



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

ZDROJE TEPLA PRO PRŮMYSLOVÉ OBJEKTY

HEAT SOURCES FOR INDUSTRIAL BUILDINGS

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. Nikola Spratková

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MARIAN FORMÁNEK, Ph.D.

BRNO 2017



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. Nikola Spratková
Název	Zdroje tepla pro průmyslové objekty
Vedoucí práce	Ing. Marian Formánek, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2016
Datum odevzdání	13. 1. 2017

V Brně dne 31. 3. 2016

doc. Ing. Jiří Hirš, CSc.

Vedoucí ústavu

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA

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

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 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.;

C. Experimentální řešení a zpracování výsledků.

Sledování parametrů a vyhodnocení naměřených dat na zadaném typu budovy.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

Ing. Marian Formánek, Ph.D.

Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Diplomová práce se věnuje návrhu nového zdroje tepla stávajícího objektu. První část se zabývá tepelnými zdroji a palivy používaných v České republice. Náplní druhé části je pak samostatný návrh zdroje tepla ve třech variantách: plynové kotle, kogenerační jednotka s elektrokotli a kogenerační jednotka s plynovými kotli. Jednotlivé varianty budou hodnoceny také z hlediska uživatelského komfortu, prostorových nároků, či ekonomiky provozu. Dále bude provedeno měření a vyhodnocení vnitřního prostředí jídelny.

KLÍČOVÁ SLOVA

Zdroj tepla, kotel, vytápění, příprava teplé vody, kogenerace, kogenerační jednotka

ABSTRACT

The thesis is focused on the design of the new heat source of the existing building. The first part deals with the heat sources and fuels used in the Czech Republic. The second part includes design of three variants of heat sources: gas boilers, cogeneration unit with the electric boilers and cogeneration unit with gas boilers. The individual variations are also evaluated in terms of user comfort, space requirements or economy of operation. The third part includes measurement and evaluation of internal environment of the dining hall.

KEYWORDS

Heat source, boiler, heating, hot water production, cogeneration, CHP unit

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. Nikola Spratková *Zdroje tepla pro průmyslové objekty*. Brno, 2017. 126 s., 2 s. příl.
Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce Ing. Marian Formánek, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 13. 1. 2017

Bc. Nikola Spratková
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych ráda poděkovala všem, kteří mi při vypracování diplomové práce pomáhali. Zejména chci poděkovat vedoucímu práce panu Ing. Marianu Formánkovi, Ph.D. za odbornou pomoc, vstřícnost a čas, který mi věnoval.

V Brně dne 13. 1. 2017

Bc. Nikola Spratková
autor práce

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ	11
SEZNAM TABULEK.....	12
SEZNAM GRAFŮ	14
ÚVOD.....	16
1 TEORETICKÁ ČÁST.....	17
1.1 HOSPODAŘENÍ S TEPEM	18
1.2 ÚČINNOST ENERGETICKÝCH TRANSFORMACÍ PODLE ZDROJŮ ENERGIE.....	21
1.2.1 UHLÍ A UHELNÉ PLYNY	21
1.2.2 ZEMNÍ PLYN.....	23
1.2.3 JADERNÁ ENERGIE.....	25
1.2.4 SPALITELNÉ OZE A ODPADY	25
1.2.5 POROVNÁNÍ ÚČINNOSTÍ VÝROBY TEPLA.....	27
1.3 TEPELNÉ ZDROJE	29
1.3.1 KRITÉRIA DĚLENÍ KOTLŮ	29
1.4 KOTLE NA TUHÁ PALIVA (UHLÍ).....	30
1.5 KOTLE NA BIOMASU A ODPAD	33
1.6 KOTLE NA ZEMNÍ PLYN.....	34
1.7 KOTLE NA KAPALNÁ PALIVA	35
1.8 ELEKTROKOTLE	36
1.9 KOGENERAČNÍ ZAŘÍZENÍ.....	37
1.10 TEPELNÁ ČERPADLA	39
1.11 CENTRÁLNÍ ZÁSOBOVÁNÍ TEPEM.....	41
2 PRAKTICKÁ ČÁST	43
2.1 ANALÝZA OBJEKTU	44
2.2 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT	45
2.2.1 VÝPOČET SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA [5], [6], [7].....	45
2.2.2 VÝPOČET SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA NEHOMOGENNÍ KONSTRUKCE [8]	46

2.2.3	PŘEHLED VYPOČTENÝCH SOUČINITELŮ PROSTUPU TEPLA	47
2.2.4	VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT PROSTUPEM [4]	48
2.2.5	VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT VĚTRÁNÍM [4].....	55
2.3	ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY - PŮVODNÍ STAV	57
2.4	ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY – NOVÝ STAV.....	60
2.5	TEPELNÝ VÝKON POTŘEBNÝ PRO VZT	63
2.6	POTŘEBA TEPLÉ VODY	64
2.7	SPOTŘEBA ELEKTRICKÉ ENERGIE.....	67
2.8	ENERGETICKÉ ZATÍŽENÍ OBJEKTU	68
2.9	NÁVRH ZDROJE TEPLA	72
2.9.1	KOGENERAČNÍ JEDNOTKA	72
2.9.2	PLYNOVÉ KOTLE	88
2.10	EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	91
2.10.1	NÁKLADY	91
2.10.2	PŘÍSPĚVKY KVET	91
2.10.3	METODY HODNOCENÍ EFEKTIVOSTI INVESTIC	92
2.10.4	HODNOCENÍ VARIANT	93
2.11	EMISE ŠKODLIVÝCH LÁTEK	104
2.12	ZHODNOCENÍ VARIANT	105
2.13	TECHNICKÁ ZPRÁVA	106
2.13.1	ZÁKLADNÍ ÚDAJE STAVBY	106
2.13.2	TEPELNÁ CHARAKTERISTIKA.....	106
2.13.3	ZDROJ TEPLA	106
2.13.4	POŽADAVKY NA NAVAZUJÍCÍ PROFESE.....	107
3	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	109
3.1	ÚVOD - VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ STAVEB.....	110
3.2	MĚŘENÍ TEPLoty A VLHKOSTI.....	111
3.2.1	POUŽITÉ MĚŘÍCÍ PŘÍSTROJE	111
3.2.2	PRŮBĚH TEPLoty A VLHKOSTI.....	112
3.3	MĚŘENÍ KONCENTRACE CO₂	116
3.3.1	POUŽITÉ MĚŘÍCÍ PŘÍSTROJE	116

3.3.2 PRŮBĚH KONCENTRACE CO ₂	117
3.4 ZÁVĚR MĚŘENÍ.....	119
ZÁVĚR	120
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	121
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	125
SEZNAM PŘÍLOH.....	126
SEZNAM VÝKRESŮ.....	126

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Vznik uhlí [16].....	21
Obr. 2 Složení uhlí [16]	21
Obr. 3 Fáze spalování paliva na roštu [20]	31
Obr. 4 Ohniště s otáčivým roštem [21].....	31
Obr. 5 Hnědouhelný kotel Ekoefekt 600 [24].....	32
Obr. 6 Schéma atmosférického fluidního kotle [26].....	32
Obr. 7 Princip kondenzačního kotle [27].....	34
Obr. 8 Horkovodní plynový kotel Bosh UNIMAT UT-M [28].....	34
Obr. 9 Pracovní schéma elektrokotle RAY [29].....	36
Obr. 10 Porovnání potřeb paliva oddělené a kombinované výroby elektřiny a tepla [34]	37
Obr. 11 Princip fungování kogenerační jednotky [37]	38
Obr. 12 Schéma principu funkce kompresorového TČ [31].....	39
Obr. 13 Tepelné čerpadlo Waterkotte DS 6500 s výkonem 485 kW [34].....	40
Obr. 14 Schéma CZT [38]	41
Obr. 15 KVET v uhelné teplárně [38], 1. palivo, 2. kotel, 3. turbína, 4. generátor, 5. kondenzátor.....	42
Obr. 16 Lokace řešeného objektu [4].....	44
Obr. 17 Ochlazovaná obálka budovy.....	50
Obr. 18 Výsledek finančního kalkulátoru – varianta A	95
Obr. 19 Výsledek finančního kalkulátoru – varianta B	97
Obr. 20 Výsledek finančního kalkulátoru – varianta C	99
Obr. 21 Výsledek finančního kalkulátoru – varianta D	101
Obr. 22 Výsledek finančního kalkulátoru – varianta E	103
Obr. 23 Rozmístění čidel v jídlě	111
Obr. 24 Datalogger firmy Comet [3]	112
Obr. 25 Umístění přístroje pro měření CO ₂	116
Obr. 26 Testo 480 [13].....	117

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Výroba tepla dle zdrojů energie pro období 2009 až 2013 – ČSÚ.....	18
Tab. 2 Výroba elektřiny dle zdrojů energie pro období 2009 až 2013 – ČSÚ	20
Tab. 3 Obsah uhlíku a výhřevnosti hlavních typů uhlí [16]	22
Tab. 4 Vývoj účinnosti výroby elektřiny a tepla z uhlí - ČSÚ	22
Tab. 5 Složení dovážených zemních plynů v % [17]	23
Tab. 6 Výhřevnosti a spalná tepla složek zemního plynu [18].....	24
Tab. 7 Vývoj účinnosti výroby elektřiny a tepla ze zemního plynu - ČSÚ	24
Tab. 8 Vývoj účinnosti výroby elektřiny a tepla ze spalitelných OZE a odpadů - ČSÚ	26
Tab. 9 Přehled hodnot odporů při přestupu tepla.....	45
Tab. 10 Přehled vypočtených součinitelů prostupu tepla	47
Tab. 11 Výpočet tepelných ztrát prostupem původního stavu 1NP	51
Tab. 12 Výpočet tepelných ztrát prostupem původního stavu 2NP a 3NP.....	52
Tab. 13 Výpočet tepelných ztrát prostupem nového stavu 1NP.....	53
Tab. 14 Výpočet tepelných ztrát prostupem nového stavu 2NP a 3NP	54
Tab. 15 Výpočet tepelných ztrát větráním.....	56
Tab. 16 Potřeba TV a tepla na její přípravu v jednotlivých měsících	64
Tab. 17 Potřebný topný výkon v závislosti na době ohřevu.....	66
Tab. 18 Výpočet roční potřeby tepla na vytápění a VZT	70
Tab. 19 Parametry zvolených jednotek [10],[11]	74
Tab. 20 Energetická bilance s TEDOM Micro T30 AP	75
Tab. 21 Energetická bilance s TEDOM Micro T33 AP	76
Tab. 22 Energetická bilance s VIESSMANN Vitobloc 200 EM-50/81	77
Tab. 23 Průměrné denní potřebné výkony pro ÚT a VZT.....	81
Tab. 24 Výpočet dodávky a odběru tepla pro zimní den s Micro T30 AP	83
Tab. 25 Výpočet dodávky a odběru tepla pro letní den s Micro T30 AP.....	85
Tab. 26 Potřebné objemy zásobníků TV v různých režimech.....	86
Tab. 27 Výpočet průběhu odběru a dodávky tepla pro ohřev TV	89
Tab. 28 Roční energie a náklady na elektřinu a teplo původního stavu	94
Tab. 29 Náklady na zateplení fasády a výměnu výplní otvorů.....	94
Tab. 30 Roční energetická bilance – varianta A	95
Tab. 31 Roční energetická bilance – varianta B	96

Tab. 32 Roční energetická bilance – varianta C	98
Tab. 33 Roční energetická bilance – varianta D	100
Tab. 34 Roční energetická bilance – varianta E	102
Tab. 35 Účinky CO ₂ na lidský organismus [2].....	110

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 Výroba tepla dle zdrojů energie pro období 2009 až 2013 – ČSÚ.....	19
Graf 2 Podíl na spotřebě tepla – ČSÚ.....	19
Graf 3 Výroba elektřiny dle zdrojů energie pro období 2009 až 2013 – ČSÚ	20
Graf 4 Vývoj účinnosti výroby elektřiny a tepla z uhlí - ČSÚ	23
Graf 5 Vývoj účinnosti výroby elektřiny a tepla ze zemního plynu - ČSÚ.....	25
Graf 6 Vývoj účinnosti výroby elektřiny a tepla ze spalitelných OZE a odpadů - ČSÚ	26
Graf 7 Vývoj energetické účinnosti monovýroby tepla.....	27
Graf 8 Vývoj energetické účinnosti KVET	27
Graf 9 Vývoj celkové energetické účinnosti.....	28
Graf 10 Výroba tepla ve výtopnách a KVET	28
Graf 11 Výhřevnosti různých druhů paliv	35
Graf 12 Měsíční potřeba TV	64
Graf 13 Rozdělení denní potřeby TV	65
Graf 14 Součtová křivka odběru tepla	65
Graf 15 Měsíční spotřeba elektrické energie za rok 2015	67
Graf 16 Přehled ročních potřeb energií.....	69
Graf 17 Měsíční potřeby elektřiny a tepla	71
Graf 18 Průběh trvání teplot	73
Graf 19 Roční diagram trvání potřeby tepla	73
Graf 20 Roční průběh dodávky tepla s KJ Micro T30 AP.....	78
Graf 21 Roční průběh dodávky tepla s KJ Micro T33 AP.....	78
Graf 22 Krytí potřeby tepla jednotlivými KJ.....	79
Graf 23 Roční průběh dodávky tepla s KJ Vitobloc 200 EM-50/81	79
Graf 24 Krytí potřeby elektřiny jednotlivými KJ	80
Graf 25 Křivka dodávky a odběru tepla pro zimní den s Micro T30 AP	82
Graf 26 Křivka dodávky a odběru tepla pro letní den s Micro T30 AP	84
Graf 27 Křivka dodávky a odběru tepla.....	88
Graf 28 Průběh teplot a relativní vlhkosti za sledované období.....	113
Graf 29 Průběh teplot a relativní vlhkosti v 15. týdnu.....	114
Graf 30 Průběh teplot a relativní vlhkosti v 16. týdnu.....	114
Graf 31 Průběh teplot a relativní vlhkosti v 17. týdnu.....	115

Graf 32 Průběh teplot a relativní vlhkosti v 18. týdnu.....	115
Graf 33 Průběh koncentrace CO ₂	118

ÚVOD

Náplní diplomové práce je návrh zdroje tepla pro vytápění a přípravu teplé vody pro objekt průmyslového areálu v Brně. Práce je členěna do tří částí.

První část je teoretická a zabývá se možnými zdroji tepla pro objekty se střední a velkou spotřebou energie. Dále nastíní hospodaření s palivem pro získávání tepelné energie v České republice.

Druhá část práce řeší rekonstrukci zdroje tepla zvoleného objektu. Konkrétně se jedná o třípodlažní částečně podsklepenou stavbu s velkokuchyní a dvěma patry kanceláří. V současnosti je jako zdroj tepla využívána pára. Tento způsob je však zvláště v letních měsících ekonomicky velmi málo efektivní. V rámci rekonstrukce dojde také k zateplení obvodových stěn a výměny starých netěsných oken za nová, čímž budou sníženy tepelné ztráty a na tento nový stav navrženy variantní řešení způsobu přípravy tepla. Navržené varianty budou zhodnoceny a porovnány mezi sebou.

Ve třetí, experimentální, části práce bude provedeno měření a vyhodnocení vnitřního prostředí jídelny ještě před plánovanou rekonstrukcí.

1 TEORETICKÁ ČÁST

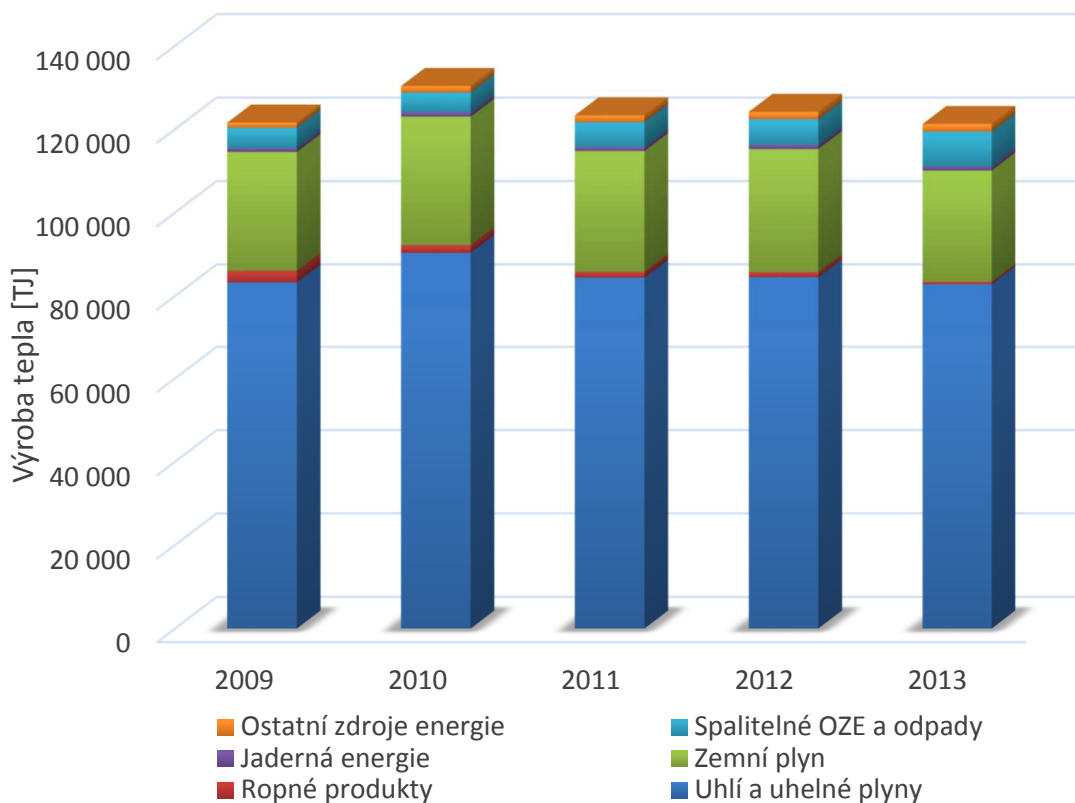
1.1 HOSPODAŘENÍ S TEPLEM

Výroba tepla je v České republice zajišťována z několika primárních zdrojů, přičemž nejvýraznější zastoupení má uhlí a uhelné plyny (toho si můžeme všimnout v Graf 1). Nemalej podíl na výrobě tepla má také využití zemního plynu. Zbylé jednotky procent pak tvoří zdroje energie, jako je jaderná energie, ropné produkty, obnovitelné zdroje energie a odpady, či solární energie apod. Množství vyrobeného tepla z jednotlivých zdrojů energie za období 2009 až 2013 zobrazuje tabulka Tab. 1 zpracovaná na základě energetických bilancí Českého statistického úřadu dle mezinárodní metodiky (IEA). Mezinárodní metodika se od metodiky používané v ČR poněkud liší. Základním rozdílem je způsob vykazování tepelné energie. ČSÚ vykazuje veškeré vyrobené teplo, zatímco mezinárodní metodika uvádí pouze teplo dodávkové (prodávané) a teplo vyrobené pro vlastní spotřebu neuvádí, ale palivo spotřebované na výrobu tohoto tepla se zahrne do konečné spotřeby. [14]

Tab. 1 Výroba tepla dle zdrojů energie pro období 2009 až 2013 – ČSÚ

			Uhlí a uhelné plyny	Ropné produkty	Zemní plyn	Jaderná energie	Spalitelné OZE a odpady	Ostatní zdroje energie	Celkem
2009	výroba tepla	[TJ]	83 223	2 847	28 455	985	4 811	1 249	121 570
	podíl na výrobě	[%]	68,5	2,3	23,4	0,8	4,0	1,0	100
2010	výroba tepla	[TJ]	90 343	1 813	30 831	1 067	4 727	1 559	130 340
	podíl na výrobě	[%]	69,3	1,4	23,7	0,8	3,6	1,2	100
2011	výroba tepla	[TJ]	84 381	1 357	29 010	919	5 986	1 664	123 317
	podíl na výrobě	[%]	68,4	1,1	23,5	0,7	4,9	1,3	100
2012	výroba tepla	[TJ]	84 505	1 195	29 541	981	6 124	1 794	124 140
	podíl na výrobě	[%]	68,1	1,0	23,8	0,8	4,9	1,4	100
2013	výroba tepla	[TJ]	82 808	593	26 685	1 035	8 252	1 850	121 223
	podíl na výrobě	[%]	68,3	0,5	22,0	0,9	6,8	1,5	100

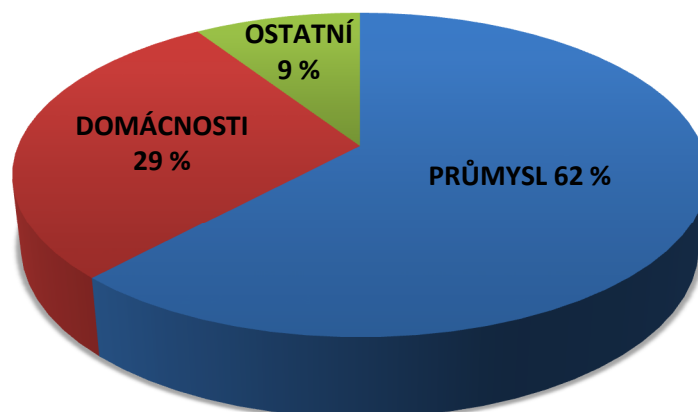
Množství vyrobeného tepla má z dlouhodobého hlediska klesající trend, který je vyvolán především různými úspornými opatřeními jak v distribuci, tak u konečných spotřebitelů.



Graf 1 Výroba tepla dle zdrojů energie pro období 2009 až 2013 – ČSÚ

Podle metodiky ČSÚ se primární energie dělí na tuhé, plynné a kapalné. Pro výrobu tepla se v ČR nejvíce využívají paliva tuhá, která tvoří cca 66 % celkové spotřeby. Plynná paliva představují spotřebu kolem 31 % a kapalná paliva cca 3 %.

Procentuální podíl spotřeby tepla mezi průmyslem, domácnostmi a ostatními odvětvími je patrný z Graf 2.

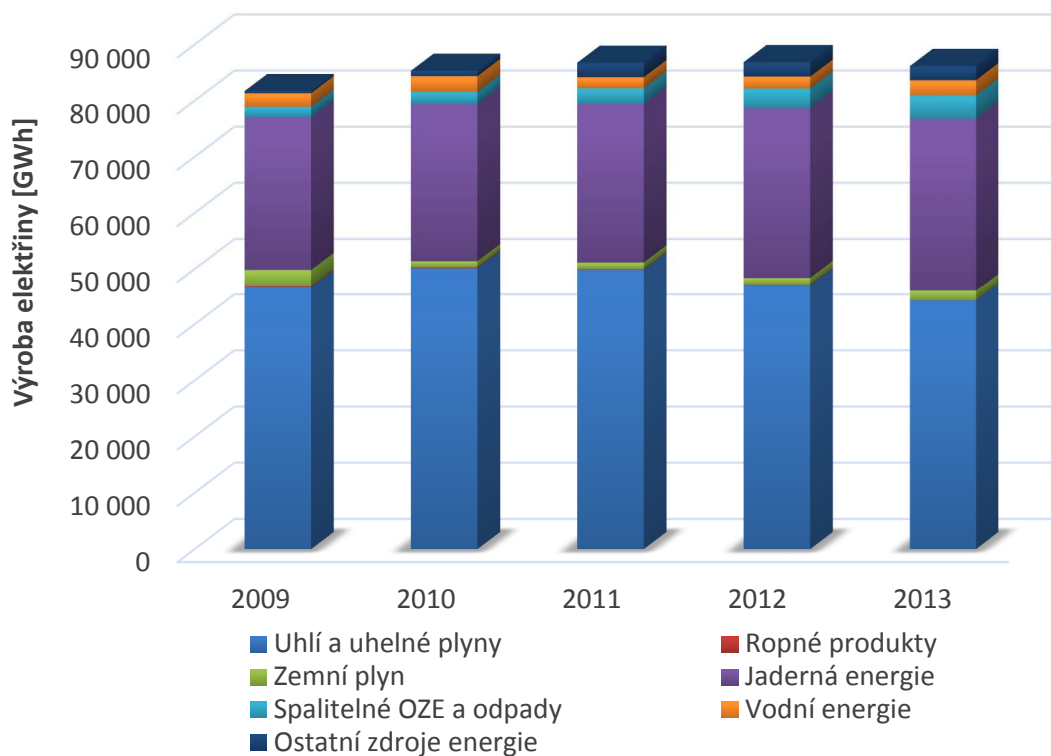


Graf 2 Podíl na spotřebě tepla – ČSÚ

Uhlí, následované jadernou energií, představuje také významný zdroj energie pro výrobu elektřiny v České republice (viz Tab. 2 a Graf 3).

Tab. 2 Výroba elektřiny dle zdrojů energie pro období 2009 až 2013 – ČSÚ

		Uhlí a uhelné plyny	Ropné produkty	Zemní plyn	Jaderná energie	Spalitelné OZE a odpady	Vodní energie	Ostatní zdroje energie	Celkem
2009	výroba tepla [GWh]	46 682	156	2 988	27 208	1 857	2 429	377	81 697
	podíl na výrobě [%]	57,1	0,2	3,7	33,3	2,3	3,0	0,5	100
2010	výroba tepla [GWh]	50 161	159	1 073	27 998	2 188	2 789	951	85 319
	podíl na výrobě [%]	58,8	0,2	1,3	32,8	2,6	3,3	1,1	100
2011	výroba tepla [GWh]	49 888	99	1 171	28 283	2 770	1 963	2 579	86 753
	podíl na výrobě [%]	57,5	0,1	1,3	32,6	3,2	2,3	3,0	100
2012	výroba tepla [GWh]	47 095	91	1 204	30 324	3 434	2 129	2 565	86 842
	podíl na výrobě [%]	54,2	0,1	1,4	34,9	4,0	2,5	3,0	100
2013	výroba tepla [GWh]	44 270	47	1 727	30 745	4 123	2 734	2 514	86 160
	podíl na výrobě [%]	51,4	0,1	2,0	35,7	4,8	3,2	2,9	100



Graf 3 Výroba elektřiny dle zdrojů energie pro období 2009 až 2013 – ČSÚ

1.2 ÚČINNOST ENERGETICKÝCH TRANSFORMACÍ PODLE ZDROJŮ ENERGIE

1.2.1 UHLÍ A UHELNÉ PLYNY

Uhlí, tradiční zdroj energie, v ČR představuje nejvýznamnější energetický zdroj pro výrobu dodávkového tepla i elektřiny. Pro výrobu tepla určeného pro vlastní potřebu je však uhlí nejméně zastoupeným zdrojem. V konečném měřítku energie získána energetickými transformacemi uhlí dominuje. [15]

Uhlí patří mezi neobnovitelné zdroje. Je to hořlavá hornina, která vznikla z odumřelé biomasy za nedokonalého přístupu kyslíku při vlhkém a teplém podnebí. Jsou to tedy fosilní ložiska humusových hornin. Vznik uhlí je časově náročný proces, který lze rozdělit do několika „vývojových“ stádií. Nejprve vznikla rašelina, poté postupným zvyšováním tlaků (jak se hmota postupně dostávala do větších hloubek) a teploty lignit (nejmladší hnědé uhlí), hnědé uhlí a z něj černé uhlí a antracit.



Obr. 1 Vznik uhlí [16]

Rozdíly mezi jednotlivými typy uhlí jsou dány jejich složením. Čím déle proces zuhelnování probíhal, tím se uhlí stávalo kvalitnějším díky zvyšujícímu se obsahu uhlíku (tzv. prouhelnění). Stupeň obsahu uhlíku je důležitý pro způsob zužitkování uhlí. Kvalitní surovina s vysokým obsahem uhlíku a malým množstvím příměsí slouží pro koksování, chemický průmysl aj., zatímco méně kvalitní hornina se používá pro spalování a výrobu elektřiny v elektrárnách.



Obr. 2 Složení uhlí [16]

Obsah uhlíku ovlivňuje výhřevnost uhlí (viz Tab. 3). Výhřevnost je vlastnost paliva, která udává množství uvolněného tepla shořením 1 kilogramu látky na plynný oxid uhličitý, oxid siřičitý, dusík a vodní páru.

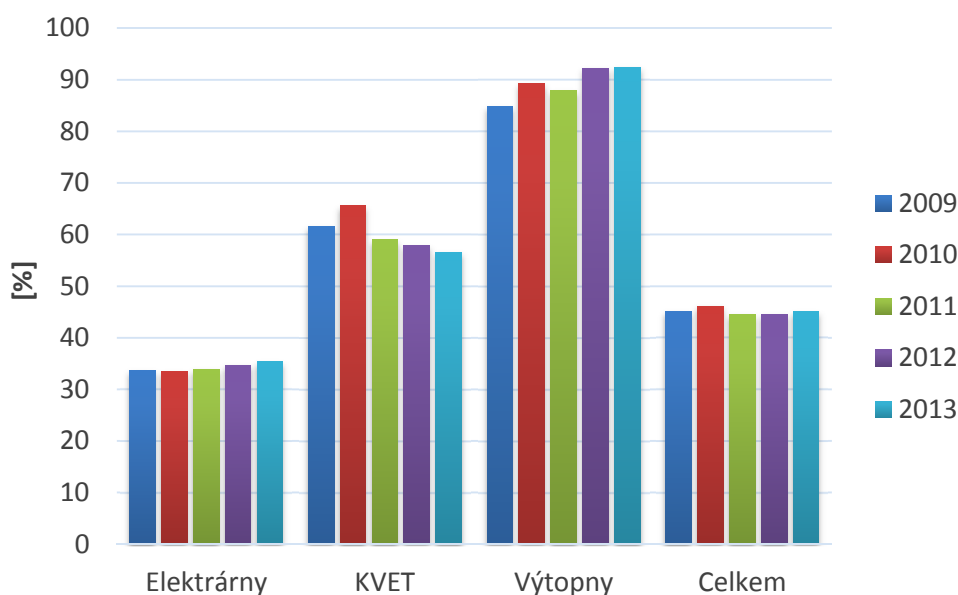
Tab. 3 Obsah uhlíku a výhřevnosti hlavních typů uhlí [16]

Typ	Podíl uhlíku [%]	Výhřevnost [MJ/kg]
lignit	30 - 50	okolo 13
hnědé uhlí	50 - 80	15 - 20
černé uhlí	80 - 90	18 - 30
antracit	90 a víc	26 - 30

Využití energetického obsahu uhlí dosahuje největší účinnosti při výrobě tepla ve výtopnách. Účinnost výroby elektřiny v uhelných elektrárnách se pohybuje pouze kolem 33 %. Účinnost kombinované výroby elektřiny a tepla je vyšší (cca 60%). Celková účinnost energetických přeměn uhlí při výrobě elektřiny a tepla se pohybovala kolem 45 % (viz Tab. 4, Graf 4).

Tab. 4 Vývoj účinnosti výroby elektřiny a tepla z uhlí - ČSÚ

Uhlí a uhelné plyny	Spotřeba energie [TJ]	Výroba elektřiny		Výroba tepla [TJ]	Účinnost výroby el. [%]	Účinnost výroby tep. [%]	Účinnost celkem [%]	
		[GWh]	[TJ]					
2009	Elektrárny	333 755	31 228	112 421	-	33,7	-	33,7
	KVET	220 164	15 454	55 634	80 031	-	-	61,6
	Výtopny	3 763	-	-	3 192	-	84,8	84,8
	Celkem	557 681	46 682	168 055	83 223	-	-	45,1
2010	Elektrárny	359 470	33 442	120 391	-	33,5	-	33,5
	KVET	223 905	16 719	60 188	86 546	-	-	65,5
	Výtopny	4 253	-	-	3 797	-	89,3	89,3
	Celkem	587 628	50 161	180 580	90 343	-	-	46,1
2011	Elektrárny	348 958	32 883	118 379	-	33,9	-	33,9
	KVET	241 726	17 005	61 218	81 256	-	-	58,9
	Výtopny	3 556	-	-	3 125	-	87,9	87,9
	Celkem	594 240	49 888	179 597	84 381	-	-	44,4
2012	Elektrárny	336 136	32 439	116 780	-	34,7	-	34,7
	KVET	232 411	14 656	52 762	81 768	-	-	57,9
	Výtopny	2 967	-	-	2 737	-	92,2	92,2
	Celkem	571 513	47 095	169 542	84 505	-	-	44,5
2013	Elektrárny	299 267	29 395	105 822	-	35,4	-	35,4
	KVET	236 282	14 875	53 550	80 228	-	-	56,6
	Výtopny	2 790	-	-	2 580	-	92,5	92,5
	Celkem	538 340	44 270	159 372	82 808	-	-	45,0



Graf 4 Vývoj účinnosti výroby elektřiny a tepla z uhlí - ČSÚ

1.2.2 ZEMNÍ PLYN

Zemní plyn se v České republice podílí na výrobě elektřiny jen nepatrně, výraznější zastoupení má při výrobě v KVET. V případě výroby tepla dodávkového je hned druhým využívaným zdrojem (podílí se necelou čtvrtinou) po uhlí. Zemní plyn je však hojně využíván v decentralizované výrobě tepla.

Zemní plyn je významné fosilní palivo, je to přírodní hořlavý plyn, jehož hlavní složkou je methan. Často doprovází ložiska černého uhlí, či ropy. Podle výskytu se tak dělí na dva druhy: karbonský a naftový. Vznik samotného plynu vysvětluje několik teorií.

Do ČR je zemní plyn, na rozdíl od uhlí, nutné dovážet. Drtivá většina dováženého plynu pochází z Ruska, malé množství plynu se dováží z Norska.

Tab. 5 Složení dovážených zemních plynů v % [17]

	Methan	Vyšší uhlovodíky	Inertní plyny
Rusko	98,4	0,8	0,8
Norsko	93,0	4,9	2,1
ČR naftový	97,7	1,7	0,6
ČR karbonský	92,5	2,2	6,3

Na rozdíl od ostatních fosilních paliv je zemní plyn považován za ekologické palivo, neboť při správném spalování zanechává ve vzduchu méně škodlivých látek. Jeho velkou výhodou je také fakt, že po spálení nezanechává popel a snadno se reguluje.

V Tab. 6 jsou uvedeny hodnoty spalných tepel a výhřevností hořlavých složek zemních plynů při 0°C a 101,3 kPa.

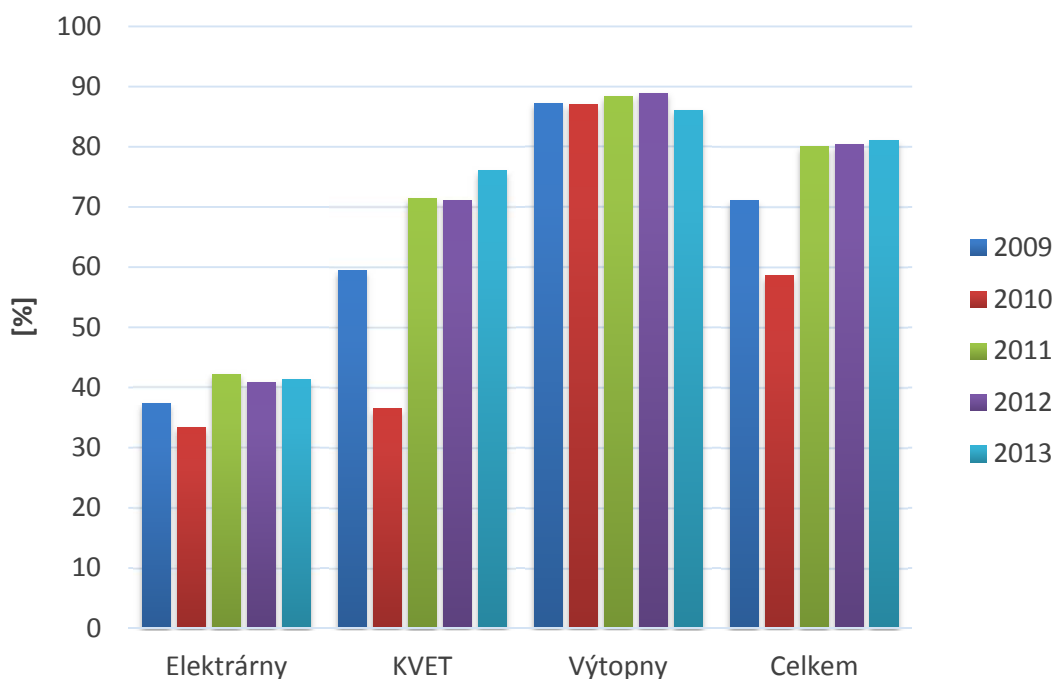
Tab. 6 Výhřevnosti a spalná tepla složek zemního plynu [18]

Složka zemního plynu	Spalné teplo		Výhřevnost	
	[kJ/m ³]	[kWh/m ³]	[kJ/m ³]	[kWh/m ³]
Methan	38 819	11,058	35 883	9,965
Ethan	70 293	19,52	64 345	17,869
Propan	101 242	28,115	93 215	25,886
n - Butan	134 061	37,229	123 810	34,382
Pentan	169 190	46,984	156 560	43,477

K nejvyšší účinnosti využití energie zemního plynu dochází při výrobě tepla ve výtopnách. Účinnost KVET je u zemního plynu vyšší než u uhlí, přesahuje i 70 %. Celkově je využití energetického obsahu zemního plynu vyšší než u uhlí.

Tab. 7 Vývoj účinnosti výroby elektřiny a tepla ze zemního plynu - ČSÚ

Zemní plyn	Spotřeba energie	Výroba elektřiny		Výroba tepla	Účinnost výroby el.	Účinnost výroby tep.	Účinnost celkem	
		[TJ]	[GWh]					[TJ]
2009	Elektrárny	415	43	155	-	37,3	-	37,3
	KVET	31 340	2 945	10 602	8 046	-	-	59,5
	Výtopny	23 414	-	-	20 409	-	87,2	87,2
	Celkem	55 169	2 988	10 757	28 455	-	-	71,1
2010	Elektrárny	680	63	227	-	33,3	-	33,3
	KVET	32 593	1 010	3 636	8 236	-	-	36,4
	Výtopny	25 984	-	-	22 595	-	87,0	87,0
	Celkem	59 257	1 073	3 863	30 831	-	-	58,5
2011	Elektrárny	579	68	245	-	42,2	-	42,2
	KVET	18 930	1 103	3 971	9 562	-	-	71,5
	Výtopny	22 019	-	-	19 448	-	88,3	88,3
	Celkem	41 529	1 171	4 216	29 010	-	-	80,0
2012	Elektrárny	405	46	166	-	40,9	-	40,9
	KVET	19 140	1 158	4 169	9 439	-	-	71,1
	Výtopny	22 622	-	-	20 102	-	88,9	88,9
	Celkem	42 167	1 204	4 334	29 541	-	-	80,3
2013	Elektrárny	227	26	94	-	41,3	-	41,3
	KVET	19 127	1 701	6 124	8 413	-	-	76,0
	Výtopny	21 239	-	-	18 272	-	86,0	86,0
	Celkem	40 593	1 727	6 217	26 685	-	-	81,1



Graf 5 Vývoj účinnosti výroby elektřiny a tepla ze zemního plynu - ČSÚ

1.2.3 JADERNÁ ENERGIE

Jaderné elektrárny vyrábějí minimální množství dodávkového tepla a to pouze v režimu KVET. Tato malá výroba tepla je uváděná s účinností 100%. Účinnost výroby elektřiny z jádra je 33%. [15]

1.2.4 SPALITELNÉ OZE A ODPADY

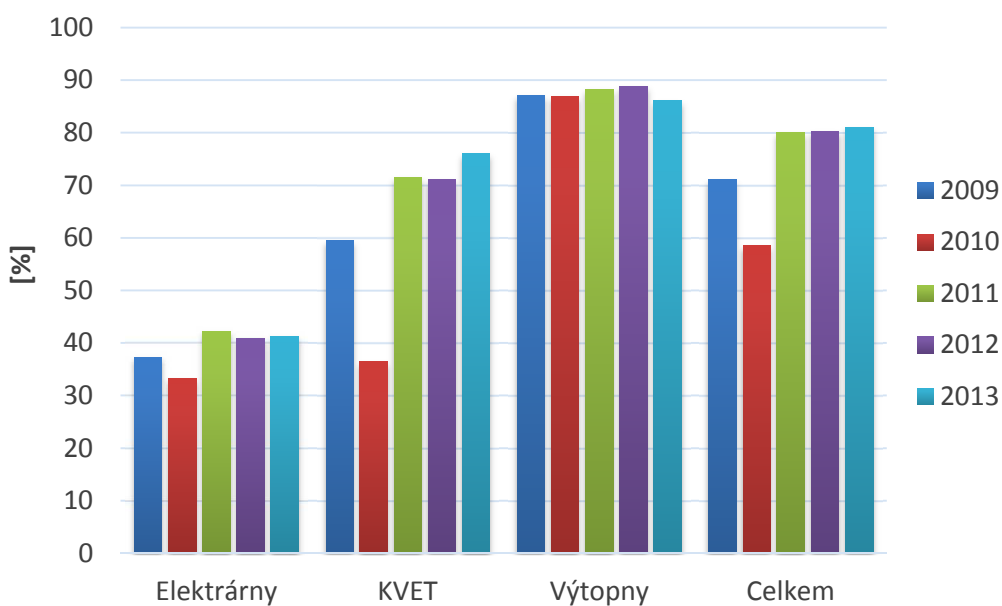
Spalitelné obnovitelné zdroje energie a odpady nepředstavují významný podíl na energetických transformacích. Stejně jako zemní plyn, jsou více zastoupeny v konečné spotřebě pro výrobu tepla určeného pro vlastní potřeby. [15]

Biomasa je organická hmota rostlinného nebo živočišného původu. V souvislosti s energetickým využitím zahrnuje tento pojem zejména palivové a odpadní dřevo, slámu a další zemědělský a lesní odpad, záměrně pěstované dřeviny, byliny či plodiny, ale také odpady biologického původu, jako například exkrementy hospodářských zvířat, kaly z čističek odpadních vod a produkty jejich zpracování (bioplyn). [19]

Účinnost využití energie spalitelných OZE a odpadů má shodnou tendenci jako u uhlí. Nejnižší účinnost energetických přeměn je dosahováno při monovýrobě elektřiny v elektrárnách (kolem 35%), vyšších účinností je dosahováno v KVET (cca 53%) a nejvyššího využití je dosahováno při výrobě tepla ve výtopnách (70 - 80%), což je patrné z následující tabulky a grafu.

Tab. 8 Vývoj účinnosti výroby elektřiny a tepla ze spalitelných OZE a odpadů - ČSÚ

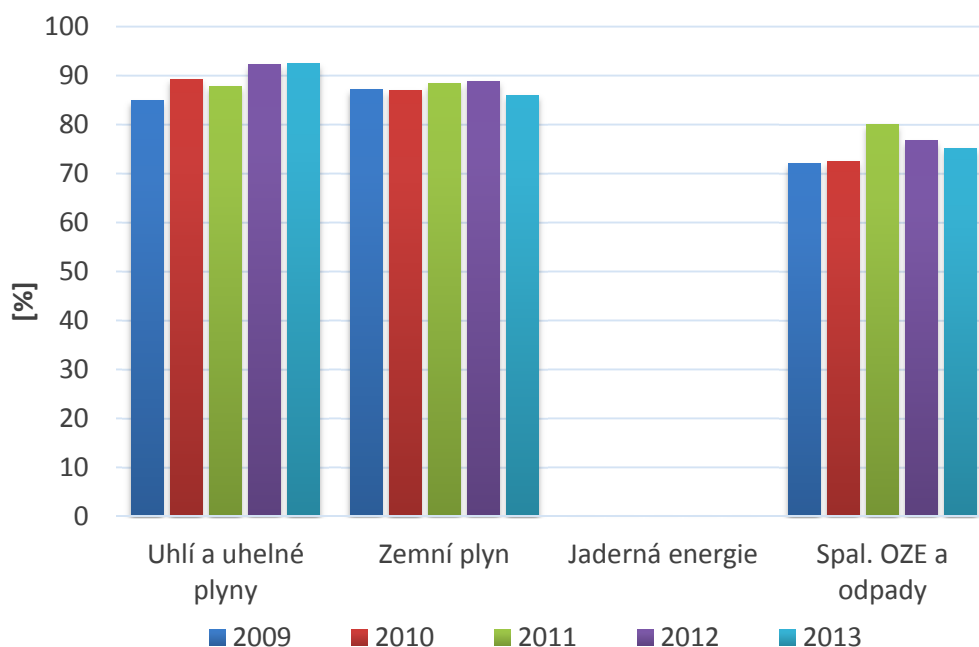
	Spalitelné OZE a odpady	Spotřeba energie	Výroba elektřiny		Výroba tepla	Účinnost výroby el.	Účinnost výroby tep.	Účinnost celkem
		[TJ]	[GWh]	[TJ]	[TJ]	[%]	[%]	[%]
2009	Elektrárny	7 439	764	2 750	-	37,0	-	37,0
	KVET	10 652	1 093	3 935	2 108	-	-	56,7
	Výtopny	3 753	-	-	2 703	-	72,0	72,0
	Celkem	21 844	1 857	6 685	4 811	-	-	52,6
2010	Elektrárny	9 950	973	3 503	-	35,2	-	35,2
	KVET	12 662	1 215	4 374	2 565	-	-	54,8
	Výtopny	2 981	-	-	2 162	-	72,5	72,5
	Celkem	25 593	2 188	7 877	4 727	-	-	49,2
2011	Elektrárny	12 322	1 307	4 705	-	38,2	-	38,2
	KVET	17 426	1 463	5 267	4 492	-	-	56,0
	Výtopny	1 867	-	-	1 494	-	80,0	80,0
	Celkem	31 615	2 770	9 972	5 986	-	-	50,5
2012	Elektrárny	5 148	524	1 886	-	36,6	-	36,6
	KVET	30 506	2 910	10 476	4 962	-	-	50,6
	Výtopny	1 515	-	-	1 162	-	76,7	76,7
	Celkem	37 169	3 434	12 362	6 124	-	-	49,7
2013	Elektrárny	776	70	252	-	32,5	-	32,5
	KVET	41 456	4 053	14 591	7 016	-	-	52,1
	Výtopny	1 645	-	-	1 236	-	75,2	75,2
	Celkem	43 877	4 123	14 843	8 252	-	-	52,6



Graf 6 Vývoj účinnosti výroby elektřiny a tepla ze spalitelných OZE a odpadů - ČSÚ

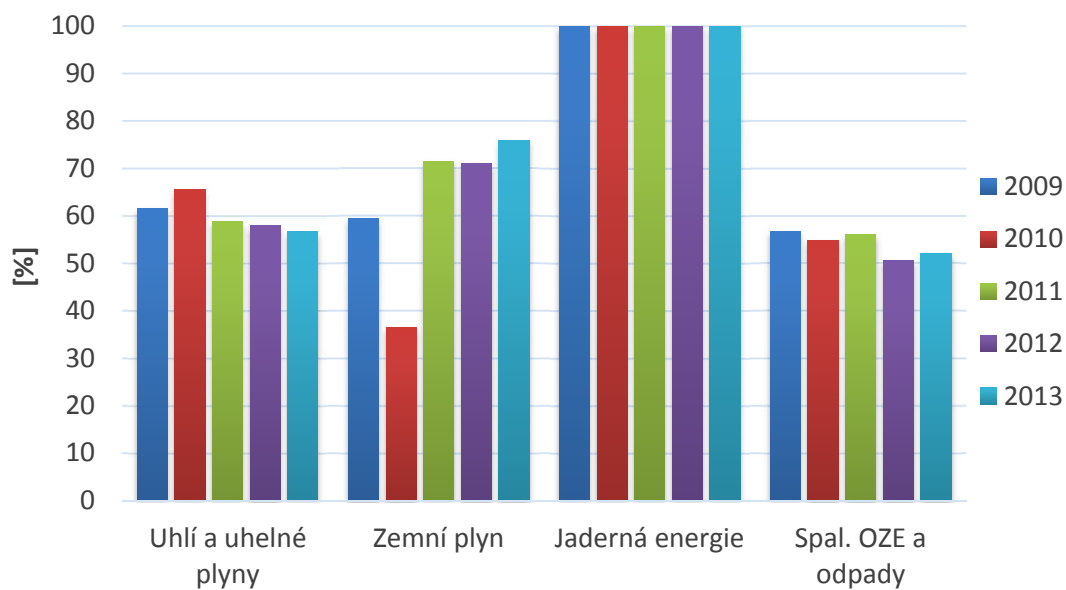
1.2.5 POROVNÁNÍ ÚČINNOSTÍ VÝROBY TEPLA

Průměrná účinnost monovýroby tepla ve výtopnách za sledované období byla 84 %, nejvyšší účinnost vykazovaly uhelné výtopny. Vývoj účinností výroby tepla ve výtopnách dle druhu použitého paliva zobrazuje následující graf (Graf 7).



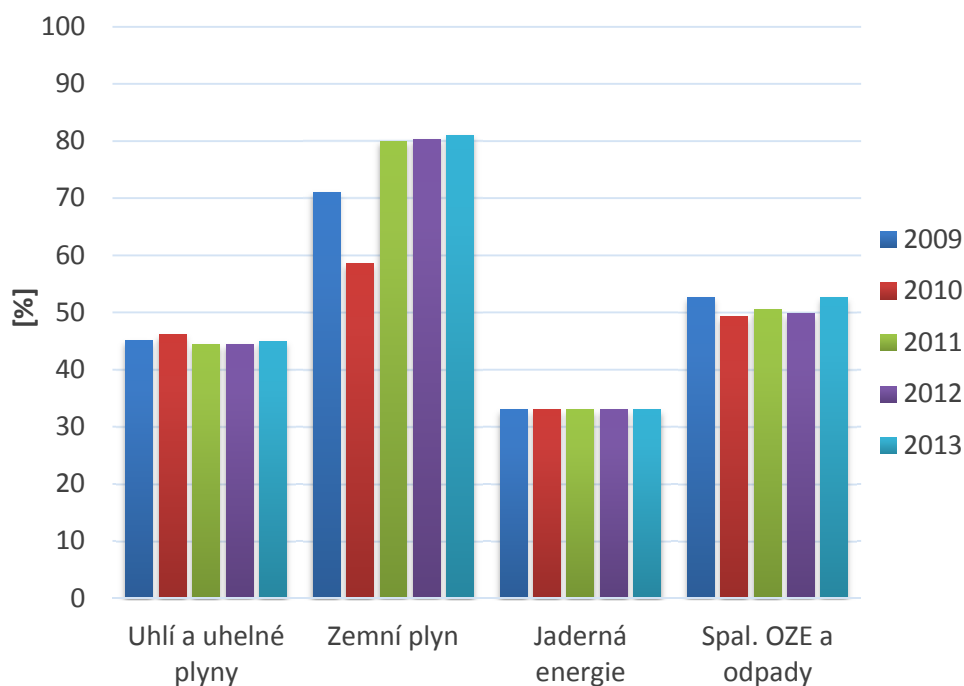
Graf 7 Vývoj energetické účinnosti monovýroby tepla

Vývoj celkové energetické účinnosti v rámci KVET ilustruje graf (Graf 8) níže. 100% účinnost KVET jaderných elektráren je dána způsobem výpočtu její velmi malé výroby.



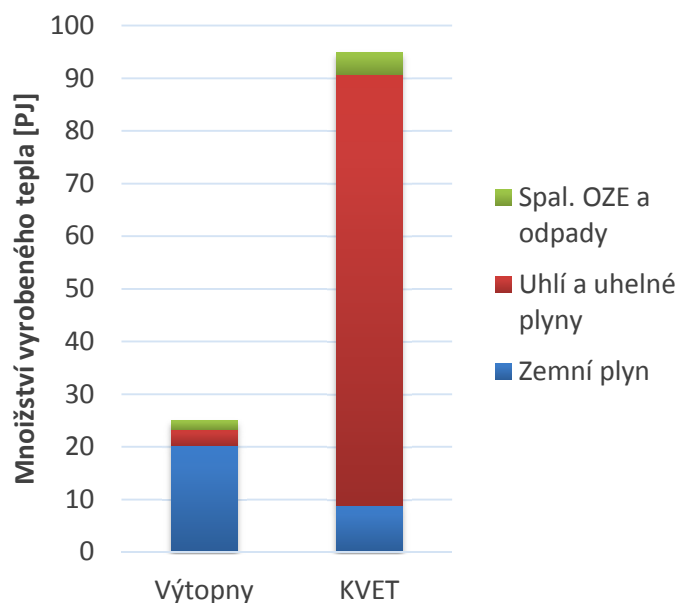
Graf 8 Vývoj energetické účinnosti KVET

Celkovou energetickou účinností využití zdrojů energie pro výrobu tepla a elektřiny vyjadřuje následující graf (Graf 9).



Graf 9 Vývoj celkové energetické účinnosti

Význam KVET v energetickém hospodářství ČR v případě výroby tepla je patrný z Graf 10, který byl sestaven na základě průměrů vyrobeného tepla za roky 2009 až 2013.



Graf 10 Výroba tepla ve výtopnách a KVET

Všechny oblasti výroby tepla a elektřiny skýtají možnosti, ať už větší či menší, pro zvyšování účinnosti. V oblasti monovýroby tepla je účinnost zajišťována na prahu kotelny, ke ztrátám energie dochází následně v rozvodech a v distribuci tepla. Ač má výroba tepla ve výtopnách největší energetickou účinnost, není posilování výroby tepla ve výtopnách žádoucí, neboť výroba tepla a elektřiny v kombinovaném režimu má vyšší ekonomický efekt. V oblasti KVET jde především o zvyšování efektivnosti výroby elektřiny a tepla, optimalizaci výkonu KJ, zajištění odběrů a využití generovaného tepla. Při monovýrobě elektřiny se jedná především o technologické inovace výrobních systémů. [15]

1.3 TEPELNÉ ZDROJE

Systém zásobování teplem můžeme rozdělit na dva hlavní typy – CZT (centralizované zásobování teplem) a DZT (decentralizované zásobování teplem). V případě DZT je zdroj tepla umístěn přímo v místě spotřeby. Může se jednat o zdroje, jako jsou kotle, kogenerační jednotky, tepelná čerpadla či solární kolektory. V případě napojení objektu na CZT slouží k předávání tepla předávací stanice (výměníky) a teplo je vyráběno centrálně v elektrárnách, teplárnách či výtopnách a kotelnách. Obecně můžeme konstatovat, že volba zdroje tepla pro řešený objekt, je závislá na potřebném výkonu zdroje, způsobu provozu budovy a na druhu paliva, které je v dané lokalitě dostupné.

1.3.1 KRITÉRIA DĚLENÍ KOTLŮ

Kotle jako zdroje tepla můžeme dělit podle několika kritérií, např.:

- podle použití:
 - elektrárenské
 - teplárenské
 - kotle pro výtopny, kotelny
 - kotle pro spalovny
- podle druhu spalovaného paliva:
 - plynové
 - na kapalná paliva
 - na tuhá paliva
 - elektrokotle
- podle provedení:
 - stacionární
 - závěsné

- podle typu hořáku:
 - s tlakovými hořáky
 - s atmosférickými hořáky
- podle teplotního média:
 - teplovodní (teplota ohřívání vody je maximálně 115 °C)
 - horkovodní (teplota ohřívání vody je nad 115 °C)
 - parní

1.4 KOTLE NA TUHÁ PALIVA (UHLÍ)

Uhlí patří mezi tradiční fosilní paliva, které je snadno dostupné a poměrně levné. Na druhou stranu je nutné počítat s prostorem pro skladování paliva, likvidací vzniklého popela a osobní náklady na obsluhu kotelny.

Kotle na uhlí lze dělit do několika základních skupin:

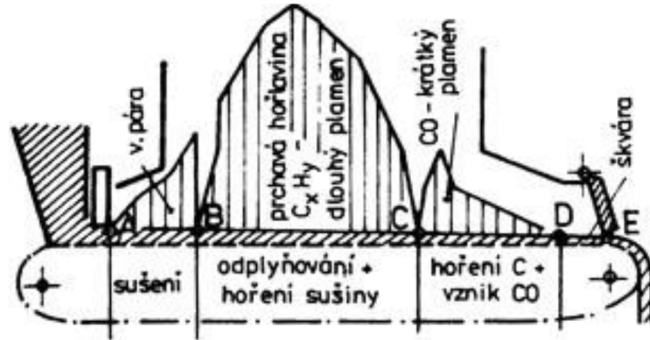
- podle materiálu pláště kotle:
 - ocelové kotle
 - litinové kotle
- podle způsobu spalování:
 - prohořivací kotle (přirozené spalování uhlí bez pomoci ventilátoru)
 - zplynovací kotle (generátorové zplynování s použitím ventilátoru)
- podle způsobu obsluhy:
 - kotle s ruční obsluhou (nutnost častého přikládání uhlí)
 - automatické kotle (obsluha je nutná jednou za čas)

Dnešní moderní kotle disponují automatickou regulací v širokém rozsahu cca 30 až 100 % a díky přesně regulovanému spalovacímu procesu splňují limity plynných emisí a tuhých znečišťujících látek. Většina kotlů je určena především pro spalování hnědého tříděného uhlí (typ ořech 2) o zrnitosti 5 – 25 mm. Zatápění kotlů se provádí obvykle jedenkrát za sezónu (ručně ve výtopnách, automaticky v rodinných domech) a jejich účinnost se pohybuje od 80 do 91 %.

Ke spalování uhlí dochází na roštu a to buď na roštu pásovém, otáčivém nebo retortovém, záleží na provedení konkrétního výrobce. Palivo na roštu prochází těmito fázemi (viz Obr. 3):

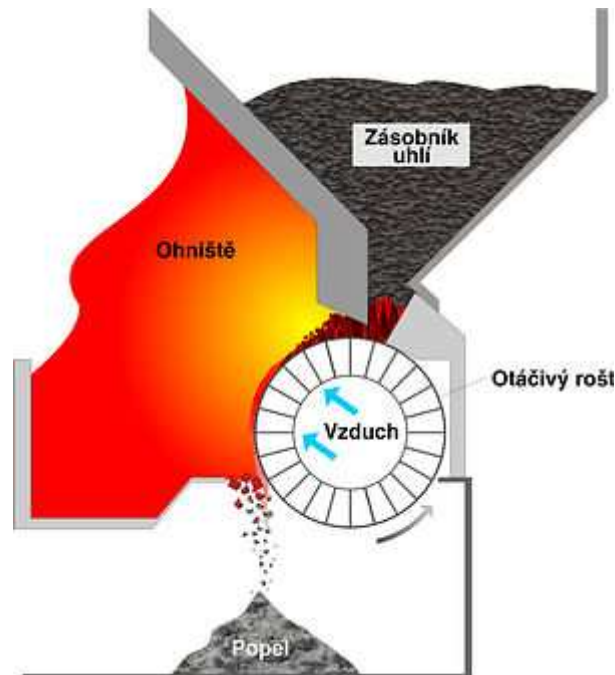
- sušení – palivo se ohřívá na cca 120 °C a odpařuje se z něho voda

- odplynění - uvolňování hořlavých plynů, které probíhá intenzivně při ohřátí nad 250 °C
- spalování vzniklých hořlavých plynů a zápal vrstvy tuhých složek při dostatečném přísunu kyslíku
- dohořívání tuhé fáze a chladnutí tuhých zbytků [20]



Obr. 3 Fáze spalování paliva na roštu [20]

Kotle se zásobníkem paliva, který je součástí kotle, jsou opatřeny otáčivým roštem, na němž pak v ohništi shoří a popel vypadne do popelníku (viz Obr. 4).



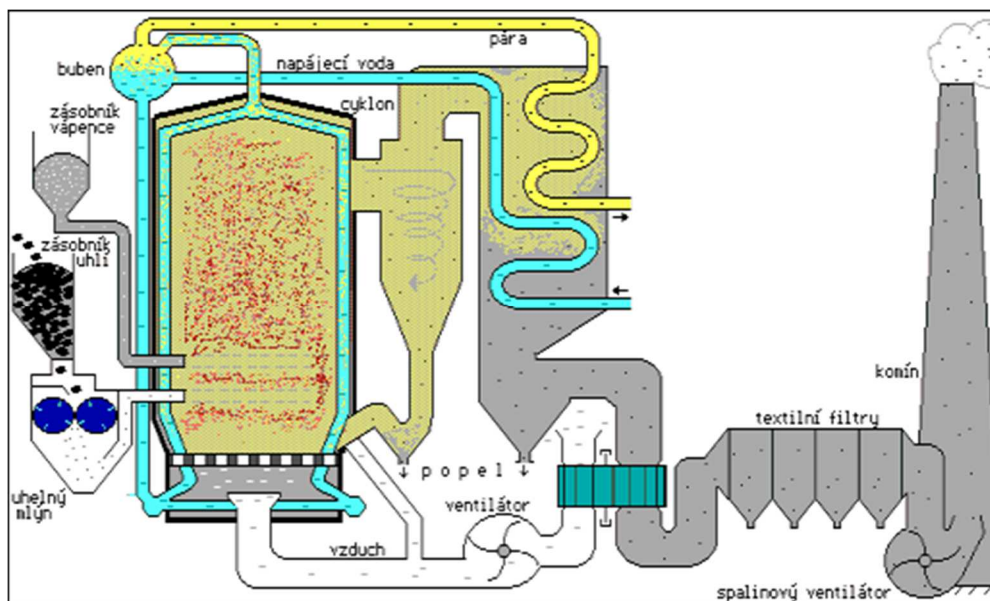
Obr. 4 Ohniště s otáčivým roštem [21]

Je-li zásobník paliva (silo) mimo konstrukci kotle, je palivo podáváno do hořáku šnekem, který má protipožární ochranu proti proniknutí ohně do sila.



Obr. 5 Hnědouhelný kotel Ekoefekt 600 [24]

Ke spalování uhlí, ale také biomasy, průmyslových odpadů, separovaných komunálních odpadů či jejich mixu, lze použít i fluidní kotle. Tyto kotle pracují na principu spalování mletého paliva ve fluidní vrstvě (fluidním loži) při nízké teplotě a potlačují tak tvorbu škodlivých emisí. Fluidizace je obecně děj, v němž je soubor pevných látek udržován ve vznosu proudem tekutiny. Fluidní vrstva se při teplotách kolem 825 °C chová jako vroucí kapalina a vytváří podmínky vhodné pro rovnoměrné hoření paliva v celém jeho objemu bez plamene, který je typický pro spalování paliva v topeništi roštového kotle. Spalované palivo plave ve fluidní vrstvě, přičemž odhořelé palivo je z povrchu zdrcováno a jako úletové částice opouští fluidní vrstvu spolu se spalinami. Fluidní vrstva vytváří podmínky pro dokonalý styk paliva s kyslíkem. Účinnost fluidního spalování se pohybuje kolem 91 %. [20], [25]



Obr. 6 Schéma atmosférického fluidního kotle [26]

1.5 KOTLE NA BIOMASU A ODPAD

Biomasa je historicky nejstarším energetickým zdrojem, který lidstvo využívá. Spalování biomasy je nejstarší známou termochemickou přeměnou, při které dochází po dosažení zápalné teploty k rozkladu organického materiálu na hořlavé plyny (a jiné látky), a při následné oxidaci se uvolňuje chemická energie vázaná ve spalovaném palivu, oxid uhličitý (CO₂) a voda. Oproti spalování fosilních paliv má spalování biomasy v podstatě nulovou bilanci CO₂, který patří mezi tzv. skleníkové plyny. Produkce CO₂ ze spalování biomasy je neutrální, protože množství tohoto plynu uvolněné do ovzduší spalováním je přibližně stejné jako to, které je zpětně vázáno do rostlin v zemědělských a lesních porostech nebo na tzv. energetických plantážích. [22]

Pro získávání energie můžeme využívat biomasu:

- záměrně pěstovanou pro energetické účely
 - rychle rostoucí dřeviny a byliny
 - obilí, olejniny
- odpadní biomasu
 - odpady z živočišné výroby (zbytky krmiv, kejda, apod.)
 - kaly z čističek odpadních vody
 - rostlinné zbytky ze zemědělské výroby
 - odpady z dřevařských provozoven
 - lesní odpady apod.

Základní technologie zpracování biomasy se dělí na procesy:

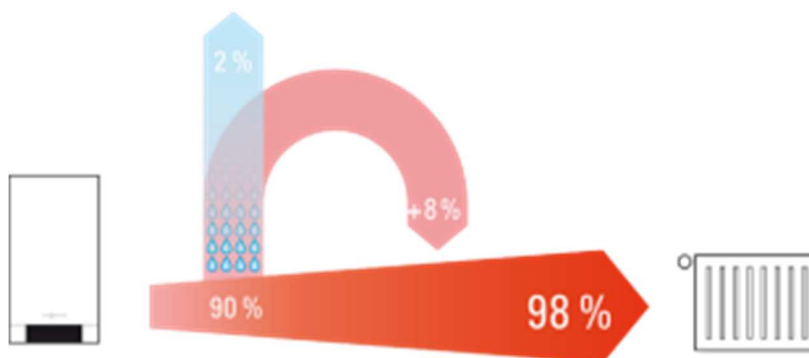
- termochemické (tj. mokré procesy) - spalování, zplyňování (produkce plynu), pyrolýza (produkce plynu, oleje)
- biochemické (tj. mokré procesy) - anaerobní vyhnívání (bioplyn), alkoholové kvašení (etanol), metanové kvašení
- mechanicko-chemické - lisování olejů (produkce kapalných paliv), esterifikace přírodních bio-olejů (výroba bionafty), výroba pevných paliv (drcení, mletí, štípání, peletace, lisování) [23]

Hlavní výhodou spalování biomasy je, že se jedná o obnovitelný zdroj energie šetrný k životnímu prostředí. Nevýhodou je však často potřebná úprava suroviny do vhodné formy pro spalování, dále je třeba počítat s vyššími prostorovými nároky na skladování paliva, či kolísání její dostupnosti, a tím i její ceny na trhu.

Technologie spalování biomasy a odpadů může probíhat na roštu, či ve fluidní vrstvě (viz kap. 1.4)

1.6 KOTLE NA ZEMNÍ PLYN

Kotle spalující zemní plyn můžeme dělit na dvě varianty – klasický nebo kondenzační. Jaký je mezi těmito kotli rozdíl? Kondenzační kotle dosahují oproti klasickým kotlům vyšších účinností a jsou ekologičtější, neboť využívají latentního tepla ve spalinách. Při spalování zemního plynu v kondenzačním kotli dochází ke vzniku vody, která se díky hoření ohřívá a mění se ve vodní páru, která odchází společně s dalšími spalinami. Tato vzniklá pára se následně ochladí tak, že zkondenzuje a tím dojde k uvolnění tepla.



Obr. 7 Princip kondenzačního kotle [27]

Plynové kotle pro průmyslové požití nabízí například tyto výrobci: Buderus, Bosh, Viessmann. Kotle mají výbornou regulovatelnost a nejnižší emise CO₂ ze všech fosilních paliv.

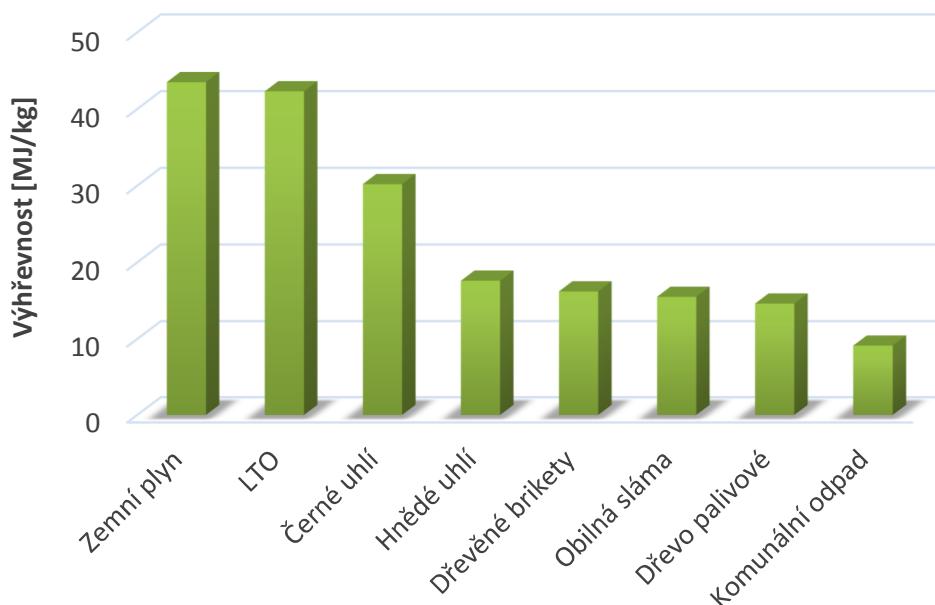


Obr. 8 Horkovodní plynový kotel Bosh UNIMAT UT-M [28]

1.7 KOTLE NA KAPALNÁ PALIVA

Palivem těchto typů kotlů jsou lehké topné oleje (LTO), či extra lehké topné oleje (ELTO), méně pak nafta. ELTO jsou obecně směsí hydrogenačně odsířených ropných destilátů. Kotle na tato paliva se svou konstrukcí, komfortem obsluhy a možností regulace podobají kotlům plynovým, ale jsou vybaveny jiným typem hořáků. Pro skladování hořlavé kapaliny se používají plastové nádrže nebo se budují zásobníky.

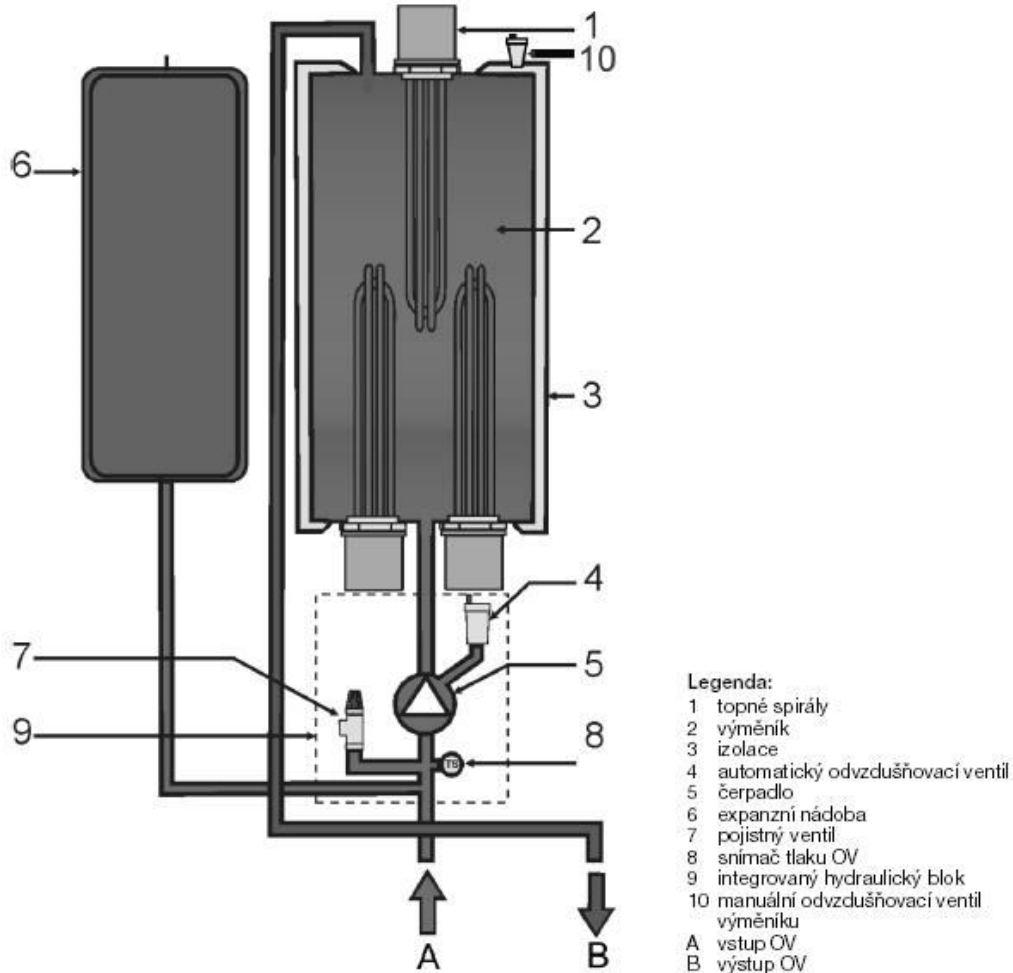
Výrobci zabývající se dodávkami plynových kotlů obvykle nabízejí i kotle na kapalná paliva, neboť se jedná o shodné konstrukce pouze s jinými typy hořáků. Obecně dosahují kotle na plynná a kapalná paliva vyšších účinností (přes 90 %) než kotle na paliva tuhá (80 – 91 %). Je to dáno především vyšší výhřevností hořlavých plynů a olejů. Pro představu o orientačních hodnotách výhřevností různých paliv přikládám následující graf (Graf 11).



Graf 11 Výhřevnosti různých druhů paliv

1.8 ELEKTROKOTLE

Elektrické kotle jsou zařízení, která slouží k přímé přeměně elektřiny na teplo. To znamená, že topná voda je průtokově ohřívána pomocí odporových topných tyčí.

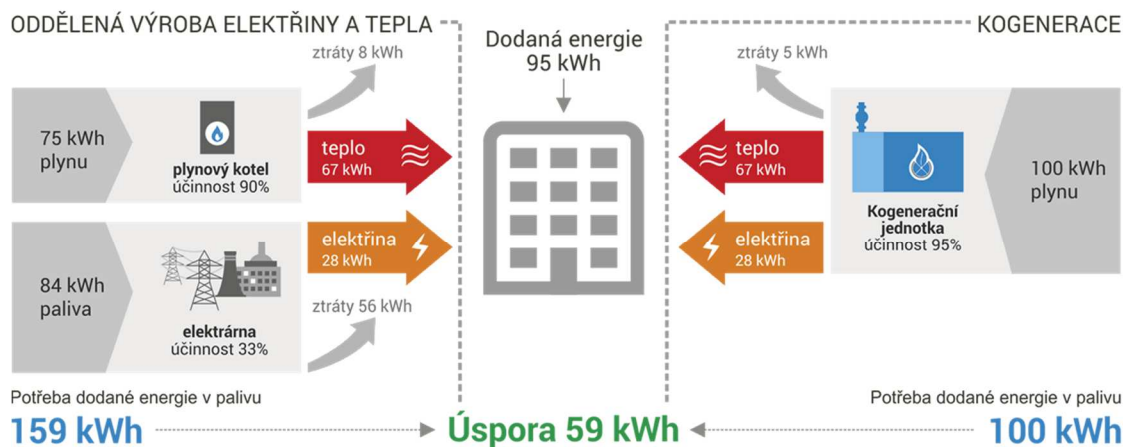


Obr. 9 Pracovní schéma elektrokotle RAY [29]

Elektrokotle neprodukují žádné emise, a proto nepotřebují žádná zařízení pro odvod spalin. Nepotřebují ani přívod vzduchu pro spalování jako kotle na fosilní paliva a biomasu. Jsou snadno regulovatelné a rychle reagují na potřebu tepla. Jejich účinnost se blíží 100%. Běžně trh nabízí kotle do výkonu cca 60 kW, pro vyšší výkony lze kotle zapojit do kaskády nebo si nechat vyrobit kotel na zakázku o výkonu i několik MW.

1.9 KOGENERAČNÍ ZAŘÍZENÍ

Kogenerace neboli kombinovaná výroba elektrické energie a tepla (KVET) je účinný způsob využívání energie, která může mít účinnost až 95 %. Hlavní předností KVET je výrazná úspora paliv oproti oddělené výrobě, což je patrné z následujícího obrázku (Obr. 10). Sdružená výroba šetří nejen palivo, ale také životní prostředí. Základním principem fungování kogenerační jednotky je transformace energie v palivu na energii elektrickou za využití odpadního tepla vzniklého při generování této elektřiny.



Oddělená výroba tepla a elektřiny **spotřebuje o 59% více energie** ve vstupním palivu proti kombinované výrobě v kogenerační jednotce.

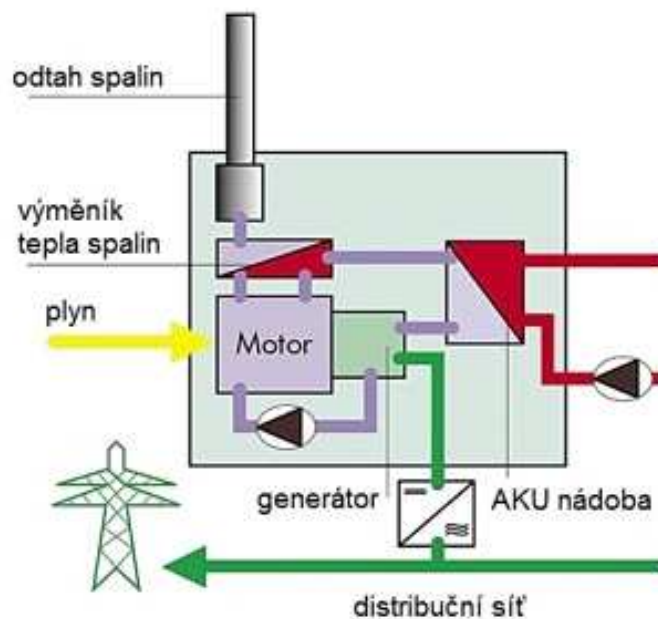
Obr. 10 Porovnání potřeb paliva oddělené a kombinované výroby elektřiny a tepla [34]

Kogenerační systémy lze dělit podle několika hledisek [35]:

- podle typu paliva:
 - fosilní paliva (uhlí, ropa, zemní plyn)
 - biopaliva
 - alternativní paliva (vodík, jaderné palivo, atd.)
- podle druhu paliva:
 - tuhá paliva (uhlí, rašelina, dřevo a dřevěné produkty, biomasa)
 - kapalná paliva (topné oleje apod.)
 - plynná paliva (zemní plyn, propan, butan, bioplyn, apod.)
- podle maximálně dosažitelného výkonu:
 - mikro-kogenerace do výkonu 50 kW_E
 - mini-kogenerace do výkonu 500 kW_E
 - kogenerace malého výkonu do 1 MW_E

- kogenerace středního výkonu do 50 MW_E
- kogenerace vysokého výkonu nad 50 MW_E
- podle samotné technologie:
 - palivové články
 - parní turbíny
 - ORC
 - plynové turbíny
 - mikroturbíny
 - Stirlingův motor
 - Spalovací motory

Obecně kogenerační jednotku tvoří motor spalující palivo, který roztáčí připojený generátor. Motor při svém chodu produkuje teplo, které předává ve výměníku prostřednictvím chladicí vody. Stejně tak je využíváno i teplo ze spalin motoru. [36] KJ generuje teplo a elektřinu současně, proto je nutné při jejím provozu zajistit současný odběr obou těchto forem energií. Princip fungování kogenerační jednotky ilustruje obrázek (Obr. 11) níže.

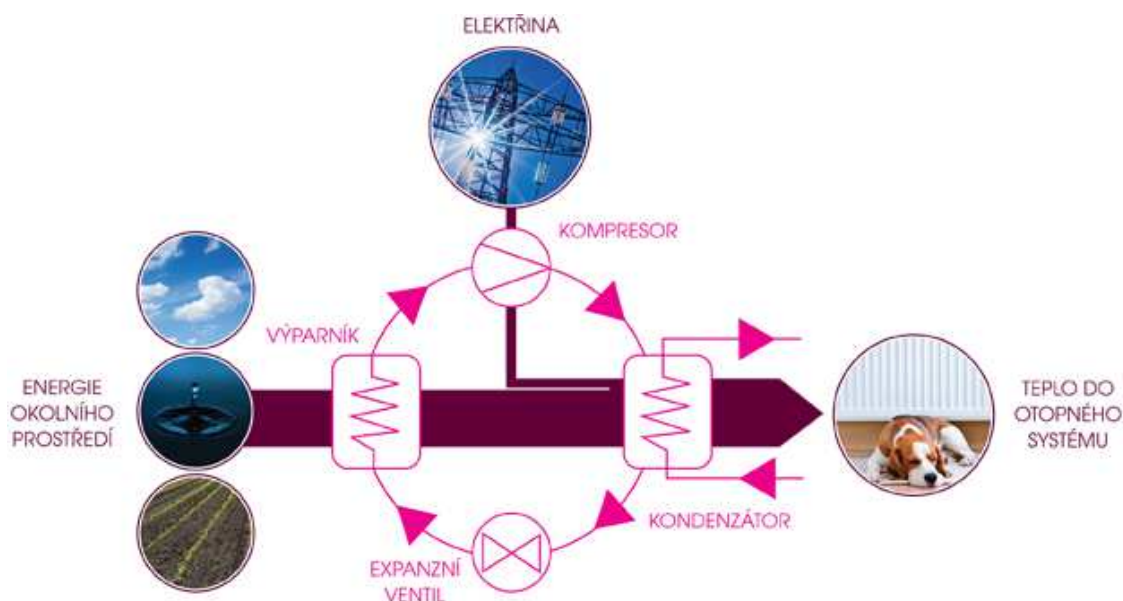


Obr. 11 Princip fungování kogenerační jednotky [37]

1.10 TEPELNÁ ČERPADLA

Tepelná čerpadla řadíme mezi alternativní zdroje energie, které pracují na principu přečerpávání energie z okolního prostředí (vzduchu, vody nebo země) na vyšší teplotní hladinu (max. výstupní teplotu topné vody 64 °C), k čemuž je ale nutné dodat určité množství energie.

Kompresorové tepelné čerpadlo se sestává ze čtyř základních částí: výparníku, kompresoru, kondenzátoru a expanzního ventilu (viz Obr. 12). Mezi jednotlivými komponenty proudí chladivo. Chladivo je látka, která má tu vlastnost, že se i při nižších venkovních teplotách odpařuje. Ve výparníku se chladivo vypaří za nízké teploty, neboť je zde nižší tlak. Tím, že se změní z kapaliny na páru, spotřebuje teplo, které odebere chlazené látce (např. vzduchu v okolí domu). Poté je vzniklý plyn nasán kompresorem a stlačen na vyšší tlak. Kompresor stlačením dodá chladivu další energii, tentokrát prostřednictvím práce, kterou dodá motor (nejčastěji elektrický). V kondenzátoru se stlačené páry chladiva ochladí tak, že zkondenzují (stále mají vysoký tlak). Tím, že plynné chladivo zkondenzuje, vznikne teplo, které odvádí ohřívaná látka (např. topná voda). Ve škrťicím ventilu se pak sníží tlak na výchozí hodnotu a chladivo se prudce ochladí. Tento cyklus se stále opakuje. [30]



Obr. 12 Schéma principu funkce kompresorového TČ [31]

Efektivnost přečerpávání energie vyjadřujeme topným faktorem (značíme COP), který nám udává poměr vyprodukovaného tepla ke spotřebované energii:

$$COP = \frac{Q}{E} [-]$$

kde Q je teplo odvedené z kondenzátoru [Wh]

E energie pro chod kompresoru [Wh]

Reálně se tento topný faktor pohybuje v rozmezí 2,5 až 3,5 a je ovlivněn několika faktory:

- typem chladiva a jeho vlastnostmi
- teplotou a vydatností nízkoteplotního zdroje
- nároky vysokoteplotní strany – čím jsou nároky na požadovanou teplotu vyšší, tím větší je kompresní práce a tím je topný faktor nižší za jinak stejných podmínek na primární straně
- typem použitého kompresoru [30],[32]

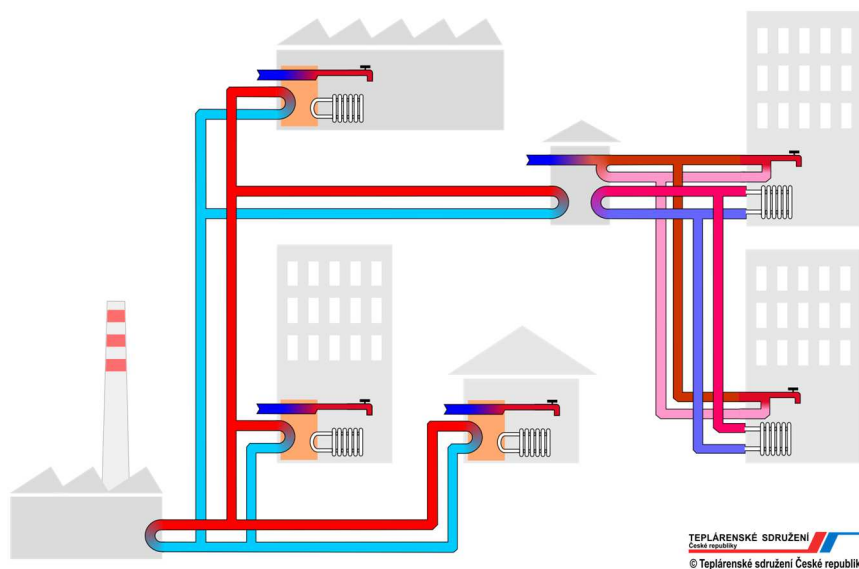
Tepelná čerpadla pracují bez spalování a neprodukují tak žádné škodlivé látky. Pro svůj chod nepotřebují spalovací vzduch. TČ navíc dokáží prostřednictvím obráceného chodu fungovat také jako zdroj chladu a v letních měsících klimatizovat vnitřní prostory. Na domácím trhu můžeme sehnat tepelná čerpadla s výkonem až 485 kW [33].



Obr. 13 Tepelné čerpadlo Waterkotte DS 6500 s výkonem 485 kW [34]

1.11 CENTRÁLNÍ ZÁSOBOVÁNÍ TEPELEM

Centrální zásobování teplem je systém centrální výroby tepla a jeho následný rozvod do míst spotřeby pomocí distribuční sítě (viz schéma na Obr. 14).



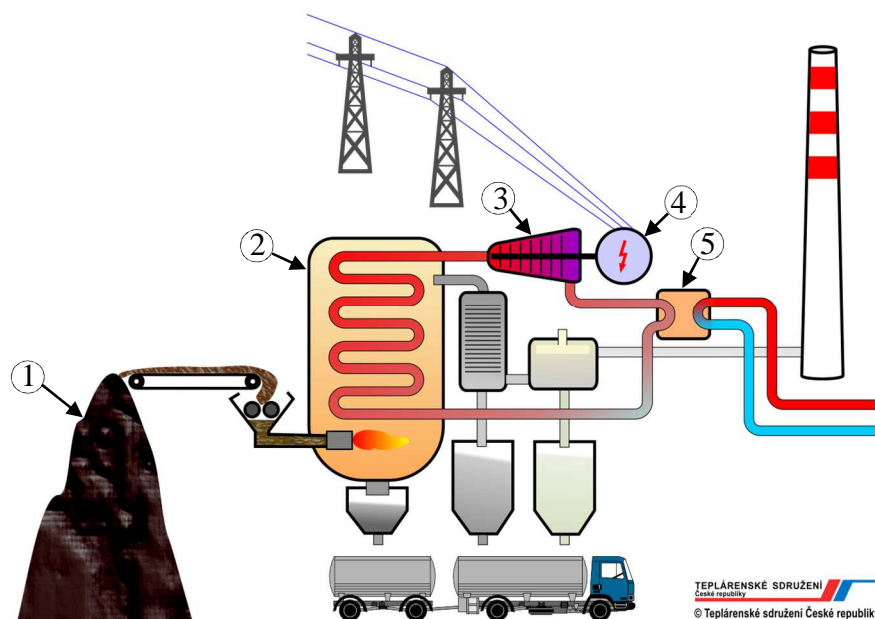
Obr. 14 Schéma CZT [38]

Výroba tepla v rámci CZT v ČR probíhá v několika zdrojích:

- výtopny
- teplárny
- elektrárny s dodávkou tepla

Výtopna je samostatně stojící zdroj tepla, který slouží pouze k produkci tepla. Toto teplo je získáváno spalováním paliva (zemní plyn, uhlí, biomasa, ...) v kotli.

V *teplárně* dochází, na rozdíl od výtopny, kromě výroby tepla také k výrobě elektřiny prostřednictvím KVET. Hlavním zařízením tepláren jsou parní kotle produkující horké páry, které pak roztáčí parní turbínu (přeměna tepelné energie v mechanickou – točivou) a tím pohání generátor, ve kterém dochází k přeměně energie mechanické – točivé na energii elektrickou – magnetickou (vzniká střídavý elektrický proud). Horké páry z turbíny následně zkondenzují na tepelném výměníku (kondenzátoru), čímž dojde k předání tepla do distribuční sítě. Zkondenzovaná kapalina poté z výměníku putuje zpět do kotle a celý cyklus (viz Obr. 15) se opakuje. V teplárnách lze místo parní turbíny použít také spalovací turbínu, kterou roztáčí horké spaliny. Paroplynová teplárna pak kombinuje oba typy turbín. Další z možných technologií KVET v teplárenství je využití kogeneračního motoru spalujícího zemní plyn nebo bioplyn. [38], [39]



Obr. 15 KVET v uhelné teplárně [38], 1. palivo, 2. kotel, 3. turbína, 4. generátor, 5. kondenzátor

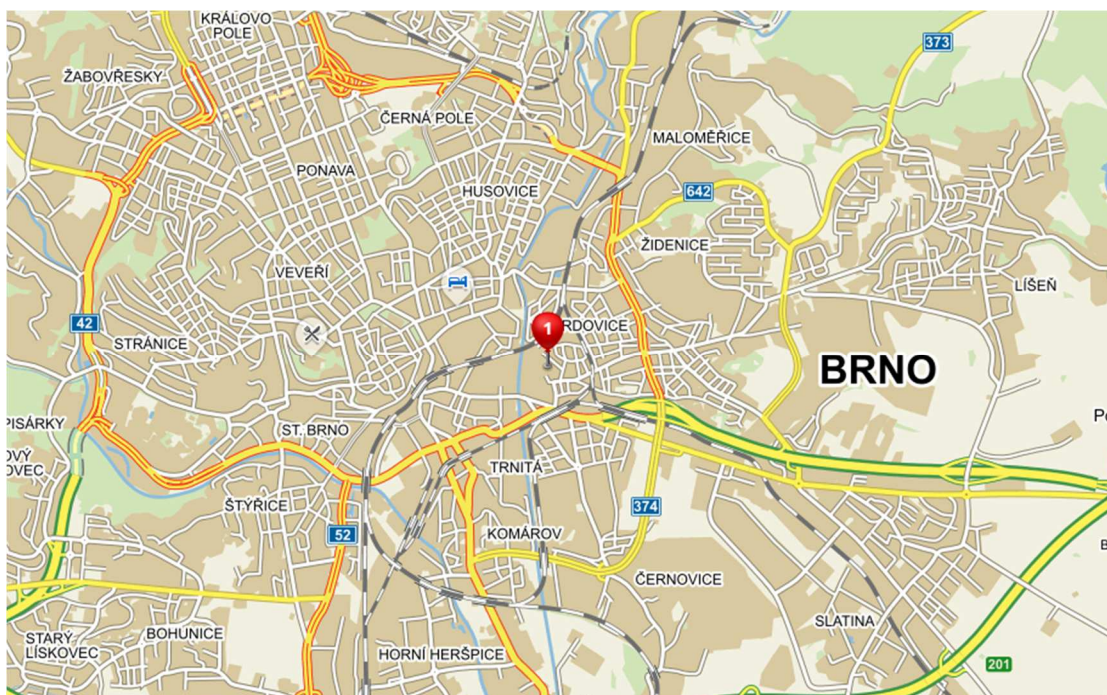
Dodávku tepla do systému CZT můžou kromě výtopen a tepláren také zajistit *elektrárny s dodávkou tepla* (uhelné, paroplynové i jaderné elektrárny). Dodávka tepla je pro tyto zdroje spíše benefitem, neboť jsou životaschopné i bez ní. V ČR jde především o elektrárny společnosti ČEZ, a.s. [40]

2 PRAKTICKÁ ČÁST

2.1 ANALÝZA OBJEKTU

Řešený objekt této diplomové práce je součástí průmyslového areálu v Olomoucké ulici v Brně. Objekt zahrnuje provoz velkokuchyně s jídelnou a dvou pater kanceláří.

Samotná stavba má tři nadzemní podlaží a je z části podsklepená. V prvním nadzemním podlaží se nachází prostory velkokuchyně s jídelnou a zbývající dvě podlaží jsou využívány jako kanceláře. Konstrukční systém objektu je železobetonový skelet vyzdívaný z cihel plných pálených. Obalové konstrukce nejsou zatepleny a původní netěsná okna byla vyměněná jen zčásti. V rámci rekonstrukce zdroje tepla proto dojde i k zaizolování obvodových stěn a k výměně výplní otvorů.



Obr. 16 Lokace řešeného objektu [4]

Současný způsob zásobování teplem je řešen napojením na parovod. Dispozice místnosti s trubkovými výměníky pára – voda pro ohřev otopné i teplé vody je schématicky zakreslen na výkrese č. 01.

2.2 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT

2.2.1 VÝPOČET SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA [5], [6], [7]

Součinitel prostupu tepla U charakterizuje celkovou výměnu tepla v ustáleném stavu mezi dvěma prostředími vzájemně oddělenými stavební konstrukcí. Je dán vztahem:

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} [W/m^2K]$$

kde R_T je odpor konstrukce při prostupu tepla (z prostředí do prostředí) [m^2K/W]

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

R tepelný odpor konstrukce [m^2K/W]

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

Tepelný odpor konstrukce R vyjadřuje její tepelně izolační vlastnosti. Pro skladbu, kde jsou jednotlivé vrstvy materiálů kolmé na směr tepelného toku a jsou vzájemně rovnoběžné, je tepelný odpor vypočítán ze vztahu:

$$R = \Sigma \frac{d}{\lambda} [m^2K/W]$$

kde d je tloušťka vrstvy v konstrukci [m]

λ součinitel tepelné vodivosti daného materiálu [$W/m \cdot K$]

Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně R_{si} a vnější straně R_{se} je tepelný odpor mezní vzduchové vrstvy přiléhající bezprostředně k dané straně konstrukce. Jejich hodnoty se určí z tabulky (Tab. 9).

Tab. 9 Přehled hodnot odporů při přestupu tepla

Povrch	Konstrukce	R_{si}, R_{se}
Vnější	jednoplášťová	0,04
	dvouplášťová	jako R_{si}
Zemina	styk se zeminou	0,00
Vnitřní	vodorovný tepelný tok	0,13
	tepelný tok nahoru	0,10
	tepelný tok dolů	0,17

Součinitel prostupu tepla U pro jednotlivé konstrukce vytápěných budov musí mít v prostorech s návrhovou relativní vlhkostí vnitřního vzduchu $\phi_i \leq 60 \%$ takovou hodnotu, aby splňoval podmínku:

$$U \leq U_N \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

kde U_N je požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla [W/m²K] dle ČSN 73 0540-2

U vypočtená hodnota součinitele prostupu tepla [W/m²K]

2.2.2 VÝPOČET SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA NEHOMOGENNÍ KONSTRUKCE [8]

Jako nehomogenní konstrukce označujeme ty konstrukce, jejichž vrstvy jsou složeny z několika materiálů a nelze u nich uvažovat s jednorozměrným šířením tepla. Očekáváme tedy vznik dvourozměrného tepelného toku, který se bude šířit jak v rovnoběžném, tak kolmém směru.

Pro stanovení součinitele prostupu tepla nehomogenní konstrukce lze použít přibližného výpočtu pomocí tepelných odporů konstrukce stanovených z výseků konstrukce rovnoběžných a kolmých na směr tepelného toku. Tepelný odpor stanovíme z opakující se charakteristické oblasti následovně:

$$R = \frac{R^{\parallel} + 2R_{\perp}}{3} \text{ [m}^2\text{K/W]}$$

kde R je přibližný tepelný odpor charakteristické oblasti [m²K/W]

R^{\parallel} tepelný odpor úseků rovnoběžných se směrem tepelného toku [m²K/W]

R_{\perp} tepelný odpor úseků kolmých na směr tepelného toku [m²K/W]

Tepelný odpor R_{\perp} spočteme jako součet tepelných odporů jednotlivých kolmých vrstev:

$$R_{\perp} = \sum R_{\perp i} \text{ [m}^2\text{K/W]}$$

Tepelný odpor R^{\parallel} dostaneme ze vztahu:

$$\frac{1}{R^{\parallel}} = \sum \frac{S_i}{R_i} \text{ [m}^2\text{K/W]}$$

kde S je plocha charakteristické oblasti [m²]

S_i plocha daného úseku charakteristické oblasti [m²]

R_i tepelný odpor daného úseku charakteristické oblasti [m²K/W]

Abychom mohli výše zmíněný výpočet použít, je nutné ověřit podmínku použitelnosti:

$$0,8 < \frac{R_{\perp}}{R_{\parallel}} < 1,25$$

Je-li podmínka splněna, můžeme přistoupit k výpočtu součinitele prostupu tepla celé konstrukce (viz 2.2.1).

2.2.3 PŘEHLED VYPOČTENÝCH SOUČINITELŮ PROSTUPU TEPLA

Před započítáním výpočtu tepelných ztrát prostupem si nejprve stanovíme součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí. Jelikož se dále budu zabývat návrhem zdroje tepla pro celý objekt, zahrnuje do výpočtu pouze ty konstrukce, které jsou ve styku s vnějším prostředím. Níže přikládám tabulku (Tab. 10) s vypočtenými součiniteli prostupu tepla. Objekt však vykazuje velké odchylky od normou požadovaných hodnot U_N , proto současně s rekonstrukcí kotelny dojde k zateplení ochlazovaných konstrukcí a výměně výplní otvorů.

Tab. 10 Přehled vypočtených součinitelů prostupu tepla

Označení konstrukce	Popis konstrukce	U - původní [W/m ² .K]	U – nové [W/m ² .K]	U _N [W/m ² .K]
SO1	Obvodová stěna tloušťky 450 mm	1,28	0,26	0,30
Sch1	Plochá jednoplášťová střecha	0,62	0,62	0,24
Sch2	Dvouplošťová střecha	0,47	0,47	0,24
Pdl2	Podlaha nad suterénem	1,92	1,92	0,60
O1	Plastové okno, dvojsklo	1,20	1,20	1,5
O2	Kovové okno, dvojsklo	3,80	1,20	1,5
D1	Kovové vstupní dveře	3,80	1,30	1,7
D2	Plastové boční dveře	1,30	1,30	1,7
Pdl1	Podlaha na zemině neizolovaná	$U_{\text{equiv,k}} = 0,32$ [W/m ² .K]		

Podrobné výpočty součinitele prostupu tepla jsou v příloze A.

Hodnoty součinitele tepelné vodivosti λ_D jsem navýšila o 5% v případě EPS, a o 10% v případě minerální izolace z důvodů zhoršení tepelně izolačních vlastností vlivem zabudování do konstrukce.

2.2.4 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT PROSTUPEM [4]

Při výpočtu tepelných ztrát jsem si objekt rozdělila na dvě funkční části. První část zahrnuje 2NP a 3NP, což jsou prostory kanceláří a jsou větrány přirozeně okny, zatímco 1 NP (kuchyně, jídelna) bude větráno pomocí vzduchotechniky.

Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla $Q_{T,i}$ se pro vytápěný prostor (i) vypočítá z rovnice:

$$Q_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) * (\theta_{int,i} - \theta_e) [W]$$

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

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

$H_{T,ig}$ měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do zeminy [W/K]

$H_{T,ij}$ měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do sousedního prostoru vytápěného na jinou teplotu [W/K]

$\theta_{int,i}$ výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru [°C]

θ_e výpočtová venkovní teplota [°C]

Měrná tepelná ztráta prostupem do venkovního prostředí $H_{T,ie}$ zahrnuje všechny stavební části, které oddělují vytápěný prostor od exteriéru, jako jsou stěny, podlaha, strop, dveře, okna.

$$H_{T,ie} = \sum A_k * U_{kc} * e_k [W/K]$$

$$U_{kc} = U_k + \Delta U [W/m^2K]$$

kde A_k je plocha stavební části [m²]

U_{kc} součinitel prostupu tepla stavební části zahrnující lineární tepelné mosty [W/m²K]

e_k korekční činitel zahrnující exponování, klimatické podmínky [-]

U_k součinitel prostupu tepla stavební části [W/m²K]

Měrná tepelná ztráta prostupem z vytápěného prostoru do nevytápěného $H_{T,iue}$ se vypočte:

$$H_{T,iue} = \sum A_k * U_{kc} * b_u [W/K]$$

$$U_{kc} = U_k + \Delta U [W/m^2K]$$

$$b_u = \frac{\theta_{int,i} - \theta_u}{\theta_{int,i} - \theta_e} [-]$$

kde b_u je teplotní redukční čítel zahrnující teplotní rozdíl mezi teplotou nevytápěného prostoru a venkovní návrhové teploty.

Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do zeminy $H_{T,ig}$ se vypočte z rovnice:

$$H_{T,ig} = f_{g1} * f_{g2} * \left(\sum A_k * U_{equiv,k} \right) * G_W [W/K]$$

$$f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e} [-]$$

kde f_{g1} je korekční čítel zohledňující vliv ročních změn venkovní teploty [-]

f_{g2} teplotní redukční čítel zohledňující rozdíl mezi roční průměrnou venkovní teplotou a výpočtovou venkovní teplotou [-]

$U_{equiv,k}$ ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební části stanovený podle typologie podlahy [W/m²K]

G_W korekční čítel zohledňující vliv spodní vody [-]

Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do sousedního prostoru vytápěného na jinou teplotu $H_{T,ij}$ se spočítá:

$$H_{T,ij} = \sum f_{i,j} * A_k * U_k [W/K]$$

$$f_{ij} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_i}{\theta_{int,i} - \theta_e} [-]$$

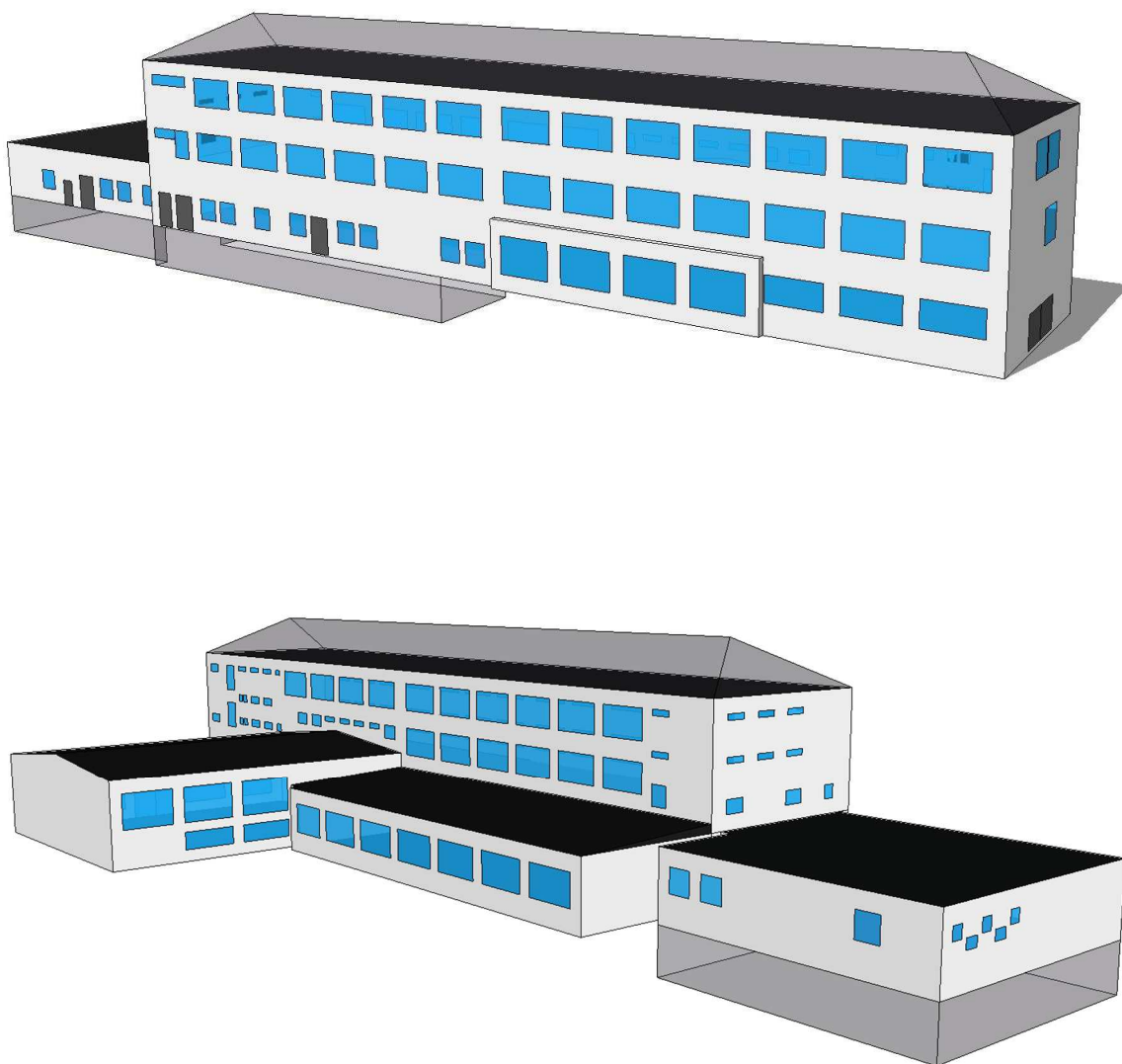
kde f_{ij} je redukční teplotní čítel [-]

A_k plocha stavební části [m²]

U_k součinitel prostupu tepla stavební části [W/m²K]

θ_i teplota sousedního vytápěného prostoru [K]

Pro snadnější odečet jednotlivých ploch jsem využila programu SketchUp k vytvoření 3D modelu (Obr. 17) řešeného objektu.



Obr. 17 Ochlazovaná obálka budovy

Výpočet tepelných ztrát prostupem jsem provedla pro původní (viz Tab. 11, Tab. 12) a nový stav (viz Tab. 13, Tab. 14). Budovu jsem si rozčlenila do dvou funkčních částí a tepelnou ztrátu vypočetla obálkovou metodou za předpokladu adiabatických hranic mezi jednotlivými částmi.

Tab. 11 Výpočet tepelných ztrát prostupem původního stavu INP

Prostor						Výpočtová vnitřní teplota [°C]		
1NP (jídelna, kuchyně)						20		
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí								
Ozn.	Popis	A _k	U _k	ΔU	U _{kc}	e _k	A _k · U _{kc} · e _k	
SO1	obvodová stěna	994,32	1,28	0,10	1,38	1	1367,33	
Sch1	plochá střecha	1041,95	0,62	0,10	0,72	1	746,75	
O2	okno kovové, dvojsklo	233,50	3,80	0,10	3,90	1	910,65	
D1	dveře kovové	8,88	3,80	0,10	3,90	1	34,63	
D2	dveře plastové	17,41	1,30	0,10	1,40	1	24,37	
Celk. měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí H _{T,ie} = Σ A _k · U _{kc} · e _k [W/K]							3083,75	
Tepelné ztráty nevytápěným prostorem								
Ozn.	Popis	A _k	U _k	ΔU	U _{kc}	b _u	A _k · U _{kc} · b _u	
Pd12	Podlaha nad IPP	482,99	1,92	0,10	2,02	0,31	304,72	
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor H _{T,iue} = Σ A _k · U _{kc} · b _u [W/K]							304,72	
$b_u = (\Theta_{int,i} - \Theta_u) / (\Theta_{int,i} - \Theta_e) = (20 - 10) / (20 - (-12)) = 0,3125$								
Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty								
Ozn.	Popis	A _k	U _k	f _{ij}	A _k · U _k · f _{ij}			
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostor s odlišnou tepl. H _{T,ij} = Σ A _k · U _k · f _{ij} [W/K]							0,00	
Tepelné ztráty zeminou								
Ozn.	Popis	A _k	U _{equiv,k}	A _k U _{equiv,k}	f _{g1}	f _{g2}	G _w	f _{g1} · f _{g2} · G _w
Pd11	Podlaha na zemině	1353,84	0,32	433,23	1,45	0,5	1	0,725
(Σ A _k · U _{equiv,k})				433,23				
Celková měrná tepelná ztráta zeminou H _{T,ig} = (Σ A _k · U _{equiv,k}) · f _{g1} · f _{g2} · G _w [W/K]							314,09	
$f_{g2} = (\Theta_{int,i} - \Theta_{me}) / (\Theta_{int,i} - \Theta_e) = (20 - 4) / (20 - (-12)) = 0,5$; $B' = Ag / (0,5 \cdot P) = 1353,84 / (0,5 \cdot 159,7) = 17$								
Celk. měrná tepelná ztráta prostupem H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}							3702,55	
	Θ _{int,i}	Θ _e	Θ _{int,i} - Θ _e	H _{T,i}	Návrhová ztráta prostupem Q _{T,i} [kW]			
	20	-12	32	3702,55	118,48			

Tab. 12 Výpočet tepelných ztrát prostupem původního stavu 2NP a 3NP

Prostor						Výpočtová vnitřní teplota [°C]		
2NP a 3NP (kanceláře)						20		
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí								
Ozn.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$	
SO1	obvodová stěna	790,79	1,28	0,1	1,38	1,0	1087,45	
Sch2	dvouplášťová střecha	792,63	0,47	0,1	0,57	0,9	409,80	
O1	okno plastové, dvojsklo	344,05	1,20	0,05	1,25	1,0	430,06	
Celk. měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ [W/K]							1927,31	
Tepelné ztráty nevytápěným prostorem								
Ozn.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$	
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ [W/K]							0,00	
Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty								
Ozn.	Popis	A_k	U_k	f_{ij}			$A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$	
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl. tepl. $H_{T,ij} = \sum A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ [W/K]							0,00	
Tepelné ztráty zeminou								
Ozn.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$
$(\sum A_k \cdot U_{equiv,k})$								
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = (\sum A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ [W/K]							0,00	
Celk. měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$							1927,31	
	$\Theta_{int,i}$	Θ_e	$\Theta_{int,i} - \Theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem $Q_{T,i}$ [kW]			
	20	-12	32	1927,31	61,67			

Tab. 13 Výpočet tepelných ztrát prostupem nového stavu INP

Prostor						Výpočtová vnitřní teplota [°C]		
1NP (jídlna, kuchyně)						20		
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí								
Ozn.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$	
S01	obvodová stěna	994,32	0,26	0,05	0,30	1	301,48	
Sch1	plochá střecha	1041,95	0,62	0,10	0,72	1	744,99	
O2	okno plastové, dvojsklo	233,50	1,2	0,05	1,25	1	290,71	
D1	dveře plastové hlavní	8,88	1,3	0,05	1,30	1	11,50	
D2	dveře plastové vedlejší	17,41	1,3	0,05	1,30	1	22,55	
Celk. měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ [W/K]							1371,23	
Tepelné ztráty nevytápěným prostorem								
Ozn.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$	
Pd12	Podlaha nad IPP	482,99	1,92	0,10	2,02	0,31	304,72	
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ [W/K]							304,72	
$b_u = (\Theta_{int,i} - \Theta_u) / (\Theta_{int,i} - \Theta_e) = (20-10) / (20-(-12)) = 0,3125$								
Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty								
Ozn.	Popis	A_k	U_k	f_{ij}	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$			
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl. tepl. $H_{T,ij} = \sum A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ [W/K]							0,00	
Tepelné ztráty zeminou								
Ozn.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$
Pd11	Podlaha na zemině	1353,84	0,32	433,23	1,45	0,5	1	0,725
			$(\sum A_k \cdot U_{equiv,k})$	433,23				
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = (\sum A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ [W/K]							314,09	
$f_{g2} = (\Theta_{int,i} - \Theta_{me}) / (\Theta_{int,i} - \Theta_e) = (20-4) / (20-(-12)) = 0,5$; $B' = Ag / (0,5 \cdot P) = 1353,84 / (0,5 \cdot 159,7) = 17$								
Celk. měrná tepelná ztráta prostupem $H_{r,i} = H_{r,ie} + H_{r,iue} + H_{r,ij} + H_{r,ig}$							1990,04	
	$\Theta_{int,i}$	Θ_e	$\Theta_{int,i} - \Theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem $Q_{T,i}$ [kW]			
	20	-12	32	1990,04	63,68			

Tab. 14 Výpočet tepelných ztrát prostupem nového stavu 2NP a 3NP

Prostor						Výpočtová vnitřní teplota [°C]		
2NP a 3NP (kanceláře)						20		
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí								
Ozn.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$	
SO1	obvodová stěna	790,79	0,26	0,05	0,30	1,0	239,77	
Sch2	dvouplášťová střecha	792,63	0,47	0,1	0,57	0,9	405,29	
O1	okno plastové, dvojsklo	344,05	1,20	0,05	1,25	1,00	430,06	
Celk. měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ [W/K]							1075,13	
Tepelné ztráty nevytápěným prostorem								
Ozn.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$	
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ [W/K]							0,00	
Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty								
Ozn.	Popis	A_k	U_k	f_{ij}			$A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$	
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl. tepl. $H_{T,ij} = \sum A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ [W/K]							0,00	
Tepelné ztráty zeminou								
Ozn.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$
$(\sum A_k \cdot U_{equiv,k})$								
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = (\sum A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ [W/K]							0,00	
Celk. měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$							1075,13	
	$\Theta_{int,i}$	Θ_e	$\Theta_{int,i} - \Theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem $Q_{T,i}$ [kW]			
	20	-12	32	1075,13	34,40			

2.2.5 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT VĚTRÁNÍM [4]

Návrhová tepelná ztráta větráním $Q_{V,i}$ pro vytápěný prostor (i) se vypočte:

$$Q_{V,i} = H_{V,i} * (\theta_{int,i} - \theta_e) [W]$$

$$H_{V,i} = V_i * \rho * c [W/K]$$

$$V_i = \max(V_{inf,i}; V_{min,i}) [m^3/h]$$

$$V_{inf,i} = 2 * V_i * n_{50} * e_i * \varepsilon_i [m^3/h]$$

$$V_{min,i} = n_{min} * V_i [m^3/h]$$

- kde $H_{V,i}$ je měrná tepelná ztráta větráním [W/K]
 $\theta_{int,i}$ výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru [°C]
 θ_e výpočtová venkovní teplota [°C]
 V_i objem místnosti [m³]
 ρ hustota vzduchu při $\theta_{int,i}$ [kg/m³]
 c měrná tepelná kapacita vzduchu při $\theta_{int,i}$ [kJ/kg.K]
 $V_{inf,i}$ množství vzduchu infiltrací obvodovým pláštěm budovy [m³/h]
 $V_{min,i}$ hygienické množství vzduchu [m³/h]
 n_{50} intenzita výměny vzduchu na hodinu při rozdílu tlaků 50 Pa mezi vnitřkem a vnějškem budovy a zahrnující účinky přívodů vzduchu [h⁻¹]
 e_i stínící činitel [-]
 ε_i výškový korekční činitel, který zohledňuje zvýšení rychlosti proudění vzduchu s výškou prostoru nad povrchem země [-]
 n_{min} minimální intenzita výměny venkovního vzduchu [h⁻¹]

Výpočet tepelných ztrát přirozeným větráním (Tab. 15) se týká pouze prostoru 2NP a 3NP, v prostorách 1NP bude instalována vzduchotechnika.

Tab. 15 Výpočet tepelných ztrát větráním

Prostor: 2NP A 3NP				
Vnitřní objem V_i [m ³]	Θ_e [°C]	$\Theta_{int,i}$ [°C]	Hygien. požadavky	
			n_i [h ⁻¹]	$V_{min,i}$ [m ³ /h]
4020	-12	20	1	3618,0
Počet nechráněných otvorů	n_{50}	e	ϵ	$V_{inf,i}$ [m ³ /h]
83	0,2	0,03	1	48,2
Tepelná ztráta větráním				
Max. z $V_{min,i}; V_{inf,i}$ [m ³ /h]	$H_{v,i} = V_i \cdot 0,34$ [W/K]		$\Theta_{int,i} - \Theta_e$	$Q_{v,i}$ [kW]
3618,00	1230,1		32	39,4

Prostor: 1NP - PŮVODNÍ STAV				
Vnitřní objem V_i [m ³]	Θ_e [°C]	$\Theta_{int,i}$ [°C]	Hygien. požadavky	
			n_i [h ⁻¹]	$V_{min,i}$ [m ³ /h]
5694	-12	20	0,5	2847,1
Počet nechráněných otvorů	n_{50}	e	ϵ	$V_{inf,i}$ [m ³ /h]
48	4	0,03	1	1366,6
Tepelná ztráta větráním				
Max. z $V_{min,i}; V_{inf,i}$ [m ³ /h]	$H_{v,i} = V_i \cdot 0,34$ [W/K]		$\Theta_{int,i} - \Theta_e$	$Q_{v,i}$ [kW]
2847,1	968,0		32	31,0

Prostor: 1NP - NOVÝ STAV				
Vnitřní objem V_i [m ³]	Θ_e [°C]	$\Theta_{int,i}$ [°C]	Hygien. požadavky	
			n_i [h ⁻¹]	$V_{min,i}$ [m ³ /h]
5694	-12	20	-	-
Počet nechráněných otvorů	n_{50}	e	ϵ	$V_{inf,i}$ [m ³ /h]
48	0,2	0,03	1	51,2
Tepelná ztráta větráním				
Max. z $V_{min,i}; V_{inf,i}$ [m ³ /h]	$H_{v,i} = V_i \cdot 0,34$ [W/K]		$\Theta_{int,i} - \Theta_e$	$Q_{v,i}$ [kW]
51,2	17,4		32	0,6

2.3 ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY - PŮVODNÍ STAV

Protokol k energetickému štítku obálky budovy

Identifikační údaje

Druh stavby	Kuchyně
Adresa (místo, ulice, číslo, PSČ)	Brno
Katastrální území a katastrální číslo	
Provozovatel, popř. budoucí provozovatel	
Vlastník nebo společenství vlastníků, popř. stavebník	
Adresa	
Telefon / e-mail	

Charakteristika budovy

Objem budovy V – vnější objem vytápěné zóny budovy, nezahrnuje lodžie, římsy, atiky a základy	14822,95 m ³
Celková plocha A – součet vnějších ploch ochlazovaných konstrukcí ohraničujících objem budovy	6060,36 m ²
Objemový faktor tvaru budovy A/V	0,41 m ² /m ³
Typ budovy	ostatní
Převažující vnitřní teplota v otopném období θ_{im}	20 °C
Vnější návrhová teplota v zimním období θ_e	-12 °C

Charakteristika energeticky významných údajů ochlazovaných konstrukcí

Ochlazovaná konstrukce	Plocha A_i [m ²]	Součinitel prostupu tepla U_i ($\sum \Psi_k \cdot l_k + \sum \chi_j$) [W/(m ² ·K)]	Požadovaný (doporučený) součinitel prostupu $U_N(U_{rec})$ [W/(m ² ·K)]	Činitel teplotní redukce b_i [-]	Měrná ztráta konstrukce prostupem tepla $H_{Ti} = A_i \cdot U_i \cdot b_i$ [W/K]
SO1 - obvodová stěna	1785,11	1,28	0,30 (0,25)	1,00	2276,28
Sch2 - dvouplášťová střecha	792,63	0,47	0,24 (0,16)	0,91	337,67
O1 - okno plastové, dvojsklo	344,05	1,20	1,50 (1,20)	1,00	412,86
O2 - okno kovové, dvojsklo	233,50	3,80	1,50 (1,20)	1,00	887,30
D1 - dveře kovové	8,88	3,80	1,70 (1,20)	1,00	33,74
D2 - dveře plastové	17,41	1,50	1,70 (1,20)	1,00	26,12
PdI2 - podlaha nad 1PP	482,99	1,92	0,60 (0,40)	0,31	289,62
PdI1 - podlaha na zemi	1353,84	0,32	0,45 (0,30)	0,73	314,09
Sch1 - plochá střecha	1041,95	0,62	0,24 (0,16)	1,00	642,56
Tepebné vazby	6060,36		0,1	=	412,10
Celkem	6060,36				5632,34

Stanovení prostupu tepla obálky budovy

Měrná ztráta prostupem tepla H_T	W/K	5632,3
Průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em} = H_T / A$	W/(m²·K)	0,93
Požadavek ČSN 730540-2 byl stanoven: na základě hodnoty $U_{em,N,20}$ a působících teplot		
Výchozí požadavek na průměrný součinitel prostupu tepla podle čl. 5.3.4 v ČSN 730540-2 pro rozmezí θ_{im} od 18 do 22 °C $U_{em,N,20}$	W/(m ² ·K)	0,44
Doporučený součinitel prostupu tepla $U_{em,rec}$	W/(m ² ·K)	0,33
Požadovaný součinitel prostupu tepla $U_{em,N}$	W/(m²·K)	0,44

Klasifikační třídy prostupu tepla obálky hodnocené budovy

Hranice klasifikačních tříd	Veličina	Jednotka	Hodnota
A - B	$0,5 \cdot U_{em,N}$	W/(m ² ·K)	0,22
B - C	$0,75 \cdot U_{em,N}$	W/(m ² ·K)	0,33
C - D	$U_{em,N}$	W/(m ² ·K)	0,44
D - E	$1,5 \cdot U_{em,N}$	W/(m ² ·K)	0,65
E - F	$2,0 \cdot U_{em,N}$	W/(m ² ·K)	0,87
F - G	$2,5 \cdot U_{em,N}$	W/(m ² ·K)	1,09

Klasifikace:

F - velmi nevhodná

Datum vystavení energetického štítku obálky budovy:

1.12.2016

Zpracovatel energetického štítku obálky budovy:

IČ:

Zpracoval:

Bc. Nikola Spratková

Podpis:

Tento protokol a energetický štítek odpovídá směrnici evropského parlamentu a rady č. 2002/91/ES a prEN 15217. Byl vypracován v souladu s ČSN 73 0540 a podle projektové dokumentace stavby dodané objednatelem.

ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY

Stávající stav		Hodnocení obálky budovy	
Brno			
Celková podlahová plocha $A_c = 2738 \text{ m}^2$		stávající	doporučení
CI	Velmi úsporná		
0,5	A		
0,75	B		
1,0	C		
1,5	D		
2,0	E		
2,5	F	2,11	
	G		
Mimořádně ne hospodárná			
klasifikace		F	
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy U_{em} ve $W/(m^2.K)$ $U_{em} = H_T/A$		0,93	-
Požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy podle ČSN 730540-2 $U_{em,N}$ ve $W/(m^2.K)$		0,44	-
Klasifikační ukazatele CI a jim odpovídající hodnoty U_{em}			
CI	0,50	0,75	1,00
U_{em}	0,22	0,33	0,44
U_{em}	0,65	0,87	1,09
Platnost štítku do	1.12.2026		
Štítek vypracoval	Bc. Nikola Spratková		

2.4 ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY – NOVÝ STAV

Protokol k energetickému štítku obálky budovy

Identifikační údaje

Druh stavby	Kuchyně
Adresa (místo, ulice, číslo, PSČ)	Brno
Katastrální území a katastrální číslo	
Provozovatel, popř. budoucí provozovatel	
Vlastník nebo společenství vlastníků, popř. stavebník	
Adresa	
Telefon / e-mail	

Charakteristika budovy

Objem budovy V – vnější objem vytápěné zóny budovy, nezahrnuje lodžie, římsy, atiky a základy	14822,95 m ³
Celková plocha A – součet vnějších ploch ochlazovaných konstrukcí ohraničujících objem budovy	6060,36 m ²
Objemový faktor tvaru budovy A/V	0,41 m ² /m ³
Typ budovy	ostatní
Převažující vnitřní teplota v otopném období θ_{im}	20 °C
Vnější návrhová teplota v zimním období θ_e	-12 °C

Charakteristika energeticky významných údajů ochlazovaných konstrukcí

Ochlazovaná konstrukce	Plocha A_i [m ²]	Součinitel prostupu tepla U_i ($\sum \Psi_k \cdot l_k + \sum \chi_j$) [W/(m ² ·K)]	Požadovaný (doporučený) součinitel prostupu $U_N (U_{rec})$ [W/(m ² ·K)]	Činitel teplotní redukce b_i [-]	Měrná ztráta konstrukce prostupem tepla $H_{Ti} = A_i \cdot U_i \cdot b_i$ [W/K]
SO1 - obvodová stěna	1785,11	0,26	0,30 (0,25)	1,00	460,93
Sch2 - dvouplášťová střecha	792,63	0,47	0,24 (0,16)	0,91	337,67
O1 - okno plastové, dvojsklo	344,05	1,30	1,50 (1,20)	1,00	447,27
O2 - okno kovové, dvojsklo	233,50	1,25	1,50 (1,20)	1,00	291,88
D1 - dveře kovové	8,88	1,25	1,70 (1,20)	1,00	11,10
D2 - dveře plastové	17,41	1,25	1,70 (1,20)	1,00	21,76
PdI2 - podlaha nad 1PP	482,99	1,92	0,60 (0,40)	0,31	289,62
PdI1 - podlaha na zemi	1353,84	0,32	0,45 (0,30)	0,73	314,09
Sch1 - plochá střecha	1041,95	0,62	0,24 (0,16)	1,00	642,56
Tepelné vazby	6060,36		0,06	=	333,32
Celkem	6060,36				3150,19

Stanovení prostupu tepla obálky budovy

Měrná ztráta prostupem tepla H_T	W/K	3150,2
Průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em} = H_T / A$	W/(m²·K)	0,52
Požadavek ČSN 730540-2 byl stanoven: na základě hodnoty $U_{em,N,20}$ a působících teplot		
Výchozí požadavek na průměrný součinitel prostupu tepla podle čl. 5.3.4 v ČSN 730540-2 pro rozmezí θ_{im} od 18 do 22 °C $U_{em,N,20}$	W/(m ² ·K)	0,44
Doporučený součinitel prostupu tepla $U_{em,rec}$	W/(m ² ·K)	0,33
Požadovaný součinitel prostupu tepla $U_{em,N}$	W/(m²·K)	0,44

Klasifikační třídy prostupu tepla obálky hodnocené budovy

Hranice klasifikačních tříd	Veličina	Jednotka	Hodnota
A - B	$0,5 \cdot U_{em,N}$	W/(m ² ·K)	0,22
B - C	$0,75 \cdot U_{em,N}$	W/(m ² ·K)	0,33
C - D	$U_{em,N}$	W/(m ² ·K)	0,44
D - E	$1,5 \cdot U_{em,N}$	W/(m ² ·K)	0,65
E - F	$2,0 \cdot U_{em,N}$	W/(m ² ·K)	0,87
F - G	$2,5 \cdot U_{em,N}$	W/(m ² ·K)	1,09

Klasifikace:

D - nevyhovující

Datum vystavení energetického štítku obálky budovy:

1.12.2016

Zpracovatel energetického štítku obálky budovy:








IČ:

Zpracoval:

Bc. Nikola Spratková

Podpis:

Tento protokol a energetický štítek odpovídá směrnici evropského parlamentu a rady č. 2002/91/ES a prEN 15217. Byl vypracován v souladu s ČSN 73 0540 a podle projektové dokumentace stavby dodané objednatelem.

ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY						
Nový stav Brno				Hodnocení obálky budovy		
Celková podlahová plocha $A_c = 2738 \text{ m}^2$				stávající	doporučení	
CI	Velmi úsporná					
0,5						
0,75						
1,0						
1,5						
2,0						
2,5						
	Mimořádně ne hospodárná					
klasifikace				D		
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy U_{em} ve $W/(m^2.K)$ $U_{em} = H_T/A$				0,52		-
Požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy podle ČSN 730540-2 $U_{em,N}$ ve $W/(m^2.K)$				0,44		-
Klasifikační ukazatele CI a jim odpovídající hodnoty U_{em}						
CI	0,50	0,75	1,00	1,50	2,0	2,50
U_{em}	0,22	0,33	0,44	0,65	0,87	1,09
Platnost štítku do				1. 12. 2026		
Štítek vypracoval				Bc. Nikola Spratková		

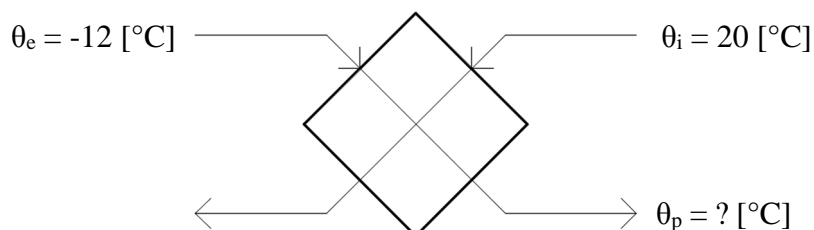
2.5 TEPELNÝ VÝKON POTŘEBNÝ PRO VZT

Větrání prvního nadzemního podlaží bude zajištěno prostřednictvím vzduchotechniky. Pro stanovení výkonu ohřívače vzduchu řízeného teplovzdušného větrání jsem vycházela z požadavků hygienických minim na výměnu vzduchu. Množství vyměňovaného vzduchu se určuje s ohledem na vykonávanou práci a její fyzickou náročnost (viz nařízení vlády č. 361/2007 Sb. kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci).

Při návrhu výkonu ohřívače jsem vycházela z následujících podmínek:

- Výpočtová teplota vzduchu θ_e : -12 [°C]
- Dávka čerstvého vzduchu: osoba v jídelně 30 [m³/h] (336 osob)
obsluha 50 [m³/h] (max. 12 osob)
- Účinnost ZZT: 67 [%]

Nejprve jsem si vyjádřila teplotu vzduchu θ_p za výměníkem (zpětný zisk tepla) před vstupem do ohřívače ze vzorce pro teplotní účinnost:



$$\eta = \frac{\Delta(\theta_e, \theta_p)}{\Delta(\theta_e, \theta_i)} \Rightarrow 0,67 = \frac{12 + \theta_p}{12 + 20} \Rightarrow \theta_p = 9,4 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

Potřebný průtok čerstvého vzduchu: $V = 30 \cdot 336 + 12 \cdot 50 \doteq 11000 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$

Poté jsem mohla dopočítat potřebný výkon ohřívače Q :

$$Q = V \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta\theta = \frac{11000}{3600} \cdot 1,2 \cdot 1000 \cdot (20 - 9,4) \doteq 39 \text{ [kW]}$$

kde V je potřebný průtok vzduchu [m³/h]

ρ objemová hmotnost vzduchu [kg/m³]

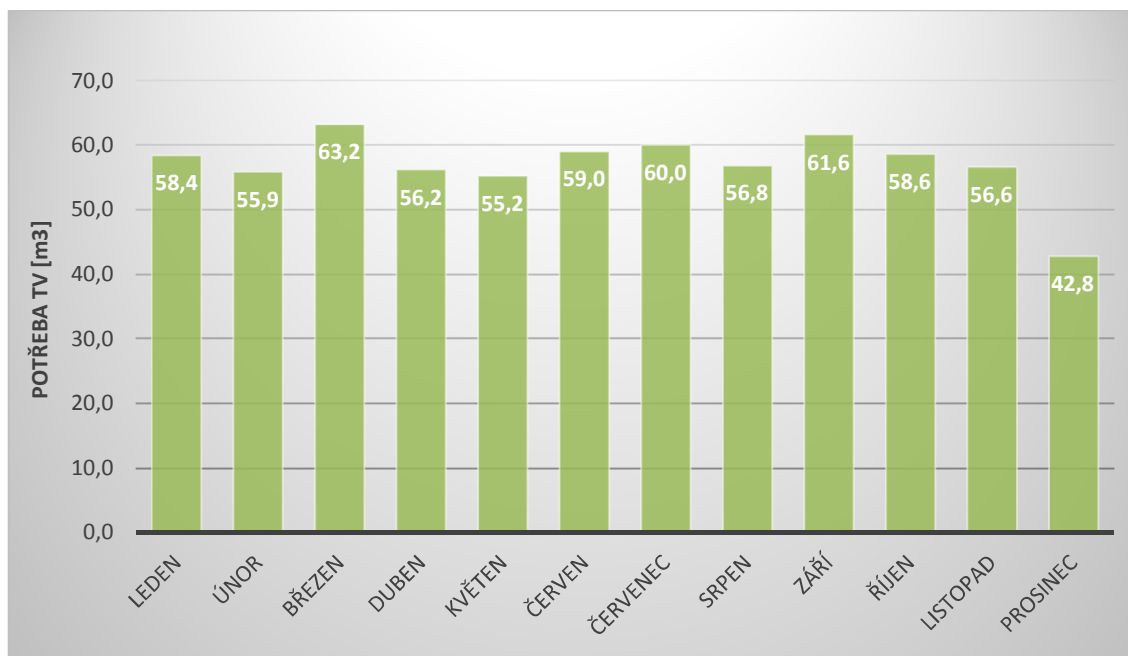
c měrná tepelná kapacita vzduchu [J/kg·K]

$\Delta\theta$ rozdíl teplot [K]

Měrná tepelná ztráta větráním: $H_V = \frac{Q}{\Delta\theta} = \frac{38,7 \cdot 10^3}{20 - (-12)} = 1210 \text{ [W/K]}$

2.6 POTŘEBA TEPLÉ VODY

Množství potřeby teplé vody vychází z naměřených dat za roky 2013 až 2015. Průběh měsíčních potřeb TV zobrazuje Graf 12. Celkové roční množství TV činí 685 m³.



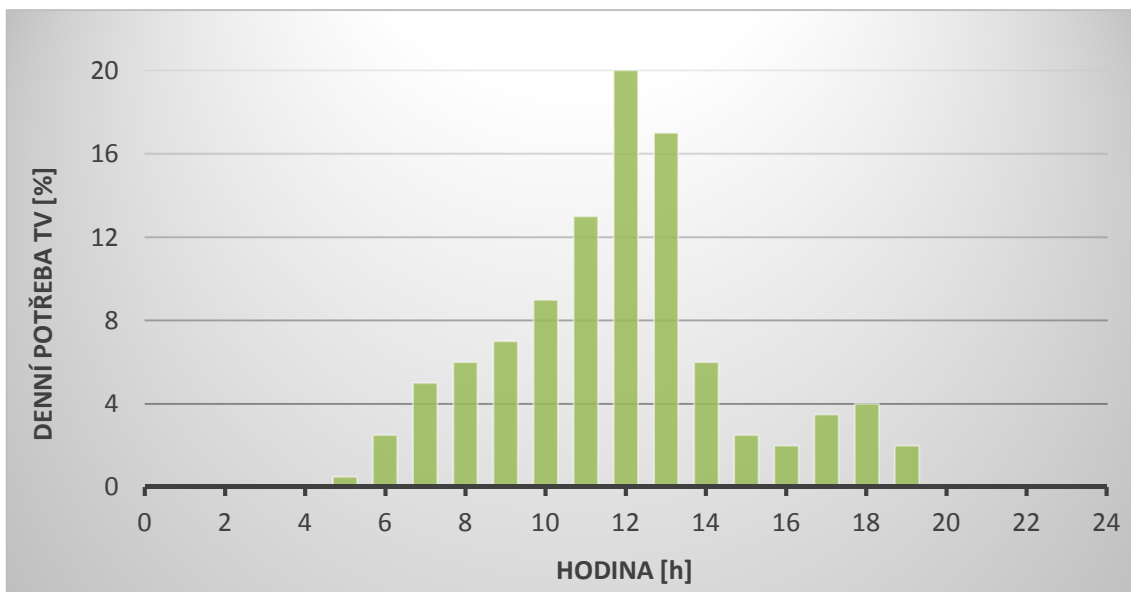
Graf 12 Měsíční potřeba TV

Přehled průměrných měsíčních potřeb teplé vody a množství tepla na její přípravu zobrazuje Tab. 16.

Tab. 16 Potřeba TV a tepla na její přípravu v jednotlivých měsících

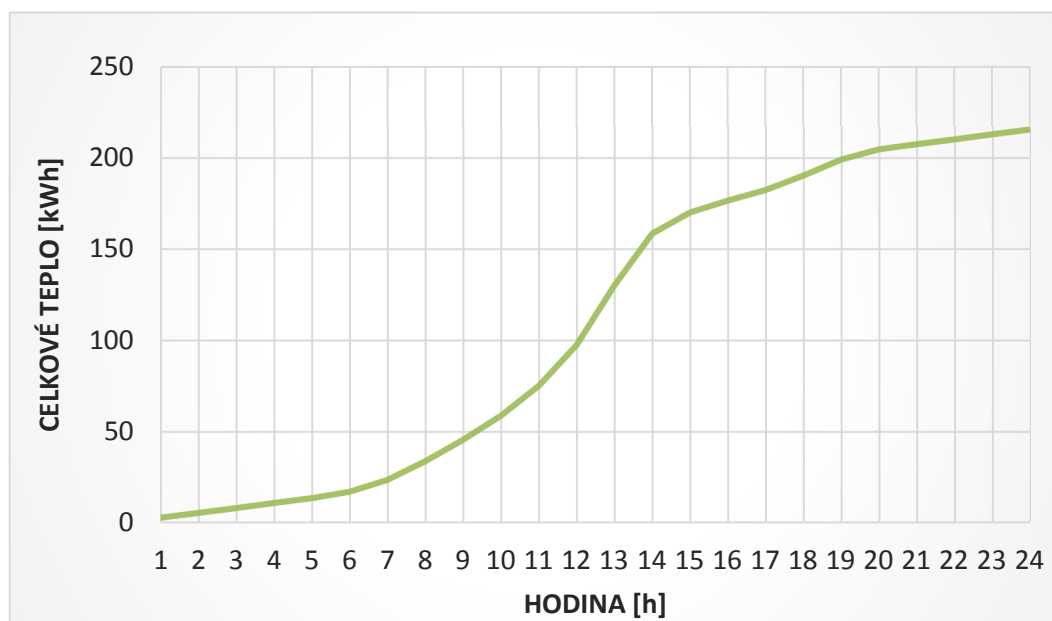
Měsíc	Potřeba TV		Teplo odebrané	Teplo ztracené	Teplo celkem		
	[m ³]	[m ³ /den]	[kWh/den]	[kWh/den]	[kWh/den]	[kWh/měsíc]	[MWh/měsíc]
leden	58,4	2,8	162,2	64,9	227,1	4769,3	5,25
únor	55,9	2,8	162,9	65,2	228,1	4561,1	5,02
březen	63,2	2,9	167,6	67,0	234,6	5161,3	5,68
duben	56,2	2,7	156,1	62,4	218,6	4589,7	5,05
květen	55,2	2,8	161,0	64,4	225,4	4508,0	4,96
červen	59,0	2,8	163,9	65,6	229,4	4818,3	5,30
červenec	60,0	2,9	166,7	66,7	233,3	4900,0	5,39
srpen	56,8	2,6	150,6	60,2	210,8	4638,7	5,10
září	61,6	2,9	171,1	68,4	239,6	5030,7	5,53
říjen	58,6	2,7	155,4	62,2	217,5	4785,7	5,26
listopad	56,6	2,7	157,2	62,9	220,1	4622,3	5,08
prosinec	42,8	2,1	124,8	49,9	174,8	3495,3	3,84
SUMA	684					55880	61

Profil uvažovaného odběru teplé vody za jeden pracovní den je vyznačen v Graf 13.



Graf 13 Rozdělení denní potřeby TV

Z uvažovaného profilu odběru TV můžeme následně sestavit křivku odběru tepla (viz Graf 14).



Graf 14 Součtová křivka odběru tepla

Potřeba tepla odebraného z ohřívače pro ohřátí TV během periody se vypočte:

$$Q_{2p} = Q_{2t} + Q_{2z} \quad [kWh]$$

kde Q_{2t} je teoretická potřeba tepla na ohřev vody [kWh]

Q_{2z} teplo ztracené při ohřevu a distribuci [kWh]

Potřebný topný výkon je pak závislý na době ohřevu (viz Tab. 17).

Tab. 17 Potřebný topný výkon v závislosti na době ohřevu

Doba ohřevu [hod]	1	2	3	4	6	8	10	12	24
Potřebný topný výkon [kW]	260	130	87	65	43	33	26	22	11

Dále je nutné určit objem zásobníku V_z :

$$V_z = \frac{\Delta Q_{max}}{c \cdot (\theta_2 - \theta_1)} \quad [m^3]$$

kde ΔQ_{max} je největší rozdíl mezi spotřebou a dodávkou tepla [kW]

c měrná tepelná kapacita vody

$$c = 4186 \left[\frac{J}{kg \cdot K} \right] = \frac{4186}{3600} \left[\frac{W \cdot h}{kg \cdot K} \right] = 1,163 \left[\frac{W \cdot h}{kg \cdot K} \right]$$

θ_1 teplota vstupní vody z vodovodního řadu [°C]

θ_2 teplota výstupní ohřáté vody [°C]

Velikost zásobníku TV bude určen v rámci návrhu jednotlivých variant zdrojů tepla.

Potřebná teplosměnná plocha ohřívače A :

$$A = \frac{Q_{1n}}{U \cdot \Delta t} \quad [m^2]$$

$$\Delta t = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \left(\frac{T_1 - t_2}{T_2 - t_1} \right)}$$

kde U je součinitel prostupu tepla teplosměnné plochy [W/m²K]

T_1 teplota topné vody na vstupu [°C]

T_2 teplota topné vody na výstupu [°C]

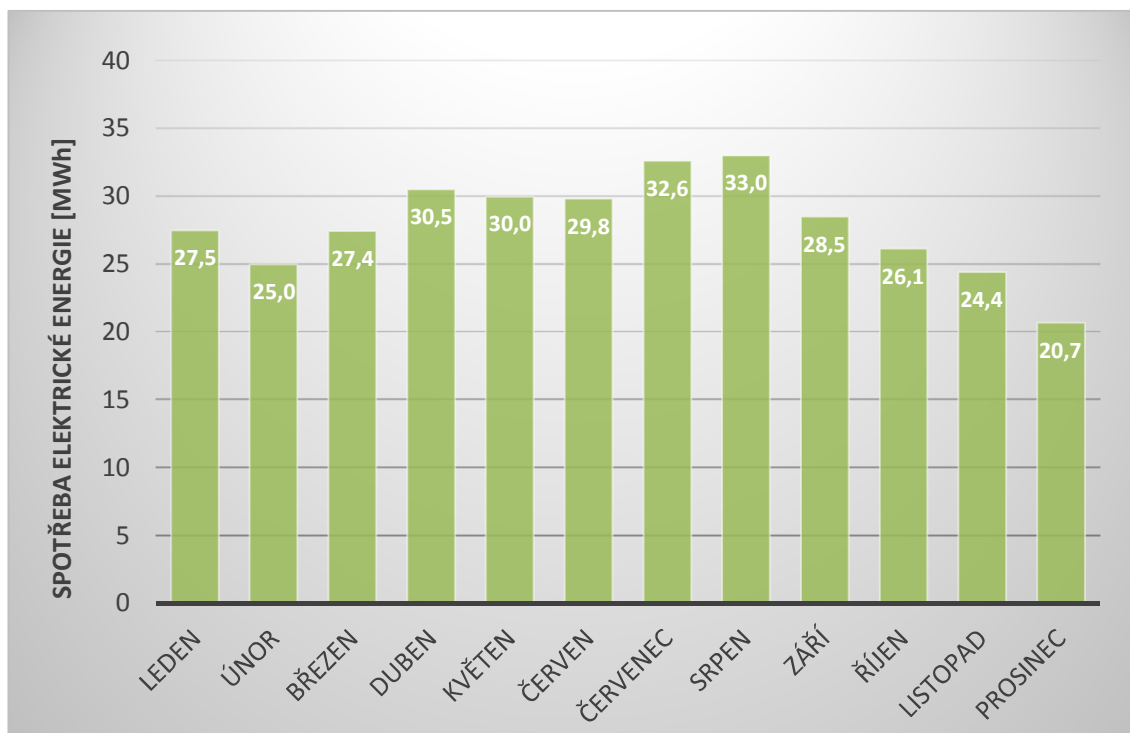
t_1 teplota zahřívání látky na vstupu [°C]

t_2 teplota zahřívání látky na výstupu [°C]

Q_{1n} jmenovitý tepelný výkon ohřevu [kW]

2.7 SPOTŘEBA ELEKTRICKÉ ENERGIE

Jako podklad o potřebě elektrické energie byla použita naměřená data provozovatele objektu za rok 2015. Množství spotřebované elektřiny v průběhu jednotlivých měsíců zobrazuje Graf 15. Celková spotřeba energie za rok činila 335,5 MWh.



Graf 15 Měsíční spotřeba elektrické energie za rok 2015

2.8 ENERGETICKÉ ZATÍŽENÍ OBJEKTU

Pro stanovení roční potřeby energie na vytápění a větrání řešeného objektu jsem vycházela z denostupňové metody.

Roční potřeba tepla:

$$Q_R = Q_{\dot{U}T,r} + Q_{VZT,r} + Q_{TV,r} \text{ [Wh/rok]}$$

kde $Q_{\dot{U}T,r}$ je roční potřeba tepla na vytápění [Wh/rok]

$Q_{VZT,r}$ roční potřeba tepla na vzduchotechniku [Wh/rok]

$Q_{TV,r}$ roční potřeba tepla na ohřev teplé vody [Wh/rok]

Výpočet roční potřeby tepla na vytápění a vzduchotechniku shrnuje tabulka. Při jejím sestavení jsem vycházela z průměrných denních venkovních teplot v Brně za roky 2011 až 2015 (teploty jsem převzala z internetových stránek společnosti Teplárny Brno). Z výpočtu tepelných ztrát jsem převzala hodnoty měrných tepelných ztrát a dopočetla hodinové potřeby tepla Q_h :

$$Q_h = H \cdot (\theta_i - \theta_e) \text{ [W]}$$

kde H je měrná tepelná ztráta prostupem/větráním [W/K]

θ_i převažující teplota interiéru [°C]

θ_e průměrná venkovní teplota v daném měsíci [°C]

Potřeba tepla na vytápění v daném měsíci $Q_{\dot{U}T}$:

$$Q_{\dot{U}T} = 24 \cdot Q_{h,\dot{U}T} \cdot d \cdot \frac{e}{\eta_r \cdot \eta_z} \text{ [Wh/měsíc]}$$

kde $Q_{h,\dot{U}T}$ je hodinový tepelný výkon [W]

d počet otopných dnů [dny]

e snižující součinitel vyjadřující vliv přerušovaného vytápění

$$e = e_t \cdot e_d \text{ [-]}$$

$$e_t = 0,8 \text{ pro pětidenní provoz}$$

$$e_d = 0,8 \text{ pro přerušované vytápění v noci}$$

η_r účinnost rozvodu vytápění [-]

η_z účinnost možnosti regulace soustavy [-]

Potřeba tepla pro krytí tepelné ztráty nuceným větráním Q_{VZT} :

$$Q_{VZT} = \varepsilon \cdot h \cdot d \cdot Q_{h,VZT} \cdot \frac{1}{\eta_r \cdot \eta_z} \quad [Wh/měsíc]$$

kde ε je součinitel vyjadřující vliv přerušovaného provozu [-]

$$\varepsilon = \frac{5}{7} = 0,71 \text{ pro pracovní týden}$$

h počet provozních hodin [h]

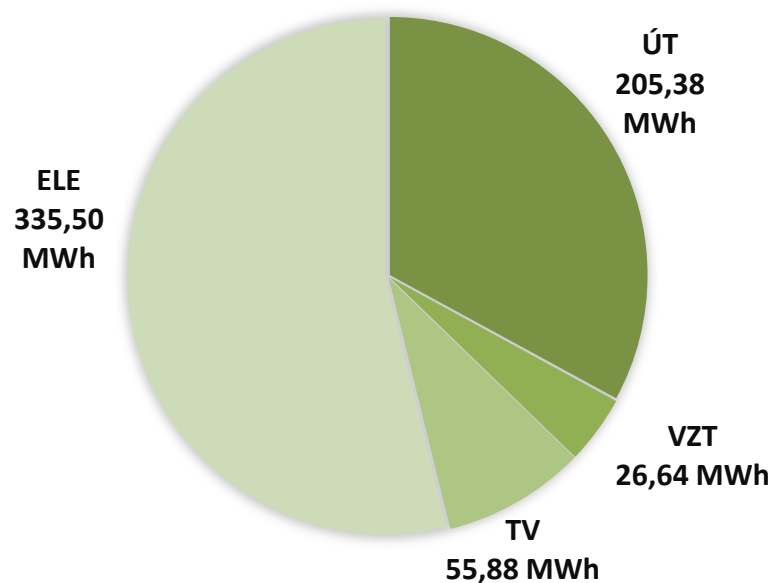
d počet otopných dnů [dny]

$Q_{h,VZT}$ je hodinový tepelný výkon [W]

η_r účinnost rozvodů [-]

η_z účinnost možnosti regulace soustavy [-]

Celková roční potřeba tepla objektu činí 287,9 MWh, z toho potřebujeme na vytápění 205,4 MWh, na teplovzdušné větrání 26,6 MWh a na přípravu teplé vody 55,9 MWh. Roční potřeba elektrické energie činí 335,5 MWh. Souhrnný přehled energetických potřeb jednotlivých systémů (vytápění, příprava teplé vody, vzduchotechnika a elektřina) znázorňuje Graf 16.

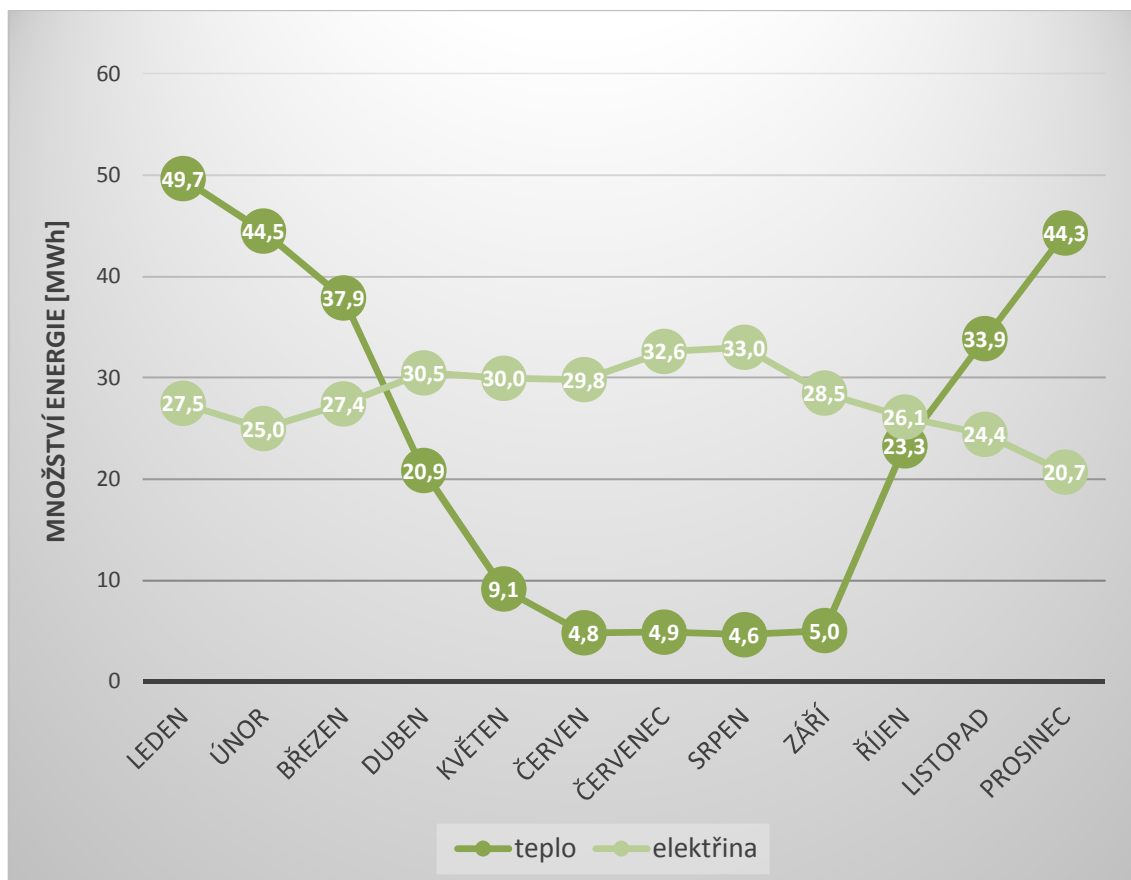


Graf 16 Přehled ročních potřeb energií

Tab. 18 Výpočet roční potřeby tepla na vytápění a VZT

Měsíc	Průměrná venkovní teplota [°C]	Počet otopných dnů [dny]	ÚT			VZT		Účinnost rozvodu a zdroje $\eta_r \cdot \eta_o$	Měsíční potřeba tepla		
			Měrná tepelná ztráta prostupem [W/K]	Měrná tepelná ztráta větráním [W/K]	Hodinová potřeba tepla [kW]	Měrná tepelná ztráta [W/K]	Hodinová potřeba tepla [kW]		ÚT [MWh]	VZT [MWh]	ÚT + VZT [MWh]
leden	0,8	31	3065,17	1247,5	78,31	1210,0	22,0	0,65	40,7	4,2	44,9
únor	1,1	28	3065,17	1247,5	77,11	1210,0	21,6	0,65	36,2	3,7	39,9
březen	5,8	31	3065,17	1247,5	57,08	1210,0	16,0	0,65	29,7	3,1	32,7
duben	11,4	27	3065,17	1247,5	32,58	1210,0	9,1	0,65	14,7	1,5	16,3
květen	15,6	17	3065,17	1247,5	14,74	1210,0	4,1	0,65	4,2	0,4	4,6
červen	20,1	0	3065,17	1247,5	0,00	1210,0	0,0	0,65	0,0	0,0	0,0
červenec	22,0	0	3065,17	1247,5	0,00	1210,0	0,0	0,65	0,0	0,0	0,0
srpen	20,9	0	3065,17	1247,5	0,00	1210,0	0,0	0,65	0,0	0,0	0,0
září	15,8	0	3065,17	1247,5	0,00	1210,0	0,0	0,65	0,0	0,0	0,0
říjen	10,4	27	3065,17	1247,5	37,05	1210,0	10,4	0,65	16,8	1,7	18,5
listopad	6,4	29	3065,17	1247,5	54,55	1210,0	15,3	0,65	26,5	2,7	29,3
prosinec	2,5	31	3065,17	1247,5	71,19	1210,0	20,0	0,65	37,0	3,8	40,8
Celkem									205,7	21,3	227,0

Přehled měsíčních potřeb tepla a elektrické energie znázorňuje Graf 17.



Graf 17 Měsíční potřeby elektřiny a tepla

2.9 NÁVRH ZDROJE TEPLA

V rámci rekonstrukce řešeného objektu (výměna výplní otvorů, zateplení fasády, instalace teplovzdušného větrání) dojde také ke změně způsobu zásobování teplem. Požadavkem investora je upuštění od centralizovaného zásobování teplem a přechod k decentralizovanému zásobování tepelnou energií.

Objekt pro svůj komfortní provoz spotřebovává jak tepelnou energii, tak i energii elektrickou. Nabízí se tedy možnost využití potenciálu instalace kogeneračního zařízení. V následujících kapitolách se proto budu věnovat návrhu kogenerační jednotky (první varianta) a ve druhé variantě budou dodávku tepla zajišťovat plynové kondenzační kotle.

2.9.1 KOGENERAČNÍ JEDNOTKA

2.9.1.1 PROVOZNÍ REŽIMY

Režimy provozování kogenerační jednotky jsou založeny na volbě přizpůsobení zatížení požadovanému elektrickému nebo tepelnému výkonu. Podle tohoto hlediska můžeme provozní režimy rozdělit následovně:

- sledování tepelného výkonu
- sledování elektrického výkonu
- kombinovaný provoz
- ostrovní provoz

Při provozu v režimu *sledování tepelného výkonu* se přizpůsobuje chod jednotky tak, aby její tepelný výkon pokrýval aktuální spotřebu tepla. Řídící veličinou je tedy teplota. Případné přebytky elektrické energie je možné prodávat do elektrické sítě.

Podobně je tomu i v režimu *sledování elektrického výkonu*, kdy je elektrická energie generovaná tak, aby kryla aktuální spotřebu. Je-li požadavek na dodávku tepelné energie vyšší, než je KJ schopna dodávat, je nutné použít další zdroj tepla. V případě, že není možné všechno vyrobené teplo využít, musí být přebytek tepla bez užitku odveden.

Při *kombinovaném provozu* pracuje kogenerační jednotka tak, že střídavě sleduje elektrický nebo tepelný výkon.

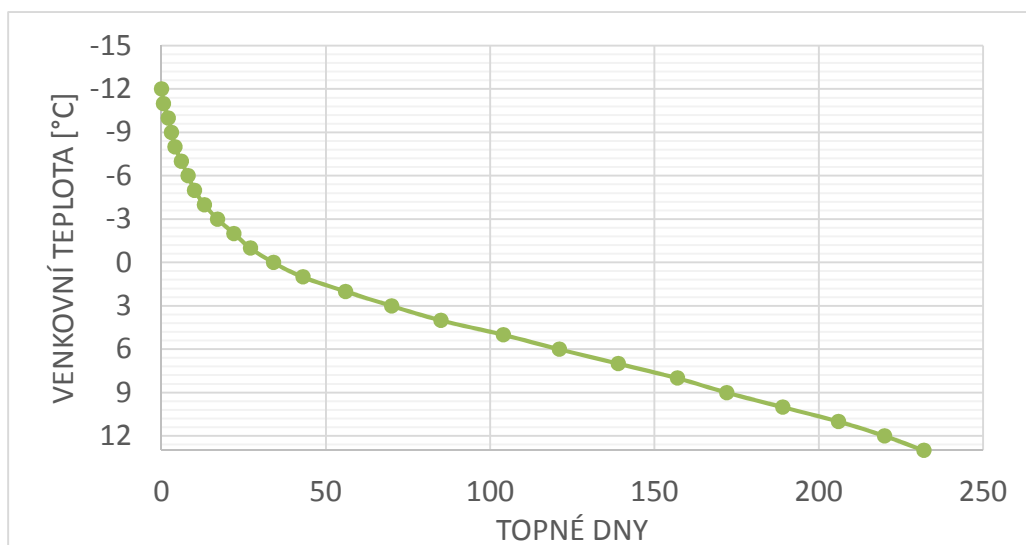
Při *ostrovním provozu* jsou energetické požadavky spotřebitele kryty bez spolupráce s elektrizační soustavou. Tento režim vyžaduje instalaci náhradního zdroje pro výrobu elektřiny i tepla, které pokryjí energetické požadavky provozu v případě opravy nebo údržby KJ. Ostrovní režim je většinou ekonomicky nejnáročnější. [9]

Při dalších krocích návrhu budu sledovat potřebu tepla a tomu přizpůsobím výkon kogenerační jednotky. Potřeba elektrické energie je v průběhu roku více méně konstantní, na rozdíl od potřeby energie tepelné, která je v jednotlivých ročních obdobích různá.

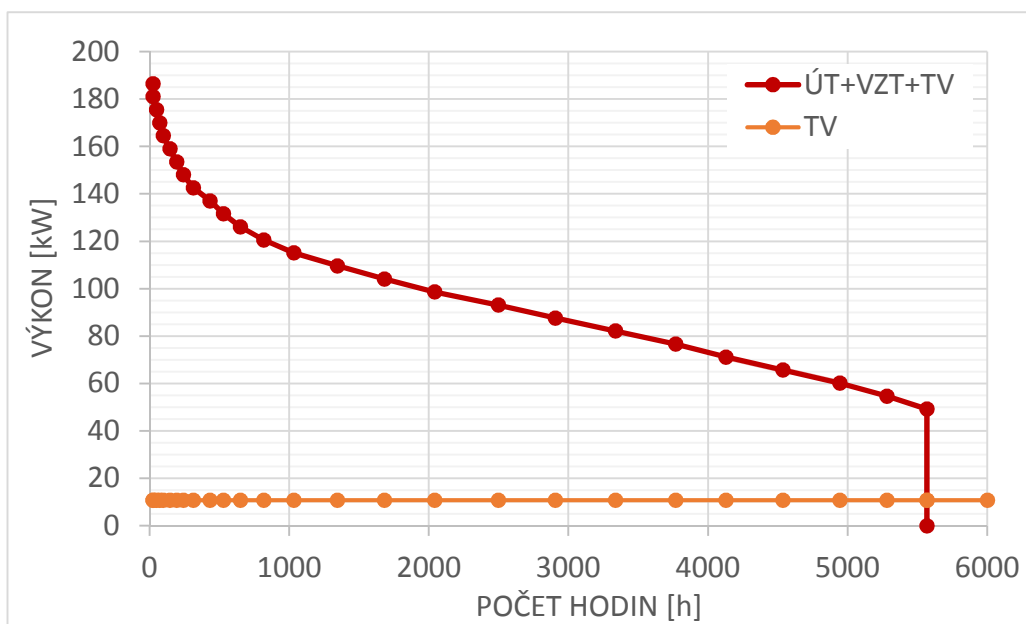
V létě potřebujeme relativně malý tepelný výkon oproti zbytku roku a řízením výkonu podle potřeby elektřiny bychom dosáhli nevyužitelných přebytků tepelné energie.

2.9.1.2 ROČNÍ DIAGRAM TRVÁNÍ POTŘEBY TEPLA

Roční diagram trvání potřeby tepla (viz Graf 19) vyjadřuje trvání potřeby tepelného výkonu v závislosti na počtu provozních hodin. Pro vytápění a větrání odpovídá průběh roční potřeby tepla přibližně ročnímu průběhu venkovní teploty (viz Graf 18). Plocha pod křivkou tepelného zatížení určuje množství potřebného tepla objektu. Kogenerační zařízení pak navrhujeme na požadavek co největší roční doby využití jmenovitého výkonu.



Graf 18 Průběh trvání teplot



Graf 19 Roční diagram trvání potřeby tepla

2.9.1.3 VÝBĚR KOGENERAČNÍ JEDNOTKY

Při návrhu velikosti kogenerační jednotky vycházím z ročního diagramu trvání potřeby tepla (viz Graf 19) a její výkon volím s ohledem na co největší dobu provozu při stoprocentním zatížení. Zbývající potřebu tepla pak musí pokrýt špičkový zdroj a zbývající potřeba elektřiny bude standardně dodávána ze sítě. Pro další zpracování jsem hledala kogenerační jednotky spalující zemní plyn s tepelným výkonem okolo 50kW a následně vybrala dvě jednotky firmy TEDOM a jednu firmy VIESSMANN. Parametry zvolených jednotek shrnuje následující tabulka (viz Tab. 19).

Tab. 19 Parametry zvolených jednotek [10],[11]

		TEDOM Micro T30 AP	TEDOM Micro T33 AP	VIESSMANN Vitobloc 200 EM-50/81
Elektrický výkon	[kWh]	30,0	33,0	50,0
Tepelný výkon	[kWh]	59,4	63,7	81,0
Elektrická účinnost	[%]	32,0	32,5	34,5
Tepelná účinnost	[%]	63,3	62,8	55,9
Celková účinnost	[%]	95,3	95,3	90,3
Spotřeba plynu při 100 % zatížení	[m3/h]	9,9	10,8	14,5

2.9.1.4 ENERGETICKÁ BILANCE

Pro určení doby chodu kogenerační jednotky, předpokládané výroby, spotřeby a nákupu energií za rok jsem pro každou jednotku sestavila energetickou bilanci. Data denní spotřeby energií bohužel nejsou k dispozici, proto jsem vycházela z měsíčních spotřeb. Pro provoz KJ je ideální stoprocentní odběr vyrobené tepelné i elektrické energie. Největší potřeba tepla a elektřiny je předpokládána v pracovní dny a to od 6:00 do 17:00, k čemuž jsem přihlížela při určování počtu provozních hodin. Návrh provozního režimu jednotky je uvažován pro celoroční přípravu tepla pro vytápění, vzduchotechniku a teplou vodu, v létě pak jenom pro zajištění TV. Aby se dodrželo vysoké zatížení, jsou v přechodných a letních měsících nízké provozní hodiny. Potřeba elektrické energie výrazně převyšuje energii generovanou. Došlo-li by však k jejímu přebytku, je možná její spotřeba v jiných budovách areálu. Předpokládané roční energetické bilance při provozu jednotlivých KJ zobrazují následující tabulky a grafy.

Tab. 20 Energetická bilance s TEDOM Micro T30 AP

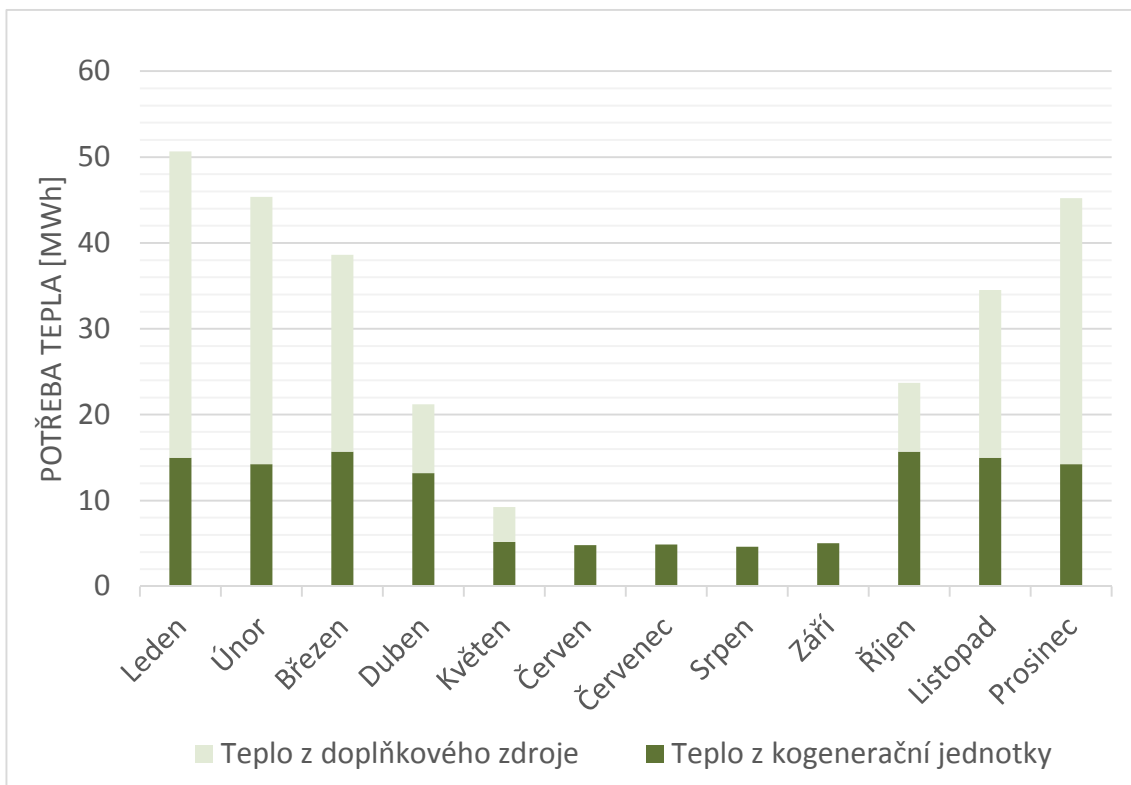
Měsíc	Potřeba				Kogenerační jednotka							Náкуп				
	Elektrická energie		Teplo celkem		Tepelný výkon		Provoz	Zatížení	Elektrická energie	Tepelný výkon	Teplo	Elektrická energie	Teplo	Plyn pro kJ		
	[MWh]	[MWh]	[kW]	[kW]	[kW]	[h/den]									[h/měs.]	[%]
Leden	27,48	49,66	178,78	124,7	105,8	18,9	12	21	252	100	7,6	59,4	14,97	19,92	34,69	2 495
Únor	24,99	44,49	160,16	116,5	97,5	19,0	12	20	240	100	7,2	59,4	14,26	17,79	30,23	2 376
Březen	27,43	37,88	136,38	98,2	78,6	19,6	12	22	264	100	7,9	59,4	15,68	19,51	22,20	2 614
Duben	30,49	20,85	75,07	57,2	37,3	19,9	11	21	231	96	6,7	57,2	13,21	23,82	7,64	2 217
Květen	29,96	9,14	32,91	32,4	4,3	28,2	8	20	160	55	2,6	32,4	5,19	27,34	3,95	1 015
Červen	29,81	4,82	17,35	38,2	0,0	38,2	6	21	126	64	2,4	38,2	4,82	27,38	0,00	892
Červenec	32,60	4,90	17,64	38,9	0,0	38,9	6	21	126	65	2,5	38,9	4,90	30,13	0,00	903
Srpen	33,00	4,64	16,70	35,1	0,0	35,1	6	22	132	59	2,3	35,1	4,64	30,66	0,00	882
Září	28,49	5,03	18,11	34,2	0,0	34,2	7	21	147	58	2,5	34,2	5,03	25,95	0,00	965
Říjen	26,14	23,29	83,83	67,9	49,8	18,1	12	22	264	100	7,9	59,4	15,68	18,22	7,60	2 614
Listopad	24,42	33,87	121,95	91,3	72,9	18,3	12	21	252	100	7,6	59,4	14,97	16,86	18,91	2 495
Prosinec	20,68	44,31	159,50	111,3	96,7	14,6	12	20	240	100	7,2	59,4	14,26	13,48	30,05	2 376
Celkem	335,50	282,88	1018					252	2434		64,4		128	271	155	21 843

Tab. 21 Energetická bilance s TEDOM Micro T33 AP

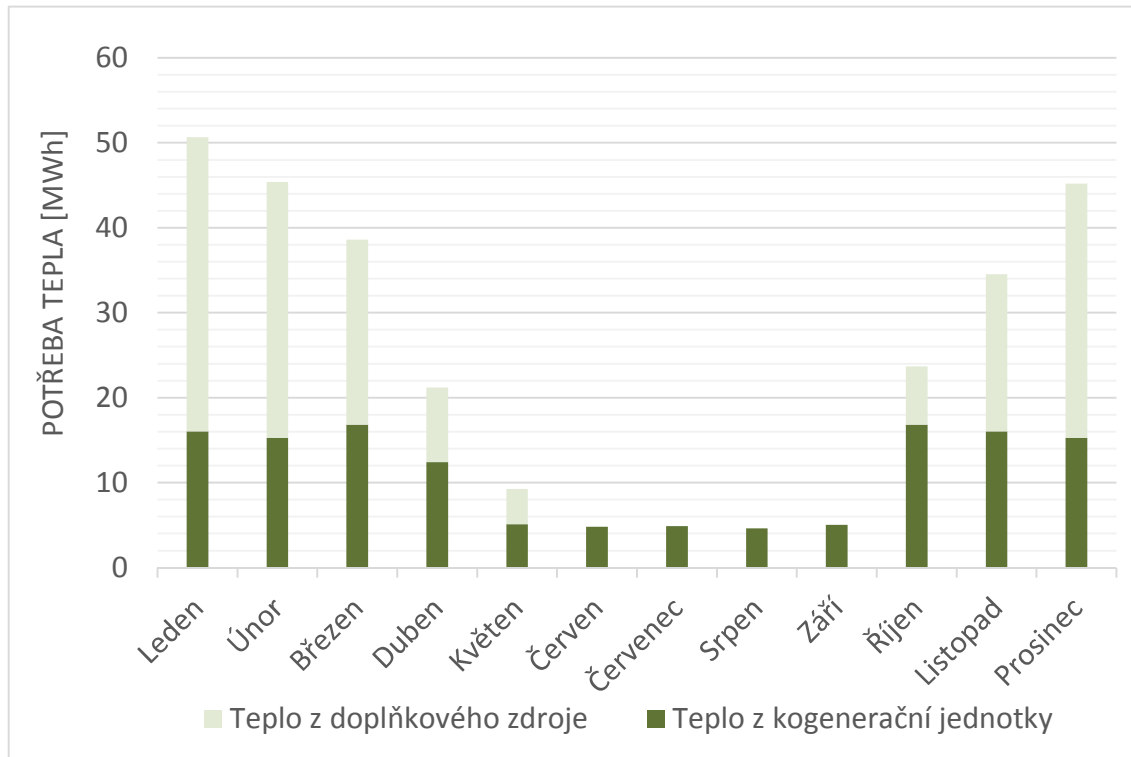
Měsíc	Potřeba				Kogenerační jednotka							Nákup			
	Elektrická energie [MWh]	Teplo celkem [GJ]	Tepelný výkon		Provoz [h/den]	Zatížení [%]	Elektrická energie [MWh]	Tepelný výkon [kW]	Teplo [MWh]	Elektrická energie [MWh]	Teplo [MWh]	Plyn pro kJ [m ³]			
			Průměrný ÚT+VZT [kW]	TV [kW]									Elektrická energie [MWh]	Teplo [MWh]	
Leden	27,48	178,78	124,7	105,8	18,9	12	21	252	100	8,3	63,7	16,05	19,16	33,61	2 722
Únor	24,99	160,16	116,5	97,5	19,0	12	20	240	100	7,9	63,7	15,29	17,07	29,20	2 592
Březen	27,43	136,38	98,2	78,6	19,6	12	22	264	100	8,7	63,7	16,82	18,72	21,07	2 851
Duben	30,49	75,07	59,2	37,3	21,9	10	21	210	93	6,4	59,2	12,43	24,05	8,43	2 029
Květen	29,96	32,91	41,8	4,3	37,6	6	20	120	66	2,6	41,8	5,02	27,36	4,12	888
Červen	29,81	17,35	38,2	0,0	38,2	6	21	126	60	2,5	38,2	4,82	27,31	0,00	887
Červenec	32,60	17,64	38,9	0,0	38,9	6	21	126	61	2,5	38,9	4,90	30,07	0,00	895
Srpen	33,00	16,70	35,1	0,0	35,1	6	22	132	55	2,4	35,1	4,64	30,60	0,00	893
Září	28,49	18,11	39,9	0,0	39,9	6	21	126	63	2,6	39,9	5,03	25,88	0,00	908
Říjen	26,14	83,83	67,9	49,8	18,1	12	22	264	100	8,7	63,7	16,82	17,42	6,47	2 851
Listopad	24,42	121,95	91,3	72,9	18,3	12	21	252	100	8,3	63,7	16,05	16,10	17,82	2 722
Prosinec	20,68	159,50	111,3	96,7	14,6	12	20	240	100	7,9	63,7	15,29	12,76	29,02	2 592
Celkem	335,50	282,88	1018				252	2352		69,0	133		267	150	22 830

Tab. 22 Energetická bilance s VISSMANN Vitobloc 200 EM-50/81

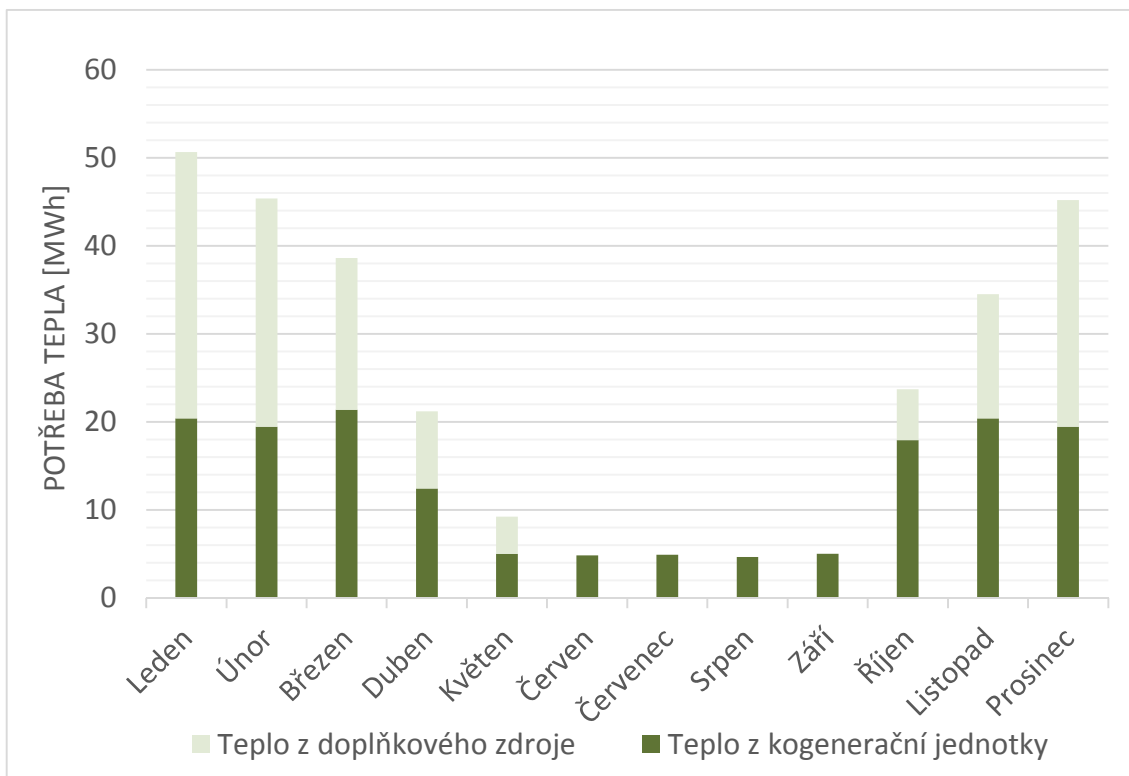
Měsíc	Potřeba				Kogenerační jednotka							Náкуп				
	Elektrická energie		Teplo celkem		Tepelný výkon		Provoz		Zatížení		Elektrická energie		Teplo			
	[MWh]	[GJ]	[kW]	[kW]	Průměrný ÚT+VZT	TV	[h/den]	[dny/měs.]	[h/měs.]	[%]	[MWh]	[kW]	[MWh]	[MWh]	[m ³]	
Leden	27,48	178,78	124,7	105,8	18,9	18,9	12	21	252	100	12,6	81,0	20,41	14,88	29,25	3 654
Únor	24,99	160,16	116,5	97,5	19,0	19,0	12	20	240	100	12,0	81,0	19,44	12,99	25,05	3 480
Březen	27,43	136,38	98,2	78,6	19,6	19,6	12	22	264	100	13,2	81,0	21,38	14,23	16,50	3 828
Duben	30,49	20,85	75,07	37,3	21,9	21,9	10	21	210	73	7,7	59,2	12,43	22,82	8,43	2 307
Květen	29,96	9,14	32,91	4,3	37,6	37,6	6	20	120	52	3,1	41,8	5,02	26,87	4,12	1 082
Červen	29,81	4,82	17,35	0,0	45,9	45,9	5	21	105	57	3,0	45,9	4,82	26,84	0,00	989
Červenec	32,60	4,90	17,64	0,0	46,7	46,7	5	21	105	58	3,0	46,7	4,90	29,58	0,00	997
Srpen	33,00	4,64	16,70	0,0	42,2	42,2	5	22	110	52	2,9	42,2	4,64	30,14	0,00	996
Září	28,49	5,03	18,11	0,0	47,9	47,9	5	21	105	59	3,1	47,9	5,03	25,38	0,00	1 011
Říjen	26,14	23,29	83,83	67,9	49,8	49,8	12	22	264	84	11,1	67,9	17,93	15,07	5,36	3 235
Listopad	24,42	33,87	121,95	91,3	72,9	72,9	12	21	252	100	12,6	81,0	20,41	11,82	13,46	3 654
Prosinec	20,68	44,31	159,50	111,3	96,7	96,7	12	20	240	100	12,0	81,0	19,44	8,68	24,87	3 480
Cellkem	335,50	282,88	1018					252	2267		96,2		156	239	127	28 712



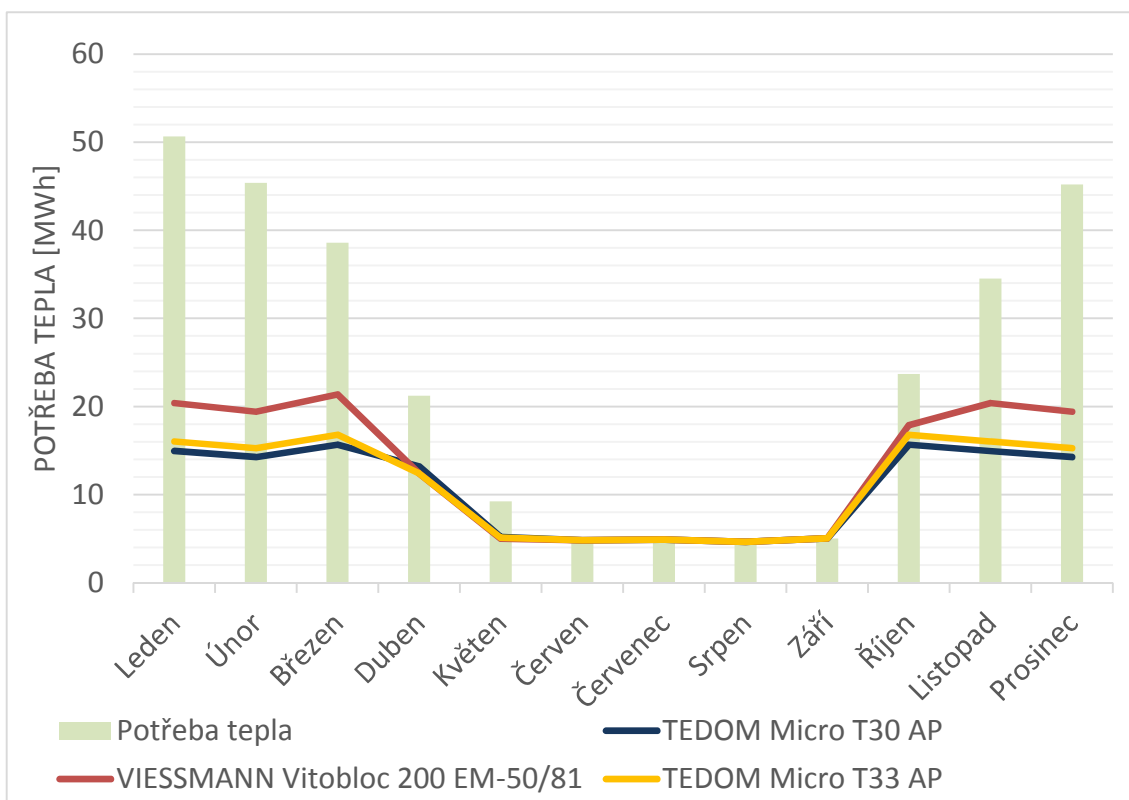
Graf 20 Roční průběh dodávky tepla s KJ Micro T30 AP



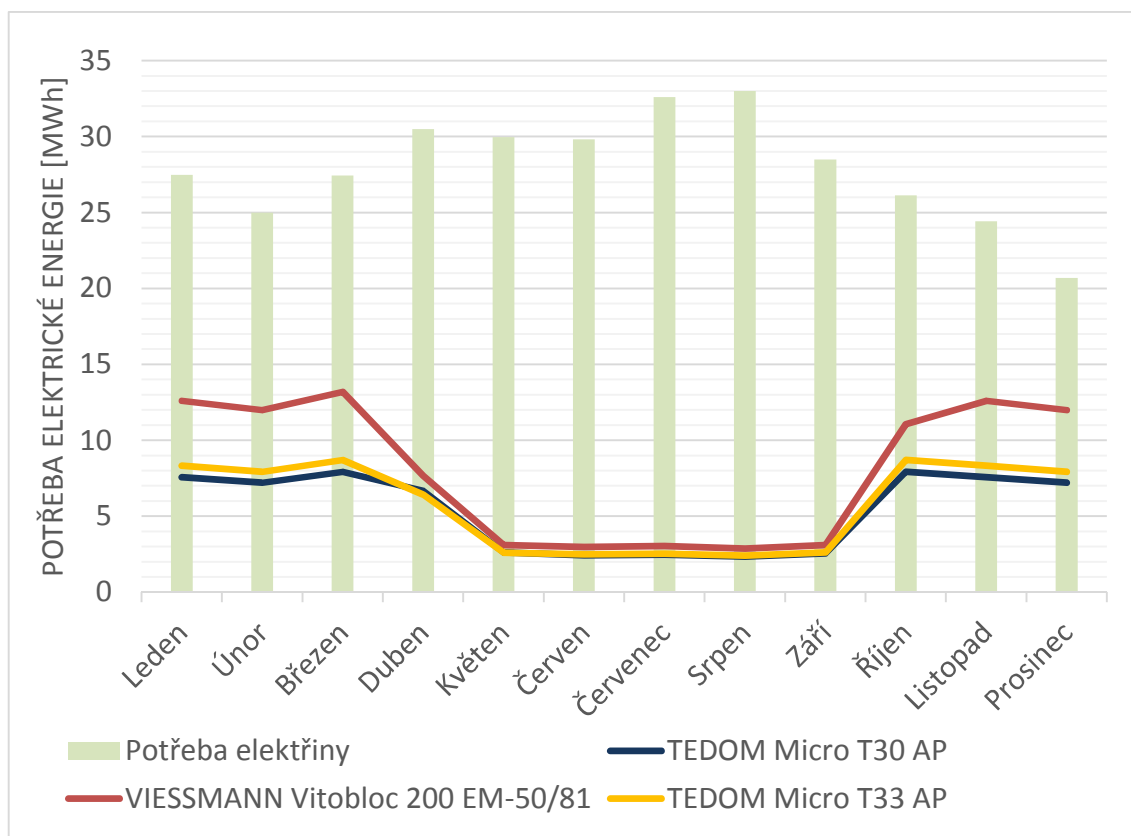
Graf 21 Roční průběh dodávky tepla s KJ Micro T33 AP



Graf 23 Roční průběh dodávky tepla s KJ Vitobloc 200 EM-50/81



Graf 22 Krytí potřeby tepla jednotlivými KJ



Graf 24 Krytí potřeby elektřiny jednotlivými KJ

Při stanovení průměrného potřebného tepelného výkonu pro vytápění a vzduchotechniku, jsem vycházela z průměrných denních teplot venkovního vzduchu v Brně za roky 2011 až 2015 zveřejněných na webových stránkách společnosti Teplárny Brno [41] a z jejich aritmetických průměrů jsem dopočítala potřebné výkony v jednotlivých dnech (viz Tab. 23).

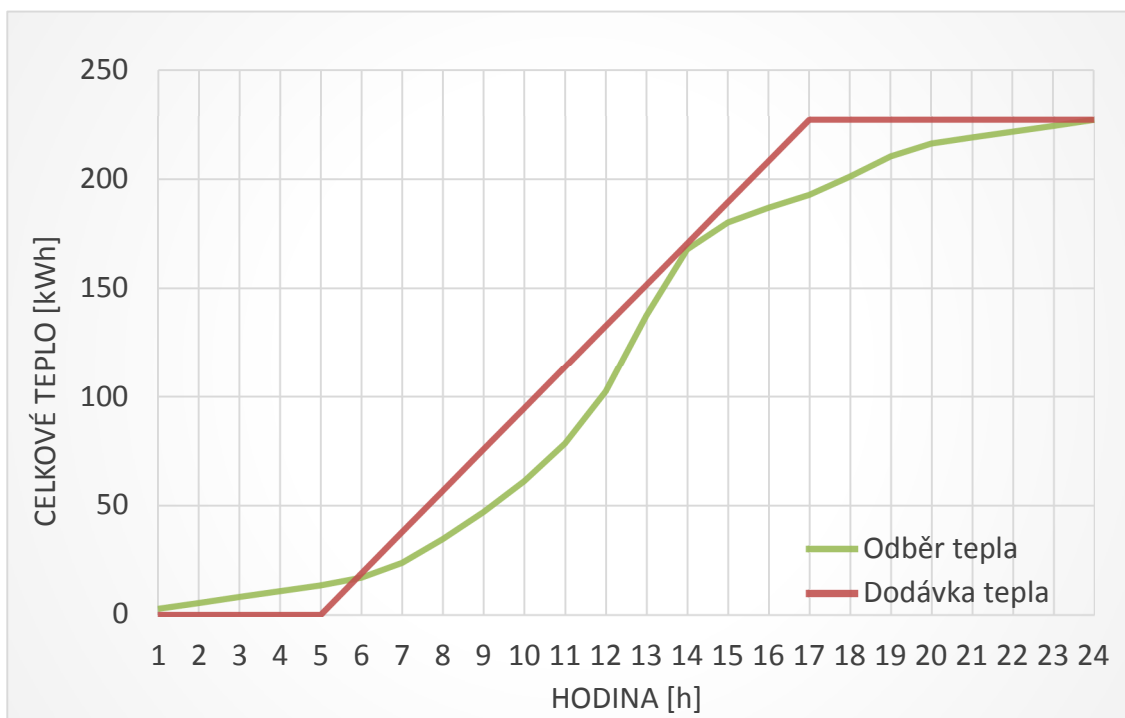
Z dosažených výsledků energetické bilance můžeme očekávat, že v zimních měsících budou jednotky TEDOM provozovány za plného zatížení. V případě použití výkonnější jednotky firmy VISSMANN sice dostaneme více elektrické i tepelné energie, ale už si nemůžeme být jisti jejím stoprocentním zatížením. V letních měsících, kdy je požadavek tepla pouze na přípravu teplé vody, a tudíž je i potřeba tepla výrazně menší si můžeme všimnout nízkých provozních hodin jednotek z důvodu dodržení vysokého zatížení. Provozní doba kogenerační jednotky by však neměla klesnout pod 3 hod a její zatížení pod 50 %. S tímto už je Vitobloc 200 na hraně, a proto jej v dalším zpracování nebudu uvažovat. Dále si můžeme všimnout, že s klesající dobou provozu nejenže získáme větší zatížení jednotky, ale také nutnost instalace zásobníku teplé vody o větším objemu. Návrhem velikosti zásobníku se věnuji v následující kapitole.

Tab. 23 Průměrné denní potřebné výkony pro ÚT a VZT

Den	Měsíc											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	106,5	124,2	87,9	64,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	42,1	67,2	98,2
2	101,8	123,3	94,3	63,4	45,6	0,0	0,0	0,0	0,0	44,8	73,1	98,1
3	94,7	117,9	95,5	61,6	44,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	66,1	89,0
4	94,5	109,9	90,5	67,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	63,9	89,6
5	99,8	115,3	89,5	66,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	62,2	92,8
6	103,1	116,9	92,3	61,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	43,9	58,0	99,7
7	103,4	115,3	90,1	68,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	53,9	56,2	99,3
8	100,4	118,0	87,9	66,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	49,0	61,1	95,2
9	88,0	115,0	84,5	60,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44,9	65,1	94,2
10	84,4	106,5	78,2	50,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	43,0	59,0	103,6
11	96,8	115,2	78,2	56,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	45,5	63,8	104,3
12	101,8	112,9	76,9	58,2	41,4	0,0	0,0	0,0	0,0	56,7	68,7	103,8
13	97,6	110,1	79,7	59,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	60,0	81,2	94,7
14	100,4	98,4	82,4	60,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	53,0	74,9	92,8
15	102,8	101,2	74,0	57,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	61,2	73,4	92,7
16	98,7	98,7	66,7	47,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	59,0	73,1	93,0
17	105,5	96,1	73,8	46,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	52,7	70,6	98,3
18	97,0	99,5	74,7	49,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	53,7	65,1	95,8
19	99,4	109,0	77,4	48,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	55,0	74,2	95,2
20	103,5	115,0	74,7	39,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	52,0	78,7	101,8
21	106,6	108,0	70,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	51,9	81,7	99,8
22	105,9	105,1	78,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	54,2	84,0	89,8
23	108,8	93,0	80,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	50,4	89,5	85,1
24	123,4	89,8	75,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	57,1	93,7	84,0
25	124,3	91,9	75,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	57,0	92,4	83,4
26	126,8	94,8	68,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	61,0	92,8	86,6
27	122,2	86,4	64,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	66,7	89,9	95,1
28	119,8	78,9	68,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	68,0	91,7	103,8
29	119,0	54,1	64,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	68,3	93,9	106,3
30	117,2	0,0	67,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	68,2	93,3	115,0
31	121,8	0,0	71,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	68,3	0,0	113,0
Průměr	105,7	97,4	78,5	37,3	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	49,7	72,9	96,6
Max.	126,8	124,2	95,5	68,1	45,6	0,0	0,0	0,0	0,0	68,3	93,9	115,0
Min.	84,4	54,1	64,5	39,6	41,4	0,0	0,0	0,0	0,0	42,1	56,2	83,4

2.9.1.5 OHŘEV TEPLÉ VODY

Potřebné množství teplé vody a průběh odběru tepla za den jsem si již stanovila v kapitole 2.6. Nyní přejdu k vytvoření grafů zahrnující křivky dodávky a odběru tepla (Graf 25, Graf 26) pro zjištění potřebného objemu zásobníků TV. Uvažuji-li, že teplou vodu bude celoročně připravovat kogenerační jednotka, je potřeba brát v úvahu její různou dobu provozu v průběhu roku. V zimě bude KJ také zajišťovat teplo pro vytápění, pojedete tudíž během zimního dne déle než v letním dni a z toho vyplývá, že potřebný tepelný výkon pro přípravu TV bude v zimním období menší a i potřebný objem zásobníku bude menší. V létě, kdy už nepotřebujeme teplo pro vytápění, bude veškerý výkon jednotky využíván na teplou vodu. Při návrhu velikosti zásobníku musíme mít na paměti, že KJ pracuje v rozmezí 50 až 100% zatížení a bez přerušení by měla být v chodu aspoň tři hodiny. Je tedy možno konstatovat, že čím větší je výkon jednotky, tím se zkracuje její doba provozu a roste požadovaný objem zásobníku a zároveň s prodlužováním provozních hodin klesá zatížení jednotky. Dále je také třeba brát v úvahu, kdy k dodávce tepla během dne dochází. Toto vše je patrné z následujících grafů a tabulek potřeby a dodávky tepla, které přikládám pro porovnání pro letní i zimní den.

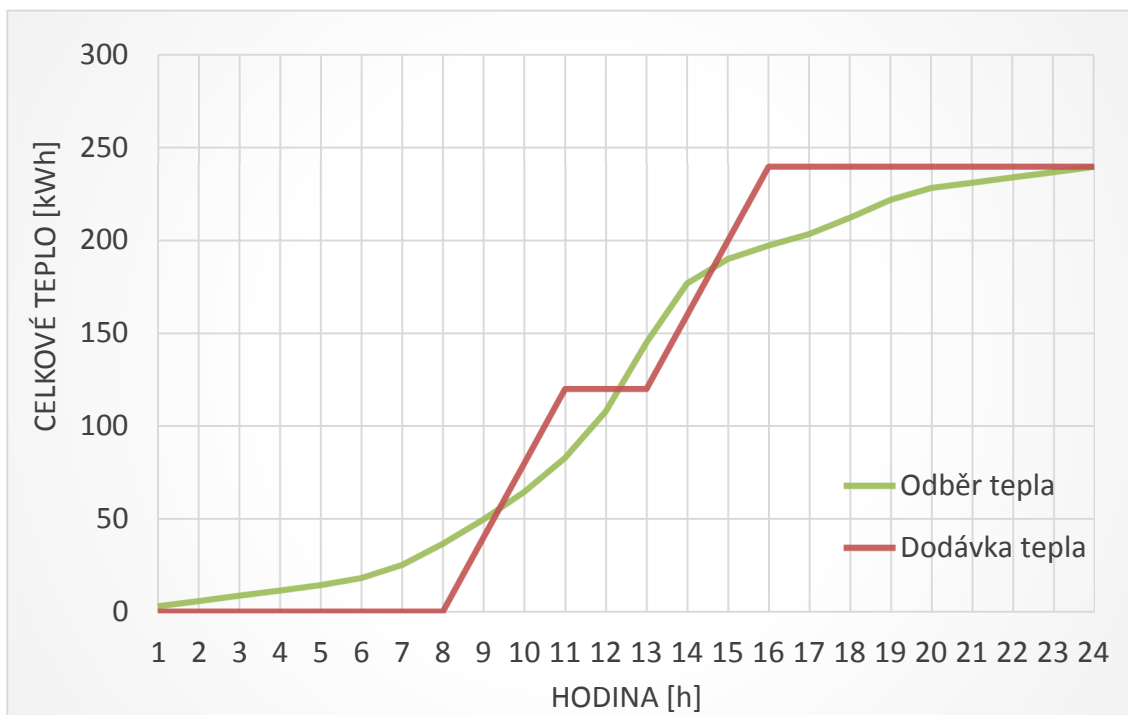


Graf 25 Křivka dodávky a odběru tepla pro zimní den s Micro T30 AP

Tab. 24 Výpočet dodávky a odběru tepla pro zimní den s Micro T30 AP

časový interval [h]	potřeba vody V_{2p} [%]	potřeba vody V_{2p} [m ³]	Teplo dodané Q_{2t} [kWh]	Teplo ztracené Q_{2z} [kWh]	Odběr tepla Q_{2p} [kWh]	Dodávka a tepla Q_{1p} [kWh]	ΔQ [kWh]
0:00 - 1:00	0	0,00	0,0	2,70	2,7	0	-2,70
1:00 - 2:00	0	0,00	0,0	2,70	5,4	0	-5,41
2:00 - 3:00	0	0,00	0,0	2,70	8,1	0	-8,11
3:00 - 4:00	0	0,00	0,0	2,70	10,8	0	-10,81
4:00 - 5:00	0	0,00	0,0	2,70	13,5	0	-13,52
5:00 - 6:00	0,5	0,01	0,8	2,70	17,0	18,9	1,89
6:00 - 7:00	2,5	0,07	4,1	2,70	23,8	37,9	14,06
7:00 - 8:00	5	0,14	8,1	2,70	34,6	56,8	22,17
8:00 - 9:00	6	0,17	9,7	2,70	47,0	75,7	28,66
9:00 - 10:00	7	0,19	11,4	2,70	61,1	94,6	33,53
10:00 - 11:00	9	0,25	14,6	2,70	78,4	113,6	35,15
11:00 - 12:00	13	0,36	21,1	2,70	102,2	132,5	30,28
12:00 - 13:00	20	0,56	32,4	2,70	137,3	151,4	14,06
13:00 - 14:00	17	0,47	27,6	2,70	167,6	170,3	2,70
14:00 - 15:00	6	0,17	9,7	2,70	180,1	189,3	9,19
15:00 - 16:00	2,5	0,07	4,1	2,70	186,8	208,2	21,36
16:00 - 17:00	2	0,06	3,2	2,70	192,8	227,1	34,34
17:00 - 18:00	3,5	0,10	5,7	2,70	201,2	227,1	25,96
18:00 - 19:00	4	0,11	6,5	2,70	210,3	227,1	16,76
19:00 - 20:00	2	0,06	3,2	2,70	216,3	227,1	10,81
20:00 - 21:00	0	0,00	0,0	2,70	219,0	227,1	8,11
21:00 - 22:00	0	0,00	0,0	2,70	221,7	227,1	5,41
22:00 - 23:00	0	0,00	0,0	2,70	224,4	227,1	2,70
23:00 - 24:00	0	0,00	0,0	2,70	227,1	227,1	0,00
Celkem	100	2,78	162,2	64,9			

$+\Delta Q_{\max} = 35,15$ [kWh]
 $-\Delta Q_{\max} = -13,52$ [kWh]
 $\Delta Q_{\max} = 48,67$ [kWh]
 $V_z = 0,84$ [m³]



Graf 26 Křivka dodávky a odběru tepla pro letní den s Micro T30 AP

Tab. 25 Výpočet dodávky a odběru tepla pro letní den s Micro T30 AP

časový interval	potřeba vody V_{2p}	potřeba vody V_{2p}	Teplo dodané Q_{2t}	Teplo ztracené Q_{2z}	Odběr tepla Q_{2p}	Dodávka tepla Q_{1p}	ΔQ
[h]	[%]	[m ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
0:00 - 1:00	0	0,00	0,0	2,85	2,9	0	-2,85
1:00 - 2:00	0	0,00	0,0	2,85	5,7	0	-5,70
2:00 - 3:00	0	0,00	0,0	2,85	8,6	0	-8,56
3:00 - 4:00	0	0,00	0,0	2,85	11,4	0	-11,41
4:00 - 5:00	0	0,00	0,0	2,85	14,3	0	-14,26
5:00 - 6:00	0,5	0,01	0,9	2,85	18,0	0	-17,97
6:00 - 7:00	2,5	0,07	4,3	2,85	25,1	0	-25,10
7:00 - 8:00	5	0,15	8,6	2,85	36,5	0	-36,50
8:00 - 9:00	6	0,18	10,3	2,85	49,6	39,9	-9,70
9:00 - 10:00	7	0,21	12,0	2,85	64,5	79,9	15,40
10:00 - 11:00	9	0,26	15,4	2,85	82,7	119,8	37,07
11:00 - 12:00	13	0,38	22,2	2,85	107,8	119,8	11,98
12:00 - 13:00	20	0,59	34,2	2,85	144,9	119,8	-25,10
13:00 - 14:00	17	0,50	29,1	2,85	176,8	159,7	-17,11
14:00 - 15:00	6	0,18	10,3	2,85	189,9	199,6	9,70
15:00 - 16:00	2,5	0,07	4,3	2,85	197,1	239,6	42,49
16:00 - 17:00	2	0,06	3,4	2,85	203,3	239,6	36,22
17:00 - 18:00	3,5	0,10	6,0	2,85	212,2	239,6	27,38
18:00 - 19:00	4	0,12	6,8	2,85	221,9	239,6	17,68
19:00 - 20:00	2	0,06	3,4	2,85	228,1	239,6	11,41
20:00 - 21:00	0	0,00	0,0	2,85	231,0	239,6	8,56
21:00 - 22:00	0	0,00	0,0	2,85	233,9	239,6	5,70
22:00 - 23:00	0	0,00	0,0	2,85	236,7	239,6	2,85
23:00 - 24:00	0	0,00	0,0	2,85	239,6	239,6	0,00
Celkem	100	2,93	171,1	68,4			
					+ ΔQ_{max} = 42,49 [kWh]		
					- ΔQ_{max} = -36,50 [kWh]		
					ΔQ_{max} = 79,00 [kWh]		
					V_z = 1,36 [m ³]		

Obdobně jsem postupovala při výpočtu i v jiných měsících a za použití dalších dvou kogeneračních jednotek. Výsledné potřebné objemy zásobníků a teplosměnné plochy vycházející z doby ohřevu, hodinového výkonu a zatížení KJ zobrazuje následující tabulka (Tab. 26).

Tab. 26 Potřebné objemy zásobníků TV v různých režimech

KJ	Měsíc	Potřeba	Potřeba	Doba	Potřebný	Výkon	Objem	Zatížení	Teplosměnná
		vody	tepla	dobíjení	výkon	KJ	zásobníku	KJ	plocha
		[m ³ /den]	[kWh/den]	[h/den]	[kWh/h]	[kW]	[m ³]	[%]	[m ²]
TEDOM Micro T30 AP	Leden	2,78	227,1	12	18,9	59,4	0,84	100	1,38
	Březen	2,87	234,6	12	19,6	59,4	0,86	100	1,42
	Květen	2,76	225,4	6	37,6	59,4	1,28	70	2,73
				8	28,2	59,4	1,28	55	2,05
	Září	2,93	239,6	4	59,4	59,4	2,20	100	4,32
				6	39,9	59,4	1,36	67	2,90
				7	34,2	59,4	1,31	58	2,49
	Srpen	2,58	210,8	6	35,1	59,4	1,15	59	2,56
6				35,1	59,4	1,20	59	2,56	
TEDOM Micro T33 AP	Leden	2,78	227,1	12	18,9	63,7	0,84	100	1,38
	Květen	2,76	225,4	6	37,6	63,7	1,28	66	2,73
				8	28,2	63,7	1,28	57	2,05
	Září	2,93	239,6	6	39,9	63,7	1,36	63	2,90
				7	34,2	63,7	1,31	54	2,49
VISSMANN Vitobloc 200 EM-50/81	Leden	2,78	227,11	12	18,9	81,0	0,86	100	1,38
	Květen	2,76	225,40	6	37,6	81,0	1,28	52	2,73
				8	28,2	81,0	1,28	40	2,05
	Září	2,93	239,56	6	39,9	81,0	1,36	49	2,90
				7	34,2	81,0	1,31	42	2,49
				5	47,9	81,0	1,96	59	3,48

Z výpočtu je patrné, jak jsem již zmiňovala výše, že v létě je potřeba větší objem zásobníku. Objem zásobníku tedy navrhuji dle letního provozu: 2x OKC 750 NTRR/BP o celkovém objemu 1450 l a to jak pro případný provoz s Micro T30, tak i pro provoz s Micro T33. Provozování jednotky Vitobloc 200 EM-50/81 by z hlediska letního provozu bylo méně vhodné.

2.9.1.6 NÁVRH ŠPIČKOVÉHO ZDROJE

Celkový potřebný instalovaný výkon kotlů Q_{PRIP} :

$$Q_{PRIP} = \max(Q_1, Q_2)$$

$$Q_1 = 0,7 \cdot Q_{\dot{U}T} + 0,7 \cdot Q_{VZT} + Q_{TV} = 0,7 \cdot 137 + 0,7 \cdot 39 + 20 = 143,2 \text{ [kW]}$$

$$Q_2 = Q_{\dot{U}T} + Q_{VZT} = 137 + 39 = 176 \text{ [kW]}$$

kde $Q_{\dot{U}T}$ je tepelná ztráta objektu při venkovní výpočtové teplotě [kW]

Q_{VZT} tepelný příkon vzduchotechniky [kW]

Q_{TV} tepelný příkon ohřevu TV [kW]

Pro splnění požadavku na instalovaný tepelný výkon navrhuji doplnění výkonu kogeneračních jednotek výkonem kondenzačních kotlů či elektrokotlů.

V případě KJ + kondenzační kotle navrhuji jako špičkový zdroj 3x kondenzační plynový kotel THERM 45 KD.A firmy Thermona o jmenovitém tepelném výkonu 45 kW a emisní třídě 5.

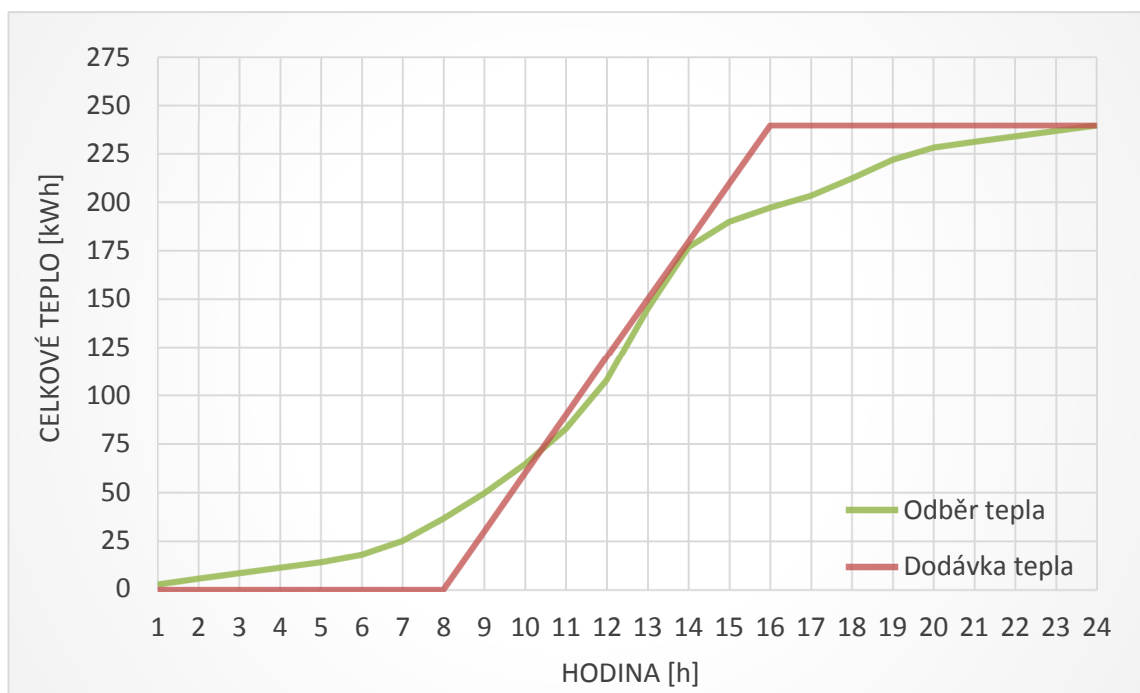
V případě KJ + elektrokotle navrhuji jako špičkový zdroj 2x elektrokotel BOSH Tronic 5000 H – 60 o jmenovitém výkonu 60 kW.

2.9.2 PLYNOVÉ KOTLE

V této kapitole se budu věnovat návrhu velikosti výkonu plynových kotlů, které budou sloužit jak pro pokrytí tepelných ztrát větráním a prostupem, tak pro celoroční přípravu teplé vody.

2.9.2.1 PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY

Potřebné množství teplé vody a průběh odběru tepla za den jsem si již stanovila v kapitole 2.6. Nyní přejdu k vytvoření grafu zahrnující křivky dodávky a odběru tepla (viz Graf 27) a následně zjistím potřebný objem zásobníku, potřebnou teplosměnnou plochu a jmenovitý výkon ohřevu pro zásobníkový ohřev.



Graf 27 Křivka dodávky a odběru tepla

Křivka dodávky a odběru tepla je sestrojena na základě výsledků tabulky Tab. 27. Z rozdílů mezi odběrem a dodávkou tepla zjistíme maximální hodnotu ΔQ_{max} a dopočteme velikost zásobníku V_z :

$$V_z = \frac{\Delta Q_{max}}{c \cdot (t_2 - t_1)} = \frac{51,33}{1,163 \cdot (60 - 10)} = 0,88 \text{ [m}^3\text{]}$$

kde c je měrná tepelná kapacita vody $\left[\frac{\text{Wh}}{\text{kg}\cdot\text{K}}\right]$

t_1 teplota vstupní vody [°C]

t_2 teplota výstupní vody [°C]

Tab. 27 Výpočet průběhu odběru a dodávky tepla pro ohřev TV

Časový interval [h]	Potřeba vody V_{2p} [%]	Potřeba vody V_{2p} [m ³]	Teplo dodané Q_{2t} [kWh]	Teplo ztracené Q_{2z} [kWh]	Odběr tepla Q_{2p} [kWh]	Dodávka tepla Q_{1p} [kWh]	ΔQ [kWh]
0:00 - 1:00	0	0,00	0,0	2,85	2,9	0	-2,85
1:00 - 2:00	0	0,00	0,0	2,85	5,7	0	-5,70
2:00 - 3:00	0	0,00	0,0	2,85	8,6	0	-8,56
3:00 - 4:00	0	0,00	0,0	2,85	11,4	0	-11,41
4:00 - 5:00	0	0,00	0,0	2,85	14,3	0	-14,26
5:00 - 6:00	0,5	0,01	0,9	2,85	18,0	20,0	2,00
6:00 - 7:00	2,5	0,07	4,3	2,85	25,1	39,9	14,83
7:00 - 8:00	5	0,15	8,6	2,85	36,5	59,9	23,39
8:00 - 9:00	6	0,18	10,3	2,85	49,6	79,9	30,23
9:00 - 10:00	7	0,21	12,0	2,85	64,5	99,8	35,36
10:00 - 11:00	9	0,26	15,4	2,85	82,7	119,8	37,07
11:00 - 12:00	13	0,38	22,2	2,85	107,8	139,7	31,94
12:00 - 13:00	20	0,59	34,2	2,85	144,9	159,7	14,83
13:00 - 14:00	17	0,50	29,1	2,85	176,8	179,7	2,85
14:00 - 15:00	6	0,18	10,3	2,85	189,9	199,6	9,70
15:00 - 16:00	2,5	0,07	4,3	2,85	197,1	219,6	22,53
16:00 - 17:00	2	0,06	3,4	2,85	203,3	239,6	36,22
17:00 - 18:00	3,5	0,10	6,0	2,85	212,2	239,6	27,38
18:00 - 19:00	4	0,12	6,8	2,85	221,9	239,6	17,68
19:00 - 20:00	2	0,06	3,4	2,85	228,1	239,6	11,41
20:00 - 21:00	0	0,00	0,0	2,85	231,0	239,6	8,56
21:00 - 22:00	0	0,00	0,0	2,85	233,9	239,6	5,70
22:00 - 23:00	0	0,00	0,0	2,85	236,7	239,6	2,85
23:00 - 24:00	0	0,00	0,0	2,85	239,6	239,6	0,00
Celkem	100	2,93	171,1	68,4			

$+\Delta Q_{\max} = 37,07$ [kWh]
 $-\Delta Q_{\max} = -14,26$ [kWh]
 $\Delta Q_{\max} = 51,33$ [kWh]

Jmenovitý tepelný výkon ohřevu Q_{1n} :

$$Q_{1n} = \frac{Q_{2p}}{\tau} = \frac{239,6}{12} = 19,97 \text{ [kW]}$$

kde Q_{2p} je teplo dodané ohříváčem do vody [kWh]

τ doba periody [h]

Potřebná teplosměnná plocha ohřívače A:

$$A = \frac{Q_{1n}}{U \cdot \Delta t} = \frac{19,97 \cdot 10^3}{420 \cdot 32,7} = 1,45 \text{ [m}^2\text{]}$$
$$\Delta t = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{(T_1 - t_2)}{(T_2 - t_1)}} = \frac{(80 - 60) - (60 - 10)}{\ln \frac{(80 - 60)}{(60 - 10)}} = 32,7$$

kde U je součinitel prostupu tepla teplosměnné plochy [W/m²K]

T_1 teplota topné vody na vstupu [°C]

T_2 teplota topné vody na výstupu [°C]

t_1 teplota zahřívání látky na vstupu [°C]

t_2 teplota zahřívání látky na výstupu [°C]

Navrhuji dva zásobníky teplé vody OKC 500 NTR/BP o celkovém objemu 894 l s celkovou plochou výměníků 4,0 m².

2.9.2.2 NÁVRH PLYNOVÝCH KOTLŮ

Celkový potřebný instalovaný výkon kotlů Q_{PRIP} :

$$Q_{PRIP} = \max(Q_1, Q_2)$$

$$Q_1 = 0,7 \cdot Q_{\dot{U}T} + 0,7 \cdot Q_{VZT} + Q_{TV} = 0,7 \cdot 137 + 0,7 \cdot 39 + 20 = 143,2 \text{ [kW]}$$

$$Q_2 = Q_{\dot{U}T} + Q_{VZT} = 137 + 39 = 176 \text{ [kW]}$$

kde $Q_{\dot{U}T}$ je tepelná ztráta objektu při venkovní výpočtové teplotě [kW]

Q_{VZT} tepelný příkon vzduchotechniky [kW]

Q_{TV} tepelný příkon ohřevu TV [kW]

Požadovaný výkon zdroje je 176 kW, pro letní provoz 20 kW.

Navrhuji kaskádu čtyř plynových kondenzačních kotlů THERM 45 KD.A firmy Thermona. Kotle disponují plynulou regulací výkonu od 13 kW do 45 kW a splňují 5. emisní třídu NOx.

2.10 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Tato kapitola se věnuje jednoduché ekonomické analýze navržených variant rekonstrukce zdroje tepla. Výsledkem výpočtu je ekonomické vyhodnocení a porovnání investičních a provozních nákladů.

2.10.1 NÁKLADY

Náklady lze dělit mnoha způsoby. Pro náš účel srovnání je můžeme rozdělit na náklady investiční a náklady provozní.

2.10.1.1 INVESTIČNÍ NÁKLADY

Do investičních nákladů řadíme:

- náklady na pořízení zařízení
- náklady na instalaci zařízení
- náklady na projekční práce

2.10.1.2 PROVOZNÍ NÁKLADY

Do provozních nákladů se řadí například:

- náklady na energii a paliva (tvoří až 80 % provozních nákladů)
- náklady na mzdy
- náklady na opravy a údržbu
- náklady na úpravy zplodin
- materiálové náklady

2.10.2 PŘÍSPĚVKY KVET

Výrobní elektřiny z vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla patří mezi podporované zdroje energie (viz zákon č. 165/2012 Sb.). Způsob podpory probíhá v České republice formou tzv. zelených bonusů. Zelený bonus je platba za vyrobenou energii a je jedno, jestli si ji spotřebujeme sami nebo ji dodáme do sítě. Výše každoročního příspěvku je určena v příslušném cenovém rozhodnutí ERÚ.

Cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č. 11/2016 ze dne 22. prosince 2016 stanovuje výši ročního zeleného bonusu pro elektřinu z vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla pouze pro zdroje uvedené do provozu do 31. prosince 2012. Výši podpory pro výroby uvedené do provozu od 1. ledna 2013 ERÚ nestanoví do té doby, než budou vydána další notifikační rozhodnutí.

2.10.3 METODY HODNOCENÍ EFEKTIVNOSTI INVESTIC

V ekonomii existuje velké množství ukazatelů, podle kterých můžeme posoudit vhodnost energetické investice. Pro porovnání různých variant zajištění dodávky elektřiny a tepla a výběru optimální varianty můžeme použít celou řadu metod. Je vhodné použít takových metod, které vyhodnotí dobu návratnosti investice (čím kratší doba, tím lépe) a její profitabilitu (čím vyšší, tím lépe). K finanční analýze lze například využít následující ekonomické ukazatele:

- prostá doba návratnosti (PB)
- diskontovaná doba návratnosti (PO)
- metoda čisté současné hodnoty (NPV)
- vnitřní výnosové procento (IRR)

2.10.3.1 PROSTÁ DOBA NÁVRATNOSTI (PB)

Prostá návratnost představuje nejjednodušší používaný způsob hodnocení, která ale nezohledňuje časovou hodnotu peněz. Dobou návratnosti rozumíme počet let, během nichž bude investovaná částka zaplacená z výnosů či příjmů. Pokud jsou výnosy v jednotlivých letech konstantní, lze dobu návratnosti určit jednoduchým výpočtem:

$$PB = \frac{IN}{CF}$$

kde PB je prostá doba návratnosti [roky]
 IN investovaná částka [Kč]
 CF roční zisk nebo cash-flow [Kč]

2.10.3.2 DISKONTOVANÁ DOBA NÁVRATNOSTI (PO)

Diskontovaná doba návratnosti (někdy též reálná doba splacení) je obdobou prosté doby návratnosti, ale s tím rozdílem, že zohledňuje časovou hodnotu peněz.

$$PO = \frac{IN}{DCF}$$

$$DCF = \frac{CF}{(1+r)^t}$$

Kde PO je prostá doba návratnosti [roky]
 IN investovaná částka [Kč]
 CF roční zisk nebo cash-flow [Kč]
 r diskont [%]
 t rok, ke kterému se CFD počítá

2.10.3.3 ČISTÁ SOUČASNÁ HODNOTA (NPV)

Metoda čisté současné hodnoty je vhodnějším kritériem pro rozhodování než prostá návratnost, protože je v ní zahrnuta celá doba životnosti projektu i srovnání s možností investování do jiného projektu.

$$NPV = \sum_{t=1}^{T_z} \frac{CF_t}{(1+r)^t} - IN$$

kde CF_t je cash-flow [Kč]

$(1+r)^t$ diskontní faktor

T_z doba ekonomické životnosti (doba hodnocení) [roky]

IN investiční náklad na počátku hodnotícího období [Kč]

Pokud je $NPV > 0$ investiční záměr lze doporučit k realizaci, pokud je $NPV < 0$ projekt není vhodné realizovat.

2.10.3.4 VNITŘNÍ VÝNOSOVÉ PROCENTO (IRR)

Vnitřní výnosové procento představuje trvalý roční výnos projektu. Obecně řečeno je IRR diskontní sazba (míra návratnosti), při které je NPV investice nulová:

$$NPV = \sum_0^t \frac{CF}{(1+IRR)^t} = 0$$

kde CF je cash-flow

IRR vnitřní výnosové procento

t rok, ke kterému se NPV počítá

Vyjde-li $IRR > 0$, lze investici k realizaci přijmout, vyjde-li $IRR < 0$, investice by měla být zamítnuta.

2.10.4 HODNOCENÍ VARIANT

Pro ekonomické posouzení vhodnosti investice budu uvažovat následující varianty zdrojů tepla:

- A. Kaskáda kondenzačních kotlů
- B. KJ Micro T30 AP + kondenzační kotle
- C. KJ Micro T30 AP + elektrokotle
- D. KJ Micro T33 AP + kondenzační kotle
- E. KJ Micro T33 AP + elektrokotle

2.10.4.1 VSTUPNÍ ÚDAJE

Pro výpočty finančního hodnocení jsem uvažovala následující vstupní údaje:

Cena zemního plynu:	14,0	[Kč/m ³]
Spalné teplo:	10,55	[kWh/m ³]
Cena elektřiny:	3,8	[Kč/kWh]
Cena tepla:	767,2	[Kč/GJ]

Ceny uvedené ve výpočtech jsou pouze orientační. Ceny kotlů odpovídají ceníkům uvedených na internetových stránkách výrobců a ceny kogeneračních jednotek podle poskytnutých informací firmou Tedom.

Roční náklady na elektřinu a teplo pro vytápění a přípravu teplé vody před realizací energeticky úsporných opatření shrnuje tabulka Tab. 28.

Tab. 28 Roční energie a náklady na elektřinu a teplo původního stavu

	Původní stav	
	Energie [kWh]	Náklady [Kč]
Potřeba elektřiny	335 500	1 274 900
Potřeba tepla	429 235	1 185 529
Potřeba plynu	0	0
Náklady na energie celkem	-	2 460 429

Náklady na zateplení fasády a výměny výplní otvorů zobrazuje tabulka Tab. 29

Tab. 29 Náklady na zateplení fasády a výměnu výplní otvorů

Konstrukce	Plocha [m ²]	Cena [Kč/m ²]	Cena celkem [Kč]
Obvodová stěna	1 785	1 100	1 963 621
Okna	234	4 000	934 000
Dveře	9	4 000	35 200

Samotný výpočet ekonomické efektivity energetických opatření (PB, PO, NPV, IRR) jsem provedla pomocí finančního kalkulátoru dostupného na internetovém portálu tzbinfo. [12]

2.10.4.2 VARIANTA A

Roční potřeby energií, náklady a finanční úsporu při uvažování zřízení kotelny s kondenzačními kotli zobrazuje následující tabulka Tab. 30.

Tab. 30 Roční energetická bilance – varianta A

4 x kotel THERM 45 KD.A		
Potřeba energií a paliva		
Potřeba elektřiny	335 500	[kWh]
Potřeba tepla	282 882	[kWh]
Potřeba zemního plynu	26 813	[m ³]
Investiční náklady		
4 x kondenzační kotel	231 836	[Kč]
Stavební a topenářské úpravy	378 000	[Kč]
Výměna výplní otvorů	969 200	[Kč]
Zateplení fasády	1 963 621	[Kč]
Celkem investiční náklady	3 542 657	[Kč]
Provozní náklady		
Elektřina	1 274 900	[Kč]
Zemní plyn	375 388	[Kč]
Provoz a údržba	40 000	[Kč]
Celkem provozní náklady	1 690 288	[Kč]
Přínosy projektu		
Náklady na energie původní	2 460 429	[Kč]
Roční úspora	770 141	[Kč]

Základní parametry investice			
Doba životnosti projektu	15	[počet let] ???	
Celková investice do zařízení	3542657	[Kč] ???	
Úvěr nutný pro pořízení zařízení ???			
Úvěr (vypůjčená částka)	0	[Kč]	
Úroková sazba	0	[%]	
Doba splácení úvěru	0	[počet let]	
Roční výnos z provozovaného zařízení ???			
Roční výnos z pořízovaného zařízení	770141	[Kč]	
Roční změna výnosu z pořízovaného zařízení	3	[%]	
Roční náklady na provoz pořízovaného zařízení ???			
	Roční náklady [Kč]	Roční změna nákladů [%]	
č. 1	0	0	
č. 2	0	0	
Doplňkové parametry investice			
Diskont - výnos alternativní investice	1,5	% ???	
Bude se danit zisk z projektu? ???	<input checked="" type="radio"/> Ne <input type="radio"/> Ano		
<input type="button" value="Vypočítat"/>			
VÝSLEDKY			
NPV - čistá současná hodnota projektu:	9094976 Kč ???		
Roční ekvivalentní finanční toky investice:	681617 Kč ???		
Doba návratnosti:	5 let ???		
Diskontovaná doba návratnosti:	5 let ???		
IRR - vnitřní výnosové procento investice:	23 % ???		

Obr. 18 Výsledek finančního kalkulátoru – varianta A

2.10.4.3 VARIANTA B

Tab. 31 Roční energetická bilance – varianta B

KJ Micro T30 AP + kondenzační kotle		
Potřeba energií objektu		
Potřeba elektřiny	335 500	[kWh]
Potřeba tepla	282 882	[kWh]
Kogenerační jednotka		
Výrobená elektřina	64 445	[kWh]
Vyrobené teplo	127 601	[kWh]
Potřeba zemního plynu	21 843	[m ³]
Kondenzační kotle		
Výroba tepla	155 281	[kWh]
Potřeba zemního plynu	14 719	[m ³]
Nákup energií a paliva		
Elektřina	271 055	[kWh]
Zemní plyn	36 561	[m ³]
Provozní náklady		
Elektřina	1 030 010	[Kč]
Zemní plyn	511 861	[Kč]
Provoz a údržba	108 000	[Kč]
Celkem provozní náklady	1 649 871	[Kč]
Investiční náklady		
KJ Micro T30 AP	1 210 000	[Kč]
3 x kondenzační kotel 45kW	173 877	[Kč]
Stavební a topenářské úpravy	387 200	[Kč]
Výměna výplní otvorů	969 200	[Kč]
Zateplení fasády	1 963 621	[Kč]
Celkem investiční náklady	4 703 898	[Kč]
Přínosy projektu		
Náklady na energie původní	2 460 429	[Kč]
Roční úspora	810 559	[Kč]

Základní parametry investice

Doba životnosti projektu [počet let] ???
 Celková investice do zařízení [Kč] ???

Úvěr nutný pro pořízení zařízení ???

Úvěr (vypůjčená částka) [Kč]
 Úroková sazba [%]
 Doba splácení úvěru [počet let]

Roční výnos z provozovaného zařízení ???

Roční výnos z pořízovaného zařízení [Kč]
 Roční změna výnosu z pořízovaného zařízení [%]

Roční náklady na provoz pořízovaného zařízení ???

	Roční náklady [Kč]		Roční změna nákladů [%]	
č. 1	<input type="text" value="0"/>		<input type="text" value="0"/>	
č. 2	<input type="text" value="0"/>		<input type="text" value="0"/>	

Doplňkové parametry investice

Diskont - výnos alternativní investice % ???
 Bude se danit zisk z projektu? ??? Ne Ano

VÝSLEDKY

NPV - čistá současná hodnota projektu: **8596979 Kč** ???
 Roční ekvivalentní finanční toky investice: **644295 Kč** ???
 Doba návratnosti: **6 let** ???
 Diskontovaná doba návratnosti: **6 let** ???
 IRR - vnitřní výnosové procento investice: **18 %** ???

Obr. 19 Výsledek finančního kalkulatoru – varianta B

2.10.4.4 VARIANTA C

Tab. 32 Roční energetická bilance – varianta C

KJ Micro T30 AP + elektrokotle		
Potřeba energií objektu		
Potřeba elektřiny	335 500	[kWh]
Potřeba tepla	282 882	[kWh]
Kogenerační jednotka		
Výrobená elektřina	64 445	[kWh]
Vyrobené teplo	127 601	[kWh]
Potřeba zemního plynu	21 843	[m ³]
Elektrokotle		
Výroba tepla	155 281	[kWh]
Potřeba zemního plynu	0	[m ³]
Nákup energií a paliva		
Elektřina	426 336	[kWh]
Zemní plyn	21 843	[m ³]
Provozní náklady		
Elektřina	1 620 078	[Kč]
Zemní plyn	305 801	[Kč]
Provoz a údržba	83 000	[Kč]
Celkem provozní náklady	2 008 879	[Kč]
Investiční náklady		
KJ Micro T30 AP	1 210 000	[Kč]
2x elektrokotel 60kW	70 000	[Kč]
Stavební a topenářské úpravy	309 760	[Kč]
Výměna výplní otvorů	969 200	[Kč]
Zateplení fasády	1 963 621	[Kč]
Celkem investiční náklady	4 522 581	[Kč]
Přínosy projektu		
Náklady na energie původní	2 460 429	[Kč]
Roční úspora	451 551	[Kč]

Základní parametry investice

Doba životnosti projektu [počet let] ???

Celková investice do zařízení [Kč] ???

Úvěr nutný pro pořízení zařízení ???

Úvěr (vypůjčená částka) [Kč]

Úroková sazba [%]

Doba splácení úvěru [počet let]

Roční výnos z provozovaného zařízení ???

Roční výnos z pořízovaného zařízení [Kč]

Roční změna výnosu z pořízovaného zařízení [%]

Roční náklady na provoz pořízovaného zařízení ???

	Roční náklady [Kč]		Roční změna nákladů [%]	
č. 1	<input type="text" value="0"/>		<input type="text" value="0"/>	
č. 2	<input type="text" value="0"/>		<input type="text" value="0"/>	

Doplňkové parametry investice

Diskont - výnos alternativní investice % ???

Bude se danit zisk z projektu? ??? Ne Ano

VÝSLEDKY

NPV - čistá současná hodnota projektu: **2887148 Kč** ???

Roční ekvivalentní finanční toky investice: **216375 Kč** ???

Doba návratnosti: **9 let** ???

Diskontovaná doba návratnosti: **10 let** ???

IRR - vnitřní výnosové procento investice: **8 %** ???

Obr. 20 Výsledek finančního kalkulátoru – varianta C

2.10.4.5 VARIANTA D

Tab. 33 Roční energetická bilance – varianta D

KJ Micro T33 AP + kondenzační kotle		
Potřeba energií objektu		
Potřeba elektřiny	335 500	[kWh]
Potřeba tepla	282 882	[kWh]
Kogenerační jednotka		
Výrobená elektřina	68 978	[kWh]
Vyrobené teplo	133 148	[kWh]
Potřeba zemního plynu	22 830	[m ³]
Kondenzační kotle		
Výroba tepla	149 733	[kWh]
Potřeba zemního plynu	14 193	[m ³]
Nákup energií a paliva		
Elektřina	266 522	[kWh]
Zemní plyn	37 023	[m ³]
Provozní náklady		
Elektřina	1 012 784	[Kč]
Zemní plyn	518 316	[Kč]
Provoz a údržba	108 000	[Kč]
Celkem provozní náklady	1 639 100	[Kč]
Investiční náklady		
KJ Micro T30 AP	1 222 100	[Kč]
3x ondenzační kotel 4kW	173 877	[Kč]
Stavební a topenářské úpravy	387 200	[Kč]
Výměna výplní otvorů	969 200	[Kč]
Zateplení fasády	1 963 621	[Kč]
Celkem investiční náklady	4 715 998	[Kč]
Přínosy projektu		
Náklady na energie původní	2 460 429	[Kč]
Roční úspora	821 329	[Kč]

Základní parametry investice

Doba životnosti projektu [počet let] ???

Celková investice do zařízení [Kč] ???

Úvěr nutný pro pořízení zařízení ???

Úvěr (vypůjčená částka) [Kč]

Úroková sazba [%]

Doba splácení úvěru [počet let]

Roční výnos z provozovaného zařízení ???

Roční výnos z pořizovaného zařízení [Kč]

Roční změna výnosu z pořizovaného zařízení [%]

Roční náklady na provoz pořizovaného zařízení ???

	Roční náklady [Kč]		Roční změna nákladů [%]	
č. 1	<input type="text" value="0"/>		<input type="text" value="0"/>	
č. 2	<input type="text" value="0"/>		<input type="text" value="0"/>	

Doplňkové parametry investice

Diskont - výnos alternativní investice % ???

Bude se danit zisk z projektu? ??? Ne Ano

VÝSLEDKY

NPV - čistá současná hodnota projektu: **8761605 Kč** ???

Roční ekvivalentní finanční toky investice: **656633 Kč** ???

Doba návratnosti: **6 let** ???

Diskontovaná doba návratnosti: **6 let** ???

IRR - vnitřní výnosové procento investice: **18 %** ???

Obr. 21 Výsledek finančního kalkulátoru – varianta D

2.10.4.6 VARIANTA E

Tab. 34 Roční energetická bilance – varianta E

KJ Micro T33 AP + elektrokotle		
Potřeba energií objektu		
Potřeba elektřiny	335 500	[kWh]
Potřeba tepla	282 882	[kWh]
Kogenerační jednotka		
Vyrobena elektřina	68 973	[kWh]
Vyrobené teplo	133 148	[kWh]
Potřeba zemního plynu	22 830	[m ³]
Elektrokotle		
Výroba tepla	149 733	[kWh]
Potřeba zemního plynu	0	[m ³]
Nákup energií a paliva		
Elektřina	416 255	[kWh]
Zemní plyn	22 830	[m ³]
Provozní náklady		
Elektřina	1 581 771	[Kč]
Zemní plyn	319 618	[Kč]
Provoz a údržba	83 000	[Kč]
Celkem provozní náklady	1 984 388	[Kč]
Investiční náklady		
KJ Micro T30 AP	1 222 100	[Kč]
2x elektrokotel 60kW	70 000	[Kč]
Stavební a topenářské úpravy	309 760	[Kč]
Výměna výplní otvorů	969 200	[Kč]
Zateplení fasády	1 963 621	[Kč]
Celkem investiční náklady	4 534 681	[Kč]
Přínosy projektu		
Náklady na energie původní	2 460 429	[Kč]
Roční úspora	476 041	[Kč]

Základní parametry investice

Doba životnosti projektu [počet let] ???

Celková investice do zařízení [Kč] ???

Úvěr nutný pro pořízení zařízení ???

Úvěr (vypůjčená částka) [Kč]

Úroková sazba [%]

Doba splácení úvěru [počet let]

Roční výnos z provozovaného zařízení ???

Roční výnos z pořízovaného zařízení [Kč]

Roční změna výnosu z pořízovaného zařízení [%]

Roční náklady na provoz pořízovaného zařízení ???

	Roční náklady [Kč]		Roční změna nákladů [%]	
č. 1	<input type="text" value="0"/>		<input type="text" value="0"/>	
č. 2	<input type="text" value="0"/>		<input type="text" value="0"/>	

Doplňkové parametry investice

Diskont - výnos alternativní investice % ???

Bude se danit zisk z projektu? ??? Ne Ano

VÝSLEDKY

NPV - čistá současná hodnota projektu: **3276916 Kč** ???

Roční ekvivalentní finanční toky investice: **245586 Kč** ???

Doba návratnosti: **9 let** ???

Diskontovaná doba návratnosti: **10 let** ???

IRR - vnitřní výnosové procento investice: **9 %** ???

Obr. 22 Výsledek finančního kalkulatoru – varianta E

2.10.4.7 SHRUTÍ VÝSLEDKŮ HODNOCENÝCH VARIANT

Parametr	Jedn.	Varianta				
		A	B	C	D	E
Investiční náklady	[Kč]	3 542 657	4 703 898	4 522 581	4 715 998	4 534 681
Roční úspora	[Kč]	770 141	810 559	451 551	821 329	476 041
NPV	[Kč]	9 094 976	8 596 979	2 887 148	8 761 605	3 276 916
PB	[roky]	5	6	9	6	9
PO	[roky]	5	6	10	6	10
IRR	[%]	23	18	8	18	9

Výsledky ekonomického hodnocení jsou pouze orientační. Vstupní investiční náklady (kromě ceny zdrojů) a náklady na provoz a údržbu byly odhadnuty. Celkový výsledek ekonomické bilance může vylepšit například případné připočtení zelených bonusů, či sjednání nižších cen za energie u dodavatelů. Z ekonomického hlediska se nejlépe jeví varianta A (kaskáda kondenzačních kotlů), zároveň však žádná z variant nevychází ztrátově.

2.11 EMISE ŠKODLIVÝCH LÁTEK

Ovzduší je jednou z nejdůležitějších složek životního prostředí. Kvalita vdechovaného vzduchu přímo ovlivňuje zdraví člověka, a proto by měla být kvalita ovzduší věnována velká pozornost. V České republice oblast ochrany ovzduší řeší zákon č. 201/2012 Sb., o ovzduší (se změnami 64/2014 Sb., 87/2014 Sb. a 382/2015 Sb.).

Kogenerační jednotky TEDOM Micro T30 AP a Micro T33 AP splňují požadavky na emisní limity NO_x a CO ve spalinách. Při 5% obsahu O₂ ve spalinách jsou hodnoty NO_x podle technické specifikace 250 mg/Nm³ a hodnoty CO 300 mg/Nm³. Kondenzační plynové kotle splňují 5. emisní třídu NO_x. Elektrokotle neprodukují žádné emise.

Důležitou škodlivinou je také hluk. Kogenerační jednotky pro svou činnost využívají spalovací motor, který je významným zdrojem hluku. Dle technické specifikace je úroveň akustického tlaku v 1 m od KJ s protihlukovým krytem 60 dB(A) (Micro T30), 62 dB(A) (Micro T33). Pro dosažení nižší úrovně hluku je možné realizovat například tyto protihluková opatření:

- opatřit KJ tlumičem sání motoru
- uložit jednotku na odpruženou betonovou desku
- jednotku do topného systému připojit přes pryžové kompenzátory

- použít přídavné tlumiče výfuku
- řešit odhlučnění samotné strojovny apod.

2.12 ZHODNOCENÍ VARIANT

Nejvýznamnějším hlediskem při rozhodování o volbě varianty je ekonomika provozu a finanční investice. Podíváme-li se na výsledky analýzy ekonomické návratnosti, je na tom nejlépe varianta s kondenzačními kotli. Varianta kogenerační jednotky s kondenzačními kotli je na tom jen o málo hůř. Varianta KJ a elektrokotle vychází ekonomicky nejhůř, avšak i tak ji lze k realizaci doporučit.

Pro volbu nového zdroje tepla je ekonomika provozu, jak jsem již zmínila výše, bezesporu důležitým kritériem, nicméně je potřeba přihlídnout také k jiným faktorům, jako je například uživatelský komfort, náročnost výstavby, vliv na životní prostředí, prostorové nároky, či výsledné vzezření vnější obálky budovy.

Předností použití kotlů spalující zemní plyn je vcelku malý měrný zastavěný prostor spojený s velkou dynamikou změny výkonu. Díky plynule modulovatelnému výkonu elektrokotlů i kondenzačních kotlů se předurčují k funkci špičkového a záložního zdroje, který tak může, na rozdíl od kogenerační jednotky, přesněji pokrýt požadavek na teplo. Použití KJ však s sebou nese výhodu vlastní výroby elektřiny, schopnost efektivního využití paliva a možnost příspěvků v rámci zelených bonusů. Zdroje spalující zemní plyn produkují spaliny, které musí být odvedeny dodatečně vybudovanými komínovými tělesy a které tak mohou kazit celkový vzhled objektu, na rozdíl od elektrokotlů, které neprodukují žádné spaliny, zároveň nepotřebují přívod vzduchu pro spalování a jsou tak nejméně náročné na výběr umístění. Každá z navrhovaných variant má své pro a proti a při volbě vhodného řešení je také nezbytné dbát požadavků investora.

2.13 TECHNICKÁ ZPRÁVA

Tato technická zpráva je vytvořena pro tři varianty řešení (varianta A: kaskáda kondenzačních kotlů, varianta B (D): KJ + kondenzační kotle, varianta C (E): KJ + elektrokotle).

2.13.1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE STAVBY

Název stavby: Rekonstrukce zdroje tepla - kuchyně

Místo stavby: Brno

Část: Vytápění

Stupeň: Dokumentace pro stavební povolení

Projekt řeší rekonstrukci zdroje tepla pro vytápění a přípravu teplé vody pro kuchyň v průmyslovém areálu v Brně. V současnosti je jako zdroj tepla využívána pára. Tento způsob je zvláště v letních měsících ekonomicky velmi málo efektivní.

2.13.2 TEPELNÁ CHARAKTERISTIKA

Tepelné ztráty byly vypočteny dle ČSN 73 0540 a ČSN EN 12381 pro venkovní výpočtovou teplotu -12 °C.

Celková tepelná ztráta objektu je 176 kW. Z toho 39 kW je pokryto teplovzdušným větráním. Celková roční potřeba tepla pro vytápění a ohřev vody je 282,6 MWh/rok.

2.13.3 ZDROJ TEPLA

2.13.3.1 VARIANTA A

Jako zdroj tepla pro vytápění a ohřev vody je navržena kaskáda čtyř nástěnných kondenzačních kotlů o jmenovitém výkonu 45 kW. Zdroje budou zapojeny dle výkresu č. 02 "Schéma zapojení zdroje tepla – var. A", které je součástí této dokumentace. Spaliny budou odvedeny do nově vybudovaného komínového tělesa. Nově vybudovaný zdroj tepla bude napojen na stávající rozvody ÚT, VZT a rozvody teplé vody. Pro ohřev teplé vody budou využity dva zásobníky o velikosti 500l. Soustava bude zajištěna pojistnými ventily osazenými na zdrojích tepla, dále bude soustava jištěna expanzními nádobami. Pro doplňování otopné vody bude použit automatický systém pro úpravu a doplňování otopné vody.

2.13.3.2 VARIANTA B (D)

Jako zdroj tepla pro vytápění a ohřev vody je navržena kogenerační jednotka, která bude umístěna ve strojovně v 1PP přímo pod kuchyňským provozem. KJ bude doplněna dvěma závěsnými kondenzačními kotli. Zdroje budou zapojeny dle výkresu č. 04 "Schéma zapojení zdroje tepla – var. B (D)", které je součástí této dokumentace. Spaliny budou odvedeny do nově vybudovaných komínových těles. Nově vybudovaný zdroj tepla bude napojen na stávající rozvody ÚT, VZT a rozvody teplé vody. Pro ohřev teplé vody budou využity dva zásobníky o velikosti 750l. Soustava bude zajištěna pojistnými ventily osazenými na zdrojích tepla, dále bude soustava jištěna expanzními nádobami. Pro doplňování otopné vody bude použit automatický systém pro úpravu a doplňování otopné vody.

2.13.3.3 VARIANTA C (E)

Jako zdroj tepla pro vytápění a ohřev vody je navržena kogenerační jednotka, která bude umístěna ve strojovně v 1PP přímo pod kuchyňským provozem. KJ bude doplněna dvěma elektrokotli. Zdroje budou zapojeny dle výkresu č. 06 "Schéma zapojení zdroje tepla – var. C (E)", které je součástí této dokumentace. Spaliny od kogenerační jednotky budou odvedeny do nově vybudovaného komínového tělesa. Nově vybudovaný zdroj tepla bude napojen na stávající rozvody ÚT, VZT a rozvody teplé vody. Pro ohřev teplé vody budou využity dva zásobníky o velikosti 750l. Soustava bude zajištěna pojistnými ventily osazenými na zdrojích tepla, dále bude soustava jištěna expanzními nádobami. Pro doplňování otopné vody bude použit automatický systém pro úpravu a doplňování otopné vody.

2.13.4 POŽADAVKY NA NAVAZUJÍCÍ PROFESE

2.13.4.1 STAVEBNÍ ČÁST

V rámci stavební části je nutné zajistit zhotovení prostupů a drážek pro vedení rozvodů potrubí.

Budou zajištěny transportní cesty a montážní otvory pro osazení jednotlivých zařízení topné soustavy.

2.13.4.2 ZTI

Napojení rozvodů teplé, studené vody a cirkulace.

Svedení přepadu od pojistných ventilů a odvod kondenzátu (od kondenzačních kotlů a kogenerační jednotky) přes neutralizační zařízení do kanalizačního systému.

2.13.4.3 PLYNOINSTALACE

Připojení jednotlivých zdrojů a jejich následná revize.

2.13.4.4 POŽADAVKY NA VZT

Strojovna pro umístění kogenerační jednotky bude umístěna v 1 PP objektu kuchyně. Strojovna (a místnost s plynovými kotli) bude vybavena požadovaným VZT pro požadovanou výměnu vzduchu. Dále bude strojovna (a místnost s plynovými kotli) vybavena detektory úniku plynu a spalin. Toto bude řešeno detailně při realizaci díla.

2.13.4.5 POŽADAVKY NA ELEKTRO a MaR

Regulace a elektro zajistí napájení, jištění a ovládání včetně kabeláže zdrojů tepla a instalací MaR.

3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1 ÚVOD - VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ STAVEB

Každý prostor, kde se zdržují lidé, musí být pro člověka zdravotně nezávadný. Vycházíme-li z hygienických požadavků, je kvalita vnitřního prostředí staveb popsána souhrnem fyzikálních, chemických a biologických ukazatelů a měla by být zaručena dodržáním stanovených limitů na jednotlivé faktory. Opatření, které dodržení těchto limitů zajistí, je dostatečné větrání – vznikající škodliviny (znečišťující látky, vlhkosti) jsou z prostředí odvedeny nebo je jejich koncentrace snížena na alespoň přípustnou hodnotu [1].

Ve vnitřním prostředí se může vyskytovat řada škodlivin (oxid uhličitý, oxid uhelnatý, vodní pára, těkavé organické látky, formaldehyd, prachové částice aj.), které mohou mít negativní vliv na lidský organismus. Mezi nejběžnější škodlivinu ovzduší budov patří oxid uhličitý, jehož producentem je především člověk. Se zvyšující se koncentrací CO₂ vlivem počtu osob v místnosti se zvyšuje i množství vodní páry v ovzduší a tím i jeho relativní vlhkost.

V následující tabulce (Tab. 35) je možno vidět, jaký vliv má koncentrace CO₂ na člověka a jeho organismus.

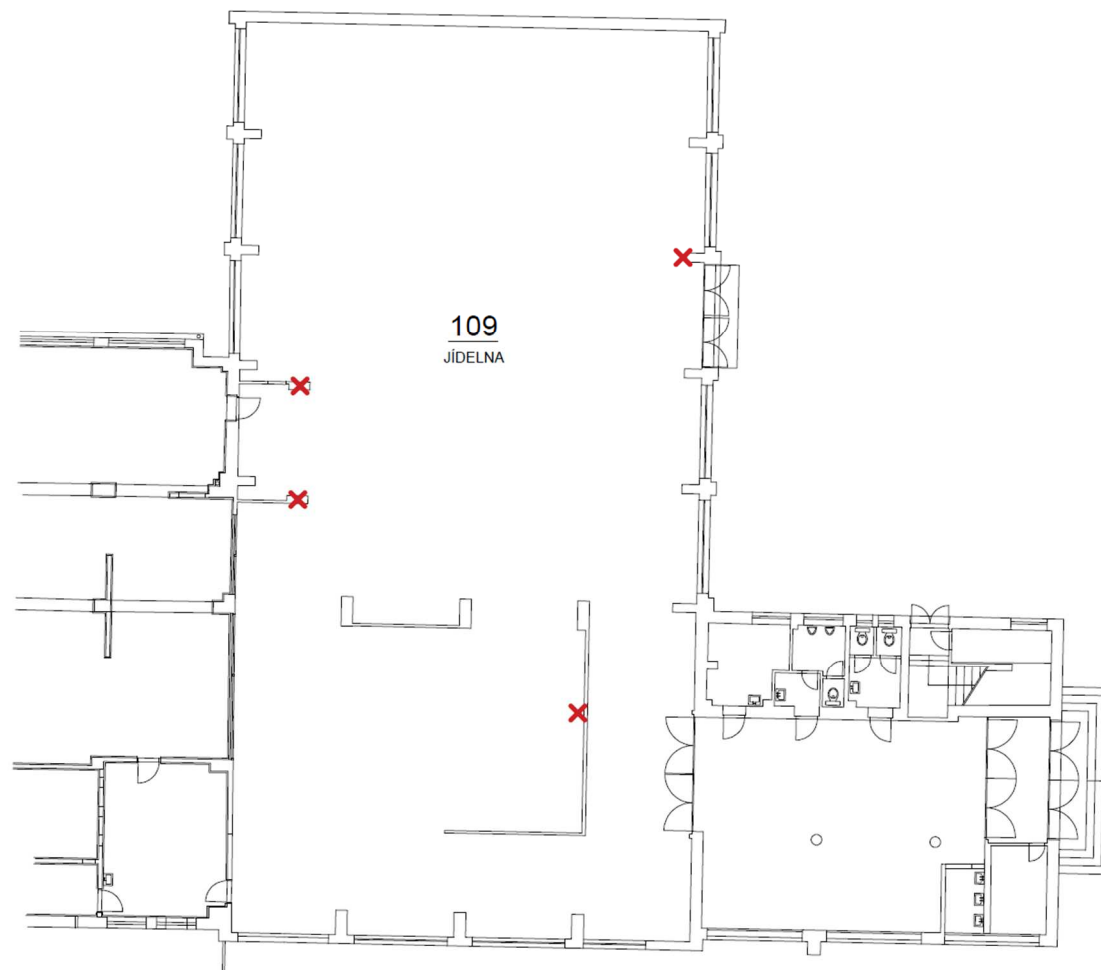
Tab. 35 Účinky CO₂ na lidský organismus [2]

Účinky CO ₂ na lidský organismus	
cca 350 ppm	úroveň venkovního prostředí
do 1000 ppm	doporučená úroveň CO ₂ ve vnitřních prostorech
1200-1500 ppm	doporučená maximální úroveň CO ₂ ve vnitřních prostorech
1000-2000 ppm	nastávají příznaky únavy a snižování koncentrace
2000-5000 ppm	nastávají možné bolesti hlavy
5000 ppm	maximální bezpečná koncentrace bez zdravotních rizik
> 5000 ppm	nevolnost a zvýšený tep
> 15000 ppm	dýchací potíže
> 40000 ppm	možná ztráta vědomí

V rámci experimentálního řešení jsem se věnovala měření stávajícího stavu mikroklimatu jídelny. Tato měření byla rozdělena na sledování tepelně-vlhkostních parametrů, které probíhalo dlouhodobě, a krátkodobé sledování koncentrace CO₂. Záznam měřených hodnot probíhal za běžného provozu jídelny, která funguje přes snídaně, obědy i večere, disponuje téměř 160 místy k sezení a během jejího užívání se nevětrá, pouze dochází k výměně vzduchu vlivem infiltrace netěsnými okny.

3.2 MĚŘENÍ TEPLoty A VLHKOSTI

Měření tepelně-vlhkostních parametrů probíhalo od 8. 4. 2016 do 10.5.2016, tj. 33 dní. Teplota a relativní vlhkost vzduchu byly zaznamenávány čtyřmi čidly, které byly umístěny v různých zastíněných částech jídelny. Rozmístění měřidel, je vyznačeno na obrázku (Obr. 23).



Obr. 23 Rozmístění čidel v jídlě

3.2.1 POUŽITÉ MĚŘÍCÍ PŘÍSTROJE

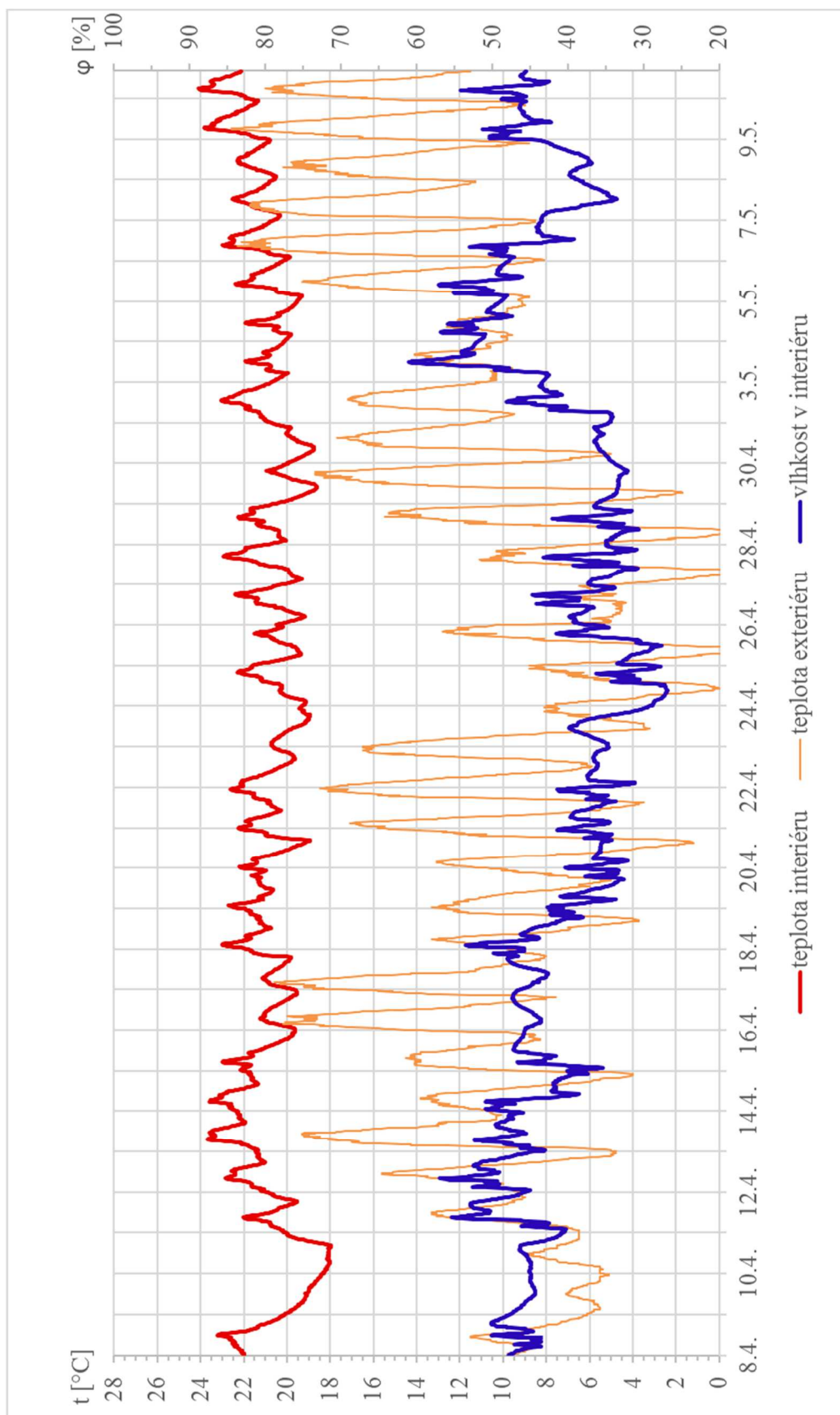
Pro záznam teploty a relativní vlhkosti vzduchu byly použity měřící jednotky datalogger firmy Comet (viz Obr. 24). Rozsah měření teplot zařízení je -30°C až 70°C s přesností $\pm 0,4^{\circ}\text{C}$. Přesnost měření vlhkosti vzduchu je $\pm 2,5\%$ RH od 5 do 95% při 23°C . Interval záznamu byl nastaven na 15 minut.



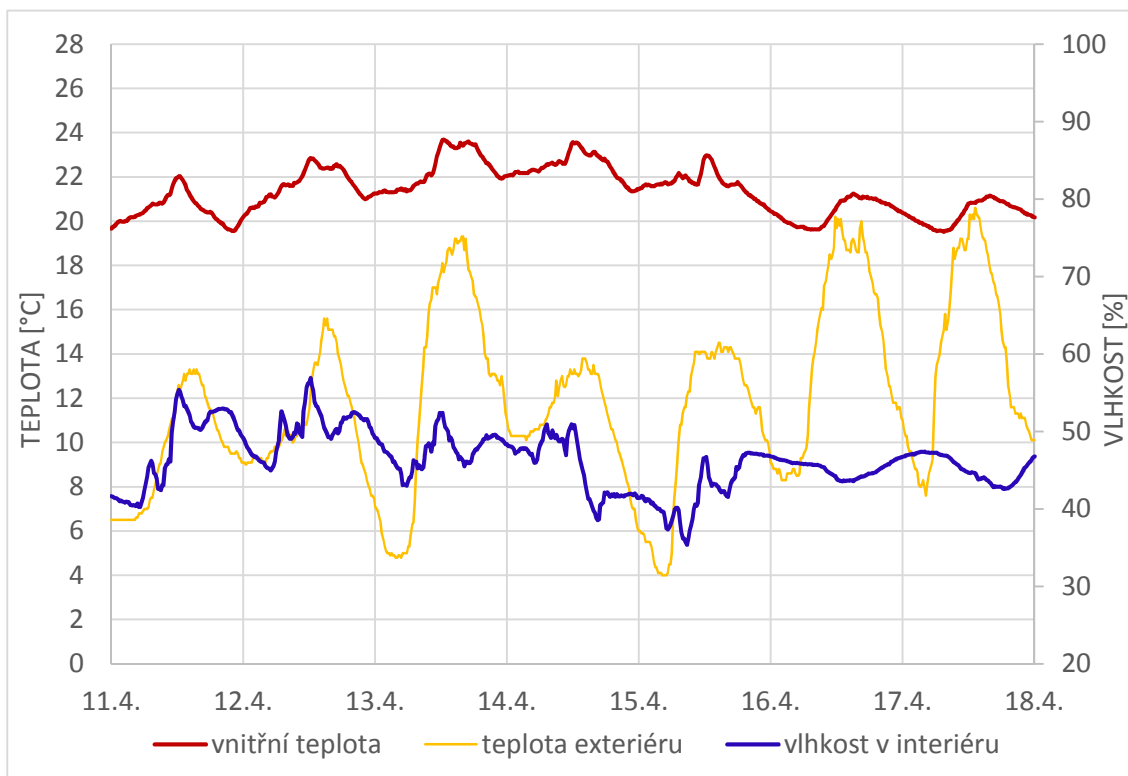
Obr. 24 Datalogger firmy Comet [3]

3.2.2 PRŮBĚH TEPLoty A VLHKOSTI

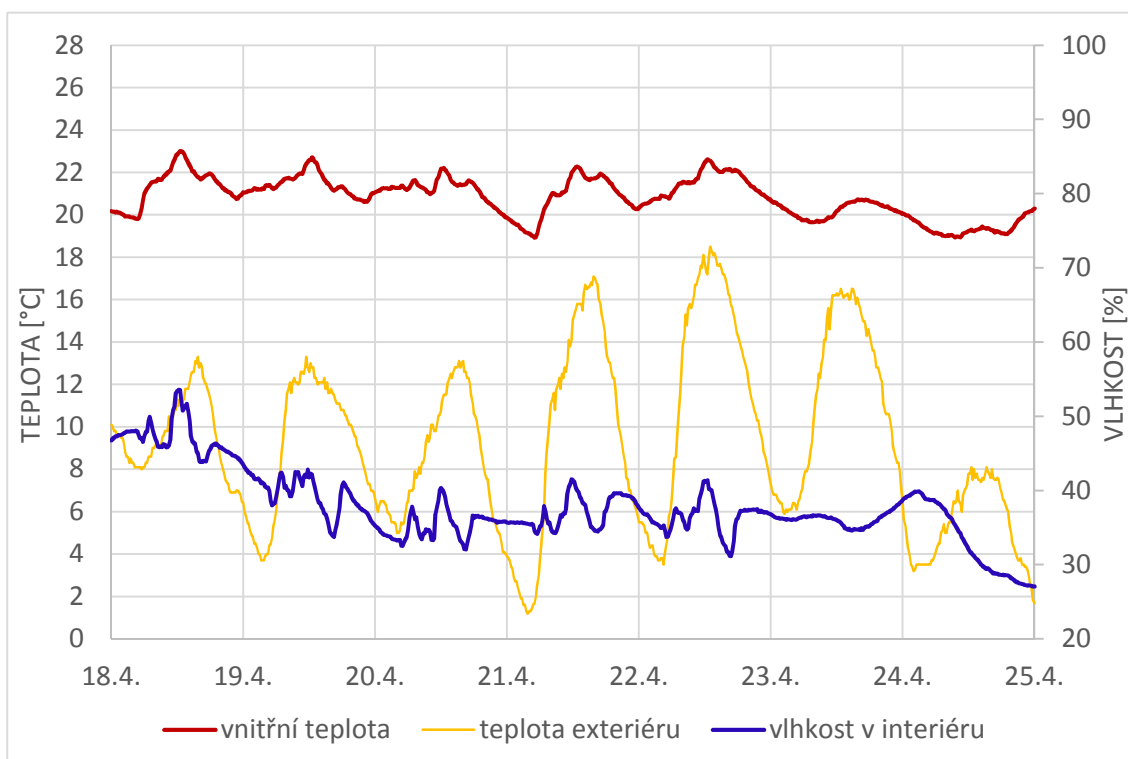
Teploty a relativní vlhkosti vzduchu zaznamenávaly čtyři měřící jednotky, a jelikož se naměřené hodnoty lišily nepatrně (většinou o $\pm 0,5$ °C a $\pm 3,5$ %), použila jsem pro sestrojení výsledného grafu (viz Graf 28) jejich průměry. Graf zobrazuje průběh teploty interiéru, exteriéru a relativní vlhkosti v čase. Hodnoty teplot venkovního vzduchu jsem získala na stránkách permanentní GPS stanice TUBO. Podíváme-li se blíže na modrou křivku znázorňující průběh vlhkosti, zjistíme, že se prakticky celou dobu pohybovala v přípustném rozmezí relativních vlhkostí vzduchu v obytných místnostech (viz vyhláška č.6/2003 Sb.). Horní hranice 65 % nasycení vzduchu zůstala nedotčena, zatímco spodní hranice 30 % byla překročena celkem třikrát, ale vždy jen na pár hodin a většinou se jednalo o časy, kdy se v prostoru nenacházeli lidé. Nejnižší zaznamenaná hodnota vlhkosti byla 25 %. Dále si můžeme všimnout červené křivky, která zobrazuje průběh teploty vzduchu v jídelně. Průměrná denní teplota během pracovního dne za sledované období byla 21,7 °C, přičemž maximální naměřená denní teplota byla 24,3 °C a nejnižší pak 19,9 °C. V době nepřítomnosti osob, kdy bylo vytápění v útlumu, klesla teplota maximálně na 17,5 °C. Dle hygienických požadavků na vnitřní prostředí stavby má být optimální teplota vzduchu v místnosti 22 ± 2 °C. Z výsledku měření je pak možno usoudit, že se teplota vzduchu v místnosti při jejím obsazení osobami pohybovala v optimálních mezích.



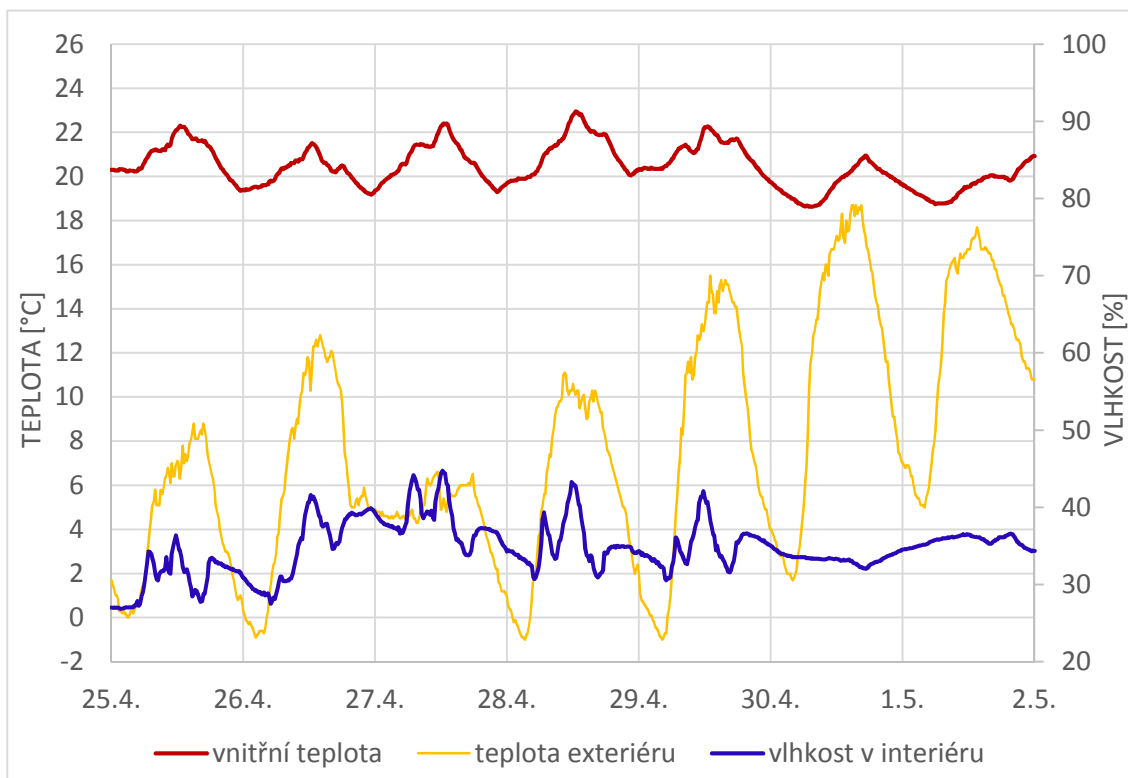
Graf 28 Průběh teplot a relativní vlhkosti za sledované období



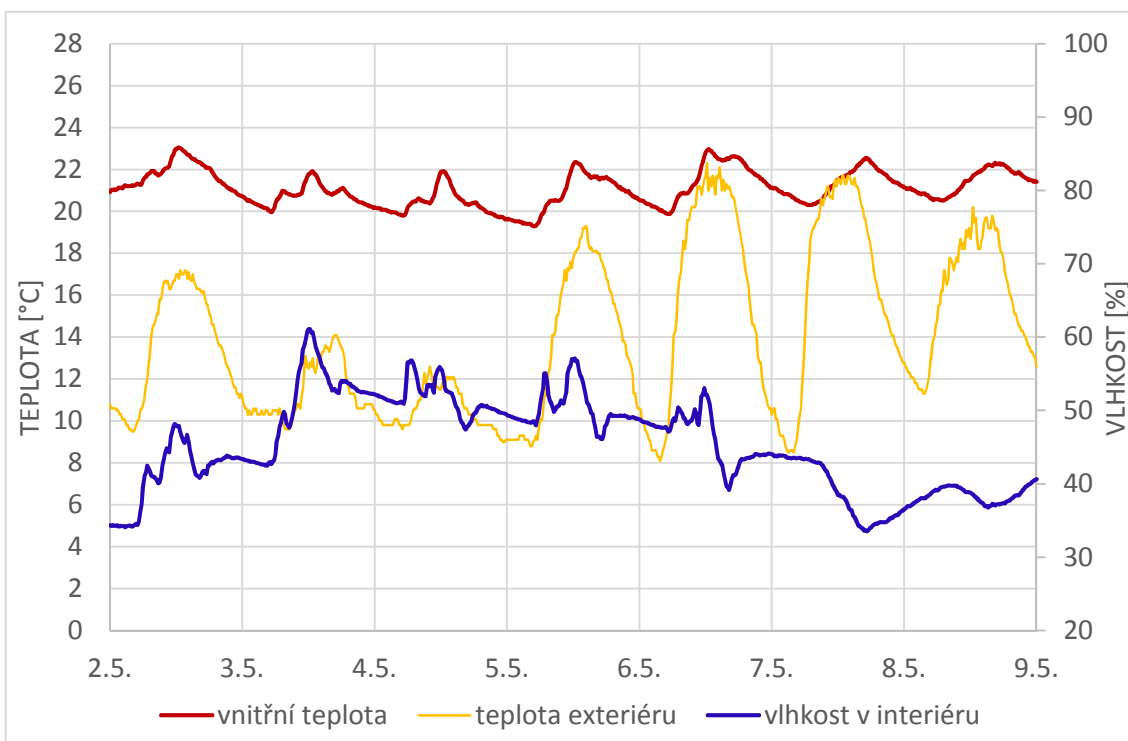
Graf 29 Průběh teplot a relativní vlhkosti v 15. týdnu



Graf 30 Průběh teplot a relativní vlhkosti v 16. týdnu



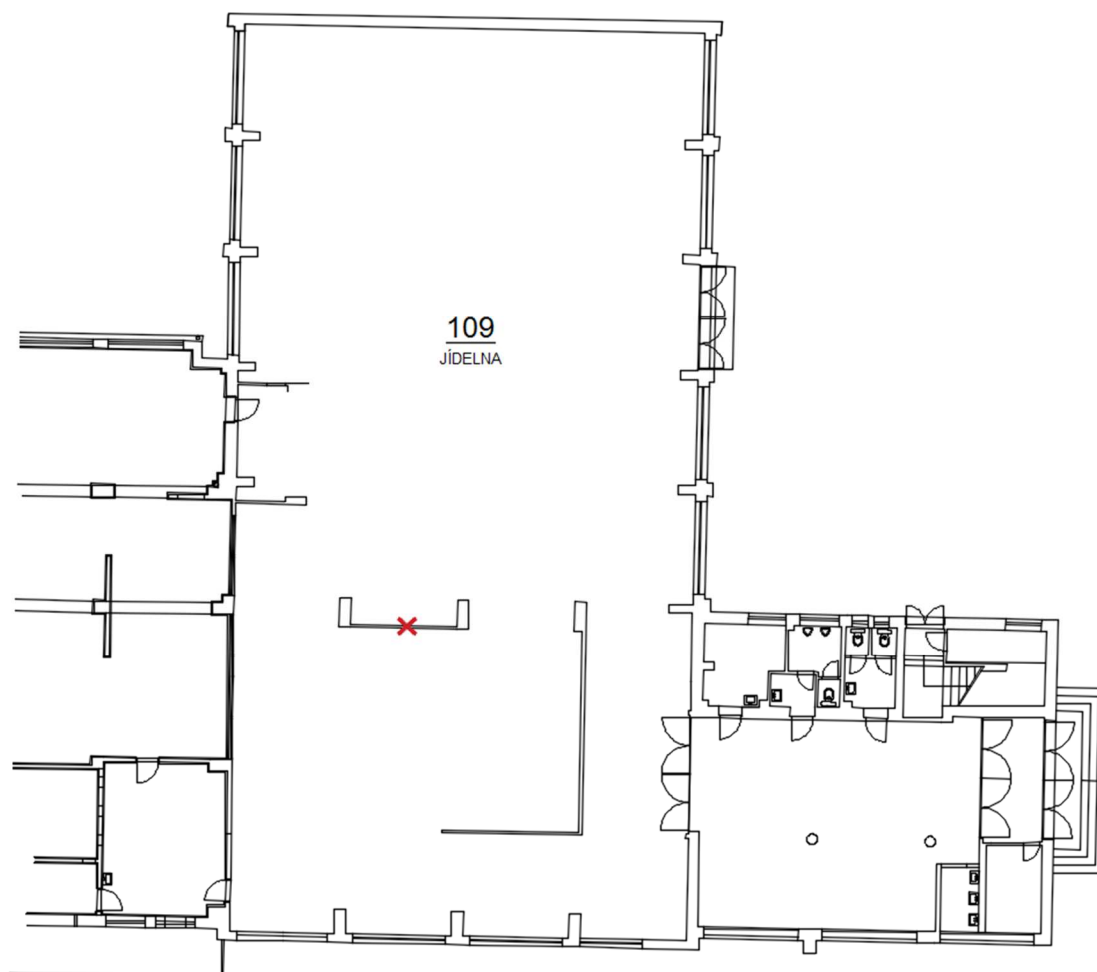
Graf 31 Průběh teplot a relativní vlhkosti v 17. týdnu



Graf 32 Průběh teplot a relativní vlhkosti v 18. týdnu

3.3 MĚŘENÍ KONCENTRACE CO₂

Druhé měření, které bylo zaměřeno na stanovení kvality vzduchu, bylo započato 9. 5. 2016 v 10:53 a skončeno následující den 10.5.2016 v 11:53. Záznam dat probíhal za běžného provozu jídelny, což znamená, že se sem lidé chodili stravovat na snídani, oběd i večeři, přičemž na oběd přišel největší počet. Na obrázku (Obr. 25) je možno vidět umístění měřícího přístroje.



Obr. 25 Umístění přístroje pro měření CO₂

3.3.1 POUŽITÉ MĚŘÍCÍ PŘÍSTROJE

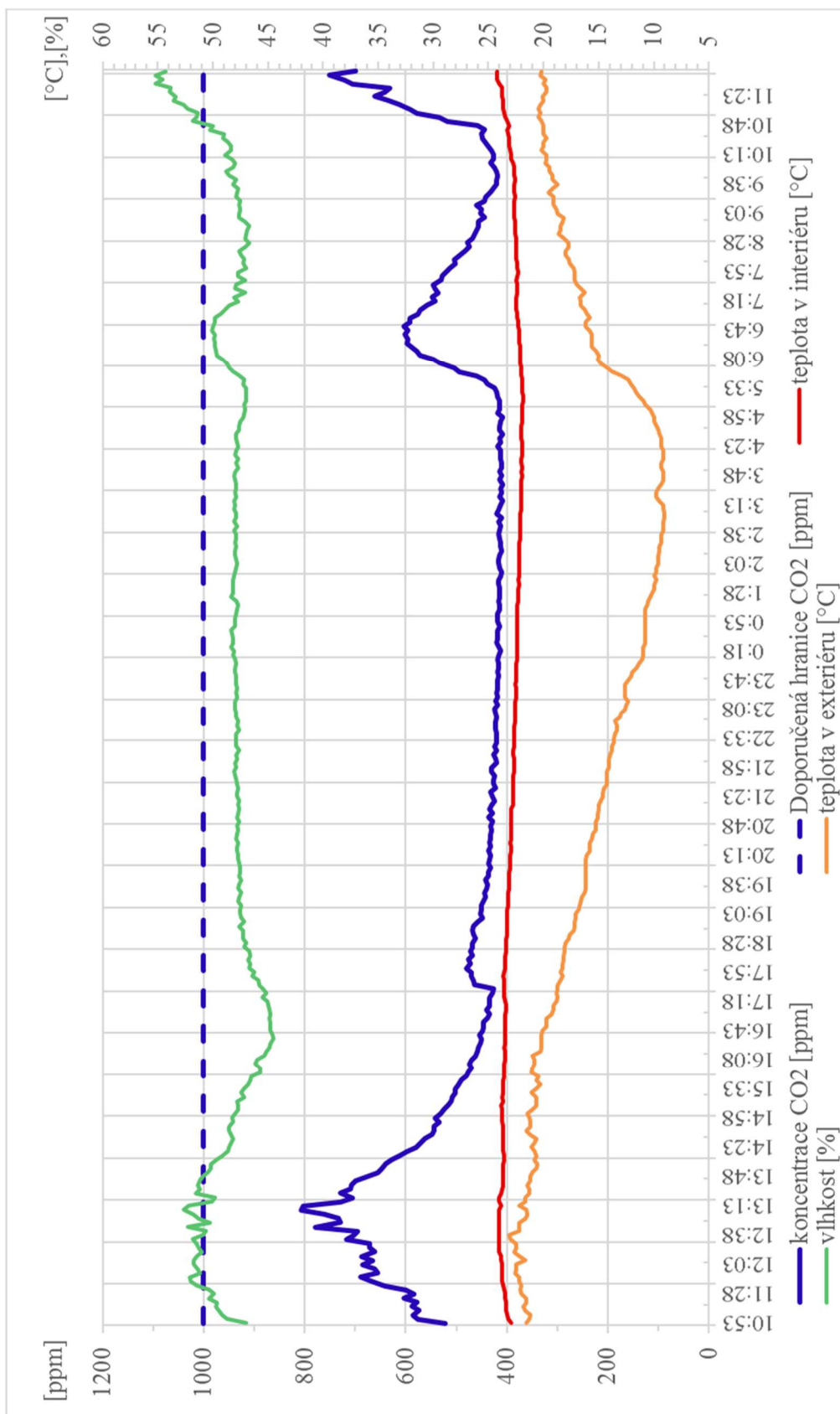
Pro měření koncentrací oxidu uhličitého byl použit přístroj pro měření klimatu testo 480 spolu se sondou IAQ pro posouzení kvality vzduchu v místnosti. Sonda disponuje čtyřmi funkcemi: měření teploty (měřicí rozsah 0 až 50 °C, přesnost $\pm 0,3$ °C), vlhkosti (měřicí rozsah 0 až 100 %, přesnost ± 2 %), absolutního tlaku (měřicí rozsah +600 až +1150 hPa, přesnost ± 10 hPa) a koncentrace CO₂ (měřicí rozsah 0 až 10000 ppm, přesnost ± 75 ppm při 0 – 5000 ppm a ± 150 ppm při 5001 – 10000 ppm). [13]



Obr. 26 Testo 480 [13]

3.3.2 PRŮBĚH KONCENTRACE CO₂

Po naměření dat a jejich zpracování v programu Excel jsem sestrojila graf (viz Graf 33) průběhu koncentrace CO₂, teploty a vlhkosti v prostoru jídelny v závislosti na čase. Z průběhu křivky koncentrace oxidu uhličitého můžeme vidět, že nejvyšších hodnot dosahovala během obědového času, kdy se přiblížila k maximální naměřené hodnotě 808 ppm. Doporučená hodnota koncentrace CO₂ 1000 ppm (limitní 1200ppm) nebyla v průběhu celého měření překročena. V grafu si dále můžeme povšimnout zelené křivky znázorňující průběh vlhkosti. S přibývajícím počtem osob v prostoru roste nejen koncentrace oxidu uhličitého ve vzduchu, ale dochází i k nárůstu vlhkosti. Z naměřených hodnot však můžeme konstatovat, že průběh teploty interiéru, vlhkosti a koncentrace CO₂ se pohybovaly v optimálních mezích.



Graf 33 Průběh koncentrace CO2

3.4 ZÁVĚR MĚŘENÍ

Z uvedených průběhů naměřených výsledku lze usoudit, že se sledované veličiny až na výjimečné situace pohybovaly v optimálních mezích. Kvalitu klimatu stávajícího prostoru jídelny můžeme tedy vyhodnotit jako vyhovující. Teplota vzduchu byla udržována pomocí otopné soustavy a potřebnou výměnu vzduchu pro zajištění optimální koncentrace CO₂ a vlhkosti zajistila vzduchová průvzdušnost starých oken. Netěsná obálka budovy však představuje vyšší energetickou zátěž, kterou se snažíme snižovat zateplováním objektů a výměnou starých netěsných výplní otvorů za lepší. Těsnost staveb se sice příznivě projeví v úsporách na vytápění, ale zároveň představuje nárůst vlhkosti a zejména koncentrace CO₂ v interiéru. Zvýšená vlhkost představuje riziko vzniku plísní na chladných stěnách a vyšší koncentrace oxidu uhličitého se projevují naší nesoustředěností, únavou, bolestí hlavy a podobně. Proto v rámci energetických úspor nestačí zlepšit tepelně technické vlastnosti konstrukce budovy a její utěsnění, ale je také nezbytné vyřešit otázku způsobu vyhovujícího větrání.

ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout nový zdroj tepla pro objekt průmyslového areálu, který je v současnosti napojen na systém centralizovaného zásobování teplem a od kterého je v plánu budovu odpojit. Dále v rámci rekonstrukce dojde k zateplení obvodových stěn, výměně starých výplní otvorů a instalaci teplovzdušného větrání v INP.

Součástí návrhu je výpočet tepelných ztrát současného a nového stavu, výpočet ročních potřeb energií na vytápění a přípravu teplé vody, stanovení potřeby teplé vody, návrh možných variant zdrojů tepla a přípravy teplé vody, stručná technická zpráva, výkresy zapojení zdrojů tepla a zhodnocení navržených variant z různých hledisek.

Jelikož objekt pro svůj komfortní provoz spotřebovává jak tepelnou energii, tak i energii elektrickou, nabídla se možnost využití potenciálu instalace kogeneračního zařízení. Navrhla jsem tedy kombinaci kogenerační jednotky spalující zemní plyn doplněnou dvěma elektrokotli. Dále jsem kogenerační jednotku navrhla i ve spojení s kaskádou plynových kondenzačních kotlů. Jako třetí variantu jsem zvolila pouze plynové kondenzační kotle. Pro přípravu teplé vody jsem volila zásobníkový způsob s využitím dvou zásobníků teplé vody.

Nejvýznamnějším kritériem při rozhodování o volbě varianty je ekonomika provozu a finanční investice. Z výsledků analýzy ekonomické návratnosti vychází nejlépe varianta s kondenzačními kotli s návratností 5 let. Varianta kogenerační jednotky s kondenzačními kotli vychází taky dobře, ale její návratnost je 6 let. Varianta KJ a elektrokotle vychází ekonomicky nejhůř, i tak ji lze k realizaci doporučit, návratnost je zde 10 let. Kromě finančního hlediska je potřeba přihlídnout také k jiným faktorům, jako je například uživatelský komfort, náročnost výstavby, vliv na životní prostředí, prostorové nároky, či výsledné vzezření vnější obálky budovy. Každá z navrhovaných variant má své pro a proti a při volbě vhodného řešení je také nezbytné dbát požadavků investora.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] MATHAUSEROVÁ, Zuzana. Hygienické požadavky na kvalitu vnitřního prostředí budov. *Odborný portál pro profesionály v oblasti stavebnictví*. [online]. 24.8.2016 [cit. 2016-08-24]. Dostupné z: <http://www.asb-portal.cz/tzb/vetrani-a-klimatizace/hygienicke-pozadavky-na-kvalitu-vnitriho-prostredi-budov>
- [2] ZIKÁN, Zdeněk. Oxid uhličitý – utajený nepřítel. *TZB-info – stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov*. [online]. 24.8.2016 [cit. 2016-08-24]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/7132-oxid-uhlicity-utajeny-nepritel>
- [3] Záznamníky teploty, vlhkosti, atmosférického tlaku. *Výrobce snímačů teploty, vlhkosti, atmosférického tlaku, dataloggerů, monitorovacích systémů*. [online]. 24.8.2016 [cit. 2016-08-24]. Dostupné z: <http://www.cometsystem.cz/produkty/dataloggery>
- [4] mapy.cz. [online]. 7.9.2016 [cit. 2016-09-07]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?vlastni-body&x=16.6327536&y=49.1907660&z=13&ut=Nov%C3%BD%20bod&uc=9mPugxTs.m&ud=49%C2%B011%2738.469%22N%2C%2016%C2%B037%2757.911%22E>
- [5] ČSN 73 0540-1. *Tepelná ochrana budov - Část 1: Terminologie*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005
- [6] ČSN 73 0540-3. *Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005
- [7] ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011
- [8] FICKER, Tomáš. *Aplikovaná fyzika (S) – Modul 01, Vedení tepla ve stavebních konstrukcích*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2008.
- [9] DVORSKÝ, Emil a Pavla HEJTMÁNKOVÁ. *Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie*. Praha: BEN - technická literatura, 2005, 281 s. : il. ISBN 80-7300-118-7.
- [10] Kogenerační jednotky – zemní plyn. *Kogenerační jednotky Tedom – kogenerace, trigenerace, plynová tepelná čerpadla*. [online]. [cit. 2016-12-15]. Dostupné z: <http://kogenerace.tedom.com/tedom-kogeneracni-jednotky-zemni-plyn.htm>
- [11] Topné, průmyslové a chladicí systémy | Viessmann Česká republika. *Kogenerační jednotky Tedom – kogenerace, trigenerace, plynová tepelná čerpadla*. [online]. [cit. 2016-12-15]. Dostupné z: <http://www.viessmann.cz/cs/obytné>

budovy/kogenerace/kogeneracni-jednotka-pro-provoz-na-zemni-plyn/vitobloc-200.html

- [12] CHADIM, Tomáš. Finanční kalkulátor pro hodnocení ekonomické efektivity investic – TZB-info. *Stavba – TZB-info*. [online]. © 2001-2016 [cit. 2016-12-20]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/110-financni-kalkulator-pro-hodnoceni-ekonomicke-efektivnosti-investic>
- [13] Testo, s.r.o.. *Měřicí přístroje Testo*. [online]. © 2016 [cit. 2016-12-25]. Dostupné z: <https://www.testo.com/cz-CZ/Aplikace/Budovy-a-stavebnictv%C3%AD/Pohoda-prost%C5%99ed%C3%AD/Pohoda-prost%C5%99ed%C3%AD-PMV-PPD/testo-480/p/0563%204800>
- [14] Energetická bilance – 2012. *Český statistický úřad*. [online]. 11.04.2014 [cit. 2017-01-05]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/documents/10180/20562411/15014514mc.pdf/bc2da56c-b856-4b6d-b503-1e7aa8e1bc06?version=1.0>
- [15] VUPEK-ECONOMY, s.r.o. . *Možnosti úspor energie ve velkých výrobnách elektřiny a tepla a možné náhrady uhlí* [online]. 2013. [cit. 2017-01-06]. Dostupné z: http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/ef13_3108_vupek_moznosti_uspor_energie_ve_velkych_vyrobnach.pdf
- [16] *Jak uhlí vzniklo. OKD*. [online]. © 2012 [cit. 2017-01-06]. Dostupné z: <http://www.okd.cz/cs/tezime-uhli/jak-uhli-vzniklo>
- [17] BUDÍN Jan. *Zemní plyn – těžba, vlastnosti a rozdělení. OEnergetice.cz*. [online]. 2015 [cit. 2017-01-06]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/technologie/plynarenstvi/zemni-plyn-tezba-vlastnosti-a-rozdeleni/>
- [18] FÍK Josef. *Spalovací vlastnosti ZP (I) – TZB-info. TZB-info – stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov*. [online]. 2004 [cit. 2017-01-06]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1963-spalovaci-vlastnosti-zp-i>
- [19] PETRÁŠ, Dušan. *Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie*. 1. vyd. Bratislava: Jaga, 2008, 207 s. : il. (některé barev.) ; 31 cm. ISBN 978-80-8076-069-4.
- [20] *Kotle – 2. část. TZB-info - stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov* [online]. 2012 [cit. 2017-01-06]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/8438-kotle-2-cast>

- [21] NOSKIEVIČ Pavel. Uhlí za nic nemůže (II). *TZB-info – stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov*. [online]. 2002 [cit. 2017-01-06]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/942-uhli-za-nic-nemuze-ii>
- [22] Jak funguje výroba energie z biomasy. *Skupina ČEZ* [online]. 2015 © [cit. 2017-01-08]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektřiny/obnovitelné-zdroje/biomasa/flash-model-jak-funguje-vyroba-energie-z-biomasy.html>
- [23] Alternativní zdroje energie - Výroba energie z biomasy. *Alternativní zdroje energie* [online]. [cit. 2017-01-08]. Dostupné z: <http://www.alternativni-zdroje.cz/vyroba-energie-biomasa.htm>
- [24] Ekoefekt 600. *Ekoefekt a.s. výrobce automatických kotlů*. [online]. [cit. 2017-01-06]. Dostupné z: <http://www.ekoefekt.cz/index.php/kotle-pro-prumysl-nad-50-kw/135-ekoefekt-600>
- [25] Fluidní kotle. *KOVOSTA FLUID - Specialista na fluidní spalování - fluidní kotle* [online]. 2013 © [cit. 2017-01-08]. Dostupné z: <http://www.kovosta.cz/fluidni-kotle.html>
- [26] Atmosférický fluidní kotel. *energyWeb*. [online]. © Copyright Simopt, s.r.o. 1999 – 2002 [cit. 2017-01-08]. Dostupné z: http://www.energyweb.cz/web/index.php?display_page=2&subitem=2&slovník_page=atm_fluid_kotel.html
- [27] Plynové kondenzační kotle. *Topné, průmyslové a chladicí systémy / Viessmann Česká republika*. [online]. © [cit. 2017-01-08]. Dostupné z: http://www.energyweb.cz/web/index.php?display_page=2&subitem=2&slovník_page=atm_fluid_kotel.html
- [28] Horkovodní kotle UT-M. *Termická průmyslová zařízení Bosch – Parní kotle, horkovodní kotle, kogenerační jednotky...* [online]. © 2017 [cit. 2017-01-08]. Dostupné z: <http://www.bosch-industrial.com/cz/stranka-produkty/horkovodny-kotle/utm.html>
- [29] Elektrokotel – elektrický kotel. *Podlahové topení*. [online]. 2014 [cit. 2017-01-09]. Dostupné z: <http://www.podlaha-topeni.cz/podlahove-topeni/teplvodni/tepelne-zdroje/elektrokotel>
- [30] SRDEČNÝ, Karel. *Tepelná čerpadla*. 1. vyd. Brno: ERA, 2005, vi, 68 s. ISBN 80-736-6031-8.
- [31] Tepelná čerpadla. *TZB-info – stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov*. [online]. © Copyright 2001-2017 [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla>

- [32] ZLATEVARA, Veneta. *Tepelná čerpadla* [online]. [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <http://www.mpo-efekt.cz/dokument/1185.pdf>
- [33] Tepelná čerpadla. *Tepelná čerpadla G-TERM*. [online]. © 2017 [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla>
- [34] Co nabízíme. *OnSite Power*. [online]. © 2014 [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <http://www.onsite.cz/co-vam-nabizime/>
- [35] DVORSKÝ, E.; HEJTMÁNKOVÁ P.. *Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2005, 287 s. ISBN 80-7300-118-7.
- [36] Princip a výhody. *ČEZ Energo*. [online]. [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <http://www.cezenergo.cz/cs/o-kogeneraci/princip-a-vyhody.html>
- [37] Kogenerace – zaručená úspora energie. *Sunfin*. [online]. [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <http://www.sunfin.cz/cs/page/princip-a-vyhody-kogenerace/>
- [38] Schema – Soustava zásobování teplem. *Teplárenské sdružení ČR – sdružuje teplárny a podnikatele v teplárenství a energetice*. [online]. © [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: [http://www.tscr.cz/schema/?ids=10&h=550&\\$xxx](http://www.tscr.cz/schema/?ids=10&h=550&$xxx)
- [39] Teplárny. *E.ON*. [online]. © 2017 [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/spoluprace-s-vyrobci-elektřiny-vykup-elektřiny-z-obnovitelných-zdrojů/o-vyrobě-elektřiny/neobnovitelné-zdroje/teplarny>
- [40] Zpracování návrhu optimální varianty vývoje teplárenství. *TPUE*. [online]. 2011 [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: http://tpue.cz/jacube/files/set-plan/navrh_optimalni_varianty.pdf
- [41] Historie teplot v Brně. *Teplárny Brno – teplo a elektřina pro Brno*. [online]. © 2014–2016 [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <http://www.teplarny.cz/mapa-venkovnich-teplot/?rok=2015>; <http://www.teplarny.cz/mapa-venkovnich-teplot/?rok=2014>; <http://www.teplarny.cz/mapa-venkovnich-teplot/?rok=2013>; <http://www.teplarny.cz/mapa-venkovnich-teplot/?rok=2012>; <http://www.teplarny.cz/mapa-venkovnich-teplot/?rok=2011>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

CZT	centralizované zásobování teplem
ČR	Česká republika
ČSÚ	Český statistický úřad
DZT	decentralizované zásobování teplem
ELTO	extra lehký topný olej
ERÚ	Energetický regulační úřad
IRR	vnitřní výnosové procento
KJ	kogenerační jednotka
KVET	kombinovaná výroba elektřiny a tepla
LTO	lehký topný olej
MaR	měření a regulace
NPV	čistá současná hodnota
ORC	organický Rankinův cyklus
OZE	obnovitelné zdroje energie
PB	prostá doba návratnosti
PO	diskontovaná doba návratnosti
TČ	tepelné čerpadlo
TV	teplá voda
ÚT	ústřední topení
VZT	vzduchotechnika
ZTI	zdravotechnika
ZZT	zpětné získávání tepla

SEZNAM PŘÍLOH

A. SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA.....	127
------------------------------------	-----

SEZNAM VÝKRESŮ

VÝKRES Č. 01	DISPOZICE - STÁVAJÍCÍ STAV
VÝKRES Č. 02	SCHÉMA ZAPOJENÍ ZDROJE TEPLA - VAR. A
VÝKRES Č. 03	DISPOZICE - VARIANTA A
VÝKRES Č. 04	SCHÉMA ZAPOJENÍ ZDROJE TEPLA - VAR. B (D)
VÝKRES Č. 05	DISPOZICE - VARIANTA B (D)
VÝKRES Č. 06	SCHÉMA ZAPOJENÍ ZDROJE TEPLA - VAR. C (E)
VÝKRES Č. 07	DISPOZICE - VARIANTA C (E)

A. SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA

SO1 - OBVODOVÁ STĚNA - původní					
Č.V.	MATERIÁL	d [m]	λ [W/m.K]	R [m ² .K/W]	
					R _{si} = 0,13 [m ² .K/W]
1	omítka vnitřní	0,02	0,87	0,023	R _{se} = 0,04 [m ² .K/W]
2	cihla plná pálená	0,45	0,80	0,563	R = 0,614 [m ² .K/W]
3	omítka vnější	0,025	0,87	0,029	R _T = 0,78 [m ² .K/W]
					U= 1,28 [W/m ² .K]
					U _N = 0,30 [W/m ² .K]

SO1 - OBVODOVÁ STĚNA - nová					
Č.V.	MATERIÁL	d [m]	λ [W/m.K]	R [m ² .K/W]	
					R _{si} = 0,13 [m ² .K/W]
1	omítka vnitřní	0,02	0,87	0,023	R _{se} = 0,04 [m ² .K/W]
2	cihla plná pálená	0,45	0,80	0,563	R = 3,703 [m ² .K/W]
3	TI - EPS 100F	0,12	0,039	3,089	R _T = 3,87 [m ² .K/W]
4	omítka vnější	0,02	0,7	0,029	U= 0,26 [W/m ² .K]
					U _N = 0,30 [W/m ² .K]

Sch1 - PLOCHÁ STŘECHA - původní					
Č.V.	MATERIÁL	d [m]	λ [W/m.K]	R [m ² .K/W]	
					R _{si} = 0,10 [m ² .K/W]
1	omítka vnitřní	0,02	0,87	0,023	R _{se} = 0,04 [m ² .K/W]
2	železobeton	0,15	1,58	0,095	R = 1,48 [m ² .K/W]
3	TI - MW Prefizol	0,06	0,044	1,364	R _T = 1,62 [m ² .K/W]
4	hydroizolace	0,005	-	-	U= 0,62 [W/m ² .K]
					U _N = 0,24 [W/m ² .K]

Sch2 - DVOUPLÁŠŤOVÁ STŘECHA - původní					
Č.V.	MATERIÁL	d [m]	λ [W/m.K]	R [m ² .K/W]	
					R _{si} = 0,10 [m ² .K/W]
1	omítka vnitřní	0,02	0,87	0,023	R _{se} = 0,10 [m ² .K/W]
2	železobeton	0,15	1,58	0,095	R = 1,94 [m ² .K/W]
3	TI - MW Prefizol	0,08	0,044	1,818	R _T = 2,14 [m ² .K/W]
					U= 0,47 [W/m ² .K]
					U _N = 0,24 [W/m ² .K]

Pd12 - PODLAHA NAD SUTERÉNEM - původní					
Č.V.	MATERIÁL	d [m]	λ [W/m.K]	R [m ² .K/W]	
					$R_{si} = 0,17$ [m ² .K/W]
1	keramická dlažba	0,025	1,01	0,025	$R_{se} = 0,17$ [m ² .K/W]
2	betonová mazanina	0,05	1,3	0,038	$R = 0,18$ [m ² .K/W]
3	železobeton	0,15	1,58	0,095	$R_T = 0,52$ [m ² .K/W]
4	omítka vnitřní	0,02	0,87	0,023	$U = 1,92$ [W/m ² .K]
					$U_N = 0,60$ [W/m ² .K]