolním (závisí na tom, kde je vedeno přivodní potrubí) rozvodem jsou kombinací horního a dolního rozvodu a používají se výjimečně. Příkladem kombinovaného rozvodu je dvoutrubková etážová soustava s přirozeným oběhem, kde je přivodní potrubí vedeno pod stropem a vratné v podlaze.

- **Způsob vedení přípojek k tělesům**

Podle způsobu vedení rozvodu, na který jsou napojeny přípojky k otopným tělesům se rozlišují horizontální, vertikální a hvězdicové soustavy.

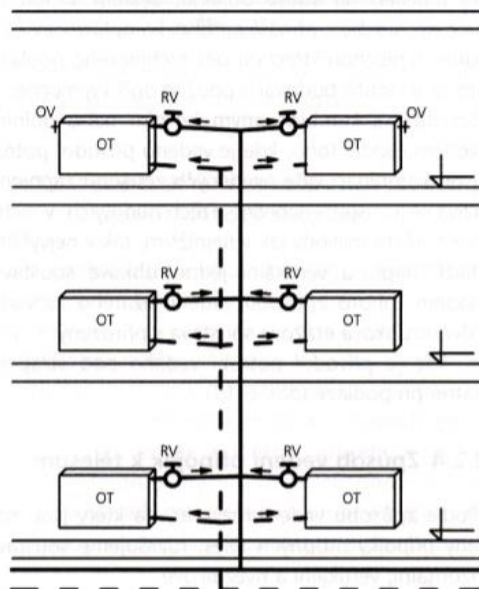
V **horizontální soustavě** se využívá minimální počet stoupačích potrubí. Na ně jsou napojeny horizontální okruhy podlažních ležatých rozvodů. Otopná tělesa se napojují na

horizontální rozvod přípojkami. Zvláštním případem horizontální soustavy je etážová soustava, kde se zdroj tepla, rozvody a otopná tělesa nacházejí v jednom podlaží. [8]



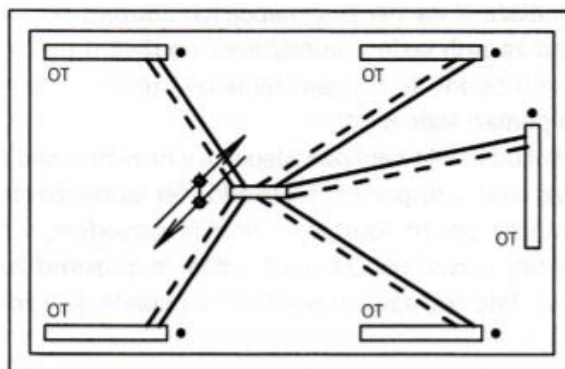
Obr. 12 – Horizontální otopná soustava ve vícepodlažním domě [8]

**Vertikální soustava** je specifická tím, že otopná tělesa jsou napojena přímo na stoupací potrubí krátkými horizontálními přípojkami.



Obr. 13 – Vertikální otopná soustava s dolním umístěním ležatého rozvodu [8]

**Hvězdicová soustava** je v podstatě vertikální dvoutrubková soustava s omezeným počtem stoupacích potrubí a dlouhými přípojkami k otopným tělesům. Tato soustava je vhodná pro použití plastového potrubí, kde se upřednostňuje minimum spojů před menší délkou potrubí. [8]



Obr. 14 – Hvězdicová otopná soustava [8]

### 5.3.4. Nejvyšší pracovní teplota otopné vody

Nejvyšší pracovní teplota otopné vody je vstupní výpočtová teplota vody v otopné soustavě. Podle její hodnoty se otopné soustavy dělí na:

- Nízkoteplotní otopné soustavy  $t_1 \leq 65$  °C (teplotní spád např. 55/45, 45/35)
- Teplovodní otopné soustavy  $65 < t_1 \leq 115$  °C (teplotní spád např. 70/50, 60/45)
- Horkovodní otopné soustavy  $t_1 > 115$  °C

**Teplotní spád** je rozdíl výpočtové teploty na vstupu do otopné soustavy  $t_1$  a výstupu z otopné soustavy  $t_2$ . Teplotní spád u nízkoteplotních a teplovodních soustav se volí mezi 10 až 25 K, u horkovodních soustav 40 až 50 K. U soustav s nuceným oběhem vody nejsou vhodné teplotní spády s teplotou vody větší jak 90 °C z důvodu regulace. Teplota vratné otopné vody na vstupu do kotle (kromě kondenzačního a nízkoteplotního) musí být vyšší, než je teplota rosného bodu spalin pro různé druhy paliv. [8]

### 5.3.5. Oběh otopné vody v soustavě

Teplonosnou látku v potrubí je potřeba uvést do pohybu působením dynamického tlaku. Ve vodních soustavách se využívá přirozeného a nuceného oběhu vody.

**Přirozený oběh** vzniká na základě rozdílu hustoty přírodní (teplé) a vratné (studené) otopné vody. Jeho výhodou je nezávislost na dodávce elektrické energie. K nevýhodám přirozeného oběhu patří omezené možnosti napojení nepříznivě umístěných otopných těles, velká tepelná setrvačnost, velké průměry potrubí a nemožné použití vhodných regulačních prvků. Přirozený oběh je vhodný zejména pro menší soustavy, půdorysně málo rozlehlé, s většími výškovými rozdíly mezi otopnými tělesy a zdrojem tepla. Použití tohoto oběhu je zejména pro menší tepelné příkony, např. rodinné domy nebo menší bytové domy.

**Nucený oběh** je vyvolán dopravním tlakem oběhového čerpadla. Jeho výhodami je zajištění lepších hydraulických podmínek a teplotních parametrů, dobrá regulace a měření spotřeby tepla. Nevýhodou je závislost na dodávce elektrické energie a hluchost, kterou můžou čerpadla vnášet do potrubí. [8]

### 5.3.6. Materiál rozvodu

O materiálu rozvodů teplonosné látky je potřeba rozhodnout na začátku navrhování otopné soustavy, protože každý materiál má odlišné mechanické vlastnosti.

**Ocelové potrubí** je tradičním materiálem pro rozvody otopné vody s dobrými mechanickými vlastnostmi. Na potrubí se používá ocel třídy 11.353.0. Na potrubí do průměru 50 DN se používá ocelových běžných závitových trubek, na potrubí nad 50 DN se používají hladké bezešvé trubky. Ocelové potrubí se spojuje svařováním elektrickým obloukem nebo plamenem. Po celé délce musí být natřeno ochranným nátěrem.

**Měděná potrubí** mají vlastnosti jako ocelové trubky s tím, že mají menší tloušťku stěny, takže mají celkově menší vnější průměr. Je nutné se vyvarovat kombinaci s hliníkovými tělesy, kvůli možnému vzniku elektrochemické koroze. Trubky se spojují měkkým nebo tvrdým pájením, svařováním nebo lisováním. Při průchodu stěnou či stropem je vhodné umístit potrubí do ochranné trubky většího průměru.

**Plastová potrubí** jsou rozdílná od ostatních zejména ve větší délkové teplotní roztažnosti a menší pevnosti. Životnost plastového potrubí je dána provozními podmínkami (maximální teplota otopné soustavy, maximální provozní přetlak soustavy aj.) a funkcí konkrétního potrubí. Montáž plastového potrubí je ve srovnání s ostatními snazší a rychlejší. Spojování se provádí svařováním nebo mechanickými spojkami. Plastové potrubí

nemůže být vedeno volně kvůli malé mechanické odolnosti, vždy je potřeba ho podepřít podpůrnou konstrukcí nebo uložit do vrstvy podlahy. [8]

### 5.3.7. Konstrukce expanzní nádoby

Expanzní nádoby patří mezi zabezpečovací zařízení otopné soustavy. Umožňují změny objemu obsažené vody vlivem tepelné objemové roztažnosti bez nedovoleného zvýšení tlaku a ztrát otopné vody. Zabezpečují soustavu před překročením nejvyššího dovoleného přetlaku. Pravidla pro návrh expanzní nádoby jsou uvedena v normě ČSN 06 0830 Zabezpečovací zařízení pro ústřední vytápění a ohřívání užitkové vody. Podle konstrukce expanzní nádoby se otopné soustavy rozdělují na:

- Otevřené – Mají otevřenou expanzní nádobu umístěnou nad otopným systémem (většinou na půdě). V nových otopných soustavách se takřka nevyskytuje. Problémem je umístění expanzní nádoby, jelikož v nových domech se podkroví využívá pro obytné účely. Dalším problémem je vzduch, který se dostává do otevřené expanzní a způsobuje korozi.
- Uzavřené – Pojistné potrubí, na kterém je umístěna expanzní nádoba, je napojeno na vratné potrubí v blízkosti kotle. Zabraňují překročení nejvyššího dovoleného přetlaku samočinným otevřením. [7]

Výpočet uzavřené expanzní nádoby vychází ze vztahu s objemem expanzní nádoby  $V_{et}$  [l]: [27]

$$V_{et} = 1,3 \times V_o \times n \times \frac{1}{\eta}$$

Kde:

$V_o$  je objem vody v celé otopné soustavě [l]  
 $n$  je součinitel zvětšení objemu [-]  
 $\eta$  je stupeň využití expanzní nádoby [-]

Stupeň využití expanzní nádoby se vypočítá jako:

$$\eta = \frac{p_{h,dov,A} - p_{d,A}}{p_{h,dov,A}}$$

Kde:

$p_{h,dov,A}$  je nejvyšší dovolený absolutní tlak [kPa]  
 $p_{d,A}$  je hydrostatický absolutní tlak [kPa]

Hydrostatický absolutní tlak je dán vztahem:

$$p_{d,A} = \rho \times g \times h \times 10^{-3} + p_B$$

Kde:

$\rho$  je hustota vody [ $\text{kg/m}^3$ ]  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$   
 $g$  je tíhové zrychlení [ $\text{m/s}^2$ ]  $g = 10 \text{ m/s}^2$   
 $h$  je výška vodního sloupce nad expanzní nádobou [m]  
 $p_B$  je barometrický tlak [kPa]  $p_B = 100 \text{ kPa}$

A součinitel zvětšení objemu  $n$  je tabulková hodnota:

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

Tab. 12 – Součinitel zvětšení objemu  $n$  [27]

Z vypočítaného objemu expanzní nádoby se vyhledá expanzní nádoba o vyšším objemu, než je vypočítaná hodnota  $V_{et}$ . Expanzní nádoby se vybírají z výrobní řady u jednotlivých výrobců. Já navrhla expanzní nádobu pomocí interaktivního výpočtu na internetové stránce tzb-info.cz a výpočet je v příloze projektové části Výpočty. [28]

### 5.3.8. Dimenzování vodních otopných soustav

Cílem návrhu je rovnováha mezi dynamickým přetlakem a tlakovými ztrátami. Výpočet se provádí ve dvou krocích – návrh profilů potrubí a hydraulické posouzení s návrhem nastavení regulačních ventilů. Otopná voda je v každém místě soustavy vystavena hydrostatickému a dynamickému přetlaku. U soustav s nuceným oběhem je zdrojem dynamického přetlaku oběhové čerpadlo, které dává otopnou vodu do pohybu. V případě přirozeného oběhu vzniká dynamický tlak důsledkem rozdílu hydrostatických tlaků v přívodním a vratném potrubí. [8] Pro dimenzování otopných soustav je potřeba využít poznatky z normy ČSN EN 12828 Tepelné soustavy v budovách – navrhování teplovodních otopných soustav.

Rozvody potrubí je potřeba **tepelně izolovat**. Tepelná ztráta potrubí kruhového průřezu je způsobena vedením tepla vrstvami potrubí a přestupem tepla do okolního prostředí. Velikost tepelné ztráty ovlivňuje součinitel prostupu tepla stěnou potrubí, délka potrubí a rozdíl teploty média uvnitř trubky a okolního prostředí. Požadavky na součinitel prostupu tepla pro vnitřní rozvody jsou uvedeny ve vyhlášce č. 193/2007. Můj návrh tepelné izolace potrubí byl proveden výpočtovým programem na tzb-info.cz viz. příloha v projektové části Výpočty. [29]

#### • Návrh profilů rozvodu

Pro výpočet je nutné určit okruh nejhůře položeného otopného tělesa. Jednotlivé okruhy se ještě mohou dělit na ležaté, stoupací a přípojovací (v jednotlivých bytech, podlažích) potrubí. Okruhy je nutné rozdělit do jednotlivých úseků tak, aby se na každém úseku přičítal (popř. odečítal) vždy přenášený výkon (resp. hmotnostní průtok) jednoho otopného tělesa (popř. celého přípojovacího nebo stoupacího potrubí). Číslování jednotlivých úseků probíhá směrem od zdroje. Přívodní potrubí se značí 1, 2, 3 a odvodní potrubí jako 1', 2', 3'. Hmotnostní průtok  $m$  [kg/h] se počítá ze vzorce:

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

Kde:

$Q$  je přenášený výkon [W]

$c$  je měrná tepelná kapacita vody [Wh/kgK]  $c = 1,135$  Wh/kgK

$t_1$  je teplota přívodní vody

$t_2$  je teplota vratné vody



Metodami pro návrh profilů potrubí jsou metoda optimální rychlosti v potrubí, metoda ekonomické měrné tlakové ztráty v potrubí a metoda daného tlakového rozdílu. V projektové části mé bakalářské práce jsem navrhovala profily potrubí pomocí metody optimální rychlosti v potrubí, proto ji zde popíši podrobněji. Můj návrh dimenzí potrubí je v příloze projektové části Výpočty.

**Metoda optimální rychlosti** v potrubí je nejjednodušší metodou návrhu. Pro návrh je potřeba znát střední teplotu otopné vody  $t_m$  [°C], druh oběhu otopné vody v soustavě, rozmístění a výkon otopných těles  $Q$  [W] a materiál navrhovaného potrubí. Návrh se provádí pomocí tabulek pro výpočet měrné tlakové ztráty třením v potrubí. Optimální hodnoty rychlosti v potrubí jsou:

Teplonosná látka	Rozsah rychlosti	Průměrná rychlost
	$w$ (m.s <sup>-1</sup> ) (max)	$w$ (m.s <sup>-1</sup> )
Teplovodní soustava s přirozeným oběhem vody	0,05 až 0,3 (1,0)	0,2
Teplovodní soustava s nuceným oběhem vody	0,2 až 1,0 (3,0)	0,6

Tab. 13 – Optimální rychlosti v potrubí [30]

NÁVRH DIMENZE POTRUBÍ				
Metoda optimální rychlosti v potrubí				
Teplotní spád:		65/50°C	Materiál potrubí:	Měď
Oběh:		Nucený	Střední teplota vody $t_m$ :	57,5 °C
Rozsah rychlosti $w$ :		0,2 - 1 m/s		
Z projektu			Návrh z tabulky	
Úsek	Přenášený výkon [W]	Hmotnostní průtok [kg/h]	Dimenze potrubí DN [mm]	Rychlost v potrubí $w$ [m/s]
Větev T1				
Byt 1.1 - 1	4114	236	18x1	0,377
Byt 1.1 - 1'	4114	236	18x1	0,377
Byt 1.1 - 2	3460	198	18x1	0,316
Byt 1.1 - 2'	3460	198	18x1	0,316
Byt 1.1 - 3	2415	138	15x1	0,294
Byt 1.1 - 3'	2415	138	15x1	0,294
Byt 1.1 - 4	971	56	12x1	0,202
Byt 1.1 - 4'	971	56	12x1	0,202

Tab. 14 – Příklad návrhu profilů potrubí v projektové části mé bakalářské práce

### • Návrh oběhového čerpadla

Po navržení jednotlivých dimenzí potrubí otopné soustavy je potřeba vypočítat celkovou tlakovou ztrátu soustavy pro návrh oběhového čerpadla. Výpočet se provádí pro nejhůře umístěné otopné těleso od zdroje. K návrhu je potřeba znát délku úseku  $l$  [m], dimenze potrubí v jednotlivých úsecích  $DN$  [mm], tabulkové hodnoty rychlosti v potrubí  $w$  [m/s] a měrné tlakové ztráty v potrubí  $R$  [Pa/m], přenášený výkon v jednotlivých úsecích  $Q$  [W], z něj vypočítaný hmotnostní průtok  $m$  [kg/h], střední teplotu otopné vody  $t_m$  [°C], materiál navrhovaného potrubí a součinitele vřazených odporů  $\sum \xi$  z tabulky. Čerpadlo se navrhuje na nejvyšší přenášený hmotnostní průtok a celkové tlakové ztráty v soustavě.

Tlakové ztráty se dělí na ztráty třením a ztráty vřazenými místními odpory. Tlakové ztráty třením  $Z_t$  [Pa] se vypočítají ze vzorce:

$$Z_t = R \times l$$

Kde:

$R$  je měrná tlaková ztráta závislá na dimenzi a hm. průtoku z tabulky [Pa/m]  
 $l$  je délka úseku [m]

Tlakové ztráty vřazenými místními odpory  $Z$  [Pa] se vypočítají ze vztahu:

$$Z = \sum \xi \times \rho \times \frac{w^2}{2}$$

Kde:

$\sum \xi$  je součet všech součinitelů vřazených odporů, co se vyskytují na úseku [-]  
 $\rho$  je hustota vody [kg/m<sup>3</sup>]  $\rho = 1000$  kg/m<sup>3</sup>  
 $w$  je rychlost v daném úseku potrubí [m/s]

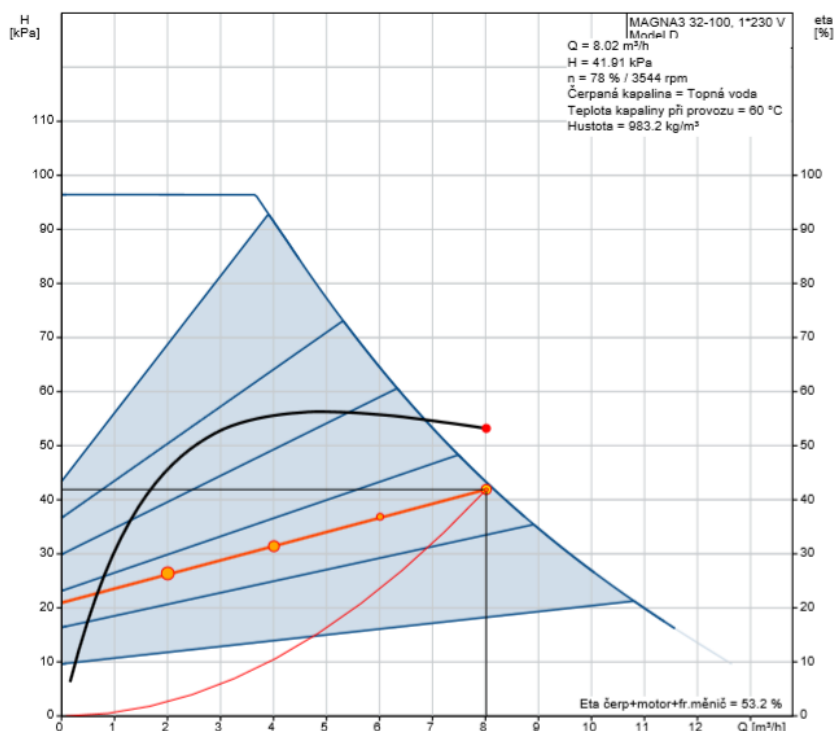
Celkové ztráty jednotlivých úseků  $Z$  [Pa] jsou pak:

$$Z_c = Z_t + Z$$

Kde:

$Z_t$  je tlaková ztráta třením [Pa]  
 $Z$  je tlaková ztráta vřazenými odpory [Pa]

Součtem všech celkových tlakových ztrát jednotlivých úseků vyjde hodnota, ke které se přičte rezerva pro regulaci ventilů na otopném tělese 3000-4000 Pa. Na tuto hodnotu se, společně s nejvyšším přenášeným hmotnostním průtokem na okruhu, navrhne oběhové čerpadlo. Čerpadlo se navrhuje pomocí grafů od jednotlivých výrobců. Návrh oběhového čerpadla v mé bakalářské práci je v příloze projektové části Výpočty.



Obr. 15 – Příklad návrhu oběhového čerpadla z projektové části mé bakalářské práce

## 6. OTOPNÁ TĚLESA A PLOCHY

Úkolem otopných těles je předávání tepla do vytápěné místnosti v takovém množství a takovým způsobem, aby v místnosti byla vytvořena tepelná pohoda. Otopná tělesa jsou buď součástí ústředního vytápění, kde předávají do místnosti teplo z teplonosné látky, která je připravovaná centrálně ve zdroji, nebo lokální. Lokální otopná tělesa přeměňují energii v teplo, a to předávají do místnosti, kde jsou umístěny. Sdílení tepla je fyzikální jev, kdy se teplo šíří z prostředí o vyšší teplotě do prostředí o nižší teplotě. To je uskutečněno vedením, prouděním a sáláním:

- Vedení (kondukce) – Nastává při výměně kinetické energie sousedících částic.
- Proudění (konvekce) – Nastává, když částice mění svou polohu v prostoru ve větším měřítku a unášejí s sebou svou energii. Vedení je buď volné nebo nucené. Nucené nastává při použití vnějších sil, např. ventilátoru nebo čerpadel.
- Sálání (radiace) – Teplo se přenáší elektromagnetickým zářením. Teplo sálají a absorbují především tuhá tělesa a kapaliny.

Otopné plochy se dělí na článková tělesa, desková tělesa, trubková tělesa, konvektory, sálavé otopné plochy, teplovzdušné jednotky a lokální topidla. Každý typ otopného tělesa předává teplo do místnosti svým specifickým způsobem. Výkon otopných těles závisí na zvoleném teplotním spádu a výpočtové vnitřní teplotě vzduchu.

Volba typu těles závisí na provozních potřebách objektu, tepelný ztrátách místnosti, druhu a parametrech teplonosné látky, konstrukčním provedení místnosti, nárocích na umístění v místnosti, přání a finančních možností investora.

Otopné těleso se umísťuje zásadně na nejvíce ochlazovanou plochu (většinou vnější obvodová stěna). Pokud je v obvodové stěně okno, umísťuje se otopné těleso přednostně pod něj z toho důvodu, že je snaha o eliminaci lokální tepelné nepohody z důvodu chladného vzduchu, který se dostává do místnosti spárami, a chladného sálání skleněné výplně. Délka tělesa by měla být stejná jako je délka okna. Výška tělesa závisí na výšce parapetu, minimální vzdálenosti tělesa nad podlahou a pod parapetem. Pokud je v místnosti více oken, upřednostňuje se umístit otopné těleso pod každé okno. [7]

### 6.1. Článková otopná tělesa

Článková otopná tělesa jsou složena z jednotlivých článků. Vyrábějí se z různých materiálů a s různým technologickým postupem. Nejčastěji používaným materiálem pro výrobu článkových těles je ocelový plech, litina a slitina hliníku. Jednotlivé články se spojují pomocí závitových vsuvek s pravým a levým závitem. Teplo je z článkových těles předáváno převážně prouděním, méně pak sáláním.

**Litinová článková otopná tělesa** mají nejdélejší životnost ze všech článkových otopných těles. Dají se použít v teplovodních soustavách s přirozeným i nuceným oběhem vody a v parních nízkotlakých soustavách.

**Ocelová článková tělesa** se používají pouze v teplovodních otopných soustavách. Mají vyšší požadavky na kvalitu vody. Vykazují nejvyšší tlakové ztráty ze všech známých otopných těles, kromě trubkových.

**Tělesa ze slitin hliníku** využívají dobré tepelné vodivosti hliníku. Při návrhu otopných těles z hliníku se musí obezřetně volit materiál potrubní sítě a zdroj tepla. Jelikož je v soustavě uzavřený oběh otopné vody, dochází při použití měděného potrubí k elektrochemické reakci, která urychluje korozi a s ní i související provozní potíže. [8]



Obr. 16 – Článekové otopné těleso [31]

## 6.2. Desková otopná tělesa

Desková otopná tělesa patří mezi nejpoužívanější typy otopných těles. Teplo je předáváno z deskových těles převážně prouděním, z menší části pak sáláním. Základní plocha pro přestup tepla je tvořena tvarovanou deskou hladkou nebo s horizontálními (popř. vertikálními) prolisy. Těleso tvoří dvě prolisované ocelové desky, které jsou po obvodě svařeny. Tělesa se vyrábí v jednořadém, dvouřadém a třířadém provedení. Na potrubí se napojují buď osovým nebo bočním výstupem se závitem. V případě kompaktního propojení mají tělesa přímo zabudovaný ventil se spodním připojením (na pravé straně, levé straně nebo uprostřed). Desková tělesa umožňují rychlou reakci na regulační zásah díky malému vodnímu obsahu. Regulace je zajištěna termostatickou hlavicí. Mají menší hmotnost než tělesa článeková. S každým deskovým tělesem je dodávána odzdušňovací zátka a sada navrtávacích stěnových konzol. Nejznámější firmou pro výrobu deskových těles je firma KORADO. [7]



Obr. 17 – Deskové otopné těleso Radik VKM [32]

## 6.3. Trubková otopná tělesa

Trubková tělesa jsou tvořena vodorovnými nebo svislými trubkami nebo trubkovým hadem. Přidávají teplo do místnosti převážně prouděním, z menší části pak sáláním. Individuální tělesa se svařují z hladkých nebo žebrových ocelových trubek. Mezi nejpoužívanější trubková tělesa patří tzv. koupelňové žebříky. Topné vodorovné profily tvoří ocelové trubky kruhového průřezu. Tyto profily mohou být rovné nebo oblé. Vyrábí se různých délek, šířek a barvy. Napojení trubkových těles je svisle z horní nebo dolní strany k vývodkám u rozdělovacích a sběrných profilů, případně spodní středové. Jsou dodávána s odzdušňovací zátkou a soupravou pro upevnění na stěnu, případně termostatickou hlavicí. Koupelňové žebříky jsou vhodné pro teplovodní soustavy s přirozeným i nuceným oběhem vody. Rozšířena jsou i koupelňová tělesa opatřená elektrickým topným zařízením.

Takovéto těleso je možné použít bez závislosti na provozu ústředního vytápění. Koupelnové žebříčky se vyrábí i jako samostatná přímotopná elektrická tělesa. [7] [8]



Obr. 18 – Trubkové otopné těleso kombinované [33]

## 6.4. Konvektory

Konvektor je otopné těleso, které sdílí teplo do vytápěného prostoru převážně prouděním. Obvykle se skládá z výměníku tepla a skříně. V horní části skříně je umístěna mřížka, která zajišťuje proudění tepla do místnosti. Konvektory se dělí podle umístění:

- Skříňové – Jsou dodávány jako celek. Část jejich skříně může tvořit stavební konstrukci nebo zařízení interiéru.
- Soklové – Ve vytápěné místnosti jsou umístěny v nízké skříni u podlahy. Mohou se osazovat po celé délce nízkého parapetu, pak se jim říká podparapetní.
- Zapuštěné – Jejich skříně jsou součástí stavby, převážně podlahy. V tomto případě je vana konvektoru uložena do podlahy pod oknem a říká se jim podlahové. Mohou ale být i stropní. [8]

Dále se mohou konvektory dělit na:

- Konvektory s přirozenou konvekcí – Proudění vzduchu je způsobeno přirozeným vztlakem teplého vzduchu.
- Konvektory s optimalizovanou konvekcí – Proudění vzduchu je zajištěno ventilátorem.
- Konvektory s optimalizovanou konvekcí pro vytápění i chlazení – Proudění vzduchu je zajištěno ventilátorem. Je možnost přepnutí mezi vytápěním a chlazením.

Konvektory jsou zejména vhodné pro místnosti, kde se nachází francouzská okna nebo u okna s nízkým parapetem. Speciální typy se mohou umisťovat i do místností s bazénem. Existují různé druhy a velikosti konvektorů. Podlahové konvektory vytváří před prosklenou plochou jemnou tepelnou clonu. Výměník se ve vaně konvektoru doporučuje umisťovat na stranu, která je dál od okna, pro lepšího docílení tepelné clony a tím i tepelné pohody uživatelů. Podlahový konvektor existuje i v elektrickém přímotopném provedení.



Obr. 19 – Podlahový konvektor [34]

## 6.5. Lokální topidla

Lokální topidla jsou určena k přímému vytápění místností, kde jsou umístěna. Svým výkonem odpovídá tepelné ztrátě v místnosti a podle druhu paliva se rozdělují na topidla na plynná paliva, na pevná paliva nebo na elektrickou energii. Dnes se využívají zejména v rekreačních budovách, chatách apod.

### 6.5.1. Plynová lokální topidla

Plynová lokální topidla se vyrábí v provedení na zemní plyn nebo LPG. Mají odtaž spalin přes zeď nebo do komína. Některá topidla jsou vybavena ventilátorem pro zvýšení cirkulace vzduchu v místnosti. Lokální topidla se umísťují přímo na ochlazovanou stěnu pod okno, kde je provedeno vyústění do exteriéru. Nejznámějšími značkami výrobců lokálních plynových topidel jsou Beta, Gama, Viadrus. [7]

### 6.5.2. Elektrická lokální topidla

Elektrická lokální topidla se podle provedení dělí na: [7]

- Přímotopné spotřebiče s přirozeným oběhem vzduchu nebo s ventilátorem. Tělesa s ventilátorem se nazývají konvektory a jejich nevýhodou je hlučnost a víření vzduchu.
- Nástěnné přímotopné infrazářiče. Teplo předávají do určitých zón v místnosti a to sáláním.
- Přímotopné koberce, např. pro ohřev nohou.
- Akumulační a hybridní kamna, elektrické krby.

### 6.5.3. Lokální topidla na pevná paliva

Lokální topidla na pevná paliva se vyskytují v podobě krbů a krbových kamen. V poslední době narůstá zájem o tato lokální topidla. Využívají se jako doplňkový zdroj tepla, který zvyšuje estetickou stránku prostoru. Palivem je tvrdé dřevo, dřevěné brikety nebo pelety z pilin a biomasy. Odvod spalin je zajištěn komínem nebo kouřovodem. [7]

## 6.6. Sálavé plochy

Do sálavých ploch se řadí zejména stavební konstrukce se zabudovanými teplovodními trubními rozvody nebo elektrickými topnými kabely. Podle umístění se sálavé vytápění dělí na podlahové, stěnové nebo stropní.

### 6.6.1. Podlahové vytápění

Podlahové vytápění je vhodné pro všechny typy staveb s dobrými tepelně technickými vlastnostmi, velkou volnou plochou podlah a vhodnou krytinou podlahy. Použitím podlahového vytápění se minimalizuje cirkulace vzduchu a tím i víření prachu. Nevýhodou tohoto vytápění je obtížnější regulace a delší tepelná setrvačnost. Podlahové vytápění se dá kombinovat s použitím otopných těles, kde je lepší provést oddělené rozvody pro podlahové vytápění a pro otopná tělesa. Mezi nejčastěji používané materiály podlahových rozvodů patří síťovaný polyetylen. Nejvhodnější zdroj tepla pro podlahové vytápění je nízkoteplotní – kondenzační kotel, tepelné čerpadlo, solární panely. [7]



Obr. 20 – Ukázka podlahového vytápění [35]

### 6.6.2. Stěnové vytápění

Teplovodní stěnové vytápění má obdobné přednosti jako podlahové vytápění. Topným médiem je zde voda, jejíž maximální teplota musí zohlednit přípustné provozní teploty omítek, jelikož jednotlivé rozvody stěnového vytápění jsou vedeny pod omítkou. Aplikuje se především na ochlazované stěny a na stěny, které jsou v kontaktu se zeminou. Stěnovému vytápění se musí přizpůsobit vybavení v místnosti, topná plocha musí zůstat nezastavěná. Stejně jako podlahové vytápění se dá stěnové vytápění kombinovat s otopnými tělesy nebo může sloužit jako samostatné vytápění objektu. [7]

## 7. ZDROJE TEPLA

Nejčastějším zdrojem tepla v rodinných a bytových domech je kotel. Zásobuje otopnou soustavu tepelnou energií a současně může sloužit k ohřevu teplé vody pro hygienické účely, vzduchotechniku, aj. Při návrhu umístění zdroje tepla se musí respektovat normy a předpisy, které určují bezpečnost provozu zdroje tepla, jeho vliv na vnější okolí a vnitřní prostředí, při dodržení hygienických požadavků. Nejprve před rozdělením zdrojů do jednotlivých kategorií, je nutné rozdělit zdroje tepla podle velikosti tepelného výkonu:

- Malé zdroje tepla, které zásobují teplem jednu bytovou jednotku, kancelář, aj. Mají tepelný výkon do 50-70 kW.
- Střední zdroje tepla – Jedná se o domovní nebo okrskové kotelny, které zásobují teplem celý objekt nebo skupinu objektů. Mají tepelný výkon mezi 500-3000 kW.
- Velké zdroje tepla, kde se vyrábí tepelná energie pro velké územní celky – nazývají se výtopny a teplárny s tepelným výkonem nad 3500 kW.

Malé zdroje tepla jsou umísťovány do bytových prostor, kde je zaručeno potřebné větrání a dobrý přístup. Kotle jsou konstruovány jako stacionární (umístěné na podlaže) nebo nástěnné (osazované na stěnu). Střední zdroje se umísťují převážně do nejnižšího podlaží, v případě kotle na plynové palivo je možné ho umístit do nejvyššího podlaží při splnění hygienických a provozních požadavků. Okrskové zdroje tepla se navrhuje jako středotlaké horkovodní nebo parní a jejich provoz je řízen automaticky. [8]

Zjednodušeně se kotle dále dělí podle:

- Druhu paliva – kotle na plynová paliva, kotle na kapalná paliva, kotle na pevná paliva, elektrokotle
- Teplonosné látky – vodní, parní
- Použitého materiálu – ocelové, litinové článkové, jiné
- Způsobu odtahu spalin – do komína nebo kouřovodu, na venkovní fasádu nebo nad střechu
- Možného způsobu provozu – klasické, nízkoteplotní, kondenzační
- Počtu výkonových stupňů hořáku – jednostupňové, dvoustupňové, spojitě

### 7.1. Rozdělení podle druhu paliva

Paliva jsou přírodní nebo umělé látky, které se po zahřátí na zápalnou teplotu při dostatečném přívodu vzduchu spalují. Nejčastěji se paliva rozděluje podle skupenství na plyná, kapalná a tuhá.

#### 7.1.1. Kotle na tuhá paliva

Mezi tuhá paliva patří např. dřevo, pelety, antracit, rašelina, koks, brikety. Nejčastěji se však používá černé a hnědé uhlí. Kotle na tuhá paliva jsou kotle, které patří do kategorie malých a středních kotlů. Umísťují se do samostatné místnosti – kotelny. Kotelny pro kotle na tuhá paliva musí být větrané, a to buď přirozeně nebo nuceně. Je doporučeno zajistit pětinasobnou výměnu vzduchu v kotelně. Kotle na tuhá paliva jsou vždy stacionární. Mohou být zdrojem tepla pro soustavy s přirozeným i nuceným oběhem vody. Teplota vratné vody by u těchto kotlů neměla přesáhnout 65°C. Kotel na tuhá paliva je vhodné kombinovat s akumulacním zásobníkem pro otopnou vodu. V případě využití kotle i pro ohřev teplé vody se kombinuje se zásobníkovým nepřímotopným ohřívacem, kde mimo sezónu zajišťuje ohřev teplé vody elektrická topná vložka v ohříváči. Zdroje tepla na tuhá paliva potřebují chráněný prostor, před vnějším prostředím, pro uskladnění paliva. [7]



### 7.1.2. Kotle na plynná paliva

Hlavním nejdůležitějším plynným palivem je zemní plyn. Plynové kotle se dělí podle výkonu na:

- Místnost se spotřebičem do výkonu 50 kW nebo s více spotřebiči, každý s výkonem nižším než 50 kW a celkovým instalovaným výkonem 100 kW
- Kotelna III. kategorie s instalovaným výkonem 50 až 500 kW
- Kotelna II. kategorie s instalovaným výkonem 500 až 3500 kW
- Kotelna I. kategorie s instalovaným výkonem nad 3500 kW

U rodinných domů a menších provozních objektů s ústředním vytápěním, nebo u bytových jednotek s etážovým vytápěním, lze zdroj tepla klasifikovat jako místnost s plynovým spotřebičem. V těchto případech výkon kotle nepřesahuje 50 kW. Z hlediska přívodu vzduchu a způsobu odvodu spalin se tyto plynové spotřebiče dělí na spotřebiče v provedení B a C. Stacionární plynové kotle v provedení B a C se vyrábí jako klasické, kondenzační a nízkoteplotní. Nástěnné plynové kotle v provedení B a C se vyrábí jako kondenzační a nízkoteplotní. [7]

**Spotřebiče v provedení B** (kotle s otevřenou spalovací komorou) odebírají vzduch pro spalování z místnosti, ve které jsou umístěny, a spaliny jsou odváděny do venkovního prostoru komínem nebo kouřovodem. Mohou to být spotřebiče s atmosférickými hořáky a přerušovačem tahu spalin, nebo spotřebiče bez přerušovače tahu s ventilátorem spalovacího vzduchu. Kotle typu B lze umístit do větratelných nebo alespoň nepřímo větratelných místností (je umožněno větrání přes sousední větratelnou místnost).

**Spotřebiče v provedení C** jsou uzavřené, vzduch pro spalování přisávají z venkovního prostoru, kam i odvádějí spaliny. Nejsou na ně kladeny z hlediska přívodu vzduchu, objemu prostoru či větrání žádné zvláštní požadavky. Je potřeba jen respektovat maximální délku systému odvodu spalin a přívodu vzduchu. Odvod spalin a přívod vzduchu se dělí na sousý a dělený.

**Kondenzační plynové kotle** využívají tzv. kondenzačního tepla. Tyto kotle se vyrábí buď s atmosférickým hořákem nebo s přetlakovým hořákem. Je nutné zajistit trvalý odvod kondenzátu do kanalizace. Kondenzační kotel je v našem zeměpisných podmínkách vhodné využít pro soustavy o maximálním teplotním spádu 80/60. [7]

### 7.1.3. Elektrokotle

Vytápění elektrickou energií je čisté, bezpečné, ekologicky nezávadné, automaticky regulovatelné, s vysokou účinností, bez nutnosti komínu a náročné obsluhy. Pro provoz kotle je potřeba schválení příslušným elektrorozvodným závodem, v závislosti na kapacitě rozvodné sítě v dané lokalitě. Pro provoz elektrokotle je potřeba oběhového čerpadla. U některých typů je ve výbavě pojistný ventil a zabudovaná tlaková expanzní nádoba. Elektrokotle je vhodné navrhovat pro objekt s co nejnižšími tepelnými ztrátami.

## 7.2. Tepelná čerpadla

Tepelné čerpadlo převádí přírodní, tzv. nízkopotenciální teplo na teplo vhodné pro vytápění, predehřev či ohřev teplé vody, nebo větrání rodinného domu. Nízkopotenciální teplo je obnovitelným zdrojem energie, je obsaženo v zemi, podzemní či povrchové vodě, nebo okolním vzduchu. Hnacím prvkem tepelného čerpadla je kompresor poháněný elektromotorem. V prvním výměníku (výparníku) odvádí zařízení teplo z nízkopotenciálního prostředí a ochlazuje ho. Pomocí hnací energie předává teplo v druhém výměníku (kondenzátoru) do prostředí s vyšší teplotou, např. do topné vody. Topný výkon tepelného

čerpadla je dán součtem nízkopotenciální (60-70 %) a hnací elektrické energie (30-40 %). Poměr topného výkonu a elektrického příkonu je tzv. topný faktor. Tepelná čerpadla se dělí podle zdroje nízkopotenciálního tepla a druhu topného média na „země-voda“, „voda-voda“, „vzduch-voda“ a „vzduch-vzduch“.

**Tepelné čerpadlo „země-voda“** využívá teplo obsažené v půdě vlivem slunečního záření a geotermální teplo. Pod povrchem země je umístěná soustava trubek, co se nazývá kolektor. Teplo se odebírá uzavřenou soustavou mezi výparníkem a kolektorem. Okruhem nuceně obíhá voda s nemrznoucí směsí, která se v zemi ohřeje a na výparníku ochladí. Kolektor je možné provést jako horizontální nebo vertikální, podle toho se odvíjí hloubka uložení kolektoru.

U **tepelného čerpadla „voda-voda“** se teplo odebírá podzemní nebo povrchové vodě. Je nutné mít do 15 metrů od tepelného čerpadla vodu vhodného složení, potřebné čistoty a dostatečné vydatnosti vodního zdroje. Nejčastěji se využívá podzemní (studniční) voda. V České republice se vyskytuje jen výjimečně.

U **tepelného čerpadla „vzduch-vzduch“** je zdrojem nízkopotenciálního tepla okolní vzduch. Moderní typy využívají spirálových kompresorů a ekologicky nezávadných nízkoteplotních chladiv. Venkovní vzduch je neomezený a nejsnáze přístupným zdrojem nízkopotenciálního tepla. Dopravu vzduchu přes výparník zde zajišťuje ventilátor. Je nutné zajistit odvod kondenzátu. Tato tepelná čerpadla se dělí podle provedení a umístění na vnější, vnitřní a dělená.

**Tepelné čerpadlo „vzduch-vzduch“** se využívá pro větrání rodinných domů, menších prostorů či společenských prostor. Přirozená infiltrace vzduchu se nahradí nuceným větráním. Odvod a přívod vzduchu je zajištěn ventilátory. V místě křížení přívodního a odvodního potrubí je umístěn rekuperátor, kde se předehřívá přiváděný vzduch. V případě poklesu teploty přiváděného vzduchu začne fungovat tepelné čerpadlo, které dohřívá čerstvý vzduch.

Možnosti vytápění s tepelným čerpadlem:

- Monovalentní provoz – Jediným zdrojem tepla je tepelné čerpadlo. Teplota topné vody musí být maximálně 60 °C.
- Monoenergetický provoz – Tepelné čerpadlo pracuje do určité venkovní teploty, kdy výkon tepelného čerpadla už nestačí a sepne se přídavný elektrický ohřev.
- Alternativně bivalentní provoz – Tepelné čerpadlo pokrývá potřebu tepla do určité, předem stanovené venkovní teploty. Pokud teplota poklesne pod tuto stanovenou hodnotu, vypne se tepelné čerpadlo a produkci tepla přebere druhý zdroj tepla.
- Paralelně bivalentní provoz – Provoz je podobný jako alternativně bivalentní s tím rozdílem, že podíl tepelného čerpadla na celoroční produkci tepla je vyšší.
- Částečně paralelně bivalentní provoz – Stejně jako alternativně bivalentní provoz s tím rozdílem, že s dalším tepelným zdrojem fungují paralelně (souběžně).

Omezením tepelného čerpadla je to, že je schopné ohřívat teplou vodu jen na 50-55 °C, proto je pro tepelné čerpadlo nejvhodnější nízkoteplotní otopná soustava. [7]

### 7.3. Návrh plynové kotelny

Nezbytnou součástí návrhu otopné soustavy jsou výpočty spojené s plynovou kotelnou. Do těchto výpočtů se řadí návrh zdroje tepla, zásobníku teplé vody a větrání kotelny. Při navrhování kotelny je potřeba udělat i návrh komínu. Návrh se odvíjí od způsobu

připravování teplé vody. V mé projektové části jsem navrhla plynový kondenzační kotel se zásobníkovým ohříváčem teplé vody, proto zde popíši tuto variantu.

### Výpočet pro přípravu teplé vody (zásobníkový ohřev):

- Potřeba teplé vody za časovou periodu  $V_{2p}$ :

$$V_{2p} = 0,082 \text{ m}^3/\text{osobu.den} = 82 \text{ l/osobu.den} \quad \text{pro bytové domy dle ČSN 06 0320}$$

- Potřeba tepla odebraného z ohříváče  $E_{2p}$  [Wh/den]:

$$E_{2p} = E_{2t} + E_{2z}$$

Kde:

$E_{2t}$  je teoretické teplo pro ohřátí množství vody  $V_{2p}$  [Wh/den]

$E_{2z}$  je teplo ztracené při ohřevu a dopravě teplé vody [Wh/den]

- Teoretické teplo  $E_{2t}$  pro ohřátí množství vody  $V_{2p}$  [Wh/den]:

$$E_{2t} = V_{2p} \times \rho \times c \times (t_2 - t_1)$$

Kde:

$V_{2p}$  je potřeba teplé vody za časovou periodu [ $\text{m}^3/\text{den}$ ]

$\rho$  je hustota vody [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]  $\rho = 1000 \text{ kg}/\text{m}^3$

$c$  je měrná tepelná kapacita vody [Wh/kgK]  $c = 1,163 \text{ Wh}/\text{kgK}$

$t_1$  je teplota studené vody [ $^\circ\text{C}$ ]  $t_1 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$

$t_2$  je teplota teplé vody [ $^\circ\text{C}$ ]  $t_2 = 55 \text{ }^\circ\text{C}$

- Teplo ztracené při ohřevu a dopravě teplé vody  $E_{2z}$  [Wh/den]:

$$E_{2z} = E_{2t} \times z$$

Kde:

$E_{2t}$  je teoretické teplo pro ohřátí množství vody  $V_{2p}$  [Wh/den]

$z$  je ztráta tepla při ohřevu [-]  $z = 0,5$  pro objektový ohřev vody

- Velikost zásobníku  $V_z$  [ $\text{m}^3$ ]:

$$V_z = \frac{\Delta E_{max}}{\rho \times c \times (t_2 - t_1)}$$

Kde:

$\Delta E_{max}$  je hodnota vyčtená z grafu pro největší zátěž [Wh]

$\rho$  je hustota vody [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]  $\rho = 1000 \text{ kg}/\text{m}^3$

$c$  je měrná tepelná kapacita vody [Wh/kgK]  $c = 1,163 \text{ Wh}/\text{kgK}$

$t_1$  je teplota studené vody [ $^\circ\text{C}$ ]  $t_1 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$

$t_2$  je teplota teplé vody [ $^\circ\text{C}$ ]  $t_2 = 55 \text{ }^\circ\text{C}$

**Sestrojení grafu**

 1. Křivka pro  $E_{2t}$ 

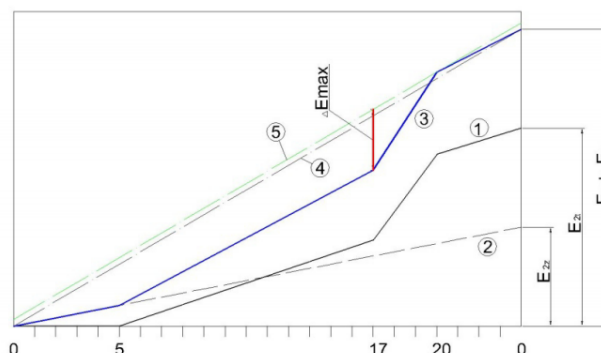
0.00 – 5.00	0 % $E_{2t}$
5.00 – 17.00	35 % $E_{2t}$
17.00 – 20.00	50 % $E_{2t}$
20.00 – 0.00	15 % $E_{2t}$

 2. Křivka  $E_{2z}$ 

 3. Součet  $E_{2t} + E_{2z}$ 

## 4. Spojnice 0 a maximum křivky 3

## 5. Rovnoběžka s křivkou 4 v místě maxima křivky 3


 Obr. 21 – Sestrojení grafu pro odečet hodnoty  $\Delta E_{max}$  [36]

**Výpočet výkonu a počtu kotlů pro ohřev teplé vody a vytápění:**

$$Q_{PRIP,1} = (0,7 \times Q_{VYT,h}) + (0,7 \times Q_{VET,h}) + Q_{TV,h} \quad [W]$$

$$Q_{PRIP,2} = Q_{VYT,h} + Q_{VET,h} \quad [W]$$

$$Q_{PRIP} = \max(Q_{PRIP,1}; Q_{PRIP,2}) \quad [W]$$

- Hodinový výkon potřebný na vytápění  $Q_{VYT,h}$  [W]:

$$Q_{VYT,h} = Q_c$$

Kde:

$Q_c$  je celková tepelná ztráta objektu [W]

- Hodinový výkon potřebný pro přípravu teplé vody  $Q_{TV,h}$  [W]:

$$Q_{TV,h} = \frac{E_{2p}}{24}$$

Kde:

$E_{2p}$  je potřeba tepla odebraného z ohříváče [Wh]

- Hodinový výkon potřebný pro úpravu vzduchu – Výpočet závisí na parametrech vnitřního vzduchu a je k němu potřeba HX diagram. V projektové části nemám centrální vzduchotechnickou jednotku.
- Návrh kotle pro  $Q_{PRIP}$  [W].

**Větrání kotelny:**

- Přívod vzduchu pro spalování  $V_s$  [m<sup>3</sup>/h]:

$$V_s = B_H \times V_{SI}$$

Kde:

$B_H$  je hodinová spotřeba paliva [m<sup>3</sup>/h] patrná z technických listů navrženého kotle

$V_{SI}$  je skutečné množství vzduchu pro spalování [m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>]  $V_{SI} = 10,3 \text{ m}^3/\text{m}^3$

- Minimální množství vzduchu  $V_i$  [m<sup>3</sup>/h] pro odvod škodlivin:

$$V_i = i \times O$$

Kde:

$i$  je doporučená intenzita větrání kotelny [1/h]  $i = 0,5 \text{ /h}$

$O$  je vnitřní objem větraného prostoru kotelny [m<sup>3</sup>]

- Množství vzduchu na odvod tepelných zisků  $V_z$  [ $\text{m}^3/\text{h}$ ] – Výpočet se provádí pro letní i zimní období:

$$V_z = 0,0025 \times \frac{Q_K}{\rho \times c \times \Delta t}$$

Kde:

$Q_K$  je výkon kotle (kotlů) [W] pro zimu  $Q_K = Q_{PRIP}$ , pro léto  $Q_K = Q_{TV,h}$

0,0025 je kotlová ztráta

$\rho$  je hustota vzduchu [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]  $\rho = 1,2 \text{ kg}/\text{m}^3$

$c$  je měrná tepelná kapacita vzduchu [ $\text{Wh}/\text{kgK}$ ]  $c = 0,28 \text{ Wh}/\text{kgK}$

$\Delta t$  je rozdíl teplot vzduchu [ $^\circ\text{C}$ ] pro zimu  $\Delta t = (t_i - t_e) = (5 - (-15)) \text{ }^\circ\text{C} = 20 \text{ K}$ , pro léto

$\Delta t = (t_i - t_e) = (35 - 30) = 5 \text{ K}$

- Maximální množství větracího vzduchu  $V_{max}$  [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]:

$$V_{max} = \max(V_S; V_i; V_{z,zima}; V_{z,léto})$$

- Velikost přívodního otvoru pro větrání kotelny  $S$  [ $\text{m}^2$ ]

$$S = \frac{V_{max}}{3600 \times v}$$

Kde:

$V_{max}$  je maximální množství větracího vzduchu  $V_{max}$  [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]

$v$  je rychlost větracího vzduchu [ $\text{m}/\text{s}$ ]  $v = 0,5-1 \text{ m}/\text{s}$

[36]

## 8. OTOPNÁ SOUSTAVA ZADANÉHO BYTOVÉHO DOMU

### 8.1. Zadání

Můj zadaný bytový dům se nachází v Plzni v nadmořské výšce cca 337 m.n.m. BpV mezi ulicemi Stehlíkova, Nemocniční a Kozinova. Půdorysné rozměry objektu jsou 44,35 x 22,92 m. Objekt je rozdělen do pěti nadzemních podlaží a jednoho podzemního podlaží. Bytový dům slouží čistě k bytovému provozu. Celkem se v objektu nachází 64 bytů, na které připadá celkem 138 osob. Byty jsou převážně řešeny jako 2+KK, některé 1+KK a 3+KK a jeden 3+1. Podzemní podlaží slouží jako garáže, technické místnosti (kotelna) a sklepy. Každý byt má k dispozici balkon. Většina oken jsou řešena jako francouzská se vstupem na balkon.

### 8.2. Výpočty

Veškeré výpočty potřebné k návrhu otopné soustavy jsou součástí přílohy projektové části Výpočty a jsou provedeny v tabulkách. Vzorce potřebné k výpočtu tepelných ztrát jsou uvedeny v kapitole 4. Tepelné ztráty. Výpočty součinitele prostupu tepla jsem provedla pomocí interaktivního výpočtu na internetovém portálu tzb-info.cz. [14] Návrh potrubí jsem prováděla pomocí metody optimální rychlosti v potrubí. Mezní hodnoty a postup výpočtu je uveden v kapitole 5.3.7. Dimenzování vodních otopných soustav, společně s výpočtem pro návrh oběhového čerpadla. Oběhové čerpadlo jsem navrhla pomocí programu na internetovém portálu grundfos.com. [37] Výstupy tohoto návrhu jsou v příloze Výpočty. Návrh expanzní nádoby, tepelnou bilanci a návrh izolace potrubí jsem provedla též pomocí interaktivního výpočtu na internetovém portálu tzb-info.cz. [38] [29] [28] Návrh kotle a k tomu potřebné výpočty jsou provedeny v příloze Výpočty.

### 8.3. Varianty řešení otopného systému a zdroje

Variant řešení zadaného bytového domu je mnoho. Nabízí se teplovzdušné vytápění centrální, teplovzdušné vytápění decentrální, teplovodní vytápění, jejich kombinace, konvektory, desková otopná tělesa, sálavé plochy, plynový kondenzační kotel, tepelná čerpadla, a jiné. Některé varianty popíši podrobněji v dalších podkapitolách.

#### 8.3.1. Konvektory s přirozeným větráním

Základní a vypracovanou variantou jsou podlahové konvektory s optimalizovanou konvekcí v kombinaci s deskovými otopnými tělesy v místnostech bez francouzského okna a trubkovými otopnými tělesy v koupelnách. Konvektory jsou umístěny pod každým francouzským oknem. Soustava je řešena jako dvoutrubková protiproudá s dolním ležatým rozvodem a nuceným oběhem vody. Přípojky jsou řešeny jako bytové, kde je u stoupacího potrubí umístěn kalorimetr, pro měření spotřeby tepla v jednotlivých bytech. V podzemním podlaží je ležatý rozvod rozdělen na severní a jižní větev, pro výhodnější regulaci. Potrubí je navrženo jako měděné. Teplotní spád je pro optimální návrh otopných těles volen 65/50. Kotel je navržen plynový kondenzační. Více viz. Technická zpráva v projektové části.

Podle mého názoru jsou konvektory z hlediska vytápění s francouzskými okny nevhodnějším řešením. Vzduch přiváděný do místnosti se ihned ohřeje a nevzniká ani lokální nepohoda z chladného sálání z prosklené výplně oken. Navíc, většina bytů je navržena tak, že by bylo nevhodnější uspořít co nejvíce místa pro nábytek a ostatní bytové doplňky. I proto jsou konvektory vhodnou variantou.

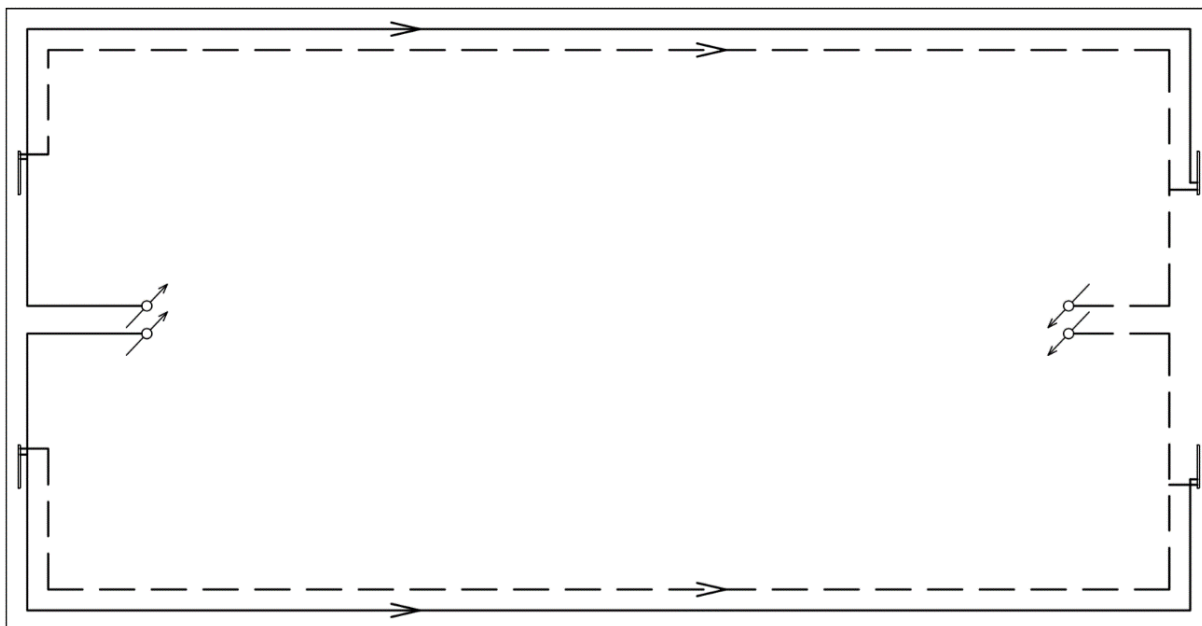
Půdorys typického bytu je na obrázku Obr. 23 na straně 49.

### 8.3.2. Desková otopná tělesa s nuceným větráním

Další vhodnou variantou jsou vertikální otopná tělesa, která jsou umístěná vedle francouzských oken, v kombinaci s trubkovými otopnými tělesy v koupelnách a deskovými otopnými tělesy ve společných chodbách a místnostech s normálním oknem. Větrání by bylo řešeno jako nucené, pomocí centrální vzduchotechnické jednotky, kde by probíhalo zpětné získávání tepla. Soustava by byla řešena jako dvoutrubková souproutá s dolním ležatým rozvodem a nuceným oběhem vody. Přípojky by byly řešeny jako bytové s kalorimetrickým zařízením pro odečet spotřebovaného tepla. Stoupační potrubí by byly pouze 4 na celý objekt, kvůli kruhovému vedení potrubí v každém nadzemním podlaží. Hlavní horizontální potrubí by bylo vedeno pod stropem, kde by v každém bytě bylo udělané stoupační potrubí do podlahy, ze kterého by vedly přípojky k jednotlivým otopným tělesům. Toto bytové stoupační potrubí by bylo opatřeno kalorimetrickým zařízením pro měření spotřeby tepla. Kotel by byl plynový kondenzační.

Díky zpětnému získávání tepla, kde by byla účinnost rekuperátoru například 80 %, by se rapidně snížily tepelné ztráty větráním v místnosti, které bývají zásadnější než ztráty prostupem tepla. Zbytek tepelných ztrát větráním a tepelné ztráty prostupem by pokrývala otopná tělesa. Z hlediska lokální nepohody, z chladného sálání okenní výplně a umístění otopného tělesa, není tato varianta vhodná tak, jako ta předchozí s konvektory. Mohla by být narušena tepelná pohoda člověka a mohl by pociťovat zimu, i přes vyrovnání tepelných ztrát tepelným výkonem.

Půdorys typického bytu je na obrázku Obr. 24 na straně 50.



Obr. 22 – Zobrazení vedení horizontálního potrubí v jednotlivých podlažích

Tato varianta s vertikálními otopnými tělesy by šla provést i jako dvoutrubková protiproudá otopná soustava s nuceným oběhem vody a dolním ležatým rozvodem. Přípojky k jednotlivým otopným tělesům by byly bytové se samostatným měřicím zařízením pro spotřebu tepla.

S nuceným větráním jsou vhodnou kombinací i teplovodní sálavé plochy, v podobě podlahového nebo stěnového vytápění, nebo elektrické sálavé panely umístěné například

na stropě. Tyto elektrické sálavé panely by se daly využít i v koupelně místo trubkového otopného tělesa, jelikož tam není potřeba vytápět po celé dny.

### 8.3.3. Centrální / Decentrální teplovzdušné vytápění

Další variantou by bylo samotné teplovzdušné vytápění se vzduchotechnickou jednotkou v každém bytě, která by byla umístěna v koupelně pod stropem. Teplovzdušné vytápění by tedy pokrývalo celkové tepelné ztráty prostupem tepla i větráním. V každé vzduchotechnické jednotce by bylo zajištěno zpětné získávání tepla pro úsporu peněz na samotné vytápění. Do jednotlivých bytů by byl veden rozvod čerstvého vzduchu vzduchotechnickým potrubím a rozvody s otopnou vodou, která by dohřívala vzduch na požadovanou teplotu. Ze vzduchotechnické jednotky by pak byly vedeny rozvody do jednotlivých vytápěných místností bytu. Distribučním zařízením by byly mřížky umístěné v podhledu nad okny s možnou regulací proudícího vzduchu. Pro odvod vzduchu by sloužila digestoř a talířový ventil v koupelně. Odvodné potrubí by pak vedlo zpět do vzduchotechnické jednotky a společným potrubím nad střechu. Otopná voda by se připravovala centrálně v kotli, který by byl umístěn v podzemním podlaží v kotelně.

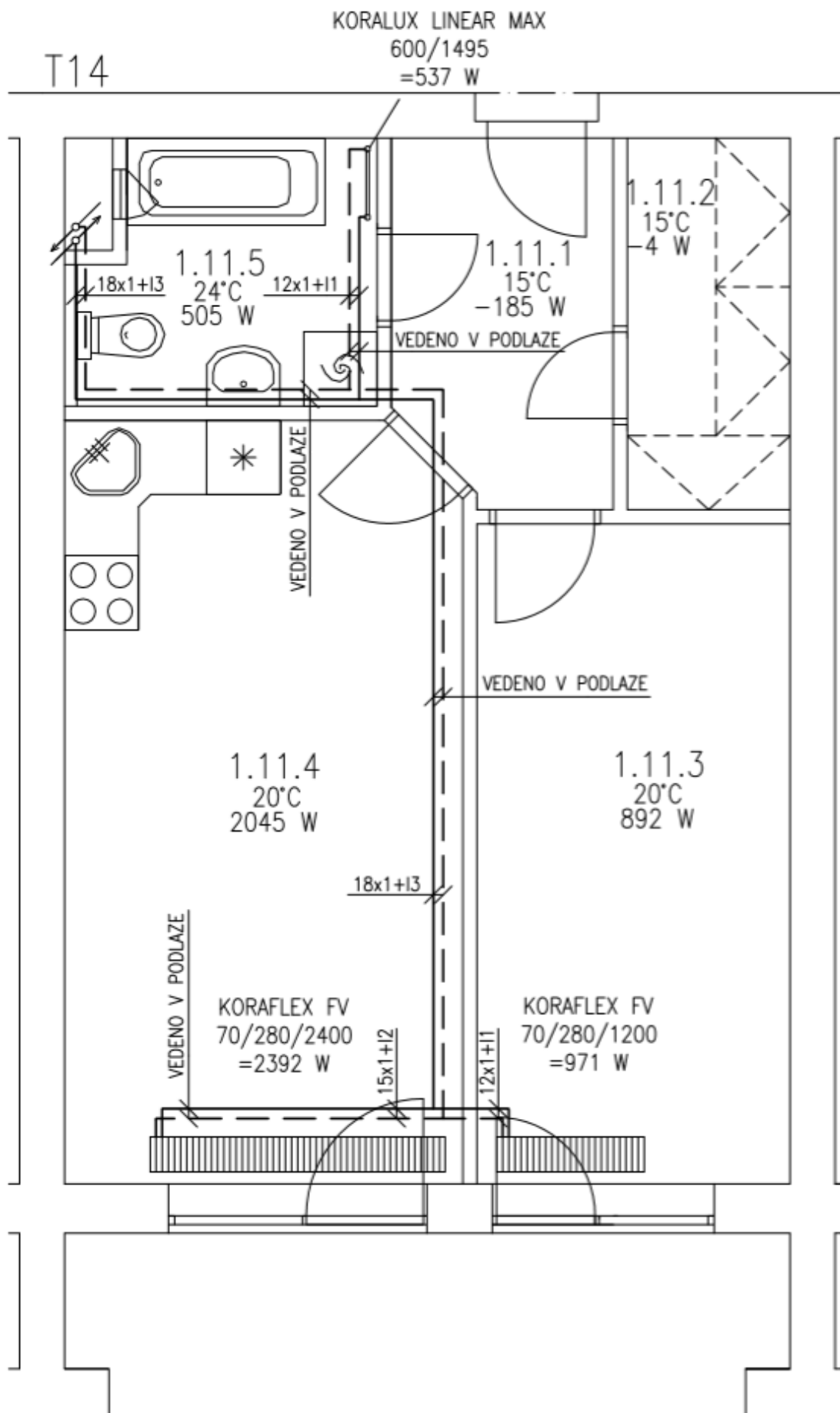
Při centrálním teplovzdušném vytápění by byla vzduchotechnická jednotka umístěna v podzemním podlaží v technické místnosti VZT. Kotel pro ohřev otopné vody, která by vedla do vzduchotechnické jednotky, by byl umístěn v kotelně vedle místnosti pro VZT. Rozvody vzduchu by vedly stoupacím potrubím, a v každém podlaží do okruhu, obdobně jako na obr. 21 na straně 43. Horizontální potrubí v každém podlaží by bylo vedeno v podhledu. V každé obytné místnosti by byl veden vývod pro distribuční prvek se samostatnou regulací. Distribučními prvky by byly liniové výustky, nebo mřížky. Odvodné potrubí by bylo vedeno v podhledu každého podlaží ve společné chodbě a jedním stoupacím potrubím vedeno do podzemního podlaží, kde by končilo ve vzduchotechnické jednotce. Jednotlivě by se na něj napojovalo potrubí z bytů (digestoří a talířových ventilů v koupelně). Ve vzduchotechnice by bylo prováděno zpětné získávání tepla, ohřívání, chlazení, vlhčení atd.

Při teplovzdušném vytápění je možné nahradit plynový kotel tepelnými čerpadly.

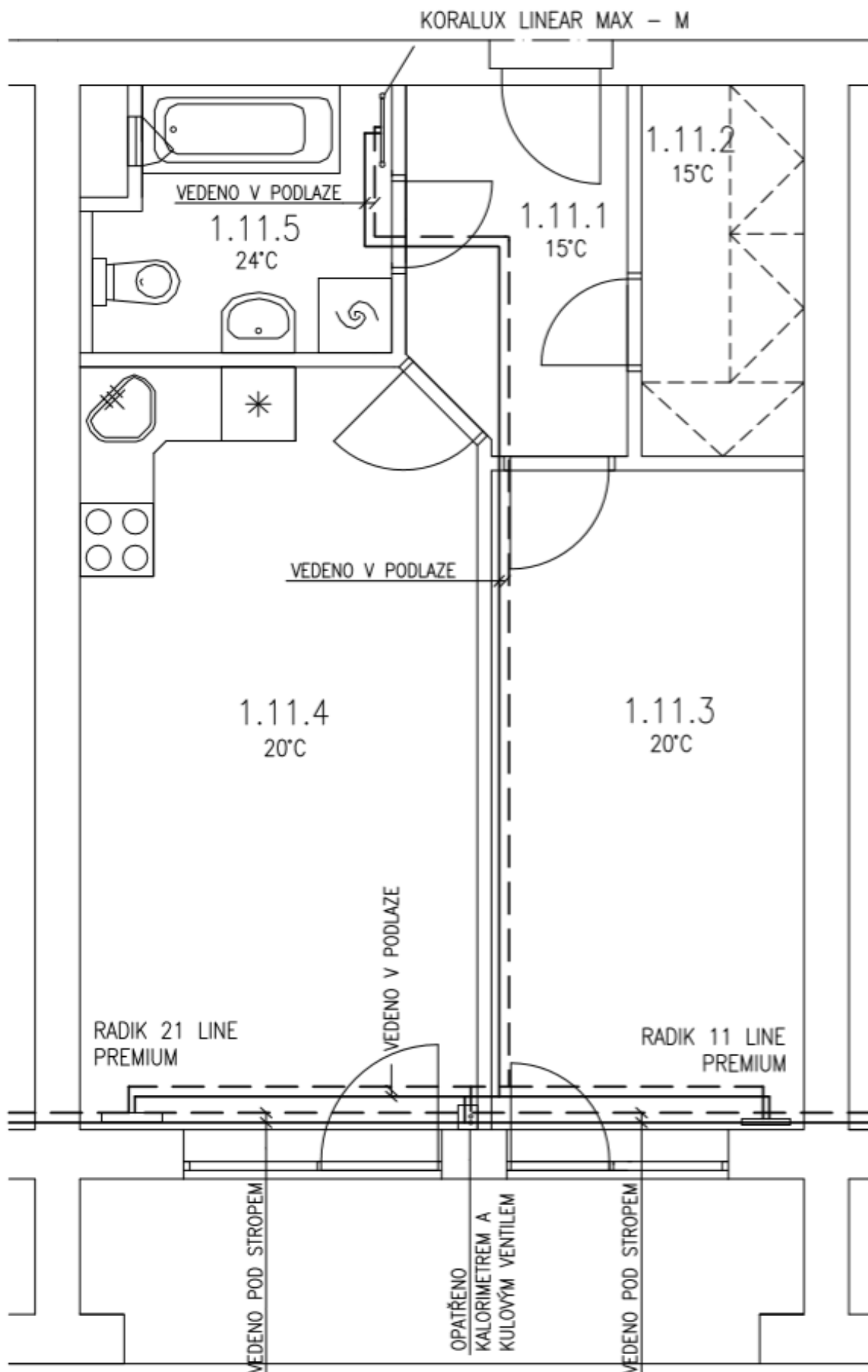
Schéma půdorysu typického bytu s centrálním teplovzdušným vytápěním je na obrázku Obr. 25 na straně 51.

Tato varianta by nebyla tak vhodná z hlediska velikosti a počtu bytových jednotek a možného hluku ze vzduchotechnické jednotky, která by byla umístěna v koupelně. Zároveň samotná tepelná regulace vzduchu by nebyla možná bez přivádění vzduchu, které by mohlo způsobovat lokální tepelnou nepohodu vlivem vysoké rychlosti vzduchu. Nevýhodou by mohlo být i chybějící sálání z otopných těles. Dále by byla možná tepelná nepohoda vlivem sálání chladného vzduchu z okenní výplně, které by záviselo na rozmístění distribučních prvků v místnosti. Výhodou je opět zpětné získávání tepla a zajištění přívodu čerstvého vzduchu bez nutnosti otevírání oken, které by mohlo způsobit průvan či chlad v zimním období. Další výhodou je to, že by se díky vzduchotechnickému zařízení dalo v letním období i chladiť. Vzduchotechnické potrubí a filtry je potřeba pravidelně vyměňovat a čistit, což se dá považovat za nevýhodu. Další nevýhodou je velikost vzduchotechnického potrubí v porovnání s rozvody otopné vody.

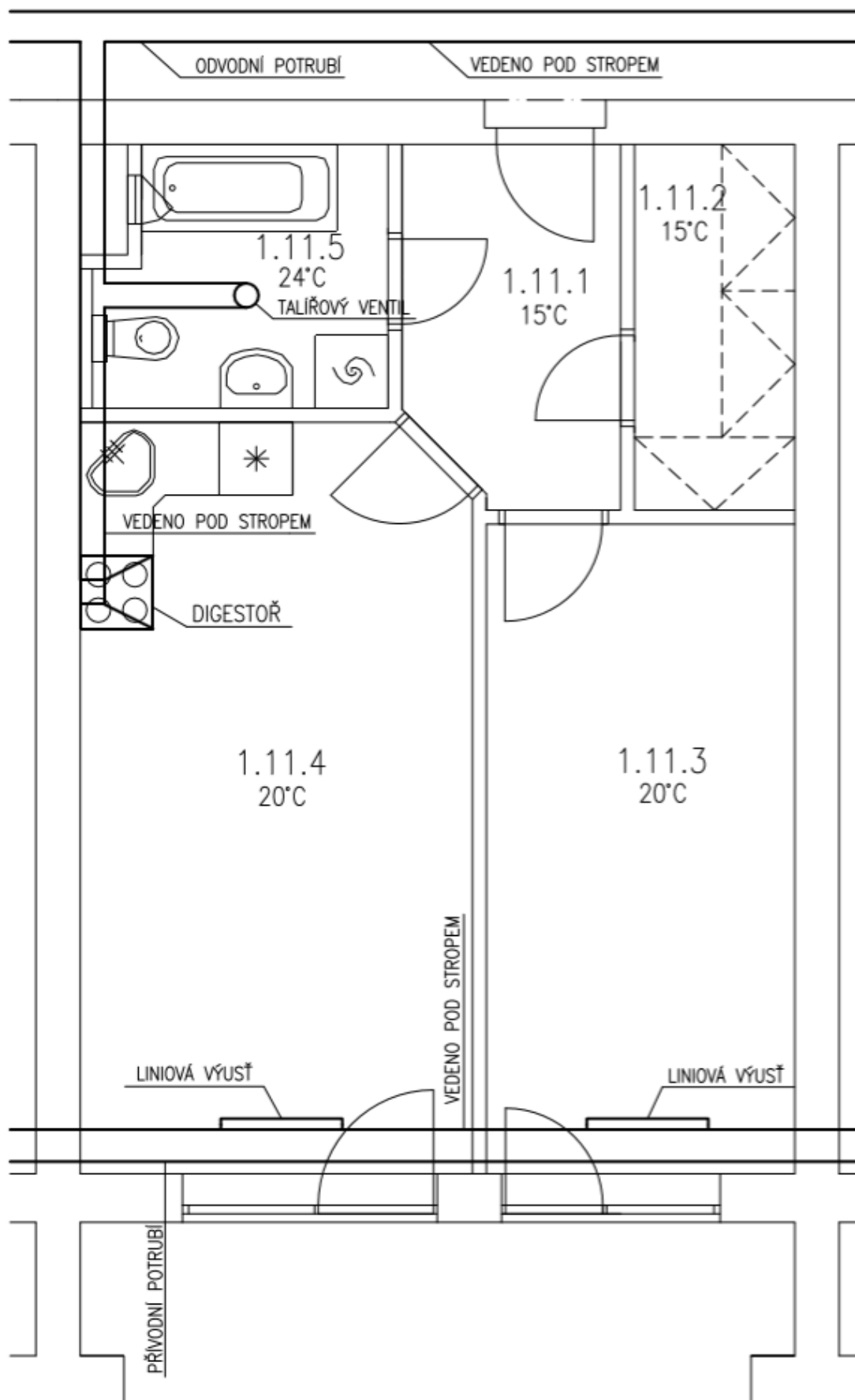




Obr. 23 – Typický byt s variantou s konvektory a přirozeným větráním



Obr. 24 – Typický byt s variantou s deskovými otopnými tělesy a nuceným větráním



Obr. 25 – Schéma typického bytu s vedením vzduchotechnického potrubí při centrálním teplovzdušném vytápění

## 9. ZÁVĚR

Cílem této práce bylo seznámit čtenáře s informacemi ohledně vnitřního mikroklimatu, tepelně technických požadavků vč. jejich výpočtu, výpočtu tepelných ztrát a otopných systémů včetně jejich návrhu. Čtenář by měl být po přečtení této práce schopný navrhnout vhodnou otopnou soustavu bytového nebo rodinného domu. V celé textové části se objevují odkazy na přílohu projektové části Výpočty, čímž jsem chtěla propojit textovou a projektovou část bakalářské práce.

Cílem projektové části byl optimální návrh otopné soustavy a zdroje pro zadaný bytový dům. V této textové části se čtenář dozvěděl o variantách návrhu otopného systému a jejich zhodnocení. Neoptimálnější varianta návrhu je vypracována včetně všech výpočtů a výkresů v projektové části bakalářské práce.

Jako neoptimálnější variantu otopného systému zadaného bytového domu jsem zvolila konvektory s optimalizovanou konvekcí a přirozeným větráním. Jelikož jsou v bytovém domě navržena francouzská okna a vzhledem k velikosti a rozvržení bytových jednotek, je podle mého názoru návrh podlahových konvektorů nejvhodnější. Mimo podlahové konvektory jsem navrhla trubková otopná tělesa v koupelnách a desková otopná tělesa v místnostech bez francouzského okna a společných chodbách. Jako zdroj tepla jsem zvolila plynový kondenzační kotel.

## Seznam tabulek

- Tab. 1 – str. 14 – Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla  $U_{N,20}$  [10]
- Tab. 2 – str. 15 – Tepelné odpory při přestupu tepla [12]
- Tab. 3 – str. 16 – Vnitřní výpočtové teploty pro obytné budovy dle ČSN EN 12831 [15]
- Tab. 4 – str. 16 – Venkovní výpočtové teploty a otopná období dle lokalit [16]
- Tab. 5 – str. 17 – Teplota v sousedních nevytápěných místnostech dle ČSN 06 0210 [17]
- Tab. 6 – str. 17 – Teplota přilehlé vrstvy zeminy dle ČSN 06 0210 [18]
- Tab. 7 – str. 18 – Požadavky na větrání obytných budov [19]
- Tab. 8 – str. 19 – Příklad výpočtu tepelné ztráty prostupem tepla místnosti v projektové části mé bakalářské práce
- Tab. 9 – str. 21 – Příklad výpočtu tepelných ztrát větráním v projektové části mé bakalářské práce
- Tab. 10 – str. 21 – Příklad návrhu otopných ploch v projektové části mé bakalářské práce
- Tab. 11 – str. 22 – Fyzikální vlastnosti vody a vzduchu [20]
- Tab. 12 – str. 32 – Součinitel zvětšení objemu  $n$  [27]
- Tab. 13 – str. 33 – Optimální rychlosti v potrubí [30]
- Tab. 14 – str. 33 – Příklad návrhu profilů potrubí v projektové části mé bakalářské práce

## Seznam obrázků

- Obr. 1 – str. 23 – Princip teplovzdušného vytápění – tepelný výkon ohřivače ve vzduchotechnickém zařízení [21]
- Obr. 2 – str. 23 – Vzduchotechnická jednotka [22]
- Obr. 3 – str. 24 – Centrální systém teplovzdušného vytápění [23]
- Obr. 4 – str. 24 – Decentrální systém teplovzdušného vytápění [24]
- Obr. 5 – str. 25 – Lokální teplovzdušná jednotka Atlas. [25]
- Obr. 6 – str. 25 – Schéma vodní otopné soustavy [8]
- Obr. 7 – str. 26 – Návrhové parametry vodních otopných soustav [26]
- Obr. 8 – str. 26 – Části potrubí vodní otopné soustavy [8]
- Obr. 9 – str. 27 – Dvoutrubková a jednotrubková otopná soustava [8]
- Obr. 10 – str. 27 – Protiproudé a souprůdné zapojení vodní otopné soustavy [8]
- Obr. 11 – str. 28 – Průtočné zapojení a zapojení s obtokem jednotrubkových otopných soustav [8]
- Obr. 12 – str. 29 – Horizontální otopná soustava ve vícepodlažním domě [8]
- Obr. 13 – str. 29 – Vertikální otopná soustava s dolním umístěním ležatého rozvodu [8]

Obr. 14 – str. 29 – Hvězdicová otopná soustava [8]

Obr. 15 – str. 34 – Příklad návrhu oběhového čerpadla z projektové části mé bakalářské práce

Obr. 16 – str. 36 – Článekové otopné těleso [31]

Obr. 17 – str. 36 – Deskové otopné těleso Radik VKM [32]

Obr. 18 – str. 37 – Trubkové otopné těleso kombinované [33]

Obr. 19 – str. 38 – Podlahový konvektor [34]

Obr. 20 – str. 39 – Ukázka podlahového vytápění [35]

Obr. 21 – str. 44 – Sestrojení grafu pro odečet hodnoty  $\Delta E_{\max}$  [36]

Obr. 22 – str. 47 – Zobrazení vedení horizontálního potrubí v jednotlivých podlažích

Obr. 23 – str. 49 – Typický byt s variantou s konvektory a přirozeným větráním

Obr. 24 – str. 50 – Typický byt s variantou s deskovými otopnými tělesy a nuceným větráním

Obr. 25 – str. 51 – Schéma typického bytu s vedením vzduchotechnického potrubí při centrálním teplovzdušném vytápění

## Seznam použitých zdrojů

- [1] KABELE, Karel, VEVERKOVÁ, Zuzana a DVOŘÁKOVÁ, Pavla: *Vnitřní prostředí budov* [online]. Zdroj: ASB-portal.cz, 26.6.2015, [vid. 4.5.2018]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/tzb/vetrani-a-klimatizace/vnitri-prostredi-budov>
- [2] Syndrom nemocných budov [online]. Zdroj: Safety.com, 8.7.2013, [vid. 4.5.2018]. Dostupné z: [https://www.bozpprofi.cz/33/syndrom-nemocnych-budov-uniqueidgOkE4NvrWuOKaQDKuox\\_Z9crr-A5Zo3U4BHEmYixsMo/](https://www.bozpprofi.cz/33/syndrom-nemocnych-budov-uniqueidgOkE4NvrWuOKaQDKuox_Z9crr-A5Zo3U4BHEmYixsMo/)
- [3] GEBAUER, Günter: *Formování vnitřního prostředí budov* [online]. Zdroj: casopicstavebnictvi.cz, 2008, [vid. 4.5.2018]. Dostupné z: [https://www.casopisstavebnictvi.cz/formovani-vnitriho-prostredi-budov\\_N1732](https://www.casopisstavebnictvi.cz/formovani-vnitriho-prostredi-budov_N1732)
- [4] JELÍNEK, Vladimír, LINHARTOVÁ, Vladimíra: *Interní mikroklima v bytových domech* [online]. Zdroj: tzb-info.cz, 27.10.2014, [vid. 4.5.2018]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/11888-interni-mikroklima-v-bytovych-domech>
- [5] CENTNEROVÁ, Lada: *Tepelná pohoda a nepohoda* [online]. Zdroj: tzb-info.cz, 13.12.2000, [vid. 4.5.2018]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/404-tepelna-pohoda-a-nepohoda>
- [6] HIRŠ, Jiří, GEBAUER, Günter: *TZB – vzduchotechnika: Základy mikroklimatu budov* [online]. Zdroj: lences.cz, Brno, 2005, [vid. 4.5.2018]. Dostupné z: <http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/Skripta/BT02-TZB%20III/M03-Zaklady%20mikroklimatu%20budov.pdf>
- [7] POČINKOVÁ, Marcela, TREUOVÁ, Lea: *Vytápění*. Vyd. 1., Computer Press, Brno, 2011, 151 str. ISBN 978-80-251-3329-3
- [8] PETRÁŠ, Dušan: *Vytápění rodinných a bytových domů*. Jaga group, s.r.o., 2008, 246 str., ISBN 80-8076-020-9
- [9] ŠÁLA, Jiří, KEIM, Lubomír, SVOBODA, Zbyněk, TYWONIAK, Jan: *Tepelná ochrana budov, Komentář k ČSN 73 0540* [online]. Zdroj: mpo-efekt.cz, Praha, říjen 2007, [vid. 4.5.2018]. Dostupné z: [https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Publikace\\_Komentar\\_k\\_CS\\_N\\_730540\\_Tepelna\\_ochrana\\_budov\\_2220047206.pdf](https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Publikace_Komentar_k_CS_N_730540_Tepelna_ochrana_budov_2220047206.pdf)
- [10] *Normové hodnoty součinitele prostupu tepla  $U_{N,20}$  jednotlivých konstrukcí dle ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky* [online]. Zdroj: tzb-info.cz, [vid. 5.5.2018]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/136-normove-hodnoty-soucinitele-prostupu-tepla-un-20-jednotlivych-konstrukci-dle-csn-73-0540-2-2011-tepelna-ochrana-budov-cast-2-pozadavky>
- [11] *Tepelný odpor R* [online]. Zdroj: tzb-info.cz, [vid. 5.5.2018]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/312-tepelny-odpor-r>
- [12] *Odpor při přestupu tepla* [online]. Zdroj: tzb-info.cz, [vid. 5.5.2018]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/314-odpor-pri-prestupu-tepla>

- [13] *Součinitel prostupu tepla* [online]. Zdroj: tzb-info.cz, [vid. 5.5.2018]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/315-soucinitel-prostupu-tepla>
- [14] *Prostup tepla vícevrstvou konstrukcí a průběh teplot v konstrukci* [online program]. Zdroj: tzb-info.cz, [vid. 5.5.2018]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/140-prostup-tepla-vicestruvou-konstrukci-a-prubeh-teplot-v-konstrukci>
- [15] *Vnitřní výpočtové teploty dle ČSN EN 12831 a doporučené relativní vlhkosti vzduchu dle ČSN 06 0210* [online]. Zdroj: tzb-info.cz, [vid. 5.5.2018]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/28-vnitri-vypoctove-teploty-dle-csn-en-12831-a-doporucene-relativni-vlhkosti-vzduchu-dle-csn-06-0210>
- [16] *Venkovní výpočtové teploty a otopná období dle lokalit* [online]. Zdroj: tzb-info.cz, [vid. 5.5.2018]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/25-venkovni-vypoctove-teploty-a-otopna-obdobi-dle-lokalit>
- [17] *Teplota v sousedních nevytápěných místnostech dle ČSN 06 0210* [online]. Zdroj: tzb-info.cz, [vid. 6.5.2018]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/29-teplota-v-sousednich-nevytapanych-mistnostech-dle-csn-06-0210>
- [18] *Výpočtové teploty zeminy dle ČSN 06 0210* [online]. Zdroj: tzb-info.cz, [vid. 6.5.2018]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/30-vypoctove-teploty-zeminy-dle-csn-06-0210>
- [19] MATHAUSEROVÁ, Zuzana: *Hygienické požadavky na vnitřní prostředí staveb*. [online]. Zdroj: tzb-info.cz, 25.2.2013, [vid. 7.5.2018]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/9595-hygienicke-pozadavky-na-vnitri-prostredi-staveb>
- [20] KABELE, Karel: *Teplovzdušné vytápění obytných budov* [online]. Zdroj: tzb-info.cz, 3.8.2001, [vid. 10.5.2018]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/teplovzdusne-vytapani/620-teplovzdusne-vytapani-obytnych-budov>
- [21] ADAMOVSKEJ, Daniel: *Nucené větrání, teplovzdušné vytápění. Větrání obytných budov*. [online]. Zdroj: tzb.fsv.cvut.cz, [vid. 10.5.2018]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125tz02/prednasky/125tz02-03.pdf>
- [22] *Univerzální větrací jednotky: Duplex 500-11000 Multi* [online]. Zdroj: atrea.cz, [vid. 10.5.2018]. Dostupné z: <http://www.atrea.cz/cz/duplex-500-11000-multi>
- [23] *Centrální systém* [online]. Zdroj: atrea.cz, [vid. 10.5.2018]. Dostupné z: [http://www.atrea.cz/cz/d1\\_central](http://www.atrea.cz/cz/d1_central)
- [24] *Decentrální systém* [online]. Zdroj: atrea.cz, [vid. 10.5.2018]. Dostupné z: <http://www.atrea.cz/cz/decentralni-system>
- [25] *Teplovzdušná jednotka Atlas* [online]. Zdroj: hydronic.cz, [vid. 11.5.2018]. Dostupné z: <http://www.hydronic.cz/rubriky/prehled-produktu/teplovzdusne-jednotky/teplovzdusna-jednotka-atlas/>



- [26] KABELÉ, Karel: *Vytápění budov, otopné soustavy* [online]. Zdroj: tzb.fsv.cvut.cz, [vid. 11.5.2018]. Dostupné z:  
<http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125tz01/prednasky/125tz01-09.pdf>
- [27] BAŠTA, Jiří: *Návrh expanzní nádoby* [online]. Zdroj: tzb-info.cz, 16.10.2002, [vid. 12.5.2018]. Dostupné z:  
<https://vytapani.tzb-info.cz/teorie-a-schemata/1156-navrh-expanzni-nadoby>
- [28] REINBERK, Zdeněk: *Tlaková expanzní nádoba* [online]. Zdroj: tzb-info.cz, [vid. 13.5.2018]. Dostupné z:  
<https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/60-tlakova-expanzni-nadoba>
- [29] REINBERK, Zdeněk: *Tepelná ztráta potrubí s izolací kruhového průřezu* [online]. Zdroj: tzb-info.cz, [vid. 13.5.2018]. Dostupné z:  
<https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/44-tepelna-ztrata-potrubi-s-izolaci-kruhoveho-prurezu>
- [30] *Tabulka pro výpočet teplovodní dvoutrubkové otopné soustavy* [online]. Zdroj: tzb.fsv.cvut.cz, [vid. 11.5.2018]. Dostupné z:  
[http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125tz01/cviceni/podklady/uloha\\_5/tabulka-vypocet-dvoutrubky-studenti.pdf](http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125tz01/cviceni/podklady/uloha_5/tabulka-vypocet-dvoutrubky-studenti.pdf)
- [31] *Atol C3* [online]. Zdroj: isan.cz, [vid. 11.5.2018]. Dostupné z:  
<http://www.isan.cz/produkty/atol/atol-c3>
- [32] *Radik VKM – deskové otopné těleso se spodním středovým připojením* [online]. Zdroj: korado.cz, [vid. 11.5.2018]. Dostupné z:  
<https://www.korado.cz/produkty/radik/radik-vkm.html>
- [33] *Koralux combi* [online brožura]. Zdroj: korado.cz, [vid. 11.5.2018]. Dostupné z:  
<https://indd.adobe.com/view/aaa4a245-ee33-4e9e-867f-8001aefb05b6>
- [34] *Koraflex FV* [online]. Zdroj: korado.cz, [vid. 11.5.2018]. Dostupné z:  
<https://www.korado.cz/produkty/konvektory/koraflex-fv.html>
- [35] BOHDALOVÁ, Zuzana: *Teplovodní vs. elektrické podlahové vytápění – výhody a nevýhody jednotlivých typů* [online]. Zdroj: bydleniprokazdeho.cz, 22.1.2018, [vid. 11.5.2018]. Dostupné z:  
<http://stavba-a-rekonstrukce.bydleniprokazdeho.cz/elektro-montaze-a-elektroinstalace/teplovodni-vs.-elektricke-podlahove-vytapani-vyhody-a-nevyhody-jednotlivych-typu.php>
- [36] *Úloha 6 – plynová kotelna* [online]. Zdroj: tzb.fsv.cvut.cz, [vid. 13.5.2018]. Dostupné z:  
[http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125tz01/cviceni/podklady/uloha\\_6/uloha\\_6\\_podklad\\_pro\\_studenty.pdf](http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125tz01/cviceni/podklady/uloha_6/uloha_6_podklad_pro_studenty.pdf)
- [37] *Grundfos – dimenzování oběhového čerpadla* [online]. Zdroj: grundfos.com, [vid. 13.5.2018]. Dostupné z:  
<https://product-selection.grundfos.com/front-page.html?custid=GCZ&qcid=342665114>
- [38] REINBERK, Zdeněk: *Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody* [online]. Zdroj: tzb-info.cz, [vid. 13.5.2018]. Dostupné z:  
<https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody>



## Seznam použitých norem

- ČSN 73 0540–1 Tepelná ochrana budov, část 1: Terminologie
- ČSN 73 0540–2 Tepelná ochrana budov, část 2: Požadavky
- ČSN 73 0540–3 Tepelná ochrana budov, část 3: Návrhové hodnoty veličin
- ČSN 73 0540–4 Tepelná ochrana budov, část 4: Výpočtové metody
- ČSN EN ISO 6946 Stavební prvky a stavební konstrukce
- ČSN EN 12831 Otopné soustavy v budovách – Výpočtová metoda pro tepelné ztráty
- ČSN 38 3350 Zásobování teplem
- ČSN 06 0210 Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění
- ČSN EN 15665/Z1 Větrání budov, dodatek Z1
- ČSN EN 12828 Tepelné soustavy v budovách – navrhování teplovodních otopných soustav
- Vyhláška č. 193/2007 Sb. pro návrh izolace potrubí
- ČSN 07 0703 Kotelny se zařízeními na plynná paliva
- ČSN EN 15217 Energetická náročnost budov – Metody pro vyjádření energetické náročnosti budov a pro energetickou certifikaci budov
- ČSN 06 0830 Zabezpečovací zařízení pro ústřední vytápění a ohřívání užitkové vody
- ČSN 06 0320 Tepelné soustavy v budovách – Příprava teplé vody – Navrhování a projektování

## Použitý software

- Autodesk AutoCad 2018
- Microsoft Office 365 - Word 2016
- Microsoft Office 365 - Excel 2016