

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ
ÚSTAV TECHNIKY PROSTŘEDÍ

**VYUŽITÍ METODIKY BIM PRO
NÁVRH TECHNICKÝCH SYSTÉMŮ
RODINNÉHO DOMU**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Kejmar** Jméno: **Martin** Osobní číslo: **456783**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávací katedra/ústav: **Ústav techniky prostředí**
Studijní program: **Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Technika životního prostředí**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Využití metodiky BIM pro návrh technických systémů rodinného domu

Název diplomové práce anglicky:

Utilization of BIM Methodology for the Design of Family House Technical Systems

Pokyny pro vypracování:

Na základě vlastních výpočtů pro zadaný objekt vypracujte s pomocí BIM přístupu (konkrétně AutoCad REVIT) projekty technických systémů rodinného domu, tzn. nejméně stavební konstrukce, vytápění, vzduchotechnika a chlazení. Případně lze zařadit i systémy pro přípravu teplé vody a zdravotně technické instalace. Práce by měla zhodnotit rozdíly při konvenčním návrhu jednotlivých systémů a při návrhu v softwaru Revit. Nedílnou součástí je také sestavení a rozřídění databáze prvků používaných v BIM pro obory TZB (vytápění/VZT/alternativní zdroje/ZTI/apod.). Dále, pokud je to vhodné provést úpravu jednotlivých parametrů nejvýznamnějších rodin podle zvyklostí v ČR, pakliže to již nebude k dispozici od původního poskytovatele daného prvku.

Seznam doporučené literatury:

- 1) BAŠTA, Jiří. Velkoplošné sálavé vytápění: podlahové, stěnové a stropní vytápění a chlazení. Praha: Grada, 2010. Stavitel. ISBN 978-80-247-3524-5.
- 2) Drkal, F., Zmrhal, V. Větrání. ČVUT v Praze. 2018. 160 s. ISBN 978-80-010-6378-1.
- 3) VAVŘIČKA, Roman a kol. Příprava teplé vody. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2017. Sešit projektanta - pracovní podklady. ISBN 978-80-02-02713-3.
- 4) BAŠTA, Jiří. Regulace v technice prostředí staveb. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2014. ISBN 978-80-01-05455-0.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Jindřich Boháč, Ph.D., Ú 12116

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **30.04.2021**

Termín odevzdání diplomové práce: **04.07.2021**

Platnost zadání diplomové práce: _____

Ing. Jindřich Boháč, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

doc. Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Souhrn

Cílem diplomové práce je vytvoření projektové dokumentace technických systémů rodinného domu za pomoci BIM přístupu, na základě vlastních výpočtů. Pro vytápění jsem s ohledem na tepelnou ztrátu domu zvolil podlahovou otopnou plochu. Jako zdroj tepla poslouží plynový kondenzační kotel s přednostní přípravou teplé vody. Chlazení domu je navrženo pomocí chladivového systému Multi SPLIT. Pro každé patro domu je navržena samostatná chladicí jednotka. V oblasti vzduchotechniky jsem uvažoval nucené větrání pomocí vzduchotechnické jednotky. Navržené větrání domu je rovnotlaké. Dále je v domě navržen vodovod z PPR potrubí, svody vnitřní kanalizace od jednotlivých zařizovacích předmětů a plynové ocelové potrubí pro zvolený zdroj tepla.

V závěru práce je porovnání návrhu pomocí BIM přístupu (REVIT) a klasického konvenčního návrhu ve dvourozměrném prostředí (Autocad).

Summary

The aim of the diploma thesis is to create project documentation of technical systems of a family house using the BIM approach, based on their own calculations. With regard to the heat loss of the house, I chose a floor heating surface for heating. A gas condensing boiler with preferential hot water preparation will serve as a heat source. The cooling of the house is designed using the Multi SPLIT refrigeration system. A separate cooling unit is designed for each floor of the house. In the field of air conditioning, I considered forced ventilation using an air handling unit. The designed ventilation of the house is equal pressure. Furthermore, the house is designed water supply from PPR pipes, internal sewer drains from individual fixtures and gas steel pipes for the selected heat source.

At the end of the work is a comparison of the design using the BIM approach (REVIT) and the classic conventional design in a two-dimensional environment (Autocad).

Prohlášení o samostatném vypracování diplomové práce

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem: „Využití metodiky BIM pro návrh technických systémů rodinného domu“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Jindřicha Boháče, Ph.D., s použitím literatury, uvedené na konci mé diplomové práce v seznamu použité literatury.

V Praze 30.06.2021

Bc. Martin Kejmar

Poděkování

Tímto děkuji vedoucímu mé diplomové práce Ing. Jindřichu Boháčovi, Ph.D. za cenné rady a odborné vedení.

Obsah

1. Úvod.....	12
2. Popis rodinného domu	13
2.1. Skladba obálky rodinného domu.....	14
3. Metodika BIM.....	15
3.1. Revit	15
3.1.1. Rodiny.....	15
3.1.2. Zakládání projektu	17
3.1.3. Vytváření rodiny	18
3.1.4. Možnosti Revitu.....	19
3.2. Legislativa pro BIM	21
4. Vytápění.....	22
4.1. Návrhový tepelný výkon	22
4.2. Skladba podlahové plochy	24
4.3. Výpočet podlahového vytápění.....	24
4.4. Hydraulické vyvažování.....	29
4.4.1. Výpočet tlakové ztráty třením.....	30
4.4.2. Výpočet tlakové ztráty místními odpory	31
4.4.3. Rozdělovač.....	32
4.4.4. Hydraulické vyvážení 1.NP a 2.NP	33
4.4.5. Tlaková ztráta mezi kotlem a rozdělovači	35
4.5. Oběhové čerpadlo.....	36
4.6. Kontrola expanzní nádoby	37
4.7. Návrh zásobníku pro přípravu teplé vody	38
4.8. Regulace otopné soustavy	40
4.9. Trojcestný směšovací ventil pro 1.NP a 2.NP.....	41
4.10. Spalinová cesta	42
4.11. Vytápění v Revitu.....	43
5. Vodovod.....	49
5.1. Vodovodní přípojka	49
5.1.1. Tlaková ztráta způsobena hydrostatickým tlakem.....	49
5.1.2. Tlaková ztráta přípojky	50
5.1.3. Tlaková ztráta rozvodů v budově.....	50
5.1.4. Tlaková ztráta vodoměru	50
5.2. Vodoměrná sestava	51
5.3. Rozvody studené a teplé vody.....	51

5.4.	Dilatace a prostupy	52
5.5.	Vodovod v Revitu	52
6.	Kanalizace.....	54
6.1.	Domovní kanalizace.....	54
6.1.1.	Potrubí v zemi	54
6.1.2.	Svodné potrubí.....	54
6.1.3.	Svislé odpadní potrubí	54
6.1.4.	Připojovací potrubí	54
6.1.5.	Zařizovací předměty	54
6.2.	Dimenzování potrubí splaškové kanalizace	55
6.3.	Kanalizace v Revitu	56
7.	Plyn.....	59
7.1.	Přípojka plynovodu	59
7.2.	Domovní plynovod.....	59
7.3.	Hlavní uzávěr plynu	61
7.4.	Plynovod v Revitu.....	62
8.	Vzduchotechnika	63
8.1.	Výměna vzduchu.....	63
8.2.	Popis zařízení	63
8.2.1.	Obecně	63
8.2.2.	Popis jednotlivých zařízení:.....	63
8.3.	Distribuce a odvod vzduchu.....	64
8.4.	Tlaková ztráta potrubní sítě.....	65
8.5.	Tlaková ztráta potrubní sítě v Revitu	66
8.6.	Vzduchotechnika v Revitu	67
9.	Chlazení	69
9.1.	Výpočet tepelné zátěže.....	69
9.2.	Popis jednotlivých zařízení:	69
9.2.1.	CH1 – Chlazení 1.NP.....	69
9.2.2.	CH2 – Chlazení 2.NP.....	70
9.3.	Chlazení v Revitu	70
10.	Rozdíly mezi Revitem a Autocadem (CADKON)	72
10.1.	Editace potrubní sítě	72
10.2.	Dodatečná úprava prvku.....	73
10.3.	Vytváření řezu	74
10.4.	Složité komponenty	74

10.5.	Výpočty	75
10.6.	Popisky	75
11.	Závěr	77
12.	Seznam použité literatury	79
	Seznam příloh	82

Soupis použitého značení

D	Vnitřní průměr plynovodu	[mm]
D_{tr}	Vnější průměr trubky	[m]
DU	Výpočtový odtok	[l/s]
K	Součinitel odtoku	$[\sqrt{l}/\sqrt{s}]$
L	Délka otopného hadu	[m]
L_e	Ekvivalentní délka plynovodu	[m]
L_p	Délka plynovodu	[m]
$L_{\acute{u}}$	Délka úseku	[m]
O	Minimální požadovaný akumulční objem plynového potrubí	$[m^3]$
P_v	Autorita ventilu	[-]
Q_c	Trvalý průtok kondenzátu	[l/s]
\dot{Q}_{dod}	Skutečný dodatečný výkon otopného tělesa	[W]
$Q_{d,TV,den}$	Denní potřeba tepla na přípravu teplé vody	[J/den]
\dot{Q}_j	Chladicí výkon jednotky	[W]
\dot{Q}_k	Výkon kotle	[W]
\dot{Q}_o	Výkon otopného hadu	[W]
\dot{Q}_{PC}	Tepelný příkon podlahové otopné plochy	[W]
\dot{Q}_{pot}	Potřebný dodatečný výkon otopného tělesa	[W]
$Q_{r,w}$	Průtok odpadních vod svodného potrubí vnitřní kanalizace	[l/s]
Q_{tot}	Celkový průtok splaškových odpadních vod	[l/s]
Q_{ww}	Průtok splaškových odpadních vod	[l/s]
$\dot{Q}_{zát}$	Tepelná zátěž prostoru	[W]
\dot{Q}_{zdroj}	Tepelný výkon ohříváče	[W]
R	Měrná tlaková ztráta	[Pa/m]
Re	Reynoldsovo číslo	[-]
S_p	Potřebná plocha pro umístění otopného hadu	$[m^2]$
S_{disp}	Dispoziční plocha v místnosti po odečtení okrajové zóny	$[m^2]$
$U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla	$[W/m^2 \cdot K]$
V_{2p}	Celková potřeba teplé vody na osobu a den	$[m^3/os. den]$
$V_{EN,T}$	Objem expanzní nádoby	$[m^3]$
$V_{p,h}$	Součet objemových průtoků při příkonech všech plynových spotřebičů	$[m^3/h]$
V_{psec}	Množství plynu	$[m^3/s]$
V_r	Redukovaný objem plynu	$[m^3/h]$
V_s	Objem vody v soustavě	$[m^3]$
V_{TV}	Objem zásobníku teplé vody	$[m^3]$
V_z	Minimální objem zásobníku pro přípravu TV	$[m^3]$
\dot{V}	Návrhový objemový průtok armaturou	$[m^3/h]$
\dot{V}_{HN}	Objemový průtok trojcestným ventilem	$[m^3/h]$
\dot{V}_{sp}	Potřebný vzduch pro spalování	$[m^3/h]$
X_p	Spínací diference pro dohřev teplé vody	[K]

a	Tloušťka vrstvy	[m]
b	Tloušťka vrstvy	[m]
c	Měrná tepelná kapacita vody	[J/kg. K]
d_p	Vnitřní průměr potrubí	[m]
d_r	Relativní hustota plynu	[–]
f_p	Opravný součinitel na umístění tělesa	[–]
g	Tíhové zrychlení	[m/s ²]
h	Celková výška otopné soustavy	[m]
h_{vs}	Výška vodního sloupce	[m]
k_v	Jmenovitý průtok armaturou	[m ³ /h]
k_{vs}	Jmenovitý průtok armaturou při maximálním otevření	[m ³ /h]
l	Rozteč trubek	[m]
$l_{př}$	Délka přívodního potrubí k otopné ploše	[m]
l_{sp}	Délka spalinové cesty	[m]
m	Charakteristické číslo podlahy	[1/m]
\dot{m}	Hmotnostní průtok vody	[kg/s]
n	Součinitel zvětšení objemu	[–]
n_1	Počet osob	[–]
$n_{ř}$	Počet řad trubek otopného hadu	[–]
p_1	Tlak zemního plynu na vstupu do plynovodu	[kPa]
p_2	Tlak zemního plynu na výstupu do plynovodu	[kPa]
p_{budova}	Součet tlakových ztrát třením a místními odpory v potrubí vodovodu uvnitř budovy	[kPa]
$p_{d,dov,A}$	Nejnižší dovolený absolutní tlak	[kPa]
$p_{další}$	Tlakové ztráty napojených zařízení	[kPa]
p_{dis}	Dispoziční přetlak v místě napojení vodovodní přípojky	[kPa]
p_g	Tlaková ztráta způsobená rozdílem mezi výškovou úrovní nejvyšší výtokové armatury a místa napojení vodovodní přípojky na vodovodní řad	[kPa]
$p_{h,dov,A}$	Nejvyšší dovolený absolutní tlak	[kPa]
$p_{min,fl}$	Minimální požadovaný hydrodynamický přetlak u nejvyšší výtokové armatury	[kPa]
$p_{přípojka}$	Tlaková ztráta ve vodovodní přípojce a případném přívodním potrubí vnitřního vodovodu vně budovy	[kPa]
$p_{vodoměr}$	Tlaková ztráta vodoměru	[kPa]
p_{vr}	Tlak plynu na výstupu z regulátoru	[kp/cm ²]
p_{za}	Ekvivalentní přírážka za armatury a tvarovky	[m]
\dot{q}	Měrný tepelný tok do vytápěné místnosti	[W/m ²]
\dot{q}'	Ztrátový měrný tepelný tok do dolní místnosti/do zeminy	[W/m ²]
r	Okrajová zóna	[m]
w	Rychlost proudění vody v potrubí	[m/s]
w_v	Rychlost proudění vzduchu v potrubí	[m/s]
y	Korekční faktor odběru tepla ze zásobníku TV	[–]
z	Poměrná ztráta tepla při ohřevu a distribuci teplé vody	[–]
z_1	Kompresibilní faktor zemního plynu	[–]
Δl	Změna délky potrubí	[mm]
Δp	Hledaná tlaková ztráta armatury	[Pa]

Δp_{3cv}	Požadovaná ztráta trojcestného ventilu	[kPa]
Δp_c	Celková tlaková ztráta	[Pa]
Δp_{cu}	Tlaková ztráta v počítaném úseku potrubí	[Pa]
Δp_o	Referenční tlaková ztráta pro k_{vs}	[kPa]
Δp_v	Přirozený vztlak	[Pa]
Δp_{var}	Tlaková ztráta části zařízení s proměnným průtokem	[kPa]
Δp_λ	Tlaková ztráta třením	[Pa]
Δp_ξ	Tlaková ztráta místními odpory	[Pa]
ΔQ_{max}	Maximální rozdíl mezi křivkou dodávky a odběru tepla	[kWh]
ΔQ_z	Maximální dodávka tepla	[kWh]
$\Delta \theta$	Ochlazení vody v otopném hadu	[K]
$\Delta \theta_d$	Rozdíl teplot dilatace	[K]
$\Delta \theta_{max}$	Maximální rozdíl teplot v otopné soustavě	[K]
Λ_a	Propustnost tepla směrem nahoru	[W/m ² . K]
Λ_b	Propustnost tepla směrem dolů	[W/m ² . K]
$\phi_{gain,i}$	Trvalé tepelné zisky ve vytápěném prostoru	[W]
ϕ_{HL}	Návrhový tepelný výkon budovy	[W]
$\phi_{HL,i}$	Návrhový tepelný výkon vytápěného prostoru	[W]
$\phi_{hu,i}$	Volitelný dodatečný zátopový výkon vytápěného prostoru v případě přerušovaného vytápění	[W]
$\phi_{T,i}$	Návrhová tepelná ztráta prostupem	[W]
$\phi_{V,i}$	Návrhová tepelná ztráta větráním	[W]
α	Součinitel teplotní délkové roztažnosti potrubí	[mm/m. K]
α_p	Součinitel přestupu tepla směrem nahoru	[W/m ² . K]
α'_p	Součinitel přestupu tepla směrem dolů	[W/m ² . K]
η	Součinitel využití expanzní nádoby	[–]
η_K	Účinnost plynového kondenzačního kotle	[–]
θ_{1p}	Teplota zemního plynu na vstupu do plynovodu	[K]
$\theta_{1,s}$	Průměrná roční teplota studené vody	[°C]
θ_2	Teplota vody v zásobníku	[°C]
θ_e	Venkovní výpočtová teplota	[°C]
θ_i	Vnitřní výpočtová teplota	[°C]
θ'_i	Výpočtová vnitřní teplota místnosti pod danou místností	[°C]
θ_{max}	Maximální teplota vody v otopné soustavě	[°C]
θ_p	Střední povrchová teplota podlahy	[°C]
θ_{sspal}	Teplota spalin/spalovacího vzduchu	[°C]
θ_{w1}	Teplota vstupní otopné vody	[°C]
θ_{w2}	Teplota výstupní otopné vody	[°C]
λ	Součinitel tepelné vodivosti	[W/m. K]
λ_a	Součinitel tepelné vodivosti vrstev směrem od roviny uložení otopného hadu nahoru	[W/m. K]
λ_{a1}	Součinitel tepelné vodivosti betonové mazaniny	[W/m. K]
λ_b	Součinitel tepelné vodivosti vrstev směrem od roviny uložení otopného hadu dolů	[W/m. K]
λ_{sp}	Potřebný přebytek vzduchu pro spalování	[–]
λ_z	Součinitel třecích ztrát	[–]
ν	Kinematická viskozita	[m ² /s]

ξ	Součinitel tlakové ztráty místními odpory	[–]
ξ_{φ}	Součinitel místního odporu oblouku o úhlu φ	[–]
ρ	Hustota vody	[kg/m ³]
ρ_v	Hustota vzduchu	[kg/m ³]
τ	Čas dohřevu zásobníku pro přípravu TV	[hod]
τ_a	Doba ohřevu TV při teplotním rozdílu pro dohřev teplé vody	[s]

1. Úvod

S ohledem na skutečnost, že člověk tráví až 90 % času ve vnitřních prostorech, je důležité dosáhnout stavu tepelné pohody, aby se lidé v budovách cítili komfortně.

Tato práce se zabývá vytvořením modelu domu, pro který je dále navržena otopná soustava hradící návrhový tepelný výkon určený dle ČSN EN 12 831-1. Následně se volí zdroj tepla pro přípravu teplé vody podle ČSN EN 15 316-3. Dále se práce zabývá návrhem rozvodů vodovodu, vnitřní kanalizace a plynu. Součástí práce je i návrh nuceného větrání objektu pomocí vzduchotechnické jednotky. Pro dosažení tepelné pohody i v letních měsících bude na základě výpočtu tepelné zátěže dle normy ČSN 730548 navrhnut chladič systém pro pobytové místnosti rodinného domu.

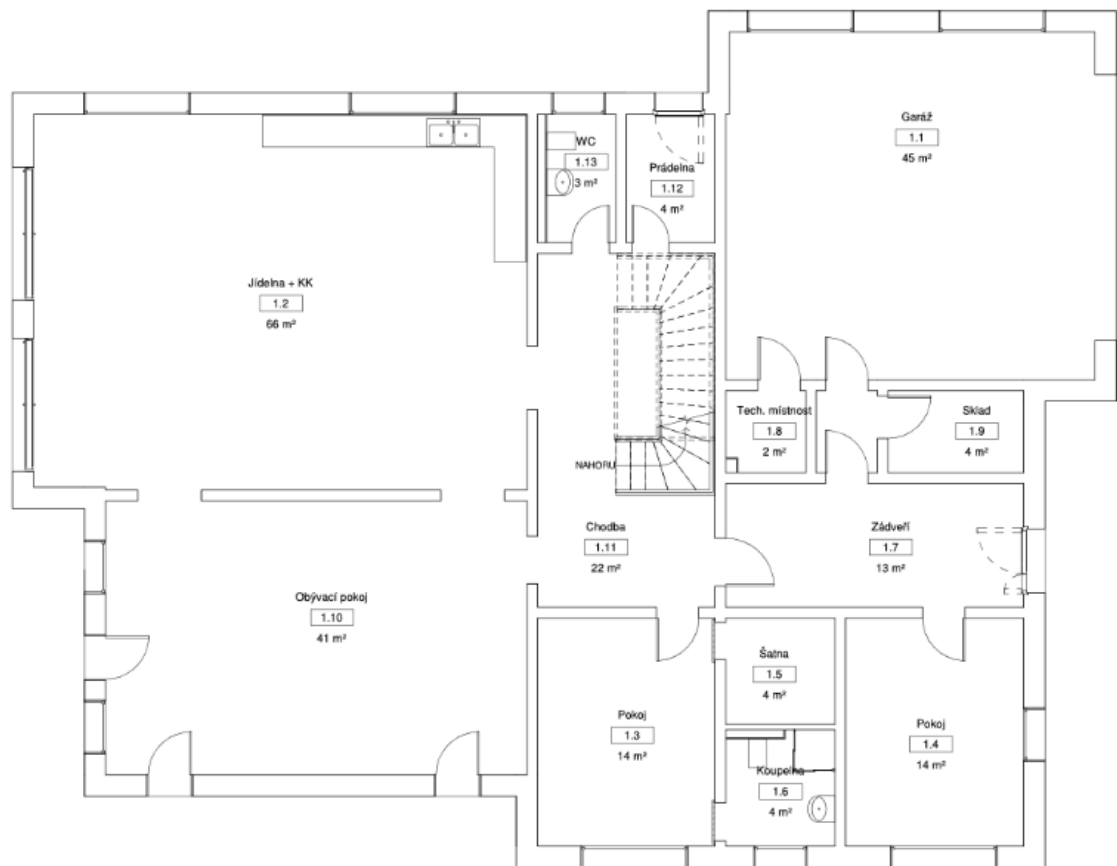
Součástí práce je i zhodnocení tvorby jednotlivých výše uvedených profesí stavby pomocí programu Revit, s následným srovnáním s konvenčním návrhem dílčích systémů. Srovnání se týká i výpočtových možností Revitu oproti klasickému provedení výpočtů. Nicméně samotný návrh je vytvořen na základě výpočtů provedených standardním způsobem.

Posledním bodem práce je vytvoření databáze komponent z oblasti TZB využitelných v Revitu viz *Příloha IV*.

2. Popis rodinného domu

Pro výpočty byla uvažována lokalita v Praze. Dům má dvě nadzemní podlaží bez podsklepení o celkové dispozici 10+kk. V prvním nadzemním podlaží se nachází technická místnost, jídelna s kuchyňskou linkou, obývací pokoj, toaleta, prádelna, sklad, garáž, zádveří, samostatný pokoj, chodba a pokoj pro hosty se samostatnou koupelnou a šatnou. Ve druhém patře se nachází dvě ložnice se šatnou s přístupem na balkón a samostatnými koupelnami. Ve druhém patře dále nalezneme tři samostatné pokoje s šatnou a též s přístupem na balkón, jeden pokoj bez šatny, koupelnu, toaletu a chodbu. Dům je opatřen valbovou střechou. Celková užitná plocha domu činí 420 m².

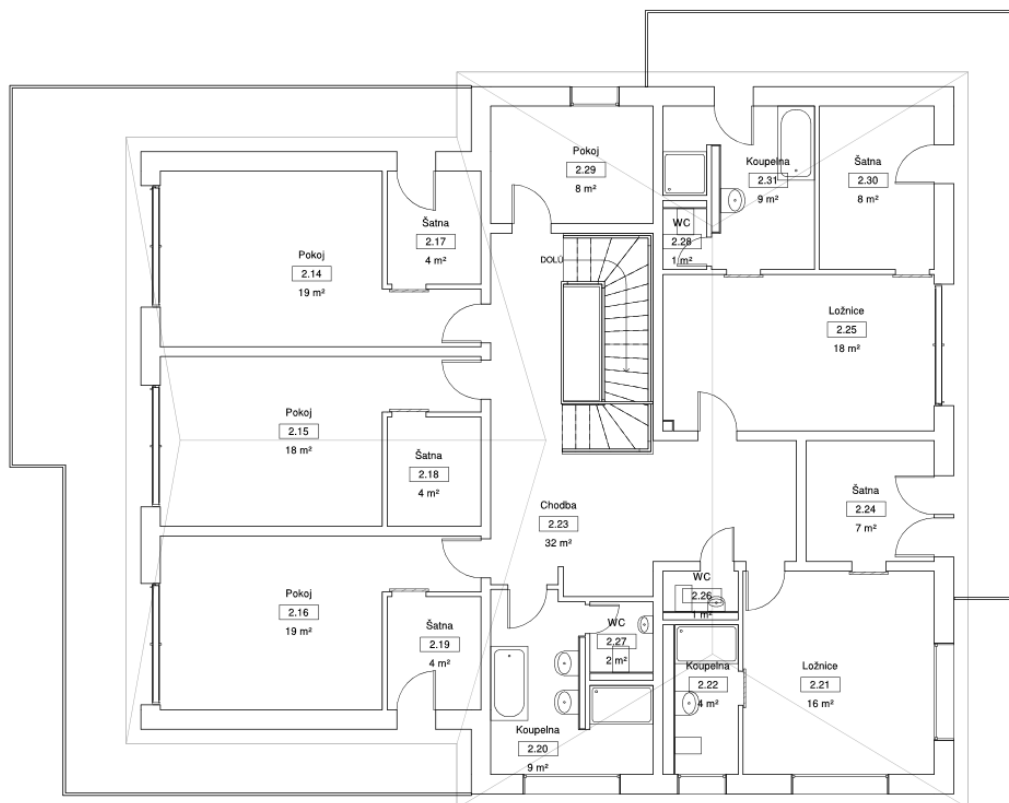
Pro danou lokalitu je charakteristická venkovní výpočtová teplota $\theta_e = -12$ °C.



Obr. 2-1 Půdorys 1.NP



Obr. 2-2 Pohledy na rodinný dům v pořadí zleva, severní, jižní, východní a západní pohled

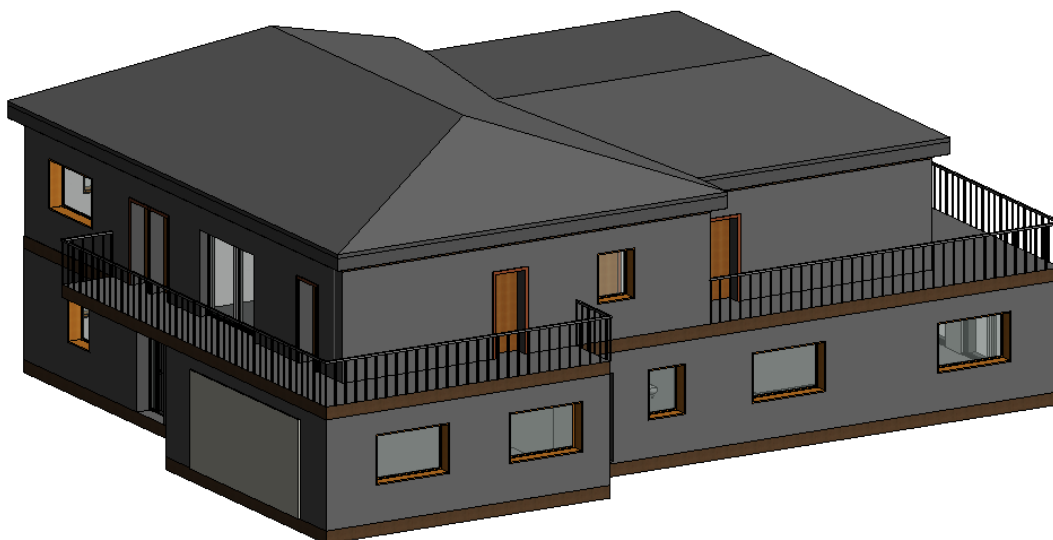


Obr. 2-3 Půdorys 2.NP

2.1. Skladba obálky rodinného domu

Pro výpočty tepelných ztrát nebyla stanovena přesná materiálová specifikace obálky budovy a na základě dohody s vedoucím práce jsou uvažovány přímo doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla $U_{rec,20}$ [2]

Podrobnou skladbu uvádím pouze v případě konstrukce podlahy pro účely podlahového vytápění, viz kapitola 4.2.



Obr. 2-4 3D pohled na model rodinného domu

3. Metodika BIM

Zkratka BIM vychází z anglického Building Information Modeling (Management) v českém překladu zkratka znamená informační model budovy.

Tento model daného objektu nese velké množství informací a dá se považovat za digitální verzi skutečného objektu od počátku jeho projektování, až do fáze likvidace dané stavby v budoucnu. V závislosti na provedení a použitém softwaru může model obsahovat skladbu jednotlivých konstrukcí včetně jednotlivých tloušťek vrstev, informace o podnebí v místě stavby, investorovi, jednotlivých dílčích profesích (PBŘ, Statika, VZT, VYT, ZTI, Architektura a mnoho dalších dílčích disciplín). [3]

3.1. Revit

Pro vytváření projektové dokumentace jsem použil program REVIT společnosti Autodesk, ve verzi 2019. Verze je důležitá z hlediska koordinace s ostatními profesemi, neboť nelze otevírat soubory vytvořené v novější verzi ve verzi starší. Pokud tedy někdo pracuje ve verzi 2018 nebude moci tento projekt ve svém Revitu otevřít. Naopak pokud by chtěl někdo otevřít tento projekt ve verzi 2020, soubor otevřít půjde, ale dojde k upgradování modelu, který již nepůjde otevřít v původní verzi Revitu 2019.

Pro správné projektování je třeba vědět jakým způsobem REVIT pracuje. Jedná se o program, který pracuje s 3D modelem budovy a veškeré komponenty vytvořené v Revitu mají tři rozměry. Těmto komponentám se říká „Rodina“ a jedná se o základní stavební prvek programu. Pokud nemáte vytvořené tyto rodiny, tak nelze nic modelovat, skládat či vytvářet výkresy. Rodina nese veškeré informace o daném prvku. Tyto informace můžeme libovolně měnit a přizpůsobovat je konkrétním požadavkům projektu.

3.1.1. Rodiny

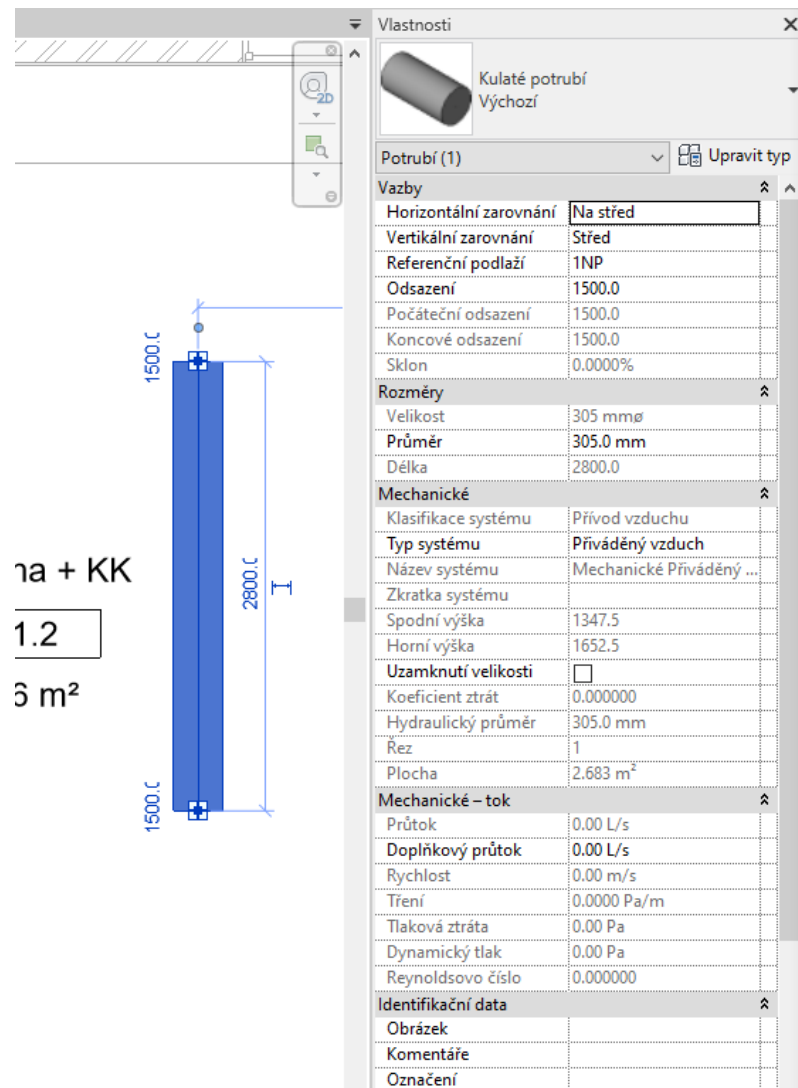
Jako příklad rodiny uvedu potrubí. Potrubí je jedna ze základních rodin a je k dispozici v základním provedení Revitu. Na *Obr. 3-1* můžeme vidět základní vlastnosti potrubí, mezi které patří odsazení (tj. výška od referenční roviny v místě podlahy 1.NP), dále průměr potrubí, průtok v potrubí, tlaková ztráta daného prvku a další informace.

Z praktického hlediska lze v rodině nastavit například rozměry nebo úhly pod kterými lze dané potrubí vykreslovat. Tato skutečnost může být v případě jemného rozložení úhlu velice nepraktická a uživatelsky naprosto nesnesitelná. Pokud bude nastavení úhlu na „Použít libovolný úhel“ je téměř nadlidský výkon vytvořit koleno s 90 °. Je proto vhodné si jednotlivé používané rodiny nastavit dle vlastních požadavků nebo zvyků z klasického projektování ve 2D softwaru, a to ještě před započítáním vlastní práce.

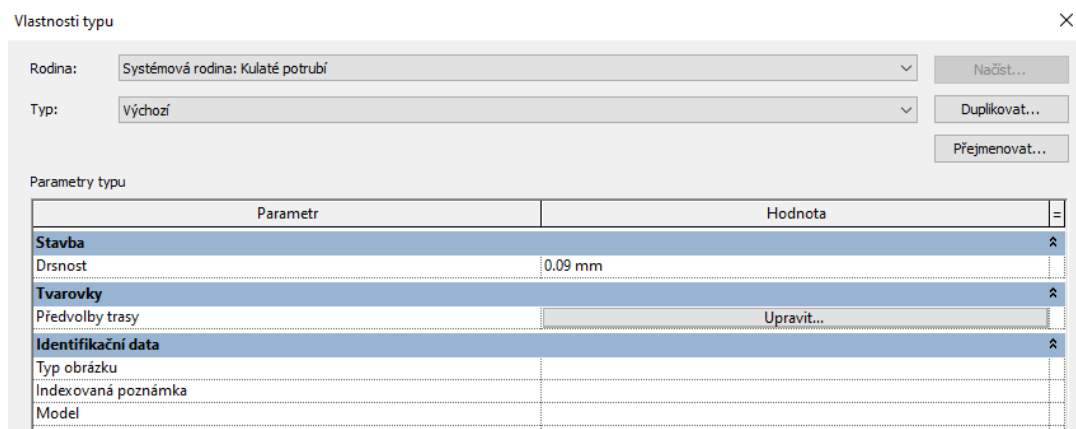
Nastavení vhodných parametrů lze dosáhnout ve Vlastnosti ⇒ Upravit typ, zde se otevře okno Vlastnosti typu (viz *Obr. 3-2*), kde se v kolonce Tvarovky Předvolby trasy klikne na Upravit. Tím se otevře okno Předvolby trasy (*Obr. 3-3*), přičemž v tomto okně si můžeme navolit jednotlivé rodiny tvarovek potrubí. Tyto rodiny ovšem musí být k dispozici v daném projektu, tzn. jejich vytvoření, případně stažení, a nahrání do projektu.

Po kliknutí na tlačítko Velikost potrubí na kartě Předvolby trasy se otevře okno Mechanické nastavení (*Obr. 3-4*). V mechanickém nastavení již lze nastavit konkrétní

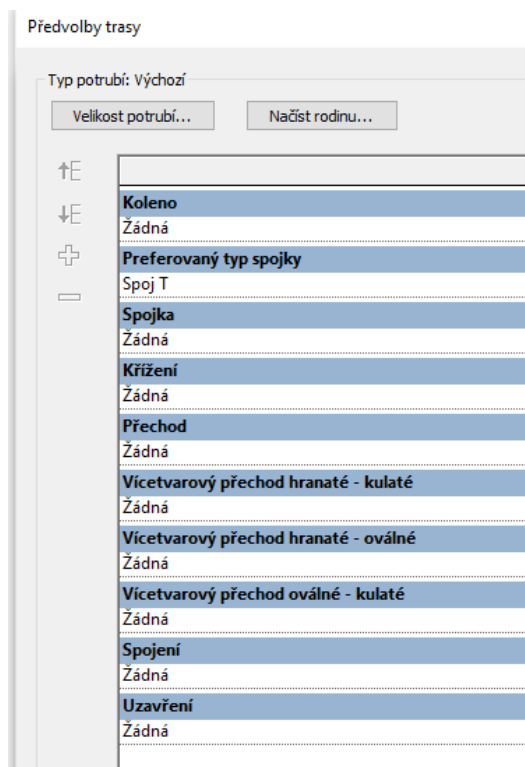
vlastnosti dané rodiny, je zde také uveden postup jednotlivých výpočtů. Mechanické nastavení lze otevřít i pomocí karty Správa ⇒ Nastavení TZB ⇒ Mechanické nastavení.



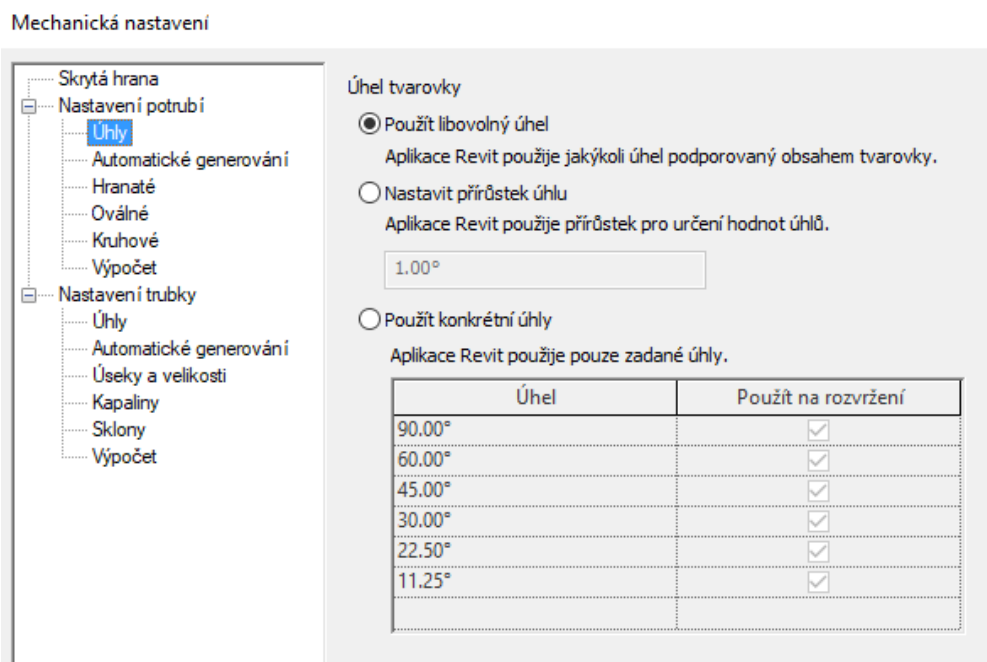
Obr. 3-1 Vlastnosti potrubí



Obr. 3-2 Vlastnosti typu



Obr. 3-3 Předvolby trasy



Obr. 3-4 Mechanické nastavení

3.1.2. Zakládání projektu

V případě začínání nového projektu je třeba zvolit šablonu projektu. Šablona projektu je počáteční nastavení pro projekt. Po stažení programu jsou k dispozici celkem čtyři šablony. Stavební, architektonická, konstrukční a mechanická. Šablony se liší nastavením viditelnosti jednotlivých komponent. Pro zařízení TZB je třeba použít mechanickou šablonu. Pokud se použije jiná šablona, je pravděpodobné, že po vytvoření prvku TZB (např. potrubí), tento prvek nebude vidět.

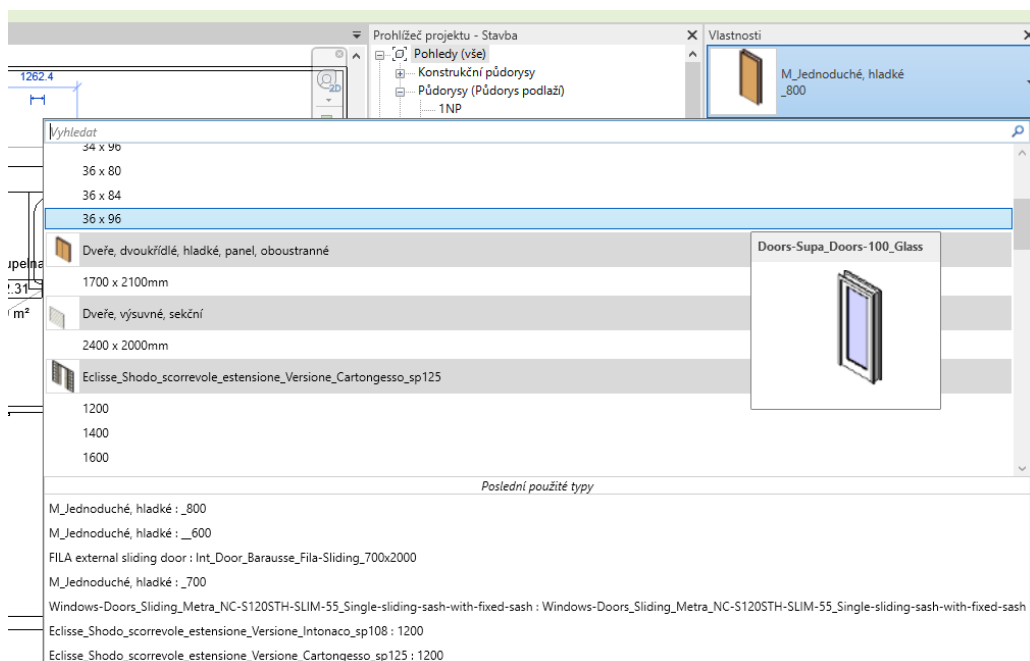
Šablona dále nese i mechanické nastavení, je tedy dobré v případě častého používání programu si nejprve vytvořit šablony pro jednotlivé profese a předcházet tak nutnosti měnit nastavení pro každý projekt zvlášť. Příkladem může být kanalizace. Kanalizace musí být vedena ve spádu a její tvarovky mají specifické úhly a rozměry, které u ostatních profesí nevyužijete.

Do šablony je dále možné nahrát jednotlivé rodiny pro rychlejší budoucí práci. Nevýhodou nahrání všech dostupných rodin do šablony je velikost souboru, který se pak může otevírat i déle než deset minut. Z tohoto důvodu je dobré nahrát do šablony jen základní rodiny, které se využijí v každém projektu a případné specifické komponenty do projektu nahrát až v případě potřeby.

3.1.3. Vytváření rodiny

Pro vytvoření nové rodiny je zapotřebí stejně jako v případě projektu mít k dispozici šablonu rodiny. Oproti šablonám pro projekt nejsou šablony pro rodiny v základním provedení Revitu a je nutné je buď vytvořit, stáhnout nebo zakoupit. Základní knihovna Autodesku je na internetu volně přístupná a lze s ní bezplatně pracovat.

Stejně jako u šablon projektu, se šablony rodin liší v nastavení počátečních parametrů. Revit třídí jednotlivé rodiny do kategorií, podle kterých pak jednotlivé komponenty lze vyhledat v prohlížeči projektu. V případě, že bude vytvořena nová rodina z kategorie Dveře, ale s nastavením pro kategorii Ohebné trubky, znesnadní se si tím vyhledávání jednotlivých komponent. Další nevýhodou chybného nastavení kategorie rodiny je nemožnost plynulého zaměnění rodin. Například při kliknutí na libovolné dveře, se na kartě vlastnosti objeví malý 3D obrázek daného prvku, po kliknutí na obrázek (viz *Obr. 3-5*) se otevře okno na kterém je možné dané dveře libovolně zaměnit za jiné pouhým kliknutím.



Obr. 3-5 Typy dveří

3.1.4. Možnosti Revitu

Jelikož Revit pracuje s BIM modelem má spoustu šikovných vlastností, které mohou projektantovi při správném použití usnadnit práci.

Revit je vybaven funkcí pro výpočet tepelné zátěže, nebo tepelných zisků. Stačí si oddělit jednotlivé zóny v budově a program je schopen spočítat kdy nastane například maximální tepelné zatížení. Pro správný výpočet je nutné zadat, o jaký typ budovy se jedná, její umístění, technické zařízení budovy, třída těsnosti budovy atd. Tato funkce je velice zajímavá, nicméně v praxi pro Českou republiku zatím obtížně použitelná, ze dvou hlavních důvodů:

- 1) Konstrukci domu kreslí architekt, zatímco zařízení pro vytápění a chlazení projektant. Aby tedy mohl projektant vypočítat tepelnou zátěž je nutné, aby architekt, ve fázi začátku prací projektanta, měl kompletně hotovou stavbu v Revitu, včetně všech potřebných parametrů konstrukcí, které už by nemohl změnit, jelikož by mohlo dojít ke změnám pro parametry otopné soustavy či chladicího zařízení a dosavadní práce by tak byla zbytečná, jelikož jsou tyto výpočty vstupním parametrem pro zahájení projekční činnosti. Tepelně technické hodnoty konstrukcí jsou před zahájením prací známy nicméně nemusí být zaneseny v Revitu, nebo mohou být zadány chybně, což činí zásadní problém pro využití této funkce.
- 2) Nemožnost nastavení pro konkrétní českou legislativu. Tím se rozumí výpočet podle normy ČSN EN 12 831-1, která se u nás uplatňuje (Revit počítá dle RTS ASHRAE). Například Revit nedokáže zohlednit snížení tepelné ztráty větráním v provedení s rekuperací tepla s požadovanou účinností.

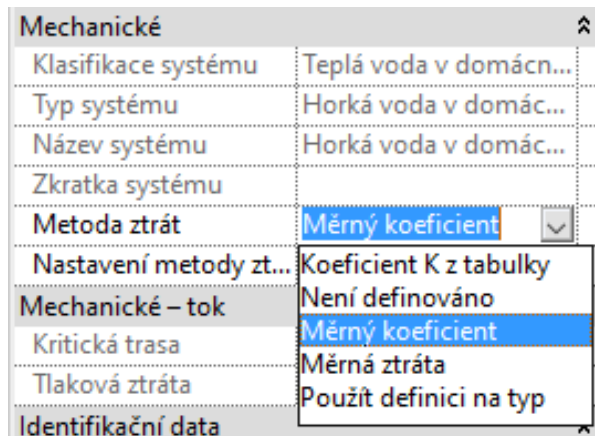
Dalším usnadněním je výpočet tlakových ztrát v potrubí. Metodika výpočtu je uvedena na kartě mechanického nastavení viz kapitola 3.1.1. a jde zde zvolit, kterou metodou se tlakové ztráty budou počítat. Toto nastavení se však vztahuje pouze na přímé kusy potrubí (trubek) u tvarovek je třeba způsob tlakové ztráty dále nastavit. U potrubí je k dispozici jedna z možností viz *Obr. 3-6*. Každá z metod má své výhody a nevýhody, metoda „Není definováno“ žádnou ztrátu neuvažuje, „Měrný koeficient“ je totožný se součinitelem místní tlakové ztráty místními odpory ξ , „Měrná ztráta“ je varianta kdy se zadá výsledná hodnota tlakové ztráty tvarovky. Poslední z možností je „Koeficient z tabulky ASHRAE“. Úskalím této metody je možný chybný výpočet koeficientů podle přednastavených hodnot, který může být zapříčiněn chybným převodem jednotek v jádru programu. Tyto čtyři metody lze uplatnit pouze u některých tvarovek, jako je např. koleno. [4]

Mechanické	
Klasifikace systému	Přívod vzduchu
Typ systému	Přiváděný vzduch
Název systému	Mechanické Přiváděný vz...
Zkratka systému	
Metoda ztrát	Koeficient z tabulky ASHRAE
Nastavení metody ztrát	Koeficient z tabulky ASHRAE
Mechanické – tok	Není definováno
Tlaková ztráta	Měrný koeficient
Identifikační data	Měrná ztráta

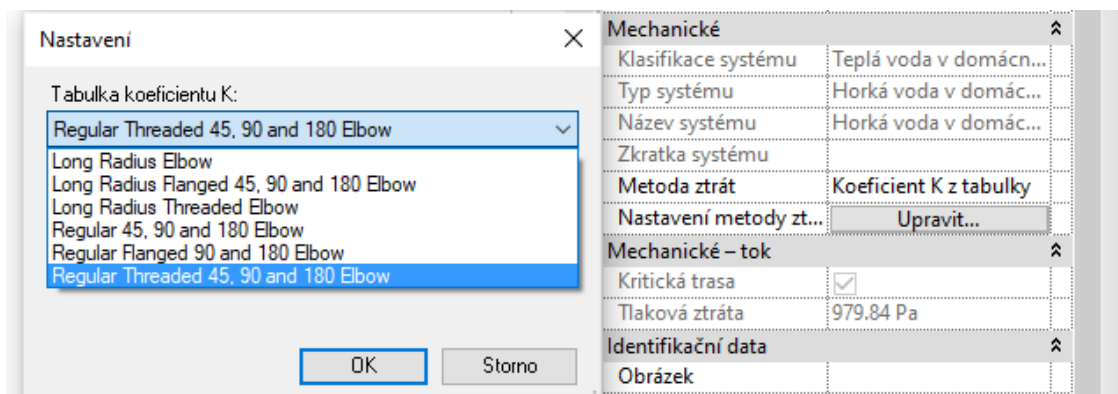
Obr. 3-6 Metoda výpočtu tlakové ztráty kolena potrubí

V případě, kdy se jedná o tvarovku T-kus je na výběr pouze varianta „Není definováno“ a „Koeficient z tabulky ASHRAE“. Jelikož ani jedna z těchto metod neurčí správnou tlakovou ztrátu, je nutné dopočítat tlakovou ztrátu standardním postupem „ručně“. Případně lze v rovině tvarovky výpočet tlakové ztráty nastavit, ale už nelze tento nastavený výpočet přiřadit do celkového výkazu tlakových ztrát potrubí bez zásahu do jádra programu.

Podobným způsobem lze spočítat tlakovou ztrátu trubek. U přímého kusu je výpočet tlakové ztráty opět uveden v mechanickém nastavení. U tvarovek trubek je k dispozici pět možností výpočtu, viz Obr. 3-7. „Měrný koeficient“, „Měrná ztráta“ a „Není definováno“ funguje obdobným způsobem jako u potrubí. „Koeficient K z tabulky“ počítá s přednastavenými hodnotami v tabulkách. K dispozici je vícero tabulek viz Obr. 3-8, ze kterých si lze vybrat námi požadovanou hodnotu tlakové ztráty, například srovnáním s tlakovou ztrátou pomocí „Měrného koeficientu“. Poslední možností je „Použít definici na typ“. Tato metoda zohledňuje interní nastavení v tvarovkách. Jedná se tak o sloučení možností předchozích variant.



Obr. 3-7 Metoda výpočtu tlakové ztráty kolena trubky



Obr. 3-8 Tabulky koeficientu K pro koleno trubky

Tvarovka T-kus má obdobný problém s výpočtem i v případě trubek. Na výběr jsou k dispozici sice všechny varianty výpočtů, nicméně výsledná hodnota tlakové ztráty tvarovky se neukáže na kartě vlastností, ale pouze ve finálním vygenerovaném výkazu ztrát. Tato skutečnost znemožňuje rychlou kontrolu výsledné tlakové ztráty tvarovkou.

Jednou z dalších výhod BIM modelu v Revitu je možnost generování výkazů množství. Existuje zde možnost vygenerovat celkové množství jednotlivých tvarovek, délky potrubí, stěny, dveře, okna, a tedy lze vytvořit výkaz na jakoukoliv komponentu

v projektu včetně všech jejich vlastností uložených v projektu. Nevýhodou je poměrně velká nepřehlednost výkazů, které je pak nutné upravit do přehlednější formy.

Koordinace jednotlivých profesí je zde také mnohem jednodušší. Stačí nahrát profese do jednoho projektu a spustit kontrolu kolizí, která odhalí kde se jednotlivé systémy prolínají, a je tak možnost odstranit veškeré kolize již ve fázi projektu a zjednodušit tak stavební proces při realizaci. Díky tomu je kladen větší důraz na projekční část projektu. Tato funkce, stejně jako „Tabulka ASHRAE“, nemusí fungovat zcela správně a odhalit veškeré kolize.

Nedílnou součástí Revitu jsou doplňky, které dokáží značně ulehčit práci, pokud si za ně ovšem zaplatíte. Některé doplňky jsou však zdarma, například doplněk firmy ATREA pro návrh vzduchotechnických jednotek s následným vygenerováním rodiny vzduchotechnických zařízení dostupných v jejich návrhovém softwaru. Placeným doplňkem pak mohou být nástroje, které obsahují komponenty jednotlivých profesí. Automaticky vygenerují pdf soubory, najdou kolize v projektu jednotlivých profesí nebo obsahují specifické funkce pro zjednodušení práce (automatické generování prostupů, vytváření rozvinutých řezů atd.). Jiné firmy nabízejí softwary, které jsou schopny vygenerovat např. podlahovou otopnou plochu bez nutnosti vykreslování celé smyčky ručně. Pokud bychom chtěli využít všechny tyto doplňky, pak by se roční sazba za software pohybovala klidně na dvojnásobku základní ceny Revitu.

3.2. Legislativa pro BIM

Metoda BIM je v ČR diskutovanou záležitostí již od roku 2011. Schválení koncepce zavádění metody BIM v ČR vládou proběhlo v roce 2017. Po schválení koncepce nastalo pětileté přípravné období, po jehož uplynutí nastane povinnost vypracování veškerých veřejných zakázek pomocí metody BIM. V tomto období je nutné nadefinovat standardy pro následné projekty s povinností vypracování pomocí BIM metody. [37]

Tyto standardy projednává Pracovní výbor pro zavádění metody BIM (PV BIM). Aktuálně se jedná o 7 podpůrných dokumentů, které byli vypracovány Českou agenturou pro standardizaci pro zavádění metody BIM pro veřejné zadavatele. Tyto dokumenty budou na základě usnesení PV BIM podrobeny ověření na pilotních projektech s následným vyhodnocením na dalším jednání PV BIM, které proběhne v letních měsících letošního roku. [38]

Od roku 2022 by tak měla být uložena povinnost použití metody BIM pro nadlimitní veřejné zakázky na stavební práce a stanovení standardů pro jejich vypracování. [37]

4. Vytápění

S ohledem na výslednou hodnotu návrhového tepelného výkonu 9,6 kW podle vztahu (2) jsem pro vytápění zvolil podlahovou otopnou plochu s teplotním spádem 40/32 °C, jako zdroj tepla bude použit plynový kondenzační kotel Buderus GB 122i – 24 viz *Příloha I*.

4.1. Návrhový tepelný výkon

Návrhový tepelný výkon pro uvedený rodinný dům byl stanoven podle ČSN EN 12 831-1. Ve výpočtech je uvažováno větrání s rekuperací tepla, nulové trvalé tepelné zisky $\phi_{\text{gain},i} = 0 \text{ W}$ a předpoklad kontinuálního vytápění $\phi_{\text{hu},i} = 0 \text{ W}$. [1] Výchozí rovnice pro návrhový tepelný výkon je:

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

kde je

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

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

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

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

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

$$\phi_{\text{HL}} = \Sigma \phi_{\text{HL},i} = 9600 \text{ W} \quad (2)$$

kde je

ϕ_{HL} – návrhový tepelný výkon budovy [W]

Výsledné hodnoty návrhových tepelných výkonů pro jednotlivé místnosti nalezneme v *Tab. 4-1*.

Tab. 4-1 Návrhový tepelný výkon místnosti

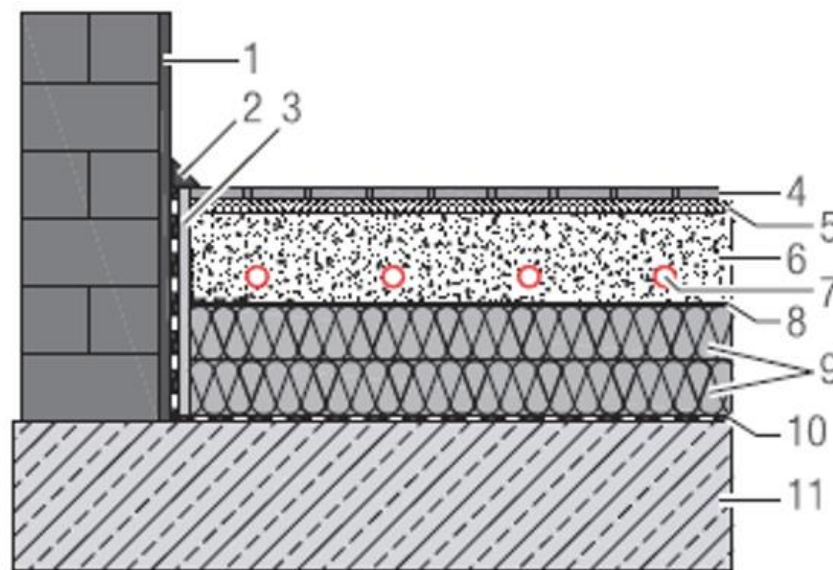
číslo místnosti	$\phi_{T,i}$ [W]	$\phi_{V,i}$ [W]	$\phi_{HL,i}$ [W]
1.1	594	309	903
1.2	1725	104	1829
1.3	266	22	289
1.4	396	22	418
1.5	15	6	22
1.6	153	27	180
1.7	155	9	164
1.8	35	1	37
1.9	86	3	89
1.10	798	65	863
1.11	154	35	188
1.12	127	27	154
1.13	134	20	154
2.14	452	30	482
2.15	341	28	369
2.16	451	30	481
2.17	112	6	118
2.18	27	6	33
2.19	112	6	118
2.20	341	60	401
2.21	480	25	505
2.22	121	27	148
2.23	164	47	211
2.24	194	11	205
2.25	347	28	376
2.26	38	13	51
2.27	24	13	37
2.28	27	7	33
2.29	170	13	182
2.30	230	13	243
2.31	269	60	329
Celkem	8538	1072	9610

4.2. Skladba podlahové plochy

Podlahová plocha bude položena mokrým způsobem, uchycení trubek bude pomocí systémové desky s izolací. Veškeré rozvody otopných hadů budou v provedení PE-Xa s dimenzí 17x2 mm (resp. 20x2 mm viz výkresová dokumentace).

Detailní skladbu podlahové plochy, včetně tloušťek základních komponent podlahy 1.NP, můžeme vidět na *Obr. 4-1*, přičemž podlahová krytina bude v obytných místnostech provedena z plovoucí laminátové podlahy, v koupelnách a na toaletách bude položena keramická dlažba.

V prostoru mazaniny nad rozvodem otopného hadu v garáži bude umístěna kari síť pro zvýšení možného zatížení na plochu podlahové plochy, a tudíž k zabránění popraskání otopného hadu.



Obr. 4-1 Trubkový podlahový systém vytápění proveden mokrým způsobem pokládky. 1 vnitřní omítka, 2 krycí lišta, 3 dilatační páska, 4 podlahová krytina (0,01 m), 5 maltové lože, 6 mazanina (0,08 m), 7 trubka (0,017 m), 8+9 systémová deska s izolací (0,15 m), 10 hydroizolace, 11 stavební konstrukce (0,4 m) [5]

4.3. Výpočet podlahového vytápění

Nejprve je třeba stanovit propustnosti tepla podlahové plochy směrem do vytápěné místnosti (nahoru = žádoucí propustnost, tzn. co nejvyšší hodnota) a směrem dolů (hodnota nežádoucí, měla by být co nejnižší)

$$\Lambda_a = \frac{1}{\alpha_p + \frac{a}{\lambda_a}} \text{ [W/m}^2 \cdot \text{K]} \quad (3)$$

kde je

Λ_a – propustnost tepla směrem nahoru [W/m² · K]

α_p – součinitel přestupu tepla nahoru [W/m² · K]

a – tloušťka vrstvy [m]

λ_a – součinitel tepelné vodivosti [W/m · K]

Propustnost tepla směrem dolů je spočtena obdobným způsobem.

$$\Lambda_b = \frac{1}{\frac{1}{\alpha'_p} + \frac{b}{\lambda_b}} \text{ [W/m}^2 \cdot \text{K]} \quad (4)$$

kde je

Λ_b – propustnost tepla směrem dolů [W/m² · K]

α'_p – součinitel přestupu tepla dolů [W/m² · K]

b – tloušťka vrstvy [m]

λ_b – tepelná vodivost [W/m · K]

Dále určení charakteristického čísla podlahy.

$$m = \sqrt{\frac{2 \cdot (\Lambda_a + \Lambda_b)}{\pi^2 \cdot \lambda_{a1} \cdot D_{tr}}} \text{ [1/m]} \quad (5)$$

kde je

m – charakteristické číslo podlahy [–]

λ_{a1} – tepelná vodivost mazaniny [W/m · K]

D_{tr} – vnější průměr trubky [m]

Následně lze stanovit střední povrchovou teplotu podlahy.

$$\theta_p = \theta_i + \frac{\Lambda_a}{\alpha_p} \cdot \left(\frac{\theta_{w1} + \theta_{w2}}{2} - \theta_i \right) \cdot \frac{\operatorname{tgh}\left(\frac{m \cdot l}{2}\right)}{m \cdot \frac{l}{2}} \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (6)$$

kde je

θ_p – střední povrchová teplota podlahy [°C]

θ_{w1} – teplota vstupní otopné vody [°C]

θ_{w2} – teplota výstupní otopné vody [°C]

θ_i – vnitřní výpočtová teplota [°C]

l – rozteč trubek [m]

Z povrchové teploty spočítáme měrný tepelný tok do vytápěné místnosti (7), měrný ztrátový tepelný tok do dolní místnosti (8) a měrný tepelný tok do dolní místnosti s rozdílnou vnitřní teplotou v prostoru 1 a 2 NP (9)

$$\dot{q} = \alpha_p \cdot (\theta_p - \theta_i) \text{ [W/m}^2\text{]} \quad (7)$$

kde je

\dot{q} – měrný tepelný tok do vytápěné místnosti [W/m²]

$$\dot{q}' = \frac{\Lambda_b}{\Lambda_a} \alpha_p \cdot (\theta_p - \theta_i) \text{ [W/m}^2\text{]} \quad (8)$$

kde je

\dot{q}' – ztrátový měrný tepelný tok do dolní místnosti/do zeminy [W/m²]

$$\dot{q}' = \frac{\Lambda_b}{\Lambda_a} \alpha_p \cdot (\theta_p - \theta_i) + \Lambda_b \cdot (\theta_p - \theta'_i) \text{ [W/m}^2\text{]} \quad (9)$$

kde je

θ'_i – výpočtová vnitřní teplota místnosti pod danou místností [°C]

Pro ověření dobře zvolené skladby podlahové plochy stanovíme poměr mezi měrnými toky směrem nahoru a dolu. Poměr pro 2.NP musí být menší než 15 %. Pro 1.NP musí být poměr maximálně 10 %. Obecně 15 % procent platí, pokud je pod daným prostorem další vytápěný prostor a 10 % pokud je pod daným vytápěným prostorem prostor nevytápěný nebo je vytápěný prostor přilehlý k zemině. [8]

Z dostupných výsledků již můžeme stanovit potřebnou plochu pro umístění otopného hadu.

$$S_p = \frac{\phi_{HL,i}}{\dot{q} + \dot{q}'} [m^2] \quad (10)$$

kde je

S_p – je potřebná plocha pro umístění otopného hadu [m^2]

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

Poté je možné určit celkový tepelný příkon podlahové otopné plochy.

$$\dot{Q}_{PC} = S_p \cdot (\dot{q} + \dot{q}') [W] \quad (11)$$

kde je

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

Výsledky výpočtů jsou k dispozici v *Tab. 4-3*.

Pokládka podlahového vytápění by měla respektovat okrajovou zónu.

$$r = \frac{2,3}{m} [m] \quad (12)$$

kde je

m – charakteristické číslo podlahy [–]

r – okrajová zóna [m]

V dalším kroku určíme délky jednotlivých otopných hadů pro zvolený způsob pokládky (meandr) výsledky v *Tab. 4-2*.

$$L = \frac{S_p}{l} + l_{př} [m] \quad (13)$$

kde je

L – délka otopného hadu [m]

l – rozteč trubek [m]

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

*Tab. 4-2 Délky otopných hadů
(Označení A – umístění v 1. NP a označení B – umístění ve 2. NP)*

Označení otopného hadu	S_{disp} [m ²]	S_p [m ²]	L [m]	Označení otopného hadu	S_{disp} [m ²]	S_p [m ²]	L [m]
A1	27,1	17,8	84,5	B1	4,3	3,7	35,5
A2	27,1	17,8	79,5	B2	5,6	7,0	81,8
A3	31,9	17,3	71,7	B3	16,6	11,4	96,9
A4	37,2	13,8	37,6	B4	14,2	12,6	88,6
A5	4,8	4,8	67,1	B5	2,4	3,5	44,4
A6	10,4	9,0	54,4	B6	6,1	7,8	91,0
A7	8,9	6,7	47,7	B7	14,6	11,1	73,4
A8	9,7	4,1	20,5	B8	12,2	6,5	50,3
				B9	13,8	11,1	76,4

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

Tab. 4-3 Výsledné hodnoty pro návrh podlahového vytápění

číslo místnosti	θ_p [°C]	\dot{q} [W/m ²]	\dot{q}' [W/m ²]	S_p [m ²]	\dot{Q}_{PC} [W]	$\phi_{HL,i}$ [W]	Označení otopného hadu hradícího tepelnou ztrátu
1.1	14,9	59,2	3,3	13,8	862	903	A4
1.2	24,0	48,2	2,7	35,7	1818	1829	A1+A2
1.3	24,5	54,4	3,1	4,9	280	289	A6
1.4	24,5	54,4	3,1	6,7	387	418	A7
1.5	24,5	54,4	3,1	0,0	0	22	PZ
1.6	27,4	40,8	2,3	4,2	179	180	A6
1.7	23,1	61,1	3,4	3,0	192	164	A8
1.8	23,1	61,1	3,4	0,0	0	37	PZ
1.9	23,1	61,1	3,4	1,1	74	89	A8
1.10	24,0	48,2	2,7	17,3	881	863	A3
1.11	24,5	54,4	3,1	3,4	193	188	HR
1.12	28,8	57,4	2,5	2,4	143	154	A5
1.13	28,8	57,4	2,5	2,4	143	154	
2.14	24,5	54,2	5,0	9,2	547	482	B9
2.15	24,5	54,2	5,0	6,5	383	369	B8
2.16	24,5	54,2	5,0	9,2	547	481	B7
2.17	24,5	54,2	5,0	1,8	109	118	B9
2.18	24,5	54,2	5,0	0,0	0	33	PZ
2.19	24,5	54,2	5,0	1,8	109	118	B7
2.20	28,8	57,3	7,2	7,0	450	401	B6
2.21	24,5	54,2	5,0	9,2	547	505	B4
2.22	28,8	57,3	4,1	2,6	161	148	B5
2.23	24,5	54,2	5,0	3,7	219	211	HR
2.24	24,9	59,0	7,2	3,4	225	205	B4
2.25	24,9	59,0	9,0	6,8	461	376	B3
2.26	28,8	57,3	7,2	0,9	56	51	B5
2.27	28,8	57,3	7,2	0,9	56	37	B6
2.28	28,8	57,3	10,7	0,9	59	33	B2
2.29	24,5	54,2	5,2	3,7	219	182	B1
2.30	24,5	54,2	10,2	4,6	297	243	B3
2.31	28,8	57,3	10,7	6,1	415	329	B2
Celkem					10011	9610	

kde

PZ = přestup tepla z vedlejších místností

HR = tepelná ztráta je hrazena rozvody otopných hadů k jednotlivým místnostem

Výkon jednotlivých otopných hadů je k dispozici v Tab. 4-5.

Otopné hady B2, B5 a B6 v prostorách koupelen nemají k dispozici dostatečnou plochu pro pokrytí tepelné ztráty. V těchto koupelnách budou umístěna doplňková trubková otopná tělesa (napojená na jednotlivé otopné hady) KORALUX LINEAR MAX 1810/450 s výkonem dle *Tab. 4-4*.

Potřebný dodatečný výkon B2 = 100 W, B5 = 60 W a B6 = 100 W. Dále je třeba doplnit otopné těleso k otopnému hadu A6, též z nedostatečné dispoziční plochy v koupelně 1.6 s potřebným výkonem A6 = 100 W.

S ohledem na umístění otopných těles (na boční stěně kolmé k oknu) je nutné zohlednit opravný součinitel na umístění otopného tělesa.

$$\dot{Q}_{\text{dod}} = \frac{\dot{Q}_{\text{pot}}}{f_p} = \frac{100}{0,95} = 105 \text{ W} \quad (14)$$

kde je

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

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

f_p – opravný součinitel na umístění tělesa [–]

Tab. 4-4 Výkon trubkového otopného tělesa při teplotním spádu 40/32/24 °C [6]

KORALUX LINEAR MAX					
Výška [mm]					
Délka [mm]	690	900	1215	1495	1810
450	52	66	88	107	129
600	68	86	115	142	175
750	83	106	141	178	222

Výkon každého doplňkového tělesa činí při jmenovitých podmínkách 40/32/24 °C 129 W, což je dostačující výkon pro pokrytí chybějící tepelné ztráty 105 W, resp. 63 W v případě otopného hadu B5.

4.4. Hydraulické vyvažování

Cílem hydraulického vyvážení je docílit stejné tlakové ztráty na jednotlivých paralelních okruzích otopné soustavy. Nejprve spočítáme tlakovou ztrátu všech otopných hadů.

$$\Delta p_c = \Delta p_\lambda + \Delta p_\xi \text{ [Pa]} \quad (15)$$

kde je

Δp_c – celková tlaková ztráta [Pa]

Δp_λ – tlaková ztráta třením [Pa]

Δp_ξ – tlaková ztráta místními odpory [Pa]

4.4.1. Výpočet tlakové ztráty třením

$$\Delta p_{\lambda} = \lambda_z \cdot \frac{L}{d_p} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho \text{ [Pa]} \quad (16)$$

kde je

λ_z – součinitel třecích ztrát [–]

L – délka otopného hadu [m]

d_p – vnitřní průměr potrubí [m]

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

ρ – hustota vody [kg/m³]

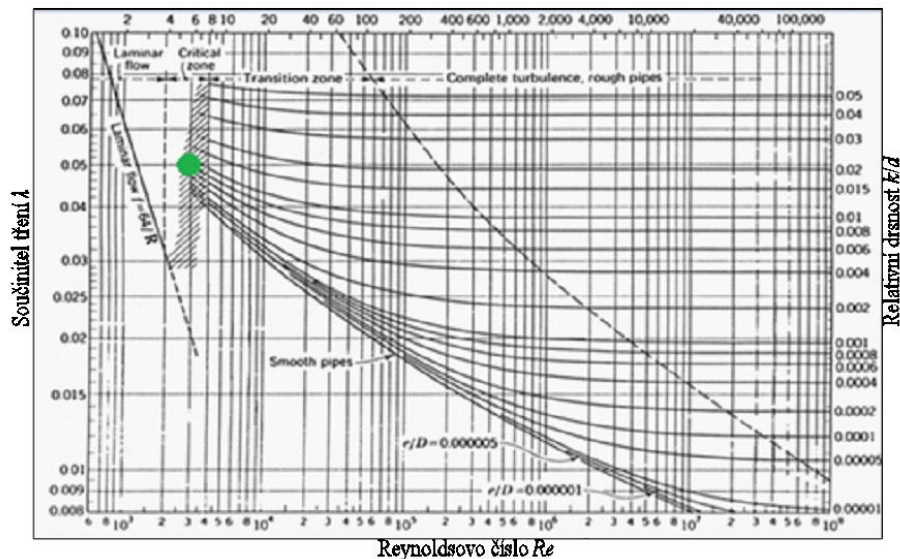
Pro Reynoldsova čísla menší než 2320 se jedná o laminární proudění v potrubí a lze λ_z spočítat následujícím způsobem:

$$\lambda_z = \frac{64}{Re} \text{ [Pa]} \quad (17)$$

kde je

Re – Reynoldsovo číslo [–]

V případě potrubí, kde je Reynoldsovo číslo větší než 2320, jsem pro získání λ_z využil Moodyho diagram viz Obr. 4-2. Na základě Reynoldsova čísla jsem z grafu odečetl příslušné hodnoty pro součinitel třecích ztrát.



Obr. 4-2 Moodyho diagram s vyznačením pracovního bodu pro $Re > 2320$ [7]

Následně vypočítáme rychlost proudění v potrubí w [m/s]. Rychlost stanovíme ze znalosti hmotnostního průtoku v potrubí.

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}_{PC}}{c \cdot \Delta\theta} \text{ [kg/s]} \quad (18)$$

kde je

\dot{m} – hmotnostní průtok [kg/s]

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

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

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

Z hmotnostního průtoku lze spočítat rychlost proudění vody dle vztahu:

$$w = \frac{\dot{m}}{\left(\rho \cdot \pi \cdot \frac{d_p^2}{4}\right)} \text{ [m/s]} \quad (19)$$

4.4.2. Výpočet tlakové ztráty místními odpory

$$\Delta p_\xi = \sum \xi \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho \text{ [Pa]} \quad (20)$$

kde je

ξ – součinitel tlakové ztráty místními odpory [–]

$\sum \xi$ byla stanovena pro oblouk 180 ° podle vztahu

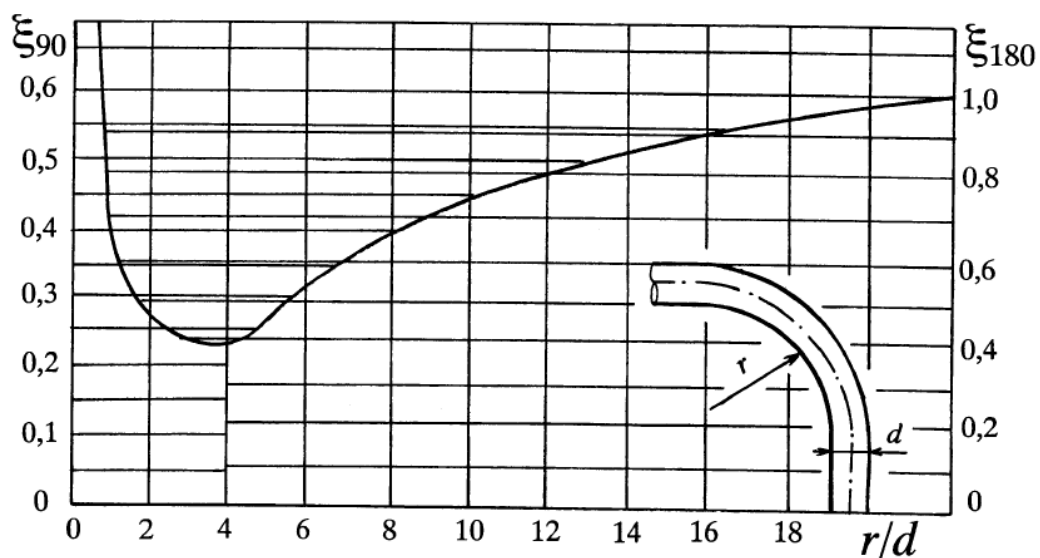
$$\sum \xi = 2 \cdot (n_r - 1) \cdot \xi_\varphi \text{ [–]} \quad (21)$$

kde je

n_r – počet řad trubek otopného hadu

ξ_φ – součinitel místního odporu oblouku o úhlu φ

ξ_φ je určeno na základě Obr. 4-3.



Obr. 4-3 Součinitel místního odporu pro oblouk 180 ° [8]

Výsledná tlaková ztráta jednotlivých okruhů v Tab. 4-5.

Tab. 4-5 Tlakové ztráty otopných hadů

Označení otopného hadu	L [m]	λ_z [-]	w [m/s]	R [Pa/m]	\dot{m} [kg/s]	Δp_c [Pa]	\dot{Q}_o [W]
A1	84,5	0,05	0,14	28,7	0,03	2583	909
A2	79,5	0,05	0,14	28,7	0,03	2440	909
A3	71,7	0,05	0,13	26,9	0,03	2054	881
A4	37,6	0,05	0,20	72,8	0,03	2924	862
A5	67,1	0,05	0,06	8,8	0,01	627	287
A6	54,4	0,03	0,10	14,0	0,01	857	459
A7	47,7	0,04	0,09	11,8	0,01	630	387
A8	20,5	0,06	0,06	8,1	0,01	198	265
B1	35,5	0,07	0,05	6,7	0,01	255	219
B2	81,8	0,03	0,11	14,5	0,01	1304	475
B3	96,9	0,05	0,11	19,9	0,02	2044	758
B4	88,6	0,05	0,12	20,6	0,02	1943	771
B5	44,4	0,07	0,05	6,6	0,01	307	217
B6	91,0	0,05	0,11	25,1	0,02	2423	506
B7	73,4	0,05	0,15	42,2	0,02	3322	656
B8	50,3	0,04	0,09	11,7	0,01	665	383
B9	76,4	0,05	0,15	42,2	0,02	3448	656

kde

R – měrná tlaková ztráta [Pa/m]

\dot{Q}_o – výkon otopného hadu [W]

4.4.3. Rozdělovač

Pro otopnou soustavu jsem zvolil rozdělovač IVAR.CS 553 VP v provedení s osmi cestami v 1.NP a devíti cestami v 2.NP. Jedná se o rozdělovač určený pro podlahové vytápění, viz *Obr. 4-4*.

Součástí IVAR.CS 553 VP jsou regulační průtokoměry na přívodní straně s funkcí regulace průtoku a uzavírání, sběrač s uzavíracími ventily, teploměry na vstupu a výstupu ze systému, odvzdušňovací ventily, napouštěcí/vypouštěcí ventily a instalační skříň pod omítku. [9]



Obr. 4-4 Rozdělovač IVAR.CS 553 VP [9]

Pro dodatečné doškrcení a správné zaregulování otopných hadů je použito regulační šroubení IVAR.DD 301 DN15 osazené na zpátečce, viz Obr. 4-5.



Obr. 4-5 Regulační šroubení IVAR.DD 301 [10]

4.4.4. Hydraulické vyvážení 1.NP a 2.NP

K tlakové ztrátě otopných hadů je třeba přičíst tlakovou ztrátu rozdělovače, sběrače a přídavného regulačního šroubení.

Pro otopný had s největší tlakovou ztrátou bude nastavení všech uzavíracích a škrtecích armatur na maximálním otevření. Součet těchto dílčích hodnot bude sloužit jako referenční tlaková ztráta, ke které se musí ostatní otopné hady co nejlíže přiblížit. Nastavení škrtecích armatur se řídí k_v hodnotou, kterou udává výrobce armatury. Z těchto výrobcem daných k_v hodnot lze vypočítat tlaková ztráta armaturou vyjádřením ze vztahu:

$$k_v = \dot{V} \cdot \sqrt{\frac{100}{\Delta p}} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (22)$$

kde je

k_v – jmenovitý průtok armaturou [m^3/h]

\dot{V} – návrhový objemový průtok armaturou [m^3/h]

Δp – hledaná tlaková ztráta armatury [Pa]

k_v hodnoty pro zvolené armatury jsou uvedeny v *Tab. 4-6* a v *Tab. 4-7*.

Tab. 4-6 k_v hodnoty pro rozdělovač IVAR.CS 553 VP [9]

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

Tab. 4-7 k_v hodnoty pro regulační šroubení IVAR.DD 301 [10]

#	1	2	3	4	5	6	7	8	9
☺	1¼	1½	1¾	2	2½	3	3½	4	Max
K_v	0.14	0.20	0.31	0.43	0.60	0.79	1.00	1.20	1.35

k_v hodnota sběrače je rovna 2,5 a nelze ji měnit, regulace tak probíhá pouze kombinací škrcení dodatečného regulačního šroubení na zpátečce a ventily na rozdělovači. Výsledná kombinace k_v hodnot je volena tak, aby bylo dosaženo co nejbližšího výsledku referenční hodnoty. Výsledné nastavení spolu s dílčími tlakovými ztrátami je vidět v *Tab. 4-8*.

*Tab. 4-8 Hydraulické vyvážení 1.NP
(otopný had s nejvyšší tlakovou ztrátou vyznačen žlutě)*

Okruh INP	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Δp_c [Pa]	2583	2440	2054	2924	627	857	630	198
Δp otevřeného rozdělovače [Pa]				646				
Δp sběrače [Pa]	155	155	145	139	15	40	28	13
$\Sigma \Delta p$ [Pa]	2738	2595	2199	3710	643	896	658	211
potřeba doškrtit [Pa]	1450	1593	1988	0	3545	3291	3530	3976
nastavení k_v rozdělovače [–]	1,16	1,02	1,02	1,16	0,32	0,32	0,32	0,22
nastavení k_v regulačního šroubení [–]	1,20	1,35	1,00	1,35	0,20	0,60	0,31	0,20
Δp doškrcená na Rozdělovači [Pa]	719	930	930		941	2412	1709	1704
Δp doškrcení regulačního šroubení [Pa]	672	531	909	477	2408	686	1822	2062
celková Δp otopného hadu [Pa]	4128	4055	4038	4187	3991,5	3994	4189	3977

Obdobním způsobem lze hydraulicky vyvážit i 2.NP viz *Tab. 4-9*.

Tab. 4-9 Hydraulické vyvážení 2.NP
(otopný had s nejvyšší tlakovou ztrátou vyznačen žlutě)

Okruh 2NP	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9
Δp_c [Pa]	255	1304	2044	1943	307	2423	3322	665	3448
Δp otevřeného rozdělovače [Pa]									374
Δp sběrače [Pa]	9	42	108	111	3	48	81	27	81
$\Sigma \Delta p$ [Pa]	264	1346	2151	2055	309	2471	3402	692	3903
potřeba doškrtit [Pa]	3916	2833	2028	2125	3870	1709	777	3487	0
nastavení k_v rozdělovače [-]	0,15	0,32	0,87	0,71	0,51	0,51	1,02	0,32	1,16
nastavení k_v regulačního šroubení [-]	0,20	1,20	0,79	1,00	0,22	0,79	1,35	0,31	1,35
Δp doškrtená na Rozdělovači [Pa]	2502	2578	889	1381	2676	1155	484	1674	0
Δp doškrtení regulačního šroubení [Pa]	1408	183	1078	696	1139	481	276	1783	276
celková Δp otopného hadu [Pa]	4174	4108	4118	4132	4125	4106,4	4163	4149	4180

Z výsledných tabulek je zřejmé, že tlaková ztráta hlavních větví v obou nadzemních podlaží je takřka totožná, a již není potřeba vzájemně jednotlivé rozdělovače vyvažovat.

4.4.5. Tlaková ztráta mezi kotlem a rozdělovači

Tlakovou ztrátu třením potrubí lze spočítat stejně jako v případě otopných hadů podle vztahu (16). Tlaková ztráta místními odpory je spočtena dle vztahu (20). Rozdílné bude pouze určení součinitele tlakové ztráty místními odpory ξ . Mezi kotlem a rozdělovači se nachází mnoho armatur, které zajišťují správný chod systému (filtr, uzavírací a vypouštěcí armatury, tří cestný ventil) dále tvarovky trubek, všechny tyto prvky mají tlakovou ztrátu, kterou musí hradit oběhové čerpadlo.

Pro zvolenou otopnou soustavu byly použity armatury s následujícími k_v hodnotami, ze kterých se podle vztahu (22) stanoví tlaková ztráta příslušné armatury.

Armatura	k_v hodnota
Filtr 1NP	11,08
Filtr 2NP	12,08
KK	45
VK	45
3CV	4,24

k_v hodnota 3CV zvolena na základě výpočtu v kapitole 4.8.

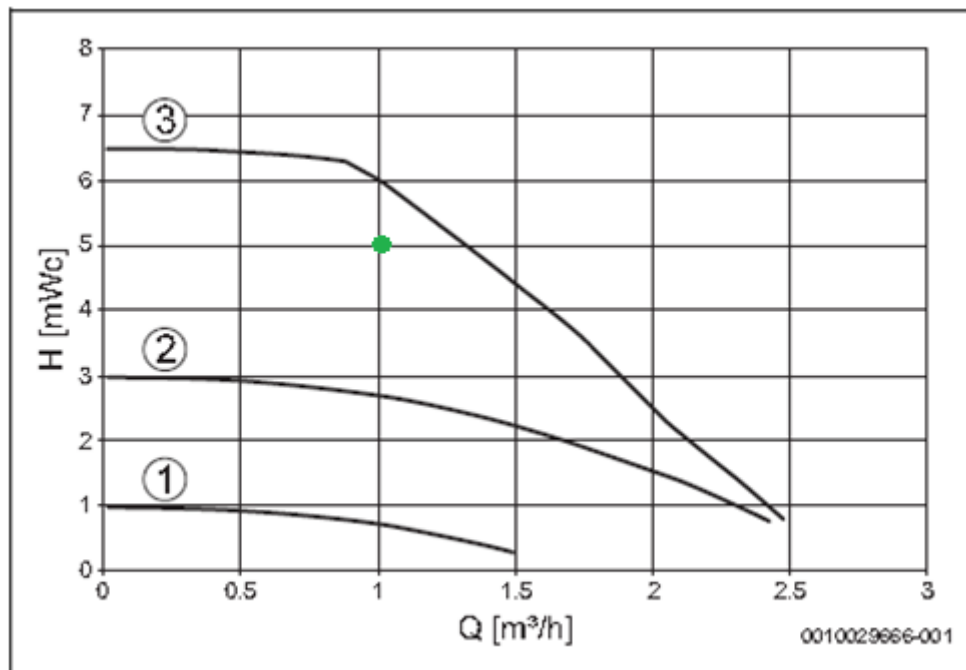
Tab. 4-10 Tlaková ztráta mezi kotlem a dílčími rozdělovači

Potrubí k okruhu	Δp_λ [Pa]	Δp_ξ [Pa]	Δp armatur [Pa]	Δp_c [Pa]
1NP	1360	3011	572	4943
2NP	1804	2873	473	5150

Z Tab. 4-10 lze vyvodit rozdíl 4 procent mezi tlakovou ztrátou potrubní sítě k prvnímu rozdělovači a rozdělovači ve druhém podlaží. Díky takto malému rozdílu není třeba použít vyvažovací ventil, a lze konstatovat, že otopná soustava je v tomto nastavení (pro návrhový stav) hydraulicky vyvážená.

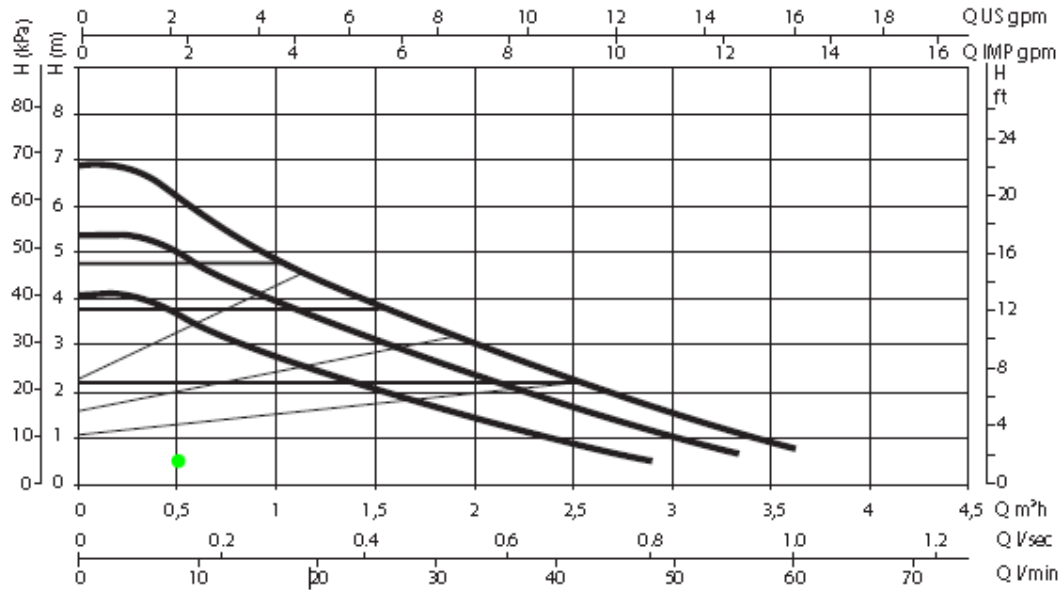
4.5. Oběhové čerpadlo

Otopná soustava bude opatřena celkem třemi oběhovými čerpadly. Oběhové čerpadlo integrované v kotli Obr. 4-6 a dvě externí čerpadla, která budou hradit tlakovou ztrátu za jednotlivými rozdělovači.



Obr. 4-6 Křivka čerpadla integrovaného v kotli (regulace na konstantní dopravní tlak) s vyznačením pracovního bodu [11]

Oběhová čerpadla pro otopné okruhy budou totožná. Volím oběhové čerpadlo IVAR EVOSTA2 40–70/130. Charakteristika čerpadla viz Obr. 4-7.



Obr. 4-7 Výkonová křivka oběhových čerpadel s vyznačením pracovního bodu pro 1 a 2.NP (regulace na konstantní dopravní tlak) [12]

4.6. Kontrola expanzní nádoby

Zvolený plynový kondenzační kotel má zabudovanou expanzní nádobu o objemu 6 l tuto nádobu zkontrolujeme, zda je její objem dostatečný.

$$V_{EN,T} = 1,3 \cdot V_s \cdot n \cdot \frac{1}{\eta} [\text{m}^3] \quad (23)$$

kde je

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

V_s – objem vody v soustavě [m^3]

n – součinitel zvětšení objemu [–]

η – součinitel využití expanzní nádoby [–]

$$\Delta\theta_{\max} = \theta_{\max} - 10 = 40 - 10 = 30 [\text{K}] \quad (24)$$

kde je

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

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

Tab. 4-11 Tabulka pro určení součinitele zvětšení objemu n [16]

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

$$p_{d,dov,A} = 1,1 \cdot \rho \cdot g \cdot h \cdot \frac{1}{1000} + 100 [\text{kPa}] \quad (25)$$

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

kde je

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

ρ – hustota vody [kg/m^3]

g – tíhové zrychlení [m/s^2]

h – celková výška soustavy [m]

Otevírací přetlak integrovaného pojistného ventilu v kotli činí 300 kPa viz *Příloha I*.

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

$$\eta = \frac{(300 + 100) - 132}{300 + 100} = 0,67$$

kde je

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

$$V_{EN,T} = 1,3 \cdot 0,17 \cdot 0,00749 \cdot \frac{1}{0,67} = 0,0025 \text{ m}^3$$

Potřebný objem expanzní nádoby vyšel 2,5 l. Expanzní nádoba v kotli s objemem 6 l je dostačující.

4.7. Návrh zásobníku pro přípravu teplé vody

Přípravu teplé vody bude zajišťovat kombinovaný plynový kondenzační kotel s funkcí přednostní přípravy teplé vody. Regulaci mezi OS a přípravou teplé vody bude zajišťovat třícestný ventil. Zvolená otopná soustava má vysokou akumulaci schopnost, a tak během ohřevu teplé vody nebude docházet k poklesu teploty v místnostech. Příprava teplé vody bude trvat maximálně dvacet minut.

Teplá voda v nepřímotopném zásobníku bude ohřívána na 55 °C. Při odběru teplé vody bude klesat teplota v zásobníku, a pokud teplota poklesne pod spínací teplotu 45 °C, pak regulační systém prostřednictvím trojcestného ventilu přesune veškerý výkon kotle do přípravy teplé vody.

Stanovení denní potřeby tepla na přípravu teplé vody

$$Q_{d,TV,den} = (1 + z) \cdot V_{2p} \cdot \rho \cdot c \cdot n_1 \cdot (\theta_2 - \theta_{1,s}) \quad [\text{J}/\text{den}] \quad (27)$$

kde je

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

θ_2 – teplota vody v zásobníku [°C]

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

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

V_{2p} – celková potřeba teplé vody na osobu a den [m^3]

ρ – hustota vody [kg/m^3]

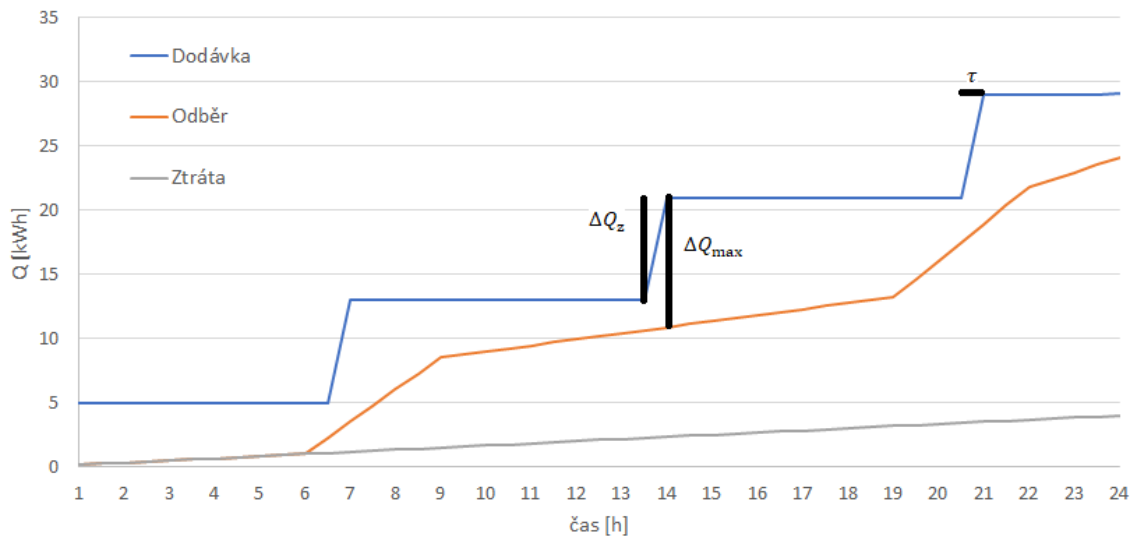
c – měrná tepelná kapacita vody [J/kg. K]

n_1 – počet osob [-]

Výpočet je proveden pro 8 osob a je uvažováno s 20% ztrátou, teplota vody v zásobníku je zvolena 55 °C, teplota studené vody je zvolena 10 °C a potřeba teplé vody na osobu je zvolena 40 l/os.den.

$$Q_{d,TV,den} = (1 + 0,2) \cdot 0,040 \cdot 1000 \cdot 4187 \cdot 8 \cdot (55 - 10) = 72,4 \text{ MJ/den}$$

Podle křivky odběru teplé vody *Obr. 4-8* dle ČSN EN 15 316-3 navrhne velikost zásobníku pro přípravu teplé vody.



Obr. 4-8 Křivka dodávky a odběru teplé vody

Celkový objem zásobníku se stanoví

$$V_z = \frac{\Delta Q_{\max} \cdot 3600 \cdot 1000}{\rho \cdot c \cdot (\theta_2 - \theta_{1,s})} \text{ [m}^3\text{]} \quad (28)$$

kde je

V_z – minimální objem zásobníku pro přípravu TV [m³]

ΔQ_{\max} – Maximální rozdíl mezi křivkou dodávky a odběru tepla [kWh]

$$V_z = \frac{10,1 \cdot 3600 \cdot 1000}{1000 \cdot 4187 \cdot (55 - 10)} = 0,193 \text{ m}^3$$

Minimální potřebná velikost zásobníku je 193 l. Volím zásobník Buderus Logalux SU 200/5 W-B s objemem 196 l. [13]

Po zvolení velikosti zásobníku je třeba zkontrolovat dostatečný výkon plynového kondenzačního kotle.

$$\dot{Q}_{\text{zdroj}} = \left(\frac{\Delta Q_z}{\tau} \right)_{\max} \text{ [kW]} \quad (29)$$

kde je

\dot{Q}_{zdroj} – tepelný výkon ohříváče [W]

ΔQ_z – maximální dodávka tepla [kWh]

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

$$\dot{Q}_{\text{zdroj}} = \left(\frac{8}{\frac{1}{3}} \right) = 24 \text{ kW}$$

Navržený kotel má maximální jmenovitý tepelný výkon pro přípravu teplé vody 25 kW, tedy splňuje podmínky pro ohřev teplé vody v požadovaném časovém úseku.

Výpočet doby ohřevu teplé vody

$$\tau_a = \frac{V_{\text{TV}} \cdot \rho \cdot c \cdot X_p}{\dot{Q}_k} \text{ [s]} \quad (30)$$

kde je

\dot{Q}_k – výkon kotle [W]

V_{TV} – objem zásobníku teplé vody [m³]

τ_a – doba ohřevu TV při teplotním rozdílu pro dohřev teplé vody [s]

X_p – spínací diference pro dohřev teplé vody [K]

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

Spínací diferenci volím 10 K, korekční faktor $y = 0,94$ na základě *Obr. 4-9*.

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

Obr. 4-9 Korekční faktor odběru tepla ze zásobníku TV [14]

$$\tau_a = \frac{0,196 \cdot 0,94 \cdot 1000 \cdot 4187 \cdot 10}{25000} = 309 \text{ s} = 5,1 \text{ min}$$

Na základě zjištěných parametrů můžeme konstatovat, že vybraný zdroj tepla může být použit pro přípravu teplé vody jak z hlediska výkonového, tak z hlediska časového.

4.8. Regulace otopné soustavy

Pro navrženou otopnou soustavu jsem zvolil ekvitermní regulaci Buderus Logamatic RC310. [34]

Čidlo venkovní teploty bude umístěno na fasádě domu dle pokynů výrobce.

Vybraná regulace pracuje s denním nebo týdenním programem. S nastavením požadovaných časů pro vytápění a přípravu teplé vody. [34]

Regulace bude napojena na plynový kotel, pro regulaci průtoku a teploty otopné vody, tzn. na oběhové čerpadlo a třícestný směšovací ventil integrovaný v kotli. Pomocí tohoto třícestného ventilu bude regulován zásobník pro přednostní přípravu TV.

Regulace bude taktéž napojena na oběhová čerpadla a trojcestné ventily se servopohonem umístěné před patrovými rozdělovači.

Regulace teploty místností bude zajištěna pomocí prostorových termostatů Logamatic RC100 s napojením na elektrotermické hlavice. [35]

Prostorové termostaty budou umístěny viz *Příloha VIII* a *Příloha IX*. Elektrotermické hlavice budou umístěny na rozdělovači.

4.9. Trojcestný směšovací ventil pro 1.NP a 2.NP

$$\Delta p_{3cv} = P_v \cdot \frac{\Delta p_{var}}{1-P_v} \text{ [kPa]} \quad (31)$$

kde je

Δp_{3cv} – požadovaná ztráta trojcestného ventilu [kPa]

Δp_{var} – tlaková ztráta části zařízení s proměnným průtokem [kPa]

P_v – autorita ventilu [–]

$$k_{vs} = \dot{V}_{HN} \cdot \sqrt{\frac{\Delta p_o}{\Delta p_{3cv}}} \text{ [m}^3/\text{h]} \quad (32)$$

kde je

k_{vs} – jmenovitý průtok armaturou při maximálním otevření [m³/h]

\dot{V}_{HN} – objemový průtok trojcestným ventilem [m³/h]

Δp_o – Referenční tlaková ztráta pro k_{vs} (=100 kPa) [kPa]

Výsledky v *Tab. 4-12*.

Tab. 4-12 Výpočet trojcestného směšovacího ventilu

	1 NP	2 NP
\dot{V}_{HN} [m ³ /h]	0,55	0,50
Δp_o [kPa]	100	100
Δp_{3cv} [kPa]	10	10
P_v [–]	0,7	0,7
Δp_{var} [kPa]	4	4
k_{vs} [m ³ /h]	1,75	1,61

Pro vypočtené hodnoty k_{vs} jsem zvolil trojcestné směšovací ventily se servopohonem IVAR.MIX 3 s $k_{vs} = 4,24$. [15]

4.10. Spalinová cesta

Pro výpočet tlakové ztráty spalinové cesty byly použity rovnice (16) a (20) postup výpočtu je shodný s výpočtem tlakové ztráty v kapitole 4.4.1 a 4.4.2 vyjma metody stanovení součinitele tření místními odpory. Součinitele se stanoví na základě *Tab. 4-13*. Výsledná tlaková ztráta nesmí překročit zbytkový tah udávaný výrobcem, který činí 125 Pa. Spočítaná tlaková ztráta viz *Tab. 4-14*. [17]

Tab. 4-13 Součinitele místního odporu tvarovek [19]

Místní odpor		Součinitel místního odporu ξ pro jmenovitou světlost potrubí DN ¹⁾						
		≤ 15	20	25	32	40	≥ 50	
Koleno	90°	2,0	1,5	1,5	1,0	1,0	1,0	
	45°	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	
Oblouk	Jednoduchý $r \geq 3d$		1,5	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5
	Dvojitý	ostrý	2,0					
		mírný	1,0					
Tvarovka T	Odbočení (rozdělení)		1,5					
	Odbočení (spojení)		1,0					
	Průchod (rozdělení)		0,5					
	Průchod (spojení)		1,0					
	Protiproud		3,0					
Redukce	na menší DN		0,5					
	na větší DN		1,0					
Hrdlo čerpadla		1,5						
Vtok do nádrže		0,5						
Výtok z nádrže		1,0						
Zásobníkový ohřivač		3,0						
Kompenzátor	osový		0,5					
	trubkový		2,0					

¹⁾ Součinitelé místního odporu zařízení, které se nenacházejí v této tabulce, se stanoví podle údajů výrobce.

Tab. 4-14 Tlaková ztráta spalinové cesty

	Odtah spalin	Přívod spal. Vzduchu
Δp [Pa]	22,5	23,2
ξ [-]	6	6,0
l [-]	0,049	0,048
l_{sp} [m]	6,6	6,6
d_p [m]	0,08	0,10
w_v [m/s]	2,0	2,0
ρ_v [kg/m ³]	1,12	1,25
Re [-]	250748	145852
θ_{sspal} [°C]	42	10,0
ν [m ² /s]	6,4E-07	1,3E-06

kde

l_{sp} – délka spalinové cesty [m]

d_p – vnitřní průměr potrubí [m]

w_v – rychlost proudění vzduchu [m/s]

ρ_v – hustota vzduchu [kg/m³]

θ_{sspal} – teplota spalin/spalovacího vzduchu [°C]

ν – kinematičká viskozita [m²/s]

Výsledná tlaková ztráta spalinové cesty pro přívod a odvod je 46 Pa a je tudíž splněna podmínka pro zbytkový tah komína, který musí být menší než 125 Pa. [17]

Musí být také splněna podmínka pro maximální délku spalinové cesty, která je dána výrobcem. Projektovaná délka spalinové cesty má 13,2 m, zatímco maximální délka činí 32 m. Spalinová cesta vyhovuje i z hlediska délky. [11]

Dále je třeba provést výpočet pro přívod spalovacího vzduchu podle vztahu:

$$\dot{V}_{sp} = 1,1 \cdot \lambda_{sp} \cdot \frac{\dot{Q}_k}{\eta_k} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (33)$$

kde

\dot{V}_{sp} – Potřebný vzduch pro spalování [m³/h]

\dot{Q}_k – Jmenovitý tepelný výkon kotle [kW]

λ_{sp} – potřebný přebytek vzduchu pro spalování [–]

η_k – účinnost kotle [–]

$$\dot{V}_{sp} = 1,1 \cdot 1,22 \cdot \frac{25,2}{0,98} = 34,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

Přívod spalovacího vzduchu bude zajištěn vnějším mezikružím komína o průměru 125 mm, přičemž vnitřní průměr pro odvod spalin je 80 mm.

Zvolený systém odtahu spalin SCHIEDEL ABSOLUT se střední drsností 1,5 mm. [18] Střední drsnost je použita pro určení součinitele třecí ztráty v Moodyho diagramu. Označení komínu T400 N1 W 3 G50.

T400 = Jmenovitá provozní teplota do 400 °C

N1 = komín s přirozeným tahem

W = pro komíny v mokřém pracovním režimu

3 = jakýkoliv druh paliva

G50 = komín odolný při vyhoření sazí s minimální vzdáleností od hořlavých konstrukcí 50 mm [36]

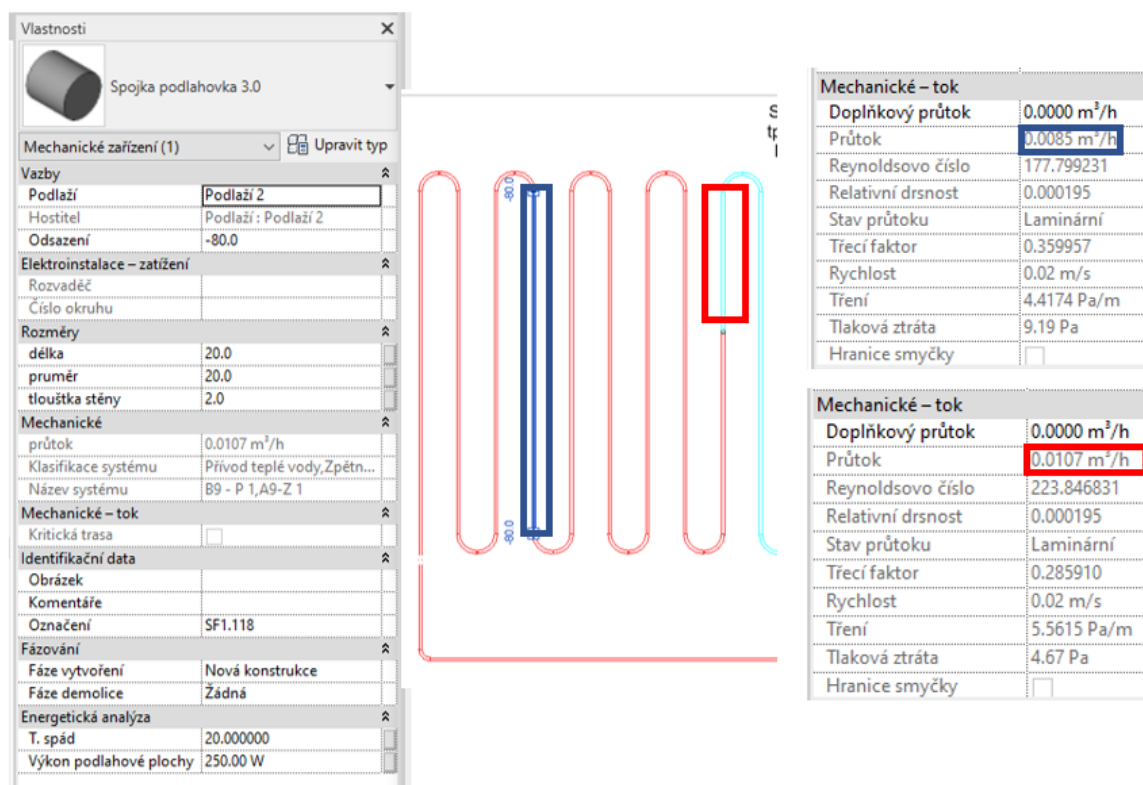
4.11. Vytápění v Revitu

Jak již bylo uvedeno v kapitole 3.1.4 je Revit vybaven interním výpočtem tlakových ztrát. Tlakovou ztrátu je možné spočítat na základě vstupních hodnot koncových elementů například definováním průtoku u otopného tělesa. V případě podlahového vytápění je tato problematika složitější, jelikož samotným koncovým elementem je podlahová plocha čili rodina trubek, na které nelze nastavit počáteční hodnotu potřebnou pro výpočet.

Tuto skutečnost jsem se pokoušel vyřešit několika způsoby. Prvním bylo stažení specifického doplňku, a to sice program LiNear. V tomto programu bylo možné automaticky do určitého prostoru vygenerovat podlahovou otopnou plochu, nicméně napojené potrubí včetně samotné smyčky nebylo schopné tlakovou ztrátu dopočítat, navíc vygenerovaná podlahová smyčka nerespektovala okrajovou zónu.

LiNear jako takový je poměrně komplexní doplněk, který k Revitu přidává mnoho dalších programů, ve kterých probíhají výpočty.

Druhým řešením bylo vytvoření „podlahové spojky“ neboli kusu trubky, u kterého by bylo možné nastavit počáteční parametry pro výpočet. Po vložení onoho prvku do otopného hadu však nastalo více variant průběhu řešení. Varianty se objevovaly v závislosti na tom, do kterého otopného hadu byla spojka umístěna. V první a převažující variantě se tlaková ztráta nespočítala vůbec. V druhé zajímavější variantě se tlaková ztráta spočítala, nicméně poněkud podivným způsobem, viz *Obr. 4-10*. Na tomto obrázku můžeme vidět, že se průtok uzavřeného hadu zmenšuje od elementu se vstupními parametry. V levé části je vidět nadefinovaný průtok, který činí $0,0107 \text{ m}^3/\text{h}$, přilehlá trubka hned za spojkou, označeno červeným rámečkem, má totožný průtok. Oproti tomu trubka vzdálenější od spojky, označena modrým rámečkem, má již průtok nižší a to $0,0085 \text{ m}^3/\text{h}$. Pokud bychom pokračovali dále k rozdělovači, pak bude Revit vykazovat průtok dokonce nulový. Další zajímavostí je fakt, že se průtok vytrácel pouze na větvi pro přívod, a nikoliv na větvi se zpátečkou, kde byl průtok konstantní až téměř k rozdělovači, kde nastala skoková změna a průtok klesl také na nulu.

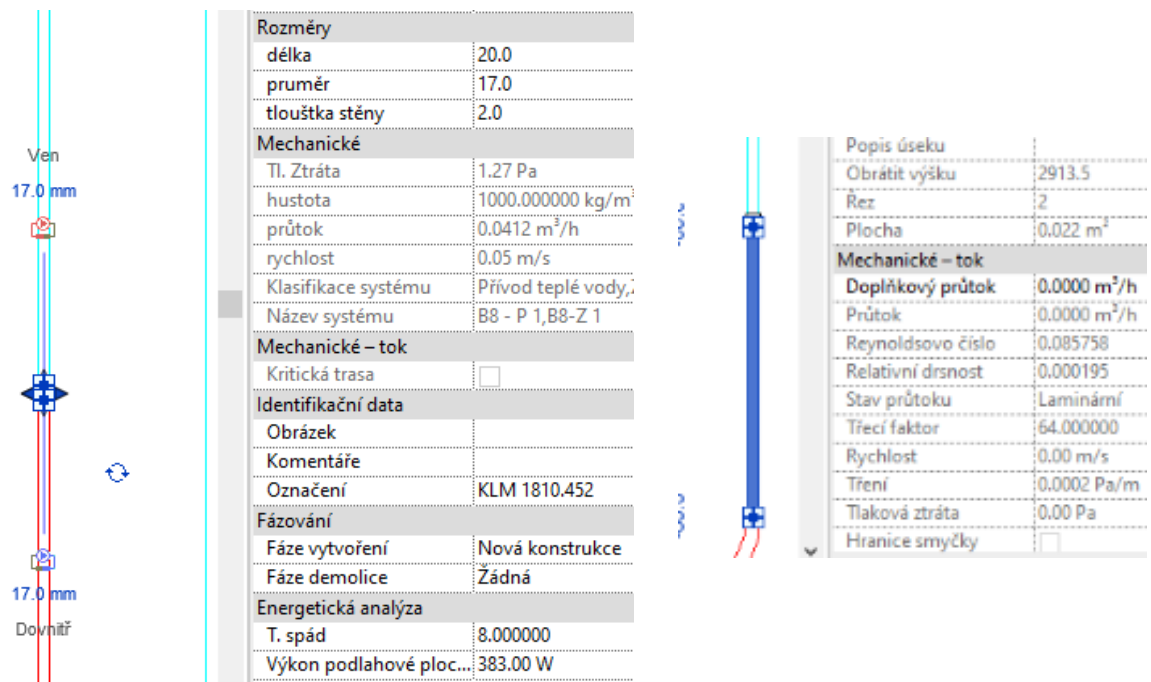


Obr. 4-10 Průtok otopným hadem po vložení "podlahové spojky"

Ve finálním modelu se již ani jedna výše popsaná varianta chybných výpočtů nevyskytuje. Situace se snižujícím se průtokem byla pouze ojedinělá a po dodatečných úpravách v modelu (při tvorbě výkresů) byla zcela eliminována.

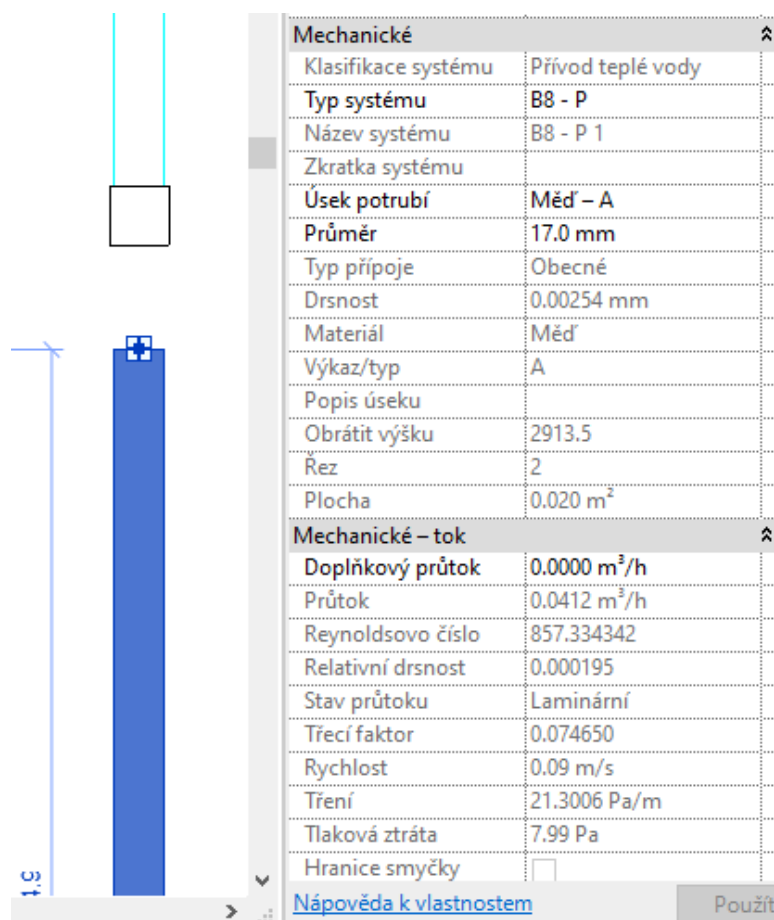
Situace, kdy se tlaková ztráta nedopočítá vůbec, bych vysvětlil pravděpodobně nesrovnalostí v potrubní síti, kterou není Revit schopen akceptovat a výpočet provést. Pro tyto situace je na kartě „Analyzovat“ funkce „Zkontrolovat systémy trubek“. Funkce zobrazí místa, kde má Revit nějaký problém, který je potřeba vyřešit. V mém případě je dle Revitu problém v definici koncových elementů. Upozornění od Revitu je následující: „Výpočet byl spuštěn, když byla položka Tlaková ztráta nastavena

na hodnotu 0. Ověřte, zda je správně nastaven parametr Metoda ztrát u dané spojky. Pokud je u položky Tlaková ztráta definován parametr instance, ujistěte se, zda je namapován na odpovídající parametr spojky. “ Podle této chybové zprávy jsem nadefinoval tlakovou ztrátu na spojce nicméně ani po přidání definice tlakové ztráty pro spojku došlo k výpočtům pouze v otopném hadu došlo, pouze na větvi pro zpátečku, a nikoliv na přívodu teplé vody. Nicméně došlo k zmizení výše uvedené chybové hlášky. Nastavení tlakové ztráty na spojce je vidět na levé straně Obr. 4-11, na pravé straně je vidět nulový průtok napojeného potrubí na spojku.



Obr. 4-11 Nastavení tlakové ztráty na spojce potrubí pro podlahovou otopnou plochu

Vyřešení tohoto problému spočívalo v oddělení trubky od podlahové spojky k vidění na Obr. 4-12.

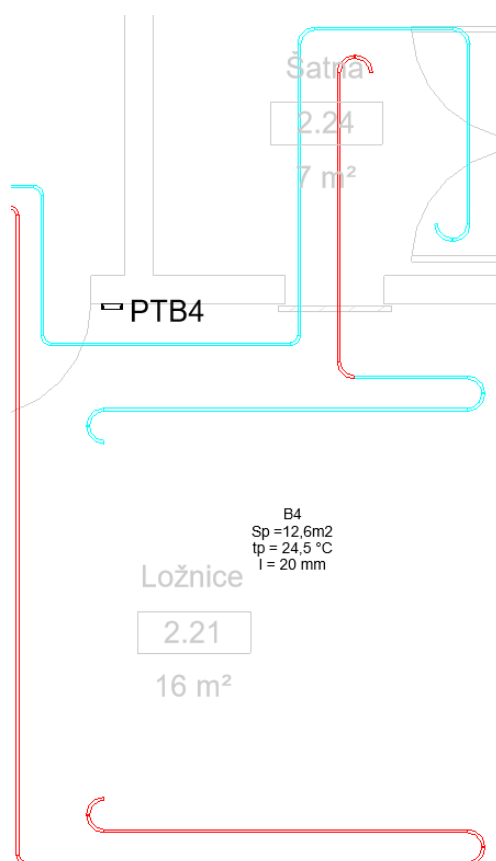


Mechanické	
Klasifikace systému	Přívod teplé vody
Typ systému	B8 - P
Název systému	B8 - P 1
Zkratka systému	
Úsek potrubí	Měď - A
Průměr	17.0 mm
Typ přípoje	Obecné
Drsnost	0.00254 mm
Materiál	Měď
Výkaz/typ	A
Popis úseku	
Obrátit výšku	2913.5
Řez	2
Plocha	0.020 m ²
Mechanické - tok	
Doplňkový průtok	0.0000 m ³ /h
Průtok	0.0412 m ³ /h
Reynoldsovo číslo	857.334342
Relativní drsnost	0.000195
Stav průtoku	Laminární
Třecí faktor	0.074650
Rychlost	0.09 m/s
Tření	21.3006 Pa/m
Tlaková ztráta	7.99 Pa
Hranice smyčky	<input type="checkbox"/>
Nápověda k vlastnostem	
Použít	

Obr. 4-12 Ukázka výpočtu průtoku po oddělení trubky od spojky

Po provedení těchto kroků již lze tlakovou ztrátu v trubkách spočítat.

Po zprovoznění schopnosti výpočtu jsem narazil na další problém. Při vykreslování otopných hadů procházejících více místnostmi je zvykem vstup do každé z nich barevně odlišit od výstupu. Problémem u Revitu je, že jeden systém trubek může mít pouze jednu barvu. Takže nakreslení jednoho otopného hadu vyžaduje dva různé systémy trubek. V případě, kdy prochází potrubí více místnostmi je nutné tyto systémy vzájemně střídat, ovšem výpočet každého systému je prováděn zvlášť. Ukázka vykreslení otopného hadu přes více místností je na Obr. 4-13. Tento otopný had je tvořen čtyřmi částmi ve dvou systémech trubek, a tudíž se ani průtok nastavený na spojce nepřenese do některé části.



Obr. 4-13 Otopný had B4

Pro účely porovnání přesnosti výpočtu se mi podařilo zprovoznit výpočet tlakové ztráty na okruhu B7 ve 2.NP. U ostatních okruhů nabízí Revit možnost výpočtu pouze u jedné z větví každého otopného hadu přívod/odvod.

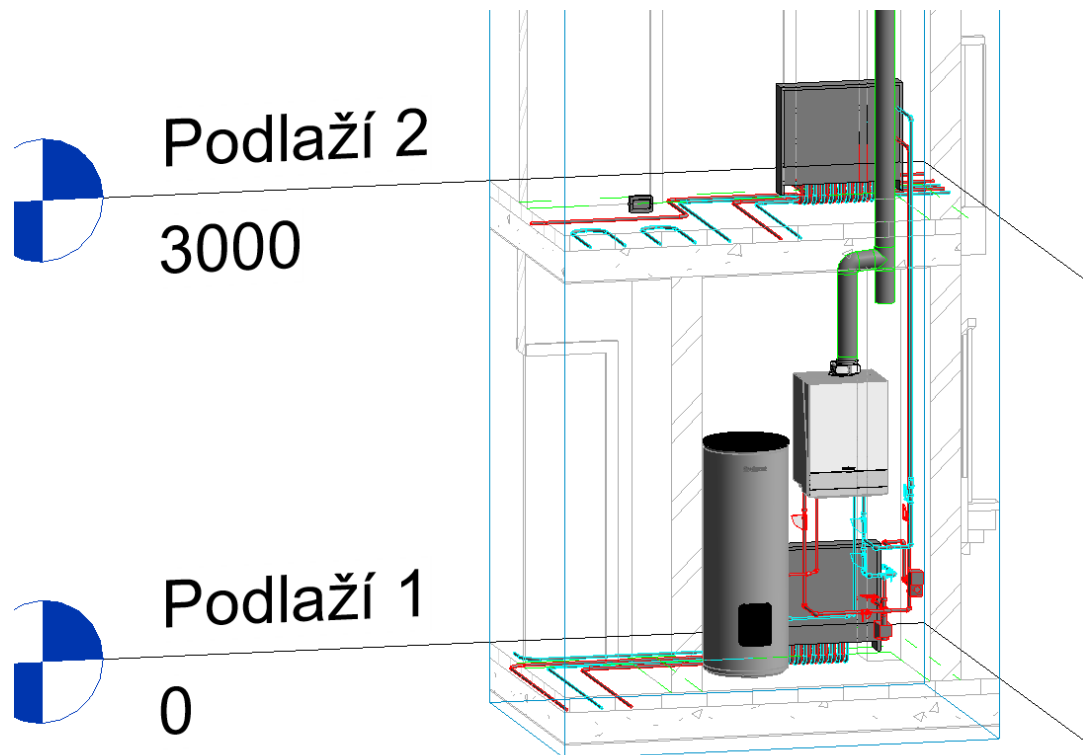
V tabulce Tab. 4-15 je vidět porovnání tlakové ztráty klasickou metodou a výpočtem v Revitu při uvažování střední teploty 36 °C.

Tab. 4-15 Porovnání tlakové ztráty klasickou metodou a výpočtem v Revitu

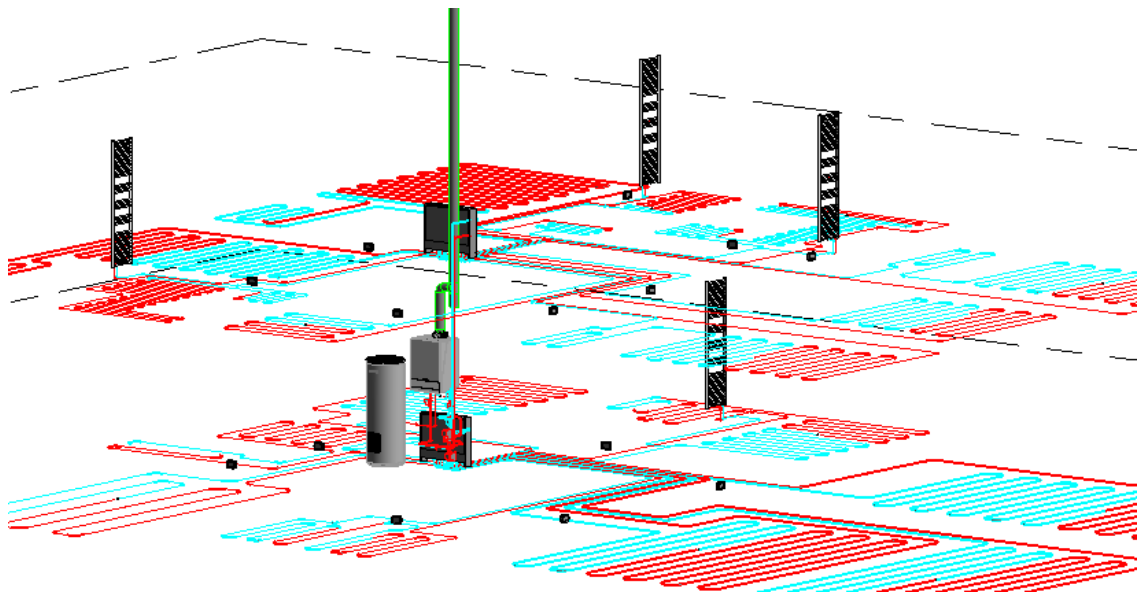
Způsob výpočtu	„Ruční“	Revit
	Δp_c [Pa]	
B7	3322	3410

Výsledky se liší o pouhých 2,5 %. Tudiž lze konstatovat, že výpočet tlakové ztráty klasickým způsobem a výpočtem v Revitu dosahuje totožných parametrů.

Detailní výpočet tlakové ztráty vytápění okruhu B7 v Revitu viz Příloha V.



Obr. 4-14 3D pohled do technické místnosti



Obr. 4-15 3D pohled profese vytápění

5. Vodovod

5.1. Vodovodní přípojka

Rodinný dům je napojen na centrální vodovodní řad s uvažovanou vzdáleností 12 m od obvodové stěny domu. Vodovodní přípojka je navržena v dimenzi 50x8,4 mm v provedení z materiálu PPR PN20. Maximální průtok přípojkou je 3,9 m³/h.

Dimenzování vodovodu bylo provedeno podle norem ČSN EN 806-3 a ČSN 75 5455. Dimenzování vnitřního vodovodu je dle ČSN 75 5455, zatímco výchozí rovnice pro dimenzování je z normy ČSN EN 806-3. [30]

$$p_{\text{dis}} \geq p_{\text{min,fl}} + p_g + p_{\text{vodoměr}} + p_{\text{další}} + p_{\text{přípojka}} + p_{\text{budova}} \text{ [kPa]} \quad (34)$$

kde

p_{dis} - dispoziční přetlak v místě napojení vodovodní přípojky – zvoleno 450 [kPa]

$p_{\text{min,fl}}$ - minimální požadovaný hydrodynamický přetlak u nejvyšší výtokové armatury pro běžné výtokové armatury je požadováno 100 [kPa]

p_g - tlaková ztráta způsobená rozdílem mezi výškovou úrovní nejvyšší výtokové armatury a místa napojení vodovodní přípojky na vodovodní řad pro veřejnou potřebu hydrostatický přetlak [kPa]

$p_{\text{vodoměr}}$ - tlaková ztráta vodoměru [kPa]

$p_{\text{další}}$ - tlakové ztráty napojených zařízení, např. průtokových ohřivačů vody nebo zařízení pro úpravu vody [kPa]

$p_{\text{přípojka}}$ - Tlaková ztráta ve vodovodní přípojce a případném přívodním potrubí vnitřního vodovodu vně budovy [kPa]

p_{budova} - součet tlakových ztrát třením a místními odpory v potrubí vodovodu uvnitř budovy [kPa]

Dispoziční tlak v místa přípojky je 450 kPa.

Tlaková ztráta způsobená hydrostatickým tlakem je 65,7 kPa

Tlaková ztráta vodoměru je 14 kPa

Tlaková ztráta přípojky je 40,5 kPa

Tlaková ztráta místní a tření rozvodů v budově je 107 kPa

$$450 \geq 100 + 65,7 + 14 + 40,5 + 107 \rightarrow 450 \geq 327 \text{ kPa}$$

Tlaková rovnice je splněna a navržený vodovod vyhovuje.

5.1.1. Tlaková ztráta způsobena hydrostatickým tlakem

Se stanoví podle rovnice pro hydrostatický tlak:

$$p_g = h_{\text{vs}} \cdot \rho \cdot g \text{ [Pa]} \quad (35)$$

kde

h_{vs} - výška vodního sloupce [m]

ρ - hustota vody [kg/m³]

g - tíhové zrychlení [m/s²]

$$p_g = 6,7 \cdot 1000 \cdot 9,81 = 65,7 \text{ kPa}$$

5.1.2. Tlaková ztráta přípojky

Tlaková ztráta místními odpory přípojky se spočítá podle rovnice (20) tlaková ztráta třením se spočítá podle rovnice:

$$\Delta p_\lambda = l_u \cdot R \text{ [Pa]} \quad (36)$$

kde

l_u - délka úseku [m]

R - Měrná tlaková ztráta [Pa/m]

Měrná tlaková ztráta se určí podle tabulky od výrobce. Zvolené trubky pro rozvody vody z materiálu Wavin Ekoplastik PPR S 2,5 (PN20). [21]

Výsledné hodnoty tlakových ztrát jsou vidět v *Tab. 5-1*.

Tab. 5-1 Tlaková ztráta přípojky vodovodu

	Δp_λ [kPa]	Δp_ξ [kPa]	Δp_c [kPa]
Přípojka	6	34,4	40,5

5.1.3. Tlaková ztráta rozvodů v budově

Určíme stejným způsobem jako tlakovou ztrátu přípojky dle vztahů (20) a (36) pro výpočet je třeba uvažovat s hydraulicky nejvzdálenějším zařizovacím předmětem. V tomto případě se jedná o vanu v místnosti 2.20 výsledky opět v *Tab. 5-2*.

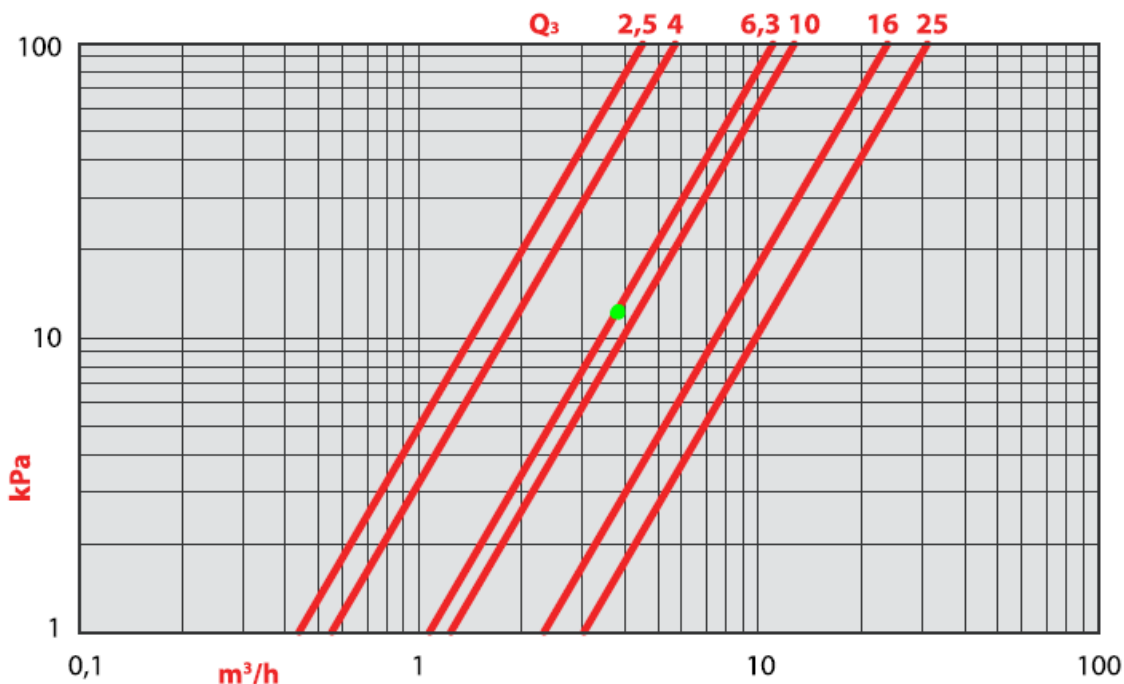
Tab. 5-2 Tlaková ztráta vodovodu v budově

	Δp_λ [kPa]	Δp_ξ [kPa]	Δp_c [kPa]
Budova	60	48,8	106,5

5.1.4. Tlaková ztráta vodoměru

Výsledná hodnota tlakové ztráty vodoměru se stanoví odečtem z *Obr. 5-1*. Zvolil jsem domovní vodoměr ENBRA MTK DN25. [20]

Výsledná tlaková ztráta vodoměru = 14 kPa



Obr. 5-1 Tlaková ztráta vodoměru s vyznačením pracovního bodu [20]

5.2. Vodoměrná sestava

Vodoměrná sestava je umístěna v garáži 1 m nad podlahou. Umístění vodoměrné sestavy musí být v dostatečné vzdálenosti od okolních stěn, tak aby byla možná plynulá manipulace s ventily a vodoměrem při jejich případné výměně.

Detail vodoměrné sestavy v příloze *Příloha XIV*.

5.3. Rozvody studené a teplé vody

Veškeré rozvody studené a teplé vody jsou navrženy v souladu s normou ČSN 75 5455. Návrh se řídí výtokovými jednotkami uvedenými v příslušné normě. Podle příslušných výtokových jednotek jsou navrženy dimenze domovního rozvodu teplé a studené vody. Rozvody jsou vždy provedeny tak, že potrubí teplé vody je umístěno výše než potrubí se studenou vodou.

Vodovod je za vodoměrnou sestavou vyveden pod strop. Odkud je rozvod vedený pod stropem, případně v podhledech k jednotlivým zařizovacím předmětům, klesání rozvodů je v předstěnách nebo ve stěnách.

Cirkulace teplé vody v objektu není nutná, jelikož je splněno pravidlo 30 s kdy teplá voda doteče do nejvzdálenější armatury při plném otevření. Nedílnou součástí rozvodů je tepelná izolace, a to na teplé i studené vodě. Izolace bude provedena dle vyhlášky 193/2007 Sb. Izolace slouží i jako kompenzace dilatací a je tedy nezbytné izolovat i veškeré tvarovky rozvodů. Izolace Mirelon tl. 9 mm pro studenou vodu a 25 mm pro teplou vodu.

Veškeré zařizovací předměty musí být osazeny armaturou s ochranou jednotkou zabraňující zpětnému nasátí vody. Veškeré zařizovací předměty budou osazeny rohovými ventily pro jednodušší manipulaci v případě oprav.

5.4. Dilatace a prostupy

Kompensace délkové roztažnosti

Veškeré rozvody vody není zapotřebí speciálně upravovat, jelikož je lom trasy samotného potrubí dostačující na případnou malou délkovou roztažnost.

Ověření provedeme na nejdelším rovném úseku rozvodu teplé vody dle vztahu:

$$\Delta l = l_{\dot{u}} \cdot \alpha \cdot \Delta \theta_d \text{ [mm]} \quad (37)$$

kde

Δl - změna délky potrubí [mm]

$l_{\dot{u}}$ - délka úseku [m]

α - součinitel teplotní délkové roztažnosti potrubí [mm/m. K]

$\Delta \theta_d$ - rozdíl teplot dilatace [K]

$$\Delta l = 3,5 \cdot 0,15 \cdot 45 = 23,6 \text{ mm}$$

Nejdelší trubka rozvodů teplé vody dosáhne dilatace 23,6 mm, tuto dilataci pokryje zvolená izolace o tloušťce 25 mm.

Prostupy

Veškeré prostupy dílčími konstrukcemi budou opatřeny protihlukovými těsnícími kroužky.

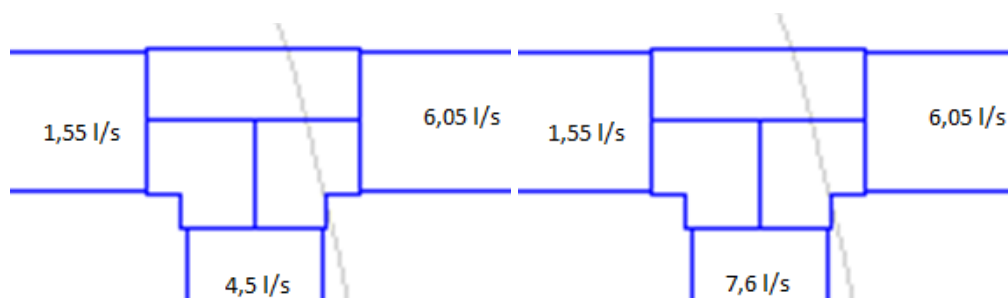
5.5. Vodovod v Revitu

Základními prvky vodovodu jsou rozvody studené a teplé vody. Zvyklostí je kreslit rozvody vedle sebe i přesto, že v reálné situaci jsou trubky vedeny nad sebou. Nastává tak otázka, zda kreslit rozvody pod sebou (jedná se o skutečný zmenšený model domu) či vedle sebe (zobrazení na výkresu). Pro tento projekt jsem zvolil kombinaci obou variant. Trubky jsou tak kresleny vedle sebe a v rozdílných výškách.

Oproti otopné soustavě je výpočet tlakových ztrát trubek značně jednodušší, jelikož se jedná o otevřený systém s jedním systémem trubek pro studenou vodu a s jedním pro vodu teplou.

Do samotného výpočtu vnáší problém směr toku. Na koncovém elementu lze u prvku spojky nastavit směr toku ven/dovnitř (někdy jde i obousměrný) v nastavení rodiny. Směr toku symbolizuje výtok ve směru šipky spojky v případě nastavení ven a proti šipce směrem dovnitř. Problém může do systému vnášet prvek se dvěma spojkami. Takovým prvkem může být vodoměr. V případě nefunkčnosti výpočtů je pro správný výpočet nutné nastavit v rodině vodoměru na obou prvcích spojky obousměrný směr toku. Díky tomuto nastavení může dojít k záměně směru toku v rozvodech, ale výsledek je totožný.

Při chybném nastavení směru toku na koncovém elementu může probíhat špatné sčítání jednotlivých větví. Představme si situaci, kdy nám z pravé strany přitéká studená voda, která se větví. V případě správného nastavení směru toku dojde k rozdělení průtoku danou armaturou. Na *Obr. 5-2* vlevo je vidět správné rozdělení průtoku. Při chybném nastavení směru toku může nastat situace v pravé části *Obr. 5-2*, tím dojde ke změně poměrů uvnitř systému a výpočet tlakové ztráty nebude proveden korektně.



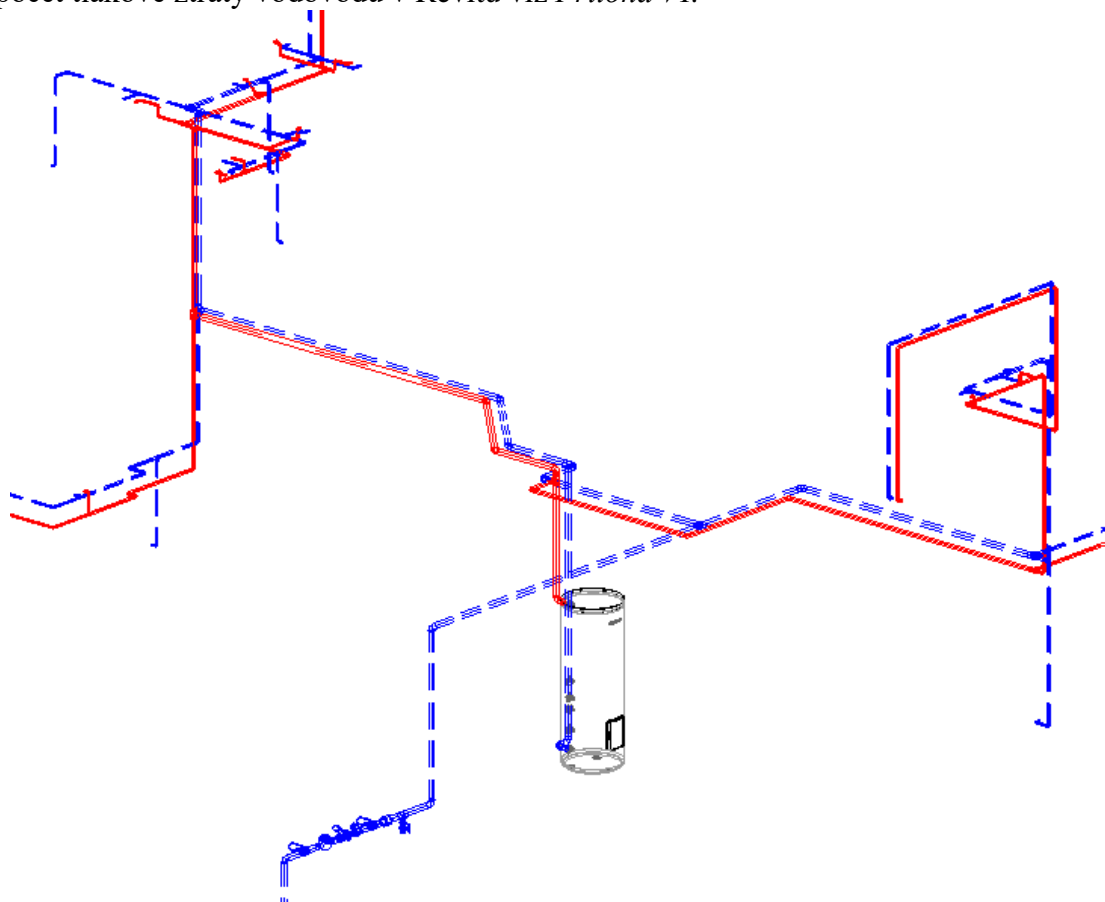
Obr. 5-2 Rozdělení průtoku v závislosti na nastavení směru toku

Porovnání výsledků tlakové ztráty ručním výpočtem a v Revitu je vidět v Tab. 5-3.

Tab. 5-3 Porovnání tlakové ztráty studené vody

Způsob výpočtu	„Ruční“	Revit
	Δp_c [kPa]	
Studená voda	106,5	97,5

Stejně jako v případě vytápění můžeme konstatovat, že výsledná tlaková ztráta dosahuje podobných hodnot pro případ ručního výpočtu a výpočtu v Revitu. Detailní výpočet tlakové ztráty vodovodu v Revitu viz Příloha VI.



Obr. 5-3 3D pohled vodovod

6. Kanalizace

6.1. Domovní kanalizace

6.1.1. Potrubí v zemi

Uložení potrubí bude provedeno na hutněném pískovém podsypu tl. 100 mm a obsypu 300 mm nad vrchol potrubí. Na stavbu kanalizace bude použito plastových trub určených pro kanalizaci PVC-KG SN8/SN4. Potrubí bude vedeno skrze stávající armaturu pro ochranu proti vzdučné vodě a čistící tvarovku. Obě tato zařízení se budou nacházet ve stávající revizní šachtě. [39]

6.1.2. Svodné potrubí

Svodné potrubí vnitřní kanalizace bude vedeno v zemi. Ležaté potrubí uložené v zemi bude provedeno z tlustostěnných hrdlových PVC trub – systému KG, s minimálním spádem 3 %. Potrubí bude uloženo do pískového lože a obsypáno obsypem z tříděného kameniva. Pro zvýšení domovního komfortu bude využito trub se zvýšeným akustickým útlumem. [39]

6.1.3. Svislé odpadní potrubí

Svislé odpadní potrubí bude provedeno z trub PPs-HT, Potrubí jsou spojovány na hrdla s těsníci o-kroužky. Bude použito potrubí se zvýšeným akustickým útlumem.

Rozvody kanalizace budou odvětrány nad střechu centrálním odvětrávacím potrubím. Větrací potrubí bude osazeno větrací hlavicí minimálně 0,5 m nad střechou objektu.

6.1.4. Připojovací potrubí

Připojovací potrubí bude provedeno z potrubí PPs-HT ve spádu min. 3 %. Jednotlivá připojovací potrubí jsou od zařizovacích předmětů sváděna do společného svislého odpadního potrubí, následně jsou napojena do svodného potrubí splaškové kanalizace. Bude použito potrubí se zvýšeným akustickým útlumem. Připojovací potrubí DN50 a DN 75, bude v předstěnách uchyceno pomocí příčníku a objímky k nosné konstrukci sádkartonu, případně zasekáno ve zděných stěnách. Připojovací potrubí DN110 od WC bude uchyceno pomocí objímky a hmoždinky k podlaze. Svislé potrubí vedené ve stěnách bude uchyceno ve vzdálenostech dle montážního předpisu výrobce. [40]

Na kanalizaci bude napojen plynový kondenzační kotel. Napojení bude provedeno skrze kondenzační sifon.

6.1.5. Zařizovací předměty

Všechny zařizovací předměty včetně chladících jednotek budou vybaveny zápachovými uzávěrkami.

6.2. Dimenzování potrubí splaškové kanalizace

Dimenzování bylo provedeno dle výpočtu průtoku odpadních vod. Pro dimenzování bylo uvažováno se systémem kanalizace I – tedy stupeň plnění je roven 0,5. [31]

$$Q_{ww} = K \cdot \sqrt{\sum DU} \quad [l/s] \quad (38)$$

kde

Q_{ww} - Průtok splaškových odpadních vod [l/s]

K – součinitel odtoku, pro rodinný dům rovno hodnotě 0,5 [\sqrt{l}/\sqrt{s}]

DU – výpočtový odtok [l/s]

$$Q_{ww} = 0,5 \cdot \sqrt{24} = 2,45 \text{ l/s}$$

K tomuto průtoku je třeba přičíst trvalý průtok kondenzátu Q_c od chladicích jednotek a od zdroje tepla. Tuto hodnotu získáme pouhým součtem kondenzátů uvedených výrobcem. $Q_c = 0,004 \text{ l/s}$.

Sečtením těchto dvou průtoků získáme celkový průtok splaškových odpadních vod $Q_{tot} = 2,45 \text{ l/s}$.

Dimenzování kanalizace má dále určitá pravidla, která je třeba dodržovat. Například minimální dimenze pro kuchyňský dřez či toaletu. Připojovací potrubí se dimenzuje podle hydraulické kapacity potrubí. S přídatnými podmínkami na maximální spádovou výšku, připojovací délku a sklon. Dimenze splaškové kanalizace jsou k dispozici v následující tabulce *Tab. 6-1*. [32]

Tab. 6-1 Výpočet dimenzí kanalizace

Zařizovací předmět	DU [l/s]	vypočítaná světlost	minimální světlost	Zvolené DN
WC	2	70	100	110
Sp	0,6	50		50
U	0,5	50		50
Va	0,8	50	70	75
Pr	0,8	50		50
D	0,8	50	70	75
My	0,8	50		50
Vp - kotel	0,8	50		50
U+Sp	1,1	70		75
U+Sp+WC	3,1	100	100	110
U+WC	2,5	100	100	110
U+WC+U	3	100	100	110
U+WC+U+Sp	3,6	100	100	110

Průtok odpadních vod svodného potrubí vnitřní kanalizace spočítáme dle vztahu:

$$Q_{r,w} = 0,33 \cdot Q_{ww} + Q_c \text{ [l/s]} \quad (39)$$

$$Q_{r,w} = 0,33 \cdot 2,45 + 0,004 = 0,81 \text{ l/s}$$

Jelikož je $Q_{r,w}$ menší než Q_{ww} , uvažuje se pro dimenzování $Q_{r,w} = Q_{tot} = 2,45 \text{ l/s}$. Zvolená dimenze svodného potrubí DN160.

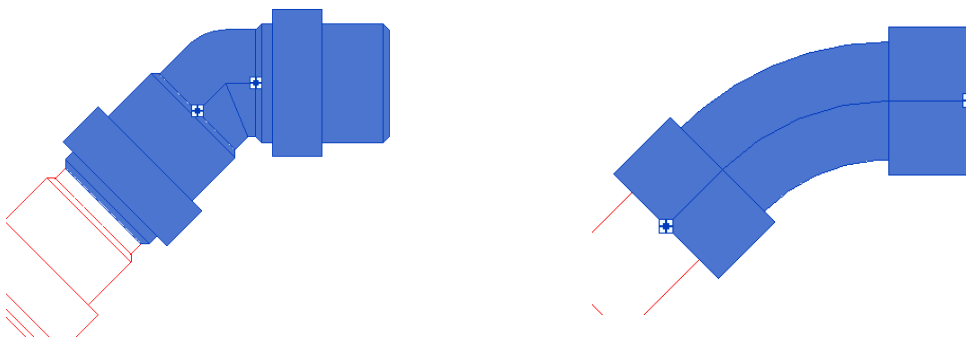
Dešťová kanalizace není předmětem této práce.

6.3. Kanalizace v Revitu

Tvorba kanalizace v případě kreslení potrubí se sklonem může na první dojem být velice náročná, ale se správnými rodinami a nastavením to jde daleko lépe.

V první fázi je nutné nastavit si požadované sklony potrubí kanalizace, toto nastavení najdeme na kartě Správa \Rightarrow Nastavení TZB \Rightarrow Mechanické nastavení. V tomto okně si můžeme nastavit libovolný spád, se kterým se budou jednotlivé trubky vykreslovat.

Ve druhé fázi je nutné vytvořit nebo jiným způsobem zajistit tvarovky pro kanalizaci, jelikož se standardním nastavením trubek jde jejich modelování velice obtížně. Jako příklad si uvedeme napojení dvou 45° kolen za sebou. Pokud se kolena spojují bez přímého kusu rovnou na sebe, jedno koleno se zasune do druhého. Tímto úkonem se zkrátí vzdálenost mezi jednotlivými koleny. Na *Obr. 6-1* Můžeme vidět porovnání kolen s různými možnostmi napojení. V levé části obrázku je koleno, ve kterém lze zohlednit vzájemné zasunutí potrubí do sebe. V pravé části obrázku je koleno s pevně danou hranicí na hraně prvku. V případě, že se do kolena napojuje rovný kus potrubí, má napojení vliv pouze na výkaz výměr, kde při nezapočítání rezervy hrozí, v případě použití tvarovky na pravé straně, že bude k dispozici nedostatečné množství materiálu.



Obr. 6-1 Detailní zobrazení kolena kanalizace se zvýrazněním připojovacích bodů

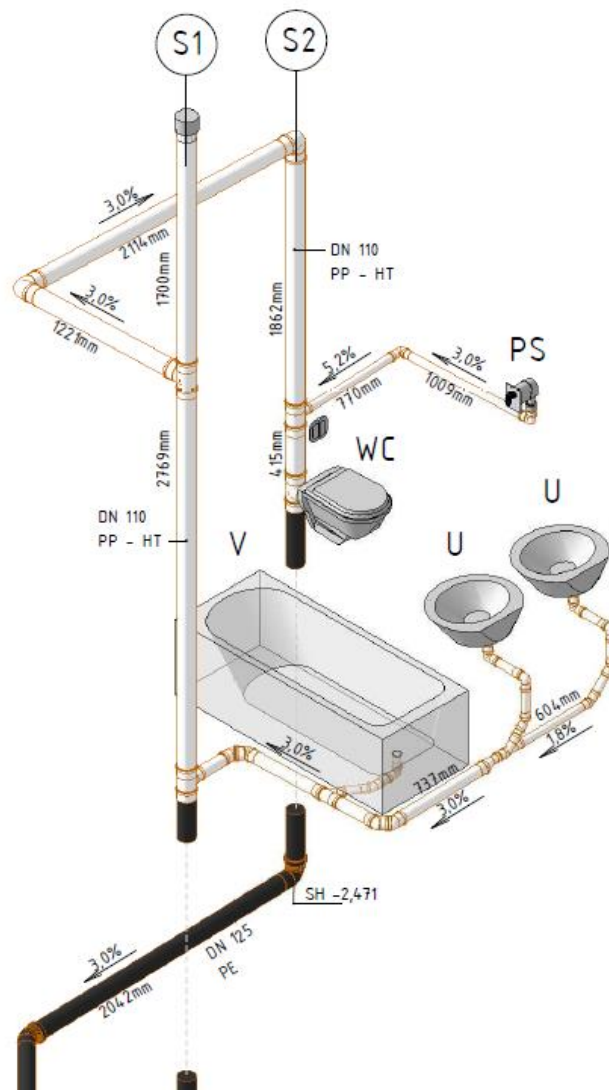
Další nevýhodou tvarovky v pravé části *Obr. 6-1* je neúspornost místa. Při napojení tvarovek hned za sebou je kreslený model větší než v reálné situaci.

Pro projektanta je další nevýhodou vykreslování veškerých detailů napojení. Pokud projektant nemá zkušenosti z reálné situace, může se projektované napojení lišit od standardního napojení z praxe.

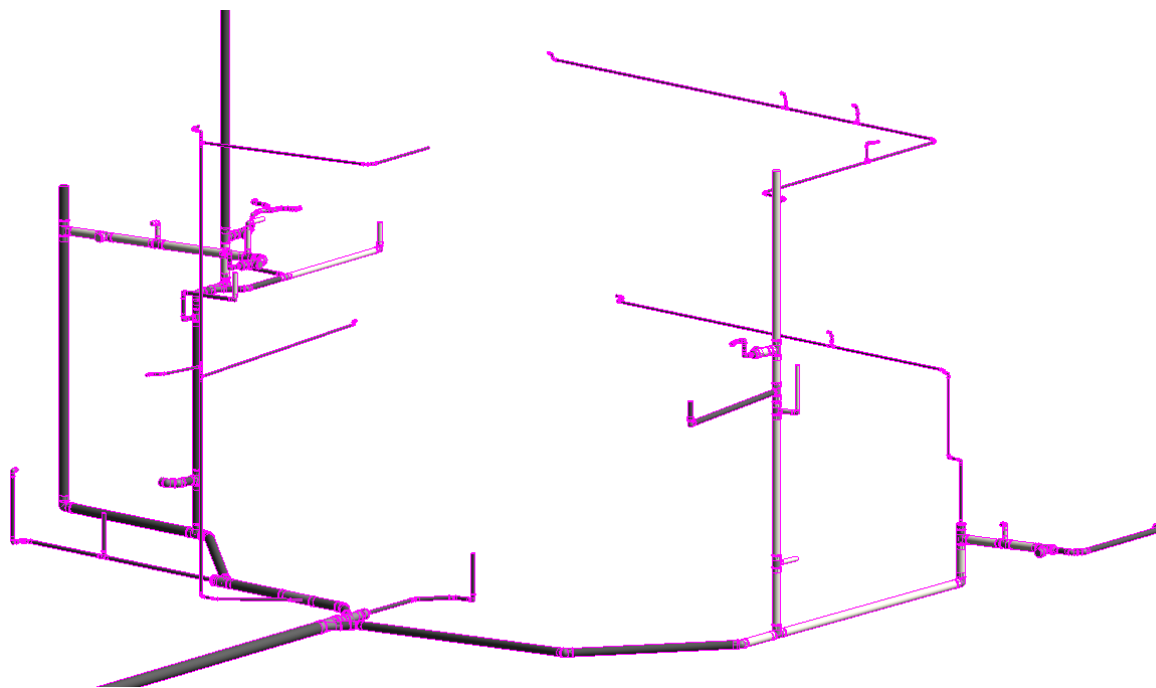
Mezi další nevýhody patří umístování zařizovacích předmětů. Nevýhoda spočívá v tom, že zařizovací předměty umísťuje architekt. Následně si projektant připojí projekt od architekta, nicméně jednotlivé spojky, které v sobě zařizovací předměty mají již nelze

použit. Projektant části si tak musí vložit své přípojné body případně celé zařizovací předměty znovu.

Rozvinuté schéma je dalším nedostatečným prvkem softwaru. Základní Revit balíček nedokáže dělat schéma automaticky, tuto možnost získáte pouze po přikoupení příslušné nadstavby. V základním nastavení lze v Revitu vytvořit rozvinuté schéma několika způsoby, ale žádný z nich není ideální. První varianta je rozmístění řezů podél rozvodů a jejich následné skládání, problém nastane v případě, že s kanalizací po provedení rozvinutého řezu pohnete, v takovém případě se musí celé schéma ručně předělávat. Druhou variantou je na kartě „Pohled“ funkce „Pohled schéma/kresba“, zde je možné si nakreslit schéma nezávislé na vytvořeném modelu. V tomto případě má Revit podobnou funkčnost jako Autocad s horším uživatelským prostředím a nižším počtem funkcí. Třetí možností je upravený 3D pohled v tomto případě se již nejedná o rozvinuté schéma, ale pouze o alternativu. Příklad takového pohledu je vidět na *Obr. 6-2*. [22]



Obr. 6-2 Alternativa rozvinutého schématu kanalizace [22]



Obr. 6-3 3D pohled kanalizace

7. Plyn

7.1. Přípojka plynovodu

Potrubí v zemi bude provedeno z ocelových trub DN 20. Veškeré potrubí bude opatřeno chráničkou o stupeň vyšší dimenze než dimenze potrubí. Minimálně 10 cm nad potrubím bude ve výkopech umístěna výstražná fólie.

Dimenzování přípojky je provedeno podle následující rovnice:

$$d_p = 0,097486 \cdot \left(z_1 \cdot \theta_{1p} \cdot \frac{V_{psec}^2}{p_1^2 - p_2^2} \cdot L_p \right)^{0,1875} \quad [m] \quad (40)$$

kde

d_p - vnitřní průměr potrubí [m]

z_1 - kompresibilní faktor zemního plynu při tlaku p_1 a teplotě θ_{1p} [-]

θ_{1p} - teplota zemního plynu na vstupu do plynovodu [K]

V_{psec} - množství plynu [m³/s]

p_1 - tlak zemního plynu na vstupu do plynovodu [kPa]

p_2 - tlak zemního plynu na výstupu do plynovodu [kPa]

L_p - délka plynovodu [m]

$$d_p = 0,097486 \cdot \left(0,9977 \cdot 283,15 \cdot \frac{0,0007^2}{201,33^2 - 201,025^2} \cdot 6,5 \right)^{0,1875} = 10,8 \text{ mm}$$

7.2. Domovní plynovod

Stejně jako v případě přípojky bude potrubí v zemi provedeno z ocelových trub DN 20. Veškeré potrubí bude opatřeno chráničkou o stupeň vyšší dimenze než dimenze potrubí a minimálně 10 cm nad potrubím bude ve výkopech umístěna výstražná fólie.

Potrubí domovního plynovodu bude provedeno též z ocelových trub DN 20. Veškeré potrubí bude spojováno nerozebíratelnými spoji. Potrubí bude v prostupech stavební konstrukcí opatřeno chráničkou o stupeň větší dimenze, prostupy budou utěsněny tmelem s protipožárními vlastnostmi. Chránička bude na obou koncích prostupu přecházet nejméně o 10 mm. [25]

Plynový kotel bude opatřen vlastním uzávěrem plynu (kulový kohout DN 20).

Dimenze domovního plynovodu se určí podle vztahu:

$$D = 10 \cdot \sqrt[5]{\frac{19,4 \cdot V_r^2 \cdot L_e \cdot d_r}{\Delta p_{cu}}} \quad [m] \quad (40)$$

kde

D - vnitřní průměr plynovodu [mm]

V_r - redukovaný objem plynu [m³/h]

L_e - ekvivalentní délka plynovodu [m]

d_r - relativní hustota plynu (0,5646 pro tranzitní plyn)[-]

Δp_{cu} - tlaková ztráta v počítaném úseku potrubí [Pa]

Jelikož v rodinném domě je k dispozici pouze jedno plynové zařízení je V_T rovno spotřebě zemního plynu plynového kotle 2,62 m³/h. V dalším kroku je potřeba určit ekvivalentní délku plynovodu, tu spočítáme prostým součtem délky potrubí úseku a přírážkou za armatury (tvarovky) dle Obr. 7-1.

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

Obr. 7-1 Ekvivalentní přírážky pro tvarovky a armatury podle TPG 704 01 [25]

Poslední neznámou rovnice (40) je tlaková ztráta v jednotlivých úsecích plynovodu. V případě plynovodu je tlaková ztráta jednotlivých úseku volena. Je ovšem potřeba uvažovat přirozený vztlak ve svislých rozvodech plynu, kterou musí zvolená hodnota tlakové ztráty respektovat. V praxi to znamená, že v případě vedení plynu vzhůru je tlaková ztráta odlišná než při vedení plynu směrem dolů. Pro účely výpočtu ve svislých rozvodech nám bude stačit hodnota tlakové ztráty 5 Pa na 1 m potrubí. V případě vedení plynu vzhůru je tlaková ztráta menší a budeme tlakovou ztrátu odečítat, tzn. na každém metru potrubí budeme odečítat 5 Pa/m. Pro klesání plynu budeme naopak 5 Pa/m přičítat. Výsledná požadovaná tlaková ztráta úseku pak nesmí dosahovat menších hodnot, než bylo dosaženo pomocí přirozeného vztlaku. [25]

Po skončení dimenzování je třeba provést kontrolu minimálního požadovaného akumulčního objemu plynového potrubí. [25]

$$O = \frac{V_{p,h}}{575 \cdot \left(\frac{p_{vr}}{10000}\right)} \text{ [m}^3\text{]} \quad (41)$$

kde

O - minimální požadovaný akumulční objem plynového potrubí [m³]

$V_{p,h}$ - součet objemových průtoků při příkonech všech plynových spotřebičů [m³/h]

p_{vr} - tlak plynu na výstupu z regulátoru [kp/cm²]

Výsledky výpočtů jsou vidět v *Tab. 7-1*.

Tab. 7-1 Výsledky výpočtů domovního plynovodu

číslo úseku	směr	p_{za} [m]	L_u [m]	L_e [m]	V_r [m ³ /h]	Δp_{cu} [Pa]	D [mm]	Zvolené DN	Δp_v [Pa]	O [m ³]
1	1	0,7	2,5	3,2	2,62	40,0	14,3	20	13	0,0046
2	3	0,7	7	7,7	2,62	61,0	15,7	20	0	
3	2	0,7	3,5	4,2	2,62	37,0	15,4	20	18	
4	3	0,7	4,1	4,8	2,62	42,3	15,4	20	0	
5	3	0,7	2,4	3,1	2,62	27,2	15,4	20	0	
6	1	0,7	1,6	2,3	2,62	32,8	13,9	20	8	
8	3	0,7	1	1,7	2,62	43,0	12,4	20	0	
9	2	0,5	0,2	0,7	2,62	9,6	14,1	20	1	
Celkem		5,4	22,3	27,7		292,9	celkový objem plynu [m ³]			

kde

L_u – délka úseku [m]

p_{za} - ekvivalentní přírážka za armatury a tvarovky [m]

Δp_v - přirozený vztlak [Pa]

směr – reprezentuje kterým směrem je veden rozvod. 1 = dolů, 2 = nahoru, 3 = vodorovně
číslo úseku můžeme vidět v axonometrii plynu *Příloha XX*.

Z výsledných hodnot vyplývá tlaková ztráta domovního rozvodu plynu 293 Pa. Dále je vidět, že O je menší než celkový objem potrubí domovního plynovodu, a tedy bude zajištěna správná funkčnost kotle při jeho zapínání.

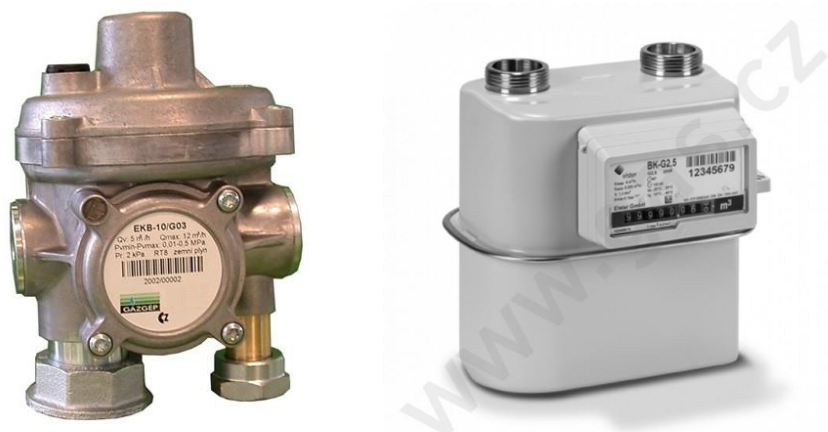
Přívod spalovacího vzduchu pro kotel je řešen v kapitole 4.10.

7.3. Hlavní uzávěr plynu

Hlavní uzávěr plynu bude umístěn na okraji pozemku v přístavku. Ve skříni pro HUP bude přítomen regulátor tlaku plynu, hlavní uzávěr, plynoměr a kulové kohouty umožňující vyjmutí plynoměru a regulátoru. [25]

Regulátor tlaku plynu se vstupním tlakem 0,01-0,4 MPa a výstupním tlakem 2 kPa viz *Obr. 7-2*. [26]

Plynoměr ELSTER BK – G4 je dvouhrdlový o rozteči 100 mm, průtok plynu od 0,016 m³/h do 6 m³/h. [27]



Obr. 7-2 Regulátor tlaku plynu (vlevo) [26] a plynoměr (vpravo) [27]

7.4. Plynovod v Revitu

Nespornou výhodou projektování plynovodu v Revitu je tvorba axonometrie. Jelikož jsou veškeré rozvody vytvářeny ve třech rozměrech, stačí rozvod plynu označit v půdorysu a použít příkaz výběrové okno (zkratka BX) a axonometrie je vytvořena. Navíc lze pohled jednoduše otáčet a natáčet. Po dosažení požadovaného úhlu natočení stačí pohled zamknout a okótovat. V pohledu po vytvoření axonometrie je dále potřeba vypnout viditelnost připojených souborů, které by nám pohled narušovaly. Příkazem VG otevřeme přepsání viditelnosti, kde můžeme na kartě „Připojené soubory“ vypnout viditelnost v požadovaném pohledu. Pokud bychom chtěli vypnout viditelnost v celém projektu, můžeme tak učinit odpojením souboru na kartě Správa ⇒ Spravovat připojené soubory ⇒ Uvolnit. Tímto příkazem zmizí připojený soubor z celého projektu. Uvolnění probíhá hladce nezávisle na velikosti nahraného souboru. Při opětovném načítání uvolněného souboru je doba načítání o poznání delší v závislosti na velikosti načítaného souboru.

8. Vzduchotechnika

8.1. Výměna vzduchu

Vzduchotechnické zařízení je dimenzováno tak, aby v obytných prostorách byla zajištěna minimálně 0,5násobná výměna objemu vzduchu místnosti za jednu hodinu. Přívod čerstvého vzduchu bude zajišťovat VZT jednotka ATREA – DUPLEX 1100 Multi Eco.

Dimenzování množství vzduchu je provedeno podle tabulky *Tab. 8-1*. Příslušné hodnoty pro přívod vzduchu do jednotlivých místností, byly voleny tak, aby byla splněna podmínka 0,5násobné výměny vzduchu a zároveň bylo dosaženo rovnotlakého systému větrání. V domě jsou celkem čtyři koupelny, čtyři samostatné toalety, prádelna, sklad a šest šaten. Dohromady $360 + 160 + 50 + 10 + 180 = 760 \text{ m}^3/\text{h}$.

Tab. 8-1 Množství větracího vzduchu

typ prostoru	nucený odtah [m ³ /h]
koupelna	90
Toaleta	40
Sklad	10
Šatna	30
Prádelna	50

8.2. Popis zařízení

8.2.1. Obecně

Vzduchotechnická zařízení jsou navržena pro obytný prostor objektu.

Požadovaná intenzita výměny vzduchu 0,5/hodinu bude zajištěna pomocí VZT jednotky. Přívod vzduchu bude do jednotlivých pobytových místností, odvod vzduchu přes šatny a sociální zařízení.

Na potrubích budou osazeny ruční regulační klapky pro zaregulování celkových množství vzduchu z ventilátorů a zaregulování množství vzduchu do jednotlivých odboček.

Zařízení budou vybavena automatickou regulací, která zajistí především tyto funkce: provoz podle časového programu a signalizace poruch, vč. zanešení filtrů.

8.2.2. Popis jednotlivých zařízení:

AHU1 – Větrání rodinného domu

Pro větrání rodinného domu je navržena samostatná obousměrná vzduchotechnická jednotka pro přívod a odvod vzduchu. Jednotka nehradí tepelnou ztrátu objektu dochází pouze k rekuperaci tepla v deskovém výměníku. Jednotka bude umístěna pod stropem v garáži. Sání vzduchu bude na severní fasádě objektu v úrovni 1.NP a výfuk vzduchu z jednotky bude na severní fasádě objektu v úrovni 1.NP.

VZT sestavná větrací jednotka bude vybavená filtrací vzduchu, rekuperací tepla v deskovém výměníku a ventilátory s volnými oběžnými koly.

Jednotka bude nasávat čerstvý vzduch na severní fasádě objektu, a po úpravě ho bude přivádět do vnitřních prostor.

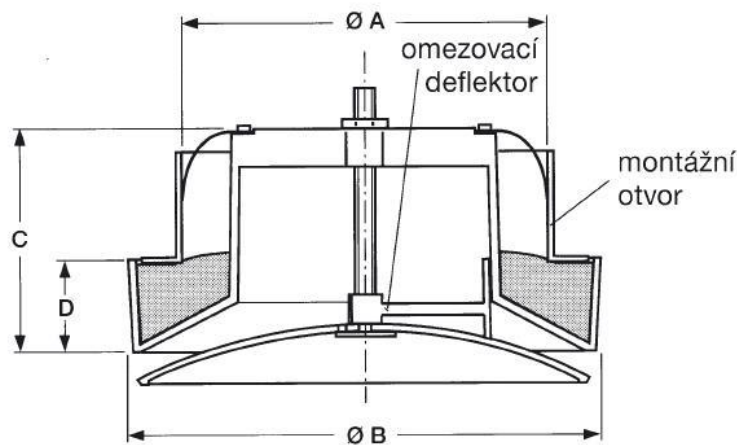
Odváděný vzduch bude vyfukován na severní fasádě objektu. Celkové množství větracího vzduchu, přívod 760 m³/h, odvod 760 m³/h. Zařízení je navrženo jako rovnotlaké. V centrální jednotce bude vzduch přehříván pomocí deskového výměníku a následně přiváděn přívodním potrubím.

Větrání garáže

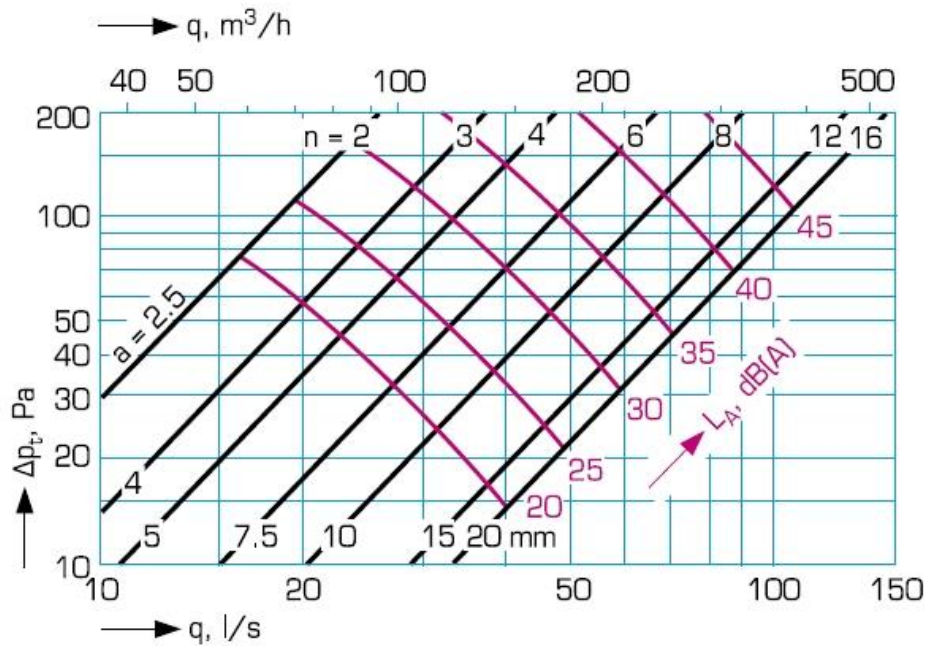
Větrání prostoru garáží se uvažuje jako přirozené. Pro zajištění minimální výměny vzduchu, je na fasádě objektu a ve vjezdových vratech umístěn otvor, který tuto minimální výměnu vzduchu zajišťuje.

8.3. Distribuce a odvod vzduchu

Přívod vzduchu do jednotlivých místností bude zajištěn pomocí přívodních talířových ventilů Elektrodesign VST viz *Obr. 8-1*. Před každým ventilem se nachází ohebný vzduchovod sonoflex pro útlum hluku v potrubí. Tlaková ztráta se na přívodním prvku stanoví podle *Obr. 8-2*.



Obr. 8-1 Přívodní talířový ventil [28]

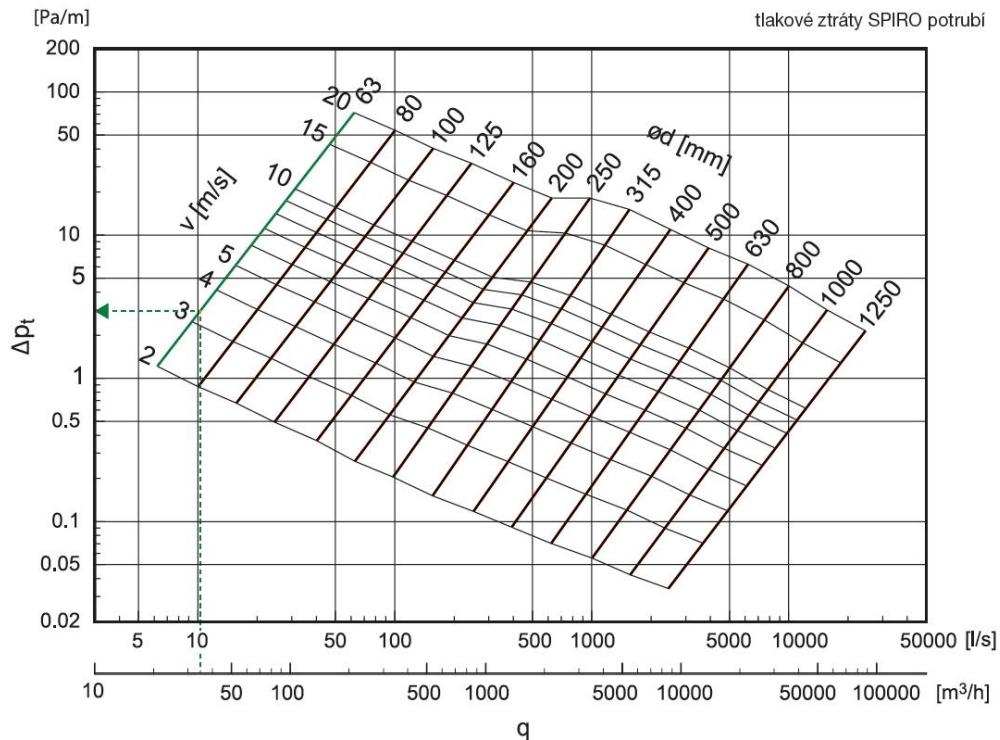


Obr. 8-2 Taková ztráta přívodního talířového ventilu VST – 160 [28]

Odvod vzduchu bude zajištěn přes sociální zařízení a šatny objektu pomocí odvodních talířových ventilů Elektrodesign VEF. Tlaková ztráta na prvcích se stanoví obdobným způsobem jako v případě přívodních elementů. [29]

8.4. Tlaková ztráta potrubní sítě

Tlaková ztráta potrubní sítě je určena pro přívod a odvod vzduchu zvlášť. Tlakovou ztrátu místními odpory spočítáme dle vztahu (20). Pro určení třecích ztrát využijeme vztah (36). Měrnou tlakovou ztrátu R určíme z následujícího Obr. 8-3. Výsledky výpočtu jsou vidět v následující Tab. 8-2.



Obr. 8-3 Tlaková ztráta spiro potrubí [23]

8.5. Tlaková ztráta potrubní sítě v Revitu

Výpočet potrubní sítě v Revitu je prováděn stejně jako v případě pro vytápění a vodovod automaticky. Vstupními komponentami pro výpočet jsou zde vzduchotechnické vyústky, na kterých je třeba nastavit průtok vzduchu a tlakovou ztrátu. Tlaková ztráta distribučního elementu se určí dle podkladů od výrobce při daném průtoku viz Obr. 8-2. Metodu výpočtu tlakové ztráty na tvarovkách potrubí nastavíme na „Měrný koeficient“. Toto nastavení aplikujeme na všechny tvarovky, u kterých je tato metoda k dispozici. U tvarovek, kde tato možnost není (T-kus) nastavíme metodu výpočtu na „Není definováno“. U těchto tvarovek je třeba následně tlakovou ztrátu přičíst k tlakové ztrátě potrubní sítě vypočtené Revitem. Výsledné hodnoty tlakových ztrát pro výpočet klasickou metodou a Revitem jsou uvedeny v Tab. 8-2. Detailní výpočet tlakových ztrát v Revitu viz Příloha VII.

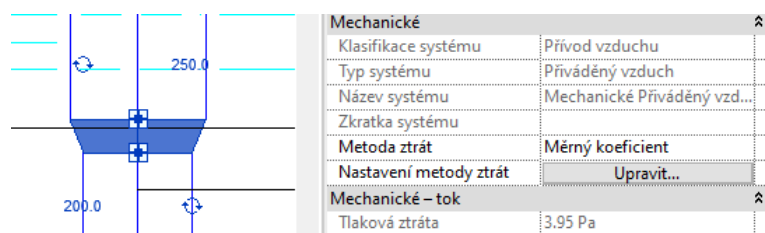
Tab. 8-2 Porovnání tlakové ztráty ručního výpočtu a výpočtu v Revitu

Způsob výpočtu	„Ruční“	Revit
	Δp_c [Pa]	
Odvod	243	257
Přívod	176	183

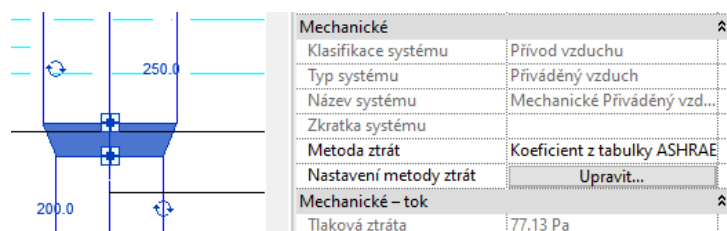
Z výsledků můžeme vidět, že je tlaková ztráta obou metod velmi podobná. Pokud pomineme nedostatek spočívající ve tvarovkách T-kus, lze konstatovat, že lze při projektování počítat s tlakovou ztrátou spočítanou Revitem. Dalším plusovým faktorem je skutečnost, že se při výpočtu v Revitu spočítají veškeré rozvody a program

sám najde kritickou cestu s největší tlakovou ztrátou. Nemůže se tak stát, že se pro dimenzování vzduchotechnického zařízení zvolí nesprávná kritická cesta.

Na dalších obrázcích *Obr. 8-4* a *Obr. 8-5* lze vidět rozdílnost ve výpočtech různými metodami. Pomocí měrného koeficientu získáme tlakovou ztrátu 3,95 Pa, která je podobná hodnotě z klasického výpočtu, ale pomocí koeficientu z tabulky ASHRAE hodnotu 77,13 Pa, což je obrovský rozdíl a dochází k nárůstu tlakové ztráty o 1950 %. Pokud bychom toto nastavení použili pro všechny tvarovky mohla by se výsledná tlaková ztráta nepřiměřeně navýšit, což by vedlo k předimenzování vzduchotechnických systémů.



Obr. 8-4 Tlaková ztráta zúžení metodou měrného koeficientu

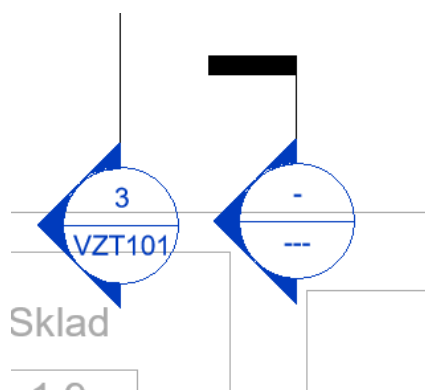


Obr. 8-5 Tlaková ztráta zúžení metodou Koeficient z tabulky ASHRAE

8.6. Vzduchotechnika v Revitu

Vzduchotechnika je oproti rozvodům vody, kanalizace a vytápění, které jsou kresleny pomocí rodiny „Trubka“, tvořena rodinou „Potrubí“. Hlavním rozdílem mezi trubkou a potrubím je sklon, který u potrubí nelze jednoduše zvolit jako u trubky, dále pak metody výpočtu tlakových ztrát. Pokud chceme sestoupit potrubím dolů s kolenem, které má menší úhel než 90 °, je nutné potrubí kreslit v řezu. Pokud se jedná o odskok s 90° koleno lze kreslit v půdorysu změnou výšky daného elementu.

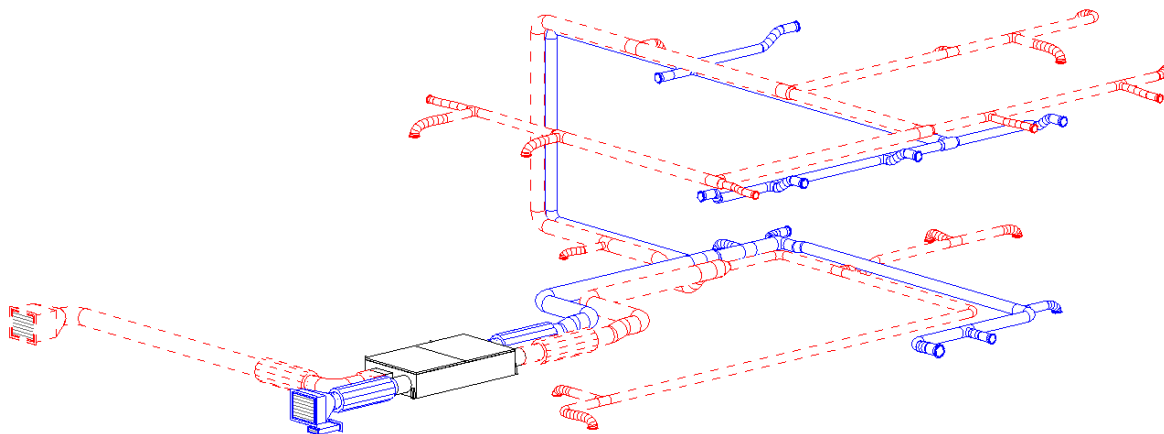
V půdorysném pohledu se může stát, že u řezů nastane situace na *Obr. 8-6*, kdy vlevo je hlavička řezu vyplněna vpravo nikoliv. Pokud je vytvořen nový řez, bude jeho hlavička vždy prázdná. K vyplnění je nutné umístit pohled řezu na výkres a hlavička se sama vyplní. Horní číslo označuje číslo řezu, spodní pak číslo výkresu, na kterém je daný pohled řezu umístěn.



Obr. 8-6 Zobrazení řezu v Revitu

Pro správně pracující projekt je dále třeba vytvořit prostory. Prostor je definován jako objem místnosti ohraničený konstrukcemi. Prostory lze vygenerovat automaticky, je však nezbytně nutné nejdříve načíst popis prostory, bez něj automatické generování nebude fungovat. V případě že je nutné generovaný prostor rozdělit na více prostorů, například pokud je spojnice mezi dvěma místnostmi tvořena otvorem bez dveří, lze použít funkci „Oddělovač prostoru“. Funkce „Prostor“ společně s „Oddělovačem prostoru“ je na kartě „Analyzovat“.

Po vytvoření prostoru lze pomocí popisky prostoru v místnostech automaticky generovat množství přiváděného a odváděného vzduchu nastaveného na výstce, bez nutnosti přepisování hodnot v případě změny objemu vzduchu na výstce.



Obr. 8-7 3D pohled vzduchotechnika, modře přívod vzduchu, červeně odvod vzduchu

9. Chlazení

9.1. Výpočet tepelné zátěže

Výpočet tepelné zátěže je proveden dle normy ČSN 730548. Výsledky výpočtu jsou vidět v *Tab. 9-1*. [33]

Tab. 9-1 Tepelná zátěž místností

číslo místnosti	$\dot{Q}_{zát}$ [W]		
	vnější	vnitřní	celkem
1.2	5010	1236	6246
1.3	1885	284	2169
1.4	1923	284	2207
1.10	2361	1136	3497
2.14	2223	362	2585
2.15	2235	352	2587
2.16	2231	362	2593
2.21	2555	332	2887
2.25	2181	324	2505
2.29	101	252	353
Celkem	22706	4924	27630

kde

$\dot{Q}_{zát}$ - tepelná zátěž prostoru [W]

Pro vypočítané hodnoty tepelné zátěže jsem navrhl chladivové systémy Multi SPLIT.

9.2. Popis jednotlivých zařízení:

9.2.1. CH1 – Chlazení 1.NP

Pro eliminaci tepelné zátěže v prostoru 1.NP je instalována samostatná chladicí jednotka Multi SPLIT. Jednotka sestává z jedné venkovní jednotky a čtyř vnitřních nástěnných jednotek. Jednotky jsou navzájem propojeny potrubím s chladivem a komunikačním kabelem.

Venkovní jednotka je umístěna na střeše objektu. Vnitřní nástěnné jednotky jsou umístěny nad vstupními dveřmi do jednotlivých místností 200 mm pod stropem.

Nominální chladicí výkon zařízení je 14,1 kW (Chladicí jednotka LG –FM49AH.U34). [24]

9.2.2. CH2 – Chlazení 2.NP

Pro eliminaci tepelné zátěže v prostoru 2.NP je instalována samostatná chladicí jednotka Multi SPLIT. Jednotka sestává z jedné venkovní jednotky a šesti vnitřních nástěnných jednotek. Jednotky jsou navzájem propojeny potrubím s chladivem a komunikačním kabelem.

Venkovní jednotka je umístěna na střeše objektu. Vnitřní nástěnné jednotky jsou umístěny nad vstupními dveřmi do jednotlivých místností 200 mm pod stropem.

Nominální chladicí výkon zařízení je 12,3 kW (Chladicí jednotka LG – FM41AH.U34). [24]

Příslušné vnitřní nástěnné chladicí jednotky s určením výkonů jsou k dispozici v Tab. 9-2.

Tab. 9-2 Navržené nástěnné chladicí jednotky [24]

číslo místnosti	Označení nástěnné jednotky	$\dot{Q}_{zát}$ [kW]	\dot{Q}_j [kW]
1.10	DC12RQ.NSJ	3,1	3,5
1.2	DC24RQ.NSK	6	6,6
1.3	DC09RQ.NSJ	2,2	2,5
1.4	DC09RQ.NSJ	2,2	2,5
2.14	DC09RQ.NSJ	2,5	2,5
2.15	DC09RQ.NSJ	2,5	2,5
2.16	DC09RQ.NSJ	2,5	2,5
2.21	DC12RQ.NSJ	2,8	3,5
2.25	DC09RQ.NSJ	2,4	2,5
2.29	PM05SP.NSJ	0,3	1,5

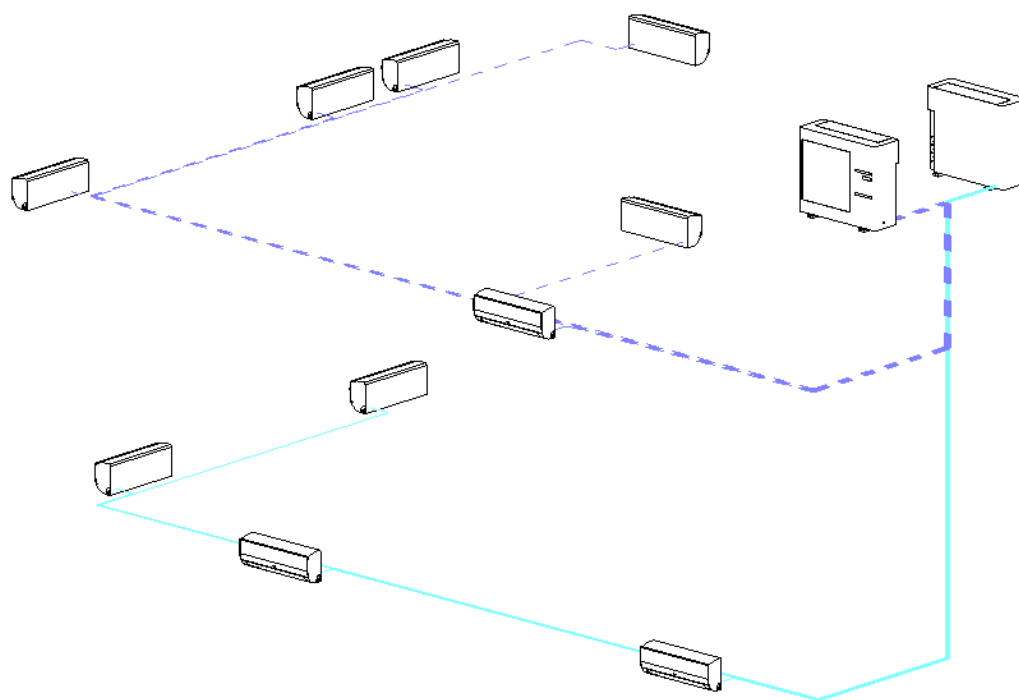
kde

\dot{Q}_j - chladicí výkon jednotky [W]

9.3. Chlazení v Revitu

Tvorba výkresové dokumentace v oblasti chlazení je z hlediska vykreslování nejjednodušší. Problém však nastává při tisku souboru. Potrubí chladiva dosahuje velmi malých rozměrů a díky vysokému zahuštění trubek blízko u sebe se stává výkres nečitelný. Jelikož není nutné u potrubí chladiva počítat tlakovou ztrátu trubek, není třeba vykreslovat kompletní rozvody a stačí v půdorysu vést pouze jednu trubku. Následně je však nutné doplnit množství trubek ve výkazu výměr.

Postrádání nutnosti výpočtu tlakových ztrát dále vede k variantě, kdy není nutné kreslit uzavřený potrubní systém, který je pro správný výpočet nutný. Tím se kreslení rozvodů značně zjednodušuje a není třeba nastavování dílčích kroků potřebných pro ostatní technické systémy. Stačí zvolit trubku správné dimenze a vložit rodu pro vnitřní a vnější chladicí jednotku.



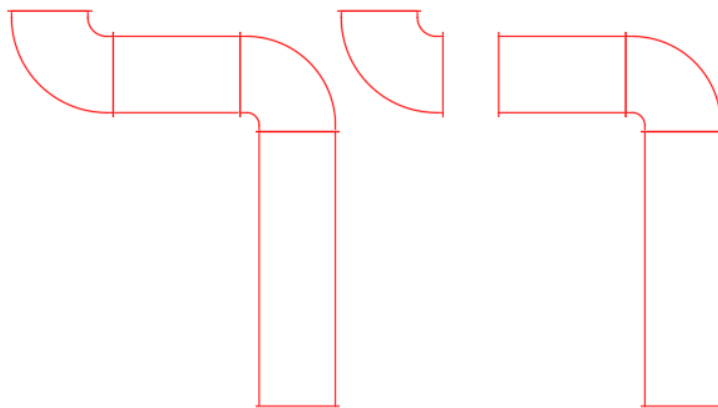
Obr. 9-1 3D pohled chlazení

10. Rozdíly mezi Revitem a Autocadem (CADKON)

Autocad je jeden z klasických 2D programů pro tvorbu projektové dokumentace. Stejně jako v případě Revitu, je i u Autocadu možnost používání přídatných doplňků pro zjednodušení práce. Jedním z těchto doplňků je CADKON. CADKON je nadstavba Autocadu, ve které lze například vygenerovat potrubí VZT či dílčích prvků potřebných pro kreslení pomocí Makro editoru. Tato schopnost lze přirovnat k rodinám v Revitu.

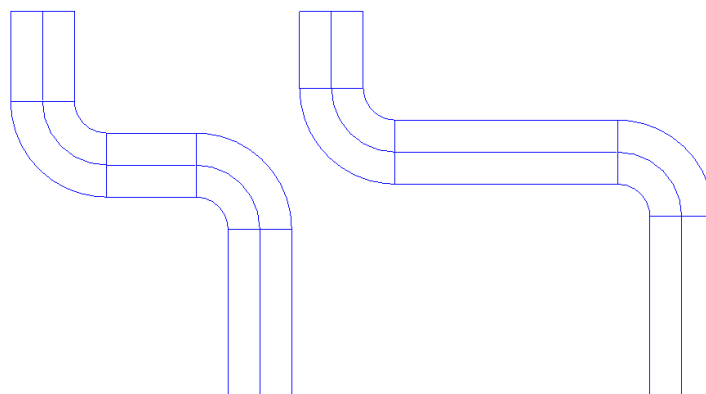
10.1. Editace potrubní sítě

V Autocadu lze vygenerovat komponentu (např. koleno), která se vloží do výkresu, případně ji lze připojit k jinému prvku, který byl vytvořen pomocí makro editoru. V případě připojení prvku se komponenta plynule napojí, ale nedojde k vytvoření vazby. Poté v případě nutnosti posunutí je třeba posunout všechny komponenty, případně změnit jejich délku. Příklad posunutí v Autocadu s nutností změny délky horizontálního úseku potrubí je vidět na *Obr. 10-1*, kde v levé části je navržená potrubní trasa. V pravé části obrázku je vidět částečné posunutí potrubní sítě. Po takovémto posunu je nutné provést další příkaz, aby došlo k opětovnému napojení komponent.



Obr. 10-1 Editace potrubní sítě Autocad

V případě Revitu stačí pro částečné posunutí vzít svislou rouru a posunout ji, automaticky dojde k prodloužení horizontálního potrubí k vidění na *Obr. 10-2*.

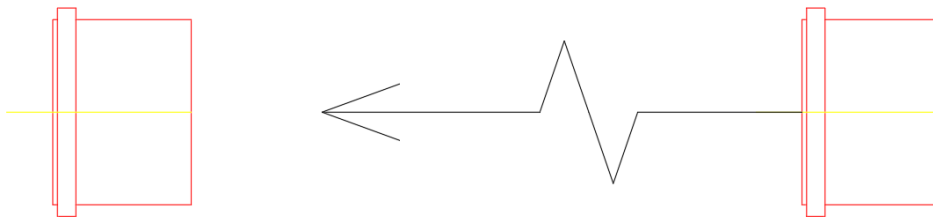


Obr. 10-2 Editace potrubní sítě Revit

Rozdíl v rychlosti při vytváření potrubní sítě je znatelný od první chvíle. Zatímco u Autocadu je nutnost při vkládání přímého kusu a následně kolena klikat mezi komponentami, u Revitu se kolena, případně další tvarovky, generují automaticky. Generování je však závislé na interním nastavení šablony projektu. Což může v počáteční fázi zavádění Revitu působit problematicky. Pokud je však nastavení provedeno správně, jde vykreslování potrubní sítě daleko jednodušeji.

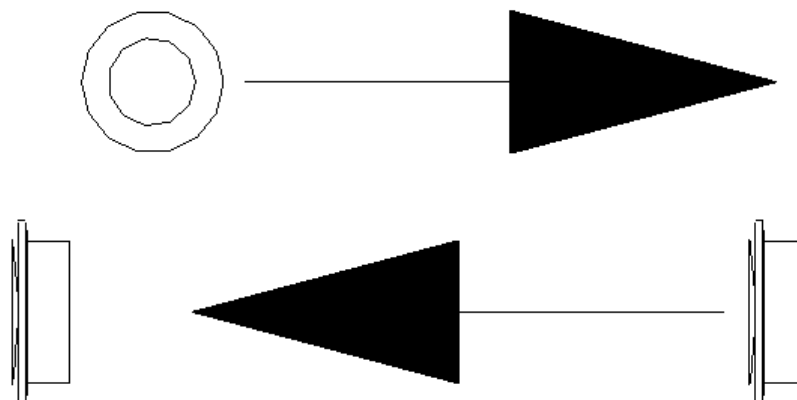
10.2. Dodatečná úprava prvku

Jako příklad pro porovnání bude sloužit talířový ventil. Startovní pozicí je samotný prvek, přičemž typický požadavek je, rozlišit talířový ventil pro přívod a odvod vzduchu pomocí šipky. V Autocadu se pouze nakreslí do výkresu šipka viz *Obr. 10-3*.



Obr. 10-3 Talířový ventil – přidání šipky Autocad

V případě Revitu je editace komplikovanější. Přidání šipky je nutné provést pomocí úpravy rodiny. Původní zobrazení ventilu je vidět na *Obr. 10-4* v levém spodním rohu. V pravém spodním rohu je vidět ventil již s přidanou šipkou. V horní části obrázku je pak vidět totožný ventil v půdorysném pohledu. V tomto konkrétním případě již byla šipka v půdorysném pohledu, ale nebyla vidět v bokorysu komponenty. Díky již umístěné šipce v rodině byla editace jednodušší. Stačilo otevřít boční pohled a šipku jakožto komponentu vložit na určené místo. Pokud by šipka v rodině nebyla načtena vůbec, musela by se nejdřív vytvořit rodina šipky, která by se následně do rodiny talířového ventilu načetla.

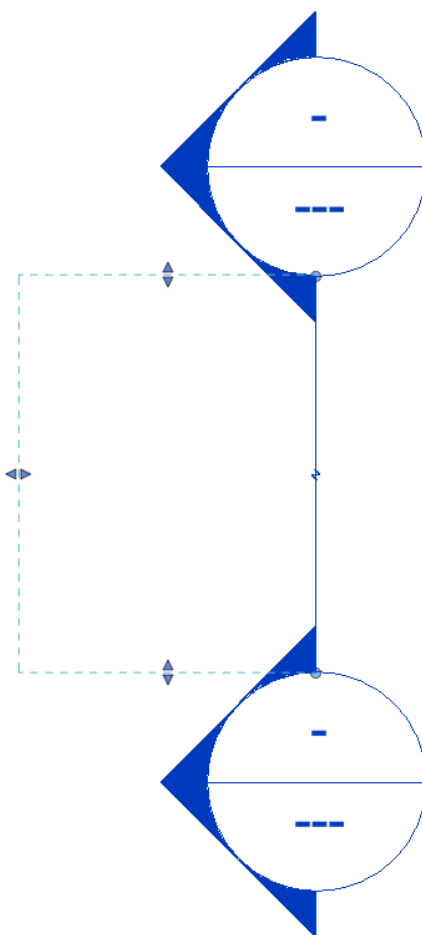


Obr. 10-4 Talířový ventil – přidání šipky Revit

V tomto případě tedy vyhrává s jednodušší činností a kratším časem editace Autocad, nicméně je třeba zvážit investici časové náročnosti do editované rodiny. Díky pozměnění rodiny dojde ke komplexní změně ve všech talířových ventilech, které jsou v daném projektu, a vytvoří se tak mnoho šipek naráz. Výhodou tohoto řešení je jednodušnost a nemůže tak dojít k opomenutí šipky. Navíc pokud si takto upravenou rodinu uložíme a použijeme v následujících projektech, již není nutné editaci podstupovat a z hlediska jednoduchosti i z časového hlediska již vyhrává Revit.

10.3. Vytváření řezu

Pokud chceme vytvořit řez v Autocadu, vezmeme půdorysné řešení, které pomocí prostorové představivosti překreslíme do bočního pohledu. Pokud chceme dělat řez v Revitu, stačí využít příkaz „Řez“. Zvolíme začátek a konec řezu a poté se od počátečních bodů vytvoří čárkovaná čára, která znázorňuje oblast, pro kterou bude řez proveden viz *Obr. 10-5*. Tímto je řez hotov a dvojitým kliknutím na jednu ze dvou koncových bublin řez otevřeme. V otevřeném řezu pak lze editovat výška řezu.



Obr. 10-5 Zobrazení oblasti řezu v Revitu

10.4. Složité komponenty

Za složitou komponentu můžeme pokládat například plynový kotel. V případě Autocadu si můžeme komponentu zjednodušit a nakreslit čtvereček, kterému přiřadíme

popisek a tím je definice kotle hotová. Následně vykreslíme rozvody od kotle bez nutnosti napojení na symbolický čtvereček. V případě Revitu je nutné mít model kotle k dispozici. V tomto projektu jsem dostal k dispozici 3D model od výrobce, nicméně model není zcela korektně vytvořen pro použití v Revitu. Po vložení modelu tak není možná editace kotle jako rodiny, ale je v projektu vložen jako externí reference, kterou nelze editovat. Jelikož se jedná o externí referenci můžeme na povrch tělesa umisťovat komponenty stejně jako v případě stavby. Na povrch tak můžeme umístit konektory pro napojení jednotlivých trubek. A následně nakreslit rozvody otopné soustavy. Další variantou je vytvoření vlastního modelu složité komponenty, která by šla v projektu použít. Ideálně s co nejuniverzálnějšími parametry, aby bylo možné komponentu použít pro širokou škálu zdrojů tepla.

Tuto položku tak vyhrává Autocad s jednoduchým schématem složité komponenty. Dále lze říci, že v případě Autocadu lze v současnosti daleko lépe sehnat podrobně vykreslenou i složitou komponentu, jelikož je Autocad daleko více rozšířený než Revit.

10.5. Výpočty

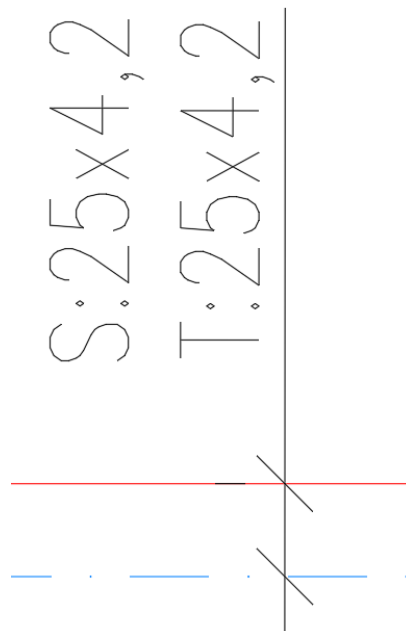
Největším přínosem pro projektanta je využití Revitu k výpočtům, které mohou probíhat zcela automaticky. Avšak pro dosažení konečného výsledku je nutná pokročilejší znalost programu.

Oproti konvenčnímu návrhu technických systémů, kde je třeba provádět výpočty v externích programech, jsou výpočty v Revitu daleko jednodušší, a není tak potřeba přidružených programů. Z dosažených výsledku v kapitolách 4, 5 a 8 pro výsledné tlakové ztráty lze říci, že přesnost výpočtu v Revitu je dostačující pro samotný návrh. Nevýhodou je při nedostatku zkušeností schopnost odhalit chybu v interním výpočtu Revitu. Dalším nedostatkem Revitu je nemožnost provádění veškerých výpočtů. Například výpočty pro dimenzování kanalizace nebo plynu.

Výpočtové možnosti Revitu jsou tedy dobrým pomocníkem při návrhu, ale prozatím není dosažena taková úroveň výpočtu, která by již nepotřebovala přídatné programy.

10.6. Popisky

Revit sám o sobě pracuje trochu jiným způsobem než Autocad a přechod po několika letech praxe v jednom programu na program jiný může činit potíže. Hlavně s ohledem na zvyklosti zažitá z Autocadu. Příkladem může být kótování vodovodu. V Autocadu lze okótovat dva prvky jednou kótou viz *Obr. 10-6*.



Obr. 10-6 Kóta vodovod Autocad

V případě Revitu lze vytvořit kótu pouze jednotlivě pro každou komponentu. Je nutné tak přejít na odlišný způsob značení. Vizualně se dá kóta nastavit tak, aby vypadala stejně, nicméně rozměry na kótě by bylo nutné ručně měnit, čímž by si projektant pouze přidělával práci.

11. Závěr

Tématem diplomové práce je návrh technických systémů rodinného domu pomocí BIM přístupu. Vstupní podmínkou pro samotnou práci bylo vytvoření kostry rodinného domu, která sloužila jako vstup pro požadovaný návrh technických systémů.

V oblasti vytápění jsem určil návrhový tepelný výkon podle normy: ČSN EN 12 831-1 s výslednou hodnotou $\phi_{HL} = 9,6$ kW. Pro tuto tepelnou ztrátu objektu jsem navrhl otopnou soustavu v provedení s podlahovým vytápěním s teplotními parametry 40/32 °C. Jako zdroj tepla bude sloužit plynový kondenzační kotel s výkonem 3,3-25,2 kW, který bude zároveň využíván pro přípravu teplé vody. V koupelnách jsou umístěna doplňková trubková otopná tělesa s napojením na otopné hady za účelem dosažení dostatečného pokrytí tepelné ztráty.

Příprava teplé vody bude zajišťována přednostním způsobem a bude ohřívána na 55 °C. Navržený zásobník s objemem 196 l je dostačující pro pokrytí potřeby teplé vody všech obyvatel rodinného domu a dohřev bude spouštěn automaticky při poklesu pod spínací teplotu 45 °C a bude trvat přibližně 5 minut.

Vodovod je navržen podle normy ČSN 75 5455 a je proveden z plastových trub PPR PN 20. Tlaková ztráta vodovodu, která vychází z rovnice pro dimenzování vodovodu podle ČSN EN 806-3, vyšla 327 kPa a tedy dispoziční tlak vodovodu 450 kPa je pro navrženou soustavu dostačující.

Kanalizace je navržena pro všechny zařizovací předměty včetně vnitřních chladících jednotek. Vnitřní kanalizace je navržena z PPs-HT, potrubí v zemi a mimo objekt je navrženo z PVC-KG SN8/SN4. Veškeré rozvody kanalizace jsou vedeny v minimálním spádu 3 %. V projektu kanalizace je předpoklad stávající revizní šachty s čistící tvarovkou a napojením do centrální stokové kanalizace. Veškeré zařizovací předměty jsou opatřeny zápachovou uzávěrkou. Pro zamezení vzniku podtlaku v potrubí kanalizace, jsou vyvedena tři odvětrací potrubí nad střechu a zakončena větrací hlavicí.

Přívod plynu pro kotel je navržen z ocelových trub v jednotné dimenzi DN20. U kotle je osazen kulový kohout pro případnou nutnost vypnutí přívodu plynu. Minimálně 10 cm nad potrubím vedeným v zemi bude umístěna výstražná fólie. Hlavní uzávěr plynu bude umístěn v samostatném přístavku na okraji pozemku. V plynové skříni bude umístěn hlavní uzávěr plynu, regulátor tlaku plynu ze středotlakého plynovodu na nízkotlaký, plynoměr a kulové kohouty umožňující výměnu plynoměru a regulátoru.

Vzduchotechnika je řešena pomocí vzduchotechnické jednotky se vzduchovým výkonem 760 m³/h na přívodu i odvodu. Vzduchový výkon jednotky je dimenzován tak, aby byla zajištěna minimálně 0,5násobná výměna vzduchu za hadinu. Vzduchotechnická jednotka je pro zajištění domovního komfortu osazena tlumiči hluku na všech čtyřech větvích vystupujících ze vzduchotechnické jednotky. Distribuce vzduchu je zajištěna pomocí talířových ventilů, umístěných na stěnách jednotlivých místností. Odsávání vzduchu znehodnoceného je přes šatny a sociální zařízení objektu. Přesun vzduchu je zajištěn pomocí podříznutých dveří v požadovaných místnostech.

Pro navržení chladicího systému jsem provedl výpočet tepelné zátěže dle normy ČSN 73 0548. Pro pokrytí výsledné tepelné zátěže jsou navrženy dvě chladicí jednotky systému Multi SPLIT pro každé patro jedna. Venkovní jednotky jsou umístěny na střeše objektu. Pro první patro je navržena chladicí jednotka s nominálním výkonem 14,1 kW se čtyřmi vnitřními nástěnnými jednotkami. V druhém patře se nachází celkem šest nástěnných jednotek a nominální výkon venkovní chladicí jednotky činí 12,3 kW.

V závěru práce jsou uvedeny, z mého pohledu, největší rozdíly mezi návrhem klasickým konvenčním způsobem a návrhem pomocí BIM přístupu v Revitu.

Na základě práce s Revitem bych přístup za pomoci BIM hodnotil velmi kladně. Pokud bych si měl zvolit, jakou variantou bych navrhoval další projekt, volbu by jasně vyhrál Revit. Práce v Revitu je daleko rychlejší a odpadá mnoho přidružených činností. Jediným úskalím pro využití Revitu je nutnost přetrpět první chvíle v nehostinném prostředí a nabrat zkušenosti pro dosažení maximální efektivity práce při využití tohoto softwaru.

V *Příloha IV* najdeme přehled rodin, využitelných v oblasti TZB. Databáze je rozdělena do dvou hlavních kategorií. Rodiny použité v diplomové práci a rodiny, které jsem v práci nepoužil. Každá z těchto partií se dále dělí podle profesí navržených v této práci. Databáze rodin by měla pomoci s jednodušším implementováním výuky BIM na Fakultě strojní ČVUT na ústavu techniky prostředí. S ohledem na blížící se rok 2022, ve kterém již bude nutné provádět veřejné zakázky pomocí BIM přístupu, je tato problematika aktuální. Lze se domnívat, že v řádu desítek let, projektování v BIM softwarech postupně převálcuje projektování pomocí klasických 2D programů, tak jako tomu bylo při nástupu 2D programů v době ručního vytváření výkresové dokumentace, nejen kvůli časové úspoře z hlediska projektanta, ale také pro zajištění hladšího průběhu stavby, a tudíž i z finančního hlediska investora.

12. Seznam použité literatury

- [1] ČSN EN 12 831-1. *Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu - Část 1: Tepelný výkon pro vytápění, Model M3-3*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018.
- [2] ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [3] BIM základní informace [online] 7. 6. 2021 Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/bim-informacni-model-budovy/20007-co-je-bim>
- [4] Metody tlakových ztrát [online] 7. 6. 2021 Dostupné z: <https://www.cad.cz/stavebnictvi/79-stavebnictvi/6894-projektovani-tzb-v-revitu-problemy-a-uskali.html>
- [5] Mokrý pokládka, firemní podklady REHAU [online] 8. 6. 2021 Dostupné z: <https://www.rehau.com/downloads/559396/plo%C5%A1n%C3%A9-vyt%C3%A1p%C4%9Bn%C3%AD-chlazen%C3%AD.pdf>
- [6] Trubkové otopné těleso Koralus Linear max 1810/450 [online] 8. 6. 2021 Dostupné z: <https://www.rehau.com/downloads/559396/plo%C5%A1n%C3%A9-vyt%C3%A1p%C4%9Bn%C3%AD-chlazen%C3%AD.pdf>
- [7] Moodyho diagram [online] 8. 6. 2021 Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/Moody-diagram-illustrating-relationship-between-friction-factor-relative-surface_fig5_275950252
- [8] Bašta Jiří, Hojer Ondřej. *Základy sálavého vytápění*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2009
- [9] Rozdělovač IVAR.CS 553 VP technický list [online] 8. 6. 2021 Dostupné z: <https://www.ivarcs.cz/storage/File/58001-60000/59129-file-CSTL-IVAR.CS-553-VP.pdf>
- [10] Regulační šroubení IVAR.DD 301 technický list [online] 8. 6. 2021 Dostupné z: <https://www.ivarcs.cz/storage/File/58001-60000/59697-file-CSTL-IVAR.DD-301.pdf>
- [11] Návod k instalaci a údržbě pro odborníka Plynový kondenzační kotel Buderus GB122 - 24
- [12] Oběhové čerpadlo IVAR EVOSTA 2 technický list [online] 8. 6. 2021 Dostupné z: <https://www.ivarcs.cz/storage/File/28001-30000/29482-file-CSTL-EVOSTA-2-3-san.pdf>
- [13] Projekční podklady Buderus Logalux SU200/5 W-B, *Příloha II*
- [14] Křivka odběru teplé vody [online] 8. 6. 2021 Dostupné z: http://users.fs.cvut.cz/~vavrirom/ZTI/NEW/004_TV_1.pdf
- [15] Třícestný ventil IVAR.MIX 3 technický list [online] 8. 6. 2021 Dostupné z: <https://www.ivarcs.cz/storage/File/60001-62000/61040-file-CSTL-IVAR.MIX-3.pdf>
- [16] Součinitel zvětšení objemu [online] 8. 6. 2021 Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/teorie-a-schemata/1156-navrh-expanzni-nadoby>
- [17] Technické údaje plynového kondenzačního kotle Buderus GB122 – 24, *Příloha I*

- [18] Keramický komínový systém technický list [online] 8. 6. 2021 Dostupné z: <https://www.schiedel.com/cz/produkty/keramicke-kominove-systemy/absolut/>
- [19] Součinitele místního odporu armatur [online] 8. 6. 2021 Dostupné z: http://users.fs.cvut.cz/~vavrirom/ZTI/mistni_ztraty_vodovod.pdf
- [20] Domovní vodoměr ENBRA [online] 9. 6. 2021 Dostupné z: https://www.enbra.cz/data/file/0/10180-enbra-vodomer-mtk-a-mtw_1100_2280.pdf
- [21] Wavin katalog – rozvody vody, vytápění, podlahové topení, vnitřní kanalizace, odvodnění střech [online] 9. 6. 2021 Dostupné z: <https://www.wavin.com/cs-cz/ke-stazeni>
- [22] Alternativní rozvinuté schéma kanalizace [online] 9. 6. 2021 Dostupné z: <https://cadbim.cz/rozvinite-rezy-v-revitu/>
- [23] Tlakové ztráty spiro potrubí ELEKTRODESIGN charakteristiky [online] 10. 6. 2021 Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/product/spiro-125-spiropotrubí-3-m>
- [24] Kocanda Radek. Projektová dokumentace LG. Praha: LG Electronics, 2021
- [25] Přírážky pro tvarovky a armatury plynovodu [online] 15. 6. 2021 Dostupné z: http://users.fs.cvut.cz/~vavrirom/ZTI/NEW/012_PL_2.pdf
- [26] Regulátor tlaku plynu [online] 15. 6. 2021 Dostupné z: <https://www.topenilevne.cz/regulator-tlaku-plynu-ekb-10-u-u-pripojeni-bez-sroubeni-p38925/>
- [27] Plynoměr BK – G4 dvouhrdlový [online] 15. 6. 2021 Dostupné z: <https://www.gas.cz/elster-plynomer-bk---g4-dvouhrdlovy-roztec-100-mm/produkt/8050/371/#downloads>
- [28] Přívodní talířový ventil [online] 16. 6. 2021 Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/product/vst-16-1-plastovy-talirovy-ventil-privodni-s-deflektorem>
- [29] Odvodní talířový ventil [online] 16. 6. 2021 Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/product/vef-160-plastovy-talirovy-ventil-odvodni>
- [30] Vodovod – rovnice pro dimenzování dle ČSN EN 806–3 [online] 22. 6. 2021 Dostupné z: http://users.fs.cvut.cz/~vavrirom/ZTI/NEW/006_SV_1.pdf
- [31] Kanalizace – Systém I, rozdělení potrubí [online] 22. 6. 2021 Dostupné z: http://users.fs.cvut.cz/~vavrirom/ZTI/NEW/008_OD_1.pdf
- [32] Pravidla pro dimenzování kanalizace [online] 22. 6. 2021 Dostupné z: http://users.fs.cvut.cz/~vavrirom/ZTI/NEW/009_OD_2.pdf
- [33] Výpočet tepelné zátěže [online] 22. 6. 2021 Dostupné z: http://www.users.fs.cvut.cz/~zmrhavla/Projekt3/Podklady/01_Vypocet%20tepelne%20zateze.pdf
- [34] Ekvitermní regulace RC310 [online] 22. 6. 2021 Dostupné z: <https://www.buderus.com/cz/cs/ocs/rodinne-domy-a-byty/logamatic-rc310-757280-p/>
- [35] Prostorový termostat RC100 [online] 22. 6. 2021 Dostupné z: <https://www.buderus.com/cz/cs/ocs/rodinne-domy-a-byty/logamatic-rc100-757277-p/>

- [36] Označení komínu [online] 22. 6. 2021 Dostupné z: http://users.fs.cvut.cz/~vavrirom/ZTI/NEW/014_Ko.pdf
- [37] Legislativa BIM [online] 23. 6. 2021 Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/cz/stavebnictvi-a-suroviny/bim/2017/10/Koncepce-zavadeni-metody-BIM-v-CR.pdf>
- [38] Zasedání pracovního výboru pro zavádění BIM [online] 23. 6. 2021 Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/stavebnictvi-a-suroviny/bim/sesel-se-pracovni-vybor-pro-zavadeni-metody-bim-v-cr--261698/>
- [39] Uložení kanalizace v zemi [online] 23. 6. 2021 Dostupné z: https://www.wavinacademy.cz/wp-content/uploads/2016/09/wavin-academy_doporuceni_pokladka-potrubí_kapitola.pdf
- [40] uchycení přípojovacího potrubí kanalizace [online] 23. 6. 2021 Dostupné z: https://www.wavinacademy.cz/wp-content/uploads/2015/08/wavin_-katalog_vnitřni-kanalizace.pdf

Seznam příloh

Příloha I.	Katalogový list Buderus GB 122i-24 K H [Elektronická příloha]
Příloha II.	Projekční podklady Logalux SU200.5 [Elektronická příloha]
Příloha III.	Katalogový list DUPLEX 1100 Multi Eco [Elektronická příloha]
Příloha IV.	Databáze rodin TZB [Elektronická příloha]
Příloha V.	Detailní rozpis tlakových ztrát otopného hadu B7 v Revitu [Elektronická příloha]
Příloha VI.	Detailní rozpis tlakových ztrát vodovodu v Revitu [Elektronická příloha]
Příloha VII.	Detailní rozpis tlakových ztrát VZT v Revitu [Elektronická příloha]
Příloha VIII.	Půdorys 1NP UT – UT101
Příloha IX.	Půdorys 2NP UT – UT102
Příloha X.	Rozvinuté schéma UT 103
Příloha XI.	Schéma tech. místnosti UT 104
Příloha XII.	Půdorys 1NP VOD – VOD101
Příloha XIII.	Půdorys 2NP VOD – VOD102
Příloha XIV.	Detail vodoměrné sestavy – VOD103
Příloha XV.	Půdorys 1NP KAN – KAN101
Příloha XVI.	Půdorys 2NP KAN – KAN102
Příloha XVII.	Půdorys 1NP pod deskou – KAN103
Příloha XVIII.	Rozvinuté schéma – KAN104
Příloha XIX.	Půdorys 1NP Plyn – PLYN101
Příloha XX.	Axonometrie – PLYN102
Příloha XXI.	Půdorys 1NP VZT – VZT101
Příloha XXII.	Půdorys 2NP VZT – VZT102
Příloha XXIII.	Půdorys 1NP CH – CH101
Příloha XXIV.	Půdorys 2NP CH – CH102
Příloha XXV.	Půdorys střechy CH – CH103
Příloha XXVI.	Výkres situace – SITUACE
Příloha XXVII.	Schéma vodovodu