



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

AKUMULAČNÍ ZÁSOBNÍKY V OTOPNÝCH SYSTÉMECH

ACCUMULATION TANKS IN HEATING SYSTEMS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Karolína Železná

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MARCELA POČINKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2021



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608T001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav technických zařízení budov

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Karolína Železná
Název	Akumulační zásobníky v otopných systémech
Vedoucí práce	Ing. Marcela Počinková, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2020
Datum odevzdání	15. 1. 2021

V Brně dne 31. 3. 2020

prof. Ing. Jiří Hirš, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

1. Stavební dokumentace zadané budovy
2. Aktuální legislativa ČR
3. České i zahraniční technické normy
4. Odborná literatura
5. Zdroje na internetu

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Práce bude zpracována v souladu s platnými předpisy (zákony a vyhláškami, normami) pro navrhování zařízení techniky staveb.

A. Analýza tématu, cíle a metody řešení

Analýza zadaného tématu, normové a legislativní podklady

Cíl práce, zvolené metody řešení

Aktuální technická řešení v praxi

Teoretické řešení (s využitím fyzikální podstaty dějů)

Experimentální řešení (popis metody a přístrojové techniky)

Řešení využívající výpočetní techniku.

B. Aplikace tématu na zadané budově - koncepční řešení

Návrh technického řešení ve 2 až 3 variantách v zadané specializaci (včetně doložených výpočtů) v rozpracovanosti rozšířeného projektu pro stavební povolení: půdorysy v měřítku 1:100, stručná technická zpráva

Ideové řešení navazujících profesí TZB (ZTI, UT, VZT) v zadané budově

Hodnocení navržených variant řešení z hlediska vnitřního prostředí, uživatelského komfortu, prostorových nároků, ekonomiky provozu, dopadu na životní prostředí apod.;

C1. Experimentální řešení a zpracování výsledků

Experiment realizovaný v laboratoři nebo reálné budově postihující dílčí část zadané problematiky.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).
2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

Ing. Marcela Počinková, Ph.D.

Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá akumulací zásobníky v otopných systémech. První část představuje problematiku akumulace tepla a typy akumulacních zásobníků. Druhá část popisuje dvě konkrétní varianty vytápění objektu penzionu a restaurace s využitím akumulacních nádob v otopném systému. Jako zdroj tepla je v jedné variantě navržen plynový kondenzační kotel a ve druhé variantě kotel na pelety. Třetí část pojednává o experimentálním měření, které porovnává akumulacní nádobu s vestavbou pro lepší rozvrstvení otopné vody a akumulacní nádobu bez vestavby.

KLÍČOVÁ SLOVA

Akumulacní zásobník, akumulace tepla, vytápění, tepelné ztráty, otopná tělesa, příprava teplé vody, plynový kondenzační kotel, peletový kotel, penzion, restaurace

ABSTRACT

The subject of the diploma thesis is accumulation tanks in heating systems. The first part introduces the topic of thermal energy storage and types of accumulation tanks. The second part describes two specific options of heating the building of the boarding house and the restaurant with the use of storage tanks in the heating system. A gas condensing boiler is designed as a heat source in one variant and a pellet boiler in the other variant. The third part deals with experimental measurements, in which the accumulation tank with the installation for better stratification of hot water and the accumulation tank without the installation are compared.

KEYWORDS

Accumulation tank, thermal energy storage, heating, heat loss, radiators, hot water preparation, gas condensing boiler, pellet boiler, boarding house, restaurant

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Karolína Železná *Akumulační zásobníky v otopných systémech*. Brno, 2021. 157 s., 65 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce Ing. Marcela Počinková, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Akumulační zásobníky v otopných systémech* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 15. 1. 2021

Bc. Karolína Železná
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych poděkovat své vedoucí diplomové práce Ing. Marcela Počinkové, Ph.D. za ochotu, věcné připomínky a odborné rady během zpracování této práce. Můj velký dík také patří rodině a přátelům, kteří mě po celou dobu studia podporovali.

OBSAH

ÚVOD.....	13
I ANALÝZA TÉMATU	15
I.A Akumulace tepla	16
I.A.1 Důvody pro akumulaci tepla.....	17
I.A.2 Způsob akumulace tepla	17
I.A.3 Rozdělení akumulace tepla dle fyzikálního principu	17
I.B Akumulační zásobníky topné vody.....	19
I.B.1 Materiály.....	20
I.B.2 Tepelné ztráty	20
I.B.3 Příslušenství.....	21
I.B.4 Akumulační zásobníky dle konstrukčního provedení	23
I.B.5 Zdroje tepla akumulačních zásobníků	26
I.C Shrnutí.....	29
II APLIKACE TÉMATU NA ZADANÉ BUDOVĚ.....	31
II.A Návrh vytápění přístavby (varianta A)	33
II.A.1 Analýza objektu.....	33
II.A.2 Vzduchotechnická zařízení.....	33
II.A.3 Zdravotně technické instalace	33
II.A.4 Posouzení součinitele prostupu tepla konstrukcemi	34
II.A.5 Přesný výpočet tepelné ztráty přístavby	36
II.A.6 Stanovení potřeby teplé vody a tepla pro přípravu teplé vody	38
II.A.7 Návrh zásobníku teplé vody	39
II.A.8 Návrh zdroje tepla	41
II.A.9 Návrh akumulační nádoby.....	42
II.A.10 Návrh potrubí.....	44
II.A.11 Návrh tepelné izolace potrubí.....	44
II.A.12 Návrh otopných těles	45
II.A.13 Dimenzování a hydraulické seřízení rozvodů	49
II.A.14 Hydraulické nastavení vyvažovacích ventilů	54
II.A.15 Návrh třicestného přepínacího ventilu.....	55
II.A.16 Návrh třicestného směšovacího ventilu.....	56

II.A.17	Návrh oběhového čerpadla.....	57
II.A.18	Návrh zabezpečovacích zařízení	58
II.A.19	Celková roční potřeba tepla přístavby a spotřeba zemního plynu	59
II.A.20	Technická zpráva (varianta A)	61
II.B	Návrh kotelny celého objektu (varianta B)	67
II.B.1	Analýza objektu	67
II.B.2	Způsob větrání.....	67
II.B.3	Výpočet tepelné ztráty celého objektu	68
II.B.4	Stanovení potřeby teplé vody a tepla pro přípravu teplé vody	69
II.B.5	Návrh zásobníku teplé vody.....	71
II.B.6	Stanovení výkonu ohřívače vzduchotechnické jednotky	73
II.B.7	Návrh zdroje tepla	73
II.B.8	Návrh akumulární nádoby	75
II.B.9	Návrh potrubí	76
II.B.10	Návrh třicestného směšovacího ventilu	77
II.B.11	Návrh oběhových čerpadel.....	78
II.B.12	Návrh hydraulického vyrovnávače dynamických tlaků.....	81
II.B.13	Návrh rozdělovače a sběrače.....	82
II.B.14	Návrh regulátoru průtoku.....	82
II.B.15	Návrh expanzního zařízení.....	83
II.B.16	Návrh pojistného zařízení	84
II.B.17	Návrh větrání kotelny.....	85
II.B.18	Návrh odvodu spalin	86
II.B.19	Celková roční potřeba tepla a spotřeba dřevěných pelet.....	87
II.B.20	Návrh skladu pelet	89
II.B.21	Technická zpráva (varianta B)	91
II.C	Zhodnocení navržených variant	98
II.C.1	Vytápění přístavby (varianta A).....	98
II.C.2	Kotelna celého objektu (varianta B)	98
III	EXPERIMENTÁLNÍ ŘEŠENÍ A ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ.....	99
III.A	Cíl měření	101
III.B	Popis měření	101

III.B.1	Průběh měření.....	104
III.B.2	Sledované provozní stavy.....	105
III.B.3	Měřicí technika.....	105
III.B.4	Výpočetní technika.....	108
III.B.5	Okrajové podmínky měření.....	108
III.C	Varianty měření.....	110
III.C.1	Simulovaným zdrojem tepla je kotel na tuhá paliva.....	110
III.C.2	Simulovaným zdrojem tepla je plynový kotel.....	121
III.C.3	Simulovaným zdrojem tepla je tepelné čerpadlo.....	127
III.C.4	Simulovaným zdrojem tepla je tepelné čerpadlo s odlišným zapojením.....	136
III.D	Tlakové ztráty.....	142
III.D.1	Popis měření.....	142
III.D.2	Akumulační nádoba s vestavbou.....	143
III.D.3	Akumulační nádoba bez vestavby.....	144
III.D.4	Porovnání akumulčních nádob.....	145
III.E	Výsledek měření.....	146
ZÁVĚR.....		149
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....		151
SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ.....		154
SEZNAM PŘÍLOH.....		157

ÚVOD

Tématem diplomové práce jsou akumulční zásobníky v otopných systémech. V jednotlivých částech této práce je přiblíženo jejich teoretické i praktické využití.

První část práce se zabývá problematikou akumulace tepla. Přibližuje její důvody, způsoby a fyzikální principy. Dále jsou detailně popsány akumulční zásobníky (akumulační nádoby) topné vody, které jsou v otopných systémech využívány nejčastěji. Jsou představena jejich konstrukční provedení, materiály, tepelné ztráty, příslušenství a zdroje tepla.

Druhá část obsahuje konkrétní návrh systému vytápění penzionu a restaurace po jeho stavební úpravě, kterou je přístavba stávajícího objektu. Jedna varianta zahrnuje návrh otopného systému vytápění přístavby se samostatným zdrojem tepla a zásobníkem teplé vody. Zdrojem tepla je plynový kotel, který je instalován s akumulční nádobou. Ta pokrývá potřebu tepla pro vytápění během přednostní přípravy teplé vody. Pokrytí vypočtených tepelných ztrát jednotlivých místností zajišťují otopná tělesa. Jsou navrženy materiály a dimenze potrubí, jeho tepelné izolace, otopná tělesa a armatury včetně hydraulického vyvážení. Druhá varianta řeší návrh kotelny, ve které je umístěn zdroj tepla pro celý objekt, tedy stávající restauraci a penzion včetně přístavby. Je navržen peletový kotel, sklad pelet, akumulční nádoba, hydraulický vyrovnávač dynamických tlaků, rozdělovač a sběrač a zásobník teplé vody. Zdroj tepla zajišťuje otopnou vodu také pro vzduchotechnickou jednotku obsahující teplovodní výměník a výměník zpětného získávání tepla, která zajišťuje nucené větrání v části budovy s restaurací. Otopná soustava přístavby je shodná s první variantou. V obou variantách jsou jako zabezpečovací zařízení osazeny expanzní nádoby a pojistné ventily. Jsou navržena také oběhová čerpadla, směšovací ventily, vyvažovací ventily a další zařízení potřebná k provozu soustavy. Je stanovena roční potřeba tepla a spotřeba paliva, sepsána technická zpráva. V závěru je provedeno zhodnocení obou variant. Je zpracován půdorys 1. NP, 2. NP a 3.NP a schéma zapojení zdroje tepla každé varianty.

Třetí část pojednává o experimentálním měření prováděném v laboratoři. Jeho cílem je zjištění rozdílů a výhod či nevýhod dvou konstrukčně rozdílných typů akumulčních nádob stejného objemu. Jedna akumulční nádoba má v sobě speciální vestavbu pro zajištění lepšího rozvrstvení vody o různých teplotách. Druhá akumulční nádoba je bez vestavby nebo výměníku tepla. Obě nádoby umožňují zapojení pro simulaci různých provozních stavů s odlišnými zdroji tepla, kterými je kotel na tuhá paliva, plynový kotel a tepelné čerpadlo. Měřenými provozními stavy je nabíjení, vybíjení a současné nabíjení s vybíjením. Dále jsou zjištěny tlakové ztráty akumulčních nádob v závislosti na druhu zapojení dle simulovaného zdroje tepla.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

I. ANALÝZA TÉMATU

TOPIC ANALYSIS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Karolína Železná

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MARCELA POČINKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2021

I.A Akumulace tepla

Ve stavebnictví je aktuálním trendem snižování spotřeby energie. Pro snížení podílu energie na vytápění a tím i energetické náročnost budovy je třeba snížit tepelné ztráty dané budovy. Další možností, jak dosáhnout nižší energetické náročnosti budovy, je akumulace tepla v době jeho přebytku na dobu jeho nedostatku.

I.A.1 Důvody pro akumulaci tepla

Nejčastějším důvodem pro akumulaci tepelné energie je nepravidelná dodávka energie, se kterou se můžeme setkat například v případně využívání solární energie. Dalším důvodem může být rozdíl v ceně energie pro různá časová období, který hrají svoji roli například je-li zdrojem tepla tepelné čerpadlo. V neposlední řadě bývá důvodem nedostatečný výkon zdroje tepla, který nedokáže pokrýt odběrové špičky. Díky akumulaci lze snížit investiční náklady (nákup zdroje s nižším výkonem), provozní náklady a životnost zdroje tepelné energie.

I.A.2 Způsob akumulace tepla

Pro akumulaci tepla se ve stavebnictví používají dva základní způsoby. Prvním je akumulace do stavebních konstrukcí, kdy je teplo uvolňováno samovolně při poklesu teploty okolí pod teplotu konstrukce. Pro uložení většího množství tepla je zapotřebí velmi masivních konstrukcí. Vhodnými materiály těchto konstrukcí jsou železobeton, vápenopísek či cihla plná pálená. Druhým způsobem je akumulace v zásobnících (akumulačních nádobách), ve kterých je možné teplo skladovat dlouhodobě a využívat kontrolovaně.

I.A.3 Rozdělení akumulace tepla dle fyzikálního principu

Akumulaci tepelné energie lze rozdělit dle fyzikálního principu na akumulaci citelného tepla, latentního tepla, sorpčního tepla a na akumulaci tepla termochemickou reakcí.

I.A.3.a Akumulace citelného tepla

Principem akumulace citelného tepla je změna teploty akumulačního média beze změny jeho skupenství. Jedná se o nejméně efektivní metodu akumulace. Výhodou tohoto způsobu akumulace je jeho jednoduchost a nízká cena pracovní látky. Ukládat citelné teplo lze do vodních zásobníků, do šterkových zásobníků, do země pomocí vrtů či do zvodnělé vrstvy. Z pohledu otopných systémů je akumulace do vodních zásobníků nejčastějším způsobem akumulace energie vůbec. Pro akumulaci většího množství tepla je třeba zásobník velkého objemu nebo vysoká teplota akumulační látky. V důsledku toho pak roste pořizovací cena a požadavky na tepelnou izolaci zásobníku. [1]

Množství akumulovaného citelného tepla:

$$Q = \int_{t_1}^{t_2} m \cdot c \cdot dt = m \cdot c \cdot \Delta t \quad [J]$$

m ...hmotnost pracovní látky [kg]

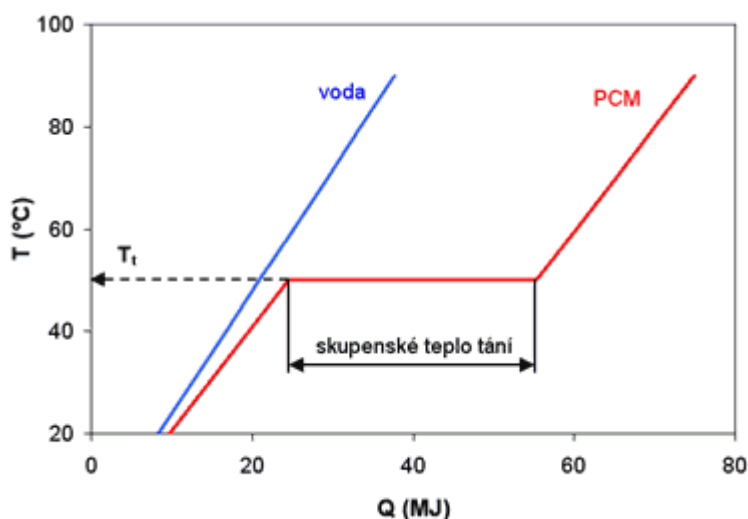
c ...měrná tepelná kapacita pracovní látky [J/(kg.K)]

Δt ...rozdíl počáteční a koncové teploty pracovní látky [K]

I.A.3.b Akumulace latentního tepla

Latentní teplo je množství tepelné energie, kterou je nutno dodat ke změně skupenství látky. Při změně fáze je dodáváno toto teplo, ale teplota látky se nemění (chemicky čisté látky) nebo se mění v určitém intervalu teplot (směsi, amorfní látky). K akumulaci energie je možné využít jakékoliv fázové změny, v praxi se ale využívá zejména fázové změny tání/tuhnutí nebo změny krystalické mřížky. Fázová změna vypařování/kapalnění není vhodná z důvodu velké objemové změny pracovní látky. Výhodou latentních zásobníků je schopnost uchovávat poměrně velké množství tepla při nízké teplotě a malém objemu. Nevýhodou je vyšší cena pracovní látky. [1]

Materiály, které využívají k akumulaci tepla fázovou změnu, označujeme jako phase change materials (PCM). Může se jednat o organické látky (parafinové sloučeniny) či anorganické látky (kovy, hydráty solí). PCM se v zásobníku tepla ohřívá stejně jako při akumulaci citelného tepla, s tím rozdílem, že PCM během ohřevu změní fázi. Jedná se tedy o akumulaci jak latentního, tak citelného tepla. [2]



Obrázek 1: Porovnání akumulace citelného tepla (voda) a latentního tepla (PCM) [3]

Množství akumulovaného latentního tepla:

$$Q = \int_{t_1}^{t_t} V \cdot \rho_p \cdot c_p dt + V \cdot \rho_t \cdot l_t + \int_{t_t}^{t_2} V \cdot \rho_k \cdot c_k dt$$

$$= V \cdot [\rho_p \cdot c_p (t_t - t_1) + \rho_t \cdot l_t + \rho_k \cdot c_k (t_2 - t_t)] \quad [J]$$

t_1, t_2 ...teplota látky na počátku a na konci [K]

t_t ...teplota tání/tuhnutí pracovní látky [K]

V ...objem pracovní látky [m^3]

ρ_p, ρ_k, ρ_t ...hustota pracovní látky (pevné, kapalné skupenství, tání/tuhnutí) [m^3/kg]

c_p, c_k, c_t ...měrná tepelná kapacita pracovní látky (pevné, kapalné skupenství, tání/tuhnutí) [$J/(kg \cdot K)$]

l_t ...skupenské teplo tání/tuhnutí pracovní látky [J/kg]

I.A.3.c Akumulace sorpčního tepla

Při akumulaci sorpčního tepla se tepelná energie ukládá (uvolňuje) pomocí adsorpce vodní páry, při kterém se plynné látky ze směsi plynů nebo rozpuštěné látky v kapalině shromažďují na povrchu pevné látky (adsorbentu). Tento proces způsobí exotermní reakci, při které se uvolňuje teplo. Opačným procesem je desorpce, kdy se za přívodu tepla absorbovaná látka z pevného povrchu adsorbentu uvolňuje. Výhodou skladování sorpčního tepla je velmi vysoká hustota akumulace této energie. Nevýhodou je vysoká cena pracovních látek, kterými může být silikagel, zeolit, jíl nebo aktivní uhlí. [4]

I.A.3.d Akumulace tepla termochemickou reakcí

Akumulace tepla termochemickou reakcí spočívá ve využití vratných chemických reakcí pro ukládání nebo odebírání energie. Naakumulované teplo závisí na množství pracovní látky, teplotě a rozsahu přeměny. Výhodou tohoto způsobu akumulace energie je vysoká tepelná kapacita, dlouhá akumulace a malé ztráty i bez tepelné izolace. Technologie termochemických akumulátorů je však složitější než v předchozích případech. Hustota akumulace energie je výrazně vyšší. K termochemickým reakcím se využívá rozkladů kovů, hydridů kovů a peroxidů. [5]

Množství akumulovaného tepla termochemickou reakcí:

$$Q = a_r \cdot m \cdot \Delta h_r \quad [J]$$

a_r ...podíl pracovní látky účastnící se reakce [-]

m ...hmotnost pracovní látky [kg]

Δh_r ...reakční teplo [J/kg]

I.B Akumulační zásobníky topné vody

Akumulační zásobníky neboli akumulační nádoby jsou nádrže s akumulační látkou, do kterých se akumuluje tepelná energie od zdroje tepla a tím se zvyšuje tepelná účinnost soustavy. V otopných soustavách se nejčastěji používá jako akumulační látka voda, jelikož se jedná o dostupnou, levnou, nehořlavou a nejedovatou látku s vysokou tepelnou kapacitou (viz tabulka 1) a nízkou tepelnou vodivostí.

Tabulka 1: Tepelná kapacita pracovních látek pro akumulaci tepla při 20 °C [6]

Pracovní látka	Specifická tepelná kapacita [Wh/(kg.K)]	Měrná tepelná kapacita [J/(kg.K)]
voda	1,16	4185
olej	0,5	1800
vzduch	0,28	1010
beton	0,24	860
štěrk	0,2	720
železo	0,13	470

V závislosti na časových parametrech akumulace hovoříme o zásobnících krátkodobých, které akumuluji teplo pouze v řádech dní. Ty se vyrábí stojaté i ležaté o objemech 50–6000 litrů v provedení tlakovém nebo beztlakovém s volnou hladinou.

Jestliže uchováváme získané teplo pro využití v jiném ročním období, hovoříme o zásobnících dlouhodobých (sezónních). Obvykle se jedná o zásobníky podzemní, které mohou dosahovat objemů až několik tisíc metrů krychlových.

I.B.1 Materiály

Materiálem pláště je nejčastěji uhlíková ocel s možnou povrchovou úpravou. Dalším používaným materiálem je nerezová ocel, která se vyznačuje vysokou odolností a dlouhou životností, pokud je zabráněno její korozi například antikoročním nátěrem.

Dále lze využít jako materiál pro akumulční zásobníky také beton. Nevýhodou betonových zásobníků je jejich velká hmotnost a velké prostorové nároky, proto se využívají především jako zásobníky podzemní. Výhodou je možnost velkého objemu a dlouhodobé akumulace.

Nově používaným materiálem na výrobu akumulčních zásobníků jsou plasty. Mezi jejich výhody patří velmi nízké tepelné ztráty, nízká hmotnost a vysoká chemická odolnost. Nevýhodami jsou nižší mechanická odolnost a kratší životnost. Lze je instalovat jako zásobníky podzemní.

I.B.2 Tepelné ztráty

Pro akumulční systémy je zásadní velikost tepelných ztrát, které ovlivňují účinnost akumulace. Pro jejich snížení je důležité správné provedení přípojek pro omezení tepelných mostů a degradaci teplotního rozvrstvení. Tepelné ztráty lze také omezit použitím tepelné izolace s dostatečným tepelným odporem (viz kapitola I.B.3.a).

Tepelná ztráta akumulčního zásobníku:

$$Q_z = \sum_{i=1}^n U_i \cdot A_i \cdot (t_{a,i} - t_{j,i}) \quad [\text{W}]$$

U_i ...součinitel prostupu tepla pláštěm zásobníku [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]

A_i ...plocha povrchu zásobníku [m^2]

$t_{a,i}$...teplota uvnitř zásobníku [K]

$t_{j,i}$...teplota vně zásobníku [K]

Celková ztráta energie akumulčního zásobníku v čase:

$$Q_{z,c} = \int Q_z d\tau \quad [\text{kWh}]$$

Q_z ...tepelná ztráta akumulčního zásobníku [kW]

τ ...čas [h]

Tabulka 2: Tepelné ztráty akumulčních zásobníků při použití skelného vlákna jako tepelné izolace s vnějším obalem z koženky [7]

Objem akumulčního zásobníku[l]	500	750	1000	1500	2000	3000	4000	5000
Ztráta energie [kWh/den]	2,02	2,58	3,82	5,55	7,26	10,69	14,01	17,20

I.B.3 Příslušenství

Akumulační zásobníky se ve většině případů instalují s některými z níže popsaných příslušenství. Pro snížení tepelných ztrát je nutno dle právních předpisů pasivní zásobníky (akumulační nádoby) opatřit tepelnou izolací. Proti vzniku koroze se do zásobníků osazují ochranné anody. Pro zvýšení teploty topné vody nebo jako doplňkový zdroj tepla je možné do některých typů akumulacních zásobníků osadit topné těleso. Pro měření teploty a z důvodu regulace se osazují teploměry a teplotní čidla.

I.B.3.a Tepelná izolace

Základním příslušenstvím každého akumulacního zásobníku je tepelná izolace, která snižuje tepelné ztráty (viz kapitola I.B.2) a zvyšuje tak účinnost akumulace energie. Dle legislativních požadavků uvedených ve vyhlášce č. 193/2007 Sb., kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu, je pro akumulacní nádoby předepsána minimální tloušťka tepelné izolace 100 mm při součiniteli tepelné vodivosti $\lambda_{0^{\circ}\text{C}} \leq 0,04 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$. V případě menších hodnot součinitelů tepelné vodivosti je nutné tloušťku tepelné izolace přepočítat tak, aby bylo dosaženo součinitele prostupu tepla $U \leq 0,30 \text{ W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$.

Nejčastěji používaným materiálem tepelných izolací akumulacních zásobníků je tvrzená polyuretanová (PUR) bezfreonová pěna opatřená polyvinylchloridovým (PVC) obalem a plastovými kryty přípojek. Dále se používají jako vnitřní izolace polyesterová vlákna (flís) nebo skelná vlákna. Vnější obalem může být koženka. Obvodová izolace se pro snadnější montáž skládá ze dvou dílů, které se spojují pomocí zipů. Ty jsou dále překryty krycí lištou. Izolace dna a vršku nádoby jsou samostatnými díly (viz obrázek 2).



Obrázek 2: Tepelná izolace akumulacního zásobníku [9]

I.B.3.b Ochranná anoda

Do akumulačních zásobníků lze proti vzniku koroze osadit ochrannou anodu. Princip této ochrany spočívá ve vodivém spojení chráněného kovu (vytváří katodu) s kovem elektronegativnějším (vytváří takzvanou obětovanou anodu), který pak koroduje a rozpouští se. Elektrolytem je voda v důsledku v ní rozpuštěných solí. Naplněný zásobník vodou tedy tvoří společně s anodou elektrochemický článek.

Koroze vzniká působením kyslíku obsaženém v topné vodě. Kyslík se do otopné soustavy dostává především při napouštění soustavy, netěsnostmi soustavy nebo plastovými trubkami (přestože mají kyslíkovou bariéru). Je doporučeno dodržovat směrné hodnoty jakosti topné vody uvedené ve směrnici VDI 2035, kdy obsah kyslíku nemá překročit hodnotu 0,1 mg/l. V pitné vodě se kyslík nachází běžně, proto by měla každá smaltovaná nádoba pro přípravu teplé vody ochrannou anodu obsahovat. [8]

Hořčíková anoda (viz obrázek 3) je sloučenina obecného a netoxického kovu, která se rozpouští místo oceli a tím brání její korozi. Její životnost je závislá na tvrdosti a chemickém složení vody. Doporučuje se pravidelná kontrola a její výměna přibližně po dvou letech.



Obrázek 3: Hořčíkové anody [10]

Elektrická anoda (viz obrázek 4) zajišťuje aktivní protikorozi ochranu pomocí elektrického proudu. Intenzita elektrického proudu je automaticky regulována v závislosti na stavu vnitřní povrchové vrstvy a na kvalitě vody. Elektrická anoda zajišťuje trvalou ochranu bez nutnosti výměny, pravidelných kontrol a údržby. Její nevýhodou je nutnost trvalé dodávky elektrického proudu. Skládá se z generátoru, napájecího kabelu, zemnicího kolektoru a titanové anody.



Obrázek 4: Elektrická anoda [10]

I.B.3.c Topné těleso

Elektrické topné těleso (viz obrázek 5) lze do akumulčního zásobníku osadit pro dohřev topné vody (například v případě solárních systémů) nebo jako doplňkový zdroj tepla (v případě tepelného čerpadla jako tzn. bivalentní zdroj tepla). Voda je ohřívána pomocí trubkového topného tělesa. V jímce jsou také umístěna čidla bezpečnostního a provozního termostatu. Provozní termostat řídí nastavenou teplotu vody. Při jeho poruše bezpečnostní termostat vypne přívod elektrické energie. Také je možné umístění topných těles, které mohou být například keramická, do ocelových jímeček pro zvýšení životnosti nádoby (viz obrázek 5, vpravo).

Topná tělesa se vyrábí o výkonech 1,8–15 kW v závitovém nebo přírubovém provedení. Požadované napětí v síti je 230 V nebo 400 V. Při použití topného tělesa dochází ke zvýšenému opotřebení ochranné anody (viz kapitola I.B.3.b).



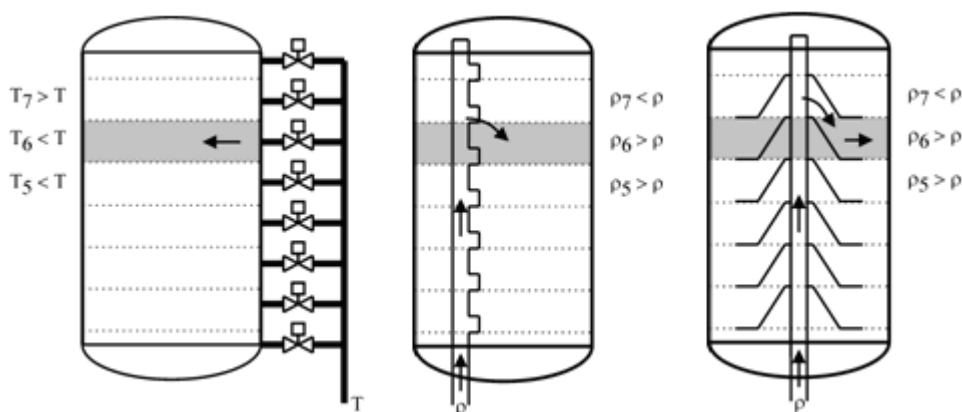
Obrázek 5: Typy topných těles [9]

I.B.4 Akumulační zásobníky dle konstrukčního provedení

Podle konstrukčního provedení rozlišujeme akumulční zásobníky (akumulační nádoby) bez vestavby, s vestavbou, stratifikační, akumulční zásobníky s výměníkem tepla nebo s vnořeným zásobníkem teplé vody.

I.B.4.a Stratifikační akumulční zásobníky

Stratifikací se rozumí vrstvení teplotnosné látky v zásobníku podle teploty ukládáním do vrstev o stejné nebo podobné teplotě. Teplotní stratifikace probíhá do určité míry přirozeně volným prouděním, například u vysokých a štíhlých zásobníků. Častěji je ale řízena použitím takzvaných stratifikačních vestaveb (viz obrázek 6). Jestliže je k dispozici tepelná energie o vysoké teplotě odpovídající teplotně v horní vrstvě zásobníku, probíhá ukládání do této horní vrstvy. Jestliže je k dispozici teplota nižší, ukládá se teplo do odpovídající chladnější vrstvy. Výsledkem je výrazný rozdíl teplot v horní a dolní části zásobníku. Díky tomu je možné dodávat teplo o požadované teplotě do okruhu odběru tepla již během náběhu akumulční nádoby. Spodní část zásobníku zůstává chladná až do úplného nabití, takže i teplota ve vratném potrubí zůstává nízká. Toho lze výhodně využít pro dosažení kondenzačního režimu plynového kondenzačního kotle nebo pro dosažení vysoké účinnosti solárních kolektorů. Použití stratifikace je podmíněno nízkým průtokem teplotnosné látky. Proto se využívá především v solárních soustavách s nízkým průtokem teplotnosné látky.



Obrázek 6: Typy řízené stratifikace [3]

Jeden ze způsobů je řízení stratifikace ovládanými ventily na základě porovnání teploty přiváděné teplotnosné látky s teplotou v dané vrstvě (viz obrázek 6, vlevo).

Dalším způsobem je ukládání teplotnosné látky dle její hustoty, kdy je teplotnosná látka o dané hustotě přiváděna pod vrstvu s nižší hustotou. V tomto případě není potřebná regulace, a tedy ani elektrická energie. Je však důležité udržet rychlost v přiváděcím potrubí pod hodnotou 0,1 m/s, aby nebylo teplotní rozvrstvení narušeno účinkem kinetické energie proudu. Pro řízení stratifikace se používá trubková vestavba, která je vyrobena z plastového potrubí (viz obrázek 6, uprostřed). Odbočky na potrubí jsou často vybaveny velmi lehkými plovoucími zpětnými klapkami, které zabraňují přimíchávání teplotnosné látky ze spodní chladnější části zásobníku do přiváděné teplotnosné látky. Další ze způsobů řízení stratifikace je pomocí speciální talířové vestavby (viz obrázek 6, vpravo). V tomto případě je problém přimíchávání chladnější teplotnosné látky z dolní části zásobníku vyřešen konstrukcí vestavby, které obsahuje gravitační zpětné klapky. [3]

I.B.4.b Akumulační zásobníky s výměníkem tepla

Uvnitř akumulčních zásobníků se nejčastěji nachází trubkové spirálové tepelné výměníky. Trubkové výměníky se vyrábí nejen v hladkém provedení, ale také v žebrovaném s větší teplosměnnou plochou pro lepší přenos tepla.

Pro průtokový ohřev teplé vody se využívají nerezové nebo měděné výměníky tepla. Pro zapojení soustavy se zdrojem tepla (viz kapitola I.B.5) výměníky ocelové nebo měděné.

Akumulační zásobníky lze dělit podle počtu v nich obsažených výměníků tepla. Pokud se v zásobníku nenachází žádný výměník, hovoříme o nádrži (viz obrázek 7, vlevo). V případě, že se v akumulčním zásobníku nachází jeden výměník, jedná se o monovalentní zásobník (viz obrázek 7, uprostřed). Jestliže jsou výměníky dva, hovoříme o bivalentním zásobníku (viz obrázek 7, vpravo), v případě výměníků tří o trivalentním akumulčním zásobníku. Více výměníků se využívá v případě více zdrojů tepla, kdy jsou zdroje s nižší teplotou topné vody, jako jsou například solární systémy, zaústěny do spodního výměníku s větší teplosměnnou plochou, a naopak systémy dosahující vyšších teplot topné vody, kdy jsou zdrojem tepla například kotle na tuhá paliva, do výměníku horního s menší teplosměnnou plochou.



Obrázek 7: Typy akumulčních zásobníků [9]

I.B.4.c Akumulační zásobníky s vnořeným zásobníkem teplé vody

Akumulační zásobníky mohou mít v sobě obsažen vestavěný vnořený (plovoucí) zásobník teplé vody, ve kterém dochází k ohřevu nebo přehřevu pitné vody přímo od vody topné. V horní části zásobníku nebo přes celou výšku je umístěna nádoba na pitnou vodu, jejímž materiálem je nejčastěji smalt nebo uhlíková ocel s povrchovou úpravou, která musí být vhodná pro pitnou vodu. Tato nádoba pro zásobníkový ohřev teplé vody má oproti trubkovému spirálovému výměníku pro průtokovou přípravu teplé vody menší teplosměnnou plochu, a proto ji lze využít pouze pro malé odběry teplé vody. Ve vnořeném zásobníku teplé vody musí být umístěna ochranná anoda (viz kapitola I.B.3.b) zabraňující korozi.

V akumulčních zásobnících je často umístěn jak vnořený zásobník teplé vody, tak trubkové výměníky v různých kombinacích (viz obrázek 8).



Obrázek 8: Typy akumulčních zásobníků pro přípravu teplé vody [9]

I.B.4.d Akumulační zásobníky s vestavbou

Do akumulační zásobníků se v posledních letech začaly umisťovat nejrůznější vestavby pro lepší rozvrstvení otopné vody a snížení promíchávání již uložené topné vody.

Nejčastěji se jedná o vestavbu v podobě dělicího plechu (viz obrázek 9). Jeho hlavní funkcí je rozdělit akumulační zásobník na dvě či více částí. Do každé z částí je následně zaústěn zdroj tepla s rozdílnou teplotou topné vody. Tím je zajištěn optimální chod zdroje na příznivé provozní teplotě s vysokou účinností (zásadní je především teplota vratné vody). Také je zajištěn dostatek otopné vody s vyšší teplotou v horní části zásobníku pro ohřev teplé vody, přestože je vyčerpána tepelné energie ze spodní části pro vytápění. Zdrojem tepla v horní části zásobníku je obvykle kotel na tuhá paliva. Pro ohřev dolní části se využívá solární systém či tepelné čerpadlo.

Dále se do zásobníků umisťuje vestavba válcového tvaru z perforovaného plechu s kulatým děrováním. Ta je umístěna ve spodní části zásobníku a je do ní zaústěno vratné potrubí na straně odběru tepla (viz obrázek 46). Vestavba zajišťuje snížení rychlosti proudící vody do zásobníku, čímž je omezeno promíchávání topné vody.



Obrázek 9: Akumulační zásobník s dělicím plechem [12]

I.B.5 Zdroje tepelné energie akumulačních zásobníků

Zdroji tepelné energie (tepla) akumulačních zásobníků mohou být kotle na tuhá paliva, tepelná čerpadla, solární kolektory, krbové vložky, geotermální vrty a další. Přičemž většina akumulačních zásobníků dovoluje kombinovat zapojení více zdrojů tepelné energie současně.

S odlišnými typy zdroje se také liší způsob zapojení akumulační nádoby do otopného systému a její další funkce kromě akumulace energie.

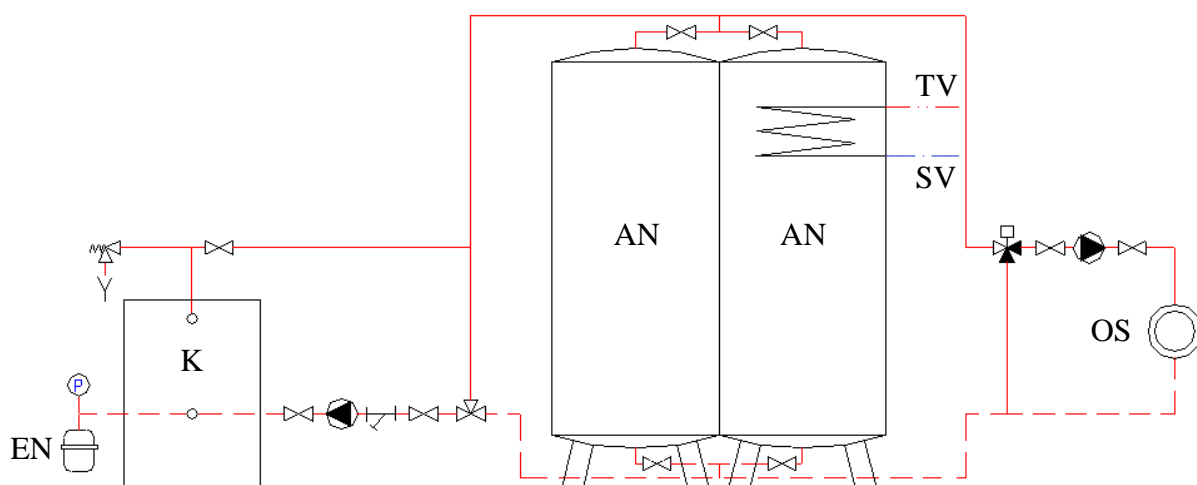
I.B.5.a Kotel na tuhá paliva jako zdroj tepla pro akumulční zásobníky

Pokud je kotel na tuhá paliva hlavním zdrojem tepla, je vždy vhodné do otopného systému instalovat akumulční zásobník. Ten totiž umožní provozovat kotle na plný výkon. Kotel tak zůstane čistý, nezašlehaný a bez výraznějšího dýmu z komínu. Spalování v kotli bude téměř dokonalé, čímž se zvýší účinnost spalování a v případě kotle s ručním přikládáním komfort vytápění. V případě vhodně navrženého akumulčního zásobníku bude totiž stačit zatopit jednou za den až za dva dny a následně jednou až dvakrát přiložit. Akumulční zásobník bude plně nabit za tři až čtyři hodiny v závislosti na venkovní teplotě a nastavení termostatických ventilů. [13]

U novostaveb s kotlem na tuhá paliva je možné díky akumulčnímu zásobníku provozovat nízkoteplotní otopnou soustavu například pro podlahové vytápění. Tím je také umožněno použití plastových materiálů pro potrubní rozvody, které se v případě napojení otopné soustavy přímo na kotel na tuhá paliva nedoporučují. Další výhodou je možnost regulace odběru tepla z akumulčního zásobníku v závislosti na venkovní teplotě. [14]

Akumulční zásobník je také vhodné naistalovat do stávajícího objektu v případě zateplení domu nebo výměny oken. Po těchto úpravách je totiž kotel předimenzovaný a dochází k přetápění objektu. Díky zásobníku je však možné kotel provozovat na plný výkon s vysokou účinností spalování, čímž se sníží doba návratnosti nově nainstalovaného akumulčního zásobníku. [13]

V případě kotle s ručním přikládáním je doporučený minimální objem akumulčního zásobníku 55 l/kW instalovaného výkonu kotle (včetně případného zásobníku teplé vody, pokud je tímto kotlem ohříván). Nebo minimální objem akumulčního zásobníku vypočtený podle instalovaného výkonu a dalších parametrů kotle vycházejí z postupu uvedeného v ČSN EN 333-5 – Kotle pro ústřední vytápění. Navržený objem akumulčního zásobníku je zpravidla značný, proto je často akumulčních zásobníků instalováno více. Paralelní zapojení (viz obrázek 10) dovoluje mimo otopné období odstavit akumulční zásobník bez výměníku pro ohřev teplé vody a snížit tak tepelné ztráty systému.



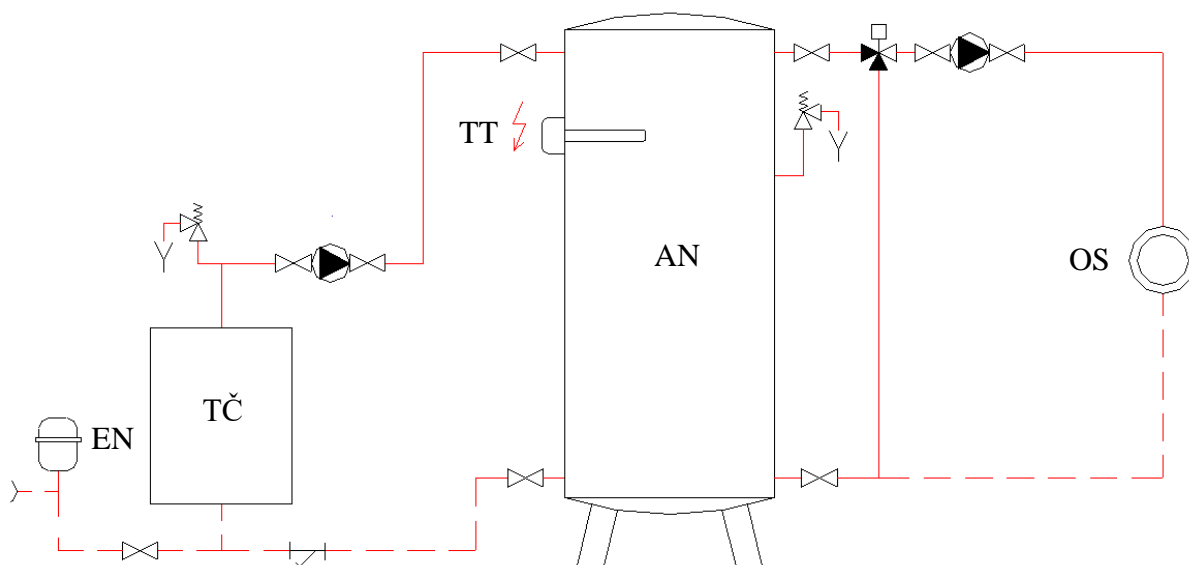
Obrázek 10: Schéma zapojení akumulčních zásobníků s kotlem na tuhá paliva (AN – akumulční nádoba, EN – expanzní nádoba, K – kotel na tuhá paliva, OS – otopná soustava, SV – studená voda, TV – teplá voda) [15]

I.B.5.b Tepelné čerpadlo jako zdroj tepla pro akumulční zásobníky

V otopné soustavě s tepelným čerpadlem bez regulace výkonu (s typem kompresoru scroll) se akumulční zásobník využívá především pro snížení počtu startů čerpadla, čímž je prodloužena jeho životnost. V tomto případě se akumulční zásobník nazývá akumulční taktovací nádobou, protože hlavní funkcí není akumulace energie, ale snížení počtu startů. Dále je výhodná instalace zásobníku pro překlenutí vysokého tarifu elektrické energie v době odběrových špiček.

V případě tepelných čerpadel vzduch-voda je opodstatněná instalace akumulčního zásobníku z důvodu odmrazování výparníku. Při zpětném chodu čerpadla totiž nedochází ke snížení tepelné pohody, protože je otopná voda odebírána z akumulčního zásobníku, ne z otopného systému v objektu. Akumulční zásobník také slouží jako hydraulické rozdělení systému. Umožňuje tedy požadovaný průtok přes kondenzační výměník tepelného čerpadla bez nutnosti velkého průtoku celým otopným systémem objektu. [16]

Teplota topné vody je v zásobníku udržována na nižších hodnotách, aby tepelné čerpadlo pracovalo s vyšší účinností. Při nízkých venkovních teplotách klesá výkon čerpadla, a proto je nutné ho doplnit o druhý (bivalentní) zdroj tepla. Tím může být například v zásobníku nainstalované topné těleso (viz kapitola I.B.3.c) napájeno z elektrické sítě (viz obrázek 11).



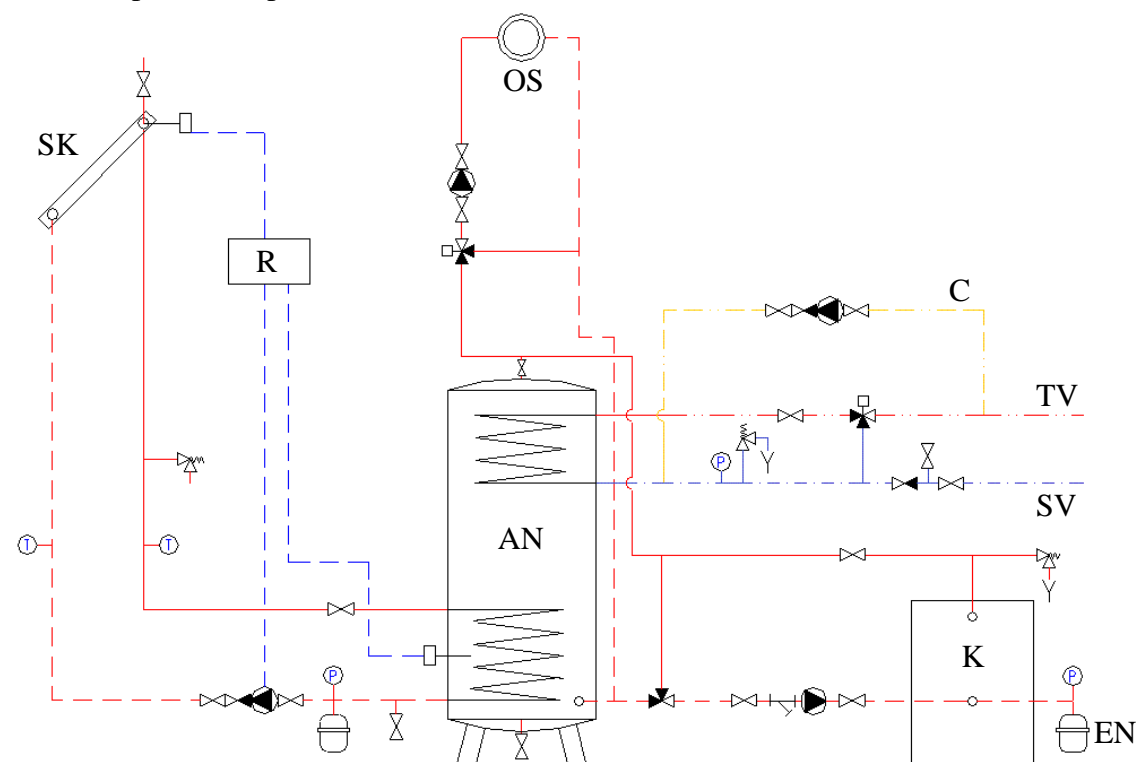
Obrázek 11: Schéma zapojení akumulčního zásobníku s tepelným čerpadlem (AN – akumulční nádob, EN – expanzní nádob, OS – otopná soustava, TČ – tepelné čerpadlo, TT – topné těleso) [17]

I.B.5.c Solární kolektor jako zdroj tepelné energie pro akumulční zásobníky

Vzhledem k nerovnoměrnosti slunečního záření jsou do solárních soustav instalovány akumulční zásobníky, které uchovávají tepelnou energii z doby slunečního svitu na dobu bez slunečního svitu. Topná voda procházející slunečními fototermickými kolektory může být přímo zaústěna do akumulčního zásobníku. Tento způsob je však možné uplatit pouze při sezónním provozu solárního systému, jelikož v zimě hrozí zamrznutí topné vody v systému. Častější je proto případ, kdy je teplo ze sluneční energie předáváno do otopné vody nepřímo

prostřednictvím výměníku umístěného v akumulčním zásobníku (viz kapitola I.B.4.b). Jelikož teplota topné vody v solární soustavě nedosahuje vysokých hodnot, bývá zaústěna do výměníku tepla umístěného ve spodní části akumulčního zásobníku (viz obrázek 12). Plocha tohoto solárního výměníku musí být větší než plocha výměníku tepla v případě ústředního vytápění, aby byl umožněn dobrý přestup tepla. Z tohoto důvodu se používají akumulční zásobníky se speciálními výměníky přímo pro solární soustavy.

V solárních soustavách jsou hojně využívány akumulční zásobníky s řízenou stratifikací (viz kapitola I.B.4.a). Díky nim je zaručena nízká teplota vratné vody, a tedy vysoká účinnost systému. Podmínkou je velmi nízká rychlost proudění v přiváděcím potrubí. Na vzestupu jsou aktuálně akumulční zásobníky obsahující PCM, což jsou látky využívající fázové změny k akumulaci tepla (viz kapitola I.A.3.b).



Obrázek 12: Schéma zapojení akumulčního zásobníku se solárním kolektorem (AN – akumulční nádoba, C – cirkulace, EN – expanzní nádoba, K – kotel, OS – otopná soustava, R – regulátor, SK – solární kolektor, SV – studená voda, TV – teplá voda) [18]

I.C Shrnutí

Akumulace tepla je jeden ze způsobů, jak snižovat energetickou náročnost budov. Její využití roste společně s trendem vytápění pomocí obnovitelných zdrojů energie. Proto mezi typické zdroje tepelné energie pro akumulaci v otopných soustavách patří kotle na biomasu, tepelná čerpadla a solární kolektor. Teplo lze ukládat v době jeho přebytku na dobu jeho nedostatku do stavebních konstrukcí nebo do akumulčních zásobníků. Akumulční zásobníky mohou být z různých materiálů, s rozličným příslušenstvím a v odlišném konstrukčním provedení. Stratifikační zásobníky se využívají nejčastěji pro solární soustavy. Akumulční zásobníky pro přípravu teplé vody obsahují spirálový výměník nebo vnořený zásobník. V případě více zdrojů tepla se uplatní zásobníky obsahující několik výměníků nebo vestavbu.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

II. APLIKACE TÉMATU NA ZADANÉ BUDOVĚ

APPLICATION OF THE TOPIC ON THE SPECIFIED BUILDING

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Karolína Železná

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MARCELA POČINKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2021

II.A Návrh vytápění přístavby (varianta A)

II.A.1 Analýza objektu

Stavební úprava objektu řeší přístavbu penzionu a restaurace, která se nachází v obci Modřice okresu Brno-venkov v Jihomoravském kraji na rovinném pozemku v zastavěné části obce ve výšce 204,5 m n.m. Venkovní výpočtová teplota pro tuto oblast je -12 °C.

Přístavba o třech nadzemních podlažích bude mít přibližné půdorysné rozměry 15,5×17,5 m. Vnější plášť bude vyžděný z keramických tvárníc tloušťky 250 mm a zateplený tepelnou izolací tloušťky 150 mm. Podlaha na zemině bude opatřena tepelnou izolací tloušťky 100 a 80 mm. Výplně otvorů budou plastové, okna budou s izolačním dvojsklem. Zastřešení bude realizováno plochou vegetační střechou s tepelnou izolací tloušťky 140 mm ve dvou vrstvách. Užitná plocha bude 417,9 m², obestavěný prostor 1444,8 m³.

Tato přístavba navýší kapacitu stávajícího objektu o 5 krytých parkovacích stání a nabídne možnost ubytování a stravování pro 16 osob v celkem 8 pokojích.

II.A.2 Vzduchotechnická zařízení

V přístavbě bude kombinované přirozené a nucené větrání dle účelu místnosti.

Garáž bude větrána podtlakem pomocí ventilátoru, který sepne každou hodinu nebo při překročení hraniční hodnoty 50 ppm oxidu uhelnatého. Požadovaná výměna vzduchu vypočtená dle ČSN 73 6058 má hodnotu 182 m³/h.

Pro jídelnu bude navržena malá podstropní vzduchotechnická jednotka, která bude umístěna v místnosti č. 101 (garáž). Vzduchotechnické potrubí kruhového průřezu z pozinkované oceli bude tepelně izolováno a vedeno v prostorech garáže, zaústěno do prostoru jídelny talířovými ventily. Vzduchotechnická jednotka kromě prvků pro její správnou funkčnost bude obsahovat také entalpický výměník pro zpětné získávání tepla a elektrický ohřivač, který sepne při poklesu teploty v exteriéru pod -8 °C. Vzduchotechnika bude zajišťovat požadovanou výměnu vzduchu 425 m³/h pro 17 osob v jídelně.

Pokoje pro hosty budou větrány přirozeně. Koupelny navazující na tyto pokoje budou větrány podtlakem pomocí ventilátorů odvádějících znehodnocený vzduch do exteriéru.

II.A.3 Zdravotně technické instalace

Vnitřní vodovod nové přístavby bude napojen na stávající vodovod ve vodoměrné šachtě. Stávající vodovodní přípojka včetně vodoměru je kapacitně vyhovující. Z vodoměrné šachty bude v nezámrazné hloubce vedeno potrubí PE, které bude vyústěno v místnosti č. 103 (technická místnost), kde bude osazen hlavní uzávěr vody a podružná vodoměrná sestava. Potrubí vnitřního vodovodu bude z materiálu PP-RCT a bude jím vedena pitná voda studená, teplá a cirkulace. K jednotlivým odběrným místům bude potrubí vedeno zavěšené v podhledu, v předstěnovém systému nebo v drážkách ve zdivu. Veškeré rozvody budou opatřeny návlekovou tepelnou izolací dle vyhl. č. 193/2007 Sb. Příprava teplé vody bude probíhat v nepřímotopném zásobníkovém ohřivači umístěném v místnosti č. 103 (technická místnost).

Vnitřní splašková kanalizace bude na stávající kanalizaci napojena svodným potrubím umístěným v podhledu prvního nadzemního podlaží. Připojovací a odpadní potrubí z materiálu HT PP bude vedeno v instalačních předstěnách, podhledech, případně v drážkách ve zdech. Nejvzdálenější odpadní potrubí bude vyvedeno nad úroveň střechy pro zajištění odvětrání. Dešťová voda z části stávajících šikmých střech a z nové ploché střechy bude svedena do nové podzemní akumulární nádrže a primárně využívána k závlaze zelených ploch.

Vnitřní nízkotlaký plynovod bude napojen na stávající rozvod v budově. Potrubí bude měděné. Plyn bude podhledem přiveden k nově instalovanému plynovému kondenzačnímu kotli umístěnému v m. č. 103 (technická místnost).

II.A.4 Posouzení součinitele prostupu tepla konstrukcemi

Součinitel prostupu tepla a tepelný odpor jsou základními veličinami pro stanovení tepelných ztrát konstrukcí. Součinitel prostupu tepla U [$W/(m^2.K)$] vyjadřuje množství tepla, které unikne konstrukcí o ploše $1 m^2$ při rozdílu teplot $1 K$ před a za konstrukcí. Tepelný odpor R [$m^2.K/W$] vyjadřuje, jakou plochou konstrukce a při jakém teplotním rozdílu dojde na jejich površích k přenosu $1 W$, tedy k přenosu energie o velikosti $1 J$ za $1 s$.

Dle ČSN 73 0540-2 – Tepelná ochrana budov je z hlediska šíření tepla nutné, aby konstrukce splňovaly požadované normové hodnoty součinitele prostupu tepla dle přílohy P1 této normy.

Podmínka pro konstrukce pasivní budovy:

$$U_k \leq U_{pas,20}$$

U_k ...výpočtový součinitel prostupu tepla konstrukce [$W/(m^2.K)$]

$U_{pas,20}$...normový součinitel prostupu tepla konstrukce pro pasivní budovy [$W/(m^2.K)$]

Tepelný odpor stavební konstrukce:

$$R = \sum R_i = \sum \frac{d_i}{\lambda_i} \quad [m^2.K/W]$$

d_i ...tloušťka i -té vrstvy konstrukce [m]

λ_i ...součinitel tepelné vodivosti materiálu i -té konstrukce [$W/(m.K)$]

Celkový součinitel prostupu tepla:

$$U_k = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} + \Delta U_{tbk} \quad [W/(m^2.K)]$$

R_{si} ...tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce [$m^2.K/W$]

R_{se} ...tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce [$m^2.K/W$]

ΔU_{tbk} ...přirážky na vliv tepelných vazeb [$W/m^2.K$]

Výpočet součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí viz dole.

Obvodová stěna zateplená – SO1

$$U_{SO1} = 0,17 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) < U_{pas,20} = 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Vnitřní stěna nosná – SN1 (garáž)

$$U_{SN1} = 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) < U_{pas,20} = 0,38 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Vnitřní stávající stěna nosná – SN2

$$U_{SN2} = 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) < U_{pas,20} = 1,60 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Vnitřní stěna nosná – SN3 (pokoj – pokoj)

$$U_{SN3} = 1,14 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) < U_{pas,20} = 1,60 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Vnitřní stěna nenosná – SN5 (koupelna – pokoj)

$$U_{SN5} = 0,44 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) < U_{pas,20} = 1,60 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Podlaha na zemině – PDL1 (jídlna)

$$U_{PDL1} = 0,21 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) < U_{pas,20} = 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Podlaha na zemině – PDL2 (garáž)

$$U_{PDL2} = 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) < U_{pas,20} = 0,45 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Strop 2.NP – PDL3 (garáž – pokoj)

$$U_{PDL3} = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) < U_{pas,20} = 0,38 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Strop 2.NP – PDL4 (garáž – koupelna)

$$U_{PDL4} = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) < U_{pas,20} = 0,38 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Strop 3.NP – PDL5

$$U_{PDL5} = 0,66 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) < U_{pas,20} = 1,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Střecha 1.NP nad garáží – SCH1 (garáž)

$$U_{SCH1} = 0,14 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) < U_{pas,20} = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Střecha 1.NP terasa – SCH2 (jídlna)

$$U_{SCH2} = 0,14 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) < U_{pas,20} = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Střecha 3.NP – SCH3

$$U_{SCH3} = 0,14 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) < U_{pas,20} = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Střecha 1.NP – SCH4 (jídlna)

$$U_{SCH4} = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) < U_{pas,20} = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Dveře vnitřní – DN

$$U_{DN} = 1,50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) < U_{pas,20} = 1,70 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Dveře z garáže – DX (garáž)

$$U_{DX} = 1,50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) < U_{pas,20} = 1,70 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Dveře ochlazované – DO (pokoj)

$$U_{DO} = 0,90 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) < U_{pas,20} = 0,90 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Plastová okna s dvojsklem – OD

$$U_{OD} = 0,80 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) < U_{pas,20} = 0,80 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Plastová okna střešní – OA (jídlna)

$$U_{OA} = 0,90 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) < U_{pas,20} = 0,90 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Plastová stávající okna s dvojsklem – OJ (garáž)

$$U_{OJ} = 1,50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) < U_{pas,20} = 1,70 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

II.A.5 Přesný výpočet tepelné ztráty přístavby

Přesný výpočet tepelných ztrát a návrh vnitřních výpočtových teplot místností přístavby byl proveden dle normy ČSN EN 12 831-1 – Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu – Část 1: Tepelný výkon pro vytápění. Pro výpočet se uvažuje výpočtová venkovní teplota -12 °C oblasti Brno a vnitřní výpočtové teploty pro obytné budovy občasně užívané dle normy ČSN EN 12 831. Výpočet byl proveden pomocí programu Tepelný výkon společnosti PROTECH spol. s r.o.

Tepelné ztráty se počítají pro každou místnost zvlášť a jejich součet tvoří celkovou přesnou tepelnou ztrátu celého objektu. Výpočet slouží pro návrh otopných ploch v jednotlivých místnostech a pro návrh zdroje tepla.

Celková tepelná ztráta

$$\Phi_{HL} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} \text{ [W]}$$

$\Phi_{T,i}$...tepelná ztráta prostupem tepla [W]

$\Phi_{V,i}$...tepelná ztráta větráním [W]

Tepelná ztráta prostupem

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,ig}) \cdot (t_{i,i} - t_e) \text{ [W]}$$

$t_{i,i}$...teplota ve vytápěném prostoru [°C]

$t_e = -12 \text{ °C}$...venkovní výpočtová teplota [°C]

Měrný tepelný tok prostupem přímo do venkovního prostředí:

$$H_{T,ie} = \sum (A_k \cdot (U + \Delta U_{tbk}) \cdot f_{U,k} \cdot f_{ie,k}) \text{ [W/K]}$$

$f_{U,k} = 1$...opravný činitel exponování a povětrnostních vlivů

$f_{ie,k} = 1$...teplotní opravný činitel, pro místností s výškou do 4 m je roven 1

ΔU_{tbk} ...korekční součinitel prostupu tepla pro vliv tepelných mostů

Měrný tepelný tok prostupem do/z vytápěného prostoru do sousedního vytápěného prostoru nebo nevytápěného prostoru nebo přes něj:

$$H_{T,ia} = \sum (A_k \cdot U_k \cdot (f_1 + f_2)) \quad [W/K]$$

$$f_1 = \frac{(t_{i,i} - t_x)}{(t_{i,i} - t_e)} \quad \dots \text{teplotní opravný činitel zahrnující rozdíl mezi teplotami prostředí}$$

$$f_2 = \frac{(t_{int,i} - t_{i,i})}{(t_{i,i} - t_e)} \quad \dots \text{teplotní opravný činitel zahrnující rozdíl mezi vnitřní a průměrnou povrchovou teplotou stavební části, pro místnosti výšky do 4 m je roven 1}$$

$$t_x \quad \dots \text{teplota přilehlého prostoru [°C]}$$

Měrná tepelná ztráta do zeminy:

$$H_{T,ig} = f_{ann} \sum (A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{ig,k} \cdot f_{GW,k}) \quad [W/K]$$

$$f_{g1} = 1,45 \quad \dots \text{opravný součinitel uvažující vliv změny průběhu venkovní teploty}$$

$$f_{ig,k} = \frac{(t_{i,i} - t_{m,e})}{(t_{i,i} - t_e)} \quad \dots \text{opravný teplotní součinitel}$$

$$t_{m,e} \quad \dots \text{průměrná teplota zeminy v otopném období [K]}$$

$$f_{GW,k} = 1 \quad \dots \text{opravný součinitel na vliv spodní vody}$$

$$U_{equiv,k} \quad \dots \text{ekvivalentní součinitel prostupu tepla konstrukce, která je v kontaktu se zeminou [W/(m².K)]}$$

Tepelná ztráta větráním

$$\Phi_{V,i} = \rho \cdot c \cdot \left(\max\{q_{v,env,i} + q_{v,open,i}; f_{i-z} \cdot q_{v,min,i} - q_{v,tech,i}\} \cdot (t_{i,i} - t_e) + q_{v,sup,i} \cdot (t_{i,i} - t_{rec,z}) + q_{v,transfer,i} \cdot (t_{i,i} - t_{transfer,ij}) \right) \quad [W]$$

$$q_{v,env,i} \quad \dots \text{objemový průtok venkovního vzduchu skrze obálku budovy [m³/h]}$$

$$q_{v,open,i} \quad \dots \text{objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný velkými otvory v obálce budovy [m³/h]}$$

$$q_{v,min,i} \quad \dots \text{minimální objemový průtok vzduchu, stanovený dle } n_{min} \text{ [m³/h]}$$

$$q_{v,tech,i} \quad \dots \text{objemový průtok vzduchu přiváděný pro technické systémy [m³/h]}$$

$$q_{v,sup,i} \quad \dots \text{objemový průtok vzduchu přiváděný vzduchotechnickými zařízeními}$$

$$q_{v,transfer,i} \quad \dots \text{objemový průtok vzduchu přestupující ze sousední místnosti [m³/h]}$$

$$t_{rec,z} \quad \dots \text{teplota vzduchu přiváděného do zóny po ZZT [°C]}$$

$$t_{transfer,ij} \quad \dots \text{teplota vzduchu sousední místnosti [°C]}$$

Celková tepelná ztráta objektu

$$\Phi_{HL} = \sum \Phi_{T,i} + \sum \Phi_{V,i} + \sum \Phi_{RH,i} \quad [W]$$

$$\Phi_{RH,i} \quad \dots \text{součet přidavných výkonů pro prostory s přerušovaným vytápěním}$$

Tabulka 3: Tepelné ztráty jednotlivých místností (varianta A)

Číslo místnosti	t_i [°C]	n_{min} [h ⁻¹]	V_m [m ³]	Φ_V [W]	Φ_T [W]	Φ_{HL} [W]
101	5	0,5	425,6	1559	-531	1028
102	20	1,0	197,3	556	1498	2054
103	7,5	0,5	25,5	82	-29	53
201	20	0,5	45,7	249	233	482
202	24	1,5	10,8	22	131	153
203	20	0,5	45,7	249	220	468
204	24	1,5	10,3	20	119	139
205	20	0,5	45,7	249	220	468
206	24	1,5	10,3	20	117	137
207	20	0,5	53,2	289	353	642
208	24	1,5	12,2	24	160	185
301	20	0,5	45,7	249	324	573
302	24	1,5	10,8	22	158	180
303	20	0,5	45,7	249	236	485
304	24	1,5	10,3	20	120	141
305	20	0,5	45,7	249	236	485
306	24	1,5	10,7	22	119	141
307	20	0,5	53,2	289	373	663
308	24	1,5	12,2	24	162	187
Celkem			1091,4	4361	4250	8611

Přesný výpočet tepelných ztrát místností přístavby viz dole.

Celkový návrhový tepelný výkon pro vytápění varianty A

$$Q_{VYT,A} = \Phi_{HL,přístavba} = \sum \Phi_{T,i} + \sum \Phi_{V,i} + \sum \Phi_{RH,i} = 8611 \text{ W} = \mathbf{8,61 \text{ kW}}$$

II.A.6 Stanovení potřeby teplé vody a tepla pro přípravu teplé vody

V přístavbě je pro výpočet velikosti zásobníku uvažována přednostní příprava teplé vody před vytápěním. Ta bude probíhat několikrát denně po dobu 55 minut. Teplotní spád otopné vody pro přípravu teplé vody o teplotě 55 °C je uvažován 70/50 °C. Tepelné ztráty v nově instalovaném systému budou během provozu přibližně 30 % v důsledku cirkulace.

Návrh je proveden dle ČSN 06 0320 – Tepelné soustavy v budovách – Příprava teplé vody – Navrhování a projektování a ČSN EN 12831-3 – Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu – Část 3: Tepelný výkon pro soustavy přípravy teplé vody a charakteristika potřeb.

Vstupní údaje:

$n_o = 16$...počet osob dočasně ubytovaných
 $S_p = 260 \text{ m}^2$...podlahová plocha pro úklid

Denní potřeba teplé vody pro 16 osob, 16 ks nádobí, úklid 260 m^2 podlahové plochy:

$$V_o = V_{o,i} \cdot n_o = 0,06 \cdot 16 = 0,96 \text{ m}^3/\text{den}$$

$$V_u = V_{u,p} \cdot S_p = 0,02 \cdot (260/100) = 0,052 \text{ m}^3/\text{den}$$

Celková denní potřeba teplé vody:

$$V_p = V_o + V_u = 0,96 + 0,052 = 1,01 \text{ m}^3/\text{den}$$

Teplu odebrané, ztracené a celkové:

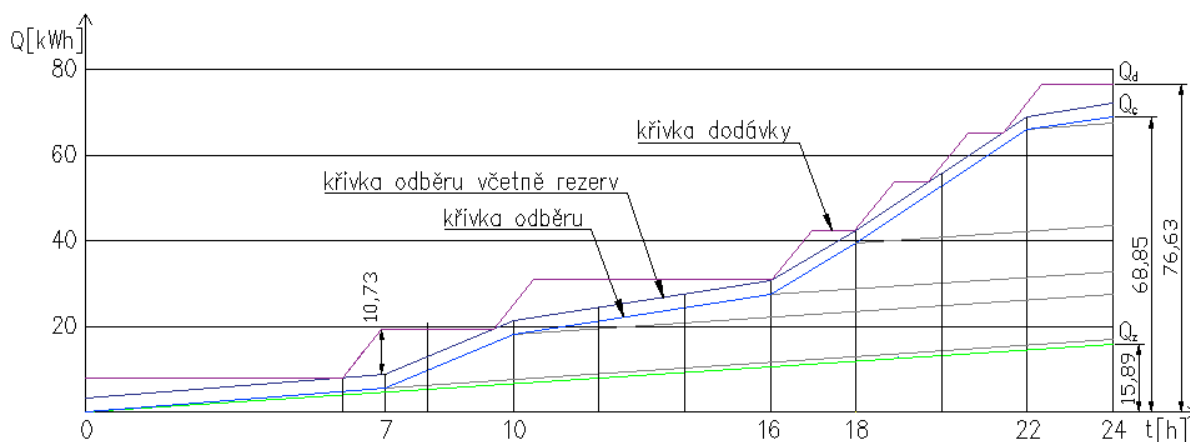
$$Q_p = 1,163 \cdot V_p \cdot \Delta t = 1,163 \cdot 1,01 \cdot (55 - 10) = 52,96 \text{ kW}$$

$$Q_z = Q_t \cdot z = 52,96 \cdot 0,3 = 15,89 \text{ kW}$$

$$Q_{c,A} = Q_t + Q_z = 52,96 + 15,89 = 68,85 \text{ kW}$$

Tabulka 4: Rozdělení odběru tepla během dne v přístavbě (varianta A)

Čas odběru [h]	0-7	7-10	10-16	16-18	18-22	22-24
Délka odběru [h]	7	3	6	2	4	2
Podíl odběru [%]	2	20	10	20	45	3
Teplo odebrané [kWh]	1,06	10,59	5,3	10,59	23,83	1,59
Teplo celkem [kWh]	1,38	13,77	6,89	13,77	30,98	2,07



Obrázek 13: Křivka dodávky a odběru tepla přístavby (varianta A)

II.A.7 Návrh zásobníku teplé vody

Pro výpočet zásobníku (Z) teplé vody použijeme hodnoty odečtené z grafu (viz obrázek 13).

Vstupní údaje:

$$\Delta Q_{\max} = 10,73 \text{ kW} \quad \dots \text{maximální rozdíl tepla mezi křivkou dodávky a odběru}$$

$$Q_d = 76,63 \text{ kW} \quad \dots \text{celková dodávka tepla}$$

Velikost zásobníku:

$$V_z = \frac{\Delta Q_{\max}}{1,163 \cdot (t_2 - t_1)} = \frac{10,73}{1,163 \cdot (55 - 10)} = 0,21 \text{ m}^3$$

Jmenovitý výkon:

$$Q_{TV,A} = \frac{Q_d}{\tau} = \frac{76,63}{6} = 12,77 \text{ kW}$$

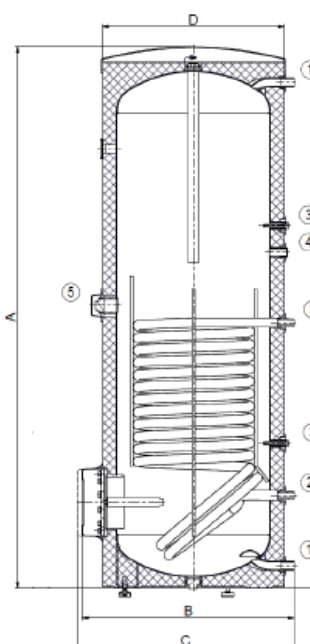
Potřebná teplosměnná plocha zásobníku:

$$\Delta t = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{(T_1 - t_2)}{(T_2 - t_1)}} = \frac{(70 - 55) - (50 - 10)}{\ln \frac{(70 - 55)}{(50 - 10)}} = 25,49 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$A_z = \frac{Q_n \cdot 10^3}{U \cdot \Delta t} = \frac{12,77 \cdot 10^3}{420 \cdot 25,49} = 1,19 \text{ m}^2$$

Volím nepřímotopný stacionární zásobníkový ohřivač **OKC 300 NTR/BP o objemu 296 l** od firmy Družstevní závod Dražice – strojírna s.r.o. Zásobník bude opatřen tepelnou izolací.

MODEL		OKC 300 NTR/BP	OKC 300 NTRR/BP	OKC 400 NTR/BP
OBJEM	l	296	285	373
HMOTNOST BEZ VODY	kg	108	126	139
MAXIMÁLNÍ PROVOZNÍ PŘETLAK V NÁDOBĚ	bar		10	
MAXIMÁLNÍ PROVOZNÍ PŘETLAK VE VÝMĚNÍKU	bar		10	
MAX. TEPLOTA TOPNÉ VODY	°C		110	
MAX. PROVOZNÍ TEPLOTA V NÁDOBĚ	°C		80	
VÝHŘEVNÁ PLOCHA HORNÍHO VÝMĚNÍKU	m ²	-	1	-
VÝHŘEVNÁ PLOCHA SPODNÍHO VÝMĚNÍKU	m ²	1,5	1,5	2
VÝKON HORNÍHO / SPODNÍHO VÝMĚNÍKU PŘI TEPLOTĚ TOPNÉ VODY 80 °C A PRŮTOKU 720 l/h *	kW	- /35	24/35	- /58
TRVALÝ VÝKON TEPLÉ VODY ¹ HORNÍHO / SPODNÍHO VÝMĚNÍKU	l/h	- /1100	670/1100	- /1423
DOBA OHŘEVU HORNÍM / SPODNÍM VÝMĚNÍKEM Z 10 °C NA 60 °C	min	- /30	16/24	- /22
TŘÍDA ENERGETICKÉ ÚČINNOSTI		C	C	C
STATICKÁ ZTRÁTA	W	83	83	99



OKC 400 NTR/BP	
A	1920
B	750
C	810
D	650
①	1" vnější
②	3/4" vnější
③	1/2" vnitřní
④	3/4" vnitřní
⑤	6/4" vnitřní

Obrázek 14: Zásobník OKC 300 NTR/BP [9]

II.A.8 Návrh zdroje tepla

Zdrojem tepla přístavby bude plynový kondenzační kotel (KK). Jedná se o zdroj energie s vysokou účinností, která je zajištěna díky efektivnímu spalovacímu procesu tím, že je dosaženo co nižší teploty spalin odcházejících do komína, takže je využito co nejvyšší teploty pro samotné vytápění.

Potřeba tepla pro vytápění je určena na základě tepelné ztráty budovy (viz kapitola II.A.5) při venkovní návrhové teplotě -12 °C. Výpočet je proveden dle ČSN EN 12 831-1 – Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu. Návrhový tepelný výkon pro vytápění celé přístavby je 8,61 kW.

Vzduchotechnická jednotka má elektrický ohřivač (viz kapitola II.A.2) a proto potřebný výkon VZT se do potřebného výkonu zdroje tepla nezapočítává.

Potřeba tepla pro přednostní přípravu teplé vody vychází z návrhu zásobníku teplé vody (viz kapitola II.A.7), kterému je pro ohřev vody z 10 °C na 55 °C během 6 hodin zapotřebí dodávat 12,77 kW.

Požadovaný výkon zdroje pro objekt s přednostní přípravou teplé vody:

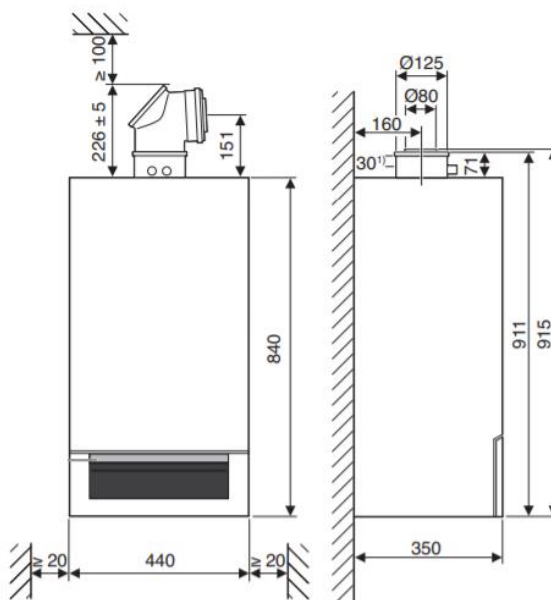
$$Q_{KK} = \max\{Q_{VYT,A}; Q_{TV,A}\} = \max\{8,61; 12,77\} = 12,77 \text{ kW}$$

Zdrojem tepla bude nástěnný plynový kondenzační kotel **Logamax plus GB172-14** společnosti Buderus o výkonu **2,9–14,2 kW** a účinnosti až 105,5 %. Kotel obsahuje vlastní modulační oběhové čerpadlo, pojistný ventil 3,0 bar, trojcestný ventil, expanzní membránovou nádobu o objemu 12 l, automatické odvzdušnění a tlakoměr.

Odvod spalin bude zajištěn **koncentrickým odkouřením DN 80/125** z materiálu **PPH**, který je dodávám společností Buderus jako příslušenství kotle. Navržené odkouření bude mít spodní revizní otvor umístěn v technické místnosti na svislé části spalinového vedení přímo nad odklonem spalin, dále bude vedeno a kotveno svisle vzhůru v délce 4,5 m a bude zakončeno nad úrovní střechy vyústěním s přísáváním.

Kondenzát z kotle a spalinové cesty bude sveden do podlahové vpusti.

Logamax plus	Jednotka	GB172-14
Výkon		
Max. výkon vytápění (P _{max}) 40/30 °C	kW	14,2
Max. výkon vytápění (P _{max}) 50/30 °C	kW	14,0
Max. výkon vytápění (P _{max}) 80/60 °C	kW	13,0
Max. příkon (Q̇ _{max}) vytápění	kW	13,3
Min. výkon vytápění (P _{min}) 40/30 °C	kW	3,3
Min. výkon vytápění (P _{min}) 50/30 °C	kW	3,2
Min. výkon vytápění (P _{min}) 80/60 °C	kW	2,9
Min. příkon (Q̇ _{min}) vytápění	kW	3,0
Účinnost max. výkon 80/60 °C	%	97,5
Účinnost max. výkon 50/30 °C	%	105,5
Normovaný stupeň využití 75/60 °C	%	105
Normovaný stupeň využití 40/30 °C	%	109
Pohotovostní tepelná ztráta (vč. elektrických ztrát)	%	0,63
Hodnoty pro plynovou přípojku		
Zemní plyn LL (H _{i(15)} °C = 8,1 kWh/m ³)	m ³ /h	0,37–1,77
Zemní plyn E (H _{i(15)} °C = 9,5 kWh/m ³)	m ³ /h	0,32–1,52
Zkapalněný plyn (H _i = 12,9 kWh/kg)		
Propan	kg/h	0,35–1,09
Butan	kg/h	0,41–1,25
Připojovací tlak plynu		
Zemní plyn LL a zemní plyn E	mbar	17–25
Zkapalněný plyn	mbar	42,5–57,5
Membránová expanzní nádoba		
Přetlak	bar	0,75
Celkový obsah	l	12
Kondenzát		
Max. množství kondenzátu (T _R = 30 °C)	l/h	1,4
Hodnota pH cca	–	4,8
Všeobecně		
Elektrické napětí	V AC	230
Frekvence	Hz	50
Max. příkon (provoz vytápění)	W	65
Příkon při min. výkonu	W	21
Hladina akustického tlaku	dB(A)	≤ 36
Třída ochrany	IP	X4D
Max. teplota na výstupu	°C	82
Max. povolený provozní tlak (P _{MS}) vytápění	bar	3
Povolená teplota okolí	°C	0–50
Objem vody (vytápění)	l	7,0
Hmotnost (bez obalu)	kg	43
Rozměry Š × V × H	mm	440 × 840 × 350



Obrázek 15: Kondenzační kotel Logamax plus GB172-14 [19]

II.A.9 Návrh akumulční nádoby

Do systému bude nainstalována akumulční nádoba (AN) bez přípravy teplé vody pro zajištění dodávky potřebného tepla pro vytápění během přednostní přípravy teplé vody, která bude probíhat po dobu 55 minut. Nejkratší uvažovaná přestávka v dodávce tepla pro přípravu teplé vody, a tedy dobití AN, je 50 minut.

Výpočet doby vybití AN je proveden pro tepelné ztráty přístavby při výpočtové venkovní teplotě -12 °C.

Množství tepla uloženého v AN při uvažovaném rozdílu teplot vody dodávané a odebírané:

$$Q_{AN,A} = 1,163 \cdot V_{AN,A} \cdot (t_{p,KK} - t_{p,VYT}) = 1,163 \cdot 772 \cdot (70 - 60) = 8978 \text{ Wh}$$

Doba vybití vytápěním při venkovní teplotě -12 °C:

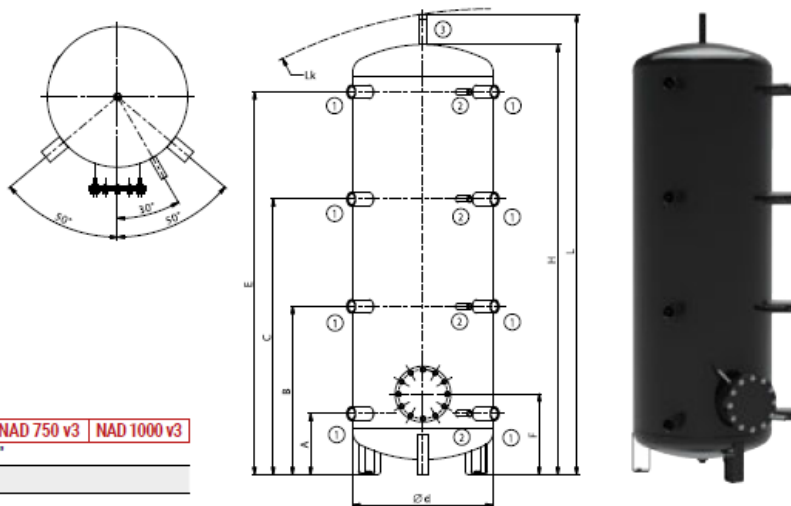
$$\tau_{\text{vybití}} = \frac{Q_{\text{AN,A}}}{Q_{\text{VYT,A}}} = \frac{8978}{8611} = 1,04 \text{ h} = 63 \text{ min}$$

Potřebný výkon zdroje tepla pro dobytí AN, která 55 min pouze vybijela a 50 min nabíjí a zároveň vybijí (viz obrázek 13), je uvažovaného zbytkové teplo v AN:

$$Q_{\text{KK,požad}} = \frac{55}{60} \cdot Q_{\text{VYT,A}} + \frac{50}{60} \cdot Q_{\text{VYT,A}} - \frac{(63 - 55)}{60} \cdot Q_{\text{AN,A}}$$

$$= \frac{55}{60} \cdot 8611 + \frac{50}{60} \cdot 8611 - \frac{(63 - 55)}{60} \cdot 8978 = 13872 \text{ W} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Navrhuji akumulační nádoba **NAD 750 v3** o objemu **772 l** bez přípravy teplé vody od firmy Družstevní závod Dražice – strojírna s.r.o., která pokryje potřebu tepla pro vytápění při venkovní teplotě -12 °C po dobu 63 minut, během které bude probíhat přednostní příprava teplé vody v zásobníku. Akumulační nádoba bude opatřena tepelnou izolací.



Rozměry hrdel	NAD 300 v3	NAD 500 v3	NAD 750 v3	NAD 1000 v3
Hrdlo 1 – vnitřní závit		1 ½"		
Hrdlo 2 – vnitřní závit		½"		
Hrdlo 3 – vnější závit		1"		

Technické parametry		NAD 300 v3	NAD 500 v3	NAD 750 v3	NAD 1000 v3
Objednací číslo		121080387	121380387	121680387	121580387
Celkový objem nádrže	[l]	320	475	772	999
Hmotnost (Netto)	[kg]	60	87	110	126
Max. provozní teplota / přetlak v nádobě	[°C] / [bar]	90 / 3			
Tloušťka izolace (Neodul LB PP)	[mm]	80			
Tepelná vodivost izolace (Neodul LB PP)	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	0,032			
Objednací číslo izolace (Neodul LB PP)		6231900	6231912	6231906	6231910
Max. počet x výkon TPK 210-12	[ks] x [kW]	-	-	1 x 12	-
Max. počet x výkon TJ 6/4"	[ks] x [kW]	1 x 3,3+3x9	2x 3,3+4x9	2x 3,75+4x9	2x6+4x9
Energetická třída (Neodul LB PP)		C			
Statická ztráta (Neodul LB PP)	[W]	80	83	122	135

Rozměry nádrží		NAD 300 v3	NAD 500 v3	NAD 750 v3	NAD 1000 v3
Průměr nádrže	∅ d	550	600	750	850
Celková výška nádrže	L	1610	1970	2028	2040
Klopná výška	L _k	1620	1990	2050	2060
Výška nádrže	H	1480	1847	1903	1916
Hrdlo Z/T okruhů a jímek pro čidlo	A	245	270	282	297
Hrdlo Z/T okruhů a jímek pro čidlo	B	760	728	739	755
Hrdlo Z/T okruhů a jímek pro čidlo	C	1275	1186	1197	1213
Hrdlo Z/T okruhů a jímek pro čidlo	E	-	1644	1656	1671
Hrdlo příruby	F	-	353	366	381

Obrázek 16: Akumulační nádoba NAD 750 v3 [9]

II.A.10 Návrh potrubí

Materiálem potrubí celého otopného systému bude **měď**. Potrubí bude vedeno pod stropem, ve drážce ve zdi nebo uloženo v tepelné izolaci podlahy nad železobetonovou deskou.

Potrubní rozvody budou obsahovat několik rovných dlouhých úseků. U nich je nutno řešit kompenzaci délkové změny jejich trasováním, L kompenzátorem nebo v případě rovného úseku v m. č. 101 (garáž) pomocí U kompenzátoru. K zajištění dovolených posunů potrubí budou na trase umístěny kluzné (KB) a pevné body (PB). Ve volné délce L_p se však nesmí nacházet žádné upevnění omezující pohyb v libovolném směru.

Délková změna potrubí:

$$\Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta t \quad [\text{mm}]$$

l_0 ...délka trubky při montážní teplotě [m]

α ...součinitel délkové roztažnosti [mm/(m.K)]

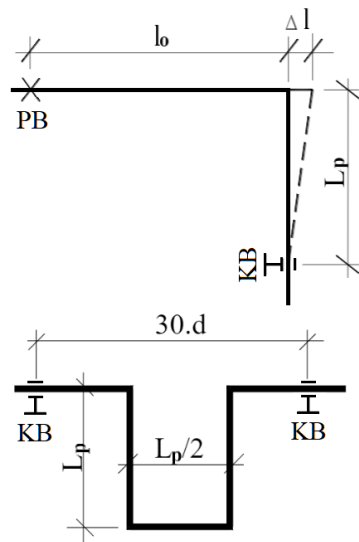
Δt ...rozdíl mezi teplotou montážní a provozní [K]

Volná délka pružného ramene:

$$L_p = C \cdot \sqrt{d \cdot \Delta l} \quad [\text{mm}]$$

C ...materiálová konstanta [-]

d ...průměr potrubí [mm]



Obrázek 17: Rozměry kompenzátorů

Tabulka 5: Délková roztažnost potrubí a rozměry volné délky kompenzátoru (varianta A)

Umístění	Materiál	d [mm]	l_0 [m]	α [mm/(m.K)]	C [-]	Δl [mm]	L_p [mm]
m. č. 101 (garáž)	Měď	22	8,7	0,017	61	7	738
m. č. 102	Měď	18	8,9	0,017	61	7	675
m. č. 201	Měď	15	5,0	0,017	61	4	462
m. č. 201+203	Měď	18	6,0	0,017	61	5	554
m. č. 203+205+207	Měď	15	6,3	0,017	61	5	519
m. č. 301	Měď	18	5,0	0,017	61	4	506
m. č. 301 až 307	Měď	18	8,1	0,017	61	6	644
m. č. 307	Měď	15	4,0	0,017	61	3	413
m. č. 304+305	Měď	15	4,9	0,017	61	4	457

II.A.11 Návrh tepelné izolace potrubí

Užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu řeší vyhlášky č. 193/2007 Sb., podle které je nutno všechny vnitřní rozvody nesloužící k vytápění opatřit tepelnou izolací. Vyhláška definuje určující součinitel prostupu tepla vnitřních rozvodů $U_{o,193/2007}$ dle průměru potrubí, který musí být větší než součinitel prostupu tepla daného izolovaného potrubí U_o . Požadovaný součinitel tepelné vodivosti $\lambda_{0^\circ\text{C}} \leq 0,040 \text{ W/(m.K)}$.

Potrubí bude izolováno potrubním pouzdrém z kaširované kamenné vlny, jenž je na povrchu zesíleno hliníkovou fólií se samolepícím přesahem typu **PAROC Hvac Section AluCoat T** od firmy Paroc Group se součinitelem tepelné vodivosti $\lambda_{10^{\circ}\text{C}} = 0,033 \text{ W}/(\text{m.K})$.

Pro potrubí vedené v tepelné izolaci postačí poloviční tloušťka požadované tepelné izolace.

Návrh tloušťek tepelné izolace byl proveden pomocí výpočtového programu na stránkách tzb-info.cz.

Tabulka 6: Návrh tloušťky tepelné izolace potrubí

Materiál (prostředí)	Rozměr potrubí D×t [mm]	Tloušťka tepelné izolace d_{TI} [mm]	$U_{o,193/2007}$ [W/(m.K)]	U_o [W/(m.K)]
Měď	15x1	25	0,15	0,142
Měď	18x1	30	0,15	0,144
Měď	22x1	25	0,18	0,174
Měď	28x1,5	40	0,18	0,158
Měď	35x1,5	40	0,18	0,179
Měď	42x1,5	25	0,27	0,260

II.A.12 Návrh otopných těles

Tepelné ztráty jednotlivých místností budou pokryty trubkovými otopnými tělesy nebo deskovými otopnými tělesy v kombinaci s podlahovými konvektory. Bude využit teplotní spád otopné vody 60/50 °C s nuceným oběhem vody. Otopná soustava bude dvoutrubková protiproudá. Všechna navržená otopná tělesa jsou od firmy KORADO, a.s.

V koupelnách budou osazena trubková otopná tělesa **KORALUX LINEAR CLASSIC – M** se spodním středovým připojením pomocí rohového provedení Multilux 4 – Setu, který obsahuje ventilovou vložku, uzavírací šroubení a termostatickou hlavici. Tato tělesa jsou vyrobena z uzavřených rovných ocelových profilů s průřezem ve tvaru “D” a rovných profilů s kruhovým průřezem, napojena budou ze stěny.

V ostatních místnostech jsou navržena desková otopná tělesa typu **RADIK PLAN VK** typ 21. Jedná se o otopná tělesa se dvěma hladkými deskami a jedním vnitřním konvektorem se spodním pravým připojením a termostatickým ventilem. Připojovací šroubení s vypouštěním bude rohové typu Vekolux, napojení těles bude ze stěny.

V pokojích budou z důvodu velkých prosklených ploch sahajících k podlaze osazeny podlahové konvektory **KORAFLEX Basic FKB** hloubky 70 mm s přirozenou konvekcí vzduchu. Připojovacími armaturami budou přímý termostatický ventil Calypso exact a regulační šroubení Regulux.

Návrh otopných těles byl proveden pomocí programu Tepelný výkon společnosti PROTECH spol. s r.o.

Tabulka 7: Přehled navržených otopných těles

Č. m.	Otopná tělesa				Výkon Q _c [W]	Ztráty Φ _{HL} [W]	Rozdíl Q _c -Φ _{HL} [W]
	typ	h/(š)/L [mm]	Q _t [W]	Q _{t,skut} [W]			
101	RADIK PLAN VK21	500/1100	1166	1049	1049	1028	21
102	RADIK PLAN VK21	500/1100	728	728	2184	2054	130
	RADIK PLAN VK21	500/1100	728	728			
	RADIK PLAN VK21	500/1100	728	728			
201	RADIK PLAN VK21	500/600	397	377	484	482	2
	KORAFLEX Basic FKB	70/200/1500	107	107			
202	KORALUX LINEAR CLASSIC - M	700/600	183	165	165	153	12
203	RADIK PLAN VK21	500/600	397	377	484	468	16
	KORAFLEX Basic FKB	70/200/1500	107	107			
204	KORALUX LINEAR CLASSIC - M	700/600	183	165	165	139	26
205	RADIK PLAN VK21	500/600	397	377	484	468	16
	KORAFLEX Basic FKB	70/200/1500	107	107			
206	KORALUX LINEAR CLASSIC - M	700/600	183	165	165	137	28
207	RADIK PLAN VK21	500/900	596	566	673	642	31
	KORAFLEX Basic FKB	70/200/1500	107	107			
208	KORALUX LINEAR CLASSIC - M	900/600	238	214	214	185	29
301	RADIK PLAN VK21	500/800	529	503	610	573	37
	KORAFLEX Basic FKB	70/200/1500	107	107			
302	KORALUX LINEAR CLASSIC - M	900/600	238	214	214	180	34
303	RADIK PLAN VK21	500/700	463	440	547	485	62
	KORAFLEX Basic FKB	70/200/1500	107	107			
304	KORALUX LINEAR CLASSIC - M	700/600	183	165	165	141	24
305	RADIK PLAN VK21	500/700	463	440	547	485	62
	KORAFLEX Basic FKB	70/200/1500	107	107			
306	KORALUX LINEAR CLASSIC - M	700/600	183	165	165	141	24
307	RADIK PLAN VK21	500/900	596	566	673	663	10
	KORAFLEX Basic FKB	70/200/1500	107	107			
308	KORALUX LINEAR CLASSIC - M	900/600	238	214	214	187	27
Celkem					9202	8611	591

RADIK PLAN VK

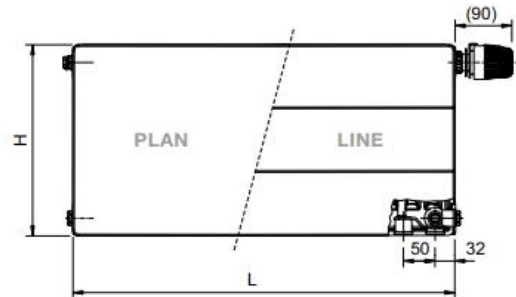


Technické údaje

Výška H	300, 400, 500, 600, 700, 900 mm
Délka L	400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000 mm
Hloubka B Typ 21 PLAN VK/LINE VK	68 mm
Připojovací rozteč	50 mm
Připojovací závit	6 x G 1/2" vnitřní
Nejvyšší přípustný provozní přetlak	1,0 MPa
Nejvyšší přípustná provozní teplota	110 °C
Připojení otopného tělesa	pravé spodní

Popis

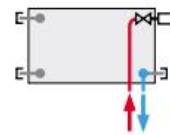
Model **RADIK PLAN VK (RADIK LINE VK)** je deskové otopné těleso v provedení PLAN (LINE) a v provedení VENTIL KOMPAKT, které umožňuje **pravé spodní připojení** na otopnou soustavu s nuceným oběhem. Ze zadní strany jsou přivařeny dvě horní a dolní přichytky, otopná tělesa o délce 1800 mm a delší mají navařených šest přichytek.



Typ 21 PLAN VK/LINE VK



Způsoby připojení na otopnou soustavu



pravé spodní
 $\psi = 1$

Obrázek 18: RADIK PLAN VK21 [20]

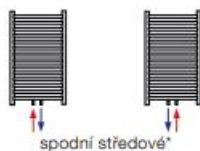
KORALUX LINEAR CLASSIC - M



Konstrukce

KORALUX LINEAR CLASSIC - M (KLCM) je trubkové otopné těleso upravené pro **spodní středové připojení** s přípojovací roztečí 50 mm.

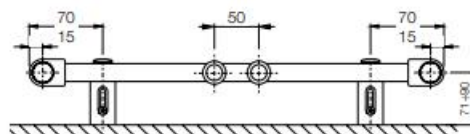
Způsob připojení KORALUX LINEAR CLASSIC - M



Technické údaje

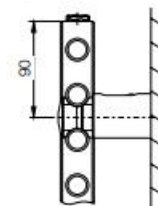
Výška H	700, 900, 1220, 1500, 1820 mm
Délka L	450, 500, 600, 750 mm
Hloubka B	30 mm
Přípojovací rozteč (KLC)	$h = L - 30$ mm
Přípojovací rozteč (KLCM)	50 mm
Přípojovací závit (KLC)	4 x G 1/2 vnitřní
Přípojovací závit (KLCM)	6 x G 1/2 vnitřní
Nejvyšší přípustný provozní přetlak	1,0 MPa
Zkušební přetlak	1,3 MPa
Nejvyšší přípustná provozní teplota	110 °C
Průtokový součinitel (KLC)	$A_r = 2,1 \times 10^{-4} \text{ m}^2$
Průtokový součinitel (KLCM)	$A_r = 7,1 \times 10^{-5} \text{ m}^2$
Součinitel odporu (KLC)	$\xi_r = 1,8$
Součinitel odporu (KLCM)	$\xi_r = 16,0$

Upevnění



Dodávaná souprava pro upevnění otopného tělesa na stěnu obsahuje 4 ks speciálních konzol z plastu, vruty, hmoždinky a návod na montáž.

Ocelové trubky $\varnothing 20$ mm
Ocelový profil 40 x 30 mm



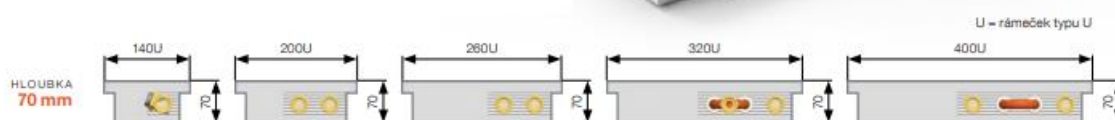
Obrázek 19: KORALUX LINEAR CLASSIC – M [20]

KORAFLEX Basic FKB

Podlahový konvektor s přirozenou konvekcí

Hloubka	70, 90, 110 mm
Šířka	140, 200, 260, 320, 400 mm
Délka	800 až 3 000 mm (po 100 mm)
Teplný výkon	od 41 do 1 739 W
Maximální provozní přetlak	1,2 MPa
Maximální provozní teplota	110 °C
Přípojovací závit	vnitřní G 1/2"

KORAFLEX Basic FKB je ekonomická verze podlahových konvektorů vhodných pro projektová řešení. Je vyrobena z žárově pozinkované oceli v přírodním provedení, osazená rámečkem U nebo rámečkem pro mřížku Cross v provedení stříbrný elox.

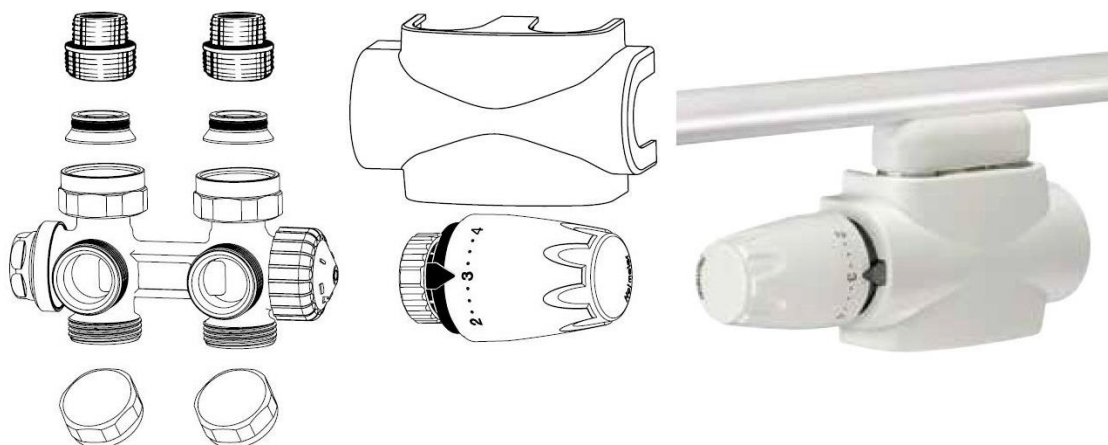


Obrázek 20: KORAFLEX Basic FKB [20]

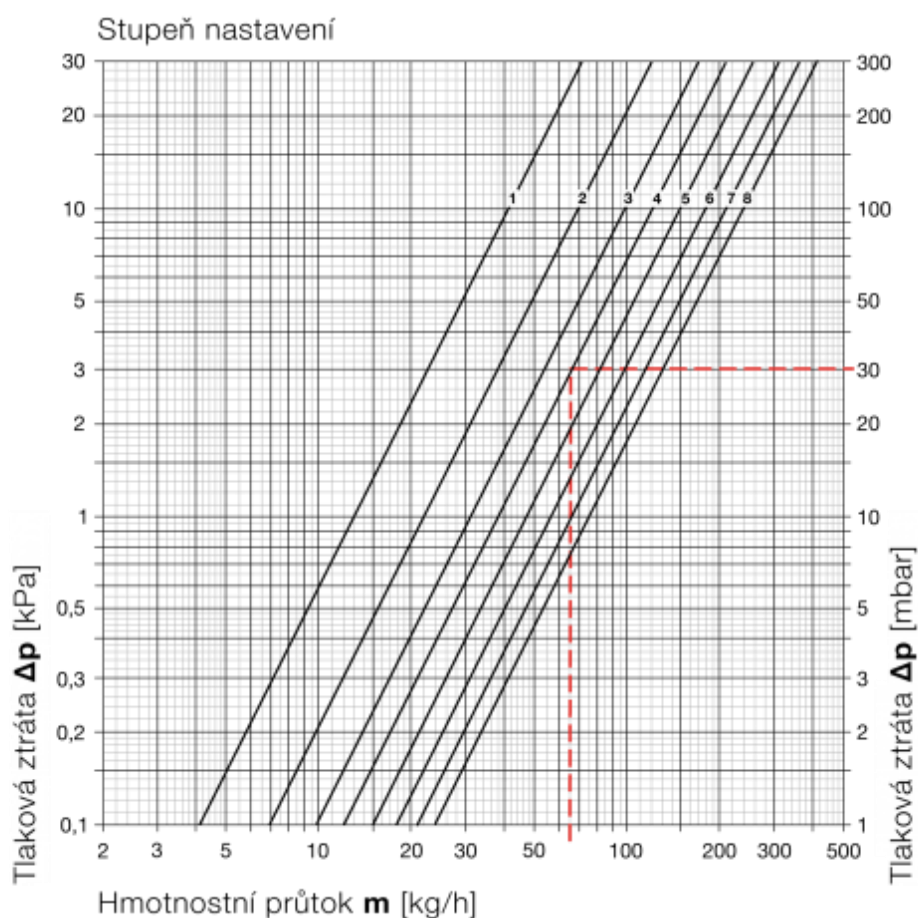
II.A.13 Dimenzování a hydraulické seřízení rozvodů

Regulace otopných těles bude možná na integrovaném **termostatickém ventilu (TRV)** deskového tělesa, na trubkových tělesech na ventilové vložce **Multilux 4 – setu (MS)** a v případě podlahových konvektorů na **termostatickém ventilu Calypso exact (CE-TRV)** firmy IMI Heimeier.

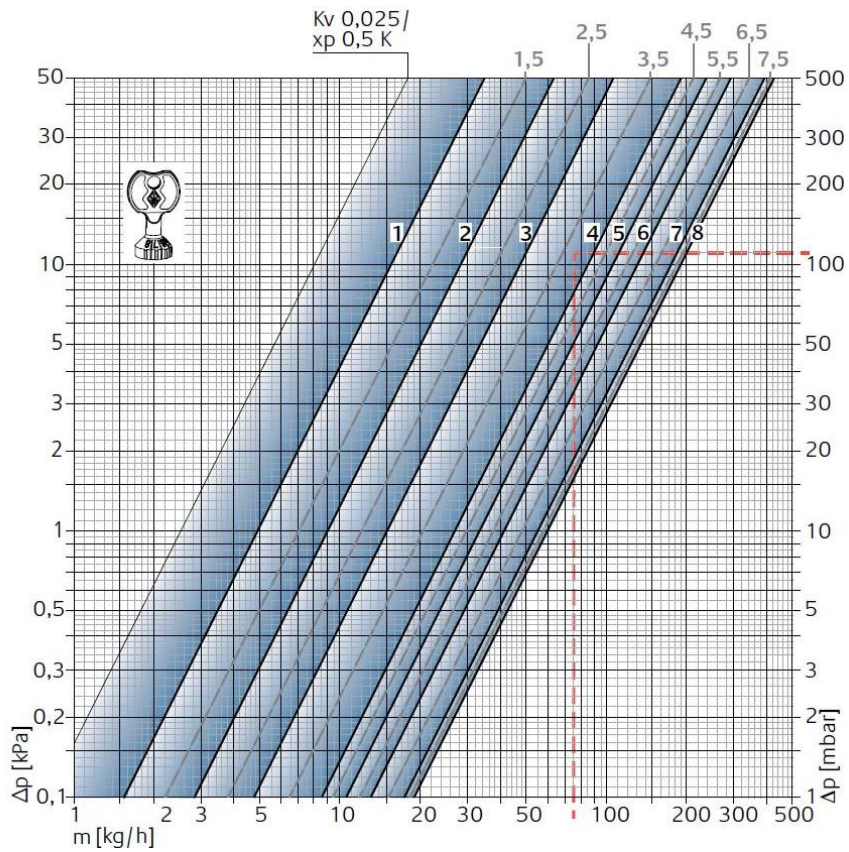
Dimenzování potrubí včetně výpočtu tlakových ztrát třením v potrubí a zaregulování otopných těles bylo provedeno pomocí výpočtového programu na stránkách tzb-info.cz.



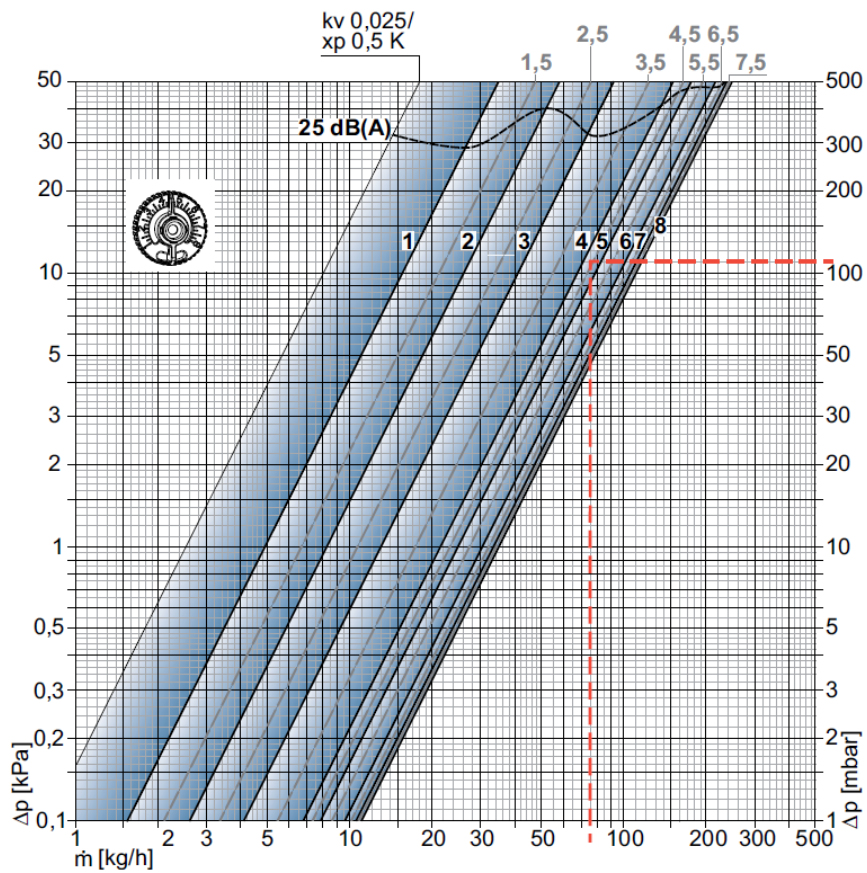
Obrázek 21: Multilux 4 – Set [21]



Obrázek 22: Graf pro nastavení termostatických ventilů (TRV) na tělesech RADIK PLAN [20]



Obrázek 23: Graf pro nastavení Multilux 4 – setu (MS) na tělesech KORALUX [21]



Obrázek 24: Graf pro nastavení termostatických ventilů Calypso exact (CE-TRV) na tělesech KORAFLEX [21]

Tabulka 8: Dimenzování rozvodů a nastavení TRV, MS a CE-TRV pro otopná tělesa v INP

Hlavní větev otopných těles INP	Q_t [W]	M [kg/h]	l [m]	D×t [mm]	R [Pa/m]	w [m/s]	$\sum \xi$ [-]	Z [Pa]	Stupeň nastavení	Δp_{RV} [Pa]	R.l+Z+ Δp_{RV} [Pa]	Δp_{dis} [Pa]
1 ₁ : 102-VK	728	62,60	7,9	15x1	23,7	0,13	19,1	161	TRV (8)	640	989	989
2 ₁ (102-VK)	1456	125,2	23,0	18x1	35,2	0,18	4,8	78		0	887	1876
3 ₁ (102-VK)	2184	187,8	14,8	18x1	66,5	0,26	9	304		0	1288	3164
4 ₁ (101-VK)	3350	288,0	13,0	22x1	50,1	0,25	18,2	569		0	1220	4384
Otopná tělesa hlavní větve	Q_t [W]	M [kg/h]	l [m]	D×t [mm]	R [Pa/m]	w [m/s]	$\sum \xi$ [-]	Z [Pa]	Stupeň nastavení	Δp_{RV} [Pa]	R.l+Z+ Δp_{RV} [Pa]	Δp_{dis} [Pa]
102-VK	728	62,6	2,1	15x1	23,7	0,13	16,5	139	TRV (8)	800	989	989
102-VK	728	62,6	5,7	15x1	23,7	0,13	16,5	139	TRV (6)	1601	1876	1876
101-VK	1166	100,3	4,0	15x1	59,9	0,21	16,5	364	TRV (7)	2560	3164	3164

Tabulka 9: Dimenzování rozvodů a nastavení TRV, MS a CE-TRV pro otopná tělesa ve 2NP

Hlavní větev otopných těles 2NP	Q_t [W]	M [kg/h]	l [m]	D×t [mm]	R [Pa/m]	w [m/s]	$\sum \xi$ [-]	Z [Pa]	Stupeň nastavení	Δp_{RV} [Pa]	R.l+Z+ Δp_{RV} [Pa]	Δp_{dis} [Pa]
1 ₂ : 207-VK	596	51,3	1,0	15x1	15,1	0,11	16,2	98	TRV (8)	440	553	553
2 ₂ (206+208-KLCM)	1017	87,5	6,5	15x1	50,5	0,19	2,2	40		0	368	921
3 ₂ (207-FKB)	1124	96,65	5,4	15x1	59,9	0,21	0,9	20		0	343	1264
4 ₂ (205-FKB)	1231	105,9	8,4	15x1	70,1	0,23	3,8	101		0	689	1954
5 ₂ (203-VK)	1628	134,0	0,8	18x1	42,2	0,20	0,9	18		0	52	2005
6 ₂ (205-VK)	2025	174,1	8,0	18x1	57,9	0,24	3,5	101		0	564	2569
7 ₂ (204-KLCM)	2208	189,9	3,2	18x1	71,0	0,27	0,9	33		0	260	2829
8 ₂ (202-KLCM)	2391	205,6	3,0	18x1	80,4	0,29	0,9	38		0	279	3109
9 ₂ (201+203-FKB)	3002	258,1	1,2	18x1	117,2	0,36	1,2	76		0	216	3325
Úseky otopných těles 2	Q_t [W]	M [kg/h]	l [m]	D×t [mm]	R [Pa/m]	w [m/s]	$\sum \xi$ [-]	Z [Pa]	Stupeň nastavení	Δp_{RV} [Pa]	R.l+Z+ Δp_{RV} [Pa]	Δp_{dis} [Pa]
2a ₂ : 206-KLCM	183	15,74	6,0	15x1	2,6	0,03	17,8	8	MS (4)	458	482	482
2b ₂ (208-KLMC)	421	36,20	8,6	15x1	7,0	0,08	3,5	11		0	71	553
Otopná tělesa úseku 2	Q_t [W]	M [kg/h]	l [m]	D×t [mm]	R [Pa/m]	w [m/s]	$\sum \xi$ [-]	Z [Pa]	Stupeň nastavení	Δp_{RV} [Pa]	R.l+Z+ Δp_{RV} [Pa]	Δp_{dis} [Pa]
208-KLCM	238	20,46	1,0	15x1	3,5	0,04	15,2	12	MS (4,5)	467	482	482

Otopná tělesa hlavní větve	Q _t [W]	M [kg/h]	l [m]	D×t [mm]	R [Pa/m]	w [m/s]	∑ξ [-]	Z [Pa]	Stupeň nastavení	Δp _{PRV} [Pa]	R.l+Z+ Δp _{PRV} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]
207-FKB	107	9,20	1,0	15x1	1,7	0,02	10	2	CE-TRV (2,5)	917	921	921
205-FKB	107	9,20	1,0	15x1	1,7	0,02	10	2	CE-TRV (2)	1260	1264	1264
203-VK	397	34,14	2,0	15x1	6,1	0,07	16,5	40	TRV (3)	1901	1954	1954
205-VK	397	34,14	2,0	15x1	6,1	0,07	16,5	40	TRV (3)	1953	2005	2005
204-KLCM	183	15,74	1,0	15x1	2,6	0,03	12,6	6	MS (2,5)	2560	2569	2569
202-KLCM	183	15,74	1,0	15x1	2,6	0,03	12,6	6	MS (2,5)	2820	2829	2829
Úseky otopných těles 9	Q _t [W]	M [kg/h]	l [m]	D×t [mm]	R [Pa/m]	w [m/s]	∑ξ [-]	Z [Pa]	Stupeň nastavení	Δp _{PRV} [Pa]	R.l+Z+ Δp _{PRV} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]
9a ₂ : 203-FKB	107	9,20	6,2	15x1	1,7	0,02	12,6	3	CE-TRV (1,5)	2985	2998	2998
9b ₂ (201-FKB)	214	18,40	6,9	15x1	3,5	0,04	3,5	3		0	27	3025
9c ₂ (201-VK)	611	52,54	5,1	15x1	15,1	0,11	1,2	7		0	84	3109
Otopná tělesa úseku 9	Q _t [W]	M [kg/h]	l [m]	D×t [mm]	R [Pa/m]	w [m/s]	∑ξ [-]	Z [Pa]	Stupeň nastavení	Δp _{PRV} [Pa]	R.l+Z+ Δp _{PRV} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]
201-FKB	107	9,20	1,0	15x1	1,7	0,02	10	2	CE-TRV (1,5)	2994	2997	2998
201-VK	397	34,14	2,0	15x1	6,1	0,07	16,2	40	TRV (2)	2973	3024	3025

Tabulka 10: Dimenzování rozvodů a nastavení TRV, MS a CE-TRV pro otopná tělesa ve 3NP

Hlavní větev otopných těles 3NP	Q _t [W]	M [kg/h]	l [m]	D×t [mm]	R [Pa/m]	w [m/s]	∑ξ [-]	Z [Pa]	Stupeň nastavení	Δp _{PRV} [Pa]	R.l+Z+ Δp _{PRV} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]
1 ₃ : 307-VK	596	51,3	2,0	15x1	15,1	0,11	16,5	100	TRV (8)	484	614	614
2 ₃ (304+306+308)	1200	103,2	1,1	15x1	64,9	0,22	2,2	53		0	125	739
3 ₃ (305-VK)	1663	143,0	2,2	18x1	42,2	0,20	0,9	18		0	111	849
4 ₃ (307-FKB)	1770	152,2	8,4	18x1	46,0	0,21	3,5	77		0	464	1313
5 ₃ (305-FKB)	1877	161,4	4,8	18x1	53,8	0,23	0,9	24		0	282	1595
6 ₃ (303-FKB)	1984	170,6	4,5	18x1	57,9	0,24	0,9	26		0	286	1882
7 ₃ (301-FKB)	2091	179,8	3,6	18x1	62,1	0,25	2,2	69		0	292	2174
8 ₃ (301-VK)	2620	225,3	1,2	18x1	95,4	0,32	1,2	60		0	174	2348
9 ₃ (303-VK)	3083	265,1	8,2	22x1	43,6	0,24	3,5	101		0	458	2806
10 ₃ (302-KLCM)	3321	285,6	8,0	22x1	50,1	0,26	3,5	118		0	519	3325

Úseky otopných těles 2	Q _t [W]	M [kg/h]	l [m]	D×t [mm]	R [Pa/m]	w [m/s]	∑ξ [-]	Z [Pa]	Stupeň nastavení	Δp _{RV} [Pa]	R.1+Z+ Δp _{RV} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]
2a ₃ : 304-KLCM	183	15,74	7,4	15x1	2,6	0,03	17,8	8	MS (4)	456	483	483
2b ₃ (306-KLCM)	366	31,47	5,4	15x1	6,1	0,07	0,9	2		0	35	518
2b ₃ (308-KLCM)	604	51,93	4,4	15x1	15,1	0,11	4,8	29		0	95	614
Otopná tělesa úseku 2	Q _t [W]	M [kg/h]	l [m]	D×t [mm]	R [Pa/m]	w [m/s]	∑ξ [-]	Z [Pa]	Stupeň nastavení	Δp _{RV} [Pa]	R.1+Z+ Δp _{RV} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]
306-KLCM	183	15,74	1,0	15x1	2,6	0,03	15,2	7	MS (4)	473	483	483
308-KLCM	238	20,46	5,6	15x1	3,5	0,04	17,8	14	MS (4,5)	484	518	518
Otopná tělesa hlavní větve	Q _t [W]	M [kg/h]	l [m]	D×t [mm]	R [Pa/m]	w [m/s]	∑ξ [-]	Z [Pa]	Stupeň nastavení	Δp _{RV} [Pa]	R.1+Z+ Δp _{RV} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]
305-VK	463	39,81	2,0	15x1	8,8	0,09	16,5	67	TRV (6)	655	739	739
307-FKB	107	9,20	4,7	15x1	1,7	0,02	12,9	3	CE-TRV (2,5)	838	849	849
305-FKB	107	9,20	1,0	15x1	1,7	0,02	10,3	2	CE-TRV (2)	1309	1313	1313
303-FKB	107	9,20	1,0	15x1	1,7	0,02	10,3	2	CE-TRV (2)	1591	1595	1595
301-FKB	107	9,20	5,6	15x1	1,7	0,02	12,9	3	CE-TRV (2)	1870	1882	1882
301-VK	529	45,49	2,0	15x1	11,7	0,10	16,5	83	TRV (4)	2068	2174	2174
303-VK	463	39,81	2,0	15x1	8,8	0,09	16,5	67	TRV (3)	2264	2348	2348
302-KLCM	238	20,46	1,0	15x1	3,5	0,04	15,5	12	MS (3)	2790	2806	2806

Tabulka 11: Dimenzování hlavních rozvodů (varianta A)

Větev otopné soustavy	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	D×t [mm]	R [Pa/m]	w [m/s]	∑ξ [-]	Z [Pa]	Δp _v [Pa]	R.1+Z+ Δp _v [Pa]	Δp _{dis} [Pa]
3NP	3321	285,6	-	22x1	50,1	0,26	-	-	-	3325	3325
2NP+3NP	6323	543,7	1,2	28x1,5	51,7	0,31	17,8	855	(VV) 1470	2387	5713
1NP+2NP+3NP	9673	831,7	5,4	28x1,5	111,2	0,48	31,6	3640	-	4241	9953
K zásobníku	12770	549,0	2,4	28x1,5	54,5	0,32	20,9	1070	2000	3201	3201
K AN	13467	831,7	2,6	28x1,5	57,5	0,33	23,5	1280	200	3196	3196

II.A.14 Hydraulické nastavení vyvažovacích ventilů

Vyvažovací ventily (VV) zajistí hydraulické seřízení jednotlivých větví a umožní zjistit tlakovou diferenci, průtok či závadu na okruhu.

V otopném systému přístavby budou osazeny celkem dva VV typu **STAND-B** od firmy IMI Heimeier.

Tlaková ztráta plně otevřeného ventilu DN 15:

$$\Delta p_{VV,\min} = \left(\frac{0,01 \cdot M_{1NP}}{k_{v,\max}} \right)^2 = \left(\frac{0,01 \cdot 288}{2,32} \right)^2 = 1,54 \text{ kPa} = 1540 \text{ Pa}$$

Autorita ventilu DN 15:

$$a_{VV1} = \frac{\Delta p_{VV,\min}}{\Delta p_{\text{dis},1NP}} = \frac{1540}{4384} = 0,35$$

Vyvažovací ventil (VV-1) na potrubí **1NP** navrhuji **DN 15** plně otevřen na **4 otáčky**.

Průtokový součinitel pro okruh 2NP+3NP:

$$k_v = \frac{0,01 \cdot M_{2NP+3NP}}{\sqrt{\frac{\Delta p_{VV,\min} + \Delta p_{\text{dis},1NP} - \Delta p_{\text{dis},2NP+3NP}}{1000}}} = \frac{0,01 \cdot 543,7}{\sqrt{\frac{1540 + 4384 - 4243}{1000}}} = 4,42 \text{ [m}^3/\text{h]}$$

Tlaková ztráta ventilu DN 20 při stupni nastavení na 3,4 otáčky:

$$\Delta p_{VV,3,4ot.} = \left(\frac{0,01 \cdot M_{2NP+3NP}}{k_{v,3,4ot.}} \right)^2 = \left(\frac{0,01 \cdot 543,7}{4,49} \right)^2 = 1,47 \text{ kPa} = 1470 \text{ Pa}$$

Autorita ventilu DN 20:

$$a_{VV2} = \frac{\Delta p_{VV,3,4ot.}}{\Delta p_{\text{dis},2NP+3NP}} = \frac{1470}{4243} = 0,35$$

Vyvažovací ventil (VV-2) osazen na patě stoupacího potrubí pro **2NP a 3NP** navrhuji **DN 20** se stupněm nastavení **3,4 otáčky**.

Tabulka 12: Hodnoty k_v pro nastavení vyvažovacích ventilů [22]

Otáčky	DN 10	DN 15	DN 20	DN 25	DN 32	DN 40	DN 50
0.5	-	0.0479	0.444	0.495	1.05	1.71	2.25
1	0.0408	0.118	0.658	0.948	1.93	3.17	3.83
1.5	0.0805	0.251	1.07	2.09	3.25	4.78	6.74
2	0.238	0.518	1.80	3.91	5.49	6.55	11.4
2.5	0.443	0.870	2.87	5.60	8.07	9.63	15.7
3	0.810	1.38	3.84	6.99	10.1	13.3	21.0
3.5	1.17	1.93	4.65	7.93	11.9	16.9	26.6
4	1.33	2.32	5.35	8.25	13.7	20.1	31.4



Obrázek 25: Vyvažovací ventil STAD-B – plně otevřen (VV1) [22]

II.A.15 Návrh třicestného přepínacího ventilu

Trojcestný přepínací ventil (TPV-1) bude sloužit ke změně směru toku otopné vody do okruhu pro vytápění objektu nebo do okruhu pro přípravu teplé vody. Automatický provoz bude zajištěn servopohonem.

Vstupní údaje:

$\Delta p_{\text{dis,Z}} = 3201 \text{ Pa}$...tlaková ztráta okruhu z kotle do nepřímotopného zásobníku
 $M_{\text{TV,A}} = 549 \text{ kg/h}$...hmotnostní průtok do zásobníku

Průtokový součinitel při uvažované autoritě hodnoty 0,5:

$$\Delta p_{\text{TPV-1}} = a \cdot \Delta p_{\text{dis,Z}} = 0,5 \cdot 3201 = 1601 \text{ Pa} = 1,60 \text{ kPa}$$

$$k_v = \frac{0,01 \cdot M_{\text{TV,A}}}{\sqrt{\Delta p_{\text{TSV-1}}}} = \frac{0,01 \cdot 549}{\sqrt{1,60}} = 4,34 \text{ m}^3/\text{h}$$

Tlaková ztráta ventilu při $k_v=6,3$:

$$\Delta p_{\text{TPV-1},K_v=6,3} = \left(\frac{0,01 \cdot M_{\text{TV,A}}}{k_v} \right)^2 = \left(\frac{0,01 \cdot 549}{6,3} \right)^2 = 0,76 \text{ kPa} = 760 \text{ Pa}$$

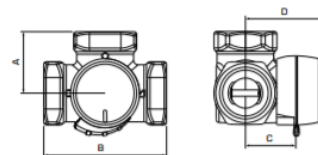
Skutečná autorita ventilu:

$$a_{\text{TPV-1}} = \frac{\Delta p_{\text{TPV-1},K_v=6,3}}{\Delta p_{\text{dis,Z}}} = \frac{760}{3200} = 0,24$$

Navrhuji třicestný přepínací ventil řady **VRG231, DN 20, $k_v = 6,3$** se servopohonem typu ARA600 s dvoubodovým řízením od firmy ESBE.



VRG231 vnitřní závit



Č. vyr.	Označení	DN	Kvs	Připojení	A	B	C	D	Hmotnost [kg]	Poznámka
11620100	VRG231	20	6,3	Rp ¾"	36	72	32	50	0,43	
11620200		25	10	Rp 1"	41	82	34	52	0,70	
11620300		32	16	Rp 1¼"	47	94	37	55	0,95	
11621400		40	30	Rp 1½"	53	106	44	62	1,72	
11621600		50	40	Rp 2"	60	120	46	64	2,39	

Obrázek 26: Specifikace přepínacího třicestného ventilu VRG231, DN20 [23]

II.A.16 Návrh třicestného směšovacího ventilu

Třicestný směšovací ventil (TSV-1) bude sloužit ke kvalitativní regulaci teploty otopné vody pro vytápění objektu. Do výstupní teplé vody přívodu bude přimíchávána ochlazená voda vratu pro dosažení optimální teploty. Automatický provoz a regulace bude zajištěna servopohonem.

Vstupní údaje:

$\Delta p_{\text{dis,1NP+2NP+3NP}} = 9950 \text{ Pa}$...dispoziční přetlak větve pro vytápění

$M_{\text{VYT}} = 831,7 \text{ kg/h}$...hmotnostní průtok větve pro vytápění

Průtokový součinitel při uvažované autoritě hodnoty 0,5:

$\Delta p_{\text{TSV-1}} = a \cdot \Delta p_{\text{dis,1NP+2NP+3NP}} = 0,5 \cdot 9950 = 4975 \text{ Pa} = 4,98 \text{ kPa}$

$$k_v = \frac{0,01 \cdot M_{\text{VYT}}}{\sqrt{\Delta p_{\text{TSV-1}}}} = \frac{0,01 \cdot 831,7}{\sqrt{4,98}} = 3,72 \text{ m}^3/\text{h}$$

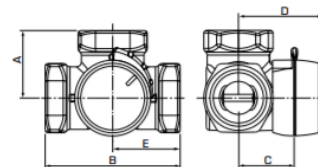
Tlaková ztráta ventilu při $k_v=4$:

$$\Delta p_{\text{TSV-1},k_v=4} = \left(\frac{0,01 \cdot M_{\text{VYT}}}{k_v} \right)^2 = \left(\frac{0,01 \cdot 831,7}{4} \right)^2 = 4,32 \text{ kPa} = 4320 \text{ Pa}$$

Skutečná autorita ventilu:

$$a_{\text{TSV-1}} = \frac{\Delta p_{\text{TSV-1},k_v=4}}{\Delta p_{\text{dis,1NP+2NP+3NP}}} = \frac{4320}{9950} = 0,44$$

Navrhují třicestný směšovací ventil řady **VRG131**, **DN 20**, $k_v = 4$ se servopohonem ARA600 s trojbodovým řízením od firmy ESBE.



VRG131 vnitřní závit

Č. výr.	Označení	DN	Kvs	Připojení	A	B	C	D	E	Hmotnost [kg]	Poznámka
11600100	VRG131	15	0,4	Rp 1/2"	36	72	32	50	36	0,40	
11600200			0,63								
11600300			1								
11600400			1,6								
11600500			2,5								
11600600			4								
11600700		20	2,5	Rp 3/4"	36	72	32	50	36	0,43	
11600800		4									
11600900		20	6,3	Rp 1"	41	82	34	52	41	0,70	
11601000		25	6,3								
11601100		25	10	Rp 1 1/4"	47	94	37	55	47	0,95	
11601200		32	16								
11603400	40	25	Rp 1 1/2"	53	106	44	62	53	1,68		
11603600	50	40	Rp 2"	60	120	46	64	60	2,30		

Obrázek 27: Specifikace směšovacího třicestného ventilu VRG131 [23]

II.A.17 Návrh oběhového čerpadla

Dodávku vody z kotle do zásobníku teplé vody a akumulární nádoby bude zajišťovat oběhové čerpadlo, které je součástí plynového kondenzačního kotle. Jeho dopravní výška viz obrázek 29.

Další čerpadlo (Č-1) bude zapotřebí na větví s otopnou vodou pro vytápění. Navrženo bude mokroběžné oběhové čerpadlo pro vytápění se zapuštěným rotorem.

Vstupní údaje:

$\Delta p_{\text{dis,1NP+2NP+3NP+TSV-1+ZK}} = 14490 \text{ Pa}$...celkový dispoziční přetlak větve pro vytápění

$M_{\text{VYT}} = 831,7 \text{ kg/h}$...hmotnostní průtok větve pro vytápění

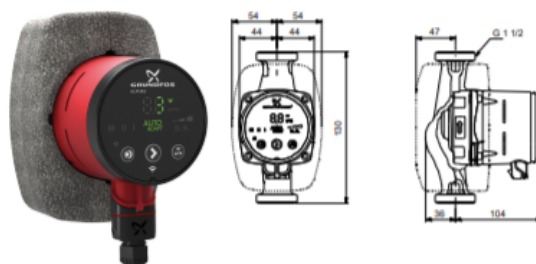
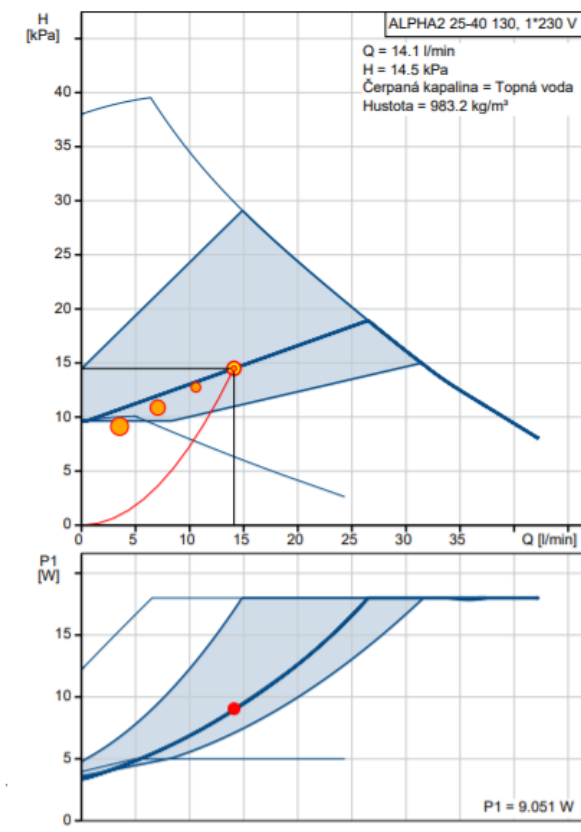
$\rho_{60^\circ\text{C}} = 983 \text{ kg/m}^3$...hustota vody při 60°C

Objemový průtok:

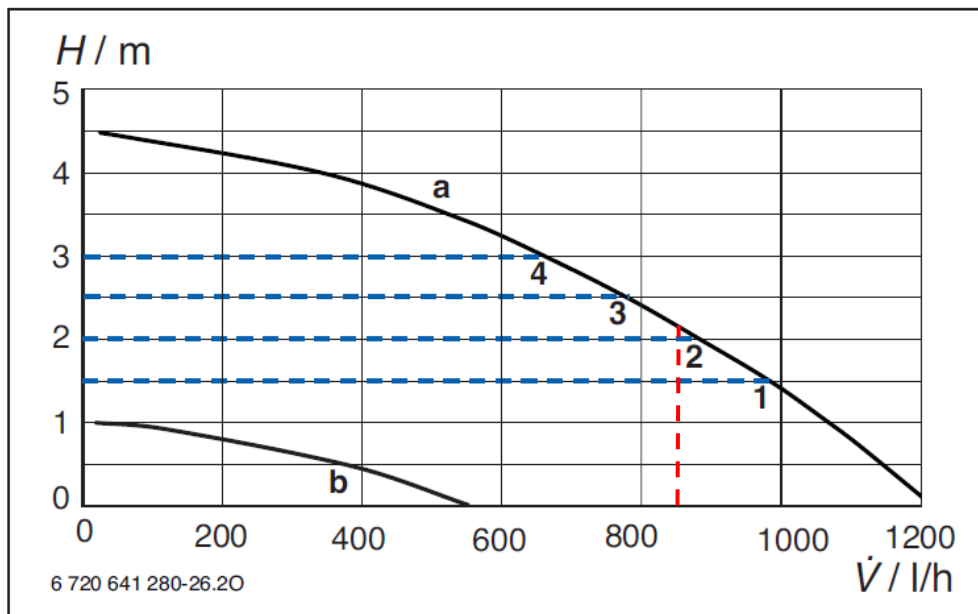
$$Q_{\text{V,VZT}} = \frac{M_{\text{VYT}}}{\rho_{60^\circ\text{C}}} = \frac{831,7}{983} = 0,85 \text{ m}^3/\text{h} = 14,10 \text{ l/min}$$

Navrhuji oběhové čerpadlo **ALPHA2 25-40 130** od firmy Grundfos.

Popis	Hodnota
Všeobecná informace:	
Název výrobku:	ALPHA2 25-40 130
Techn.:	
Skutečná vypočítaná hodnota průtoku:	14.1 l/min
Výsledná dopravní výška čerpadla:	14.5 kPa
Max. dopravní výška:	40 dm
Teplotní třída TF:	110
Materiály:	
Těleso čerpadla:	Litina
Těleso čerpadla:	EN-GJL-150
Těleso čerpadla:	ASTM A48-150B
Oběžné kolo:	PES 30%GF
Instalace:	
Rozsah okolní teploty:	0 .. 40 °C
Maximální provozní tlak:	10 bar
Potrubní přípojka:	G 1 1/2
Jmenovitý tlak:	PN 10
Vzdálenost mezi sacím a výtlacným hrdlem:	130 mm
Kapalina:	
Čerpaná kapalina:	Topná voda
Rozsah teploty kapaliny:	2 .. 110 °C
Hustota:	983.2 kg/m ³
Elektrické údaje:	
Příkon - P1:	3 .. 18 W
Frekvence el. sítě:	50 / 60 Hz
Jmenovité napětí:	1 x 230 V
Max. spotřeba el. proudu:	0.04 .. 0.18 A
Krytí (IEC 34-5):	X4D
Třída izolace (IEC 85):	F
Motorová ochrana:	Žádný
Teplotní ochrana:	ELEC
Řídící jednotky:	
Automat. noční reduk. provoz:	Včetně automat. nočního reduk. provozu
Poloha svorkovnice:	6H
Jiné:	
Energet. účinnost (EEI):	0.15
Čistá hmotnost:	1.86 kg



Obrázek 28: Specifikace čerpadla Alpha2 25-40 130 [24]



Obrázek 29: Zbytková dopravní výška čerpadla kondenzačního kotle [19]

II.A.18 Návrh zabezpečovacích zařízení

Bez zabezpečovacích zařízení nemůže být otopná soustava přístavby uvedena do provozu, neboť chrání otopnou soustavu proti překročení nejvyššího dovoleného přetlaku nebo podtlaku.

Pojistný ventil s otevíracím přetlakem 3,0 bar je součástí instalovaného kondenzačního kotle Logamax plus GB172-14. Jelikož bude kotel jediným zdrojem tepla, bude tento pojistný ventil vyhovující.

Expanzní zařízení systému přístavby bude sestávat ze dvou expanzních nádob (EN), které umožní změny objemu vody v soustavě způsobené tepelnou objemovou roztažností při ohřevu vody, přičemž nedovolí zvýšení tlaku a zbytečné ztráty otopné vody přes pojistný ventil. Jedna expanzní nádoba (EN1) mající **objem 12 l** je součástí kondenzačního kotle. Druhá expanzní nádoba (EN2) bude instalována jako samostatně stojící. Výpočet tlakové expanzní nádoby je proveden podle ČSN 06 0830 – Tepelné soustavy v budovách – Zabezpečovací zařízení.

Vstupní údaje:

$Q_{KK} = 14,2 \text{ kW}$	...jmenovitý výkon zdroje tepla přístavby
$V_o = 0,99 \text{ m}^3$	...objem vody v soustavě
$h_o = 6,5 \text{ m}$	...výška nejvyššího bodu otopné soustavy
$t_{\max} = 82 \text{ °C}$	...maximální teplota otopné vody
$p_{k,h} = 300 \text{ kPa}$	...maximální dovolený provozní tlak kotle

Provozní přetlak nejnižší a nejvyšší:

$$p_{d,dov} \geq 1,1 \cdot h_o \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-3} = 1,1 \cdot 6,5 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-3} = 70,14 \text{ kPa} \rightarrow \text{volím } p_d = 75 \text{ kPa}$$

$$p_{h,dov} = 300 \text{ kPa} \rightarrow \text{volím } p_{hp} = 280 \text{ kPa}$$

Expanzní objem:

$$\Delta t_m = t_{\max} - t_1 = 82 - 10 = 72 \text{ °C} \rightarrow n = 0,03$$

$$V_e = 1,3 \cdot V_o \cdot n = 1,3 \cdot 0,99 \cdot 0,03 = 0,038 \text{ m}^3$$

Potřebný objem expanzní nádoby:

$$V_{ep} = V_e \cdot \frac{p_{hp} + 100}{p_{hp} - p_d} = 0,038 \cdot \frac{280 + 100}{280 - 75} = 0,070 \text{ m}^3$$

Potřebný objem samostatně stojící expanzní nádoby:

$$V_{EN2} = V_{ep} - V_{EN1} = 0,070 - 0,012 = 0,058 \text{ m}^3$$

Průměr expanzního potrubí:

$$d_p = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{Q_p} = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{14,2} = 12,26 \text{ mm} \rightarrow \text{navrhuji DN 25}$$

Samostatně stojící expanzní nádobu volím typu **AQUAFILL HS060** o objemu **60 l** s výměnným vakem a provedení na nohách od firmy Regulus spol. s r.o.

PROVEDENÍ NA NOHÁCH S VÝMĚNNÝM VAKEM		HS 060
OBJEM	l	60
PRŮMĚR	mm	380
VÝŠKA	mm	670
PŘIPOJENÍ	--	1" M
MAX.PRACOVNÍ TLAK	bar	6
OBJEDNACÍ KÓD	--	13740



Obrázek 30: Specifikace expanzní nádoby AQUAFILL HS060 [25]

II.A.19 Celková roční potřeba tepla přístavby a spotřeba zemního plynu

Výpočet roční potřeby tepla je proveden dennostupňovou metodou. Venkovní výpočtová teplota a počet dnů otopného období jsou stanoveny dle normy ČSN EN 12 831 – Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu. Účinnost systému vytápění je stanovena dle normy ČSN 73 0331-1 – Energetická náročnost budov – Typické hodnoty pro výpočet.

Vstupní údaje:

$t_{is} = 19 \text{ °C}$	...průměrná vnitřní teplota
$t_e = -12 \text{ °C}$	...venkovní výpočtová teplota
$d = 232$	...počet dnů otopného období pro $t_{em} = 13 \text{ °C}$
$t_{es, 15 \text{ °C}} = 5,1 \text{ °C}$	...průměrná venkovní teplota otopného období pro $t_{em} = 15 \text{ °C}$
$Q_{VYT,A} = 8,61 \text{ kW}$	...tepelná ztráta přístavby (viz kapitola II.A.5)
$Q_{c,A} = 68,85 \text{ kW}$	...denní potřeba tepla pro přípravu teplé vody (viz kapitola II.A.6)
$t_{TV} = 55 \text{ °C}$	...výstupní teplota vody
$e_i = 0,85$	...nesoučasnost tepelných ztrát infiltrací a prostupem

$e_t = 1,00$	...snížení teploty v místnosti během dne, respektive noci
$e_d = 1,00$	...zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu
$h = 24 \text{ h}$	...počet provozních hodin
$\eta_o = 0,95$	...účinnost obsluhy, resp. možnosti regulace soustavy
$\eta_r = 0,98$	...účinnost rozvodu vytápění
$\eta_{KK} = 1,05$	...účinnost kondenzačního kotle
$H_{ZP} = 9,5 \text{ kWh/m}^3$	...výchřevnost zemního plynu

Počet dennostupňů pro vytápění:

$$D_{VYT} = d \cdot (t_{is} - t_{es,13^\circ C}) = 232 \cdot (19 - 4,0) = 3480 \text{ K} \cdot \text{den}$$

Opravný součinitel:

$$\varepsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d = 0,85 \cdot 1,00 \cdot 1,00 = 0,85$$

Roční potřeba tepla pro vytápění:

$$E_{VYT,A} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{h \cdot Q_{VYT,A} \cdot D_{VYT}}{(t_{is} - t_e)} = \frac{0,85}{0,95 \cdot 0,98} \cdot \frac{24,8,61 \cdot 3480}{(19 - (-12))} = 21,85 \text{ MWh/r}$$

Denní potřeba tepla pro přípravu teplé vody:

$$E_{TV,d} = Q_{c,A} = 68,85 \text{ kWh/den}$$

Korekce pro proměnlivost vstupní teploty:

$$k_t = \frac{t_{TV} - t_{SV,L}}{t_{TV} - t_{SV,Z}} = \frac{55 - 15}{55 - 5} = 0,8$$

Roční potřeba tepla pro přípravu teplé vody:

$$E_{TV,A} = E_{TV,d} \cdot d + k_t \cdot E_{TV,d} (365 - d) = 68,85 \cdot 232 + 0,8 \cdot 68,85 (365 - 232) = 23,3 \text{ MWh/r}$$

Celková roční potřeba tepla přístavby:

$$E_{celkem,A} = E_{VYT,A} + E_{TV,A} = 21,85 + 23,30 = \mathbf{45,15 \text{ MWh/r}}$$

Spotřeba zemního plynu na pokrytí celkové roční potřeby tepla přístavby:

$$P_{ZP} = \frac{E_{celkem,A}}{H_{ZP} \cdot \eta_{KK}} = \frac{45,15 \cdot 1000}{9,5 \cdot 1,05} = 4526 \text{ m}^3$$

II.A.20 Technická zpráva (varianta A)

Předmětem projektové dokumentace je návrh systému teplovodního vytápění přístavby, která je stavební úpravou penzionu a restaurace v Modřicích.

II.A.20.a Základní údaje o objektu

Budova se nachází v obci Modřice v okrese Brno-venkov v Jihomoravském kraji na rovinném pozemku v zastavěné části obce ve výšce přibližně 204,5 m n.m. Venkovní výpočtová teplota této oblasti je -12 °C.

Objekt přístavby je nepodsklepený, třípodlažní, vyzděný z keramických tvárníc s plochou střechou. Výplně otvorů jsou plastové, okna jsou plastová s izolačním dvojsklem.

Přístavba umožňuje ubytování a stravování celkem 16 osob a parkování 5 motorových vozidel. Provoz probíhá celoročně sedm dní v týdnu. V prvním nadzemním podlaží přístavby se nachází garáž a jídelna. Ve druhém a třetím podlaží se nachází vždy 4 dvoulůžkové pokoje.

II.A.20.b Vstupní podklady

Výkresová dokumentace

- Projektová dokumentace pro stavební povolení

Použité normy a vyhlášky

- ČSN 06 0310 – Tepelné soustavy v budovách – Projektování a montáž
- ČSN 06 0320 – Tepelné soustavy v budovách – Příprava teplé vody
- ČSN 06 0830 – Tepelné soustavy v budovách – Zabezpečovací zařízení
- ČSN EN 12 828 – Tepelné soustavy v budovách – Navrhování teplovodních soustav
- ČSN EN 12 831 – Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu
- ČSN 73 0331-1 – Energetická náročnost budov – Typické hodnoty pro výpočet
- ČSN 73 0540-2 – Tepelná ochrana budov – Požadavky
- ČSN 73 0540-3 – Tepelná ochrana budov – Návrhové hodnoty veličin
- Vyhláška č. 193/2007 Sb., kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu energie a chladu
- Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby
- Vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb

Podklady firem

- Bosch Termotechnika s.r.o., obchodní divize Buderus
- Družstevní závod Dražice – strojírna s r.o.
- ESBE zastoupena REMAK a.s.
- Grundfos s r.o.
- IMI Heimeier společnosti IMI Hydronic Engineering
- KORADO, a.s.
- Paroc Group Oy
- Regulus spol. s r.o.

II.A.20.c Tepelné ztráty a potřeba tepla

Klimatické poměry

Lokalita:	Brno
Nadmořská výška:	204,5 m n. m.
Výpočtová venkovní teplota:	-12 °C

Vnitřní návrhové teploty

Garáž:	5 °C
Pokoje, jídelna:	20 °C
Koupelny:	24 °C

Tepelné ztráty konstrukcí

Výpočtové tepelně technické parametry stavebních konstrukcí vyhovují doporučeným hodnotám pro pasivní budovy uvedeným v normě ČSN 73 0540-2 – Tepelná ochrana budov - Požadavky.

Výpočtová tepelná ztráta prostupem je 4,36 kW, větráním 4,25 kW. Celková tepelná ztráta objektu tedy je 8,61 kW.

Potřeba tepla a spotřeba elektrické energie

Roční potřeba tepla pro vytápění je 21,85 MWh/r, pro přípravu teplé vody je 23,30 MWh/r. Celková roční potřeba tepla přístavby je 45,15 MWh/r.

Celková roční spotřeba zemního plynu na pokrytí celkové roční potřeby tepla je 4526 m³.

II.A.20.d Zdroj tepla

Zdrojem tepla pro vytápění a ohřev teplé vody je nástěnný plynový kondenzační kotel Logamax plus GB172-14 firmy Buderus. Rozsah výkonu kotle je 2,9-14,2 kW s účinností dosahující 105,5 %. Kotel obsahuje vlastní modulační oběhové čerpadlo, pojistný ventil s otevíracím přetlakem 3,0 bar, trojcestný ventil, expanzní membránovou nádobu o objemu 12 l, automatické odvzdušnění a tlakoměr.

Příprava teplé vody probíhá přednostně před vytápěním. Pro pokrytí potřeby tepla pro vytápění v době ohřevu teplé vody slouží akumulární nádoba NAD 750 v3 o objemu 772 l od firmy Družstevní závod Dražice – strojírna s.r.o.

V systému je proti překročení nejvyššího dovoleného přetlaku či podtlaku osazena expanzní nádoba AQUAFILL HS060 o objemu 60 l od firmy Regulus spol. s r.o. Expanzní nádoba je napojena potrubím DN 25 na vratné potrubí v blízkosti zdroje tepla.

Všechna tato zařízení jsou umístěna v prvním nadzemním podlaží v místnosti číslo 103 (technická místnost) stávající budovy. Větrání místnosti je přirozeně.

Spalinová cesta je řešena koncentrickým plastovým potrubím průměru 80/125 mm vyvedeným nad úroveň střechy. Tento kouřovod je dodáván společností Buderus jako příslušenství kotle.

Kondenzát z kotle a spalinové cesty bude sveden do podlahové vpusti.

II.A.20.e Otopná soustava

System vytápění je teplovodní, dvoutrubkový, s nuceným oběhem otopné vody. Potrubní rozvody jsou měděné, vedeny v tepelné izolaci podlahy, ve drážkách ve zdivu nebo v podhledu.

Na potrubí otopné vody z kotle je osazen přepínací ventil, který otopnou vodu směřuje do akumulární nádoby nebo do zásobníku pro přípravu teplé vody. Teplotní spád kotlového okruhu je 70/50 °C. Dodávku otopné vody zde zajišťuje kotlové čerpadlo.

Z akumulární nádoby je vyveden jeden okruh pro vytápění přístavby. Ten se dále dělí na tři větve odpovídající patřům budovy. Teplotní spád pro vytápění je 60/50 °C, regulace teploty otopné vody je zajištěna trojcestným směšovacím ventilem. Dodávku otopné vody v okruhu vytápění zajišťuje oběhové čerpadlo ALPHA2 25-40 130 od firmy Grundfos.

Otopná tělesa

Otopná tělesa systému jsou desková typu RADIK PLAN VK typu 21, trubková tělesa jsou typu KORALUX LINEAR CLASSIC – M nebo jsou osazeny podlahové konvektory s přirozenou konvekcí typu KORAFLEX Basic FKB hloubky 70 mm od firmy KORADO, a.s.

Desková a trubková tělesa jsou napojena ze stěny a dovolují regulaci termostatickou hlavici.

Tepelná izolace

Veškeré potrubní rozvody jsou opatřeny pouzdem z kaširované kamenné vlny s hliníkovou fólií na povrchu typu PAROC Hvac Section AluCoat T od firmy Paroc. Pro potrubí vedené v tepelné izolaci postačí poloviční tloušťka požadované tepelné izolace.

Požadované tloušťky tepelné izolace dle vyhlášky č. 193/2007 Sb.:

Rozměr potrubí	Tloušťka tepelné izolace
15x1	25 mm
18x1	30 mm
22x1	25 mm
28x1,5	40 mm
35x1,5	40 mm

Tepelná izolace akumulární nádoby a zásobníku teplé vody jsou příslušenstvím výrobků. Veškeré armatury budou izolovány dle jejich nominálních DN tak, abych nebránily funkčnosti.

Plnění a vypouštění otopné soustavy

První plnění otopné soustavy bude provedeno upravenou vodou. Doplnění vody do systému bude ručně přes vypouštěcí kohout v místnosti číslo 103 (technická místnost). Vypouštění soustavy bude prováděno vypouštěcími kohouty a kulovými kohouty s vypouštěním osazenými v nejnižších místech soustavy.

Regulace a měření otopné soustavy

Bude nainstalován jednoduchý systém měření a regulace ovládající servopohony třicestných ventilů a oběhové čerpadlo. Třicestný přepínací ventil bude řízen dle teploty vody v zásobníku. Přednostně bude probíhat příprava teplé vody. Třicestný směšovací ventil na větvi pro vytápění bude řízen v závislosti na venkovní teplotě. Zapojení a řešení regulace není součástí tohoto projektu.

Regulace otopných těles je možná na integrovaném termostatickém ventilu deskového tělesa, na trubkových tělesech na ventilové vložce Multilux 4 – setu a v případě podlahových konvektorů na termostatickém ventilu Calypso exact firmy IMI Heimeier.

Na patě stoupacího potrubí a na větvi pro vytápění prvního podlaží jsou osazeny vyvažovací ventily, které dovolují hydraulické seřízení, měření a diagnostiku systému. Na potrubí v blízkosti zásobníku teplé vody je osazen měřič tepla.

II.A.20.f Příprava teplé vody

Teplá voda je ohřívána na teplotu 55 °C ve stacionárním nepřímotopném zásobníku OKC 300 NTR/BP o objemu 296 l a výkonu 35 kW od firmy Družstevní závod Dražice – strojírna s.r.o., který je umístěn společně se zdrojem tepla v prvním nadzemním podlaží v místnosti číslo 103 stávající budovy. Teplotní spád otopné vody okruhu je 70/50 °C. Příprava teplé vody probíhá přednostně před vytápěním.

II.A.20.g Vzduchotechnika

V objektu je kombinované přirozené a nucené větrání dle účelu místnosti.

Garáž je větrána podtlakem pomocí ventilátoru, který sepne každou hodinu nebo při překročení hraniční hodnoty 50 ppm oxidu uhelnatého.

Pro jídelnu je navržena malá podstropní vzduchotechnická jednotka, která bude umístěna v místnosti č. 101 (garáž). Vzduchotechnická jednotka obsahuje entalpický výměník pro zpětné získávání tepla a elektrický ohříváč, který sepne při poklesu teploty v exteriéru pod -8 °C.

Pokoje pro hosty jsou větrány přirozeně. Koupelny navazující na tyto pokoje jsou větrány podtlakem pomocí ventilátorů odvádějících znehodnocený vzduch do exteriéru.

II.A.20.h Požadavky na ostatní profese

Stavební práce

Provedení opatření pro zhotovení systému vytápění dle technických požadavků výrobců jednotlivých zařízení. Především prostupů pro potrubní rozvody.

Měděné potrubí k otopným tělesům je vedeny v tepelné izolaci nad železobetonovou základovou deskou, opatřeny poloviční tloušťkou požadované tepelné izolace. V garáži je potrubí vedeno pod stropem, opatřeno tepelnou izolací, zavěšeno v upevňovacích prvcích. Vertikální rozvody jsou vedeny v drážce ve svislých konstrukcích.

Vytvoření prostupů pro kouřovod a zakrytí kouřovodu v chodbě druhého nadzemního podlaží příčkou.

Osazení větrací mřížky a podříznutí dveří technické místnosti pro zajištění větrání.

Zdravotechnika

Zajištění přívodu studené vody do technické místnosti pro doplňování otopné vody do soustavy a pro napojení zásobníku teplé vody. Ze zásobníku vést potrubí studené a teplé pitné vody a cirkulace.

Napojení podlahové vpusti a potrubí pro odvod kondenzátu v technické místnosti do kanalizace.

Plynoinstalace

Osazení plynoměru na potrubí vedoucímu ke kondenzačnímu kotli a napojení kotle na rozvod plynu.

Elektroinstalace

Zajištění připojení všech potřebných zařízení na elektrickou síť dle požadavků jednotlivých zařízení. Osazení minimálně 4 zásuvek s napětím 230 V v místnosti č. 103 (technická místnost).

II.A.20.i Montáž, uvedení do provozu a provoz

Zdroj tepla

Instalaci a uvedení zdroje tepla do provozu musí provádět osoba s kvalifikací a oprávněním k činnosti odpovídající rozsahu práce. Postup uvedení zdroje tepla do provozu je uveden v dokumentaci zařízení od výrobce. Instalace kondenzačního plynového kotle musí být oznámena u příslušného dodavatele plynu a on musí vydat povolení pro provoz.

Otopná soustava

Montáž a uvedení otopné soustavy do provozu se řídí dle normy ČSN 06 0310 – Tepelné soustavy v budovách – Projektování a montáž. Měděné potrubí je spojováno pájením naměkko. Montážní práce musí provádět kvalifikovaná osoba s osvědčením pro provádění použitých systémů. Před uvedením do provozu musí být provedeny všechny zkoušky instalovaných zařízení a musí být nastaveny veškeré seřizovací armatury dle projektu.

Zkoušky zařízení

Před uvedením otopné teplovodní soustavy do provozu se musí provést zkouška těsnosti a topná zkouška dle normy ČSN 06 0310. O všech zkouškách a přejímkách se provedou zápisy do stavebního deníku. U zkoušek bude přítomen dodavatel a investor.

Zkouška těsnosti se provede před zazděním drážek, zakrytím kanálů a provedením nátěrů a izolací. Soustava se zkouší naplněná vodou na nejvyšší dovolený přetlak určený v projektu. Soustava zůstane napuštěna nejméně 6 hodin, po kterých se provede prohlídka. Zkouška se považuje za úspěšnou, pokud se při prohlídce neobjeví netěsnosti nebo snížení přtlaku.

Topná zkouška se provádí teprve po provedení tlakové zkoušky. Má trvat nejméně 24 hodin. Pokládá se za úspěšnou při rovnoměrném prohřívání všech otopných těles. Součástí zkoušky je hydraulické vyvážení a zaregulování celého systému. Během této zkoušky se zaškolí obsluha zařízení, o čemž se provede záznam. Od dilatační zkoušky bylo z důvodu splnění podmínek dle normy ČSN 06 0310 a dohody mezi dodavatelem a odběratelem upuštěno.

O všech provedených zkouškách musí být sepsán protokol.

Způsob obsluhy a ovládání

Provozovatel je povinen zajistit obsluhující osobu, která je prokazatelně seznámena s bezpečnostními a provozními podmínkami zařízení, zacvičena k obsluze a má k dispozici návody a pokyny k obsluze zařízení. Obsluha bude pouze občasná, spočívající v kontrole funkce zařízení a v korekci nastavených uživatelských parametrů.

II.A.20.j Ochrana zdraví a životního prostředí

Vliv na životní prostředí

Plynový kondenzační kotel je stacionárním zdrojem znečištění ovzduší. Mimo to bude mít stavba minimální negativní vliv na životní prostředí.

Hospodaření s odpady

Při provádění, instalaci a provozu je nutno splnit požadavky na hospodaření s odpady dle zákona č.185/2001 Sb., o odpadech.

II.A.20.k Bezpečnost a požární ochrana

Bezpečnost při realizaci díla

Bezpečnost při realizaci díla zajišťuje zhotovitel ve smyslu zákona č. 262/2006 Sb., zákoník práce a zákon č. 309/2006 Sb., kterým se upravují požadavky na bezpečnost a ochranu zdraví při práci. Veškeré práce mohou provádět pouze osoby s odpovídající kvalifikací.

Bezpečnost při provozu a užívání zařízení

Při provozu zařízení smí obsluhu provádět pouze proškolená osoba. Při obsluze zařízení je nutno dodržovat postupy uvedené v návodech k obsluze zařízení a v pokynech pro obsluhu zařízení, které je povinen dodat zhotovitel těchto zařízení.

Požární ochrana

Minimální vzdálenost kouřovodu od hořlavých konstrukcí musí být deklarována výrobcem a dodržena. Prostupy komínu budou provedeny dle požadavků výrobce.

II.B Návrh kotelny celého objektu (varianta B)

II.B.1 Analýza objektu

Budova penzionu a restaurace se nachází v obci Modřice v okrese Brno-venkov v Jihomoravském kraji na rovinném pozemku v zastavěné části obce ve výšce 204,5 m n.m. Venkovní výpočtová teplota této oblasti je -12 °C.

Stávající budova je nepodsklepená, dvoupodlažní s půdorysem ve tvaru písmene L zabírajícím plochu 497 m². Ve vnitrobloku, který je tvořen sousedními budovami, je postavena nová přístavba. Svislé konstrukce stávajícího objektu jsou z cihel plných pálených. Podlaha na zemině je zhotovena ze železobetonu, stropy jsou trémové. Střecha je šikmá, zateplená. Původní výplně otvorů byly v roce 2015 měněny za plastové s izolačním dvojsklem. Aktuálně je nezbytná výměna stávajícího plynového kotle a zásobníku teplé vody.

V objektu můžeme nalézt tři funkčně oddělené části a to penzion, restauraci a bytovou jednotku. Restaurace, ve které je celkem 96 míst k sezení, se nachází v prvním nadzemním podlaží. Pension se 16 lůžky pro dočasné ubytování se nachází v západním křídle budovy ve druhém podlaží. Bytová jednotka pro čtyři osoby je umístěna v severním křídle ve druhém podlaží.

Stavební úprava objektu, která je popsána v kapitole II.A.1, řeší přístavbu o třech podlažích, jež umožní ubytování a stravování pro 16 osob. Bude vybudována garáž s 5 parkovacími stáními, 8 dvoulůžkových pokojů a jídelna pro ubytované osoby.

System vytápění přístavby bude shodný s variantou A, ve stávající budově bude zachován stávající otopný systém. Bude však navržena nová kotelna pro celý objekt.

II.B.2 Způsob větrání

Ve stávajícím objektu je kombinován systém přirozeného a nuceného větrání dle typu prostoru. Vzduchotechnická jednotka obsahuje deskový rekuperační výměník tepla pro zpětné získávání tepla, čímž je snížena tepelná ztráta větráním. Dohřev vzduchu je zajištěn vodním ohřívačem s protimrazovou ochranou.

Nucené větrání je použito v prostoru přípravy jídla, kde je nutno zajistit odvod tepla, vodní páry a oděrových látek. Systém větrání je navržen s mírným podtlakem pro zabránění šíření pachů do okolního prostředí. V kuchyni je použit přívod vzduchu zaplavováním přes velkoplošné výustě. Podíl přiváděného venkovního vzduchu nesmí klesnout pod 15 % celkového množství přiváděného vzduchu. Odvod vzduchu zajišťují odsávací zákryty s odlučovači tuku.

Výměna vzduchu v restauraci a jí náležitěmu hygienickému zázemí je řešena rovnotlakým nuceným vzduchotechnickým systémem.

Ostatní prostory jsou větrány přirozeně periodickým otevíráním oken a infiltrací vlivem vztlakových sil a dynamických účinků větru.

II.B.3 Výpočet tepelné ztráty celého objektu

Pro stanovení tepelné ztráty stávající budovy není možné použít přesný výpočet tepelných ztrát, jelikož nejsou známy skladby a materiály konstrukcí. Je proto využito výpočet vycházející z tzv. obálkové metody, kdy jsou počítány ztráty prostupem pouze ochlazovanými konstrukcemi. Ztráty větráním jsou vypočteny dle přibližné výměny vzduchu a druhu větracího systému. V případě nuceného větrání je součástí vzduchotechnické jednotky rekuperační výměník pro zpětné získávání tepla (ZZT).

Výpočtové teploty:

$t_i = 19\text{ °C}$	...převažující vnitřní teplota v otopném období
$t_{ZZT} = 15\text{ °C}$	...teplota vzduchu za výměníkem zpětného získávání tepla
$t_t = 5\text{ °C}$	...teplota v temperovaném prostoru
$t_m = 5\text{ °C}$	...průměrná teplota zeminy
$t_e = -12\text{ °C}$	...venkovní výpočtová teplota

Tabulka 13: Tepelné ztráty prostupem stávající budovy

Ochlazovaná konstrukce	Plocha konstrukce A_i [m ²]	Součinitel prostupu tepla U_i [W/(m ² ·K)]	Rozdíl teplot před a za konstrukcí Δt_i [K]	Tepelná ztráta konstrukce prostupem tepla $\Phi_{T,i} = A_i \cdot U_i \cdot \Delta t$ [W]
Obvodová stěna	341,4	1,20	31	12700,1
Stěna do temperovaného prostoru tl. 450 mm	9,4	1,35	14	177,7
Stěna do temperovaného prostoru tl. 380 mm	25,8	1,54	14	556,2
Okna do venkovního prostředí	61,4	1,20	31	2284,1
Střešní okna	14,6	1,30	31	588,4
Okna do temperovaného prostoru	1,4	1,50	14	29,4
Dveře do venkovního prostředí	15,3	1,20	31	569,2
Dveře do temperovaného prostoru	2,3	1,30	14	41,9
Podlaha na zemině	447,9	0,54	14	3386,1
Podlaha nad temperovaným prostorem	55,3	1,10	14	851,6
Střecha šikmá	559,3	0,34	31	5895,0
Celkem	1953,9			27080

Tabulka 14: Tepelné ztráty větráním stávající budovy

Typ prostoru	Systém větrání	Intenzita výměny vzduchu $n_{p,i}$ [h ⁻¹]	Objem vytápěného prostoru $V_{m,i}$ [m ³]	Rozdíl teplot přiváděného a požadovaného vzduchu Δt_i [K]	Tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}=0,34 \cdot V_{m,i} \cdot n_{p,i} \cdot \Delta t$ [W]
Příprava jídla	Nucené se ZZT	20	185,8	2	2526,8
Stravování	Nucené se ZZT	8	625,0	2	3400,0
Temperované prostory	Přirozené	0,5	253,9	17	734,8
Ostatní prostory	Přirozené	0,5	1109,8	31	5848,5
Celkem			2146,7		12510

Celková tepelná ztráta stávající budovy

$$\Phi_{HL, \text{stávající}} = \Phi_T + \Phi_V = 27080 + 12510 = 39590 \text{ W}$$

Celkový návrhový tepelný výkon pro vytápění celého objektu

$$Q_{VYT,B} = \Phi_{HL, \text{přístavba}} + \Phi_{HL, \text{stávající}} = 8611 + 39590 = 48201 \text{ W} = \mathbf{48,20 \text{ kW}}$$

II.B.4 Stanovení potřeby teplé vody a tepla pro přípravu teplé vody

Velikosti zásobníku pro celý objekt, který nahradí zásobník stávající, je závislá na počtu ubytovaných osob v penzionu, počtu osob žijících v bytové jednotce, připravených a vydaných jídel v restauraci a podlahové ploše pro úklid. Pro výpočet potřebné velikosti se uvažuje, že voda bude ohřívána v čase 6–24 hodin. Teplotní spád otopné vody pro přípravu teplé vody bude 75/55 °C. Tepelné ztráty během provozu budou přibližně 50 % v důsledku cirkulace.

Návrh je proveden dle ČSN 06 0320 – Tepelné soustavy v budovách – Příprava teplé vody – Navrhování a projektování a ČSN EN 12831-3 – Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu – Tepelný výkon pro soustavy přípravy teplé vody a charakteristika potřeb.

Vstupní údaje:

$n_o = 32$	...počet osob dočasně ubytovaných
$n_b = 4$	...počet osob trvale žijících v bytové jednotce
$n_j = 300$	...počet připravených a vydaných jídel
$S_p = 1060 \text{ m}^2$	...podlahová plocha pro úklid

Denní potřeba teplé vody:

$$V_o = V_{o,i} \cdot n_o = 0,06 \cdot 32 = 1,92 \text{ m}^3/\text{den}$$

$$V_b = V_{b,i} \cdot n_b = 0,082 \cdot 4 = 0,33 \text{ m}^3/\text{den}$$

$$V_j = V_{j,i} \cdot n_j = 0,0015 \cdot 300 = 0,45 \text{ m}^3/\text{den}$$

$$V_u = V_{u,p} \cdot S_p = 0,02 \cdot (1060/100) = 0,21 \text{ m}^3/\text{den}$$

Celková denní potřeba teplé vody:

$$V_p = V_o + V_b + V_j + V_u = 1,92 + 0,33 + 0,45 + 0,21 = 2,91 \text{ m}^3/\text{den}$$

Teplu odebrané, ztracené a celkové:

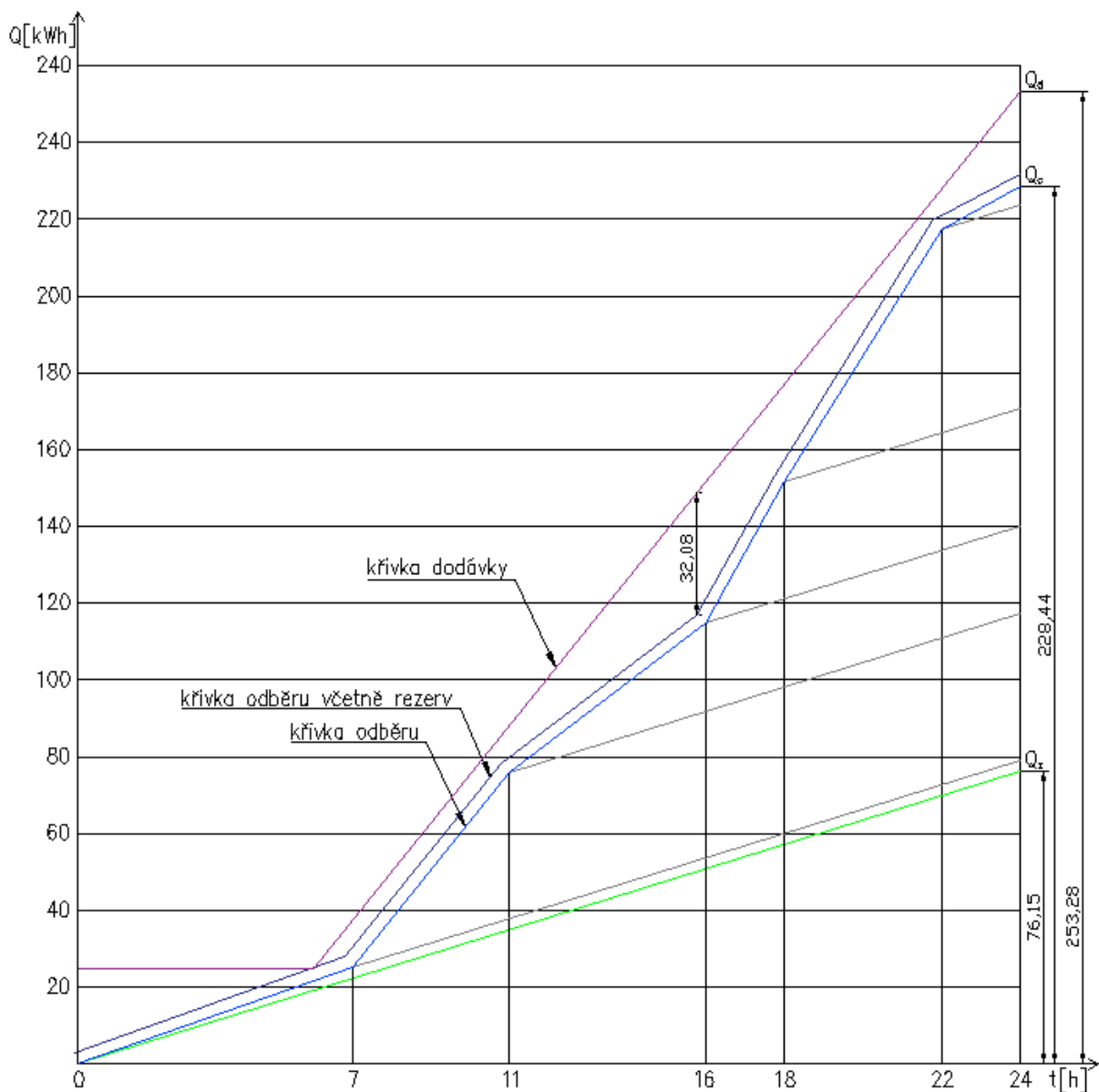
$$Q_o = 1,163 \cdot V_p \cdot \Delta t = 1,163 \cdot 2,91 \cdot (55 - 10) = 152,29 \text{ kW}$$

$$Q_z = Q_t \cdot z = 152,29 \cdot 0,5 = 76,15 \text{ kW}$$

$$Q_{c,B} = Q_t + Q_z = 152,29 + 76,15 = 228,44 \text{ kW}$$

Tabulka 15: Rozdělení odběru tepla během dne v celém objektu (varianta B)

Čas odběru [h]	0-7	7-11	11-16	16-18	18-22	22-24
Délka odběru [h]	7	4	5	2	4	2
Podíl odběru [%]	2	25	15	20	35	3
Teplu odebrané [kWh]	3,02	38,07	22,84	30,46	53,30	4,57
Teplu celkem [kWh]	4,57	57,11	34,27	45,69	79,95	6,85



Obrázek 31: Křivka dodávky a odběru tepla celého objektu (varianta B)

II.B.5 Návrh zásobníku teplé vody

Navrhovaný zásobník (Z) nahradí stávající zásobník. Bude sloužit pro přípravu teplé vody pro celý objekt. Pro jeho návrh jsou použity hodnoty odečtené z grafu (viz obrázek 31).

Vstupní údaje:

$\Delta Q_{\max} = 32,08 \text{ kW}$... maximální rozdíl tepla mezi křivkou dodávky a odběru

$Q_d = 253,28 \text{ kW}$... celková dodávka tepla

Velikost zásobníku:

$$V_z = \frac{\Delta Q_{\max}}{1,163 \cdot (t_2 - t_1)} = \frac{32,08}{1,163 \cdot (55 - 10)} = 0,61 \text{ m}^3$$

Jmenovitý výkon:

$$Q_n = \frac{Q_d}{\tau} = \frac{253,28}{18} = 14,07 \text{ kW}$$

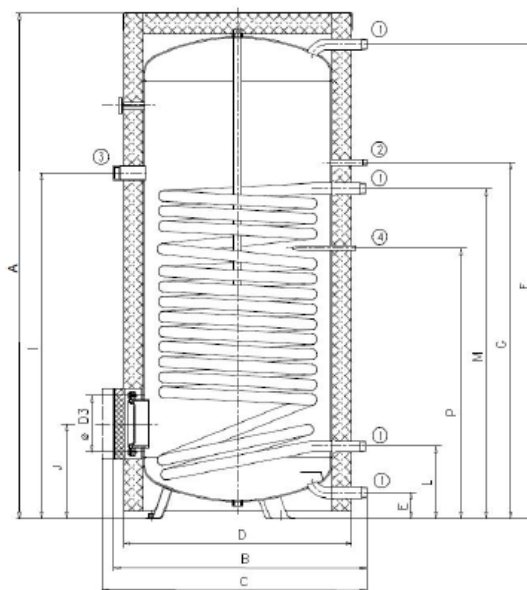
Potřebná teplosměnná plocha zásobníku:

$$\Delta t = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{(T_1 - t_2)}{(T_2 - t_1)}} = \frac{(75 - 55) - (55 - 10)}{\ln \frac{(75 - 55)}{(55 - 10)}} = 30,83 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$A_z = \frac{Q_n \cdot 10^3}{U \cdot \Delta t} = \frac{14,07 \cdot 10^3}{420 \cdot 30,83} = 1,09 \text{ m}^2$$

Volím nepřímotopný stacionární zásobník **OKC 750 NTR/BP o objemu 725 l** od firmy Družstevní závod Dražice – strojírna s.r.o. Zásobník bude opatřen tepelnou izolací.

MODEL		OKC 750 NTR/BP
OBJEM ZÁSOBNÍKU	l	725
PRŮMĚR	mm	910
HMOTNOST	kg	208
PROVOZNÍ TLAK TEPLÉ VODY	bar	10
PROVOZNÍ TLAK TOPNÉ VODY	bar	10
MAX. PROVOZNÍ TEPLOTA VE VÝMĚNÍKU	°C	110
MAX. PROVOZNÍ TEPLOTA V NÁDOBĚ	°C	95
VÝHŘEVNÁ PLOCHA HORNÍHO VÝMĚNÍKU	m ²	-
VÝHŘEVNÁ PLOCHA SPODNÍHO VÝMĚNÍKU	m ²	3,7
VÝKONNOSTNÍ ČÍSLO DLE DIN 4708 HORNÍHO VÝMĚNÍKU	NL	-
VÝKONNOSTNÍ ČÍSLO DLE DIN 4708 SPODNÍHO VÝMĚNÍKU	NL	30,5
VÝKON HORNÍHO / SPODNÍHO VÝMĚNÍKU PŘI TEPLOTĚ TOPNÉ VODY 80 °C A PRŮTOKU 720 l/h *	kW	- /99
TRVALÝ VÝKON TEPLÉ VODY ¹ HORNÍHO / SPODNÍHO VÝMĚNÍKU	l/h	- /2440
DOBA OHŘEVU HORNÍM / SPODNÍM VÝMĚNÍKEM Z 10 °C NA 60 °C	min	- /24
TŘÍDA ENERGETICKÉ ÚČINNOSTI		C
STATICKE ZTRÁTY	W	127



OKC 750 NTR/BP	
A	2030
B	1030
C	max. 1140
D	910
D3	225
E	106
F	1890
G	1422
I	1380
J	383
L	293
M	1319
P	1081
①	5/4" vnější
②	3/4" vnější
③	6/4" vnitřní
④	1/2" vnitřní

Obrázek 32: Zásobník OKC 750 NTR/BP [9]

II.B.6 Stanovení výkonu ohřivače vzduchotechnické jednotky

Potřebný výkon ohřivače vzduchotechnické (VZT) jednotky (viz kapitola II.B.2) je možné určit na základě požadavků pro větrání v prostorech stávajícího objektu s nuceným větráním, kterým je celý funkční celek restaurace (viz kapitola II.B.3).

Vstupní údaje:

$V_{su} = 8700 \text{ m}^3/\text{h}$	...objem přiváděného vzduchu
$t_e = -12 \text{ }^\circ\text{C}$	...teplota exteriéru v zimě
$t_{su} = 19 \text{ }^\circ\text{C}$	...teplota přiváděného vzduchu
$t_o = 23 \text{ }^\circ\text{C}$	...teplota odváděného vzduchu
$\eta_{rec,z} = 73 \%$	...účinnost výměníku ZZT

Teplota vzduchu za výměníkem ZZT:

$$\varphi = \frac{t_{ZZT} - t_e}{t_o - t_e}$$

$$t_{rec,z} = \eta_{rec,z} \cdot (t_o - t_e) + t_e = 0,73 \cdot (23 - (-12)) + (-12) = 13,55 \text{ }^\circ\text{C}$$

Potřebný výkon ohřivače VZT:

$$Q_{VZT,B} = 0,34 \cdot V_{su} \cdot (t_{su} - t_{rec,z}) = 0,34 \cdot 8700 \cdot (19 - 13,55) = 16,12 \text{ kW}$$

V jednotce vzduchotechniky se nachází vodní ohřivač s potřebným výkonem **16,12 kW**, který dohřívá vzduch za ZZT na požadovanou teplotu přívodního vzduchu.

II.B.7 Návrh zdroje tepla

Výpočet potřeby tepla pro vytápění celého objektu vychází z určení tepelné ztráty přístavby a stávajícího objektu (viz kapitola II.B.3) při venkovní návrhové teplotě $-12 \text{ }^\circ\text{C}$. Návrhový tepelný výkon pro vytápění celé budovy je 48,20 kW.

Stanovený výkon ohřivače vzduchotechnické jednotky (viz kapitola II.B.6) a tedy potřebný výkon zdroje tepla pro VZT je 16,12 kW.

Potřebný výkon zdroje tepla pro přípravu teplé vody vychází z návrhu zásobníku teplé vody (viz kapitola II.B.5), kterému je pro ohřev potřebného množství vody z $10 \text{ }^\circ\text{C}$ na $55 \text{ }^\circ\text{C}$ během 18 hodin zapotřebí dodávat 14,07 kW.

Požadovaný výkon zdroje tepla pro celý objekt:

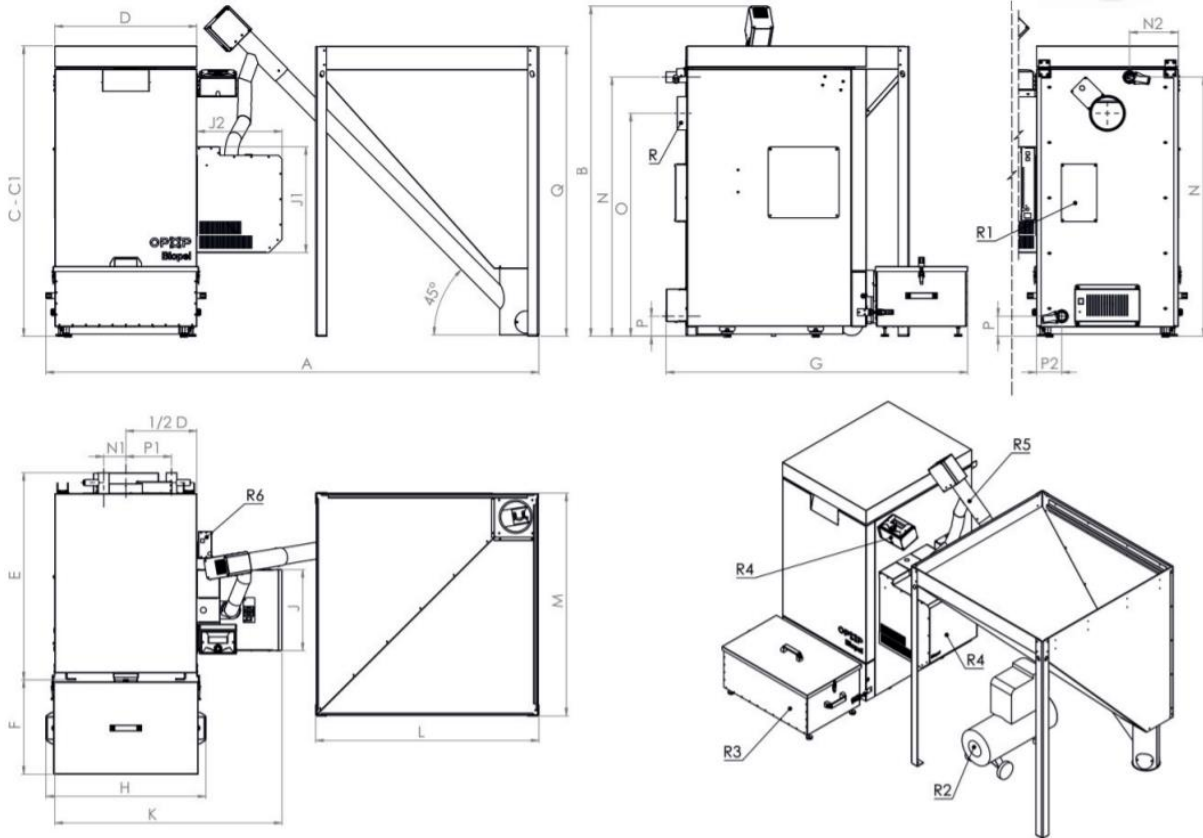
$$Q_{KP} = 0,7Q_{VYT,B} + 0,7Q_{VZT,B} + Q_{TV,B} = 0,7 \cdot 48,2 + 0,7 \cdot 16,12 + 14,07 = 59,1 \text{ kW}$$

Zdrojem tepla bude automatický peletový kotel **Biopel 60** výrobce OPOP spol. s r.o. o výkonu **15,5–63,5 kW** s deskovým výměníkem, hořákem na pravé straně a podavačem pelet délky 2 m. Předepsaným palivem jsou dřevěné pelety o průměru 6–8 mm.

Kotel bude v kotelně umístěn na betonovém soklu výšky 50 mm.

MODEL KOTLE		BIOPEL 60	BIOPEL 80
technické parametry			
Jmenovitý tepelný výkon	[kW]	60	80
Naměřený jmenovitý výkon	[kW]	63,5	84,4
Naměřený minimální výkon	[kW]	15,5	19,96
Účinnost	[%]	90,6	90,1
Třída kotle podle EN 303-5:2013		5	5
Předepsané palivo		dřevěné pelety 6-8mm	
Spotřeba paliva (naměřený jmen. výkon)	[kg/hod]	15,1	20,1
Spotřeba paliva (naměřený min. výkon)	[kg/hod]	3,9	5,2
Maximální provozní teplota topné vody	[°C]	85	85
Minimální teplota topné vody	[°C]	70	70
Minimální teplota vratné vody	[°C]	65	65
Teplota spalin	[°C]	117,8	131,9
Minimální teplota spalin	[°C]	60	60
Požadovaný tah komína	[Pa]	10-15	
Maximální provozní tlak vody	[MPa]	2	2
Minimální provozní tlak vody	[MPa]	1,5	1,5
Maximální zkušební tlak vody	[MPa]	4	4
Připojovací napětí	[V/Hz]	230V/50Hz±10%	
Elektrický příkon provozní/maximální	[W]	93/393	188/488
Hmotnost kotle bez vody	[kg]	385	480
Hmotnost kotle s vodou	[kg]	480	610
Vodní objem kotle	[l]	95	130
Hlučnost	[dB]	51,5 - 67	
Hmotnostní průtok spalin při jmen. výkonu	[kg/s]	0,043	0,047
Elektrické krytí		IP 20	IP 20
Tloušťka stěn kotlového tělesa (voda/plamen)	[mm]	6	6
Tloušťka stěn kotlového tělesa (voda)	[mm]	3	3

MODEL KOTLE		BIOPEL 60	BIOPEL 80
rozměry			
Typ nátrubku: výstup / vstup (vnitřní závit)	Js	G1 1/4"	
Připojení pro vypouštění a napouštění (vnitřní závit)	Js	G 1/2"	
C - výška kotle	[mm]	1312	
C1 - výška kotle s otevřeným víkem	[mm]	2027	2144
D - šířka kotle	[mm]	641	743
E - hloubka kotle	[mm]	936	1036
F - hloubka popelníku autom. odpopel.	[mm]	427	427
G - celková hloubka s popelníkem	[mm]	1362	1462
H - šířka popelníku autom. odpopel.	[mm]	723	823
J - šířka krytu hořáku	[mm]	366	366
J1 - výška krytu hořáku	[mm]	479	554
J2 - hloubka krytu hořáku	[mm]	385	395
K - celková šířka kotle	[mm]	1026	1139
N - umístění nátrubku výstupní vody od země	[mm]	1171	1164
N1 - umístění nátrubku výstupní vody od středu kotle	[mm]	100	196
N2 - umístění nátrubku výstupní vody od boku kotle	[mm]	221	176
O - umístění kouřovodu od země	[mm]	1007	1007
P - umístění nátrubku vstupní vody od země	[mm]	90	90
P1 - umístění nátrubku vstupní vody od středu kotle	[mm]	206	206
P2 - umístění nátrubku vstupní vody od boku kotle	[mm]	115	166
R - průměr kouřovodu	[mm]	150	178
R1 - lambda sonda			
R2 - kompresor			
R3 - popelník autom. odpopelnění			
R4 - ovládací jednotka			
R5 - peletový podavač			
R6 - patice hořáku biopel burner			



Obrázek 33: Peletový kotel BioPel 60 [25]

II.B.8 Návrh akumulční nádoby

Otopný systém bude doplněn akumulční nádobou (AN), která sníží počet přerušení provozu kotle během nočních hodin, kdy je výkon zapotřebí jen pro vytápění obývaných místností.

Minimální objem akumulční nádoby daný výrobcem kotle:

$$V_{AN,B,min} = 20 \cdot Q_{KP} = 20 \cdot 63,5 = 1270 \text{ l} \rightarrow \text{volím AN o objemu } 1507 \text{ l}$$

Množství tepla uloženého v AN při uvažovaném rozdílu teplot vody dodávané a odebírané:

$$Q_{AN,B} = 1,163 \cdot V_{AN,B} \cdot (t_{p,KP} - t_{p,VYT}) = 1,163 \cdot 1507 \cdot (80 - 60) = 35053 \text{ Wh}$$

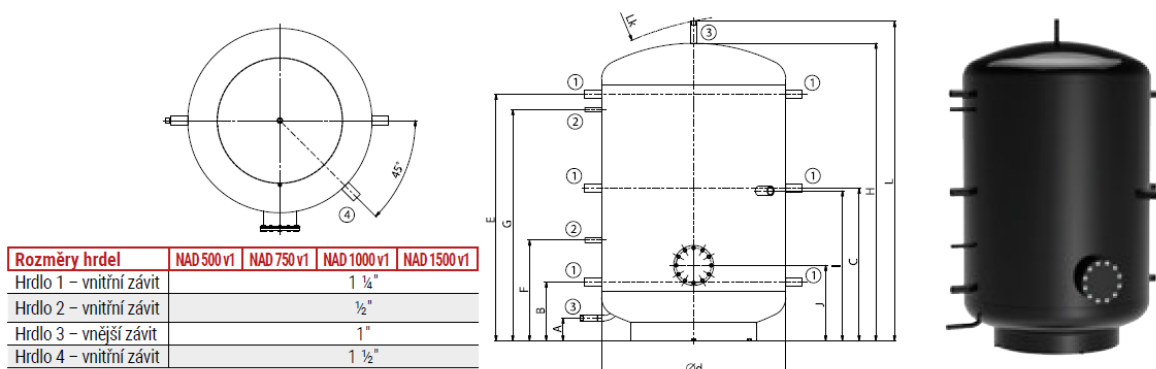
Doba vybití během noci vytápěním při venkovní teplotě $-12 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$\tau_{vybití} = \frac{Q_{AN,B}}{Q_{VYT,B,noc}} = \frac{35053}{24920} = 1,41 \text{ h} = 85 \text{ min}$$

Doba nabíjení během současného vytápění během noci při venkovní teplotě $-12 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$\tau_{nabití} = \frac{Q_{AN,B}}{Q_{KP} - Q_{VYT,B,noc}} = \frac{35053}{63500 - 24920} = 0,91 \text{ h} = 55 \text{ min}$$

Navrhuji akumulční nádrž **NAD 1500 v1 o objemu 1507 l** od firmy Družstevní závod Dražice – strojírna s.r.o., která pokryje potřebu tepla pro vytápění během noci po dobu 85 minut při venkovní teplotě $-12 \text{ }^\circ\text{C}$. Akumulční nádoba bude opatřena tepelnou izolací.



Rozměry hrdel	NAD 500 v1	NAD 750 v1	NAD 1000 v1	NAD 1500 v1
Hrdlo 1 – vnitřní závit			1 ¼"	
Hrdlo 2 – vnitřní závit			½"	
Hrdlo 3 – vnější závit			1"	
Hrdlo 4 – vnitřní závit			1 ½"	

Technické parametry		NAD 500 v1	NAD 750 v1	NAD 1000 v1	NAD 1500 v1	NAD 2000 v1
Objednací číslo		121380393	121680393	121580393	122180393	122280393
Celkový objem nádrže	[l]	475	772	999	1507	2007
Hmotnost (Netto)	[kg]	85	109	126	204	247
Max. provozní teplota / přetlak v nádobě	[°C] / [bar]	90 / 3				
Tloušťka izolace (Neodul LB PP)	[mm]	80				
Tepelná vodivost izolace (Neodul LB PP)	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	0,032				
Objednací číslo izolace (Neodul LB PP)		6231902	6231904	6231905	6231710	6231711
Max. počet x výkon TPK 210-12	[ks] x [kW]	1 x 12				
Max. počet x výkon TJ 6/4"	[ks] x [kW]	1 x 9				
Energetická třída (Neodul LB PP)		C				
Statická ztráta (Neodul LB PP)	[W]	83	122	135	165	185

Rozměry nádrží		NAD 500 v1	NAD 750 v1	NAD 1000 v1	NAD 1500 v1	NAD 2000 v1
Průměr nádrže	∅ d	600	750	850	1100	1100
Celková výška nádrže	L	1970	2028	2040	1906	2436
Klopná výška	L _k	1990	2050	2060	1925	2480
Výška nádrže	H	1847	1903	1916	1778	2307
Vypouštěcí hrdlo	A	100	100	100	135	135
Hrdlo Z/T okruhů	B	270	282	297	350	350
Hrdlo Z/T okruhů	C	958	970	985	910	1175
Hrdlo Z/T okruhů	E	1644	1656	1671	1470	2000
Hrdlo jímky pro čidlo	F	505	517	532	600	600
Hrdlo jímky pro čidlo	G	1554	1566	1581	1380	1910
Hrdlo topné jednotky TJ 6/4"	I	937	950	965	895	1160
Hrdlo příruby	J	353	366	381	450	450

Obrázek 34: Akumulční nádoba NAD 1500 v1 [9]

II.B.9 Návrh potrubí

Nově instalované potrubí bude stejně jako stávající potrubí **měděné**. Rozvody otopné vody budou vedeny především pod stropem skryty v podhledu.

Veškeré potrubí bude izolováno potrubním pouzdem z kaširované kamenné vlny s hliníkovou fólií na povrchu typu **PAROC Hvac Section AluCoat T** od firmy Paroc Group se součinitelem tepelné vodivosti $\lambda_{10^\circ\text{C}} = 0,033 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$. Požadované tloušťky tepelné izolace dle vyhlášky č. 193/2007 Sb. viz kapitola II.A.11.

Tabulka 16: Dimenzování rozvodů (varianta B)

Název okruhu	Δt [K]	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	D×t [mm]	R [Pa/m]	w [m/s]	$\sum \xi$ [-]	Z [Pa]	Δp_{dis} [Pa]
Z kotle do AN (KP)	15	63500	3640,0	16,8	42x1,5	197,9	0,87	31,9	12073	15400
Z AN do HVDT (HVDT)	20	57903	3000,0	103,2	42x1,5	135,7	0,71	45,5	11468	25470
Příprava teplé vody (Z)	20	14070	604,9	23,2	22x1	192,2	0,55	24,9	3766	8230
Vytápění přístavba (VYT-1)	10	9673	831,7	-	22x1	111,2	0,48	-	-	-
Vytápění stávající (VYT-2)	20	39590	1702,1	-	35x1,5	127,2	0,60	-	-	-
Vzduchotechnika (VZT)	20	16120	693,0	-	28x1,5	82,6	0,40	-	-	-

Kompenzace délkové roztažnosti rovných dlouhých úseků bude řešena L kompenzátory nebo U kompenzátory.

Délková změna potrubí:

$$\Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta t \quad [\text{mm}]$$

l_0 ...délka trubky při montážní teplotě [m]

α ...součinitel délkové roztažnosti [mm/(m.K)]

Δt ...rozdíl mezi teplotou montážní a provozní [K]

Volná délka pružného ramene:

$$L_p = C \cdot \sqrt{d \cdot \Delta l} \quad [\text{mm}]$$

C ...materiálová konstanta [-]

d ...průměr potrubí [mm]

Tabulka 17: Délková roztažnost potrubí a rozměry volné délky kompenzátoru (varianta B)

Materiál	d [mm]	l_0 [m]	α [mm/(m.K)]	C [-]	Δl [mm]	L_p [mm]
Měď	42	8,5	0,017	61	7	1008
Měď	42	5,6	0,017	61	4	818
Měď	42	6,1	0,017	61	5	856

II.B.10 Návrh třicestného směšovacího ventilu

Třicestný směšovací ventil (TSV-2) bude sloužit k regulaci teploty otopné vratné vody do kotle, jejíž minimální požadovaná teplota je 65 °C. Aby byl splněn tento požadavek a bylo zabráněno nízkoteplotní korozi kotle, bude do této vody přimíchávána otopná voda s vyšší teplotou vystupující z kotle. Automatický provoz a regulace tohoto třicestného směšovacího ventilu bude zajištěna servopohonem.

Vstupní údaje:

$\Delta p_{\text{dis,KP}} = 15400 \text{ Pa}$...dispoziční přetlak okruhu z peletového kotle do AN
 $M_{\text{KP}} = 3640 \text{ kg/h}$...hmotnostní průtok okruhu

Průtokový součinitel při uvažované autoritě hodnoty 0,5:

$\Delta p_{\text{TSV-2}} = a \cdot \Delta p_{\text{dis,KP}} = 0,5 \cdot 15400 = 7700 \text{ Pa} = 7,70 \text{ kPa}$

$$k_v = \frac{0,01 \cdot M_{\text{KP}}}{\sqrt{\Delta p_{\text{TSV-2}}}} = \frac{0,01 \cdot 3640}{\sqrt{7,70}} = 13,11 \text{ m}^3/\text{h}$$

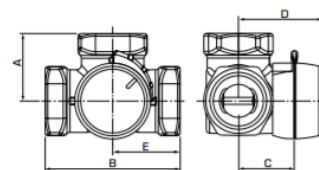
Tlaková ztráta ventilu při $k_v=16$:

$$\Delta p_{\text{TSV-2},k_v=16} = \left(\frac{0,01 \cdot M_{\text{KP}}}{k_v} \right)^2 = \left(\frac{0,01 \cdot 3640}{16} \right)^2 = 5,18 \text{ kPa} = 5175 \text{ Pa}$$

Skutečná autorita ventilu:

$$a_{\text{TSV-2}} = \frac{\Delta p_{\text{TSV-2},k_v=16}}{\Delta p_{\text{dis,KP}}} = \frac{5175}{15400} = 0,34$$

Navrhuji třicestný směšovací ventil řady **VRG131**, **DN 32**, $k_v = 16$ se servopohonem ARA600 s trojbodovým řízením od firmy ESBE.



VRG131 vnitřní závit

Č. výt.	Označení	DN	Kvs	Připojení	A	B	C	D	E	Hmotnost [kg]	Poznámka
11600100	VRG131	15	0,4	Rp 1/2"	36	72	32	50	36	0,40	
11600200			0,63								
11600300			1								
11600400			1,6								
11600500			2,5								
11600600			4								
11600700		20	2,5	Rp 3/4"	36	72	32	50	36	0,43	
11600800			4								
11600900			6,3								
11601000		25	6,3	Rp 1"	41	82	34	52	41	0,70	
11601100			10								
11601200		32	16	Rp 1 1/4"	47	94	37	55	47	0,95	
11603400		40	25	Rp 1 1/2"	53	106	44	62	53	1,68	
11603600		50	40	Rp 2"	60	120	46	64	60	2,30	

Obrázek 35: Specifikace směšovacího třicestného ventilu VRG131 [23]

II.B.11 Návrh oběhových čerpadel

V otopném systému se bude nacházet několik oběhových čerpadel (Č) zajišťujících dodávku vody po celém objektu. Všechna navržená oběhová čerpadla budou mokroběžná se zapuštěným rotorem od firmy Grundfos.

Vstupní údaje:

$\Delta p_{\text{dis,KP+TSV-2+ZK}} = 22075 \text{ Pa}$...celkový dispoziční přetlak okruhu z peletového kotle do AN

$M_{\text{KP}} = 3640 \text{ kg/h}$...hmotnostní průtok větve pro vytápění

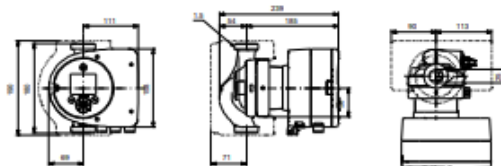
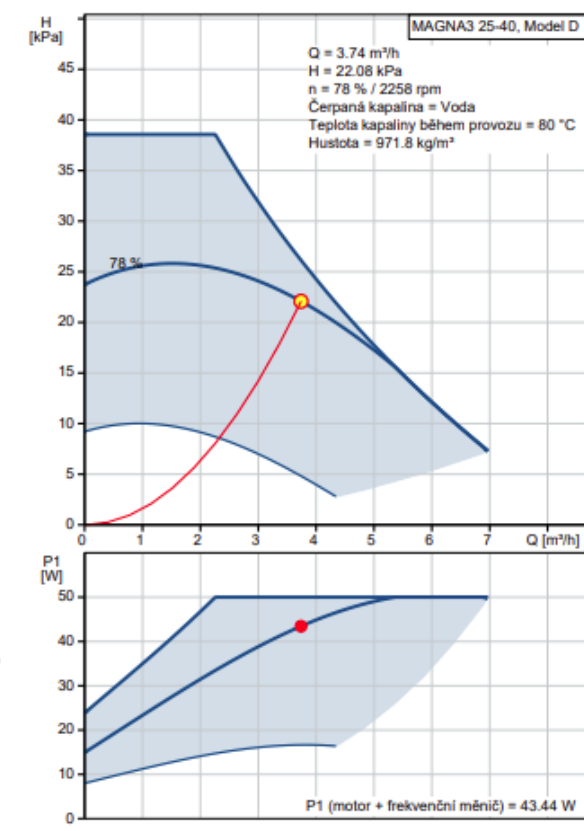
$\rho_{80^\circ\text{C}} = 972 \text{ kg/m}^3$...hustota vody při 80°C

Objemový průtok:

$$Q_{V,\text{KP}} = \frac{M_{\text{KP}}}{\rho_{80^\circ\text{C}}} = \frac{3640}{972} = 3,74 \text{ m}^3/\text{h}$$

Pro dodávku otopné vody z peletového kotle do akumulární nádrže je navrženo oběhové čerpadlo (Č-2) **MAGNA3 25-40**.

Popis	Hodnota
Všeobecná informace:	
Název výrobku:	MAGNA3 25-40
Objednací číslo:	Na vyžádání
EAN kód::	Na vyžádání
Tech.:	
Skutečná vypočítaná hodnota průtoku:	3.74 m ³ /h
Výsledná dopravní výška čerpadla:	22.08 kPa
Max. dopravní výška:	40 dm
Teplotní třída TF:	110
Schval. značky na typovém štítku:	CE, VDE, EAC, CN ROHS, WEEE
Model:	D
Materiály:	
Těleso čerpadla:	Litina
Těleso čerpadla:	EN-GJL-200
Těleso čerpadla:	ASTM A48-200B
Oběžné kolo:	PES 30%GF
Instalace:	
Rozsah okolní teploty:	0 .. 40 °C
Maximální provozní tlak:	10 bar
Potrubní přípojka:	G 1 1/2"
Jmenovitý tlak:	PN 10
Vzdálenost mezi sacím a výtlačným hrdlem:	180 mm
Kapalina:	
Čerpaná kapalina:	Voda
Rozsah teploty kapaliny:	-10 .. 110 °C
Vybraná teplota kapaliny:	80 °C
Hustota:	971.8 kg/m ³
Elektrické údaje:	
Příkon - P1:	9 .. 50 W
Frekvence el. sítě:	50 / 60 Hz
Jmenovité napětí:	1 x 230 V
Max. spotřeba el. proudu:	0.09 .. 0.46 A
Krytí (IEC 34-5):	X4D
Třída izolace (IEC 85):	F
Jiné:	
Energet. účinnost (EEI):	0.18
Čistá hmotnost:	4.81 kg
Hrubá hmotnost:	5.27 kg



Obrázek 36: Oběhové čerpadlo Č-2 – MAGNA3 25-40 [24]

Vstupní údaje:

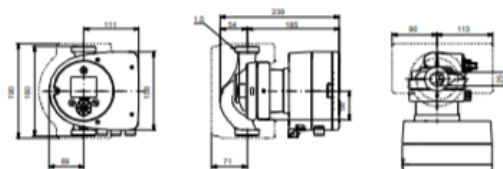
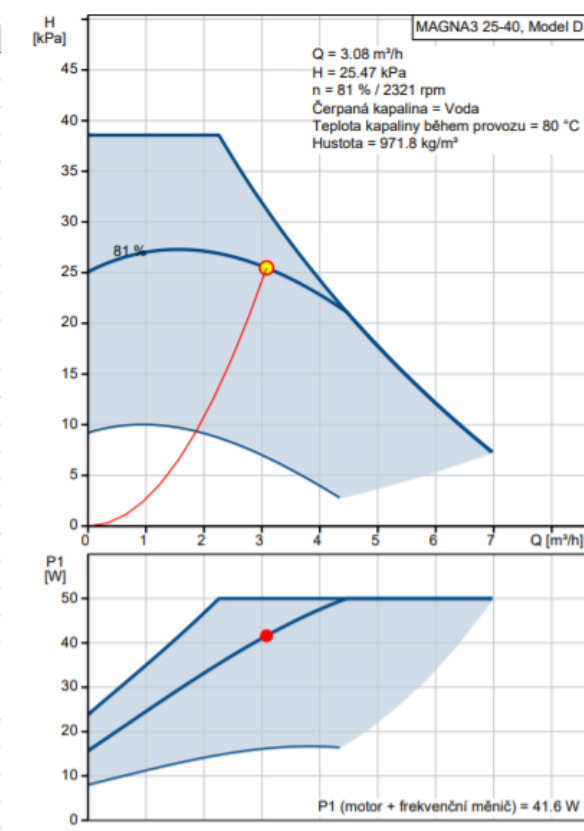
$\Delta p_{\text{dis, HVDT}} = 25470 \text{ Pa}$... celkový dispoziční přetlak okruhu z AN do HVDT
 $M_{\text{HVDT}} = 3000 \text{ kg/h}$... hmotnostní průtok okruhu z AN do HVDT
 $\rho_{75^\circ\text{C}} = 975 \text{ kg/m}^3$... hustota vody při 75 °C

Objemový průtok:

$$Q_{V, \text{HVDT}} = \frac{M_{\text{HVDT}}}{\rho_{75^\circ\text{C}}} = \frac{3000}{975} = 3,08 \text{ m}^3/\text{h}$$

Dodávku otopné vody pro stávající budovu bude z AN umístěné v kotelně do HVDT umístěného v jiné části budovy zajišťovat oběhové čerpadlo (Č-3) **MAGNA3 25-40**.

Popis	Hodnota
Všeobecná informace:	
Název výrobku:	MAGNA3 25-40
Objednávací číslo:	Na vyžádání
EAN kód::	Na vyžádání
Techn.:	
Skutečná vypočítaná hodnota průtoku:	3.08 m ³ /h
Výsledná dopravní výška čerpadla:	25.47 kPa
Max. dopravní výška:	40 dm
Teplotní třída TF:	110
Schval. značky na typovém štítku:	CE, VDE, EAC, CN ROHS, WEEE
Model:	D
Materiály:	
Těleso čerpadla:	Litina
Těleso čerpadla:	EN-GJL-200
Těleso čerpadla:	ASTM A48-200B
Oběžné kolo:	PES 30%GF
Instalace:	
Rozsah okolní teploty:	0 .. 40 °C
Maximální provozní tlak:	10 bar
Potrubií přípojka:	G 1 1/2"
Jmenovitý tlak:	PN 10
Vzdálenost mezi sacím a výtlačným hrdlem:	180 mm
Kapalina:	
Čerpaná kapalina:	Voda
Rozsah teploty kapaliny:	-10 .. 110 °C
Vybraná teplota kapaliny:	75 °C
Hustota:	974.8 kg/m ³
Elektrické údaje:	
Příkon - P1:	9 .. 50 W
Frekvence el. sítě:	50 / 60 Hz
Jmenovité napětí:	1 x 230 V
Max. spotřeba el. proudu:	0.09 .. 0.46 A
Krytí (IEC 34-5):	X4D
Třída izolace (IEC 85):	F
Jiné:	
Energet. účinnost (EEI):	0.18
Čistá hmotnost:	4.81 kg
Hrubá hmotnost:	5.27 kg



Obrázek 37: Oběhové čerpadlo Č-3 – MAGNA3 25-40 [24]

Vstupní údaje:

$\Delta p_{\text{dis}, Z+ZK+MT} = 13580 \text{ Pa}$... celkový dispoziční přetlak okruhu pro přípravu teplé vody

$M_Z = 604,9 \text{ kg/h}$... hmotnostní průtok okruhu pro přípravu teplé vody

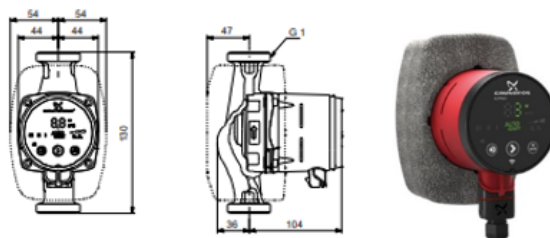
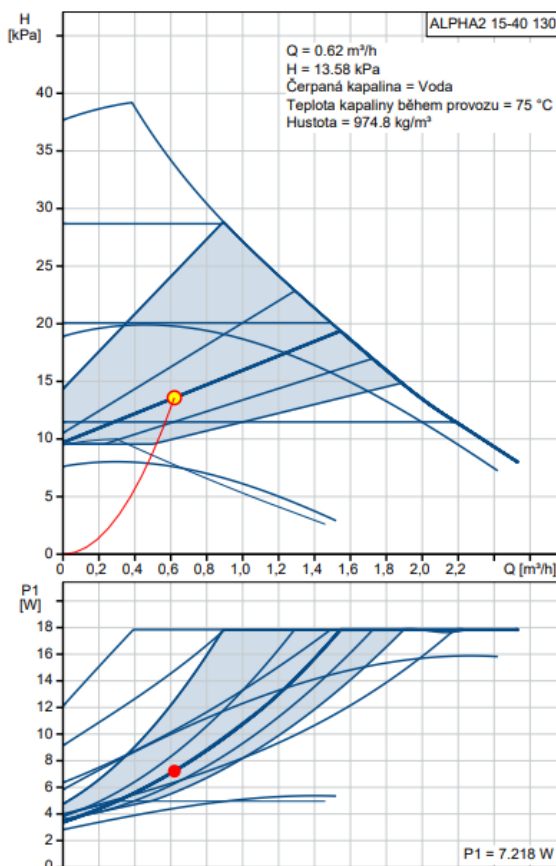
$\rho_{75^\circ\text{C}} = 975 \text{ kg/m}^3$... hustota vody při 75°C

Objemový průtok:

$$Q_{v,z} = \frac{M_Z}{\rho_{75^\circ\text{C}}} = \frac{604,9}{975} = 0,62 \text{ m}^3/\text{h}$$

Otopná voda bude do zásobníku pro přípravu teplé vody dopravována pomocí oběhového čerpadla (Č-4) **ALPHA2 15-40 130**.

Popis	Hodnota
Všeobecná informace:	
Název výrobku:	ALPHA2 15-40 130
Objednávací číslo:	Na vyžádání
EAN kód::	Na vyžádání
Techn.:	
Skutečná vypočítaná hodnota průtoku:	0.62 m ³ /h
Výsledná dopravní výška čerpadla:	13.58 kPa
Max. dopravní výška:	40 dm
Teplotní třída TF:	110
Schval. značky na typovém štítku:	VDE,CE,EAC
Model:	E
Materiály:	
Těleso čerpadla:	Litina
Těleso čerpadla:	EN-GJL-150
Těleso čerpadla:	ASTM A48-150B
Oběžné kolo:	PES 30%GF
Instalace:	
Rozsah okolní teploty:	0 .. 40 °C
Maximální provozní tlak:	10 bar
Potrubní přípojka:	G 1
Jmenovitý tlak:	PN 10
Vzdálenost mezi sacím a výtláčným hrdlem:	130 mm
Kapalina:	
Čerpaná kapalina:	Voda
Rozsah teploty kapaliny:	2 .. 110 °C
Vybraná teplota kapaliny:	75 °C
Hustota:	974.8 kg/m ³
Elektrické údaje:	
Příkon - P1:	3 .. 18 W
Frekvence el. sítě:	50 / 60 Hz
Jmenovité napětí:	1 x 230 V
Max. spotřeba el. proudu:	0.04 .. 0.18 A
Krytí (IEC 34-5):	X4D
Třída izolace (IEC 85):	F
Motorová ochrana:	Žádný
Teplotní ochrana:	ELEC
Jiné:	
Energet. účinnost (EEI):	0.15
Čistá hmotnost:	1.73 kg
Hrubá hmotnost:	1.89 kg



Obrázek 38: Oběhové čerpadlo Č-4 – ALPHA2 15-40 130 [24]

II.B.12 Návrh hydraulického vyrovnávače dynamických tlaků

Hydraulický vyrovnávač dynamických tlaků (HVDT) slouží k hydraulickému oddělení zdroje tepla od otopné soustavy, k eliminaci přebytků dynamických tlaků čerpadel a k upravení hydraulických poměrů v soustavě. HVDT tak zamezuje vzájemnému ovlivňování čerpadel a nežádoucím tlakovým vlivům na regulační armatury v jednotlivých okruzích.

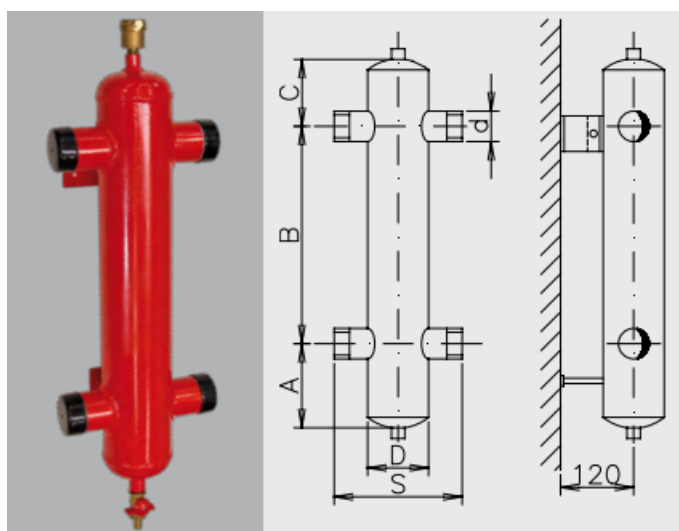
Zdroj tepla bude od otopné soustavy oddělen pomocí akumulární nádoby.

V blízkosti rozdělovače a sběrače umístěného mimo kotelnu bude nutné oddělit výtlačnou práci oběhových čerpadel jednotlivých větví a oběhového čerpadla dopravujícího otopnou vodu přes celou stávající budovu.

Objemový průtok okruhu z AN do HVDT:

$$Q_{V,HVDT} = \frac{M_{HVDT}}{\rho_{75\text{ °C}}} = \frac{3000}{975} = 3,08 \text{ m}^3/\text{h}$$

Před rozdělovačem a sběračem navrhují závěsný hydraulický vyrovnávač dynamických tlaků typu **1B** s maximálním průtokem **4,0 m³/h** od firmy ETL-Ekotharm a.s. Součástí dodávky je také vypouštěcí uzávěr a automatický odvzdušňovací ventil.

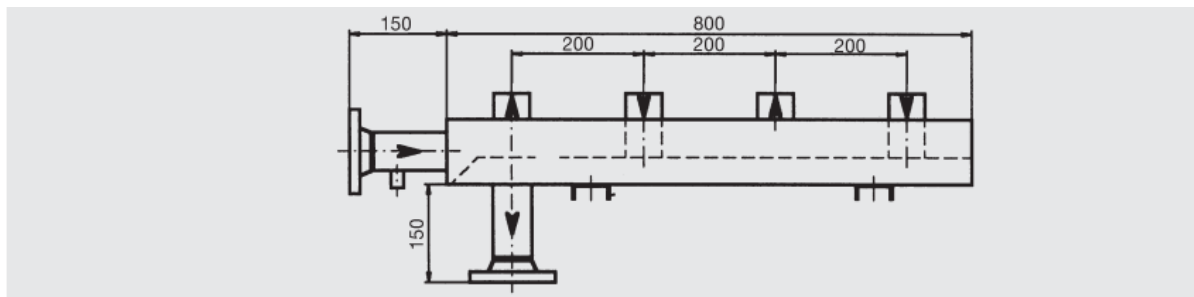


Typ HVDT	Max. průtok (m ³ /hod)	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	L (mm)	S (mm)	d (mm)	Hmotnost (kg)
24B	1,8	100	300	65	89	485	169	5/4"	5
63B	2,5	110	380	80	108	600	208	6/4"	7
1B	4,0	110	400	100	108	600	208	2"	28
I	4,0	100	400	100	108	1050	400	57	32
II	8,0	150	500	100	159	1200	400	76	48
III	12,0	200	700	200	219	1550	500	89	86
IV	20,0	200	700	200	219	1550	500	108	90
V	30,0	250	900	200	273	1800	560	133	122
VI	50,0	300	1000	200	324	1950	620	159	156
Vla	80,0	400	1300	250	406	2400	750	219	180
VII	100,0	450	1500	250	508	2650	800	219	220

Obrázek 39: Specifikace hydraulického vyrovnávače dynamických tlaků 1B [27]

II.B.13 Návrh rozdělovače a sběrače

V kotelně bude nainstalován kombinovaný rozdělovač a sběrač **RS UNI 3** pro tři větve od firmy ETL-Ekotherm a.s. Jedna větev bude pro vytápění stávajícího objekt, druhá větev pro přípravu teplé vody a třetí pro ohříváč VZT.



TYP RS	hrdla od zdroje	hrdla výstupní	MODUL	výška hrdel [mm]	počet výst. větví	celková délka [mm]	hmotnost [kg]
RS UNI 2	DN 50/0,6	Ø 48	100	40	2	950	17
RS UNI 3	DN 50/0,6	Ø 48	100	40	3	1350	23
RS UNI 4	DN 50/0,6	Ø 48	100	40	4	1750	29
RS UNI 5	DN 50/0,6	Ø 48	100	40	5	2150	35

Obrázek 40: Specifikace kombinovaného rozdělovače a sběrače RS UNI 3 [27]

II.B.14 Návrh regulátoru průtoku

Pro zajištění okamžité dodávky otopné vody pro teplovodní ohříváč VZT jednotky bude na navrženém hydraulickém zkratu osazen regulátor průtoku (RP) s trvalým 10% průtokem.

Vstupní údaje:

$M_{VZT} = 693 \text{ kg/h}$...hmotnostní průtok ve větví pro vzduchotechniku

$\rho_{50^\circ\text{C}} = 983 \text{ kg/m}^3$...hustota vody při 60°C

Objemový průtok hydraulickým zkratem:

$$Q_{V,RP} = 0,1 \cdot \frac{M_{VZT}}{\rho_{50^\circ\text{C}}} = 0,1 \cdot \frac{693}{983} = 0,07 \text{ m}^3/\text{h} = 1,17 \text{ l/min}$$

Navrhuji regulátor průtoku **REG-0101, G 3/4 (DN 20), mosazný o průtoku 1 l/min** od firmy KOBOLD Messring GmbH.

Rozměry		Vnější závit G 3/4	
GA		G 3/4	
SW [mm]		-	
H [mm]		15	
Průtok [l/min]	Tolerance [l/min]	Mosaz	Nerez
0,5	±0,2	REG-0100	REG-0200
1	±0,2	REG-0101	REG-0201
2	±0,2	REG-0102	REG-0202
3	±0,4	REG-0103	REG-0203

1 Těleso armatury mosaz Ms 58
 2 Talíř nerez 1.4301
 3 Hvězdicová membrána nerez 1.4310
 4 Kroužek nerez 1.4301
 5 Pojistný kroužek nerez 1.4122

Obrázek 41: Specifikace regulátoru průtoku REG-0101 [27]

II.B.15 Návrh expanzního zařízení

Expanzním zařízením soustavy celého objektu bude uzavřená expanzní nádoba, která umožní změny objemu vody v soustavě způsobené tepelnou objemovou roztažností během ohřevu otopné vody, aniž by došlo ke zvýšení tlaku a zbytečné ztrátě otopné vody. Návrh expanzní nádoby je proveden dle ČSN 06 0830 – Tepelné soustavy v budovách – Zabezpečovací zařízení.

Vstupní údaje:

$Q_{KP} = 63,5 \text{ kW}$	...jmenovitý výkon zdroje tepla
$V_o = 2,53 \text{ m}^3$	...objem vody v soustavě
$h_o = 6,5 \text{ m}$	...výška otopná soustavy
$h_{MR} = 1 \text{ m}$	...výška manometrické roviny
$t_{max} = 85 \text{ °C}$	...maximální teplota otopné vody
$p_{k,d} = 150 \text{ kPa}$	...minimální dovolený provozní tlak vody v kotli
$p_{k,h} = 200 \text{ kPa}$	...maximální dovolený provozní tlak vody v kotli

Provozní přetlak nejnižší a nejvyšší:

$$p_{d,dov} \geq 1,1 \cdot h_o \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-3} = 1,1 \cdot 6,5 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-3} = 70,14 \text{ kPa}$$

$$p_{d,dov} \geq p_{k,d} = 150 \text{ kPa} \rightarrow \text{volím } p_d = 150 \text{ kPa}$$

$$p_{h,dov} \leq p_k - (h_{MR} \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-3}) = 200 - (1 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-3}) = 190,2 \text{ kPa}$$

$$\rightarrow \text{volím } p_{hp} = 180 \text{ kPa}$$

Expanzní objem:

$$\Delta t_m = t_{max} - t_1 = 85 - 10 = 75 \text{ °C} \rightarrow n = 0,0319$$

$$V_e = 1,3 \cdot V_o \cdot n = 1,3 \cdot 2,53 \cdot 0,0319 = 0,105 \text{ m}^3$$

Potřebný objem expanzní nádoby:

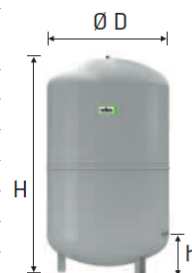
$$V_{ep} = V_e \cdot \frac{p_{hp} + 100}{p_{hp} - p_d} = 0,105 \cdot \frac{180 + 100}{180 - 150} = 0,98 \text{ m}^3$$

Minimální průměr expanzního potrubí:

$$d_p = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{Q_p} = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{63,5} = 14,78 \text{ mm} \rightarrow \text{navrhují potrubí DN 25}$$

Volím tlakovou membránovou expanzní nádobu **Reflex N 1000/6** o objemu 1000 l v provedení s nožičkami od firmy Reflex.

6 bar	Typ 6 bar/120 °C	Hmotnost (kg)	Ø D (mm)	H (mm)	h (mm)	A	Přetlak plynu (bar)
	N 250/6	24,7	634	888	205	R 1	1,5
	N 300/6	27,0	634	1092	235	R 1	1,5
	N 400/6	47,0	740	1102	245	R 1	1,5
	N 500/6	52,0	740	1321	245	R 1	1,5
	N 600/6	66,0	740	1531	245	R 1	1,5
	N 800/6	96,0	740	1996	245	R 1	1,5
	N 1000/6	118,0	740	2406	245	R 1	1,5



Obrázek 42: Specifikace expanzní nádoby Reflex N 1000/6 [28]

II.B.16 Návrh pojistného zařízení

V blízkosti peletového kotle, stejně jako jakéhokoliv jiného zdroje tepla, musí být umístěn pojistný ventil (PV) zabezpečující soustavu proti překročení nejvyššího dovoleného přetlaku. Jestliže je překročen tento tlak, pojistný ventil se samočinně otevře a tím odvede přebytečný tlak i s částí vody, čímž se sníží tlak v soustavě a ventil se opět uzavře.

Přepad pojistného ventilu bude sveden k podlahové vpusti. Upuštěná voda bude do soustavy doplněna ručně přes vypouštěcí kohout napojený na spodní část AN. Pojistný ventil bude ke zdroji připojen neuzavíratelným pojistným potrubím o daném průměru.

Pro tuto soustavu je použit výpočet pro zdroj tepla skupiny B, který uvažuje se skupenskou přeměnou vody na páru. Návrh pojistného zařízení je proveden podle ČSN 06 0830 – Tepelné soustavy v budovách – Zabezpečovací zařízení.

Vstupní údaje:

$Q_{KP} = 63,5 \text{ kW}$	...jmenovitý výkon zdroje tepla
$p_{ot} = 200 \text{ kPa}$	...otevírací přetlak
$\alpha_v = 0,58$	...výtokový součinitel
$a = 1,32$	...součinitel zvětšení sedla

Průřez sedla pojistného ventilu:

$$A_0 = \frac{Q_p}{\alpha_v \cdot K} = \frac{63,5}{0,58 \cdot 0,97} = 112,87 \text{ mm}^2$$

Průměr sedla ideálního a skutečného pojistného ventilu:

$$d_i = 2 \sqrt{\frac{A_0}{\pi}} = 2 \sqrt{\frac{112,87}{\pi}} = 11,99 \text{ mm}$$

$$d_0 = a \cdot d_i = 1,32 \cdot 11,99 = 15,82 \text{ mm}$$

Minimální profil (vnitřní průměr) pojistného potrubí:

$$d_p = 15 + 1,4 \cdot \sqrt{Q_p} = 15 + 1,4 \cdot \sqrt{63,5} = 26,15 \text{ mm} \rightarrow \text{navrhují potrubí DN 40}$$

Pro peletový kotel navrhují pojistný ventil typu **DUCO DN 20** (3/4"×1") s **otevíracím přetlakem 2,0 bar** od firmy MEIBES s r.o.

Typové označení	Jmenovitá světlost DN [mm]	Nejmenší průtočný průřez [mm ²]	Zaručený výtokový součinitel α_w [-]	Otevírací tlak p_o [kPa] Při p_o do 300 kPa tolerance $\pm 10\%$ Při p_o nad 300 kPa tolerance $\pm 30\%$
Pro topení:				
1/2" × 1/2"	15	177	0,540	200; 250; 300; 600; 800
1/2" × 3/4"	15	177	0,540	150; 180; 200; 250; 300; 350; 400; 450; 500; 550; 600; 700; 800; 900; 1000
3/4" × 3/4"	20	177	0,580	200; 250; 300; 600; 800
3/4" × 1"	20	177	0,580	100; 150; 180; 200; 250; 300; 350; 400; 450; 500; 550; 600; 700; 800; 900; 1000
1" × 1 1/4"	25	380	0,684	50; 100; 150; 180; 200; 250; 300; 350; 400; 450; 500; 550; 600; 700; 800; 900; 1000

Obrázek 43: Specifikace pojistných ventilů DUCO firmy MEIBES [29]

II.B.17 Návrh větrání kotelny

Prostor kotelny musí být účinně větrán za všech provozních režimů. Do prostorů, ve kterých jsou umístěny kotle, musí být zajištěn dostatečný přívod vzduchu potřebný pro spalování a pro požadovanou výměnu vzduchu. Provětrávání kotelny musí být příčné. Kotelna musí být těsně oddělena od obytných prostor, otevírání dveří směrem ven z kotelny.

Pro zjištění objemu vzduchu potřebného pro dokonalé spalování jednotkového množství paliva je použit stechiometrický výpočet.

Vstupní údaje:

$V_{104} = 31,25 \text{ m}^3$	...objem místnosti číslo 104
$n_p = 0,5 \text{ h}^{-1}$	...intenzita výměny vzduchu v kotelně
$C^r = 46,29 \%$	...hmotností procenta uhlíku v sušině pelet
$H^r = 6,25 \%$	...hmotností procenta vodíku v sušině pelet
$S^r = 0,01 \%$	...hmotností procenta síry v sušině pelet
$O^r = 46,62 \%$	...hmotností procenta kyslíku v sušině pelet
$P_{JM,DP} = 15,1 \text{ kg/h}$	...spotřeba dřevěných pelet při jmenovitém výkonu kotle
$\alpha_{KP} = 1,7$	...součinitel přebytku vzduchu pro peletový kotel
$v = 1,016 \text{ m/s}$	...součinitel zvětšení objemu v důsledku vlhkosti
$H_T = -2 \text{ W/K}$	...měrná tepelná ztráta kotelny prostupem
$v = 1,5-2,5 \text{ m/s}$	... rychlost proudění vzduchu

Nejmenší požadované množství vzduchu z hygienických důvodů:

$$V_{\min, \text{hyg}} = n_p \cdot V_{104} = 0,5 \cdot 31,25 = 15,63 \text{ m}^3/\text{h} = 0,004 \text{ m}^3/\text{s}$$

Suchý spalovací vzduch na jednotku objemu pro dokonalé spalování:

$$\begin{aligned} V_{VS, \min} &= \frac{22,39}{0,2095} \cdot \left(\frac{C^r}{12,04} + \frac{H^r}{4,032} + \frac{S^r}{32,066} - \frac{O^r}{32,00} \right) \\ &= \frac{22,39}{0,2095} \cdot \left(\frac{0,4629}{12,01} + \frac{0,0625}{4,032} + \frac{0,0001}{32,066} - \frac{0,4662}{32,00} \right) = 4,22 \text{ Nm}^3/\text{kg} \end{aligned}$$

Objem vlhkého spalovacího vzduchu s přebytkem vzduchu:

$$V_{V, \min} = \alpha_{KP} \cdot v \cdot V_{VS, \min} = 1,7 \cdot 1,016 \cdot 4,22 = 7,29 \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

Průtok spalovacího vzduchu:

$$V_{sp} = V_{V, \min} \cdot P_{JM,DP} = 7,29 \cdot 15,1 = 110 \text{ m}^3/\text{h} = 0,030 \text{ m}^3/\text{s}$$

Průřez větracího potrubí:

$$S_{sp} = \frac{V_{sp}}{v} = \frac{0,030}{1,5} = 0,020 \text{ m}^2$$

Minimální průměr větracího potrubí:

$$d_{sp, \min} = 2 \sqrt{\frac{S_{sp}}{\pi}} = 2 \sqrt{\frac{0,020}{\pi}} = 0,16 \text{ m}$$

Tepelná produkce kotlů a potrubních rozvodů do okolí:

$$Q_{\text{zisky}} = 0,01 \cdot Q_{\text{KP}} = 0,01 \cdot 63500 = 635 \text{ W}$$

Měrná tepelná ztráta kotelny větráním:

$$H_V = V_{\text{sp}} \cdot \rho \cdot c = 0,030 \cdot 1300 = 39 \text{ W/K}$$

Teplota vzduchu v kotelně v zimě za návrhových podmínek:

$$t_{i,Z} = t_e + \frac{Q_{\text{zisky}}}{H_T + H_{V,Z}} = -12 + \frac{635}{-2 + 39} = 7,8 \text{ °C} > t_{i,Z,\text{min}} = 7,5 \text{ °C} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Teplota vzduchu v kotelně v létě za návrhových podmínek:

$$t_{i,L} = t_e + \frac{0,7 \cdot Q_{\text{zisky}}}{H_T + H_V} = 30 + \frac{0,7 \cdot 635}{-2 + 39} = 42,0 \text{ °C} > t_{i,L,\text{max}} = 35 \text{ °C}$$

→ nutno zvýšit průtok vzduchu

Požadovaný průtok vzduchu v létě:

$$V_L = \frac{0,7 \cdot Q_{\text{zisky}}}{\rho \cdot c \cdot (t_{i,L,\text{max}} - t_e)} = \frac{0,7 \cdot 635}{1300(35 - 30)} = 0,068 \text{ m}^3/\text{s} = 246,2 \text{ m}^3/\text{h}$$

Průřez větracího potrubí:

$$S_{\text{sp,L}} = \frac{V_L}{v} = \frac{0,068}{2,5} = 0,027 \text{ m}^2$$

Minimální průměr větracího potrubí:

$$d_{\text{sp,L,min}} = 2 \sqrt{\frac{S_{\text{sp,L}}}{\pi}} = 2 \sqrt{\frac{0,039}{\pi}} = 0,18 \text{ m} \rightarrow \text{navrhuji potrubí } \varnothing 200 \text{ mm}$$

Pro přívod vzduchu do kotelny navrhuji vzduchotechnické potrubí **průměru 200 mm**, které povede větrací vzduch z exteriéru pod stropem do kotelny, do které bude zaústěno u stropu. Poté bude svedeno k podlaze a na jeho zakončení bude osazen potrubní axiální ventilátor **TREB/4-200** o průměru 200 mm a průtoku **450 m³/h**.

Ventilátor sepne každou hodinu na dobu 15 minut nebo při překročení vnitřní teploty 35 °C.

II.B.18 Návrh odvodu spalin

Návrh spalinové cesty zahrnuje návrh odvodu spalin a přívodu spalovacího vzduchu.

Dle vyhl. 268/2006 Sb. je nutno před zprovozněním spotřebiče zajistit revizní zprávu spalinové cesty, přičemž vyhl. 34/2016 Sb. požaduje doložení tepelně technického a hydraulického výpočtu provedeného podle ČSN EN 13 384.

Následující výpočet je pouze orientační, provedený podle postupu a výpočtového programu na stránkách tzb-info.cz. Pro přesný výpočet slouží specializované softwary.

Vstupní údaje:

- $h = 8,5 \text{ m}$...účinná výška komínu
 $\rho_{\text{spalin}} = 0,90 \text{ kg/m}^3$...teplota spalin
 $V_{\text{m,spalin}} = 0,043 \text{ kg/s}$...hmotností průtok spalin
 $P_{\text{min}} = 10 \text{ Pa}$...minimální požadovaný tah komína
 $v = 0,5 \text{ m/s}$...minimální rychlost proudění spalin dle ČSN 73 4201

Minimální účinná výška komína:

$$h_{\text{min}} = \frac{P_{\text{min}} + P_{\text{ztráty}}}{g \cdot (\rho_{\text{vzduch}} - \rho_{\text{spalin}})} = \frac{10 + 8}{9,81(1,12 - 0,90)} = 8,3 \text{ m} < h = 8,5 \text{ m} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Objemový průtok spalin:

$$V_{\text{V,spalin}} = \frac{V_{\text{m,spalin}}}{\rho_{\text{spalin}}} = \frac{0,043}{0,90} = 0,048 \text{ m}^3/\text{s}$$

Plocha komínového průduchu:

$$S = \frac{V_{\text{V,spalin}}}{v} = \frac{0,048}{0,5} = 0,097 \text{ m}^2$$

Maximální průměr komínového průduchu:

$$d_{\text{max}} = 2 \sqrt{\frac{S}{\pi}} = 2 \sqrt{\frac{0,097}{\pi}} = 0,35 \text{ m}$$

Navrhuji vícevrstvý izolovaný komín s keramickou vložkou a vkládanou minerální izolací typu **STA 25L** ze systému Schiedel STABIL společnosti Schiedel. Keramická tvárnice obsahuje komínový průduch **průměru 250 mm** a dvě víceúčelové šachty užívané pro odvod vzduchu z kotelny.

II.B.19 Celková roční potřeba tepla a spotřeba dřevěných pelet

Výpočet roční potřeby tepla je proveden dennostupňovou metodou. Venkovní výpočtová teplota a počet dnů otopného období jsou stanoveny dle normy ČSN EN 12 831 – Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu. Účinnost systému vytápění je stanovena dle normy ČSN 73 0331-1 – Energetická náročnost budov – Typické hodnoty pro výpočet.

Vstupní údaje:

- $t_{\text{is}} = 19 \text{ }^\circ\text{C}$...průměrná vnitřní teplota
 $t_{\text{e}} = -12 \text{ }^\circ\text{C}$...venkovní výpočtová teplota
 $d = 232$...počet dnů otopného období pro $t_{\text{em}} = 13 \text{ }^\circ\text{C}$
 $t_{\text{es}, 13 \text{ }^\circ\text{C}} = 4,0 \text{ }^\circ\text{C}$...průměrná venkovní teplota otopného období pro $t_{\text{em}} = 13 \text{ }^\circ\text{C}$
 $Z = 263$...počet dnů otopného období pro $t_{\text{em}} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$
 $t_{\text{es}, 15 \text{ }^\circ\text{C}} = 5,1 \text{ }^\circ\text{C}$...průměrná venkovní teplota otopného období pro $t_{\text{em}} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$
 $Q_{\text{VYT,B}} = 48,20 \text{ kW}$...tepelná ztráta celého objektu (viz kapitola II.B.3)
 $h_{\text{VYT}} = 24 \text{ h}$...počet provozních hodin pro vytápění
 $Q_{\text{c,B}} = 229,44 \text{ kW}$...denní potřeba tepla pro přípravu teplé vody (viz kapitola II.B.4)
 $t_{\text{TV}} = 55 \text{ }^\circ\text{C}$...výstupní teplota vody

$Q_{VZT,B} = 16,12 \text{ kW}$	...výkon ohřivače vzduchotechniky (viz kapitola II.B.6)
$t_{rec,Z} = 13,55 \text{ °C}$	...teplota vzduchu za výměníkem ZZT
$h_{VZT} = 18 \text{ h}$	...počet provozních hodin pro vzduchotechniku
$e_i = 0,85$	...nesoučasnost tepelných ztrát infiltrací a prostupem
$e_t = 0,95$	...snížení teploty v místnosti během dne, respektive noci
$e_d = 1,00$	...zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu
$\eta_o = 0,90$	...účinnost obsluhy, resp. možnosti regulace soustavy
$\eta_r = 0,95$	...účinnost rozvodu vytápění
$\eta_{KP} = 0,91$	...účinnost peletového kotle
$H_{DP} = 17,91 \text{ MJ/kg}$	...výchřevnost dřevěných pelet dle ČSN ISO 1928

Počet dennostupňů pro vytápění:

$$D_{VYT} = d \cdot (t_{is} - t_{es,13 \text{ °C}}) = 232 \cdot (19 - 4,0) = 3480 \text{ K. den}$$

Opravný součinitel:

$$\varepsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d = 0,85 \cdot 0,95 \cdot 1,00 = 0,808$$

Roční potřeba tepla pro vytápění:

$$E_{VYT,B} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{h_{VYT} \cdot Q_{VYT,B} \cdot D_{VYT}}{(t_{is} - t_e)} = \frac{0,808}{0,90 \cdot 0,95} \cdot \frac{24,48 \cdot 2,3480}{(19 - (-12))} = 122,65 \text{ MWh/r}$$

Denní potřeba tepla pro přípravu teplé vody:

$$E_{TV,d} = Q_{c,B} = 229,44 \text{ kWh/den}$$

Korekce pro proměnlivost vstupní teploty:

$$k_t = \frac{t_{TV} - t_{SV,L}}{t_{TV} - t_{SV,Z}} = \frac{55 - 15}{55 - 5} = 0,8$$

Roční potřeba tepla pro přípravu teplé vody:

$$E_{TV,B} = E_{TV,d} \cdot d + k_t \cdot E_{TV,d} \cdot (365 - d) = 229,44 \cdot 232 + 0,8 \cdot 229,44 \cdot (365 - 232) = 77,64 \text{ MWh/r}$$

Počet denostupňů pro nucené větrání:

$$D_{VZT} = Z \cdot (t_{is} - t_{es,15 \text{ °C}}) = 263 \cdot (19 - 5,1) = 3656 \text{ K. den}$$

Roční potřeba tepla pro nucené větrání:

$$E_{VZT,B} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{h_{VZT} \cdot Q_{VZT,B} \cdot D_{VZT}}{(t_{is} - t_e)} = \frac{0,808}{0,90 \cdot 0,95} \cdot \frac{18 \cdot 16,12 \cdot 3656}{(19 - (-12))} = 32,34 \text{ MWh/r}$$

Celková roční potřeba tepla celého objektu:

$$E_{celkem,B} = E_{VYT,B} + E_{TV,B} + E_{VZT,B} = 122,65 + 77,64 + 32,34 = \mathbf{232,63 \text{ MWh/r}}$$

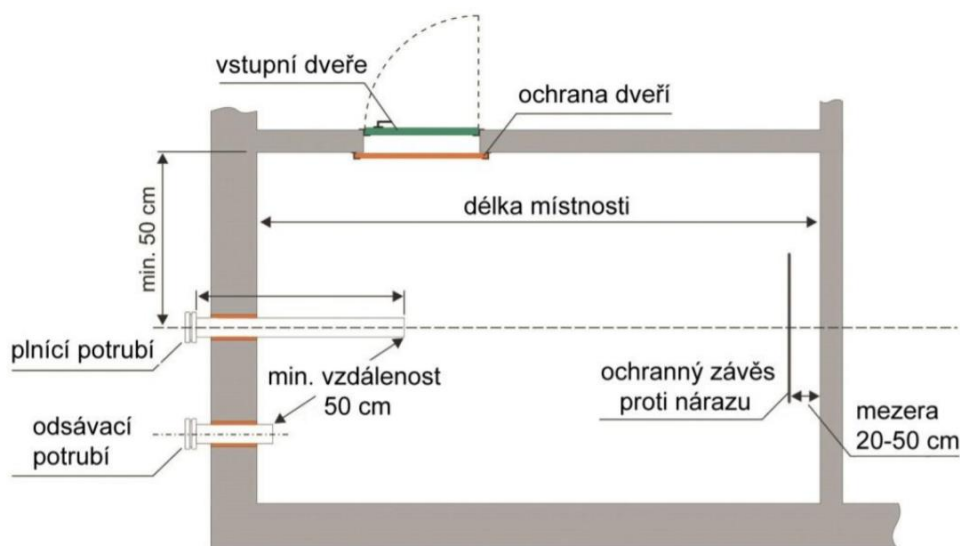
Spotřeba dřevěných pelet na pokrytí celkové roční potřeby tepla celého objektu:

$$P_{DP} = \frac{E_{celkem,B}}{H_{DP} \cdot \eta_{KP}} = \frac{232,65 \cdot 3600}{17,91 \cdot 0,91} = 51388,81 \text{ kg} = 51,39 \text{ t}$$

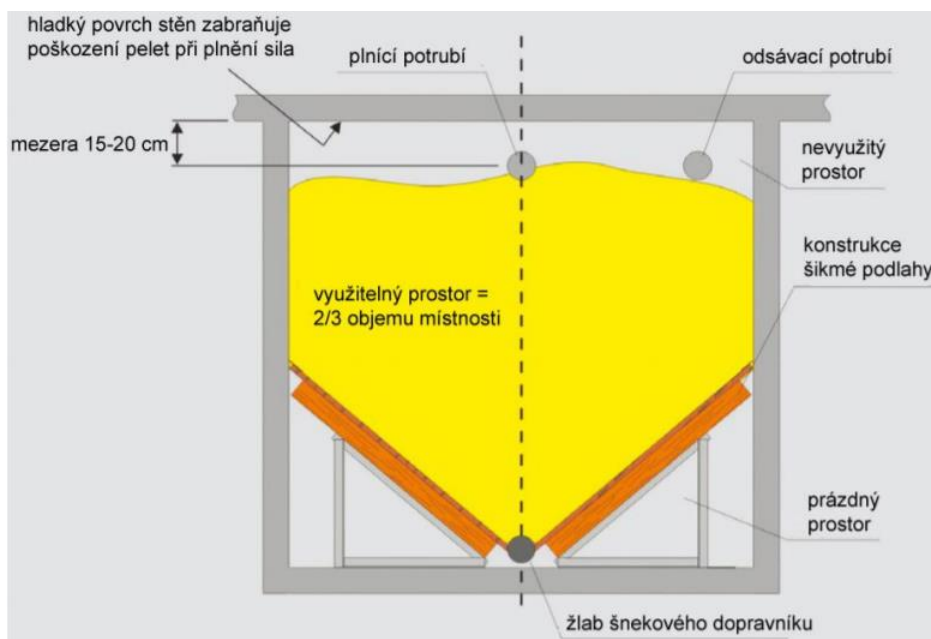
II.B.20 Návrh skladu pelet

Zdroj tepla pro celý objekt, kterým je automatický peletový kotel, má předepsaným palivem dřevěné pelety o průměru 6–8 mm. Návrh skladu na pelety je proveden podle normy ČSN EN ISO 20 023 – Tuhý biopaliva – Bezpečnost pelet z tuhých biopaliv – Bezpečná manipulace a skladování při použití dřevních pelet v obytných a jiných malých instalacích.

Pro uskladnění pelet bude upravena místnost sousedící s kotelnou. Budou z ní odstraněny veškeré elektroinstalace a budou vyměněny stávající dveře za protipožární. Ty budou z vnitřní strany opatřené ochranou proti tlaku pelet se skleněným okénkem pro kontrolu stavu skladu. Původní garážová vrata budou zazděna. Také zde budou osazeny dvě průchodky s větracími otvory a uzávěry pro nafoukání pelet z přistavené cisterny dopravující pelety. Průchodky průměru 0,15 m musí být uzemněny a umístěny minimálně 0,5 m od sebe a 0,2 m od stropu. Na zdi proti průchodkám bude ve vzdálenosti 0,5 m od stěny umístěna ochranná rohož proti nárazům, která dopadající pelety brzdí a zamezuje tak jejich poškození během naskladňování. Po délce místnosti bude nainstalováno spádování pod úhlem 45° do sběrného žlabu se šnekovým dopravníkem pelet délky 5 m.



Obrázek 44: Rozmístění prvků skladu [31]



Obrázek 45: Svislý řez skladem [31]

Vstupní údaje:

$\rho_b = 650 \text{ kg/m}^3$...objemová sypná hmotnost dřevěných pelet
 $P_{DP} = 51389 \text{ kg}$...celková roční spotřeba dřevěných pelet
 $V_{104} = 31,25 \text{ m}^3$...objem místnosti číslo 104

Potřebný prostor pro volně sypané pelety:

$$V_p = \frac{P_{DP}}{\rho_b} = \frac{51389}{650} = 79,06 \text{ m}^3$$

Využitelný prostor upravené m. č. 104 pro volně sypané pelety:

$$V_r = \frac{2}{3} \cdot V_{104} = \frac{2}{3} \cdot 31,24 = 20,83 \text{ m}^3$$

Počet naskladnění za rok:

$$n_n = \frac{V_p}{V_r} = \frac{79,06}{20,83} = 3,80$$

Maximální hmotnost jedné nakládky:

$$m_n = V_r \cdot \rho_b = 20,83 \cdot 650 = 13539,50 \text{ kg} = 13,54 \text{ t}$$

Při uskladnění pelet v m. č. 104 bude nutné naskladnění **4× za rok** s maximální hmotností dodávky **13,5 tuny**. Většina výrobců a dopravců dřevěných pelet nabízí dopravu nad 4 tuny zdarma.

II.B.21 Technická zpráva (varianta B)

Předmětem projektové dokumentace je návrh zdroje tepla a kotelny pro vytápění celého objektu penzionu a restaurace v Modřicích po jeho stavebních úpravách. Otopná soustava přístavby je shodná s variantou A, v objektu penzionu a restaurace zůstává soustava stávající.

II.B.21.a Základní údaje o objektu

Budova se nachází v obci Modřice v okrese Brno-venkov v Jihomoravském kraji na rovinném pozemku v zastavěné části obce ve výšce přibližně 204,5 m n.m. Venkovní výpočtová teplota pro tuto oblast je -12 °C.

Stávající budova je nepodsklepená, dvoupodlažní se šikmou střechou. Svislé konstrukce jsou z cihel plných pálených. Ve vnitrobloku, který je tvořen sousedními budovami, je postavena nová přístavba z keramických tvárnic s plochou střechou.

V objektu můžeme nalézt tři funkčně oddělené části a to penzion, restauraci a bytovou jednotku. Restaurace, ve které je celkem 96 míst k sezení, se nachází v prvním nadzemním podlaží stejně jako jídelna se 16 místy k sezení, garáž s 5 krytými parkovacími stáními a provozními místnostmi včetně kotelny. Ve druhém a třetím podlaží se nachází penzion s celkem 32 lůžky pro dočasné ubytování ve dvoulůžkových pokojích. Ve druhém podlaží je umístěna také bytová jednotka pro 4 osoby. Provoz probíhá celoročně sedm dní v týdnu.

II.B.21.b Vstupní podklady

Výkresová dokumentace

- Projektová dokumentace pro stavební povolení

Použité normy a vyhlášky

- ČSN 06 0310 – Tepelné soustavy v budovách – Projektování a montáž
- ČSN 06 0320 – Tepelné soustavy v budovách – Příprava teplé vody
- ČSN 06 0830 – Tepelné soustavy v budovách – Zabezpečovací zařízení
- ČSN 06 1008 – Požární bezpečnost tepelných zařízení
- ČSN EN 12 828 – Tepelné soustavy v budovách – Navrhování teplovodních otopných soustav
- ČSN EN 12 831 – Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu
- ČSN EN ISO 20 023 – Tuhý biopaliva – Bezpečnost pelet z tuhých biopaliv – Bezpečná manipulace a skladování při použití dřevních pelet v obytných a jiných malých instalacích
- ČSN 73 0331-1 – Energetická náročnost budov – Typické hodnoty pro výpočet
- ČSN 73 0540-2 – Tepelná ochrana budov – Požadavky
- ČSN 73 0540-3 – Tepelná ochrana budov – Návrhové hodnoty veličin
- Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci
- Vyhláška č. 193/2007 Sb., kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu energie a chladu
- Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby
- Vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb

Podklady firem

- BIOMAC s r.o.
- Družstevní závod Dražice – strojírna s r.o.
- ESBE zastoupena REMAK a.s.
- ETL-Ekotherm a.s.
- Grundfos s r.o.
- IMI Heimeier společnosti IMI Hydronic Engineering
- KOBOLD Messring GmbH
- KORADO, a.s.
- MEIBES s r.o.
- OPOP spol. s r.o.
- Paroc Group Oy
- Reflex CZ, s r.o.
- Schiedel, s r.o.

II.B.21.c Tepelné ztráty a potřeba tepla

Klimatické poměry

Lokalita:	Brno
Nadmožská výška:	204,5 m n. m.
Výpočtová venkovní teplota:	-12 °C

Tepelné ztráty konstrukcí

Výpočtová tepelná ztráta prostupem je 31,44 kW, větráním 16,76 kW. Celková tepelná ztráta objektu je 48,20 kW.

Potřeba tepla a spotřeba elektrické energie

Roční potřeba tepla pro vytápění je 122,65 MWh/r, pro přípravu teplé vody 229,44 MWh/r a pro nucené větrání 32,34 MWh/r. Celková roční potřeba tepla objektu je 232,63 MWh/r.

Celková roční spotřeba dřevěných pelet na pokrytí celkové roční potřeby tepla je 51,39 t.

II.B.21.d Zdroj tepla

Zdrojem tepla objektu bude automatický peletový kotel Biopel 60 výrobce OPOP spol. s r.o. o výkonu 15,5-63,5 kW s deskovým výměníkem, hořákem umístěným na pravé straně kotle a podavačem pelet délky 2 m. Předepsaným palivem jsou dřevěné pelety o průměru 6–8 mm. Na vratném potrubí je v rámci ochrany kotle proti nízkoteplotní korozi osazen třicestný směšovací ventil. Teplotní spád otopné vody v kotlovém okruhu je 80/65 °C.

Pro snížení počtu přerušení provozu kotle během nočního režimu slouží akumulární nádoba NAD 1500 v1 o objemu 1507 l od firmy Družstevní závod Dražice – strojírna s.r.o.

Neuzavíratelně ke zdroji je připojen pojistný ventil DUCO DN 20 (3/4“×1“) s otevíracím přetlakem 2,0 bar od firmy MEIBES s r.o.

V systému je proti překročení nejvyššího dovoleného přetlaku či podtlaku osazena expanzní membránová nádoba Reflex N 1000/6 o objemu 1000 l od firmy Reflex. Expanzní nádoba je napojena potrubím DN 25 na vratné potrubí v blízkosti zdroje tepla.

Všechna tato zařízení jsou umístěna v kotelně v prvním nadzemním podlaží.

II.B.21.e Otopná soustava

System vytápění celého objektu je teplovodní, dvoutrubkový, s nuceným oběhem otopné vody. Potrubní rozvody z mědi, vedeny v tepelné izolaci podlahy, ve drážkách ve zdivu nebo v podhledu.

Otopná voda z kotle je ukládána v akumulaci nádobě. Tam ji dopravuje oběhové čerpadlo MAGNA3 25-40. Teplotní spád kotlového okruhu je 80/65 °C.

Z akumulaci nádob vede jeden okruh otopné vody přímo do otopné soustavy pro vytápění přístavby. Tento okruh má ekvitermně regulovanou teplotu otopné vody, je tedy vybaven třicestným směšovací ventilem a oběhovým čerpadlem ALPHA2 25-40 130. Teplotní spád pro vytápění přístavby je 60/50 °C.

Druhý okruh vede otopnou vodu z akumulaci nádob do rozdělovače a sběrače, který je umístěn v restaurační části objektu. Z důvodu velké délky tohoto potrubního rozvodu je před rozdělovačem a sběračem umístěn hydraulický vyrovnávač dynamických tlaků typu 1B s maximálním průtokem 4,0 m³/h od firmy ETL-Ekotherm a.s. Oběh mezi akumulaci nádobou a hydraulickým vyrovnávačem dynamických tlaků zajišťuje oběhové čerpadlo MAGNA3 25-40. Z rozdělovače a sběrače RS UNI 3 od firmy ETL-Ekotherm a.s. vedou tři větve. První větev je napojena na stávající otopný systém stávajícího objektu. Druhá větev dopravuje pomocí čerpadla ALPHA2 15-40 130 otopnou vodu pro přípravu teplé vody. Třetí větev zásobuje otopnou vodou ohříváč vzduchotechnické jednotky. Teplotní spád všech větví rozdělovače a sběrače je 75/55 °C.

Otopná tělesa

Otopná tělesa přístavby jsou desková typu RADIK PLAN VK, trubková typu KORALUX LINEAR CLASSIC – M nebo se jedná o podlahové konvektory KORAFLEX Basic FKB od firmy KORADO, a.s.

Tepelná izolace

Veškeré potrubní rozvody jsou opatřeny pouzdem z kaširované kamenné vlny s hliníkovou fólií na povrchu typu PAROC Hvac Section AluCoat T od firmy Paroc. Pro potrubí vedené v tepelné izolaci postačí poloviční tloušťka požadované tepelné izolace. Požadované tloušťky tepelné izolace dle vyhlášky č. 193/2007 Sb.:

<u>Rozměr potrubí</u>	<u>Tloušťka tepelné izolace</u>
15x1	25 mm
18x1	30 mm
22x1	25 mm
28x1,5	40 mm
35x1,5	40 mm
42x1,5	25 mm

Teplná izolace akumulční nádoby a zásobníku teplé vody je příslušenstvím výrobků. Veškeré armatury budou izolovány dle jejich nominálních DN tak, abych nebránily funkčnosti.

Plnění a vypouštění otopné soustavy

První plnění otopné soustavy bude provedeno upravenou vodou. Doplnění vody do systému bude ručně přes vypouštěcí kohout v technické místnosti. Vypouštění soustavy bude prováděno vypouštěcími kohouty a kulovými kohouty s vypouštěným v nejnižších místech soustavy.

Regulace a měření otopné soustavy

Teplota vratné otopné vody do peletového kotle je řízena třicestným směšovacím ventilem tak, aby byla minimálně 65 °C. Třicestný směšovací ventil na větvi pro vytápění bude řízen v závislosti na venkovní teplotě. Oběhová čerpadla budou regulována v závislosti na potřebě dodávky otopné vody. Zapojení a řešení regulace není součástí tohoto projektu.

Regulace otopných těles je možná na integrovaném termostatickém ventilu deskového tělesa, na trubkových tělesech na ventilové vložce Multilux 4 – setu a v případě podlahových konvektorů na termostatickém ventilu Calypso exact firmy IMI Heimeier.

Na patě stoupacího potrubí a na větvi pro vytápění prvního podlaží přístavby jsou osazeny vyvažovací ventily, které dovolují hydraulického seřízení, měření a diagnostiku systému. Na potrubí v blízkosti zásobníku teplé vody a na potrubí pro ohřívač vzduchotechnické jednotky je osazen měřič tepla.

II.B.21.f Příprava teplé vody

Teplá voda je ohřívána na teplotu 55 °C ve stacionárním nepřímotopném zásobníku OKC 750 NTR/BP o objemu 725 l od firmy Družstevní závod Dražice – strojírna s.r.o., který je umístěn v samostatné místnosti v části restaurace prvního nadzemního podlaží. Teplotní spád otopné vody okruhu pro přípravu teplé vody je 75/55 °C.

II.B.21.g Vzduchotechnika

V objektu je kombinované přirozené a nucené větrání dle typu prostoru.

Nucené větráním v prostoru přípravy jídla je navržen s mírným podtlakem pro zabránění šíření pachů do okolního prostředí. Výměna vzduchu v restauraci a jí náležitěmu hygienickému zázemí je řešena rovnotlakým nuceným vzduchotechnickým systémem. Vzduchotechnická jednotka obsahuje deskový rekuperační výměník tepla pro zpětné získávání tepla, dohřev vzduchu je zajištěn vodním ohřívačem s protimrazovou ochranou.

Garáž je větrána podtlakem pomocí ventilátoru, který sepne každou hodinu nebo při překročení hraniční hodnoty 50 ppm oxidu uhelnatého.

Pro jídelnu je navržena malá podstropní vzduchotechnická jednotka, která bude umístěna v místnosti č. 101 (garáž). Vzduchotechnická jednotka obsahuje entalpický výměník pro zpětné získávání tepla a elektrický ohřívač, který sepne při poklesu teploty v exteriéru pod -8 °C.

Koupelny navazující na pokoje jsou větrány podtlakem pomocí ventilátorů odvádějících znehodnocený vzduch do exteriéru.

Kotelna je větrána nuceně vzduchotechnickým potrubím průměru 200 mm dopravujícím vzduch z exteriéru k podlaze kotelny, kde je osazen potrubní axiální ventilátor s průtokem 450 m³/h. Ten sepne každou hodinu na dobu 15 minut nebo při překročení vnitřní teploty 35 °C. Sklad pelet je větrán přirozeně větracími uzávěry v průchodkách.

Ostatní prostory jsou větrány přirozeně periodickým otevíráním oken a infiltrací.

II.B.21.h Požadavky na ostatní profese

Stavební práce

Zajištění provedení opatření pro zhotovení systému vytápění dle technických požadavků výrobců jednotlivých zařízení.

Měděné potrubí k otopným tělesům je vedeny v tepelné izolace nad železobetonovou základovou deskou, opatřeny poloviční tloušťkou požadované tepelné izolace. Potrubí vedeno pod stropem je opatřeno tepelnou izolací a zavěšeno v upevňovacích prvcích. Vertikální rozvody jsou vedeny v drážce ve svislých konstrukcích.

Zhotovení betonového soklu výšky 50 mm pod kotlem.

Zhotovení kouřovodu a zakrytí kouřovodu v druhém nadzemního podlaží.

Vytvoření prostupů pro větrací potrubí vedoucí do kotelny.

Úprava místnosti číslo 104 pro uskladnění pelet: zazdění garážových vrat, vytvoření otvorů pro průchodky, nainstalování ochranné rohože, osazení protipožárních dveří a jejich ochrany proti tlaku, vytvoření spádování pod úhlem 45 ° do sběrného žlabu se šnekovým dopravníkem pelet

Zdravotechnika

Zajištění přívodu studené vody do kotelny pro doplňování otopné vody do soustavy. Napojení zásobníku teplé vody na potrubí studené a teplé pitné vody a cirkulace.

Napojení podlahové vpusti a potrubí úkapu pojistného ventilu v kotelně na kanalizaci.

Elektroinstalace

Zajištění připojení všech potřebných zařízení na elektrickou síť dle požadavků jednotlivých zařízení. Osazení v kotelně v blízkosti akumulární nádoby minimálně 6 zásuvek s napětím 230 V a 6 zásuvek s napětím 230 V v blízkosti rozdělovače a sběrače.

Skład pelet bez elektroinstalací, uzemnění průchodek pro plnění peletami.

II.B.21.i Montáž, uvedení do provozu a provoz

Zdroj tepla

Instalaci a uvedení zdroje tepla do provozu musí provádět osoba s kvalifikací a oprávněním k činnosti odpovídající rozsahu práce. Postup uvedení zdroje tepla do provozu je uveden v dokumentaci zařízení od výrobce.

Otopná soustava

Montáž a uvedení otopné soustavy do provozu se řídí dle normy ČSN 06 0310 – Tepelné soustavy v budovách – Projektování a montáž. Měděné potrubí je spojováno pájením naměkko. Montážní práce musí provádět kvalifikovaná osoba s osvědčením pro provádění použitých

systemů. Před uvedením do provozu musí být provedeny všechny zkoušky instalovaných zařízení a musí být nastaveny veškeré seřizovací armatury dle projektu.

Zkoušky zařízení

Před uvedením otopné teplovodní soustavy do provozu se musí provést zkouška těsnosti a provozní zkoušky dle normy ČSN 06 0310.

Zkouška těsnosti se provede před zazděním drážek, zakrytím kanálů a provedením nátěrů a izolací. Soustava se zkouší naplněná vodou na nejvyšší dovolený přetlak určený v projektu. Soustava zůstane napuštěna nejméně 6 hodin, po kterých se provede prohlídka. Zkouška se považuje za úspěšnou, pokud se při prohlídce neobjeví netěsnosti nebo snížení přetlaku.

Provozní zkoušky se provádí až po úspěšně vykonané zkoušce těsnosti. Dělí se na dilatační a topnou. Dilatační zkouška se provádí před zazděním drážek, zakrytím kanálů a provedením tepelných izolací. Při této zkoušce se teplota ohřeje na nejvyšší pracovní teplotu a pak se nechá vychladnout na teplotu okolního vzduchu. Tento postup se opakuje dvakrát. Zjistí-li se pak po podrobné prohlídce netěsnost či jiná závada, je nutno zkoušku po provedení opravy opakovat. Topná zkouška má trvat nejméně 24 hodin. Pokládá se za úspěšnou při rovnoměrném prohřívání všech otopných těles. Součástí zkoušky je hydraulické vyvážení a zaregulování celého systému. Během této zkoušky je zaškolená obsluha zařízení, o čemž je proveden záznam. Tyto zkoušky lze v případě soustavy do 100 kW provést v každé roční době.

O všech provedených zkouškách musí být sepsán protokol.

Způsob obsluhy a ovládání

Provozovatel je povinen zajistit obsluhující osobu, která je prokazatelně seznámena s bezpečnostními a provozními podmínkami zařízení, zacvičena k obsluze a má k dispozici návody a pokyny k obsluze zařízení. Obsluha bude pouze občasná, spočívající v kontrole funkce zařízení a v korekci nastavených uživatelských parametrů.

II.B.21.j Ochrana zdraví a životního prostředí

Vliv na životní prostředí

Peletový kotel je stacionárním zdrojem znečištění ovzduší. Pro snížení prachových emisí během plnění skladu pelet budou používány filtry a uzávěry. Mimo to bude mít stavba minimální negativní vliv na životní prostředí.

Hospodaření s odpady

Při provádění, instalaci a provozu je nutno splnit požadavky na hospodaření s odpady dle zákona č.185/2001 Sb., o odpadech.

II.B.21.k Bezpečnost a požární ochrana

Bezpečnost při realizaci díla

Bezpečnost při realizaci díla zajišťuje zhotovitel ve smyslu zákona č. 262/2006 Sb., zákoník práce a zákon č. 309/2006 Sb., kterým se upravují požadavky bezpečnost a ochranu zdraví při práci. Veškeré práce mohou provádět pouze osoby s odpovídající kvalifikací.

Bezpečnost při provozu a užívání zařízení

Při provozu zařízení smí obsluhu provádět pouze proškolená osoba. Při obsluze zařízení je nutno dodržovat postupy uvedené v pokynech pro obsluhu zařízení, které je povinen dodat zhotovitel těchto zařízení. Zvýšenou pozornost je třeba věnovat uskladňování pelet.

Požární ochrana

V kotelně a skladu pelet jsou osazeny protipožární dveře s otevíráním směrem ven. V kotelně nejsou umístěny žádné hořlavé předměty. Sklad pelet je bez elektroinstalací.

Veškeré dřevěné konstrukce kolem komínového tělesa, zejména v místě krovu, jsou vzdálena minimálně 50 mm a mezera je vyplněna nehořlavým materiálem. Pro likvidaci popela je před objektem umístěna kovová popelnice.

II.C Zhodnocení navržených variant

II.C.1 Vytápění přístavby (varianta A)

Varianta A řeší návrh otopného systému přístavby. Otopný systém je dvoutrubkový s nuceným oběhem vody. Přirozený oběh vody je v tomto případě nevhodný, jelikož je zdroj tepla umístěn ve stejné výšce jako tělesa prvního nadzemního podlaží. Také teplota otopné vody je nižší, což není pro samotížné sestavy vhodné. Kvůli nižší teplotě otopné vody jsou třeba větší otopné plochy. Nízká teplota vratné otopné vody však zajišťuje ekonomičtější a ekologičtější kondenzační režim plynového kotle.

Zdrojem tepla přístavby je plynový kondenzační kotel. Ten má vysokou účinnost, která je zajištěna efektivním spalovacím procesem tak, že jsou ochlazeny spaliny odcházejících do komína, dochází ke kondenzaci v nich obsažené vodní páry a uvolnění kondenzačního tepla, které je využito pro ohřev otopné vody. Pořizovací náklady na kotel jsou sice v porovnání s nízkoteplotním kotlem vyšší, ale díky efektivnímu spalovacímu procesu jsou sníženy náklady provozní. Z hlediska dopadu na životní prostředí je kotel spalovacím stacionárním zdrojem znečištění ovzduší. V porovnání s jinými spalovacími zdroji tepla jsou však jeho emise velmi nízké. Palivem je zemní plyn, který je neobnovitelným zdrojem energie. Nejedná se tedy z pohledu udržitelné výstavby o uspokojivou variantu zdroje tepla. Závěsná varianta kotle má velmi malé prostorové nároky a není proto třeba velkých stavebních úprav stávajícího objektu.

Pro dosažení vysokého uživatelského komfortu jsou osazena jednoduše regulovatelná otopná tělesa i zdroje tepla. U velkých prosklených ploch jsou osazeny podlahové konvektory, které vytváří tepelnou clonu a nezmenšují užitečnou podlahovou plochu interiéru. Instalovaná varianta s přirozeným prouděním vzduchu je oproti variantě s nuceným prouděním sice méně výkonná, ale tichá a tak vhodná i do místností určených ke spánku. Pro nepřetržitou dodávku tepla pro vytápění i během přednostní přípravy teplé vody je v systému nainstalována akumulární nádoba.

II.C.2 Kotelna celého objektu (varianta B)

Hlavním zdrojem tepla pro variantu B, tedy celý objekt penzionu a restaurace včetně přístavby, je automatický kotel na pelety. Pelety jsou vyráběny z odpadních produktů dřevozpracujícího průmyslu a jsou tak velmi ekologickým a obnovitelným zdrojem energie. Jejich nevýhodou jsou však velké prostorové nároky na skladování a nutnost větších stavebních úprav stávajícího objektu. Pořizovací náklady na automatický peletový kotel jsou v porovnání s plynovým kotlem vyšší, avšak cena pelet na jednotku získané tepelné energie je nižší než v případě zemního plynu. Z pohledu dopadu na životní prostředí se jedná o spalovací stacionární zdroj znečištění ovzduší. Pro zvýšení uživatelského komfortu je zvolena automatická verze kotle. V systému je nainstalována akumulární nádoba kvůli špatné regulovatelnosti kotle, prodloužení jeho životnosti a zlepšení provozu z ekonomického hlediska.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

III. EXPERIMENTÁLNÍ ŘEŠENÍ A ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ

EXPERIMENTAL ANALYSIS AND PROCESSING OF RESULTS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Karolína Železná

VEDOUCÍ PRÁCE

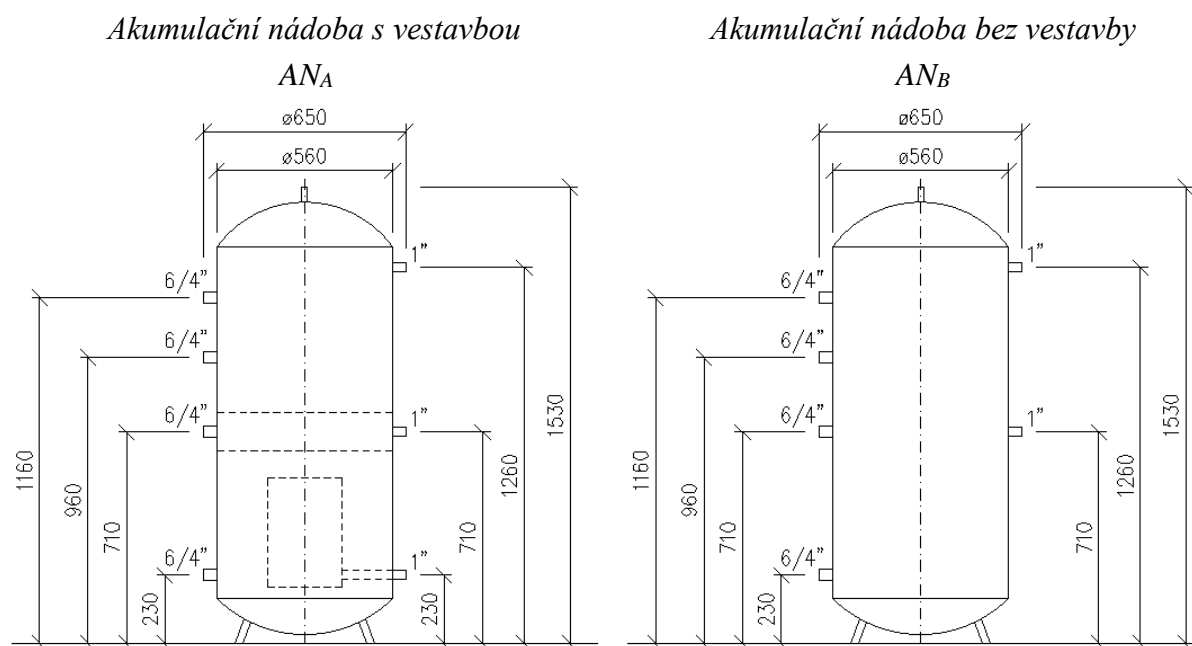
SUPERVISOR

Ing. MARCELA POČINKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2021

III.A Cíl měření

Cílem experimentálního měření je zjištění rozdílů a výhod či nevýhod dvou konstrukčně rozdílných typů akumulčních nádob (AN) stejného objemu. Zapojeny budou v různých provozních stavech s odlišnými zdroji tepla – kotlem na tuhá paliva, plynovým kotlem a tepelným čerpadlem. Jedna akumulční nádoba (AN_A) má v sobě speciální vestavbu pro zajištění lepšího rozvrstvení vody o různých teplotách. Druhá akumulční nádoba (AN_B) je bez vestavby nebo výměníku tepla.



Obrázek 46: Rozměrové schéma – porovnání AN

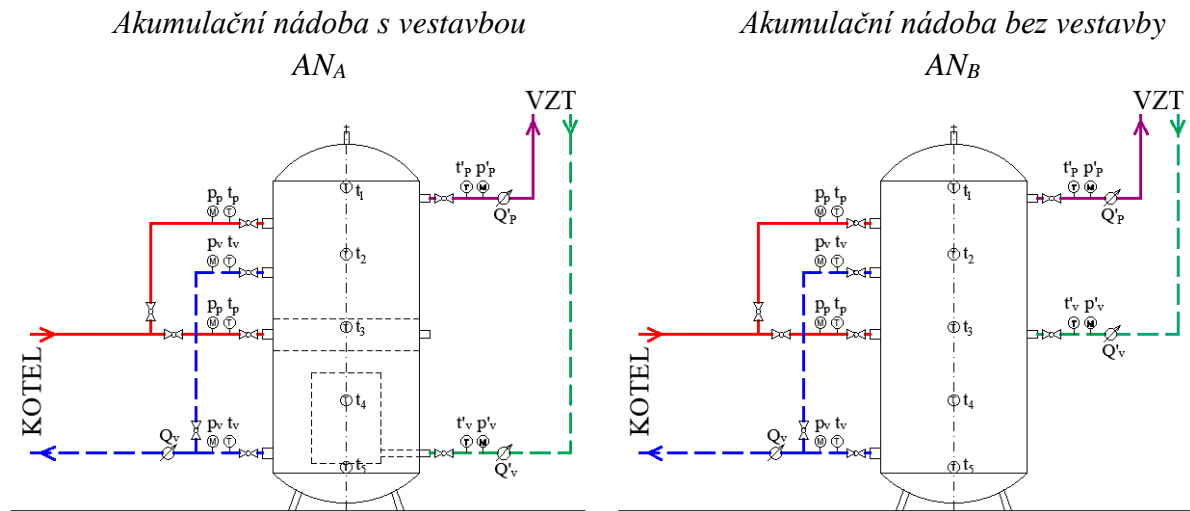
III.B Popis měření

Během všech měření byl zdrojem tepla plynový kotel o výkonu 18 kW, který byl nastaven na různé výstupní teploty tak, aby simuloval rozdílné zdroje tepla. Jestliže měl být zdrojem tepla kotel na tuhá paliva, byla teplota nastavena na 85 °C. V případě plynového kotle bylo nastaveno 65 °C. Pokud mělo být simulováno tepelné čerpadlo, nastaveno bylo 50 °C.

Každá AN měla připojeny dva vstupy a dva výstupy otopné vody v různých výškách s možným uzavřením každého z nich. Vždy byl otevřen jen jeden vstup a jeden výstup. Zrcadlově na nádobě byl napojen vstup a výstup otopné vody k výměníku tepla pro vybíjení.

Na všech těchto vstupech a výstupech byla osazena čidla měřící teplotu a tlak. Průtok bylo možné měřit v blízkosti AN při nabíjení na výstupu, při vybíjení na vstupu i výstupu. Na nádobě bylo po výšce nalepeno pomocí termopásky celkem 5 teplotních čidel tak, aby byl snímán svislý teplotní profil. Všechna čidla byla napojena na měřicí ústřednu zapisující údaje do paměti v intervalu 1 sekundy a na obrazovku připojeného počítače v časovém cyklu 2,5 minuty. Během měření byla AN snímána termokamerou uchycenou na stativu se zapnutým automatickým pořizováním snímků v časovém intervalu 2,5 minuty. Měřicí cyklus využívaný ke zpracování dat byl 2,5 minuty.

Měření probíhalo od ledna do prosince roku 2020 na fyzickém modelu v laboratoři Ústavu technických zařízení budov Fakulty stavební Vysokého učení technického v Brně.



Legenda

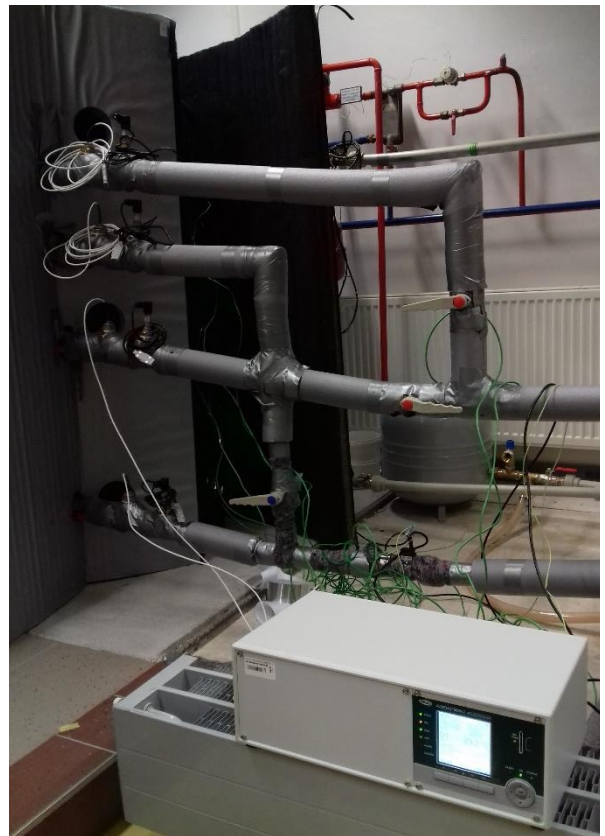
Měřená veličina

<p>(T) teplotní čidlo připevněné na nádobě</p>	<p>t_1 teplota v horní části AN, 1330 mm od podlahy</p> <p>t_2 teplota v horní polovině AN, 1035 mm od podlahy</p> <p>t_3 teplota ve střední části AN, 740 mm od podlahy</p> <p>t_4 teplota v dolní polovině AN, 445 mm od podlahy</p> <p>t_5 teplota v dolní části AN, 150 mm od podlahy</p>
<p>(T) teplotní čidlo na potrubí</p>	<p>t_p teplota přívodní otopné vody od zdroje tepla</p> <p>t_v teplota vratné otopné vody ke zdroji tepla</p> <p>t'_p teplota přívodní otopné vody do VZT</p> <p>t'_v teplota vratné otopné vody od VZT</p>
<p>(M) snímač tlaku na potrubí</p>	<p>p_p tlak v přívodním potrubí od zdroje tepla</p> <p>p_v tlak ve vratném potrubí ke zdroji tepla</p> <p>p'_p tlak v přívodním potrubí do VZT</p> <p>p'_v tlak ve vratném potrubí od VZT</p>
<p>snímač průtoku na potrubí</p>	<p>Q_v hmotnostní průtok ve vratném potrubí ke zdroji tepla</p> <p>Q'_p hmotnostní průtok v přívodním potrubí do VZT</p> <p>Q'_v hmotnostní průtok ve vratném potrubí od VZT</p>
<p>kulový kohout</p>	
<p>— přívodní potrubí od zdroje tepla</p> <p>- - - vratné potrubí ke zdroji tepla</p> <p>— přívodní potrubí do výměníku tepla pro maření tepla VZT jednotkou</p> <p>- - - vratné potrubí od výměníku tepla pro maření tepla VZT jednotkou</p>	

Obrázek 47: Schéma umístění čidel a zapojení – porovnání AN



Obrázek 48: Zapojení akumulční nádoby a umístění čidel



Obrázek 49: Současné měření teploty termokamerou a teplotními čidly

III.B.1 Průběh měření

Před zahájením měření byla otopná voda ohřata v odděleném okruhu na požadovanou počáteční teplotu. Vlastní měření bylo započato až po propojení tohoto okruhu s okruhem akumulární nádoby. Pro zajištění průtoku (0,11 l/s) bylo před akumulární nádobou zapnuto oběhové čerpadlo.

Vybíjení akumulární nádoby bylo zajištěno okruhem s otopnou vodou protékající (rychlostí 0,27 l/s) přes výměník, který předával teplo do okruhu s nemrznoucí kapalinou. Tou bylo teplo předáno do výměníku ve vzduchotechnické jednotce (VZT) a vzduchem odvedeno do venkovního prostředí.

Měření v případě samostatného nabíjení akumulární nádoby trvalo 1,5 hodiny, stejně tak v případě samostatného vybíjení akumulární nádoby. Pokud byl simulovaným zdrojem tepla kotel na tuhá paliva, bylo měření pro dosažení vyšších teplot v akumulární nádobě prodlouženo na 2 hodiny.

Jestliže probíhalo současné nabíjení a vybíjení AN (s průtokem 0,11 l/s), bylo nejprve zapnuto pouze nabíjení, po 10 minutách měření bylo spuštěno také vybíjení, po 1,5 hodině od počátku měření bylo nabíjení vypnuto a samostatné vybíjení probíhalo dalších 30 minut. Toto měření tedy trvalo celkem 2 hodiny.



Obrázek 50: Průběh měření snímán termokamerou

III.B.2 Sledované provozní stavy

1. kotel na tuhá paliva
 - nabíjení
 - vybíjení
 - současné nabíjení a vybíjení
2. plynový kotel
 - nabíjení
 - vybíjení
3. tepelné čerpadlo
 - nabíjení
 - vybíjení
 - současné nabíjení a vybíjení

III.B.3 Měřicí technika

III.B.3.a Termokamera Fluke Ti300, Fluke

Rozsah měření: -20 až +650 °C

Přesnost měření: ± 2 °C

Infračervená kamera s automatickým ostřením a širokoúhlým objektivem. Umožňuje bezdrátové, automatické snímání a odesílání dat.



Obrázek 51: Termokamera Fluke Ti300 [34]

III.B.3.b Měřicí ústředna Almemo 5690-2, Ahlborn

Univerzální měřicí ústředna s 90 měřicími vstupy. Ústředna je schopna ukládat měřená data do své paměti v libovolných časových intervalech a při propojení kabelem s osobním počítačem je zároveň vypisovat na obrazovce.



Obrázek 52: Měřicí ústředna Almemo 5690-2 [33]

III.B.3.c Snímač průtoku kapalin VSF 5-100 l/min, Grundfos

Rozsah měření průtoku: 5 až 100 l/min

Rozsah měření teplot: 0 až 100 °C

Přesnost měření: $\pm 1,5$ % rozsahu

Snímač průtoku fungující na vírovém principu. Proud kapaliny obtéká překážku v trubici průtokoměru, čímž se vytváří víry. Snímač vyhodnocuje četnost a frekvenci virů. Snímá teplotu a průtok.



Obrázek 53: Snímač průtoku kapalin VSF 5-100 l/min [31]

III.B.3.d Snímače tlaku AMR – FDA 602-L4R, Ahlborn

Rozsah měření: 0 až 5 bar

Přesnost měření: $\pm 0,5$ % rozsahu



Obrázek 54: Snímače tlaku AMR – FDA 602 [33]

III.B.3.e Teplotní čidlo ponorné FPA 710 L27M10, Ahlborn

Rozsah měření: -40 až +400 °C

Přesnost měření: $\pm 0,01$ K



Obrázek 55: Teplotní čidlo ponorné FPA 710 L27M10

III.B.3.f Teplotní čidla s termočláňkovým drátem ZA 9020-FS Thermo R2E4, Ahlborn

Rozsah měření: -200 až +1370 °C

Přesnost měření: $\pm 0,1$ K



Obrázek 56: Teplotní čidla s termočláňkovým drátem ZA 9020-FS Thermo R2E4 [33]

III.B.4 Výpočetní technika

III.B.4.a AMR-Control

Počítačový program pro zaznamenání a stažení naměřených dat z měřicí ústředny. Je nutné propojení ústředny USB kabelem s osobním počítačem.

III.B.4.b AutoCAD

Software pro 2D a 3D projektování a konstruování, ve kterém bylo nakresleno rozměrové schéma, schémata umístění čidel a zapojení.

III.B.4.c Auto Mouse Click

Program pro nastavení automatického klikání myši dle souřadnic na obrazovce. Využit během úprav termovizních snímků pořízených automatickým snímáním ze stativu.

III.B.4.d Fluke Connect

Applikace pro bezdrátový přenos, kontrolu a ukládání dat, která je součástí termokamery. Použito pro vzdálenou kontrolu během automatického pořizování termovizních snímků.

III.B.4.e Fluke Smart View

Software pro analýzu a protokolování, který je součástí termokamery. V počítačové verzi umožňuje úpravu a optimalizaci termovizních snímků.

III.B.4.f Microsoft Excel

Tabulkový procesor pro zpracování dat, hromadné provedení výpočtů, tvorbu tabulek a grafů.

III.B.4.g Microsoft Word

Textový editor pro tvorbu a úpravu textové části, automatické vytvoření obsahu a propojení jednotlivých částí a odkazů.

III.B.5 Okrajové podmínky měření

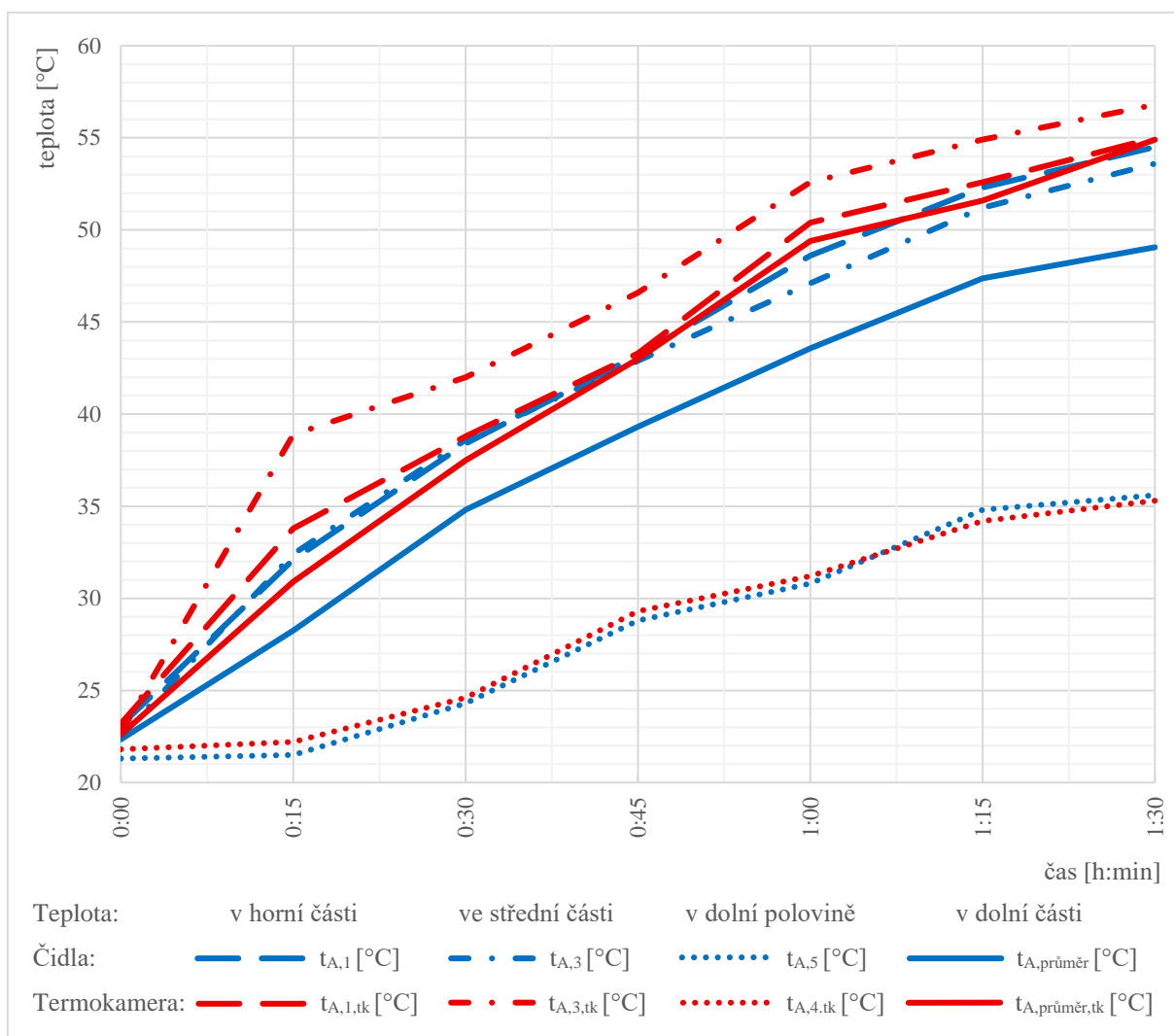
Akumulační nádoba s vestavbou měla od výrobce vrat otopné vody z odběrového okruhu v jiné výšce než akumulaci nádoba bez vestavby.

Vybíjení bylo úměrné odběru tepla, které probíhal prostřednictvím VZT jednotky. Záviselo tedy na exteriérových podmínkách, které nebyly u všech měření shodné.

Počáteční teplota v akumulaci nádobě byla ovlivněna teplotou interiéru a byla tedy v každém ročním období mírně odlišná.

Teplotní profil akumulaci nádoby po výšce byl snímán teplotními čidly a současně byly pořizovány termovizní snímky. Z termovizních snímků byly za pomoci softwaru Smart View od firmy Fluke určeny teploty ve výškách čidel. Porovnáním bylo zjištěno, že se teploty liší především ve středové části nádoby (t_3). Teploty v horní a dolní horní části nádoby zjištěné měření pomocí teplotních čidel (viz graf 1, modře) a určených z termovizních snímků (viz graf 1, červeně) jsou téměř shodné. Do středové části nádoby bylo zaústěn potrubí

přivádějící otopnou vodu od zdroje, což ovlivnilo měření termokamerou. Umístění termokamery limitovaly prostorové možnosti laboratoře a snímala tak stranu, na které jsou umístěny vstupy otopné vody. Na snímcích je proto patrný proud otopné vody s vyššími teplotami, než je teplota náležející této vrstvě. Hodnoty odečítané z termovizních snímků tedy nebyly použity pro srovnávací grafické výstupy. Snímky z termokamery však jasně ukazují rozvrstvení otopné vody uvnitř akumulční nádoby. Byly proto využity pro vizuální srovnání měřených nádob.



Graf 1: Průběh teplot při nabíjení AN_A, simulace plynového kotle – porovnání hodnot z teplotních čidel a termovizních snímků

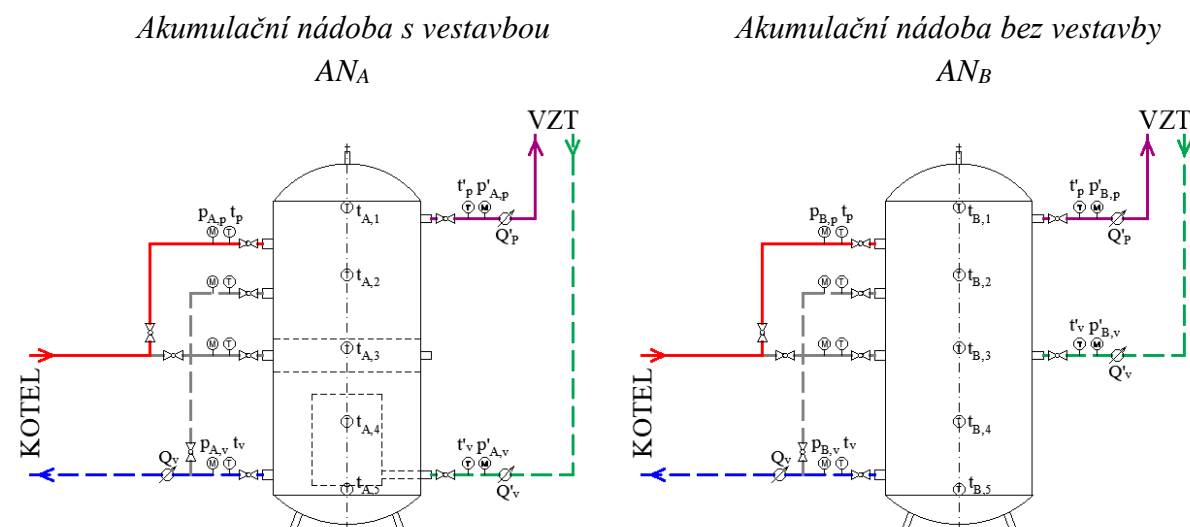
III.C Varianty měření

Pro simulaci různých zdrojů tepla bylo zapotřebí dosáhnout různých teplot otopné vody a různých způsobů zapojení přívodního a vratného potrubí do akumulární nádoby.

Ve všech níže uvedených variantách měření bylo měřeno samostatně nabíjení a samostatně vybíjení. Dále bylo v případě, kdy byl zdrojem tepla kotel na tuhá paliva a tepelné čerpadlo, měřeno současné nabíjení a vybíjení AN. Všechna tato měření byla pro následnou možnost porovnání provedena shodně na obou typech výrobků.

III.C.1 Simulovaným zdrojem tepla je kotel na tuhá paliva

V případě, kdy byl zdrojem tepla kotel na tuhá paliva, byla nastavena teplota na kotli na 85 °C. Této teploty jsme v AN s kotlem o výkonu 18 kW za zvolenou dobu nabíjení nedosáhli. Měření nabíjení trvalo 2 hodiny, vybíjení 1,5 hodiny. Současné nabíjení a vybíjení bylo měřeno po dobu 2 hodin. Přívod otopné vody od zdroje byl do nejvyššího možného vstupu, vrat otopné vody ke zdroji byl z nejnižšího možného výstupu (viz obrázek 57).



Legenda (popis čidel viz obrázek 47)

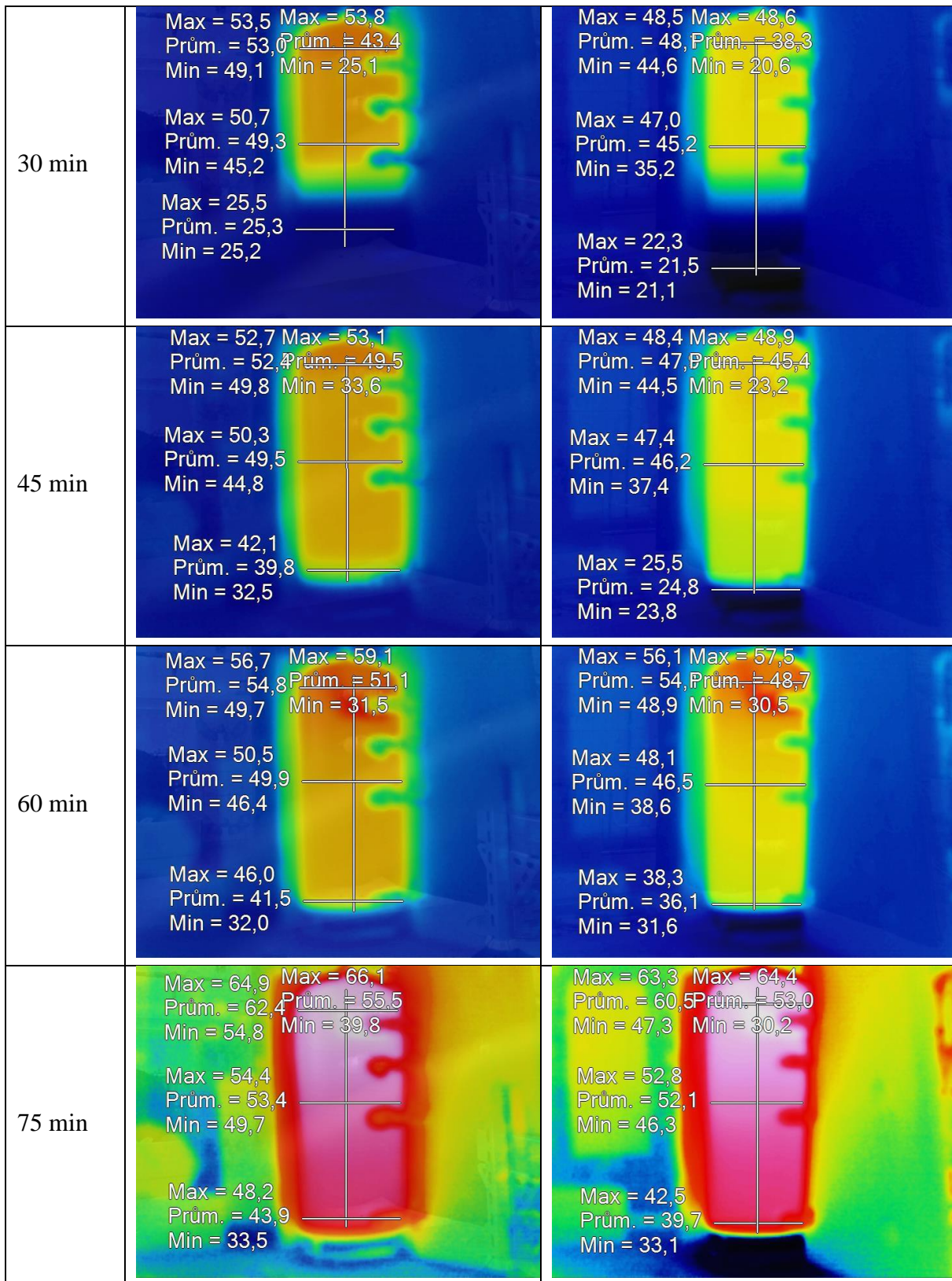
- přívodní potrubí od zdroje tepla
- - - vratné potrubí ke zdroji tepla
- přívodní potrubí do výměníku tepla pro maření tepla VZT jednotkou
- - - vratné potrubí od výměníku tepla pro maření tepla VZT jednotkou

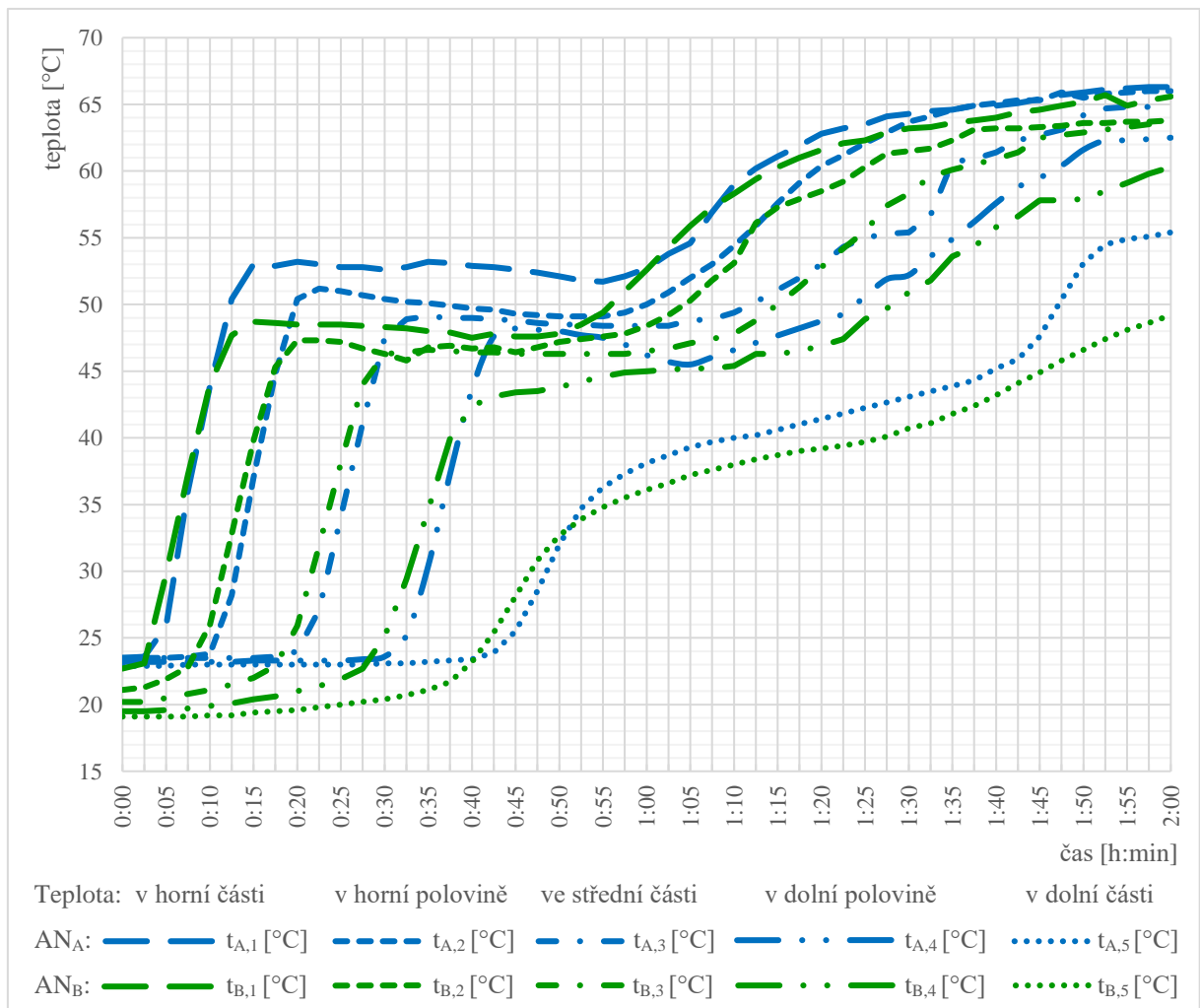
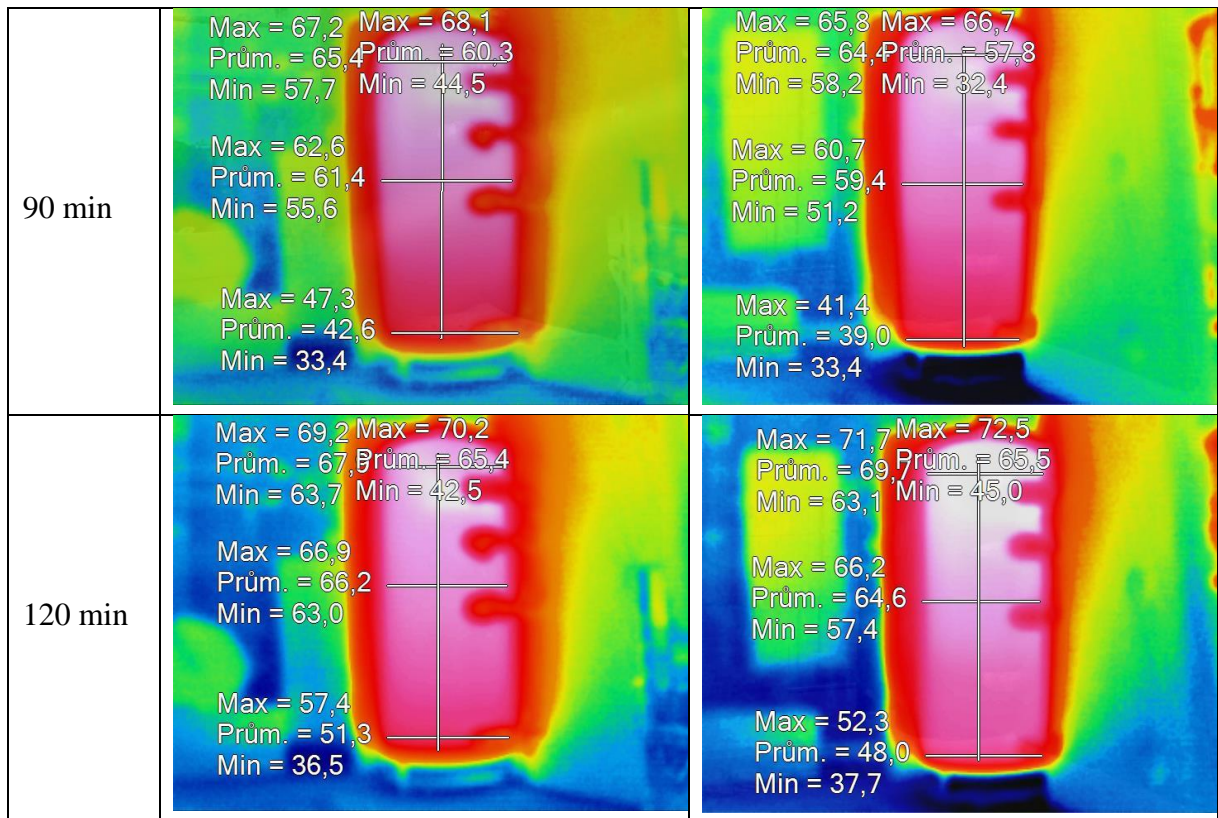
Obrázek 57: Schéma zapojení je-li simulovaným zdrojem tepla kotel na tuhá paliva – porovnání AN

III.C.1.a Nabíjení

Tabulka 18: Termovizní snímky při nabíjení, simulace kotle na tuhá paliva – porovnání AN

Čas měření	Akumulační nádoba s vestavbou	Akumulační nádoba bez vestavby
0 min	<p>Max = 25,2 Max = 24,7 Prům. = 24,6 Prům. = 24,4 Min = 24,4 Min = 24,1</p> <p>Max = 24,5 Prům. = 24,4 Min = 24,3</p> <p>Max = 24,2 Prům. = 24,1 Min = 24,1</p>	<p>Max = 24,4 Max = 23,3 Prům. = 23,2 Prům. = 20,9 Min = 22,9 Min = 19,6</p> <p>Max = 23,1 Prům. = 21,2 Min = 20,8</p> <p>Max = 22,1 Prům. = 20,2 Min = 19,7</p>
5 min	<p>Max = 47,4 Max = 49,6 Prům. = 37,5 Prům. = 26,7 Min = 30,7 Min = 24,0</p> <p>Max = 24,8 Prům. = 24,4 Min = 24,3</p> <p>Max = 24,3 Prům. = 24,1 Min = 24,0</p>	<p>Max = 41,0 Max = 44,1 Prům. = 34,7 Prům. = 23,2 Min = 30,3 Min = 19,7</p> <p>Max = 23,1 Prům. = 21,6 Min = 21,1</p> <p>Max = 21,7 Prům. = 20,2 Min = 19,8</p>
10 min	<p>Max = 56,8 Max = 59,9 Prům. = 50,9 Prům. = 30,5 Min = 41,4 Min = 24,2</p> <p>Max = 25,2 Prům. = 24,8 Min = 24,6</p> <p>Max = 24,5 Prům. = 24,3 Min = 24,2</p>	<p>Max = 52,1 Max = 52,8 Prům. = 46,8 Prům. = 26,0 Min = 40,2 Min = 19,8</p> <p>Max = 24,4 Prům. = 22,4 Min = 21,9</p> <p>Max = 20,9 Prům. = 20,2 Min = 19,9</p>
20 min	<p>Max = 54,1 Max = 54,1 Prům. = 53,8 Prům. = 38,1 Min = 51,4 Min = 24,6</p> <p>Max = 33,9 Prům. = 32,8 Min = 32,2</p> <p>Max = 25,0 Prům. = 24,7 Min = 24,5</p>	<p>Max = 49,0 Max = 49,0 Prům. = 48,1 Prům. = 32,6 Min = 45,1 Min = 20,4</p> <p>Max = 31,0 Prům. = 30,2 Min = 29,4</p> <p>Max = 21,2 Prům. = 20,6 Min = 20,4</p>



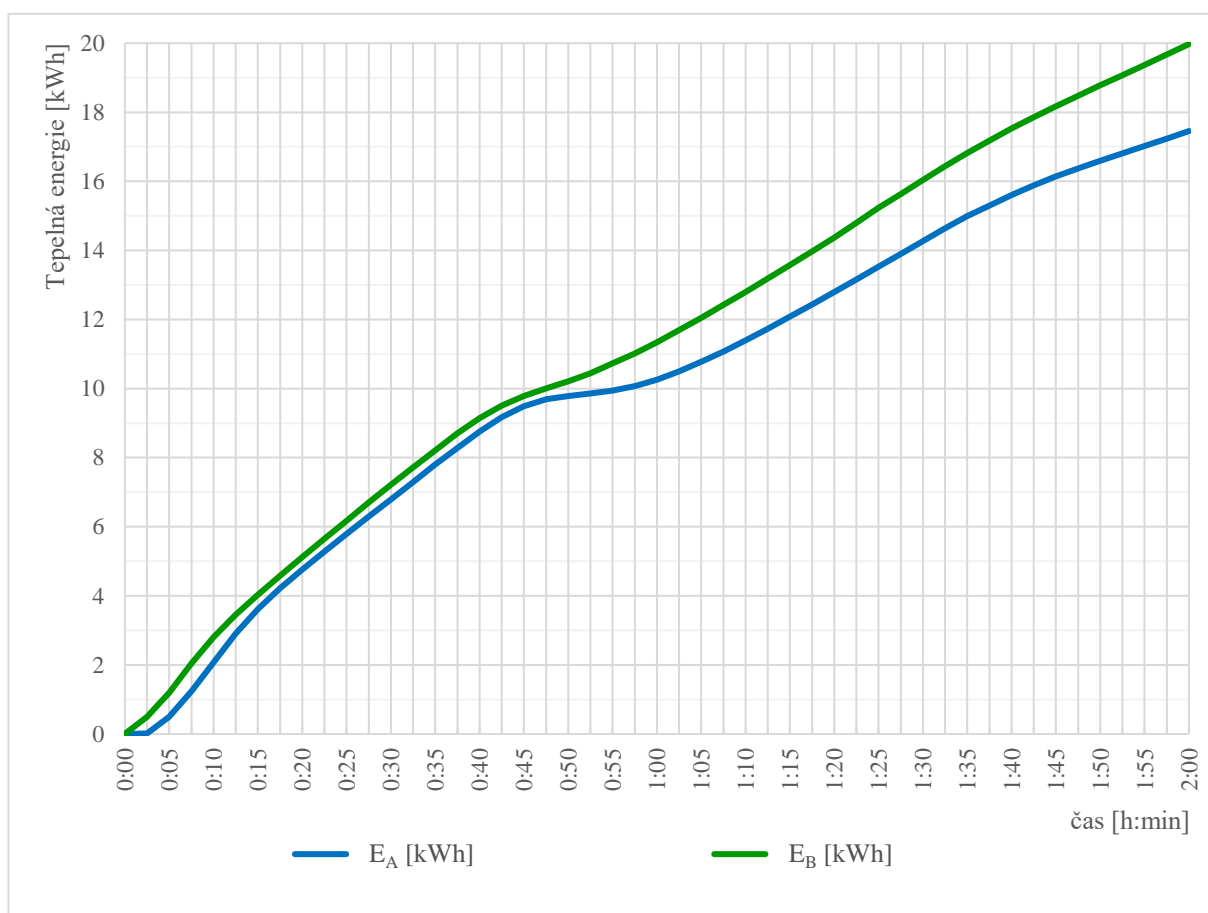


Graf 2: Průběh teplot při nabíjení, simulace kotle na tuhá paliva – porovnání AN

Snímky z termokamery a graf ukazují, že v obou nádobách je teplá voda v první fázi nabíjení ukládána ve vrstvách. Přibližně po 45 minutách nabíjení jsou naměřené teploty kromě horního a dolního čidla velmi podobné. Při dalším nabíjení dochází opět k pravidelnému ukládání do vrstev. Akumulační nádoba s vestavbou AN_A má menší rozdíl na konci měření mezi teplotou v horní a teplotou v dolní části nádoby ($|t_{A,1} - t_{A,5}| < |t_{B,1} - t_{B,5}|$).

Přestože do AN_A bylo dodáno menší množství tepla (viz graf 3), teplota v dolní části nádoby byla vyšší. Kvůli tomu se v 50. minutě měření zvýšila i teplota vratu AN_A (viz graf 4) a snížila dodávka tepla. U průtoku ke změnám nedošlo. Dokazuje to, že v dolní části AN_A bylo dříve dosaženo vyšší teploty.

Dodané množství tepla se začalo lišit až po 50 minutách měření a souvisí se zvýšením teploty v dolní části AN_A. Pokud je tedy zdrojem tepla kotel na tuhá paliva, je vrstvení během nabíjení v obou AN srovnatelné do 50. minuty měření.



Graf 3: Průběh ukládání tepla při nabíjení, simulace kotle na tuhá paliva – porovnání AN

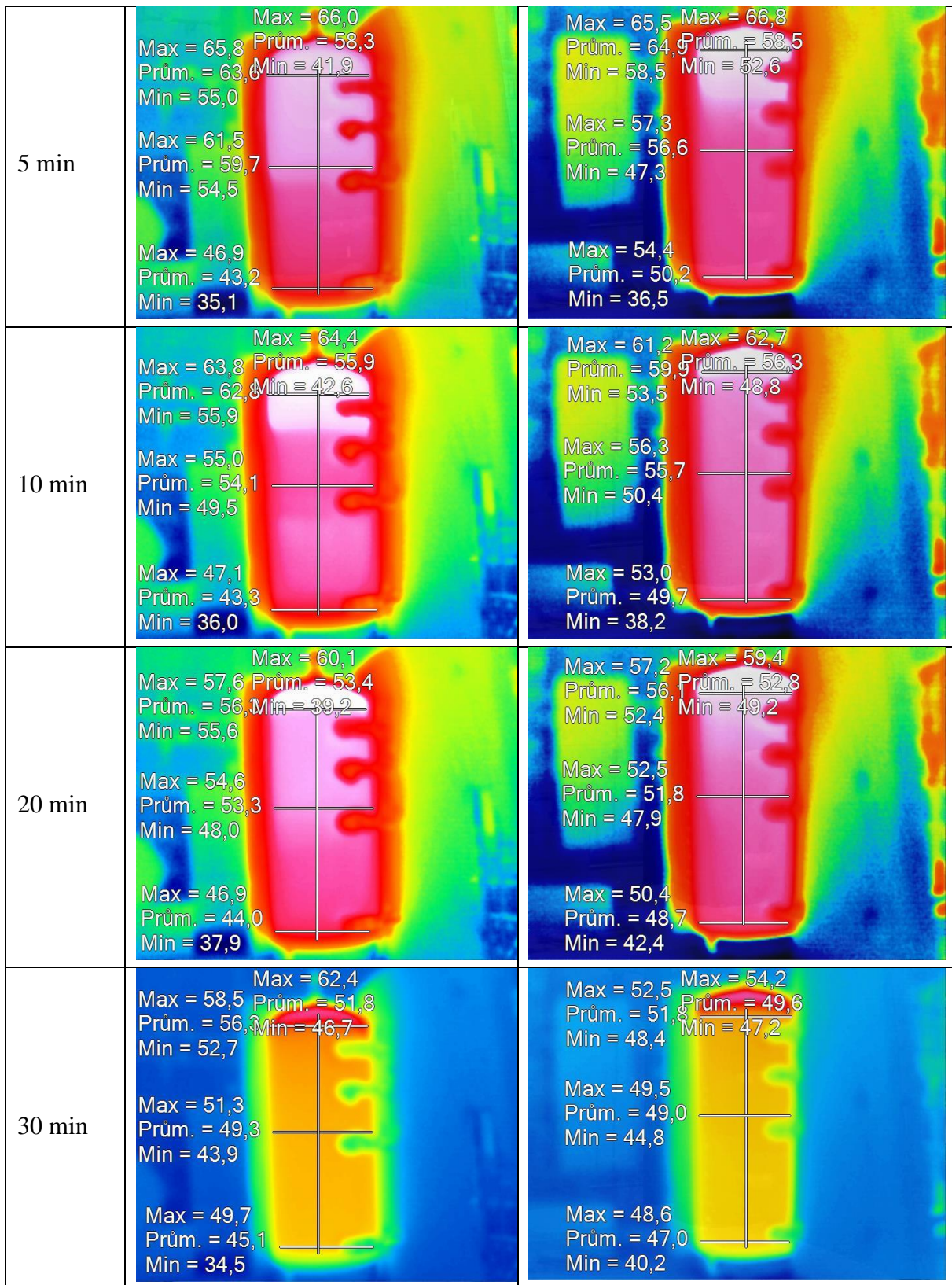


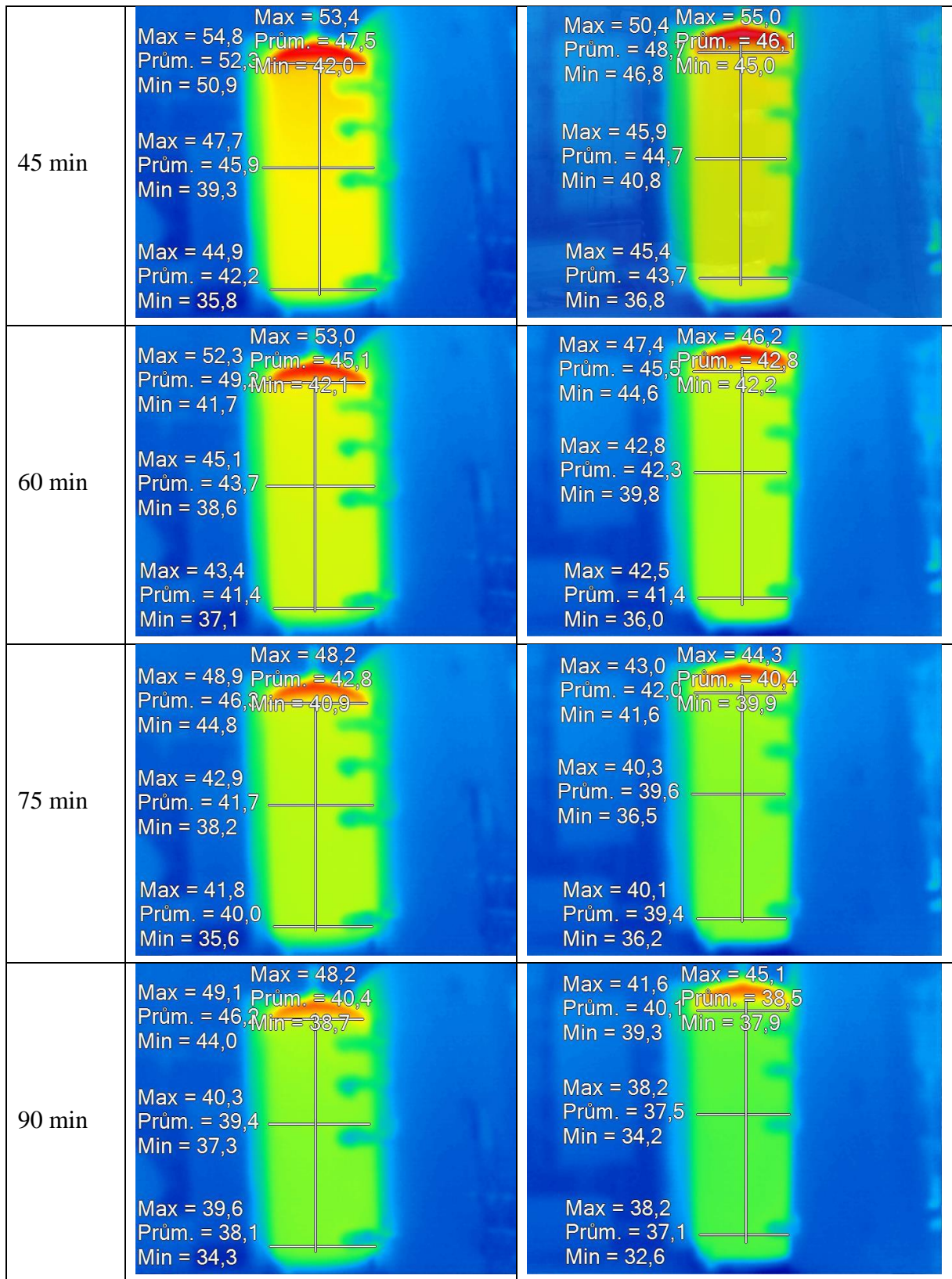
Graf 4: Průběh teplot ve vratném potrubí při nabíjení AN_A, simulace kotle na tuhá paliva

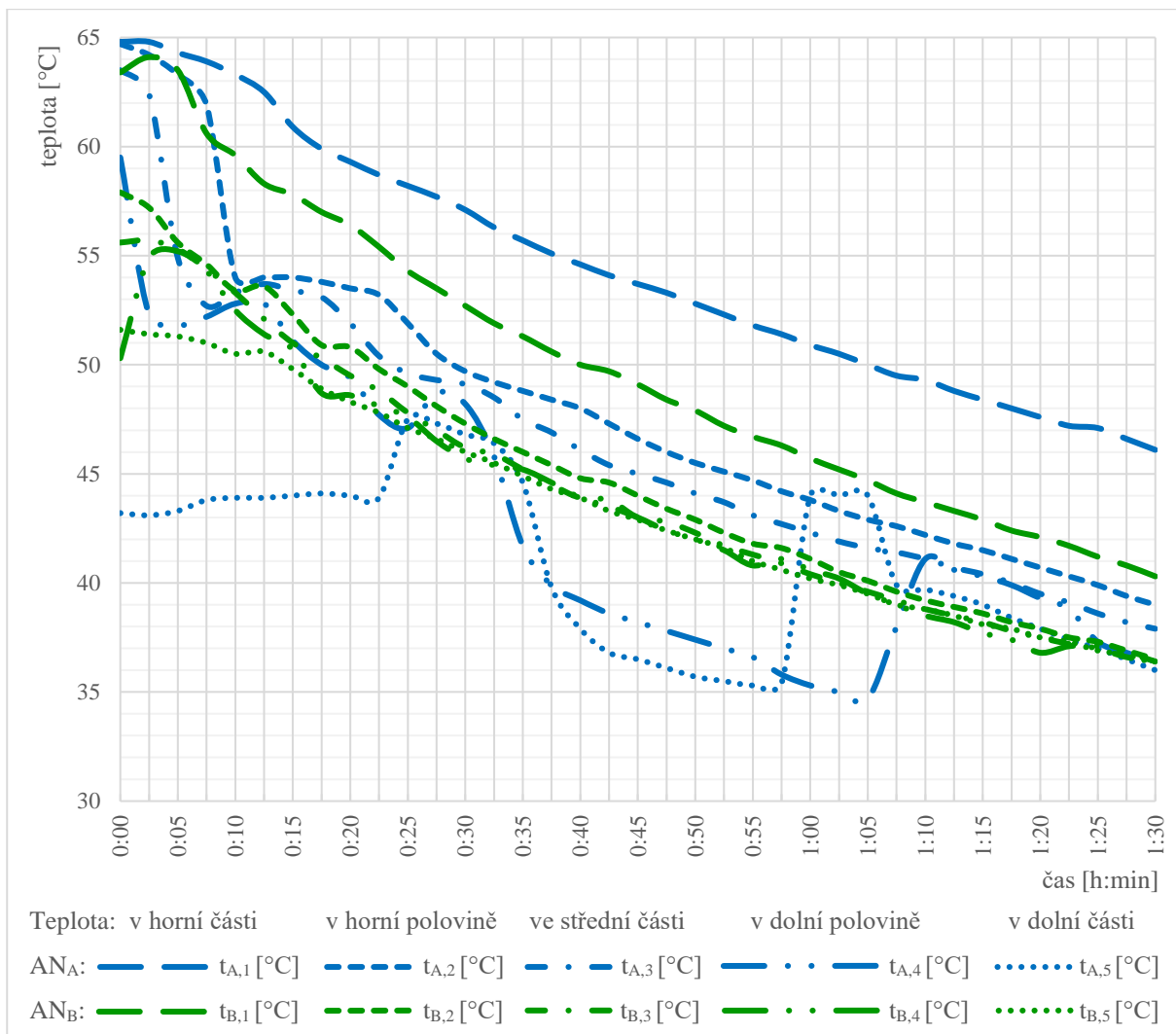
III.C.1.b Vybíjení

Tabulka 19: Termovizní snímky při vybíjení, simulace kotle na tuhá paliva – porovnání AN

Čas měření	Akumulační nádoba s vestavbou	Akumulační nádoba bez vestavby
0 min	<p>Max = 66,1 Max = 66,0 Prům. = 61,1 Prům. = 65, Min = 35,4 Min = 59,2</p> <p>Max = 64,6 Prům. = 63,8 Min = 53,1</p> <p>Max = 44,0 Prům. = 41,5 Min = 35,9</p>	<p>Max = 66,9 Max = 68,0 Prům. = 66, Prům. = 61,6 Min = 57,2 Min = 42,9</p> <p>Max = 62,2 Prům. = 61,3 Min = 56,0</p> <p>Max = 56,8 Prům. = 53,1 Min = 40,7</p>



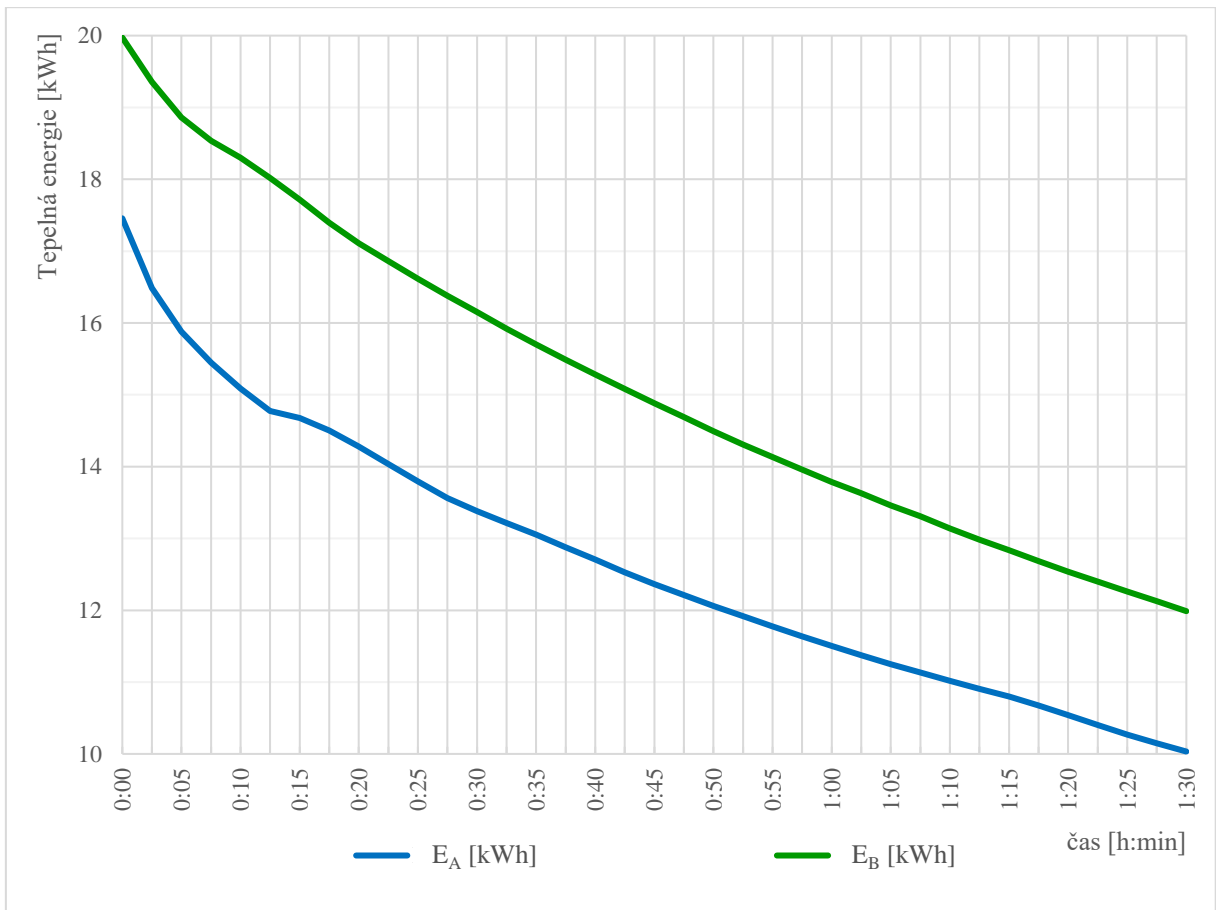




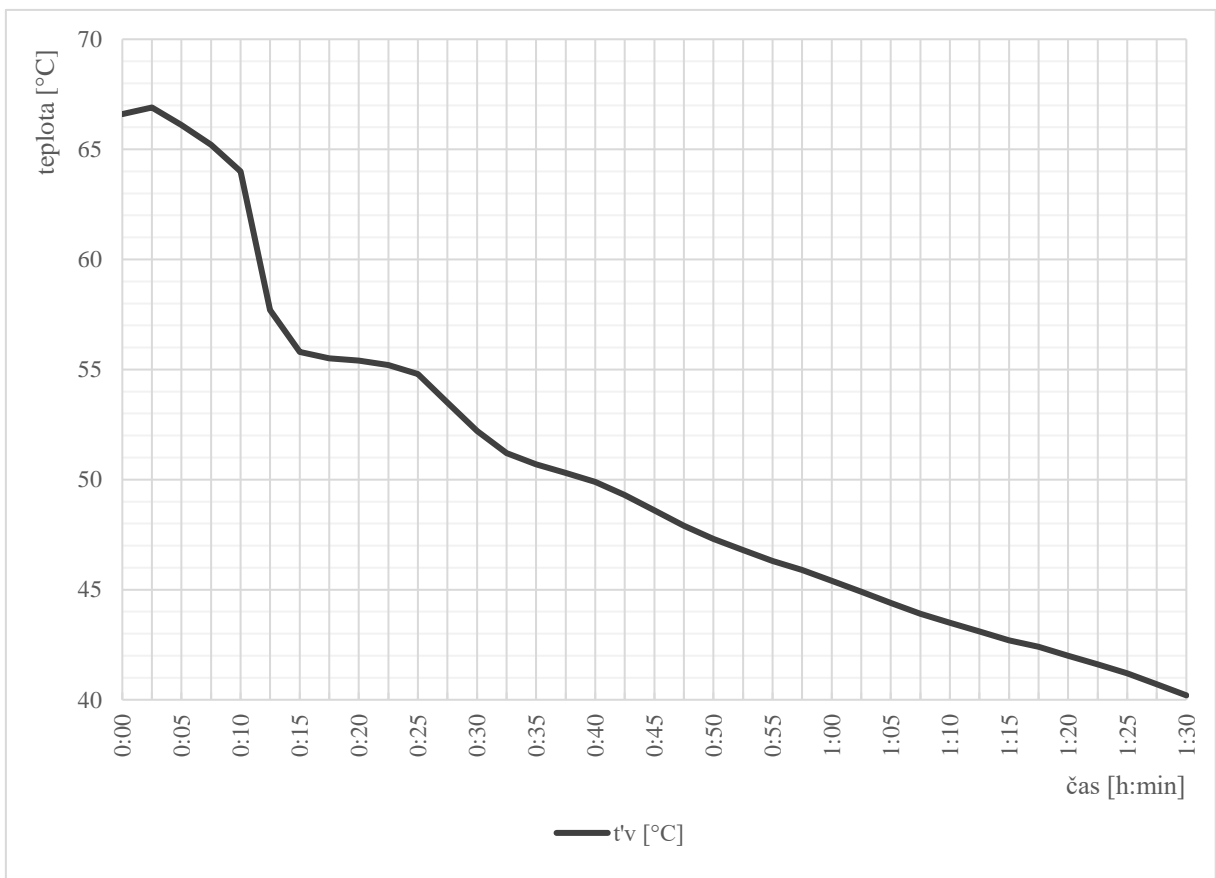
Graf 5: Průběh teplot při vybíjení, simulace kotle na tuhá paliva – porovnání AN

Z grafu je patrné, že přestože byly na počátku měření teploty v horní části akumuláčnických nádob podobné ($t_{A,1} \approx t_{B,1}$), na konci měření byla teplota v akumuláčnické nádobě s vestavbou AN_A vyšší než v akumuláčnické nádobě bez vestavby AN_B ($t_{A,1} > t_{B,1}$). Lze tedy odvodit, že AN_A je schopná udržet vyšší teplotu v horní části nádrže během vybíjení.

V AN_A došlo dvakrát během měření k navýšení teploty v dolní části nádoby a to přibližně po 30 a 60 minutách vybíjení. Toto zvýšení nemá vazbu na odběr tepla, který byl stále rovnoměrný (viz graf 6), ani na teplotu vratné vody, která se nezměnila (viz graf 7). Tato změna nastala pouze v těle nádoby. Lze předpokládat, že zásahem nějakého prvku vestavby. K zásahu došlo, jakmile byl rozdíl mezi teplotou otopné vody v horní a dolní části nádoby velký. Přibližně při rozdílu teplot 15 °C a 17 °C. Tento zásah se projevil na teplotách $t_{A,4}$ a $t_{A,5}$ v dolní části nádoby.

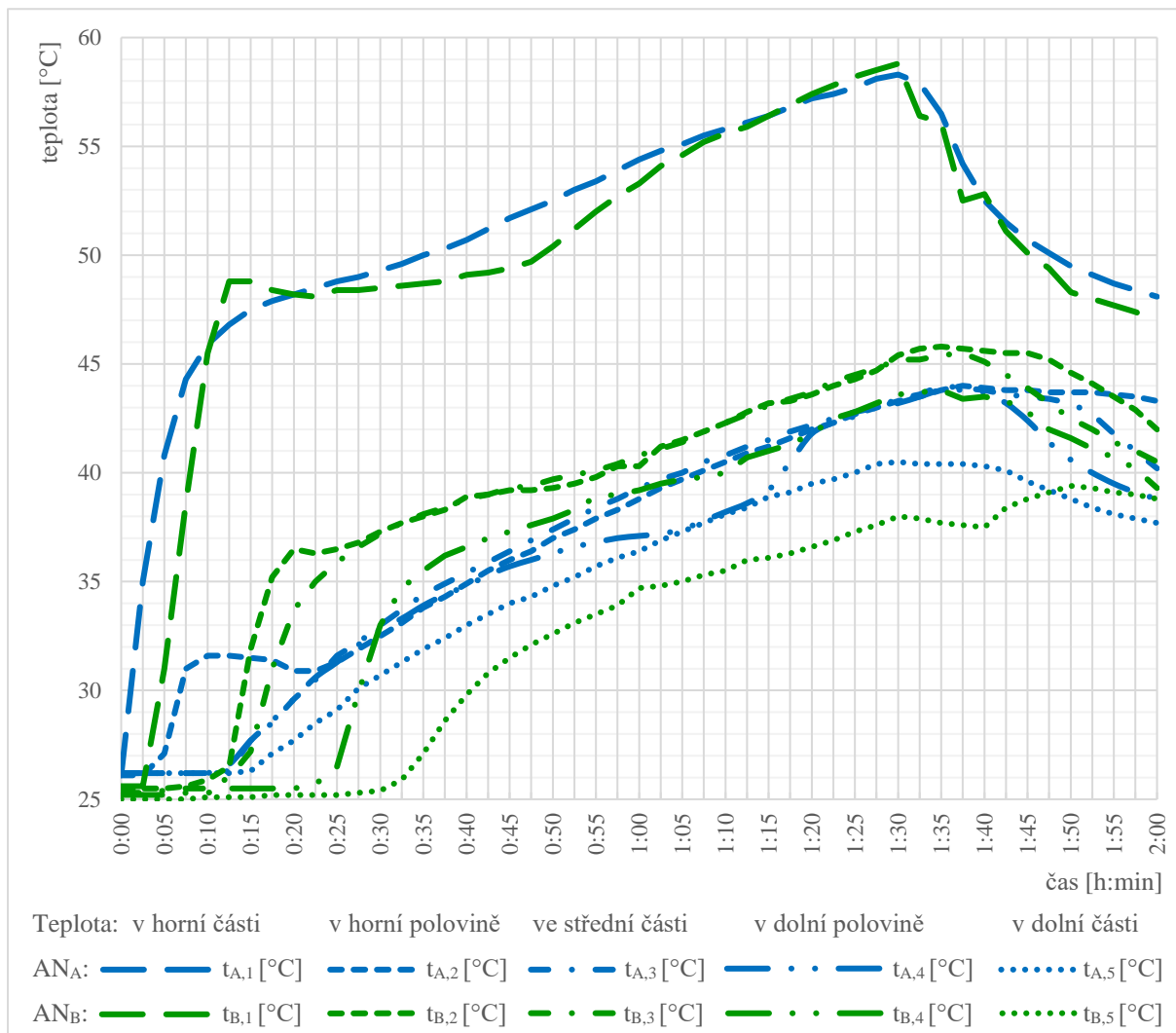


Graf 6: Průběh ukládání tepla při vybíjení, simulace kotle na tuhá paliva – porovnání AN



Graf 7: Průběh teplot ve vratném potrubí při vybíjení AN_A, simulace kotle na tuhá paliva

III.C.1.c Současné nabíjení a vybíjení



Graf 8: Průběh teplot při současném nabíjení a vybíjení, simulace kotle na tuhá paliva – porovnání AN

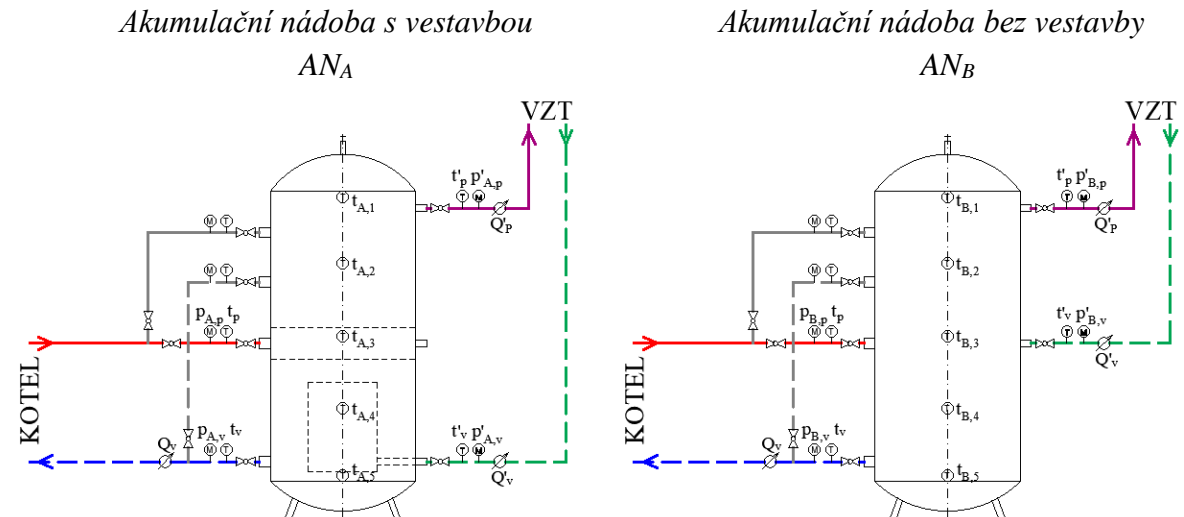
Při současném nabíjení a vybíjení dochází k promíchávání vody, což ovlivňuje její vrstvení. Nedochází tedy k rozvrstvení otopné vody tak dobře jako při odděleném nabíjení a vybíjení.

Z temovizní snímky a graf ukazují, že při současném nabíjení a vybíjení se teploty v horní části nádoby udržují na vysokých hodnotách během celého měření a nejsou promíchávány. Toto je ovlivněno napojením výstupní otopné vody ze strany AN a nikoli její horní části. Teplo uložené v horní části nad napojením výstupu není využíváno. Teploty ve střední části nádoby vykazují malé rozdíly.

Průběh teplot ve střední části nádoby je podobný u obou konstrukčních řešení nádoby. Z měření vyplývá, že dolní část nádoby bez vestavby AN_B je chladnější. To je ale způsobeno rozdílnou výškou vstupu otopné vody od výměníků pro vybíjení, který u AN_B není umístěn v dolní části nádoby ale ve středu (viz obrázek 57).

III.C.2 Simulovaným zdrojem tepla je plynový kotel

V případě, kdy byl simulovaným zdrojem tepla plynový kotel, byla požadována teplota 65 °C. Nabíjení bylo měřeno po dobu 1,5 hodiny, vybíjení stejně tak. Přívod otopné vody od zdroje byl do středové části nádoby, vrat otopné vody ke zdroji tepla byl z nejnižšího možného výstupu (viz obrázek 58).



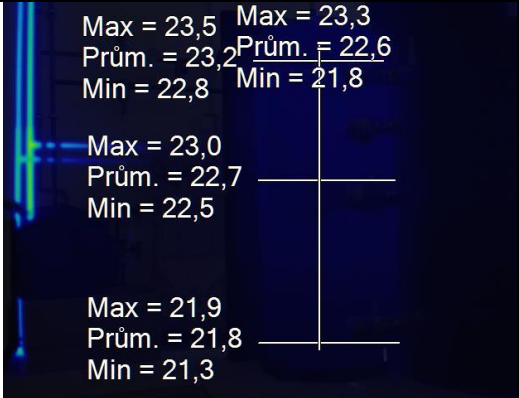
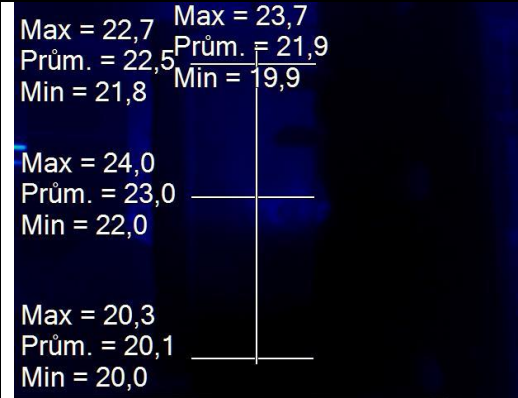
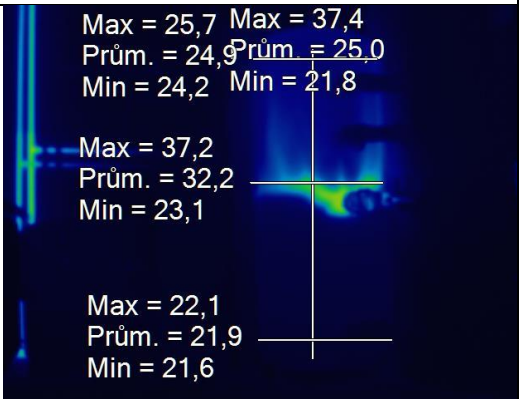
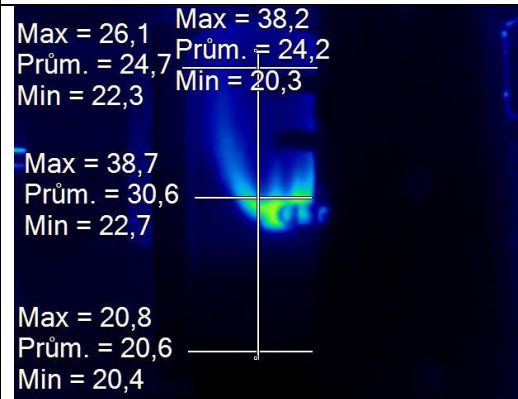
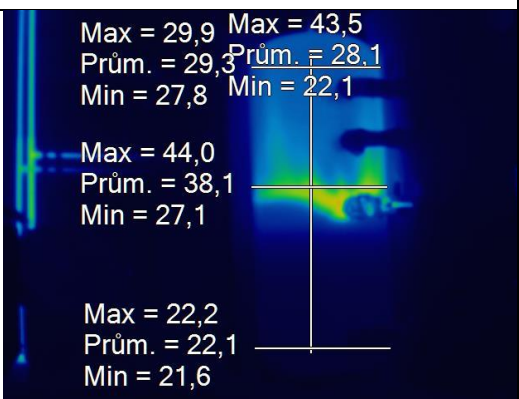
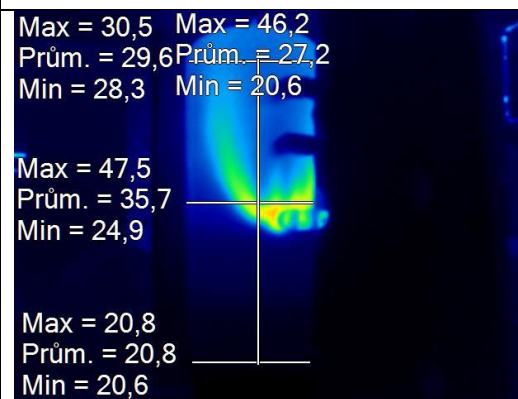
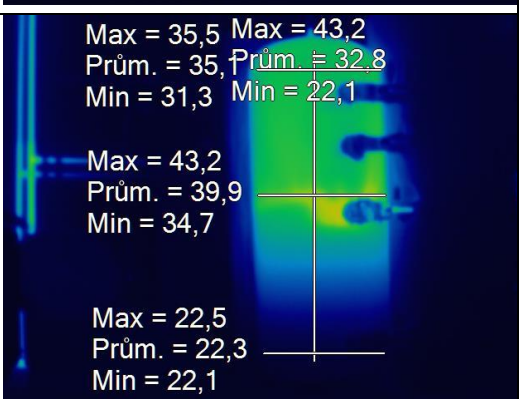
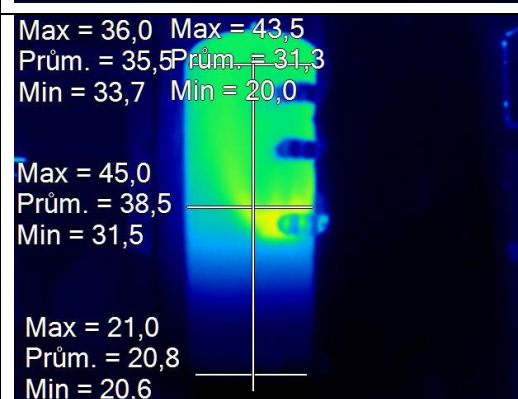
Legenda (popis čidel viz obrázek 47)

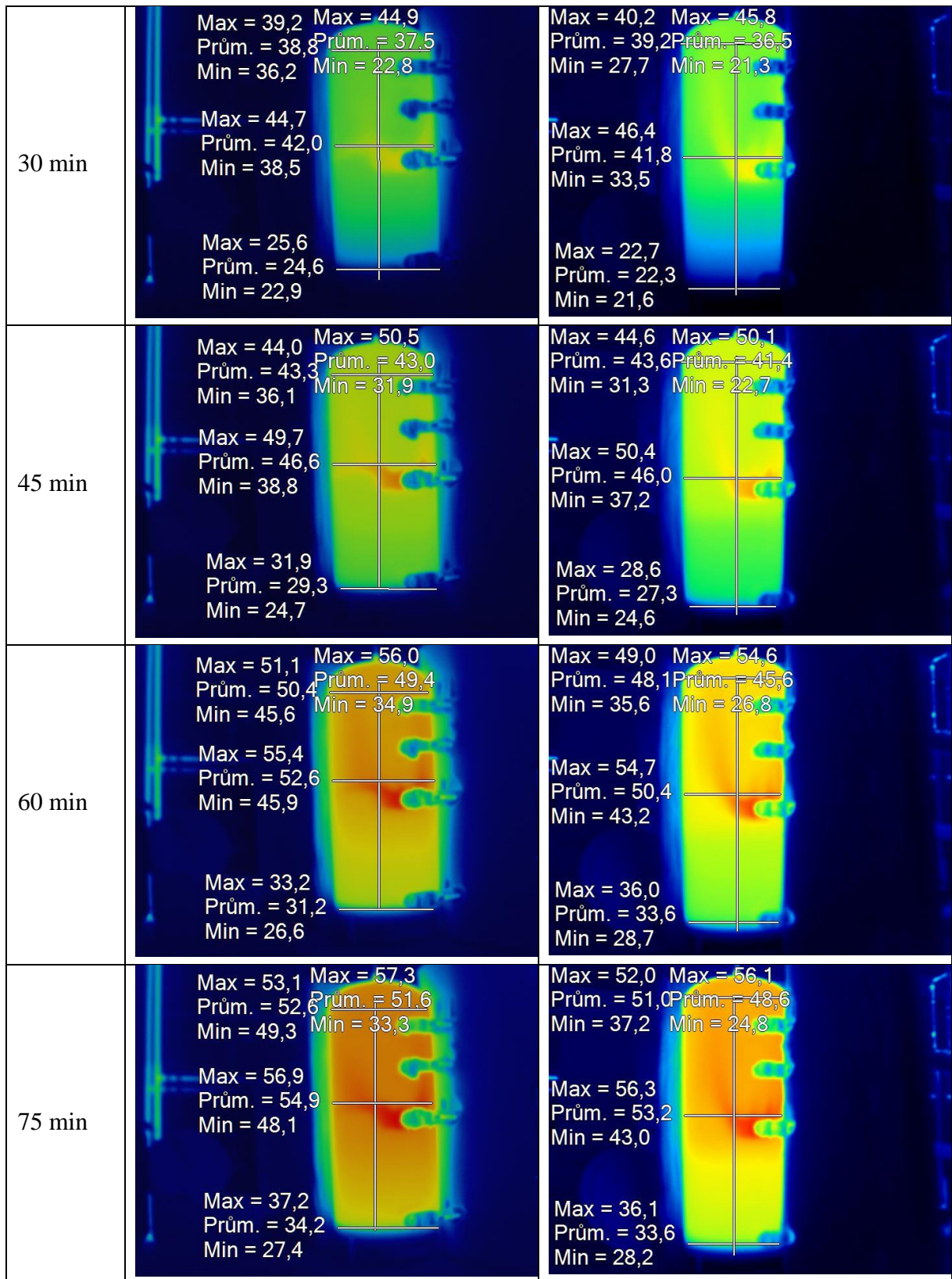
- přívodní potrubí od zdroje tepla
- - - vratné potrubí ke zdroji tepla
- přívodní potrubí do výměníku tepla pro maření tepla VZT jednotkou
- - - vratné potrubí od výměníku tepla pro maření tepla VZT jednotkou

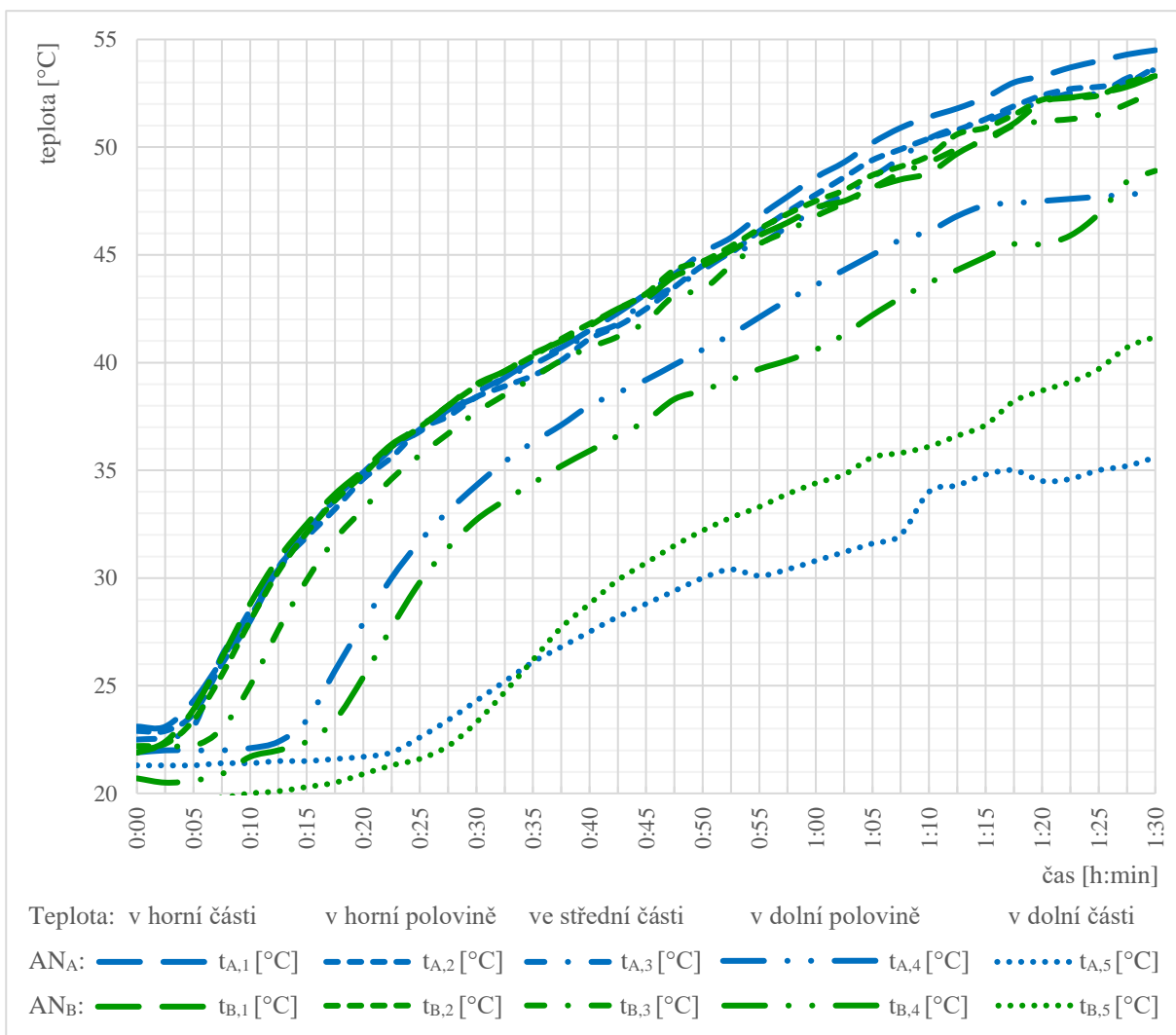
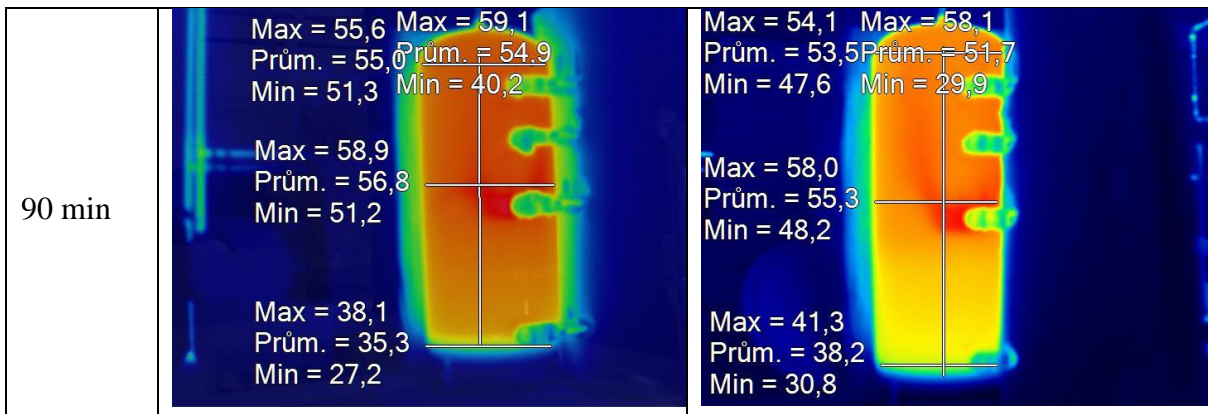
Obrázek 58: Schéma zapojení je-li simulovaným zdrojem tepla plynový kotel – porovnání AN

III.C.2.a Nabíjení

Tabulka 20: Termovizní snímky při nabíjení, simulace plynového kotle – porovnání AN

Čas měření	Akumulační nádoba s vestavbou	Akumulační nádoba bez vestavby
0 min	 <p>Max = 23,5 Max = 23,3 Prům. = 23,2 Prům. = 22,6 Min = 22,8 Min = 21,8</p> <p>Max = 23,0 Prům. = 22,7 Min = 22,5</p> <p>Max = 21,9 Prům. = 21,8 Min = 21,3</p>	 <p>Max = 22,7 Max = 23,7 Prům. = 22,5 Prům. = 21,9 Min = 21,8 Min = 19,9</p> <p>Max = 24,0 Prům. = 23,0 Min = 22,0</p> <p>Max = 20,3 Prům. = 20,1 Min = 20,0</p>
5 min	 <p>Max = 25,7 Max = 37,4 Prům. = 24,9 Prům. = 25,0 Min = 24,2 Min = 21,8</p> <p>Max = 37,2 Prům. = 32,2 Min = 23,1</p> <p>Max = 22,1 Prům. = 21,9 Min = 21,6</p>	 <p>Max = 26,1 Max = 38,2 Prům. = 24,7 Prům. = 24,2 Min = 22,3 Min = 20,3</p> <p>Max = 38,7 Prům. = 30,6 Min = 22,7</p> <p>Max = 20,8 Prům. = 20,6 Min = 20,4</p>
10 min	 <p>Max = 29,9 Max = 43,5 Prům. = 29,3 Prům. = 28,1 Min = 27,8 Min = 22,1</p> <p>Max = 44,0 Prům. = 38,1 Min = 27,1</p> <p>Max = 22,2 Prům. = 22,1 Min = 21,6</p>	 <p>Max = 30,5 Max = 46,2 Prům. = 29,6 Prům. = 27,2 Min = 28,3 Min = 20,6</p> <p>Max = 47,5 Prům. = 35,7 Min = 24,9</p> <p>Max = 20,8 Prům. = 20,8 Min = 20,6</p>
20 min	 <p>Max = 35,5 Max = 43,2 Prům. = 35,1 Prům. = 32,8 Min = 31,3 Min = 22,1</p> <p>Max = 43,2 Prům. = 39,9 Min = 34,7</p> <p>Max = 22,5 Prům. = 22,3 Min = 22,1</p>	 <p>Max = 36,0 Max = 43,5 Prům. = 35,5 Prům. = 31,3 Min = 33,7 Min = 20,0</p> <p>Max = 45,0 Prům. = 38,5 Min = 31,5</p> <p>Max = 21,0 Prům. = 20,8 Min = 20,6</p>

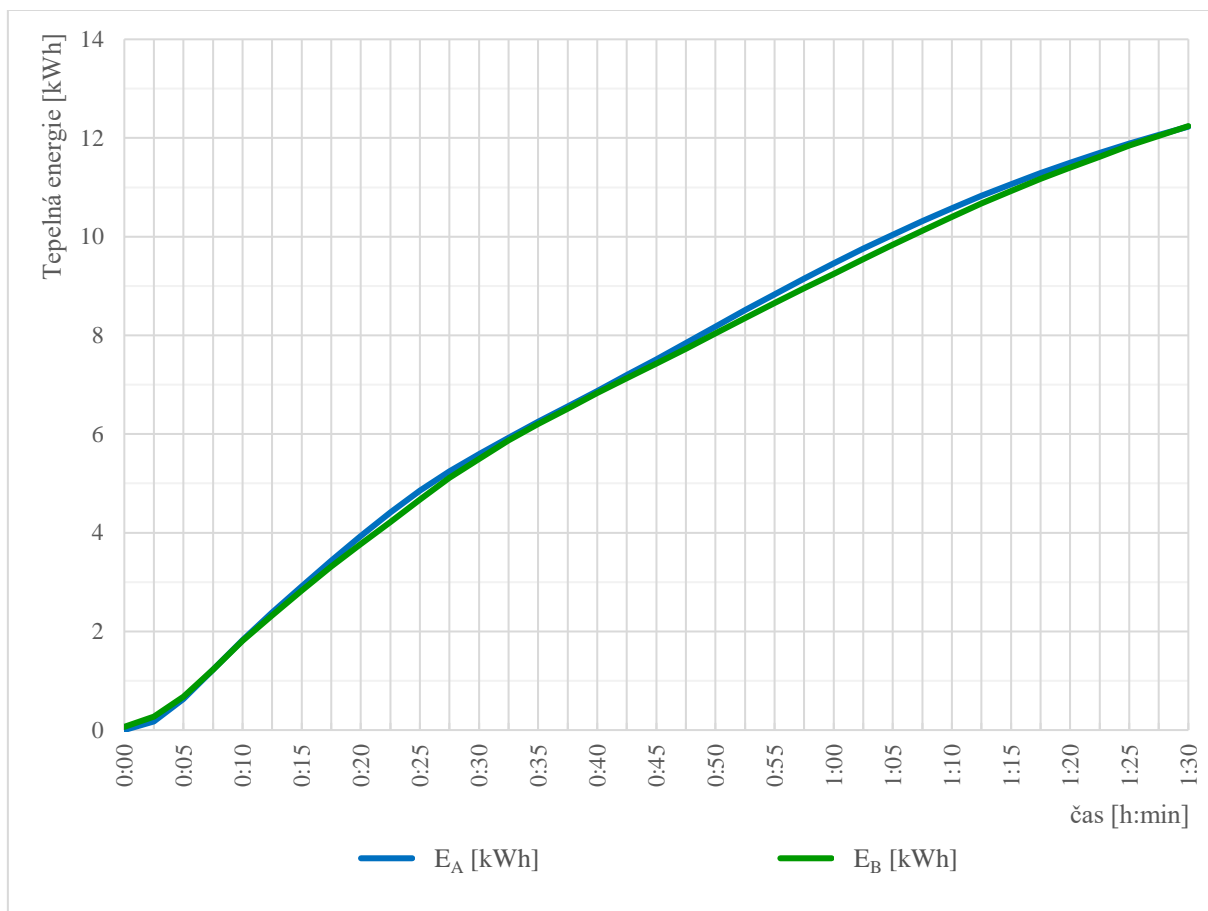




Graf 9: Průběh teplot při nabíjení, simulace plynového kotle – porovnání AN

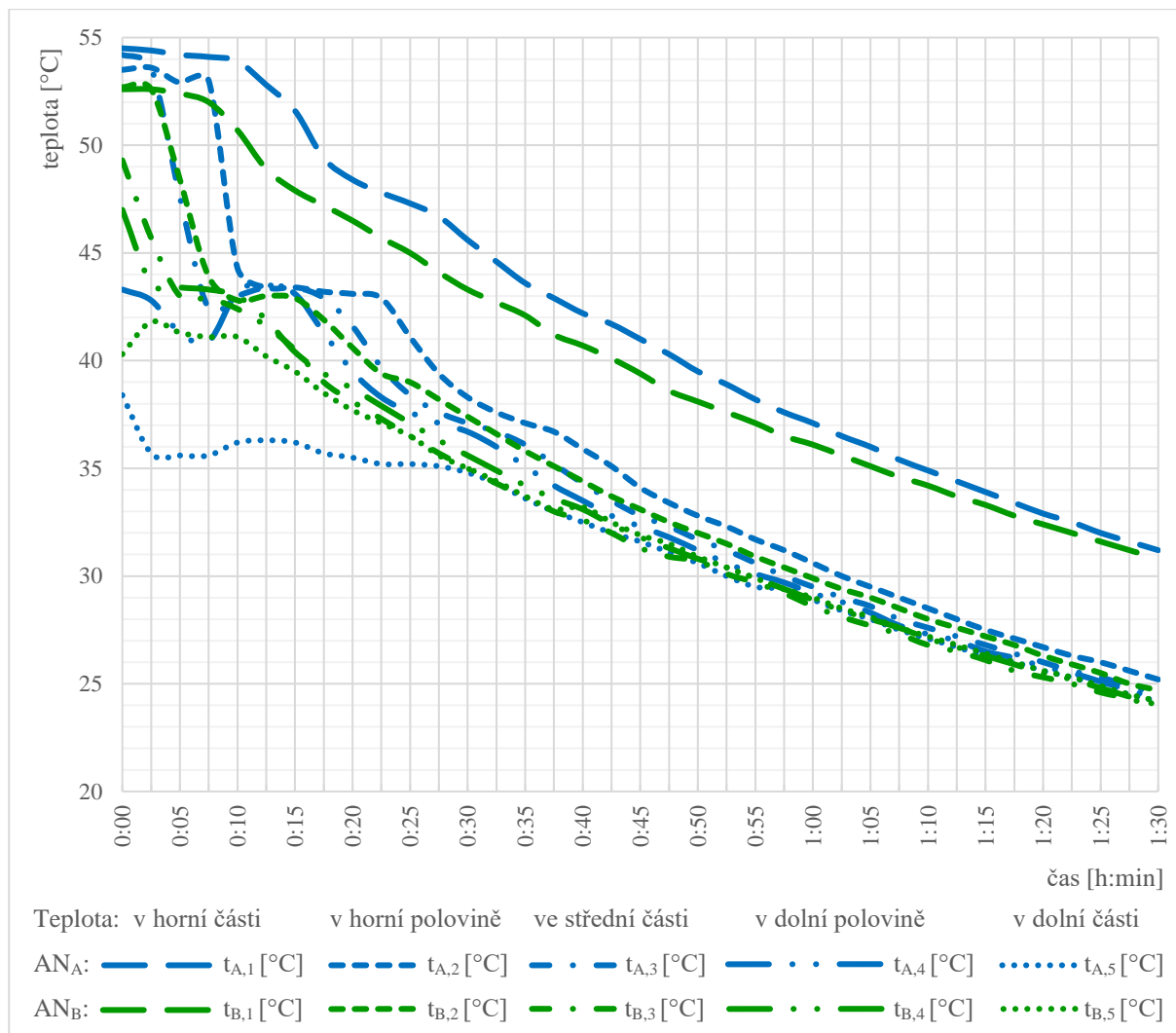
Z termovizních snímků a grafu nabíjení je patrné, že přestože počáteční teplota v obou AN byla shodná, rozdíl mezi teplotami v horní části a v dolní polovině je menší v akumulární nádobě s vestavbou AN_A ($|t_{A,1} - t_{A,4}| < |t_{B,1} - t_{B,4}|$), zatímco rozdíl mezi teplotami v horní a dolní části je u AN_A větší ($|t_{A,1} - t_{A,5}| < |t_{B,1} - t_{B,5}|$). Přičemž teplo dodávané do obou akumulárních nádob bylo shodné (viz graf 10). Otopná voda je tedy v AN_A méně promíchávána a lépe vrstvena. Dochází zde k přirozenému vrstvení z důvodu rozdílných hustot otopné vody v závislosti na teplotě. V akumulární nádobě AN_B dochází ve spodní části k většímu

promíchávání otopné vody, což je nevýhodné pro kodenzační kotle, které pro kondenzační režim potřebují co nejnižší teplotu vratné vody.



Graf 10: Průběh ukládání tepla při nabíjení, simulace plynového kotle – porovnání AN

III.C.2.b Vybíjení

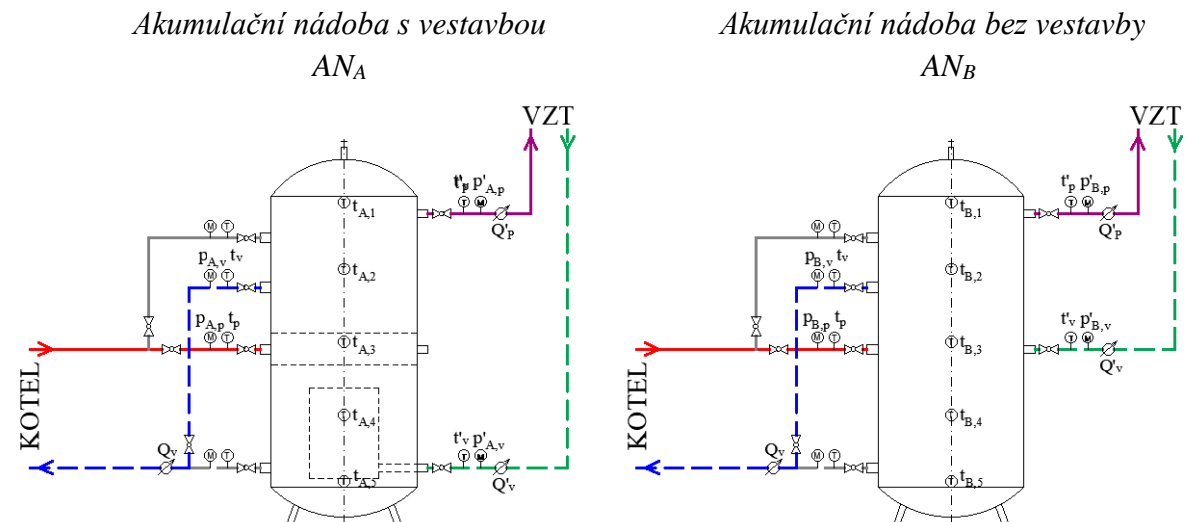


Graf 11: Průběh teplot při vybíjení, simulace plynového kotle – porovnání AN

Z grafu vybíjení lze vyčíst, že k promíchání otopné vody došlo rychleji v nádobě bez vestavby AN_B. Rozdíl je znatelný v prvních 15 minutách provozu vybíjení. V nádobě s vestavbou AN_A je teplota v horní části udržována na vyšší hodnotě než ve spodní části ($|t_{A,1} - t_{A,5}| > |t_{B,1} - t_{B,5}|$) po celou dobu vybíjení akumulovaného tepla, přičemž tento rozdíl mezi nádobami se v čase zmenšuje.

III.C.3 Simulovaným zdrojem tepla je tepelné čerpadlo

Jestliže bylo simulováno jako zdroj tepla tepelné čerpadlo, byla požadovaná teplota otopné vody 50 °C. Nabíjení bylo měřeno po dobu 1,5 hodiny, stejně tak vybíjení. Měření současného nabíjení a vybíjení trvalo 2 hodiny. Přívod otopné vody byl do nižšího možného vstupu, výstup otopné vody byl z vyššího možného výstupu (viz obrázek 59). Přívod otopné vody od zdroje byl tedy do nižší polohy než vrat ke zdroji. Tento způsob zapojení byl zvolen na základě požadavku dodavatele AN_A.

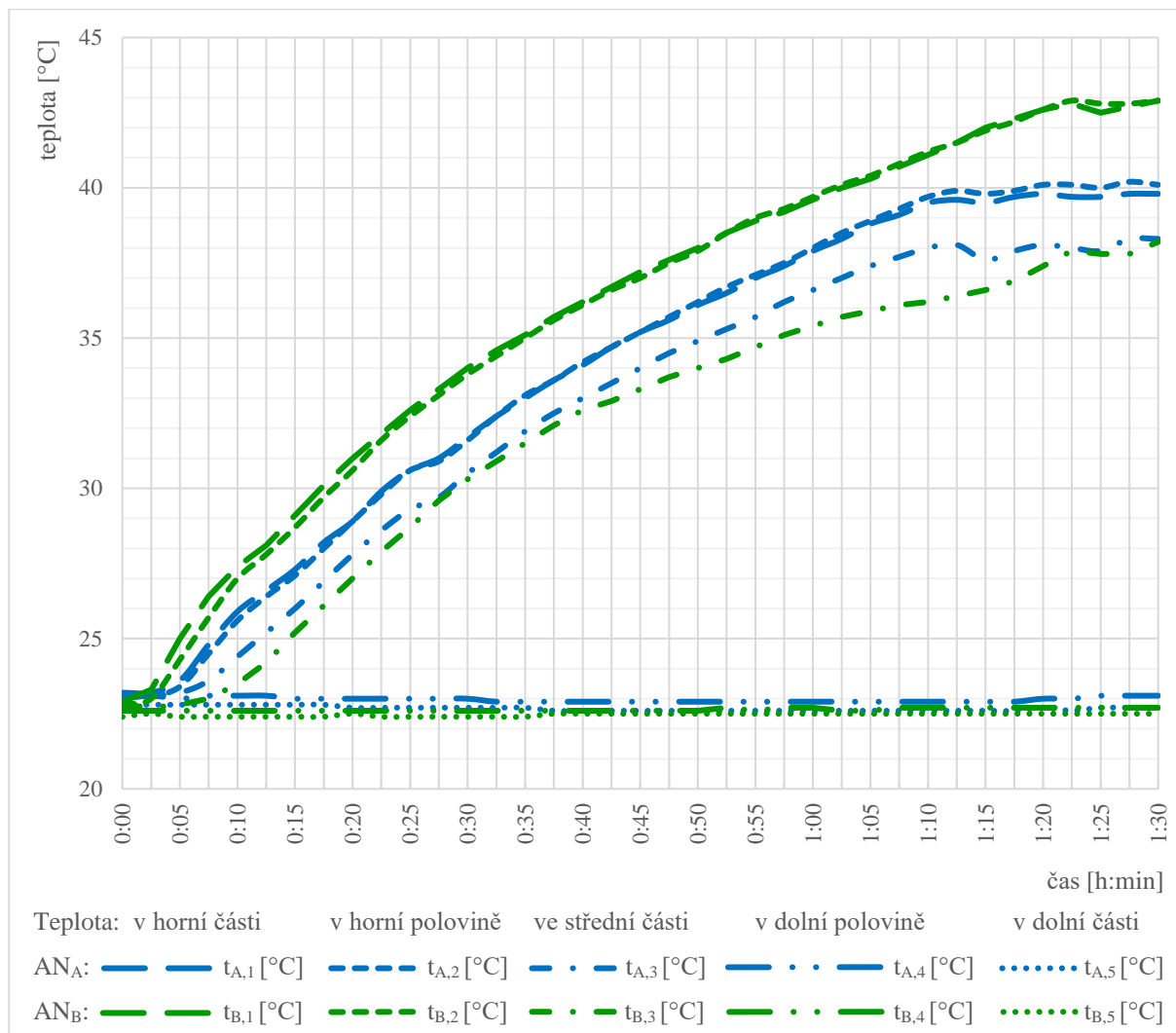


Legenda (popis čidel viz obrázek 47)

- přívodní potrubí od zdroje tepla
- - - vratné potrubí ke zdroji tepla
- přívodní potrubí do výměníku tepla pro maření tepla VZT jednotkou
- - - vratné potrubí od výměníku tepla pro maření tepla VZT jednotkou

Obrázek 59: Schéma zapojení je-li simulovaným zdrojem tepla tepelné čerpadlo – porovnání AN

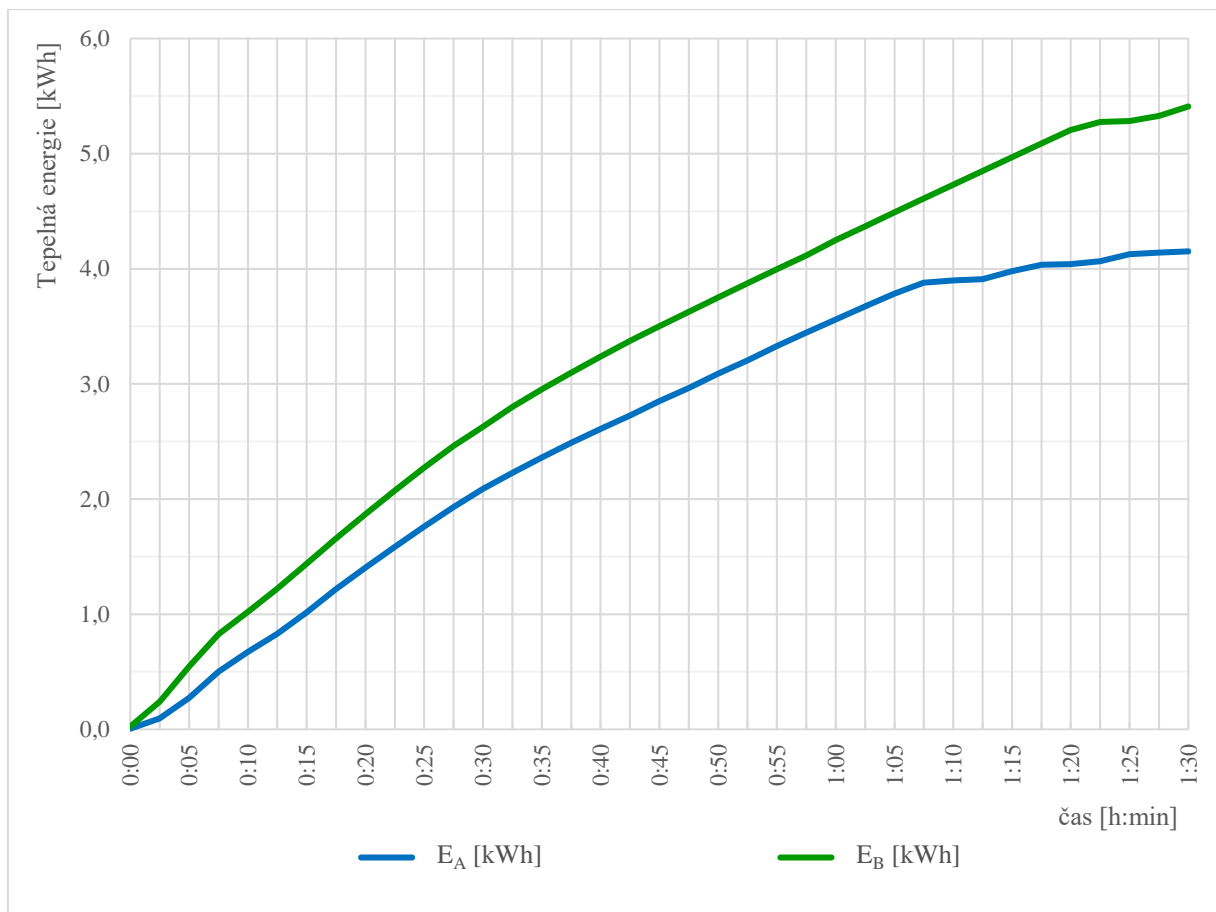
III.C.3.a Nabíjení



Graf 12: Průběh teplot při nabíjení, simulace tepelného čerpadla – porovnání AN

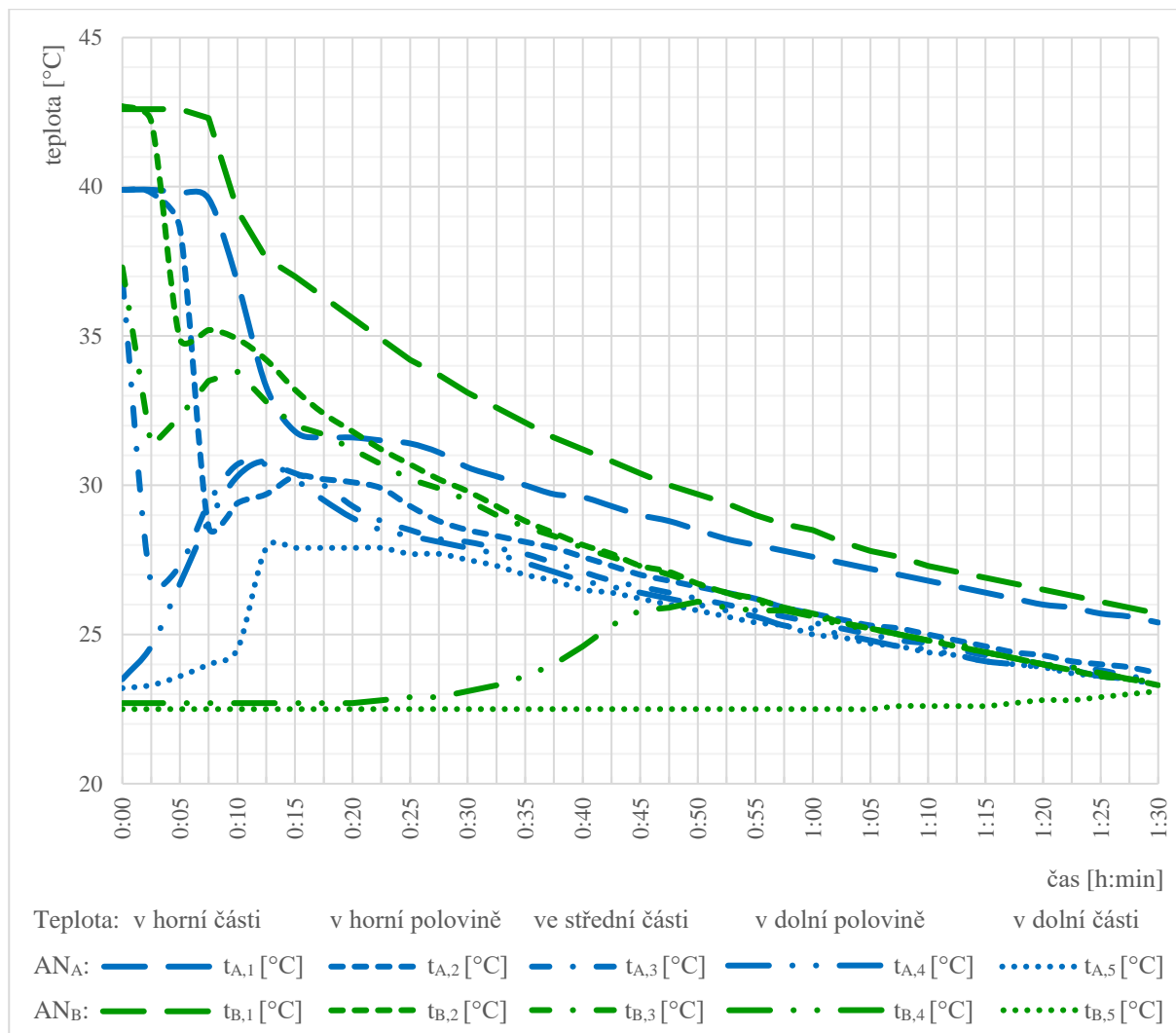
Z grafu je patrné, že během nabíjení, kdy je vstup i výstup ve střední části nádoby, se otopná voda ukládá pouze do horní části nádoby. Toto zapojení tedy není vhodné.

Můžeme vidět, že vrstvení v AN_B je účinnější než v AN_A. Vyplyvá to z rozdílu mezi teplotami v horní části a ve středu výšky, který je v případě AN_B větší ($|t_{B,1} - t_{B,3}| > |t_{A,1} - t_{A,3}|$), přičemž teplota ve spodní části nádoby je stále přibližně stejná ($t_{A,4} \approx t_{A,5} \approx t_{B,4} \approx t_{B,5}$). Tento teplotní rozdíl může být způsoben množstvím dodaného tepla, kterého bylo do AN_B dodáno přibližně o 25 % více než do AN_A (viz graf 13).



Graf 13: Průběh ukládání tepla při nabíjení, simulace tepelného čerpadla – porovnání AN

III.C.3.b Vybíjení



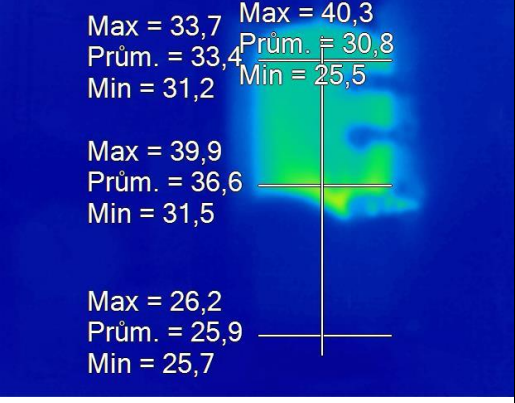
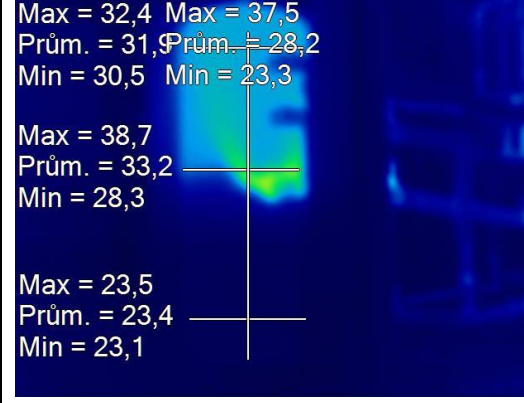
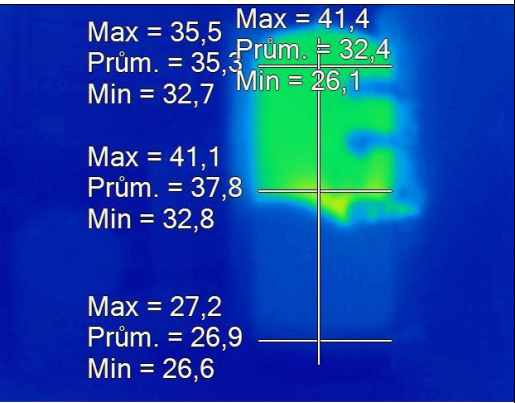
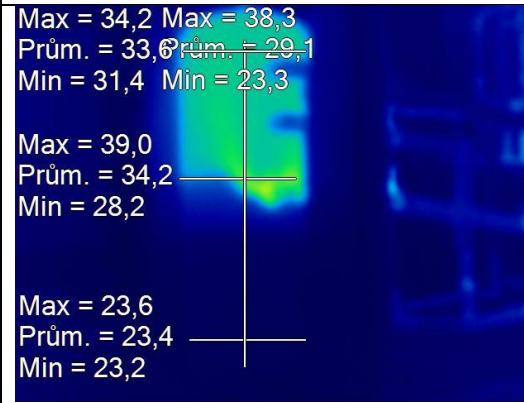
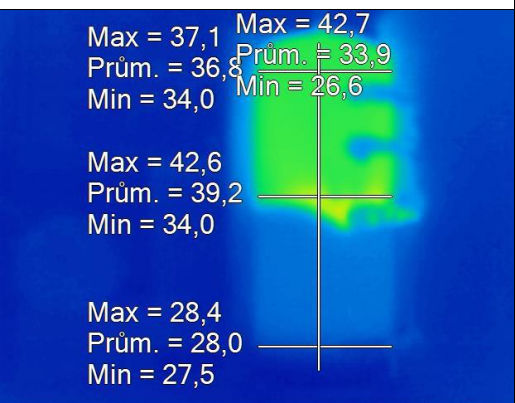
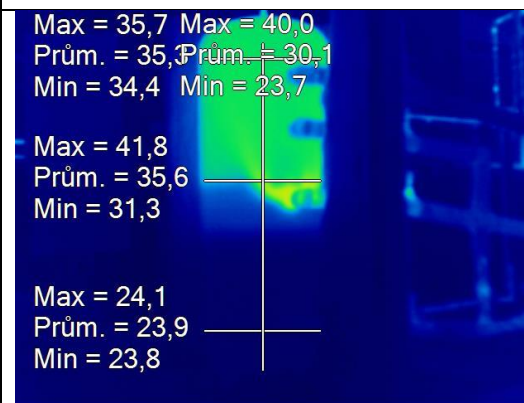
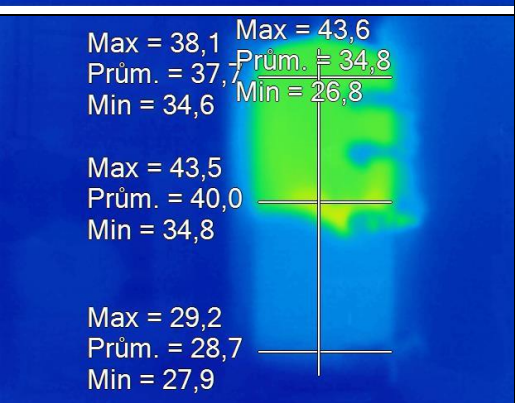
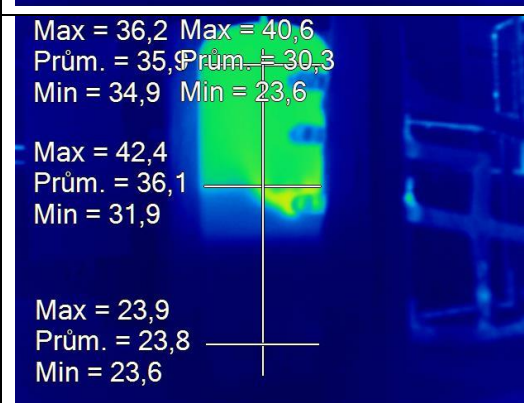
Graf 14: Průběh teplot při vybíjení, simulace tepelného čerpadla – porovnání AN

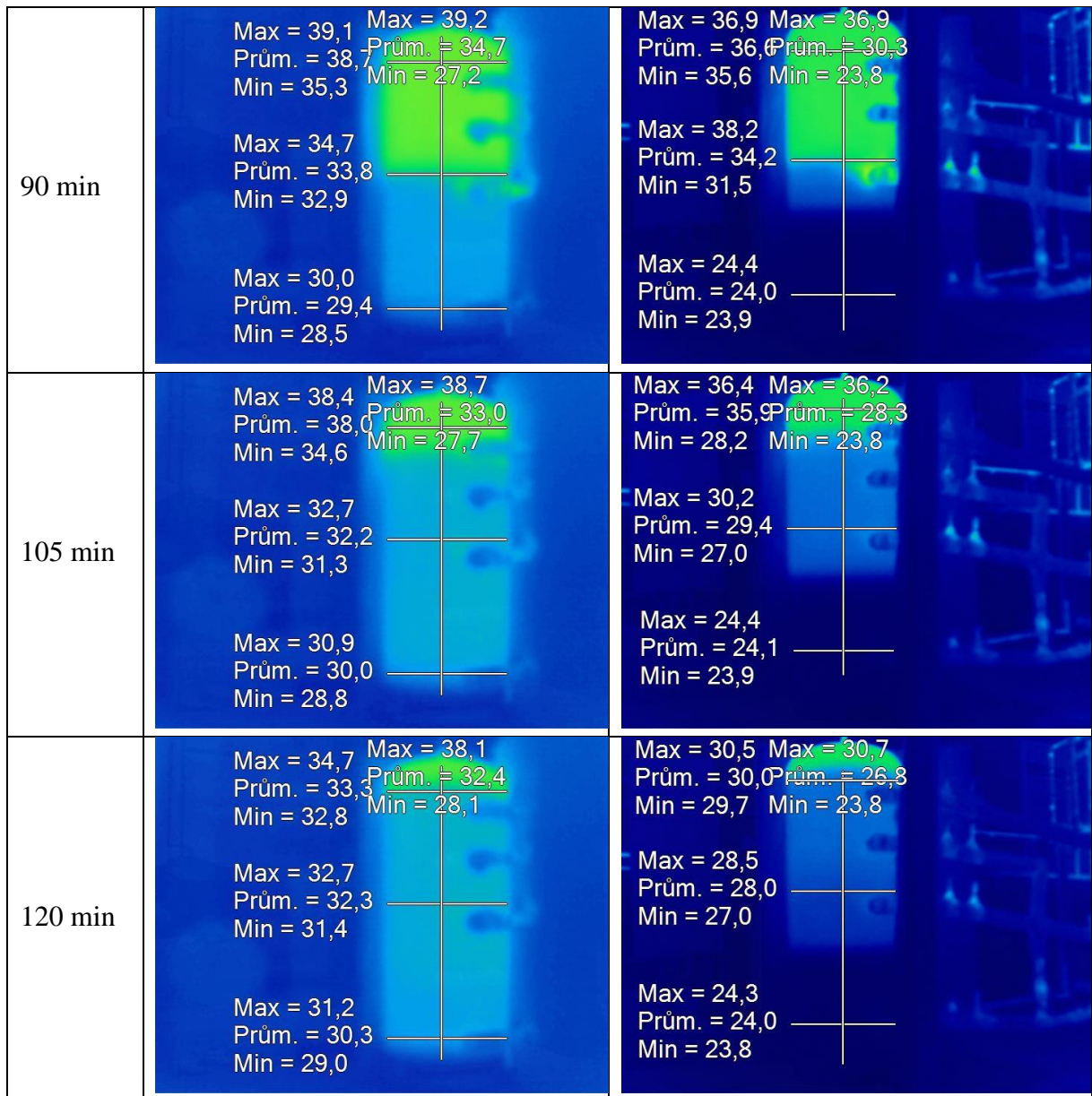
Během vybíjení dochází stejně jako při simulaci ostatních zdrojů tepla ke značnému promíchání otopné vody během prvních 15 minut. Poté se teploty ve vrstvách ustálí a klesají rovnoměrně v závislosti na čase. Při pohledu na graf by se mohlo zdát, že rozvrstvení nebude tolik narušeno v případě akumulární nádoby bez vestavby AN_B. To je ale dáno rozdílnou výškou vstupu otopné vody od výměníků VZT pro vybíjení, která je v případě AN_B ve vyšší poloze než u AN_A.

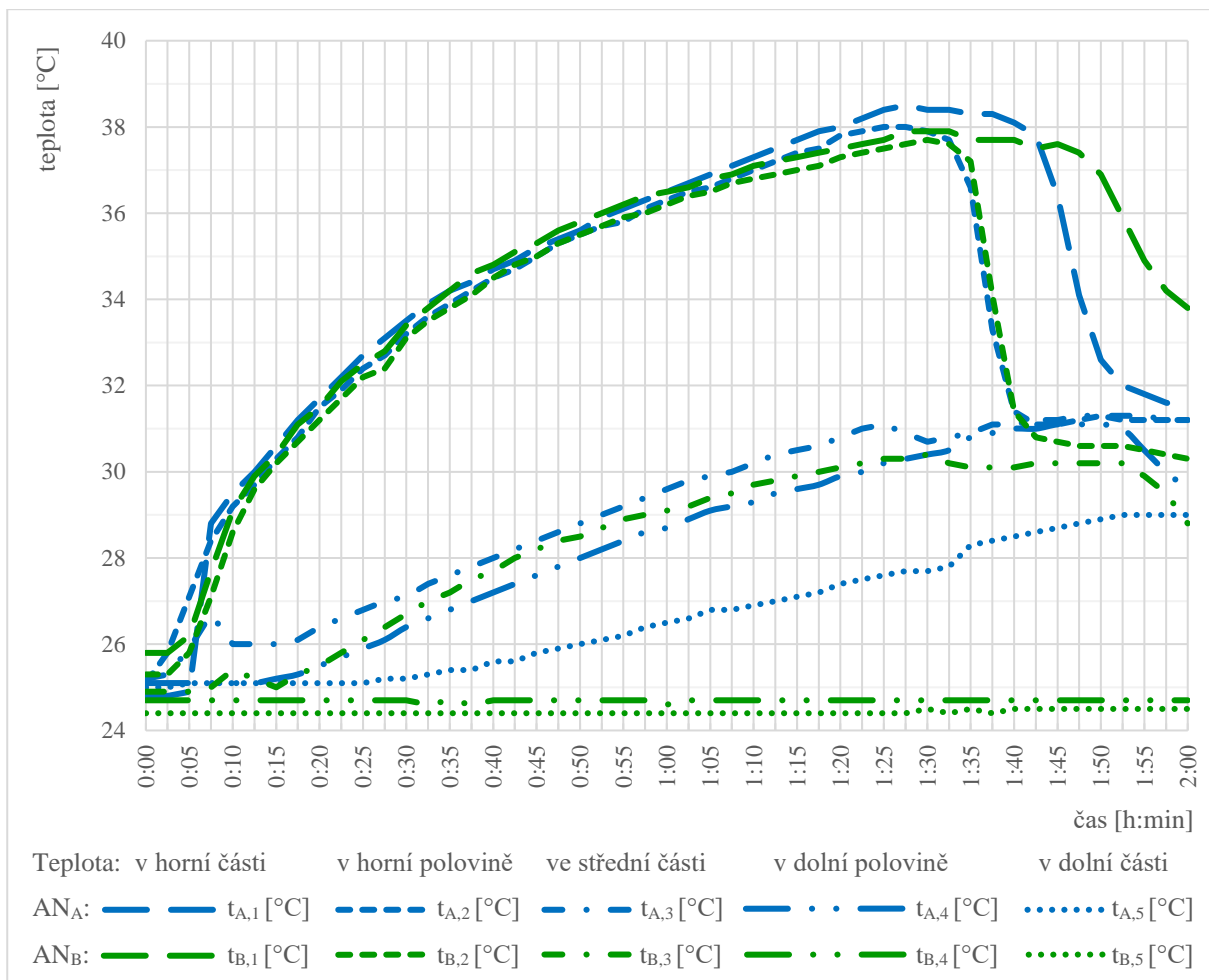
III.C.3.c Současné nabíjení a vybíjení

Tabulka 21: Termosnímky při současném nabíjení a vybíjení, simulace tepelného čerpadla – porovnání AN

Čas měření	Akumulační nádoba s vestavbou	Akumulační nádoba bez vestavby
0 min	<p>Max = 24,5 Max = 24,8 Prům. = 24,4 Prům. = 24,5 Min = 24,3 Min = 24,2</p> <p>Max = 24,7 Prům. = 24,5 Min = 24,4</p> <p>Max = 24,4 Prům. = 24,3 Min = 24,2</p>	<p>Max = 24,2 Max = 24,2 Prům. = 24,0 Prům. = 23,5 Min = 23,9 Min = 22,8</p> <p>Max = 23,5 Prům. = 23,3 Min = 22,9</p> <p>Max = 23,2 Prům. = 23,0 Min = 22,5</p>
5 min	<p>Max = 27,7 Max = 37,4 Prům. = 27,2 Prům. = 27,2 Min = 26,6 Min = 25,4</p> <p>Max = 36,4 Prům. = 32,9 Min = 27,6</p> <p>Max = 25,8 Prům. = 25,6 Min = 25,5</p>	<p>Max = 26,6 Max = 32,7 Prům. = 25,0 Prům. = 25,1 Min = 24,6 Min = 22,6</p> <p>Max = 35,3 Prům. = 28,8 Min = 23,4</p> <p>Max = 23,1 Prům. = 22,9 Min = 22,6</p>
10 min	<p>Max = 30,0 Max = 36,3 Prům. = 29,6 Prům. = 28,4 Min = 28,7 Min = 25,5</p> <p>Max = 35,9 Prům. = 33,3 Min = 28,9</p> <p>Max = 25,9 Prům. = 25,7 Min = 25,5</p>	<p>Max = 28,8 Max = 33,8 Prům. = 27,0 Prům. = 26,2 Min = 26,9 Min = 22,9</p> <p>Max = 36,4 Prům. = 30,9 Min = 25,3</p> <p>Max = 23,2 Prům. = 23,1 Min = 22,7</p>
20 min	<p>Max = 32,1 Max = 39,5 Prům. = 31,8 Prům. = 29,8 Min = 30,2 Min = 25,7</p> <p>Max = 39,3 Prům. = 35,8 Min = 30,9</p> <p>Max = 26,2 Prům. = 25,9 Min = 25,8</p>	<p>Max = 30,5 Max = 35,0 Prům. = 29,0 Prům. = 26,9 Min = 28,8 Min = 22,9</p> <p>Max = 37,3 Prům. = 31,6 Min = 26,8</p> <p>Max = 23,3 Prům. = 23,1 Min = 22,7</p>

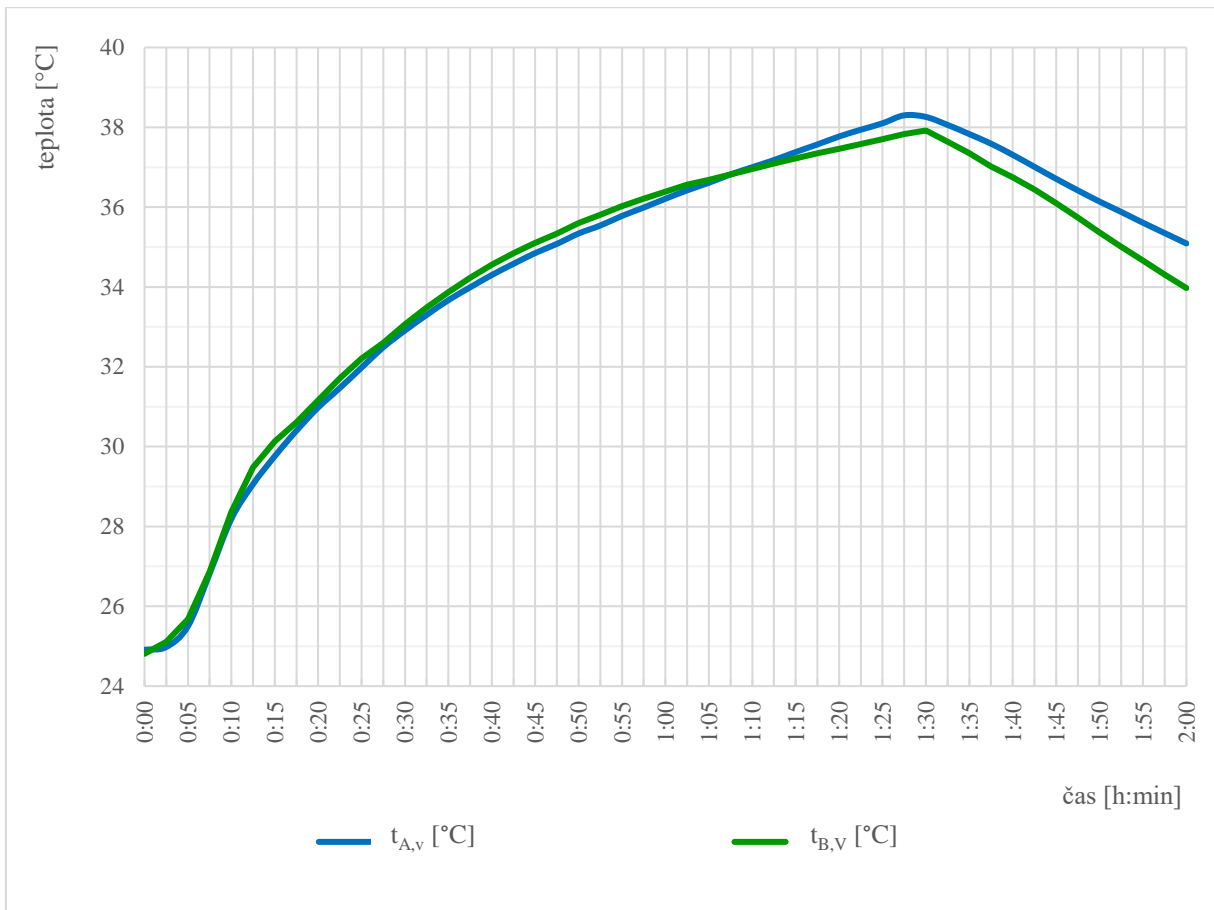
30 min	<p>Max = 33,7 Max = 40,3 Prům. = 33,4 Prům. = 30,8 Min = 31,2 Min = 25,5</p> <p>Max = 39,9 Prům. = 36,6 Min = 31,5</p> <p>Max = 26,2 Prům. = 25,9 Min = 25,7</p> 	<p>Max = 32,4 Max = 37,5 Prům. = 31,9 Prům. = 28,2 Min = 30,5 Min = 23,3</p> <p>Max = 38,7 Prům. = 33,2 Min = 28,3</p> <p>Max = 23,5 Prům. = 23,4 Min = 23,1</p> 
45 min	<p>Max = 35,5 Max = 41,4 Prům. = 35,3 Prům. = 32,4 Min = 32,7 Min = 26,1</p> <p>Max = 41,1 Prům. = 37,8 Min = 32,8</p> <p>Max = 27,2 Prům. = 26,9 Min = 26,6</p> 	<p>Max = 34,2 Max = 38,3 Prům. = 33,6 Prům. = 29,1 Min = 31,4 Min = 23,3</p> <p>Max = 39,0 Prům. = 34,2 Min = 28,2</p> <p>Max = 23,6 Prům. = 23,4 Min = 23,2</p> 
60 min	<p>Max = 37,1 Max = 42,7 Prům. = 36,8 Prům. = 33,9 Min = 34,0 Min = 26,6</p> <p>Max = 42,6 Prům. = 39,2 Min = 34,0</p> <p>Max = 28,4 Prům. = 28,0 Min = 27,5</p> 	<p>Max = 35,7 Max = 40,0 Prům. = 35,3 Prům. = 30,1 Min = 34,4 Min = 23,7</p> <p>Max = 41,8 Prům. = 35,6 Min = 31,3</p> <p>Max = 24,1 Prům. = 23,9 Min = 23,8</p> 
75 min	<p>Max = 38,1 Max = 43,6 Prům. = 37,7 Prům. = 34,8 Min = 34,6 Min = 26,8</p> <p>Max = 43,5 Prům. = 40,0 Min = 34,8</p> <p>Max = 29,2 Prům. = 28,7 Min = 27,9</p> 	<p>Max = 36,2 Max = 40,6 Prům. = 35,9 Prům. = 30,3 Min = 34,9 Min = 23,6</p> <p>Max = 42,4 Prům. = 36,1 Min = 31,9</p> <p>Max = 23,9 Prům. = 23,8 Min = 23,6</p> 





Graf 15: Průběh teplot při současném nabíjení a vybíjení, simulace tepelného čerpadla – porovnání AN

Při pohledu na termosnímky a graf můžeme vidět, že během současného nabíjení a vybíjení v tomto provozním stavu je rozdíl mezi dvěma typy AN největší. V nádobě s vestavbou AN_A je využita k ukládání tepla i spodní polovina nádoby, čemuž napomáhá i nižší napojení vratného potrubí od VZT pro maření tepla. Teplota otopné vody ve vratném potrubí ke kotli je přítom v obou případech shodná (viz graf 16). Po vypnutí nabíjení v čase 1:30 je teplo z horní části akumulční nádoby využito lépe v případě AN_A. V tomto provozním stavu, kdy je zdrojem tepelné čerpadlo, je AN_A lepší varianta.



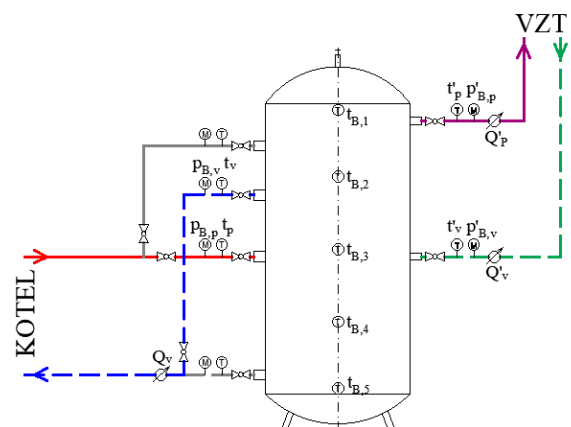
Graf 16: Průběh teplot ve vratném potrubí kotlového okruhu během současného nabíjení a vybíjení, simulace tepelného čerpadla – porovnání AN

III.C.4 Simulovaným zdrojem tepla je tepelné čerpadlo s odlišným zapojením

V zadaném provozním stavu, kdy je simulovaným zdrojem tepelné čerpadlo, bylo dodavatelem AN_A navrženo zapojení, kdy je vrat otopené vody ke zdroje výše než přívod otopné vody od zdroje. Toto zapojení se ukázalo být nevhodné. Proto bylo provedeno na AN_B ještě měření, při kterém byla požadovaná teplota otopné vody 50 °C, stejně jako by bylo simulovaným zdrojem tepla tepelné čerpadlo. Zapojení však bylo zvoleno jako při simulaci plynového kotle AN_{BS} (viz obrázek 60).

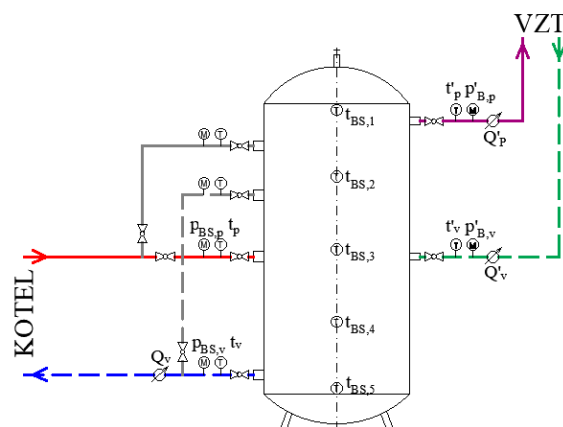
Akumulační nádoba bez vestavby se zapojení, kdy je simulovaným zdrojem tepla tepelné čerpadlo

AN_B



Akumulační nádoba bez vestavby se zapojení, jako by byl simulovaným zdrojem tepla plynový kotel

AN_{BS}



Legenda (popis čidel viz obrázek 47)

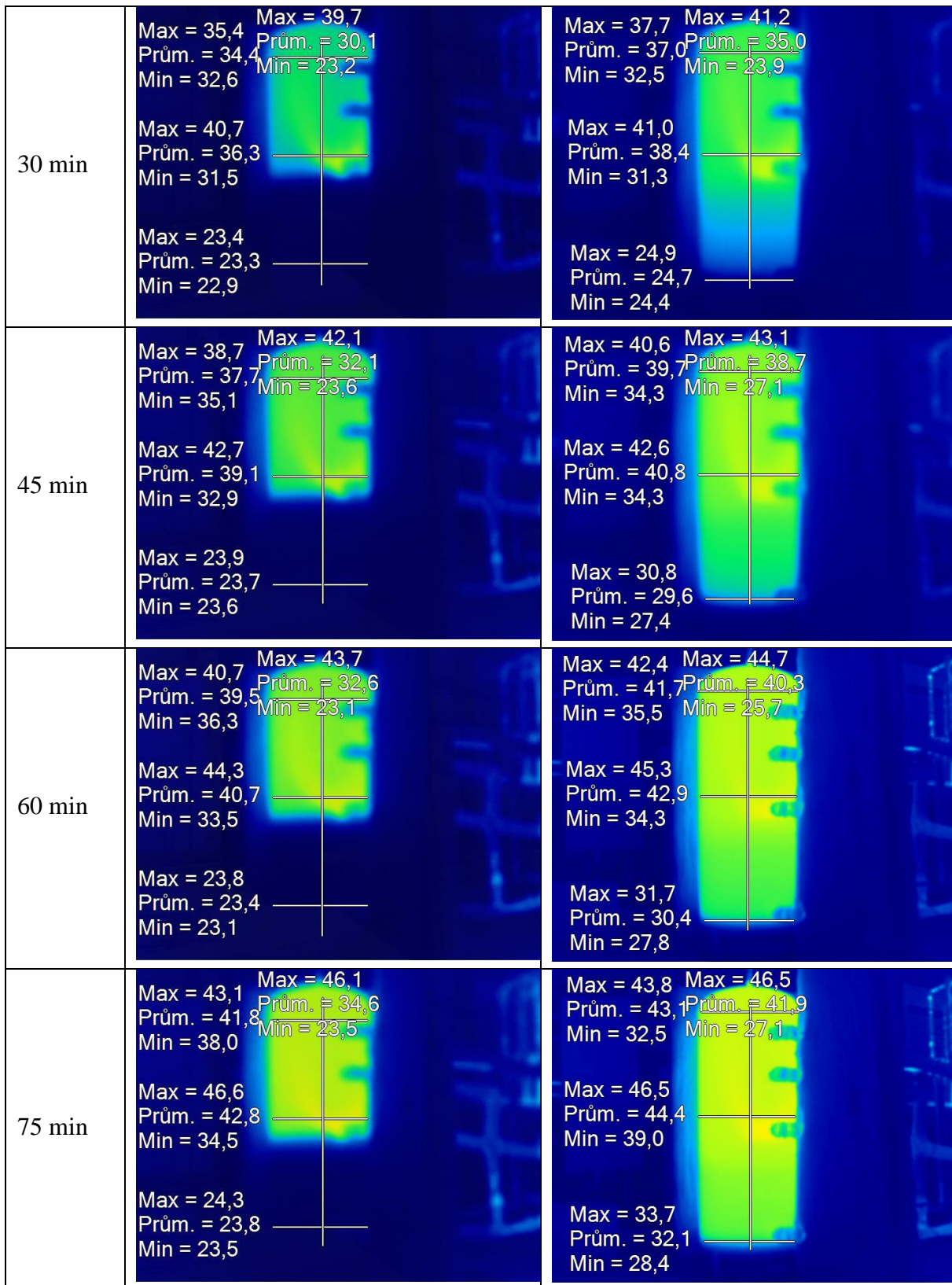
- přívodní potrubí od zdroje tepla
- vratné potrubí ke zdroji tepla
- přívodní potrubí do výměníku tepla pro maření tepla VZT jednotkou
- vratné potrubí od výměníku tepla pro maření tepla VZT jednotkou

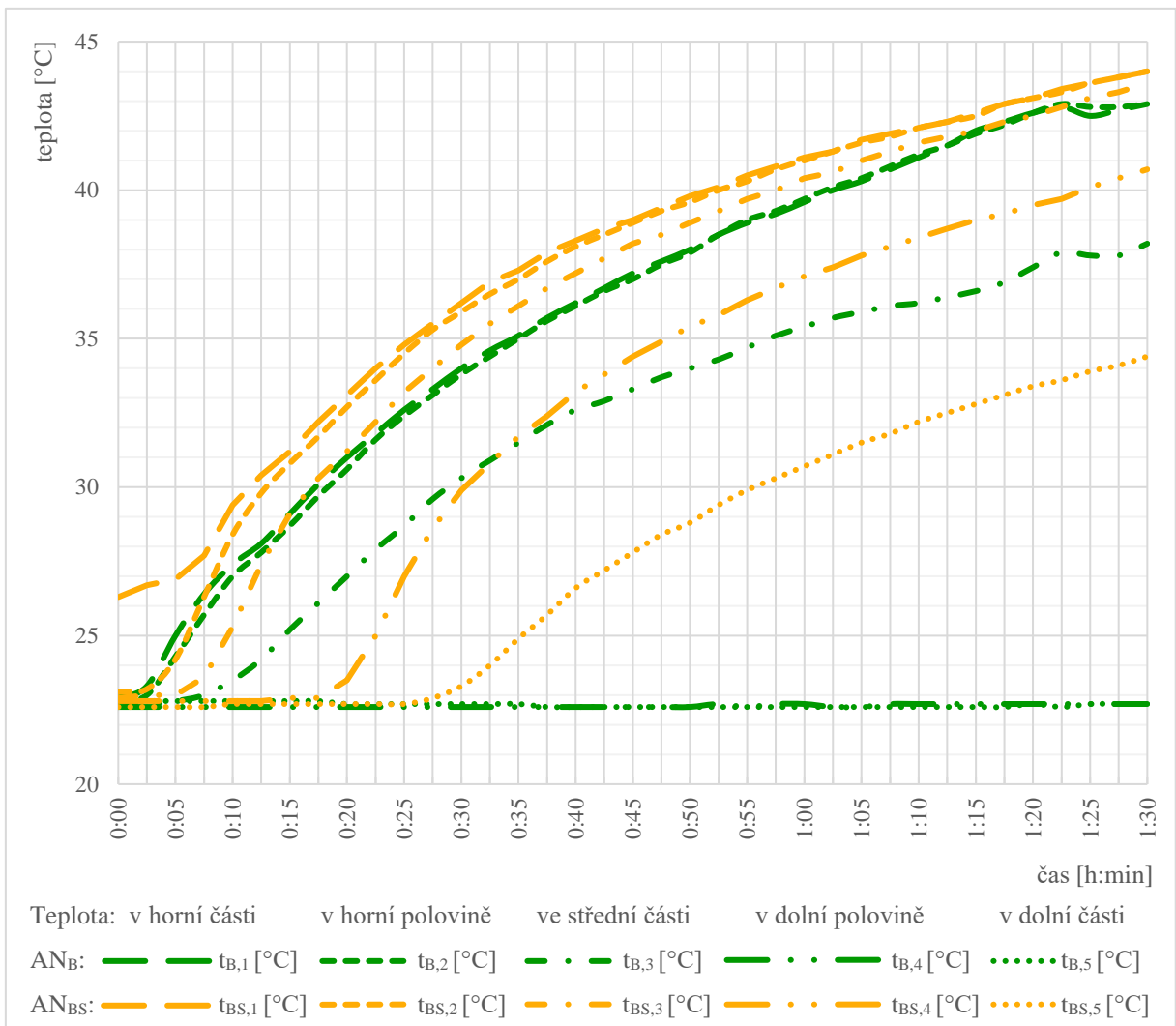
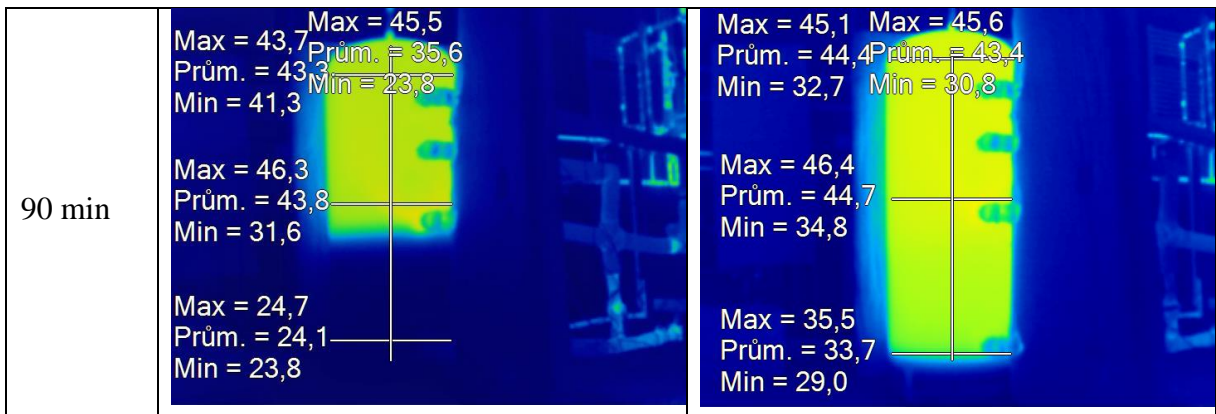
Obrázek 60: Schéma zapojení je-li simulovaným zdrojem tepla tepelné čerpadlo – porovnání dvou typů zapojení

III.C.4.a Nabíjení

Tabulka 22: Termovizní snímky při nabíjení, simulace tepelného čerpadla – porovnání dvou typů zapojení

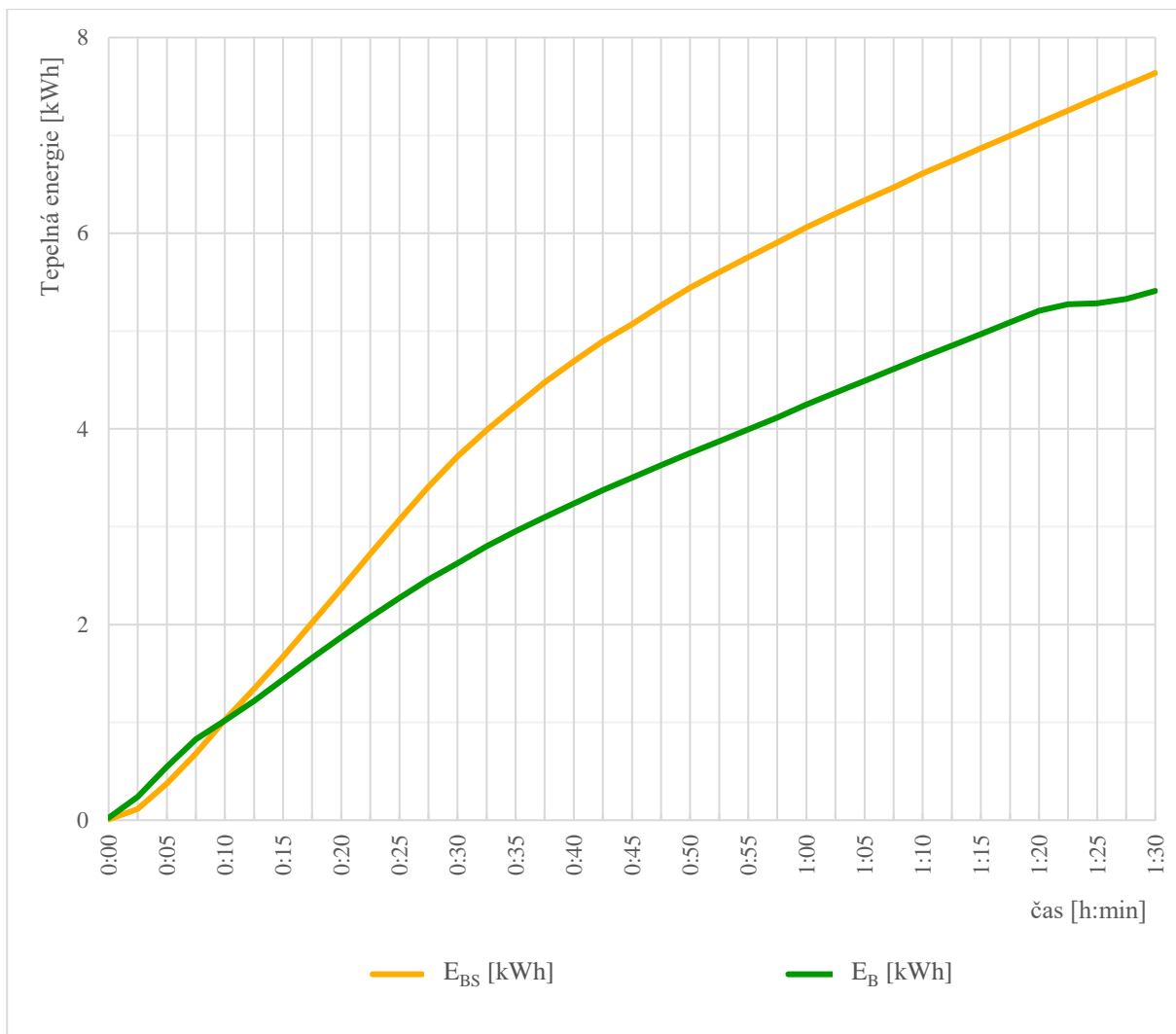
Čas měření	Akumulační nádoba bez vestavby se zapojení, kdy je simulovaným zdrojem tepla tepelné čerpadlo	Akumulační nádoba bez vestavby se zapojení, jako by byl simulovaným zdrojem tepla plynový kotel
0 min	<p>Max = 23,2 Prům. = 23,0 Min = 22,4</p> <p>Max = 25,2 Prům. = 23,4 Min = 22,9</p> <p>Max = 25,4 Prům. = 24,0 Min = 22,6</p> <p>Max = 23,1 Prům. = 22,9 Min = 22,4</p>	<p>Max = 23,9 Prům. = 23,5 Min = 23,3</p> <p>Max = 26,9 Prům. = 22,8 Min = 22,3</p> <p>Max = 23,3 Prům. = 22,8 Min = 22,6</p> <p>Max = 23,2 Prům. = 22,6 Min = 22,2</p>
5 min	<p>Max = 26,8 Prům. = 25,8 Min = 23,2</p> <p>Max = 33,6 Prům. = 25,5 Min = 23,0</p> <p>Max = 35,5 Prům. = 29,0 Min = 23,3</p> <p>Max = 23,1 Prům. = 23,0 Min = 22,5</p>	<p>Max = 27,7 Prům. = 27,4 Min = 26,5</p> <p>Max = 35,8 Prům. = 26,3 Min = 23,2</p> <p>Max = 37,5 Prům. = 30,5 Min = 24,1</p> <p>Max = 23,5 Prům. = 23,4 Min = 23,3</p>
10 min	<p>Max = 28,3 Prům. = 27,5 Min = 24,4</p> <p>Max = 31,2 Prům. = 25,9 Min = 22,8</p> <p>Max = 33,9 Prům. = 29,3 Min = 25,4</p> <p>Max = 23,0 Prům. = 22,8 Min = 22,4</p>	<p>Max = 31,3 Prům. = 30,5 Min = 28,1</p> <p>Max = 36,9 Prům. = 28,3 Min = 23,4</p> <p>Max = 39,2 Prům. = 33,1 Min = 27,2</p> <p>Max = 23,6 Prům. = 23,5 Min = 23,5</p>
20 min	<p>Max = 31,6 Prům. = 30,0 Min = 24,4</p> <p>Max = 36,8 Prům. = 27,9 Min = 23,1</p> <p>Max = 38,3 Prům. = 32,5 Min = 25,3</p> <p>Max = 23,3 Prům. = 23,1 Min = 22,8</p>	<p>Max = 34,9 Prům. = 34,3 Min = 31,1</p> <p>Max = 39,7 Prům. = 31,7 Min = 23,6</p> <p>Max = 40,8 Prům. = 36,1 Min = 30,3</p> <p>Max = 23,8 Prům. = 23,8 Min = 23,7</p>





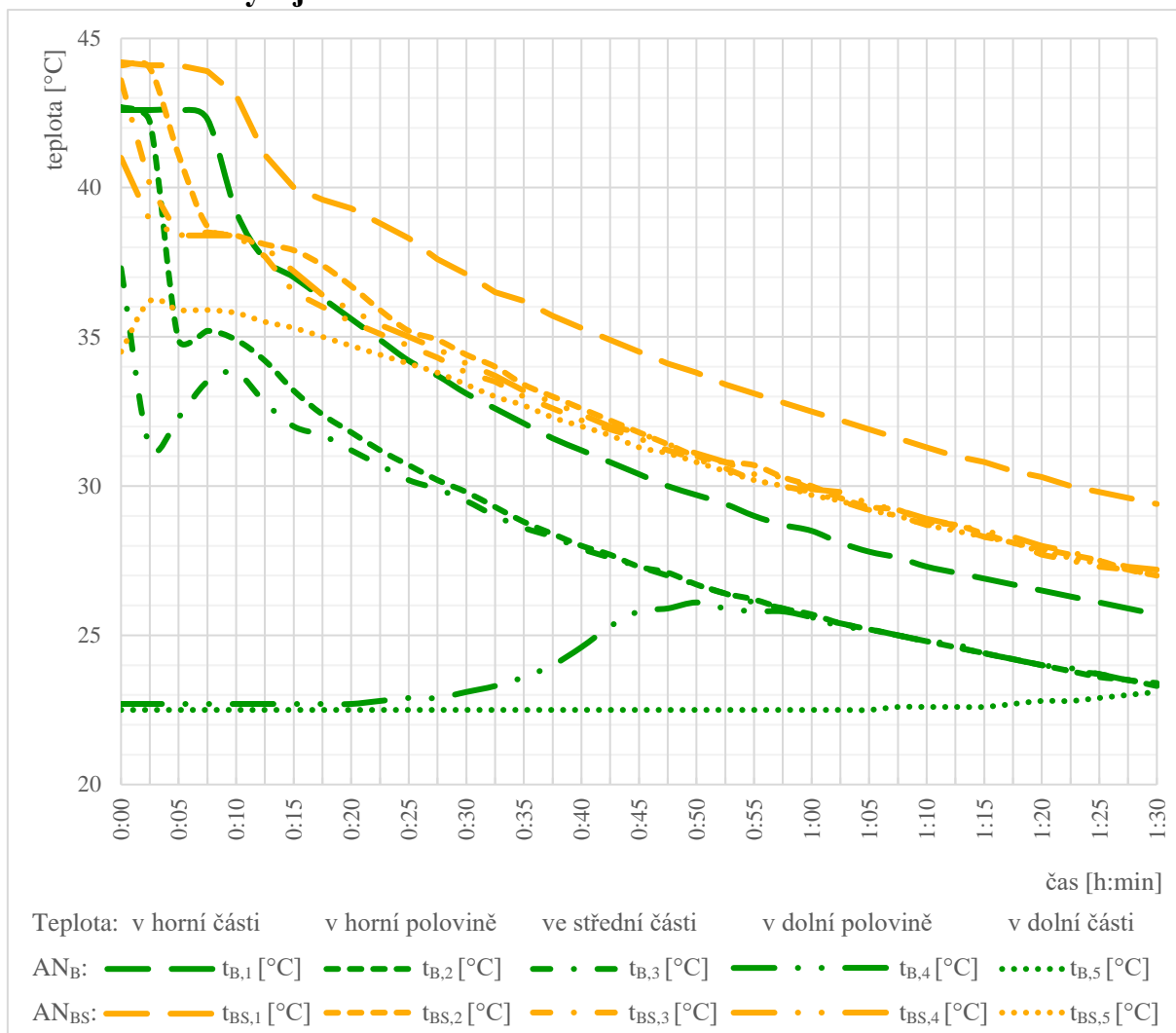
Graf 17: Průběh teplot při nabíjení, simulace tepelného čerpadla – porovnání dvou typů zapojení

Z grafů je patrné, že odlišný způsob zapojení AN_{BS}, kdy byl vstup otopné vody od zdroje výše než výstup, je výhodnější. Je totiž při nabíjení využívána k ukládání tepla i spodní část nádoby, díky čemuž jsme schopni ukládat větší množství tepla (viz graf 18).



Graf 18: Průběh ukládání tepla při nabíjení, simulace tepelného čerpadla – porovnání dvou typů zapojení

III.C.4.b Vybíjení



Graf 19: Průběh teplot při vybíjení, simulace tepelného čerpadla – porovnání dvou typů zapojení

Při vybíjení bylo opět výhodnější zapojení AN_{BS}. K promíchání došlo především v počáteční fázi měření. V případě zapojení AN_B se vstupem otopné vody pod výstupem byla promíchána dokonce i nejstudenější otopná voda v dolní polovině nádoby (t_{B,4}), což způsobilo snížení teploty v celé AN_B a nebylo patrné kromě teploty v horní části nádrže žádné rozvrstvení. Lepší rozvrstvení je patrné na začátku měření v AN_{BS}, po 50. minutě je podobné.

III.D Tlakové ztráty

Znát tlakové ztráty jednotlivých zařízení otopného systému je důležité pro správný návrh a regulaci celého otopného systému. Proto byly na obou akumulacích nádobách změřeny tlakové ztráty během nabíjení při simulaci rozdílných zdrojů tepla a tlakové ztráty při vybíjení. Následně byly vytvořeny grafy zobrazující průběhy tlakových ztrát v nádobách.

III.D.1 Popis měření

Během nabíjení byl průtok měřen na vratném potrubí ke zdroji. Přetlak byl měřen na přívodním a vratném potrubí (viz obrázek 47).

Při vybíjení byl průtok měřen na přívodním potrubí k VZT pro maření tepla. Přetlak byl měřen na přívodním a vratném potrubí ke VZT (viz obrázek 47).

Po nastavení požadovaného průtoku bylo zapnuto měření s časovým intervalem 10 sekund. Po pěti zápisech s podobnými průtoky bylo měření ukončeno. Následně byl nastaven další průtok pro měření.

Teplota otopné vody byla během všech měření přibližně 28 °C. Objemový průtok se pohyboval v rozmezí 2–16 l/min. Měření probíhalo na obou akumulacích nádobách pro následné porovnání vypočtených tlakových ztrát akumulacích nádoby dle vztahů:

Tlaková ztráta akumulacích nádob:

$$\Delta p = |p_v - p_p| - p_h \quad [\text{kPa}]$$

p_v ...tlak ve vratném potrubí [kPa]

p_p ...tlak v přívodním potrubí [kPa]

p_h ...hydrostatický tlak [kPa]

Hydrostatický tlak:

$$p_h = |h_p - h_v| \cdot \rho \cdot g \quad [\text{kPa}]$$

h_p ...výška přívodního potrubí od podlahy [m]

h_v ...výška vratného potrubí od podlahy [m]

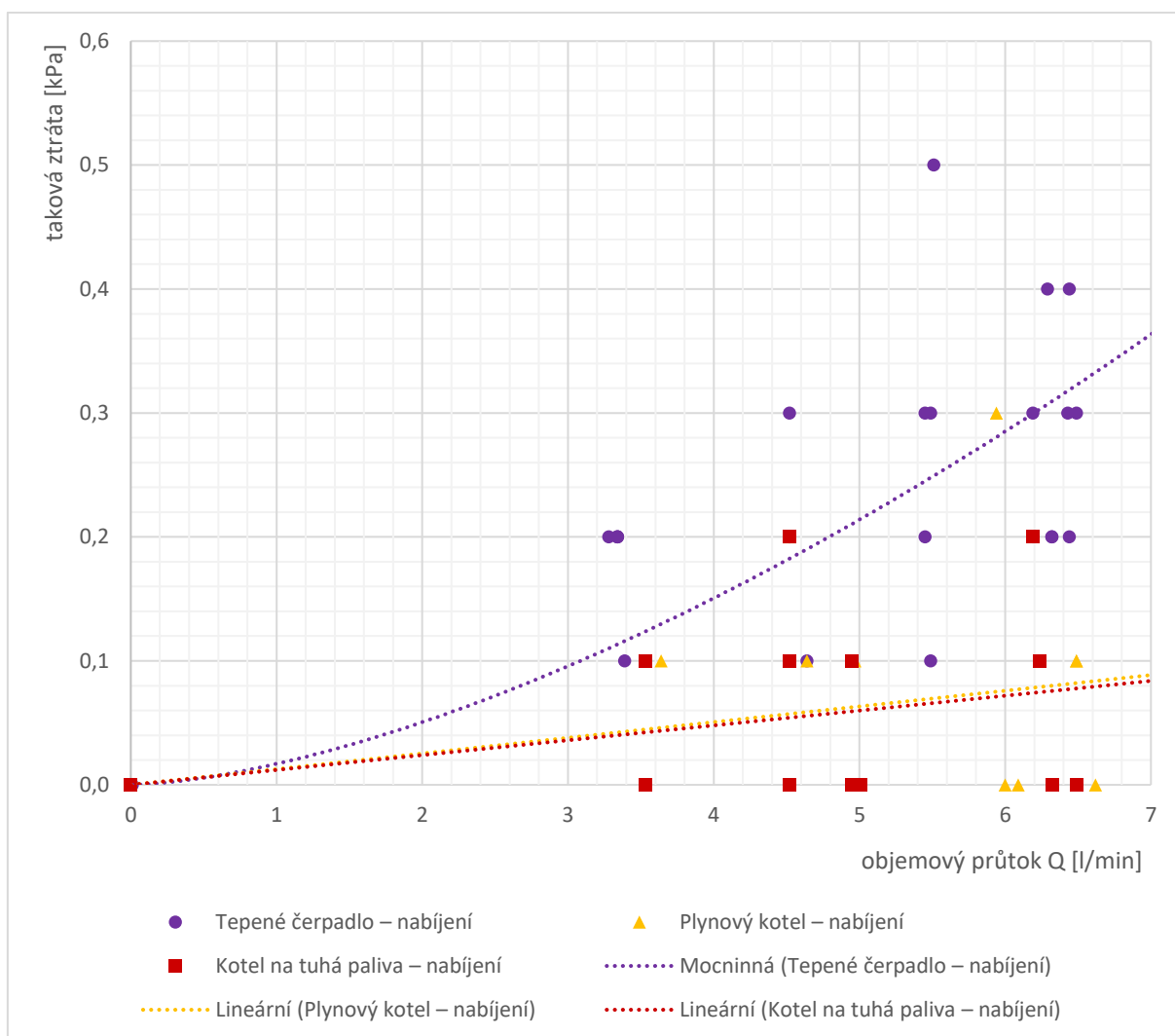
$\rho = 996 \text{ kg/m}^3$...hustota vody při dané teplotě [kg/m³]

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$...gravitační zrychlení [m/s²]

Tabulka 23: Výška napojení přívodních a vratných potrubí v jednotlivých provozních stavech

Provozní stav	h_p [m]	h_v [m]
Kotel na tuhá paliva – nabíjení	1,16	0,23
Plynový kotel – nabíjení	0,71	0,23
Tepelné čerpadlo – nabíjení	0,71	0,96
Vybíjení	AN _A	0,23
	AN _B	0,71
		1,26

III.D.2 Akumulační nádoba s vestavbou

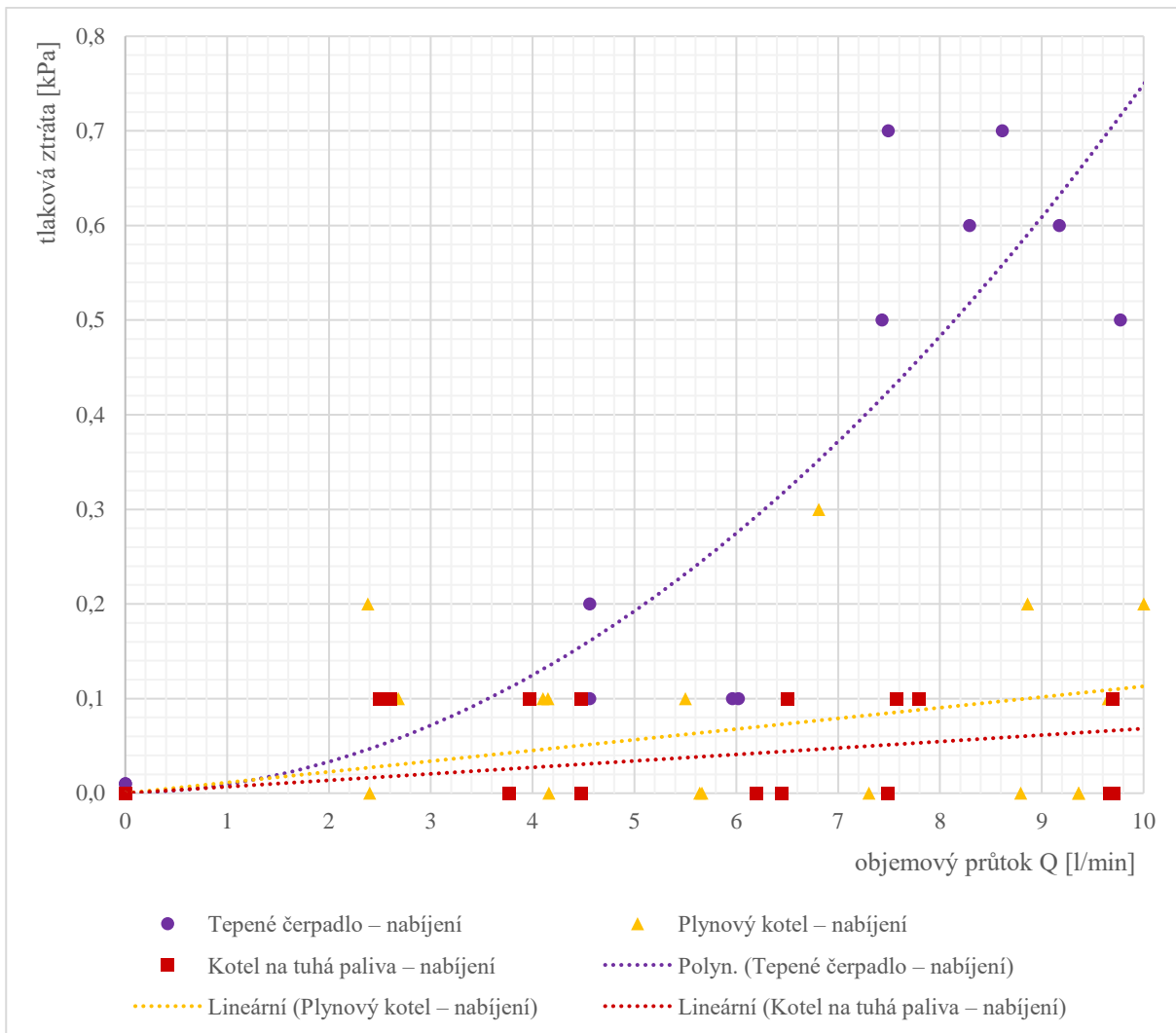


Graf 20: Průběh tlakových ztrát při nabíjení akumulární nádoby s vestavbou

Z grafu je patrné, že tlakové ztráty během nabíjení v žádném z provozních stavů nepřesahují hodnotu 500 Pa při objemovém průtoku do 7 l/min. Akumulační nádoba s vestavbou má tedy v porovnání s jinými zařízeními nacházejícími se v otopném systému malé tlakové ztráty.

Pro zjištění průběhu tlakových ztrát jednotlivých simulovaných zdrojů tepla v závislosti na objemovém průtoku byla naměřenými body proložena spojnice trendu. Jestliže byl zdrojem tepla kotel na tuhá paliva nebo plynový kotel, lineární přímka zobrazuje velmi nízký růst tlakových ztrát s průtokem. Pouze v případě tepelného čerpadla jako simulovaného zdroje tepla mají tlakové ztráty s rostoucím průtokem více rostoucí tendenci. Pro znázornění nelineárního průběhu byla body proložena mocninná přímka.

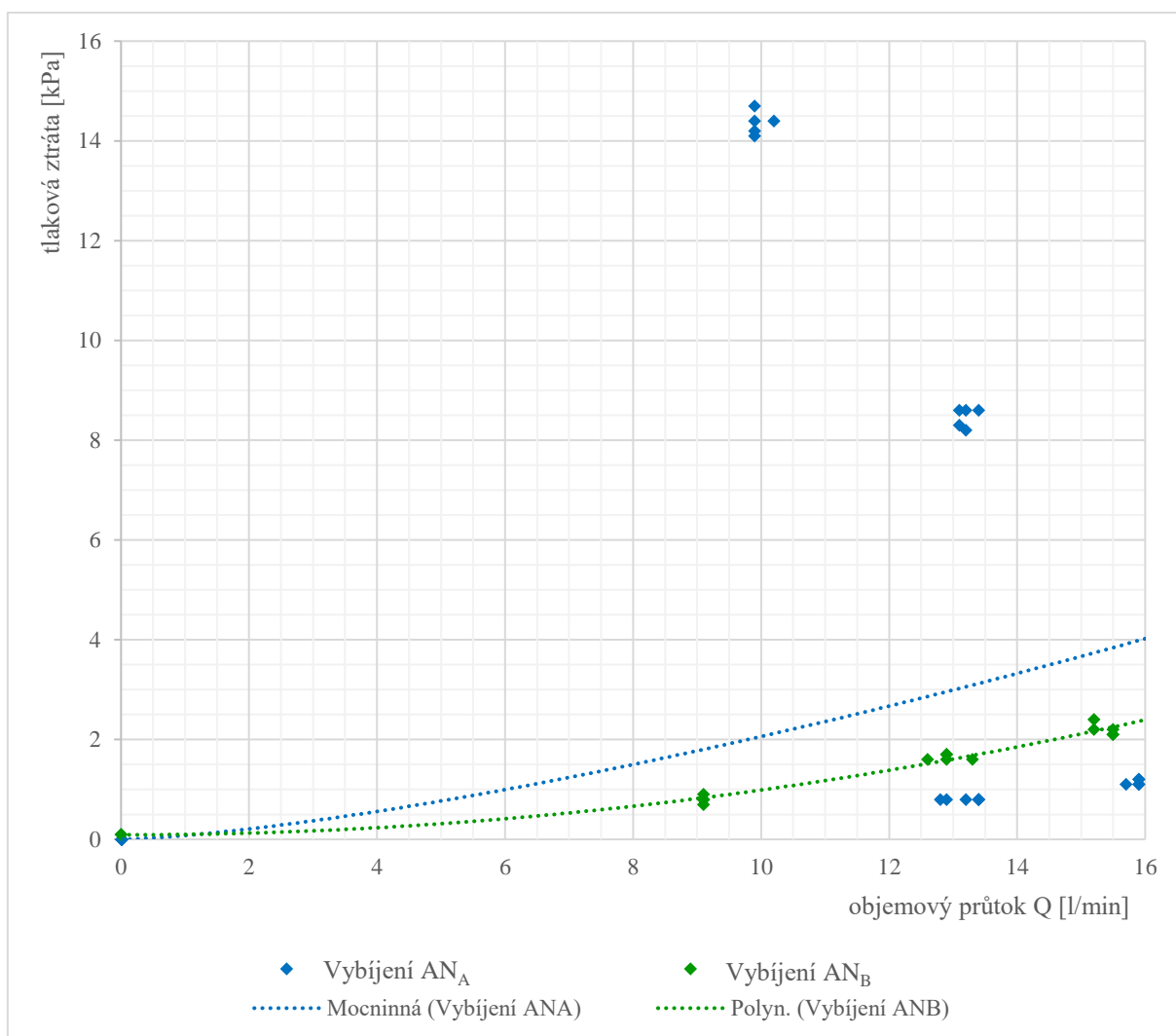
III.D.3 Akumulační nádoba bez vestavby



Graf 21: Průběh tlakových ztrát při nabíjení akumulční nádoby bez vestavby

Průběh tlakové ztráty v akumulční nádobě bez vestavby je podobný jako v případě akumulční nádoby s vestavbou. V případě simulace kotle na pevné palivo a plynového kotle jsou tlakové ztráty v rozmezí 0-300 Pa. Jestliže bylo simulováno tepelné čerpadlo, tlakové ztráty dosahují vyšších hodnot a mají nelineární růst.

III.D.4 Porovnání akumulčních nádob



Graf 22: Průběh tlakových ztrát při vybíjení – porovnání AN

Při pohledu na graf je patrné, že tlakové ztráty akumulční nádoby s vestavbou jsou během vybíjení několikanásobně větší než u akumulční nádoby bez vestavby. Větší ztráty jsou způsobeny vestavbou, do které je zaústěno vratné potrubí od výměníku tepla pro maření tepla VZT jednotkou. Při proložení nelineárními křivkami jsou však průběhy velmi podobné. Během měření tlakových ztrát akumulční nádrže AN_A byl velký rozptyl naměřených hodnot.

Tabulka 24: Tlakové ztráty v jednotlivých provozních stavech – porovnání AN

Provozní stav	Objemový průtok [l/min]	Zdroj tepla	Tlakové ztráty akumulční nádoby s vestavbou [Pa]	Tlakové ztráty akumulční nádoby bez vestavby [Pa]
Nabíjení	0–7	Kotel na tuhá paliva	0–200	0–100
		Plynový kotel	0–300	0–300
		Tepelné čerpadlo	0–500	0–200
Vybíjení	0–16	-	0–14700	0–2400

Z tabulka 24 lze vyčíst, že tlakové ztráty během nabíjení jsou v obou typech akumulací nádoby srovnatelné a pohybují se v rozmezí 0–500 Pa při průtoku do 7 l/min. Značný rozdíl nastává během vybíjení, kdy tlaková ztráta při průtoku nepřesahujícím 16 l/min dosahuje v akumulací nádobě bez vestavby hodnoty 2,4 kPa, kdežto v případě nádoby s vestavbou až 14,7 kPa. Tento rozdíl mezi jednotlivými typy je způsoben zaústěním vratného potrubí od VZT do akumulací nádoby, kdy proudění v případě akumulací nádoby bez vestavby nic nebrání, ale v případě akumulací nádoby s vestavbou je potrubí zaústěno právě do vestavby, která způsobuje velké tlakové ztráty.

Potrubí přivádějící otopnou vodu je na straně nabíjení o dvě dimenze větší než na straně vybíjení (viz obrázek 46), což má také vliv na nižší tlakové ztráty během nabíjení. Během nabíjení jsou dosahovány nižší rychlosti proudění vody při vtoku do akumulací nádoby než při vybíjení (viz tabulka 25). Tím je podpořeno lepší vrstvení v nádobě a snížena míra promíchávání uložené otopné vody. Možné nežádoucí promíchání otopné vody v důsledky vyšší rychlosti proudění při vtoku během vybíjení je v případě AN_A sníženo vestavbou, do které je vratné potrubí zaústěno.

Tabulka 25: Rychlosti proudění při vtoku do akumulací nádoby

Provozní stav	Dimenze potrubí	Objemový průtok [l/min]	Rychlost proudění při vtoku do AN [m/s]
Nabíjení	DN40	10	0,12
Vybíjení	DN25	10	0,29
		16	0,46

III.E Výsledek měření

Jestliže je zdrojem tepla kotel na tuhá paliva, oba typy akumulací nádob dosahují při nabíjení do 50. minuty měření velmi podobných výsledků. Po této době je vrstvení v akumulací nádobě bez vestavby lepší. Během vybíjení akumulací nádoby s vestavbou (AN_A) došlo dvakrát během měření k navýšení teploty ve spodní části akumulací nádoby. K přimíchání teplejší vody došlo nejspíš zásahem nějakého prvku vestavby, a to přibližně po 30 minutách a poté po 1 hodině vybíjení. V jiném provozním stavu pracujícím s nižšími teplotami vody v akumulací nádobě k této změně teplot nedošlo. Při současném nabíjení a vybíjení se teploty v horní části obou akumulací nádob udržují na vysokých hodnotách během celého měření a nejsou promíchávány. Tento jev je způsoben napojením výstupní otopné vody ze strany nádoby, nikoli z její horní části. Teplo uložené v horní části nad napojením výstupu tedy není využíváno. Průběh teplot ve střední části nádoby je podobný u obou konstrukčních řešení nádoby. Teplota v dolní části nádoby bez vestavby (AN_B) je chladnější. To je ale způsobeno rozdílnou výškou vstupu otopné vody od výměníků pro vybíjení, který je u této nádoby umístěn ve spodní části nádoby, ne ve středu.

V případě, kdy je zdrojem tepla plynový kotel, je lepší rozvrstvení dosaženo v akumulací nádobě s vestavbou. Dokazuje to rozdíl teplot v horní a dolní části akumulací nádoby při stejném množství dodaného tepla zdrojem tepla. Teplota v horní části nádoby s vestavbou

je vyšší než v akumulární nádobě bez vestavby, a naopak teplota v dolní části je nižší v akumulární nádobě s vestavbou. V případě kondenzačního plynového kotle jako zdroje tepla je tedy využití akumulární nádoby s vestavbou výhodné, jelikož teplota vratné vody dosahuje nižších hodnot. Během vybíjení dochází k promíchání otopné vody rychleji v nádobě bez vestavby.

Pokud je zdrojem tepla tepelné čerpadlo a dochází k nabíjení, je voda lépe vrstvena v akumulární nádobě bez vestavby. Při vybíjení je otopná voda v počáteční fázi měření značně promíchána, v menší míře v akumulární nádobě bez vestavby. To je ale dáno rozdílnou výškou vstupu otopné vody od výměníků pro vybíjení. Největší rozdíl mezi oběma typy akumulárních nádob je při současném nabíjení a vybíjení. V nádobě s vestavbou je využita k ukládání tepla nejen horní polovina, ale také dolní polovina nádoby, čemuž napomáhá i nižší napojení vratného potrubí od výměníku pro vybíjení, přičemž teplota vratné vody ke kotli je v obou případech shodná. Po vypnutí nabíjení je teplo z horní části nádoby využito lépe v akumulární nádobě s vestavbou. V případě použití tepelného čerpadla jako zdroje tepla je akumulární nádoba s vestavbou při současném nabíjení a vybíjení lepší varianta.

Při simulaci tepelného čerpadla bylo zvoleno na základě požadavku dodavatele akumulárních nádob zapojení, kdy je přívodní potrubí od zdroje tepla umístěno pod vratným potrubím, přičemž obě jsou zaústěny do střední části akumulární nádoby. Otopná voda se tedy ukládá pouze do horní části nádoby. Proto bylo provedeno na AN_B ještě měření, při kterém bylo zapojení shodné se zapojením v případě simulace plynového kotle. Toto zapojení se ukázalo jako výhodnější, jelikož je teplo ukládáno po celé výšce nádoby, je tedy možno uložit větší množství tepla. Také k promíchání otopné vody dochází v menší míře.

Tlakové ztráty mají obě akumulární nádoby ve srovnání s jinými zařízeními nacházejícími se v otopném systému velmi malé. Akumulární nádoba s vestavbou má větší tlakové ztráty než akumulární nádoba bez vestavby. Tlakové ztráty však ani u jedné z nich během nabíjení v žádném z provozních stavů při průtoku do 7 l/min nepřesahují hodnotu 500 Pa. Přičemž největších tlakových ztrát s nelineárním průběhem je dosaženo při simulaci tepelného čerpadla. Během vybíjení jsou tlakové ztráty akumulární nádoby s vestavbou několikanásobně větší než akumulární nádoby bez vestavby. Větší ztráty jsou způsobeny vestavbou, do které je zaústěno vratné potrubí od výměníku tepla pro maření tepla. Při průtoku do 16 l/min dosahují tlakové ztráty v akumulární nádobě bez vestavby hodnoty 2,4 kPa, kdežto v případě nádoby s vestavby až 14,7 kPa. Značný rozdíl mezi velikostí tlakových ztrát při nabíjení a vybíjení je ovlivněn dimenzí potrubí a jeho zaústěním do akumulární nádoby, které je na straně nabíjení o dvě dimenze větší než na straně vybíjení.

Shoda měření byla ověřena porovnáním grafický výstupů z čidel a termovizních snímků.

ZÁVĚR

Tématem diplomové práce byly akumulční zásobníky v otopných systémech. V jednotlivých částech této práce bylo přiblíženo jejich teoretické i praktické využití.

První část práce představila problematiku akumulace energie, která je ve stavebnictví využívána pro snížení energetické náročnosti budov. Byly přiblíženy její důvody, způsoby a fyzikální principy, dle kterých je možné akumulovat citelné teplo, latentní teplo, sorpční teplo a teplo termochemickou reakcí. Dále byly detailně popsány akumulční zásobníky (akumulační nádoby) topné vody, které jsou v otopných systémech využívány pro akumulaci nejčastěji. Podle konstrukčního provedení se jedná o stratifikační akumulční zásobníky, akumulční zásobníky s výměníkem tepla, se zásobníkem teplé vody nebo s vestavbou. Byly představeny jejich materiály, tepelné ztráty, příslušenství a zdroje tepla, které typicky využívají obnovitelné zdroje energie.

Druhá část popsala postup návrhu vytápění penzionu a restaurace po jeho stavební úpravě, kterou je přístavba stávajícího objektu. Jedna varianta se zabývala návrhem otopného systému vytápění přístavby se samostatným zdrojem tepla a zásobníkem teplé vody. Pro pokrytí tepelných ztrát jednotlivých místností byl navržen teplovodní, dvoutrubkový systém s nuceným oběhem otopné vody s deskovými a trubkovými otopnými tělesy a podlahovými konvektory. Bylo provedeno dimenzování měděných potrubních rozvodů včetně tepelné izolace a armatur. Celá soustava byla zregulována. Jako zdroj tepla byl navržen plynový kondenzační kotel o výkonu 14 kW s pojistným ventilem a expanzní nádobou o objemu 12 l. Pro přípravu teplé vody byl navržen nepřímotopný stacionární zásobník o objemu 296 l. V systému byla navržena akumulční nádoba o objemu 772 l pro pokrytí potřeby tepla pro vytápění během přednostní přípravy teplé vody. Pro správnou funkčnost otopného systému byla navržena expanzní nádoba o objemu 60 l, třicestný ventil přepínací a směšovací, vyvažovací ventily a oběhové čerpadlo. Druhá varianta obsahuje návrh kotelny, ve které je umístěn zdroj tepla pro celý objekt, tedy stávající restauraci a penzion včetně přístavby. Byl navržen automatický peletový kotel o výkonu 63,5 kW, který zajišťuje dodávku otopné vody pro vytápění, přípravu teplé vody a vzduchotechnickou jednotku. Byl navržen způsob větrání kotelny a odvodu spalin. Místnost sousedící s kotelnou byla upravena pro skladování pelet. Pro přípravu teplé vody byl v samostatné místnosti navržen nepřímotopný stacionární zásobník o objemu 736 l. Dále byla navržena akumulční nádoba o objemu 1507 l, expanzní nádoba o objemu 1000 l, pojistný ventil, směšovací ventil, regulátor průtoku, hydraulický vyrovnávač dynamických tlaků, rozdělovač a sběrač, oběhová čerpadla a další zařízení potřebná k provozu soustavy. Byly navrženy dimenze měděného potrubí spojující tato zařízení. Otopná soustava přístavby byla shodná s první variantou. Pro obě varianty byly stanoveny roční potřeby tepla a spotřeby paliva. Dále byly sepsány technické zprávy, zpracovány půdorysy 1. NP, 2. NP a 3. NP a schémata zapojení zdroje tepla. V závěru bylo provedeno zhodnocení obou navržených variant z pohledu uživatelského komfortu, prostorových nároků, ekonomiky provozu a dopadu na životní prostředí.

Třetí část práce se zabývala experimentálním měření prováděným v laboratoři. Byly porovnány dvě konstrukčně rozdílné typy akumulčních nádob stejného objemu. Jedna

akumulační nádoba měla v sobě speciální vestavbu pro zajištění lepšího rozvrstvení vody o různých teplotách. Druhá akumulční nádoba byla bez vestavby nebo výměníku tepla. Obě nádoby byly měřeny v různých provozních stavech, kterými bylo nabíjení, vybíjení a současné nabíjení s vybíjením. Simulovanými zdroji tepla byl kotel na tuhá paliva, plynový kotel a tepelné čerpadlo. Bylo zjištěno, že vestavba v akumulční nádobě zajišťuje lepší rozvrstvení otopné vody ve většině provozních stavů. Dále byly změřeny tlakové ztráty akumulčních nádob, které se během nabíjení ukázaly jako velmi malé v porovnání s ostatními zařízeními otopného systému. Větší tlakové ztráty byly zjištěny během vybíjení, což bylo ovlivněno rozdílnými dimenzemi potrubí ústícího do nádoby. Celkově měla akumulční nádoba s vestavbou větší tlakové ztráty než akumulční nádoba bez vestavby.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. BECHNÍK, Bronislav. Akumulace tepelné energie – fyzikální principy. In: *TZB-info* [online]. 14.5.2003 [cit. 23.12.2020] Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/akumulace-tepla/1482-akumulace-tepelne-energie-fyzikalni-principy>
2. HERALD, Mehling a CABEZA, Luisa F. *Heat and cold storage with PCM: An up to date introduction into basics and applications*. Springer Science & Business Media, 2008. ISBN 978-35-406-8557-9.
3. MATUŠKA, Tomáš. Trendy v solární tepelné technice (V) – Zásobníky tepla. In: *TZB-info* [online]. 24.10.2005 [cit. 23.12.2020] Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/akumulace-tepla/2799-trendy-v-solarni-tepelne-technice-v-zasobniky-tepla>
4. STEINMANN, Wolf-Dieter. *Thermal energy storage systems for concentrating solar power (CSP) technology*. In: LOVEGROVE, Keith a STEN, Wes. *Concentrating solar power technology*. Principles, developments and applications. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2012, s. 362 - 394. ISBN 978-18-456-9769-3.
5. OSTRÝ, Milan. Akumulace tepla pro snížení spotřeby energie v nízkoenergetických budovách. In: *TZB-info* [online]. 11.2.2008 [cit. 23.12.2020] Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/4643-akumulace-tepla-pro-snizeni-spotreby-energie-v-nizkoenergetickych-budovach>
6. LADENER, Heinz a SPÄTE, Frank. *Solární zařízení*. Praha: Grada Publishing, 2003. ISBN 80-247-0362-9.
7. Linszter s.r.o. Tepelné ztráty akumulčních nádrží. *Akumulační-nádrž.cz* [online]. [cit. 29. 12. 2020]. Dostupné z: <https://akumulacni-nadrz.cz/tepelna-ztrata.php>
8. MATĚJČEK, Jiří. Požadavky na kvalitu teplonosných kapalin. *Topenářství instalace*. Časopis pro vytápění, instalace vzduchu a ekologii. Praha: Topin Media s.r.o., 2017, 308, 38–40. 1211-0906.
9. Družstevní závod Dražice-strojírna s.r.o. *DZD*. [online]. 2020 [cit. 29.12.2020]. Dostupné z: <https://www.dzd.cz>
10. TopEko24. Hořčíkové anody. *TopEko24*. [online]. [cit. 29. 12. 2020]. Dostupné z: <https://topeko24.cz/24-horcikove-anody>
11. DÍLYNAKOTLE s.r.o. DRAŽICE anoda titanová CORREX. *DÍLY NA KOTLE* [online], [cit. 29. 12. 2020]. Dostupné z: https://www.dilynakotle.cz/drazice-anoda-titanova-correx_z12902/?gclid=CjwKCAiAxKv_BRBdEiwAyd40N01kQzA4Dt_yet3MUVx0FIoQwvfZfy0og_kZ7qXoBhMI3gq0dRcxwhoC1sQQAvD_BwE
12. Gienger spol. s.r.o. Akumulační nádoby Cordivari. *Gienger*. [online], [cit. 9. 12. 2020]. Dostupné z: <https://www.gienger.cz/wp-content/uploads/2019/10/2018-Cordivari-akumulacni-nadoby.pdf>
13. KOLONIČNÝ, Jan a BOGOCZOVÁ, Veronika a HORÁK, Jiří a Výzkumné energetické centrum. *Postupy správného topení*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2010. ISBN 978-80-248-2255-6.
14. POČINKOVÁ, Marcela a TREUOVÁ, Lea: *Vytápění*. 1. vydání. Brno: Vydavatelství ERA, 2002. ISBN 80-86517-35-7.
15. MATUŠKA, Tomáš a SCHWARZER, Jan a ŠOUREK, Bořivoj. Kotela na biomasu – teorie a schémata (II). In: *TZB-info* [online]. 24.10.2005 [cit. 30.12.2020] Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/2801-kotela-na-biomasu-teorie-a-schemata-ii>

16. KALETA, Ján a KISZA, Aleš. Význam akumulční/taktovací nádoby u tepelného čerpadla vzduch-voda. In: *TZB-info* [online]. 2.10.2012 [cit. 30.12.2020] Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/9113-vyznam-akumulacni-taktovaci-nadoby-u-tepelneho-cerpadla-vzduch-voda>
17. MATUŠKA, Tomáš a SCHWARZER, Jan a ŠOUREK, Bořivoj. Tepelná čerpadla – teorie a schémata (II). In: *TZB-info* [online]. 7.11.2005 [cit. 30.12.2020] Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/2835-tepelna-cerpadla-teorie-a-schemata-ii>
18. MATUŠKA, Tomáš a SCHWARZER, Jan a ŠOUREK, Bořivoj. Solární soustavy – teorie a schémata (VII). In: *TZB-info* [online]. 19.9.2005 [cit. 30.12.2020] Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/2726-solarni-soustavy-teorie-a-schemata-vii>
19. Bosch Termotechnika s.r.o. Projekční podklady pro plynový nástěnný kondenzační kotel Logamax plus GB172 / GB172T. In: *Buderus* [online]. 2017 [cit. 8.1.2021] Dostupné z: https://www.buderus.com/cz/media/country_pool/fuer_partner/planunsdokumente/wall_mounted_boilers/pp_gb172t_new3-2018.pdf
20. Korado, a.s. Ke stažení. *Korado* [online]. 2021 [cit. 9.1.2021]. Dostupné z: <https://www.korado.cz/ke-stazeni.html?dti%5B%5D=5001>
21. IMI Hydronic Engineering. Termostatické hlavice a ventily. *IMI Hydronic Engineering* [online]. 2021 [cit. 9.1.2021]. Dostupné z: <https://www.imi-hydronic.com/sites/EN/cs-cz/Technick%C3%A1-dokumentace/Pages/termostatick%C3%A1-regulace.aspx>
22. IMI Hydronic Engineering. Vyvažování, Regulace a Pohony. *IMI Hydronic Engineering* [online]. 2021 [cit. 9.1.2021]. Dostupné z: <https://www.imi-hydronic.com/sites/EN/cs-cz/Technick%C3%A1-dokumentace/Pages/vyva%C5%BEov%C3%A1n%C3%AD-regulace-a-pohony.aspx>
23. REMAK a.s. Produkty. *ESBE* [online]. 2021 [cit. 9.1.2021]. Dostupné z: <https://www.esbe.cz/assets/Uploads/ESBE-katalog-2018.pdf>
24. Grundfos Holding. Product center. *Grundfos* [online]. 2021 [cit. 9.1.2021]. Dostupné z: <https://product-selection.grundfos.com/>
25. Regulus spol. s r.o. Expanzní nádoba HS060. *Regulus* [online]. 2021 [cit. 9.1.2021]. Dostupné z: <https://www.regulus.cz/cz/expanzni-nadoba-hs060>
26. OPOP spol. s r.o. Kotel na pelety BIOPEL 60-80. *OPOP* [online]. 2020 [cit. 10.11.2020]. Dostupné z: https://www.opop.cz/sites/default/files/2020-08/velke-kotle%20Biopel%2060-80-prospekt_cz-v4-1.pdf
27. ETL-Ekotherm a.s. Katalog výrobků. *ETL-Ekotherm a.s.* [online]. 2021 [cit. 9.1.2021]. Dostupné z: <https://www.etl.cz/katalog-vyrobk>
28. Kobold Czech Republic. Regulátor průtoku. *Kobold* [online]. 2020 [cit. 10.11.2020]. Dostupné z: <https://www.kobold.com/uploads/files/reg-cs-prislusenstvi.pdf>
29. Reflex CZ, s.r.o. Expanzní nádoby 'Reflex NG a N'. *reflex* [online]. 2021 [cit. 9.1.2021]. Dostupné z: <http://www.reflexcz.cz/cz/expanzni-nadoby-reflex-ng-a-n>
30. ESL, a.s. Pojistný ventil DUCO 3/4“. *ESL* [online]. 2021 [cit. 9.1.2021]. <https://www.esl.cz/pojistny-ventil-duco-3-4>
31. BIOMAC s.r.o. Skladování pelet a výstavba sil. *BIOMAC* [online]. 2018 [cit. 9.12.2020]. Dostupné z: <https://www.biomac.cz/data/dokumenty/skladovani-pelet-a-vystavba-sil.pdf>

32. VENTA spol. s r.o. Regulus Průtokoměr VFS Grundfos Direct Sensors. *VENTA* [online]. 2021 [cit. 11.1.2021]. Dostupné z: <https://www.koupelny-venta.cz/regulus-prutokomer-vfs-grundfos-direct-sensors/18270/produkt#filesToDownload>
 33. Ahlborn GmbH. *Ahlborn* [online]. 2021 [cit. 11.1.2021]. Dostupné z: https://www.ahlborn.com/de_DE/
 34. Electronic Test Tool Store. Fluke Ti300 Professional 240X180 Thermal Imager with Wireless Connect. *eTestTool* [online]. 2019 [cit. 11.1.2021]. Dostupné z: https://www.etesttool.com/fluke-ti300.html?fbclid=IwAR0bsgwOoGLTOGJLx6UQlJIZneQ2YDMmFVK7dRnV16bSDQN_JIeStdY8XA
- BAŠTA, Jiří. *Topenářská příručka: 120 let topenářství v Čechách a na Moravě*. Svazek 1. Praha: GAS, 2001. ISBN 80-86176-82-7.
 - BAŠTA, Jiří. *Topenářská příručka: 120 let topenářství v Čechách a na Moravě*. Svazek 2. Praha: GAS, 2001. ISBN 80-86176-83-5.
 - VALENTA, Vladimír. *Topenářská příručka. 3, Návody na projektování tepelných zařízení*. Praha: Agentura ČSTZ, 2007. ISBN 978-80-86028-13-2.
 - ČSN 06 0310 – Tepelné soustavy v budovách – Projektování a montáž
 - ČSN 06 0320 – Tepelné soustavy v budovách – Příprava teplé vody
 - ČSN 06 0830 – Tepelné soustavy v budovách – Zabezpečovací zařízení
 - ČSN 06 1008 – Požární bezpečnost tepelných zařízení
 - ČSN 73 0331-1 – Energetická náročnost budov – Typické hodnoty pro výpočet
 - ČSN 73 0540-2 – Tepelná ochrana budov – Požadavky
 - ČSN 73 0540-3 – Tepelná ochrana budov – Návrhové hodnoty veličin
 - ČSN EN 12 828 – Tepelné soustavy v budovách – Navrhování teplovodních otopných soustav
 - ČSN EN 12 831 – Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu
 - ČSN EN ISO 20 023 – Tuhý biopaliva – Bezpečnost pelet z tuhých biopaliv – Bezpečná manipulace a skladování při použití dřevních pelet v obytných a jiných malých instalacích
 - ČSN 73 0331-1 – Energetická náročnost budov – Typické hodnoty pro výpočet
 - ČSN 73 0540-2 – Tepelná ochrana budov – Požadavky
 - ČSN 73 0540-3 – Tepelná ochrana budov – Návrhové hodnoty veličin
 - Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci
 - Vyhláška č. 193/2007 Sb., kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu energie a chladu
 - Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby
 - Vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb

SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ

Obrázky

Obrázek 1: Porovnání akumulace citelného tepla (voda) a latentního tepla (PCM) [3]	18
Obrázek 2: Tepelná izolace akumulčního zásobníku [9]	21
Obrázek 3: Hořčičkové anody [10]	22
Obrázek 4: Elektrická anoda [10]	22
Obrázek 5: Typy topných těles [9]	23
Obrázek 6: Typy řízené stratifikace [3]	24
Obrázek 7: Typy akumulčních zásobníků [9]	25
Obrázek 8: Typy akumulčních zásobníků pro přípravu teplé vody [9]	25
Obrázek 9: Akumulační zásobník s dělicím plechem [12]	26
Obrázek 10: Schéma zapojení akumulčních zásobníků s kotlem na tuhá paliva	27
Obrázek 11: Schéma zapojení akumulčního zásobníku s tepelným čerpadlem	28
Obrázek 12: Schéma zapojení akumulčního zásobníku se solárním kolektorem	29
Obrázek 13: Křivka dodávky a odběru tepla přístavby (varianta A)	39
Obrázek 14: Zásobník OKC 300 NTR/BP [9]	40
Obrázek 15: Kondenzační kotel Logamax plus GB172-14 [19]	42
Obrázek 16: Akumulační nádoba NAD 750 v3 [9]	43
Obrázek 17: Rozměry kompenzátorů	44
Obrázek 18: RADIK PLAN VK21 [20]	47
Obrázek 19: KORALUX LINEAR CLASSIC – M [20]	48
Obrázek 20: KORAFLEX Basic FKB [20]	48
Obrázek 21: Multilux 4 – Set [21]	49
Obrázek 22: Graf pro nastavení termostatických ventilů na tělesech RADIK PLAN [20]	49
Obrázek 23: Graf pro nastavení Multilux 4 – setu na tělesech KORALUX [21]	50
Obrázek 24: Graf pro nastavení ventilů Calypso exact na tělesech KORAFLEX [21]	50
Obrázek 25: Vyvažovací ventil STAD-B – plně otevřen (VV1) [22]	55
Obrázek 26: Specifikace přepínacího třístenného ventilu VRG231, DN20 [23]	55
Obrázek 27: Specifikace směšovacího třístenného ventilu VRG131 [23]	56
Obrázek 28: Specifikace čerpadla Alpha2 25-40 130 [24]	57
Obrázek 29: Zbytková dopravní výška čerpadla kondenzačního kotle [19]	58
Obrázek 30: Specifikace expanzní nádoby AQUAFILL HS060 [25]	59
Obrázek 31: Křivka dodávky a odběru tepla celého objektu (varianta B)	70
Obrázek 32: Zásobník OKC 750 NTR/BP [9]	72
Obrázek 33: Peletový kotel Biopel 60 [25]	74
Obrázek 34: Akumulační nádoba NAD 1500 v1 [9]	75
Obrázek 35: Specifikace směšovacího třístenného ventilu VRG131 [23]	77
Obrázek 36: Oběhové čerpadlo Č-2 – MAGNA3 25-40 [24]	78
Obrázek 37: Oběhové čerpadlo Č-3 – MAGNA3 25-40 [24]	79
Obrázek 38: Oběhové čerpadlo Č-4 – ALPHA2 15-40 130 [24]	80

Obrázek 39: Specifikace hydraulického vyrovnávače dynamických tlaků 1B [27].....	81
Obrázek 40: Specifikace kombinovaného rozdělovače a sběrače RS UNI 3 [27]	82
Obrázek 41: Specifikace regulátoru průtoku REG-0101 [27]	82
Obrázek 42: Specifikace expanzní nádoby Reflex N 1000/6 [28]	83
Obrázek 43: Specifikace pojistných ventilů DUCO firmy MEIBES [29]	84
Obrázek 44: Rozmístění prvků skladu [31].....	89
Obrázek 45: Svislý řez skladem [31].....	90
Obrázek 46: Rozměrové schéma – porovnání AN	101
Obrázek 47: Schéma umístění čidel a zapojení – porovnání AN	102
Obrázek 48: Zapojení akumulční nádoby a umístění čidel.....	103
Obrázek 49: Současné měření teploty termokamerou a teplotními čidly.....	103
Obrázek 50: Průběh měření snímán termokamerou	104
Obrázek 51: Termokamera Fluke Ti300 [34].....	105
Obrázek 52: Měřicí ústředna Almemo 5690-2 [33]	106
Obrázek 53: Snímač průtoku kapalin VSF 5-100 l/min [31]	106
Obrázek 54: Snímače tlaku AMR – FDA 602 [33].....	107
Obrázek 55: Teplotní čidlo ponorné FPA 710 L27M10	107
Obrázek 56: Teplotní čidla s termočlávkovým drátem ZA 9020-FS Thermo R2E4 [33].....	107
Obrázek 57: Schéma zapojení je-li simulovaným zdrojem tepla kotel na tuhá paliva.....	110
Obrázek 58: Schéma zapojení je-li simulovaným zdrojem tepla plynový kotel	121
Obrázek 59: Schéma zapojení je-li simulovaným zdrojem tepla tepelné čerpadlo	127
Obrázek 60: Schéma zapojení je-li simulovaným zdrojem tepla tepelné čerpadlo	136

Tabulky

Tabulka 1: Tepelná kapacita pracovních látek pro akumulaci tepla při 20 °C [6]	19
Tabulka 2: Tepelné ztráty akumulčních zásobníků při použití skelného vlákna jako tepelné izolace s vnějším obalem z koženky [7].....	20
Tabulka 3: Tepelné ztráty jednotlivých místností (varianta A).....	38
Tabulka 4: Rozdělení odběru tepla během dne v přístavbě (varianta A)	39
Tabulka 5: Délková roztažnost potrubí a rozměry volné délky kompenzátoru (varianta A) ...	44
Tabulka 6: Návrh tloušťky tepelné izolace potrubí	45
Tabulka 7: Přehled navržených otopných těles	46
Tabulka 8: Dimenzování rozvodů, nastavení TRV, MS a CE-TRV pro otopná tělesa v 1NP.51	
Tabulka 9: Dimenzování rozvodů, nastavení TRV, MS a CE-TRV pro otopná tělesa ve 2NP.51	
Tabulka 10: Dimenzování rozvodů, nastavení TRV, MS a CE-TRV pro otopná tělesa ve 3NP.52	
Tabulka 11: Dimenzování hlavních rozvodů (varianta A)	53
Tabulka 12: Hodnoty k_v pro nastavení vyvažovacích ventilů [22]	54
Tabulka 13: Tepelné ztráty prostupem stávající budovy.....	68
Tabulka 14: Tepelné ztráty větráním stávající budovy	69
Tabulka 15: Rozdělení odběru tepla během dne v celém objektu (varianta B).....	70
Tabulka 16: Dimenzování rozvodů (varianta B)	76
Tabulka 17: Délková roztažnost potrubí a rozměry volné délky kompenzátoru (varianta B) .	76

Tabulka 18: Termovizní snímky při nabíjení, simulace kotle na tuhá paliva	111
Tabulka 19: Termovizní snímky při vybíjení, simulace kotle na tuhá paliva.....	115
Tabulka 20: Termovizní snímky při nabíjení, simulace plynového kotle.....	122
Tabulka 21: Termosnímky při současném nabíjení a vybíjení, simulace tepelného čerpadla – porovnání AN.....	131
Tabulka 22: Termovizní snímky při nabíjení, simulace tepelného čerpadla – porovnání dvou typů zapojení.....	137
Tabulka 23: Výška napojení přívodních a vratných potrubí.....	142
Tabulka 24: Tlakové ztráty v jednotlivých provozních stavech – porovnání AN	145
Tabulka 25: Rychlosti proudění při vtoku do akumulární nádoby	146

Grafy

Graf 1: Průběh teplot při nabíjení AN _A , simulace plynového kotle – porovnání hodnot z teplotních čidel a termovizních snímků	109
Graf 2: Průběh teplot při nabíjení, simulace kotle na tuhá paliva – porovnání AN.....	113
Graf 3: Průběh ukládání tepla při nabíjení, simulace kotle na tuhá paliva – porovnání AN .	114
Graf 4: Průběh teplot ve vratném potrubí při nabíjení AN _A , simulace kotle na tuhá paliva..	115
Graf 5: Průběh teplot při vybíjení, simulace kotle na tuhá paliva – porovnání AN.....	118
Graf 6: Průběh ukládání tepla při vybíjení, simulace kotle na tuhá paliva – porovnání AN .	119
Graf 7: Průběh teplot ve vratném potrubí při vybíjení AN _A , simulace kotle na tuhá paliva .	119
Graf 8: Průběh teplot při současném nabíjení a vybíjení, simulace kotle na tuhá paliva – porovnání AN.....	120
Graf 9: Průběh teplot při nabíjení, simulace plynového kotle – porovnání AN	124
Graf 10: Průběh ukládání tepla při nabíjení, simulace plynového kotle – porovnání AN.....	125
Graf 11: Průběh teplot při vybíjení, simulace plynového kotle – porovnání AN	126
Graf 12: Průběh teplot při nabíjení, simulace tepelného čerpadla – porovnání AN	128
Graf 13: Průběh ukládání tepla při nabíjení, simulace tepelného čerpadla – porovnání AN.	129
Graf 14: Průběh teplot při vybíjení, simulace tepelného čerpadla – porovnání AN.....	130
Graf 15: Průběh teplot při současném nabíjení a vybíjení, simulace tepelného čerpadla – porovnání AN.....	134
Graf 16: Průběh teplot ve vratném potrubí kotlového okruhu během současného nabíjení a vybíjení, simulace tepelného čerpadla – porovnání AN	135
Graf 17: Průběh teplot při nabíjení, simulace tepelného čerpadla – porovnání dvou typů zapojení	139
Graf 18: Průběh ukládání tepla při nabíjení, simulace tepelného čerpadla – porovnání dvou typů zapojení	140
Graf 19: Průběh teplot při vybíjení, simulace tepelného čerpadla – porovnání dvou typů zapojení.....	141
Graf 20: Průběh tlakových ztrát při nabíjení akumulární nádoby s vestavbou	143
Graf 21: Průběh tlakových ztrát při nabíjení akumulární nádoby bez vestavby	144
Graf 22: Průběh tlakových ztrát při vybíjení – porovnání AN	145

SEZNAM PŘÍLOH

Přílohy

Příloha č. 1	Výpočet součinitele prostupu tepla konstrukcí
Příloha č. 2	Přesný výpočet tepelných ztrát jednotlivých místností

Výkresová část

D.1.4.01	Půdorys 1.NP (varianta A)	M 1:50
D.1.4.02	Půdorys 2.NP (varianta A)	M 1:50
D.1.4.03	Půdorys 3.NP (varianta A)	M 1:50
D.1.4.04	Schéma zapojení zdroje tepla přístavby (varianta A)	
D.1.4.05	Půdorys 1.NP (varianta B)	M 1:50
D.1.4.06	Půdorys 2.NP (varianta B)	M 1:50
D.1.4.07	Půdorys 3.NP (varianta B)	M 1:50
D.1.4.08	Schéma zapojení zdroje tepla celého objektu (varianta B)	



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

PŘÍLOHA Č. 1

VÝPOČET SOUČinitele PROSTUPU TEPLA KONSTRUKCÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Karolína Železná

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MARCELA POČINKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2021

SO1

ČSN 73 0540-2:2011: Stěna vnější (těžká)

 $t_i = 20\text{ °C}$ $U_N = 0,30$ $U_{rec} = 0,25$ Korekční činitel $\Delta U_{tbk} = \mathbf{0,020\text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}}$,**Obvodová stěna zateplená** $U_{pas,h} = 0,18$ $U_{pas,d} = 0,12\text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ Vypočítaná hodnota $U_k = \mathbf{0,171\text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$

Složení konstrukce

Číslo vrstvy		d [mm]	λ [W/(m.K)]	ZTM	λ_{ekv} [W/(m.K)]	R [m ² .K/W]
R_{si}	Odpor při přestupu					0,130
1	štuk IN vnitřní	10,00	0,770	0,00	0,770	0,013
2	weber.dur 130	10,00	0,390	0,00	0,390	0,026
3	Family 25 broušená	250,00	0,093	0,00	0,093	2,688
4	Primo L (VPC omítka)	10,00	0,450	0,00	0,450	0,022
5	weber.therm klasik	5,00	0,800	0,00	0,800	0,006
6	Isover EPS 70F	150,00	0,039	0,04	0,041	3,698
7	weber tmel 700	5,00	0,800	0,00	0,800	0,006
8	weber.pas silikon	2,00	0,750	0,00	0,750	0,003
R_{se}	Odpor při přestupu					0,040
	Odpor celkem R_T					6,632

SN1**Vnitřní stěna nosná (garáž)**

ČSN 73 0540-2:2011: Stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru

 $t_i = 20\text{ °C}$ $U_N = 0,75$ $U_{rec} = 0,50$ $U_{pas,h} = 0,38$ $U_{pas,d} = 0,25\text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ Korekční činitel $\Delta U_{tbk} = \mathbf{0,020\text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}}$, Vypočítaná hodnota $U_k = \mathbf{0,301\text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$

Složení konstrukce

Číslo vrstvy		d [mm]	λ [W/(m.K)]	ZTM	λ_{ekv} [W/(m.K)]	R [m ² .K/W]
R_{si}	Odpor při přestupu					0,130
1	štuk IN vnitřní	10,00	0,770	0,00	0,770	0,013
2	weber.dur 130	10,00	0,390	0,00	0,390	0,026
3	Family 30 broušená	300,00	0,093	0,00	0,093	3,226
4	weber.dur 130	10,00	0,390	0,00	0,390	0,026
5	štuk IN vnitřní	10,00	0,770	0,00	0,770	0,013
R_{se}	Odpor při přestupu					0,130
	Odpor celkem R_T					3,563

SN2**Vnitřní stávající stěna nosná**

ČSN 73 0540-2:2011: Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně

 $t_i = 20\text{ °C}$ $U_N = 1,30$ $U_{rec} = 0,90$ $U_{pas,h} = 0,00$ $U_{pas,d} = 0,00\text{ W/(m}^2\text{.K)}$ Korekční činitel $\Delta U_{tbk} = \mathbf{0,100\text{ W/(m}^2\text{.K)}$, Vypočítaná hodnota $U_k = \mathbf{0,354\text{ W/(m}^2\text{.K)}$

Složení konstrukce

Číslo vrstvy		d [mm]	λ [W/(m.K)]	ZTM	λ_{ekv} [W/(m.K)]	R [m ² .K/W]
R_{si}	Odpor při přestupu					0,130
1	štuk IN vnitřní	10,00	0,770	0,00	0,770	0,013
2	weber.dur 130	10,00	0,390	0,00	0,390	0,026
3	Ytong Standard	375,00	0,105	0,00	0,105	3,571
4	Primo L (VPC omítka)	15,00	0,450	0,00	0,450	0,033
5	Ratio Glatt (sádrová omítka)	15,00	0,570	0,00	0,570	0,026
R_{se}	Odpor při přestupu					0,130
	Odpor celkem R_T					3,930

SN3**Vnitřní stěna nosná (pokoj-pokoj)**

ČSN 73 0540-2:2011: Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně

 $t_i = 20\text{ °C}$ $U_N = 2,70$ $U_{rec} = 1,80$ $U_{pas,h} = 0,00$ $U_{pas,d} = 0,00\text{ W/(m}^2\text{.K)}$ Korekční činitel $\Delta U_{tbk} = \mathbf{0,020\text{ W/(m}^2\text{.K)}$, Vypočítaná hodnota $U_k = \mathbf{1,139\text{ W/(m}^2\text{.K)}$

Složení konstrukce

Číslo vrstvy		d [mm]	λ [W/(m.K)]	ZTM	λ_{ekv} [W/(m.K)]	R [m ² .K/W]
R_{si}	Odpor při přestupu					0,130
1	štuk IN vnitřní	1,00	0,770	0,00	0,770	0,001
2	weber.dur 130	10,00	0,390	0,00	0,390	0,026
3	HELUZ AKU 20	200,00	0,352	0,00	0,352	0,568
4	weber.dur 130	10,00	0,390	0,00	0,390	0,026
5	štuk IN vnitřní	10,00	0,770	0,00	0,770	0,013
R_{se}	Odpor při přestupu					0,130
	Odpor celkem R_T					0,894

SN5**Vnitřní stěna nenosná (koupelna-pokoj)**

ČSN 73 0540-2:2011: Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně

$$t_i = 20 \text{ °C} \quad U_N = 2,70 \quad U_{\text{rec}} = 1,80 \quad U_{\text{pas,h}} = 0,00 \quad U_{\text{pas,d}} = 0,00 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$$

Korekční činitel $\Delta U_{\text{tbk}} = 0,020 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$, Vypočítaná hodnota $U_k = 0,438 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$

Složení konstrukce

Číslo vrstvy		d [mm]	λ [W/(m.K)]	ZTM	λ_{ekv} [W/(m.K)]	R [m ² .K/W]
R _{si}	Odpor při přestupu					0,130
1	Sádrokarton	12,50	0,177	0,00	0,177	0,071
2	Sádrokarton	12,50	0,177	0,00	0,177	0,071
3	Isover AKU	60,00	0,035	0,04	0,036	1,648
4	vzd vrstva 20	20,00	0,100	0,00	0,100	0,200
5	Sádrokarton	12,50	0,177	0,00	0,177	0,071
6	Sádrokarton	12,50	0,177	0,00	0,177	0,071
R _{se}	Odpor při přestupu					0,130
	Odpor celkem R _T					2,391

PDL1**Podlaha na zemině (jídlna)**

ČSN 73 0540-2:2011: Podlaha vytápěného prostoru přilehlá k zemině

$$t_i = 20 \text{ °C} \quad U_N = 0,45 \quad U_{\text{rec}} = 0,30 \quad U_{\text{pas,h}} = 0,22 \quad U_{\text{pas,d}} = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$$

Korekční činitel $\Delta U_{\text{tbk}} = 0,020 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$, Vypočítaná hodnota $U_k = 0,210 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$

Složení konstrukce

Číslo vrstvy		d [mm]	λ [W/(m.K)]	ZTM	λ_{ekv} [W/(m.K)]	R [m ² .K/W]
R _{si}	Odpor při přestupu					0,170
1	Keram. dlažba	15,00	1,010	0,00	1,010	0,015
2	Anhydrit	55,00	1,200	0,00	1,200	0,046
3	Isover EPS 150S	80,00	0,035	0,02	0,036	2,241
4	Isover EPS 150S	100,00	0,035	0,02	0,036	2,801
R _{se}	Odpor při přestupu					0,000
	Odpor celkem R _T					5,273

PDL2**Podlaha na zemině (garáž)**

ČSN 73 0540-2:2011: Podlaha temperovaného prostoru přilehlá k zemině

 $t_i = 20 \text{ °C}$ $U_N = 0,85$ $U_{rec} = 0,60$ $U_{pas,h} = 0,45$ $U_{pas,d} = 0,30 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ Korekční činitel $\Delta U_{tbk} = 0,020 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$, Vypočítaná hodnota $U_k = 0,345 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$

Složení konstrukce

Číslo vrstvy		d [mm]	λ [W/(m.K)]	ZTM	λ_{ekv} [W/(m.K)]	R [m ² .K/W]
R_{si}	Odpor při přestupu					0,170
1	Beton hutný (2100)	110,00	1,050	0,00	1,050	0,105
2	EPS 150 S	100,00	0,035	0,02	0,036	2,801
R_{se}	Odpor při přestupu					0,000
	Odpor celkem R_T					3,076

PDL3**Strop 2.NP (garáž-pokoj)**

ČSN 73 0540-2:2011: Strop vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru

 $t_i = 20 \text{ °C}$ $U_N = 0,75$ $U_{rec} = 0,50$ $U_{pas,h} = 0,38$ $U_{pas,d} = 0,25 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ Korekční činitel $\Delta U_{tbk} = 0,020 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$, Vypočítaná hodnota $U_k = 0,251 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$

Složení konstrukce

Číslo vrstvy		d [mm]	λ [W/(m.K)]	ZTM	λ_{ekv} [W/(m.K)]	R [m ² .K/W]
R_{si}	Odpor při přestupu					0,100
1	PVC	5,00	0,160	0,00	0,160	0,031
2	Nivello 10 (samoniv.stěrka)	5,00	1,400	0,00	1,400	0,004
3	Anhydrit	60,00	1,200	0,00	1,200	0,050
4	Isover EPS 150S	140,00	0,035	0,02	0,036	3,922
5	Železobeton (2400)	200,00	1,587	0,00	1,587	0,126
R_{se}	Odpor při přestupu					0,100
	Odpor celkem R_T					4,332

PDL4**Strop 2.NP (garáž-koupelna)**

ČSN 73 0540-2:2011: Strop vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru

$$t_i = 20 \text{ °C} \quad U_N = 0,75 \quad U_{\text{rec}} = 0,50 \quad U_{\text{pas,h}} = 0,38 \quad U_{\text{pas,d}} = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$$

Korekční činitel $\Delta U_{\text{tbk}} = 0,020 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$, Vypočítaná hodnota $U_k = 0,252 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$

Složení konstrukce

Číslo vrstvy		d [mm]	λ [W/(m.K)]	ZTM	λ_{ekv} [W/(m.K)]	R [m ² .K/W]
R _{si}	Odpor při přestupu					0,100
1	Keram. dlažba	15,00	1,010	0,00	1,010	0,015
2	Anhydrit	55,00	1,200	0,00	1,200	0,046
3	Isover EPS 150S	140,00	0,035	0,02	0,036	3,922
4	Železobeton (2400)	200,00	1,587	0,00	1,587	0,126
R _{se}	Odpor při přestupu					0,100
	Odpor celkem R _T					4,308

PDL5**Strop 3.NP**

ČSN 73 0540-2:2011: Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně

$$t_i = 20 \text{ °C} \quad U_N = 2,20 \quad U_{\text{rec}} = 1,45 \quad U_{\text{pas,h}} = 0,00 \quad U_{\text{pas,d}} = 0,00 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$$

Korekční činitel $\Delta U_{\text{tbk}} = 0,020 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$, Vypočítaná hodnota $U_k = 0,661 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$

Složení konstrukce

Číslo vrstvy		d [mm]	λ [W/(m.K)]	ZTM	λ_{ekv} [W/(m.K)]	R [m ² .K/W]
R _{si}	Odpor při přestupu					0,100
1	PVC	5,00	0,160	0,00	0,160	0,031
2	Nivello 10 (samoniv.stěrka)	5,00	1,400	0,00	1,400	0,004
3	Anhydrit	60,00	1,200	0,00	1,200	0,050
4	Isover EPS RigiFloor 4000	50,00	0,044	0,02	0,045	1,114
5	Železobeton (2400)	200,00	1,340	0,00	1,340	0,149
6	štuk IN vnitřní	10,00	0,770	0,00	0,770	0,013
R _{se}	Odpor při přestupu					0,100
	Odpor celkem R _T					1,561

SCH1**Střecha 1.NP nad garáží**

ČSN 73 0540-2:2011: Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně

 $t_i = 20\text{ °C}$ $U_N = 0,24$ $U_{rec} = 0,16$ $U_{pas,h} = 0,15$ $U_{pas,d} = 0,10\text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ Korekční činitel $\Delta U_{tbk} = 0,020\text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$, Vypočítaná hodnota $U_k = 0,143\text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$

Složení konstrukce

Číslo vrstvy		d [mm]	λ [W/(m.K)]	ZTM	λ_{ekv} [W/(m.K)]	R [m ² .K/W]
R _{si}	Odpor při přestupu					0,100
1	Železobeton (2300)	200,00	1,430	0,00	1,430	0,140
2	GLASTEK 40 SPECIAL mineral	4,00	0,210	0,00	0,210	0,019
3	Isover EPS 150S	140,00	0,035	0,02	0,036	3,922
4	Isover EPS 150S	140,00	0,035	0,02	0,036	3,922
R _{se}	Odpor při přestupu					0,040
	Odpor celkem R _T					8,142

SCH2**Střecha 1.NP terasa**

ČSN 73 0540-2:2011: Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně

 $t_i = 20\text{ °C}$ $U_N = 0,24$ $U_{rec} = 0,16$ $U_{pas,h} = 0,15$ $U_{pas,d} = 0,10\text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ Korekční činitel $\Delta U_{tbk} = 0,020\text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$, Vypočítaná hodnota $U_k = 0,140\text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$

Složení konstrukce

Číslo vrstvy		d [mm]	λ [W/(m.K)]	ZTM	λ_{ekv} [W/(m.K)]	R [m ² .K/W]
R _{si}	Odpor při přestupu					0,100
1	Sádrokarton	12,50	0,220	0,00	0,220	0,057
2	Vzduch 18 cm	180,00	1,260	0,00	1,260	0,143
3	Železobeton (2300)	220,00	1,430	0,00	1,430	0,154
4	GLASTEK 40 SPECIAL mineral	4,00	0,210	0,00	0,210	0,019
5	Isover EPS 150S	140,00	0,035	0,02	0,036	3,922
6	Isover EPS 150S	140,00	0,035	0,02	0,036	3,922
R _{se}	Odpor při přestupu					0,040
	Odpor celkem R _T					8,356

SCH3**Střecha 3.NP**

ČSN 73 0540-2:2011: Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně

$$t_i = 20 \text{ °C} \quad U_N = 0,24 \quad U_{rec} = 0,16 \quad U_{pas,h} = 0,15 \quad U_{pas,d} = 0,10 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$$

Korekční činitel $\Delta U_{tbk} = 0,020 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$, Vypočítaná hodnota $U_k = 0,140 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$

Složení konstrukce

Číslo vrstvy		d [mm]	λ [W/(m.K)]	ZTM	λ_{ekv} [W/(m.K)]	R [m ² .K/W]
R_{si}	Odpor při přestupu					0,100
1	Sádrokarton	12,50	0,220	0,00	0,220	0,057
2	Vzduch 5 cm	50,00	0,350	0,00	0,350	0,143
3	Železobeton (2300)	200,00	1,430	0,00	1,430	0,140
4	GLASTEK 40 SPECIAL mineral	4,00	0,210	0,00	0,210	0,019
5	Isover EPS 150S	140,00	0,035	0,02	0,036	3,922
6	Isover EPS 150S	140,00	0,035	0,02	0,036	3,922
R_{se}	Odpor při přestupu					0,040
	Odpor celkem R_T					8,342

SCH4**Střecha 1.NP nad schodištěm**

ČSN 73 0540-2:2011: Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně

$$t_i = 20 \text{ °C} \quad U_N = 0,24 \quad U_{rec} = 0,16 \quad U_{pas,h} = 0,15 \quad U_{pas,d} = 0,10 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$$

Korekční činitel $\Delta U_{tbk} = 0,020 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$, Vypočítaná hodnota $U_k = 0,147 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$

Složení konstrukce

Číslo vrstvy		d [mm]	λ [W/(m.K)]	ZTM	λ_{ekv} [W/(m.K)]	R [m ² .K/W]
R_{si}	Odpor při přestupu					0,100
1	štuk IN vnitřní	10,00	0,770	0,00	0,770	0,013
2	Sádrokarton	12,50	0,220	0,00	0,220	0,057
3	Isover UNIROL PROFI	120,00	0,033	0,46	0,048	2,491
4	Isover UNIROL PROFI	180,00	0,033	0,06	0,035	5,146
R_{se}	Odpor při přestupu					0,040
	Odpor celkem R_T					7,846



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

PŘÍLOHA Č. 2

PŘESNÝ VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT MÍSTNOSTÍ PŘÍSTAVBY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Karolína Železná

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MARCELA POČINKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2021

101 Garáž

$t_i = 5\text{ °C}$ $t_e = -12\text{ °C}$

Konstrukce	x [m]	y [m]	U [W/(m ² ·K)]	Δt [K]	f _i	A [m ²]	H [W·K ⁻¹]
SN1	15,02	2,28	0,301	-15	-0,88	34,2	-9,1
SN2	3,15	2,84	0,354	-10	-0,59	7,0	-1,5
DX1	1,00	1,97	1,500	-10	-0,59	2,0	-1,7
SN2	2,60	2,84	0,354	-19	-1,12	6,8	-2,7
OJ1	1,15	0,50	1,500	-19	-1,12	0,6	-1,0
SO1	7,70	2,84	0,171	17	1,00	21,9	3,7
SO1	11,82	2,84	0,171	17	1,00	33,6	5,7
PDL2	15,18	11,70	0,030	0	-0,01	177,6	-0,1
SCH1	15,18	3,61	0,143	17	1,00	54,8	7,8
PDL3	15,18	6,09	0,251	-15	-0,88	92,4	-20,5
PDL4	15,18	1,80	0,252	-19	-1,12	27,3	-7,7

Výměna vzduchu

Hygienický požadavek $q_{v,min,i}$ 181,8 m³·h⁻¹

Infiltrace pláštěm $q_{v,env,i} + q_{v,open,i}$ 63,6 m³·h⁻¹

Součinitel tepelné ztráty

Prostupem $H_{T,i}$ -31,2 W·K⁻¹

Výměnou vzduchu $H_{V,i}$ 91,7 W·K⁻¹

Tepelná ztráta

Prostupem $\Phi_{T,i}$ -531 W

Výměnou vzduchu $\Phi_{V,i}$ 1559 W

Zátopová $\Phi_{RH,i}$ 0 W

Celkem $\Phi_{HL,i}$ 1028 W

Tepelný zisk Q_z 0 W

102 Jídelna

$t_i = 20\text{ °C}$ $t_e = -12\text{ °C}$

Konstrukce	x [m]	y [m]	U [W/(m ² ·K)]	Δt [K]	f _i	A [m ²]	H [W·K ⁻¹]
PDL1	15,02	4,72	0,186	15	0,47	71,0	10,2
SN1	15,02	2,28	0,301	15	0,47	34,2	4,8
SO1	4,80	3,42	0,171	32	1,00	16,4	2,8
SN1	1,75	3,42	0,301	15	0,47	3,7	0,5
DN2	1,10	2,10	1,500	15	0,47	2,3	1,6
SN1	5,28	3,42	0,301	15	0,47	18,1	2,5
SO1	2,50	3,42	0,171	32	1,00	8,6	1,5
SO1	6,50	2,45	0,171	32	1,00	14,3	2,5
DO4	0,80	1,97	0,900	32	1,00	1,6	1,4
SN2	4,65	3,42	0,354	5	0,16	13,2	0,7
DN3	1,30	2,10	1,500	5	0,16	2,7	0,6
SO1	7,62	3,42	0,171	32	1,00	24,6	4,2
OD1	1,50	0,50	0,800	32	1,00	1,5	1,2
SCH4	9,61	1,00	0,147	32	1,00	9,6	1,4
SCH2	15,02	4,08	0,140	32	1,00	58,4	8,2
OA1	1,20	1,20	0,900	32	1,00	2,9	2,6

Výměna vzduchu

Hygienický požadavek	$q_{v,min,i}$	197,3	$m^3 \cdot h^{-1}$
Infiltrace pláštěm	$q_{v,env,i+} + q_{v,open,i}$	29,6	$m^3 \cdot h^{-1}$

Součinitel tepelné ztráty

Prostupem	$H_{T,i}$	46,8	$W \cdot K^{-1}$
Výměnou vzduchu	$H_{V,i}$	17,4	$W \cdot K^{-1}$

Tepelná ztráta

Prostupem	$\Phi_{T,m}$	1 498	W
Výměnou vzduchu	$\Phi_{V,m}$	556	W
Zátopová	$\Phi_{RH,m}$	0	W
Celkem	$\Phi_{HL,m}$	2 054	W
Tepelný zisk	Q_z	0	W

103 Technická místnost

$t_i = 7 \text{ } ^\circ\text{C}$ $t_e = -12 \text{ } ^\circ\text{C}$

Konstrukce	x [m]	y [m]	U [W/(m ² ·K)]	Δt [K]	f_l	A [m ²]	H [W·K ⁻¹]
SN2	3,10	3,20	0,354	7	0,37	9,9	1,3
SN2	4,00	3,20	0,354	2	0,11	10,4	0,4
DX1	1,10	2,20	1,500	2	0,11	2,4	0,4
PDL2	4,00	3,10	0,030	2	0,10	12,4	0,1
PDL3	4,00	3,10	0,251	-13	-0,68	12,4	-2,1
SN2	3,10	3,20	0,354	2	0,11	9,9	0,4
SN2	4,00	3,20	0,354	-8	-0,42	12,8	-1,9

Výměna vzduchu

Hygienický požadavek	$q_{v,min,i}$	12,7	$m^3 \cdot h^{-1}$
Infiltrace pláštěm	$q_{v,env,i+} + q_{v,open,i}$	2,5	$m^3 \cdot h^{-1}$

Součinitel tepelné ztráty

Prostupem	$H_{T,i}$	-1,5	$W \cdot K^{-1}$
Výměnou vzduchu	$H_{V,i}$	4,3	$W \cdot K^{-1}$

Tepelná ztráta

Prostupem	$\Phi_{T,m}$	-29	W
Výměnou vzduchu	$\Phi_{V,m}$	82	W
Zátopová	$\Phi_{RH,m}$	0	W
Celkem	$\Phi_{HL,m}$	0	W
Tepelný zisk	Q_z	150	W

201 Pokoj č.1

$t_i = 20\text{ °C}$ $t_e = -12\text{ °C}$

Konstrukce	x [m]	y [m]	U [W/(m ² ·K)]	Δt [K]	f _i	A [m ²]	H [W·K ⁻¹]
SO1	3,25	2,87	0,171	32	1,00	4,4	0,7
DO4	0,80	1,97	0,900	32	1,00	1,6	1,4
OD4	1,65	2,05	0,800	32	1,00	3,4	2,7
SO1	5,63	2,87	0,171	5	0,16	16,2	0,4
SN5	3,25	2,87	0,438	-4	-0,13	7,9	-0,4
DN1	0,70	1,97	1,500	-4	-0,13	1,4	-0,3
SN3	5,63	2,87	1,139	0	0,00	16,2	0,0
PDL3	3,75	6,09	0,251	15	0,47	22,8	2,7
PDL5	3,75	6,09	0,661	0	0,00	22,8	0,0

Výměna vzduchu

Hygienický požadavek $q_{v,min,i}$ 22,9 m³·h⁻¹

Infiltrace pláštěm $q_{v,env,i+}$ $q_{v,open,i}$ 6,9 m³·h⁻¹

Součinitel tepelné ztráty

Prostupem $H_{T,i}$ 7,3 W·K⁻¹

Výměnou vzduchu $H_{V,i}$ 7,8 W·K⁻¹

Tepelná ztráta

Prostupem $\Phi_{T,m}$ 233 W

Výměnou vzduchu $\Phi_{V,m}$ 249 W

Zátopová $\Phi_{RH,m}$ 0 W

Celkem $\Phi_{HL,m}$ 482 W

Tepelný zisk Q_z 0 W

202 Koupelna č.1

$t_i = 24\text{ °C}$ $t_e = -12\text{ °C}$

Konstrukce	x [m]	y [m]	U [W/(m ² ·K)]	Δt [K]	f _i	A [m ²]	H [W·K ⁻¹]
SN5	3,25	2,87	0,438	4	0,11	7,9	0,4
DN1	0,70	1,97	1,500	4	0,11	1,4	0,2
SO1	3,75	2,87	0,171	36	1,00	10,8	1,8
SO1	1,91	2,87	0,171	9	0,25	5,5	0,2
SN3	1,32	2,87	1,139	0	0,00	3,8	0,0
PDL4	3,75	1,91	0,252	19	0,53	7,2	1,0
PDL5	3,75	1,91	0,661	0	0,00	7,2	0,0

Výměna vzduchu

Hygienický požadavek $q_{v,min,i}$ 16,1 m³·h⁻¹

Infiltrace pláštěm $q_{v,env,i+}$ $q_{v,open,i}$ 0,0 m³·h⁻¹

Součinitel tepelné ztráty

Prostupem $H_{T,i}$ 3,6 W·K⁻¹

Výměnou vzduchu $H_{V,i}$ 0,6 W·K⁻¹

Tepelná ztráta

Prostupem $\Phi_{T,m}$ 131 W

Výměnou vzduchu $\Phi_{V,m}$ 22 W

Zátopová $\Phi_{RH,m}$ 0 W

Celkem $\Phi_{HL,m}$ 153 W

Tepelný zisk Q_z 0 W

203 Pokoj č.2

$t_i = 20\text{ °C}$ $t_e = -12\text{ °C}$

Konstrukce	x [m]	y [m]	U [W/(m ² ·K)]	Δt [K]	f _i	A [m ²]	H [W·K ⁻¹]
SO1	3,25	2,87	0,171	32	1,00	4,4	0,7
DO4	0,80	1,97	0,900	32	1,00	1,6	1,4
OD4	1,65	2,05	0,800	32	1,00	3,4	2,7
SN3	5,63	2,87	1,139	0	0,00	16,2	0,0
SN5	3,25	2,87	0,438	-4	-0,13	7,9	-0,4
DN1	0,70	1,97	1,500	-4	-0,13	1,4	-0,3
SN3	5,63	2,87	1,139	0	0,00	16,2	0,0
PDL3	3,75	6,09	0,251	15	0,47	22,8	2,7
PDL5	3,75	6,09	0,661	0	0,00	22,8	0,0

Výměna vzduchu

Hygienický požadavek $q_{v,min,i}$

22,9 m³·h⁻¹

Infiltrace pláštěm

$q_{v,env,i} + q_{v,open,i}$ 6,9 m³·h⁻¹

Součinitel tepelné ztráty

Prostupem

$H_{T,i}$

6,9 W·K⁻¹

Výměnou vzduchu

$H_{V,i}$

7,8 W·K⁻¹

Tepelná ztráta

Prostupem

$\Phi_{T,m}$ 220 W

Výměnou vzduchu

$\Phi_{V,m}$ 249 W

Zátopová

$\Phi_{RH,m}$ 0 W

Celkem

$\Phi_{HL,m}$ 468 W

Tepelný zisk

Q_z 0 W

204 Koupelna č.2

$t_i = 24\text{ °C}$ $t_e = -12\text{ °C}$

Konstrukce	x [m]	y [m]	U [W/(m ² ·K)]	Δt [K]	f _i	A [m ²]	H [W·K ⁻¹]
SN5	3,25	2,87	0,438	4	0,11	7,9	0,4
DN1	0,70	1,97	1,500	4	0,11	1,4	0,2
SO1	3,75	2,87	0,171	36	1,00	10,8	1,8
SN3	1,32	2,87	1,139	0	0,00	3,8	0,0
SN3	1,32	2,87	1,139	0	0,00	3,8	0,0
PDL4	3,45	1,83	0,252	19	0,53	6,3	0,8
PDL5	3,45	1,83	0,661	0	0,00	6,3	0,0

Výměna vzduchu

Hygienický požadavek $q_{v,min,i}$

15,5 m³·h⁻¹

Infiltrace pláštěm

$q_{v,env,i} + q_{v,open,i}$ 0,0 m³·h⁻¹

Součinitel tepelné ztráty

Prostupem

$H_{T,i}$

3,3 W·K⁻¹

Výměnou vzduchu

$H_{V,i}$

0,6 W·K⁻¹

Tepelná ztráta

Prostupem

$\Phi_{T,m}$ 119 W

Výměnou vzduchu

$\Phi_{V,m}$ 20 W

Zátopová

$\Phi_{RH,m}$ 0 W

Celkem

$\Phi_{HL,m}$ 139 W

Tepelný zisk

Q_z 0 W

205 Pokoj č.3

$t_i = 20\text{ °C}$ $t_e = -12\text{ °C}$

Konstrukce	x [m]	y [m]	U [W/(m ² ·K)]	Δt [K]	f _i	A [m ²]	H [W·K ⁻¹]
SO1	3,25	2,87	0,171	32	1,00	4,4	0,7
DO4	0,80	1,97	0,900	32	1,00	1,6	1,4
OD4	1,65	2,05	0,800	32	1,00	3,4	2,7
SN3	5,63	2,87	1,139	0	0,00	16,2	0,0
SN5	3,25	2,87	0,438	-4	-0,13	7,9	-0,4
DN1	0,70	1,97	1,500	-4	-0,13	1,4	-0,3
SN3	5,63	2,87	1,139	0	0,00	16,2	0,0
PDL3	3,75	6,09	0,251	15	0,47	22,8	2,7
PDL5	3,75	6,09	0,661	0	0,00	22,8	0,0

Výměna vzduchu

Hygienický požadavek $q_{v,min,i}$ 22,9 m³·h⁻¹

Infiltrace pláštěm $q_{v,env,i+}$ $q_{v,open,i}$ 6,9 m³·h⁻¹

Součinitel tepelné ztráty

Prostupem $H_{T,i}$ 6,9 W·K⁻¹

Výměnou vzduchu $H_{V,i}$ 7,8 W·K⁻¹

Tepelná ztráta

Prostupem $\Phi_{T,m}$ 220 W

Výměnou vzduchu $\Phi_{V,m}$ 249 W

Zátopová $\Phi_{RH,m}$ 0 W

Celkem $\Phi_{HL,m}$ 468 W

Tepelný zisk Q_z 0 W

206 Koupelna č.3

$t_i = 24\text{ °C}$ $t_e = -12\text{ °C}$

Konstrukce	x [m]	y [m]	U [W/(m ² ·K)]	Δt [K]	f _i	A [m ²]	H [W·K ⁻¹]
SN5	3,25	2,87	0,438	4	0,11	7,9	0,4
DN1	0,70	1,97	1,500	4	0,11	1,4	0,2
SO1	3,65	2,87	0,171	36	1,00	10,5	1,8
SN3	1,32	2,87	1,139	0	0,00	3,8	0,0
SN3	1,32	2,87	1,139	0	0,00	3,8	0,0
PDL4	3,45	1,83	0,252	19	0,53	6,3	0,8
PDL5	3,45	1,88	0,661	0	0,00	6,5	0,0

Výměna vzduchu

Hygienický požadavek $q_{v,min,i}$ 15,5 m³·h⁻¹

Infiltrace pláštěm $q_{v,env,i+}$ $q_{v,open,i}$ 0,0 m³·h⁻¹

Součinitel tepelné ztráty

Prostupem $H_{T,i}$ 3,2 W·K⁻¹

Výměnou vzduchu $H_{V,i}$ 0,6 W·K⁻¹

Tepelná ztráta

Prostupem $\Phi_{T,m}$ 117 W

Výměnou vzduchu $\Phi_{V,m}$ 20 W

Zátopová $\Phi_{RH,m}$ 0 W

Celkem $\Phi_{HL,m}$ 137 W

Tepelný zisk Q_z 0 W

207 Pokoj č.4

$t_i = 20\text{ °C}$ $t_e = -12\text{ °C}$

Konstrukce	x [m]	y [m]	U [W/(m ² ·K)]	Δt [K]	f _i	A [m ²]	H [W·K ⁻¹]
SN3	5,63	2,87	1,139	0	0,00	16,2	0,0
SN5	3,40	2,87	0,438	-4	-0,13	8,4	-0,5
DN1	0,70	1,97	1,500	-4	-0,13	1,4	-0,3
SO1	4,36	2,87	0,171	32	1,00	7,6	1,3
DO4	0,80	1,97	0,900	32	1,00	1,6	1,4
OD4	1,65	2,05	0,800	32	1,00	3,4	2,7
PDL3	4,28	6,63	0,251	15	0,47	28,4	3,3
PDL5	4,28	6,63	0,661	0	0,00	28,4	0,0
SO1	6,11	2,87	0,171	32	1,00	17,5	3,0

Výměna vzduchu

Hygienický požadavek $q_{v,min,i}$ 26,6 m³·h⁻¹

Infiltrace pláštěm $q_{v,env,i} + q_{v,open,i}$ 8,0 m³·h⁻¹

Součinitel tepelné ztráty

Prostupem $H_{T,i}$ 11,0 W·K⁻¹

Výměnou vzduchu $H_{V,i}$ 9,0 W·K⁻¹

Tepelná ztráta

Prostupem $\Phi_{T,m}$ 353 W

Výměnou vzduchu $\Phi_{V,m}$ 289 W

Zátopová $\Phi_{RH,m}$ 0 W

Celkem $\Phi_{HL,m}$ 642 W

Tepelný zisk Q_z 0 W

208 Koupelna č.4

$t_i = 24\text{ °C}$ $t_e = -12\text{ °C}$

Konstrukce	x [m]	y [m]	U [W/(m ² ·K)]	Δt [K]	f _i	A [m ²]	H [W·K ⁻¹]
SN5	3,40	2,87	0,438	4	0,11	8,4	0,4
DN1	0,70	1,97	1,500	4	0,11	1,4	0,2
SO1	3,90	2,87	0,171	36	1,00	11,2	1,9
SO1	1,89	2,87	0,171	36	1,00	5,4	0,9
SN3	1,32	2,87	1,139	0	0,00	3,8	0,0
PDL4	3,90	1,89	0,252	19	0,53	7,4	1,0
PDL5	3,90	1,89	0,661	0	0,00	7,4	0,0

Výměna vzduchu

Hygienický požadavek $q_{v,min,i}$ 18,2 m³·h⁻¹

Infiltrace pláštěm $q_{v,env,i} + q_{v,open,i}$ 0,0 m³·h⁻¹

Součinitel tepelné ztráty

Prostupem $H_{T,i}$ 4,5 W·K⁻¹

Výměnou vzduchu $H_{V,i}$ 0,7 W·K⁻¹

Tepelná ztráta

Prostupem $\Phi_{T,m}$ 160 W

Výměnou vzduchu $\Phi_{V,m}$ 24 W

Zátopová $\Phi_{RH,m}$ 0 W

Celkem $\Phi_{HL,m}$ 185 W

Tepelný zisk Q_z 0 W

301 Pokoj č.5

$t_i = 20\text{ °C}$ $t_e = -12\text{ °C}$

Konstrukce	x [m]	y [m]	U [W/(m ² ·K)]	Δt [K]	f _i	A [m ²]	H [W·K ⁻¹]
SO1	3,25	2,87	0,171	32	1,00	4,4	0,7
DO4	0,80	1,97	0,900	32	1,00	1,6	1,4
OD4	1,65	2,05	0,800	32	1,00	3,4	2,7
SO1	5,63	2,87	0,171	32	1,00	16,2	2,8
SN5	3,25	2,87	0,438	-4	-0,13	7,9	-0,4
DN1	0,70	1,97	1,500	-4	-0,13	1,4	-0,3
SN3	5,63	2,87	1,139	0	0,00	16,2	0,0
PDL5	3,75	6,09	0,661	0	0,00	22,8	0,0
SCH3	3,75	6,09	0,140	32	1,00	22,8	3,2

Výměna vzduchu

Hygienický požadavek $q_{v,min,i}$ 22,9 m³·h⁻¹

Infiltrace pláštěm $q_{v,env,i+}$ $q_{v,open,i}$ 6,9 m³·h⁻¹

Součinitel tepelné ztráty

Prostupem $H_{T,i}$ 10,1 W·K⁻¹

Výměnou vzduchu $H_{V,i}$ 7,8 W·K⁻¹

Tepelná ztráta

Prostupem $\Phi_{T,m}$ 324 W

Výměnou vzduchu $\Phi_{V,m}$ 249 W

Zátopová $\Phi_{RH,m}$ 0 W

Celkem $\Phi_{HL,m}$ 573 W

Tepelný zisk Q_z 0 W

302 Koupelna č.5

$t_i = 24\text{ °C}$ $t_e = -12\text{ °C}$

Konstrukce	x [m]	y [m]	U [W/(m ² ·K)]	Δt [K]	f _i	A [m ²]	H [W·K ⁻¹]
SN5	3,25	2,87	0,438	4	0,11	7,9	0,4
DN1	0,70	1,97	1,500	4	0,11	1,4	0,2
SO1	3,75	2,87	0,171	36	1,00	10,8	1,8
SO1	1,91	2,87	0,171	36	1,00	5,5	0,9
SN3	1,32	2,87	1,139	0	0,00	3,8	0,0
PDL5	3,75	1,91	0,661	0	0,00	7,2	0,0
SCH3	3,75	1,91	0,140	36	1,00	7,2	1,0

Výměna vzduchu

Hygienický požadavek $q_{v,min,i}$ 16,1 m³·h⁻¹

Infiltrace pláštěm $q_{v,env,i+}$ $q_{v,open,i}$ 0,0 m³·h⁻¹

Součinitel tepelné ztráty

Prostupem $H_{T,i}$ 4,4 W·K⁻¹

Výměnou vzduchu $H_{V,i}$ 0,6 W·K⁻¹

Tepelná ztráta

Prostupem $\Phi_{T,m}$ 158 W

Výměnou vzduchu $\Phi_{V,m}$ 22 W

Zátopová $\Phi_{RH,m}$ 0 W

Celkem $\Phi_{HL,m}$ 180 W

Tepelný zisk Q_z 0 W

303 Pokoj č.6

$t_i = 20\text{ °C}$ $t_e = -12\text{ °C}$

Konstrukce	x [m]	y [m]	U [W/(m ² ·K)]	Δt [K]	f _i	A [m ²]	H [W·K ⁻¹]
SO1	3,25	2,87	0,171	32	1,00	4,4	0,7
DO4	0,80	1,97	0,900	32	1,00	1,6	1,4
OD4	1,65	2,05	0,800	32	1,00	3,4	2,7
SN3	5,63	2,87	1,139	0	0,00	16,2	0,0
SN5	3,25	2,87	0,438	-4	-0,13	7,9	-0,4
DN1	0,70	1,97	1,500	-4	-0,13	1,4	-0,3
SN3	5,63	2,87	1,139	0	0,00	16,2	0,0
PDL5	3,75	6,09	0,661	0	0,00	22,8	0,0
SCH3	3,75	6,09	0,140	32	1,00	22,8	3,2

Výměna vzduchu

Hygienický požadavek $q_{v,min,i}$ 22,9 m³·h⁻¹

Infiltrace pláštěm $q_{v,env,i+} + q_{v,open,i}$ 6,9 m³·h⁻¹

Součinitel tepelné ztráty

Prostupem $H_{T,i}$ 7,4 W·K⁻¹

Výměnou vzduchu $H_{V,i}$ 7,8 W·K⁻¹

Tepelná ztráta

Prostupem $\Phi_{T,m}$ 236 W

Výměnou vzduchu $\Phi_{V,m}$ 249 W

Zátopová $\Phi_{RH,m}$ 0 W

Celkem $\Phi_{HL,m}$ 485 W

Tepelný zisk Q_z 0 W

304 Koupelna č.6

$t_i = 24\text{ °C}$ $t_e = -12\text{ °C}$

Konstrukce	x [m]	y [m]	U [W/(m ² ·K)]	Δt [K]	f _i	A [m ²]	H [W·K ⁻¹]
SN5	3,25	2,87	0,438	4	0,11	7,9	0,4
DN1	0,70	1,97	1,500	4	0,11	1,4	0,2
SO1	3,75	2,87	0,171	36	1,00	10,8	1,8
SN3	1,32	2,87	1,139	0	0,00	3,8	0,0
SN3	1,32	2,87	1,139	0	0,00	3,8	0,0
PDL5	3,45	1,83	0,661	0	0,00	6,3	0,0
SCH3	3,45	1,83	0,140	36	1,00	6,3	0,9

Výměna vzduchu

Hygienický požadavek $q_{v,min,i}$ 15,5 m³·h⁻¹

Infiltrace pláštěm $q_{v,env,i+} + q_{v,open,i}$ 0,0 m³·h⁻¹

Součinitel tepelné ztráty

Prostupem $H_{T,i}$ 3,3 W·K⁻¹

Výměnou vzduchu $H_{V,i}$ 0,6 W·K⁻¹

Tepelná ztráta

Prostupem $\Phi_{T,m}$ 120 W

Výměnou vzduchu $\Phi_{V,m}$ 20 W

Zátopová $\Phi_{RH,m}$ 0 W

Celkem $\Phi_{HL,m}$ 141 W

Tepelný zisk Q_z 0 W

305 Pokoj č.7

$t_i = 20\text{ °C}$ $t_e = -12\text{ °C}$

Konstrukce	x [m]	y [m]	U [W/(m ² ·K)]	Δt [K]	f _l	A [m ²]	H [W·K ⁻¹]
SO1	3,25	2,87	0,171	32	1,00	4,4	0,7
DO4	0,80	1,97	0,900	32	1,00	1,6	1,4
OD4	1,65	2,05	0,800	32	1,00	3,4	2,7
SN3	5,63	2,87	1,139	0	0,00	16,2	0,0
SN5	3,25	2,87	0,438	-4	-0,13	7,9	-0,4
DN1	0,70	1,97	1,500	-4	-0,13	1,4	-0,3
SN3	5,63	2,87	1,139	0	0,00	16,2	0,0
PDL5	3,75	6,09	0,661	0	0,00	22,8	0,0
SCH3	3,75	6,09	0,140	32	1,00	22,8	3,2

Výměna vzduchu

Hygienický požadavek $q_{v,min,i}$ 22,9 m³·h⁻¹

Infiltrace pláštěm $q_{v,env,i+}$
 $q_{v,open,i}$ 6,9 m³·h⁻¹

Součinitel tepelné ztráty

Prostupem $H_{T,i}$ 7,4 W·K⁻¹

Výměnou vzduchu $H_{V,i}$ 7,8 W·K⁻¹

Tepelná ztráta

Prostupem $\Phi_{T,m}$ 236 W

Výměnou vzduchu $\Phi_{V,m}$ 249 W

Zátopová $\Phi_{RH,m}$ 0 W

Celkem $\Phi_{HL,m}$ 485 W

Tepelný zisk Q_z 0 W

306 Koupelna č.7

$t_i = 24\text{ °C}$ $t_e = -12\text{ °C}$

Konstrukce	x [m]	y [m]	U [W/(m ² ·K)]	Δt [K]	f _l	A [m ²]	H [W·K ⁻¹]
SN5	3,25	2,87	0,438	4	0,11	7,9	0,4
DN1	0,70	1,97	1,500	4	0,11	1,4	0,2
SO1	3,65	2,87	0,171	36	1,00	10,5	1,8
SN3	1,32	2,87	1,139	0	0,00	3,8	0,0
SN3	1,32	2,87	1,139	0	0,00	3,8	0,0
PDL5	3,45	1,88	0,661	0	0,00	6,5	0,0
SCH3	3,45	1,88	0,140	36	1,00	6,5	0,9

Výměna vzduchu

Hygienický požadavek $q_{v,min,i}$ 16,1 m³·h⁻¹

Infiltrace pláštěm $q_{v,env,i+}$ $q_{v,open,i}$ 0,0 m³·h⁻¹

Součinitel tepelné ztráty

Prostupem $H_{T,i}$ 3,3 W·K⁻¹

Výměnou vzduchu $H_{V,i}$ 0,6 W·K⁻¹

Tepelná ztráta

Prostupem $\Phi_{T,m}$ 119 W

Výměnou vzduchu $\Phi_{V,m}$ 22 W

Zátopová $\Phi_{RH,m}$ 0 W

Celkem $\Phi_{HL,m}$ 141 W

Tepelný zisk Q_z 0 W

307 Pokoj č.8

$t_i = 20\text{ °C}$ $t_e = -12\text{ °C}$

Konstrukce	x [m]	y [m]	U [W/(m ² ·K)]	Δt [K]	f _i	A [m ²]	H [W·K ⁻¹]
SN3	5,63	2,87	1,139	0	0,00	16,2	0,0
SN5	3,40	2,87	0,438	-4	-0,13	8,4	-0,5
DN1	0,70	1,97	1,500	-4	-0,13	1,4	-0,3
SO1	4,36	2,87	0,171	32	1,00	7,6	1,3
DO4	0,80	1,97	0,900	32	1,00	1,6	1,4
OD4	1,65	2,05	0,800	32	1,00	3,4	2,7
PDL5	4,28	6,63	0,661	0	0,00	28,4	0,0
SCH3	4,28	6,63	0,140	32	1,00	28,4	4,0
SO1	6,11	2,87	0,171	32	1,00	17,5	3,0

Výměna vzduchu

Hygienický požadavek $q_{v,min,i}$ 26,6 m³·h⁻¹

Infiltrace pláštěm $q_{v,env,i+} + q_{v,open,i}$ 8,0 m³·h⁻¹

Součinitel tepelné ztráty

Prostupem $H_{T,i}$ 11,7 W·K⁻¹

Výměnou vzduchu $H_{V,i}$ 9,0 W·K⁻¹

Tepelná ztráta

Prostupem $\Phi_{T,m}$ 373 W

Výměnou vzduchu $\Phi_{V,m}$ 289 W

Zátopová $\Phi_{RH,m}$ 0 W

Celkem $\Phi_{HL,m}$ 663 W

Tepelný zisk Q_z 0 W

308 Koupelna č.8

$t_i = 24\text{ °C}$ $t_e = -12\text{ °C}$

Konstrukce	x [m]	y [m]	U [W/(m ² ·K)]	Δt [K]	f _i	A [m ²]	H [W·K ⁻¹]
SN5	3,40	2,87	0,438	4	0,11	8,4	0,4
DN1	0,70	1,97	1,500	4	0,11	1,4	0,2
SO1	3,90	2,87	0,171	36	1,00	11,2	1,9
SO1	1,89	2,87	0,171	36	1,00	5,4	0,9
SN3	1,32	2,87	1,139	0	0,00	3,8	0,0
PDL5	3,90	1,89	0,661	0	0,00	7,4	0,0
SCH3	3,90	1,89	0,140	36	1,00	7,4	1,0

Výměna vzduchu

Hygienický požadavek $q_{v,min,i}$ 18,2 m³·h⁻¹

Infiltrace pláštěm $q_{v,env,i+} + q_{v,open,i}$ 0,0 m³·h⁻¹

Součinitel tepelné ztráty

Prostupem $H_{T,i}$ 4,5 W·K⁻¹

Výměnou vzduchu $H_{V,i}$ 0,7 W·K⁻¹

Tepelná ztráta

Prostupem $\Phi_{T,m}$ 162 W

Výměnou vzduchu $\Phi_{V,m}$ 24 W

Zátopová $\Phi_{RH,m}$ 0 W

Celkem $\Phi_{HL,m}$ 187 W

Tepelný zisk Q_z 0 W