

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra technologických zařízení staveb



Diplomová práce

Optimalizace vytápění v suterénních prostorech budov

Bc. Martin Prejza

© 2017 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Optimalizace vytápění v suterénních prostorách budov" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 30.3.2017

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval svému vedoucímu práce panu profesorovi Pavlu Kicovi za praktické rady během konzultací a při psaní práce.

Optimalizace vytápění v suterénních prostorách budov

Optimization of heating in the basement of buildings

Anotace

Práce se zabývá problematikou vytápění v budovách, nejen moderních novostavbách, ale hlavně v budovách starších, které mají vystavěné prostory pod úrovní terénu. Tyto prostory, dnes již nevyužívané k původním účelům, mají nedostatečným a nevhodným způsobem vyřešenou otopnou soustavu. Práce proto popisuje možnosti úprav otopných soustav v těchto prostorách, aby došlo ke zvýšení pohody prostředí a mohly být tyto prostory využívány k potřebám dnešní doby, ale zároveň byly tyto úpravy ekonomické a vedly i k postupnému snižování vlhkosti v budově. Některé tyto prvky jsou pak realizovány v rámci aplikace v konkrétním případě suterénní místnosti.

Abstract

Thesis concerns heating in buildings, not only modern new buildings, but especially in older buildings that have rooms in basements of buildings. These areas aren't used for its original purpose and usually have bad solution of heating system. My thesis describes editing heating systems in these areas in order to increase the comfortable environment that these spaces could be used for better purpose. Also important is that these adjustments were economic and reduction moisture in the building. Some of these elements are then implemented within an application in specific basement room.

Klíčová slova: mikroklima, pohoda prostředí, teplota vzduchu, vlhkost vzduchu, vytápění

Keywords: microclimate, comfortable environment, air temperature, humidity, heating

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Martin Prejza

Technologická zařízení staveb

Název práce

Optimalizace vytápění v suterénních prostorách budov

Název anglicky

Optimization of heating in the basement of buildings

Cíle práce

Cílem diplomové práce je provést zhodnocení principů a možností vytápění v suterénních prostorách budov. Zaměřit se především na metody minimalizující náklady. Celkové řešení by mělo vést k snižování vlhkosti v budovách a ke zlepšení pohody prostředí. Uvést změny tepelné bilance místnosti. Zvážit důsledky na snižování vlhkosti v suterénních prostorách. Navrhnout a doporučit vhodná opatření a řešení pro praxi s ohledem na náklady na provoz soustavy.

Metodika

- 1 Úvod
- 2 Cíl práce
- 3 Metodika práce
- 4 Současný stav sledované problematiky
- 5 Vlastní řešení
- 6 Výsledky a diskuse
- 7 Závěr a doporučení
- 8 Seznam použitých zdrojů
- 9 Přílohy

Doporučený rozsah práce

50 až 60 stran textu

Klíčová slova

Mikroklima; pohoda prostředí; teplota vzduchu; vlhkost vzduchu; vytápění

Doporučené zdroje informací


Časopisy: Vytápění, větrání, instalace. Klimatizace.

Daniels, K.: Technika budov. Jaga, Bratislava, 2003, 519 s.

Nový, R. et al: Technika prostředí. ČVUT, Praha, 2000, 265 s.

Počinková, M.-Čuprová, D.-Rubinová, O: Úsporný dům. Computer press, Brno 2012. 184 s.

Treuová, L.-Počinková, M.: Vytápění. Computer press, Brno 2011. 151 s.



Předběžný termín obhajoby

2016/17 LS – TF

Vedoucí práce

prof. Ing. Pavel Kic, DrSc.

Garantující pracoviště

Katedra technologických zařízení staveb

Elektronicky schváleno dne 18. 1. 2017

doc. Ing. Jan Malaták, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 23. 1. 2017

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 25. 01. 2017

Obsah

| | |
|---|----|
| 1. Úvod | 11 |
| 2. Cíl práce | 12 |
| 3. Metodika práce | 13 |
| 3.1. Tepelně vlhkostní mikroklima a pohoda prostředí..... | 13 |
| 3.1.1. Teplota vnitřního vzduchu | 14 |
| 3.1.2. Povrchová teplota a vlhkost vzduchu | 14 |
| 3.2. Tepelné vlastnosti budov..... | 15 |
| 3.2.1. Součinitel prostupu tepla..... | 15 |
| 3.2.2. Výpočet tepelných ztrát..... | 17 |
| 3.3. Výpočet tepelné bilance budovy | 17 |
| 3.3.1. Tepelná ztráta prostupem dle ČSN EN ISO 13 789 | 18 |
| 3.3.1.1. Tepelná prostupnost obvodovým pláštěm L_D | 18 |
| 3.3.1.2. Tepelná prostupnost stropními konstrukcemi L_p | 19 |
| 3.3.1.3. Tepelná prostupnost okenními otvory a okny L_O | 20 |
| 3.3.2. Tepelná ztráta prostupem dle ČSN EN ISO 13 370 | 20 |
| 3.3.2.1. Tepelná prostupnost zeminou L_S | 20 |
| 3.3.2.2. Vytápěný suterén..... | 21 |
| 3.3.3. Tepelné ztráty větráním..... | 22 |
| 3.3.4. Celkové tepelné ztráty budovy | 24 |
| 3.3.5. Tepelné zisky budovy | 25 |
| 3.3.5.1. Vnitřní tepelné zisky..... | 25 |
| 3.3.5.2. Tepelné zisky od lidských zdrojů | 26 |
| 3.3.5.3. Tepelné zisky od osvětlení | 26 |
| 3.3.5.4. Solární zisky..... | 26 |
| 3.3.6. Výsledky tepelné bilance | 26 |

| | | |
|----------|---|----|
| 3.4. | Otopné soustavy | 27 |
| 3.4.1. | Typy kotlů..... | 27 |
| 3.4.2. | Vedení otopné vody a druhy potrubí..... | 28 |
| 3.4.2.1. | Výpočet potrubí dvoutrubkového systému v závislosti na výkonu | 28 |
| 3.4.2.2. | Výpočet průměru tepelné izolace dle vyhlášky 193/2007..... | 29 |
| 3.4.3. | Druhy otopných soustav teplovodních | 30 |
| 3.4.3.1. | Článeková tělesa | 31 |
| 3.4.3.2. | Desková tělesa | 31 |
| 3.4.3.3. | Trubková tělesa..... | 31 |
| 3.4.3.4. | Konvektory | 32 |
| 3.4.3.5. | Podlahové vytápění..... | 32 |
| 3.4.3.6. | Stěnové a stropní vytápění | 33 |
| 4. | Současný stav sledované problematiky..... | 35 |
| 4.1. | Stávající stav vybraného suterénního prostoru..... | 35 |
| 4.1.1. | Vlhkost vzduchu, vlhkost stěn..... | 35 |
| 4.1.2. | Stávající stav otopné soustavy | 36 |
| 4.1.2.1. | Náklady na současné vytápění prostoru | 38 |
| 4.1.2.2. | Výhody a nevýhody současného stavu | 38 |
| 4.1.3. | Kotel a parametry kotle | 38 |
| 5. | Vlastní řešení | 39 |
| 5.1. | Dlouhodobá měření provedená v prostoru..... | 39 |
| 5.1.1. | Výsledky analýzy optimalizace vytápění prostoru | 40 |
| 5.2. | Snížení nákladů na vytápění izolováním neregulovatelných prvků..... | 41 |
| 5.2.1. | Výpočet tloušťky izolace | 42 |
| 5.2.2. | Určení tepelného zisku potrubí před použitím izolací..... | 43 |
| 5.3. | Výpočet tepelných ztrát suterénního prostoru | 44 |

| | | |
|----------|--|----|
| 5.3.1. | Výpočet tepelné ztráty podlahou | 44 |
| 5.3.2. | Výpočet tepelné ztráty stěnou sousedící se zeminou..... | 45 |
| 5.3.3. | Výpočet tepelné ztráty ostatních stěn..... | 46 |
| 5.3.4. | Výpočet tepelné ztráty stropem | 46 |
| 5.3.5. | Výpočet tepelné ztráty okny | 46 |
| 5.3.6. | Výpočet tepelné ztráty větráním | 46 |
| 5.3.7. | Výsledná tepelná ztráta místnosti | 47 |
| 5.4. | Výpočet tepelných zisků místnosti | 47 |
| 5.4.1. | Tepelné zisky od lidských zdrojů | 47 |
| 5.4.2. | Tepelné zisky od osvětlení | 47 |
| 5.4.3. | Celkové tepelné zisky | 48 |
| 5.4.4. | Výsledky tepelné bilance | 48 |
| 5.5. | Návrh vhodné otopné soustavy..... | 48 |
| 5.5.1. | Otopná soustava složená z deskových těles | 48 |
| 5.5.1.1. | Výběr otopných těles | 49 |
| 5.5.1.2. | Návrh průměru potrubí pro přívod vody k tělesům..... | 49 |
| 5.5.2. | Otopná soustava se stěnovým vytápěním..... | 52 |
| 5.6. | Finanční náročnost na pořízení jednotlivých soustav..... | 55 |
| 5.7. | Úspory na vytápění po zhotovení otopné soustavy | 56 |
| 6. | Výsledky a diskuse | 58 |
| 7. | Závěr | 60 |
| 8. | Použitá literatura | 61 |
| 8.1. | Knižní literatura | 61 |
| 8.2. | Internetové zdroje | 61 |
| 8.3. | Soupis použitých symbolů | 64 |
| 8.4. | Soupis obrázků..... | 66 |

| | | |
|------|--|----|
| 8.5. | Soupis tabulek..... | 67 |
| 9. | Přílohy..... | 69 |
| | Příloha č. 1: Výkres dispozice řešené místnosti | 69 |
| | Příloha č. 2: Zaměření původní otopné soustavy, umístění dataloggerů | 70 |
| | Příloha č. 3: Pohled návrhu ot. soustavy s deskovými tělesy | 70 |
| | Příloha č. 3: Pohled návrhu ot. soustavy s deskovými tělesy | 71 |
| | Příloha č. 4: Pohled návrhu ot. soustavy stěnového vytápění..... | 71 |
| | Příloha č. 4: Pohled návrhu ot. soustavy stěnového vytápění..... | 72 |
| | Příloha č. 5: Ukázky současného stavu ot. soustavy..... | 72 |
| | Příloha č. 5: Ukázky současného stavu ot. soustavy..... | 73 |
| | Příloha č. 6: Ukázka výstupu dlouhodobých měření | 73 |
| | Příloha č. 6: Ukázka výstupu dlouhodobých měření | 74 |

1. Úvod

Po celé naší republice máme postaveno velké množství domů, které pamatují mnoho let. Stáří panelových nebo činžovních domů bývá dnes často 50, ale i 100 let. V době, kdy takovéto domy vznikaly si ještě nikdo nedokázal představit, že bude mít každý v bytě svou pračku nebo sušičku, a proto už v rámci realizace staveb bylo počítáno s centrálními místnostmi na praní, sušení, atd.

Doba moderní, dnešní, má za důsledek, že většina těchto centralizovaných prostor, pro celý dům společných, je již dávno prázdná nebo není využívána pro původní účely. Nájemníci nebo majitelé těchto prostor, které povětšinou bývají umístěny v suterénech domů, bojují s nadměrnou vlhkostí a také nedostatečným tepelným komfortem z důvodu často chybějícího nebo minimálního vytápění. Najde-li se v těchto prostorách zdroj tepla pro vytápění, často je bez možnosti regulace a vytápění prostor je pak ekonomicky znevýhodněné. Při myšlence přebudování těchto prostor na bytovou jednotku se pak dostáváme k vysokým investicím, aby bylo docíleno odpovídajícího tepelného komfortu.

Přitom odpovídající tepelný komfort a optimální vlhkost vzduchu v místnostech jsou základními požadavky pro pohodu prostředí. Je proto nutné nejprve provést analýzu stavu těchto místností, následně navrhnout vhodné řešení pro zlepšení stavu, které se návazně bude realizovat.

Aby bylo možné realizovat vhodné varianty otopných soustav a dalších úprav, je nutné nejprve analyzovat hlavní požadavky na suterénní prostory z hlediska využitelnosti prostor, přihlídnout na faktory, které nemůžeme ovlivnit – vlastnosti budovy, poloha budovy, zateplení a ekonomická náročnost budovy, atd., a také optimálně zachovat stávající zdroj tepla pro otopné soustavy (kotel, horkovod, atd.). Následná realizace vhodné metody v závislosti na tepelných ztrátách místnosti či budovy docílí zlepšení stavu prostředí v místnosti za minimálních nákladů na pořízení a provoz otopné soustavy. Ekonomická stránka realizace je důležitým faktorem doby a využití moderních metod a prvků s dlouhodobou životností tento bod pouze podporuje.

2. Cíl práce

Cílem práce je popsat a ukázat potenciál a množství prostorů, které ve většině domů, ať už panelových či činžovních ve městech je umístěno. Často jde o prostory, které nejsou nijak využívané nebo slouží „pouze“ jako odkladiště nepořádku či zbytečných věcí. Pokud najde majitel, sdružení vlastníků jednotek nebo družstvo dostatek odvahy, chuti či uvidí podnikatelský plán s takovými prostory, je zde snaha o ukázkou zlepšení stavu těchto prostor.

Většina suterénních místností také vykazuje vyšší nebo vysoké procento vzdušné vlhkosti, které pochází z obvodového či vnitřního zdiva z příčiny stáří domu a životnosti jednotlivých celků a vrstev obvodového pláště. Práce má, mimo jiné, za cíl zmínit tuto problematiku a nastínit řešení nebo alespoň snížení těchto poruch díky vhodnému návrhu a optimalizace otopných soustav.

Najít možnosti, jak optimalizovat otopnou soustavu v těchto prostorech za co nejnižších pořizovacích nákladů, s přihlédnutím na cenu provozu a životnost otopné soustavy. i tento důležitý fakt má práce za cíl. Vždyť, který z nájemců nebo majitelů suterénních prostor by chtěl fungovat, pracovat, pobývat nebo odpočívat v místnostech, kde jsou pro to nepříznivé podmínky. Proto je nutné nejprve analyzovat vstupní parametry místnosti a znát budoucí (nebo současný) plán s daným prostorem.

Výběr vhodného typu otopné soustavy je důležité. Proto má práce za cíl nastínit jednotlivé druhy a typy soustav a ty co nejvhodnějším způsobem aplikovat do prostoru a stavu místnosti tak, aby se docílilo maximálního a vhodného účinku soustavy za nejnižších provozních a pořizovacích nákladů. Tyto kroky jsou v práci přehledně ukázány, včetně dopadů všech potřebných rozhodnutí. Také jsou jasně uvedeny náklady na pořízení a optimalizaci soustavy s ukázkou předpokládaných následných nákladů během topné sezóny.

3. Metodika práce

3.1. Tepelné vlhkostní mikroklima a pohoda prostředí

Všechny tyto pojmy spolu velmi úzce souvisí. Také spolu s nimi je důležitý pojem tepelná rovnováha spolu s lidským organismem. Základní vnitřní mikroklima je upraveno vytápěním, větráním nebo i klimatizací a ve spolupůsobení s vnějším klimatem utváří výsledný tepelný stav prostředí. Lidské tělo si drží svou tělesnou teplotu (průměrně mezi 36,6°C – 36,9°C) a v reakci s okolním prostředím se ochlazuje. Přestože má lidské tělo schopnost přizpůsobit se různým podmínkám, existuje rozmezí, při kterém můžeme mluvit o tepelné pohodě. Tento stav lze definovat objektivními, ale i subjektivními faktory. Nás ale zajímají hlavně faktory objektivní, které jsou:

- Teplota vnitřního vzduchu
- Účinná teplota okolních ploch
- Vlhkost vnitřního vzduchu
- Rychlost proudění vzduchu (Počinková, 2005, str.5)

Z druhého pohledu tak můžeme říci, že se v lidském těle při biochemických a oxidačních procesech uvolňuje energie, jejíž velikost závisí na intenzitě fyzické činnosti člověka. Část energie se spotřebuje v rámci fungování těla, část přebytečné energie se uvolňuje do okolí, do prostředí. (Nový, 2008, str.18) V tabulce č. 1 je znázorněno, kolik tepla se uvolňuje z lidského těla při různých běžných činnostech. (Daniels, 2003, str. 23)

Tabulka č. 1: Celková produkce tepla člověkem při různých činnostech

| Činnost | Stupeň aktivity | Intenzita metabolismu | | |
|-----------------------------|-----------------|-----------------------|-------|-----|
| | DIN 1946 T.2 | (W/m ²) | (met) | (W) |
| Klidový | I | 46 | 0,8 | 80 |
| Uvolněný sed | I | 58 | 1 | 100 |
| Uvolněný stoj | I | 70 | 1,2 | 125 |
| Sed, lehká práce | I | 70 | 1,2 | 125 |
| Stoj, lehká práce | II | 81 | 1,4 | 145 |
| Středně těžká tělesná práce | III | 116 | 2 | 200 |
| Těžká tělesná práce | IV | 165 | 2,8 | 300 |

Zdroj: (Daniels, 2003)

3.1.1. Teplota vnitřního vzduchu

K posouzení tepelného stavu prostředí v místnosti nám poslouží teplota vzduchu. Průměrná teplota vzduchu se měří teploměrem (Počinková, 2005, str. 6), nejčastěji kulovým teploměrem s matným černým povrchem, v jejímž středu je zasunuto teplotní čidlo. V ustáleném stavu je sálavý tepelný tok z prostředí do kulové baňky v rovnováze s konvekčním tepelným tokem z povrchu koule do prostředí. V ustáleném stavu se ztotožní teplota povrchu baňky s teplotou čidla. (Nový, 2008, str. 27)

Určující je pro teplotu prostředí třída práce, stanovená podle energetického výdeje pracovníka. Pro každou třídu práce jsou uvedeny přípustné hodnoty mikroklimatu. (Nový, 2008, str. 28) Níže je uvedena tabulka č. 2, která ukazuje produkci tepla a vodní páry v závislosti na teplotě v místnosti při relativní vlhkosti mezi 30 – 70%. (Daniels, 2003, str. 23)

Tabulka č. 2: Odvod tepla a vodní páry z lidského těla v závislosti na teplotě okolí

| Teplota vzduchu (°C) | Citelné teplo (W) | Latentní teplo (W) | Celková produkce tepla (W) | Produkce vodní páry (g/h) |
|-------------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------------------|
| 10 | 136 | 21 | 157 | 30 |
| 12 | 126 | 21 | 147 | 30 |
| 14 | 115 | 21 | 136 | 30 |
| 16 | 106 | 21 | 127 | 30 |
| 18 | 98 | 23 | 121 | 33 |
| 20 | 92 | 27 | 119 | 38 |
| 22 | 85 | 33 | 118 | 47 |
| 24 | 77 | 41 | 118 | 58 |
| 26 | 69 | 49 | 118 | 70 |
| 28 | 58 | 59 | 117 | 85 |
| 30 | 47 | 69 | 116 | 98 |
| 32 | 33 | 81 | 114 | 116 |

Zdroj: (Daniels, 2003)

3.1.2. Povrchová teplota a vlhkost vzduchu

Hlavní, co nás limituje při určování a udržování povrchové teploty u vnitřních prostor – stěn a stropů, je hodnota rosného bodu. Rosný bod je teplota, při které je vzduch právě nasycen vodní parou. Jestliže teplota klesne pod tuto hodnotu, dojde ke kondenzaci – vysrážení vody ze vzduchu. V místech s problematickým a deformovaným teplotním polem a omezeným prouděním vzduchu je utváření plísní a hub. (Počinková, 2005, str. 7).

Proto pokud objevujeme v místnostech na stěnách a stropěch pouze lokální místa, kde nám plíseň vznikají, můžeme snáze zjistit problém vzniklý v konstrukci – často jde o problémy s izolacemi či nedostatečným větráním. V posledních letech je problémem utěšňování a zlepšování tepelných vlastností budov díky rekonstrukcím a výměnám oken. Jenže v důsledku těchto rekonstrukcí právě není zaručena dostatečná výměna vzduchu a hromadění par v prostorách má za důsledek vznikání plísní v místech kondenzace par díky poklesu teploty pod hodnotu rosného bodu.

3.2. Tepelné vlastnosti budov

Abychom mohli posoudit potřebné parametry pro vhodné a optimální vytápění prostor, je nutné se nejprve obeznámit s konstrukcí budovy, izolacemi, zateplením a také možnými problémy v konstrukcích, které by bylo nutné i v rámci dané rekonstrukce či úpravy z hlediska vytápění vyřešit.

3.2.1. Součinitel prostupu tepla

Principiálně můžeme říci, že čím menší mají budovy, respektive stěny, stropy a okna součinitel prostupu tepla, tím lépe daná konstrukce, stavební prvek „izoluje“. Jak zmiňuje (Nový, 2008, str. 38), „Dle normy ČSN 73 0540-2 se hodnotí tepelné vlastnosti stavební konstrukce podle součinitele prostupu tepla U (W/m^2K), jehož hodnota je převrácenou hodnotou tepelného odporu.“

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_e}} \quad (1)$$

Kde: λ = tepelný součinitel vodivosti ($W/m.K$)

d = tloušťka stěny (m)

α = součinitel přestupu tepla (W/m^2)

Ve skutečnosti je ale prostup tepla na stavebních konstrukcích značně složitější zejména vlivem časově proměnných tepelných poměrů. Norma sice upravuje požadované hodnoty součinitele prostupu tepla (tabulka č.3), které v dnešní době se ještě více upravují s požadavkem na nízko energetické či pasivní domy.

Tabulka č. 3: Hodnoty součinitele prostupu tepla pro budovy s návrh. teplotou 20°C

| Popis konstrukce | Typ konstrukce | Požadované hodnoty | Doporučené hodnoty |
|---|----------------|--------------------|--------------------|
| | | Un | Un |
| | | W/m2K | W/m2K |
| Podlaha a stěna s vytápěním, podlaha nad venkovním prostorem, střecha plochá nebo šikmá do 45° sklonu | lehká | 0,24 | 0,16 |
| | těžká | 0,3 | 0,2 |
| Stěna mezi sousedními budovami | | 1,05 | 0,7 |
| Stěna mezi stěnami s rozdílem teplot do 10°C | | 1,3 | 0,9 |
| Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 5°C | | 2,7 | 1,8 |

Zdroj: (Nový, 2005, str. 39)

Pro suterénní prostory a starší budovy, jsou výše zmiňované hodnoty nerealistické a je proto nutné zjišťovat a předpokládat spíše hodnoty horší. Existuje k tomu několik důvodů. Jednak se doporučené hodnoty součinitelů stále mění, a proto u budovy, která se užívá už více než 30 či více let, byly hodnoty zcela jiné. Také v době stavby těchto budov nebyly a neexistovaly pokročilejší technologie a materiály, které by zlepšily součinitel prostupu tepla. Dalším faktorem z hlediska součinitele prostupu tepla je fakt, že obvodové zdivo v těchto prostorách sousedí se zeminou, nikoli se vzduchem. i toto je potřeba zohlednit při návrhu a zjišťování stavu prostředí v suterénních prostorách.

Tabulka č. 4: Návrhové hodnoty součinitele tepelné vodivosti některých materiálů

| Materiál | Objemová hmotnost | Tepelná vodivost |
|----------------------------|-------------------|------------------|
| | (Kg.m2) | (W.m-1.K-1) |
| Železobeton | 2400,00 | 1,58 |
| Omítka vápenocementová | 2000,00 | 0,99 |
| Polystyren pěnový | 30-60 | 0,04 |
| Cihly plné | 1700,00 | 0,80 |
| Porotherm | 800,00 | 0,17 |
| Půda vlhká hlinitopísčítá | 2000,00 | 2,30 |
| Půda s přirozenou vlhkostí | 1800,00 | 1,40 |

Zdroj: (Počinková, 2005)

3.2.2. Výpočet tepelných ztrát

Výpočet tepelných ztrát budov je nezbytný pro dimenzování vytápěcích zařízení, která mají zajišťovat v budovách požadované mikroklimatické podmínky v zimním období. (Nový, 2006, str. 48) Jde o vyčíslení tepelných toků, které se předávají z vytápěných místností do okolního prostředí. Tepelná ztráta se stanoví pro nejnižší výpočtovou venkovní teplotu a jde o množství tepla, které musí otopný systém do místnosti dodat, aby byla zabezpečena návrhová teplota v místnosti. (Počinková, 2005, str.17)

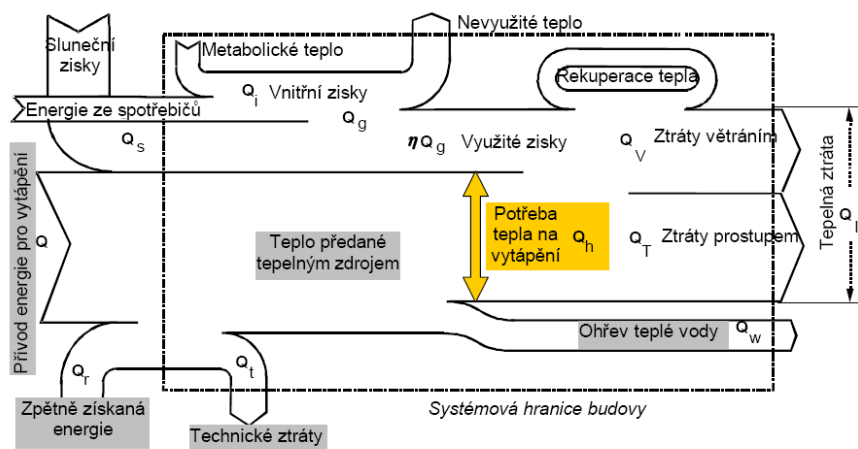
3.3. Výpočet tepelné bilance budovy

K výpočtu tepelné bilance slouží norma ČSN EN ISO 13 790 – Energetická náročnost budov – Výpočet spotřeby energie na vytápění a chlazení, která nahrazuje již neplatnou normu ČSN EN 832 – Tepelné chování budov – výpočet potřeby energie na vytápění.

Princip výpočtu tepelné bilance obsahuje položky:

- Ztráty prostupem tepla a větráním mezi vnitřním a vnějším prostředím
- Užitečné vnitřní tepelné zisky
- Využití solární zisky
- Vstup energie do topné soustavy (není do bilance započteno)

Obrázek č. 1: Tepelná bilance objektu



Zdroj: (Novák, 2011)

3.3.1. Tepelná ztráta prostupem dle ČSN EN ISO 13 789

Tepelná ztráta prostupem se vypočítá jako

$$Q_T = H_T \cdot (\theta - \theta_e) \cdot t \quad (2)$$

Kde H_T – měrná ztráta prostupem (W/K)

θ_i – teplota interiéru (°C)

θ_e – teplota exteriéru (°C)

t – délka časového úseku, kde se považuje θ_e jako konstantní

Měrná tepelná ztráta prostupem H_T se vypočítá jako součet tepelné prostupnosti obvodového pláště v kontaktu s vnějším prostředím L_D (W/K), tepelné propustnosti stěnou sousedící se zeminou L_Z , tepelné propustnosti podlahy sousedící se zeminou L_S , tepelná prostupnost okenními otvory L_O a tepelná prostupnost stropními konstrukcemi L_P .

$$H_T = L_D + L_Z + L_S + L_O + L_P \quad (3)$$

Tepelné prostupnosti sousedící s médiem vzduchu se vypočítávají dle normy ČSN EN ISO 13 789. Tepelné propustnosti sousedící se zeminou se vypočítávají dle normy ČSN EN ISO 13 370.

3.3.1.1. Tepelná prostupnost obvodovým pláštěm L_D

Tepelná propustnost konstrukcí se vypočítá vztahem

$$L_D = U \cdot A \quad (W/K) \quad (4)$$

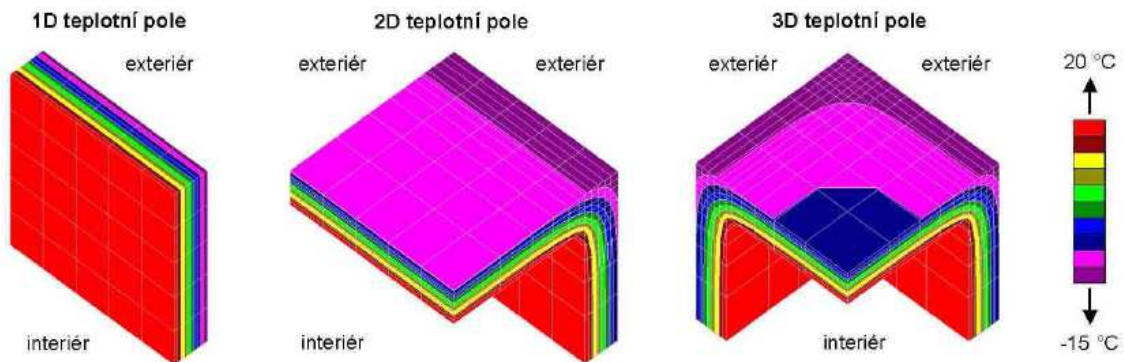
Kde U – součinitel prostupu tepla konstrukce (W/(m².K))

A – plocha konstrukce (m²)

Tento vztah platí pouze pro 1D teplotní pole. Proto všechny 2D a 3D teplotní pole je nutné rozdělení na 1D teplotní pole a následně všechny složky jednotlivých částí polí se číst. Tento postup se nazývá rozdělený model. Nevýhodou této metody je časová i početní náročnost. pod 1D polem si lze představit rovnou stěnu nebo jakoukoli rovinnou plochu. 2D pole si pak lze představit, jako dvě roviny, které mají společnou přímkou.

(Typickým případem jsou dvě stěny se společným rohem stěny). pod 3D polem si pak lze představit 3 roviny protínající se v 1 bodě (příkladem může být horní roh místnosti, kde se stýkají dvě stěny a strop).

Obrázek č. 2: Typy teplotních polí



Zdroj: (Novák, 2011)

Lze proto využít i tzv. metodu nerozdělenou. V té se spočítají všechny plochy dle předchozího vzorce a výsledek se dále koriguje dle vztahu

$$L_D = \sum(U.A) + \sum(\psi.l) + \sum(\chi.n) \quad (\text{W/K}) \quad (5)$$

Kde ψ – lineární činitel prostupu tepla 2D (W/(m.K))

l – délka 2D prostupu

χ – bodový činitel prostupu tepla 3D (W/K)

n – počet 3D tepelných prostupů

3.3.1.2. Tepelná prostupnost stropními konstrukcemi L_p

Tepelná prostupnost stropními konstrukcemi se vypočítává obdobně, jako tepelná prostupnost stěnami. Důležité je, aby stropní konstrukce byla opět 1D teplotní pole. Pro určení prostupnosti stropní konstrukcí potřebujeme znát materiál, tloušťku a skladbu stropní konstrukce pro určení tepelného odporu. Z něj převrácená hodnota součinitele prostupu tepla s násobkem plochy nám určí tepelnou prostupnost.

$$U_p = \frac{1}{R} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_e}} \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)} \quad (6)$$

$$L_p = A.U \text{ (W/K)} \quad (7)$$

(Novák, 2011)

3.3.1.3. Tepelná prostupnost okenními otvory a okny L_o

Tepelná prostupnost okenními otvory se určuje obdobně, jako u stěn. Rozdíl je v součiniteli prostupu tepla skrz okna. Součinitel se výrazně liší podle toho, o jaký typ okna jde. Součinitele lze najít v technickém listu výrobce oken.

$$L_o = A.U \text{ (W/K)} \quad (8)$$

3.3.2. Tepelná ztráta prostupem dle ČSN EN ISO 13 370

3.3.2.1. Tepelná prostupnost zeminou L_s

Tepelné ztráty podlah a suterénních prostorů jsou ovlivněny spolupůsobením okolní zeminy. Tento vliv nelze u výpočtu tepelné bilance zanedbat a výpočet se řídí normou ČSN EN ISO 13 370. Norma řeší několik typů podlah, a to podlahu na zemině, zvýšenou podlahu, vytápěný suterén a nevytápěný suterén. u reálných budov bývá geometrie konstrukcí komplikovanější, často se v rámci jedné budovy kombinuje několik druhů podlah.

Důležitým údajem je tepelná vodivost zeminy. Pokud je znám nebo určen druh zeminy, použijí se hodnoty λ : 1,5 W/(m.K) pro hlíny a jíly; 2 W/(m.K) pro písky a štěrky; 3,5 W/(m.K) pro skály a 2 W/(m.K) pro všechny ostatní druhy. Dále je nutné znát údaj charakteristického rozměru podlahy, který se určí ze vztahu

$$B' = \frac{A}{0,5.P} \quad (9)$$

Kde A je obsah podlahy (m²)

P její obvod (m)

Jako příklad výpočtu ustálené tepelné vodivosti L_s je zde uvedena situace podlahy na zemině, a také situace vytápěného suterénu, o kterém je v této práci popisováno dále.

Podlaha na zemině

Podlaha je v celé ploše v kontaktu se zeminou nebo v blízké výšce. Potřebujeme zde znát ekvivalentní tloušťku podlahy, kterou určíme ze vztahu

$$d_t = w + \lambda \cdot (R_{si} + R_f + R_{se}) \quad (10)$$

Kde w – tloušťka obvodového pláště

R_f – tepelný odpor izolačních vrstev (izolace, nášlapná vrstva...)

R_{si} - odpor přestupu tepla Do interiéru - pohybuje se v intervalu 0,10 – 0,17 m²K/W (dle směru tepelného toku)

R_{se} – odpor přestupu tepla Do exteriéru - ve všech případech se používá hodnota 0,04 m²K/W

λ – tepelná vodivost nepromrzlé zeminy

Součinitel prostupu tepla zeminou pak vychází z výpočtu (za předpokladu dobře izolované podlahy, kde $d_t > \lambda$)

$$U = \frac{\lambda}{0,475 \cdot B' + d_t} \quad (11)$$

Nakonec získáme ustálenou tepelnou propustnost $L_s = A \cdot U$

3.3.2.2. Vytápěný suterén

Stěny, které jsou nad úrovní terénu se posuzují standardně, tj. podle normy EN ISO 6946. Částečně podsklepené prostory se posuzují jako zcela podsklepené s hloubkou ½ skutečné hloubky podsklepené části. Ustálená tepelná propustnost L_Z se určí ze vztahu

$$L_Z = A \cdot U_{bf} + z \cdot P \cdot U_{bw} \quad (12+13)$$

$$d_t = w + \lambda \cdot (R_{si} + R_f + R_{se})$$

Kde w – plná tloušťka stěn na úrovni terénu

R_f – tepelný odpor podlahy

U_{bf} – součinitel prostupu tepla podlahy suterénu

U_{bw} – součinitel prostupu tepla stěn suterénu

z – hloubka suterénní podlahy pod úrovní terénu

$$U_{bf} = \frac{\lambda}{0,475 \cdot B' + d_t + 0,5 \cdot z} \quad (14)$$

$$d_w = \lambda \cdot (R_{si} + R_w + R_{se})$$

R_w – tepelný odpor stěn suterénu všemi vrstvami

$$U_{bw} = \frac{2 \cdot \lambda}{\pi \cdot z} \cdot \left(1 + \frac{0,5 \cdot d_t}{d_t + z} \right) \cdot \ln \left(\frac{z}{d_w} + 1 \right) \quad (15)$$

Pro $d_w < d_t$ platí, že se hodnoty d_t nahradí hodnotami d_w . (ČSN 13 370 : 2009)

3.3.3. Tepelné ztráty větráním

Tepelné ztráty větráním posuzujeme dvojího druhu. Prvním je větrání, které je dané hygienickou vyhláškou pro nutnou výměnu vzduchu v místnosti. Vypočítává se tak, že předpokládáme za hodinu určitou výměnu vzduchu dle typu místnosti. Hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 5.

Tabulka č. 5: Doporučené hodnoty intenzity výměny vzduchu

| Koeficient n (1/h) | Typ místnosti |
|----------------------|--|
| 0,5 | Obytné místnosti obytných budov |
| 0,35 | Občanské stavby a ostatní místnosti obytných budov |
| 0,25 | Ostatní budovy |

Zdroj: (www.umad.de)

$$V_{vH} = \frac{n}{3600} \cdot V_m \quad (16)$$

Kde: n = intenzita výměny vzduchu; V_m = objem vzduchu v místnosti

Druhý druh ztráty větráním posuzujeme z hlediska objemového toku větracího vzduchu infiltrací. Jde o ztráty spárami oken a dveří. Tento objemový tok spočítáme ze vzorce:

$$V_{vP} = \sum (i_{LV} \cdot L) \cdot B \cdot M \quad (17)$$

Kde: $\Sigma(i_{LV}L)$ je součet provzdušností oken

i_{LV} je součinitel spárové provzdušnosti daný typem oken

L je délka spár oken

B je charakteristické číslo budovy, které se určí z tabulky č. 6

M je charakteristické číslo místnosti, které se určí z tabulky č. 7

Tabulka č. 6: Charakteristické číslo budovy B

| Krajinná oblast se zřetelem k intenzitě větru | Poloha budovy v krajině | Rychlost větru w (m/s) | Charakteristické číslo budovy B | |
|---|-------------------------|--------------------------|---------------------------------|----------------|
| | | | Řadové budovy | Osamělé budovy |
| Krajina normální | Chráněná | 4 | 3 | 4 |
| | Nechráněná | 6 | 6 | 8 |
| | Velmi nepříznivá | 8 | 9 | 12 |
| Krajina s intenzivními větry | Chráněná | 6 | 6 | 8 |
| | Nechráněná | 8 | 9 | 12 |
| | Velmi nepříznivá | 10 | 12 | 16 |

Zdroj: (Počinková 2005)

Tabulka č. 7: Charakteristické číslo místnosti M

| Vnitřní dveře | | Hodnota součinu $\Sigma(ILV.L)$ | Charakteristické číslo místnosti M |
|-------------------|-------|---------------------------------|------------------------------------|
| Těsnost | Počet | | |
| Netěsné bez prahů | 1 | <30.10 ⁻⁴ | 0,7 |
| | | 30-50.10 ⁻⁴ | 0,5 |
| | | >50.10 ⁻⁴ | 0,4 |
| | 2 | <60.10 ⁻⁴ | 0,7 |
| | | 60-100.10 ⁻⁴ | 0,5 |
| | | >100.10 ⁻⁴ | 0,4 |
| | 3 | <90.10 ⁻⁴ | 0,7 |
| | | 90-150.10 ⁻⁴ | 0,5 |
| | | >150.10 ⁻⁴ | 0,4 |
| Těsné s prahy | 1 | <15.10 ⁻⁴ | 0,7 |
| | | 15-25.10 ⁻⁴ | 0,5 |
| | | >25.10 ⁻⁴ | 0,4 |
| | 2 | <30.10 ⁻⁴ | 0,7 |
| | | 30-50.10 ⁻⁴ | 0,5 |
| | | >50.10 ⁻⁴ | 0,4 |
| | 3 | <45.10 ⁻⁴ | 0,7 |
| | | 45-75.10 ⁻⁴ | 0,5 |
| | | >75.10 ⁻⁴ | 0,4 |

Zdroj: (Počinková, 2005)

Pro výpočet celkové tepelné ztráty větráním vycházíme z vyšších hodnot objemového toku větráním. Výpočet celkové tepelné ztráty větráním H_V vypočteme ze vzorce:

$$H_V = 1300 \cdot V_{vH} (\theta_i - \theta_e) \quad (18)$$

3.3.4. Celkové tepelné ztráty budovy

Pro zjištění celkové tepelné ztráty musíme vypočítané hodnoty prostupnosti vynásobit rozdílem teplot mezi návrhovou vnitřní teplotou a výpočtovou vnější teplotou. Výpočtová vnější teplota se vyhledává v tabulce podle města, kde je počítána bilance budovy. Výřez výpočtových teplot je uveden v obrázku č. 3.

Obrázek č. 3: Výpočtové hodnoty podle měst – zdroj vytapeni.tzb-info.cz

| 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 |
| Bruntál | 546 | -18v | 2,7 | 255 | 3,3 | 271 | 4,8 | 315 |

3.3.5. Tepelné zisky budovy

K návrhu výkonu otopné soustavy potřebujeme vypočítat a analyzovat veškeré zisky, které v místnosti působí. Jde hlavně o vnitřní tepelné zisky, zisky z osob, zisky z osvětlení, z přístrojů nebo solární zisky.

3.3.5.1. Vnitřní tepelné zisky

Vnitřní tepelné zisky obsahují veškeré teplo, které je produkováno v objektu a které nepatří k topné soustavě. Dá se do nich zahrnout např. metabolické teplo, teplo spotřebičů nebo zisky z rozvodů teplé vody.

Započítání vnitřních zisků má výrazný vliv na výsledek energetické bilance. Proto je třeba ziskům dávat veliký důraz v přesnosti odhadů a výpočtů jednotlivých složek a raději využívat nižší hodnoty. Jelikož se výpočet bilance využívá k výpočtům topné soustavy, je výhodnější mít otopnou soustavu lehce předimenzovanou než poddimenzovanou.

Jelikož se zisky složitě počítají, v praxi se využívá spíše statistických odhadů a dlouhodobých zkušeností. Např. norma ČSN EN ISO 13 790 doporučuje pracovat s vyšší tepelných zisků 5 W/m^2 . Spíše se však využívá smluvních hodnot, které jsou nastaveny na hodnoty

- $2,1 \text{ W/m}^2$ pro rodinné a bytové domy
- $4,1 \text{ W/m}^2$ pro ubytovny apod.
- $3,5 \text{ W/m}^2$ pro administrativní a správní budovy
- $2,8 \text{ W/m}^2$ pro školy

Metabolické teplo se liší dle typu obytné budovy a dle doby, kdy je daný počet osob přítomen v budově. u bytových jednotek se počítá se 100 W na osobu, nehledě na věk a dále 100W na každé jednotce budovy, které vyjadřují teplo vyzařující ze spotřebičů. Výpočet by pak vypadal

Koeficient a by vyjadřoval počet jednotek v budově, koeficient b počet osob v budově a koeficient $0,7$.(ČSN EN ISO 13 790)

3.3.5.2. Tepelné zisky od lidských zdrojů

Teplo od lidských zdrojů existuje metabolické nebo citelné. Pro výpočet zisků od lidských zdrojů nás zajímá hlavně teplo citelné, které má hodnotu 62W u dospělého muže. U žen a dětí se toto teplo redukuje pomocí součinitele. U žen jde o koeficient 0,85; u dětí. Tepelné zisky od lidských zdrojů se vypočítají ze vztahu:

$$\begin{aligned} Q_i &= n_i \cdot 62 \cdot (36 - t_i) \\ n_i &= 0,85 \cdot n_z + 0,75 \cdot n_d + n_m \end{aligned} \quad (19+20)$$

Kde n_m = počet mužů; n_z = počet žen; n_d = počet dětí

3.3.5.3. Tepelné zisky od osvětlení

Zisky z osvětlení jsou také významné. Za tepelný zisk se předpokládá příkon z osvětlení, které je v místnostech umístěné. (Nový, 2006, str. 48) Většina z moderních svítidel je již na bázi LED osvětlení, takže tepelné zisky již nejsou takové, ale pokud jsou v místnostech umístěny zářivky nebo klasické žárovky s wolframovým vláknem, je osvětlení zdrojem tepla výrazným.

3.3.5.4. Solární zisky

Významným zdrojem v budovách jsou solární zisky. Nicméně, vzhledem k tomu, že je řešena problematika suterénních prostorů budov, tak tyto zisky zanedbáváme. Buď suterénní prostory okna nemají žádné nebo jsou pod úrovní terénu, kam přímé sluneční paprsky vůbec nedoléhají.

3.3.6. Výsledky tepelné bilance

Celkový výsledek tepelné bilance získáme odečtením tepelných zisků od tepelných ztrát dané budovy v časovém období. Výsledná hodnota dále slouží pro zjištění energetické náročnosti budovy, získání energetického štítku a také porovnání budovy s budovou referenční. Dále bilance slouží k získání potřebného výkonu, který je nutné místnosti nebo budově dodat otopnou soustavou. Výsledek tepelné bilance tedy přímo souvisí s návrhem a dimenzováním otopných soustav, kde hlavní typy otopných soustav použitelných pro suterénní prostory budov jsou popsány níže.

3.4. Otopné soustavy

Druhů a typů otopných soustav je vysoké množství, a proto je zde zcela všechny nebudeme uvádět. Nicméně níže budou uvedeny takové typy soustav, které jsou v suterénních prostorách realizovatelné bez toho, aby bylo nutné kompletně změnit celý otopný systém v budově.

Mezi hlavní typy otopných soustav co do využívaného média jsou buď soustavy vzduchové nebo soustavy teplovodní. Ve většině starších zástaveb jsou využívány soustavy teplovodní se zdrojem tepla, nejčastěji kotlem. Základní typy kotlů a spalovacích médií jsou popsány níže. i proto se bude práce věnovat především druhům soustav teplovodních.

3.4.1. Typy kotlů

Nejčastějším zdrojem tepla pro systémy ústředního vytápění je kotel. Kotel spaluje palivo, pro které je určen, a tím vzniká teplo pro otopnou soustavu a vytápění. Při rozdělení kotlů podle spalovaného paliva máme nejčastěji na zemní plyn (propan – butan), můžeme se však setkat i s kotli na tuhá paliva (dřevo, uhlí, koks), kotle na kapalná paliva (oleje) či elektrokotle. (Počinková, 2008, str.71).

Kotle teplovodní, nízkotlaké, radiační, kondenzační a průtočné jsou z hlediska paliva univerzální. Zbylé typy kotlů jsou určeny především pro tuhá paliva. U většiny domů jsou systémy kotlů postupně obměňovány za modernější – i díky podpoře státních dotací na výměnu zastaralých kotlů. Přesto ještě mnoho domů stále používá původní kotle, které už nevyhovují, hlavně z hlediska životního prostředí a vypouštění znečišťujících látek do ovzduší. Kotle nové mají vyšší účinnost spalování a tím také spotřebují méně paliva, pouze jsou finančně nákladné.

V Praze a velkých městech, kde jsou také teplárny jsou nejčastějšími zdroji tepla buď kondenzační kotle na zemní plyn, kde jsou přenosovým médiem do otopné soustavy nejčastěji voda. Z tepláren dodává do domů vodu horkovodu, který po redukci potrubí přenáší vodu až do jednotlivých těles.

3.4.2. Vedení otopné vody a druhy potrubí

Kotel, jako zdroj tepla otopné soustavy spalováním paliva vytváří teplo, které se přes výměník tepla přenáší do vody a následně do otopné soustavy. Otopné soustavy můžeme mít buď jednotrubkové nebo dvoutrubkové, kde mnohem využívanější jsou soustavy dvoutrubkové. Zde je vždy jedna trubka přívodní a druhá zpětná. Soustava může být také s přirozeným oběhem otopné vody nebo s nuceným oběhem. Nucený oběh je realizován pomocí čerpadel. Návrh čerpadla pro nucený oběh vody, tzv. oběhového čerpadla, vyžaduje znát parametry jako maximální dopravovanou výšku soustavy či délku potrubí soustavy. Hlavní nevýhodou nuceného oběhu je nutnost elektrické energie pro chod čerpadla.

Potrubí, kterým vedeme otopnou nebo zpětnou vodu otopné soustavy mohou být z různých materiálů. Mezi dříve používaný materiál na potrubí patřila hlavně ocel nebo mosazné prvky. Dnes k těmto materiálům můžeme přidat ještě plast nebo měď. Potrubní vedení tepla ovšem přináší několik problémů. Jedním z nich je použití a zvolení správného průměru použitého potrubí. Druhým problémem potrubní sítě je fakt, že většinou není hlavním cílem, aby potrubí vytápělo prostor. Z tohoto důvodu musíme předpokládat i se ztrátami tepla nebo dostatečným izolováním potrubí k otopným tělesům.

3.4.2.1. Výpočet potrubí dvoutrubkového systému v závislosti na výkonu

Výpočet průměru potrubí závisí na několika důležitých faktorech – na přenášeném výkonu, na teplotě otopné soustavy, na potřebné teplotě v místnosti, atd. Nejde zcela o výpočet snadný. Proto je třeba celý systém vedení rozdělit podle jednotlivých úseků a pro každý úsek spočítat potřebný průměr potrubí podle vzorce:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot c \cdot \Delta\theta \cdot \rho \cdot v}} \quad (21)$$

Kde: Q = výkon otopných těles ve větvi (W); v = rychlost proudění vody (m/s)

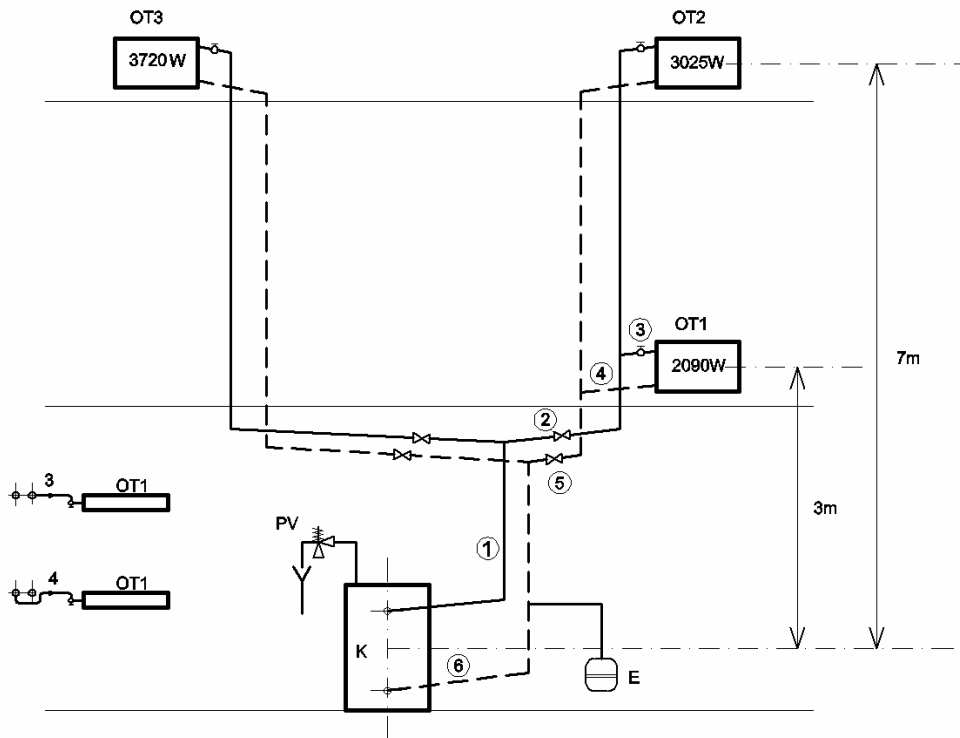
c = měrná tepelná kapacita vody dané teploty (J/Kg.K);

ρ = hustota vody dané teploty (Kg/m³); $\Delta\theta$ = teplotní spád (°C)

(prof. Kabele Karel, podklady pro předmět TBA1, ČVUT)

Jako příklad dimenzování a rozdělování na jednotlivé větve soustavy pomůže ukázka z obrázku č. 4:

Obrázek č. 4: Ukázka rozdělení potrubí na jednotlivé úseky



Zdroj: (Adamovský R., výpočet potrubní sítě)

3.4.2.2. Výpočet průměru tepelné izolace dle vyhlášky 193/2007

Vyhláška 193/2007 stanovuje podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie. Definiuje parametry otopné vody, izolací vnitřního rozvodu a mimo jiné také součinitel prostupu tepla potrubím podle použitého průměru trubky. Z těchto hodnot jsme pak schopni určit minimální tloušťku izolace, aby tepelné ztráty prostupem s izolací byly pod touto hodnotou. Tloušťka izolace se pak určuje ze vztahu níže, který je zjednodušený o hodnotu přestupu tepla mezi médiem a stěnou trubky. Tloušťku izolace vyjádříme ze vzorce jako hodnotu s_{iz} .

$$U_0 = \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_t} \cdot \ln \frac{d}{d - 2 \cdot s_t} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_{iz}} \cdot \ln \frac{D}{d} + \frac{1}{\alpha_e \cdot D}} \quad (22+23)$$

$$D = d + 2 \cdot s_{iz}$$

Kde: λ_t = součinitel tepelné vodivosti trubky (W/m.K)

d = průměr potrubí (mm)

s_t = tloušťka stěny trubky (mm)

λ_{IZ} = součinitel tepelné vodivosti izolace (W/m.K)

α_e = součinitel přestupu tepla na vnějším povrchu potrubí (W/m².K)

s_{IZ} = tloušťka izolace (mm)

(vytapani.tzb-info.cz/.../44)

3.4.3. Druhy otopných soustav teplovodních

Princip teplovodních otopných soustav je přenášení tepla konvekcí nebo sáláním z otopných ploch do místnosti. Přenos tepla konvekcí je hlavně u systémů otopných těles, která můžeme dělit na:

- článková
- desková
- trubková
- konvektory

Mezi sálavé otopné systémy pak zařazujeme hlavně podlahové vytápění, stěnové vytápění nebo stropní vytápění.

Volba typu těles vychází z provozních potřeb místností, konstrukčního provedení místnosti a dalších faktorů. Vhodně navržené otopné těleso je základním předpokladem k zajištění tepelné pohody v místnosti. Otopná tělesa umísťujeme zásadně na nejvíce ochlazované části místnosti. Nejčastěji jde o plochy v kontaktu s vnějším prostředím, okenní otvory či prosklené plochy. Výkon jednotlivých těles a množství těle závisí na dispozici místnosti a potřebě energie získané z otopné soustavy, která vychází z výpočtu tepelné bilance.

3.4.3.1. Článeková tělesa

Článeková tělesa jsou nejčastěji z litiny, oceli nebo slitin hliníku. Jejich hlavní výhodou je v možnosti navyšování nebo ponížování výkonu při realizaci otopné soustavy přidáváním jednotlivých článků otopného tělesa. Tělesa se vyrábějí v hloubkách článku 70, 110 a 160mm. Článeková tělesa se vyrábějí v přípojovacích roztečích 350 – 900mm podle výrobce. Skutečná výška tělesa je pak o 60 – 100mm vyšší. Výkon článkového tělesa se určuje ze vztahu:

$$Q_T = n_c \cdot q_1 \quad (24)$$

kde: n_c = počet článků (-)

q_1 = tepelný výkon jednoho článku (W)

(Počinková, 2005, str. 46)

3.4.3.2. Desková tělesa

Základní přestupní plocha je tvořena tvarovanou deskou s horizontálními a vertikálními kanálky. Deska je tvořena z lisovaných ocelových plechů spojených sváry. Tělesa jsou v provedení jednořadém, dvouřadém nebo třířadém. Tělesa mají malý objem vody a tím umožňují pružnou reakci na regulační zásah. Vyráběna jsou v rozměrové škále hloubek od 47 – 155mm, výšek 300 – 900mm a délek 400 – 3000mm. (Počinková, 2005, str. 48) Podle velikosti tělesa jsou pak už od výrobce uvedeny všechny údaje, včetně přenášeného výkonu.

3.4.3.3. Trubková tělesa

Tělesa jsou tvořena vodorovným nebo svislým trubkovým registrem nebo trubkovým hadem. Mezi nejpoužívanější patří tzv. koupelnové žebříky. Topné vodorovné profily tvoří ocelové trubky kruhového průřezu. Tyto profily jsou buď rovné nebo oblé. Koupelnové žebříky lze kombinovat mezi teplovodní soustavou a elektrickým vytápěním. Je však nutné při návrhu dávat pozor na připojení k elektrické energii a dostatečně blízkou zásuvku. Tělesa jsou vhodná i do chodeb, hal či místností sociálního zařízení. (Čuprová, 2012)

3.4.3.4. Konvektory

Konvektory se dle místa osazení rozdělují na povrchové, umístěné nad podlahou a podpovrchové. Povrchový konvektor je plechová skříň s čelní mřížkou, kde je ve spodní straně otopný žebrový registr. Osazení se provádí na stěnu. Všechny konvektory pracují s přirozeným oběhem vzduchu.

Přímo do konstrukce podlahy se umísťují podlahové konvektory, často i do zimních zahrad. Tyto konvektory jsou často osazeny axiálním ventilátorem a čelní plocha je kryta pochozí hliníkovou mřížkou. Konvektory s ventilátorem se vyrábějí ve výškách od 63 do 150mm s maximální délkou 3000mm. (Počinková, 2005, str. 50)

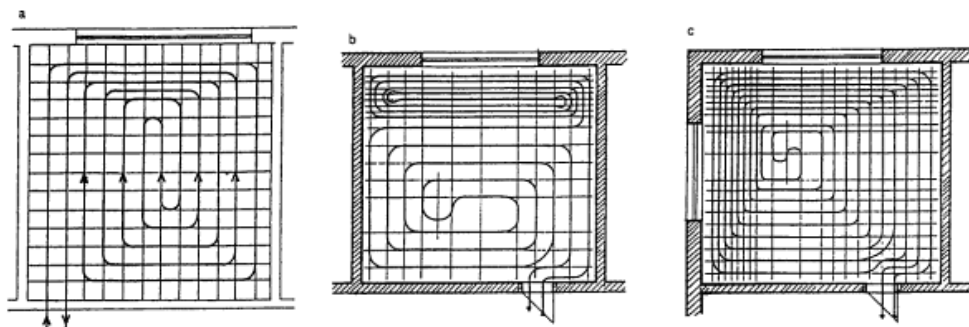
3.4.3.5. Podlahové vytápění

Podlahové vytápění je vhodné pro všechny typy staveb s dobrými tepelnotechnickými vlastnostmi, dostatečně velkou podlahovou plochou a vhodnou podlahovou krytinou. Při využívání tohoto systému lze snížit teplotu v místnosti o 1 - 3°C, což má za důsledek snížení nákladů na vytápění. V místnosti s podlahovým vytápěním je rozložení teploty ve výšce místnosti rovnoměrné a přibližuje se ideálnímu teplotnímu profilu. Nevýhodou tohoto systému je delší tepelná setrvačnost, měrný výkon vytápění závisí také na rozdílu teplot povrchu podlahy a vzduchem.

Nejvhodnějšími podlahovými krytinami s použitím podlahového vytápění jsou takové, které mají vysokou tepelnou vodivost – dlaždice, kámen, ale lze využít i jiné. Voda v podlahovém vytápění vede skrz plastové trubky PE-X (polyetylén), kde jednotlivé okruhy musí být v kuse, nesmí se dělit a jsou vedeny v podlaze na systémové desce nebo montážních lišt. Trubky se následně betonují topným potěrem.

Jednotlivé větve podlahového vytápění jsou v rámci patra seskupeny v jednom nebo maximálně dvou místech tak, aby mohly být vhodně napojeny na zbylý systém otopné soustavy domu. Toto sjednocení se děje v rozdělovačích a sběračích usazených v servisní typové skříni. (Počinková, 2005, str.55-62) Ukázky pokládky podlahového vytápění jsou ukázány v obrázku č. 5 a 6.

Obrázek č. 5: Ukázka pokládky podlahového vytápění



Zdroj: (tzb-info.cz/docu/clanky/0034/003442o5.gif)

Obrázek č. 6: Ukázka potrubí a rozdělovače podlahového vytápění



Zdroj: (ceskestavby.cz)

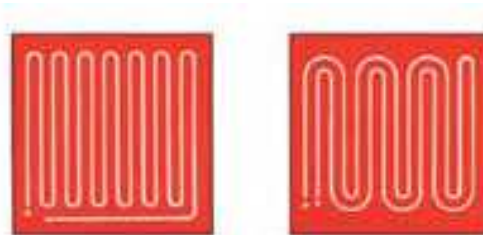
3.4.3.6. Stěnové a stropní vytápění

Stěnové a stropní vytápění mají podobný původ jako podlahové vytápění, ale přináší určité přednosti. Vytváří ideální teplotní klima, je flexibilní v projektování a přináší široké možnosti použití, včetně možnosti chlazení. Princip spočívá v uložení topných trubek pod tenkou vrstvou omítky.

Skladba systémů je nejprve v zakotvení fixačních lišt každých 500mm, následná instalace potrubí 12x2mm PEX-EK do předem připravených úchytlů a následné 2 vrstvy vápenocementové omítky o tloušťce min. 35mm. Stejně, jako u systému podlahového nelze jednotlivé větve a meandry přerušovat a k dělení jednotlivých větví slouží rozdělovače a sběrače.

Potrubí stěnového či stropního vytápění je možné pokládat různými způsoby. Těmi hlavními jsou tzv. meandry. První možností meandru je vedení jednotlivých smyček potrubí z jedné strany místnosti na druhou a na konci se smyčka uzavírá vedením podél stěny. Druhou možností meandru je vedení dvou smyček vedle sebe z jedné strany na druhou. Lepší popis ukazuje obrázek č. 7.

Obrázek č. 7: Ukázka meandrů stěnového vytápění



Zdroj: (vytapani.tzb-info.cz/otopne-plochy/9373)

Výpočet potřebné plochy stěnového a stropního vytápění vychází z teplotního spádu otopné vody a následného využitelného rozdílu teplot mezi střední hodnotou otopné vody a požadovanou teplotou místnosti. Z využitelné teploty jsme pak podle závislosti mezi topným výkonem 1m^2 schopni určit potřebnou plochu vytápění.

4. Současný stav sledované problematiky

Sledovaný a řešený prostor se nachází v centru Prahy, ve starší zástavbě městské části Prahy 3, v části Vinohrady. V celé lokalitě jsou vystavěny činžovní domy s nosným cihlovým zdívkem. Ve většině těchto domů jsou vystavěny a umístěny prostory, které jsou k užitku majitelů domů. Buď jde o sklepní kóje nebo společné místnosti. Tyto místnosti bývaly dříve užívány a využívány pro účely společných prádelen, sušáren či např. kočárkáren. Všechny tyto prostory jsou většinou umístěny v suterénu domu. S příchodem moderní doby, kdy se vše postupně decentralizuje, dochází k postupnému opouštění od užívání společných prostorů domů. Tyto prostory pak zůstávají volné, prázdné, bez možného dalšího užití či snahy majitelů o jejich užívání.

4.1. Stávající stav vybraného suterénního prostoru

Vybraný suterénní prostor se nachází na adrese Lucemburská 42, Praha 3 Vinohrady. Dříve byl tento suterénní prostor využíván jako prádelna, nicméně už od 90. let byl tento prostor prázdný. Od roku 1996 tento prostor využívá Pionýr, z.s. – 117. pionýrská skupina Kalich jako klubovnu pro pravidelnou činnost pro děti a mládež. Z tohoto důvodu a zvýšeného pohybu a pobytu osob je nutné, aby v tomto prostoru byla optimální pohoda prostředí a vlhkost vzduchu.

4.1.1. Vlhkost vzduchu, vlhkost stěn

Vlhkost vzduchu a vlhkost stěn jsou často problematickými prvky právě suterénních prostorů. U domů, o které se příliš dlouhodobě nepečuje, včetně tohoto vybraného, a až po letech se provádí globální rekonstrukce a obnovy, často dochází a docházelo k problematice zvýšené vlhkosti stěn a následné zvýšené vlhkosti vzduchu, včetně vzniku plísní a hub. K tomu dochází hlavně z důvodu dožilých vertikálních a horizontálních hydroizolací či dalších nevhodných úprav při rekonstrukcích. Přesně tento případ poruchy byl zjištěn a trval mezi roky 2009 a 2015, kdy se skupina marně pokoušela o zajištění nápravy, ať už u majitele domu nebo majitele bytové jednotky. Dopadem těchto poruch byly hlavně plísně na omítkách a vysoká vlhkost stěn a vzduchu. Tím se stal postupně prostor zdravotně a hygienicky nevyhovující pro pravidelnou činnost.

Použitím vhodných metod sanací suterénních prostor můžeme aktivně snižovat vlhkost zdiva i vzduchu, čímž dosáhneme lepšího mikroklimatu v místnosti. Nejvhodnějšími metodami jsou takové, které zabraňují příčinám vzniku plísní a vlhkosti. Tyto metody jsou často finančně nákladné a jsou vyžadovány úpravy, ať už terénu v okolí domu či na úrovni nosného zdiva. Při analýze a výběru vhodné metody byla zjištěna vysoká nákladnost sanací, pokud bychom měli obnovovat vertikální a horizontální izolace. Proto bylo přikročeno k metodě představení příčky s pasivním větráním mezi původní nosnou zdí a představenou příčkou. Během sanací došlo k sundání a vyvezení původních omítek (v dané chvíli plných mikroorganismů plísní a hub) až na úroveň zdiva. Následně byla před nosné zdivo postavena nová příčka z plných vápenopískových cihel. Tyto cihly oproti klasickým (červeným) cihlám mají výhodu v mnohem nižší nasákavosti. Do příčky bylo vestavěno množství pasivních větráků. Z důvodu umístění místnosti pod úroveň místnosti nemohlo být použito pasivního větrání z exteriéru. Na hotovou příčku a na okolní nosné zdi bylo aplikováno sanačních omítek, aby se v budoucnu minimalizovalo riziko opětovného vlhnutí. Tyto sanace proběhly v roce 2015 a výrazně se tím zlepšil pocit z celé místnosti. Také došlo k výraznému snížení nebezpečí opětovného vzniku plísní.

Od té doby se neobjevují žádné známky opětovného vzniku či šíření vlhkosti, okolní zdivo je také suché. Mohli bychom polemizovat nad tím, zda i původní nosná zeď je „sušší“ či touto sanační metodou došlo pouze k odstranění důsledků poruchy. S touto možností se ovšem počítalo již během analýzy.

I z hlediska snižování vlhkosti v prostoru je velmi důležité, jakým způsobem je v prostoru řešena otopná soustava, a zda lepší komplexní řešení otopné soustavy také nemůže napomoci zlepšování kvality vzduchu v prostoru a snižování vlhkosti na zdivu či ve vzduchu.

4.1.2. Stávající stav otopné soustavy

Otopná soustava v domě je centralizovaná, tedy hlavním prvkem je kotel a na něj jsou ze stoupaček paralelně napojovány jednotlivé jednotky a otopná tělesa. Spotřeba tepla je rozpočítávána v závislosti na velikosti každé jednotky, reálnou spotřebu tepla z každého otopného tělesa (každé otopné těleso je opatřeno měřícím přístrojem) a následně je celková spotřeba upravována koeficienty, kde je zohledňován počet obvodových stěn, v jakém patře jednotka je, atd.

Otopná soustava, která je v suterénním prostoru klubovny je z hlediska funkce velmi nešťastná. Celým prostorem pod stropem prochází pouze dvoje potrubí, jedno přívodní a druhé zpětné. Soustavu tak v rámci využívání prostoru není možné jakkoli regulovat. Druhým problémem je, že na přívodním potrubí, které prochází prostorem je také umístěno čidlo na měření spotřeby tepla, které ale není možné jakkoli regulovat a dochází tím ke zbytečnému navyšování nákladů pro vytápění. Často se totiž stává, že při pobytu většího množství dětí či osob v prostoru dojde náhle k přetopení a při nemožné regulaci soustavy je nutné větrat, což je opět hlediska nákladů na vytápění nevýhodné. Plánek vedení otopného potrubí je uveden na obrázku č. 8.

Parametry současné otopné soustavy v suterénním prostoru jsou:

Materiál potrubí: ocel pozinkovaná

Délka potrubí v místnosti: 7m

Průměr potrubí vnější: 76,1mm

Průměr potrubí světlý: 2 ½ " = 65mm

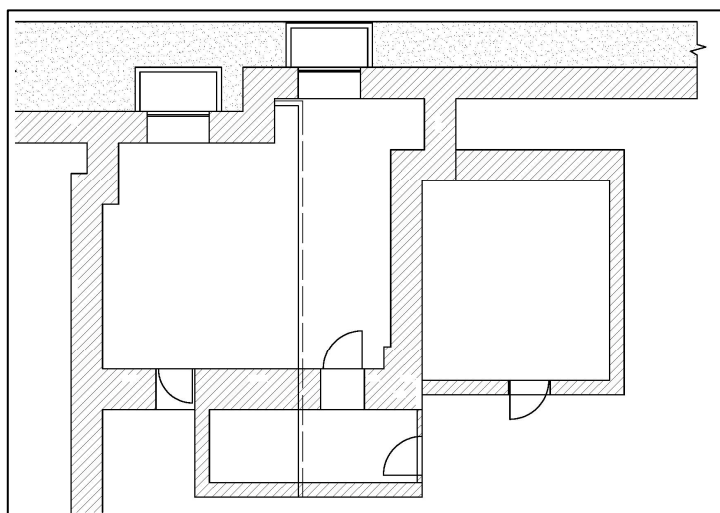
Izolační vrstva a materiál okolo potrubí: 0mm

Výška potrubí od podlahy prostoru: 2,3m

Teplota na přívodní větvi změřené přístrojem: 48,5°C

Teplota na zpětné větvi změřené přístrojem: 35,7°C

Obrázek č. 8. Půdorys suterénního prostoru; znázornění současné otopné soustavy



4.1.2.1. Náklady na současné vytápění prostoru

V letech, kdy byly zimy spíše slabší a nebylo nutné tolik prostory a celý dům vytápět, jsou náklady nižší. Částky to nejsou vysoké, ale přesto, pokud by bylo teplo do prostoru dodáváno optimálně, náklady ještě více klesnou. Hodnoty nákladů za vytápění jsou uvedeny v tabulce č. 8.

Tabulka č. 8: Náklady na vytápění za rok

| Rok | Částka hrazená za teplo |
|------|-------------------------|
| 2014 | 4 378,58 Kč |
| 2015 | 3 774,93 Kč |

4.1.2.2. Výhody a nevýhody současného stavu

Jak je patrné, současný stav není optimální, ať už z hlediska ročních nákladů či z hlediska samotné efektivity a výtěžnosti otopné soustavy. Samotný fakt, že soustavu v rámci jednotky nelze jakkoli regulovat je jasným ukazatelem, že je nutné stav zlepšit.

Výhody stavu

- Minimální rozvody
- Nulové náklady do modernizace soustavy v posledních letech

Nevýhody stavu

- Nulová možnost regulace soustavy
- Neefektivnost vytápění
- Drahý provoz
- Nulový dopad soustavy na problematiku vlhkosti

4.1.3. Kotel a parametry kotle

V roce 2015 byl kotel vyměněn za nový. Současný zdroj tepla v domě je kondenzační kotel Buderus GB312 o výkonu 2x90kW. Celkově je tak pro dům osazen zdroj tepla o výkonu 180kW. Kotel pracuje na teplotním spádu 50°C/30°C. Rozměry každého těles kotle jsou: výška / šířka / délka / hmotnost; 1517mm / 994mm / 717mm / 205Kg.

5. Vlastní řešení

Realizace vlastního řešení je postavena na myšlence co nejvyšších úspor na vytápění zmiňovaného suterénního prostoru a zároveň z hlediska otopné soustavy o úpravu tak, aby byla soustava snadno regulovatelná, aby prostor nebyl zbytečně vytápěn nad teploty minimální či doporučené. Toho docílíme maximálním omezením přenosu tepla z prvků soustavy, které nelze regulovat a zároveň maximalizovat efektivitu přenosu tepla do prostředí z jednotlivých regulovaných otopných těles.

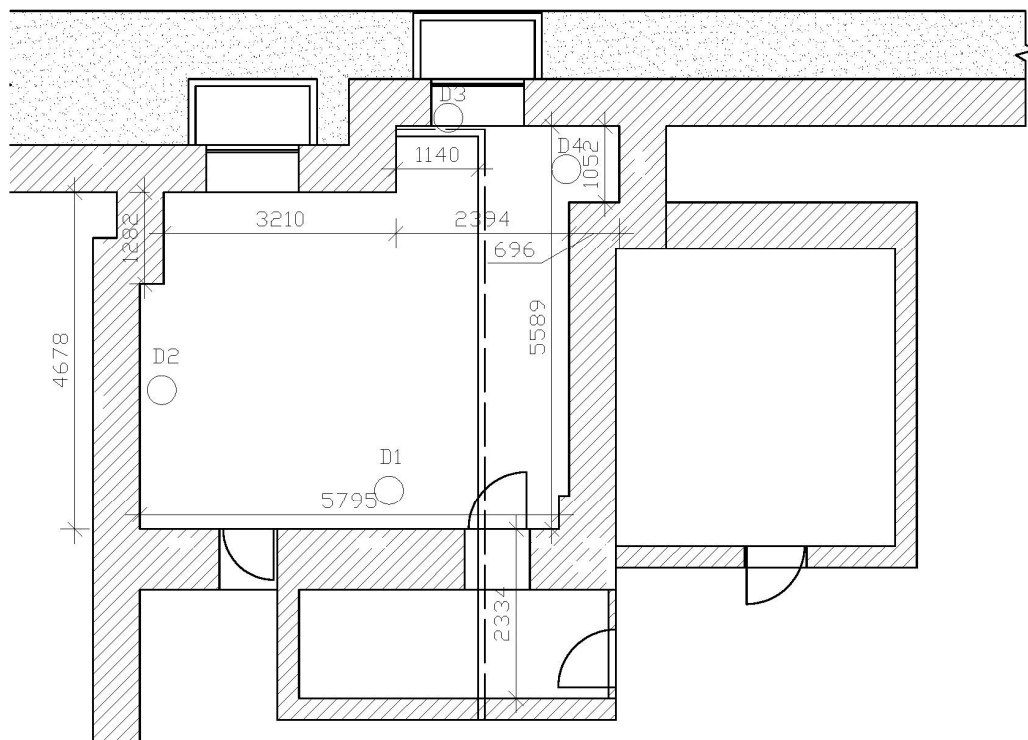
Jednotlivé kroky návržení vlastního řešení otopné soustavy lze definovat takto:

- Dlouhodobým měřením zjistit současné teploty a vlhkosti v prostoru
- Na základě analýzy dat zhodnotit potřebnost optimalizace vytápění
- Snížit náklady na vytápění izolováním neregulovatelných prvků soustavy
- Výpočtem zjistit výkon potřebný pro vytápění místnosti
- Zhodnotit možnosti (typ a výkon) otopných soustav
- Sestavit dvě varianty optimalizace vytápění
- Na základě nákladů na vytápění zvolit vhodnou variantu
- Určit náklady na optimalizaci soustavy

5.1. Dlouhodobá měření provedená v prostoru

Ve zvoleném suterénním prostoru došlo k dlouhodobým měřením, která proběhla ve dnech od 2.3.2017 19:30 do 6.3.2017 11:00. Pro měření byly použity přístroje od firmy Comet měřících teplotu a relativní vlhkost vzduchu. Dataloggery byly umístěny v místnosti v různých částech a výškách tak, aby byl vzorek dat co nejvíce odpovídající realitě celé místnosti. Dataloggery byly nastaveny pro měření hodnot každých 15 minut. Umístění dataloggerů bylo ve výškách D1 70cm; D2 180cm; D3 120cm; D4 90cm. Umístění z hlediska místnosti je vyobrazeno na obrázku č. 9.

Obrázek č. 9: Umístění dataloggerů pro dlouhodobá měření



5.1.1. Výsledky analýzy optimalizace vytápění prostoru

Z dat dlouhodobých měření v místnosti jsme byli schopni získat průměrnou hodnotu a směrodatnou odchylku od průměrných hodnot teplot a vlhkosti. Jednotlivé výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 9.

Tabulka č. 9: Výsledky naměřených hodnot z dataloggerů

| Označení místa měření | Teplota vzduchu (°C) | Vlhkost vzduchu (%) |
|-----------------------|----------------------|---------------------|
| D1 | 23,012 ± 0,199 | 49,625 ± 0,878 |
| D2 | 23,149 ± 0,151 | 48,292 ± 0,718 |
| D3 | 21,490 ± 0,131 | 54,396 ± 1,012 |
| D4 | 21,297 ± 0,087 | 53,140 ± 0,769 |

Jak je patrné z obrázku č. 9, byla místa měření D1 a D2 umístěna ve větší vzdálenosti od obvodového zdiva. Místo měření D3 bylo umístěno poblíž okna, místo měření D4 pak v místě, kde se v minulých letech řešila problematika zvýšené vlhkosti stěn a byla v těchto místech prováděna sanační opatření. Z výsledků dlouhodobých měření je viditelné, že v místech dále od obvodového zdiva místnosti jsou teploty vzduchu o skoro 2°C oproti místům u oken či obvodového zdiva. Také vlhkost vzduchu je u obvodového zdiva a oken

vyšší. Příčinou vyšší hodnoty vlhkosti vzduchu mohou být ještě důsledkem postupného vysoušení stěn a prostoru po provedených sanacích v roce 2015.

Výpočtové hodnoty teplot vzduchu pro jednotlivé typy obytných a průmyslových místností jsou uvedeny v tabulce č. 10, která slouží pro výpočet tepelných ztrát budov dle ČSN 73 0540-2. (Nový, 2006, str. 49)

Tabulka č. 10: Výpočtová vnitřní teplota ve vytápěných místnostech

| Druh vytápěné místnosti | ti (°C) |
|--|---------|
| Obývací pokoje, jídelny, dětské pokoje | 20 |
| Kuchyně | 20 |
| Koupelny | 24 |
| Kanceláře | 20 |
| Učebny, rýsovny, laboratoře | 20 |
| Pokoje pro nemocné | 22 |

Zdroj: (Nový, 2006)

Suterénní prostor využívaný pro občasné schůzky pro děti bychom mohli považovat z hlediska výpočtů na stejné úrovni, jako učebny či dětské pokoje. Porovnáním hodnot výpočtových a naměřených zjišťujeme fakt, že místnost je zbytečně přetápěna a tím se i zvyšují náklady na vytápění. Pokud se dlouhodobě bude teplota vzduchu udržovat mezi 20 - 21°C, bude tím dosaženo pohody prostředí a zároveň se tím optimalizují náklady na vytápění. V důsledku, aby bylo dosaženo optimalizace, je nutné upravit otopnou soustavu.

5.2. Snížení nákladů na vytápění izolováním neregulovatelných prvků

Abychom byli schopni optimálně regulovat a využívat otopné soustavy, je nutné minimalizovat prvky soustavy, které regulovat nelze. Těmito prvky v daném prostoru jsou hlavně přívodní a vratné potrubí. Ke snížení nákladů nám pomůže izolace potrubí takové, aby ztráta prostupem izolace vyhovovala vyhlášce 193/2007, kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu. Tloušťku potřebné izolace zjistíme z výpočtu prostupu tepla, který je uveden níže. K výpočtu potřebujeme součinitele tepelné vodivosti izolačních materiálů.

5.2.1. Výpočet tloušťky izolace

Pro výpočet tloušťky izolace musíme vycházet z parametrů, které v prostoru již jsou zavedeny. Jde o prvky z vlastností potrubí, teploty média, teploty a vlhkosti v místnosti a také materiály a vlastnosti materiálů izolací.

Samotný výpočet lze dnes provádět pomocí programu. Volně dostupná je i aplikace pro výpočet tloušťky izolace dostupná ze stránek vytapeni.tzb-info.cz. Po dosazení známých hodnot dochází ke zjištění, že potřebná předpokládaná izolace je 50 – 70mm. Z důvodu potřebné tloušťky izolace odpadá možnost použití většiny prodáváných izolací. Pro použití na potrubí zůstávají pouze tyto možnosti s parametry:

Tabulka č.11: Typy izolací pro potrubí 50 – 70mm tloušťky

| Typ izolace | Materiál | Oblast použití (°C) | délka (m) | Součinitel tep. vodivosti (W/m.K) |
|-------------------------|--------------|---------------------|-----------|-----------------------------------|
| Rockwool PIPO ALS | kamenná vlna | od +15 do +250 | 1 | 0,037 |
| PAROK Section AluCoat L | kamenná vlna | od +15 do +250 | 1,2 | 0,035 |

Vzorec pro určení součinitele prostupu tepla válcovou stěnou potrubí, pokud zanedbáme tepelný odpor při přestupu tepla mezi médiem a stěnou trubky můžeme definovat takto:

$$U_0 = \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_t} \cdot \ln \frac{d}{d - 2 \cdot s_t} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_{iz}} \cdot \ln \frac{D}{d} + \frac{1}{\alpha_e \cdot D}} \quad (W / mK) \quad (25)$$

$$D = d + 2 \cdot s_{iz} \quad (mm) \quad (26)$$

Kde:

λ_t = součinitel tepelné vodivosti potrubí

d = vnější průměr potrubí

s_t = tloušťka stěny potrubí

λ_{iz} = součinitel tepelné vodivosti izolace

α_e = součinitel přestupu tepla na vnějším povrchu potrubí

U_o = součinitel prostupu tepla izolovaného potrubí

Tabulka č. 12: Určující součinitele prostupu tepla pro vnitřní rozvody dle 193/2007

| DN (mm) | U_o (w/m.K) |
|---------------|---------------|
| DN10 - DN15 | 0,15 |
| DN20 - DN32 | 0,18 |
| DN40 - DN65 | 0,27 |
| DN80 - DN125 | 0,34 |
| DN150 - DN200 | 0,40 |

Po upravení vzorce a určení výsledných vypočtených hodnot tloušťky izolace se dostáváme i k celkovým nákladům na izolaci potrubí.

Tabulka č. 13: Vypočtené a navržené tloušťky izolací potrubí

| Typ izolace | Tloušťka izolace (mm) | Použitá izolace (mm) | Cena za m (Kč) | Cena na potrubí (Kč) |
|-------------------------|-----------------------|----------------------|----------------|----------------------|
| Rockwool PIPO ALS | 47,8 | 50 | 166,98 | 1168,86 |
| PAROK Section AluCoat L | 44,7 | 50 | 227,48 | 1592,36 |

Zdroj: (Vlastní)

5.2.2. Určení tepelného zisku potrubí před použitím izolací

Abychom měli k dispozici také současný výkon dodávaný do místnosti vytápěním, můžeme výpočtem zjistit výkon, který přechází potrubím do okolního prostředí. Vyhláška 193/2007 Sb. udává hodnoty tepelného výkonu neizolovaného potrubí v závislosti na průměru potrubí a teplotě vody v trubce. Hodnoty, které jsou uvedeny v tabulce č. 14 jsou určující pro horizontální potrubí a jsou vztaženy vždy na 1m délky potrubí.

Tabulka č. 14: Směrné hodnoty výkonu neizolovaného horizontálního potrubí

| Potrubí | Vnitřní | Teplota vody v trubce (°C) | | | | | | | | |
|---------|-----------|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|
| | výpočtová | 90 | 85 | 80 | 75 | 70 | 65 | 60 | 55 | 50 |
| | teplota | Tepelný výkon neizolovaného potrubí | | | | | | | | |
| DN | ti (°C) | W/m | | | | | | | | |
| 10 | 20 | 35 | 30 | 30 | 25 | 25 | 20 | 15 | 15 | 10 |
| 15 | 20 | 45 | 40 | 35 | 30 | 30 | 25 | 20 | 20 | 20 |
| 20 | 20 | 55 | 50 | 45 | 40 | 35 | 30 | 25 | 25 | 30 |
| 25 | 20 | 70 | 60 | 55 | 50 | 45 | 40 | 30 | 30 | 30 |
| 32 | 20 | 85 | 75 | 70 | 60 | 55 | 50 | 40 | 40 | 35 |
| 40 | 20 | 95 | 85 | 80 | 70 | 60 | 55 | 50 | 50 | 40 |
| 50 | 20 | 115 | 105 | 90 | 85 | 75 | 65 | 55 | 55 | 50 |
| 65 | 20 | 165 | 155 | 145 | 130 | 120 | 105 | 95 | 80 | 65 |

Zdroj (193/2007 Sb.)

Z tabulky zjišťujeme, že při teplotě vody 50°C a průměru trubky DN 65 je tepelný výkon získaný z potrubí 65W/m. Při délce potrubí v místnosti 6,65m získáváme tepelný výkon 432W.

5.3. Výpočet tepelných ztrát suterénního prostoru

Aby bylo možné optimalizovat v suterénním prostoru otopnou soustavu, musíme k tomu znát tepelné ztráty, které z místnosti odcházejí stěnami, stropem, podlahou či okenními a dveřními otvory. Z vypočtených hodnot lze určit vhodný výkon otopné soustavy do místnosti.

5.3.1. Výpočet tepelné ztráty podlahou

$$B' = \frac{A}{0,5 \cdot P} = \frac{30,107}{0,5 \cdot 24,584} = 2,449$$

Pro výpočet je nutné znát jednotlivé vrstvy podlahy a jednotlivé tepelné vodivosti. Jako podlahová krytina je použito koberce, pod ním linoleum tenké, betonová stěrka a podkladní beton. Tepelný součinitel vodivosti nepromrzlé zeminy $\lambda=1,23\text{W/m.K}$.

Tabulka č. 15: Tepelné odpory a jednotlivé vrstvy podlahy

| Vrstva podlahy | Tepelný odpor vrstvy (m ² K/W) |
|-----------------|---|
| Koberec | 0,1 |
| Linoleum | 0,02 |
| Betonová stěrka | 0,01 |
| Podkladní beton | 0,23 |

Zdroj: (Vlastní)

$$d_t = w + \lambda \cdot (R_{si} + R_f + R_{sa}) = 0,65 + 1,23 \cdot (0,1 + 0,1 + 0,02 + 0,01 + 0,23 + 0,04) = 1,265$$

$$U = \frac{\lambda}{0,475 \cdot B' + d_t} = \frac{1,23}{0,475 \cdot 2,449 + 1,265} = 0,507 \text{ W / m}^2 \text{ K}$$

K dokončení výpočtu je potřebné znát návrhové teploty jednotlivých částí v okolí místnosti. Tyto hodnoty vycházejí z podkladů, že jde o suterénní prostor, který je v Praze.

Tabulka č. 16: Návrhové teploty pro určení tepelných ztrát

| Typ prostředí | Výpočtová teplota (°C) |
|---------------------------------|------------------------|
| Venkovní teplota | -12 |
| Teplota zeminy pod podlahou | 5 |
| Teplota stěny pod povrchem 2-3m | 3 |
| Návrhová teplota v místnosti | 20 |
| Teploty v okolních místnostech | 18 |

Zdroj: (Vlastní)

$$Q_z = A \cdot U \cdot \Delta t = 30,107 \cdot 0,507 \cdot 15 = 228,96 \text{ W}$$

5.3.2. Výpočet tepelné ztráty stěnou sousedící se zeminou

$$d_w = \lambda \cdot (R_{si} + R_w + R_{se}) = 1,23 \cdot (0,04 + 0,733 + 0,13) = 1,11$$

$$U_{Bw} = \frac{2 \cdot \lambda}{\pi \cdot z} \cdot \left(1 + \frac{0,5 \cdot d_w}{d_t + z} \right) \cdot \ln \left(\frac{z}{d_w} + 1 \right) = \frac{2 \cdot 1,23}{\pi \cdot 1,8} \cdot \left(1 + \frac{0,5 \cdot 1,11}{1,11 + 1,8} \right) \cdot \ln \left(\frac{1,8}{1,11} + 1 \right) = 0,497 \text{ W / m}^2 \text{ K}$$

$$Q_s = A \cdot U \cdot \Delta t = 15,001 \cdot 0,497 \cdot 17 = 126,735 \text{ W}$$

5.3.3. Výpočet tepelné ztráty ostatních stěn

K výpočtu tepelné ztráty zbylých stěn potřebujeme znát skladbu stěny. Tato skladba je popsána v tabulce č. 17.

Tabulka č. 17: Skladba ostatních stěn místnosti

| Typ vrstvy stěny | Tloušťka vrstvy (m) | Součinitel tepelné vodivosti λ (W/m.K) |
|------------------------|---------------------|--|
| Vápenocementová omítka | 0,01 | 0,88 |
| Zdivo cihelné plné | 0,65 | 0,78 |
| Vápenocementová omítka | 0,01 | 0,88 |

Zdroj: (Vlastní)

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{1}{0,04 + \frac{0,01}{0,88} + \frac{0,65}{0,78} + \frac{0,01}{0,88} + 0,13} = \frac{1}{1,026} = 0,975 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}$$

$$Q_{os} = AU \cdot \Delta t = 36,4312 \cdot 0,975 \cdot (20-18) = 71 \text{ W}$$

5.3.4. Výpočet tepelné ztráty stropem

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{1}{0,04 + \frac{0,01}{0,79} + \frac{0,4}{1,58} + 0,13} = \frac{1}{0,436} = 2,29 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}$$

$$Q_{os} = AU \cdot \Delta t = 30,107 \cdot 2,29 \cdot (20-18) = 137,89 \text{ W}$$

5.3.5. Výpočet tepelné ztráty okny

$$Q_{os} = AU \cdot \Delta t = 2,304 \cdot 2,8 \cdot (20+12) = 206,44 \text{ W}$$

5.3.6. Výpočet tepelné ztráty větráním

Výpočet vychází z principu dosažení vyšší hodnoty objemového toku vzduchu V_{vH} (objemový tok větracího vzduchu) a V_{vp} (potřebná intenzita výměny vzduchu danou z hygienických požadavků). (Počinková, 2005, str.23)

$$V_{vH} = \frac{n}{3600} \cdot V_m = \frac{0,35}{3600} \cdot 30,107 \cdot 2,6 = 7,61 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$V_{vP} = \sum (i_{lv} \cdot L) \cdot B \cdot M = 2,1,2 \cdot 10^{-4} \cdot 7,7 \cdot 3 \cdot 0,5 = 2,772 \cdot 10^{-3} m^3$$

$$Q_v = 1300 \cdot V_{vH} (t_i - t_e) = 1300 \cdot 7,61 \cdot 10^{-3} \cdot (20 + 12) = 316,576 W$$

5.3.7. Výsledná tepelná ztráta místnosti

Po vypočítání všech potřebných hodnot můžeme získat výslednou tepelnou ztrátu místnosti sečtením všech hodnot.

$$Q_{cz} = 228,96 + 126,735 + 71 + 137,89 + 206,44 + 316,576 = 1087,601 W$$

5.4. Výpočet tepelných zisků místnosti

Tepelné zisky v místnosti existují několika typů. Rozlišujeme teplo z lidských zdrojů, ze spotřebičů, z osvětlení, z ventilace a klimatizace, motorů a tepelných povrchů. V rámci tepelných zisků daného suterénního prostoru určujeme pouze tepelné zisky z lidských zdrojů a tepelné zisky z osvětlení. Žádné další tepelné zisky v místnosti nejsou.

5.4.1. Tepelné zisky od lidských zdrojů

Prvním typem je teplo obsažené z lidského těla, tzv. citelné teplo. Průměrné hodnoty citelného tepla u dospělého lidského těla je uváděno 62W při teplotě vzduchu v místnosti 20°C.

V místnosti bývá průměrně 8 osob, z čehož jsou 2 osoby dospělé, 6 osob nedospělých, dospělé osoby jsou muž a žena. Pro výpočet tepelných zisků z osob využijeme vztahu.

$$n_i = 0,85 \cdot n_z + 0,75 \cdot n_d + n_m = 0,85 \cdot 1 + 0,75 \cdot 6 + 1 = 6,35$$

$$Q_i = n_i \cdot 6,2 \cdot (36 - t_i) = 9,6 \cdot 6,2 \cdot (36 - 20) = 630 W$$

5.4.2. Tepelné zisky od osvětlení

Místnost je osvětlována 4 kusy svítidel, které jsou umístěny na stropě. Svítidla jsou umístěna ve tvaru obdélníku tak, aby bylo docíleno optimálního osvětlení celé plochy místnosti. V současné době má každé svítidlo výkon 60W. Jde o klasickou žárovku s wolframovým vláknem, které je v různých zdrojích nazýváno jako primárně tepelný zdroj, sekundárně zdroj osvětlení. Proto výpočet zisků z osvětlení získáme výpočtem

$$Q_0 = 60 \cdot 4 = 240 W$$

5.4.3. Celkové tepelné zisky

Celkové tepelné zisky získáme sečtením tepelných zisků z lidských zdrojů a tepelných zisků z osvětlení.

$$Q_c = Q_i + Q_o = 630 + 240 = 870W$$

5.4.4. Výsledky tepelné bilance

Odečtením celkových tepelných ztrát a zisků získáme výkon, který je potřebný dodat otopné soustavě, aby bylo docíleno optimálního vytápění a v důsledku také pohody prostředí.

$$Q = Q_{cz} - Q_c = 1088 - 870 = 212W$$

Z výpočtu je patrné, že potřebujeme do místnosti navrhnout takovou otopnou soustavu, která bude poskytovat výkon alespoň 212W nebo výkon větší, který lze vhodně regulovat.

5.5. Návrh vhodné otopné soustavy

Z dat dlouhodobého měření v místnosti a v závislosti na umístění měřících přístrojů jsme zjistili, že okna jsou z hlediska tepla velmi ztrátová. i proto je vhodné a potřebné, aby u okenních otvorů bylo zabezpečeno dostatečný zdroj tepla otopné soustavy, aby bylo docíleno pohody prostředí ve všech částech místnosti.

Izolování přívodního a zpětného potrubí již bylo zmiňováno. Zde jde o první krok větší úspornosti otopné soustavy. Vzhledem k tomu, že místností probíhá přívodní i zpětné potrubí, můžeme konstatovat, že je v domě využíváno dvoutrubkového otopného systému, který má nucenou cirkulaci – jde o 6 patrový dům, kde je přirozená cirkulace nereálná. Také můžeme konstatovat, že vzhledem k vedení potrubí suterénním prostorem u stropu jde o typ otopné soustavy se spodním rozvodem.

5.5.1. Otopná soustava složená z deskových těles

Jak jsme zjistili z tepelné bilance místnosti, potřebujeme dimenzovat otopnou soustavu o výkonu 240W. Jelikož jde o výkon velmi malý, jedním z nejjednodušších řešení

soustavy jsou desková tělesa. Přívodní a zpětné vedení v místnosti už je přítomno, proto stačí umístit radiátory se vhodným výkonem a přivést potrubí.

Na výkon 240W by postačoval jeden deskové těleso o velikosti 300x400mm. Nicméně, vzhledem k měření provedených v místnosti a zjištění, že teplota u oken je o 2 stupně nižší by bylo vhodnější umístit do místnosti desková tělesa dvě a na ně umístit termoregulační ventil. Tělesa sice nikdy nebudou fungovat na 100% výkonu, ale zato mnohem lépe zajistí jednotnost teploty v místnosti.

5.5.1.1. Výběr otopných těles

Pro vybranou místnost jsme navrhli otopná desková tělesa od firmy Purmo – Purmo Ventil Compact CV 33 o velikosti 300x400mm s optimálním tepelným spádem 50/30°C a výkonu 273W. Tělesa jsou osazena termostatickým ventilem Heimeier. Na obrázku č. 10 je ukázán design a provedení deskového tělesa od firmy Purmo.

Obrázek č. 10: Otopné deskové těleso Purmo Ventil Compact CV33



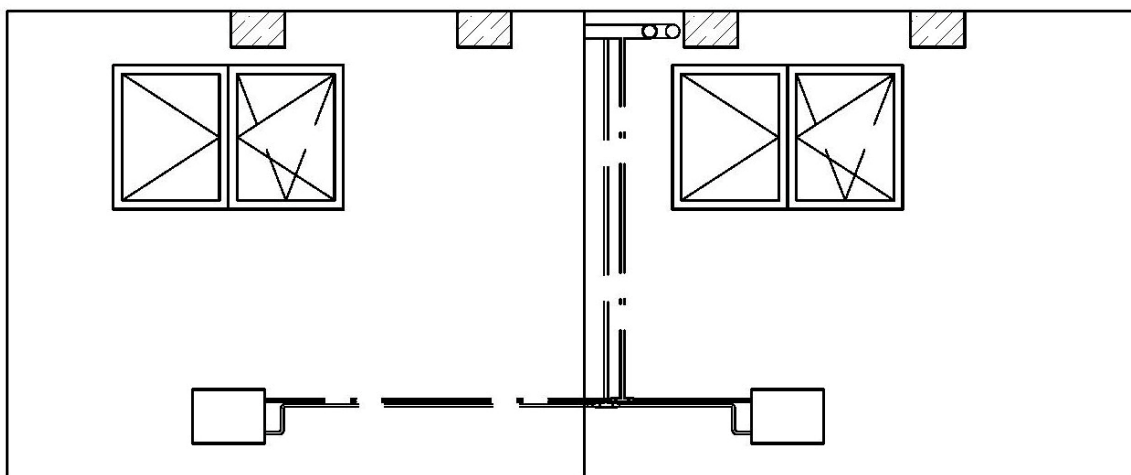
Zdroj: (radiatory.heureka.cz)

5.5.1.2. Návrh průměru potrubí pro přívod vody k tělesům

Ke zjištění průměru potrubí potřebujeme vzorce pro hmotnostní a objemový průtok potrubím, také teplotní spád a rychlost průtoku vody potrubím. Návrh potrubní sítě k tělesům je zobrazen na obrázku č.11. Průměr potrubí budeme posuzovat pro část společnou pro obě tělesa, následně i pro části po rozdělení na jednotlivá tělesa. Pro výpočet průměrů potrubí jej rozdělíme na jednotlivé části podle toho, jaké množství otopné vody

a kolik otopných těles je v daném úseku umístěno. Úsek č. 1 je vertikální potrubí až k rozdělení. Úsek 2 je vodorovné potrubí k otopnému tělesu vlevo, úsek 3 pak potrubí k otopnému tělesu vpravo.

Obrázek č. 11: Návrh otopné soustavy – desková tělesa



Znamé veličiny a tabulkové hodnoty pro výpočet

$Q = 272\text{W}$ (výkon každého otopného tělesa)

$\rho_{30} = 995,6\text{Kg/m}^3$ (hustota otopné vody dané teploty)

$\rho_{40} = 992,2\text{Kg/m}^3$

$\rho_{50} = 988\text{Kg/m}^3$

$c = 4,175\text{KJ/Kg.K}$ (měrná tepelná kapacita vody dané teploty)

$\Delta t = 20^\circ\text{C}$ (teplotní spád otopné soustavy 50/30)

$v = 0,3\text{m/s}$ (rychlost proudění otopné vody)

Výpočet hmotnostních toků topné vody

$$M_1 = \frac{3600 \cdot Q}{c \cdot \Delta t} = \frac{3600 \cdot 544}{4175 \cdot 20} = 24\text{Kg} / h$$

$$M_{2,3} = \frac{3600 \cdot Q}{c \cdot \Delta t} = \frac{3600 \cdot 272}{4175 \cdot 20} = 12\text{Kg} / h$$

Výpočet průměru potrubí v jednotlivých částech soustavy

$$d_1 = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot c \cdot \Delta t \cdot \rho \cdot v}} = \sqrt{\frac{4.544}{\pi \cdot 4175 \cdot 20.992 \cdot 2.0 \cdot 3}} = 0,0167m$$

$$d_{2,3} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot c \cdot \Delta t \cdot \rho \cdot v}} = \sqrt{\frac{4.274}{\pi \cdot 4175 \cdot 20.992 \cdot 2.0 \cdot 3}} = 0,0119m$$

Z výpočtů určíme potřebnou velikost potrubí otopné soustavy. Porovnáme výpočtové hodnoty s tabulkou rozměrů, která je uvedena na obrázku č. 12.

Obrázek č. 12: Tabulka rozměrů trubek DN

| OCELOVÉ TRUBKY ZÁVITOVÉ BĚŽNÉ | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|--------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-------------------------------------|---------------------|----------------------|
| Jmen. světlost v mm | | Jmen. světlost v palcích | Vnější průměr trubky | Tloušťka stěny trubky | Vnitřní průměr trubky | Objem 1,0m trubky | Světlý průřez trubky | Povrch 1,0m trubky | Hmotnost 1,0m trubky |
| DN | | DN | D | t | d _i | V | A | S | M |
| [mm] | | ["] | [mm] | [mm] | [mm] | [dm ³ /m] | [m ² ·10 ⁻⁴] | [m ² /m] | [kg/m] |
| 10 | × | 3/8 | 17,10 | 2,35 | 12,40 | 0,1208 | 1,2076 | 0,0537 | 0,855 |
| 15 | × | 1/2 | 21,40 | 2,65 | 16,10 | 0,2036 | 2,0358 | 0,0672 | 1,225 |
| 20 | × | 3/4 | 26,90 | 2,65 | 21,60 | 0,3664 | 3,6644 | 0,0845 | 1,585 |
| 25 | × | 1 | 33,70 | 3,25 | 27,20 | 0,5811 | 5,8107 | 0,1059 | 2,441 |
| 32 | × | 5/4 | 42,40 | 3,25 | 35,90 | 1,0122 | 10,1223 | 0,1332 | 3,138 |
| 40 | × | 6/4 | 48,30 | 3,25 | 41,80 | 1,3723 | 13,7228 | 0,1517 | 3,611 |
| 50 | × | 2 | 60,20 | 3,65 | 52,90 | 2,1979 | 21,9787 | 0,1891 | 5,090 |

Zdroj: (tzb.info.cz/tabulky a výpočty/16)

Porovnáním výpočtů a hodnot DN určíme, že v úseku č. 1 použijeme potrubí DN20 s vnitřním průměrem trubky 21,6mm a v úsecích 2 a 3 využijeme potrubí DN10 s vnitřním průměrem 12,4mm.

Pokud bychom navrhovali potrubí a otopná tělesa do nového prostoru, včetně zdroje tepla, event. čerpadla, museli bychom upravit návrh potrubí o vnitřní ztráty, které vzniknou všemi armaturami, které jsou v otopné soustavě umístěny. Vzhledem k tomu, že v tomto případě navrhujeme soustavu do místnosti v rámci celého domu, kde jsou již existující prvky (kotel, čerpadla, regulátory, apod.), které vytápí všechna patra domu, můžeme předpokládat, že vnitřní ztráty pro návrh soustavy jsou zanedbatelné. Tento fakt navíc

podporuje to, že přívodní potrubí prochází u stropu suterénního prostoru a otopná voda nemusí překonávat vztlakový rozdíl.

5.5.2. Otopná soustava se stěnovým vytápěním

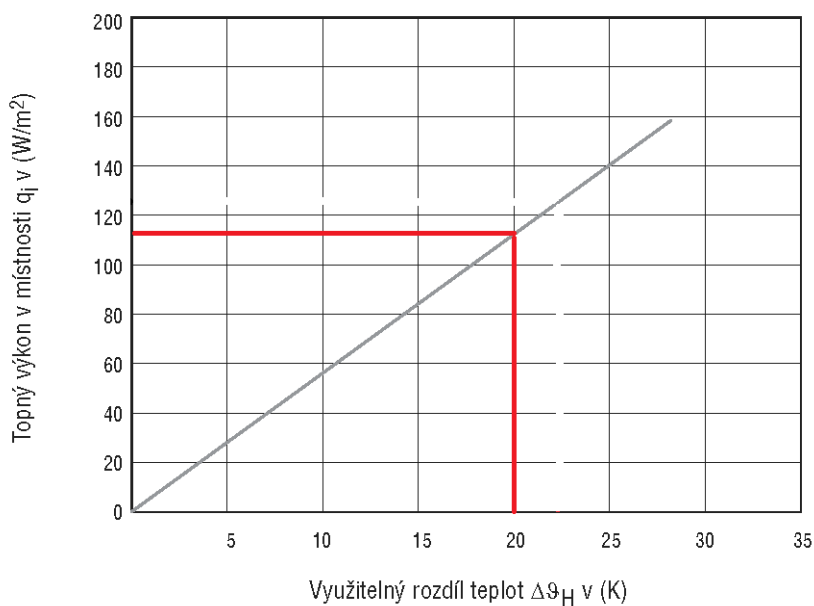
Druhou možností návrhu otopné soustavy jsem zvolil stěnové vytápění, a to z několika důvodů a hlavních výhod tohoto typu vytápění. Jednak otopná soustava není vidět, protože je skryta pod vrstvou vápenocementové omítky, a tím pádem otopná tělesa nepřekážejí, druhým důvodem je, že potrubí umístěné v omítce topí do všech směrů, tedy pokud tento typ vytápění umístíme ke stěnám se zvýšenou vlhkostí, docílíme tím postupnému vysoušení stěny. Tím samozřejmě navýšíme pohodu prostředí v místnosti.

Vstupní parametry pro výpočet stěnového vytápění

Vytápění bude realizováno na stěnu, kde je nejvyšší ztráta prostupem, tedy na stěně, která přímo sousedí se zeminou a venkovním prostorem a na kterých jsou umístěny okenní otvory. Tím, že touto stěnou také prochází současné potrubí, bude i jednodušší připojení nové otopné soustavy. Z hlediska navrhování stěnového systému je doporučeno realizovat tento systém otopné soustavy pouze u stěn, kde je součinitel prostupu tepla stěnou $U < 0,5 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$. Při výpočtu přestupu tepla stěny vychází součinitel prostupu tepla $U_{sw} = 0,497 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$. Stěnové vytápění je proto pro tuto místnost možné použít.

K výpočtu stěnového vytápění potřebujeme teplotní spád, od něj už jsme schopni určit rozestupy potrubí, spotřebu trubek i následný výkon soustavy. Teplotní spád 50/30°C nemůžeme měnit, proto zde máme využitelnou teplotu pro vytápění 20°C. Z obrázku č. 13, která porovnává hodnoty využitelné teploty a topným výkonem zjistíme, že využitelný výkon pro tento případ je $115 \text{ W} \cdot \text{m}^2$.

Obrázek č.13: Využitelný výkon stěnového vytápění



Zdroj: (vytapani.tzb-info.cz)

Pokud vycházíme ze stejných předpokladů, jako u systému deskových otopných těles, pak předpokládáme se zisky z otopné soustavy 544W, které následně budeme regulovat regulátory a sběrači. Z těchto dvou hodnot jsme schopni vypočítat plochu vytápění na stěně.

$$S = \frac{Q}{q_i} = \frac{544}{115} = 4,73m^2 \quad (27)$$

kde: S = plocha potřebná pro vytápění (m^2)

Q = zisky z otopné soustavy (W)

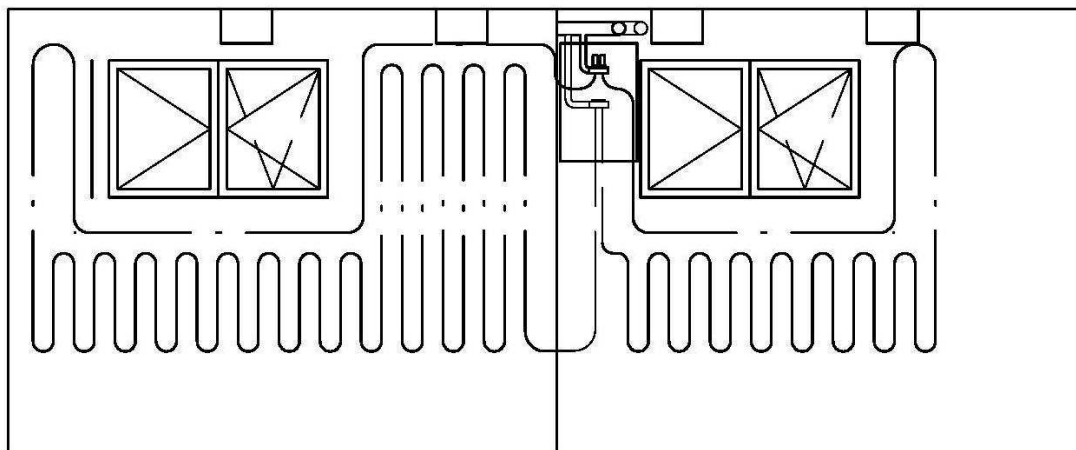
q_i = topný výkon vytápění (W/m^2)

Návrh potrubí, vedení, rozdělovače stěnového systému

U stěnového systému se doporučuje rozteč trubek 120mm, standardně se instalují trubky průměru 12mm, které jsou použitelné až do teploty otopné vody 60°C Ohýbání trubek je možné s minimálním poloměrem 60mm. Potrubí je z polyetylénu s kyslíkovou

bariérou. Návrh stěnového systému v místnosti je na obrázku č. 14. Systém je rozdělen na 2 okruhy z důvodu problematičnosti přechodu trubkami přes rohy.

Obrázek č. 14: Návrh stěnového systému



Zdroj: (Vlastní)

Systém vytápění byl navrhnout podle podkladů firmy Ivar.CS. K rozdělení a spojení dvou částí systému bylo využito dvoucestného rozdělovače a sběrače Ivar.CS 553D. Sestava rozdělovače je osazena do skříně Ivar P-Klasik o rozměrech 690x450x110mm pro zabudování do omítky. Potrubí je zapojeno do rozdělovače svěrným šroubením Ivar.TP4410. Trubky jsou ke stěně přichyceny pomocí fixačních lišt, které v sobě mají přichytky v přesné vzdálenosti rozteče trubek. Lišty se pomocí hmoždinek přichytávají ke zdivu v rozteči 500mm. Ohyby trubek se přichytávají samostatně fixačním úchyttem oblouku. Spotřeba potrubí se udává na cca 8,3m na 1m². Při ploše, kde je vytápění umístěno 4,73m získáváme předpokládanou spotřebu 40m. Potrubí se prodává v balíku o délce 240m.

Napojení stěnového systému k současnému vedení

Rozvaděč je vyroben s výstupem DN 20. Potrubí přívodní je o průměru DN 65. Pro připojení k přívodnímu a zpětnému potrubí je potřeba nejprve k přívodnímu potrubí přidat T kus v průměru DN 65, který následně připojením redukci 2 ½“/2“ a 2“/1“ a dalších propojek připojíme až k rozdělovači. Obdobným způsobem budeme postupovat u zpětného vedení.

Vrstvy stěny u stěnového vytápění

Potrubí a fixační lišty umístíme přímo na zdivo. Po upevnění a zapojení potrubí se nanáší 1. vrstva vápenocementové omítky, která však nesmí být teplovzdorná. Tato vrstva vyrovná stěnu do roviny. Na ni se připevní fixační folie. Na folii se pak nanáší 2. vrstva vápenocementové omítky o tloušťce min. 15mm. Zásadní je, že se musí 2. vrstva omítky nanášet dokud není 1. vrstva zaschlá. Poté už je možné nanášet vrchní nátěr a dokončit tím vizuální stránku.

5.6. Finanční náročnost na pořízení jednotlivých soustav

Pokud už se nám podaří vybrat vhodné otopné soustavy pro daný suterénní prostor, měl by výběr vycházet z finanční náročnosti, jednak na pořízení, ale i na provoz soustavy. Proto je nutné znát všechny prvky, které budou v soustavě upraveny či dodány. Tyto prvky jsou popsány v tabulce č. 18 pro soustavu s deskovými tělesy, následně v tabulce č. 19 pro soustavu stěnového vytápění.

Tabulka č. 18: Cena na pořízení soustavy z deskových těles - materiál

| Soustava složená z deskových otopných těles | | | |
|---|------------|-------------|-------------|
| Položka | Počet kusů | Cena za kus | Cena celkem |
| T kus 2 1/2" | 2 | 660,00 Kč | 1 320,00 Kč |
| Redukce mosazná 2 1/2" / 2" | 2 | 239,00 Kč | 478,00 Kč |
| Redukce mosazná 2" / 1" | 2 | 99,00 Kč | 198,00 Kč |
| Redukce mosazná 1" / 3/4" | 2 | 20,00 Kč | 40,00 Kč |
| Redukce mosazná 3/4" / 1/2" | 2 | 12,00 Kč | 24,00 Kč |
| Potrubí 3/4" 2m | 2 | 164,00 Kč | 328,00 Kč |
| Potrubí 1/2" 6,5m | 13 | 59,00 Kč | 767,00 Kč |
| Koleno 90 1/2" | 8 | 24,00 Kč | 192,00 Kč |
| T kus 3/4" | 2 | 34,00 Kč | 68,00 Kč |
| Kulový ventil 1/2" | 2 | 51,00 Kč | 102,00 Kč |
| Kulový ventil 3/4" | 2 | 72,00 Kč | 144,00 Kč |
| Deskové těleso Purmo | 2 | 1 289,00 Kč | 2 578,00 Kč |
| CELKEM | | | 6 239,00 Kč |

Zdroj: (Vlastní)

Tabulka č. 19: Cena na pořízení stěnového vytápění – materiál

| Soustava složená ze stěnového vytápění | | | |
|--|------------|-------------|--------------|
| Položka | Počet kusů | Cena za kus | Cena celkem |
| T kus 2 1/2" | 2 | 660,00 Kč | 1 320,00 Kč |
| Redukce mosazná 2 1/2" / 2" | 2 | 239,00 Kč | 478,00 Kč |
| Redukce mosazná 2" / 1" | 2 | 99,00 Kč | 198,00 Kč |
| Potrubí 12x2 návin 240m | 40 | 46,00 Kč | 1 840,00 Kč |
| Fixační lišta 900x20x35 | 14 | 111,00 Kč | 1 554,00 Kč |
| Fixační folie | 5 | 105,00 Kč | 525,00 Kč |
| Fixační úchyt oblouku | 50 | 11,00 Kč | 550,00 Kč |
| Skříň rozdělovače Klasik | 1 | 2 575,00 Kč | 2 575,00 Kč |
| Rozdělovač 2 cestný | 1 | 2 258,00 Kč | 2 258,00 Kč |
| Svěrné šroubení | 4 | 71,00 Kč | 284,00 Kč |
| Omítka vápenocementová | 15 | 73,00 Kč | 1 095,00 Kč |
| | | | |
| CELKEM | | | 12 677,00 Kč |

Zdroj: (Vlastní)

Porovnáním tabulek 18 a 19 je viditelné, že náklady na pořízení stěnového vytápění jsou výrazně vyšší, i když je v kalkulaci započítáno pouze reálně použitá délka potrubí. Z tohoto hlediska je výhodnější otopný systém s deskovými otopnými tělesy. Z hlediska estetického je však vhodnější systém stěnového vytápění.

V důsledku, pokud přihlédneme na využití těchto prostor a již zmiňovanou cenu je pro daný suterénní prostor vhodnější otopný systém s deskovými otopnými tělesy. Tělesa jsou malé velikosti, navíc před okenními otvory, takže nebudou příliš zasahovat do používaného prostoru místnosti.

5.7. Úspory na vytápění po zhotovení otopné soustavy

Z výpočtu tepelné bilance jsme vypočítali teplo, které je potřebné dodat do místnosti otopnou soustavou, aby bylo docíleno tepelné pohody. Tato hodnota byla stanovena po anulaci současného vytápění přívodním potrubím, které je jediným zdrojem tepla na vytápění. Náklady na současné vytápění již byly zmiňovány v tabulce č. 8.

S novou otopnou soustavou snížíme vytápění v místnosti o více než 200W. Za předpokladu, že půjde o průměrnou dobu otopného období, která v Praze připadá na 225

dní v roce, můžeme předpokládat cenu za spotřebovaný plyn na vytápění 600Kč za samotné vytápění, což vychází ze vzorce č. 28.

$$Q_{vyt} = \frac{\varepsilon}{\eta} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot d(t_{is} - t_{es})}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} \quad (28)$$

$$Q_{vyt} = \frac{0,765}{0,95} \cdot \frac{24 \cdot 0,218 \cdot 225(20 - 4,3)}{20 + 12} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} = 1,8 GJ / rok = 0,5 MWh / rok$$

Hodnota za prodej plynu u Pražské Plynárenské, a.s. v roce 2017 je 1197Kč/MWh (s předpokladem odebrání plynu kotlem alespoň 69KWh/rok).

Vzhledem k tomu, že je místnost součástí domu, kde je nutné pokrýt i náklady na vytápění společných prostor, bude výsledná cena za vytápění vyšší, nicméně výsledná částka nepřesáhne 2000Kč/rok.

6. Výsledky a diskuse

Provedením úprav prvků otopné soustavy dojde k několika změnám. Jednak izolováním přívodního a vratného potrubí nedochází ke zbytečnému přetápění místnosti, a tím také zbytečných nákladů na vytápění. Druhou změnou je instalace nové části otopné soustavy, která je dimenzována na ztráty místnosti tak, aby se zde udržovala teplota 20°C. Zároveň jsme otevřeli možnost snadné regulaci celé soustavy.

Určili jsme, že vhodnou variantou do vybraného a řešeného suterénního prostoru je otopná soustava s deskovými otopnými tělesy, a to hlavně z důvodu nižší ceny pořízení, oproti soustavě stěnového vytápění. Ano, můžeme podotknout, že stěnové vytápění není vidět, že nezmenšuje prostor, že je modernější a architektonicky „čistší“. Pokud si však vezmeme prostor, ve kterém problematiku řešíme a fakt, že je prostor využíván pro činnosti skupiny pracující s dětmi, kde hlavní náplní činnosti jsou aktivity a hry, je mnohem důležitější optimální pohoda prostředí pro trávení volného času dětí, oproti estetickému směru.

Zároveň se změnou otopného systému docílíme částečnému a postupnému zlepšování problematiky se zvýšenou vlhkostí stěn. Otopná tělesa jsou umístěna na stěně, která přímo sousedí se zeminou a je tak nejnáchylnější na poruchy a problematiku vlhkosti, která v místnosti byla v minulosti řešena. Tím, že mají tělesa větší vytápěnou plochu oproti původnímu stavu, budou pozitivním způsobem působit a přenášet teplo do povrchu stěny, a tím určitým způsobem stěnu vysoušet.

Podíváme – li se na řešení otopných soustav z hlediska ekonomického zjistíme, že při původním stavu se na vytápění za rok spotřebují náklady za průměrných 4 077Kč. Po úpravách otopné soustavy by náklady za vytápění neměly přesáhnout 2 000Kč, kde však samotné vytápění prostoru se v ročních nákladech pohybuje na úrovni 600Kč. Budeme – li předpokládat, že se úpravou otopné soustavy sníží náklady na vytápění o polovinu, můžeme snadno spočítat, že návratnost investic do otopné soustavy, které jsou celkem 7 408Kč (6 239Kč za novou otopnou soustavu, 1 169Kč za izolování potrubí) za materiál a předpokládané 3 000Kč za práci během realizace, se nám na úsporách za vytápění vrátí za 5 let. Za předpokladu, že takto realizovaná otopná soustava bude mít životnost 20 let, můžeme předpokládat úsporu za vytápění 30 000Kč.

Pokud bychom stejný propočet zkusili u stěnového vytápění, dostali bychom se k celkovým nákladům za realizaci stěnového vytápění 16 846Kč. Návratnost této realizace by pak byla za 8,5 roku a úspora na vytápění by byla pouze 22 000 Kč.

7. Závěr

Otopné soustavy jsou důležitým prvkem domů a bytů, bez kterých by nebyla docílena dostatečná pohoda prostředí. U suterénních prostorů tento fakt platí ještě více, hlavně z důvodu, že často nosné zdivo sousedí se zeminou, v prostorách nejsou obsaženy dostatečné okenní otvory, a tak jsou mnohem více tyto prostory náchylné ke zvýšené vlhkosti a plísním. Ke snížení těchto poruch může dopomoci také správné použití otopné soustavy, které při využití na stěnách sousedících se zeminou mohou zdivo vysušovat, respektive chránit proti napadání zdiva vlhkostí.

Optimální návrh a úprava otopných soustav v suterénních prostorech pro využívání těchto prostor výrazně napomáhá optimalizaci nákladů na vytápění s relativně rozumnou návratností investice vložené do realizace modernizací a úprav soustavy. Výběr vhodného typu otopné soustavy, vzhledem k využívání prostoru a správnému dimenzování jednotlivých částí soustavy také dopomáhá výraznému snížení nákladů na realizaci a úpravu soustavy. Izolováním prvků, které nelze libovolným způsobem regulovat v rámci soustavy, je možné za malých nákladů docílit výrazné úspory za vytápění.

Regulací soustavy docílíme požadované tepelné pohody prostorů i za proměnných teplot a v různých částech roku s minimálním zvýšením nákladů na vytápění. i proto jsou tyto prvky v otopných soustavách velmi důležitými články.

Problematice vytápění v suterénních prostorách budov není přikládána příliš vysoká důležitost ze strany majitelů domů či pronajímatelů. Předpokládá se, že tyto prostory jsou využívány spíše jako sklady či úložiště materiálu. Přitom tato práce jasně ukazuje na zmíněném příkladu suterénního prostoru, že za poměrně nízkých nákladů na úpravu prostor se mohou získat jednotky nebytového či dokonce bytového charakteru, které následně lze za odpovídajícího finančního obohacení využívat.

V práci jsou uváděny a realizovány soustavy teplovodní. Stejným způsobem bychom mohli postupovat i u prostorů, kde žádné vytápění není. Realizace vhodné otopné soustavy by pak byla na bázi elektrického proudu – elektrické vytápění nebo vzduchové vytápění. Tepelná čerpadla, jako zdroj vytápění pro suterénní prostory nejsou vhodná. Pořizovací náklady soustavy jsou vysoké a zdroj je pro prostory příliš výkonný.

8. Použitá literatura

8.1. Knižní literatura

1. POČINKOVÁ Marcela, TREUOVÁ Lea. Stavíme vytápění. 3. vydání, Vydavatelství Era, 2005, 145s. ISBN 80-7366-016-4
2. ČUPROVÁ Danuše, RUBINOVÁ Olga, POČINKOVÁ Marcela. Úsporný dům. CPress Brno, 2012. 184s. ISBN 978-80-264-0014-1
3. DANIELS Klaus. Technika budov. Jaga group Bratislava, 2003. 517s. ISBN 80-88905-63-X
4. NOVÝ Richard. Technika prostředí. ČVUT v Praze, fakulta strojní. 2006. 267s. ISBN 80-01-03492-5
5. NOVÁK Jiří. Stavební tepelná technika – pomůcka pro cvičení, ČVUT fakulta stavební, 2011
6. POBOŘIL PETR, Ing. Učíme se v prostoru. Podlahové vytápění.
7. UNMZ – Česká státní norma ČSN EN ISO 13 370 – Tepelné chování budov. Přenos tepla zeminou. Výpočtové metody
8. UNMZ – Česká státní norma ČSN EN ISO 13 790 – Energetická náročnost budov – výpočet spotřeby energie na vytápění a chlazení

8.2. Internetové zdroje

1. PREJZA Martin, Snižování vlhkosti v suterénních prostorech budov [online],[vid. 20.2.2017]
2. DARTE – tabulky o izolaci PIPO [online], vid.15.1.2017, dostupné z <http://www.darte.cz/download/manufacturers/rockwool/pipo.pdf>
3. PAROC Hvac Section AluCoat T [online], vid. 15.1.2017, dostupné z <http://www.paroc.cz/reseni-produkty/products/pages/potrubni-pouzdra/paroc-hvac-section-alucoat-t>

4. COMET R3120 Teploměr – vlhkoměr [online], vid. 7.3.2017, dostupné z <http://www.cometsystem.cz/produkty/dataloggery/r3120-teplomer-vlhkomer/reg-R3120>
5. TZB-INFO – venkovní výpočtové teploty [online], vid. 7.3.2017, dostupné z <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/25-venkovni-vypoctove-teploty-a-otopna-obdobi-dle-lokalit>
6. TZB-INFO – výpočtové teploty zeminy [online], vid. 7.3.2017, dostupné z <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/30-vypoctove-teploty-zeminy-dle-csn-06-0210>
7. TZB-INFO – tepelné zisky od vnitřních zdrojů [online], vid. 7.3.2017, dostupné z <http://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/3065-tepelne-zisky-od-vnitrnich-zdroju>
8. TZB-INFO – návrh teplovodního stěnového vytápění [online], vid. 10.3.2017, dostupné z <http://vytapani.tzb-info.cz/otopne-plochy/9413-navrh-teplovodniho-stenoveho-vytapani>
9. TZB-INFO – potřeba tepla pro vytápění [online], vid. 10.3.2017, dostupné z <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody>
10. TZB-INFO – instalace stěnového vytápění [online], vid. 10.3.2017, dostupné z <http://vytapani.tzb-info.cz/otopne-plochy/9373-instalace-stenoveho-vytapani-ivartrio>
11. TZB-INFO – ceny paliv a energií [online], vid. 20.3.2017, dostupné z <http://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energi/13-prehled-cen-zemniho-plynu>
12. TZB-INFO – tepelná ztráta izolací [online], vid. 15.1.2017, dostupné z <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/44-tepelna-ztrata-potrubi-s-izolaci-kruhoveho-prurezu>
13. AQUATOPSHOP – instalatérské zboží [online], vid. 23.3.2017, dostupné z <https://www.aquatopshop.cz>

14. TZB-INFO – normové hodnoty součinitele prostupu tepla [online], vid. 15.1.2017, dostupné z <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/136-normove-hodnoty-soucinitele-prostupu-tepla-un-20-jednotlivych-konstrukci-dle-csn-73-0540-2-2011-tepelna-ochrana-budov-cast-2-pozadavky>
15. IVAR-CS – rozdělovače a sběrače [online], vid. 10.3.2017, dostupné z <http://www.ivarcs.cz/cz/rozdelovace-a-sberace>
16. IVAR-CS – stěnové vytápění [online], vid. 10.3.2017, dostupné z <http://www.ivarcs.cz/cz/stenove-vytapeni>
17. DAMA – bezešvé trubky [online], vid. 15.1.2017, dostupné z <https://www.idama.cz/hutni-material/bezesve-trubky-5618>
18. KOŇAŘÍK – jmenovité velikosti trubek [online], vid. 15.1.2017, dostupné z <http://www.zavesovatechnika.cz/admin/assets/plugins/form-kcfinder/upload/files/dokumenty/velikosti-prumery-vahy-trubek.pdf>
19. E-STAVEBNINY – omítka Baumit [online], vid. 23.3.2017, dostupné z <https://www.e-stavebniny.cz/baumit-manu-1-rucne-zpracovatelna-omitka-25kg-dx001143.php>
20. VEVERKA J. – Výměna vzduchu a interiérová pohoda prostředí [online], vid. 10.3.2017, dostupné z http://www.umad.de/infos/iuappa/pdf/A_25.pdf
21. ADAMOVSKEJ R. – Aplikovaná termomechanika – materiály k předmětu, ČZU 2016 [online], vid. 10.3.2017, dostupné z <https://moodle.czu.cz/course/view.php?id=1072>
22. POJAR P. – Podlahové vytápění uspoří náklady na topení [online], vid. 23.3.2017, dostupné z <http://www.ceskestavby.cz/clanky/podlahove-vytapeni-uspori-naklady-na-topeni-21731.html>
23. HEUREKA – radiátory [online], vid. 23.3.2017, dostupné z <https://radiatory.heureka.cz/purmo-ventil-compact-cv-33-300-x-400/#>

8.3. *Soupis použitých symbolů*

λ = tepelný součinitel vodivosti (W/m.K)

d = tloušťka stěny (m)

α = součinitel přestupu tepla (W/m²)

U = součinitele prostupu tepla (W/m²K)

H_T = měrná ztráta prostupem (W/K)

θ_i = teplota interiéru (°C)

θ_e = teplota exteriéru (°C)

t = délka časového úseku

Q_t = tepelná ztráta prostupem (W)

L_D = součinitel tepelné prostupnosti obvodového pláště (W/K)

L_Z = součinitel tepelné prostupnosti stěnou sousedící se zeminou (W/K)

L_S = součinitel tepelné prostupnosti podlahou (W/K)

L_O = součinitel tepelné prostupnosti okny (W/K)

L_P = součinitel tepelné prostupnosti stropem (W/K)

A = plocha konstrukce (m²)

ψ = lineární činitel prostupu tepla 2D (W/m.K)

l = délka 2D prostupu

χ = bodový činitel prostupu tepla 3D (W/K)

P = obvod podlahy (m)

w = tloušťka obvodového pláště (m)

R_f = tepelný odpor izolačních vrstev (m²K/W)

R_{si} = odpor přestupu tepla do interiéru (m^2K/W)

R_{se} = odpor přestupu tepla do exteriéru (m^2K/W)

R_f = tepelný odpor podlahy (m^2K/W)

U_{bf} = součinitel prostupu tepla podlahy suterénu (W/m^2K)

U_{bw} = součinitel prostupu tepla stěn suterénu (W/m^2K)

z = hloubka suterénní podlahy pod úrovní terénu (m)

R_w = tepelný odpor stěn suterénu všemi vrstvami (m^2K/W)

n = intenzita výměny vzduchu (1/h)

V_m = objem vzduchu v místnosti (m^3)

$\Sigma(i_{LV}L)$ = součet provzdušností oken

i_{LV} = součinitel spárové provzdušnosti daný typem oken

L = délka spár oken

B = charakteristické číslo budovy (-)

M = charakteristické číslo místnost (-)

H_V – celková tepelná ztráta větráním (W/K)

n_m = počet mužů

n_z = počet žen

n_d = počet dětí

Q = výkon otopných těles ve větvi (W)

v = rychlost proudění vody (m/s)

c = měrná tepelná kapacita vody dané teploty ($J/Kg.K$);

ρ = hustota vody dané teploty (Kg/m^3)

$\Delta\theta$ = teplotní spád ($^{\circ}\text{C}$)

λ_t = součinitel tepelné vodivosti trubky (W/m.K)

d_p = průměr potrubí (mm)

s_t = tloušťka stěny trubky (mm)

λ_{IZ} = součinitel tepelné vodivosti izolace (W/m.K)

α_e = součinitel přestupu tepla na vnějším povrchu potrubí ($\text{W/m}^2.\text{K}$)

s_{IZ} = tloušťka izolace (mm)

n_c = počet článků (-)

q_1 = tepelný výkon jednoho článku (W)

S = plocha potřebná pro vytápění (m^2)

q_i = topný výkon vytápění (W/m^2)

8.4. Soupis obrázků

Obrázek č. 1: Tepelná bilance objektu

Obrázek č. 2: Typy teplotních polí

Obrázek č. 3: Výpočtové hodnoty vnějších teplot podle měst

Obrázek č. 4: ukázka rozdělení otopné soustavy na úseky

Obrázek č. 5: Ukázka pokládky podlahového vytápění

Obrázek č. 6: Ukázka potrubí a rozdělovače podlahového vytápění

Obrázek č. 7: Ukázka meandrů stěnového vytápění

Obrázek č. 8: Půdorys suterénního prostoru; znázornění otopné soustavy

Obrázek č. 9: Umístění dataloggerů v místnosti

Obrázek č. 10: Otopné deskové těleso Purmo CV 33

Obrázek č. 11: Návrh otopné soustavy – desková tělesa

Obrázek č. 12: Tabulka rozměrů potrubí dle DN

Obrázek č. 13: Využití výkonu stěnového vytápění

Obrázek č. 14: Návrh stěnového vytápění

8.5. *Soupis tabulek*

Tabulka č. 1: Celková produkce tepla člověkem při různých činnostech

Tabulka č. 2: Odvod tepla a vodní páry z lidského těla v závislosti na teplotě okolí

Tabulka č. 3: Požadované hodnoty součinitele prostupu tepla částí budov

Tabulka č. 4: Návrhové hodnoty součinitele tepelné vodivosti materiálů

Tabulka č. 5: Doporučené hodnoty intenzity výměny vzduchu

Tabulka č. 6: Charakteristické číslo budovy B

Tabulka č. 7: Charakteristické číslo místnosti M

Tabulka č. 8: Náklady na vytápění za rok

Tabulka č. 9: Výsledky naměřených hodnot z dlouhodobých měření dataloggerů

Tabulka č. 10: Výpočtová hodnota vnitřní teploty vytápěné místnosti

Tabulka č. 11: Typy izolací pro potrubí tloušťky 50 – 70mm

Tabulka č. 12: Určující součinitele prostupu tepla dle 193/2007

Tabulka č. 13: Vypočtené a navržené tloušťky izolací potrubí

Tabulka č. 14: Směrné hodnoty výkonu neizolovaného horizontálního potrubí

Tabulka č. 15: Tepelné odpory a jednotlivé vrstvy podlahy

Tabulka č. 16: Návrhové teploty pro určení teplotních ztrát

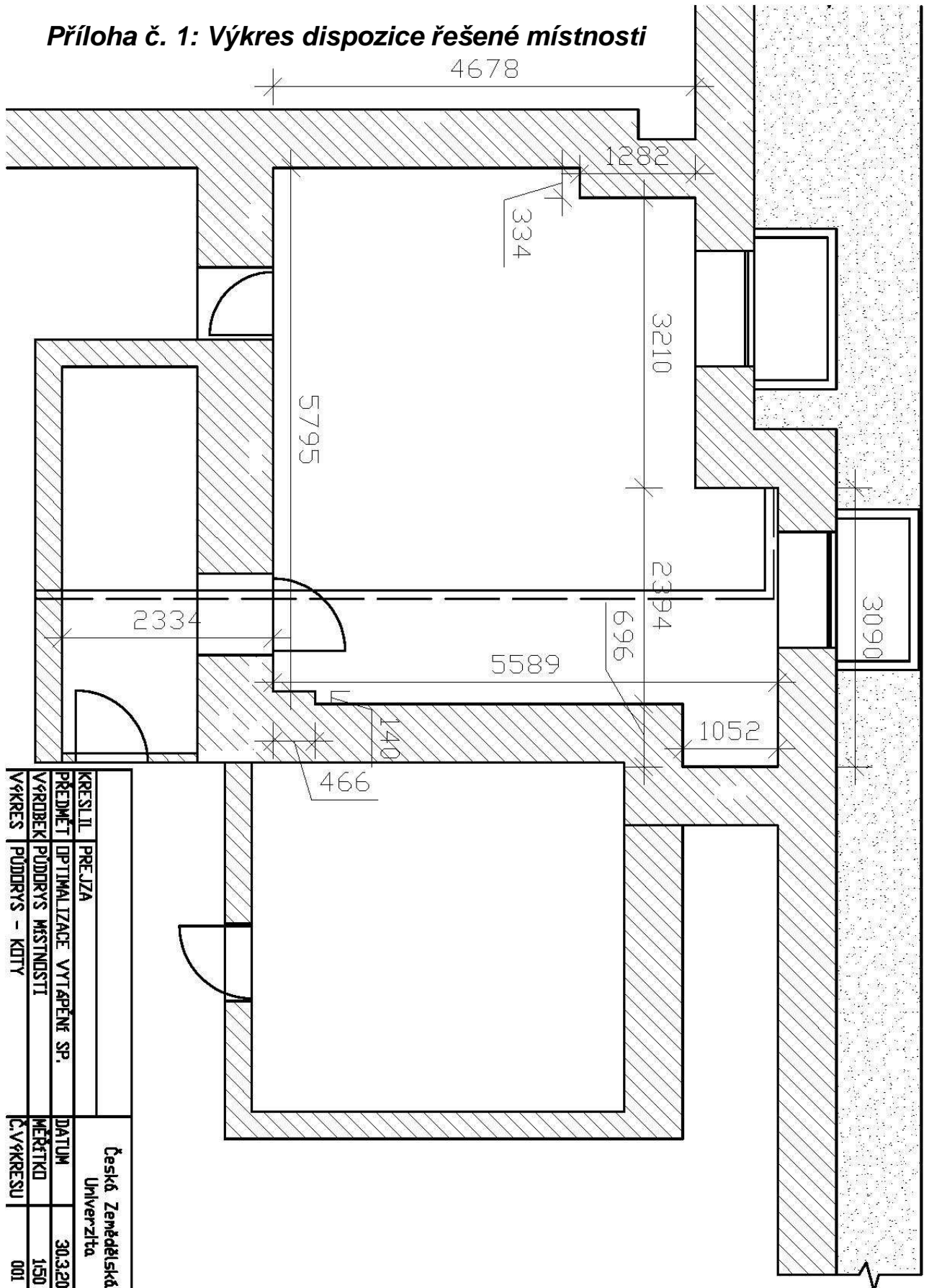
Tabulka č. 17: Skladba ostatních stěn místnosti

Tabulka č. 18: Cena pořízení soustavy z deskových otopných těles - materiál

Tabulka č. 19: Cena pořízení stěnového vytápění – materiál

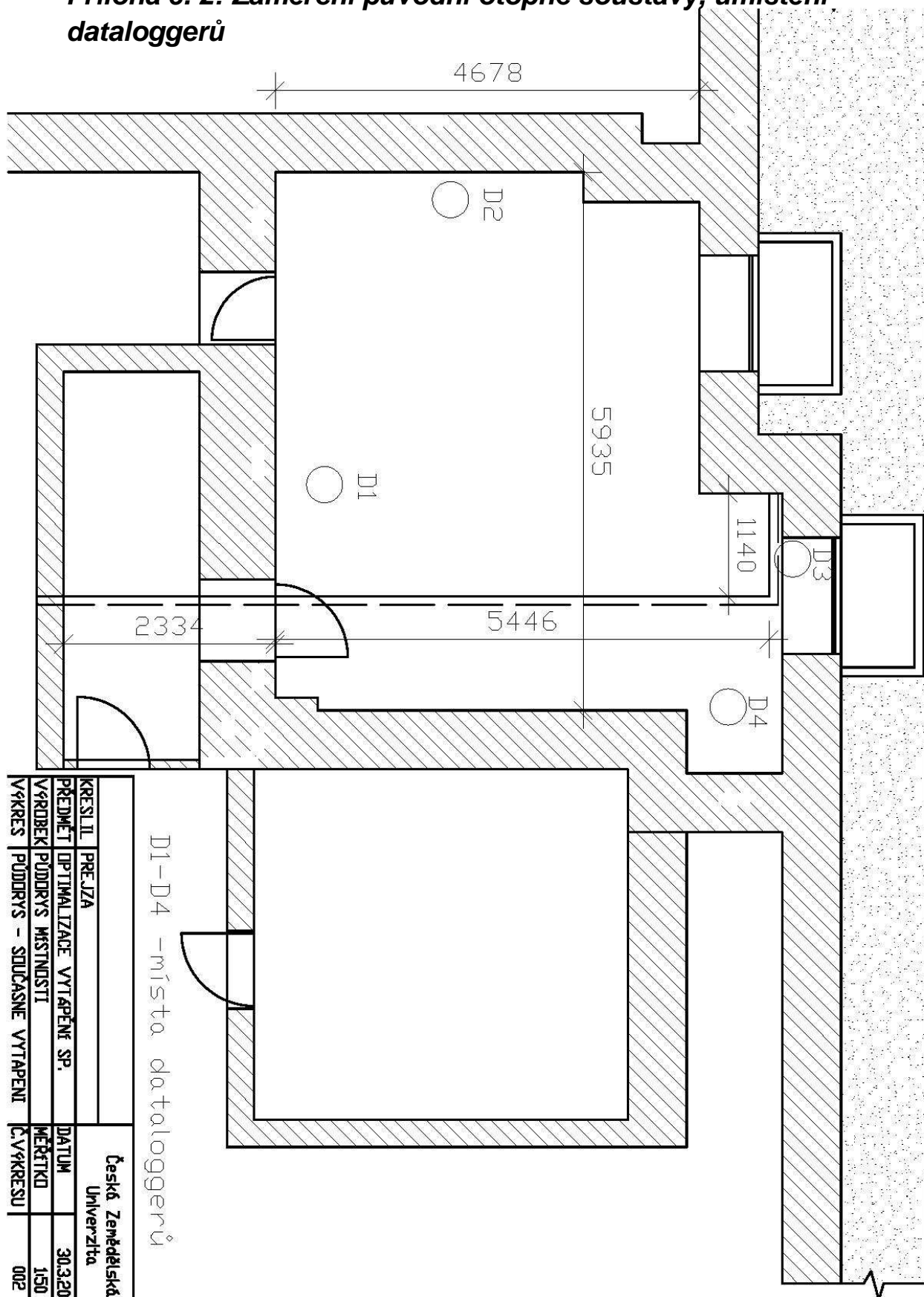
9. Přílohy

Příloha č. 1: Výkres dispozice řešené místnosti



| | | |
|---------|---------------------------|--------------------------------|
| KRESLIL | PREJZA | Česká zemědělská Univerzita |
| PŘEDMĚT | OPTIMALIZACE VYTÁPĚNÍ SP. | 30.3.2017 |
| VÝROBEK | PŮDORYS MÍSTNOSTI | 1:50 |
| VÝKRES | PŮDORYS - KOTY | Č.VÝKRESU 001 |

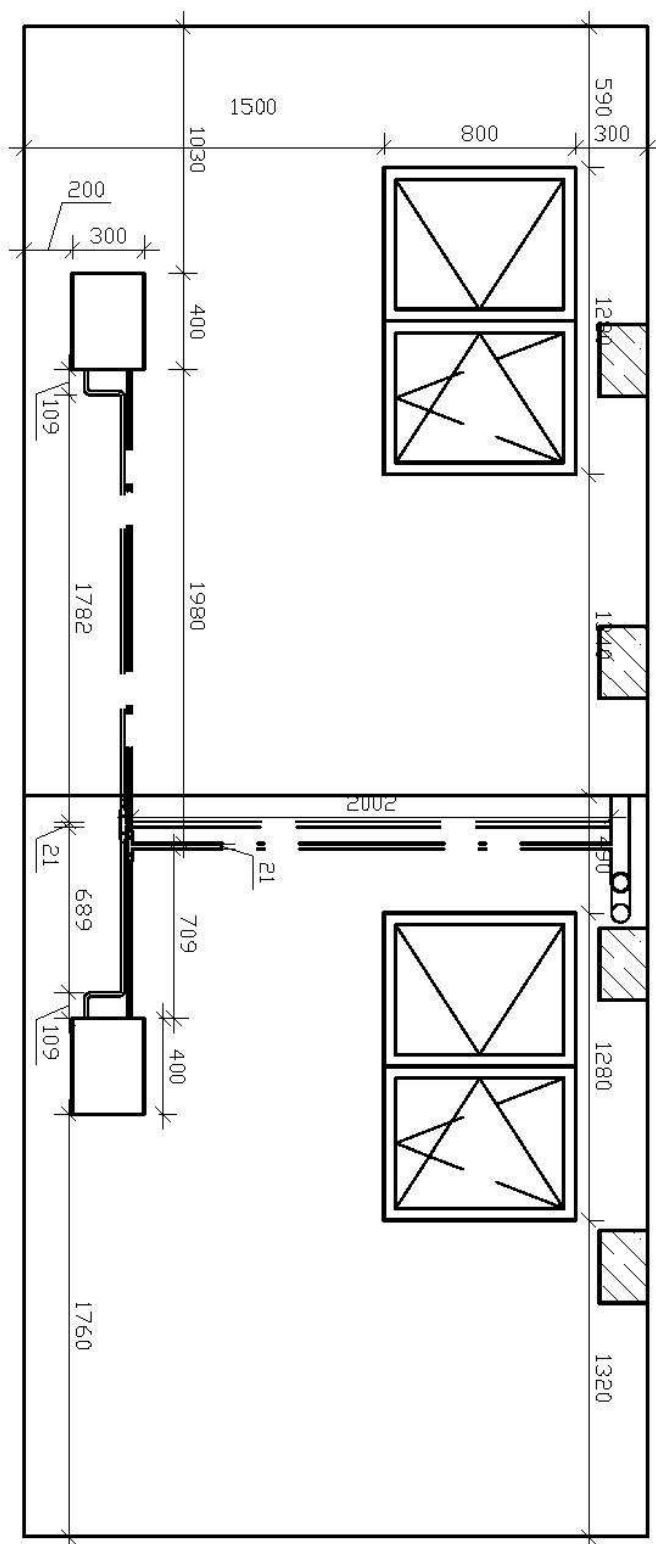
Příloha č. 2: Zaměření původní otopné soustavy, umístění dataloggerů



D1-D4 -místa dataloggerů

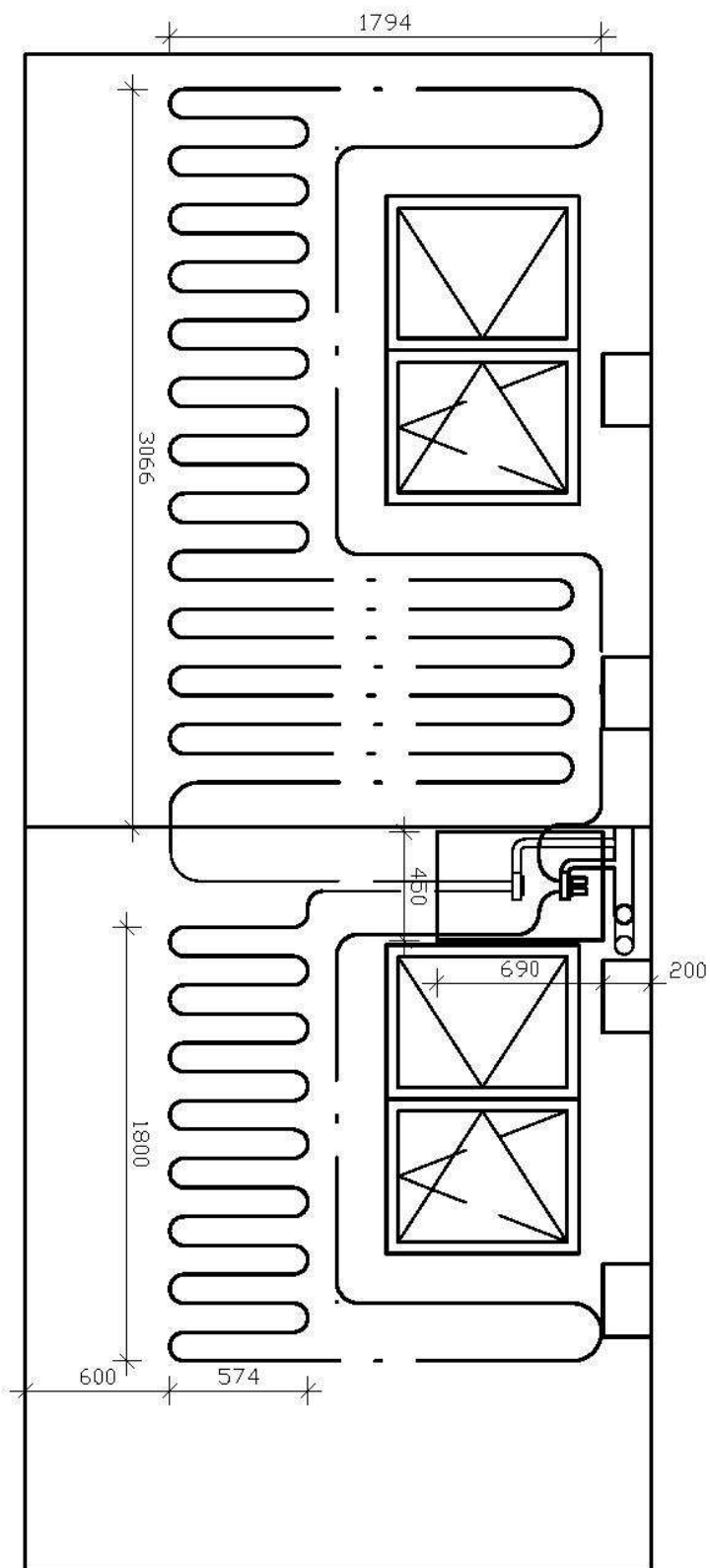
| | | | |
|---------|-----------------------------|--------------------------------|-----------|
| KRESIL | PRE JZA | Česká zemědělská Univerzita | |
| PŘEDMĚT | OPTIMALIZACE VYTÁPĚNÍ SP. | DATAUM | 30.3.2017 |
| VÝROBEK | PŮDORYS MÍSTNOSTI | MĚŘÍTKO | 1:50 |
| VÝKRES | PŮDORYS - SOUČASNĚ VYTÁPĚNÍ | Č.VÝKRESU | 002 |

Příloha č. 3: Pohled návrhu ot. soustavy s deskovými tělesy



| | | | |
|---------|---------------------------|--------------------------------|-----------|
| | | Česká zemědělská Univerzita | |
| KRESLIL | PREJZA | DATUM | 30.3.2017 |
| PŘEDMĚT | OPTIMALIZACE VYTÁPĚNÍ SP. | MĚŘETKO | 1:30 |
| VÝROBEK | POHLED MÍSTNOSTI | Č. VÝKRESU | 003 |
| VÝKRES | DESKOVÁ TĚLESA | | |

Příloha č. 4: Pohled návrhu ot. soustavy stěnového vytápění



| | | | |
|---------|---------------------------|--------------------------------|-----------|
| | | Česká Zemědělská Univerzita | |
| KRESLIL | PREJZA | DATUM | 30.3.2017 |
| PŘEDMĚT | OPTIMALIZACE VYTÁPĚNÍ SP. | MĚŘTKO | 1:30 |
| VYRUBEK | POHLED MÍSTNOSTI | Č.VYKRESU | 004 |
| VYKRES | STĚNOVÉ VYTÁPĚNÍ | | |

Příloha č. 5: Ukázky současného stavu ot. soustavy



Příloha č. 6: Ukázka výstupu dlouhodobých měření

| | | Výrobní | číslo: | | Výrobní | číslo: | |
|----------|----------|---------|----------|---------|---------|----------|---------|
| | | 5 | 15920005 | | 6 | 15920007 | |
| Datum | Čas | Temp | Hum | Ros.bod | Temp | Hum | Ros.bod |
| | | °C | %RH | °C | °C | %RH | °C |
| 2.3.2017 | 19:30:00 | 20 | 50,4 | 9,4 | 20,8 | 53,5 | 11 |
| 2.3.2017 | 19:45:00 | 21,6 | 52 | 11,3 | 22,2 | 48,9 | 11 |
| 2.3.2017 | 20:00:00 | 22,3 | 50,4 | 11,5 | 22,7 | 48,1 | 11,2 |
| 2.3.2017 | 20:15:00 | 22,6 | 49,7 | 11,6 | 22,9 | 47,9 | 11,3 |
| 2.3.2017 | 20:30:00 | 22,8 | 49,4 | 11,6 | 23 | 47,8 | 11,3 |
| 2.3.2017 | 20:45:00 | 22,9 | 49,2 | 11,7 | 23 | 47,7 | 11,4 |
| 2.3.2017 | 21:00:00 | 23 | 49,1 | 11,7 | 23,1 | 47,7 | 11,4 |
| 2.3.2017 | 21:15:00 | 23 | 49 | 11,7 | 23,1 | 47,8 | 11,4 |
| 2.3.2017 | 21:30:00 | 23 | 49,1 | 11,7 | 23,1 | 47,8 | 11,4 |
| 2.3.2017 | 21:45:00 | 23 | 49 | 11,8 | 23,1 | 47,8 | 11,5 |
| 2.3.2017 | 22:00:00 | 23 | 49,1 | 11,8 | 23,1 | 47,9 | 11,5 |
| 2.3.2017 | 22:15:00 | 23,1 | 49,1 | 11,8 | 23,1 | 47,9 | 11,5 |
| 2.3.2017 | 22:30:00 | 23,1 | 49,1 | 11,8 | 23,1 | 48 | 11,5 |
| 2.3.2017 | 22:45:00 | 23,1 | 49,1 | 11,8 | 23,1 | 48 | 11,5 |
| 2.3.2017 | 23:00:00 | 23 | 49,1 | 11,8 | 23,1 | 48 | 11,5 |
| 2.3.2017 | 23:15:00 | 23 | 49,2 | 11,8 | 23,1 | 47,9 | 11,5 |
| 2.3.2017 | 23:30:00 | 23 | 49,2 | 11,8 | 23,1 | 47,9 | 11,5 |
| 2.3.2017 | 23:45:00 | 23 | 49,2 | 11,8 | 23,1 | 48 | 11,5 |
| 3.3.2017 | 0:00:00 | 23 | 49,3 | 11,8 | 23,1 | 48 | 11,5 |
| 3.3.2017 | 0:15:00 | 23 | 49,4 | 11,8 | 23,1 | 48 | 11,5 |
| 3.3.2017 | 0:30:00 | 23 | 49,4 | 11,8 | 23,1 | 48 | 11,5 |
| 3.3.2017 | 0:45:00 | 23 | 49,4 | 11,8 | 23,1 | 48 | 11,5 |
| 3.3.2017 | 1:00:00 | 23 | 49,4 | 11,8 | 23,1 | 48 | 11,5 |
| 3.3.2017 | 1:15:00 | 23 | 49,3 | 11,8 | 23,1 | 47,9 | 11,5 |
| 3.3.2017 | 1:30:00 | 23 | 49,3 | 11,8 | 23,1 | 47,9 | 11,5 |
| 3.3.2017 | 1:45:00 | 22,9 | 49,3 | 11,8 | 23,1 | 47,9 | 11,5 |
| 3.3.2017 | 2:00:00 | 22,9 | 49,3 | 11,8 | 23,1 | 47,9 | 11,5 |
| 3.3.2017 | 2:15:00 | 22,9 | 49,3 | 11,8 | 23,1 | 47,9 | 11,5 |
| 3.3.2017 | 2:30:00 | 22,9 | 49,3 | 11,7 | 23,1 | 47,9 | 11,5 |
| 3.3.2017 | 2:45:00 | 22,9 | 49,3 | 11,7 | 23,1 | 47,9 | 11,5 |
| 3.3.2017 | 3:00:00 | 22,9 | 49,3 | 11,7 | 23,1 | 47,9 | 11,5 |
| 3.3.2017 | 3:15:00 | 22,9 | 49,3 | 11,8 | 23,1 | 47,9 | 11,5 |
| 3.3.2017 | 3:30:00 | 22,9 | 49,2 | 11,7 | 23,1 | 47,9 | 11,5 |
| 3.3.2017 | 3:45:00 | 22,9 | 49,3 | 11,8 | 23,1 | 47,9 | 11,5 |