



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

KOMBINOVANÁ VÝROBA ELEKTŘINY A TEPLA

THE COMBINED ENERGY AND HEAT PRODUCTION

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

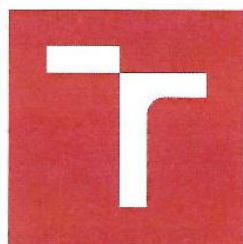
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. Josef Žižka

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MARCELA POČINKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2017



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

STUDIJNÍ PROGRAM	N3607 Stavební inženýrství
TYP STUDIJNÍHO PROGRAMU	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
STUDIJNÍ OBOR	3608T001 Pozemní stavby
PRACOVISŤE	Ústav technických zařízení budov

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

DIPLOMANT	Bc. Josef Žižka
NÁZEV	Kombinovaná výroba elektřiny a tepla
VEDOUCÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE	Ing. Marcela Počinková, Ph.D.
DATUM ZADÁNÍ	31. 3. 2016
DATUM ODEVZDÁNÍ	13. 1. 2017

V Brně dne 31. 3. 2016

doc. Ing. Jiří Hírš, CSc.
Vedoucí ústavu



prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

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

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ (ZADÁNÍ, CÍLE PRÁCE, POŽADOVANÉ VÝSTUPY)

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

A. Analýza tématu, cíle a metody řešení

Analýza zadaného tématu, normové a legislativní podklady

Cíl práce, zvolené metody řešení

Aktuální technická řešení v praxi

Teoretické řešení (s využitím fyzikální podstaty dějů)

Experimentální řešení (popis metody a přístrojové techniky)

Řešení využívající výpočetní techniku.

B. Aplikace tématu na zadané budově - koncepční řešení

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

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

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

C1. Experimentální řešení a zpracování výsledků

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

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

.....
Ing. Marcela Počinková, Ph.D.

Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Záměr mé diplomové práce tkví v návrhu optimální kogenerační jednotky pro zvolený objekt. Ekonomicky vyhodnotit navržené varianty a zvolenou variantu zpracovat do podoby pro stavební povolení.

KLÍČOVÁ SLOVA

Kombinovaná výroba elektřiny a tepla, kogenerační jednotka, kogenerace, diplomová práce

ABSTRACT

The intention of my thesis lies in the design of optimal cogeneration unit for the selected object. Economically evaluate the proposed options and the variant processed into a building permit.

KEY WORDS

The combined energy and heat production, CHP unit, cogeneration, diploma thesis

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Josef Žižka Kombinovaná výroba elektřiny a tepla. Brno, 2017. 87 s., 120 s. příl.
Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických
zařízení budov. Vedoucí práce Ing. Marcela Počinková, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ:

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

V Brně dne 13. 1. 2017

podpis autora

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval vedoucí mé diplomové práci, Ing Marcelle Počinkové, Ph.D., za trpělivost, ochotu a snahu mi poradit s jakýmkoliv problémem. Poděkovat bych chtěl také zaměstnancům firmy MIX MAX – ENERGETIKA, kteří mi byli pomocnou rukou při řešení technických i teoretických překážek. V neposlední řadě velký dík patří mým rodičům, kteří mě podporovali po celou dobu mého studia.

OBSAH

ÚVOD	12
A. TEORIE	13
1 HISTORIE KOGENERACE	14
1.1 PRVNÍ OBDOBÍ	14
1.2 DRUHÉ OBDOBÍ	15
1.3 TŘETÍ OBDOBÍ	15
1.4 ČTVRTÉ OBDOBÍ	15
1.5 BUDOUCNOST.....	16
2 KOGENERACE A JEJÍ PRINCIP	17
2.1 VÝHODY KOGENERACE	18
2.2 NEVÝHODY KOGENERACE.....	18
2.3 PRO KOHO SE KOGENERACE HODÍ?	18
2.4 PRO KOHO SE KOGENERACE NEHODÍ?	18
3 DĚLENÍ KOGENERACE.....	19
3.1 DLE KOGENERAČNÍHO SYSTÉMU.....	19
3.2 DLE VYUŽITÍ	20
3.3 DLE MAXIMÁLNÍHO DOSAŽITELNÉHO VÝKONU	20
4 ZAŘÍZENÍ KOGENERAČNÍ JEDNOTKY	21
4.1 ZAŘÍZENÍ PRO ÚPRAVU PRIMÁRNÍHO ZDROJE	21
4.2 PRIMÁRNÍ JEDNOTKA	21
4.3 ZAŘÍZENÍ PRO VÝROBU A ÚPRAVU ELEKTRICKÉ ENERGIE	23
4.4 ZAŘÍZENÍ PRO REKUPERACI TEPELNÉ ENERGIE	23
5 DRUHY KOGENERAČNÍCH ZAŘÍZENÍ.....	23
5.1 KOGENERACE S PARNÍ TURBÍNOU	24
5.2 KOGENERACE S PLYNOVOU TURBÍNOU.....	24
5.3 KOGENERACE SE SPALOVACÍM MOTOREM.....	25
5.4 KOGENERACE S PAROPLYNOVÝM ZDROJEM	26
5.5 TRIGENERACE	26
5.6 OSTATNÍ ZAŘÍZENÍ	27
5.6.1 MIKROTURBÍNA	27
5.6.2 STIRLINGOVY MOTORY	28
5.6.3 PALIVOVÉ ČLÁNKY	28

6 OBLASTI POUŽITÍ KOGENERACE	28
6.1 TEPELNÉ ZDROJE CZT.....	28
6.2 KONDENZAČNÍ ELEKTRÁRNY S MOŽNOSTÍ DODÁVKY TEPLA	29
6.3 OBJEKTY OBČANSKÉ VYBAVENOSTI.....	29
6.3.1 RODINNÉ DOMY A MENŠÍ OBYTNÉ BUDOVY	29
6.3.2 HOTELY A PENZIONY	29
6.3.3 INTERNÁTY A VYSOKOŠKOLSKÉ KOLEJE	29
6.3.4 ADMINISTRATIVNÍ BUDOVY A ŠKOLY.....	30
6.3.5 OBCHODNÍ DOMY.....	30
6.3.6 NEMOCNICE	30
6.3.7 PLOVÁRNY, REKREAČNÍ A SPORTOVNÍ STŘEDISKA	30
6.4 PRŮMYSLOVÉ PODNIKY	30
6.4.1 CHEMICKÝ PRŮMYSL	30
6.4.2 STROJÍRENSKÝ PRŮMYSL.....	31
6.4.3 KERAMICKÝ A CEMENTÁŘSKÝ PRŮMYSL	31
6.4.4 POTRAVINÁŘSKÝ PRŮMYSL.....	31
6.4.5 TEXTILNÍ PRŮMYSL.....	31
6.5 OSTATNÍ.....	31
7 KOGENERAČNÍ JEDNOTKY V PRAXI.....	32
7.1 KOGENERAČNÍ JEDNOTKY V OBLASTI ŠKOLSTVÍ.....	32
7.2 KOGENERAČNÍ JEDNOTKY V OBLASTI PENZIONŮ A HOTELŮ	33
7.3 KOGENERAČNÍ JEDNOTKY V OBLASTI BAZÉNŮ A AQUAPARKŮ	34
7.4 KOGENERAČNÍ JEDNOTKY V OBLASTI NEMOCNIC A LÁZNÍ.....	35
7.5 KOGENERAČNÍ JEDNOTKY V OBLASTI PRŮMYSLU	36
B. PRAKTICKÁ ČÁST.....	37

STUDIE NÁVRHU KOGENERAČNÍ JEDNOTKY – MĚSTSKÁ PLOVÁRNA LUHAČOVICE

38

8 STÁVAJÍCÍ STAV.....	39
8.1 ZEMĚPISNÁ POLOHA OBJEKTU	39
8.2 POPIS OBJEKTU	39
8.3 ZDROJ TEPLA, STÁVAJÍCÍ STAV	40
8.4 SPOTŘEBY OBJEKTU	41
8.4.1 SPOTŘEBA TEPLA	41
8.4.2 SPOTŘEBA ELEKTRICKÉ ENERGIE	42
8.4.3 MODELOVÝ ROK	43
9 NÁVRH KOGENERAČNÍ JEDNOTKY (KGJ).....	44
9.1 STANOVENÍ PARAMETRU HT	44
9.2 PRŮMĚRNÝ PARAMETR H_{Tp}	45
9.3 ROČNÍ DIAGRAM ODBĚRU TEPLA	46
9.4 OVĚŘENÍ ZÍSKANÝCH HODNOT	47
9.4.1 OVĚŘENÍ PARAMETRU H_T	48

9.4.2	POTŘEBNÝ VÝKON PRO OHŘEV TUV + BAZÉNOVÉ VODY	50
9.4.3	ZÁVĚR PRO VOLBU VELIKOSTI KOGENERAČNÍ JEDNOTKY	51
9.5	VOLBA VELIKOSTI KOGENERAČNÍ JEDNOTKY	51
9.5.1	VARIANTA 1	52
9.5.2	VARIANTA 2	54
9.5.3	SHRNUTÍ	56
10	EKONOMICKÁ BILANCE.....	57
10.1	EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ STÁVAJÍCÍ KOTELNY	58
10.2	EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ – VARIANTA 1	59
10.3	EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ – VARIANTA 2	61
10.4	VYHODNOCENÍ EKONOMICKÉ BILANCE	63
11	PROJEKTOVANÁ VARIANTA – TEDOM CENTO T80.....	65
11.1	POPIS JEDNOTKY	65
11.1.1	TEPELNÝ SYSTÉM.....	66
11.1.2	SPALOVACÍ A VENTILAČNÍ VZDUCH:	66
11.1.3	ODVOD SPALIN A KONDENZÁTU:	66
11.1.4	HLUKOVÉ PARAMETRY:	66
11.1.5	ELEKTRICKÝ ROZVADĚČ:	66
11.1.6	ŘÍDICÍ SYSTÉM:	66
12	TECHNICKÁ ZPRÁVA.....	67
12.1	PŘEHLED VÝCHOZÍCH PODKLADŮ.....	68
12.2	VŠEOBECNÉ ÚDAJE.....	68
12.3	TECHNICKÉ ÚDAJE	69
12.3.1	DEMONTÁŽE A STAVEBNÍ PRÁCE	69
12.3.2	VYTÁPĚNÍ	69
12.3.2.1	SPOLEČNÉ ÚDAJE	69
12.3.2.2	KOTLOVÝ OKRUH	69
12.3.2.3	OKRUHY ČERPADEL TOPNÝCH VĚTVÍ	70
12.3.3	ODKOUŘENÍ A VĚTRÁNÍ	70
12.3.4	LIKVIDACE KONDENZÁTŮ.....	70
12.3.5	ŘÍZENÍ KOTELNY A PORUCHOVÉ STAVY	70
12.4	MONTÁŽ A UVEDENÍ DO PROVOZU, OBSLUHA	71
12.5	NÁTĚRY, IZOLACE	71
12.5.1	NÁTĚRY	71
12.5.2	IZOLACE	71
12.6	VYBAVENÍ KOTELNY	71
C.	PRAKTICKÁ ČÁST.....	72
13	PRAKTICKÁ ČÁST – EXPERIMENT.....	73
13.1	ZPŮSOB MĚŘENÍ	73
13.2	MĚŘÍCÍ ZAŘÍZENÍ A ZPRACOVÁNÍ.....	73
13.3	ZÁVĚR EXPERIMENTU	82

14 ZÁVĚR DIPLOMOVÉ PRÁCE	83
15 POUŽITÉ ZDROJE.....	84
16 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	86
17 SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ	87

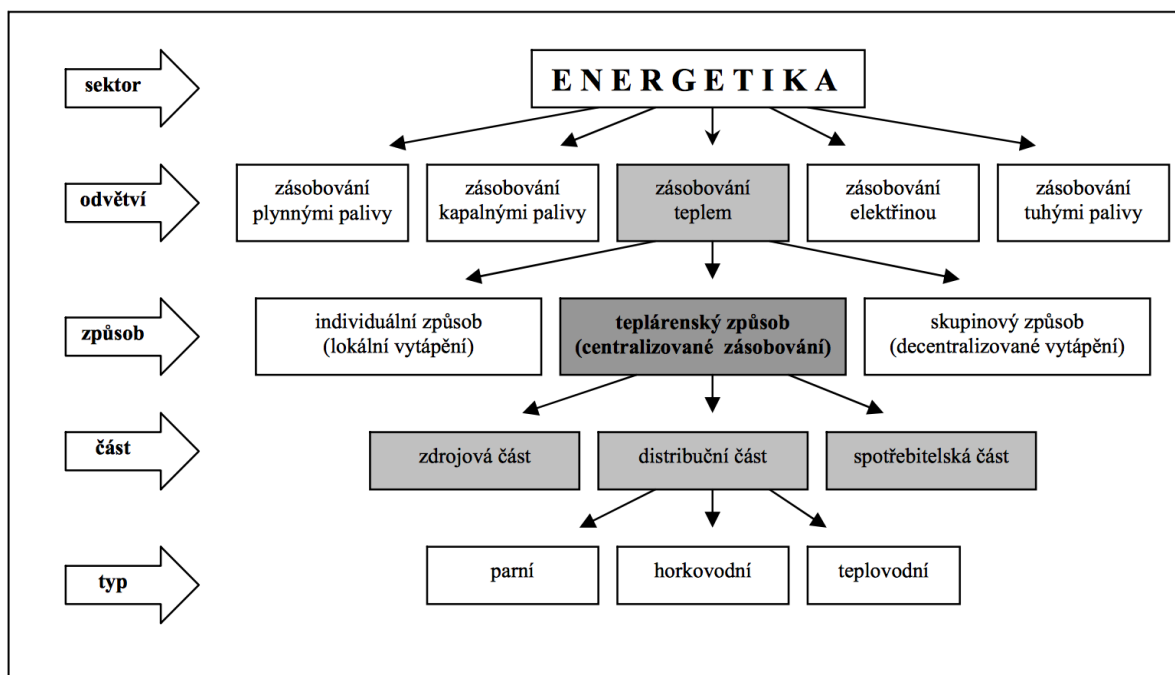
ÚVOD

Cílem mé diplomové práce je představit kombinovanou výrobu elektřiny a tepla, její historii a postupný vývoj. Nastínit její využitelnost a praktičnost v dnešní době, kdy je celosvětový trend úspora peněz a chránění životního prostředí. V praktické části jsem se pokusil zpracovat studii návrhu kogenerační jednotky pro objekt městské plovárny v Luhačovicích, ve které se pokusím navrhnout varianty provedení a následně ekonomickou bilancí zhodnotím, jaká varianta by byla nejvhodnější pro realizaci. Experimentální část diplomové práce jsem využil pro získání dat do studie návrhu kogenerační jednotky. Zde jsem měřil spotřebu elektrické energie během celého týdne, z čehož můžeme odhadnout chování městské plovárny z pohledu odběru el. energie během celého roku.

A. TEORIE

1 HISTORIE KOGENERACE

V historii se můžeme setkávat s výrazem „teplárenství“, který býval velmi často blízce spjat s kombinovanou výrobou elektrické energie a tepla. S postupem času, kdy začaly nastupovat nové technologie a nové terminologie (např. kogenerace, kombinovaný cyklus atd.) výraz „teplárenství“ poněkud zevšedněl a používání jeho významu se posunulo více do obecné roviny. Dnes v Energetické politice nazýváme teplárenstvím celé odvětví zásobování teplem. Kogenerací chápeme kombinovanou výrobu elektrické energie a tepla. Kogenerace se na našem území začala rozvíjet počátkem třicátých let minulého století. Jeho historii můžeme rozdělit na několik charakteristických období. [1]



Obr. A 1: Znárodnění vývoje energetiky [1]

1.1 První období

Prvním obdobím je považována éra 30tých a 40tých let 20. století, kdy začínaly vznikat soustavy centralizovaného zásobování teplem. K hlavním důvodům, proč bylo započato s budováním prvních teplárenských soustav, patřilo zejména:

- rozvoj průmyslové výroby ve městech a s tím spojené potřeby velkého množství tepla pro technologické účely a pro vytápění nově budovaných bytů v dělnických čtvrtích
- rozvoj elektroenergetiky, projevující se potřebou nových větších energetických zdrojů pro provoz místních, nebo regionálních elektrizačních soustav
- potřeba řešit problémy s dopravou a skladováním paliva (uhlí) a omezit důsledky jeho spalování rozptylem kouřových plynů pomocí vysokých komínů a svozem zbytků po spalování (škváry a popílku) na úložiště. [1]

Ve 30tých letech tak vznikly na svoji dobu vysoce moderní a progresivní soustavy centralizovaného zásobování teplem se zdroji kombinované výroby elektrické energie a tepla.

Jako příklady můžeme uvést parní soustavu v Brně, a to Teplárnu Špitálka či Pražskou parní soustavu se zdrojem Elektrárna Holešovice. [1]

Jednalo se tedy o období, které můžeme nazvat obdobím parních soustav, které využívaly městské teplárenské zdroje na tuhá paliva.

1.2 Druhé období

Druhé období můžeme zařadit do 50tých a 60tých let, kdy zaznamenáváme největší rozvoj velkých teplárenských soustav. Pro další rozvoj centrálního zásobování tepla (CZT) v tomto období byly hlavními podněty:

rozsáhlý rozvoj těžkého průmyslu vyvolávající stále zvyšování energetické spotřeby,

- celkové zvyšování energetické náročnosti
- koncentraci pracovních sil do průmyslových aglomerací
- integrace regionálních elektrizačních soustav do jednotného propojeného systému a s tím spojená potřeba výstavby nových velkých systémových elektráren, které byly zároveň významnými zdroji tepla pro soustavy centrálního zásobování tepla (SCZT)
- způsob centrálního plánování a přerozdělování finančních zdrojů, který preferoval velké stavby pětiletky na úkor rozptýlených drobných projektů a iniciativ. [1]

Výsledkem tohoto období tedy bylo zakládání velmi rozsáhlých SCZT, především v průmyslových a vysoce urbanizovaných městech. Jednalo se o severní Čechy, Ostravsko, ale i o Prahu, Pardubice, Hradec Králové, Plzeň atd. Hlavními zdroji těchto soustav byly většinou nově postavené elektrárny nebo teplárny, které byly situovány mimo centra měst. Rozvody a tepelné napáječe fungovaly jako horkovodní a stále se dalo hovořit na tu dobu o moderních systémech. [1]

1.3 Třetí období

Třetí období tvořila 70tá a 80tá léta, kde byl rozvoj teplárenství (kogenerace) ovlivňován zejména: [1]

- budováním satelitních panelových sídlišť s okrskovými centrálními zdroji tepla
- nástupem ušlechtilých paliv (topných olejů a později i zemního plynu)
- celkovým nedostatkem investičních prostředků

Důsledkem této éry bylo budování relativně levných, ale energeticky vysoce náročných sídlištních soustav se sídlištními kotelnami na ušlechtilá paliva, nebo započetí výstavby soustav rozsáhlejších, kde se však vzhledem k nedostatkům finančních prostředků zůstalo u nejlevnějších řešení, a to pouze výtopených zdrojů (Brno – Sever, Praha – Třeboradice atd.).

Období 70tých a 80tých let lze charakterizovat jako éru sídlištních výtopen s celkovým technickým zaostáváním, projevujícím se absencí prvků měření a regulace, zachováváním technologie klasických předávacích stanic, pokračováním ve výstavbě sítí v kanálovém uložení atd. [1]

1.4 Čtvrté období

Ve čtvrtém období (90tá léta dvacátého století a 1. desetiletí 21. století) mělo na vývoj teplárenství velký vliv zejména:

- postupná liberalizace cen paliv a energií
- utváření konkurenčního prostředí a příchod zahraničních investorů
- přijetí nových ekologických a energetických zákonů souvisejících s procesem sblížení naší legislativy s legislativou a standardy EU
- dostupnost nejmodernějších teplárenských technologií. [1]

Toto období můžeme charakterizovat jako éru ekologizace a racionalizace již vybudovaných SCZT. Díky výše uvedeným vlivům nastala stagnace v zakládání nových soustav CZT, ale projevuje se vysoká intenzifikace celého procesu od výroby až po konečnou spotřebu. Novými charakteristickými prvky ve zdrojích tepla jsou fluidní kotle, odsiřovací zařízení, kogenerační jednotky atd., v dopravě tepla se jedná o prefabrikované předizolované potrubní systémy, výměníky tepla s vysokými měrnými výkony nebo kompaktní objektové předávací stanice, u spotřebitelů se pak jedná o měření, regulace a termostatické ventily. [1]

Tab. A 1: Historie vývoje kogenerace

Období/Charakteristika	30. a 40. léta 20. století	50. a 60. léta 20. století	70. a 80. léta 20. století	přelom tisíciletí	20. a 30. léta 21. století
Charakteristika vývoje teplárenství v ČR	vznik teplárenství	extenzivní rozvoj	Technické zaostávání	ekologizace racionalizace	intenzifikace kvalita
Typické zdroje nově budovaných SCZT	teplárny (výtopny)	elektrárny (teplárny)	výtopny (elektrárny)	malé teplárny	všechny typy
Typické druhy používaných paliv	uhlí	uhlí	topné oleje (uhlí)	zemní plyn	všechny druhy (biomasa)
Typické používaná teplosnosná látka	pára	horká voda (pára)	horká voda	teplá voda (horká voda)	teplá voda
Charakteristika zásobované oblasti	průmysl (sídliště)	města (průmysl)	Sídliště (průmysl)	sídliště	části měst
Používaný způsob uložení tepelných sítí	nadzemní (kanálové)	kanálové (nadzemní)	kanálové	bezkanálové podzemní	bezkanálové podzemní
Běžné používané typy odběrných zařízení	přímé odběry (objektové PS)	okrskové PS	okrskové PS	objektové PS (přímé odběry)	objektové PS (přímé odběry)

1.5 Budoucnost

Dá se říci, že budoucnost teplárenství bude nejspíše ovlivněna:

- úplnou liberalizací energetického trhu a globalizací světové ekonomiky,
- mezinárodními úmluvami o ochraně naší planety (snižování emisí skleníkových plynů atd.),
- legislativními normami a energetickou politikou zemí EU (podpora využívání obnovitelných a netradičních energetických zdrojů, kombinované výroby elektřiny a tepla atd.) [1]

Důsledkem těchto vlivů bude zejména další intenzivnější a hospodárnější teplárenství, sjednocení dodávek tepla jako služby do celých balíčků služeb (dodávkami elektřiny, vody, komunikačních a informačních služeb atd.). Bude kladen důraz na zvýšení využitelnosti obnovitelných zdrojů energie, kogenerace, akumulace, měření a regulace. Nové systémy budou provozovány při nižších teplotách a tlacích, zkrácena bude i jejich doba výstavby či jejich likvidace. Když bychom měli budoucnost teplárenství shrnout do dvou slov, budou to INTENZITA a KVALITA. [1]

2 KOGENERACE A JEJÍ PRINCIP

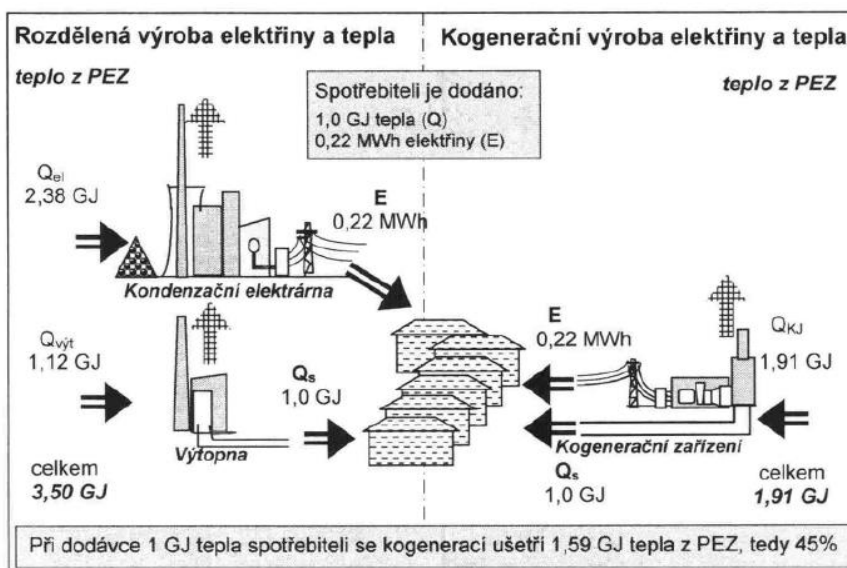
Kogenerace znamená sloučení výroby elektrické a tepelné energie do jednoho procesu. Tento proces má zefektivnit práci se vzniklými energiemi při procesu spalování primárního paliva, z kterého dokáže získat elektrickou energii a zároveň zpracovat získané teplo. Právě toto teplo bývá v elektrárnách při výrobě elektrické energie z velké části vypouštěno volně do ovzduší, bez jeho dalšího využití, čímž zaniká potenciál vzniklého tepla. Tento proces probíhá v tzv. kogeneračních jednotkách. [2], [3]

Srovnáme-li oddělenou výrobu elektrické energie a tepla a výrobu pomocí kogenerační jednotky, vypadá to zhruba následovně:

Předpokládáme, že teplo se vyrábí v plynové výtopeně a elektrická energie v kondenzační elektrárně spalováním hnědého uhlí. Počítáme, že účinnost při výrobě el. energie včetně ztrát rozvody ke spotřebiteli činí 33 %, účinnost výroby tepla v teplárně je cca 90 %. Pro ilustrační výpočet předpokládejme potřebu objektu 1 GJ tepla a zároveň 0,22 MWh el. energie. Z toho nám vyplývá, že pro výrobu tepla v plynové spalovně bude zapotřebí 1,12 GJ paliva, z čehož 0,1 GJ je odvedeno do okolí jako ztrátové teplo. Pro výrobu 0,22 MWh el. energie v kondenzační elektrárně bude zapotřebí 2,38 GJ z tepla paliva, protože ztrátové teplo činí 1,58 GJ. Celková potřeba paliva při oddělené výrobě je 3,5 GJ. [3]

Při výrobě el. energie a tepla za pomoci kogenerace znamená, že obě energie budeme vyrábět v jednom zařízení. Pro příklad uvažujme se spalovací turbínou s kotlem na odpadní teplo. Tato jednotka s celkovou účinností 90 % právě při výrobě 1 GJ tepla vyrobí zároveň 0,22 MWh el. energie. Jednotka si pro tuto výrobu vezme jen 1,91 GJ tepla, ztrátové teplo činí 0,19 GJ (převážně výfukové spaliny). [3]

Při srovnání těchto dvou postupů výroby stejného množství energie vidíme, že kogenerační způsob výroby pracuje s 1,91 GJ tepla, kdežto oddělená výroba pracuje s 3,5 GJ tepla. Výsledkem je úspora 1,59 GJ, což představuje 45 % celkové spotřeby při výrobě el. energie a tepla. Celý příklad je znázorněn na obrázku T1. [3]



Obr. A 2: Princip kogenerace a její přínos [3]

2.1 Výhody kogenerace

Mezi hlavní výhody kogenerace bych bral snížení spotřeby primárního paliva za přispění vysoké účinnosti oproti oddělené výrobě, čímž velkou měrou ovlivňujeme životní prostředí a život kolem nás.

- souběžná produkce el. energie a tepla >> vyšší účinnost využití prim. paliva
- možnost umístění výroby do blízkosti místa energetického využití >> snížení ztrát rozvodem při distribuci
- snadné napojení na existující technologie
- omezení znečištění životního prostředí
- zvýšení konkurence mezi jednotlivými systémy energetického zásobování

2.2 Nevýhody kogenerace

Nevýhody kogenerace bych viděl asi tři nejzákladnější:

Hlavní nevýhodou kogenerace bych viděl její investiční nákladnost při pořizování, které musí investor zaplatit prakticky jednorázově. Buď to takzvaně z, vlastní kapse, nebo úvěrem či leasingem. [4]

Jako další nevýhodou by se dalo brát, že kogenerační jednotky nejsou schopny regulovat poměr výroby el. energie a tepla dle potřeby. Změna odběru jedné energie ovlivní odběr druhé. [4]

Poslední bych snad zmínil, že kogenerace je užitečná jen v případě provozu velkého množství hodin, kde je odměňována za každou vyrobenou MWh el. energie, čímž přispívá na rychlou návratnost sama sebe. Z toho vyplývá, že provozování kogeneračních jednotek se využívá hlavně ve velkých provozech, průmyslu, a podobně.

2.3 Pro koho se kogenerace hodí?



Kogenerace se hodí tam, kde je zajištěn vysoký odběr tepla, nebo chladu. Pro instalaci kogenerace je nutné zaručit odběr veškerého vyrobeného tepla. Lze toho dosáhnout také ve spojení kogenerační jednotky s akumulací nádrží vhodné velikosti. Tímto dosáhneme akumulace vyrobeného tepla a je ho možné využít i v době, kdy jednotka není v provozu. [11]

2.4 Pro koho se kogenerace nehodí?



Tam kde není možné odebrat vyrobené teplo. S ohledem na nejmenší výkony jednotek se dá říci, že smysluplné využití je až v případě, kdy roční spotřeba zemního plynu dosahuje alespoň 6 500 m³. Což znamená, že kogenerace nejsou v dnešní době vhodné do rodinných nebo menších bytových domů. [11]

3 DĚLENÍ KOGENERACE

3.1 Dle kogeneračního systému

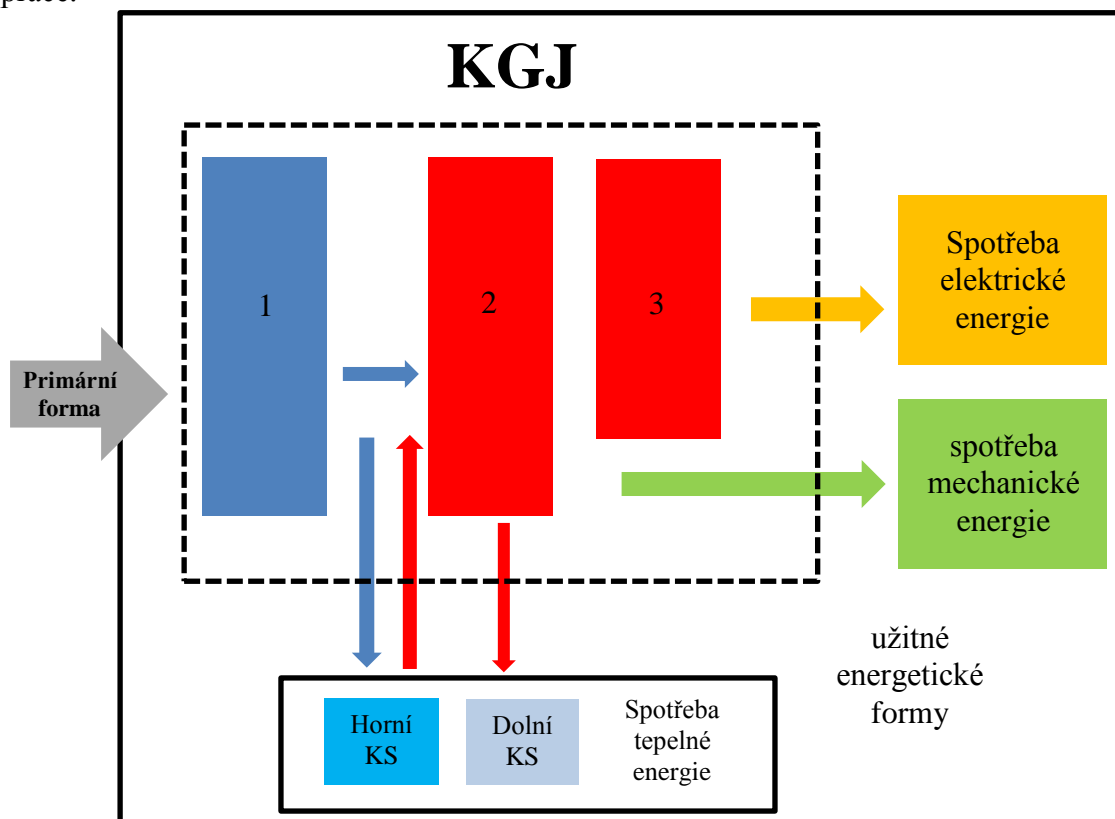
Pojem kogenerační systémy zahrnují kogenerační jednotku + dopravu energie + spotřebu konečných energií. Dají se dělit podle několika hledisek, tím základním hlediskem je rozdělení kogeneračních systémů podle pořadí využití produkovaných energií: [5]

- Horní kogenerační systém,
- Dolní kogenerační systém.

U **Horního kogeneračního systému**, dochází nejdříve k výrobě tepla a následně až k výrobě el. energie. Tento systém můžeme nejčastěji vidět u technologických procesů, jakými jsou například: sklárny, ocelárny, cementárny. V těchto provozech se teplo v první řadě využívá pro technologické účely a až následně se teplo přivádí do energetického zařízení (tepelný motor), kde probíhá přeměna tepla na technickou práci (mechanická energie), která se transformuje v elektrických generátorech na energii elektrickou. [5]

U **Dolního systému kogenerace** jde o pravý opak. Nejdříve se vyrábí elektrická energie, no a teplo se vyrábí z odpadního tepla z tepelného oběhu. [5]

Více využívaný systém je právě ten spodní, protože u horního systému jsou zapotřebí vysoké vstupní teploty, které se přivádí do tepelného oběhu kvůli efektivnosti technické práce.



Obr. A 3: Uspořádání kogeneračních systémů

3.2 Dle Využití

- Základní
- Záložní
- Špičkové
- Rezervní
- specifické

3.3 Dle Maximálního dosažitelného výkonu

- mikrokogenerace (do 50 kW),
- minikogenerace (do 500 kW),
- kogenerace malého výkonu (do 1 MW),
- kogenerace středního výkonu (do 50 MW),
- kogenerace velkého výkonu (nad 50 MW). [5]



Obr. A 4: Příklad mikrokogenerace [6]



Obr. A 5: Ilustrace velikostí kogeneračních jednotek [7]

4 ZAŘÍZENÍ KOGENERAČNÍ JEDNOTKY

Kogenerační jednotky se principiálně skládají z těchto částí:

1. zařízení pro úpravu primárního zdroje (paliva),
2. primární jednotky (motoru),
3. zařízení pro výrobu a úpravu elektrické energie (elektrický generátor),
4. zařízení pro rekuperaci tepelné energie (kotel, nebo výměník tepla),
5. Popřípadě kontrolního a řídicího systému.

Nyní si jednotlivé části kogenerační jednotky trochu popíšeme.

4.1 Zařízení pro úpravu primárního zdroje

Zařízení pro úpravu primárního zdroje energie upravuje parametry vstupní formy energie na hodnoty, se kterými pracuje primární jednotka. Úprava paliva může být založena na následujících požadavcích: [5]

- zušlechtění paliva,
- úpravy prvkového složení paliva,
- úpravy podmínek pro použití. [5]

Zušlechtění paliva znamená, zvýšení energie obsažené v objemové nebo hmotnostní jednotce paliva. Může probíhat bez nebo se změnou skupenství paliva. Ta se děje vždy ve směru fázové přeměny, a to buď z pevného skupenství na kapalné a plynné, nebo naopak. Palivo pro použití do KGJ je velmi často potřebné, aby prošlo touto změnou. Dnešní trh nabízí již zakoupení tohoto upraveného paliva, nebo je možné, aby provozovatel sám provádět tuto úpravu, ale je spojeno s dalšími finančními náklady. [5]

Úpravou prvkového složení paliva se rozumí měnění hodnot obsahu jednotlivých palivových složek, což nejčastěji znamená odstranění nežádoucích směsí (voda, CO₂, pevné částice, síra) a zvýšení koncentrace reagujících prvků. (vodíkové palivo – reformování paliva) [5]

Úpravy podmínek pro použití je myšleno zajištění vhodných podmínek pro dopravu paliva do KGJ, případně se vylepšují podmínky pro uvolnění energie v palivu (tlak, teplota paliva). [5]

4.2 Primární jednotka

Hlavní částí ovlivňující použití kogenerační jednotky je právě primární jednotka, v které dochází k přeměně energie obsažené v dodávaném palivu. Teplo, které se při transformaci uvolní, lze užitečně využít. Uživatelé žádají jednotlivé formy energií v určitém množství, kvalitě a potřebném čase, toto jsou parametry, které jednoznačně ovlivňuje primární jednotka, v závislosti na zvolené technologii. Primární jednotka může být: [5]

- tepelný motor,
- palivový článek.



Obr. A 6: Příklad tepelného motoru – spalovací [6]

4.3 Zařízení pro výrobu a úpravu elektrické energie

- Elektrický generátor,
- Elektrický kondicionér.

Elektrický generátor slouží k přeměně mechanické energie na energii elektrickou. S výběrem typu generátoru souvisí další úpravy parametrů el. energie. Elektrický generátor může být stejnosměrný nebo střídavý. Generátor stejnosměrný pracuje samostatně bez spolupráce s distribuční sítí el. energie, zatímco generátor střídavý může spolupracovat s elektrizační soustavou. [5]

Elektrický kondicionér (měnič) se používá u primárních jednotek kdy je vyžadovaná nutnost úpravy parametrů elektrického proudu, což znamená změnit frekvenci nebo transformovat stejnosměrný proud na střídavý. [5]

4.4 Zařízení pro rekuperaci tepelné energie

Toto zařízení přeměňuje tepelný výkon, který je odváděn z kogenerační jednotky na požadovanou formu a parametry. Nejčastějšími teplovodními médii, vystupující z rekuperačních výměníků jsou:

- nízkoteplotní voda o teplotě 100 °C,
- vysokoteplotní voda o teplotě 150 - 200 °C,
- vodní pára,
- tepelný vzduch. [5]

Tepelnou energii pracovních látek lze použít i přímo bez nutnosti rekuperace.

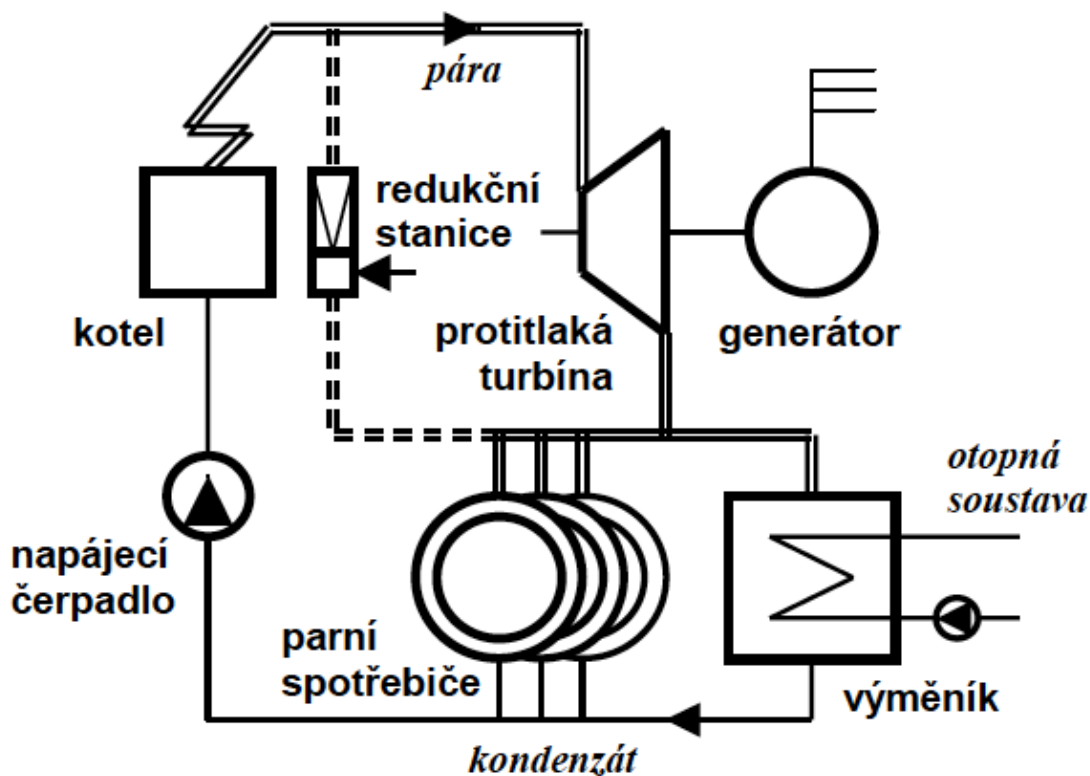
5 DRUHY KOGENERAČNÍCH ZAŘÍZENÍ

Zařízení pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla rozdělujeme do několika druhů a to podle toho jakým způsobem získávají energii pro pohon generátoru. Rozlišujeme následující typy: [4]

- parní turbína,
- plynová turbína,
- pístový spalovací motor,
- paroplynový zdroj,
- trigenerace,
- ostatní zařízení. [4], [8]

5.1 Kogenerace s parní turbínou

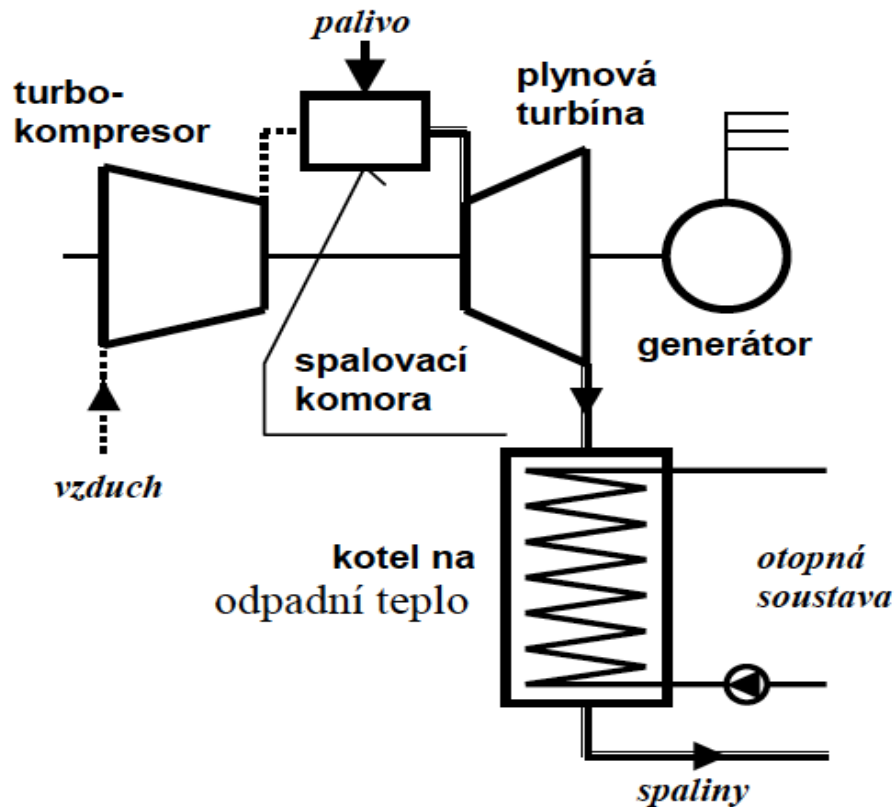
„Představuje klasické teplárenské schéma hojně využívané především v průmyslu. Základními komponenty zařízení je parní kotel na výrobu přehřáté páry a parní protitlaká (event. odběrová) turbína, která pohání elektrický generátor. Expanze páry v turbíně neprobíhá až do konce, jako v kondenzačních elektrárnách, ale je ukončena dříve, při teplotě a tlaku, které ještě umožňují využití jejího kondenzačního tepla pro vytápění či technologii. Hodnota protitlaku se volí od 0,15 MPa výše, kdy teplota páry vychází alespoň 110°C. Teplárna tak vyrábí méně elektřiny, avšak její celková účinnost (včetně produkovaného tepla) je vyšší.“ [4]



Obr. A 7: Schéma kogenerace s parní turbínou [4]

5.2 Kogenerace s plynovou turbínou

„Jsou zařízení skládající se z kompresoru, spalovací komory, plynové turbíny a generátoru. Kompresorem stlačený vzduch je veden do spalovací komory spolu s palivem, kde následně vznikají spaliny o vysoké teplotě a tlaku. Spaliny dále expandují v plynové turbíně. Turbína pohání elektrický alternátor a kompresor. Teplota spalin na výstupu z turbíny se pohybuje kolem 500 °C a mohou sloužit k výrobě páry (středotlaké nebo nízkotlaké), výrobě teplé nebo horké vody, popřípadě výrobě vysokotlaké páry pro technologické účely. Spalovací turbíny se používají do výkonu kolem 300 MW, při menším výkonu než 3 MW již nejsou ekonomicky rentabilní z důvodu vysokých investičních nákladů na jednotku výkonu. Jako palivo se nejčastěji používá zemní plyn.“ [8]

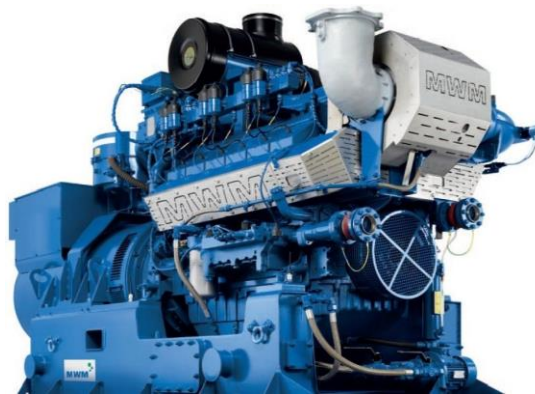


Obr. A 8: Schéma kogenerace s plynovou turbínou [4]

Výhodou této kogenerace jsou menší rozměry, hmotnost a jednodušší zařízení. Z pohledu obsluhy jde především o snadnou obsluhu a rychlý start, který se udává 12 až 30 min, také s možností plné automatizace. [4]

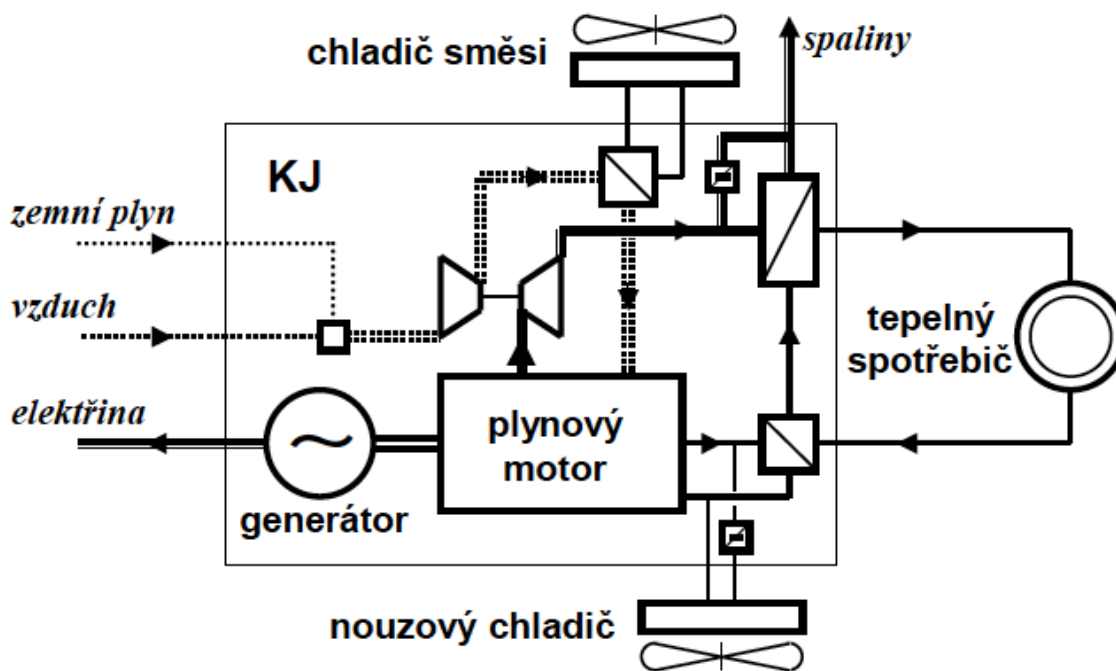
5.3 Kogenerace se spalovacím motorem

Spalovací motory pro kogenerační jednotky nejsou nic jiného než běžné automobilové motory. Což znamená, že i zde se jedná o zážehové (benzín), nebo vznětové motory (nafta). Oba typy těchto motorů jsou však rekonstruovány pro spalování plynu. V jednotce je elektrický generátor poháněn motorem, který zároveň produkuje odpadní teplo – teplo přímo z motoru (hlava motoru a blok válců) plus teplo výfukových plynů. Voda z chladicího okruhu může mít teplotu okolo 80 °C, teplota spalin může dosahovat až 500 °C. Díky výměníkům se získává voda o optimální teplotě a to 90 °C, která je následně využita. Jedná se o motory s relativně nízkou pořizovací cenou, ale o to větší důraz je kladen na pravidelnou údržbu a nutné pravidelné prohlídky s odstávkami. U spalovacích motorů se jedná i o vyšší hlučnost při provozu. Hlavními dodavateli těchto jednotek v ČR jsou společnosti TEDOM a Motorgas. [4], [8]



Obr. A 9: Spalovací motor Tedom [7]

Hlavními dodavateli těchto jednotek v ČR jsou společnosti TEDOM a Motorgas. [4], [8]



Obr. A 10: Schéma kogenerace se spalovacím motorem [4]

Kogenerační jednotky s těmito motory jsou vyráběny s velikou variabilitou výkonů a to od 5 kW do cca 5 MW. Snad i díky české firmě TEDOM Třebíč spol. s r.o. roste počet instalací těchto jednotek v ČR. [2], [4], [8]

5.4 Kogenerace s paroplynovým zdrojem

Jedná se o nejčastější uspořádání kogeneračního paroplynového zdroje. Zdroj je tvořen soustrojím spalovací turbíny, nebo pístového spalovacího motoru, z parního kotle, který využívá jejich odpadní teplo. Z odpadního tepla vyrábí páru, která následně putuje na parní turbínu. Paroplynové zdroje mohou mít velmi variabilní technické provedení, což znamená, že dodávka tepla může být v různých formách (voda horká i teplá, nebo pára různých vlastností). [8], [13]

I když se jedná o docela složité zařízení technologického komplexu, na zařízení je možné využít řadu modifikací. Jednou z nich je, že plynová turbína může být osazena tzv. by-pasovým komínem, který umožňuje samostatný provoz plynové části. Tím je buď zcela samostatný, nebo částečně závislý na provozu parní části. [13]

5.5 Trigenerace

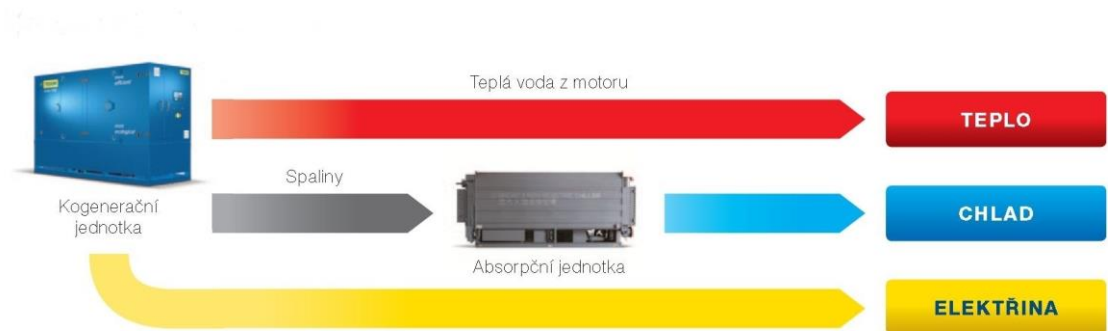
Jedná se o kombinovanou výrobu **elektřiny, tepla a chladu**. Technologicky se jedná o spojení chladicí jednotky s kogenerační jednotkou. Což znamená, že tyto jednotky jsou vyráběny za účelem využití tepla kogenerační jednotky i během letních měsíců, kdy jsou potřeby tepla minimální, čímž můžeme docílit provozu po celý rok. Právě díky nižším možnostem využití tepla v přechodových a letních měsících se často navrhuje menší jednotka, ale pokud dokážeme přebytečné teplo přeměnit na chlad, nic nebrání tomu, aby byla jednotka v provozu celý rok. Chlad vyrobený jednotkou může být využíván v mís-

tech, kde je zapotřebí klimatizace. Chlad se ale také může vyrábět pro technologické potřeby. Ovšem nejčastějším využitím kogenerace je vyrábět teplo v zimě a chlad v létě, ovšem je možná výroba všech tří energií zároveň. [2], [8], [9]

Možné typy provedení:



Obr. A 11: Třígenerační jednotka s absorpční jednotkou – typ A



Obr. A 12: Třígenerační jednotka s absorpční jednotkou – typ B

5.6 Ostatní zařízení

K ostatním technologiím kogenerace řadíme zařízení, která svým výkonem v celkové bilanci zdrojů kombinované výroby elektřiny a tepla nehrají takovou roli, nebo zařízení, která jsou zatím stále ve vývoji a doposud nejsou pravidelně komerčně využívány. Jde například o technologie: [8], [12]

5.6.1 Mikroturbína

Jedná se o vysokootáčkové plynové turbíny dosahující výkonu 10–100 kW elektrické energie. Je-li mikroturbína doplněna o výměník tepla, který využívá teplo odcházející ve spalinách, výrobu páry nebo ohřev vody, mikroturbína se stává zdrojem KVET. [12]

Velkou nevýhodou mikroturbín je jejich vysoká cena při nízké elektrické účinnosti, což v dnešní době dost ovlivňuje jejich vyšší zapojení do provozu. [12]

Do budoucna by se s nimi dalo počítat na místa, kam jsou navrhovány malé kogenerační jednotky se spalovacími motory, které jsou v dnešní době mnohem levnější a navíc hojně rozšířeny, mají vybudovanou širokou prodejní síť a dobrou servisní podporu. [12]

5.6.2 Stirlingovy motory

V dnešní době mezi nepříliš rozšířené pístové motory patří také motory s vnějším spalováním, známé pod pojmem teplovzdušné nebo také Stirlingovy motory. Stirlingovy motory se na rozdíl od ostatních pístových motorů vyznačují především tím, že se skládají ze dvou trvale vzájemně propojených zdvihových prostorů o rozdílných teplotách. Pracovní látka obíhá v uzavřeném oběhu, čímž obvykle bývá inertní plyn. Ten je střídavě ohříván a ochlazován. [12]

Hlavní výhodou je možnost přímého využití jakéhokoliv paliva či odpadního tepla vzniklé z technologických procesů. Opačně velká nevýhoda je jejich vysoká pořizovací cena, která se odvíjí od náročné montáže. [12]

5.6.3 Palivové články

„Palivové články jsou zařízení, produkující elektrickou energii přímou konverzí chemické energie paliva na energii elektrickou. Pracují tiše, spolehlivě, s vysokou účinností a jejich provoz má jen zcela minimální negativní vliv na životní prostředí.“ [12]

6 OBLASTI POUŽITÍ KOGENERACE

Kogenerační jednotky mohou víceméně nahradit jakýkoliv zdroj tepelné energie se srovnatelným výkonem. Jednotky se vyplatí navrhovat všude tam, kde je zaručený velký odběr tepla. Po ekonomické stránce je však nejvýhodnější instalovat kogenerační jednotky do objektů s celoročním provozem, aby bylo dosaženo jejich maximálního využití. [3]

Kogenerace a její uplatnění v různých oblastech můžeme rozdělit následovně:

- Tepelné zdroje CZT,
- Kondenzační elektrárny s možností dodávky tepla,
- Objekty občanské vybavenosti,
- Průmyslové podniky, [3]

6.1 Tepelné zdroje CZT

Typy těchto zdrojů jsou určeny pro dodávku tepla využívané pro vytápění a ohřev teplé vody obyvatelstva. Výkony těchto zařízení jsou obrovské a jsou schopné pracovat v širokém rozsahu. Od zásobování městských sídlišť několika MW až po pokrytí potřeb městských aglomerací několik desítkami MW. Jedná se však o topnou sezónu, která trvá zpravidla 220 až 250 dnů. [3]

Těchto tepelných zdrojů je v ČR poměrně velké množství. CZT v ČR je v provedení výtopenkém (pouze teplo) nebo teplárenským. U velké většiny je jako primární palivo využíváno hnědé uhlí, popřípadě uhlí černé. CZT, které pracují na bázi plynu pomalu, ale trvale rostou. Nejčastěji použitou jednotkou v teplárenském provedení je parní protitlaková turbína, nebo kondenzační odběrová turbína. Ve výtopenkách těchto

zdrojů je potenciální pouze provoz na zemní plyn či biomasu, popřípadě rekonstrukce na možnost používat tyto paliva. [3]

„Nové tepelné zdroje tohoto účelu se v současné době v ČR téměř nebudují, což souvisí s omezením stavby nových velkých sídlišť a se všeobecným příklonem k decentralizaci při zásobování teplem. Nové zdroje mohou být navrženy jen na spalování zemního plynu nebo biomasy a s dodávkou teplé nebo výjimečně horké vody. Použití kogenerace a její druh pak závisí na velikosti potřeby tepla.“ [3]

6.2 Kondenzační elektrárny s možností dodávky tepla

Nachází-li se v oblasti kondenzační elektrárny větší spotřebitel tepla, lze i zde instalovat kogenerační jednotky. V současné době je takto upravena většina kondenzačních elektráren v České republice. Nejstarší elektrárny byly výrazně modernizovány na výrobu tepla přechodem z kondenzačních turbín na kogenerační parní turbíny (například elektrárna Hodonín, s dodávkou tepla do města). U jiných starších elektráren většinou proběhla rekonstrukce instalací výměňkových stanic. Ty využívaly teplo ze stávajících kondenzačních turbín. [3]

Tento způsob kogenerační výroby se vyznačuje obrovským teplárenským modulem. Je schopný vyprodukovat tepelný výkon přesahující 3000 MW. Což se hodí právě pro zásobování teplem přilehlá města. [3]

Investice na rekonstrukce nejsou až tak nákladné, ve srovnání s potřebnými investicemi na horkovody, které tak z velké části omezují tento způsob zásobování teplem. [3]

6.3 Objekty občanské vybavenosti

6.3.1 Rodinné domy a menší obytné budovy

U těchto budov není dostačující potřeba tepla a jejich spotřeba elektřiny je poměrně malá. Z ekonomického hlediska se zde kogenerační jednotky vůbec nehodí. Ale již dnes se předpokládá, že pro tyto budovy bude možné použít kogenerační jednotky nových technologických řešení, kterými jsou například Stirlingův motor či palivové články. [3], [8]

6.3.2 Hotely a penziony

Objekty s kapacitou více jak 50 lůžek, zaručují dostatečně velkou potřebu tepla pro vytápění a ohřev teplé vody, popřípadě provoz vzduchotechniky. Spotřeba elektřiny je také dostatečně velká, její rozložení bývá rovnoměrné během celého dne. Spotřeba tepla a elektřiny je často využívána i službami jako je sauna, bazén, prádelna apod. Tyto provozy umožňují instalaci menších kogeneračních jednotek o elektrickém výkonu 15 kW až 100 kW. V tomto případě jsou nejvhodnější jednotky se spalovacími motory. [3], [8]

6.3.3 Internáty a vysokoškolské koleje

Jedná se o objekty, které mají vysokou spotřebu tepla i elektřiny během celého týdne, čímž instalace kogenerační jednotky je docela vhodná, ale musí se počítat s letními prázdninami, kdy internáty a vysokoškolské koleje bývají skoro bez provozu. I Pro tyto provozy je vhodné zvolit spalovací motory. [3]

6.3.4 Administrativní budovy a školy

Zde jsou potřeby tepla vysoké pouze v topném období. Potřeba tepla na ohřev teplé vody je malá, tudíž letní měsíce jsou na potřebu tepla malá. Musíme zohlednit také víkendový provoz, protože v budovách tohoto typu nebývá obvyklý. Elektřina je zde využívána převážně na osvětlení, které je zhruba 10 až 12 hodin denně. U těchto objektů je velmi důležitá ekonomická bilance a důkladné promyšlení, zda je kogenerační jednotka vhodná. Zlepšení podmínek může napomoci, pokud je přes léto využíváno chlazení budovy, nebo forma jiného technologického tepla, které by využívalo tepelný výkon i během léta. [3], [8]

6.3.5 Obchodní domy

Tady je instalace kogeneračních jednotek velmi vhodná. Obchodní domy mají velkou potřebu tepla pro vytápění a klimatizaci. Ze strany elektřiny je zde osvětlení, které běží denně 10 – 12 hodin, dále provoz ventilátorů a klimatizace. To vše čerpá el. energii, tudíž vysoké odběry jsou zajištěny. Velké výkony jsou také potřeba na chlazení, které je využíváno nepřetržitě po dobu celého roku. [8]

6.3.6 Nemocnice

Potřeby tepla i elektřiny jsou v těchto objektech vysoké a to rovnoměrně během celého roku. Je zde tedy potenciál pro využití dlouhé provozní doby kogenerační jednotky. Teplo i elektřina je potřebná i během letních měsíců, nejen pro ohřev teplé vody, ale i pro chlazení a vzduchotechniku. Z tohoto pohledu je výhodné použití třígeneračních jednotek, které využijí i vyrobený chlad. Vhodné k použití jsou jednotky se spalovacími motory se synchronními generátory, které jsou vybaveny zařízením provoz. Lze je využít také jako nouzový zdroj elektřiny. [3], [8]

6.3.7 Plovárny, rekreační a sportovní střediska

Potřeby energií v těchto objektech jsou velké a to v rozmezí zhruba 12 až 14 hodin denně. Noční provoz je mnohem menší, ale většinou je v provozu vzduchotechnika či některá z technologií. Teplo je vyžadováno na vytápění, vzduchotechniku, ohřev teplé a bazénové vody. Elektřina se zde využívá na osvětlení, pohon technologie a atrakcí. [8]

6.4 Průmyslové podniky

„Do průmyslových podniků jsou KGJ instalovány především s cílem snížit množství elektrické energie nakupované ze sítě. Na rozdíl od předchozích případů, kdy vyrobenou elektřinu lze dodávat do sítě prakticky bez omezení a výkon kogenerační jednotky je stanoven jen podle průběhu odběru tepla, v průmyslovém podniku je možné zajistit ekonomický provoz KJ pouze při úplném využití obou generovaných forem energie. To klade vyšší nároky na optimalizaci návrhu jmenovitého výkonu KJ a způsobu jejího provozu vzhledem k charakteru odběru tepla a elektrické energie v podniku.“ [4]

6.4.1 Chemický průmysl

Jedná se o podniky, které jsou charakteristické svou vysokou potřebou technologického tepla formou páry ve více tlakových hladinách. Odběry páry jsou více méně nepřetržité po celou dobu dne, až na některé výjimky denního provozu. Často je žádaná pára o vysokém tlaku. V letních měsících nedochází k výraznému snížení potřeby tepla. Elektrická energie a její potřeby jsou s ohledem na odběr tepla během dne střední až vysoké a to

opět během celého dne. Z toho všeho vyplývá, že instalace kogeneračních jednotek jevíce než vhodné. Pro nové či rekonstruované zdroje jsou vhodné spalovací turbíny. [3]

6.4.2 Strojírenský průmysl

V tomto případě se jedná se o provozu s velkými odběry el. energie a potřeby tepla jsou z pravidla jen na ohřev TUV. Provozy bývají u těchto typů průmyslu jednosměnné, což není pro volbu kogenerační jednotky moc výhodné, protože doba ročního provozu je krátká a ekonomická výhodnost instalace KGJ není moc velká. Ovšem pro ohřev TUV je kogenerační jednotka se spalovacími motory vhodná skoro vždy. [3]

6.4.3 Keramický a cementářský průmysl

Zde se jedná z pravidla o třisměnný provoz, který zajišťuje rovnoměrné potřeby tepla během celých 24 hodin, v létě je odběr tepla o něco menší. Spotřeba el. energie bývá velmi vysoká. Většina těchto provozů se vyznačuje potřebou tepla ve formě přímého působení spalin, proto nejvhodnější volbou jsou spalovací turbíny. [3]

6.4.4 Potravinářský průmysl

Tyto provozu se vyznačují velkými potřebami tepla na technologii, dále také na vaření, sušení, a podobně. Tyto odvětví fungují na vícesměnné provozu, což znamená, že i v noci je odběr tepla žádaný. Zde je nejlepší uplatnění kogenerační jednotky se spalovacími motory. [3]

6.4.5 Textilní průmysl

Jedná se o odvětví s různými pracovními provozu. Některé fungují na jednosměnné provozu, další využívají dvousměnné, ale výjimkou nejsou ani třisměnné provozu. Tím pádem uplatnění kogeneračních jednotek je různé. Jedna skupina pracovních provozů (tkalcovny, prádelny, pletárny a jiné) mají velkou spotřebu elektrické energie a spotřeba tepla je malá. Druhý typ kterými jsou např.: bělírny, barvírny, prádelny, naopak využívají teplo pro ohřívání, tepelné zpracování, sušení. Jsou závislé na páře o nízkém tlaku a horké vodě. [3]

6.5 Ostatní

Dále se kogenerační jednotky využívají v objektech čistíren odpadních vod, kde se používá jako palivo kalový plyn, který vzniká při technologických procesech čištění vod. Teplo je využíváno pro vyhřívání čistírenského kalu, naopak elektřina pro chod strojů. Dále se kogenerační jednotky využívají také ve spalovnách komunálního odpadu, či v zemědělských a lesnických provozech, kde je teplo využíváno pro ohřev TUV, vytápění některých budov a k sušení. Zde je možnost použít pro provoz kogeneračních jednotek biopalivo.

7 KOGENERAČNÍ JEDNOTKY V PRAXI

7.1 Kogenerační jednotky v oblasti školství



Gymnasium Sonthofen, Německo

Typ jednotky: Cento M50 SP
Elektrický výkon: 50 kW
Rok instalace: 2012



SOŠ stavební, Prešov, Slovensko

Typ jednotky: Micro T30 SPE
Elektrický výkon: 30 kW
Rok instalace: 2011



Albrecht-Dürer-Schule, Meckenbeuren, Německo

Typ jednotky: Premi F25 AP
Elektrický výkon: 25 kW
Rok instalace: 2006



Wieland-Gymnasium, Biberach, Německo

Typ jednotky: Micro T25 AT
Elektrický výkon: 25 kW
Rok instalace: 2008

Další reference z této oblasti:

- Cento T120 SP CON, Universita, Blackrock, Irsko
- Quanto D580 SP, Strojní universita, Ancona, Itálie
- 3x Micro T30 AP, ZŠ, Trzic, Slovinsko
- Cento T80 SP, Universita, Vídeň, Rakousko
- Micro T25 AP, ZŠ, Narni, Itálie
- Micro F25 AP, ZŠ, Meckenbeuern, Německo
- Premi F25 AP, SOU a SOŠ, Kroměříž, Česko
- Cento T150 SPE, Universita VŠCHT, Brno, Česko
- Premi S 22 AP, ZŠ, Růti, Švýcarsko
- Premi Twin 22, ZŠ, Vídeň, Rakousko
- Premi 22 AP, ZŠ, Salcininkai, Litva
- Plus 22 SP, ZŠ, Marné de la Vallée, Francie
- Premi 22 SP, ZŠ, Markvartice, Česko
- Cento L150 SPI, Universita Rustika, Kišiněv, Moldavsko

Obr. A 13: Propozice společnosti TEDOM [16]

7.2 Kogenerační jednotky v oblasti penzionů a hotelů



Hotel Tatra, Kopřivnice, Česko

Typ jednotky: 3 x Micro T30 AP
Elektrický výkon: 90 kW
Rok instalace: 2011



„Possenhofen Youth Hotel“, Německo

Typ jednotky: Premi 22 SPE
Elektrický výkon: 22 kW
Rok instalace: 2001



Hotel Masia Los Barancos, Teruel, Španělsko

Typ jednotky: 2 x Micro T25 SP
Elektrický výkon: 50 kW
Rok instalace: 2008



Campus Brigittenau, Vídeň, Rakousko

Typ jednotky: Cento T80
Elektrický výkon: 77 kW
Rok instalace: 2009

Další reference z této oblasti:

- Plus 22 AP, Hotel Victoria, Plzeň, ČR
- Cento T160 S, Hotel Soči, Krasnaja Polana, RU
- Premi F25 AP, Hotel Tell, Gisikon, CH
- Cento T100 SPE, Hotel Sanssouci, Karlovy Vary, ČR
- Premi S22 AP, Hotel Weißes Ross, Memingen, DE
- Plus 22 SPE, Hotel Donovaly, Donovaly, SK
- Cento L150, Hotel Imperial, Karlovy Vary, ČR
- Premi S22 AP, Hotel Walserhof, Wasserburg, DE
- Plus 22 AP, Hotel Slavia, Třebíč, ČR
- Twin 22 AP, Hotel Lev, Levice, SK
- Plus 22 AP, Hotel Európa, Komárno, SK
- Premi S22 AP, Hotel Sport, Znojmo, ČR
- Plus twin 22, Grandhotel Praha, Tatranská Lomnica, SK
- Cat 260 SP, Hotel Oskol, Kroměříž, ČR

Obr. A 14: Propozice společnosti TEDOM [17]

7.3 Kogenerační jednotky v oblasti bazénů a aquaparků



Vodní ráj Jihlava

Typ jednotky: 4 x Premi 22 AP
Elektrický výkon: 4 x 22 kW
Rok instalace: 2001



Aquapark Babylon, Liberec

Typ jednotky: 1 x CAT 260 SPE
Elektrický výkon: 1 x 260 kW
Rok instalace: 2001



Aquapark Čestlice, Praha

Typ jednotky: 2 x Quanto C400 SP
Elektrický výkon: 2 x 400 kW
Rok instalace: 2008



Aquapark Bohumín

Typ jednotky: 2 x Cento T100 SPE
Elektrický výkon: 2 x 100 kW
Rok instalace: 2004

Další reference z této oblasti:

- Micro T30 - Albelda, Španělsko
- Cento T80 SP - Monkstown pool, Dublin, Irsko
- Cento Z 77 SPE - Velichovy lázně, Česko
- Cento 170 SPE - bazén, Vyškov, Česko
- MT 140 SP - bazén, Banská Bystrica, Slovensko
- Plus 22 AP - bazén, Metz, Francie
- Premi 22 AP - bazén, Lučenec, Slovensko
- Premi F22 AP - bazén, Boskovice, Česko
- Micro T25 AP - bazén, Noor, Itálie
- MT140 SPE - bazén, Horažďovice, Česko
- Plus 22 AP - bazén, Entrepagny, Francie
- Plus 22 AP - bazén, Prachatice, Česko
- Plus twin 88 AP - bazén, Eibar, Španělsko
- CAT 1000 SPE - lázně, Assy Baškinenergo, Rusko

Obr. A 15: Propozice společnosti TEDOM [18]

7.4 Kogenerační jednotky v oblasti nemocnic a lázní



Nemocnice Hustopeče, ČR

Typ jednotky: Premi 22
Elektrický výkon: 22 kW
Rok instalace: 2003



Lázně Aurora, Třeboň, ČR

Typ jednotky: MT 140 SPE
Elektrický výkon: 140 kW
Rok instalace: 2001



Nemocnice Nové Město na Moravě, ČR

Typ jednotky: Cento T 200 SP
Elektrický výkon: 200 kW
Rok instalace: 2011



Nemocnice Ústí nad Orlicí, ČR

Typ jednotky: Cento T150 SPE
Elektrický výkon: 150 kW
Rok instalace: 2006

Další reference z této oblasti:

- Micro T30 AP, nemocnice Bristol, EN
- Quanto D770 NOC, nemocnice Ankara, TR
- Quanto C770 SP NOC, nemocnice Istanbul, TR
- Quanto T2000 ZP+ T1000 ZP, nemocnice Samara, RU
- Quanto C1000 SPE, nemocnice Irano-Frankovsk, UA
- Cento M44 SPE, nemocnice Kjustendil, BG
- Premi Twin 22 AP, nemocnice Chamont en Bezin, FR
- Plus 22 AP, rehabilitační centrum Bohuňovice, ČR
- Quanto 190 SP, nemocnice Košice, SK
- Quanto 260 SPE, nemocnice Repty, PL
- MT 140 SP, nemocnice Český Krumlov, ČR
- Quanto 500 AP, nemocnice Watreloos, FR
- Quanto 190 SP, nemocnice Vranov nad Topľou, SK
- MT 140 SPE, nemocnice Brno, ČR

Obr. A 16: Propozice společnosti TEDOM [19]

7.5 Kogenerační jednotky v oblasti průmyslu



**PÖTTINGER, výroba zemědělských strojů,
Grieskirchen, Rakousko**

Typ jednotky: 2x Micro T30 AP BIO
Elektrický výkon: 60 kW
Rok instalace: 2012



**Chemosvit, výroba vláken a folií, Svit,
Slovensko**

Typ jednotky: 6x Quanto D2000 SP
Elektrický výkon: 12000 kW
Rok instalace: 2010–2012



Pivovar Svijany, Svijany, Česká republika

Typ jednotky: 2x Cento T120 SP BIO
Elektrický výkon: 240 kW
Rok instalace: 2010



Cukrovar Drochia, Moldavsko

Typ jednotky: 2x Quanto D1200 SP BIO CON
Elektrický výkon: 2400 kW
Rok instalace: 2013

Další reference z této oblasti:

- ŠKODA Auto – výroba automobilů, Vrchlabí, Česká republika – Quanto D2000 SP, 2013
- DELTACOL CZ – galvanizace, Litovel, Česká republika – Cento T120 SP (2x), 2009
- Pivovar Hurbanovo, Hurbanovo, Slovensko – Cento T160 SP BIO (2x), 2009
- ALITA AB – lihovar, Alytus, Litva – Cento T150 SP (3x), 2010
- Nutrix Piu – výroba krmiv pro zvířata, Castelraimondo, Itálie – Cento T160 SPEM CON (2x), 2011
- Chocolat Frey AG – čokoládovna, Aarau, Švýcarsko – Micro T30 AP, 2012
- Handtmann GmbH – výroba strojů, Biberach, Německo – Micro T30 AP, 2012
- FOSFA – výroba průmyslových hnojiv, fosfátů, Břeclav, Česká rep. – Cento T180 SP CON (3x), 2010 – 2013
- HB Beton – výroba betonových prefabrikátů, Horní Ždár, Česká republika – Micro T30 AP (2x), 2014

Obr. A 17: Propozice společnosti TEDOM [20]

B. PRAKTICKÁ ČÁST

STUDIE NÁVRHU KOGENERAČNÍ JEDNOTKY – MĚSTSKÁ PLOVÁRNA LUHAČOVICE



8 STÁVAJÍCÍ STAV

8.1 Zeměpisná poloha objektu

Objekt plovárny leží v severovýchodní části města Luhačovice na křižovatce ulic Solné a Bílá Čtvrť. Příjezd a přístup k objektu je zajištěn z jižní strany, z ulice Solné. Jedná se o klidnou část města, která je v těsném kontaktu s Lázeňským parkem. Plovárna je majetkem města Luhačovice a tvoří jedno z relaxačních a rekonvalescenčních míst tohoto lázeňského města.

8.2 Popis objektu

Městská plovárna v Luhačovicích a všechny její technologické části (vlastní bazénová technologie i energetické hospodářství) jsou v zachovalém stavu, neboť výstavba proběhla před nedávnem, a to v roce 2010 na Ulici Solné 1090, Luhačovice PSČ 763 26.



Obr. B 1: Zeměpisná poloha Městské plovárny

Jelikož Městská plovárna byla uvedena do provozu koncem roku 2010, jedná se o relativně mladou stavbu, na které za dobu užívání neproběhly žádné stavební úpravy, či změny v technologii. Objekt plovárny je jednopodlažní budova, s výškově posunutou úrovní podlahy bazénové haly, částečně podsklepenou. Nosný systém budovy je monolitický železobetonový skelet kombinovaný s nosnou keramickou vyzdívkou. Obvodové zdivo je z keramických tvarovek. Výplně otvorů jsou stávající, $U=1,2$. Vstup do budovy je ze západní strany v úrovni podlaží 1NP.

Plovárna má restauraci, plavecký bazén o délce 25 m, rekreační bazén, dětský bazén a whirlpool.

8.3 Zdroj tepla, stávající stav

Objekt je vytápěn plynovou kotelnou v samostatné místnosti 1NP. Stávající kotelna je osazena třemi plynovými kondenzačními kotli (dále PKK) značky WOLF a to typem MGK 300. Výkon těchto kotlů činí 3x 275 kW při teplotním spádu 80/60°C.



Obr. B 2: Stávající plynové kondenzační kotle WOLF – 3x 275 kW

Kotle jsou seřazeny do kaskády. Příprava teplé užitkové vody (TUV) probíhá ve dvou kusech zásobníkových ohřivačů o jmenovitém objemu 2000 l (celkový objem 4 m³).

Celkový tepelný výkon kotelny (3x 275 = 825 kW) je značně naddimenzován. V předchozích čtyřech topných obdobích nenastala žádná situace, kdy by bylo zapotřebí provozu všech tří kotlů.

Součástí kotelny jsou dále dva kusy rozdělovačů a sběračů. O vyrovnání tlaků v soustavě se stará hydraulický vyrovnávač dynamických tlaků. Odvody spalin jsou řešeny do stávajících komínových těles.



8.4 Spotřeby objektu

8.4.1 Spotřeba tepla

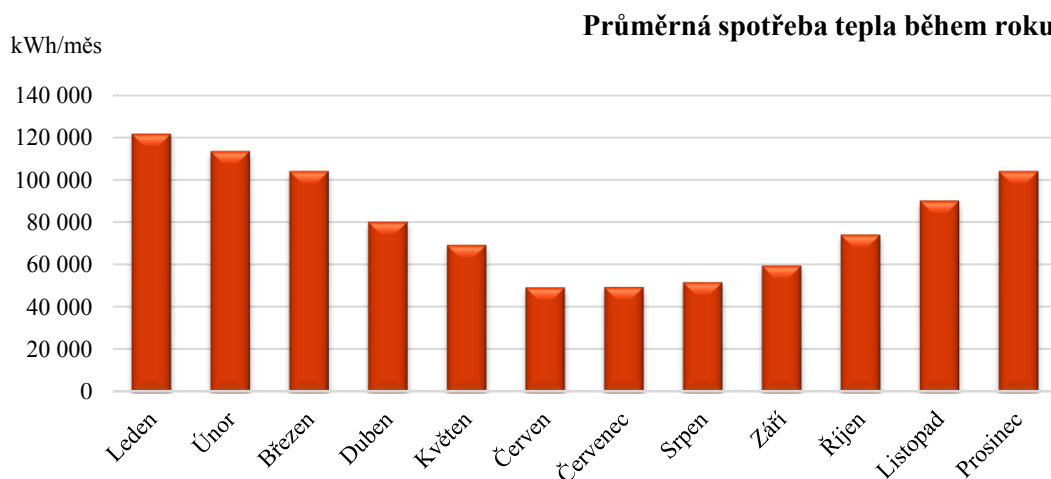
Následující tabulka charakterizuje měsíční dodávky tepla do objektu plovárny ze spotřeb zemního plynu za roky 2011 až 2014. Uvedené spotřeby tepla odpovídají provozu takového zařízení. Hodnoty spotřeb tepla zajistil sám provozovatel.

Tab. B 1: Spotřeba zemního plynu – teplo za roky 2011-2014 [14]

Zemní plyn – teplo					
Rok	2011	2012	2013	2014	Průměr
	kWh/měs	kWh/měs	kWh/měs	kWh/měs	kWh/měs
Leden	151 060	102 666	117 949	115 925	121 900
Únor	137 268	105 382	113 731	98 481	113 715
Březen	110 004	86 031	125 468	95 978	104 370
Duben	82 303	68 746	95 296	74 944	80 322
Květen	91 931	49 373	77 031	59 235	69 393
Červen	54 411	47 275	52 994	42 824	49 376
Červenec	69 960	43 590	40 417	44 379	49 586
Srpen	60 322	43 409	45 657	58 170	51 889
Září	64 209	57 233	61 312	56 136	59 723
Říjen	94 135	65 018	62 899	74 859	74 228
Listopad	109 045	97 405	77 852	77 010	90 328
Prosinec	105 648	118 002	105 723	87 788	104 290
Součet	1 130 295	884 131	976 328	885 729	969 121

Ve studených měsících se tepelný výkon dodávaný kotelnou pohybuje okolo hodnot 105 000 - 120 000 kWh, v letních měsících kolem 50 000 kWh, jak můžeme vidět v grafu B1.

Graf B 1: Průměrná spotřeba tepla během roku



8.4.2 Spotřeba elektrické energie

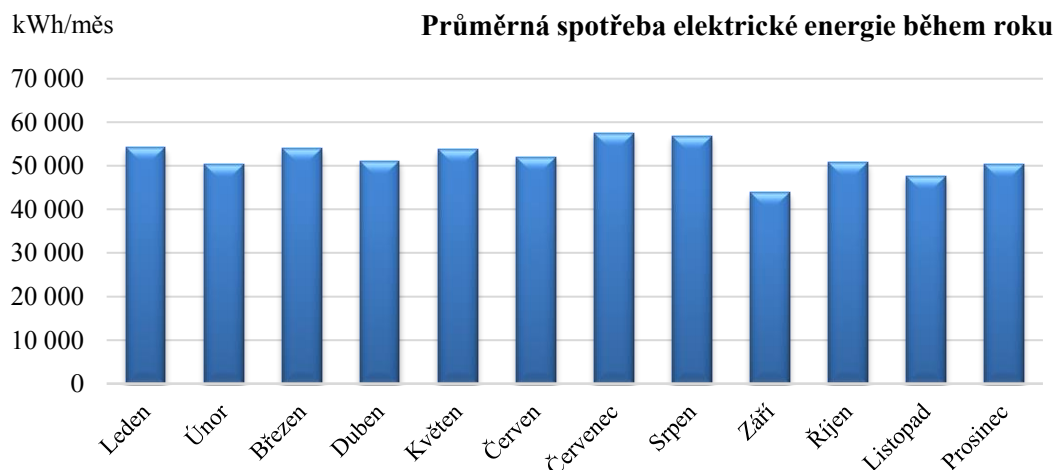
Následující tabulka charakterizuje měsíční dodávky elektrické energie do objektu plovnáry za roky 2011 až 2014. Uvedené spotřeby elektrické energie naznačují celkovou spotřebu elektrické energie během jednotlivých měsíců, která odpovídá zátěži takového objektu. Hodnoty spotřeb elektrické energie zajistil sám provozovatel.

Tab. B 2: Spotřeby elektrické energie za roky 2011-2014 [14]

Elektrická energie					
Rok	2011	2012	2013	2014	Průměr
	kWh/měs	kWh/měs	kWh/měs	kWh/měs	kWh/měs
Leden	59 388	49 619	51 296	56 562	54 216
Únor	53 817	48 669	48 692	50 352	50 383
Březen	54 886	51 500	54 601	54 758	53 936
Duben	52 141	49 908	51 593	50 824	51 117
Květen	53 912	51 318	55 382	54 330	53 736
Červen	50 996	51 978	52 944	52 151	52 017
Červenec	55 924	59 632	55 868	58 700	57 531
Srpen	57 667	56 530	58 145	55 203	56 886
Září	44 373	43 054	44 026	43 916	43 842
Říjen	49 378	50 347	51 426	51 623	50 694
Listopad	48 097	45 673	48 813	48 206	47 697
Prosinec	49 335	50 306	52 609	49 162	50 353
Součet	629 914	608 534	625 395	625 787	622 408

Ze spotřeb elektrické energie můžeme vyčíst, že spotřeba jednotlivých měsíců je po celý rok relativně vyrovnaná, jednotlivé jemné úskoky ve střídajících se měsících můžeme přisuzovat rozdílnému počtu dnů v měsíci a pak v měsíci září můžeme počítat s technologickou přestávkou, která se projeví na odběru elektrické energie, tak jak můžeme vidět v grafu B2.

Graf B 2: Průměrná spotřeba elektrické energie během roku



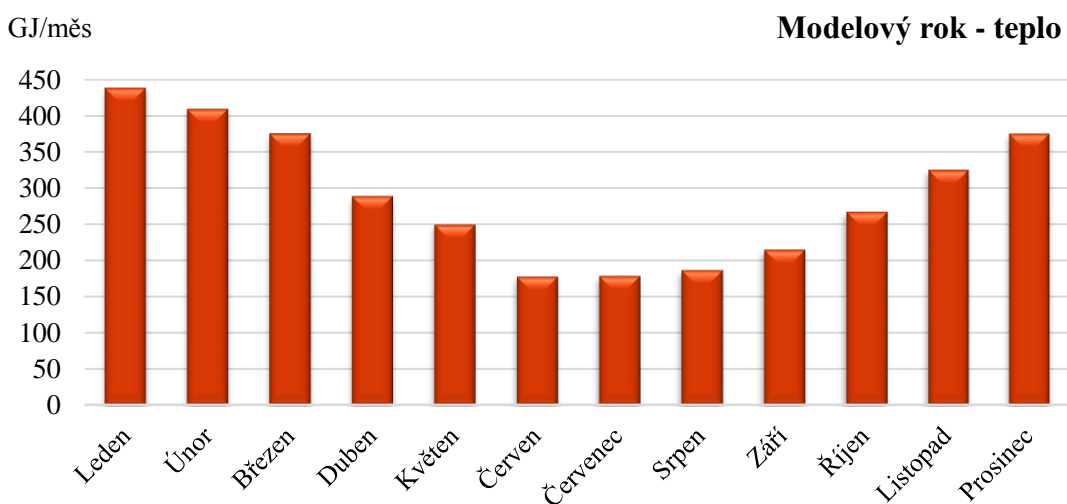
8.4.3 Modelový rok

Pro výpočet efektivního opatření byl pomocí aritmetického průměru spotřeb tepla za roky 2012-2014 vytvořen modelový rok spotřeb Městské plovárny v Luhačovicích a shrnut do následující tabulky, která nám pomůže v následujících výpočtech.

Tab. B 3: Modelový rok – teplo

Modelový rok – teplo		
Rok	Průměr	Teplo
	kWh/měs	GJ/měs
Leden	121 900	439
Únor	113 715	409
Březen	104 370	376
Duben	80 322	289
Květen	69 393	250
Červen	49 376	178
Červenec	49 586	179
Srpen	51 889	187
Září	59 723	215
Říjen	74 228	267
Listopad	90 328	325
Prosinec	104 290	375
Součet	969 120	3 489

Graf B 3: Modelový rok – teplo



9 NÁVRH KOGENERAČNÍ JEDNOTKY (KGJ)

Pro návrh KGJ byly poskytnuty měsíční spotřeby zemního plynu za období 2011-2014. Projektovat kogenerační jednotku na základě těchto dat by bylo velmi nepřesné, proto je potřeba převést spotřebu tepelné energie na univerzální veličinu, díky které budu schopen návrh jednotky provést přesněji. Veličinou jsem zvolil parametr H_T – což je měrná tepelná ztráta prostupem tepla [W/K]. Ovšem v mém případě se nejedná o přesnou měrnou ztrátu tak, jak udává norma ČSN EN ISO 13 789, ale počítáme ji jako měrnou spotřebu tepla pro vytápění a vzduchotechniku objektu, a to za pomoci modelového roku, který jsme vytvořili aritmetickým průměrem spotřeb tepla za období 2011-2014.

9.1 Stanovení Parametru H_T

Výpočet parametru H_T ukáží na měsíci lednu. Postup výpočtu pro ostatní měsíce je shodný.

LEDEN

a) průměrná teplota v lednu: 1 °C

b) návrhová teplota interiéru: 30 °C

c) počet topných dnů: 31

d) spotřeba tepla v měsíci lednu: = 121 900 kWh

e) denní spotřeba tepla: * 121 900/31 = 3 932,25 kWh

*spotřeba teplé vody v měsíci lednu byla provedena dle letních měsíců, kdy neprobíhá topná sezóna a veškeré teplo je spotřebováno pro ohřev TV.

f) průměrná spotřeba pro ohřev TV: 50 284 kWh/měsíc =>
=>50 284 / 31 = 1 622,06 kWh/den

g) denní spotřeba tepla pro ÚT a VZT: 3 932,26 - 1 622,06 = 2 310,19 kWh/den

h) maximální potřebný výkon: 2 310,20 / 24 = 96,25 kW

i) rozdíl teplot: 30 – 1 = 29 °C

j) parametr H_T : 96,25/29 = **3,32 kW/K**

Tab. B 4: Stanovení parametru HT pro jednotlivé měsíce

Měsíc	Spotřeba páry	Počet topných dní v měsíci	Počet dní v měsíci	Denní celková spotřeba	Denní spotřeba pro TV	Denní spotřeba pro ÚT+VZT	Nutný výkon zdroje	Δt	H_T
[-]	[kWh]	[-]	[-]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kW]	[C]	[kW/K]
Leden	121 900	31	31	3 932,25	1622,06	2 310,19	96,26	29	3,32
Únor	113 715	28	29	4 061,26	1795,86	2 265,41	94,39	29,6	3,19
Březen	104 370	31	31	3 366,77	1622,06	1 744,71	72,70	24,6	2,96
Duben	80 322	30	30	2 677,41	1676,13	1 001,28	41,72	18,4	2,27
Květen	69 393	29	31	2 392,85	1733,93	658,92	27,46	14,4	1,91
Červen	49 376	28	30	1 763,43	1795,86	0,00	0,00	11	0,00
Červenec	49 586	25	31	1 983,46	2011,36	0,00	0,00	10,8	0,00
Srpen	51 889	27	31	1 921,83	1862,37	0,00	0,00	10,9	0,00
Září	59 723	30	30	1 990,75	1676,13	314,62	13,11	14,3	0,92
Říjen	74 228	31	31	2 394,45	1622,06	772,38	32,18	19,3	1,67
Listopad	90 328	30	30	3 010,93	1676,13	1 334,80	55,62	23,1	2,41
Prosinec	104 290	31	31	3 364,20	1622,06	1 742,13	72,59	27,5	2,64

9.2 Průměrný parametr H_{TP}

Průměrný parametr H_{TP} je vypočítán prostým aritmetickým průměrem z jednotlivých měsíčních parametrů H_T . Do průměru jsou zahrnuty pouze zimní měsíce, které mají podobnou hodnotu parametru H_T . Ostatní měsíce nejsou plně vypovídající ohledně poměru mezi vytápěním a ohřevem teplé vody, což je patrné v tabulce B4.

Postup výpočtu:

$$H_{TP} = \frac{H}{\sum \text{měsíc}}$$

$$H_{TP} = \frac{3,32 + 3,19 + 2,96 + 2,41 + 2,64}{5}$$

$$H_{TP} = 2,90 \text{ kW/K}$$

Průměrný parametr H_{TP} poslouží k sestrojení ročního diagramu tepla, ze kterého budeme schopni navrhnout odpovídající KGJ.

9.3 Roční diagram odběru tepla

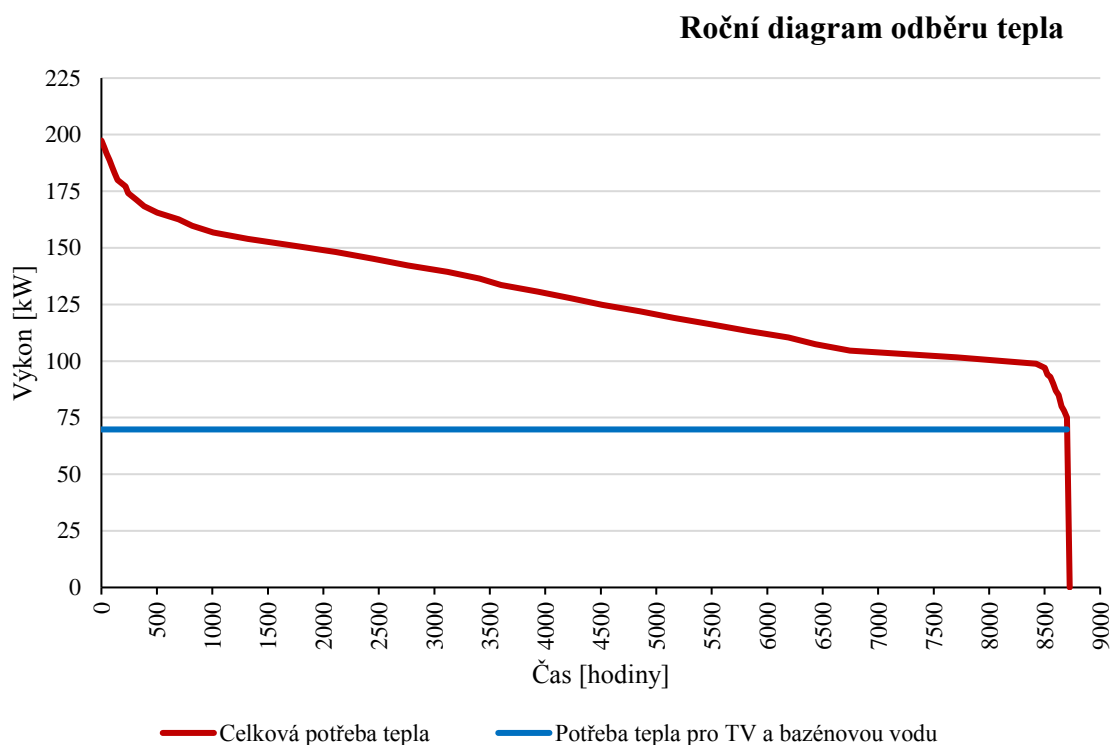
Roční diagram odběru tepla stanovuje dobu trvání požadavku ve dnech nebo hodinách na určitou velikost tepelného výkonu zdroje. Pro dimenzování kogenerační jednotky je tento diagram nezbytný, jelikož stanovuje, po jakou dobu bude zvolený výkon jednotky využit. Pro dobrou ekonomickou návratnost investice by tato doba provozu neměla klesnout pod 3000 hodin za rok. Pro zbývající část tepelného výkonu, který nepokryje kogenerační jednotka, je třeba navrhnout vhodný špičkový zdroj. Tím budou v mém případě stávající plynové kondenzační kotle.

Roční diagram odběru tepla je stanoven z průměrného parametru H_{TP} a klimatických dat.

Tab. B 5: Výpočet velikosti zdroje dle venkovní teploty

Venkovní teplota	Počet dnů venkovní teploty	Potřeba tepla pro ÚT a VZT	Potřeba tepla pro TV	Potřeba tepla celkem	Počet hodin provozu
[°C]	[dny]	[kW]	[kW]	[kW]	[hod]
-15	0	125,83	69,8	195,63	0
-14	1	123,04	69,8	192,84	18
-13	1	120,24	69,8	190,04	24
-12	2	117,45	69,8	187,25	48
-11	3	114,65	69,8	184,45	72
-10	4	111,85	69,8	181,65	102
-9	5	109,06	69,8	178,86	114
-8	6	106,26	69,8	176,06	150
-7	9	103,46	69,8	173,26	210
-6	10	100,67	69,8	170,47	246
-5	13	97,87	69,8	167,67	312
-4	16	95,07	69,8	164,87	390
-3	21	92,28	69,8	162,08	510
-2	29	89,48	69,8	159,28	684
-1	34	86,69	69,8	156,49	810
0	42	83,89	69,8	153,69	1014
1	55	81,09	69,8	150,89	1308
2	72	78,30	69,8	148,10	1722
3	88	75,50	69,8	145,30	2106
4	102	72,70	69,8	142,50	2436
5	115	69,91	69,8	139,71	2766
6	130	67,11	69,8	136,91	3126
7	142	64,32	69,8	134,12	3414
8	150	61,52	69,8	131,32	3600
9	164	58,72	69,8	128,52	3942
10	176	55,93	69,8	125,73	4212
11	188	53,13	69,8	122,93	4506
12	202	50,33	69,8	120,13	4848
13	215	47,54	69,8	117,34	5160
14	229	44,74	69,8	114,54	5484
15	243	41,94	69,8	111,74	5826
16	258	39,15	69,8	108,95	6192
17	268	36,35	69,8	106,15	6432
18	281	33,56	69,8	103,36	6738
19	321	30,76	69,8	100,56	7710
20	351	27,96	69,8	97,76	8424

Graf B 4: Roční diagram odběru tepla



Na grafu B4 jsem se pokusil znázornit odběr tepla během celého roku. Tento graf dále využiji k efektivnímu návrhu kogenerační jednotky, která bude vždy doplněna stávajícími plynovými kotly. Z výpočtů mi vyšla maximální potřeba tepla během roku okolo 196 kW, z tohoto důvodu, jsem se rozhodl ze stávajícího počtu tří kotlů jeden odstavit a ponechat jej jako záložní (pro případ poruchy jednoho ze zbývajících). Což znamená, že v nově uspořádané kotelně městské plovárny bude kogenerační jednotka + 2 plynové kondenzační kotle WOLF MGK 300 + 1 „rezervní“ plynový kondenzační kotel WOLF MGK 300.

9.4 Ověření získaných hodnot

Pro návrh kogenerační jednotky jsem musel sestavit roční diagram odběru tepla. Abych se k tomuto grafu dostal, bylo zapotřebí zjistit měrnou tepelnou ztrátu prostupem tepla H_T [W/K], v jednotlivých měsících a z nich následně průměrný parametr H_{TP} , který jsem použil pro výpočet velikosti zdroje. Mnou vypočítaný průměrný parametr H_{TP} činí 2,9 kW/K.

Další ověřovanou hodnotou bude potřeba tepla pro ohřev TUV (teplé vody) + bazénové vody. Tuto hodnotu jsem odhadoval na základě spotřeb, kdy jsem uvažoval, že v zimních měsících bude odběr tepla na vytápění, VZT i ohřev TUV + bazénové vody. Naopak v letních měsících jsem předpokládal, že potřeba tepla na vytápění a VZT bude minimální a veškerá spotřeba tepla půjde na ohřev TUV + bazénové vody. Tudíž rozdílem těchto dvou ročních období jsem dospěl k závěru, že na ohřev TV + bazénové vody bude zapotřebí výkon zhruba 69,8 kW.

9.4.1 Ověření parametru H_T

Mnou vypočítaný průměrný parametr H_{TP} vycházel ze spotřeb zemního plynu plovárny a z denních teplot v dané oblasti. Pro ověření jsem zvolil metodu výpočtu tepelných ztrát obálkou budovy, která by měla také prozradit mnou potřebný parametr H_{TP} , respektive H_T pro celou budovu.

Pro výpočet jsem využil projektovou dokumentaci objektu plovárny a výpočtový program PROTECH.

VÝSTUPY Z PROGRAMU PROTECH:

Rozdělení ztrát mezi konstrukce – MP Luhačovice

Stavba:	Městská plovárna Luhačovice	Archiv:	
Místo:	Luhačovice	Datum:	13.12.16
Zpracovatel:	Bc. Josef Žižka	Telefon:	
Zakázka:	Městská plovárna Luhačovice		
E-mail:			

System rozměrů: E - vnější

OK	popis	ZZ	Var	U, Ψ	A m ²	H W.K ⁻¹	$\Phi_{(T)}$ W
SO1	Stěna k terénu	Z	V1	0,605	627,3	126,41	4 677,0
SO2	Stěna	Z	V1	0,171	883,6	151,37	6 355,5
SO3	Stěna atrium	Z	V1	0,257	340,3	87,30	3 615,8
PDL1	Podlaha	Z	V1	0,916	2 055,0	391,24	14 835,2
SCH1	Střecha	Z	V1	0,214	2 054,0	440,32	18 347,0
DO1	130/210	0	V1	1,200	2,7	3,28	127,8
DO2	246/255	0	V1	1,200	6,3	7,53	293,6
DO3	90/200	0	V1	1,200	9,0	10,80	421,2
OZ1	2900/350	0	V1	1,200	0,0	0,00	0,0
OZ2	470/60	0	V1	1,200	8,5	11,67	478,7
OZ3	300/125	0	V1	1,200	7,5	10,35	403,6
OZ4	1675/350	0	V1	1,200	58,6	80,90	3 155,2
OZ5	900/350	0	V1	1,200	31,5	43,47	1 695,3
OZ6	470/350	0	V1	1,200	32,9	45,40	1 770,7

ztráty prostupem $\Phi_{(Tb)} = 56\,177\text{ W}$

ztráty výměnou vzduchu $\Phi_{(Vb)} = 65\,407\text{ W}$

součet $\Phi_{(cb)} = 121\,584\text{ W}$

podíl výměny vzduchu na celkových ztrátách $\Phi_{(Tb)}/\Phi_{(cb)} = 0,54$

podíl ztrát prostupem na celkových ztrátách $\Phi_{(Vb)}/\Phi_{(cb)} = 0,46$

Výpočet budovy – MP Luhačovice

Stavba:	Městská plovárna Luhačovice	Zadavatel:
Místo:	Luhačovice	
Zpracovatel:	Bc. Josef Žižka	
Zakázka:	Městská plovárna Luhačovice	Archiv:
Projektant:		Datum: 13.12.16
E-mail:		Telefon:

Tento dokument obsahuje všechny zadané úseky

$t_e = -15 \text{ °C}$ $t_{ib} = 25,5 \text{ °C}$ $n_{50} = 2,5$ systém rozměrů: E - vnější

č.m.	účel	úsek	t_i °C	n_p	V_{np} m ³ .h ⁻¹	V_{n50} m ³ .h ⁻¹	V_{mech} m ³ .h ⁻¹	f_{RH}
1	1PP	1	22	1,5	4 796,5	0,0	4 797,0	0
2	1NP	1	24	1,5	5 040,0	504,0	5 040,0	0
3	bazen	1	30	2,5	8 887,5	355,5	8 888,0	0

č.m.	úsek k	V_{mi} m ³	A_{pi} m ²	H_{Tm} W/K	H_{Vm} W/K	Φ_{Tm} W	Φ_{Vm} W	Φ_{RHm} W	Φ_{HLm} W	Q_{cm} W	Q_z W
ÚSEK 1											
1	1	3 197,7	969,0	338	344	12 504	12 722	0	25 226	25 226	0
2	1	3 360,0	960,0	762	514	29 714	20 049	0	49 763	49 763	0
3	1	3 555,0	790,0	310	725	13 958	32 636	0	46 595	46 595	0
Σ ÚSEK 1		10 112,7	2 719,0	1 410	1 583	56 177	65 407	0	121 584	121 584	0

Legenda:

V_{np} - hygienická výměna vzduchu

V_{n50} - výměna vzduchu pláštěm budovy

f_{RH} - zátopový součinitel

Φ_{Tm} - tepelná ztráta místnosti prostupem tepla

Φ_{Vm} - tepelná ztráta místnosti větráním

Φ_{RHm} - tepelný výkon místnosti pro vyrovnání účinků přerušovaného vytápění

Φ_{HLm} - celkový návrhový tepelný výkon místnosti

$Q_{cm} = \Phi_{HLm} + Q_z$

$$H_T = H_{Tm} + H_{Vm}$$

$$H_T = 1410 + 1583$$

$$H_T = 2,993 \text{ kW/K}$$

ZÁVĚR: Mnou vypočítaný parametr $H_T = 2,9 \text{ kW/K}$ ze spotřeb zemního plynu přibližně souhlasí s $H_T = 2,993 \text{ kW/K}$ vypočítaný obálkou budovy.

9.4.2 Potřebný výkon pro ohřev TUV + bazénové vody

Pro ověření výkonu potřebného pro ohřev TUV + bazénové vody, jsem si výpočty rozdělil na tři části.

První částí výpočtu je ohřev teplé vody, která se používá pro umývání a sprchování, mytí podlah a vaření. Předpokládám, že denně navštíví bazén cca 300 návštěvníků.

- Mytí osob – 50 l/osoba (při vstupu a odchodu z bazénu) ... $300 * 50 = 15\ 000$ l/den
- Mytí podlah – 20 l/100 m² ... $(2500 / 100) * 20 = 500$ l/den
- Vaření – 2 l/osoba ... předpokládáme, že jí každý desátý návštěvník ... $30 * 2 = 60$ l/den

Celková potřeba vody činí: $15\ 560$ l/den = $15,56$ m³/den

$$Q_{TV,d} = m * c * \Delta t$$

$$Q_{TV,d} = 15,56 * 1,163 * (55 - 10) = 814,33 \text{ kW/den}$$

$$Q_z = Q_{TV,d} * 0,3 = 814,33 * 0,3 = 244,3 \text{ kW/den}$$

$$Q_d = Q_{TV,d} + Q_z = 814,33 + 244,3 = 1058,63 \text{ kW/den}$$

$$Q = Q_d / 24 = 1058,63 / 24 = \mathbf{44,1 \text{ kW/hodina}}$$

Druhou částí je potřebný výkon pro výměnu bazénové vody, což je bazénová voda, která je během pobytu návštěvníka z bazénu vyplavena.

$$Q_{VBV,d} = (t_{\text{bazénu}} - t_{\text{vodovodu}}) * c * V_n$$

$$Q_{VBV,d} = (29 - 10) * 1,163 * 9 = 198,9 \text{ kW/den}$$

$$Q_{VBV} = Q_d / 24 = 198,9 / 24 = \mathbf{8,3 \text{ kW/hodina}}$$

Třetí částí je výpočet odpařené vody, která uniká přirozeným fyzikálním dějem. Pro tento výpočet jsem použil výpočetní software TERUNA, který při zadání následujících podmínek:

- Vnitřní teplota vzduchu: 30 °C
- Rychlost proudění vzduchu: 0,15 m/s
- Relativní vlhkost 55 %
- Teplota vody v hlubině: 27 °C
- Plocha hladiny: 250 m² (veškerá vodní plocha)

Výpočet stanovil potřebný výkon na **34,7 kW/hodina**.

Do výpočtu by se měli také zahrnout ztráty prostupem tepla bazénovou stěnou. Jelikož bazén je podsklepený a stěny bazénu jsou umístěné v suterénu, kde je zřízena strojovna celého bazénu a teplota vzduchu strojovny je vyšší než teplota vody v bazénu, beru tuto hodnotu jako nulovou.

Celkový potřebný výkon pro ohřev TUV + bazénové vody je roven součtu výše počítaných tří částí:

$$Q_{\text{celkové}} = 44,1 + 8,3 + 34,7 = \mathbf{87,1 \text{ kW}}$$

ZÁVĚR: Z rozdílu spotřeb jsme si stanovili potřebu výkonu na ohřev TV + BV na 69,8 kW, ověřujícím výpočtem jsem ale zjistil, že potřebný výkon při návštěvnosti 300 osob denně by byl 87,1 kW. Z toho usuzuji, že Městskou plovárnu v Luhačovicích pravděpodobně nenavštíví denně 300 návštěvníků, a proto se hodnoty liší.

9.4.3 Závěr pro volbu velikosti kogenerační jednotky

Výše uvedenými výpočty jsem ověřil průměrný parametr $H_T = 2,9 \text{ kW/K}$, který se mi promítá ve výpočtu potřebného výkonu pro vytápění a VZT.

Výkon potřebný pro ohřev TV a BV se od mé odhadovaného výkonu trochu liší (69,8 kW vs. 87,1 kW), ale tento rozdíl přikládám tomu, že neznám skutečný počet návštěvníků během jednotlivých dnů, což výrazně ovlivňuje výpočet. Tím pádem budu vycházet z mé navržené hodnoty 69,8kW, kterou jsem získal z ročních spotřeb objektu.

9.5 Volba velikosti kogenerační jednotky

Při volbě optimální kogenerační jednotky hraje roli více faktorů, které nám celý návrh ovlivňují. Hlavním faktorem je bilance spotřeb energií (potřeba tepla a potřeba elektrické energie). K tomuto mi poslouží právě výše uvedený graf B4, který znázorňuje, jak velký tepelný výkon lze použít. Spotřeby el. energie v průběhu dní, viz. experimentální část diplomové práce mi ukazují, jak velký elektrický výkon jednotka může mít.

Následně by se velikost jednotky měla volit na základě potřeb tepla tak, aby veškeré vyrobené teplo bylo využité, protože teplo nelze dlouhodobě ukládat, naopak elektřinu v případě překročení potřeby budovy lze prodat do sítě. V opačném případě, kdy jednotka nevyrobí dostatečné množství el. energie, dokoupí se elektřina ze sítě. Potřebu tepla budou doplňovat ve špičkách již zmíněné dva stávající plynové kondenzační kotle o výkonu 2x 275 kW.

Níže představím dvě možné varianty kogenerační jednotky, které by mohly být pro daný objekt s jeho potřebami optimální. Ovšem která z nich by byla nejoptimálnější, nám řekne až závěrečná ekonomická bilance.

9.5.1 Varianta 1

TEDOM Micro T50

Jako první variantu jsem zvolil kogenerační jednotku od českého výrobce TEDOM, a to model Micro T50, která patří mezi malé jednotky a tím pádem i finančně dostupnější. Jedná se o kogenerační jednotku s tepelným výkonem 91 kW, elektrickým výkonem 48 kW, a to při celkové účinnosti 94,1 %.

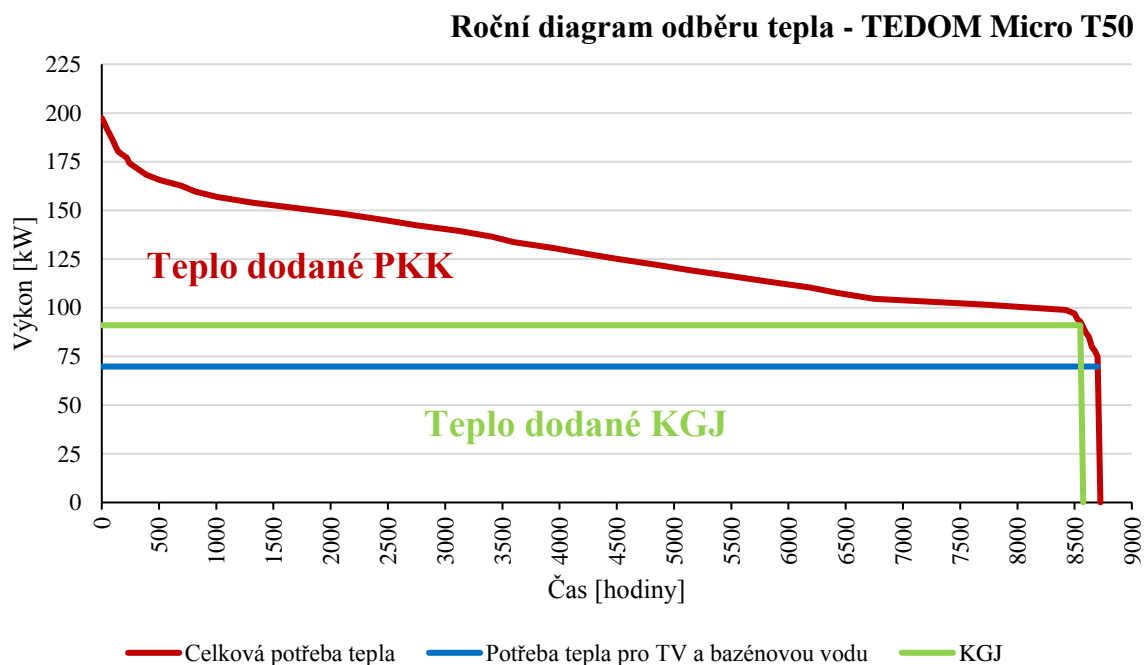


Výhody:

- Účinnost okolo 95 %
- Malé nároky na prostor
- Tichý chod
- Snadná demontovatelnost kapoty- bezproblémový servis
- El. rozvaděč s řídicí jednotkou oddělen od prostoru motoru
- Dlouhá životnost

Obr. B 4: Kogenerační jednotka TEDOM Micro T50

Graf B 5: Poměr dodaného tepla KGJ a plynovými kondenzačními kotly



Následující tabulka B6 ukazuje celkovou potřebu tepla, která pomocí algoritmu udává množství tepla dodaného KGJ a množství dodané PKK. Celý tento algoritmus byl vytvořen pomocí programu Excel. Jedná se o situaci ideálního provozu kogenerační jednotky.

Tab. B 6: Algoritmus řešení jednotky TEDOM Micro T50

Potřeba tepla pro ÚT+VZT	Potřeba tepla pro TV	Celková potřeba tepla	Provozní hodiny	Doba provozu	Výkon KGJ	Množství dodaného tepla	Výkon kotle	Množství dodaného tepla
[kW]	[kW]	[kW]	[hod]	[hod]	[kW]	[kWh]	[kW]	[kWh]
0,3	69,8	197	0	0	91	0	106	0
125	69,8	195	24	24	91	2 184	104	2 484
122	69,8	192	48	24	91	2 184	101	2 414
119	69,8	189	72	24	91	2 184	98	2 345
116	69,8	186	96	24	91	2 184	95	2 275
113	69,8	183	120	24	91	2 184	92	2 206
110	69,8	180	144	72	91	6 552	89	6 408
107	69,8	177	216	24	91	2 184	86	2 066
104	69,8	174	240	72	91	6 552	83	5 990
102	69,8	171	312	72	91	6 552	80	5 782
99	69,8	168	384	120	91	10 920	77	9 288
96	69,8	166	504	192	91	17 472	75	14 304
93	69,8	163	696	120	91	10 920	72	8 592
90	69,8	160	816	192	91	17 472	69	13 190
87	69,8	157	1008	312	91	28 392	66	20 530
84	69,8	154	1320	408	91	37 128	63	25 663
81	69,8	151	1728	384	91	34 944	60	23 040
78	69,8	148	2112	336	91	30 576	57	19 186
75	69,8	145	2448	312	91	28 392	54	16 910
73	69,8	142	2760	360	91	32 760	51	18 468
70	69,8	139	3120	288	91	26 208	48	13 939
67	69,8	137	3408	192	91	17 472	46	8 736
64	69,8	134	3600	336	91	30 576	43	14 314
61	69,8	131	3936	288	91	26 208	40	11 434
58	69,8	128	4224	288	91	26 208	37	10 598
55	69,8	125	4512	336	91	30 576	34	11 390
52	69,8	122	4848	312	91	28 392	31	9 672
49	69,8	119	5160	336	91	30 576	28	9 442
46	69,8	116	5496	336	91	30 576	25	8 467
44	69,8	113	5832	360	91	32 760	22	8 028
41	69,8	110	6192	240	91	21 840	19	4 656
38	69,8	108	6432	312	91	28 392	17	5 148
35	69,8	105	6744	960	91	87 360	14	13 056
32	69,8	102	7704	720	91	65 520	11	7 704
29	69,8	99	8424	76	91	6 916	8	593
26,1	69,8	95,9	8500	25	91	2 275	5	123
23,2	69,8	93	8525	25	91	2 275	2	50
20,3	69,8	90,1	8550	25	0	0	90	2 253
17,4	69,8	87,2	8575	25	0	0	87	2 180
14,5	69,8	84,3	8600	25	0	0	84	2 108
11,6	69,8	81,4	8625	25	0	0	81	2 035
8,7	69,8	78,5	8650	25	0	0	79	1 963
5,8	69,8	75,6	8675	25	0	0	76	1 890
2,9	69,8	72,7	8700	25	0	0	73	1 818
0	69,8	69,8	8725	35	0	0	70	2 443
0	69,8	69,8	8760	0	0	0	70	16 752

Výstup:

- Počet hodin provozu: 8 252 hodin
- Množství vyrobeného tepla KGJ: 775 866 kWh
- Množství vyrobeného tepla PKK: 355 179 kWh

9.5.2 Varianta 2

TEDOM Cento T80

Druhou variantu jsem zvolil kogenerační jednotku opět od českého výrobce TEDOM, a to model Cento T80. Tento model patří mezi větší jednotky, které jsou opatřeny protihlukovým krytem. Jedná se o kogenerační jednotku s tepelným výkonem 120 kW, elektrickým výkonem 81 kW, a to při celkové účinnosti 87,3 %.

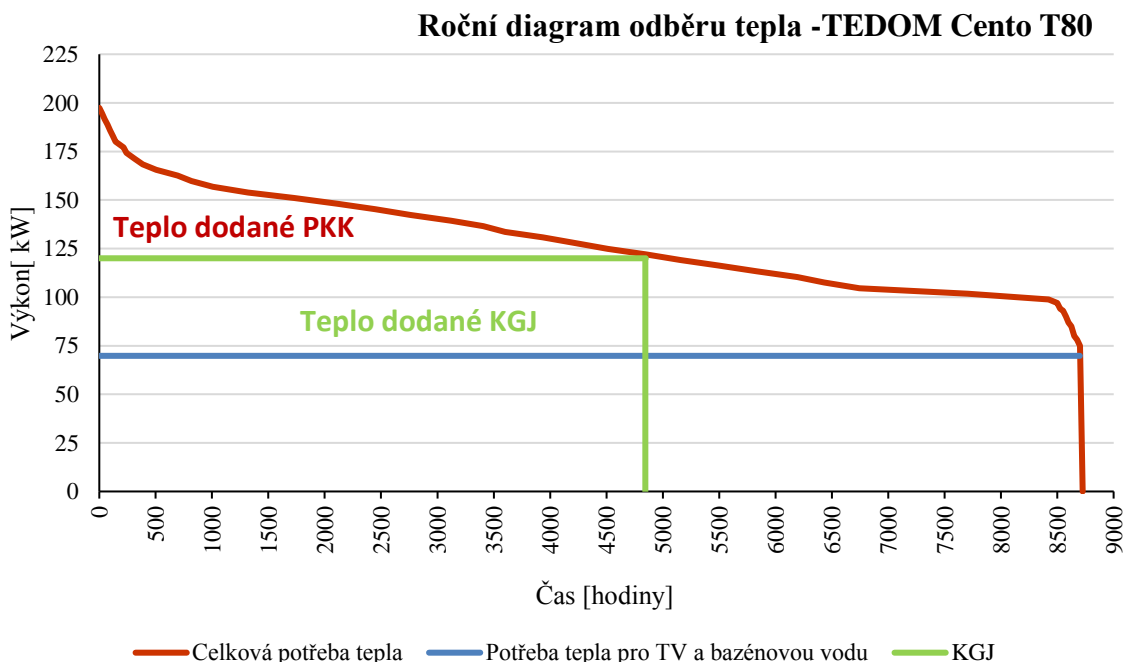


Výhody:

- Motory vlastní výroby
- Stavebnicový systém > cena
- Různé možnosti provozu
- Dálkové ovládání
- Nízké emise hluku – kryt
- Nízké emise výfukových plynů

Obr. B 5: Kogenerační jednotka TEDOM Cento T80

Graf B 6: Poměr dodaného tepla KGJ a plynovými kondenzačními kotly



Následující tabulka B6 ukazuje celkovou potřebu tepla, která pomocí algoritmu udává množství tepla dodaného KGJ a množství dodané PKK. Celý tento algoritmus byl vytvořen pomocí programu Excel. Jedná se o situaci ideálního provozu kogenerační jednotky.

Tab. B 7: Algoritmus řešení jednotky TEDOM Cento T80

Potřeba tepla pro ÚT+VZT	Potřeba tepla pro TV	Celková potřeba tepla	Provozní hodiny	Doba provozu	Výkon KGJ	Množství dodaného tepla	Výkon kotle	Množství dodaného tepla
[kW]	[kW]	[kW]	[hod]	[hod]	[kW]	[kWh]	[kW]	[kWh]
128	69,8	197	0	0	120	0	77	0
125	69,8	195	24	24	120	2 880	75	1 788
122	69,8	192	48	24	120	2 880	72	1 718
119	69,8	189	72	24	120	2 880	69	1 649
116	69,8	186	96	24	120	2 880	66	1 579
113	69,8	183	120	24	120	2 880	63	1 510
110	69,8	180	144	72	120	8 640	60	4 320
107	69,8	177	216	24	120	2 880	57	1 370
104	69,8	174	240	72	120	8 640	54	3 902
102	69,8	171	312	72	120	8 640	51	3 694
99	69,8	168	384	120	120	14 400	48	5 808
96	69,8	166	504	192	120	23 040	46	8 736
93	69,8	163	696	120	120	14 400	43	5 112
90	69,8	160	816	192	120	23 040	40	7 622
87	69,8	157	1008	312	120	37 440	37	11 482
84	69,8	154	1320	408	120	48 960	34	13 831
81	69,8	151	1728	384	120	46 080	31	11 904
78	69,8	148	2112	336	120	40 320	28	9 442
75	69,8	145	2448	312	120	37 440	25	7 862
73	69,8	142	2760	360	120	43 200	22	8 028
70	69,8	139	3120	288	120	34 560	19	5 587
67	69,8	137	3408	192	120	23 040	17	3 168
64	69,8	134	3600	336	120	40 320	14	4 570
61	69,8	131	3936	288	120	34 560	11	3 082
58	69,8	128	4224	288	120	34 560	8	2 246
55	69,8	125	4512	336	120	40 320	5	1 646
52	69,8	122	4848	312	120	37 440	2	624
49	69,8	119	5160	336	0	0	119	40 018
46	69,8	116	5496	336	0	0	116	39 043
44	69,8	113	5832	360	0	0	113	40 788
41	69,8	110	6192	240	0	0	110	26 496
38	69,8	108	6432	312	0	0	108	33 540
35	69,8	105	6744	960	0	0	105	100 416
32	69,8	102	7704	720	0	0	102	73 224
29	69,8	99	8424	76	0	0	99	7 509
26,1	69,8	95,9	8500	25	0	0	96	2 398
23,2	69,8	93	8525	25	0	0	93	2 325
20,3	69,8	90,1	8550	25	0	0	90	2 253
17,4	69,8	87,2	8575	25	0	0	87	2 180
14,5	69,8	84,3	8600	25	0	0	84	2 108
11,6	69,8	81,4	8625	25	0	0	81	2 035
8,7	69,8	78,5	8650	25	0	0	79	1 963
5,8	69,8	75,6	8675	25	0	0	76	1 890
2,9	69,8	72,7	8700	25	0	0	73	1 818
0	69,8	69,8	8725	35	0	0	70	2 443
0	69,8	69,8	8760	0	0	0	70	0

Výstup:

- Počet hodin provozu: 4 848 hodin
- Množství vyrobeného tepla KGJ: 616 320 kWh
- Množství vyrobeného tepla PKK: 514 725 kWh

9.5.3 Shrnutí

Varianta 1 - jednotka Micro T50

Kogenerační jednotka o tepelném výkonu 91 kW, je navržena tak, aby pokrývala tepelné potřeby objektu po dobu 8 525 hodin a vyráběla tak 775 866 kWh tepla. Při zvýšené potřebě tepla (cca v 95 % případu) budou vypomáhat plynové kondenzační kotle, které by měly vyrobit zbývající potřebné teplo, které činí dle výpočtu 355 179 kWh.

Elektrický výkon jednotky je 48 kW, což by mělo odpovídat nejnižším odběrům během dne, tudíž počítám, že veškerá vyrobená elektrická energie bude využita samotnou budovou a odběrové špičky se budou muset dokupovat ze sítě. Celková vyrobená el. energie bude činit 409 200 kWh.

Varianta 2 - jednotka Cento T80

Jednotku o tepelném výkonu 120 kW jsem navrhl tak, že bude v provozu oproti variantě 1 pouze 4848 hodin, čímž vyprodukuje 616 320 kWh tepla, zbylé potřebné teplo (cca 100 % případu) budou opět vytvářet plynové kondenzační kotle a to 514 725 kWh.

Elektrický výkon této jednotky je 81 kW a značně tak přesahuje nejnižší odběrové hodnoty, čímž je noční provoz plovárny a dosahuje hodnot okolo 50 kW. To znamená, že jednotka bude během noci vytvářet přebytek el. energie. Z čehož vyplývá, že pokud jednotka bude provozována v nočních hodinách, bude potřeba část elektřiny prodávat. Jednotka v tomto časovém provozu vyrobí 392 688 kWh.

10 EKONOMICKÁ BILANCE

Závěrem této studie je ekonomická bilance neboli ekonomické vyhodnocení zvolených variant kogeneračních jednotek a ukázat tak na jednu z nich, která bude pro provoz budovy tou ideální.

V návrhu kogenerační jednotky jsem počítal s vypočítanými provozními hodinami, které ukazovaly ideální provoz za daných venkovních teplot. Pro ekonomickou bilanci musím provozní hodiny trochu upravit, abych mohl opravdu říci, která z jednotek je ekonomicky výhodnější. Tato skutečnost je totiž ovlivňovaná podporou za KVET, tzv. zeleným bonusem, což je odměna za výrobu el. energie. Právě výše provozních hodin výrazně ovlivňuje výši odměny. Výši odměn můžete vidět v následující tabulce na obrázku B6 a B7.

ř./sl.	Podporovaný druh energie	Datum uvedení výroby do provozu		Instalovaný výkon výroby [kW]		Provozní hodiny [h/rok]	Zelené bonusy [Kč/MWh]
		od (včetně)	do (včetně)	od	do (včetně)		
	a	b	c	d	e	j	m
700	Elektřina z KVET s výjimkou elektřiny z KVET vyrobené ve výrobně elektřiny podporované podle bodu (1) a/nebo (2.1.) cenového rozhodnutí a s výjimkou elektřiny z KVET vyrobené ve výrobně elektřiny spalující komunální odpad	-	31.12.2015	0	200	3 000	1 580
701		-	31.12.2015	0	200	4 400	1 115
702		-	31.12.2015	0	200	8 400	215
703		-	31.12.2015	200	1 000	3 000	1 140
704		-	31.12.2015	200	1 000	4 400	740
705		-	31.12.2015	200	1 000	8 400	135
706		-	31.12.2015	1 000	5 000	3 000	800
707		-	31.12.2015	1 000	5 000	4 400	470
708	-	31.12.2015	1 000	5 000	8 400	45	
709	Elektřina z KVET vyrobená ve výrobně elektřiny současně podporované podle bodu (1) a/nebo (2.1.) cenového rozhodnutí a elektřina z KVET vyrobená ve výrobně elektřiny spalující komunální odpad	-	31.12.2015	0	5 000	8 400	45

Obr. B 6: Základní sazba ročního zeleného bonusu [13]

ř./sl.	Podporovaný druh energie	Datum uvedení výroby do provozu		Instalovaný výkon výroby [kW]		Kategorie biomasy a proces využití	Zelené bonusy [Kč/MWh]
		od (včetně)	do (včetně)	od	do (včetně)		
	a	b	c	d	e	k	m
770	Výrobní elektřiny spalující čistou biomasu	1.1.2013	31.12.2013	0	5000	O	100
771		1.1.2014	31.12.2015	0	5000	O	455
772	Výrobní elektřiny spalující (samostatně) plyn ze zplyňování pevné biomasy	1.1.2013	31.12.2013	0	2500	O	455
773		1.1.2014	31.12.2015	0	2500	O	755
774	Výrobní elektřiny spalující bioplyn v bioplynové stanici	1.1.2013	31.12.2013	0	2500	AF	455
775	Výrobní elektřiny spalující bioplyn v bioplynové stanici splňující podmínku bodu (3.4.2.)	1.1.2014	31.12.2015	0	2500	AF	900
776	Nová výrobní elektřiny spalující bioplyn v bioplynové stanici splňující podmínku bodu (3.4.3.)	1.1.2014	31.12.2015	0	550	AF	900
777	Výrobní elektřiny spalující důlní plyn	1.1.2013	31.12.2015	0	5000	-	455
778	Výroba elektřiny spalováním komunálního odpadu nebo společným spalováním komunálního odpadu s různými zdroji energie	-	31.12.2012	0	5000	-	155
779	Výrobní elektřiny spalující (samostatně) zemní plyn	-	31.12.2015	0	5000	-	455

Obr. B 7: Doplnková sazba I k základní sazbě [13]

Kvůli výše uvedeným odměnám za KVET, jsem upravil provozní hodiny následovně:

- Micro T50 – úprava z 8525 hodin/rok na 8400 hodin/rok
- Cento T80 – úprava ze 4848 hodin/rok na 4400 hodin/rok

Díky těmto úpravám získám vyšší odměny za vyrobenou elektřinu, což se mi projeví v době návratnosti. Do ekonomické bilance se také promítá životnost jednotky, která se počítá zhruba 40 000 hodin, poté se doporučuje jednotku vyměnit. Nedílnou součástí jsou také náklady na servis, který se počítám paušálně 350 Kč/MWh a v neposlední řadě při přebytku vyrobené el. energie je jí potřeba prodat, cena prodeje se pohybuje okolo 800 Kč/MWh. Všechny tyto aspekty jsem zahrnul do ekonomické bilance a následně se je pokusím vyhodnotit.

10.1 Ekonomické zhodnocení stávající kotelny

Stávající kotelná je osazena třemi plynovými kondenzačními kotly o výkonu 275 kW. Tyto kotle ročně spotřebují 969 120 kW/rok zemního plynu což činí platbu 1 007 885,- Kč/rok.

Elektrická energie je odebírána z veřejné sítě a roční spotřeba objektu plovárny činí 622 408 kWh/rok což znamená 1 991 706,- Kč/rok.

Tab. B 8: Ekonomické zhodnocení stávající kotelny

Výkon	Účinnost	Spalné teplo	Vyroběné teplo	Celková spotřeba ZP	Cena plynu bez DPH	Platba za ZP bez DPH
[kW]	[%]	[-]	[kW]	[kW]	[Kč/kWh]	[Kč]
825	98	0,90	854 764	969 120	1,04	1 007 885

Celková spotřeba el. energie	Cena elektřiny bez DPH	Platba za elektřinu bez DPH
[kWh]	[Kč/kWh]	[Kč]
622 408	3,20	1 991 706

Σ **2 999 590**

Celková platba Městské plovárny v Luhačovicích za energie činí ročně 2 999 590,- Kč. Budu-li vycházet z toho, že se zhruba tato suma vyplácí každý rok, kogenerační jednotka by měla dosáhnout úspory v úseku několika let.

10.2 Ekonomické zhodnocení – varianta 1

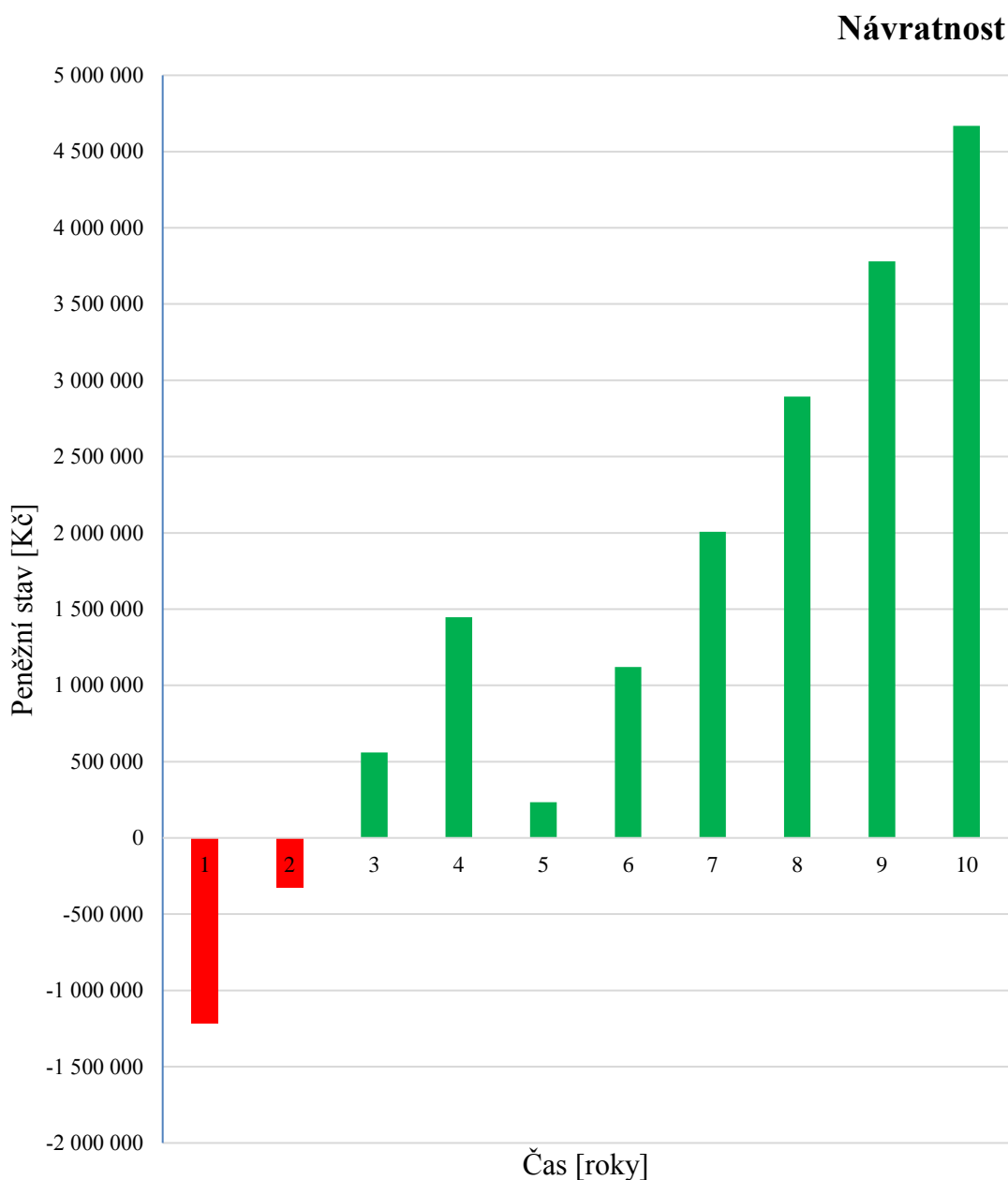
Varianta 1 představuje odstranění jednoho stávajícího PKK a místo něj osadit kogenerační jednotku TEDOM Micro T50 (teplo 91 kW, el. energie 48 kW), která by měla pracovat za podpory zbývajících dvou PKK (2x 275 kW).

Předpokládám, že spotřeba plynu oproti stávající kotelně vzroste, ale celkové náklady na teplo a el. energii by se měly snížit, čímž by v horizontu několika let vydělaly na investici do nové kogenerační jednotky.

Tab. B 9: Ekonomické zhodnocení – varianta 1

TEPLO	Celková potřeba tepla	Účinnost	Spalné teplo	Výkon	Doba provozu KGJ	Vyrobené teplo	Spalné teplo	Cena ZP bez DPH	Platba za ZP bez DPH
	[kWh]	[%]	[-]	[kW]	[hod]	[kW]	[kW]	[Kč/kWh]	[Kč]
Výkon KGJ	854 764	94,1	0,90	91	8 400	764 400	902 586	1,04	938 689
Výkon PKK		98	0,90	550	-	90 364	102 454	1,04	106 552
						854 764	1 005 039		1 045 241
EL. ENERGIE	Účinnost	Spalné teplo	Výkon	Doba provozu KGJ	Vyrobená el. energie	Spalné teplo	Cena ZP bez DPH	Platba za ZP bez DPH	
	[%]	[-]	[kW]	[hod]	[kW]	[kW]	[Kč/kWh]	[Kč]	
	622 408	94,1	0,90	48	8 400	403 200	476 089	1,04	495 133
Vyrobená el. energie	Jednotkový příspěvek	Podpora KVET bez DPH							
[kW]	[Kč/kWh]	[Kč]							
403 200	0,67	270 144							
Dokup elektřiny ze sítě	Cena elektřiny ze sítě bez DPH	Platba za dokup elektřiny bez DPH							
[kWh]	[Kč/kWh]	[Kč]							
219 208	3,2	701 466							
Cena servisu bez DPH	Vyrobená el. energie	Platba za servis bez DPH							
[Kč/MWh]	[MWh]	[Kč]							
350	403 200	141 120							
Celková cena za energii bez DPH		Pořizovací cena jednotky bez DPH							
[Kč]		[Kč]							
2 112 815		2 100 000							
		Σ	4 212 815						

Graf B 7: Návratnost – varianta 1



Výpočet a graf mi ukázal, že jednotka Micro T50 při provozu 8400/rok vyrobí 764 400 kWh tepla a 403 200 kWh elektrické energie, což znamená, že PKK budou muset pomoci výrobou 90 364 kWh a bude zapotřebí dokoupení elektřiny ze sítě a to 219 208 kWh. Platba za zemní plyn tímto vzrostla o 532 489,- Kč/rok, ale platba za elektřinu klesla na 701 466,- Kč/rok. Což znamená, že se mi podařilo touto jednotkou dojít k roční úspoře 886 775,- Kč, to znamená, že návratnost investice do KGJ by byla v horizontu 2,37 let. Tato skutečnost je příjemná, ale díky velkému počtu provozních hodin jsem se dostal s životností jednotky na 4,8 roku, což by znamenalo po necelých pěti letech znova investovat a zakoupit novou kogenerační jednotku.

Podívám-li se na tuto jednotku z dlouhodobého hlediska, a to v horizontu deseti let, znamenalo by to úsporu zhruba 4 670 000,-Kč.

10.3 Ekonomické zhodnocení – Varianta 2

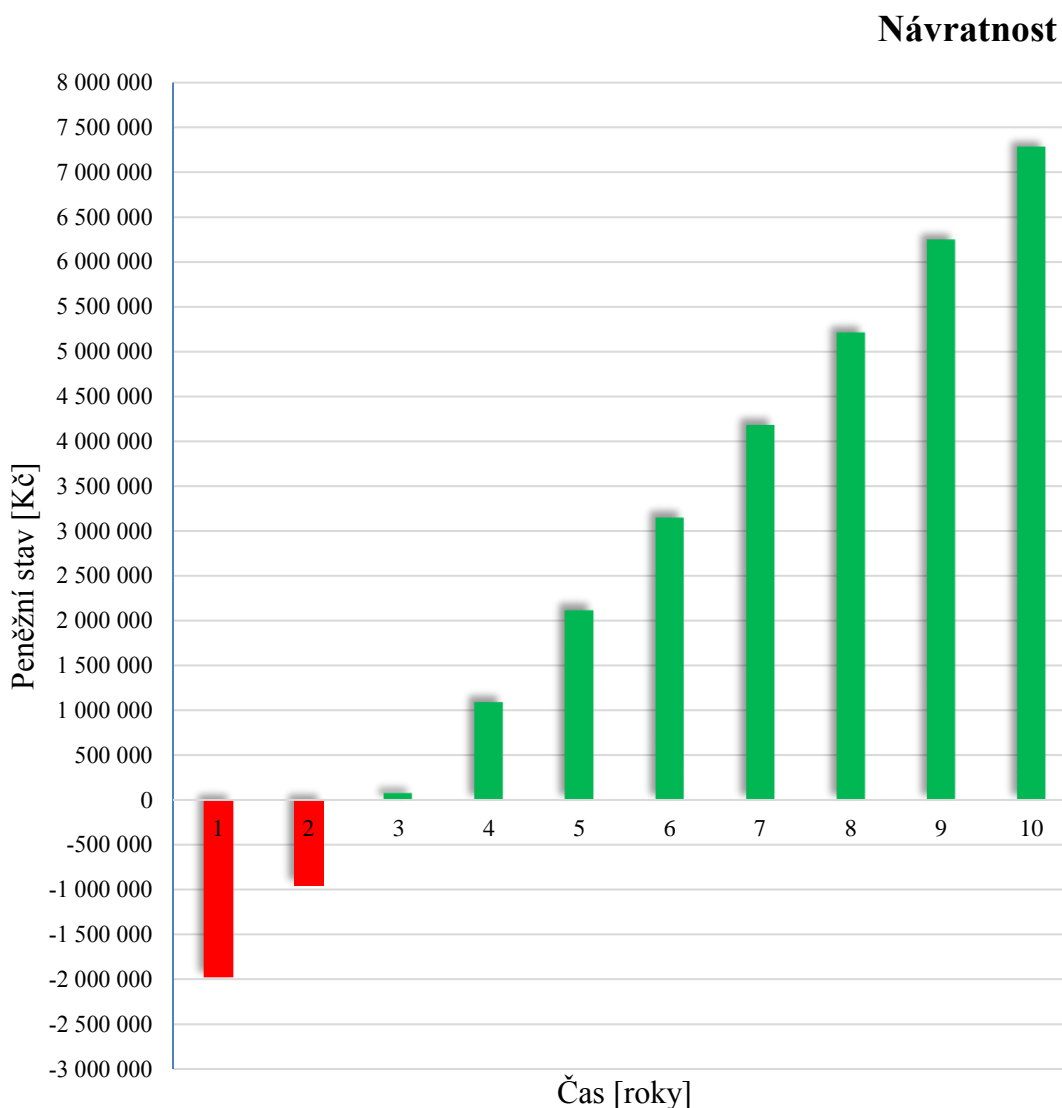
Varianta 2 představuje odstranění jednoho stávajícího PKK a místo něj osadit kogenerační jednotku TEDOM Cento T80 (teplo 120kW, el. energie 81 kW), která by měla pracovat za podpory zbývajících dvou PKK (2x 275 kW).

Předpokládám, že spotřeba plynu oproti stávající kotelně vzroste, ale celkové náklady na teplo a el. energii by se měly snížit, čímž by v horizontu několika let vydělaly na investici do nové kogenerační jednotky. Na úsporu u této jednotky bude mít určitě i částečný vliv prodej elektřiny.

Tab. B 10: Ekonomické zhodnocení – varianta 2

TEPLO	Celková potřeba tepla	Účinnost	Spalné teplo	Výkon	Doba provozu KGJ	Vyrobene teplo	Spalné teplo	Cena ZP bez DPH	Platba za ZP bez DPH
	[kWh]	[%]	[-]	[kW]	[hod]	[kW]	[kW]	[Kč/kWh]	[Kč]
Výkon KGJ	854 764	0,873	0,90	120	4 400	528 000	672 012	1,04	698 893
Výkon PKK		0,980	0,90	550	-	326 764	370 481	1,04	385 300
						854 764	1 042 493		1 084 193
EL. ENERGIE	Účinnost	Spalné teplo	Výkon	Doba provozu KGJ	Vyrobena el. energie	Spalné teplo	Cena ZP bez DPH	Platba za ZP bez DPH	
	[%]	[-]	[kW]	[hod]	[kW]	[kW]	[Kč/kWh]	[Kč]	
	0,873	0,90	81	4 400	356 400	453 608	1,04	471 753	
						Vyrobena el. energie	Jednotkový příspěvek	Podpora KVET bez DPH	
						[kW]	[Kč/kWh]	[Kč]	
						356 400	1,57	559 548	
						Přebytečná el. energie	Odkup	Podpora KVET bez DPH	
						[MWh]	[Kč/MWh]	[Kč]	
						96	800	76 800	
						Dokup elektřiny ze sítě	Cena elektřiny ze sítě bez DPH	Platba za dokup elektřiny bez DPH	
						[kWh]	[Kč/kWh]	[Kč]	
						266 008	3,2	851 226	
						Cena servisu bez DPH	Vyrobena el. energie	Platba za servis bez DPH	
						[Kč/MWh]	[MWh]	[Kč]	
						350	356 400	124 740	
						Celková cena za energie bez DPH		Pořizovací cena jednotky bez DPH	
						[Kč]		[Kč]	
						1 895 563	+	3 000 000	
							Σ	4 895 563	

Graf B 8: Návratnost – varianta 2



U této varianty opět výpočet a grafy mluví jasně, jednotka Cento T80 při provozu 4400 hodiny/rok vyprodukuje 528 000 kWh tepla a 356 400 kWh el. energie. To znamená, že PKK opět i v této variantě dopomůžou výrobou tepla 326 764 kWh. Elektrická energie je v tuto chvíli ve stavu, že by ji samotná budova v určitých částech dne nebyla schopna využít, proto jsem ve výpočtu zahrnul i prodej této el. energie, (kterou jsem bral poměrově v závislosti provozní doby plovárny a odběru el. energie v jednotlivých hodinách během dne). Ale i přesto je část el. energie stále zapotřebí dokoupit. V číselném vyjádření to znamená, že jednotka vyrobí 356 400 kWh elektřiny, z čehož bude potřeba prodat zhruba 96 000 kWh. Dokup elektřiny, bude znamenat 266 008 kWh. V konečném důsledku roční platba za zemní plyn vzrostla o 548 061,- Kč/rok. Naopak platby za elektřinu klesly na 851 226,- Kč/rok. Celkově se mi podařilo touto jednotkou dosáhnout roční úspory 1 104 027,- Kč/rok. Díky ročnímu provozu 4400/rok se životnost jednotky pohybuje okolo 9 let. Návratnost investic do kogenerační jednotky v tomto případě znamená 2,72 roků.

Podívám-li se opět na jednotku z dlouhodobého hlediska, a to v horizontu deseti let, vykazuje úsporu zhruba 7 300 000,-Kč.

10.4 Vyhodnocení ekonomické bilance

Představil jsem stávající stav + dvě varianty, jak by mohla kotelna Městské plovárny v Luhačovicích vypadat. Nyní se pokusím vyhodnotit tyto tři stavy a doporučit jaká varianta by byla z ekonomického pohledu nejefektivnější.

TEDOM Micro T50

Tuto jednotku jsem navrhoval za účelem co nejdelšího provozu za rok. Jednotka Micro T50 se vyznačuje tepelným výkonem 91 kW, elektrickým výkonem 48 kW. Z toho vyplývá, že tuto jednotku je možné využít v 95 % provozu roku, protože její výkon tepelný i elektrický nepřesahuje denní minima. Není tedy zapotřebí uskladňování tepla ani prodej přebytečné el. energie. Tímto provozem však velmi rychle klesá její životnost, což bych bral jako velké mínus.

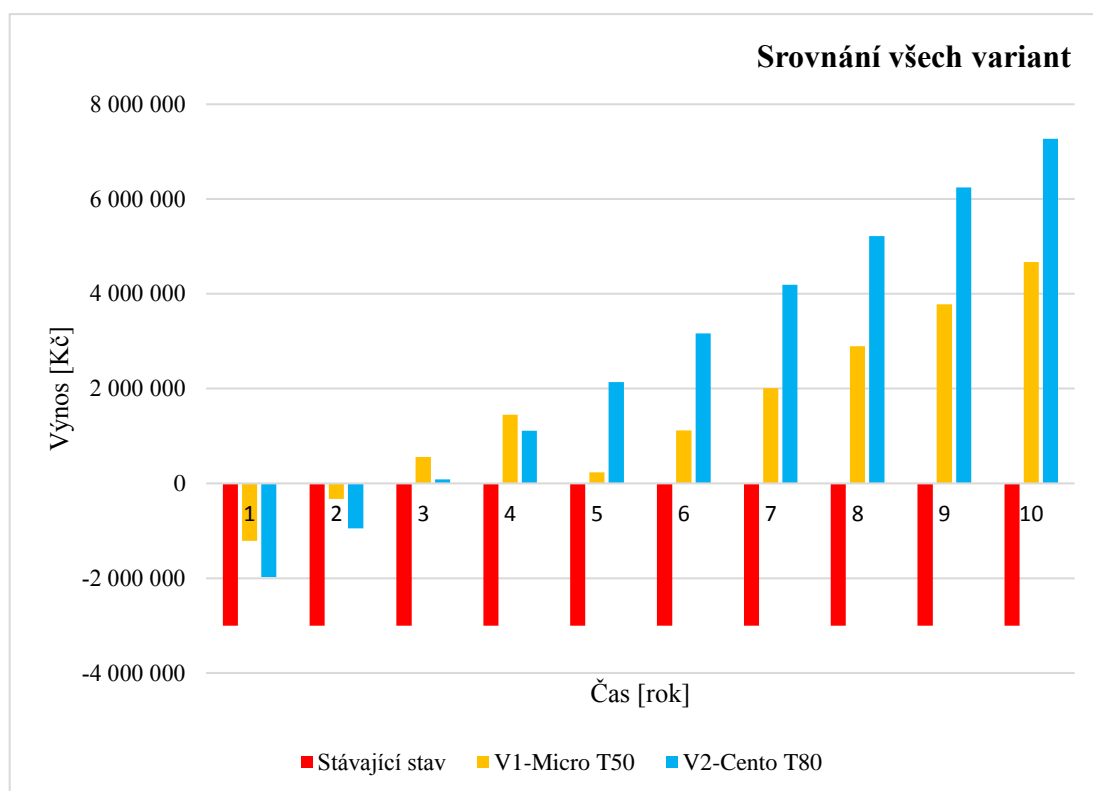
TEDOM Cento T80

Jednotka Cento T80 disponuje tepelným výkonem 120 kW, elektrickým výkonem 81 kW. S ohledem na její tepelný výkon a potřeby tepla plovárny, musí být jednotka v provozu kratší dobu, než Micro T50. Ovšem ve spojení vyššího elektrického výkonu jednotky a kratší provozní doby, dostáváme vyšší odměnu za KVET, čímž její pořízení a provoz vychází ekonomicky lépe. Čímž životnost jednotky vychází cca na 9 let.

Tab. B 11: Ekonomická bilance - stávající stav, varianta 1, varianta 2

[Kč]	3xPKK WOLF	Micro T50	Cento T80
Platba za ZP	1 007 885	1 540 374	1 555 945
Platba za El.	1 991 706	701 466	851 226
Servis	-	141 120	124 740
Zisky	-	270 144	636 348
KGJ	-	2 100 000	3 000 000
Celkem	2 999 590	4 212 815	4 895 563
Návratnost	-	2,4	2,7
Životnost	-	4,8	9,1
Úspora za 10 let	0	4 667 750	7 272 270

Graf B 9: Návratnost – Stávající stav, varianta 1, varianta 2



Při srovnání celkových nákladů za energie (varianta 1 – Micro T50 = 2 112 815,- Kč/rok; varianta 2 – Cento T80 = 1 895 563,- Kč/rok) a návratnost (varianta 1 – Micro T50 = 2,4 roku; varianta 2 – Cento T80 = 2,7 roku), tak obě kogenerační jednotky vychází dost podobně, ani u jedné není nijak enormní rozdíl. Podívám-li se však na tyto dvě jednotky v horizontu deseti let, tak ten rozdíl je již docela enormní. Jde jasně vidět, že varianta 2 – Cento T80 v horizontu 10 let ušetří skoro 7 300 000,- Kč, což je skoro o 2 600 000 více než by za tu samou dobu uspořila jednotka Micro T50.

Závěrem bych doporučil kogenerační jednotku TEDOM Cento T80, i když její pořizovací cena je o 900 000,- Kč vyšší. V horizontu 10 let však ekonomicky vychází mnohem lépe (úspora 7 300 000,- Kč/10 let).

11 PROJEKTOVANÁ VARIANTA – TEDOM CENTO T80

Kogenerační jednotka TEDOM Cento T80 je stroj středních výkonů v rozsahu od 80 do 200 kW_{el}. V tomto případě 81 kW_{el}. Blokové uspořádání jednotky obsahuje motor-generátor, tepelné zařízení a řídicí systém zabezpečující veškeré provozní a bezpečnostní funkce. Součástí dodávky je volně dodaný tlumič výfuku. KGJ je osazena synchronním generátorem a elektrickým rozvaděčem se silovou a ovládací částí. KGJ je určena pro provozování na plyná paliva. KGJ je v provedení s protihlukovým krytem, který je určen pro instalaci do kryté strojovny.

11.1 Popis jednotky

Provedení: protihlukový kryt
výkonová řada: Cento: T80
palivo: zemní plyn

Přednosti jednotky:

- automatická regulace bohatosti směsi – cesta ke snížení emisí patří ke standardní výbavě KGJ
- KGJ je variantně osazena motormanagementem BOSCH optimalizujícím chod motoru
- KGJ tvoří lehce připojitelný kompaktní celek
- použitím protihlukového krytu vykazuje KGJ nízkou hlučnost
- možnost přizpůsobení k různým tepelným spádům otopných soustav
- díky modulárnímu uspořádání řídicího systému je možno snadno rozšířit množství binárních a analogových vstupů pro monitorování a řízení následných zařízení
- na zákaznickou svorkovnici je možno připojit základní signály pro ovládání KGJ (externí nouzové zastavení, externí spouštění)
- KGJ TEDOM jsou na základě poznatků z již realizovaných zakázek neustále inovovány



Obr. B 8: Navrhovaná kogenerační jednotka TEDOM Cento T80

11.1.1 Tepelný systém

hlediska odběru tepelného výkonu je tvořen: sekundárním okruhem

Sekundární okruh:

představuje okruh, kterým je zajištěno vyvedení hlavního tepelného výkonu jednotky do topného systému. Sekundární okruh odebírá tepelný výkon z primárního okruhu. Dodržení max. dovolené teploty vratné vody je bezpodmínečně nutné pro bezporuchový chod jednotky. Okruh není vybaven oběhovým čerpadlem. Topná voda pro náplň hydraulických okruhů musí být upravená, její složení musí odpovídat dokumentu „Technické instrukce“.

11.1.2 Spalovací a ventilační vzduch:

Nevyužitelné teplo (vysálané z horkých částí) je z KGJ odváděno nucenou ventilací. Ventilační vzduch vstupuje do KGJ otvory v rámu a vystupuje v čele protihlukového krytu vzduchotechnickým kolenem. Na výstupní přírubu ventilačního vzduchu je možné napařit vzduchotechnický tlumič, který je možno dodat. Proudění ventilačního vzduchu zajišťuje ventilátor.

11.1.3 Odvod spalin a kondenzátu:

Spaliny jsou vyvedeny z jednotky na výstupní přírubu, která je umístěna na střeše protihlukového krytu. Součástí dodávky je volně dodaný tlumič výfuku, který je určen k montáži do výstupního spalinovodu. Ten musí být od příruby KGJ po sopouch těsný. Spádování spalinovodu musí být směrem od jednotky. Při startu jednotky, nebo při nízké teplotě vstupní vody do KGJ vzniká ve spalinovodech kondenzát. Kondenzát je vhodné odvádět přes odvaděč kondenzátu. Materiál spalinovodu a tepelná izolace spalinovodu ve strojovně musí být odolná teplotám odpovídající teplotě spalin v příslušných spalinovodech.

11.1.4 Hlukové parametry:

Hlukové parametry udávají úroveň akustického tlaku, měřenou ve volném zvukovém poli. Stanovení měřicích míst a způsob vyhodnocení odpovídá ČSN 09 0862, ČSN EN ISO 3746. Hluk může obsahovat tónovou složku.

11.1.5 Elektrický rozvaděč:

Rozvaděč je součástí kapoty, silová a ovládací část jsou umístěny v samostatných, oddělených prostorech, každý z těchto prostorů má svoje vlastní dveře.

11.1.6 Řídicí systém:

Pro ovládání KJ je použit řídicí systém ProCon Sight, který zajišťuje plně automatický chod soustrojí. Jedná se o víceprocesorový modulární systém, sestávající z centrální části, zobrazovací jednotky a rozšiřujících modulů analogových a binárních vstupů a výstupů.

Pozn.: Veškeré údaje v této kapitole jsou převzaty přímo z technické specifikace výrobku TEDOM. [15]

12 TECHNICKÁ ZPRÁVA

Akce: Městská plovárna Luhačovice

Část: D – STROJNÍ ČÁST

12.1 PŘEHLED VÝCHOZÍCH PODKLADŮ

Pro zpracování projektu byly použity následující vstupní podklady:

- Výkresová dokumentace Městská plovárna Luhačovice – technika prostředí staveb – zařízení pro vytápění staveb
- Průzkumy a konzultace provedené v průběhu zpracování díla
- Platné zákony, předpisy a normy

12.2 VŠEOBECNÉ ÚDAJE

Projekt řeší rekonstrukci kotelny v Městské plovárně Luhačovice. Kotelna disponuje tepelným výkonem 825 kW. Dle provozovatele nebyl nikdy plně využit. I výpočty prokázaly, že výkon kotelny je značně předimenzován a nebude potřeba vyššího výkonu, než je 200 kW. Na základě těchto skutečností bude celkový tepelný výkon snížen na 670 kW. Rekonstrukce plynové kotelny bude spočívat v odstavení jednoho ze stávajících tří plynových kondenzačních kotlů a osazení nové kogenerační jednotky. Jedná se o kogenerační jednotku o celkovém tepelném výkonu 120 kW (elektrický výkon 81 kW). Odstavený plynový kotel bude ponechán v kotelně a přesunut na nové místo. Bude sloužit jako záložní (přípraven k zapojení). Stávající zařízení kotelny zůstane zachované, pouze HVDT bude demontováno. Expanzní nádoba pro topný okruh (200 l) bude demontována a nahrazena větší (300 l), přesunuta vedle rozdělovače. Expanzní nádoba pro TUV bude demontována a posunuta až k jižní stěně místnosti. Nově budou zřízeny nové rozvody topné vody od KGJ do nové akumulární nádoby, která bude instalována v místnosti kotelny místo původního HVDT (1x – 1 000 l), bude sloužit spíše jako vyrovnávací nádoba. Kotelna bude provedena, odzkoušena a provozována zejména dle ČSN 070703, vyhl. 91/93 sb., ČSN 386420 a dalších souvisejících předpisů a norem. Ve smyslu těchto předpisů se jedná o plynovou kotelnu II. kategorie s občasnou obsluhou, tj. s pravidelnou kontrolou kotlů topičem ve lhůtách stanovených v provozním řádu kotelny.

Kogenerační jednotka bude napojena na stávající rozvody TV a TUV. Zřízeny budou nové rozvody pouze z kogenerační jednotky do akumulární nádoby, do rozvaděče a zpět do KGJ.

Základní údaje

Maximální tepelný výkon stávající kotelny:	825 kW
Maximální tepelný výkon nové kotelny:	670 kW
Maximální elektrický výkon kotelny:	81 kW

Kotle

2x Stávající kotel WOLF MGK – 300 topná voda:	550 (2x 275) kW
Nová kogenerační jednotka TEDOM Cento T80: (topný výkon 120 kW, el výkon 81 kW)	120 kW

Teplotní spád topné vody:	80/60 °C
Objem topné vody:	cca 3 m ³
Výška vodního sloupce:	cca 14 m

12.3 TECHNICKÉ ÚDAJE

12.3.1 Demontáže a stavební práce

Stavba se dotkne vnitřními stavebními úpravami pouze místností kotelny a venkovního vstupu do kotelny na severní straně. V místnosti kotelny bude demontován 1 ks stávajícího plynového kondenzačního kotle, ten bude posunut do prostoru za komínová tělesa, bude pro něj vybudován nový železobetonový sokl. Stávající sokl pod tímto kotlem bude vybourán a na jeho místě bude zbudován nový železobetonový sokl pod novou kogenerační jednotku. Pro dopravu kogenerační jednotky do kotelny musí být demontována část vzduchotechnického potrubí v kotelně a dvoukřídlové dveře do kotelny, včetně VZT žaluzie. Po instalaci technologie do kotelny budou dveře a vzduchotechnika vráceny na původní místo. Pro vyvedení topného a elektrického výkonu kogenerační jednotky budou ve vnitřních zdech kotelny a strojovny zbudovány nové prostupy. Stávající expanzní nádoba pro topný okruh bude vyměněna za větší (300 l) z důvodu navýšení objemu topné vody z 2 m³ na 3 m³ a expanzní nádoba pro TUV bude přesunuta k jižní stěně místnosti.

12.3.2 Vytápění

12.3.2.1 Společné údaje

Předmětem prací je osazení 1 ks kogenerační jednotky o celkovém příkonu v palivu 201 kW. V návaznosti na osazení nové KGJ budou v kotelně provedeny nové teplovodní rozvody, osazena 1 akumulární nádoba o objemu 1 000 l (1 m³), napojená bude na kogenerační jednotku společně s plynovými kondenzačními kotli.

Teplovodní topná soustava bude jištěna novou expanzní nádobou o celkovém objemu 300 l a doplňovacím zařízením. Nové potrubní rozvody v kotelně budou uloženy ve sklonu tak, aby bylo možné bezproblémové odvzdušnění a vypouštění. Potrubí bude upevněno na konzolách a závěsech upevněných na stěny a strop kotelny.

System bude napouštěn studenou vodou na tlak odpovídající nejvyššímu místu soustavy cca 12 m s navýšením minimálně o 2 m.

Akumulární nádoba bude oddělovat kotlový okruh od okruhu rozdělovače a sběrače topné vody.

12.3.2.2 Kotlový okruh

Kondenzační kotle a kogenerační jednotka budou k akumulární nádobě topné vody 1 m³ připojeny paralelně. Plynovým kotlům budou ponechány stávající armatury. Kogenerační jednotka bude opatřena třicestnou armaturou, čerpadlem, uzavírací a regulační armaturou, filtrem a expanzní nádobou o objemu 50 l, podobně jako plynové kotle. Kogenerační jednotka bude opatřena odkalovacími ventily. Teplovodní potrubí připojené ke kogenerační jednotce bude nezávisle upevněno tak, aby se jeho hmotnost nepřenášela na připojovací hrdla. Dle požadavků na odběr tepla bude tento zdroj tepla postupně připojován k

topnému systému. Výstupní teplota topné vody z kotlového okruhu a teplota v akumulační nádrži bude řízena podle venkovní teploty s tím, že minimální teplota bude omezena na 70°C. V kotlovém okruhu bude vždy nejprve připojena KGJ, následně kondenzační kotle.

12.3.2.3 Okruhy čerpadel topných větví

Rozdělovače sběrače budou stávající, neboť je osazen moderními elektronicky regulovanými čerpadly. Na nových rozvodech teplé vody budou osazeny dva nové kulové kohouty se servopohonem a jeden zpětný ventil.

12.3.3 Odkouření a větrání

Odkouření kotlů je pomocí levého komínového průduchu, kogenerační jednotka bude napojena do druhého komínu, který bude opatřen nerezovou vložkou s izolací. Větrání kotelny zůstane nucené, a to za pomoci stávající vzduchotechnické jednotky a odvodního potrubí ve stropě. Kvůli osazení kogenerační jednotky je potřeba, aby bylo přepočítáno, zda bude stačit stávající vzduchotechnická jednotka, nebo bude potřeba přidat ještě jednu jednotku, která by pomáhala při provozu kogenerační jednotky.

Kogenerační jednotka vyžaduje vzduch spalovací pro samotný proces spalování a také vzduch chladicí, kterým chladí motor jednotky. Toto je potřeba zohlednit při přepočtu potřeby vzduchu pro kotelnu.

Odvod ventilačního vzduchu z kogenerační jednotky, bude řešeno odvodem vzduchu nad střechu. Ovšem přesné řešení není předmětem tohoto projektu.

12.3.4 Likvidace kondenzátů

U stávajících plynových kotlů je likvidace kondenzátu řešena pomocí neutralizace kondenzátu, stejně tak tomu bude i u kogenerační jednotky.

12.3.5 Řízení kotelny a poruchové stavy

Provoz kotelny bude automatický a teplota topné vody bude řízena podle venkovní teploty. Kotelna bude řízena regulátorem, který bude dle požadavku na odběr tepla řídit odběr z akumulační nádoby a připojování kotlů a nezávisle řídit teplotu topné vody v jednotlivých topných větvích. Maximální teplota topné vody v kotlovém okruhu může být 90°C. U dveří do kotelny bude osazeno tlačítko pro odstavení kotelny. Kotelna bude odstavena z provozu při těchto stavech:

- přehřátí topné vody na výstupu z kotlů nad 90 °C
- pokles tlaku v soustavě pod 14 m
- zaplavení kotelny
- zvýšení teploty v kotelně na 40°C
- blokáce hořáků od poklesu tlaku plynu v soustavě
- výskyt plynu v kotelně I. a II. stupeň
- porucha autonomní soustavy
- výpadek dodávky el. energie

Provoz KGJ řeší také projekt MaR. Řízení stávajícího technologického zařízení bude stávající.

12.4 MONTÁŽ A UVEDENÍ DO PROVOZU, OBSLUHA

Montáž zařízení bude provedena odborně. V předstihu před spuštěním KGJ bude provedeno elektro připojení a výchozí revize elektro, dále budou provedeny revize plynového zařízení a odkouření. Zařízení bude uvedeno do provozu po provedení tlakové, dilatační a topné zkoušky v délce 72 hodin. Zkoušky budou provedeny dle ČSN 06 0310. Obsluha zařízení osazených nad kogenerační jednotkou bude prováděna pomocí atestovaných přenosných zařízení – pojízdná plošina, trvale v kotelně.

12.5 NÁTĚRY, IZOLACE

12.5.1 Nátěry

Po provedených zkouškách zařízení bude provedeno odrezání a základový nátěr S 2 000 - 1x a vrchní nátěr S 2119 - 2x.

12.5.2 Izolace

Izolace na novém potrubí bude provedena v souladu s příslušnými předpisy. Izolace potrubí bude provedena pomocí návlekových izolačních trubek pro potrubí ISOVER trubice IS-H/A s Al folií do 260°C. Tělesa budou izolována rohoží ISOVER ML 3 s Al folií tl. 60 mm

12.6 VYBAVENÍ KOTELNY

Vybavení kotelny II. kategorie dle ČSN 070703 pro zajištění bezpečnosti:

- Přenosný hasicí přístroj CO 2 s hasicí schopností minimálně 55B.
- Stabilní hasicí zařízení stanovené projektem.
- Pěnotvorný prostředek nebo vhodný detektor pro kontrolu těsnosti spojů.
- Bateriová svítidla.
- Detektor na oxid uhelnatý.

C. PRAKTICKÁ ČÁST

13 PRAKTICKÁ ČÁST – EXPERIMENT

Obsahem praktické části této diplomové práce je experiment prováděný přímo na objektu městské plovárny, který má přiblížit skutečnou spotřebu elektrické energie během týdne prostřednictvím jednotlivých dnů. Tyto data nám dále pomohou při výběru kogenerační jednotky.

13.1 Způsob měření

Měření na objektu probíhalo v období od 25. 4. 2016 do 1. 5. 2016 a to pomocí automatického měření v intervalu pěti minut, následně jsem provedl jejich součet, čímž jsem zjistil hodinový odběr elektrické energie objektu plovárny. Z denních odběrů jsem byl schopen pomocí grafů vyjádřit celotýdenní odběr el. energie.

13.2 Měřicí zařízení a zpracování

K měření odběru el. energie jsem použil monitor distribučních sítí MDS 10. Získaná data jsme pomocí přiloženého hardwaru zpracovali a dále exportovali do podoby pro finální úpravu v programu Microsoft Excel.



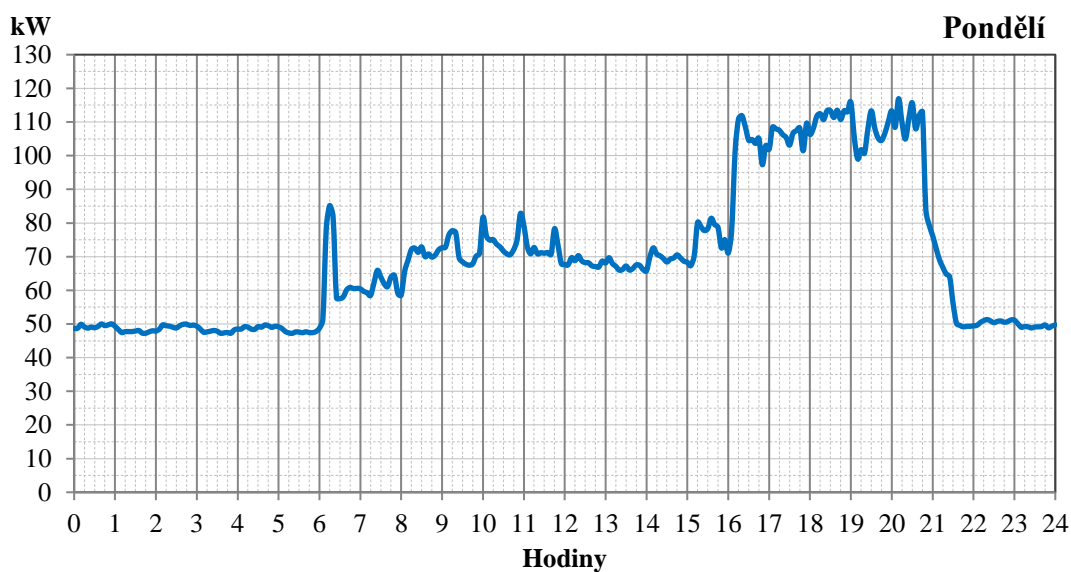
Obr. C 1: Monitor distribučních sítí MDS 10

Níže přiložené tabulky a grafy jsou výstupem celotýdenního automatického zaznamenávání odběru elektrické energie.

Tab. C 1: Odběr elektřiny během celého dne – Pondělí

Hodina	5'	10'	15'	20'	25'	30'	35'	40'	45'	50'	55'	60'	Celkem [kWh]
0-1	4059	4159	4093	4064	4089	4074	4106	4167	4126	4146	4169	4109	49,361
1-2	4026	3954	3978	3978	3979	3992	4005	3940	3937	3973	3998	3992	47,752
2-3	4037	4145	4123	4113	4085	4068	4124	4158	4162	4130	4139	4112	49,396
3-4	4044	3962	3971	3988	4006	3987	3935	3947	3956	3937	4021	4041	47,795
4-5	4040	4099	4089	4039	4034	4102	4088	4142	4123	4082	4112	4095	49,045
5-6	4054	3979	3947	3935	3970	3966	3950	3973	3955	3952	3981	4063	47,725
6-7	4283	6533	7098	6822	4813	4794	4839	5012	5071	5042	5048	5037	64,392
7-8	4972	4940	4874	5182	5494	5333	5164	5091	5331	5367	4926	4883	61,557
8-9	5461	5745	6013	6045	5940	6075	5834	5900	5821	5874	6004	6055	70,767
9-10	6069	6371	6475	6428	5804	5705	5646	5622	5656	5848	5918	6810	72,352
10-11	6348	6242	6255	6142	6076	5971	5903	5881	6005	6244	6900	6605	74,572
11-12	6081	5901	6062	5903	5931	5918	5936	5890	6526	6128	5661	5639	71,576
12-13	5630	5809	5733	5860	5729	5686	5680	5604	5590	5577	5724	5676	68,298
13-14	5808	5661	5594	5499	5517	5602	5501	5541	5629	5616	5515	5481	66,964
14-15	5830	6051	5897	5855	5783	5701	5775	5802	5876	5800	5720	5693	69,783
15-16	5610	5852	6678	6572	6478	6529	6784	6628	6554	6049	6255	5922	75,911
16-17	6480	8414	9237	9325	9052	8714	8734	8637	8759	8110	8582	8493	102,537
17-18	9037	8996	8962	8853	8782	8594	8887	8952	9016	8454	9133	8858	106,524
18-19	9015	9309	9371	9226	9445	9445	9277	9459	9226	9444	9421	9653	112,291
19-20	8785	8252	8482	8395	9000	9444	9018	8768	8710	8892	9180	9443	106,369
20-21	9036	9744	9154	8744	9244	9643	9000	9326	9419	7004	6608	6354	103,276
21-22	6047	5757	5568	5400	5331	4670	4183	4132	4095	4109	4110	4121	57,523
22-23	4133	4203	4249	4277	4242	4199	4231	4242	4211	4225	4267	4264	50,743
23-0	4172	4086	4101	4096	4068	4093	4096	4104	4142	4071	4113	4145	49,287
Celkem [kWh]													1 675,80
Nejvyšší odběr [kW]													9,744

Graf C 1: Průběh odběru elektrické energie během dne – Pondělí

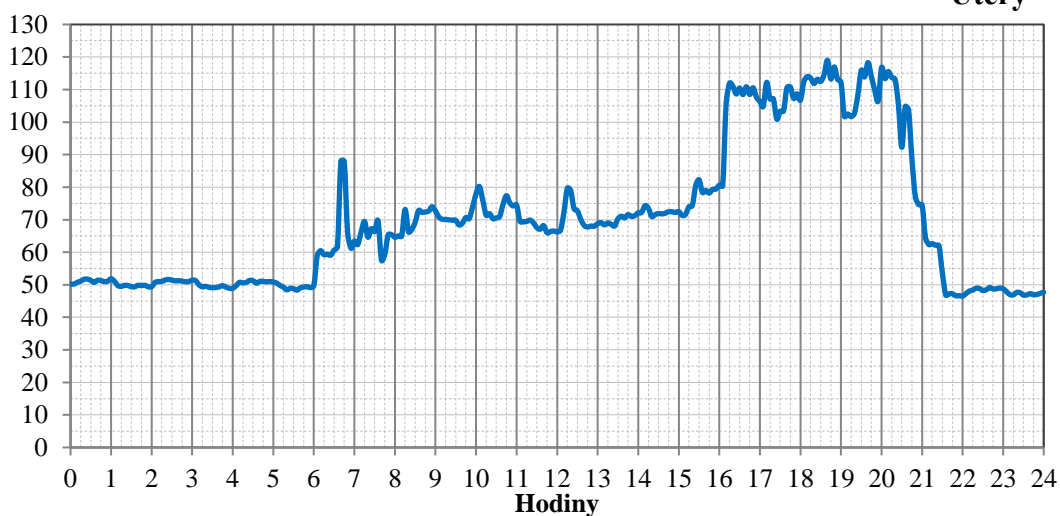


Tab. C 2: Odběr elektřiny během celého dne – Úterý

Hodina	5'	10'	15'	20'	25'	30'	35'	40'	45'	50'	55'	60'	Celkem [kWh]
0-1	4185	4230	4258	4308	4313	4279	4229	4282	4277	4247	4259	4322	51,189
1-2	4255	4147	4126	4153	4148	4116	4116	4155	4145	4154	4115	4117	49,747
2-3	4226	4249	4250	4290	4302	4286	4267	4271	4260	4245	4249	4286	51,181
3-4	4273	4166	4114	4128	4100	4092	4096	4115	4145	4107	4075	4077	49,488
4-5	4145	4229	4216	4228	4278	4271	4209	4252	4253	4242	4250	4237	50,810
5-6	4209	4148	4106	4037	4077	4067	4030	4088	4108	4119	4094	4143	49,226
6-7	4912	5041	4937	4952	4925	5055	5148	7331	7327	5496	5101	5286	65,511
7-8	5199	5518	5790	5385	5602	5532	5802	4801	4949	5448	5450	5383	64,859
8-9	5418	5416	6096	5525	5585	5773	6067	6021	6031	6056	6165	6056	70,209
9-10	5900	5845	5840	5830	5823	5815	5698	5747	5892	5863	6168	6498	70,919
10-11	6683	6329	5949	5989	5859	5881	5916	6228	6449	6264	6184	6211	73,942
11-12	5792	5780	5788	5824	5751	5630	5589	5682	5501	5527	5545	5521	67,930
12-13	5564	6017	6633	6580	6115	6063	5840	5686	5646	5671	5667	5733	71,215
13-14	5757	5700	5752	5714	5672	5857	5923	5879	5964	5917	5939	6011	70,085
14-15	6018	6193	6125	5917	5963	5993	5982	5999	6038	6037	6021	6040	72,326
15-16	5943	5967	6164	6193	6706	6856	6534	6582	6515	6610	6617	6720	77,407
16-17	6699	8782	9326	9252	9052	9206	9038	9239	9040	9212	8968	8863	106,677
17-18	8738	9350	8926	8926	8410	8612	8618	9210	9235	8938	9058	8897	106,918
18-19	9364	9497	9461	9322	9430	9375	9544	9917	9437	9746	9423	9356	113,872
19-20	8481	8540	8474	8562	9030	9655	9491	9858	9496	9148	8874	9726	109,335
20-21	9445	9627	9475	9427	8773	7687	8727	8642	7374	6427	6218	6208	98,030
21-22	5379	5198	5221	5178	5164	4469	3907	3933	3936	3885	3887	3878	54,035
22-23	3941	4006	4031	4079	4070	4018	4041	4096	4061	4064	4083	4062	48,552
23-0	3990	3914	3910	3970	3963	3902	3909	3939	3912	3919	3949	3974	47,251
Celkem [kWh]													1 690,71
Nejvyšší odběr [kW]													9,917

Graf C 2: Průběh odběru elektrické energie během dne – Úterý

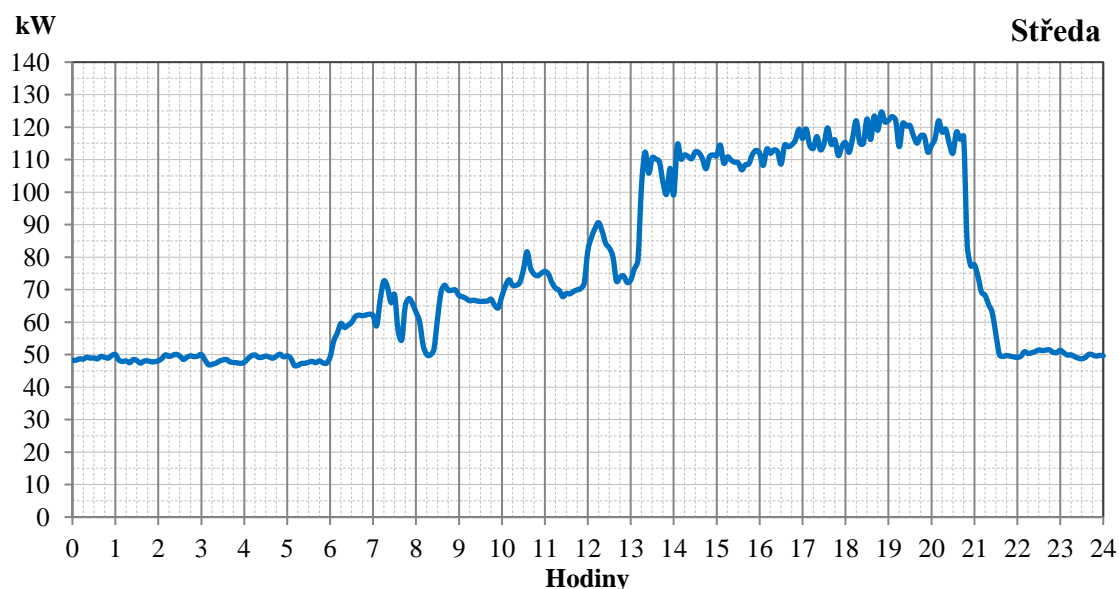
Úterý



Tab. C 3: Odběr elektřiny během celého dne – Středa

Hodina	5'	10'	15'	20'	25'	30'	35'	40'	45'	50'	55'	60'	Celkem [kWh]
0-1	4022	4059	4051	4098	4077	4081	4058	4121	4096	4076	4143	4170	49,052
1-2	4025	3992	4004	3960	4040	4014	3948	4000	4006	3983	3985	4008	47,965
2-3	4067	4160	4118	4149	4173	4129	4042	4100	4135	4116	4128	4170	49,487
3-4	4035	3907	3918	3943	3997	4028	4041	3982	3965	3957	3943	3967	47,683
4-5	4058	4136	4157	4096	4098	4129	4103	4074	4127	4177	4110	4133	49,398
5-6	4073	3892	3890	3940	3944	3972	3992	3960	4005	3955	3949	4106	47,678
6-7	4511	4716	4964	4863	4921	4992	5138	5179	5164	5182	5202	5171	60,003
7-8	4908	5581	6052	5907	5502	5702	4774	4542	5420	5603	5480	5253	64,724
8-9	5009	4398	4168	4157	4302	5076	5776	5946	5818	5818	5823	5682	61,973
9-10	5652	5604	5547	5562	5543	5530	5536	5541	5587	5428	5370	5667	66,567
10-11	5927	6088	5944	5946	6016	6339	6805	6381	6230	6189	6253	6301	74,419
11-12	6232	6006	5872	5812	5652	5736	5725	5786	5827	5858	6001	6831	71,338
12-13	7170	7398	7551	7333	7020	6901	6685	6051	6154	6184	6015	6082	80,544
13-14	6366	6588	8493	9358	8820	9217	9178	9111	8585	8279	8944	8263	101,202
14-15	9545	9184	9287	9250	9189	9363	9344	9196	8935	9245	9288	9269	111,095
15-16	9539	9074	9239	9158	9099	9087	8905	9034	9062	9300	9404	9333	110,234
16-17	9018	9436	9329	9416	9373	9052	9540	9498	9550	9671	9947	9708	113,538
17-18	9952	9532	9456	9759	9417	9581	9983	9559	9675	9271	9505	9605	115,295
18-19	9354	9726	10166	9594	9586	10211	9682	10284	9919	10388	10136	10174	119,220
19-20	10272	10180	9498	10097	10025	10041	9774	9589	9778	9770	9359	9528	117,911
20-21	9703	10163	9872	9946	9578	9334	9875	9688	9767	6977	6443	6473	107,819
21-22	6173	5767	5686	5444	5242	4693	4162	4122	4143	4127	4109	4097	57,765
22-23	4125	4241	4196	4213	4245	4287	4268	4284	4287	4225	4218	4278	50,867
23-0	4213	4154	4161	4115	4077	4061	4093	4174	4162	4127	4147	4136	49,620
Celkem [kWh]													1 825,40
Nejvyšší odběr [kW]													10,388

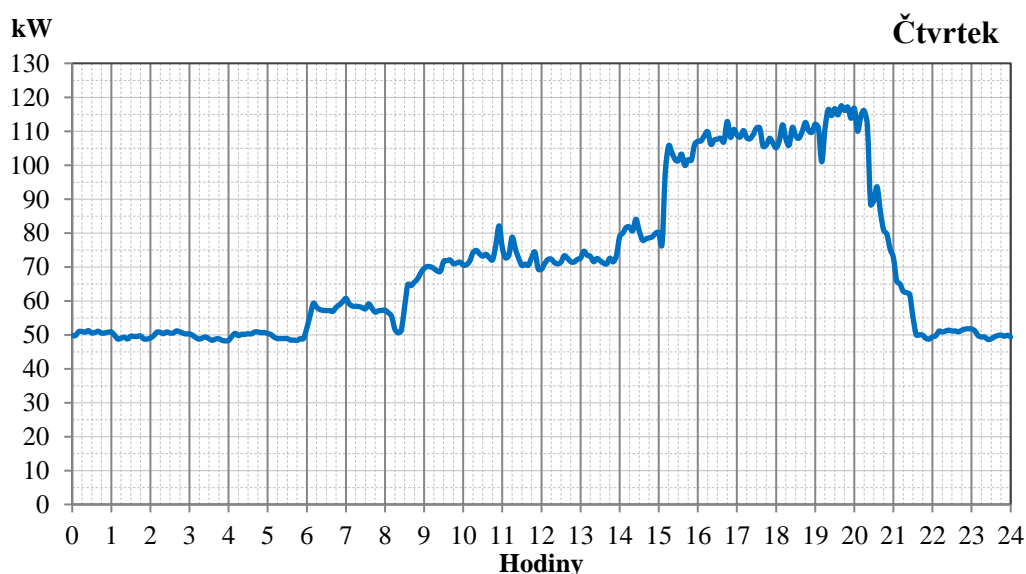
Graf C 3: Průběh odběru elektrické energie během dne – Středa



Tab. C 4: Odběr elektřiny během celého dne – Čtvrtek

Hodina	5'	10'	15'	20'	25'	30'	35'	40'	45'	50'	55'	60'	Celkem [kWh]
0-1	4149	4244	4249	4231	4269	4212	4225	4253	4209	4212	4230	4236	50,719
1-2	4157	4063	4083	4108	4064	4135	4125	4129	4140	4065	4064	4089	49,222
2-3	4144	4231	4229	4195	4237	4211	4211	4262	4241	4207	4187	4189	50,544
3-4	4152	4095	4060	4092	4114	4068	4032	4063	4069	4030	4018	4028	48,821
4-5	4129	4202	4147	4180	4178	4194	4190	4236	4237	4217	4224	4198	50,332
5-6	4173	4107	4075	4075	4074	4075	4036	4039	4028	4072	4078	4330	49,162
6-7	4641	4940	4843	4786	4769	4760	4763	4743	4843	4903	4980	5061	58,032
7-8	4931	4872	4865	4861	4834	4803	4926	4814	4724	4758	4765	4769	57,922
8-9	4708	4623	4311	4216	4278	4851	5401	5374	5458	5545	5690	5799	60,254
9-10	5843	5835	5794	5734	5728	5972	5987	6003	5912	5930	5952	5879	70,569
10-11	5889	5980	6185	6240	6155	6097	6145	6060	6009	6366	6842	6299	74,267
11-12	6055	6120	6566	6276	6045	5871	5905	5876	6065	6197	5785	5777	72,538
12-13	5916	6018	6024	5943	5909	5954	6108	6046	5962	5952	6018	6049	71,899
13-14	6219	6124	6093	5961	6041	5986	5930	5908	6048	5958	6113	6582	72,963
14-15	6666	6804	6815	6721	7005	6716	6492	6520	6547	6571	6659	6674	80,190
15-16	6379	8157	8801	8646	8473	8442	8603	8326	8467	8458	8840	8922	100,514
16-17	8929	9057	9154	8844	8949	8971	8995	8906	9407	9016	9211	9072	108,511
17-18	9023	9184	9008	8980	9088	9245	9243	8799	8826	8994	8880	8760	108,030
18-19	8937	9325	8979	8824	9261	9052	8995	9155	9381	9184	9140	9341	109,574
19-20	9240	8417	9223	9697	9548	9722	9568	9792	9675	9759	9483	9731	113,855
20-21	9167	9528	9673	9327	7366	7461	7799	7191	6740	6639	6268	6065	93,224
21-22	5492	5418	5239	5200	5155	4601	4168	4169	4155	4080	4063	4116	55,856
22-23	4141	4257	4236	4259	4282	4259	4261	4241	4281	4308	4316	4308	51,149
23-0	4264	4146	4116	4112	4052	4067	4117	4147	4160	4133	4154	4116	49,584
Celkem [kWh]													1 707,73
Nejvyšší odběr [kW]													9,792

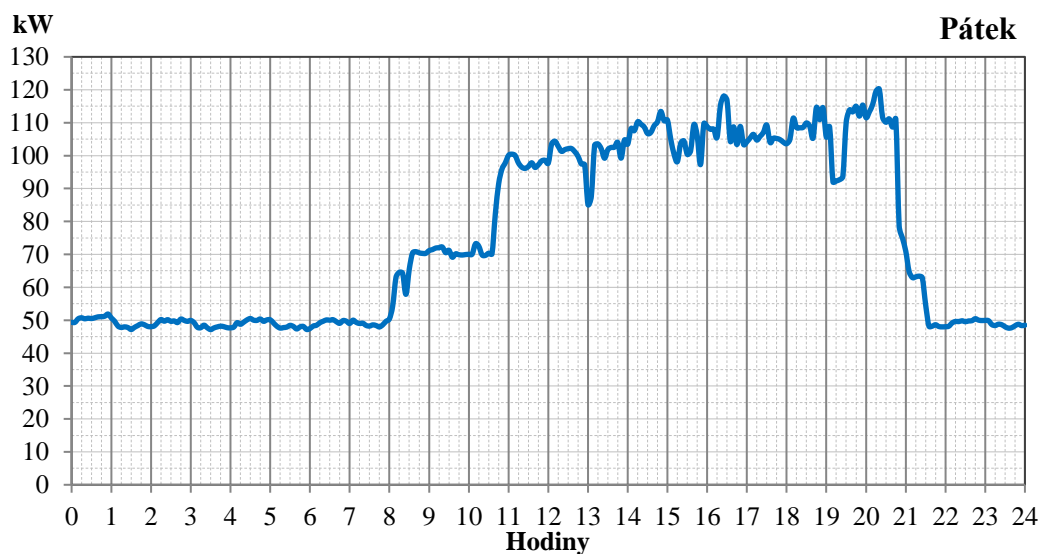
Graf C 4: Průběh odběru elektrické energie během dne – Čtvrtek



Tab. C 5: Odběr elektřiny během celého dne – Pátek

Hodina	5'	10'	15'	20'	25'	30'	35'	40'	45'	50'	55'	60'	Celkem [kWh]
0-1	4112	4204	4227	4202	4218	4208	4228	4251	4256	4267	4323	4224	50,720
1-2	4140	4017	3983	3998	3981	3931	3986	4030	4073	4052	4008	4004	48,203
2-3	4023	4108	4184	4141	4180	4138	4148	4107	4196	4162	4137	4161	49,685
3-4	4104	3987	3977	4041	3974	3929	3971	3997	4015	4003	3977	3974	47,949
4-5	3993	4105	4063	4117	4175	4209	4167	4162	4197	4138	4174	4178	49,678
5-6	4096	4014	3967	3980	3992	4036	4008	3945	3996	4009	3932	3955	47,930
6-7	4019	4039	4103	4140	4174	4166	4180	4128	4087	4158	4141	4083	49,418
7-8	4168	4111	4083	4089	4033	4018	4048	4031	3996	4050	4140	4198	48,965
8-9	4528	5252	5380	5353	4821	5456	5868	5902	5872	5858	5859	5929	66,078
9-10	5953	5994	6001	6019	5876	5937	5761	5847	5825	5817	5828	5835	70,693
10-11	5838	6099	6040	5820	5807	5863	5846	6850	7612	7989	8148	8340	80,252
11-12	8369	8334	8146	8041	8010	8058	8152	8033	8101	8199	8214	8142	97,799
12-13	8624	8699	8569	8441	8485	8508	8513	8433	8314	8121	8100	7094	99,901
13-14	7298	8595	8629	8507	8266	8485	8539	8548	8666	8268	8727	8624	101,152
14-15	9018	8963	9189	9129	9055	8892	8923	9092	9190	9453	9214	9233	109,351
15-16	8751	8369	8181	8643	8703	8364	8453	9119	8830	8107	9143	9069	103,732
16-17	8998	9001	8798	9595	9844	9731	8698	9063	8612	9074	8617	8682	108,713
17-18	8781	8871	8727	8822	8922	9107	8669	8772	8767	8739	8675	8634	105,486
18-19	8744	9280	9045	9039	9049	9161	9076	8779	9550	9243	9543	8801	109,310
19-20	9053	7668	7693	7724	7807	9176	9488	9441	9583	9332	9614	9294	105,873
20-21	9442	9630	9960	10015	9304	9177	9264	9056	9255	6560	6245	5915	103,823
21-22	5403	5246	5263	5281	5240	4561	4016	4016	4052	4007	3998	4002	55,085
22-23	4014	4097	4135	4131	4152	4129	4148	4154	4205	4168	4158	4161	49,652
23-0	4154	4056	4032	4065	4052	4001	3966	3977	4025	4064	4030	4041	48,463
Celkem [kWh]													1 807,91
Nejvyšší odběr [kW]													10,015

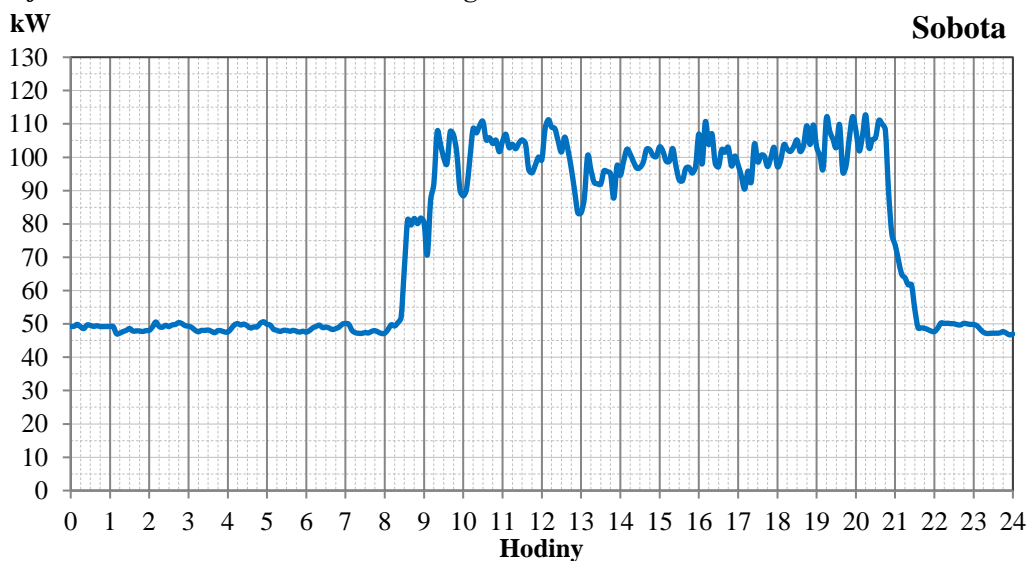
Graf C 5: Průběh odběru elektrické energie během dne – Pátek



Tab. C 6: Odběr elektřiny během celého dne – Sobota

Hodina	5'	10'	15'	20'	25'	30'	35'	40'	45'	50'	55'	60'	Celkem [kWh]
0-1	4106	4155	4096	4050	4139	4131	4105	4122	4101	4100	4102	4101	49,308
1-2	4098	3921	3936	3975	4005	4052	3987	3992	3990	3977	3999	4005	47,937
2-3	4089	4215	4105	4084	4132	4101	4141	4153	4199	4175	4122	4110	49,626
3-4	4078	4010	3971	4005	4002	4015	3982	3947	4001	3993	3967	3963	47,934
4-5	4044	4141	4173	4140	4162	4116	4064	4092	4094	4185	4220	4158	49,589
5-6	4136	4033	4008	3979	4005	4005	3984	4006	3983	3963	3984	3962	48,048
6-7	4000	4069	4103	4136	4075	4087	4064	4025	4050	4086	4159	4178	49,032
7-8	4156	4003	3947	3933	3930	3951	3940	3982	3998	3962	3928	3934	47,664
8-9	4029	4146	4115	4197	4335	5582	6771	6639	6804	6672	6815	6702	66,807
9-10	5892	7251	7675	8965	8672	8321	8168	8973	8893	8446	7503	7366	96,125
10-11	7535	8296	9051	8941	9127	9225	8765	8823	8678	8759	8470	8735	104,405
11-12	8907	8575	8659	8546	8686	8766	8673	8025	7943	8135	8339	8265	101,519
12-13	9048	9272	9085	9048	8735	8462	8837	8514	8054	7505	6942	6944	100,446
13-14	7310	8370	8018	7705	7670	7660	7990	7973	7923	7312	8125	7880	93,936
14-15	8230	8533	8415	8224	8064	8079	8206	8532	8520	8376	8355	8593	100,127
15-16	8487	8239	8236	8553	8108	7766	7751	8053	8078	7936	8100	8915	98,222
16-17	8165	9223	8654	8916	8184	8092	8524	8457	8579	8115	8364	8142	101,415
17-18	7860	7536	7986	7711	8668	8216	8382	8364	8101	8319	8579	8097	97,819
18-19	8252	8649	8534	8480	8599	8766	8476	8626	9121	8651	9141	8593	103,888
19-20	8368	8051	9316	8982	8784	8578	9146	7958	8126	8819	9349	9006	104,483
20-21	8491	8858	9393	8573	8769	8821	9249	9164	9020	7463	6410	6143	100,354
21-22	5764	5408	5320	5143	5146	4537	4070	4068	4056	4025	3987	3973	55,497
22-23	4061	4189	4177	4184	4173	4171	4147	4141	4180	4168	4154	4153	49,898
23-0	4121	4033	3958	3928	3931	3935	3935	3941	3973	3936	3891	3916	47,498
Celkem [kWh]													1 811,58
Nejvyšší odběr [kW]													9,393

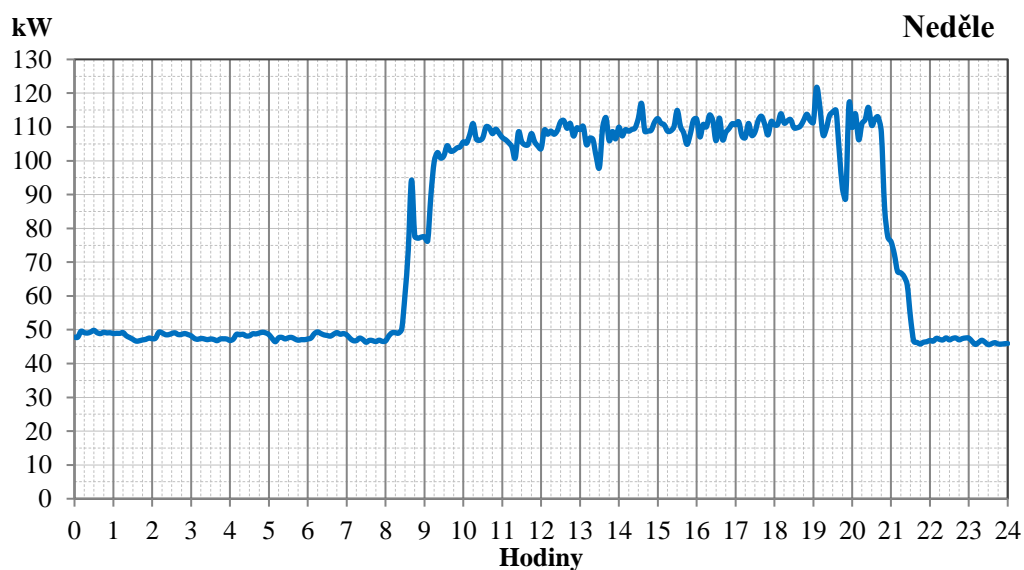
Graf C 6: Průběh odběru elektrické energie během dne – Sobota



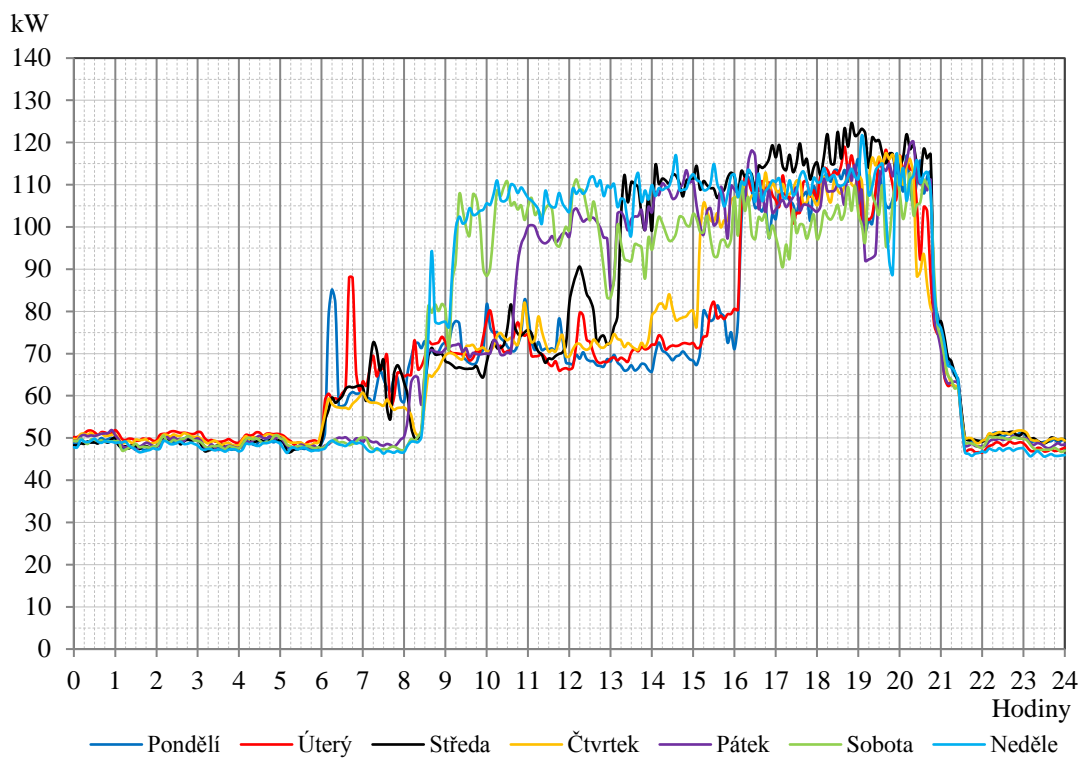
Tab. C 7: Odběr elektřiny během celého dne – Neděle

Hodina	5'	10'	15'	20'	25'	30'	35'	40'	45'	50'	55'	60'	Celkem [kWh]
0-1	4059	4159	4093	4064	4089	4074	4106	4167	4126	4146	4169	4109	49,361
1-2	4026	3954	3978	3978	3979	3992	4005	3940	3937	3973	3998	3992	47,752
2-3	4037	4145	4123	4113	4085	4068	4124	4158	4162	4130	4139	4112	49,396
3-4	4044	3962	3971	3988	4006	3987	3935	3947	3956	3937	4021	4041	47,795
4-5	4040	4099	4089	4039	4034	4102	4088	4142	4123	4082	4112	4095	49,045
5-6	4054	3979	3947	3935	3970	3966	3950	3973	3955	3952	3981	4063	47,725
6-7	4283	6533	7098	6822	4813	4794	4839	5012	5071	5042	5048	5037	64,392
7-8	4972	4940	4874	5182	5494	5333	5164	5091	5331	5367	4926	4883	61,557
8-9	5461	5745	6013	6045	5940	6075	5834	5900	5821	5874	6004	6055	70,767
9-10	6069	6371	6475	6428	5804	5705	5646	5622	5656	5848	5918	6810	72,352
10-11	6348	6242	6255	6142	6076	5971	5903	5881	6005	6244	6900	6605	74,572
11-12	6081	5901	6062	5903	5931	5918	5936	5890	6526	6128	5661	5639	71,576
12-13	5630	5809	5733	5860	5729	5686	5680	5604	5590	5577	5724	5676	68,298
13-14	5808	5661	5594	5499	5517	5602	5501	5541	5629	5616	5515	5481	66,964
14-15	5830	6051	5897	5855	5783	5701	5775	5802	5876	5800	5720	5693	69,783
15-16	5610	5852	6678	6572	6478	6529	6784	6628	6554	6049	6255	5922	75,911
16-17	6480	8414	9237	9325	9052	8714	8734	8637	8759	8110	8582	8493	102,537
17-18	9037	8996	8962	8853	8782	8594	8887	8952	9016	8454	9133	8858	106,524
18-19	9015	9309	9371	9226	9445	9445	9277	9459	9226	9444	9421	9653	112,291
19-20	8785	8252	8482	8395	9000	9444	9018	8768	8710	8892	9180	9443	106,369
20-21	9036	9744	9154	8744	9244	9643	9000	9326	9419	7004	6608	6354	103,276
21-22	6047	5757	5568	5400	5331	4670	4183	4132	4095	4109	4110	4121	57,523
22-23	4133	4203	4249	4277	4242	4199	4231	4242	4211	4225	4267	4264	50,743
23-0	4172	4086	4101	4096	4068	4093	4096	4104	4142	4071	4113	4145	49,287
Celkem [kWh]													1 675,80
maximální spotřeba[kW]													9,744

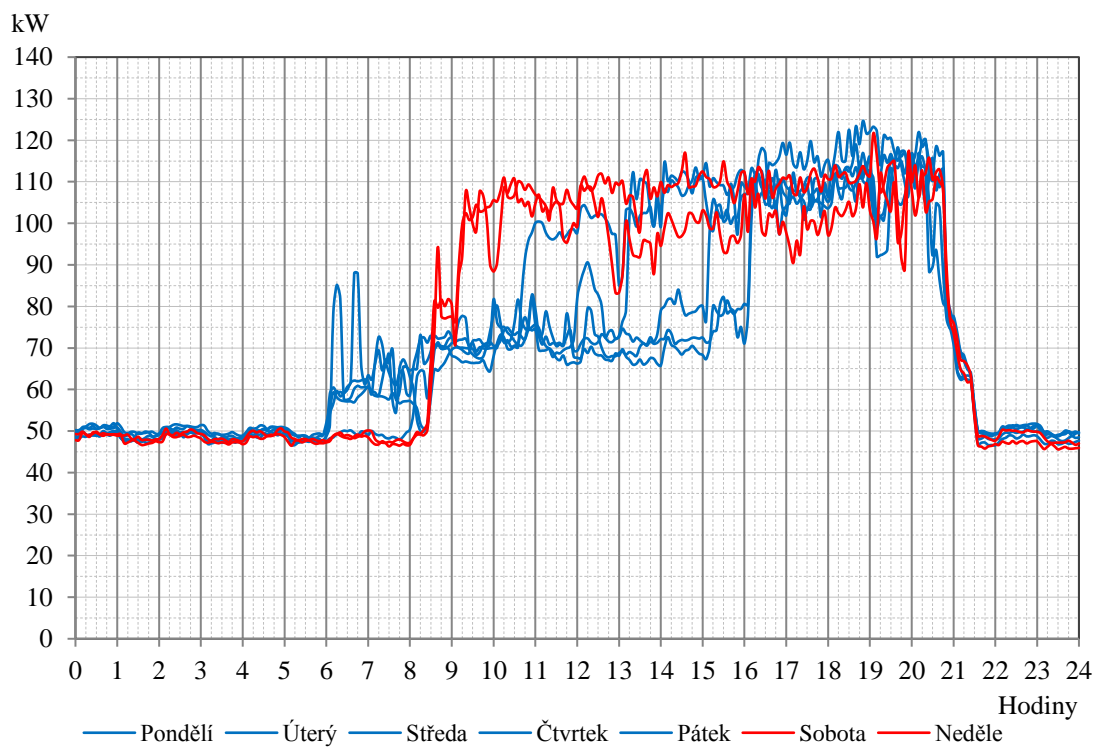
Graf C 7: Průběh odběru elektrické energie během dne – Neděle



Graf C 8: Průběh odběru elektrické energie během týdne prostřednictvím jednotlivých dní



Graf C 9: Průběh odběru elektrické energie během týdne – pracovní dny a víkend



13.3 Závěr Experimentu

Prostřednictvím měření spotřeb elektrické energie na městské plovárně v Luhačovicích od 25. 4. 2016 do 1. 5. 2016 jsem získal data, která mi pomohla při návrhu kogenerační jednotky, a také mi objasnilo představy o odběru elektrické energie během celého týdne.

Odběr el. Energie během celého týdne se měnil v závislosti na pracovní době plovárny, což jde nejlépe vidět v grafu E8, kde vidíme odběrové hodnoty všech dnů pohromadě.

Z tohoto grafu můžu říci, že odběry v pondělí a úterý jsou přibližně stejné, odběr začíná někdy okolo 6. hodiny ranní zhruba do 7. hodiny ranní, kde se odběr el. energie vyhoupe na hodnotu 85kW, poté se odběr ustálí na hodnotu okolo 70 kW. Odběrová špička nastává v 16:00, kdy hodnoty ukazují v průměru 115 kW a drží se až do 21:00. Poté odběr prudce klesá a nastává noční provoz, který vyžaduje 50 kW, trvá od 21:30 až do 6:00 a to celý týden.

Další podobné dny svými odběrovými profily jsou středa, čtvrtek a pátek. Opět zvýšený odběr oproti noci začíná okolo 6. hodiny ranní až do 8. hodiny, poté se hodnoty zvýší na 80kW. Poté je opět odběr ustálený tak jako v pondělí a úterý, a to na 75 kW. Poté každý den nabíhá na odběrovou špičku, kterou má každý den jinak. Středa začíná okolo 13:00 na hodnotě 110kW a drží si ji až do 21:00. Ve čtvrtek začíná odběrová špička v 15:00 a opět až do 21:00 s hodnotami mezi 100 – 115kW. Pátek má pak zvýšený odběr již od půl 11 a drží si 100 – 115kW až do 21:00. Noční hodnoty jsou opět na hodnotě okolo 50 kW.

Posledním odlišným provozem je víkend, který začíná mezi 8. a 9. hodinou ranní a trvá až do 21:00. Hodnoty odběru el. energie se o víkendu drží opět na hodnotě 100–115 kW. Noční hodnoty jsou totožné s hodnotami naměřenými během pracovních dnů.

14 ZÁVĚR DIPLOMOVÉ PRÁCE

Cílem mé diplomové práce bylo navrhnout optimální kogenerační jednotku pro Městskou plovárnu v Luhačovicích.

Tento cíl jsem pojal formou studie návrhu kogenerační jednotky pro plovárnu v Luhačovicích. První část se věnovala obeznámení se s lokací a představit si stávající kotelnu její zdroje tepla. V další části jsem se věnoval samotnému výpočtu potřebného výkonu pro návrh kogenerační jednotky. Ze zjištěného potřebného výkonu, který musí být objektu dodán, jsem navrhl dvě varianty provedení. Poté jsem ekonomickou bilancí zhodnotil jejich výhodnost. Závěrem je výběr varianty 2 a to kogenerační jednotky TEDOM Cento T80 s elektrickým výkonem 81 kW a tepelným výkonem 120 kW. Jednotka bude v provozu 4400 hodin/rok. Celková návratnost investice je 2,7 let a v horizontu 10 let by se mělo ušetřit bezmála 7 300 000,- Kč. To znamená, že investice je výhodná a změna zdroje tepla je více než správná volba.

Touto diplomovou prací jsem získal nové obzory v problematice kogeneračních jednotek a jejich návrhu. Obohatil jsem se o spoustu nových informací ohledně energetiky a myslím, že do budoucna je budu moct uplatnit v praxi.

15 POUŽITÉ ZDROJE

- [1] Výroba elektrické energie. PowerWiki [online]. ©2008 [cit. 2017-01-08]. Dostupné z: <https://www.powerwiki.cz/wiki/Vyroba>
- [2] Kombinovaná výroba elektřiny a tepla. EkoWATT [online]. ©2011 [cit. 2017-01-11]. Dostupné z: <http://ekowatt.cz/cz/informace/uspory-energie/kombinovana-vyroba-elektřiny-a-tepla>
- [3] KRBEK, Jaroslav a Bohumil POLESNÝ. Kogenerační jednotky - zřizování a provoz. Praha: GAS, 2007. GAS. ISBN 978-80-7328-151-9.
- [4] ING. DLOUHÝ, Tomáš, CSC. ČVUT PRAHA FSI. Kotelny a kogenerační jednotky[online]. Praha, 2002[cit. 2016-12-27]. Dostupné z: <http://fsi-net.fsid.cvut.cz/cz/U207/U2072/projektII.pdf>
- [5] DVORSKÝ, Emil a Pavla HEJTMÁNKOVÁ. Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie. Praha: BEN - technická literatura, 2005. ISBN 80-7300-118-7.
- [6] Mikrokogenerace. CNE Czech Nature Energy [online]. ©2017 [cit. 2017-01-08]. Dostupné z: <http://www.cne.cz/mikrokogenerace/ke-stazeni-mikrokogenerace>
- [7] Kogenerační jednotky TEDOM. Kogenerační jednotky Tedom [online]. 2016 [cit. 2017-01-08]. Dostupné z: <http://kogenerace.tedom.com/kogeneracni-jednotky-provedeni.html>
- [8] Typy kogeneračních zařízení a jejich použití. Dotace z EU na klíč [online]. 2013 [cit. 2017-01-08]. Dostupné z: <http://www.dotacni.info/typy-kogeneracnich-zarizeni-a-jejich-pouziti/>
- [9] Trigenerace a absorpční jednotky BROAD. Společnost BROAD [online]. ©2013 [cit. 2017-01-08]. Dostupné z: <http://www.broad.cz/broad2013/box5.php>
- [10] Trigenerační jednotky. Kogenerační jednotky Tedom [online]. 2016 [cit. 2017-01-08]. Dostupné z: <http://kogenerace.tedom.com/trigeneracni-jednotky.html>
- [11] Možnosti nasazení kogeneračních jednotek. Kogenerační jednotky Tedom [online]. 2016 [cit. 2017-01-08]. Dostupné z: <http://kogenerace.tedom.com/moznosti-nasazeni-reference.html>
- [12] KARAFIÁT, Josef, et al. Sborník technických řešení zdrojů s kombinovanou výrobou elektřiny a tepla [online]. Praha: ORTEP, s.r.o., 2006 [cit. 2011-04-23]. Dostupné z WWW: <<http://mpo-efekt.cz/dokument/15.pdf>>.
- [13] Platná cenová rozhodnutí: Cenové rozhodnutí č. 9/2015. Energetický regulační úřad [online]. Jihlava, 2015 [cit. 2017-01-08]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/cs/-/cenove-rozhodnuti-c-9-20-1>
- [14] Data provozovatele objektu Městské plovárny Luhačovice

- [15] Data získaná firmou TEDOM na vyžádání
- [16] Kogenerační jednotky ve školách. Kogenerační jednotky Tedom [online]. 2016 [cit. 2017-01-08]. Dostupné z: <http://kogenerace.tedom.com/kogeneracni-jednotky-download.html>
- [17] Kogenerační jednotky v hotelech. Kogenerační jednotky Tedom [online]. 2016 [cit. 2017-01-08]. Dostupné z: <http://kogenerace.tedom.com/kogeneracni-jednotky-download.html>
- [18] Kogenerační jednotky v bazénech. Kogenerační jednotky Tedom [online]. 2016 [cit. 2017-01-08]. Dostupné z: <http://kogenerace.tedom.com/kogeneracni-jednotky-download.html>
- [19] Kogenerační jednotky v nemocnicích. Kogenerační jednotky Tedom [online]. 2016 [cit. 2017-01-08]. Dostupné z: <http://kogenerace.tedom.com/kogeneracni-jednotky-download.html>
- [20] Kogenerační jednotky v průmyslových podnicích. Kogenerační jednotky Tedom [online]. 2016 [cit. 2017-01-08]. Dostupné z: <http://kogenerace.tedom.com/kogeneracni-jednotky-download.html>

16 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

KGJ	kogenerační jednotka
CZT	centrální zásobování tepla
SCZT	soustava centrálního zásobování tepla
KVET	kombinovaná výroba elektřiny a tepla
TUV	teplá voda
H _T	měrná potřeba tepla
H _{TP}	průměrná měrná potřeba tepla
ZP	zemní plyn
PKK	plynový kondenzační kotel
VZT	vzduchotechnika

17 SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ

Seznamy obrázků tabulek a grafů se generují automaticky podle titulků v textu.

Obrázky

Obr. A 1: Znázornění vývoje energetiky [1].....	14
Obr. A 2: Princip kogenerace a její přínos [3]	17
Obr. A 3: Uspořádání kogeneračních systémů.....	19
Obr. A 4: Příklad mikrokogenerace [6]	20
Obr. A 5: Ilustrace velikostí kogeneračních jednotek [7]	20
Obr. A 6: Příklad tepelného motoru – spalovací [6]	22
Obr. A 7: Schéma kogenerace s parní turbínou [4].....	24
Obr. A 8: Schéma kogenerace s plynovou turbínou [4].....	25
Obr. A 9: Spalovací motor Tedom [7]	25
Obr. A 10: Schéma kogenerace se spalovacím motorem [4]	26
Obr. A 11: Třígenerační jednotka s absorpční jednotkou – typ A	27
Obr. A 12: Třígenerační jednotka s absorpční jednotkou – typ B.....	27
Obr. A 13: Propozice společnosti TEDOM [16].....	32
Obr. A 14: Propozice společnosti TEDOM [17].....	33
Obr. A 15: Propozice společnosti TEDOM [18].....	34
Obr. A 16: Propozice společnosti TEDOM [19].....	35
Obr. A 17: Propozice společnosti TEDOM [20].....	36
Obr. B 1: Zeměpisná poloha Městské plovárny.....	39
Obr. B 2: Stávající plynové kondenzační kotle WOLF – 3x 275 kW.....	40
Obr. B 3: Zásobníkový ohřívač – 2x 2000 l.....	41
Obr. B 4: Kogenerační jednotka TEDOM Micro T50	52
Obr. B 5: Kogenerační jednotka TEDOM Cento T80	54
Obr. B 6: Základní sazba ročního zeleného bonusu [13]	57
Obr. B 7: Doplnková sazba I k základní sazbě [13].....	57
Obr. B 8: Navrhovaná kogenerační jednotka TEDOM Cento T80.....	65
Obr. C 1: Monitor distribučních sítí MDS 10.....	73

Tabulky

Tab. A 1: Historie vývoje kogenerace.....	16
Tab. B 1: Spotřeba zemního plynu – teplo za roky 2011-2014 [14]	41
Tab. B 2: Spotřeby elektrické energie za roky 2011-2014 [14]	42
Tab. B 3: Modelový rok – teplo	43
Tab. B 4: Stanovení parametru HT pro jednotlivé měsíce	45
Tab. B 5: Výpočet velikosti zdroje dle venkovní teploty.....	46
Tab. B 6: Algoritmus řešení jednotky TEDOM Micro T50.....	53
Tab. B 7: Algoritmus řešení jednotky TEDOM Cento T80	55
Tab. B 8: Ekonomické zhodnocení stávající kotelny	58
Tab. B 9: Ekonomické zhodnocení – varianta 1	59
Tab. B 10: Ekonomické zhodnocení – varianta 2	61

Tab. B 11: Ekonomická bilance - stávající stav, varianta 1, varianta 2	63
Tab. C 1: Odběr elektřiny během celého dne – Pondělí	74
Tab. C 2: Odběr elektřiny během celého dne – Úterý.....	75
Tab. C 3: Odběr elektřiny během celého dne – Středa	76
Tab. C 4: Odběr elektřiny během celého dne – Čtvrtek.....	77
Tab. C 5: Odběr elektřiny během celého dne – Pátek.....	78
Tab. C 6: Odběr elektřiny během celého dne – Sobota.....	79
Tab. C 7: Odběr elektřiny během celého dne – Neděle	80

Grafy

Graf B 1: Průměrná spotřeba tepla během roku.....	41
Graf B 2: Průměrná spotřeba elektrické energie během roku	42
Graf B 3: Modelový rok – teplo.....	43
Graf B 4: Roční diagram odběru tepla	47
Graf B 5: Poměr dodaného tepla KGJ a plynovými kondenzačními kotly	52
Graf B 6: Poměr dodaného tepla KGJ a plynovými kondenzačními kotly	54
Graf B 7: Návratnost – varianta 1	60
Graf B 8: Návratnost – varianta 2	62
Graf B 9: Návratnost – Stávající stav, varianta 1, varianta 2	64
Graf C 1: Průběh odběru elektrické energie během dne – Pondělí.....	74
Graf C 2: Průběh odběru elektrické energie během dne – Úterý	75
Graf C 3: Průběh odběru elektrické energie během dne – Středa.....	76
Graf C 4: Průběh odběru elektrické energie během dne – Čtvrtek	77
Graf C 5: Průběh odběru elektrické energie během dne – Pátek	78
Graf C 6: Průběh odběru elektrické energie během dne – Sobota	79
Graf C 7: Průběh odběru elektrické energie během dne – Neděle.....	80
Graf C 8: Průběh odběru elektrické energie během týdne prostřednictvím jednotlivých dnů....	81
Graf C 9: Průběh odběru elektrické energie během týdne – pracovní dny a víkend	81

Seznam příloh

- Výkres č. D1:** Půdorys kotelny – stávající stav
- Výkres č. D2:** Půdorys kotelny – varianta 2b
- Výkres č. D3:** Schéma kotelny – stávající stav
- Výkres č. D4:** Schéma kotelny – varianta 2a
- Výkres č. D5:** Schéma kotelny – varianta 2b