



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ
KATEDRA ELEKTROTECHNOLOGIE**

Ekonomická efektivnost malé kogenerace

Small cogeneration effectiveness

Bakalářská práce

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Studijní obor: Elektrotechnika a management

Vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Vašíček, CSc.

**Demura Aleksandra
Praha 2021**

|



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Demura** Jméno: **Aleksandra** Osobní číslo: **483854**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**
Specializace: **Elektrotechnika a management**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Ekonomická efektivnost malé kogenerace

Název bakalářské práce anglicky:

Small cogeneration effectiveness

Pokyny pro vypracování:

Popište dostupné technologie technologie malé kogenerace (do 1 MW)
Charakterizujte technickoekonomické parametry KGJ
Navrhněte způsob provozu kogeneračních jednotek pro vybrané velikosti
Proveďte ekonomickou analýzu navržených variant včetně vlivu podpor

Seznam doporučené literatury:

Dvorský, E. a Hejtmánková, P. Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie, Praha: BEN - technická literatura, 2005, ISBN 80-7300-118-7
IBLER, Zdeněk a kol. Technický průvodce energetika 1. a 2. díl, Praha, BEN - technická literatura, 2002
TEDOM a. s., Kogenerační jednotky - FIRMENÍ DOKUMENTACE, www.tedom.cz
Energetický regulační úřad, Podporované zdroje energie, vyhlášky a cenová rozhodnutí

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

doc. Ing. Jiří Vašíček, CSc., katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd FEL

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

Datum zadání bakalářské práce: **08.02.2021**

Termín odevzdání bakalářské práce: _____

Platnost zadání bakalářské práce: **30.09.2022**

doc. Ing. Jiří Vašíček, CSc.
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Mgr. Petr Páta, Ph.D.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Studentka bere na vědomí, že je povinna vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací.
Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studentky

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 13.08.2021

Aleksandra Demura

Poděkování

Rada bych touto cestou poděkovala panu doc. Ing. Jirí Vašíček, CSc. za poskytnuté rady a vstřícnost při tvorbě mé bakalářské práce. Dal bych chtěla poděkovat mé rodině a přátelům za podporu během studia a psaní bakalářské práce.

Abstrakt

Bakalářská práce se v teoretické části zabývá popisem typů kogeneračních jednotek a jejich technologií, a také popisem ekonomických parametrů vyhodnocení. V praktické části je popsána navržená varianta pro firmu, která bude používat kogenerační jednotku, parametry kogenerační jednotky. V závěru práce je posouzení o vhodnosti použití zvolené kogenerační jednotky a ukázán vliv „zelených bonusů“ na ekonomické vyhodnocení.

Klíčová slova

Kogenerační jednotka, kogenerace, zelený bonus, čísta současná hodnota, vnitřní výnosové procento.

Abstract

Theoretical part of this bachelor's thesis deals with a description of the types of cogeneration units and their technologies, as well as a description of the economic parameters of evaluation. The practical part proposes a variant for the company that will use the cogeneration unit and describes the parameters of the cogeneration unit. The main goal of last chapters is to evaluate effectiveness of usage the selected cogeneration unit and to show the effect of "green bonuses" on the economic evaluation.

Key words

Cogeneration unit, cogeneration, green bonus, net present value, internal rate of return.

Obsah

1. Úvod	1
2. Princip kogenerace.....	2
2.1. Kogenerační jednotka	2
2.2. Typy kogenerace a popis jejich technologií	2
2.2.1. Spalovací plynový motor	2
2.2.2. Spalovací plynová turbína	4
2.2.3. Parní turbína.....	5
2.2.4. Mikroturbína	6
2.2.5. Palivový článěk	7
2.2.6. Stirlingův motor.....	8
2.2.7. Organický Ranlinův cyklus(ORC).....	8
2.2.8. Trigenerace	9
2.3. Popis male kogenerace	10
2.4. Technologii, používané v male KJ.....	10
3. Technickoekonomické parametry KJ.....	11
3.1. Ekonomické metody pro hodnocení.....	11
3.2. Klasifikace nákladů a výnosu kogeneračních jednotek.....	12
3.3. Zelené bonusy malé kogenerace.....	14
4. Navrh způsobu provozu kogenerační jednotky	17
5. Vyber a parametry kogenerační jednotky	18
5.1. TEDOM Cento 100	18
6. Parametry ekonomického vyhodnocení navržených variant	19
6.1. Investiční náklady	19
6.2. Provozní náklady	19
6.2.1. Oprava a údržba.....	19
6.2.2. Osobní náklady	20
6.2.3. Palivový náklady.....	20
6.2.4. Odpisy	21
6.2.5. Nakup tepla od distributora	21
6.3. Provozní výnosy.....	22
6.3.1. Zelený bonusy.....	22
6.3.2. Výnos z prodeje elektřiny.....	22
6.3.3. Úspora za nakup elektrické energie.....	22
6.3.4. Úspora za nakup tepla.....	23
7. Ekonomické vyhodnocení navržených variant.....	24
7.1. Stanovení cash flow v jednotlivých letech	24

7.2.	Vypočet čiste současny hodnoty(NPV)	25
7.3.	Vnitřni výnosové procento.....	27
7.3.1.	varianta 1.....	27
7.3.2.	varianta 2.....	27
7.4.	Doba návratnosti	27
7.4.1.	Varianta 1	27
7.4.2.	Varianta 2	27
7.5.	Citlivostní analýza	28
7.5.1.	Vliv zelených bonusu na hodnotu NPV	28
7.5.2.	Vliv vyšší zelených bonusu na hodnotu NPV a IRR pro první variantu.....	29
7.5.3.	Vliv vyšší zelených bonusu na hodnotu NPV a IRR pro druhou variantu	30
8.	Závěr.....	32
	Použita literatura:	33
	Seznam obrázků.....	34
	Seznam tabulek	34
	Seznam grafů.....	34
	Seznam rovnic.....	35

1. Úvod

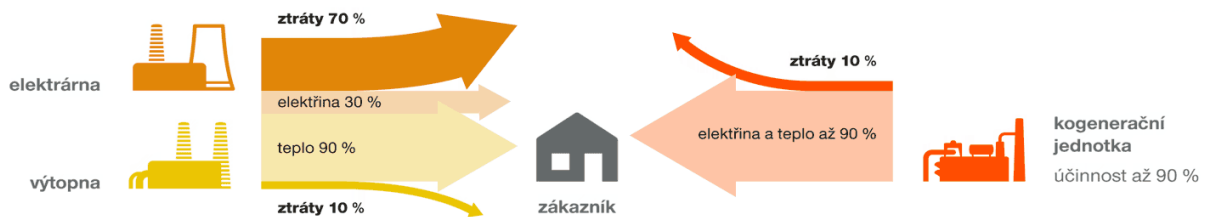
V dnešní době se musíme starat o životní prostředí kolem nás, protože je vzduch hodně znečištěn. Proto musíme začít používat alternativní zdroje energie. Jednou takovou variantou je kogenerační jednotky.

Předmětem této bakalářské práce je prozkoumat a navrhnout způsoby provozu kogeneračních jednotek pro různé velikosti vybraných strojů. Cílem práce je provádění ekonomického zhodnocení zvolených variant se vzhledem na „zelené bonusy“ od státu a zjistit, jaká varianta je výhodnější.

V úvodu této práce představím obecnou informaci o principech kogenerace a třídění ji podle technologií, používaných při výrobě. V další části ukážu technickoekonomické parametry, které obvykle používáme pro hodnocení investic. Pak navrhnu variantu provozu a dál spočítám výhodnost navržené varianty se zadanými parametry,

2. Princip kogenerace

Kombinovaná výroba energie je společná, postupná nebo současná produkce konečných forem energie přeměněných z primární formy v transformačních řetězcích a připravených k využití u spotřebitele. Nejčastějšími formami koncových energií využívaných ve spotřebě je elektrická a tepelná energie, takováto výroba se nazývá kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie (KVET, KV) nebo kogenerace.[1] Slovo kogenerace pochází s anglického co-generation.



Obrázek 1 Princip kogenerace [2]

2.1. Kogenerační jednotka

Kogenerační jednotka je aparát, který vyrábí společně teplo a elektrický proud pomocí spalovaného paliva. Technologie kogenerace jsou rozděleny na druhy podle maximálního dosažitelného výkonu a typů využívaného paliva. Podle výkonu můžeme rozdělit do dvou skupin: velké kogenerace (teplárenství), malé kogenerace (do 5 MW_E).



Obrázek 2 Kogenerační jednotky [4]

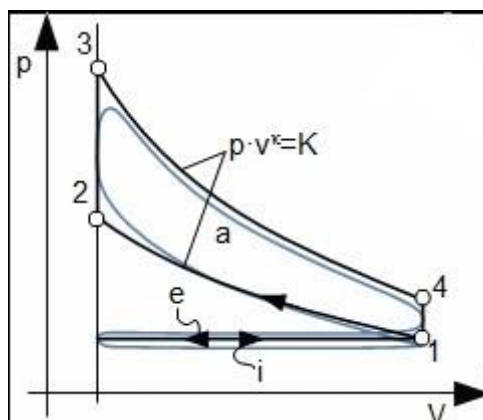
2.2. Typy kogenerace a popis jejich technologií

2.2.1. Spalovací plynový motor

Základním technologickým prvkem těchto jednotek jsou spalovací motory upraveny na plyné palivo. Spalovací motor je zpravidla pevnou spojkou spojen s elektrickým generátorem.[3]

Spalovací plynové motory je nejvíce zavedený typ primární kogenerační jednotky. V tomto typu motoru používáme pístové motory s vnitřním spalováním a dělí se na dvě skupiny podle způsobu zapalování paliva: zážehové, který používá jako palivo benzín a vznětové s používáním nafty.

Pro pohon zážehových motorů používáme zapalování vzduchu a paliva pomocí jiskry. Tepelný oběh, který probíhá při tomto zapalování, nazývá se Ottův. Ottův cyklus představuje ideální tepelní oběh, který se skládá z vratných termodynamických dějů.

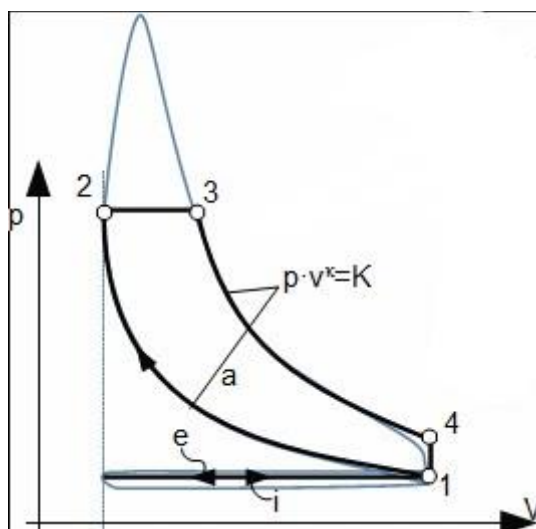


Obrázek 3 Ottův oběh-P-V diagram[10]

Na obrázku 3 je znázorněn ideální cyklus, který má plnou čáru a skuteční oběh, vyjádřeny pomocí tečkované čáry. Ve skutečnosti vidíme jiný oběh, protože motor neustále běží a kvůli tomu můžeme se jenom přiblížit k ideálnímu.

Podle P-V diagramu vidíme, že cyklus má 4 děje. V úseku („i“) vidíme podání pracovní směsi do válce. Jako druhou fázi („1-2“) můžeme pozorovat izoentropickou kompresi, což znamená, že máme uzavřený ventil a stlačovanou směs. V konečném stavu této fáze musí být dosažena teplota hoření, ale společně s tím musí být tlak a teplota menší, než je teplota zapálené směsi. V následujícím ději („2-3“) směs hoří, pomocí zapalovací svíčky, která přivede k rychlému shoření paliva. Kvůli tomu tlak a teplota se zvýší na konečný stav fáze. Přičemž víme, že ideální hoření probíhá izochronicky, to znamená, že objem zůstává konstantním. Pak máme adiabatickou expanzi horkých spalin („3-4“), při které píst pohybuje dolů. Poslední fázi („4-1“) větší část spalin je dopravena do výfuku a teplo se odvede. Cyklus končí v případě, když zbyly spáleny byly vytlačeny přes ventil („e“). Dále tento děj můžeme opakovat.

Pro pohon druhého způsobu, tj. vznětových motorů po dosažení zápalných hodnot, směs se zapálí sama. Do stlačeného vzduchu se píchá palivo. Oběh při tomto způsobu nazývá se Dieselův a přívod tepla prochází jenom při konstantním tlaku.

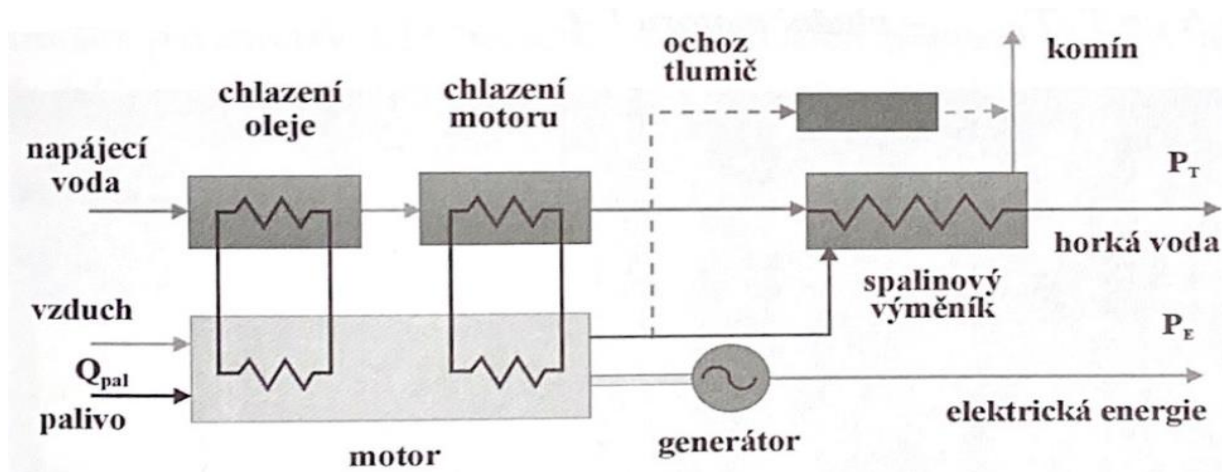


Obrázek 4 Dieselův oběh- P-V diagram[10]

Na obrázku 4 vidíme graf, který představuje tepelný ideální cyklus. V tomto cyklu odvod tepla prochází velmi rychle a při tom píst nepohybuje, přívod tepla se realizuje během expanze. Modrou čarou je označen průběh, který považujeme za reálný oběh, černou čarou máme předpokládané, tj. ideální oběh. Na rozdíl od oběhu zážehového vzletový oběh pro zažehnutí paliva musíme dosáhnout většího stlačení a na začátku stlačujeme jenom vzduch.

Oběh taky má 4 děje. Za první („i“) musíme, aby píst byl dopraven k dolní úvratí pomocí sání vzduchu a ventil musí být otevřen. Pak se ventil uzavírá a kvůli tomu dochází k izoentropické kompresi vzduchu na konci fázi 1-2 tlak a teplota musí být na bodu samovznícení vzduchu a paliva. Do stavu 3 za úkol máme dosáhnouti správné rychlosti pístu k dolní úvratí, protože hoření směsi musí probíhat izobarický. V další fázi („3-4“) probíhá adiabatické rozšiřování. V poslední fázi tlak musí klesnout do hodnoty tlaku v bodě 1, to probíhá pomocí vyfouknutí přetlakem větší části spalin. Ten děj probíhá izohorický a píst se zastaví do té doby, když nedojde do požadovaného tlaku. Teplo z paliva vždycky uvolňuje se ideální izobarický.

Princip práce kogenerační jednotky využívající spalovací motor je znázorněn na obrázku 5. Jako palivo používáme nejčastěji zemní plyn, ale také můžeme se potkat případy použití bioplynu či důlního plyn. Na začátku spalujeme plyn pro výrobu elektřiny, pak z jednotlivých částí motoru a ze spalin obdařeno teplo dopravuje do spotřebitele. Plyn a vzduch podáváme do spalovací komory motoru. Motor je poháněn generátorem, který používáme pro výrobu elektrické energie. Pak ze spalinového výměníku a z části motoru dostáváme tepelnou energii, kterou dodáváme do spotřebitele.



Obrázek 5 Schema kogenerační jednotky se spalovacím motorem[1]

Dodávané teplo může být ve formě horké vody nebo páry o nízkých parametrech. Tepelnou energii můžeme odebírat ze 4 míst: vyfukovacích spalin, chladicí vody motoru, chlazení kompresoru spalovacího vzduchu a mazacího oleje motoru. Spaliny mohou dosahovat 450-650°C na výstupu z motoru. Skoro polovina tepla jde na chlazení motoru. Chladicí voda má teplotu 90-100°C. z celkového množství odváděného tepla můžeme regenerovat 70-80%. [1]

Za hlavní nevýhody považujeme vysoké náklady na údržbu a nutnost chladit, i když nepracuje. Jako hlavní výhody jsou nízké investice za instalovaný elektrický výkon, můžeme provádět opravy přímo v místě použití.

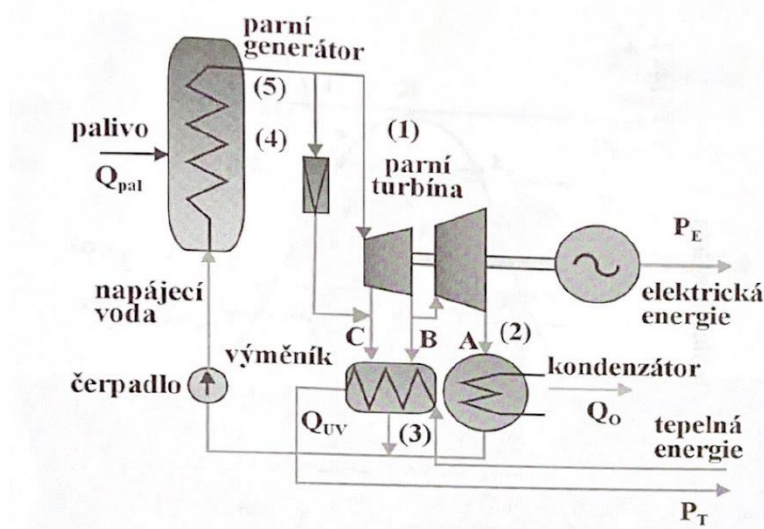
2.2.2 Spalovací plynová turbína

Plynové (spalovací) turbíny jsou nejpoužívanějším typem primární kogenerační jednotky, se kterým pracuje plynové turbíny se nazývá Braytonův cyklus. Braytonův oběh (cyklus) znamená to, že přívod a odvod tepla prochází při konstantním tlaku. Jako pracovní látku používáme vzduch, který na začátku stlačujeme kompresorem, při spalování paliva ve spalovací komoře dodáme tepelnou energii a pak v turbíně dojde k tlakové expanzi. Vyrobenu technickou orací můžeme použít několika způsoby: většina

výstupní pára, a tím získáváme technickou práci. Do tepelné spotřeby může vstupovat veškeré množství páry, která prochází skrz turbínu. Samotná výstupní para vstupuje do kondenzátoru nebo do tepelného výměníku.

Systémy s parními turbínami můžeme rozdělit na dvě skupiny: protitlaké a kondenzační. A to rozdělení děláme s ohledem na místo odběru tepelné energie pro dodávku tepla a množství páry podílející se na výrobě elektrické energie a tepla. Rozdíl mezi těmito skupinami spočívá v tom, že protitlaky turbíny využívají pro dodávku tepla veškeré množství páry použité pro získání technické práce a dodávají tepelnou energii, u kondenzační turbíny naopak preferuje výroba elektrické energie.

Parní turbíny mají dlouhou dobu životnosti a vysokou celkovou účinnost, ale pomalý start. [1]



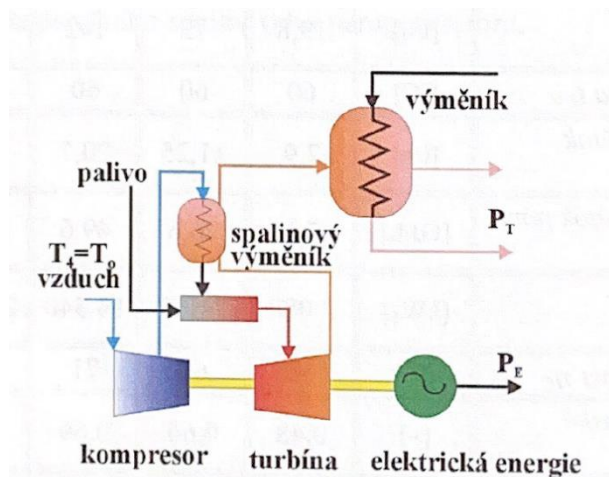
Obrázek 8 Schema KJ s parní turbínou[1]

2.2.4. Mikroturbína

Mikroturbína jednou z nejnovějších technologií, používaných u kogenerace. Pracuje na principu spalovací turbíny a mají vysokorychlostní generátory. Nova technologii spočívá v tom, že nemusíme používat převodovku, a s tím nemusíme provádět kontrolu stavu oleje a jeho doplňování a výměnu, protože rotor generátoru vydrží vysoké otáčky. Zároveň generátor bez použité převodovky lehčí a kratší. Pracuje s Braytonovým oběhem stejně jako velké plynové turbíny. V mikroturbíně používají co nejnižší teplota vzduchu do kompresoru, ale musí být větší tlakový poměr a vstupní teploty. Můžeme použít dvou hřídelové uspořádání, kdy na jednom hřídeli bude kompresor o vysokých otáčkách a na jiném turbína s generátorem. S takovým uspořádáním nemusíme upravovat elektrický proud, ale musíme využít více rotujících částí. Pro dosažení úspory místa, větší účinnosti a menších ztrát sáláním při malých výkonech v MT používá radiální proudění pracovního média. Při použití spalínového výměníku pro přehřev spalovacího vzduchu (rekuperátor) bude výrazně zvyšuje účinnost, ale snižuje se teplota využitelná při dodávce tepla.

Jako hlavní výhody KJ s použitím technologii mikroturbíny je malá hmotnost a malé rozměry, přijatelná výška hluku, jednoduchá instalace a malé náklady na údržbu, ale za hlavní nevýhodu považujeme vysoké náklady na instalaci a zakoupení stroje.

Za hlavní faktory při volbě mikroturbíny považujeme malou produkci emise, vysoký modul teplotenské výroby a koncentrace tepelné spotřeby do malé oblasti. [1] [6]



Obrázek 9 schéma KJ s mikroturbínou.[1]

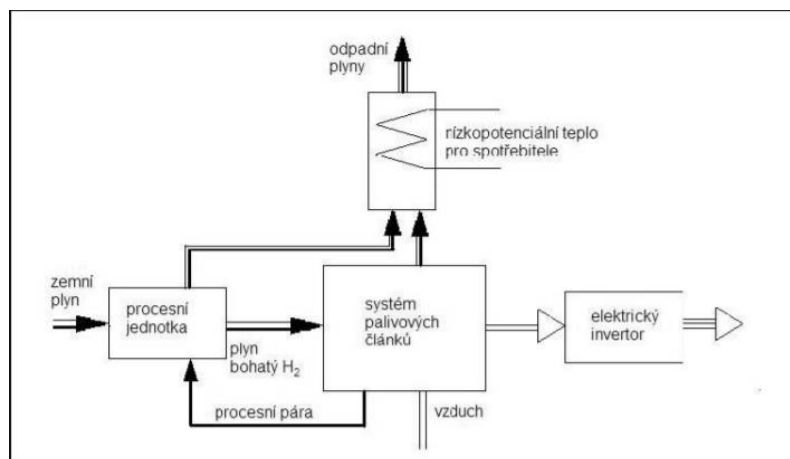
2.2.5. Palivový článek

Palivový článek představuje sebou elektrochemické zařízení, které slouží pro přeměnu chemické energie na elektrickou. S využitím elektrolytu pomoci exotermního procesu musí vyrábět elektrickou energii, kde zdrojem slouží vodík a kyslík přímo ze vzduchu.

Na obrázku 10 je znázorněn princip práce kogenerační jednotky s využitím palivového článku. Zařízení pracuje na základě elektrochemických procesů. Kogenerační soustava, kde bude využit palivový článek zahrnuje v sobě kromě článku ještě palivový procesor, měnič proudu a systém na rekuperaci tepla.

Palivový článek představuje sebou dvě elektrody, které jsou oddělené elektrolytem. Z elektrod odebíráme elektrický proud. Elektrolyt může být jak voda, tak i kapalně látky. Záporná elektroda, které říkáme anoda, přijímá vodík a kladná elektroda, katoda, přivádí k sobě kyslík. Pak rozdělujeme vodík na kladné nabitě vodíkové ionty a elektrony pomocí katalyzátorů na anodě. Kyslík je ionizovaný a dopravuje se elektrolytem k části anody, a tam stlačuje se s vodíkem.

Za nejlepší palivo pro palivový článek považuje se přímo vodík, ale s tím souvisí problém skladování. Proto používá zemní plyn. Dneska palivové články se moc nepoužívají vzhledem v velké ceně výroby. Ale v budoucnu existuje možnost snížení ceny, jestli bude probíhat hromadná výroba. Ten způsob je velmi nadějný pro kogenerační jednotky z několika hledisek. Například palivové články nemají otáčivé části, které musíme nahrazovat vždycky po dobu životnosti novými. Jsou provozně spolehlivé a velice tiché, mají velmi nízkou emisi.



Obrázek 10 Schéma zařízení pro kogenerační využití palivových článků[5]

2.2.6. Stirlingův motor

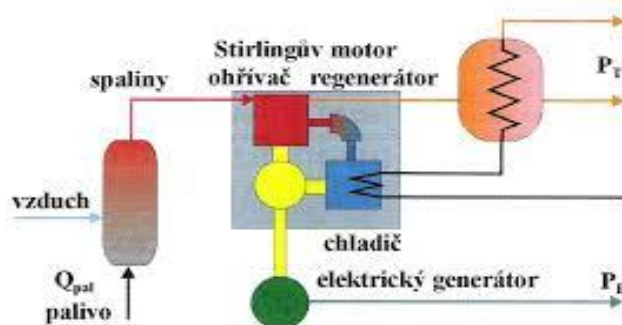
Stirlingův motor je jednou z nejstarších technologií, používaných v kogeneračních jednotkách. byl vyvinut v 19. století jako alternativa parním motorům. Tento motor jako první obsahoval generátor, který zvyšoval účinnost stroje.

Stirlingův motor je pístový motor s vnějším spalováním, ve kterém se uvolněná tepelná energie předává pracovní látce tepelného oběhu. Nejčastěji je to helium, vzduch, dusík nebo CO_2 . Látka je střídavě stlačována ve studeném válci (kompresní prostor) a expanduje v horkém válci (expanzí prostor). Teplo je přiváděno do okruhu z vnějšího zdroje přes tepelný výměník (ohřívač). [1]

Princip práce motoru spočívá ve využití horké spaliny kotle. Pracovní plyn nachází v motoru uzavřeným a zahřátím rozpíná se, tlačí na píst a otáčivý pohyb vyvolává přes klukovou hřídel. Elektrický proud získáváme pohybem v generátoru. Tímto způsobem tepelná energie se změnila na kinetickou, dále kinetická energie na elektrickou. Motor musí mít vhodně vybrány plyn, který bude dobře tepelný vodivý. Takže musí být vybraná správná tepelná roztažnost neboli jak hodně se změnil objem plynu při změně teploty. Aby pracovní médium pracoval pod vysokým tlakem, staví se přetlakový motor. [9]

Za výhody Stirlingova motoru můžeme považovat žádný dodatečný zdroj tepla, nezávislost výroby elektrické energie na tepelné, nízké emise, jednoduchost řízení. Jako nevýhody uvedeme provoz v oblasti nízkých výkonů a nízkou mechanickou účinnost.

Hlavní faktory pro volbu Stirlingova motoru je možnost požití odpadového paliva, požadavek snížené hlučnosti, mobilní umístění zdroje, vysoký modul teploty výroby.



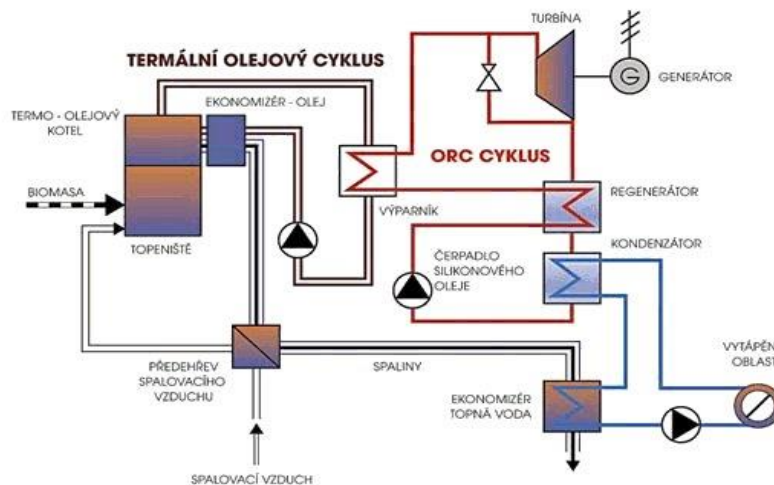
Obrázek 11 schéma KJ se Stirlingovým motorem[1]

2.2.7. Organický Rankinův cyklus (ORC)

Organický Rankinův cyklus (ORC) funguje na principu tepelného oběhu v konvekčních elektrárnách a teplárnách, ale rozdíl je v použité pracovní látce pro pohon turbín. V klasickém bloku používáme vodu, avšak u ORC se využívá směs organických sloučenin, nejčastěji silikonový olej. Tato hmota je vhodná k požití v tepelném oběhu kvůli svým termodynamickým vlastnostem. Organické látky je vhodné používat ve dvou případech: při nízkých teplotách nebo při požití nízkých výkonů.

Velkou výhodou požití oleje je to, že drží v kapalném stavu při značně nižších teplotách než voda. Do sekundárního okruhu ve výparník předává olej teplo, kde se pracovní organická látka vypařuje, dosahuje většího tlaku než má olej a organické páry jsou vedeny do parní turbíny, kde expanduje. Do kondenzátoru je vedena para za turbínou, kde kondenzuje po odebrání výparného tepla chladičí vodou, která pak do objektu na této síti dodává teplo. Organické látky, které používáme jako alternativa vody v sekundárním tepelném oběhu musí splňovat předpisy a normy ve vztahu k životnímu prostředí.

Typickým využitím pro ORC je kotelny na biomasu, kde primární energie paliva využívá se na výrobu tepla a elektrické energie. Při takovém požití celková účinnost kogenerace kolem 85%, ale v klasické tepelné elektrárně účinnost dosahuje cca 30% a teplo s kondenzací odvedeno do okolí. [8]

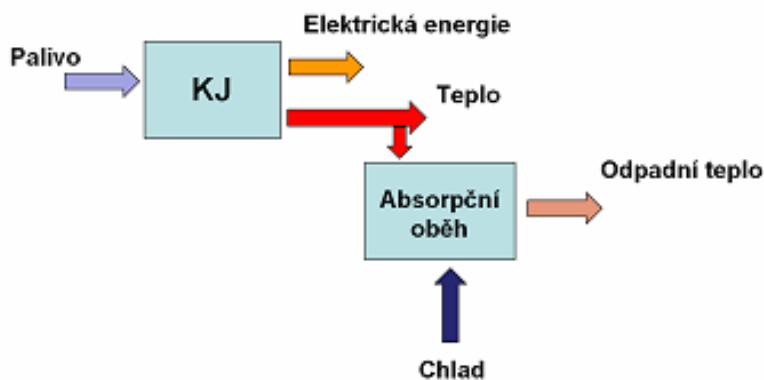


Obrázek 12 Princip ORC [8]

2.2.8. Trigenerace

Trigenerace je současná výroba tepla a elektřiny v zimě (kogenerace), rozšířená v letním období o chlazení. Teplo je v létě přeměňováno na chlazenou vodu. K chlazení není používán kompresor poháněný vyšší formou energie (kupovanou elektřinou), ale absorpční chladicí jednotka poháněná odpadním teplem ze spalovací turbíny nebo plynového motoru, vyrábějícího elektrický proud. [6]

Spojení kogenerační a absorpční jednotky je nezávislé na sobě a fyzické je to propojeno pouze v místech tepelných výměníků. Pomocí využití technologií trigenerace můžeme používat stroj delší dobu, také použití je výhodné z ekonomického hlediska. Existuje dva způsoby, kterými můžeme provést chlazení: kompresorové a absorpční. Základem kompresorového chlazení je pohlcení tepla ze systému pracovní látkou a zároveň její odpařování ve výměníku. Principu absorpčního chlazení požívá znalost, že pracující látka (voda) má při různé vypařovací teploty při odlišných tlacích. Absorpční chlazení je horší než kompresorové z několika hledisek: investiční náklady, hluk, rozměry.



Obrázek 13 Princip trigenerace [7]

2.3. Popis male kogenerace

Pod pojmem malá kogenerace rozumíme kogenerační jednotky do výkonu 5 MW, které vyrábí tepelnou a elektrickou energii v místě použití. Vyrobené teplo slouží k ohřevu vody a otápení objektu. Malá kogenerační jednotka vyrábí energii, která bude spotřebovaná a zbytek můžeme prodávat do sítě. Nejčastěji toto zařízení instaluje do rodinných domů nebo do menších skupin budov, například školy a administrativní budovy.

Pro ohřev vody a otápení budovy malou kogenerační jednotku můžeme nahradit kotlem, ale v tomto případě budeme musít spotřebovat elektřinu od distributora přes síť. Vzhledem k vysokým nákladům na KJ ve srovnání s kotlem má smysl ji instalovat jenom tam, kde se budeme snažit co nejvíce pokrýt svůj diagram spotřeby. Podle toho kogenerační jednotku bude vhodné instalovat v místě, kde bude největší odběr tepla a elektřiny. Například penziony, malé hotely, nemocnice.

V dnešní době existuje několik výrobců malých kogeneračních jednotek. Například společnost TEDOM je jednou z největších na trhu výroby v České republice. Také velmi rozvinutá je německá firma Viessmann, která má více než 25 let zkušeností ve výrobním oboru. Ale existuje ještě velká řada podniků, které vyrábí nebo používají kogenerační jednotky, například Rolls Royce, Bosh a další.

2.4. Technologii, používané v male KJ

Existuje několik z výše uvedených technologií, které se používají při výrobě malých kogeneračních jednotek: spalovací motory, mikroturbíny, palivový články a Stirlingovy motory.

Nerozšířenějším způsobem je spalovací motory. To má několik důvodů, například cenová nedostupnost ostatních variant, proto ostatní technologii považuje spíše za doplňkové. Takže společnosti mají velkou výrobu kogeneračních jednotek se spalovacími motory, ostatní nejsou tak dostupné. Jako další příčina je velká nedostupnost součástek a servisu. Ale v budoucnu existuje velká možnost zvětšení výroby ostatních technologií z důvodu jejich významných výhod.

Velkou výhodou spalovacích motorů je jejich široké využití, například v automobilu. Také mají nízkou cenu a je už dost vyzkoušena. Jako nevýhoda je velké množství otáčivých částí, což musíme měnit po době jejich životnosti. Jako novou technologii můžeme používat palivové články s nízkou emisí, ale není to výhodné, protože mají vysoké náklady, nízkou dobu životnosti a neschopnost skladování a dopravy vodíku do KJ. Další možností je Stirlingův motor, který taky má nízkou emisí a velmi jednoduché složení. Avšak nemůžeme to použít kvůli malé zkušenosti v používání malých výkonů. Takže potřebují vnější přívod tepla. Jako poslední typ je kogenerační jednotky využívající mikroturbínu. Z hlediska servisu má výhodu v menším počtu rotujících částí, což znamená lehkou údržbu, ve svých rozměrech je malá. Ale jak ostatní nové technologie nemá velkou výrobu a je používána zejména v nějakých výzkumech.

Nejrozšířenějším typem paliva je zemní plyn. Používáme ho, protože má jednoduchou dopravu do místa nacházení kogenerační jednotky, z ekonomického hlediska, což je nízká cena a velké množství dodavatelů, má také velký plus. Navíc nemusím provádět nějakou úpravu navíc před použitím. Jako další paliva se používají bioplyn, nafta nebo benzin pro spalovací motory či důlní plyn. Ale použití biologických paliv je složité z důvodu velkých technologických požadavků. Navíc skoro všechny výrobce počítají s zemním plynem, když počítají dobu životnosti.

3. Technickoekonomické parametry KJ

3.1. Ekonomické metody pro hodnocení

Před instalaci a začátkem provozu kogenerační jednotky musíme posoudit o výhodnosti instalace vybrané KJ oproti dalším variantám výrobku a jiným možnostem, které můžeme použít pro pokrytí požadované spotřeby energie. Když musíme posuzovat o výhodnosti instalace a využití určitého typu podání energetického produktu, budeme respektovat jejich dlouhodobost. Také si musíme pamatovat jiné obecné zásady ekonomických výpočtů. Například při těchto výpočtech musíme použít správná kritéria ekonomické efektivnosti. Také nesmíme zapomenout na daňové souvislosti, důsledky financování, nalezení správného hlediska pro hodnocení vybrané varianty. Dále důležité věci jsou výpočet peněžního toku, tak zvaného cash flow (CF) a počítání se všemi položkami, jako výnos kapitálu, diskont a podobné.

Pro ekonomické hodnocení a porovnání vybraných kogeneračních jednotek je vhodné použít několik ukazatelů: doba návratnosti, aktualizace finančních toku (NPV) a vnitřní výnosové procento (IRR). Teď ukážeme blíže každý ukazatel.

Doba návratnosti ukazuje, kolik musíme mít v provozu kogenerační jednotku, aby se vrátili všechny investice. Splátky jsou suma všech zisku nebo úsporek, které vzniklo v provozu vybrané varianty. Tento ukazatel je nejvíce používán při hodnocení variant a vždycky předpokládáme, že zisk nebo energetická úspora bude konstantní každý rok.

Značíme dobu návratnosti jako PBP a má vztah:

$$PBP = \frac{N_{i,c}}{Z_r} = \frac{N_{i,c}}{\Delta N_{c,r}} [\text{roky}]$$

Rovnice 1 Doba návratnosti

Kde $N_{i,c}$ jsou celkové investiční náklady

$\Delta N_{c,r}$ jsou celkové roční úspory nákladů.

Ale tato metoda nebere v potaz časovou hodnotu peněz.

Aktualizace finančních toku označuje obvykle jako NPV (Net Present Value) a vyjadřuje čistou současnou hodnotu všech peněžních toků, které souvisí s projektem do kterého investujeme.

Vyjádříme to pomocí vztahu:

$$NPV = \sum_{t=0}^T CF_t * (1 + r)^{-t}$$

Rovnice 2 NPV (Net Present Value)

kde CF_t jsou tok hotovosti v čase t

r jsou diskontní sazba

t jsou čas, který počítáme.

Jestli hodnota NPV bude záporná, tak můžeme považovat projekt za ekonomicky nevýhodný. V případě, když budeme mít ve výsledku 0, tak se výnos bude rovnat zvolenému diskontu, což znamená, že jsme dosáhli očekávaného výsledku. Je-li NPV větší než nula, budeme mít větší zisk z investic s nárůstem čisté současné hodnoty. Diskontní sazba se může měnit v průběhu životnosti investice.

Vnitřní výnosové procento, které se značí jako IRR(Internal Rate of Return). Tato hodnota vyjadřuje diskontní míru, při které čistá současná hodnota se rovná nule.

$$\sum_{t=0}^T \frac{CF_t}{(1 + IRR)^t} = 0$$

Rovnice 3 IRR(Internal Rate of Return)

Ve skutečnosti IRR vyjadřuje hodnotu, při které NPV se rovná nule. Proto můžeme říct, že čím větší výsledné procento budeme mít, tím výhodnější bude investice. Tato metoda je přesnější, než ostatní, ale má několik obtížností. Spočívá to v tom, že křivka NPV může protknout osu ve dvou místech, což bude znamenat, že IRR bude mít dvě hodnoty. Ve skutečnosti ukazuje, že vnitřní výnosové procento bude ležet uvnitř křivky nebo vně..

3.2.Klasifikace nákladů a výnosu kogeneračních jednotek

Pro ekonomické vyhodnocení musíme rozdělit finanční položky, které jsou spojeny s instalací a provozem a dalšími parametry kogenerační jednotky. Můžeme to rozdělit do dvou skupin:

- Výdajové
- Příjmové

Výdajovou část také můžeme roztrždit na:

- Náklady
- Výdaje

Pod pojmem náklady rozumíme finanční záležitosti související se spotřebou materiálu, mzdami nebo odměnami za práci, kterou výkonová pracovník pro instalaci, údržbu a další. Do pojmu náklady můžeme zahrnout jenom položky, který lze spojit s instalací a provozem kogenerační jednotky.

Výdaje představuje sebou hodnotu peněz, která snižuje zisk, tj tady můžeme mluvit o úrocích z půjček ap od.

Příjmové položky souvisí s získáním částky, která realizuje se pomocí práce KJ. Příjmy mohou vzniknout prodejem energie nebo tepla z kogenerační jednotky. Při stanovení prodejní ceny musíme respektovat všechny náklady v tomto období a obdržení zisku.

Část příjmů za určitý úsek času tvoří výnosy. Výnosy vznikají u komerčních variant kogeneračních jednotek v důsledku vzniku prodejních komodit.[1]

Za celkové výnosy považujeme součet všech jednotlivých výnosů.

Za další klasifikace považujeme rozdělení nákladů, což můžeme dát do dvou skupin:

- Náklady na výstavbu – jednorázové náklady, který souvisí s investicí do kogenerační jednotky.
- Náklady na provoz - proměnný náklady, který souvisí s provozem a závisí na změně nákladových položek a využití KJ.

Jako další můžeme rozdělit náklady do skupin, které souvisí s boudami vstupujícími do výrobního procesu:

- Materiálové náklady – zahrnují v sobě náklady na materiály a takže odpisy, služby apod.
- Mzdové náklady – souvisí s lidskou prací pro údržbu, případné opravy apod,
- Ostatní náklady – do této skupiny nákladů můžeme dát úroky, pojištění, sociální příspěvky a tak dále.

Výrobní náklady tvoří se součet všech třech typů nákladů. Pomocí provozních nákladů můžeme posoudit o výhodnosti jednotlivých variant mezi sebou.

Za další členění nákladu považujeme závislost na objemu výroby. A to můžeme rozdělit na:

- Stálé náklady – část nákladů, která nezávisí na objemu vyrobené produkce. Do této skupiny patří odpisy, mzdy, náklady na opravu a údržbu.
- Proměnné náklady – tvoří část nákladů, která se mění s objemem výroby. Do proměnných nákladů můžeme dát náklady související s dopravou, materiálem apod.

Také velkou část nákladu tvoří investiční náklady. Obvykle se dělí do třech skupin:

- Kapitálové (náklady na pořízení) – souvisí pouze s cenou kogenerační jednotky od dodavatelů
- Připojení (náklady na instalace) – vznikají v místě instalace KJ. Představují sebou náklady na stavební úpravy, připojení zařízení do spotřeby tepelné a elektrické energie.
- Projektové – má v sobě náklady na zaškolení pracovníků, další poplatky za instalaci, zahrnuje také i dodatečné náklady, což jsou například bankovní poplatky a tak dál.

Za velké provozní náklady považujeme odpisy. Investor vždycky bude chtít, aby vložené peníze byly s co možná nejmenší dobou návratnosti. A proto je vhodné použít splácení velké investice do více let. Toto rozložení na příslušné části investičních prostředků je většinou dáni dobou životnosti kogenerační jednotky a příslušná část se nazývá odpis.[1]

V části odpisu zavedeme několik důležitých pojmů. Na začátku vysvětlíme termín doba odepisování.

Doba odepisování je rozdělena do skupin, pro které je stanoven určitý počet let pro odepisování. V České Republice daňový zákon rozděluje investice do šesti skupin.

Odpisová skupina	Doba odepisování	Příklad odpisovaného majetku
1	3 roky	Chovná zvířata, kancelářské stroje a počítače, elektrické přístroje pro telefonii nebo telegrafii po vedení včetně faxů, Měřicí, kontrolní, zkušební, navigační a jiné přístroje a zařízení kromě: vah, kreslicích a rýsovacích přístrojů a nástrojů pro měření délky, ... atd.
2	5 let	Vysílací přístroje, motorová vozidla pro přepravu 10 a více osob, jeřábové automobily, dvoustopá motorová vozidla osobní, generátorová soustrojí se zážehovými a spalovacími motory a ostatní generátorová soustrojí do 2,5 MW elektrického výkonu atd.
3	10 let	Prefabrikované betonové části a celky, ocelové konstrukce stožárů a sloupů, trezory, parní kotle, vznětové motory, turbíny, hydraulické a pneumatické pohony, vzduchové kompresory, pece, elektromotory, trafostanice, lodě, vrtulníky, letouny, kosmické lodě atd
4	20 let	Budovy ze dřeva, oplocení, sila, svršky drah věže, komíny, vedení trubní, telekomunikační a elektrická, koupaliště, konstrukce vinic atd
5	30 let	Budovy, komunikace, plochy letišť, mosty, tunely, akvadukty, nádrže, jímky, vrty a studny, lanové dráhy, byty a nebytové prostory atd.

6	50 let	Budovy hotelů, administrativní a obchodních domů, podzemní budovy, muzea, knihovny, kostely, historické a kulturní památky atd.
---	--------	---

Tabulka 1 - odepisování investičních nákladů[12]

Také existuje dva způsoby provádění odpisů:

- Rovnoměrné odepisování – v prvním roce stanoví se maximální procento odpisu od pořizovací části ceny a ve všech ostatních rocích se dělí rovnoměrně,
- Zrychlené odepisování – v tomto typu odepisování se přiřazuje koeficient zrychleného odepisování. V prvním roce odpisová část daná se podílem pořizovací ceny a prorazného koeficientu. V dalších letech to je podíl dvojnásobkem zůstatkové ceny a rozdíl mezi přirozeným koeficientem a počtem let, po které to už bylo odepsáno.[1]

Jako další termín je důležitý odepisovat oprávněnost. Ona je daná výškou pořizovací investic a záleží na poskytnuté státem dotace nebo jiných typech rozpočtů.

Za poslední rozdělení nákladů považujeme provozní náklady. Hodnota provozních nákladů zaleží na typu kogenerační jednotky, typu připojení do systému podání paliva. Jejich velikost může značně ovlivnit investiční náklady. Například můžeme snížit náklady na úpravu a údržbu instalováním monitorovacích a diagnostického systému. Provozní náklady se dělí na:

- Palivové náklady - tato část má největší náklady, může dosáhnout až 80% všech provozních nákladů. Náklady na palivo bude většinou hlavní pro rozhodování o instalace kogenerační jednotky. Cena paliva se sklada nejenom z ceny samotného paliva, ale také z ceny na skladování, dopravu, úpravu. Vývoj cen paliva během provozu může vážně ovlivnit dobu návratnosti kogenerační jednotky, proto je určité dobře zvolit osvědčený palivový zdroje nebo dodavatele. Nejlepší varianta je zajištění připojení k distributorů, proto že doprava nabývá poměrně vysokých hodnot.
- Mzdové náklady – budou vždycky úměrné výkonu, který přináší kogenerační jednotka a použitému palivu.
- Náklady na opravu a údržbu – záleží na typu používaného paliva, druhu použitého motoru. Výrobce vždycky uvádí dobu, po které musí projít kontrola stavu kogenerační jednotky a případná výměna. Špatné provozní podmínky, odstavení a další podobní příčiny mohou způsobit zmenšení doby provozu, tím zvětšuje četnost oprav a kontrol.
- Materiálové náklady – vždycky bude zaležet na typu motoru, který používáme v kogenerační jednotce a druhu paliva.
- Náklady na nákup energie – bude vznikat jen když kogenerační jednotka vyrábí menší energie, než potřebujeme pro provoz.
- Ostatní náklady – zahrnuje administrativní náklady, pojištění apod.

3.3.Zelené bonusy malé kogenerace

V České Republice existuje zákon, který klasifikuje typy podporovaných zdrojů energii. Podle toho zákona energetický regulační úřad každý rok stanoví cenové rozhodnutí pro podporu. Ale vyplacení tech dotací není garantováno po celou dobu životnosti kogenerační jednotky, proto málo kdo investuje do rozvoju, výroby a instalace KJ. Avšak rok od roku roste celková cena, která byla vyplacena uživatelům.

V tabulce 1 můžeme pozorovat vyšší podpor, stanoveny pro rok 2020. V používaném systému existuje dva typy kogeneračních jednotek podle kterých prochází rozdělení. Jsou to malé výkony, tj do 5 MW, a velké výkony, tj nad 5 MW. Vzhledem k tomu, že ve své bakalářské práci se zabývám malými výkony mám uvedenou tabulku pro výkony do 5 MW. Jak vidíme, tabulka je rozdělená do dvou větších skupin. Rozdíl

spočívá v tom, že druhá část se zabývá podpořením elektřiny vyrobené z obnovitelných zdrojů a důlního plynu z uzavřených dolů(bod 1) a spalováním důlního plynu z otevřených a uzavřených dolů(bod 2.1) . Také z tabulky plyne, že sazba podpory je rozdělena do tří skupin podle instalovaného výkonu a pak každá z těchto skupin se dělí ještě na dvě podle provozních hodin. Druhá velká skupina má jenom jednu kategorii instalovaného výkonu a počet provozních hodin. Také z tabulky můžeme udělat závěr, že s rostoucí instalovanou výkonu a provozních hodin klesá výše zeleného bonusu, který je vyplacen za MWh.

Podporované druh energie	Instalovaný výkon výrobný[kW]		Provozní hodiny kogenerační jednotky[h/rok]	Zelené bonusy[Kč/MWh]
	Od	Do(včetně)		
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	0	200	3000	1016
	0	200	4400	597
	200	1000	3000	647
	200	1000	4400	280
	1000	5000	3000	356
	1000	5000	4400	48
Elektřina z KVET vyroben ve výrobně elektřiny současně podporován podle bodu (1) a/nebo (2.1.) cenového rozhodnutí a elektřina z KVET vyrobená ve výrobně elektřiny spalující komunální odpad	0	5000	8400	45

Tabulka 2 – výše zeleného bonusu rok 2020- základní sazba[11]

Takže kromě základní sazby existuje doplňková, která může být vyplacena jenom v případě, že používán pro spalování ekologické palivo, například čistá biomasa, důlní plyn nebo bioplyn.

Podporované druh energie	Datum uvedení výrobný do provozu		Instalovaný výkon výrobný[kW]		Kategorie biomasy a proces využití	Zelené bonusy[Kč/MWh]
	od(včetně)	Do(včetně)	od	Do(včetně)		
Výrobní elektřiny spalující čistou biomasou	1.1.2013	31.12.2013	0	5000	O	100
Výrobní elektřiny spalující(samostatně) plyn ze zplynování pevné biomasy	1.1.2013	31.12.2015	0	2500	O	455
Výrobní elektřiny spalující bioplyn v bioplynové stanici	1.1.2013	31.12.2013	0	2500	AF	455
Výrobní elektřiny spalující důlní plyn	1.1.2013	31.12.2015	0	5000	-	455
Výrobní elektřiny spalováním komunálního odpadu nebo společným spalováním komunálního odpadu s různými zdroji energie	-	31.12.2012	0	5000	-	155

Výrobna elektřiny spalující(samostatně) plynné palivo s výjimkou OZE a DZ	-	31.12.2020	0	5000	-	455
--	---	------------	---	------	---	-----

Tabulka 3 – výše zeleného bonusu rok 2020- doplňková sazba[11]

Celková výše podpor počítané podle vztahu:[11]

$$C_{zb} = E_{KVET} * (ZB_{zakl} + ZB_{dopl})$$

Rovnice 4 Celková výšší podpor

Kde C_{zb} celková výše podpor na elektřinu z KVET

E_{KVET} množství elektřiny z KVET

ZB_{zakl} základní sazba zeleného bonusu

ZB_{dopl} doplňková sazba zeleného bonusu

Ale systém vyplacení zelených bonusu určitě má několik nedostatků. Jako první podle mého názoru je to, že nemůžeme předpokládat, jak bude vypadat podpora v následujících letech nebo bude-li vůbec. Vzhledem k tomu, že nákup kogeneračních jednotek je to dlouhodobá investice, většina lidí nechtějí kupovat a tím zpomaluje rozvoj nových technologií pro kogenerační jednotky. Další mínus je omezení podle provozních hodin. To může mít špatný vliv kvůli tomu, že uživatel se bude snažit co nejmenší dobu používat kogenerační jednotku, aby získal co největší podporu. Jako hlavní cíl KJ je výroba tepla, pak zbytek je elektřina, ale omezení času provozu bude znamenat, že výrobce adaptuje nový produkt vzhledem k vyplacení zelených bonusu, ale musí se zlepšovat v efektivnosti provozu. Kvůli zmenšenému času provozu se vyskytuje nedostatek tepla a elektřiny a proto musíme nahradit to například nákupem ze sítě. Také problém tvoří přísné hranice mezi instalovanými výkony. Například rozdíl ve 2 KW mezi dvěma kogeneračními jednotkami není tolik viditelný, ale jestli jsou ve dvou různých skupinách, tak podpora se snižuje skoro 2 krát.

4. Navrh způsobu provozu kogenerační jednotky

Male kogenerační jednotky se používají například v penziónech a hotelích, nemocnicích, domovech důchodů.

Ve své práci jsem zvolila firmu, která je nainstalovala kogenerační jednotku ve výkonu 104 kW. A má takové parametry:

- spotřebuje ročně 250 MW a zbytek prodává do sítě
- tepelnou energii, kterou nedodává kogenerační jednotka dokupuje od externího dodavatele a ročně spotřebuje 1500 GJ
- Firma bude instalovat úplně novou kogenerační jednotku, proto se investiční náklady mohou být vyšší, než očekávaný a zavedený v návrhu technicko - ekonomických parametrů pro stanovení provozní podpory od roku 2020 Energetického regulačního úřadu.
- Dalším našim předpokladem bude to, že můžeme se připojit do distributorů pro dodání paliva, proto nemusíme hledat cesty kde a jak ukládat plyn.

5. Vyber a parametry kogenerační jednotky

5.1. TEDOM Cento 100

Jako kogenerační jednotku jsem zvolila zařízení od firmy TEDOM, protože je to jeden z největších a nejvýznamnějších podniků v České Republice.

Vybraná KJ má elektrický výkon 104 kW, jmenovitý tepelný výkon dosahuje 166 kW

Parametry kogenerační jednotky Cento 100 jsou uvedeny níže v tabulce 4.

elektrický výkon, kW	104
tepelný výkon, kW	166
tepelná účinnost, %	55,3
eklektická účinnost, %	34,7
celková účinnost, %	90
spotřeba plynu, m ³ /h	31,7

Tabulka 4 – parametry KGJ

Dalším důležitým parametrem byla zvolena doba provozu kogenerační jednotky. Vzhledem k tomu, že se v bakalářské práci zabývám vlivem tak zvaných zelených bonusů, zvolíme maximálně možný počet pracovních hodin v každé skupině, tj 3000 hodin za rok a 4400 hodin za rok.

Z těchto údajů můžeme dopočítat množství vyrobené elektrické a tepelné energie v obou případech, což vidíme v tabulce 5 a 6.

doba použití za rok, h	3 000
množství vyrobené elektrické energie, MW	312
množství vyrobené tepelné energie, GJ	498

Tabulka 5 – přehled vyrobeného množství energie při počtu provozních hodin 3000 hodin ročně

doba použití za rok, h	4400
množství vyrobené elektrické energie, MW	457,6
množství vyrobené tepelné energie, GJ	730,4

Tabulka 6 – přehled vyrobeného množství energie při počtu provozních hodin 4400 hodin ročně

Dobu životnosti zařízení stanovíme na 20 let.

6. Parametry ekonomického vyhodnocení navržených variant

Pro ekonomické vyhodnocení je nutno znát několik parametrů, které budeme uvádět v následujících kapitolách. Veškeré parametry byly počítány bez DPH.

6.1. Investiční náklady

Největší částku investičních nákladů dodáme na samotnou kogenerační jednotku. Obvykle se prodává s potřebnými materiály, ale vždycky musíme uvažovat náklady na instalaci, vybudování místa.

Pro určení investičních nákladu jsem si využila materiály poskytnuté společnosti TEDOM. Dle rozpočtu kogenerační jednotka a veškeré potřebné k ní zařízení stojí 2 600 000 Kč bez DPH.

Zároveň musíme vždycky dávat pozor na související náklady, což jsou takové náklady, které souvisí s instalací a uvedením do provozu kogenerační jednotky. Nejčastěji jde o připojení zařízení na systém dodání paliva nebo o stavební úpravy.

Celkové investiční náklady jsou uvedeny v tabulce 7.

Zařízení staveniště, Kč	950 000
Projektové práce, Kč	200 000
Provozní vlivy, Kč	240 000
Jiné, Kč	800 000
stavební řízení, Kč	2 000 000
cena kogenerační jednotky, Kč	2 600 000
celkem, Kč	6 790 000

Tabulka 7 – přehled investičních nákladů

6.2. Provozní náklady

6.2.1. Oprava a údržba

Vzhledem k tomu, že kogenerační jednotka se skládá z motoru, který má v sobě pohybuující se části, musíme pravidelně provádět údržbu a servisování. Náročnost a četnost oprav zaleží na typu provozovaného motoru, instalovaného výkonu. V rámci servisu rozumíme provádění kontroly zařízení a výměnu oleje, zapalovacích svíček apod jako je například ve spalovacích motorech. Podle návrhů technicko - ekonomických parametrů pro stanovení provozní podpory od roku 2020 Energetického regulačního úřadu měrné provozní náklady stanoví se ve vyšší 0,6 Kč/kWh.

Také můžeme rozdělit do několika skupin činnosti plánovaných oprav:[5]

Druh činnosti	Interval (provozní hodiny)
běžné prohlídky	700 až 1000
střední opravy	6000 až 8000
generální opravy	20000 až 50000

Tabulka 8 – přehled intervalu a druhu činnosti

V našem případě předpokládáme, že náklady na údržbu budou činit 0,5 Kč/KWh. Tím pádem ve výsledku budeme mít 156 000 Kč pro první variantu provozu, tj 3000 hodin ročně a 228 800 Kč pro druhou variantu, tj 4400 hodin ročně.

6.2.2. Osobní náklady

Za osobní náklady považujeme náklady, které přímo souvisí s mzdami a dalšími náklady na údržbu a opravu. Podle tabulky 9 vidíme, že osobní náklady jsou přímo úměrné instalovanému výkonu kogenerační jednotky.[1] A takže výškou roli má používané palivo a jeho kvalita.

Výkon	Počet potřebného personálu
Do 10 MW	1 osoba
10-30 MW	1-2 osoba
Nad 30 MW	2-3 osoby

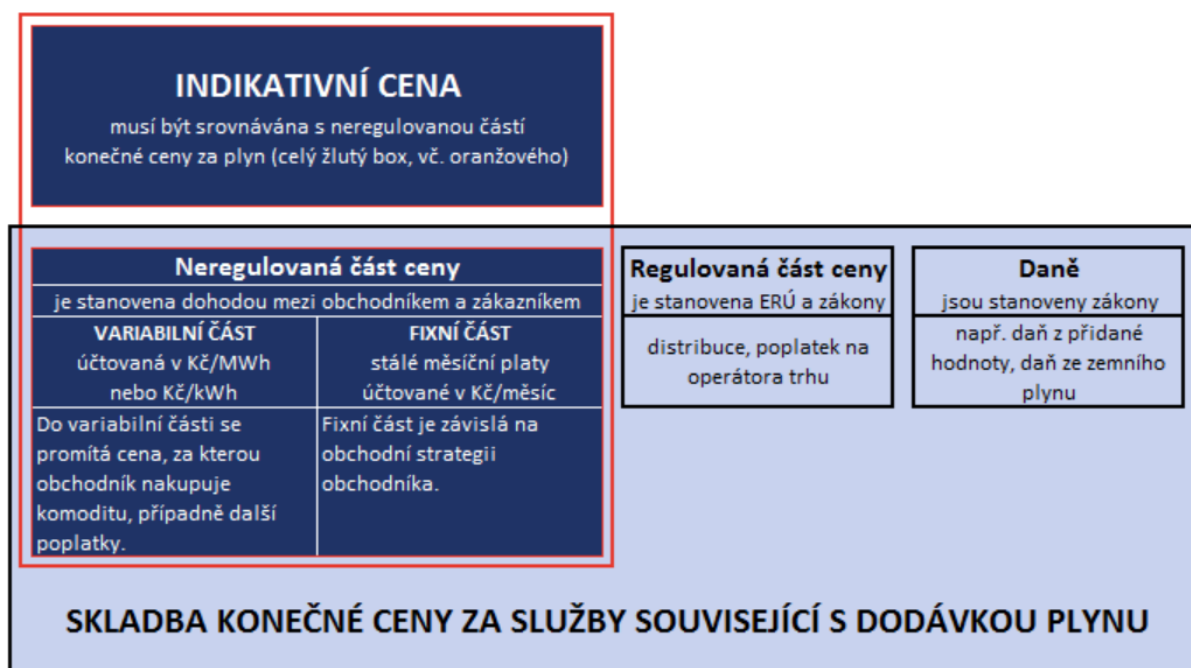
Tabulka 9 – přehled počtu personálu pro údržbu provozu kogenerační jednotky

6.2.3. Palivový náklady

Palivové náklady je nejvýznamnější část provozních nákladů. Cena paliva značně ovlivňuje složku provozních nákladů a tím i dobu návratnosti investic do kogenerační jednotky.

V našem případě používáme zemní plyn, který je dodáván od distributora přímo do kogenerační jednotky.

Jak vidíme z obrázku 14 se cena skládá z regulované a neregulované složky. Neregulovaná složka má v sobě variabilní a fixní část.



Obrázek 14 Přehled skladby konečné ceny za služby související s dodávkou plynu[11]

Neregulovaná složka se skládá z variabilní a fixní části. Fixní část zahrnuje v sobě pravidelné platby, které nezáleží na množství odebraného plynu a mají stanovenou část ve smlouvě. Variabilní část má v sobě cenu za použitý plyn, který zařazuje i cenu komodity za odebraný zemní plyn.

Podle cenového rozhodnutí energetického regulačního úřadu regulovaná částka ceny plynu uvedená v tabulce 10:

Regulovaná část ceny plynu		
Cena za přepravu plynu		
Cena za odebraný plyn	0,78	Kč/MWh
Cena za distribuci plynu		
Roční cena za denní rezervovanou pevnou distribuční kapacitu	115 480,21	Kč/tis. m ³
Cena za distribuovaný plyn	110,90	Kč/MWh
Cena za činnosti operátora trhu		
Cena za činnost zúčtování	1 000,00	Kč/měsíc
Cena za zúčtování	1,07	Kč/MWh
Cena za poskytování skutečných hodnot účastníkům trhu	1 000,00	Kč/měsíc
Cena za zobchodované množství plynu	0,30	Kč/MWh

Tabulka 10 – regulovaná část ceny zemního plynu[11]

Pro náš případ celkové náklady na palivo v první variantě, kde je provoz 3000 hodin ročně, budou 482 677,97 Kč a v druhém případě, kde je provoz 4400 hodin ročně, cena na zemní plyn bude 706 994,35 Kč.

6.2.4. Odpisy

Podle Zákonů o daních z příjmů - Odpisy hmotného majetku, Předpis č. 586/1992 Sb. můžeme uplatnit pro kogenerační jednotku daňový odpis. Námi zvolená kogenerační jednotka padá do 2.odpisovy třídy, protože se zapojuje do kategorie „spalovací motory a ostatní generátorová soustrojí do 2,5 MW elektrického výkonu“. Podle zákona doba odepisování je stanovena na úrovni 5 let. A podle zákona v prvním roce odepisujeme 11% pořizovací ceny, v dalších letech to procento je ve výši 22,25% z pořizovací ceny. A odepisujeme lineární.

celkové investiční náklady	6 790 000
odpisy 1.roku	746 900
odpisy 2.roku	1 510 775
odpisy 3.roku	1 510 775
odpisy 4.roku	1 510 775
odpisy 5.roku	1 510 775

Tabulka 11 – přehled daňových odpisu

6.2.5. Nakup tepla od distributora

Kvůli tomu, že kogenerační jednotka vyrábí nedostatečné teplo pro firmu, musíme řešit dodávku tepla jiným způsobem. Jako ten způsob jsem zvolila připojení na dodávku tepla od distributora.

Předpokládáme, že platíme 510 Kč/GJ tepla. v první variantě musíme dokoupit ze sítě 1502 GJ, což bude stát 766 020 Kč. V druhé variantě musíme zakoupit 1269,6 za 647 496 Kč.

6.3. Provozní výnosy

6.3.1. Zelený bonusy

Jak už bylo uváděno v kapitole 3.3. vyše zelených bonusů pro provoz 3000 hodin ročně a méně, činí 1022 Kč/MWh, pro dobu použití *menší* než 4400 hodin ročně a větší než 3000 hodin ročně, podpora činí 622 Kč/MWh, což je výrazně méně.

Podle těchto údajů můžeme spočítat hodnotu podpory. V první variantě, při době provozu 3000 hodin, podpora činí 318 864,00 Kč, pro druhou variantu je ta hodnota menší a rovná se 275 475,20 Kč.

6.3.2. Výnos z prodeje elektřiny

Nespotřebovanou elektrickou energii nemůžeme nikam ukládat. Jediná možnost je prodávat ji zpátky do sítě za výkupní cenu. Výkupní cena hodně zaleží na provozovacím režimu kogenerační jednotky.

Výkupní cena se neustále mění na burze, a proto nemůžeme předpokládat cenu do budoucna, můžeme ji jenom zvětšovat o 3 %, což je meziroční růst cen. Proto budeme považovat za střední cenu 950 Kč/KWh. Jak bylo uvedeno v kapitole 4, firma spotřebuje 250 MW. V první variantě kogenerační jednotka vyrábí 312 MW, a to znamená, že do sítě prodáme 62 MW. V druhé variantě vyráběný výkon je 457,6 MW, prodáme do sítě 207,6.

Tímto způsobem dosáhneme v první variantě 58 900 Kč, v druhé variantě 197 220 Kč.

6.3.3. Úspora za nákup elektrické energie

Největší část výnosů je úspora za nákup elektrické energie. Úspora bude stejná pro obě varianty, protože elektrická spotřeba firmy se nemění s provozním počtem hodin kogenerační jednotky.

Úsporu počítáme pomocí tarifů, které vyhlásí Energetický regulační úřad.

Cena elektrické energie tak že má v sobě neregulovanou a regulovanou složku.

Neregulovanou složku tvoří sama elektřina, tj u dvou tarifové sazby je to spotřeba elektřiny v nízkém tarifu a spotřeba dražší elektřiny v vysokém tarifu. A vyšší část tvoří společnost, která dodává elektřinu.

Regulovaná složka se řídí Energetickým regulačním úřadem a je stejná pro všechny dodavatele. Sem patří poplatky za distribuci a přenos. Také v této části platíme za rozvoj přenosových a distribučních soustav, z toho důvodu v budoucnu regulovaná částka bude jenom růst, protože v České republice musíme značně investovat do nových přenosových soustav. V této části firma taky platí za rezervovaný příkon.

Také stát podporuje výkup elektřiny z obnovitelných zdrojů energie na základě energetického zákonů, ale v současné době tato část klesá.

Tak že podle těchto údajů můžeme spočítat kolik uspoříme za elektřinu. Podle uvedených podmínek ušetříme 3 069 015,93 Kč.

Neregulovaná část elektřiny		
VT(6.00-22.00)	1153	Kč/MWh
NT(22.00-6.00)	417	Kč/MWh

Regulovaná část elektřiny		
Systémové služby	77,10	Kč/MWh
Měsíční cena za roční rezervovanou kapacitu	177 000,00	Kč/MW
Měsíční cena za měsíční rezervovanou kapacitu	198 000,00	Kč/MW
Cena za použití sítě	66,80	Kč/MWh
Cena za práce operátoru na trhu	5,10	Kč/odběr/měsíc
roční rezervovaná kapacita	0,80	MW
střední měsíční rezervovaná kapacita	0,18	MW
Daň z elektřiny	28,30	Kč/MWh

Tabulka 12 – přehled regulované a neregulované části elektřiny[11]

Tak že podle těchto údajů můžeme spočítat kolik ušetříme za elektřinu. Podle uvedených podmínek ušetříme 3 069 015,93 Kč.

6.3.4. Úspora za nákup tepla

Tím, že část tepla spotřebovanou firmou bude hradit kogenerační jednotkou, spočítám kolik na tom ušetříme.

Cenu, za kterou prodáme, stanovíme na vyšší 510 Kč/GJ, protože je to střední cena mezi všemi dodavateli. V první variantě kogenerační jednotka vyrábí 498 GJ a proto ušetříme 253 980 Kč. V druhé variantě kogenerační jednotka vyrábí 730,4 GJ, tím ušetříme 372 504 Kč.

7. Ekonomické vyhodnocení navržených variant

7.1. Stanovení cash flow v jednotlivých letech

V tabulce 13 vidíme Cash Flow, tj výkaz peněžních toků v jednotlivých letech, pro první variantu, ve které v provozu kogenerační jednotka 3000 hodin ročně. Pro výpočet jsem použila přímo metodu.

Určitě při výpočtu bereme v úvahu meziroční růst cen, který byl stanoven na hodnotu 3 %. Zvolení procenta bylo takovým kvůli aktuálně hodnotě inflace. Jako výjimka jsou odpisy, na ně se ten růst cen nevztahuje.

Diskont jsem stanovila ve vyšší 10 %. Protože nominální diskont musí v sobě mít inflaci, reálný výnos na riziko. Z toho plyne, že reálný diskont je 7 %, tj nominální diskont, ze kterého odečteme meziroční inflaci.

Jako příklad jsem ukázala výpočet Cash flow pro nultý a dalších pět let. Ostatní doba životnosti se počítá stejným způsobem.

	0	1	2	3	4	5
investice	6 790 000,00					
provozní náklady Kč		2 182 797,97	2 989 750	3 034 119	3 079 819	3 126 891
Palivové náklady		482 677,97	497 158	512 073	527 435	543 258
Provoz a údržba		156 000,00	160 680	165 500	170 465	175 579
osobní náklady		31 200,00	32 136	33 100	34 093	35 116
odpisy		746 900,00	1 510 775	1 510 775	1 510 775	1 510 775
nakup tepelné energie		766 020,00	789000,6	812670,618	837050,7365	862162,2586
Provozní výnosy Kč		3 700 759,93	3 811 783	3 926 136	4 043 920	4 165 238
Zelený bonus		318 864,00	328 430	338 283	348 431	358 884
vynos z prodeje elektřiny		58 900,00	60 667	62 487	64 362	66 292
uspora za nakup tepla		253 980,00	261 599	269 447	277 531	285 857
uspora za nakup elektřiny		3 069 015,93	3 161 086	3 255 919	3 353 597	3 454 204
danový základ		1 517 961,97	822 033	892 017	964 101	1 038 347
dan z příjmu		288 412,77	156 186,24	169 483,24	183 179,16	197 285,95
CF _t	-6 790 000	1 229 549	665 847	722 534	780 922	841 061
DCF _t	-6 790 000	1 117 772	550 286	542 850	533 380	522 233

Tabulka 13 – výkaz cash flow pro dobu provozu 3000 hodin ročně

V tabulce 14 vidíme Cash flow pro druhou variantu, tj s provozem 4400 hodin ročně.

Počítala jsem to stejným způsobem jako v tabulce 13.

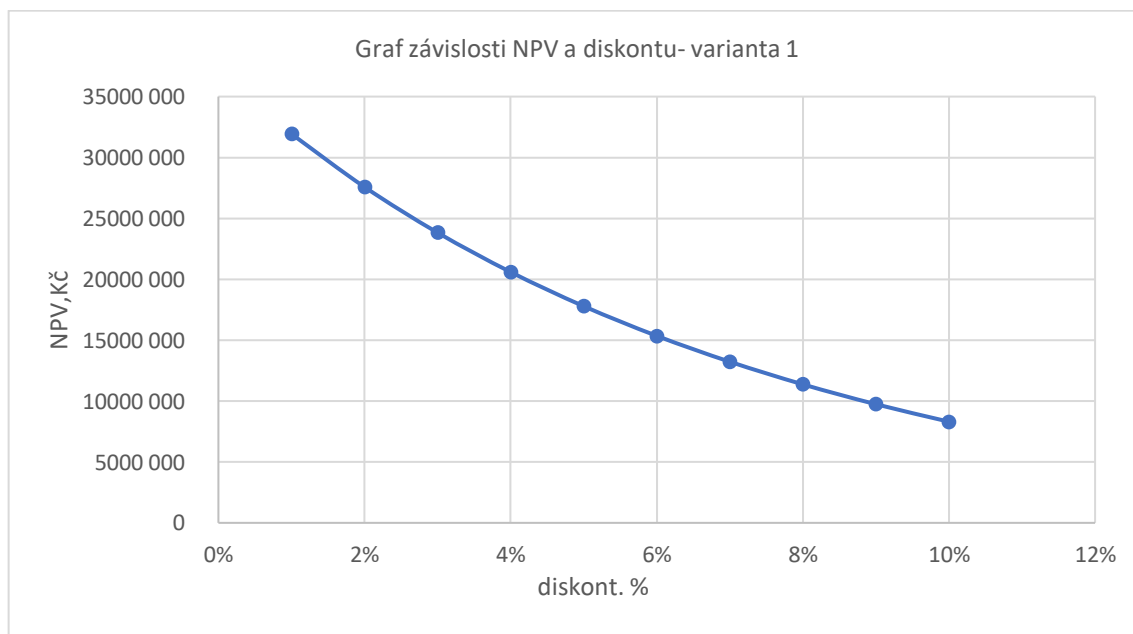
	0	1	2	3	4	5
investice	6 790 000,00					
provozní náklady Kč		2 375 950,35	3 188 697	3 239 035	3 290 882	3 344 286
Palivové náklady		706 994,35	728 204	750 050	772 552	795 728
Provoz a údržba		228 800,00	235 664	242 734	250 016	257 516
osobní náklady		45 760,00	47 133	48 547	50 003	51 503
odpisy		746 900,00	1 510 775	1 510 775	1 510 775	1 510 775
nakup tepelné energie		647 496,00	666920,88	686928,5064	707536,3616	728762,4524
Provozní výnosy Kč		3 914 215,13	4 031 642	4 152 591	4 277 169	4 405 484
Zelený bonus		275 475,20	283 739	292 252	301 019	310 050
vynos z prodeje elektřiny		197 220,00	203 137	209 231	215 508	221 973
uspora za nakup tepla		372 504,00	383 679	395 189	407 045	419 257
uspora za nakup elektřiny		3 069 015,93	3 161 086	3 255 919	3 353 597	3 454 204
danový základ		1 538 264,78	842 945	913 556	986 286	1 061 198
dan z příjmu		292 270,31	160 159,50	173 575,70	187 394,39	201 627,64
CF _t	-6 790 000	1 245 994	682 785	739 981	798 892	859 570
DCF _t	-6 790 000	1 132 722	564 285	555 958	545 654	533 726

Tabulka 14 – výkaz cash flow pro dobu provozu 4400 hodin ročně

7.2. Vypočet čisté současné hodnoty(NPV)

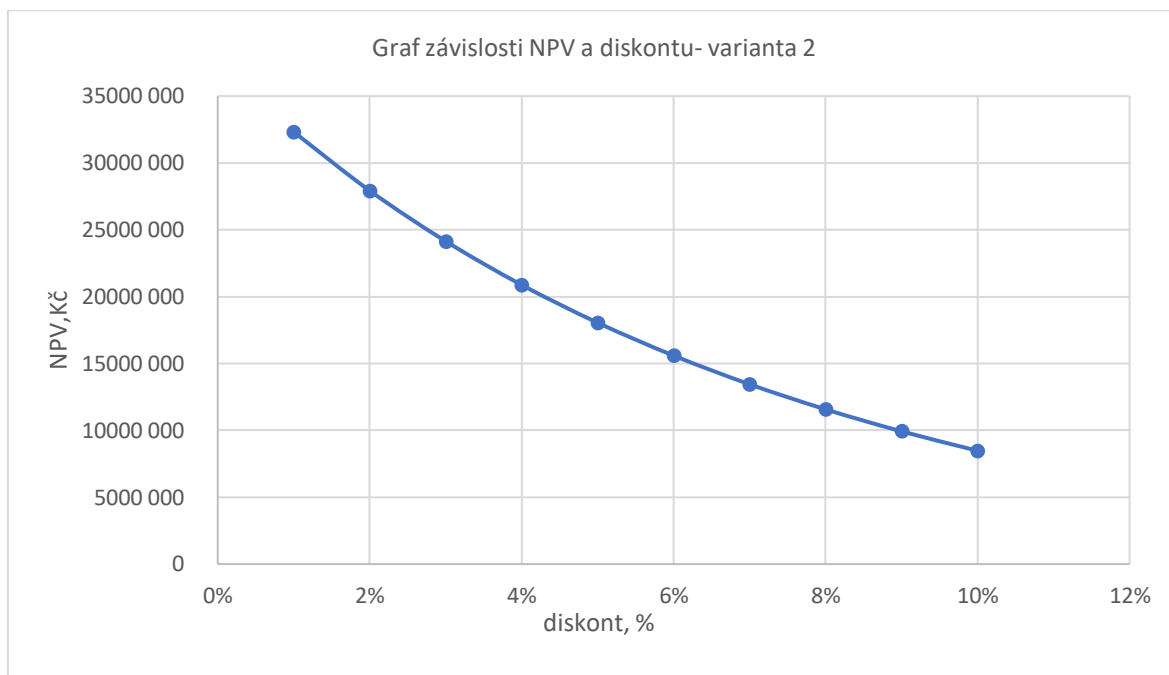
Při vypočtu NPV jsem použila vzorec, který byl uveden v kapitole 3.1. vypočet byl udělen vzhledem na zvolený parametry pro hodnoceni a vypočtený Cash flow, který jsem uvedla v kapitole 7.1.

V první variantě ve výsledku jsem dostala hodnotu rovnou 8 305 390 Kč.



Graf 1 – závislost NPV a diskontu pro první variantu

V druhé variantě ve výsledku jsem dostala hodnotu rovnou 8 477 251 Kč.



Graf 2 – závislost NPV a diskontu pro druhou variantu

doba zivotnosti, let	diskont, %									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	-5 572 625	-5 584 560	-5 596 263	-5 607 741	-5 619 001	-5 630 048	-5 640 889	-5 651 529	-5 661 973	-5 672 228
2	-4 919 898	-4 944 569	-4 968 639	-4 992 129	-5 015 058	-5 037 447	-5 059 312	-5 080 672	-5 101 543	-5 121 942
3	-4 218 614	-4 263 709	-4 307 418	-4 349 799	-4 390 906	-4 430 794	-4 469 510	-4 507 102	-4 543 615	-4 579 091
4	-3 468 163	-3 542 258	-3 613 579	-3 682 264	-3 748 440	-3 812 230	-3 873 748	-3 933 101	-3 990 390	-4 045 711
5	-2 667 922	-2 780 483	-2 888 072	-2 990 973	-3 089 447	-3 183 741	-3 274 083	-3 360 689	-3 443 758	-3 523 478
6	-664 444	-892 005	-1 106 967	-1 310 185	-1 502 446	-1 684 478	-1 856 952	-2 020 487	-2 175 657	-2 322 993
7	1 378 707	1 014 987	674 138	354 441	54 326	-227 647	-492 797	-742 331	-977 360	-1 198 903
8	3 462 317	2 940 675	2 455 243	2 003 061	1 581 445	1 187 952	820 362	476 651	154 976	-146 345
9	5 587 186	4 885 242	4 236 348	3 635 830	3 079 476	2 563 487	2 084 430	1 639 199	1 224 982	839 231
10	7 754 131	6 848 874	6 017 453	5 252 898	4 548 973	3 900 093	3 301 243	2 747 925	2 236 088	1 762 090
11	9 963 987	8 831 757	7 798 558	6 854 418	5 990 480	5 198 869	4 472 569	3 805 321	3 191 537	2 626 220
12	12 217 602	10 834 080	9 579 663	8 440 538	7 404 530	6 460 888	5 600 106	4 813 763	4 094 393	3 435 361
13	14 515 843	12 856 034	11 360 768	10 011 407	8 791 645	7 687 189	6 685 492	5 775 519	4 947 550	4 193 011
14	16 859 594	14 897 811	13 141 873	11 567 172	10 152 339	8 878 784	7 730 303	6 692 749	5 753 744	4 902 447
15	19 249 756	16 959 605	14 922 978	13 107 978	11 487 115	10 036 655	8 736 056	7 567 514	6 515 561	5 566 736
16	21 687 248	19 041 613	16 704 083	14 633 968	12 796 467	11 161 755	9 704 211	8 401 781	7 235 443	6 188 753
17	24 173 007	21 144 033	18 485 188	16 145 285	14 080 879	12 255 013	10 636 172	9 197 424	7 915 698	6 771 187
18	26 707 988	23 267 065	20 266 293	17 642 070	15 340 826	13 317 330	11 533 295	9 956 232	8 558 508	7 316 557
19	29 293 168	25 410 911	22 047 398	19 124 463	16 576 773	14 349 581	12 396 879	10 679 911	9 165 934	7 827 222
20	31 929 539	27 575 774	23 828 503	20 592 602	17 789 179	15 352 617	13 228 181	11 370 085	9 739 923	8 305 390

Tabulka 15 – změna NPV v závislosti na diskontu a době životnosti pro první variantu

doba životnosti, let	diskont, %									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	-5 556 342	-5 568 437	-5 580 297	-5 591 928	-5 603 339	-5 614 534	-5 625 519	-5 636 301	-5 646 886	-5 657 278
2	-4 887 010	-4 912 165	-4 936 706	-4 960 655	-4 984 032	-5 006 857	-5 029 148	-5 050 923	-5 072 199	-5 092 992
3	-4 168 793	-4 214 865	-4 259 519	-4 302 815	-4 344 809	-4 385 555	-4 425 104	-4 463 503	-4 500 798	-4 537 034
4	-3 401 073	-3 476 812	-3 549 714	-3 619 919	-3 687 559	-3 752 758	-3 815 633	-3 876 293	-3 934 843	-3 991 380
5	-2 583 221	-2 698 273	-2 808 241	-2 913 415	-3 014 063	-3 110 437	-3 202 771	-3 291 284	-3 376 181	-3 457 655
6	-561 783	-792 866	-1 011 170	-1 217 560	-1 412 836	-1 597 735	-1 772 936	-1 939 068	-2 096 713	-2 246 408
7	1 499 683	1 131 221	785 902	461 988	157 891	-127 845	-396 552	-649 454	-887 673	-1 112 241
8	3 601 971	3 074 171	2 582 973	2 125 387	1 698 700	1 300 445	928 378	580 455	254 813	-50 248
9	5 745 888	5 036 170	4 380 044	3 772 792	3 210 160	2 688 311	2 203 777	1 753 424	1 334 411	944 164
10	7 932 259	7 017 405	6 177 116	5 404 356	4 692 830	4 036 898	3 431 499	2 872 089	2 354 581	1 875 295
11	10 161 924	9 018 063	7 974 187	7 020 232	6 147 259	5 347 317	4 613 324	3 938 964	3 318 595	2 747 172
12	12 435 741	11 038 335	9 771 258	8 620 571	7 573 985	6 620 649	5 750 969	4 956 446	4 229 544	3 563 566
13	14 754 584	13 078 414	11 568 330	10 205 522	8 973 534	7 857 943	6 846 085	5 926 823	5 090 349	4 328 007
14	17 119 345	15 138 494	13 365 401	11 775 233	10 346 426	9 060 220	7 900 262	6 852 275	5 903 770	5 043 803
15	19 530 933	17 218 771	15 162 472	13 329 851	11 693 167	10 228 469	8 915 030	7 734 882	6 672 416	5 714 047
16	21 990 275	19 319 443	16 959 544	14 869 520	13 014 257	11 363 655	9 891 864	8 576 628	7 398 751	6 341 640
17	24 498 317	21 440 709	18 756 615	16 394 385	14 310 182	12 466 714	10 832 180	9 379 403	8 085 104	6 929 295
18	27 056 023	23 582 772	20 553 686	17 904 588	15 581 423	13 538 553	11 737 344	10 145 014	8 733 676	7 479 554
19	29 664 376	25 745 836	22 350 758	19 400 269	16 828 451	14 580 058	12 608 670	10 875 179	9 346 547	7 994 796
20	32 324 381	27 930 106	24 147 829	20 881 569	18 051 725	15 592 086	13 447 424	11 571 540	9 925 682	8 477 251

Tabulka 16 – změna NPV v závislosti na diskontu a době životnosti pro druhou variantu

V tabulkách 15 a 16 vidíme změnu NPV v závislosti na době životnosti a diskontů. Z toho můžeme udělat závěr, že v obou případech minimální doba návratnosti investic je 7 let a diskont musí být 5 %.

7.3. Vnitřní výnosové procento

7.3.1. varianta 1

Vnitřní výnosové procento pro první variantu při stanovených parametrech a diskontu 10 % se rovná 9,83 %.

7.3.2. varianta 2

Vnitřní výnosové procento pro druhé variantu při stanovených parametrech a diskontu 10 % se rovná 10,03 %.

7.4. Doba návratnosti

7.4.1. Varianta 1

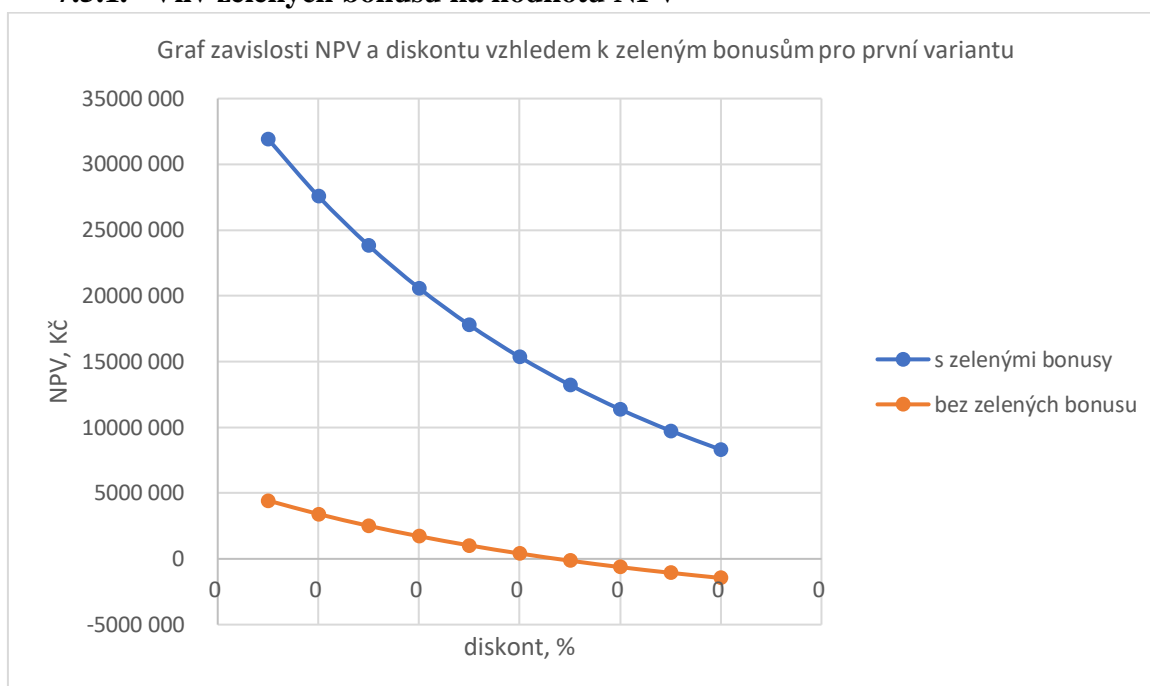
Doba návratnosti první varianty při době provozu 20 let a diskontu 10 % je 9 let.

7.4.2. Varianta 2

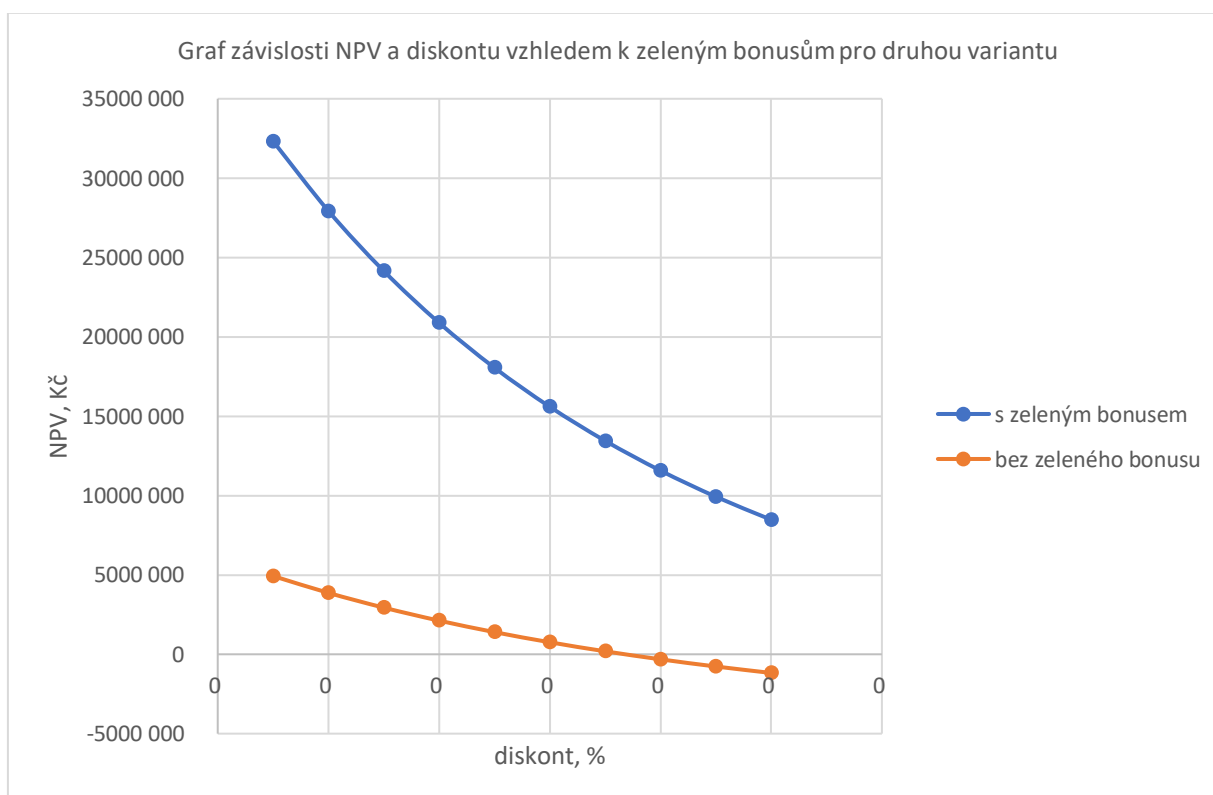
Doba návratnosti druhé varianty při době provozu 20 let a diskontu 10% je 9 let.

7.5. Citlivostní analýza

7.5.1. Vliv zelených bonusu na hodnotu NPV



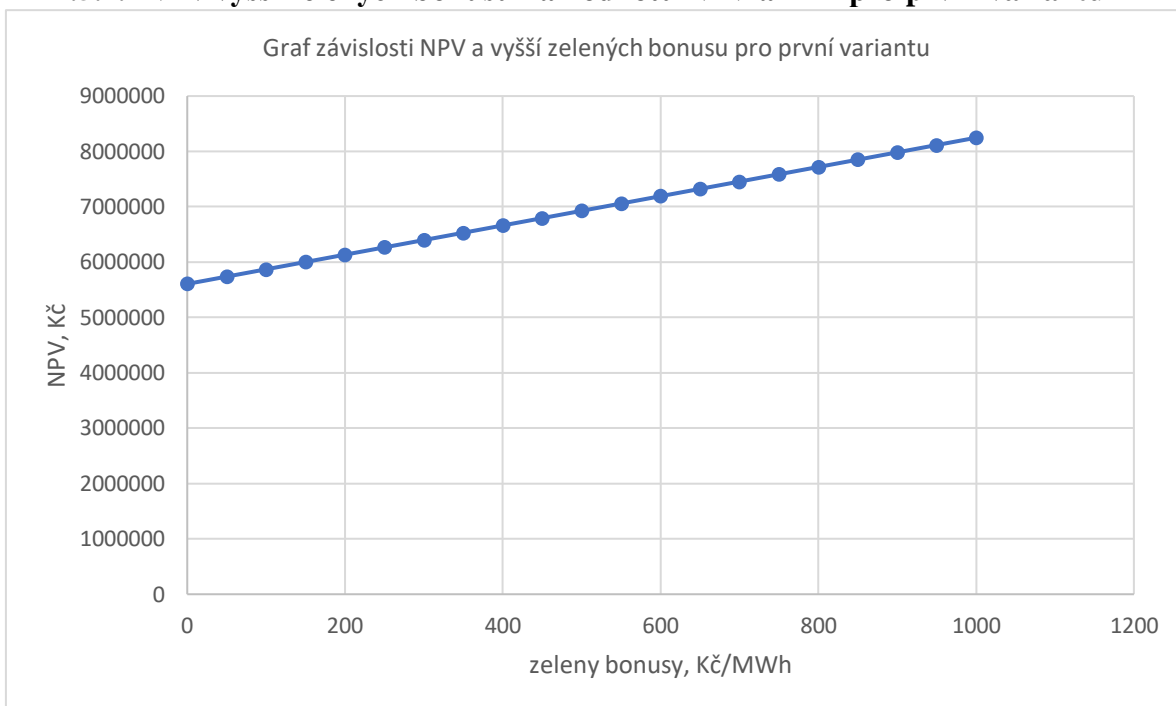
Graf 3 – závislost NPV a diskontu vzhledem k zeleným bonusům pro první variantu



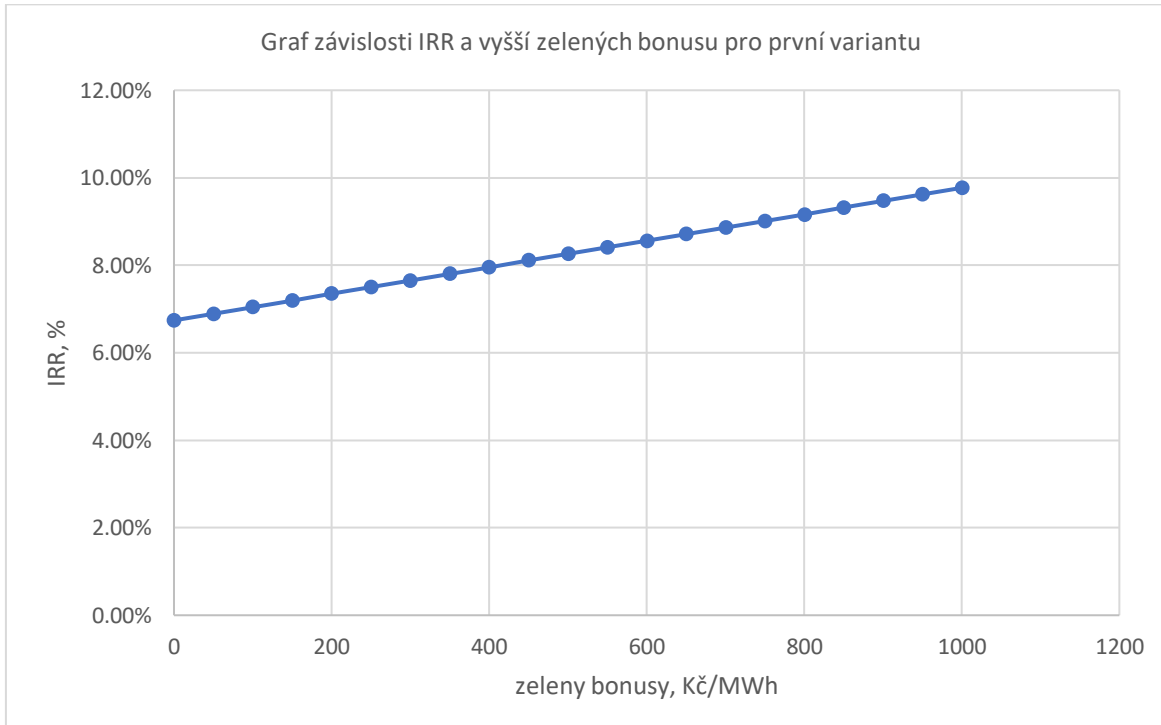
Graf 4 – závislost NPV a diskontu vzhledem k zeleným bonusům pro druhou variantu

Na grafech 4 a 5 vidíme závislost hodnoty NPV na diskontu při době životnosti 20 let ve dvou případech: se zahrnovaným zelených bonusů nebo bez. Z grafů plyne, že bez zelených bonusů se hodně snižuje NPV.

7.5.2. Vliv vyšší zelených bonusu na hodnotu NPV a IRR pro první variantu



Graf 5 – závislost NPV na vyšší zelených bonusu pro první variantu

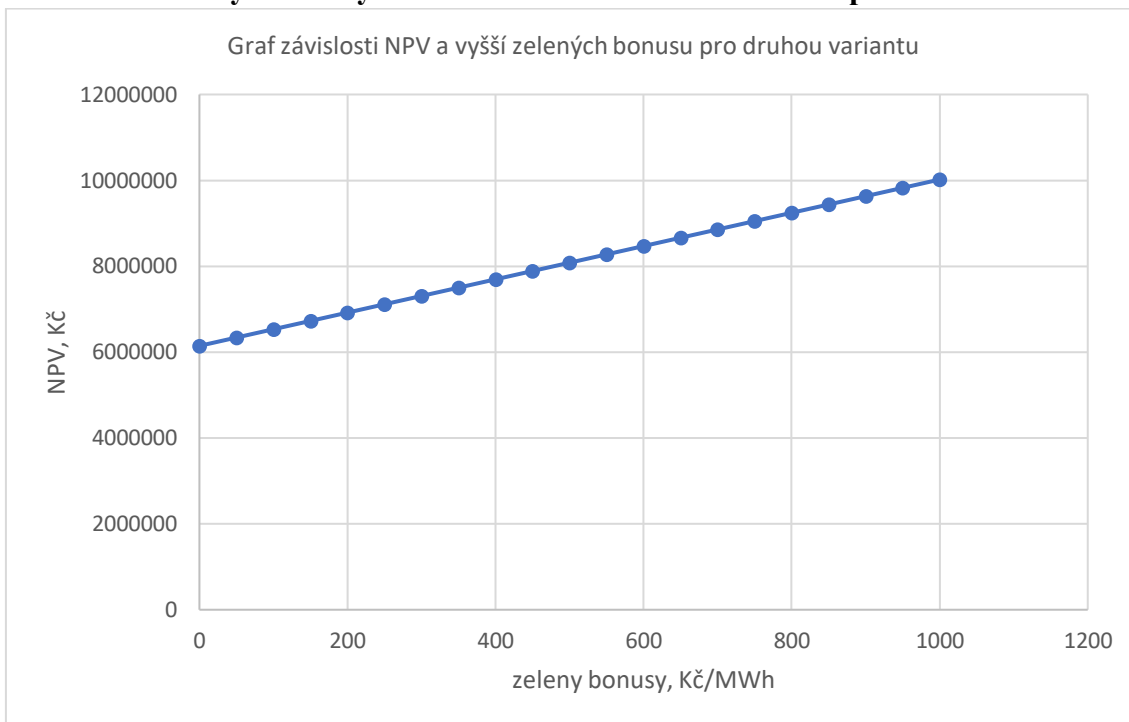


Graf 6 – závislost IRR na vyšší zelených bonusu pro první variantu

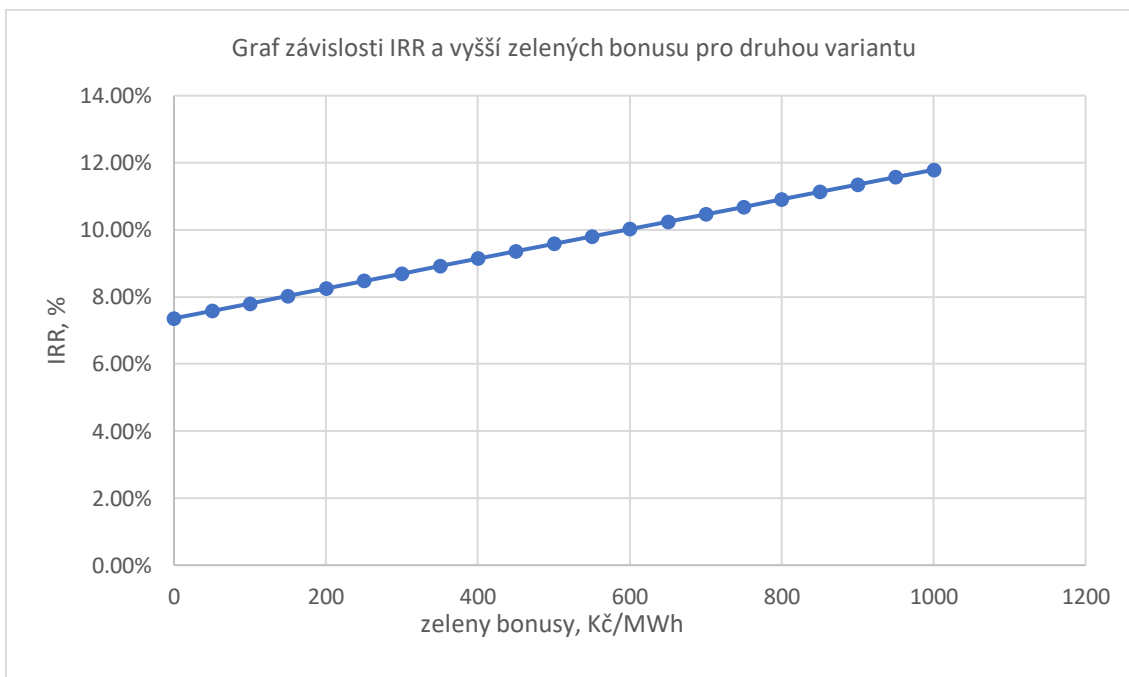
Na grafu 5 vidíme přímo úměrnou závislost, tj čím je větší hodnota zelených bonusů, tím je větší NPV. Při zvýšení podpor od 0 do 1000 Kč/MWh, NPV zvětší se o 47 %.

Na grafu 6 taky můžeme pozorovat přímo úměrnou závislost, tj se zvýšením zelených bonusů roste IRR. Při zvýšení vyšší bonusů od 0 do 1000 Kč/MWh, hodnota IRR vzroste o 3,03%, což je hodnota, kterou považujeme jako meziroční růst cen.

7.5.3. Vliv vyšší zelených bonusů na hodnotu NPV a IRR pro druhou variantu



Graf 7 – závislost NPV na vyšší zelených bonusů pro druhou variantu



Graf 8 – závislost IRR na vyšší zelených bonusů pro druhou variantu

Na grafu 7 vidíme přímo úměrnou závislost, tj čím větší hodnota zelených bonusů, tím větší NPV. Při zvýšení podpor od 0 do 1000 Kč/MWh, NPV zvětší se o 63 %.

Na grafu 8 taky můžeme pozorovat přímo úměrnou závislost, tj se zvýšením zelených bonusů roste IRR. Při zvýšení výše bonusů od 0 do 1000 Kč/MWh, hodnota IRR vzroste o 4,43%.

8. Závěr

Podle mého osobního názoru v mém modelovém příkladu využití kogeneračních jednotek pro firmy je velmi výhodné, protože vyrobené elektrické energie stačí na pokrytí potřeb, ale musíme řešit nákup nedostatků tepelné energie a ten problém považuji za jednu z hlavních nevýhod kogenerační jednotky. Ještě jednou nevýhodou je cena jednotky a všechny související s instalací a provozu náklady, ale pro velké objekty je doba návratnosti skoro o polovinu menší než doba životnosti.

Ve své bakalářské práci jsem dokázala, že použití kogenerační jednotky dává smysl. Také jsem ukázala, že výplata zelených bonusů hodně zvyšuje návratnost investic, bez ohledu na to, že na první pohled činí malou část ve výpočtu.

Díky tvoření bakalářské práce jsem se dozvěděla hodně nové informací o kogeneračních jednotkách a výpočtu spotřebované elektrické energie. Protože jsem z Ruska a tam máme jiné způsoby počítání elektřiny, bylo velmi přínosné ponořit se do hloubky, abych zjistila, jak se to počítá v České Republice.

Použita literatura:

[1] Dvorský, Emil a Pavla Hejtmánková. Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie, Praha: BEN – technická literatura, 2005, ISBN 80-7300-118-7

[2] ČEZ Energo, s.r.o., O kogeneraci , dostupné online:

<http://www.cezenergo.cz/cs/o-kogeneraci.html>

[3] Matoušek, Antonín. Výroba elektrické energie, Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Ustav elektroenergetiky, 2007,ISBN 978-80-214-3317-5

[4] TEDOM a. s., člen skupiny TEDOM Group, Kogenerační jednotky dostupné online:

<https://www.tedom.com/cs/kogeneracni-jednotky/>

[5] Jaroslav Krbek, Bohumil Polesný. Kogenerační jednotky zřizování a provoz, dostupné online:

https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Kogeneracni_jednotky_zrizovani_provoz_2220047233.pdf

[6] Šurovský, Jan. Mikroturbína : [energetická revoluce pro 21. století : malé zdroje elektřiny, velký skok pro lidstvo] 1. vyd. Praha, 2003, 220 s.

[7] CZ Biom – České sdružení pro biomasu, z.s, Blokové schéma kogenerace respektive trigenerace, dostupné online

<https://biom.cz/cz/obrazek/blokove-schema-kogenerace-resp-trigenerace-kj-kogeneracni-jednotka>

[8] Biomasa - efektivní palivo pro IRC technologii. TZB- info. tss group, 11. 4 2005, dostupne online

<https://www.tzb-info.cz/2455-biomasa-efektivni-palivo-pro-orc-technologie>

[9] Zelené zprávy. Stirlingův motor - historie, princip a jeho využití při kogeneraci. [Online]

<http://www.zelenezpravy.cz/stirlinguv-motor-%E2%80%93-historie-princip-a-jeho-vyuziti-pri-kogeneraci/>

[10] Škorpík, Jiří. Tepelné oběhy a jejich realizace. Transformační technologie. [Online]

<https://www.transformacni-technologie.cz/06.html#menu>

[11] Energetický regulační úřad. ERÚ. [Online]

<http://www.eru.cz/cs/>

[12] Zákon o daních z příjmů - Odpisy hmotného majetku, Předpis č. 586/1992 Sb.[Online]

<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1992-586#cast2>

Seznam obrázků

Obrázek 1 Princip kogenerace [2].....	2
Obrázek 2 Kogenerační jednotky[4]	2
Obrázek 3 Ottův oběh-P-V diagram[10].....	3
Obrázek 4 Dieselův oběh- P-V diagram[10]	3
Obrázek 5 Schema kogenerační jednotky se spalovacím motorem[1]	4
Obrázek 6 Braytonův oběh se spalovací turbínou[1]	5
Obrázek 7 Schéma KJ se spalovací turbínou[1]	5
Obrázek 8 Schema KJ s parní turbínou[1]	6
Obrázek 9 schéma KJ s mikroturbínou.[1].....	7
Obrázek 10 Schéma zařízení pro kogenerační využití palivových článků[5]	7
Obrázek 11 schéma KJ se Stirlingovým motorem[1]	8
Obrázek 12 Princip ORC [8]	9
Obrázek 13 Princip trigenerace[7]	9
Obrázek 14 Přehled skladby konečné ceny za služby související s dodávkou plynu[11]	20

Seznam tabulek

Tabulka 1 - odepisování investičních nákladů[12]	14
Tabulka 2 – vyšší zeleného bonusu rok 2020- základní sazba[11]	15
Tabulka 3 – vyšší zeleného bonusu rok 2020- doplňková sazba[11]	16
Tabulka 4 – parametry KGJ.....	18
Tabulka 5 – přehled vyrobeného množství energii při počtu provozních hodin 3000 hodin ročně	18
Tabulka 6 – přehled vyrobeného množství energii při počtu provozních hodin 4400 hodin ročně	18
Tabulka 7 – přehled investičních nákladů	19
Tabulka 8 – přehled intervalu a druhu činnosti	19
Tabulka 9 – přehled počtu personálu pro údržbu provozu kogenerační jednotky.....	20
Tabulka 10 – regulovaná část ceny zemního plynu[11]	21
Tabulka 11 – přehled daňových odpisů	21
Tabulka 12 – přehled regulované a neregulované části elektřiny[11].....	23
Tabulka 13 – výkaz cash flow pro dobu provozu 3000 hodin ročně.....	24
Tabulka 14 – výkaz cash flow pro dobu provozu 4400 hodin ročně	25
Tabulka 15 – změna NPV v závislosti na diskontu a době životnosti pro první variantu	26
Tabulka 16 – změna NPV v závislosti na diskontu a době životnosti pro druhou variantu	27

Seznam grafů

Graf 1 – závislost NPV a diskontu pro první variantu.....	25
Graf 2 – závislost NPV a diskontu pro druhou variantu	26
Graf 3 – závislost NPV a diskontu vzhledem k zeleným bonusům pro první variantu	28
Graf 4 – závislost NPV a diskontu vzhledem k zeleným bonusům pro druhou variantu	28
Graf 5 – závislost NPV na vyšší zelených bonusu pro první variantu	29
Graf 6 – závislost IRR na vyšší zelených bonusu pro první variantu	29
Graf 7 – závislost NPV na vyšší zelených bonusu pro druhou variantu	30
Graf 8 – závislost IRR na vyšší zelených bonusu pro druhou variantu	30

Seznam rovnic

Rovnice 1 Doba návratnosti	11
Rovnice 2 NPV(Net Present Value)	11
Rovnice 3 IRR(Internal Rate of Return)	12
Rovnice 4 Celková výšší podpor.....	16