

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA STROJNÍ

Katedra energetických zařízení



Tomáš Vinš

Kompletní návrh systému vytápění budovy A TU v Liberci

**A complete project of the heating system in the building A of the Technical
University of Liberec**

Vedoucí diplomové práce: Ing. Petr Novotný, Csc.

Konzultant diplomové práce: Ing. Vladimír Stach

Rozsah práce:

Počet stran: 71

Počet obrázků: 13

Počet grafů: 14

Počet Tabulek: 5

Počet příloh: 3

Liberec 2007

Anotace

Kompletní návrh systému vytápění budovy A TU v Liberci

Práce je zaměřena na ověření návrhu kogenerační jednotky běžnými postupy používané u ostatních zdrojů tepla. Především zúžení a zpřesnění časových intervalů, v kterých se měří hodnoty teplot venkovního vzduchu. Popřípadě získání průběhů teplot venkovního vzduchu během celého topného období, sloužící k návrhu jednotky. V návrhu byla uvažována kooperace navržené kogenerační jednotky s parní výměňkovou stanicí Husova – Bendlova.

Vhodnost zvolených kogeneračních jednotek byla porovnávána mezi různými jednotkami, eventuálně s jinými dostupnými zdroji tepla.

Annotation

A complete project of the heating system in the building A of the Technical University of Liberec

The work is focused on the verification of the cogeneration unit design using standard evaluation procedures for other types of heat sources. The methodology is improved by narrowing the exterior temperature measuring intervals and enhancing their accuracy. The exterior air temperature behavior during the whole heating season was measured, which is used for the unit design. The project takes into account the cooperation of the designed cogeneration unit and the existing steam heat exchanger station Husova – Bendlova.

The suitability of the chosen cogeneration units was then compared between different types of these units and to other available heat sources.

Klíčová slova

Kogenerační jednotka, větrací jednotka, tepelný výkon, elektrický výkon, spotřeba plynu, tepelná ztráta, venkovní teplota,

Key words

Cogeneration unit, ventilating unit, heat power, electric power, gas consumption, heat loss, outdoor temperature

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím vyjmenované literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum: 25.5.2007

Podpis:

Declaration

I have been notified of the fact that Copyright Act No. 121/2000 Coll. applies to my thesis in full, in particular Section 60, School Work.

I am Fully aware that the Technical University of Liberec is not interfering in my copyright by using my thesis for internal purposes of TUL.

If I use my thesis or grant a licence for its use, I am Aware of the fact that I must inform TUL of this fact; in this case TUL has the right to seek that I pay the expenses invested in the creation of my thesis to the full amount.

I compiled the thesis on my own with the use of the acknowledged source and on the basis of consultation with the head of the thesis and a consultant.

Date: 25.5.2007

Signature:

Poděkování

V první řadě děkuji vedoucímu mé diplomové práce Ing. Petru Novotnému, CSc. za návrhy, rady a připomínky k mé diplomové práci a především za jeho trpělivost. Dále bych chtěl poděkovat referátu energetických zařízení TUL, zvláště paní Janě Suskové. Poděkování patří také všem zaměstnancům katedry energetických zařízení, kteří mi pomohli při vypracování této práce.

Tímto bych také rád poděkoval členům rodiny, kteří mi umožnili studium a po celou dobu jeho trvání mě podporovali.

Obsah

Seznam symbolů	9
1 Stávající stav	13
1.1 Stávající stav budovy	13
1.1.1 Náležitosti energetického auditu	14
1.2 Stavební plány	16
2 Navržení varianty řešení vytápění z centrálního zdroje a KJ	17
2.1 Návrh opatření	17
2.2 Koncepce kogenerační jednotky	18
2.2.1 Kogenerace	18
2.2.2 Základní popis kogenerační jednotky	18
2.2.3 Konstrukční uspořádání kogenerační jednotky	19
2.2.4 Základní komponenty kogeneračních jednotek	20
2.3 Zásady při návrhu kogenerační jednotky	22
2.3.1 Dimenzování výkonu kogenerační jednotky	22
2.3.2 Tvorba projektu	24
2.4 Instalace kogenerační jednotky	25
2.4.1 Způsoby zajištění údržby a servisních prací	25
2.4.2 Uvedení do provozu a trvalý provoz	26
3 Větrání	27
3.1 Druhy odvětrávacích systémů	27
3.1.1 Větrané místnosti	28
3.1.2 Interní mikroklima	28
3.1.3 Přínos nuceného větrání	29
3.2 Konstrukční části větrací jednotky	29
3.3 Návrh větrací jednotky	32
4 Údaje z energetického auditu	37
5 Navržení kogenerační jednotky pro vytápění	39

5.1 Výkon kogenerační jednotky a způsob provozu	39
5.2 Návrh projektu	39
5.3 Výkonové hodnoty, spotřeba plynu	40
6 Energetické výsledky navržených jednotek	46
6.1 Vstupní parametry	46
6.2 Parametry kogeneračních jednotek	46
6.2.1 Hodnoty získané denostupňovou metodou	47
6.2.2 Hodnoty získané použitím průměrných denních teplot	49
6.2.3 Hodnoty vypočítané na základě teplot hodinových intervalů	51
6.2.4 Modifikace vstupních hodnot	57
6.2.5 Cenové porovnání použitelných zdrojů energie	59
6.2.6 Rozdíl cen energií na vytápění u aktuálního stavu a KJ	60
6.2.7 Ekonomické zhodnocení navržených variant	61
6.3 Parametry potřebné k navržení větrací jednotky	66
6.3.1 Umístění větraných místností	67
6.3.2 Zvolená větrací jednotka	69
7 Závěr	70
Seznam použité literatury	71
Přílohy	72

Seznam symbolů

Označení	Rozměr	Význam
c	[m/s]	Rychlost proudění vzduchu
C_d	[Kč]	Cena za distribuci plynu SČP Net, s.r.o.
C_s	[Kč]	Cena za služby plynu Severočeská plynárenská, a.s.
C_p	[Kč]	Celková cena za spotřebovaný plyn
d		Počet dnů otopného období
d_p	[m/s]	Průměr potrubí
D	[K den]	Vytápěcí denostupně
l	[m]	Délka potrubí
k_{50}	[-]	Poměr elektrického a tepelného výkonu při provozu KJ na 50 %
k_{75}	[-]	Poměr elektrického a tepelného výkonu při provozu KJ na 75 %
M	[m ³]	Spotřeba zemního plynu
M_h	[m ³ /hod]	Spotřeba zemního plynu za hodinu
M_{pdk}	[m ³ /den]	Průměrná spotřeba zemního plynu kog. jednotkou
M_{prk}	[m ³ /rok]	Průměrná spotřeba zemního plynu kog. jednotkou
M_{50}	[m ³ /h]	Spotřeba zemního plynu při provozu KJ na 50 %
M_{100}	[m ³ /h]	Spotřeba zemního plynu při provozu KJ na 100 %
P_{ptk}	[GJ/rok]	Průměrný tepelný výkon kog. Jednotky
P_{edk}	[MWh/den]	Ele. Výkon kogenerační jednotky
P_{erk}	[MWh/rok]	Ele. Výkon kogenerační jednotky
P_t	[kW]	Jmenovitý tepelný výkon kogenerační jednotky
P_v	[kW]	Výkon ventilátoru VJ

P_e	[kW]	Jmenovitý elektrický výkon kogenerační jednotky
Q_c	[kW]	Tepelná ztráta objektu
Q_{cmin}	[kW]	Tepelná ztráta objektu při teplotě t_{is}
Q_{pd}	[kWh/den]	Průměrná denní spotřeba energie na vytápění
Q_{pdz}	[kWh/den]	Průměrná denní ztráta objektu
Q_{tr}	[GJ/rok]	Potřebná energie za rok
Q_{vyt}	[MWh/rok]	Spotřeba energie na vytápění podle denostupňů za rok
Q_{50}	[kW]	Tepelný výkon při 50 procentním zatížení KJ
Q_{100}	[kW]	Tepelný výkon při 100 procentním zatížení KJ
t_e	[°C]	Venkovní výpočtová teplota
t_{em}	[°C]	Střední denní venkovní teplota pro začátek a konec otopného období
t_{es}	[°C]	Střední venkovní teplota v otopném období
t_{is}	[°C]	Průměrná vnitřní výpočtová teplota
t_p	[°C]	Průměrná venkovní teplota
V	[m ³]	Objem větraných místností
Z	[MJ/m ³]	Výhřevnost zemního plynu
Δp	[Pa]	Celková tlaková ztráta větracího systému
Δp_{mz}	[Pa]	Celková tlaková ztráta způsobena místními ztrátami
Δp_{tz}	[Pa]	Celková tlaková ztráta způsobena třecími ztrátami
ε		Opravný součinitel
η_D		Účinnost vytápěcího systému
η_t		Tepelná účinnost kogenerační jednotky
η_e		Elektrická účinnost kogenerační jednotky
η_k		Celková účinnost kogenerační jednotky

λ		Součinitel třecích ztrát
ρ	[kg/ m ³]	Měrná hmotnost
ζ		Součinitel místních ztrát,

Indexy

e	externí hodnota
i	interní hodnota
p	průměrná hodnota
h	hodinová hodnota
d	denní hodnota

Zkratky

KJ	Kogenerační jednotka
VJ	Větrací jednotka

1. STÁVAJÍCÍ STAV BUDOVY

1.1.ENERGETICKÝ AUDIT

Energetický audit se soustřeďuje na veškeré dostupné údaje o energetickém hospodaření, provádí jejich analýzu, poukazuje na zjevné i skryté nedostatky a doporučuje cesty k nápravě, včetně jejich ocenění a výpočtu návratnosti vložených prostředků. Energetický audit umožňuje nalézt úspory energie. Energetický audit bývá rovněž splněním zákonného požadavku i podkladem pro získání státní dotace na realizaci úsporných energetických opatření i nové investiční výstavby a podkladem pro bankovní sféru při posuzování žádosti o úvěr na energetické investice.

Povinnost zpracování energetického auditu

Povinnost zpracování energetického auditu vyplývá ze zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, pro všechny subjekty překračující zákonem stanovenou spotřebu energie, uvedenou v prováděcí vyhlášce č. 213/2001 Sb., kterou se vydávají podrobnosti a náležitosti energetického auditu:

- Hodnota, od níž vzniká pro organizační složky státu, krajů, obcí a pro příspěvkové organizace povinnost své budovy či zařízení podrobit energetickému auditu, se stanoví ve výši 1 500 GJ celkové roční spotřeby energie.
- Hodnota, od níž vzniká pro fyzické a právnické osoby, s výjimkou uvedenou v § 10 odst.1, povinnost podrobit své budovy či zařízení energetickému auditu, se stanoví ve výši 35 000 GJ celkové roční spotřeby energie.
- Hodnota, od níž vzniká pro fyzické a právnické osoby povinnost zajistit zpracování energetického auditu, se u budov a areálů samostatně zásobovaných energií stanoví ve výši 700 GJ celkové roční spotřeby energie.

Energetický audit musí být zpracován, na jím provozované energetické hospodářství a budovy energetický audit, do čtyř let od nabytí platnosti zákona č. 359 ze dne 23. září 2003, kterým se mění zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií. Pro fyzické a právnické osoby s

roční spotřebou energie vyšší než 35 000 GJ/rok platí lhůta do pěti let s tím, že do dvou let musí být práce na energetickém auditu zahájeny.

1.1.1. Náležitosti energetického auditu

Identifikační údaje

- určení zadavatele auditu, kterým je obchodní firma fyzické či právnické osoby, trvalý pobyt či sídlo, identifikační číslo
- určení provozovatele předmětu energetického auditu, pokud je různý od zadavatele auditu
- určení zpracovatele (energetického auditora), jméno a příjmení zpracovatele, jeho trvalý pobyt,...
- určení předmětu energetického auditu, kterým je podnik, provozovna, zařízení, stavba nebo projekt, přesné místo, kde je předmět auditu umístěn, včetně adresy, majetkoprávní vztah k zadavateli auditu

Popis výchozího stavu

- a. Popis výchozího stavu předmětu energetického auditu obsahuje základní údaje o:
 - předmětu energetického auditu nebo projektové dokumentaci, energetických vstupech a výstupech, vlastních energetických zdrojích, rozvodech energie, významných spotřebičích energie.
- b. Údaje o předmětu energetického auditu jsou zejména:
 - situační plán, základní popis, seznam všech budov s uvedením jejich účelu, výčet všech energeticky významných výrobních technologií
- c. Výkresová dokumentace
- d. Údaje o energetických vstupech výstupech
- e. Roční množství nakupovaných paliv a energie
- f. Bilance výroby energie z vlastních zdrojů
- g. Údaje pro rozvod energie se zjišťují pro páteřní a hlavní rozvody

Zhodnocení výchozího stavu

- a. Energetická bilance
 - Odběr energie, výroba vlastní energie
- b. Rozvody energie

- c. Vyhodnocení energetických zdrojů
- d. Vyhodnocení rozvodů energie, energetických spotřebičů
- e. Vyhodnocení tepelně technických vlastností budov
- f. Závěry analýz – stanovení potenciálu úspor

Návrh opatření ke snížení spotřeby energie

- a. Návrh opatření
 - beznákladová, nízkonákladová, vysokonákladová
- b. Technická specifikace
- c. Energetické vyhodnocení
- d. Potenciál úspor energie
- e. Investiční a provozní ohodnocení

Ekonomické hodnocení variant

Úspory nákladů na energii vyplývající z upravené energetické bilance se upravují o změnu dalších provozních nákladů, případně tržby za prodej energie. Takto se stanoví roční přínosy a změna peněžních toků energeticky úsporného projektu. Ve výpočtech se přínosy uvažují v cenové úrovni roku realizace projektu.

Hodnocení vlivu jednotlivých variant na životní prostředí

- a. Podrobná technická specifikace
- b. Bilance paliv a energie
- c. Hodnocení úspory energie ze stránky:
 - Ekonomické
 - Vlivu na životní prostředí
 - Rizik
 - Financování

1.2.STAVEBNÍ PLÁNY

Výukový objekt A se nachází v areálu “Bendlova – Husova” Technické univerzity v Liberci. Objekt je situován do městské zástavby v nadmořské výšce 380 metrů nad mořem, 50°46'22'' severní šířky a 15°4'19'' východní délky.

Objekt byl vystaven na začátku minulého století ve funkcionalistickém slohu jako německé gymnázium. V průběhu 2. Světové války nebyl objekt využíván jako gymnázium ale pro účely německé armády. Po 2. Světové válce byl objekt opět využíván jako gymnázium a od roku 1953 je součástí nově vytvořené organizace Vysoké školy strojní. V současnosti je budova využívána jako výuková a také jako Rektorát.

Od roku výstavby až po rok 1960 nebyly vytvořeny žádné stavební změny. V roce 1960 byla vytvořena podkrovní vestavba a poté o několik let později byla vytvořena jednopodlažní přístavba na východní straně budovy, do ulice Heydukova. Objekt má v půdoryse tvar velmi nepravidelného obdélníku o rozměrech cca 77,8 x 42,9 m. Plocha na které je objekt zastavěná činí 2 556 m². Budova dosahuje výšky, od úrovně ulice Hálkova po štít budovy, 24 m. Plocha vnitřního užitého prostoru činí 6 539 m² a celkový objem vnitřních prostorů 22 665 m³. Objekt má jedno podzemní podlaží částečně zapuštěné pod terén, jedno až čtyři nadzemních podlaží a podkroví.

Nosnou konstrukci tvoří cihelné zdivo (Cihla CP 290x140x65) proměnné tloušťky od 0,45 až 0,9 m. Většina oken v objektu jsou dvojité s dřevěným rámem a bez těsnění.



Obr. 1.1 Fotografie budovy z ulice Hálkova

2. NAVRŽENÍ VARIANTY ŘEŠENÍ VYTÁPĚNÍ Z CENTRÁLNÍHO ZDROJE A KOGENERAČNÍ JEDNOTKY

A. CENTRÁLNÍ ZDROJ

2.1. NÁVRH OPATŘENÍ

V případě použití stávajícího zdroje vody pro topení, jsou navrženy tyto opatření:

- Vtvoření většího počtu vytápěcích zón, jenž by mělo za následek výhodnější způsob regulace topné soustavy.
- Použití termostatických regulačních ventilů na všechna otopná tělesa, pro regulaci jednotlivých místností. Tímto by se zabránilo zbytečnému vytápění nevyužívaných místností.
- Navržení klimatizační jednotky, která by nahrazoval větrací jednotku uloženou v suterénu budovy, s možností větrání s rekuperací bezokenních místností v přízemí, laboratoří a nebo větších přednáškových místností ve vyšších patrech budovy. Jako zdrojem tepla, pro ohřev nebo přehřev čerstvého nasávaného vzduchu, by sloužila část tepelného výkonu pro vytápění.
- Součástí každého předešlého uvažovaného opatření, se musí počítat s nutností použití plynového kotle na vytápění určitých částí objektu využívající fakultou architektury. Zajišťující možnost vytápění uvedených prostorů v době, kdy je celá budova ale i celý areál ve vytápěcím útlum a kde se vyskytují studenti fakulty architektury.
- Navržení jiného zdroje vytápění pro prostory využívající fakultou architektury jako je například tepelné čerpadlo. K tomuto řešení by se mohli použít akumulční nádrže, přehřívávané topnou vodou v době plného vytápění budovy.

B. KOGENERAČNÍ JEDNOTKA

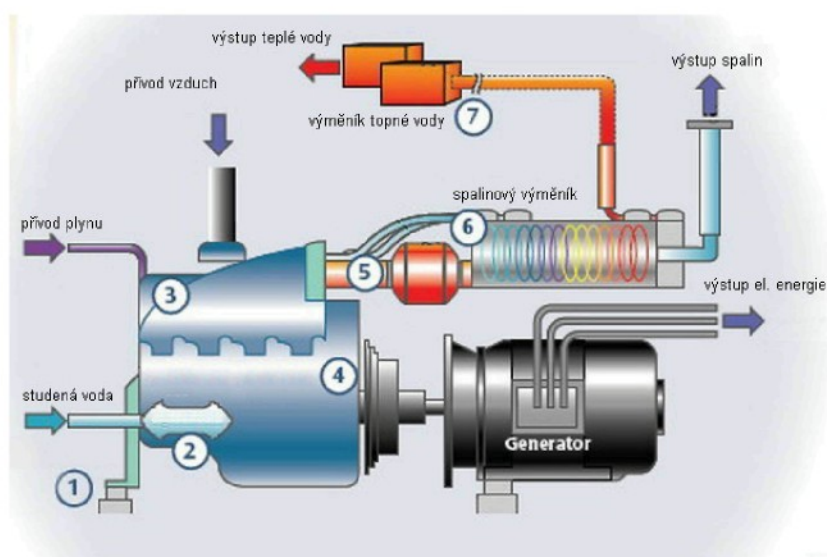
2.2.KONCEPCE KOGENERAČNÍ JEDNOTKY

2.2.1. Kogenerace

Pojem "kogenerace" vychází z anglického "co-generation" a znamená společnou výrobu tepla a elektřiny. Představuje velmi zajímavou aplikaci moderních technologií na známé principy. Kogenerační jednotku tvoří generátor na výrobu elektřiny, poháněný nejčastěji spalovacím motorem na zemní plyn, méně často potom plynovou nebo parní turbínou. Výhoda kogenerace však spočívá v tom, že odpadní teplo spalovacího motoru, obvykle odváděného chladičem, je využito pro vytápění nebo ohřev teplé vody v objektu.

2.2.2. Základní popis kogenerační jednotky

Kogenerační jednotka se spalovacím motorem se skládá ze zážehového spalovacího



Obr. 2.1 Schéma kogenerační jednotky

motoru pohánějícího přímo alternátor vyrábějící elektřinu a výměníků pro využití odpadního tepla z motoru. Odpadní teplo z motoru je odváděno pomocí dvou výměníků na dvou teplotních úrovních. První výměník odvádí teplo z bloku motoru a z oleje na úrovni cca 80 - 90 °C. Druhý výměník odvádí

teplo z odcházejících výfukových spalín o teplotě cca 400 - 500 °C. Výměníky jsou z hlediska průtoku teplonosného média zapojeny do série. Obvykle jsou kogenerační jednotky koncipovány pro dodávku tepla do teplovodního systému 90/70 °C, méně již do systému

110/85 °C resp. 130/90 °C. Kogenerační jednotky se zážehovými spalovacími motory se dodávají o el. výkonech v rozsahu od cca 20 kW do 5000 kW.

Zemní plyn ve směšovači se vzduchem tvoří směs, která je nasávána a komprimována turbodmychadlem poháněným spaliny odcházejícími z motoru. Komprimovaná horká směs je chlazená v chladiči směsi a dodávána do motoru. Pro možnost občasného provozu jednotky jen s částečným využitím nebo bez využití tepla může být instalován nouzový chladič a obtok spalin vyřazující spalínový výměník z činnosti.

Elektrická účinnost (poměr el. výkonu jednotky k příkonu v přiváděném plynu) se pohybuje v rozsahu cca 27 – 42%, velikost účinnosti je přímo úměrná výkonu jednotky. Tepelná účinnost (poměr tepelného výkonu jednotky k výkonu v přiváděném plynu) se pohybuje v rozsahu cca 43 – 53%. Tepelným výkonem kogenerační jednotky se obvykle rozumí součet odpadního tepelného výkonu z chlazení bloku motoru, oleje a spalin. Na tepelném výkonu se obvykle podílí odpadní teplo bloku motoru a oleje cca 60%, odpadní teplo spalin cca 40%. Odpadní teplo z chlazení směsi (cca 8% z celkového odpadního tepla se obvykle do tepelného výkonu jednotky nezahrnuje, protože je odváděno na nižší teplotě).

Poměrem elektrické a tepelné účinnosti konkrétní jednotky je určen poměr elektrického a tepelného výkonu jednotky, který se pohybuje v rozsahu cca 1 : 1 (pro jednotky o vysokém výkonu) až 1 : 2 (pro jednotky o nízkém výkonu).

2.2.3. Konstrukční uspořádání kogenerační jednotky

Kogenerační jednotky jsou dodávány ve dvou uspořádáních :

- Stavebnicovém
- Modulovém

V případě stavebnicového uspořádání je provozovateli dodána jednotka rozložená do základních částí (motor s generátorem na rámu, výměníky, čerpadla a tlumič sání a výfuku). Instalace jednotky je pak přizpůsobena uspořádání prostoru, do kterého je umístěna včetně propojovacího potrubí a elektroinstalace (viz obrázek – soustrojí motor/generátor a sestava spalínového výměníku).

Předností stavebnicového uspořádání je snadnější přístup pro údržbu a opravy jednotlivých komponent a nižší výrobní náklady, čemuž by měla odpovídat i nižší cena jednotky. V některých případech je však snížení nákladů pouze relativní, protože provozovatel je nucen provést různé stavební úpravy včetně odhlučnění prostoru.

Ve stavebnicovém uspořádání jsou dodávány převážně jednotky vysokých výkonů (více než 1 MWe), které vzhledem k velkým rozměrům by byly obtížně v celku přepravitelné. Při modulovém uspořádání (obvykle o jmenovitém el. výkonu do cca 200 kW) je jednotka dodána jako plně funkční modul, který obsahuje všechny komponenty včetně protihlukového krytu (viz obrázek – kogenerační jednotka umístěná vedle baleného kotle). Výhodou tohoto uspořádání je velmi rychlá instalace jednotky včetně jejího odhlučnění. Nevýhodou může být obtížnější přístup pro opravu nebo výměnu některých částí.

2.2.4. Základní komponenty kogeneračních jednotek

Zdroj plynu

Plynová trať na jednotce se skládá z filtru, hlavního ventilu a tzv. „nulového regulátoru“, který snižuje tlak plynu téměř na atmosférický tlak, příznivé pro směšování se vzduchem. Následuje směšovač směsi s předřazeným regulátorem bohatosti. Ten je nastaven buď manuálně na základě měření analyzátozem spalín nebo pracuje automaticky v závislosti na měření bohatosti směsi plynu se vzduchem.

Plynový motor

Je většinou odvozen ze vznětového motoru pro spalování nafty, který je konstrukčně upraven na motor zážehový pro spalování plynu. Počet provozních hodin pro výměnu hlavy resp. životnost motoru do generální opravy u tuzemských výrobců činí přibližně 6000 hodin resp. 30 000 hodin zatímco u zahraničních jsou tyto lhůty přibližně 12 000 hodin resp. 50 000 hodin.

Generátor el. Energie

Je připojen k motoru přes spojku bez převodovky. Pro nižší výkony (cca do 100 kW) se používají levné generátory asynchronní z důvodu omezení velikosti proudových rázů při připojení. Tento typ generátoru umožňuje pouze paralelní provoz kogenerační jednotky se sítí s nutností omezení připojovacích špiček a kompenzací účinníku. Dražší synchronní generátory lze použít bez výkonového omezení. Jsou vybaveny automatickým přifázováním k síti a automatickou regulací účinníku na zadanou hodnotu.

Výměníky a chladiče tepla

V kogenerační jednotce je instalován výměník motorového okruhu (chlazení bloku) a spalinový výměník. Výměník motorového okruhu bývá obvykle deskový, spalinový výměník trubkový. Spalinový výměník v nerezovém provedení zvyšuje cenu jednotky, použití konstrukční oceli je většinou z hlediska životnosti vyhovující, je nutno však dodržet nižší drsnost vnitřního povrchu trubek (zanášení nečistotami ze spalín, nutnost častého čištění).

Chladič oleje nemusí být instalován, pro dosažení vyšší teploty chladicí vody (dodávané jako tepelný výkon jednotky) je však vhodné jej zařadit, navíc lze prodloužit lhůty pro výměnu oleje. Chladič plnicí směsi zajišťuje optimální podmínky pro spalování směsi v motoru.

Odhlučnění jednotky a snížení emisí ve spalínách

Hluk z motoru se šíří jednak z bloku a jednak prostřednictvím výfukových plynů. Hluk z bloku je snižován krytem tvořeným konstrukcí s otvíratelnými a odnímatelnými protihlukovými panely. Ke snížení hluku šířeného výfukovým potrubím se používají tlumiče výfuku. Pro snížení hluku a vibrací do základu je též nutno umístit soustrojí motor – generátor na pružné elementy, rovněž je nutno použít pružných spojovacích elementů potrubí.

Všechny kogenerační jednotky splňují emisní limity ve spalínách dle Vyhlášky č.117 tj. 500 mg/Nm³ NO_x a 650 mg/Nm³ CO.

Emisních limitů je u jednotek dosaženo :

- S palováním stechiometrické směsi a instalací třicestného katalyzátoru, to je podmíněno použitím tzv. „lambda sondy“ zajišťující regulaci spalování
- Spalování chudé směsi bez katalyzátoru nebo jen s oxidačním katalyzátorem

U jednotek vysokých výkonů a při zvlášť přísných požadavcích na výši emisí ve spalínách se používá tzv. „selektivní katalytická redukce oxidů dusíku“ pomocí čpavku, který je vstřikován do spalin, pro snížení i obsahu CO je tato metoda doplněna o oxidační katalyzátor.

Řízení provozu

Provoz kogenerační jednotky je ovládán z ovládacího panelu. Najíždění kogenerační jednotky a odstavení z provozu je obvykle zcela automatické, s danou hierarchií jednotlivých činností (promazání, start bez zatížení, přifázování, zatěžování, provoz, odlehčení, odfázování, odstavení). Z jednotlivých provozních celků kogenerační jednotky jsou průběžně snímány hodnoty důležitých teplotních a elektrických veličin a jsou neustále porovnávány s nastavenými hodnotami. V případě, že hodnota některých veličin je mimo povolený rozsah, je provoz jednotky automaticky upraven nebo je jednotka odstavena z provozu. Naměřené hodnoty jsou mimoto ukládány do paměti řídicího systému pro možnost zpětné kontroly provozu jednotky.

Umístění a připojení jednotky

Kogenerační jednotka pro svůj provoz vyžaduje dodávku nízko nebo středotlakého plynu. Umístění jednotky je třeba přizpůsobit hlavně umístění stávajícího zdroje energie, s kterým bude spolupracovat, a možnosti vyvedení tepelného a elektrického výkonu. V případě paralelního provozu jednotky s el. sítí (obvyklý případ) je třeba věnovat zvýšenou pozornost funkci a spolehlivosti ochran. Vzhledem k vysoké měrné ceně kogenerační jednotky vztažené k výkonu je nutno její provoz koncipovat tak, aby její provoz byl nadřazen ostatním zdrojům tepla (kotle, nákup tepla z externího zdroje) a el. energie (sít').

2.3. ZÁSADY PŘI NAVRU KOGENERAČNÍ JEDNOTKY

2.3.1. Dimenzování výkonu kogenerační jednotky a určení způsobu provozu

Dimenzování jmenovitého výkonu kogenerační jednotky a návrh způsobu jejího provozu je jedním z nejdůležitějších přípravných kroků, protože má přímý vliv na ekonomii

provozu tohoto zařízení a tím na úspěšnost celého záměru. Proto je nutno věnovat tomuto tématu patřičnou pozornost.

Poměr elektrického a tepelného výkonu kogenerační jednotky s plynovým motorem nelze libovolně měnit, ale je dán konstrukčním provedením zařízení, jeho velikostí a teplotou vyráběného tepla. Dle typu konkrétního zařízení se tento poměr pohybuje obvykle v rozmezí od 1 : 1,2 pro jednotky o vyšším výkonu, až po 1 : 2 pro jednotky o velmi nízkém výkonu. Uvedené poměry platí při provozu jednotky na jmenovitý výkon, při poklesu výkonu se poměr výroby el. energie a tepla zhoršuje v neprospěch výroby el. energie. Přitom ale celkové využití plynu pro výrobu tepla a el. energie v jednotce je prakticky stejné, pouze větší část je přeměněna na teplo. Protože vyrobenou el. energii v kogenerační jednotce je možno obvykle zhodnotit výhodněji než teplo, je snahou navrhovat jmenovitý výkon jednotky tak, aby mohla být převážně provozována s co nejvyšší elektrickou účinností, tzn. na jmenovitý výkon. Východiskem pro dimenzování výkonu jednotky a způsobu jeho časového využití je tedy především analýza odběru tepla a el. energie, který lze krýt kogenerační jednotkou.

V této souvislosti je nutno stanovit harmonogram odběru tepla a el. energie nejen roční, ale i denní, který je nutno definovat po hodinách pro typické dny topného, přechodného a letního období. Hodnoty průměrných denních odběrů tepla a el. energie jsou pro návrh výkonu jednotky obvykle zavádějící, neboť nevystihují požadavky na dodávku okamžitého tepelného i elektrického příkonu, důsledkem je návrh jednotky, jejíž tepelný nebo elektrický výkon není zcela během dne využit (nutné maření tepelného výkonu nebo provoz jednotky na nižší než jmenovitý výkon).

Elektrická účinnost roste a měrné investiční náklady vztažené k výkonu klesají s rostoucí velikostí kogenerační jednotky. Tuto skutečnost je nutno zohlednit při návrhu pokrytí požadovaného výkonu jednou nebo více jednotkami. Z hlediska spolehlivosti a snížení sankčních poplatků za překročení odběrového maxima plynu v případě dodávky el. energie pro vlastní spotřebu je vhodnější celkový požadovaný jmenovitý výkon rozdělit do dvou nebo i více jednotek, které dle výkonu spotřeby zajišťují vyšší elektrickou účinnost jednotlivých jednotek. Naopak při dodávce el. energie do sítě s platbou jen za dodanou el. práci je obvykle vhodnější instalovat jednu větší jednotku s vyšší účinností a nižší měrnou cenou. Tento závěr platí ovšem jen pro případ, kdy jednotka pokrývá základní zatížení v odběru tepla a je provozována pouze na jmenovitý výkon.

V případě větších objektů (hotely, obchodní domy, nemocnice) s vyšší vlastní spotřebou el. energie je třeba el. výkon kogenerační jednotky v prvním kroku dimenzovat tak, aby kryla základní zatížení vlastní spotřeby el. energie příslušného objektu a následně kontrolovat stupeň využití vyrobeného tepla, dle příslušného tepelného výkonu jednotky a harmonogramu spotřeby tepla subjektu. Doplněk ve spotřebě el. Energie přesahující základní zatížení je dodáván ze sítě, doplněk ve spotřebě tepla z vlastních kotlů nebo z interního zdroje tepla.

V některých případech je také vhodné v souvislosti s instalací kogenerační jednotky změnit sazbu odběru el. energie. Kogenerační jednotka je potom dimenzována a provozována tak, že kopíruje okamžitý elektrický příkon subjektu do určité výše příkonu, špičky jsou opět kryty ze sítě, ale ve změněné sazbě odběru.

2.3.2. Tvorba projektu

Při vypracování projektu kogenerační jednotky je třeba dbát na následující oblasti: Dodávka plynu

- Dimenzování plynové přípojky
- Zajištění správné funkce směšovače plynu



Obr. 2.2 Kontejnerové provedení jednotky

a. Přívod a odvod

spalovacího vzduchu

- Dostatečné rozměry místnosti, v které je umístěna jednotka
- Návrh přívodu vzduchu
- Využití větracího vzduchu

b. Odvod spalin

- Instalace samostatného komínu pro každou jednotku
 - Dostatečné dimenzování teplotních a tlakových poměrů u komínů a

kouřovodů

- Odhlučnění výfuku
- Dodržení požadovaných hodnot emisí

c. Olejové hospodářství

- Dostatečně dimenzované úložné prostory

d. Vyvedení tepelného výkonu

- Hydraulické vyvážení se stávající soustavou.
- Možnost vyvedení přebytečného tepelného výkonu.
- Dimenzovat čerpadla s dostatečnou rezervou a automatickým nahrazením.

e. Vyvedení elektrického výkonu

- Detailně projednat připojení s místní distribuční sítí v paralelním provozu jednotky

f. Regulace provozu

- Sladění spolupracujících zdrojů tepla

2.4.INSTALACE KOGENERAČNÍ JEDNOTKY

Při montáži je nutno důsledně kontrolovat činnost montážní firmy, v případě, že výsledek neodpovídá projektu, dílo nepřebírat. Pro subdodávky (např. snímače, hlídače, komponenty související s vyvedením tepelného a elektrického výkonu) vybrat renomované firmy se spolehlivými výrobky. V případě složitějších akcí s více dodavateli, je nutno jejich činnost vzájemně koordinovat.

V rámci instalace jednotky je také třeba upřesnit její servis a plánované opravy, určit jednoznačně subjekt, který je bude zajišťovat a příslušné lhůty servisu a oprav s určením doby provedení jednotlivých operací. Předem je nutno též specifikovat výši nákladů na servis a opravy a jakým způsobem budou kalkulovány a hrazeny.

2.4.1. Způsoby zajištění údržby, servisních prací a oprav :

- Provozovatel zařízení platí dodavateli servisní činnosti smluvní poplatky vztažené buď k provozním hodinám zařízení, nebo k vyrobenému množství el. energie, za to mu dodavatel zajišťuje plánované činnosti i neplánované opravy

- Dodavatel provádí plánované činnosti i neplánované opravy na základě objednávek provozovatele v předem stanovené lhůtě a za cenu předem dohodnutou za každý úkon
- Provozovatel si organizuje a zajišťuje servisní a opravárenskou činnost sám

2.4.2. Uvedení do provozu a trvalý provoz kogenerační jednotky

Pro řádné uvedení do provozu a odzkoušení všech provozních situací, je nutno ze strany investora rezervovat dostatečné časové období.

Parametry kogenerační jednotky prověřit garančním měřením, včetně seřízení motoru na požadovanou úroveň emisí ve spalínách, pro předpokládaný pracovní režim motoru.

Po úplném odzkoušení provozu zařízení ve všech provozních stavech, které jsou v trvalém provozu předpokládány, je třeba vypracovat podrobné provozní předpisy s určením odpovědnosti jednotlivých osob za správný chod zařízení a dodržování lhůt a rozsahu servisu a plánovaných oprav. Provozovatel jednotky musí zajistit, aby podmínky trvalého provozu kogenerační jednotky respektovaly ustanovení v její technické specifikaci, která je nedílnou součástí smlouvy mezi dodavatelem a provozovatelem.

Běžné plánované lhůty údržby a oprav (hodin provozu) :

výměna oleje	1 000 – 4 000
výměna svíček	1 000 – 4 000
seřízení kontaktů	2 000 – 4 000
seřízení ventilů	800 – 2 000
čistění spalínového výměníku	1 x ročně
výměna hlavy	6 000 – 12 000
střední oprava	6 000 – 8 000
generální oprava	20 000 - 50 000

3. VĚTRÁNÍ

Pojem větrání v sobě nezahrnuje jen výměnu vnitřního vzduchu za vzduch venkovní ale také případně úpravy vlastností venkovního přiváděného vzduchu. Výsledkem větrání je také snížení měrné vlhkosti v odvětrávaných prostorách a zamezení tvorby mikroklimatu pro nežádoucí plísně.

3.1.DRUHY ODVĚTRÁVACÍCH SYSTÉMŮ

Systém přirozeného větrání

U přirozeného větrání je průtok vzduchu vyvolán přirozeným rozdílem tlaků vně a uvnitř větraného prostoru prostřednictvím infiltrace nebo provětrávání. Tlakový rozdíl vzniká

- Rozdílem měrné hmotnosti vzduchu vně a uvnitř větraného prostoru (ovlivněným rozdílem teploty uvnitř a vně prostoru)
- Tlakovým účinkem větru

Infiltrace je princip větrání netěsnými spárami oken, dveří. Přívod venkovního vzduchu infiltrací do místností je nejintenzivnější v zimě, kdy zvyšuje tepelné ztráty. Zdokonalené těsnění oken přirozené větrání infiltrací omezuje, často až pod hygienické požadavky na přívod čerstvého venkovního vzduchu. Omezené větrání v zimním období snižuje odvod vlhkosti (z kuchyní aj.), což může vést ke kondenzaci vodních par na vnitřním povrchu (nedostatečně tepelně izolovaných) obvodových konstrukcí, k jejich navlhání, tvorbě plísní i k narušení konstrukce.

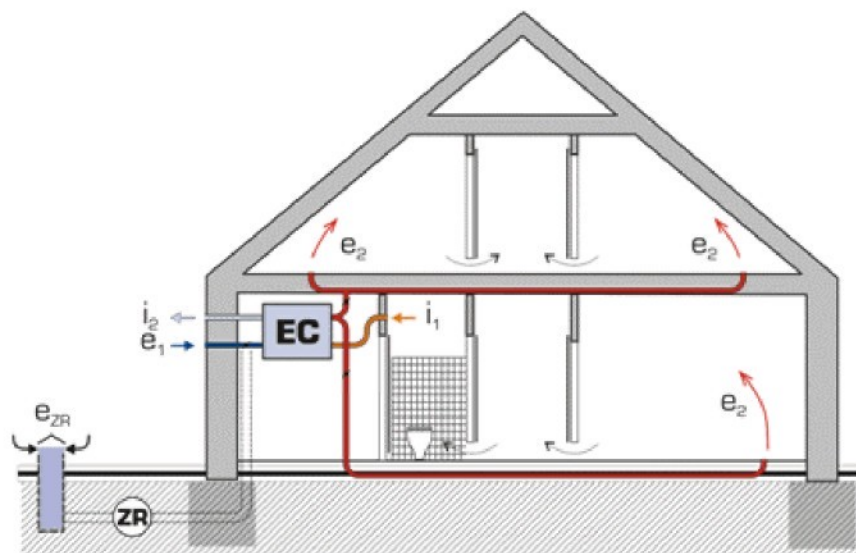
Provětrávání je občasné větrání otvíráním oken. Spodní částí otevřeného okna proudí do místnosti chladnější vzduch venkovní, horní částí okna se vzduch z místnosti odvádí.

Systém nuceného (mechanického) větrání

Je zajišťováno pomocí mechanických strojních zařízení, která regulují přívod a současně odvod vzduchu v budovách. Nucené větrání zaručuje výměnu vzduchu i při nepříznivých tlakových podmínkách, možnost regulace výkonu na základě momentálních požadavků. Především se používá tam, kde jsou nevýrazné zdroje tepla v prostoru rozmístěny rovnoměrně. Potřebné tlakové podmínky ve větraných prostorech zajišťují:

- Podtlaková zařízení
- Přetlaková zařízení
- Rovnotlaková zařízení

Každý z těchto způsobů větrání je používán pro odlišné provozní potřeby odvětrávaných místností. Jako jsou například přetlakově větrány místnosti operačních sálů (zabránění vstupu nežádoucích látek případnou infiltrací) nebo podtlakově větrány chemické laboratoře (zabránění většího množství nežádoucích látek mimo místnost laboratoře). Rovnotlaké větrání se používá především pro větrání bytových a nebytových prostorů.



Obr.3.1 Jednoduché schéma systému rovnotlakého větrání (Atrea)

3.1.1. Větrané místnosti

Do kategorie větraných místností jsou zahrnuty různé druhy místností podle jejich využití:

- Bezokenní místnosti v přízemí budovy
- Vybrané přednáškové místnosti v přízemí a dalších dvou patrech
- Počítačové učebny

3.1.2. Interní mikroklima

Vnitřní prostředí v budovách vytváří mnoho složek. Většinu těchto složek prostředí ovlivňujeme větráním. Zásadní vliv na člověka mají tepelně vlhkostní parametry obytné místností. Obsah vodní páry v interiéru je určován jednak stavem vodních par v exteriéru, jednak jejich zdroje uvnitř budovy. Zdrojem vodní páry v interiéru je zejména člověk a jeho aktivity (sprchování, vaření, sušení prádla), také květiny a sám člověk.

Kromě kvality vzduchu jsou z hlediska působení na člověka nejvýznamnější tepelně-vlhkostní podmínky prostředí. Ty určují tepelnou pohodu člověka. Tepelná pohoda označuje takový stav prostředí, ve kterém je splněna podmínka tepelné rovnováhy mezi organismem člověka a okolím. Stavem kdy prostředí odebírá tělu tolik tepla, kolik právě produkuje. V případě nedodržení optimálních podmínek je člověk před nadměrným teplem chráněn pocením, ale před nadměrným chladem chráněn není.

Optimální teplota vnitřního vzduchu je pro oblečeného člověka $21,5 \pm 2$ °C v zimním období. Teplota okolních ploch, tedy stěn, stropu, oken nemá být nižší než o 2 °C. V letním období se tato hodnota pohybuje 26 ± 2 °C, je závislá zejména na teplotě ve venkovním prostředí, neboť člověk vnímá teplotu relativně. Pokud je v budově o 4-6 °C chladněji než ve venkovním prostředí, je to optimální z hlediska pocitu příjemného prostředí a zároveň tento rozdíl není rizikový z hlediska nemoci z nachlazení, která je příznačná pro "překlimatizované" budovy. Rychlost proudění vzduchu by neměla přesáhnout 0,1 m/s.

3.1.3. Přínos nuceného větrání

Zpětné získávání tepla, neboli rekuperace je děj, při němž se přiváděný vzduch do budovy předhřívá teplým odpadním vzduchem. Teplý vzduch není tedy bez užitku odveden otevřeným oknem ven, ale v rekuperačním výměníku odevzdá část svého tepla přiváděnému vzduchu. Při použití tohoto procesu se snižují nároky na energii, která je potřebná k vytápění odvětrávaných místností a nebo energie potřebná k ohřátí čerstvého venkovního vzduchu na požadovanou teplotu v místnosti.

V případě použití automatických řídicích systémů pro větrací jednotky se dosahuje požadovaného komfortu a spolehlivosti. Jak z pohledu osob zodpovědných za správných chod větrací jednotky, tak z pohledu uživatelské klientely.

3.2.KONSTRUKČNÍ ČÁSTI VĚTRACÍ JEDNOTKY

Ventilátor

Podle tlakového rozdělení se používají ventilátory nízkotlaké a středotlaké, jejichž tlakové maximum se pohybuje kolem hodnoty 2 000 Pa. ,

Podle konstrukce ventilátorů se používají jednostupňové axiální ,s lopatkami zahnutými dozadu, s přímým pohonem přes hřídel elektromotoru a nebo pohon je přenášen prostřednictvím klínového řemene. Dalším konstrukčním řešením jsou případy kdy se používají radiální ventilátory, s lopatkami zahnutými dopředu, se spirální skříň.

Menší konstrukční provedení ventilátorů poháněné elektromotorem se napájí jmenovitým napětím ~230 V a větší celky jmenovitým napětím ~400 V.

Výměníky tepla

Výměníky tepla používané u větracích jednotek jsou:

- Ohřívač vzduchu
- Chladiče vzduchu
- Rekuperační výměník

Konstrukce ohřívačů je založená na druhu zdroje energie, ze kterého je teplo předáváno chladnému, nasávanému, venkovnímu vzduchu. Za zdroj energie se používá dostupná teplá voda sloužící například k topení nebo jiné zdroje teplé vody jako jsou tepelné čerpadlo, solární panely a jiné. Dalším zdrojem energie se používá v případech, kdy není možné připojení k systému s teplou vodou a při malých tepelných výkonech elektrické ohřívače. Odporové topné spirály se zapojují do kaskády pro optimální volbu požadovaného tepelného výkonu. Tlaková ztráta vznikající prouděním dopravovaného

vzduchu přes jednotlivé části ohřívače nebo chladiče dosahuje hodnoty několika stovek Pa.



Konstrukce chladičů jsou téměř stejné jako u ohřívačů založených na teplé vodě. Místo centrálního zdroje teplé vody se zde musí vyskytovat centrální

Obr. 3.2 Ohřívač s odporovými spirálami (VTS)

zdroj chladu (u rozsáhlejších chladicích systémů) nebo chladicí výměník musí být připojen k vlastnímu výparníku (výměník je používán pro nižší chladicí výkony a v jednotlivých sestavách).

Rekuperátory slouží k zpětnému získávání energie z proudu odváděného vzduchu z místnosti do proudu vzduchu, který je přiváděn do místnosti. Výměník je tvořen několika vrstvami, s vysokou hodnotou tepelné vodivosti materiálu, mezi které se křížově mívají oddělené proudy odváděného a přiváděného vzduchu. Tlaková ztráta u rekuperátoru může dosáhnout dvojnásobné hodnoty než se vyskytují ohřevů a chladičů.

Filtry

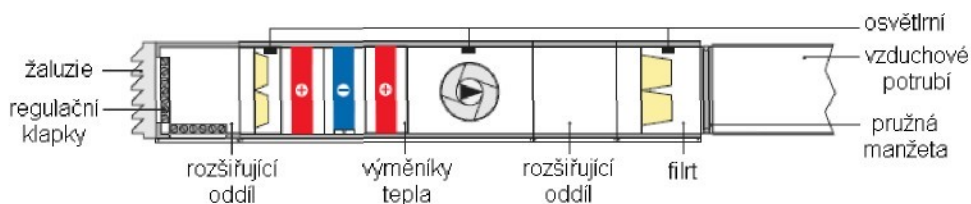
Z důvody vyšší kvality přiváděného vzduchu se do větracích jednotek vkládají deskové filtry (filtrace na vstupu větrací jednotky) nebo kapsové filtry (filtrace na výstupu z větrací jednotky) pro lokality, kde jsou požadavky na čistotu vzduchu nejvyšší nemocnice,



Obr. 3.3 Kapsový filtr (GEA LVZ, a.s.)

potravinářský průmysl, lakovny. Stupeň zanesení filtru částicemi nečistot ze vzduchu udává navýšení tlakové ztráty filtru.

Větrací jednotka je tvořena z jednotlivých dílů, které vytvářejí stavebnicovou sestavu. Jednotlivé díly sestavy se vkládají do základního kovového rámu (obvykle tvořen hliníkovými profily) na předem určená místa, z důvodů správné funkce s ostatními díly sestavy.



Obr. 3.4 Schéma uspořádání jednotlivých prvků větrací jednotky

Vzduchové potrubí

Ohebné Al hadice. Plášť zhotoven z 5-ti vrstvého hliníkového laminátu o celkové tloušťce 0,04 mm a vyztužený ocelovou spirálou. Konstrukce zajišťuje téměř neomezenou ohebnost při zachování kruhového průřezu. Hliníkové hadice se mohou vyskytovat se zvukovou izolací. Maximální tlakové použití od -600 až $+12\,000$ Pa při maximální rychlosti 25 ms^{-1} .

SPIRO potrubí. Potrubí se vyrábí v dílech z pozinkovaného plechu s vrstvou pozinkování 275 gm^{-2} nebo v dílech z hliníkového plechu. Maximální tlakové použití od -600 až $+1\,000$ Pa při maximální rychlosti 16 ms^{-1} .

3.3.NÁVRH VĚTRACÍ JEDNOTKY

Množství přiváděného vzduchu

Množství odvětrávaného vzduchu se určuje:

- Jednak podle počtu osob vyskytujících se v místnostech s určitým stupněm znečištění (kina, restaurace,...). U každé kategorie místnosti se udává potřebné množství čerstvého vzduchu pro jednu osobu za jednu hodinu.
- Případně podle typu kategorie místností, vycházející z hygienických předpisu, o předepsané čistotě vzduchu. Pro každé kategorii je přiřazena hodnota kolikrát se má v místnosti vyměnit vzduch za jednu hodinu.

DRUH MÍSTNOSTI	počet výměn vzduchu [h^{-1}]	DRUH MÍSTNOSTI	čerstvý vzduch pro jednu osobu [m^3h^{-1}]	
			doporučené	minimální
Banka	$2 \div 3$	Divadla, kina, konferenční místnosti (zákaz kouření)	40	20
Bar	$10 \div 15$			
Knihovna	$3 \div 5$			
Obchodní dům	$3 \div 6$	Restaurace, kavárny (bez zákazu kouření)	60	40
Kino, divadlo	$4 \div 6$			
Kuchyň	$10 \div 30$			
Fyzická laboratoř	$5 \div 15$			
Obchodní sklad	$4 \div 6$			
Bazén	$3 \div 4$			
Hotelový pokoj	$4 \div 8$			
Kancelářská místnost	$3 \div 8$			
Hospodářská místnost	$1 \div 2$			
Obchodní místnost	$4 \div 8$			
Čistírna	$10 \div 15$			
Restaurace	$8 \div 12$			
Konferenční sál	$6 \div 8$			

Tab. 3.1 a 3.2 Udávající hodnoty pro potřebné množství čerstvého vzduchu

Množství požadovaného čerstvého vzduchu

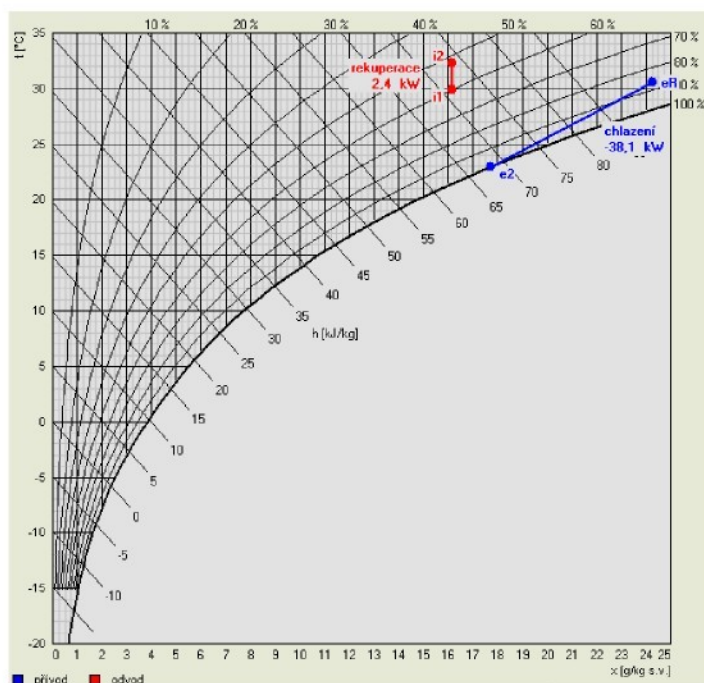
$$\dot{V} = V \cdot n, \quad (3.1)$$

kde V značí objem větraných místností a n udává počet výměn vzduchu v místnosti za jednu hodinu (tab. 3.1) a (tab. 3.2).

Parametry přiváděného vzduchu v letním období

Parametry vzduchu, které určují parametry přiváděného a odváděného vzduchu, φ relativní vlhkost, x měrná vlhkost, h entalpie vzduchu, t teplota vzduchu. Všechny tyto parametry se pro názornost zobrazují do h - x diagramů (obr 3.1). Při výpočtu vzorců obsahující hodnoty měrné tepelné kapacity vzduchu c_p a měrné hmotnosti vzduchu ρ se tyto hodnoty považují za konstantní. Vztah (3.2) pro množství potřebného chladicího výkonu v letním období,

$$Q_{ch} = \dot{V} \rho \cdot c_p \cdot (t_e - t_i). \quad (3.2)$$



Obr. 3.5 Molierův diagram při ochlazování přívodního vzduchu

Hodnota t_e udává teplotu vzduchu přiváděného do větrací jednotky a hodnota t_i teplotu vystupující z větrací jednotky, přiváděné do větrané místnosti. Pro tuto hodnotu chladicího výkonu Q_{ch} by měli být navrženy chladicí výměníky. Průchod přívodního vzduchu v letním období je realizován průchodem přes by-passovou klapku, jež zajišťuje náhradní okruh mezi vstupem a výstupem přívodního vzduchu z jednotky, bez ohřevu v rekuperačním výměníku.

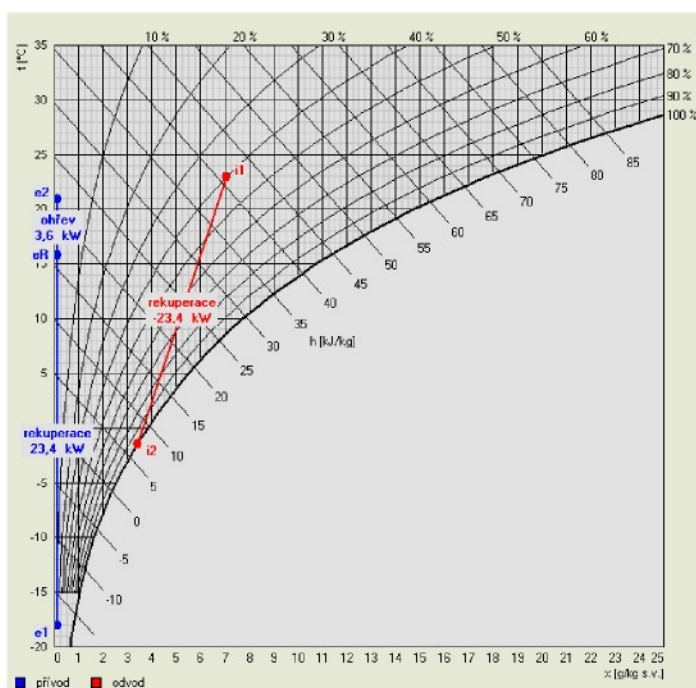
Parametry přiváděného vzduchu v zimním období

Parametry vzduchu se určí z obdobných veličin jako u přiváděného vzduchu v letním období. Použití protiproudého rekuperačního výměníku k předehřevu přiváděného vzduchu v zimním období, slouží ke snížení energeticky náročné úpravě studeného nasávaného vzduchu. Účinnost rekuperačního výměníku, vztah (3.3), závisí na těsnosti větraných místností a vyjadřuje se ztrátami způsobené infiltrací. Tyto ztráty jsou způsobené většinou netěsnostmi mezi nedosedajícími okenními profily. Celkový tepelný výkon potřebný k ohřátí

$$\eta_{re} = \frac{(t_r - t_{e1})}{(t_{il} - t_{e1})} \quad (3.3)$$

$$Q_o = Q_{re} + Q_{oh} \quad (3.4)$$

Označení prvního indexu ve vzorci (3.3) vyjadřuje teploty interiéru i a exteriéru e . Číselná hodnota indexu značí vstup vzduchu do jednotky a výstup vzduchu z jednotky. Teplotu vzduchu na výstupu z rekuperační jednotky je označena indexem r . Celkový tepelný výkon Q_o potřebný k ohřátí venkovního vzduchu je dán součtem výkonů z rekuperačního výměníku Q_{re} a z ohříváče Q_{oh} , jak uvádí vztah (3.4).



Obr. 3.6 Molierův diagram při ochlazování přivodního vzduchu (Atrea)

Tepelný výkon Q_{re} , který posloužil pro předehřev venkovního přiváděného vzduchu, přes rekuperační výměník vychází ze vztahu (3.5). Tento vztah je obdobný vztah (3.2), až na zahrnutí účinnosti η_{re} rekuperace,

$$Q_{re} = \frac{\rho \cdot c_p \cdot \{t_{e2} - [\eta_{re} \cdot (t_{i1} - t_{e1}) + t_{e1}]\}}{3600} \quad (3.5)$$

K dosažení potřebné teploty výstupního vzduchu z větrací jednotky je nutno zbývajícím tepelným výkonem Q_{oh} , vztah (4.6) doplnit pomocí ohříváče vzduchu,

$$Q_{oh} = \frac{\rho \cdot c_p \cdot \{t_{e2} - [\eta_{re} \cdot (t_{i1} - t_{e1}) + t_{e1}]\}}{3600} \quad (3.6)$$

$$t_r = \eta_{re} \cdot (t_{i1} - t_{e1}) + t_{e1} \quad (3.7)$$

Teplota vzduchu vystupující z rekuperačního výměníku odpovídající vztahu (3.7) se vyjádřila ze vztahu (3.3). Z důvodů ochlazování odsávaného vzduchu v rekuperačním výměníku, je třeba počítat se vznikem kondenzátu. Snížení měrné vlhkosti z hodnoty x_{i1} na hodnotu x_{e2} , vznikne rozdílem množství kondenzátu připadající na každý kilogram odsávaného vzduchu.

Tlakové ztráty rozvodu vzduchu

Tlakové ztráty způsobené v rozvodech vzduchem se dělí na místní a třecí. Místní ztráty jsou ovlivněny tvarovými změnami rozvodu popřípadě změnami směru průtoku, jako jsou rozšíření, odbočky, rozdělení průtoku, ... Pro výpočet je nezbytné znát příslušný součinitel místních ztrát ζ , jelikož součin ζ s dynamickým tlakem udává tlakovou Δp_{zt} ztrátu příslušného prvku vztah (3.8),

$$\Delta p_{zt} = \zeta \cdot \frac{\rho \cdot c^2}{2} \quad (3.8)$$

Třecí ztráty se projevují prouděním vzduchu v potrubí s určitou drsností vnitřního povrchu, čím větší hodnota drsnosti tím větší tlakové energie se zmaří. Součinitel třecích ztrát λ , který charakterizuje drsnost potrubí. Z tohoto důvodu se nejčastěji používají válcované kovové nebo plastové materiály. Vztah vyjadřující třecí ztráty (3.9) je také závislý na dynamickém tlaku, délce potrubí l o daném vnitřním průměru d ,

$$\Delta p_{tr} = \lambda \cdot \frac{l}{d_p} \cdot \frac{\rho \cdot c^2}{2} \quad (3.9)$$

Výkon ventilátoru

Výkon ventilátoru se dimenzuje podle hodnoty tlakové ztráty a množství dopravovaného vzduchu. Do tlakových ztrát se započítávají veškeré ztráty, včetně třecích a místních, bránící v průtoku vzduchu, jako jsou výměníky, filtry, klapky, žaluzie,... Výkon je vyjádřen vzorcem (3.10),

$$P_v = \Delta p \cdot \dot{V} \quad (3.10)$$

4. ÚDAJE Z ENERGETICKÉHO AUDITU

V objektu je použito teplovodní vytápění prostřednictvím topných těles. Do roku 1970 byl v objektu samostatný zdroj tepla pro vytápění. Od roku 1970 areál “Bendlova – Husova” je zásobován teplem z výměňkové stanice pára – voda, který je napojen na rozvod tepla z Teplárny Liberec, a.s. Výměňková stanice je umístěna v samostatném objektu v severovýchodním okraji areálu. Fakturační měřidlo je umístěno na vstupu primárního potrubí do výměňkové stanice. Cena tepla je jednosložková, v roce 2006 byl tarif pro odběr tepla z primárního okruhu pro jednoduchou sazbu 476,50 Kč/GJ s DPH.

Výměňková stanice byla koncipována jako akumulční z důvodu omezení odběrových špiček. Topná voda je ohřívána ve dvou dvojicích protiproudých výměníků. Regulace teploty topné vody je ekvitermní tj. regulace teploty topné vody podle venkovní teploty. Ke snížení teploty vratného kondenzátu je použito topných registrů ze žebrových trubek ve výměňkové stanici a zejména v provozní budově. Jmenovité parametry sekundárního systému voda na vstupu/ voda na výstupu 90/70 °C. Dodávka tepla do sekundárního rozvodu (areál “Bendlova – Husova”) je měřena u jednotlivých objektových směšovacích stanic.

Od roku 2005 je na směšovací stanici, vstupu topné vody do objektu, použito tři oběhových čerpadel s frekvenčními měniči na vytápění tří zón toto objektu. V každé zóně je vybrána jedna referenční místnost vybavena teplotním čidlem, podle kterého se řídí výkon příslušného čerpadla. Před zmíněnou změnou bylo používáno pouze jedno oběhová čerpadla bez frekvenčního měniče. Tato předávací stanice zásobuje objekt vyjma atelierů fakulty architektury, v nástavbě a přístavbě na východní straně objektu jsou zásobovány teplem z plynové kotelny umístěné také v objektu.

Vytápění objektu je teplovodní prostřednictvím topných těles. Termostatické ventily u topných těles jsou použity v jednotlivých případech. V případě přístavby situované na východní straně objektu je použito teplovodní vytápění s prostřednictvím topných těles v kombinaci s teplovzdušným vytápěním použitím vzduchotechnické jednotky, které rovněž zajišťují větrání bezokenních prostor. Větrací jednotky je uložena v suterénu budovy, jež využívá přehřev čerstvého přiváděného vzduchu pomocí výměníků voda/vzduch napájených z topného okruhu budovy.

Teplá užitková voda je v topném období ohříván centrálně ve výměňkové stanici a rozváděna do jednotlivých objektů. Mimo topné období je příprava decentralizovaná v místech jednotlivých objektů areálu. Ve většině případech se k ohřevu používají elektrické topné patrony.

Dodavatel elektrické energie do roku 2006 byla ČEZ, a.s. Po roce 2006 kdy proběhla liberalizace trhu s elektrickou energií se dodavatel změnil na E.ON Energie, a.s. Od 1. ledna 2007 se dodavatel změnil na Lumius, spol. s r.o.

5. NAVRŽENÍ KOGENERAČNÍ JEDNOTKY PRO VYTÁPĚNÍ

5.1.VÝKON KOGENERAČNÍ JEDNOTKY A ZPŮSOBU PROVOZU

Výkon kogenerační jednotky by zvolen na základě:

- Požadovaného maximálního tepelného výkonu pro vytápění budovy na základě tepelných ztrát.
- Požadovaného maximálního tepelného výkonu pro vytápění budovy s možností využití rozvodné sítě topné vody v areálu absorbující nevyužitý tepelný výkon kogenerační jednotky pro budovu.

U obou možností návrhu výkonu kogenerační jednotky se uvažovala spotřeba el. energie, vygenerované kogenerační jednotkou, spotřebiči v areálu, popřípadě odprodej nadbytečné el. energie do sítě dodavatele el. energie Lumius, spol. s r.o.

Návrhy provozu kogenerační jednotky:

- Krytí tepelných ztrát budovy A.
- Dodávku el. energie ve špičkových odběrech pro areál.

5.2.NÁVRH PROJEKTU

Dodávka plynu

V celém areálu “Bendlova – Husova” jsou vytvořeny u každého objektu přípojky středotlakého zemního plynu.

Přívod a odvod spalovacího vzduchu, odvod spalin

V případě použití “kontejnerových” kogeneračních jednotek, možnost umístění mimo budovu, z důvodu velkých rozměrů potřebných pro instalaci kogenerační jednotky do vnitřních místností, není třeba vytvářet kouřovody a potrubí pro přívod spalovacího vzduchu. Při použití venkovních jednotek není možné využít tepla větracího vzduchu.

Vyvedení tepelného a elektrického výkonu

Vyvedení tepelného a elektrického výkonu bude závislé na zvoleném výkonu jednotky a nebo na způsobu využití kogenerační jednotky.

- Napojení na topnou síť budovy A.

- Napojení na topnou síť areálu.

V případě nedostatečného odběru tepelné energie z kogenerační jednotky se používá nouzový chladič a v případě přebytku el. energie vygenerované kogenerační jednotkou je možnost odprodeje do sítě distributora.

Regulace provoz kogenerační jednotky

Kogenerační jednotka bude řízena podle požadovaného tepelného výkonu nebo spotřeby el. energie (v době vytápěcího útlumu nebo naopak v době špičkových odběrů popřípadě vysokého tarifu).

5.3.VÝKONOVÉ HODNOTY, SPOTŘEBA PLYNU

Pro každou variantu propočtu jednotlivých výkonových hodnot kogenerační jednotky bude uvažováno s jednu kogenerační jednotkou s tepelným výkonem 450 kW a s dvěmi kogeneračními jednotkami o samostatném tepelném výkonu 230 kW.

Spotřeba tepla Denostupňovou metodou

Denostupňová metoda je jedním z postupů, které slouží pro návrh, vyhodnocování a porovnávání zdrojů a spotřebičů tepla. Základní vztah (5.1) vychází z počtu dnů d a rozdílu středních teplot interiéru t_{is} a exteriéru t_{es} .

$$D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) \quad (5.1)$$

Základem metody je znalost průběhů venkovních teplot, získaných z meteorologických dat. Dalšími veličinami, které udává vztah (5.2) Q_c tepelná ztráta objektu, D denostupeň, ε opravný součinitel vyjadřující druh budovy a vytápění systém vytápění, η_D účinnost rozvodů topného systému, t_{is} a t_e interní a externí výpočtová teplota.

$$Q_{vyt} = \frac{\varepsilon}{\eta_D} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} \quad (5.2)$$

Tuto vypočtenou energii budeme považovat za tepelnou energii získanou z kogenerační jednotky za dané období. Pokud je známa délka tohoto období, je možné následně zjistit

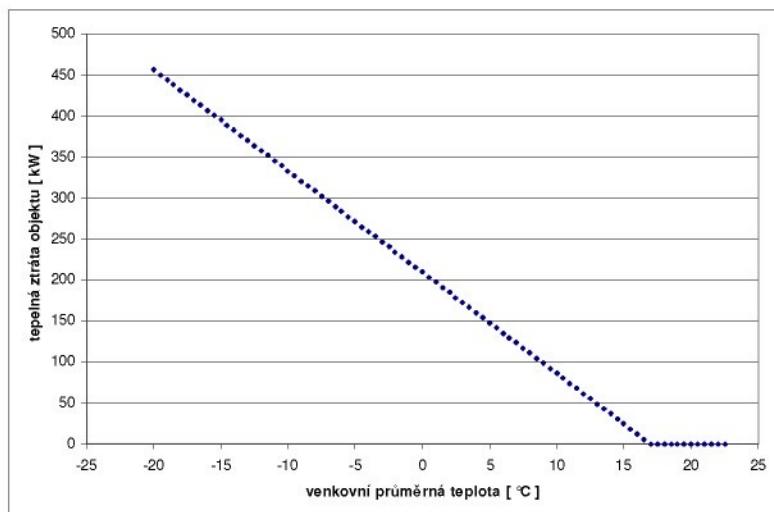
průměrné výkony kogenerační jednotky a současně její spotřebu zemního plynu. V případě denostupňové metody se využívá průměrné denní teploty za celé uvažované období a vyčíslení jednotlivých výkonů kogenerační jednotky může být zavádějící z důvodu odlišnosti potřebovaného výkonu s výkonem průměrným.

Využití průměrných denních teplot

Pro vyčíslení jednotlivých výkonů a spotřeby zemního plynu kogenerační jednotky se použijí průměrné denní teploty. Tabulka hodnot (5.1) obsahuje teploty za celý rok 2005 měřené každou hodinu v lokalitě Liberec-město, pomocí automatického systému Českého hydrometeorologického ústavu.

Den\Měsíc	10	11	12	1	2	3	4	5
1	10,8	6,7	-0,4	4,1	0,5	-6,0	5,7	17,6
2	10,2	8,2	-0,1	3,8	0,7	-5,6	9,3	21,9
3	11,8	10,0	1,4	3,0	-1,2	-5,7	10,7	17,1
4	13,2	9,8	3,3	5,4	-3,8	-4,3	12,6	13,7
5	12,6	7,0	3,9	4,3	-4,2	-3,2	10,7	10,2
6	13,0	7,5	3,1	3,5	-1,9	-4,0	11,8	7,9
7	15,1	8,0	3,7	5,9	-3,5	-2,2	12,9	7,8
8	12,9	7,6	2,9	7,8	-4,3	1,2	8,8	6,3
9	11,9	7,3	1,3	4,9	-3,1	-2,5	5,0	5,7
10	13,5	8,5	0,4	6,4	0,8	-4,5	5,0	7,3
11	14,0	8,3	0,4	5,2	3,0	-0,5	6,8	6,8
12	11,0	5,6	2,4	6,0	4,3	1,3	10,4	6,9
13	10,1	4,6	2,6	3,1	2,1	0,6	11,3	12,5
14	8,7	4,1	3,5	2,3	-2,3	2,2	11,6	14,3
15	9,4	2,1	3,8	0,4	-1,2	5,0	13,1	11,4
16	7,3	2,8	1,2	-0,5	-1,4	7,4	14,4	12,1
17	7,9	1,9	-0,8	-0,6	-2,3	10,2	14,8	9,2
18	4,8	0,8	-0,2	-1,6	-3,5	9,4	12,7	8,1
19	7,9	0,3	0,3	1,0	-1,9	-0,5	11,5	10,3
20	7,4	0,9	2,0	2,9	-0,5	-0,1	5,1	13,3
21	9,8	0,7	1,0	1,9	-0,8	1,6	3,3	18,5
22	13,5	0,5	2,3	0,5	-2,1	5,6	6,4	18,5
23	12,1	0,1	2,7	-1,0	-2,2	6,3	8,3	15,2
24	10,9	-3,4	4,7	-2,2	-2,4	9,0	12,3	13,1
25	14,3	-2,0	0,2	-3,4	-1,2	11,1	12,0	17,4
26	12,5	0,0	-1,3	-6,3	-2,1	8,1	12,5	19,5
27	11,2	-1,1	-1,2	-6,5	-6,5	10,6	10,2	21,4
28	13,5	0,3	-4,0	-5,8	-7,2	7,3	8,8	23,9
29	10,5	0,7	-4,6	-6,4		7,9	14,0	24,2
30	7,9	0,6	-5,5	-3,3		5,5	16,3	20,1
31	6,3		-2,1	1,2		3,9		11,9
Průměr	10,8	3,6	0,9	1,2	-1,7	2,4	10,3	13,7
Max.teplota	15,1	10,0	4,7	7,8	4,3	11,1	16,3	24,2
Min.teplota	4,8	-3,4	-5,5	-6,5	-7,2	-6,0	3,3	5,7

Tab. 5.1 Průměrné denní teploty v topném období



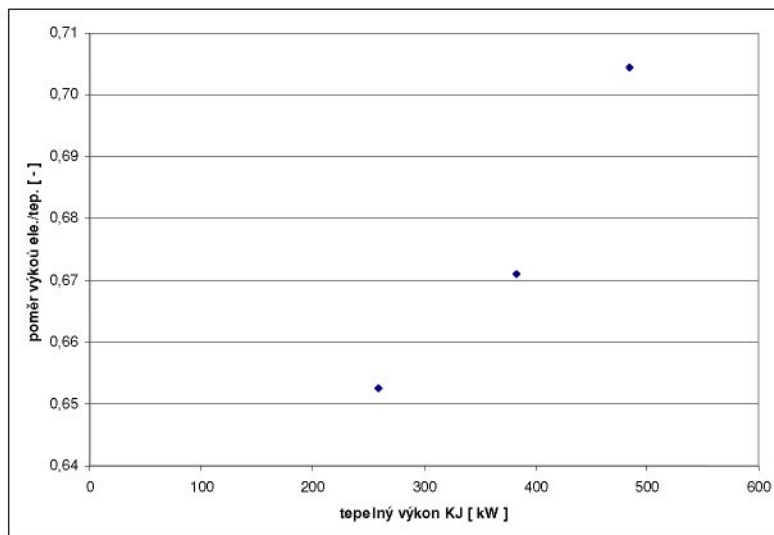
Takto zavedeným hodnotám průměrných denních teplot lze přiřadit odpovídající tepelnou ztrátu Q_{pd} . Závislost tepelné ztráty na průměrné venkovní teplotě je lineární.

Graf. 5.1 Závislost tepelné ztráty objektu na venkovní průměrné teplotě

Okrajovými hodnotami jsou teploty s odpovídajícími hodnotami tepelných ztrát pro minimální venkovní výpočtovou oblastní teplotu a maximální vnitřní výpočtovou teplotu. Teploty t zadané ve vztahu (5.3) označující indexy udávají: p venkovní teplotu, o oblastní minimální výpočtovou teplotu, is střední interní výpočtovou teplotu. Hodnoty tepelných ztrát jsou označeny písmeny Q a jejich indexy označují: C maximální tepelnou ztrátu objektu při venkovní teplotě -18 °C , popřípadě tepelnou ztrátu při vnitřní výpočtové teplotě 17 °C .

$$Q_{pd} = \frac{(t_p - t_o)}{(t_{is} - t_o)} \cdot (Q_{c\min} - Q_c) + Q_c \quad (5.3)$$

Z hodnot průměrných denních tepelných ztrát můžeme usuzovat potřebný tepelný výkon kogenerační jednotky. A pokud zde zavedeme obdobný lineární vztah pro závislost mezi tepelným a elektrickým výkonem, dostaneme hodnoty průměrných elektrických výkonů P_e . Označení přiřazené veličině k ve vztahu (5.4) udává poměr mezi vygenerovaným el. výkonem a tepelným výkonem při určitém vytížení jednotky. Tepelné ztráty Q ve vztahu (5.4) odpovídají hodnotám využití jednotky a průměrným denní Q_{pd} .



Graf. 5.2 Závislost poměru energií ele./tep. na tepelné energii KJ

$$P_e = \left(\frac{(k_{75} - k_{50})}{(Q_{75} - Q_{50})} \cdot (Q_{pd} - Q_{50}) + k_{50} \right) \cdot Q_{pd} \quad (5.4)$$

Pro vyčíslení spotřeby zemního plynu M_h vztah (5.5) dostatečně poslouží typový list použité jednotky, u které je uvedena hodnota spotřeby zemního plynu v závislosti na poměrném využití kogenerační jednotky. V našem případě, se známým tepelným výkonem, z tepelných ztrát objektu, a maximálním možným tepelným výkonem dodávaným kogenerační jednotkou. Označení hodnot spotřeby plynu M je přiřazeno obdobně k příslušnému využití jednotky

$$M_h = \frac{(M_{100} - M_{50})}{(Q_{100} - Q_{50})} \cdot (Q_{pd} - M_{50}) + M_{50} \quad (5.5)$$

Hodnoty vypočtené pomocí předchozích vztahů se užijí k výpočtu požadovaný výkonů na vytápění, množství vyprodukované ele. energi a spotřebu zemního plynu za jednotlivé dny. Za předpokladu, že vytápění během celého dne je rozděleno do dvou částí. Plného vytápění a útlumové vytápění jež činí 14 hodin a 10 hodin.

Jednotlivými sumacemi přes všechny dny topného období, dostaneme hodnoty výkonů a spotřeb jednotlivých veličin pro finanční zhodnocení nákladů a zisků této investic.

Ověření a zpřesnění postupu výpočtu pomocí hodinových ztrát objektu

Pro tento způsob návrhu se použily hodinové hodnoty teplot naměřené

v městské lokalitě

[4]. Především se

použily hodnoty

minimálních

nočních a

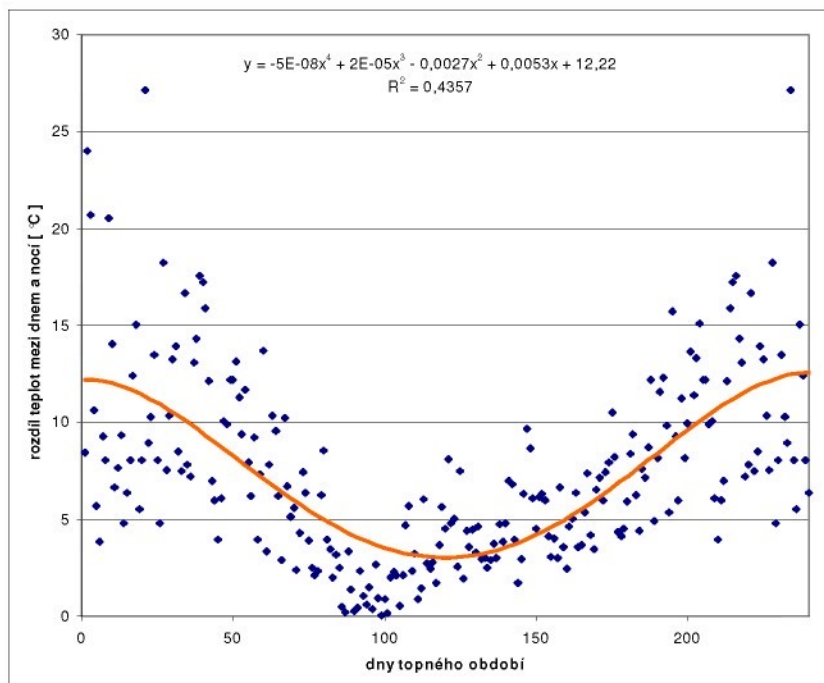
maximálních

denních teplot, jež

dále sloužily

k vytvoření

závislosti.



Graf. 5.3 Průběh rozdílu denních a nočních teplot v průběhu topného období.

Rozdíl mezi denní a noční absolutní teplotu v průběhu celého topného období.

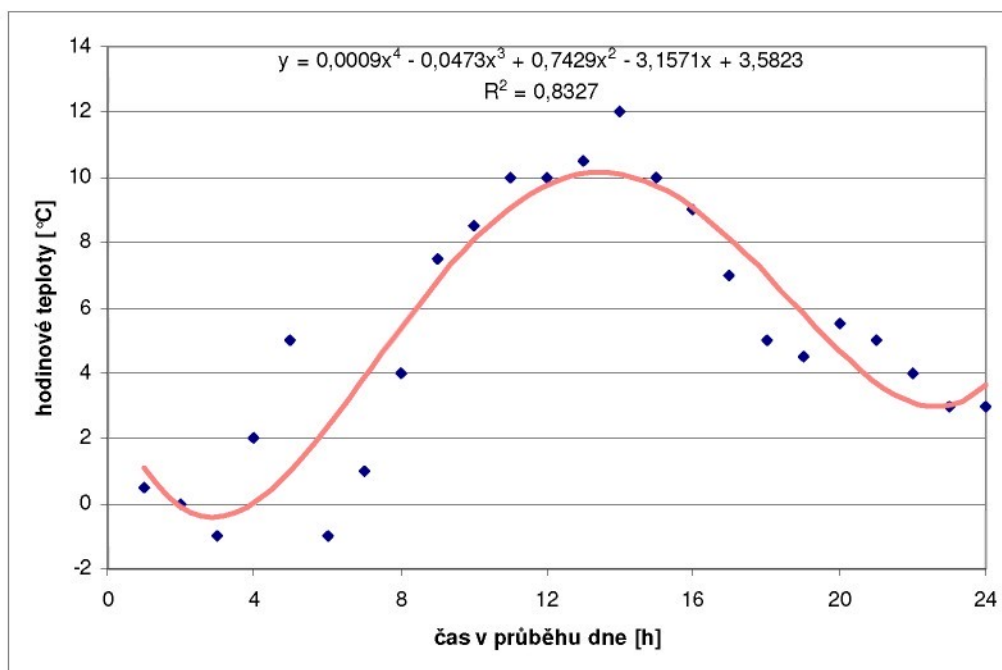
Daná množina bodů se podrobila aproximaci pomocí polynomu čtvrtého řádu což vyneslo její rovnici ve tvaru,

$$y = 13,1306 - 0,021581 \cdot x - 0,002476 \cdot x^2 + 2,188168e^{-5} \cdot x^3 - 4,690709e^{-8} \cdot x^4. \quad (5.5)$$

V tomto případě proměnná x odpovídá dni topného období.

Pokud máme matematicky zadanou křivku, jež alespoň přibližně popisuje rozdíl mezi teplotami ve dne a noci, můžeme dále vytvořit průběh hodinových venkovních teplot v průběhu celého dne. K vytvoření tohoto průběhu se využilo obdobných hodnot, jako při vytvoření průběhu rozdílu minimálních nočních a maximálních denních teplot. Jelikož hodnoty teplot v průběhu 24 hodin se změřily s větší četností než bylo jednou za hodinu, bylo nutno vybrat hodnoty ve stejném časovém okamžiku pro všechny uvažované dny topného

období. Pro vytvoření vývoje průběhu křivky se použilo vždy několik dní z každého topného období. K popisu průběhu se ze všech nejlépe ukázala křivka polynomu 4. stupně.



Graf. 5.4 Průběh teplot během celého dne

Pro samotný výpočet bylo použito polynomu 4. stupně, jenž se matematicky vyjádřil,

$$y = 0,528195 - 1,912404 \cdot x + 0,603168 \cdot x^2 - 0,042340 \cdot x^3 + 0,000853 \cdot x^4. \quad (5.6)$$

Shrnutí tohoto zpřesňujícího výpočtu bylo založeno na:

- Zjištění rozdílu teplot mezi dnem a nocí
- Úprava koeficientů ze vztahu (2.5) pro odpovídající rozdíl teplot
- Vytvoření polynomu z upravených koeficientů
- Pomocí vytvořeného polynomu vypočítat hodnoty teplot v jednotlivých hodinách
- Vypočítat tepelné ztráty objektu pro příslušné teploty
- Tepelné ztráty objektu pokrývá tepelný výkon KJ
- Při známém tepelném výkonu bylo dále postupováno obdobně jako při návrhu pomocí průměrných denních teplot
 - Použití lineárních funkcí k zjištění:
 - Vyprodukované ele. energie, vztah (2.3)
 - Spotřeby zemního plynu, vztah (2.4)
 - Sumarizace veškerých hodinových hodnot

6. ENERGETICKÉ VÝSLEDKY NAVRŽENÝCH JEDNOTEK

6.1.VSTUPNÍ PARAMETRY

Tepelné ztráty budovy	431,9 kW
Denní doba provozu vytápění (plné)	14 h
Denní doba provozu vytápění (tlumené)	10 h
Počet dnů v otopné sezóně	241
Oblastní venkovní teplota	-18 °C
Vnitřní výpočtová teplota	20 °C
Průměrná venkovní teplota v ot. Období	3,1 °C
Průměrná vnitřní výpočtová teplota	17 °C
Teplota začátku topného období	13 °C
Cena dodávané páry	476,50 Kč/GJ
Pásmo ročního odběru v odběrném místě	630 až 4200 MWh/rok
Výhřevnost zemního plynu	34 MJ/m ³
Charakter odběru plynu	Z2
Ceny za distribuci SČP Net, s.r.o.	
Pevná cena za odebraný plyn	108,72 Kč/MWh
Pevná roční cena za denní rez. pevnou kapac.	63 770,00 Kč/tis. m ³
Ceny služeb Severočeská plynárenská, a.s.	
Pevná cena za odebraný plyn	557,73 Kč/MWh
Přeprava a uskladnění	44 960,00 Kč/tis. m ³
Cena dodávané el. energie	2200 Kč/MWh

Tab. 6.1 Vstupní parametry pro oblast Liberec-město.

Teplotní parametry platí pro oblast Liberec-město.

6.2.PARMETRY KOGENERAČNÍ JEDNOTKY

Procentuální zatížení jednotky	100,00%	75,00%	50,00%
Příkon v palivu	455	365	271 kW
Mechanický výkon motoru	169	126	84 kW
Měrná spotřeba paliva	9,9	10,4	11,6 MJ/kWh
Spotřeba zemního plynu	48,2	38,6	28,7 m ³ /h
Účinnost alternátoru	94,7	95,2	94,8 %
Elektrický výkon	160	120	80 kW
Tepelný výkon	230	184	141 kW
Tepelný výkon z chlazení motoru	105	90	82 kW
Tepelný výkon z mezichladiče	20	14	6 kW
Tepelný výkon spalín	105	79	53 kW
Elektrická účinnost	35,2	32,9	29,5 %
Tepelná účinnost	50,5	50,3	51,9 %
Celková účinnost	85,7	83,2	81,5 %
Množství vzduchu pro spalování	886	654	428 kg/h
Teplota spalín	525	533	538 °C
Množství spalín	920	680	448 kg/h
Tepelné ztráty	32	26	19 kW

Tab. 6.2 Parametry kogenerační jednotky MOBIL TBG 160 (Motrogas)

Procentuální zatížení jednotky	100,00%	75,00%	50,00%
Příkon v palivu	958,0	757,0	546,0 kW
Mechanický výkon motoru	360,0	270,0	180,0 kW
Měrná spotřeba paliva	9,6	10,2	10,9 MJ/kWh
Spotřeba zemního plynu	101,4	81,2	57,9 m ³ /h
Účinnost alternátoru	94,8	95,0	93,8 %
Elektrický výkon	341,0	257,0	169,0 kW
Tepelný výkon	484,0	383,0	259,0 kW
Tepelný výkon z chlazení motoru	250,0	204,0	140,0 kW
Tepelný výkon z mezichladiče	23,0	22,0	18,0 kW
Tepelný výkon spalin	46,0	23,0	5,0 kW
Elektrická účinnost	165,0	134,0	96,0 %
Tepelná účinnost	35,6	33,5	30,9 %
Celková účinnost	86,2	83,4	78,3 %
Množství vzduchu pro spalování	1 435,0	1 158,0	828,0 kg/h
Teplota spalin	431,0	427,0	422,0 °C
Množství spalin	1 905,0	1 562,0	1 140,0 kg/h
Tepelné ztráty	48,0	38,0	27,0 kW

Tab. 6.3 Parametry kogenerační jednotky KLASIK TBG 350 (Motorgas)

Hodnoty (tab. 5.2 a tab. 5.3) platí pro atmosférické podmínky tj. atmosférický tlak 100 kPa, teplota 25°C a relativní vlhkosti 30 %. Pro parametr uvádějící tepelný výkon spalin se předpokládalo dochlazení spalin, na konci výměníku, na teplotu 130°C. Tepelné výkony z prospektů výrobce byly udány s tolerancí ± 8 %.

6.2.1. Hodnoty získané použitím denostupňové metody

Pomocí vztahu (2.1) a vstupních parametrů se získalo potřebné množství tepelné energie k pokrytí tepelných ztrát objektu v topném období. Jednotlivé dopočítání dílčích energií (výkonů) z výsledné hodnoty tepelné energie do časových intervalů. Potřebný průměrný denní tepelný výkon, popřípadě průměrný tepelný výkon za hodinu. Z hodinového výkonu bylo určeno množství vygenerované el. energie, při známém poměru elektrického a tepelného výkonu.

Výpočet spotřeby energie na vytápění

Lokalita

Liberaec

Venkovní výpočtová teplota

-18 °C

Střední denní venkovní teplota pro začátek a konec otopného období

13 °C

Střední venkovní teplota v otopném období

3,6 °C

Počet dnů otopného období

256

$t_{em} = 12$		$t_{em} = 13$		$t_{em} = 15$	
t_{es}	d	t_{es}	d	t_{es}	d
3,1	241	3,6	256	5,1	298

°C

°C

Tepelná ztráta objektu

430 kW

Průměrná vnitřní výpočtová teplota

17 °C

Vytápěcí denostupně

3430 K den

 $D = d \cdot (t_{is} - t_{es})$

Opravný součinitel

0,75

Účinnost systému

0,90

Potřebná energie

3 034,43 GJ/rok

Potřebný výkon pro vytápění

842,90 MWh/rok

Výhřevnost zemního plynu

34 MJ/m³

Potřeba zemního plynu pro vytápění

89 248,1 m³/rok**Spotřeba plynu při použití KJ**

Průměrná denní spotřeba energie na vytápění

11,85 GJ/den

Průměrný denní výkon na vytápění

3,29 MWh/den

Průměrný potřebný tepelný výkon kogenerační jednotky

137,19 kWh

Pár kogeneračních jednotek TBG 160	Provoz		
	100%	75%	50%
Tepelný výkon	230	184	141
Elektrický výkon	160	120	80
Celkový výkon	390	304	221
Poměr ele. a tep. výkonu	0,7	0,65	0,57
Spotřeba plynu za hodinu	48,2	38,6	28,7

kW

kW

kW

m³/hod

Spotřeba plynu při průměrném denním výkonu za den

668,8 m³/den

Spotřeba plynu při průměrném denním výkonu za rok

171 204,6 m³/rok

Elektrický výkon z kogenerační jednotky za den

1 858,4 kWh/den

Elektrický výkon z kogenerační jednotky za rok

475,8 MWh/rok

Denní maximum spotřebovaného plynu

2 313,6 m³/den**Cena za distribuci SČP Net, s.r.o.**

Pevná cena za odebraný plyn

108,72 Kč/MWh

Cena za odebraný plyn

175 792,86 Kč

Pevná roční cena za denní rez. pevnou kapac.

63 770,00 Kč/tis. m³

Pevná roční cena za denní rez. pevnou kapac.

147 538,27 Kč

Cena za distribuci

323 331,14 Kč

Cena služeb Severočeská plynárenská, a.s.

Pevná cena za odebraný plyn

557,73 Kč/MWh

Cena za odebraný plyn

901 811,57 Kč

Přeprava a uskladnění

44 960,00 Kč/tis. m³

Cena za přepravu a uskladnění

104 019,46 Kč

Cena za služby

1 005 831,03 Kč

Celková cena spotřebovaného plynu

1 329 162,17 Kč

Celková cena s daní 19%

1 581 702,98 Kč

Celková cena vygenerované el. energie za rok

Cena jednotkové energie

2 000,00 Kč/MWh

Celková cena

951 523,48 Kč

Celková cena s daní 19%

1 132 312,94 Kč

Kogenerační jednotka KLASIK TBG 340	Provoz			
	100%	75%	50%	
Tepelný výkon	484	383	259	kW
Elektrický výkon	341	257	169	kW
Celkový výkon	825	640	428	kW
Poměr výkonů	0,7	0,67	0,65	
Spotřeba plynu za hodinu	101,4	81,2	57,9	m ³ /hod
Spotřeba plynu při průměrném denním výkonu za den				
				824,4 m ³ /den
Spotřeba plynu při průměrném denním výkonu za rok				
				211 047,4 m ³ /rok
Elektrický výkon z kogenerační jednotky za den				
				2 051,0 kWh/den
Elektrický výkon z kogenerační jednotky za rok				
				525,1 MWh/rok
Denní maximum spotřebovaného plynu				
				2 433,6 m ³ /den
Cena za distribuci SČP Net, s.r.o.				
Pevná cena za odebraný plyn				108,72 Kč/MWh
Cena za odebraný plyn				216 703,44 Kč
Pevná roční cena za denní rez. pevnou kapac.				63 770,00 Kč/tis. m ³
Pevná roční cena za denní rez. pevnou kapac.				155 190,67 Kč
Cena za distribuci				371 894,12 Kč
Cena služeb Severočeská plynárenská, a.s.				
Pevná cena za odebraný plyn				557,73 Kč/MWh
Cena za odebraný plyn				1 111 681,50 Kč
Přeprava a uskladnění				44 960,00 Kč/tis. m ³
Cena za přepravu a uskladnění				109 414,66 Kč
Cena za služby				1 221 096,15 Kč
Celková cena spotřebovaného plynu				1 592 990,27 Kč
Celková cena s daní 19%				1 895 658,42 Kč
Celková cena vygenerované el. energie za rok				
Cena jednotkové energie				2 000,00 Kč/MWh
Celková cena				1 050 135,31 Kč
Celková cena s daní 19%				1 249 661,02 Kč

6.2.2. Hodnoty získané použitím průměrných denních teplot

Hodnoty, jež zobrazuje (tab 2.1), posloužily k získání průměrných denních ztrát objektu. Produkovaný tepelný výkon jednotky byl závislý na průměrné tepelné ztrátě objektu vztah (2.2) . Tomuto tepelnému výkonu odpovídá vygenerovaný el. výkon vztah (2.3). Tepelného výkonu v průběhu útlumového vytápění se pohybuje na čtyřicetiprocentní úrovni hodnoty výkonu dodávaného při plném vytápění. Doba plného vytápění začíná v 05:00 hodin po dobu 14 hodin a doba útlumového vytápění trvá zbývajících 10 hodin. Výpočet průměrné spotřeby zemního plynu udává vztah (2.4). Veličiny vypočítané pomocí vztahů (2.2, 2.3, 2.4) udávají průměrné hodinové výkony, z důvodu, že pro výpočet byly použity průměrné denní ztráty.

Pár kogeneračních jednotek TBG 160

El. Energie z KJ

Denní provoz
Večerní útlum
Celkem

313 487,9 kWh/rok
73 290,8 kWh/rok
386 778,7 kWh/rok

Spotřeba plynu

Měsíc	plné vytápění	večerní útlum	celkem
Říjen	6472	1872	8343
Listopad	14210	4366	18576
Prosinec	17805	5514	23319
Leden	17471	5407	22878
Únor	18740	5835	24575
Březen	16037	4946	20984
Duben	6881	2014	8895
Květen	4644	1358	6002

m³
m³
m³
m³
m³
m³
m³
m³

Celkem
Energie
Výkon

133 571 m³/rok
4 541 GJ/rok
1 262 MWh/rok

Cena plynu za rok

Pásmo ročního odběru v odběrném místě
Charakter odběru

630 až 4200 MWh/rok
Z2

Denní rezervovaná pevná kapacita

1,74 tis. m³/den

Cena za distribuci SČP Net, s.r.o.

Pevná cena za odebraný plyn

108,72 Kč/MWh

Cena za odebraný plyn

132 865,50 Kč

Pevná roční cena za denní rez. pevnou kapac.

63 770,00 Kč/tis. m³

Pevná roční cena za denní rez. pevnou kapac.

110 653,70 Kč

Cena za distribuci

247 804,13 Kč

Cena služeb Severočeská plynárenská, a.s.

Pevná cena za odebraný plyn

557,73 Kč/MWh

Cena za odebraný plyn

681 595,60 Kč

Přeprava a uskladnění

44 960,00 Kč/tis. m³

Cena za přepravu a uskladnění

78 014,59 Kč

Cena za služby

781 591,73 Kč

Celková cena spotřebovaného plynu

1 029 395,86 Kč

Celková cena s daní 19%

1 224 981,08 Kč

Cena vygenerované el. energie za rok

Cena jednotkové energie

2200 Kč/MWh

Celková cena

850 913,16 Kč

Celková cena s daní 19%

1 012 586,66 Kč

Kogenerační jednotka KLASIK TBG 340

El. Energie z KJ

Denní provoz	318 324,9 kWh/rok
Večerní útlum	98 485,9 kWh/rok
Celkem	416 810,8 kWh/rok

Spotřeba plynu

Měsíc	plné vytápění	večerní útlum	celkem
Říjen	8278	3694	11972
Listopad	16701	6659	23360
Prosinec	20100	7795	27895
Leden	19796	7698	27494
Únor	20576	7819	28396
Březen	18490	7278	25768
Duben	9062	3989	13051
Květen	5672	2469	8140

m³
m³
m³
m³
m³
m³
m³
m³

Celkem	166 076 m ³ /rok
Energie	5 647 GJ/rok
Výkon	1 568 MWh/rok

Cena plynu za rok

Pásmo ročního odběru v odběrném místě	630 až 4200 MWh/rok
Charakter odběru	Z2
Denní rezervovaná pevná kapacita	1,83 tis. m ³ /den

Cena za distribuci SČP Net, s.r.o.

Pevná cena za odebraný plyn	108,72 Kč/MWh
Cena za odebraný plyn	166 690,24 Kč
Pevná roční cena za denní rez. pevnou kapac.	63 770,00 Kč/tis. m ³
Pevná roční cena za denní rez. pevnou kapac.	116 393,00 Kč
Cena za distribuci	286 920,14 Kč

Cena služeb Severočeská plynárenská, a.s.

Pevná cena za odebraný plyn	557,73 Kč/MWh
Cena za odebraný plyn	855 115,41 Kč
Přeprava a uskladnění	44 960,00 Kč/tis. m ³
Cena za přepravu a uskladnění	82 060,99 Kč
Cena za služby	956 859,55 Kč
Celková cena spotřebovaného plynu	1 243 779,69 Kč
Celková cena s daní 19%	1 480 097,83 Kč

Cena vygenerované el. energie za rok

Cena jednotkové energie	2200 Kč/MWh
Celková cena	833 621,57 Kč
Celková cena s daní 19%	992 009,67 Kč

6.2.3. Hodnoty vypočítané na základě teplot hodinových intervalů

Metodika výpočtu se prováděla podle postupu uvedeného v kapitole (5.2 str. 30) z důvodu kontroly a zpřesnění předchozího návrhu. Pro přehlednější zobrazení výsledných hodnot se použilo stejného schématu jako u předchozí kapitoly (5.2.2).

Pár kogeneračních jednotek TBG 160

El. Energie z KJ

Denní provoz
Večerní útlum
Celkem

300,4 MWh/rok
126,9 MWh/rok
427,3 MWh/rok

Spotřeba plynu

Měsíc	plné vytápění	večerní útlum	celkem
Říjen	6 264,6	4 075,1	10 339,8
Listopad	14 752,3	5 867,4	20 619,7
Prosinec	16 678,1	5 780,0	22 458,1
Leden	15 836,9	5 150,7	20 987,6
Únor	15 890,2	5 165,0	21 055,2
Březen	16 867,8	5 980,3	22 848,1
Duben	7 678,3	3 951,6	11 629,8
Květen	4 825,0	3 354,8	8 179,9

m³
m³
m³
m³
m³
m³
m³
m³

Celkem
Energie
Výkon

138 118 m³/rok
4 696 GJ/rok
1 304 MWh/rok

Cena plynu za rok

Pásmo ročního odběru v odběrném místě
Charakter odběru

630 až 4200 MWh/rok
Z2

Denní rezervovaná pevná kapacita

1,74 tis. m³/den

Cena za distribuci SČP Net, s.r.o.

Pevná cena za odebraný plyn

108,72 Kč/MWh

Cena za odebraný plyn

137 318,29 Kč

Pevná roční cena za denní rez. pevnou kapac.

63 770,00 Kč/tis. m³

Pevná roční cena za denní rez. pevnou kapac.

110 653,70 Kč

Cena za distribuci

252 473,46 Kč

Cena služeb Severočeská plynárenská, a.s.

Pevná cena za odebraný plyn

557,73 Kč/MWh

Cena za odebraný plyn

704 438,27 Kč

Přeprava a uskladnění

44 960,00 Kč/tis. m³

Cena za přepravu a uskladnění

78 014,59 Kč

Cena za služby

805 545,26 Kč

Celková cena spotřebovaného plynu

1 058 018,72 Kč

Celková cena s daní 19%

1 259 042,28 Kč

Cena vygenerované el. energie za rok

Cena jednotkové energie

2200 Kč/MWh

Celková cena

940 021,63 Kč

Celková cena s daní 19%

1 118 625,74 Kč

Kogenerační jednotka KLASIK TBG 340

El. Energie z KJ

Denní provoz	306,6 MWh/rok
Večerní útlum	122,5 MWh/rok
Celkem	429,1 MWh/rok

Spotřeba plynu

Měsíc	plné vytápění	večerní útlum	celkem
Říjen	7460,2	3766,4	11226,6
Listopad	17194,5	6418,1	23612,6
Prosinec	19074,0	6374,2	25448,2
Leden	18307,7	5800,9	24108,7
Únor	17980,7	5706,7	23687,4
Březen	19246,8	6556,7	25803,5
Duben	9361,5	3992,5	13354,0
Květen	3701,0	1973,8	5674,9

m³
m³
m³
m³
m³
m³
m³
m³

Celkem	152 916 m ³ /rok
Energie	5 199 GJ/rok
Výkon	1 444 MWh/rok

Cena plynu za rok

Pásmo ročního odběru v odběrném místě	630 až 4200 MWh/rok
Charakter odběru	Z2
Denní rezervovaná pevná kapacita	1,83 tis. m ³ /den

Cena za distribuci SČP Net, s.r.o.

Pevná cena za odebraný plyn	108,72 Kč/MWh
Cena za odebraný plyn	152 913,30 Kč
Pevná roční cena za denní rez. pevnou kapac.	63 770,00 Kč/tis. m ³
Pevná roční cena za denní rez. pevnou kapac.	116 393,00 Kč
Cena za distribuci	273 407,05 Kč

Cena služeb Severočeská plynárenská, a.s.

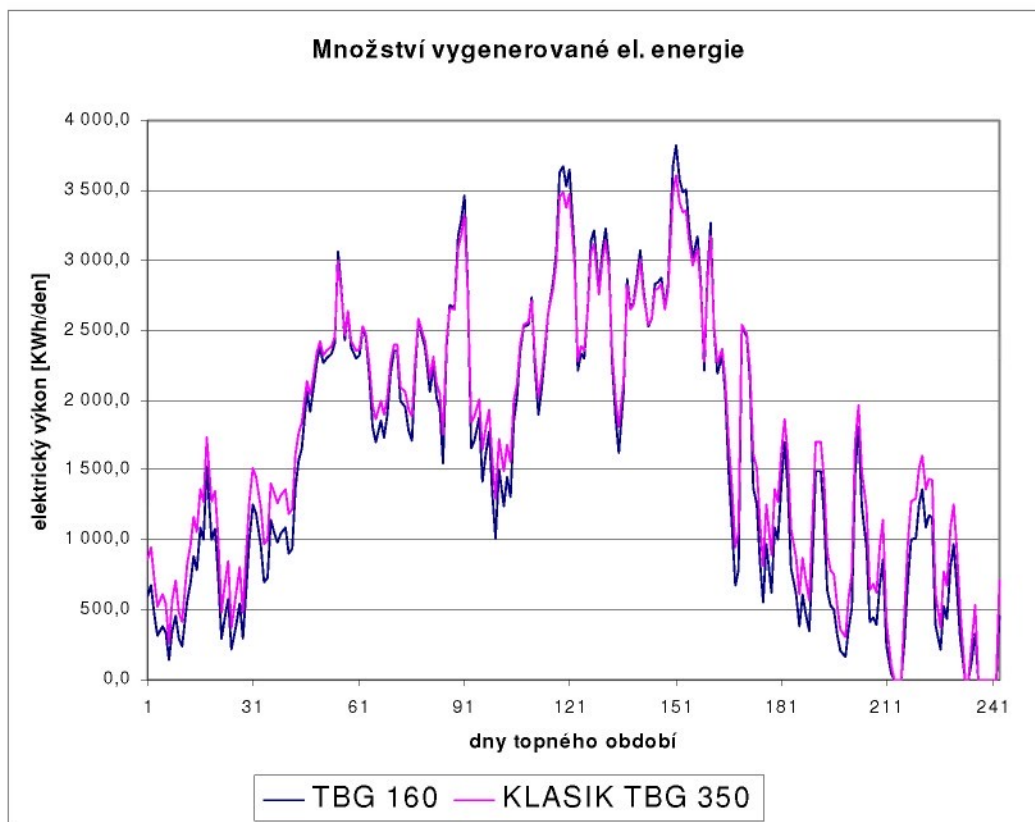
Pevná cena za odebraný plyn	557,73 Kč/MWh
Cena za odebraný plyn	784 440,17 Kč
Přeprava a uskladnění	44 960,00 Kč/tis. m ³
Cena za přepravu a uskladnění	82 060,99 Kč
Cena za služby	887 537,87 Kč

Celková cena spotřebovaného plynu

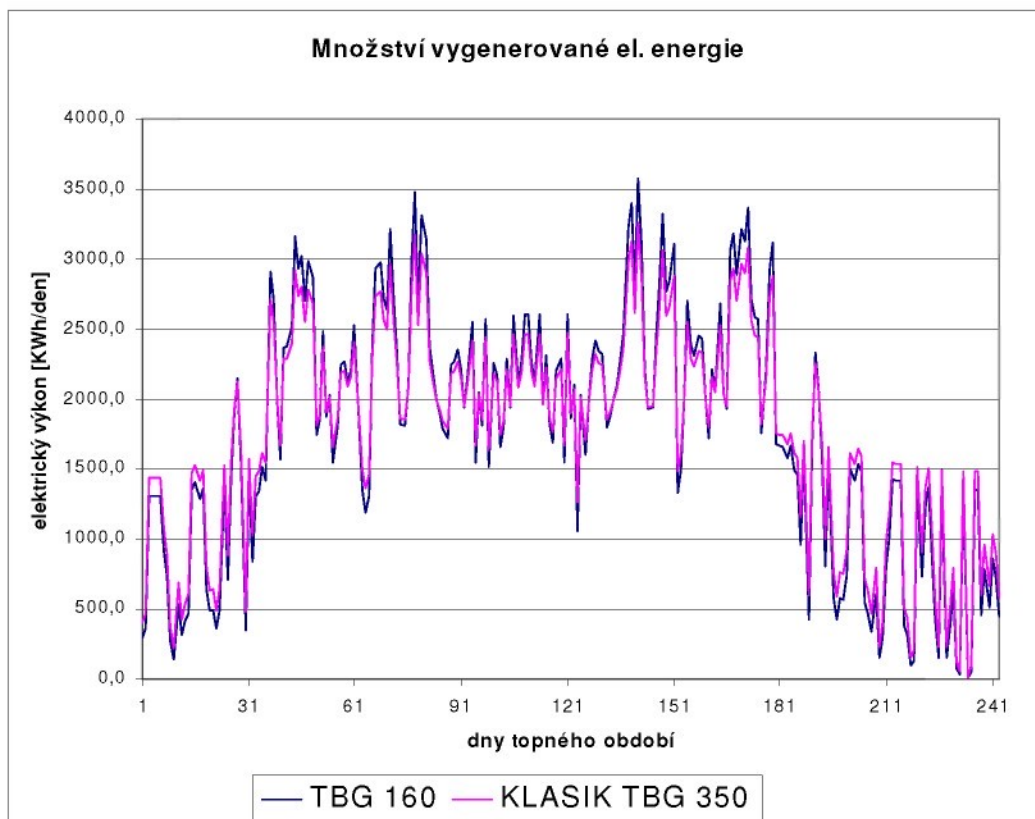
Celková cena s daní 19%	1 160 944,92 Kč
	1 381 524,45 Kč

Cena vygenerované el. energie za rok

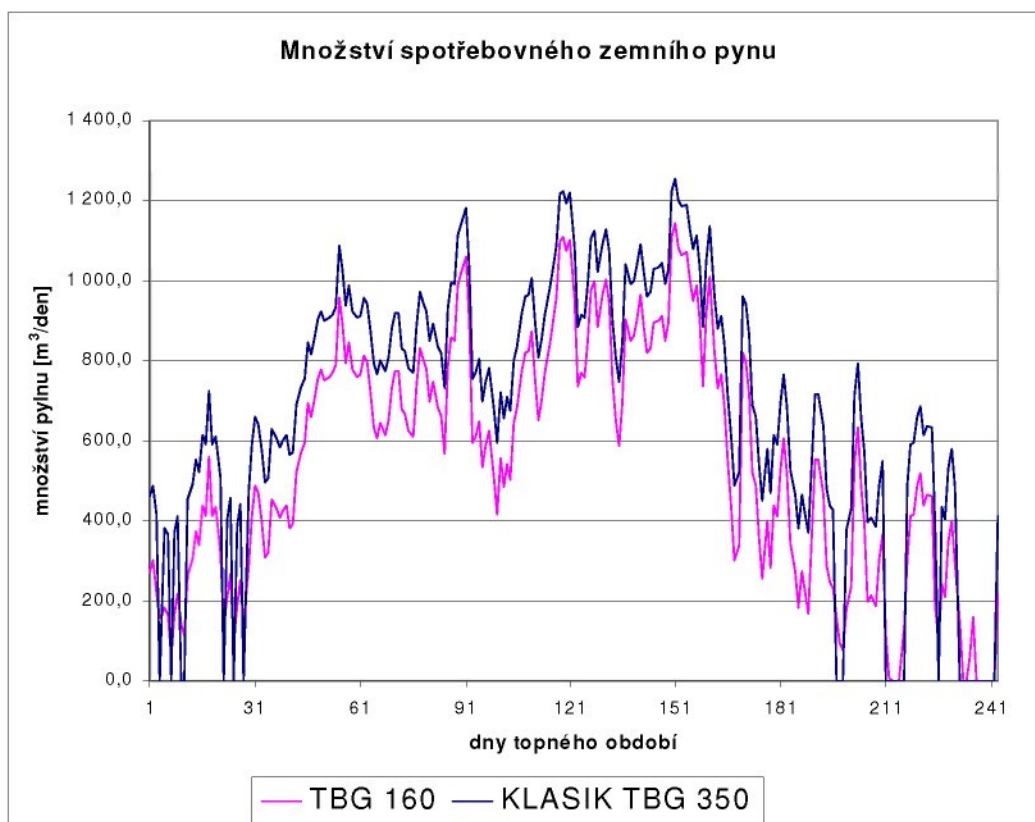
Cena jednotkové energie	2200 Kč/MWh
Celková cena	944 067,83 Kč
Celková cena s daní 19%	1 123 440,72 Kč



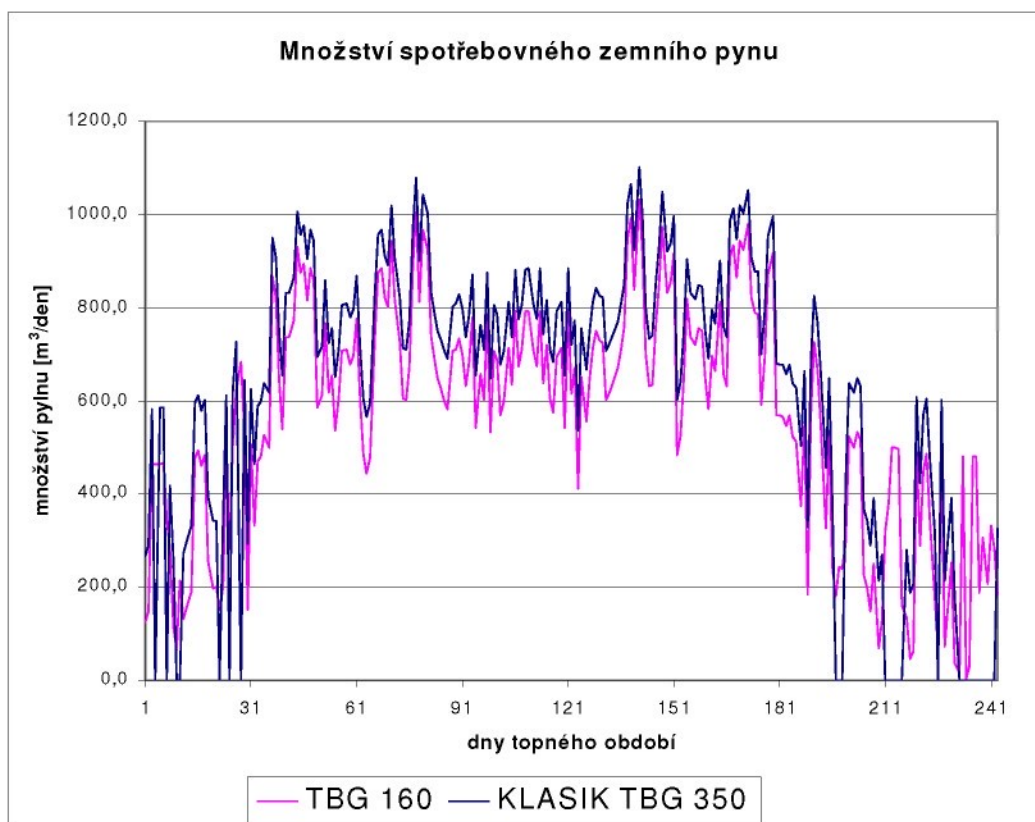
Graf 6.1 El. výkon vygenerovaný kogenerační jednotkou v jednotlivých dnech topného období, vypočítaný z průměrných denních teplot.



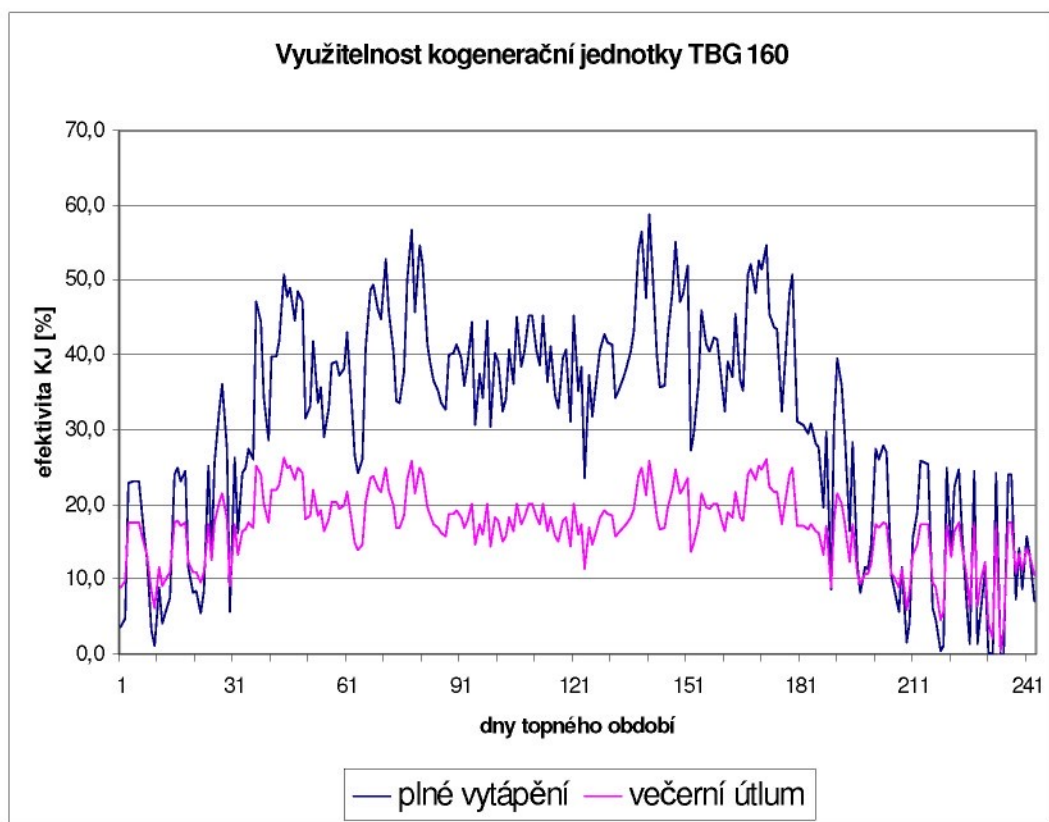
Graf 6.2 El. výkon vygenerovaný kogenerační jednotkou v jednotlivých dnech topného období, vypočítaný z teplot hodinových intervalů.



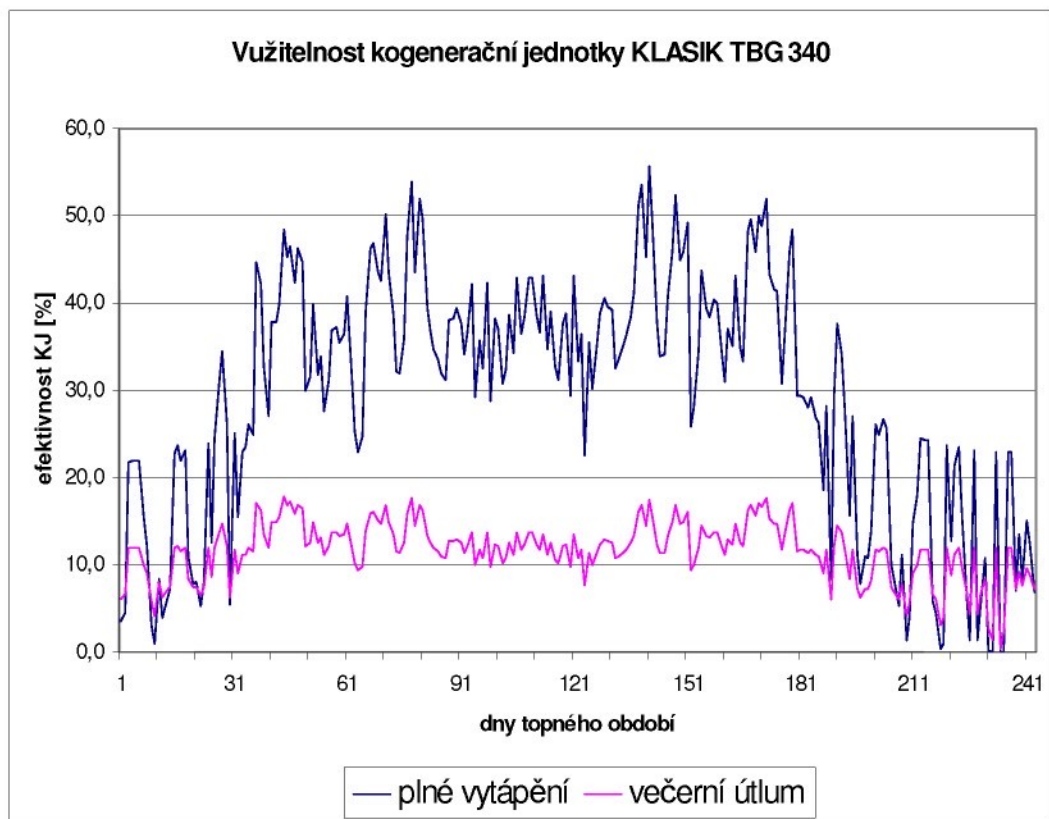
Graf 6.3 Množství spotřebovaného ZP kogenerační jednotkou v jednotlivých dnech topného období, vypočítané z průměrných denních teplot.



Graf 6.4 Množství spotřebovaného ZP kogenerační jednotkou v jednotlivých dnech topného období, vypočítané z teplot hodinových intervalů.



Graf 5.5 Využitelnost páru kogeneračních jednotek TBG 160 během topného období.



Graf 5.6 Využitelnost kogenerační jednotky KLASIK TBG 340 během topného období.

6.2.4. Modifikace vstupních hodnot

Snížení tepelné ztráty objektu – KJ 160 TBG

Tepelné ztráty

Původní tepelné ztráty	431 kW
Snížené tepelné ztráty	361 kW
Náklady ke snížení ztrát	40 000 000 Kč

El. Energie z KJ

Denní provoz	245 139,9 kWh/rok
Večerní útlum	57 463,7 kWh/rok
Celkem	302 603,7 kWh/rok

Spotřeba plynu

Měsíc	plné vytápění	večerní útlum	celkem
Říjen	5312	1499	6811
Listopad	11773	3582	15355
Prosinec	14769	4539	19308
Leden	14491	4449	18940
Únor	15558	4812	20370
Březen	13294	4065	17359
Duben	5657	1622	7279
Květen	3818	1093	4911

m³
m³
m³
m³
m³
m³
m³
m³

Celkem	110 332 m ³ /rok
Energie	3 751 GJ/rok
Výkon	1 042 MWh/rok

Cena plynu za rok

Pásmo ročního odběru v odběrném místě	630 až 4200 MWh/rok
Charakter odběru	Z2
Denní rezervovaná pevná kapacita	1,74 tis. m ³ /den

Cena za distribuci SČP Net, s.r.o.

Pevná cena za odebraný plyn	108,72 Kč/MWh
Cena za odebraný plyn	152 913,30 Kč
Pevná roční cena za denní rez. pevnou kapac.	63 770,00 Kč/tis. m ³
Pevná roční cena za denní rez. pevnou kapac.	110 653,70 Kč
Cena za distribuci	223 942,97 Kč

Cena služeb Severočeská plynárenská, a.s.

Pevná cena za odebraný plyn	557,73 Kč/MWh
Cena za odebraný plyn	784 440,17 Kč
Přeprava a uskladnění	44 960,00 Kč/tis. m ³
Cena za přepravu a uskladnění	82 060,99 Kč
Cena za služby	659 184,79 Kč
Celková cena spotřebovaného plynu	883 127,76 Kč
Celková cena s daní 19%	1 050 922,04 Kč

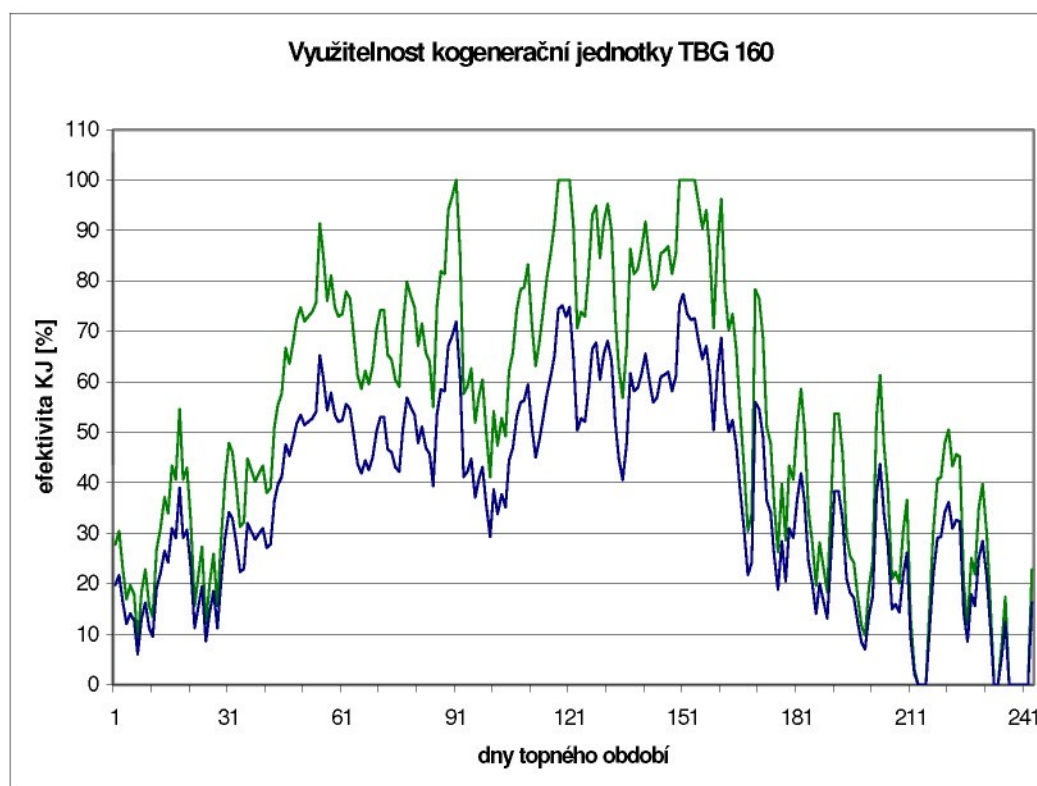
Cena vygenerované el. energie za rok

Cena jednotkové energie	2200 Kč/MWh
Celková cena	665 728,03 Kč
Celková cena s daní 19%	792 216,36 Kč

Při snížení tepelné ztráty objektu z 431 kW na 361 kW se uvažoval provoz jedné kogenerační jednotky TBG 160 s možností připojení bivalentního zdroje. V našem případě použití teplovodní vytápěcí systém, napojeného na výměňkovou stanici.

Provoz bivalentního zdroje

Počet provozních dnů bivalentního zdroje v top. období	10
Množství energie	4,22 GJ/rok
Cena jednotkové energie	476,50 Kč/GJ
Celková cena	2 012,23 Kč
Celková cena s daní 19%	2 394,56 Kč



Graf 5.6 Využitelnost kogenerační jednotky KLASIK TBG 160 během topného období při snížení tepelných ztrát.

Prodej vygenerované el. energie v útlumovém vytápění mimo areál

V případě provozu kogenerační jednotky v útlumovém vytápění, ve kterém není známa hodnota spotřeby el. energie v areálu, je možnost el. energie prodávána. Toto řešení není příliš ekonomické, z důvodu nízkých výkupních ceny el. energie v tomto časovém intervalu (20:00 až 05:00).

Prodej el. energie mino vlastní spotřebu areálu

Kogenerační jednotka TBG 160

El. Energie z KJ

Denní provoz	313 487,9 kWh/rok
Večerní útlum	73 290,8 kWh/rok
Celkem	386 778,7 kWh/rok

Cena vygenerované el. energie za rok

Cena jednotkové energie	2200 Kč/MWh
Celková cena	850 913,16 Kč
Celková cena s daní 19%	1 012 586,66 Kč

Odprodej el. energie ve večerním útlumu

Cena jednotkové energie	340 Kč/MWh
Celková cena	24 918,87 Kč
Celková cena s daní 19%	29 653,45 Kč

6.2.5. Cenové porovnání použitelných zdrojů energie

U jednotlivých cen energií jsou udány hodnoty, které bylo možno zjistit od energetika areálu nebo v sazbách uváděné dodavatelem komodity.

Roční tepelný výkon	842,90 MWh/rok
----------------------------	----------------

Zemní plyn

Denní rezervovaná pevná kapacita	1 740 m ³ /den
----------------------------------	---------------------------

Cena za distribuci SČP Net, s.r.o.

Cena za distribuci	202 195,94 Kč
--------------------	---------------

Cena služeb Severočeská plynárenská, a.s.

Cena za služby	547 623,25 Kč
----------------	---------------

Celková cena za spotřebovaný plyn

Celková cena s daní 19%	749 819,20 Kč
-------------------------	---------------

Pára

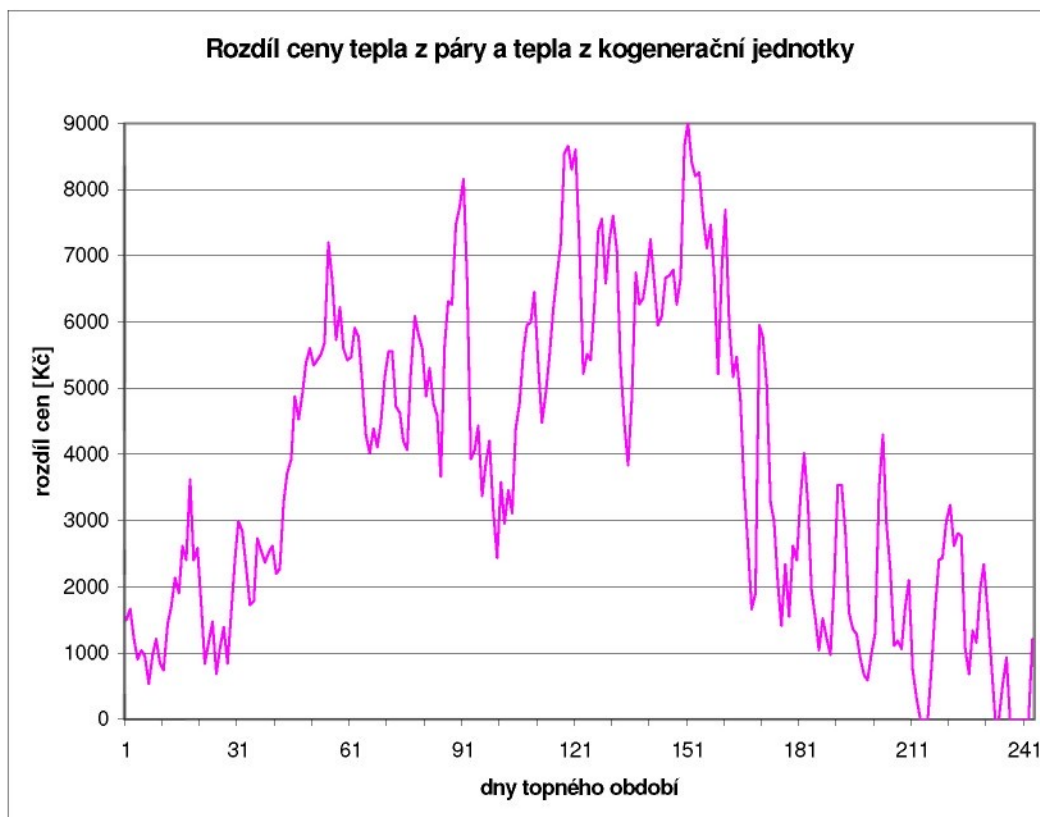
Cena jednotkové energie	476,5 Kč/GJ
Cena páry za celé topné období	1 445 907,72 Kč

Kogenerační jednotka TBG 160

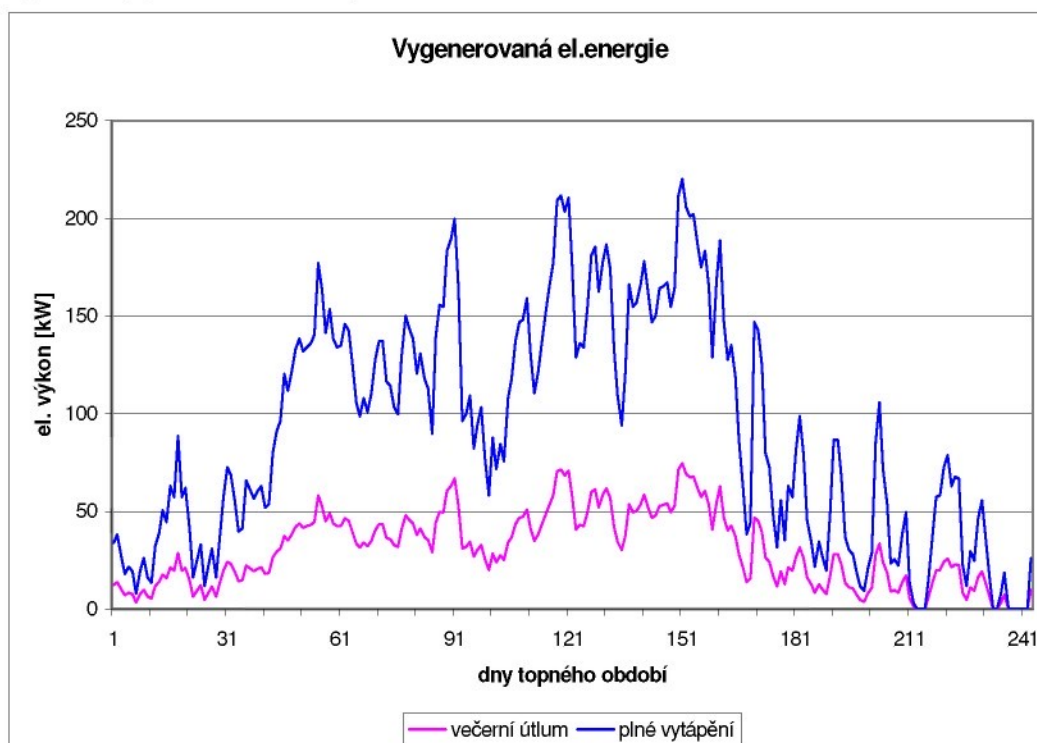
Cena spotřebního plynu	1 029 395,86 Kč
Celková cena s daní 19%	1 224 981,08 Kč

Cena vygenerované el. energie	850 913,16 Kč
Celková cena s daní 19%	1 012 586,66 Kč

6.2.6. Rozdíl cen energií na vytápění u aktuálního stavu s navrženou jednotkou TBG 160



Graf 6.7 Rozdíl ceny energií u stávajícího stavu a navržené kogenerační jednotky TBG 160 při vlastní spotřebě vygenerované el. energie v areálu.



Graf 6.7 Porovnání vygenerovaných el. výkonů v době plného vytápění a večerního útlumu při provozu KJ TBG 160.

6.2.7. Ekonomické zhodnocení navržených variant

Nezměněné tepelné ztráty objektu

Spotřeba vygenerované el. energie v areálu

Pár kogeneračních jednotek TBG 160

Pořizovací cena KJ	8 000 000,00 Kč
Náklady na servisní práce KJ	200 000,00 Kč/rok
Náklady na zemní plyn	1 224 981,08 Kč/rok
Zisk za vygenerovanou el. energii	1 012 586,66 Kč/rok
Celkové náklady	412 394,42 Kč/rok

Kogenerační jednotka KLASIK TBG 340

Pořizovací cena KJ	6 000 000,00 Kč
Náklady na servisní práce KJ	150 000,00 Kč/rok
Náklady na zemní plyn	1 480 097,83 Kč/rok
Zisk za vygenerovanou el. energii	992 009,67 Kč/rok
Celkové náklady	638 088,16 Kč/rok

Spotřeba vygenerované el. energie v areálu jen při plném vytápění

Pár kogeneračních jednotek TBG 160

Pořizovací cena KJ	8 000 000,00 Kč
Náklady na servisní práce KJ	200 000,00 Kč/rok
Náklady na zemní plyn	1 224 981,08 Kč/rok
Zisk za vygenerovanou el. energii	715 325,20 Kč/rok
Celkové náklady	709 655,87 Kč/rok

Náklady na vytápění teplou vodou z výměňkové stanice

Náklady na teplou vodu	1 443 795,00 Kč/rok
------------------------	---------------------

Náklady při použití stacionárního plynového kotle

Pořizovací cena plynového kotle	400 000,00 Kč
Náklady na servisní práce	20 000,00 Kč/rok
Náklady na zemní plyn	892 020,48 Kč/rok
Celkové náklady	912 020,48 Kč/rok

Snížené tepelné ztráty objektu

Spotřeba vygenerované el. energie v areálu

Kogenerační jednotka TBG 160

Pořizovací cena KJ	4 000 000,00 Kč
Náklady na servisní práce KJ	100 000,00 Kč/rok
Náklady na zemní plyn	1 050 922,04 Kč/rok
Zisk za vygenerovanou el. energii	792 216,36 Kč/rok
Náklady za energii z bivalentního zdroje	2394,56 Kč/rok
Celkové náklady	361 100,24 Kč/rok

Spotřeba vygenerované el. energie v areálu jen při plném vytápění**Kogenerační jednotka TBG 160**

Pořizovací cena KJ	4 000 000,00 Kč
Náklady na servisní práce KJ	100 000,00 Kč/rok
Náklady na zemní plyn	1 050 922,04 Kč/rok
Zisk za vygenerovanou el. energii	641 776,27 Kč/rok
Náklady za energii z bivalentního zdroje	2394,56 Kč/rok
Celkové náklady	511 540,32 Kč/rok

Náklady na vytápění teplou vodou z výměňkové stanice

Náklady na teplou vodu	1 210 310,00 Kč/rok
------------------------	----------------------------

Náklady při použití stacionárního plynového kotle

Pořizovací cena plynového kotle	350 000,00 Kč
Náklady na servisní práce	20 000,00 Kč/rok
Náklady na zemní plyn	784 074,10 Kč/rok
Celkové náklady	804 074,10 Kč/rok

Při posouzení celkových nákladů u zvolených kogeneračních jednotek, TBG 160 a KLASIK TBG 340, při vlastní spotřebě vygenerované el. energie se projevil vliv efektivnějšího využití menších kogeneračních jednotek. Z tohoto důvodu nemělo smysl vzájemně porovnávat tyto dvě kogenerační jednotky u následných navržených opatření.

Při porovnání celkových nákladů na produkci tepla k vytápění budovy, plynového kotle a teplé vody z výměňkové stanice, vychází navržená kogenerační jednotka TBG 160 výhodněji než zbývající dva zdroje.

Dalším opatřením, kterým bylo dobré se zabývat poukazuje na snížení tepelných ztrát objektu. Hodnota původních tepelných ztrát činila 431 kW a následnou úpravou tepelná ztráta dosahoval hodnoty 360 kW. Jako hlavním zdrojem tepla pro tuto hodnotu tepelných ztrát se výpočtem dostatečně osvědčila KJ TBG 160. Pro dodávku zvýšené spotřeby tepla byl použit vytápěcí rozvod topné vody z výměňkové stanice (bivalentní zdroj tepla).

Poslední návrh, který počítal s možností odprodeje vygenerované el. energie do venkovní sítě, poukazuje na výrazné navýšení nákladů na provoz kogenerační jednotky. Tento návrh byl opodstatněn pokud by nebyla známa spotřeba el. energie v areálu v průběhu útlumového vytápění.

Finanční bilance

Pár kogeneračních jednotek TBG 160

Investiční úvěr

Pořizovací cena KJ	-7 000 000,00 Kč
Sazba úroků	10 % p.a.
Náklady na provoz KJ	1 424 981,08 Kč/rok
Zisk za vygenerovanou el. energii	1 012 586,66 Kč/rok

Náklady na teplo z páry	1 443 795,00 Kč/rok
Náklady na teplo z KJ	412 394,42 Kč/rok
Rozdíl finanční nákladů mezi KJ a párou	1 031 400,58 Kč/rok

Splatnost KJ

1. Rok splácení	-6 668 599,42 Kč
2. Rok splácení	-6 252 488,75 Kč
3. Rok splácení	-5 794 767,02 Kč
4. Rok splácení	-5 291 273,11 Kč
5. Rok splácení	-4 737 429,81 Kč
6. Rok splácení	-4 128 202,18 Kč
7. Rok splácení	-3 458 051,78 Kč
8. Rok splácení	-2 720 886,35 Kč
9. Rok splácení	-1 910 004,38 Kč
10. Rok splácení	-1 018 034,20 Kč
11. Rok splácení	0,00 Kč

50 % dotace

1. Rok splácení	-2 818 599,42 Kč
2. Rok splácení	-467 259,07 Kč
3. Rok splácení	0,00 Kč

Kogenerační jednotka TBG 160

Pořizovací cena KJ	-3 500 000,00 Kč
Sazba úroků	10 % p.a.
Náklady na provoz KJ	1 150 922,04 Kč/rok
Zisk za vygenerovanou el. energii	792 216,36 Kč/rok
Náklady za energii z bivalentního zdroje	2394,56 Kč/rok

Náklady na teplo z páry	1 443 795,00 Kč/rok
Náklady na teplo z KJ	361 100,24 Kč/rok
Rozdíl finanční nákladů mezi KJ a párou	1 082 694,76 Kč/rok
Splatnost KJ	
1. Rok splácení	-2 767 305,24 Kč
2. Rok splácení	-1 907 206,26 Kč
3. Rok splácení	-961 097,38 Kč
4. Rok splácení	0,00 Kč

Při delší době splácení investičního úvěru se musí počítat s vyššími náklady, jenž jsou spojené s výměnou hlavních částí spalovacího motoru. Popřípadě generální opravy, které v tomto výpočtu nebyly zahrnuty. Každý výrobce kogeneračních jednotek má své vlastní doporučené intervaly plánovaných oprav.

Kogenerační jednotka KLASIK TBG 340**Investičním úvěr**

Pořizovací cena KJ	-5 000 000,00 Kč
Sazba úroků	10 % p.a.
Náklady na provoz KJ	1 630 097,83 Kč/rok
Zisk za vygenerovanou el. energii	992 009,67 Kč/rok

Náklady na teplo z páry	1 443 795,00 Kč/rok
Náklady na teplo z KJ	638 088,16 Kč/rok
Rozdíl finanční nákladů mezi KJ a párou	805 706,84 Kč/rok

Splatnost KJ

1. Rok splácení	-4 694 293,16 Kč
2. Rok splácení	-4 317 730,29 Kč
3. Rok splácení	-3 903 511,14 Kč
4. Rok splácení	-3 447 870,07 Kč
5. Rok splácení	-2 946 664,89 Kč
6. Rok splácení	-2 395 339,20 Kč
7. Rok splácení	-1 788 880,93 Kč
8. Rok splácení	-1 121 776,84 Kč
9. Rok splácení	-387 962,34 Kč
10. Rok splácení	0,00 Kč

50 % dotace

1. Rok splácení	-1 944 293,16 Kč
2. Rok splácení	-126 154,30 Kč
3. Rok splácení	0,00 Kč

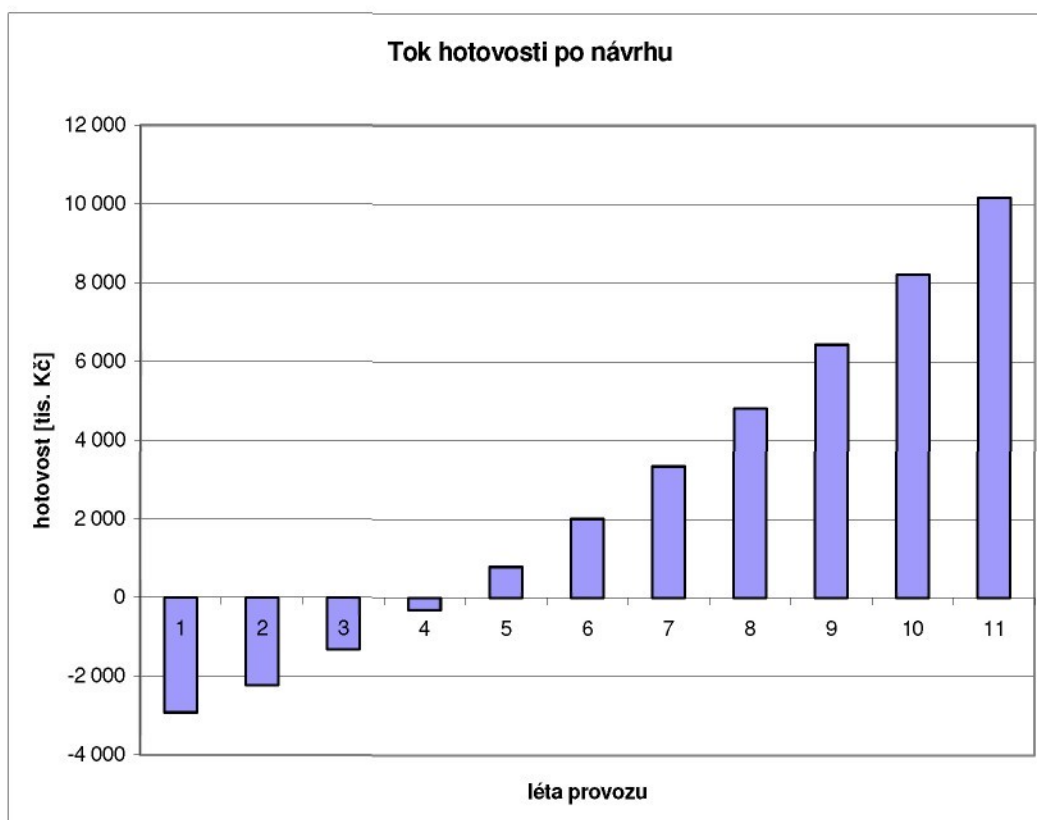
Spotřeba vygenerované el. energie v areálu jen při plném vytápění

Pořizovací cena KJ	-3 500 000,00 Kč
Sazba úroků	10 % p.a.
Náklady na provoz KJ	1 150 922,04 Kč/rok
Zisk za vygenerovanou el. energii	641 776,27 Kč/rok
Náklady za energii z bivalentního zdroje	2394,56 Kč/rok

Náklady na teplo z páry	1 443 795,00 Kč/rok
Náklady na teplo z KJ	511 540,32 Kč/rok
Rozdíl finanční nákladů mezi KJ a párou	932 254,68 Kč/rok

Splatnost KJ

1. Rok splácení	-2 917 745,32 Kč
2. Rok splácení	-2 230 652,44 Kč
3. Rok splácení	-1 316 888,18 Kč
4. Rok splácení	-311 747,50 Kč
5. Rok splácení	793 907,26 Kč
6. Rok splácení	2 010 127,48 Kč
7. Rok splácení	3 347 969,73 Kč
8. Rok splácení	4 819 596,21 Kč
9. Rok splácení	6 438 385,33 Kč
10. Rok splácení	8 219 053,36 Kč
11. Rok splácení	10 177 788,20 Kč



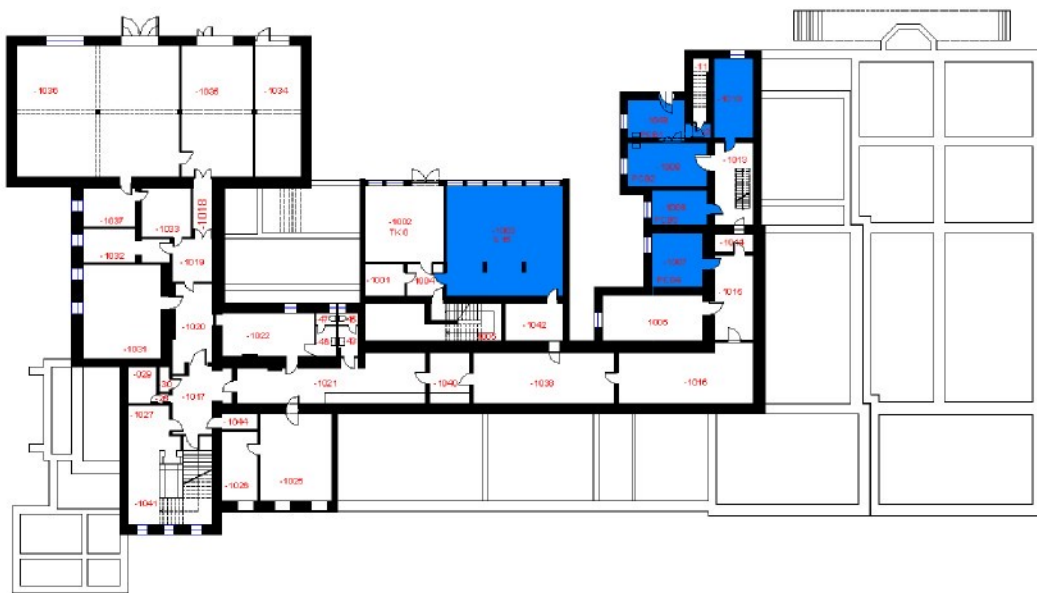
Graf 6.8 Tok hotovosti při realizaci návrhu KJ TBG 160 se sníženými tepelnými ztrátami.

6.3. Parametry potřebné ke zvolení větrací jednotky

Jednotlivé hodnoty se vypočítaly pomocí vztahů uvedených v oddílu (3.3).

Kategorie místností	školní třída
Počet výměn vzduchu za hodinu	3
Počet větraných podlaží	3
Počet větraných místností	22
Suterén	7
Přízemí	10
První patro	5
Objem větraných místností	3 082,01 m ³
Suterén	406,62 m ³
Přízemí	1 376,39 m ³
První patro	1 299,00 m ³
Celkové množství odvětraného vzduchu	9 246,03 m ³ /h
Procentuální využití místností	70 %
Účinnost rekuperace	50 %
Maximální výkon ohřívače	
Výpočtová venkovní teplota - zima	-18 °C
Výpočtová vnitřní teplota - zima	20 °C
Teplota odsávaného vzduchu	23
Teplota vzduchu před ohřívačem	2,5
Teplota vzduchu za rekuperátorem	11,5
Výkon ohřívače vzduchu	37,94 kW
Maximální výkon chladiče	
Výpočtová venkovní teplota - léto	30 °C
Výpočtová vnitřní teplota - léto	23 °C
Měrná vlhkost přiváděného vzduchu	21,4 g/kg _{sv}
Entalpie přiváděného vzduchu	85,0 KJ/kg
Relativní vlhkost přiváděného vzduchu	80 %
Měrná vlhkost ochlazeného vzduchu	16,8 g/kg _{sv}
Entalpie ochlazeného vzduchu	66 KJ/kg
Relativní vlhkost ochlazeného vzduchu	95 %
Výkon chladiče vzduchu	58,56 kW
Množství vzniklého kondenzátu	
Kondenzace při rekuperaci	29,5 kg/h
Kondenzace při ochlazení vzduchu	54,5 Kg/h
Tlakové ztráty	
Rekuperační výměník	176 Pa
Vodní ohřívač	417 Pa
Vodní chladič	39 Pa
Filtry	5 až 200 Pa

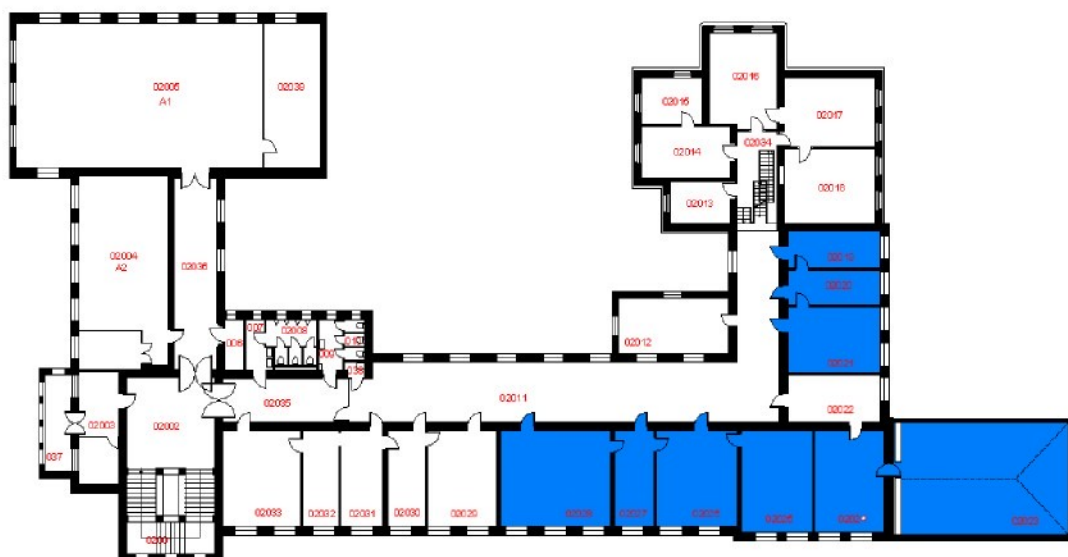
6.3.1. Návrh umístění větraných místností



Obr. 6.1 Schéma suterénu budovy znázorňující větrané místnosti.



Obr. 6.2 Schéma přízemí budovy znázorňující větrané místnosti.



Obr. 6.3 Schéma prvního patra budovy znázorňující větrané místnosti.



Obr. 6.4 Označení pozice umístěné větrací jednotky

6.3.2. Větrací jednotka splňující vypočítané parametry

Typ větrací jednotky, která splňovala vypočítané hodnoty byla zvolena od firmy Atrea s.r.o.

Její maximální parametry dosahovaly následujících hodnot:

Dupelex 12 000

Vnější rozměry opláštění

Délka	2 750 mm
Výška	1 850 mm
Šířka	1 625 mm

Maximální účinnost rekuperace	54,8 %
-------------------------------	--------

Maximální výkon ohřivače

Vodní ohřivač	TPO 3000.3
Topný výkon ohřivače vzduchu	68,80 kW
Maximální teplota za ohřívacem	25,40 °C
Topné médium - Propylen glykol	40 %

Maximální výkon chladiče

Vodní chladič	
Chladicí výkon chladiče vzduchu	69,50 kW
Minimální teplota za chladičem	21,50 °C
Chladicí médium - voda	

Příkon ventilátoru

Maximální množství průtok vzduchu	12 000 m ³ /h
Maximální ele. příkon	9600 W

Jiný výrobce splňující dopravované množství vzduchu byl zvolen VTS Clima

VTS Clima VS 100

Vnější rozměry opláštění

Délka	4 415 mm
Výška	1 950 mm
Šířka	1 660 mm

Maximální výkon ohřivače

Vodní ohřivač	TPO 3000.3
Topný výkon ohřivače vzduchu	72,00 kW
Topné médium - voda	

U větrací jednotky firmy Atera bylo možné získat více informací o zvolené větrací jednotce z důvodu , získání návrhového softwaru.

7. ZÁVĚR

Cílem práce bylo navržení kompletního systému vytápění budovy A TU v Liberci. Pro realizaci dílčích návrhů bylo zapotřebí prostudovat technické podklady. Základem podkladem pro návrh kogenerační a větrací jednotky byl energetický audit s popisem technického stávajícího stavu budovy a stávajícího stavu vytápěcího systému. Po pečlivém seznámení se s energetickým auditem bych si dovolil pochybovat o správnosti některých tabulkových hodnot. K návržení větrací jednotky také dobře posloužily stavební plány, udávající kubaturu větraných místností.

Při návrhu kogenerační jednotky bylo použito vícero metod závislých na lokalitě umístění budovy a na teplotách venkovního vzduchu odpovídající určitému časovému horizontu. Jako například průměrná roční teplota, průměrné denní teploty nebo hodinové teploty v průběhu topného období (kapitola 5.3 – str. 26). Pro každou metodu zohledňující použité teploty k návrhu provozu kogenerační jednotky bylo vyhodnoceno množství spotřebovaného zemního plynu, vygenerované elektrické energie a efektivnost zvolené jednotky v průběhu topného období. Při aplikaci průměrných denních a hodinových teplot byly výsledné hodnoty samozřejmě ovlivněny teplotami příslušného topného období a nedají se interpretovat pro jakékoli topné období.

Pokud bychom použily průměrné hodnoty z několika topných období, tak by se tyto metody přiblížily metodě používající k návrhu průměrnou roční teplotu v topném období. Přesnost vypočtených energií vyprodukované kogenerační jednotkou by byly zahrnuty větší chybou. S větším rozptylem zpracovávaných hodnot byla tato chyba patrná při aproximaci průběhu rozdílu teplot mezi dnem a nocí (graf 5.3 – str. 30).

Větrací jednotka byla projektována z důvodu efektivnějšího větrání bezokenních místností v přízemí budovy ale také k větrání určitých místností vyskytujících se v prvních třech podlaží. Vytápění ateliérů zůstalo v původním nezměněném stavu, které odpovídalo provozním požadavkům studentům katedry architektury.

Finanční bilance (str. 49) poukázala na výhody plynoucí z použití kogenerační jednotky jako zdroje tepla. Při vzájemném porovnání nákladů na teplo mezi kogenerační jednotkou a tepla z výměňkové stanice vychází provoz KJ úsporněji.

Seznam použité literatury

- [1] Energetický audit budov TU v Liberci
- [2] Cihelka, J.: Vytápění a větrání, SNTL Praha, 1975
- [3] Brož, K.: Vtápění, ČVUT Praha 2002
- [4] DP, Šimunský J.: Dynamika lokální teplotenské soustavy, 2006

Příloha 1

Příklad tabulky hodinových tepelných výkonů pro dobu 01:00 v průběhu topného období.

Den\ měsíc	10	11	12	1	2	3	4	5
1	45,0	64,2	83,2	83,4	53,2	64,4	79,3	83,2
2	48,6	78,4	70,4	93,6	78,3	69,1	82,1	83,3
3	84,4	79,1	65,7	68,5	68,2	81,9	77,7	83,3
4	84,4	83,5	68,7	80,6	78,0	100,0	77,0	47,6
5	84,4	80,7	95,8	74,6	85,0	91,9	62,8	44,0
6	84,3	118,8	109,7	93,4	88,7	90,3	81,6	24,4
7	71,7	113,5	110,6	67,0	86,7	94,2	43,5	29,3
8	64,9	94,7	103,7	85,0	86,3	94,0	84,4	83,6
9	42,6	83,5	101,4	82,8	73,4	83,4	100,9	62,6
10	31,3	103,7	115,8	70,3	75,4	76,9	94,7	79,3
11	57,2	103,6	102,7	73,4	78,5	89,3	82,3	83,7
12	45,2	106,8	92,6	85,4	81,0	85,8	59,6	68,5
13	51,0	123,0	79,7	76,8	85,5	101,6	82,1	51,2
14	53,9	116,8	79,1	93,2	90,7	85,9	51,8	31,8
15	84,0	118,6	86,2	80,9	110,5	83,4	45,6	83,8
16	85,4	110,1	108,8	84,5	115,3	112,4	52,2	32,2
17	81,7	117,1	120,6	93,2	99,3	115,5	52,3	48,9
18	83,8	113,9	100,1	93,2	119,8	108,6	58,7	60,0
19	60,0	84,9	116,1	84,5	107,9	117,0	82,5	21,9
20	53,6	87,4	111,3	80,8	85,3	115,2	80,4	12,4
21	53,5	103,1	91,4	93,1	78,2	121,4	84,1	83,9
22	47,0	87,3	86,2	76,7	78,7	105,2	82,7	4,3
23	53,1	90,7	81,7	85,3	91,7	102,0	52,7	18,8
24	83,5	78,3	79,2	73,2	101,7	102,1	49,7	83,9
25	61,0	84,9	76,0	70,1	114,8	81,9	44,0	83,9
26	83,7	95,4	74,1	82,5	100,3	93,1	56,0	53,0
27	96,1	95,6	86,9	84,7	102,7	111,9	30,1	65,7
28	102,3	91,7	87,3	66,7	109,5	117,1	41,4	55,3
29	85,8	93,3	89,2	93,1		81,0	63,7	68,4
30	45,0	101,3	85,5	74,3		81,1	70,6	63,3
31	83,0		78,4	80,3		81,1		52,1

Příloha 2

Příklad tabulky hodinových tepelných výkonů pro dobu 12:00 v průběhu topného období.

Den\ měsíc	10	11	12	1	2	3	4	5
1	0,0	44,6	133,5	167,0	100,1	112,3	113,3	86,4
2	0,0	81,3	102,8	193,0	162,6	123,0	118,9	85,6
3	68,0	84,5	92,4	130,9	137,0	154,1	106,6	84,8
4	68,4	96,8	101,3	161,9	161,2	198,3	103,4	0,0
5	68,8	91,2	170,2	147,6	178,6	177,1	66,7	0,0
6	69,2	187,6	206,2	195,2	187,5	172,2	112,3	0,0
7	38,2	175,9	209,7	129,6	182,1	180,8	15,9	0,0
8	21,7	130,3	193,8	175,1	180,8	179,2	116,8	81,2
9	0,0	103,7	189,1	170,1	148,3	151,9	156,7	28,0
10	0,0	155,5	226,4	139,4	152,6	134,3	140,0	69,1
11	4,5	156,7	194,9	147,6	160,1	164,2	107,6	79,4
12	0,0	166,0	170,8	178,1	165,7	154,4	49,6	40,9
13	0,0	207,9	139,6	157,1	176,5	192,8	104,4	0,0
14	0,0	193,9	139,2	198,4	188,9	152,4	27,3	0,0
15	74,8	199,8	158,1	167,9	237,9	145,0	10,6	77,5
16	79,4	180,0	215,7	177,3	249,3	216,2	25,8	0,0
17	71,0	198,9	246,5	199,2	208,8	223,0	24,7	0,0
18	77,3	192,3	196,2	199,4	259,4	204,3	39,6	16,8
19	18,8	121,3	237,1	177,9	229,0	224,3	97,9	0,0
20	3,8	128,9	226,1	169,0	171,8	218,5	91,4	0,0
21	4,7	169,5	177,5	199,9	153,2	232,7	99,5	75,8
22	0,0	131,4	165,4	159,0	153,9	190,9	94,8	0,0
23	5,9	141,4	155,0	180,5	185,5	181,7	18,5	0,0
24	82,9	111,7	149,7	150,4	209,9	180,6	10,1	75,6
25	27,9	129,5	142,7	142,6	241,7	128,9	0,0	75,7
26	85,9	157,2	138,7	173,8	204,7	155,6	23,4	0,0
27	118,1	159,0	171,7	179,2	209,8	201,3	0,0	30,4
28	134,8	150,7	173,4	134,1	226,0	213,1	0,0	4,5
29	94,8	155,9	179,2	200,2		121,4	39,6	37,7
30	0,0	177,4	170,7	153,0		120,3	55,7	25,1
31	90,3		153,7	167,8		119,1		0,0

Příloha 3

Příklad tabulky denních tepelných ztrát v průběhu vyšetřovaného topného období.

Den\ měsíc	10	11	12	1	2	3	4	5
1	652,3	1665,1	2957,3	3315,3	2047,4	2384,1	2671,3	2460,5
2	762,1	2316,4	2394,4	3778,6	3174,8	2584,1	2782,6	2452,8
3	2288,5	2363,7	2197,5	2655,2	2715,3	3150,1	2570,5	2445,3
4	2291,8	2575,9	2348,3	3209,6	3152,7	3953,8	2523,2	839,3
5	2295,6	2464,8	3579,1	2946,2	3467,8	3579,7	1871,8	710,0
6	2299,7	4190,5	4217,9	3799,2	3630,1	3498,4	2703,2	244,3
7	1736,8	3969,6	4270,7	2613,8	3535,8	3660,9	977,8	334,3
8	1436,5	3138,6	3975,6	3429,8	3514,6	3640,3	2803,9	2411,6
9	605,0	2649,4	3881,8	3336,3	2931,7	3155,7	3531,6	1459,9
10	350,8	3569,9	4544,4	2778,8	3013,8	2847,9	3240,3	2204,9
11	1111,5	3581,2	3968,2	2922,8	3150,5	3394,3	2668,4	2394,9
12	687,0	3738,9	3526,2	3469,4	3256,5	3226,7	1632,7	1706,5
13	876,2	4482,6	2955,8	3088,1	3453,8	3925,4	2629,1	926,5
14	992,7	4219,3	2940,6	3829,5	3681,4	3206,7	1251,8	376,4
15	2352,4	4316,1	3273,0	3276,9	4567,8	3082,9	960,8	2377,1
16	2426,9	3949,2	4300,9	3444,2	4776,7	4373,1	1243,5	381,0
17	2269,8	4277,9	4846,6	3837,0	4051,7	4503,8	1233,4	828,4
18	2375,3	4149,0	3933,8	3839,1	4968,0	4176,8	1510,2	1293,6
19	1315,6	2860,6	4662,2	3450,3	4425,7	4545,2	2568,1	200,6
20	1037,1	2986,4	4456,8	3287,1	3401,0	4449,9	2460,7	91,9
21	1045,7	3707,1	3573,9	3843,8	3071,9	4714,4	2615,8	2361,7
22	794,0	3010,5	3349,9	3106,5	3090,3	3972,0	2539,1	25,9
23	1051,4	3180,5	3156,2	3491,8	3663,8	3815,4	1175,0	155,8
24	2427,5	2636,4	3053,8	2949,3	4109,0	3805,1	1031,5	2359,8
25	1430,0	2946,6	2920,8	2809,3	4688,3	2885,5	772,8	2360,0
26	2464,8	3433,7	2842,4	3370,9	4028,6	3375,5	1288,0	972,3
27	3035,9	3456,9	3429,1	3468,4	4125,4	4207,1	369,6	1544,3
28	3326,5	3297,1	3454,1	2656,5	4423,4	4428,5	666,3	1076,2
29	2598,2	3381,2	3552,1	3845,8	794,5	2788,6	1604,1	1670,4
30	786,8	3758,2	3393,6	2996,8		2778,0	1901,0	1441,3
31	2496,8		3082,4	3264,2		2767,4		948,8
Průměr	1665,2	3342,4	3517,4	3293,9	3675,4	3576,7	1926,6	1324,4
Měsíční	51621,5	100273,3	109039,5	102110,6	102912,4	110877,2	57798,0	41056,5
Celkem	675,7 MWh			Energie	2,4325 GJ			