



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta Elektrotechnická
Katedra Ekonomiky, Manažerství a Humanitních věd**

Kogenerace pro rodinný domek

Diplomová práce

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Studijní obor: Ekonomika a řízení energetiky

Vedoucí práce: Ing. Miroslav Vítek, CSc.

Ondřej Smetana

Praha 2014



CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

**Faculty of Electrical Engineering
Department of Economics, Management and Humanities**

Cogeneration for family house

Master thesis

Syllabus: Elektrotechnika, energetika a management

Field of study: Ekonomika a řízení energetiky

Supervisor: Ing. Miroslav Vítek, CSc.

Ondřej Smetana

Prague 2014

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student: Smetana Ondřej

Studijní program: elektrotechnika, energetika a management
Obor: ekonomika a řízení energetiky

Název tématu: Kogenerace pro rodinný domek

Pokyny pro vypracování:

- současné náklady na vytápění domu a spotřebu elektrické energie
- legislativa spojená s provozem a připojením jednotky do sítě, výkupní cena elektrické energie
- návrh parametrů kogenerační jednotky
- stanovení ceny tepla pro přílehlou bytovou jednotku
- ekonomické hodnocení projektu

Seznam odborné literatury:

Podle pokynů vedoucího DP.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Miroslav Vitek, CSc. - ČVUT FEL, K 13116

Platnost zadání: do konce letního semestru akademického roku 2014/2015

L.S.

Doc.Ing. Jaroslav Krápek, CSc.
vedoucí katedry

Prof.Ing. Pavel Ripka, CSc.
děkan

V Praze dne 8.11.2013

Prohlašuji, že jsem práci vypracoval samostatně. Všechny použité prameny a literatura byly řádně citovány. Práce nebyla využita k získání jiného, nebo stejného titulu.

V Praze dne 12. 5. 2014

Děkuji vedoucímu mé diplomové práce, panu Ing. Miroslavu Vítkovi, CSc. za odborné vedení práce a podnětné připomínky při jejím zpracování.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zaměřuje na využití kombinované výroby tepla a elektřiny v blízkosti objektů jejich spotřeby, teoretické možnosti využití této technologie a na praktické možnosti provozu kogenerační jednotky v konkrétním objektu. Teoretická část zkoumá dostupné technologie pro kogeneraci, obecné možnosti provozu kogenerační jednotky z hlediska legislativy, dopady na ekonomiku objektu a na životní prostředí.

Cílem praktické části této práce je posouzení možností využití kombinované výroby tepla a elektřiny, stanovení optimálního provozního režimu a parametrů kogenerační jednotky a následné posouzení této varianty z hlediska ekonomiky pro konkrétní rodinný dwojdomek. Na základě měření, výpočtů a porovnání různých možností využití tepelné a elektrické energie dodané kogenerační jednotkou pak bude možno stanovit nejvhodnější variantu pro tento konkrétní objekt a následně posoudit tuto variantu z hlediska ekonomiky.

Klíčová slova:

Kogenerační jednotka, kombinovaná výroba elektřiny a tepla, zelený bonus, distribuční soustava, spotřeba energií, výkupní tarif.

Abstract

This thesis is focusing on usage combined production of heat and electric power in closeness of their consumption, theoretical possibilities of this technology and practical possibilities of usage in the specified object. Theoretical section investigate accessible technologies for combined production of heat and electric power, common possibilities in terms of law, impact on economy and environment.

Objective of practical section is examination of potentialy combined production usage, determination of optimal operating mode and setting optimal parameters for the specified object. On the basis of measuring, calculations and comparison of different possibilities of supplied energy usage will be possible to determine optimal solution and then consider the proposal in term of economy.

Keywords:

Cogeneration unit, Combined heat and power generation, Green bonus, Distribution network, Energy consumption, Redemption tariff.

OBSAH

ÚVOD.....	9
Použité zkratky	10
1 Kombinovaná výroba elektřiny a tepla - přínosy, možnosti.....	11
1.2 Rešerše možností provozu KVET	14
1.2.1 Kogenerační jednotky z hlediska přeměny na mechanickou práci	14
1.2.2 Kogenerační jednotky z hlediska využití mechanické práce	18
2 Stanovení současných nákladů na vytápění domu	21
a spotřeby elektrické energie.....	21
2.1 Spotřeba elektrické energie	21
2.2 Spotřeba plynu	22
2.2.1 Časový průběh spotřeby plynu.....	23
3 Legislativa spojená s provozem KVET.....	25
3.1 Potřebné formalities k provozu KVET	25
3.2 Zákony a vyhlášky spojené s provozem KVET	29
4 Návrh parametrů kogenerační jednotky	30
4.1 Ohřev TUV	31
4.2 Tepelný výkon kogenerační jednotky	33
4.3 Dostupná komerční řešení	35
4.4 Provoz s akumulací nádrží.....	37
5 Stanovení ceny tepla pro přilehlou bytovou jednotku	39
6 Ekonomické hodnocení	40
6.1 Roční CF jednotlivých variant.....	40
6.1.1 Náklady na provoz.....	40
6.1.2 Výnosy z provozu	41
6.2 Rozpočet pro jednotlivé varianty	47
6.3 Citlivostní analýza.....	48
ZÁVĚR	53
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	54
SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ	56
SEZNAM PŘÍLOH.....	57

ÚVOD

Při výrobě elektřiny běžným (nejrozšířenějším) způsobem, spalováním uhlovodíkových paliv, jsme schopni přeměnit vnitřní energii paliva na elektrickou s účinností přibližně 40% [1]. Zbýlých cca 60% odchází do okolního prostředí ve formě komínové ztráty, chlazení v chladících věžích a jiných technologických ztrát. Pokud bychom mohli využít toto teplo k jakémukoli dalšímu užítku, mohli bychom zvýšit účinnost tepelné přeměny až na dvojnásobek. Tím by se ušetřilo veliké množství paliva a následně i emisí.

Zvýšením efektivity přeměny energie získáme nejen příznivější technicko-ekonomické parametry zařízení, ale docílíme i snížení spotřeby paliva a následně snížení emisí škodlivých látek a skleníkových plynů. Tato opatření však vyžadují značné zásahy do systému výroby a s tím spojené finanční investice. Zda je tato investice rentabilní, záleží na mnoha faktorech a je potřeba přistupovat individuálně ke každému případu. Pro provoz kogenerační jednotky je stěžejní její ekonomická rentabilita, která je podporována státem, a prokazatelná úspora primárních zdrojů energie. Podpora úspor v energetice je důsledkem snahy snížit vliv energetiky na životní prostředí. Prokazatelnost úspory energií je pak logickým parametrem, na jehož základě dochází k vyplácení státní podpory.

Kombinovaná výroba tepla a elektřiny u velkých elektrárenských bloků s parními turbínami se zakládá na odběru páry z turbíny. Teplo takto získané se dále distribuuje pomocí systému centrálního zásobování teplem ke spotřebiteli. Kvantitativní úspora paliva u těchto velkých, centrálních, výroben je nesrovnatelně větší než úspora vzniklá provozem KJ pro výrobu tepla a elektřiny v objektu spotřeby. Míst s možností provozu KVET decentrálního charakteru je však podstatně více než velkých centrálních výroben. Podpora a rozšíření těchto malých decentrálních zdrojů pak může mít ve výsledku také značný význam. Navíc decentralizace zdrojů elektrické energie vede ke snížení ztrát v přenosové a distribuční soustavě, což následně také vede k úsporám primárních energetických zdrojů.

Tato diplomová práce se bude zabývat posouzením možností provozu kogenerační jednotky v objektu o dvou bytových jednotkách připojených k místní plynárenské soustavě. Cílem je stanovit optimální parametry a pracovní režim KJ pro tento objekt a posoudit rentabilitu navržených, či dostupných variant. Ze závěru posouzení provozu kogenerační jednotky v takto malém objektu lze pak stanovit obecné limity pro rentabilní aplikaci těchto zařízení.

Použité zkratky

KVET – Kombinovaná výroba tepla a elektřiny

KJ – Kogenerační jednotka

ZB – Zelené bonusy

DS - Distribuční soustava

VT - Vysoký tarif

NT - Nízký tarif

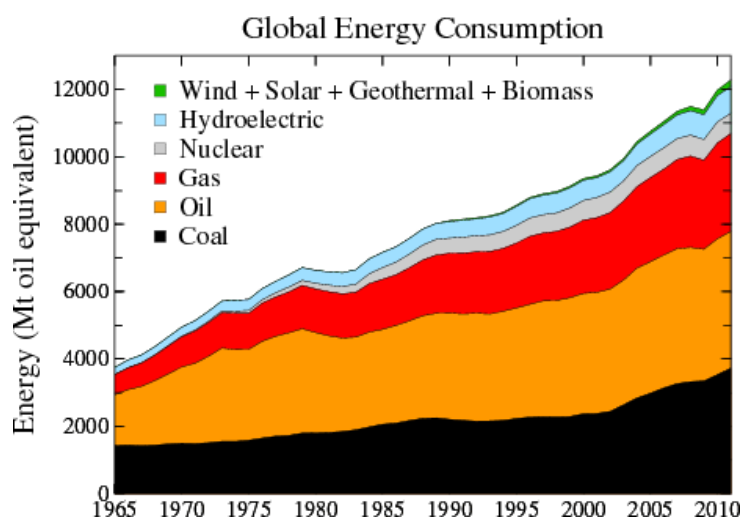
IRR - Vnitřní výnosové procento

1 Kombinovaná výroba elektřiny a tepla - přínosy, možnosti

Zásobování energií je těžištěm lidské populace, umožňuje její existenci a rozvoj. S dalším rozvojem pak přirozeně stoupá spotřeba energií. Dnes je energetická náročnost lidstva na takové úrovni, že svou velikostí významně ovlivňuje parametry životního prostředí, zejména obsah oxidů uhlíku, dusíku a síry v atmosféře. Dalším úhlem pohledu na kombinovanou výrobu tepla a elektřiny, na rozdíl od ekonomiky provozu, může být i znečišťování životního prostředí při spalování paliv. Jak již bylo zmíněno, společná výroba tepla a elektřiny příznivě ovlivňuje účinnost přeměny primárních zdrojů. Dalším pozitivním faktorem KVET je skutečnost, že KJ provozované v místě spotřeby využívají převážně jako paliva zemního plynu. Zemní plyn je oproti uhlí méně zatěžujícím pro životní prostředí. Spalováním zemního plynu nevznikají emise oxidů síry a významný podíl na výhřevnosti zastává vodík za vzniku H₂O, tudíž i emise CO₂ jsou nižší. Pokud tedy KJ nahradí určité množství elektřiny a tepla, které by jinak bylo vyrobeno v uhelné elektrárně, dojde ke snížení zátěže životního prostředí.

Rostoucí počet obyvatel a jejich životní úrovně je úzce spjat s velikostí spotřeby energií. Množství vyrobené elektrické energie pak pochopitelně kopíruje její poptávku a dochází k prudkému růstu výroby elektřiny a tím pádem i k růstu emisí. Situace znázorněna na obr. č. 5 ukazuje nárůst spotřeby a způsob, jakým je poptávka po energiích uspokojována za poslední půlstoletí.

Obr. č. 1: Podíl jednotlivých primárních zdrojů energie na krytí světové spotřeby [8]



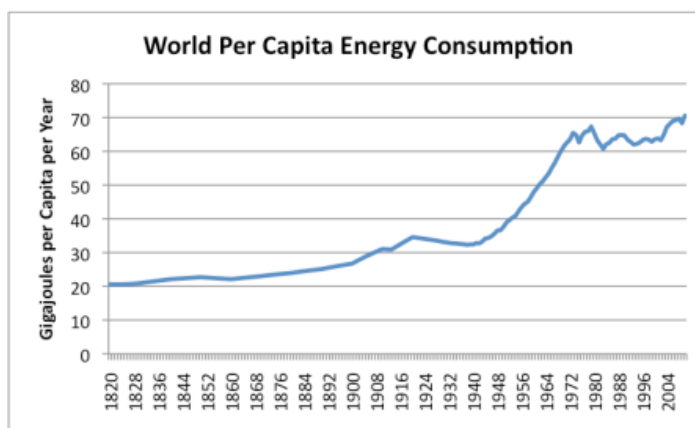
Největší podíl na krytí spotřeby má jednoznačně spalování fosilních paliv. Jedná se o uhlíkatá a uhlovodíková paliva, která představují především uložený uhlík, který se v minulých dobách vyskytoval v atmosféře a biosféře. Těžbou a spalováním těchto paliv se tedy

do současného přirozeného uhlíkového cyklu přidávají miliardy tun uhlíku ročně. Dochází tím k narušování tohoto přirozeného uhlíkového cyklu emisemi oxidů uhlíku, které jsou zodpovědné za skleníkový efekt a mohou přispívat ke globálnímu oteplování.

Globální oteplování je jistě nevíтанým jevem. Mezi negativa patří zejména tání ledovců a s tím spojené zvyšování hladiny oceánů, nížiny jako Holandsko pak budou zaplavovány. Dalším negativním jevem je zvyšování energie přírodních jevů, které pak často mívají devastující účinky (tornáda, hurikány). První teorii o posilování skleníkového efektu vlivem emisí skleníkových plynů a jeho vlivu na klimatické změny zveřejnili Roger Revelle a Hans Suess ze Scrippova oceánografického ústavu v Kalifornii v roce 1957. Článek, který publikovali, vedl vědce k obavám o životní prostředí. Toto téma bylo čím dál více diskutováno, začala probíhat různá měření a vznikaly různé teorie o vlivu, či nevlivu emisí CO₂ na globální klima. Toto nakonec vyústilo v Úmluvu o změně klimatu podepsanou v roce 1992 [9]. Tato úmluva byla přijata na konferenci OSN v Rio de Janeiru, přičemž vstoupila v platnost v roce 1994. Česká republika tuto úmluvu podepsala již v roce 1993. Tato úmluva stanovuje rámec vyjednávání o řešení problému změny klimatu, snižování emisí skleníkových plynů a technologickou podporu rozvojovým zemím ke snižování těchto emisí [10]. Dalším důležitým milníkem v procesu snižování emisí škodlivin je tzv. Kjótský protokol, přijatý v prosinci roku 1997 v Kjótu, který přímo kvantifikuje cíle vyspělých států a vymezuje způsoby jeho plnění. V roce 2012 byl na konferenci v Doha schválen dodatek k tomuto protokolu, který potvrzuje pokračování tohoto protokolu a vymezuje cíle do roku 2020. Z tohoto dodatku plyne například cíl snížení emisí skleníkových plynů o 20% oproti roku 1990, upravuje systém emisních povolenek, zahrnuje úpravu lesních porostů atd. [11].

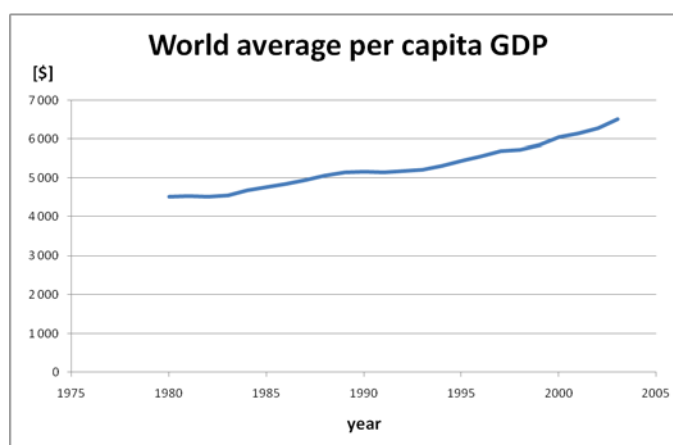
Na základě poznatků a přijatých úmluv a protokolů je potřeba snižovat emise skleníkových plynů. To lze činit jednak na straně výroby, ale také na straně spotřeby. Snižováním spotřeby elektrické energie používáním účinnějších spotřebičů a spotřeby tepelné energie na vytápění zateplováním fasád se zpomaluje nárůst spotřeby energií. Snižování energetické náročnosti domácností jde tedy přímo proti trendu rostoucí spotřeby s rostoucí životní úrovní a rostoucím počtem obyvatel. Vývoj spotřeby energií na obyvatele je zachycen na následujícím grafu č. 1.

Graf č. 1: Roční spotřeba energie na obyvatele v letech 1820 – 2004 [12]



Relativní stagnace spotřeby energií v období od roku 1980 do 2004 je celkem úspěchem vzhledem k tomu, že životní úroveň populace se stále zvyšuje, jak znázorňuje graf č. 2.

Graf č. 2: Světová úroveň populace měřená jako hrubý domácí produkt na osobu [13]



Dalším problémem současnosti je fakt, že uhlí a ropu nelze těžit do nekonečna. Myšlenka vyčerpatelnosti fosilních paliv a negativního vlivu emisí při jejich spalování na životní prostředí se rodí již v 50. a 60. letech 20. století. Stejně tak i vývoj kombinované výroby tepla a elektřiny v ČR má dlouholetou tradici. Již v dobách centrálního plánování docházelo k podpoře KVET a aplikaci protitlakých a odběrových turbín v reakci na energetickou krizi té doby. Později se přechází k možnosti využití a podpoře decentrálního provozu malých zdrojů KVET v bytových jednotkách a rodinných domech. Podpora těchto zdrojů je v podstatě nástrojem, jak naplnit cíle přijatých úmluv o ochraně životního prostředí.

Zvyšování účinnosti přeměny primárních zdrojů zvyšováním účinnosti zařízení na straně spotřeby a snaha postupně nahrazovat fosilní paliva obnovitelnými zdroji vede, ve vztahu k vyčerpatelnosti zásob fosilních paliv, k oddálení spotřeby těchto paliv. Oddálením dopadu vyčerpání těchto paliv dochází ke zvýšení časového fondu potřebného k nahrazení těchto

zdrojů, což lze považovat za prevenci proti globální energetické krizi a snížení závislosti na zemích disponujících světovými zásobami fosilních paliv.

Dále se tato práce bude zabývat možnostmi provozu malé kogenerační jednotky pro rodinný dwojdomek využívající spalování CNG, tzv. mikrokogenerace.

1.2 Rešerše možností provozu KVET

Při výběru kogenerační jednotky lze volit různé technologie. Každá používaná technologie s sebou přináší jisté výhody i nevýhody a výběr optimální varianty je dán potřebnými technickými parametry a ekonomickou efektivností provozu vybraného soustrojí.

Státní podpora těchto zařízení však neprobíhá svévolně. Je dána pravidly, která jsou definována zákony a směrnicemi, které je nutné dodržovat. Do projektu nelze tedy zahrnovat pouze technické a ekonomické předpoklady, ale je nutné také posuzovat a projektovat zařízení v souladu s příslušnými zákony a předpisy. Tato kapitola je věnována možnostem, které jsou v současné době k dispozici z hlediska technologie a problematice týkající se připojení a provozu jednotek z pohledu legislativy.

1.2.1 Kogeneračních jednotky z hlediska přeměny na mechanickou práci

Možností, jak přeměnit tepelnou energii na elektrickou a zbytkové teplo dále využít, je velice mnoho. Existují i možnosti přeměny bez nutnosti přítomnosti mechanické práce. Tyto technologie jsou však z pravidla velice neefektivní (v porovnání s konverzí na mechanickou práci a následně na elektrickou) a finančně nákladné, vhodné pouze pro speciální aplikace, např. napájení družic v kosmu. Kombinovaná výroba tepla a elektřiny v energetice se tedy děje zásadně s asistencí mechanické práce. Tato kapitola popisuje nejběžněji využívané možnosti přeměny tepla na mechanickou práci.

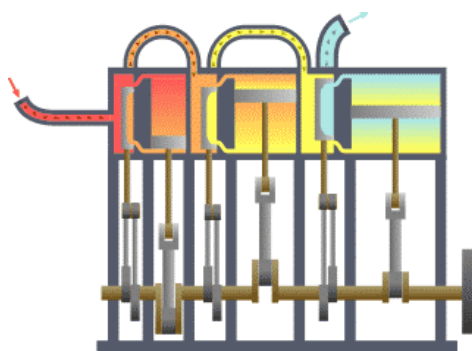
- **Jednotky s pístovými parními motory:**

Parní motor je stroj, sloužící k přeměně vnitřní energie vodní páry na mechanickou práci. Tradice tohoto způsobu přeměny sahá hluboko do historie. Konstrukcí a prvními praktickými aplikacemi parních strojů se zabýval anglický vynálezce Thomas Newcomen (1664-1729), na jeho práci později navázal James Watt (1736-1819), který tento typ pohonu zdokonalil a docílil výrazného zvýšení účinnosti. Tyto pístové parní stroje byly postupně nahrazeny spalovacími motory či elektromotory. Dnes se vývojem pístových parních motorů zabývá několik společností po celém světě (v České republice se jedná o společnosti PolyComp a.s. a Tenza a.s.) [2].

V principu přeměny energie obsažené v páře na mechanickou práci se tyto stroje nijak neliší od klasických plynových turbín. Obě tyto varianty využívají expanze páry. Výhodou

pístových strojů oproti parním turbínám je možnost zpracování menšího množství páry při větším tlakovém spádu [4]. Jednotlivé písty lze řadit paralelně, kdy každý píst má na vstupu stejné parametry páry, nebo do série, přičemž průměr pístů musí být odstupňovaný stejně jako jednotlivé stupně parní turbíny. Volba řazení pístu i celkové konstrukce závisí, mimo jiné, na parametrech páry na vstupu a požadovaných parametrech páry na výstupu stroje. Vzhledem k vyšší termodynamické účinnosti pístových motorů při malých výkonech, ve srovnání s klasickými parními turbínami stejného výkonu, jsou vhodné pro tepelný příkon od 200 – 1 000 kW [3]. Účinnost přeměny energie páry na mechanickou práci dosahuje až 54%. Celková tepelná a elektrická účinnost se pak pohybuje mezi 80-85% [2]. Zjednodušený řez parním pístovým motorem je znázorněn na následujícím obrázku.

Obr. č. 2: Zjednodušený řez třístupňovým parním pístovým motorem [W1]



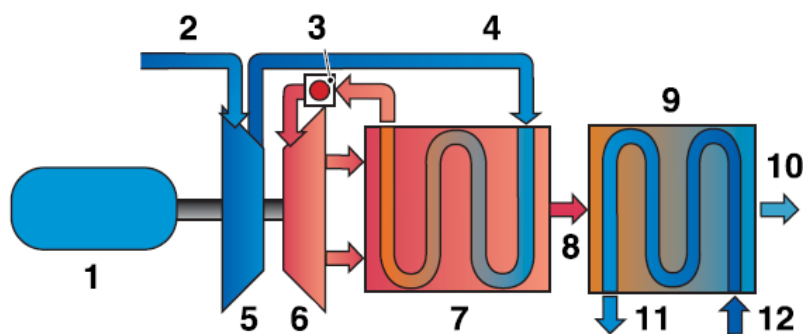
- **Jednotky se spalovacími turbínami:**

Spalovací turbína se skládá z kompresoru, spalovací komory a turbíny. Jedná se o motor s otevřeným oběhem. Všechny tyto části jsou pak na společné hřídeli spolu s generátorem elektrické energie. Kompresorem stlačený vzduch je vháněn do spalovací komory, kde se mísí s palivem a dochází k hoření směsi. Vznikají spaliny o vysokém tlaku a teplotě, které následně expandují v turbíně. Expanze v turbíně, stejně jako v parních turbínách, je brzděna lopatkami rotoru, tím na lopatky působí síla ve směru jejich ubíhání. Vzniká točivý moment, který je přenášen z lopatek turbíny na hřídel a z hřídele je tento moment „odebírán“ lopatkami kompresoru na vstupu a elektrickým generátorem.

Jednotky se spalovacími turbínami jsou k dostání ve výkonovém rozsahu 250 kW - 300 MW s elektrickou účinností až 48% u nejdokonalejších typů. Účinnost závisí na konstrukci a na teplotě výfukových spalin. Čím vyšší teplota spalin, tím vyšší účinnost. Turbíny odvozené z leteckých motorů dosahují na výstupu teploty až 1380°C, což vyžaduje mimořádnou technickou úroveň jak materiálů, tak konstrukce. Vysoké teploty při spalování však umožňují tvorbu emisí NOx. Vzhledem k ekologii a snaze snižování emisí škodlivin do ovzduší je výstupní

teplota záměrně snižována, často vstřikováním páry do spalovací komory [5]. Schematicky je takováto soustava pro kogeneraci tepla a elektřiny znázorněna na obr. č. 3.

Obr. č. 3: Schéma kogenerační jednotky s plynovou turbínou s rekuperací [W2]



1. Generátor, 2. Vstup vzduchu, 3. Spalovací komora, 4. Přívod vzduchu do rekuperátoru, 5. Kompresor, 6. Turbína, 7. Rekuperátor, 8. Spaliny, 9. Spalinový výměník tepla, 10. Výstup spalin, 11. Výstup horké vody, 12. Vstup vody

Vývoj v této oblasti a s ním spojený technologický pokrok umožňuje konstrukci účinných turbín malého výkonu, tzv. mikroturbín. Jedná se o zmenšené případy výše popsané technologie, vysokootáčkové turbíny s generátorem na společné hřídeli s elektrickým výkonem již od 25 kW. Vzhledem k vysokým otáčkám nelze použít běžné synchronní či asynchronní generátory. Pro použití těchto generátorů by musel být výstup převodován do pomala za použití převodovky, což by představovalo přidané mechanické ztráty. V tomto případě jsou převážně využívány vysokootáčkové generátory v kombinaci s polovodičovým měničem [5]. Výrobou jednotek se spalovacími turbínami se zabývají světoznámé společnosti Capstone a Siemens. Z českých společností pak Ekol s.r.o.

- **Jednotky se spalovacími motory:**

Pro přeměnu energie obsažené v palivu lze využít stabilní spalovací motory odvozené z mobilních aplikací (automobily, lodě, železniční vozy). Masivní rozšíření těchto motorů má za následek jejich snadnou dostupnost, vysokou technologickou úroveň a relativně nízkou cenu. Snadno lze též dosáhnout optimálního provozního režimu motoru v otáčkách, kde lze ke generování elektrické energie použít běžné elektromotory v režimu generátoru. Motory (generátory) se synchronními otáčkami 3000/min., či 1500/min., jsou stejně tak rozšířené v oblasti elektro, jako jsou spalovací motory v mobilních aplikacích, což také predikuje nízké pořizovací náklady, dobrou dostupnost a vysokou technologickou úroveň.

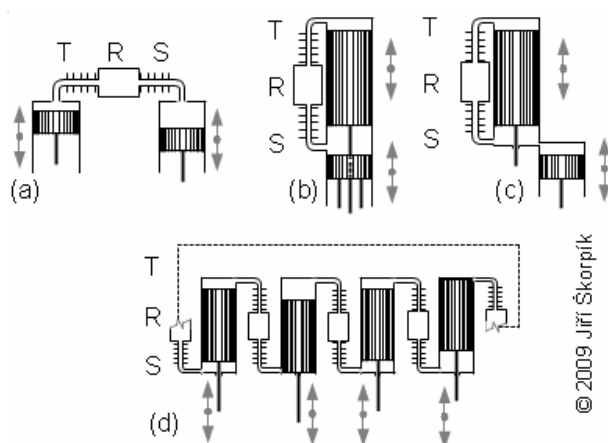
Kogenerační jednotky se spalovacími motory jsou k dostání od 7 kWe až do 2 000 kWe. Elektrická účinnost takovýchto soustrojí se pohybuje od 27% u těch nejmenších a až 44% u největších jednotek. Celková účinnost přeměny vnitřní energie paliva na užitečně využitelnou formu se pohybuje v rozmezí 85% až 94% [6]. V České republice se touto technologií

kombinované výroby tepla a elektřiny zabývají především společností Tedom a.s., Karla Energize, Viessmann s.r.o. a mnoho dalších.

- **Jednotky se Stirlingovým motorem:**

Stirlingův motor se řadí mezi tepelné stroje s vnějším spalováním. Jako první si nechal tento stroj patentovat v roce 1816 Robert Stirling. Jednalo se o jednoduchý dvoupístový stroj využívající k přeměně tepelné energie na mechanickou práci plynu v pracovních komorách motoru. Postupem času byly přihlašovány na patentním úřadě další různé modifikace tohoto stroje s různými vylepšeními a efektivnostmi. Podstata však byla u všech modifikací stejná. Nejznámější modifikace Stirlingova motoru jsou alfa, beta a gama. Jednotlivé modifikace jsou znázorněny na následujícím obrázku.

Obr. č. 4: Základní modifikace Stirlingova motoru



T-teplá strana; S-studená strana; R-regenerátor;

(a) α -modifikace; (b) β -modifikace; (c) γ -modifikace; (d) dvojitá α -modifikace [7].

Svou relativně vysokou účinností brzy konkuroval klasickým parním strojům a postupně je nahrazoval až do doby, kdy na scénu přišly spalovací motory s vnitřním spalováním, převážně derivátů ropy. Spalovací motory mají výhodu jednak v nízké hmotnosti na jednotku výkonu a snadnou, velmi dynamickou, regulaci výkonu. Využití Stirlingových motorů v automobilovém průmyslu se ukázalo být nevhodné a další vývoj těchto pohonů byl odložen.

Výhodou těchto motorů je fakt, že pracují pouze s teplem a to nezávisle na tom, čím je tato tepelná energie generována. Nemusíme se tedy omezovat jen na spalování fosilních paliv. Tepelnou energii lze s úspěchem získávat například ze slunečního záření. Využití těchto motorů bychom tedy mohli nalézt právě při využívání obnovitelných zdrojů energie. Na obrázku níže je znázorněna takováto praktická aplikace, kdy Stirlingův motor leží v ohnisku zrcadlové paraboly. Teplota na povrchu zahřívaného stroje se pohybuje okolo 850°C. Jedná se konkrétně

o jednotku EuroDish dosahující výkonu až 7,9 kW při intenzitě slunečního záření 850 W/m², čemuž odpovídá účinnost přibližně 15,3% [7].

Obr. č. 5: Zkušební solární jednotka EuroDish se Stirlingovým motorem [W3]



Dalším oborem využití stirlingových motorů je jistě napájení družic v kosmu, kde se družice vyslané dále od slunce již nemohou spolehnout na fotovoltaické články. Jako zdroj tepla slouží různé radioaktivní izotopy, například plutonium 238 s poločasem rozpadu více než osmdesát let [7].

Jedním z dodavatelů kogeneračních jednotek se Stirlingovi motory je společnost Stirling Energy. Jedná se o dvouválcové motory s výkonem 2 - 9 kWe, s elektrickou účinností 25% a celkovou tepelnou a elektrickou účinností až 96%. Nespornou výhodou těchto motorů je údržba. Zařízení je relativně jednoduché, téměř bezúdržbové s dlouhou životností. Z dalších dodavatelů lze jmenovat např. společnost Viessmann.

1.2.2 Kogenerační jednotky z hlediska využití mechanické práce

- **Generace stlačených plynů:**

Tato možnost je atraktivní zejména pro průmyslové výroby, kde je zapotřebí stlačených plynných médií a zároveň tepelné energie. Jedná se v podstatě o záměnu elektrické pohonné jednotky kompresoru za spalovací motor s využitím odpadního tepla. Takováto aplikace by ale mohla nalézt uplatnění i v domácnostech. Mnohé domácnosti využívají k vytápění tepelných čerpadel, což vyžaduje právě zmíněnou potřebu komprese oběhového média. Připojíme-li k hřídeli motoru místo elektrického generátoru kompresor tepelného čerpadla, můžeme získat z mechanické práce na hřídeli až 3x více energie ve formě tepla. Jedná se tedy o kombinaci spalovacího motoru a tepelného čerpadla. Předpokládáme-li, že přibližně $\frac{2}{3}$ spalného tepla paliva připadne na odpadní teplo při provozu motoru a $\frac{1}{3}$ je přeměněna

na mechanickou práci, tak tímto zapojením můžeme při topném faktoru 3 tepelného čerpadla získat energii o velikosti přibližně $\frac{2}{3} + \frac{1}{3} * 3 = \frac{5}{3}$ výhřevnosti spotřebovaného paliva. Toto zapojení by se také dalo interpretovat jako zařízení na téměř zdvojnásobení výhřevnosti paliva, což s sebou přináší úsporu paliva společně s potřebnou investicí. V neposlední řadě pak odstranění komplikací (z hlediska administrativního) s připojováním generátoru k síti.

- **Generace elektrické energie:**

Jedná se o nejběžnější využití mechanické práce dodané pohonnou jednotkou. Výhodou elektrické energie je její všestranné využití, tedy vysoká exergie. Lze ji s relativně vysokou účinností přeměnit zpět na mechanickou práci díky elektromotorům, na teplo Joulovými ztrátami ve vodiči, na chlad s využitím Peltierových článků či kompresorových chladících zařízení, světlo a mnoho dalších produktů.

Přeměna mechanické práce na elektrickou energii se děje za pomoci elektro generátorů. Jsou to elektrické točivé stroje, které jsou za určitých okolností schopny konvertovat také elektrickou energii na mechanickou práci. V takovém případě mluvíme o motorech. Jelikož účelem kogenerační jednotky s výrobou elektřiny je provoz onoho elektrického točivého stroje v režimu generátoru, musí být současně zajištěna ochrana proti chodu v motorickém režimu, kde by byla elektrická energie spotřebovávána.

Elektrické generátory pro kogenerační jednotky lze rozdělit do tří základních skupin:

- Asynchronní
- Synchronní
- Ostatní

Asynchronní generátor je velmi jednoduchý stroj charakteristický svou dlouhou životností a bezúdržbovým provozem. Jeho připojení k síti je jednoduché, pracuje paralelně se sítí jako generátor při otáčkách vyšších než jsou synchronní otáčky sítě, v motorickém režimu jej lze využít pro rozběh celého zařízení. Za použití kondenzátorů dodávajících jalový výkon tvořící točivé magnetické pole lze asynchronní generátor provozovat i v ostrovním režimu nezávisle na distribuční síti.

Synchronní generátory obsahují rotorové vinutí, které je zapojeno do elektrického obvodu. To vyžaduje použití kroužkových sběračů s uhlíkovými kartáčky, což zvyšuje oproti asynchronním generátorům poruchovost a potřebu provádění servisních úkonů. Připojování k distribuční síti se děje v okamžiku, kdy je frekvence napětí generátoru shodná s frekvencí sítě, jednotlivé fáze jsou ve stejném sledu, napěťová úroveň jednotlivých fází generátoru a sítě je totožná a fázový posun napětí generátoru a sítě je nulový. Připojení k síti je tedy o poznání

komplikovanější a navíc nelze provést start celého zařízení generátorem v motorickém režimu bez přítomnosti frekvenčního měniče. Pokud připojíme k síti stojící synchronní generátor, nerozběhne se. Výhodou synchronních generátorů v ostrovním provozu je přímá možnost regulace napětí a frekvence odděleně.

Pokud pohonnou jednotku tvoří spalovací turbína, či jiný pohon pracující ve výrazně vyšších otáčkách než jsou otáčky distribuční sítě, je zapotřebí vysokootáčkového generátoru s měničem. Napětí na výstupu z generátoru je buď přímo stejnosměrné, nebo je usměrněno. Měnič se poté automaticky přifází na síť a dodává elektřinu s parametry blízcími se parametrům sítě. Pokud má být měnič schopen pracovat v ostrovním režimu, musí pro zachování frekvence sítě obsahovat zařízení, které mu udává takt (např. krystalový oscilátor). Jinak měnič získává tento takt přímo z průběhu napětí distribuční sítě.

2 Stanovení současných nákladů na vytápění domu a spotřeby elektrické energie

Předmětem zkoumání vhodnosti investice do náhrady stávajícího systému vytápění kombinovanou výrobou tepla a elektřiny je dvougenerační rodinný dům, složený ze dvou navzájem energeticky nezávislých bytových jednotek, disponujících vlastním elektroměrem a vlastním plynoměrem. Celý dům je připojen k rozvodu zemního plynu, tudíž uvažovaným palivem pro kogenerační jednotku je CNG.

Využití tepelné energie v 1. bytové jednotce spalováním zemního plynu spočívá v ohřevu teplé užitkové vody a k jejímu vytápění.

Druhá bytová jednotka je pronajímána a spotřeba zemního plynu je složena ze spotřeby na vytápění této jednotky a spotřeby plynu na vaření.

Využití tepla z KJ je uvažováno pro obě bytové jednotky. Jelikož pronajatá část domu je energeticky nezávislá a spotřebu plynu hradí nájemník, vyplývá z propojení otopné soustavy obou jednotek přesun nákladů na vytápění pronajaté části na provozovatele KJ, tedy majitele tohoto domu. Teplo dodané do pronajaté jednotky je tedy zapotřebí zpoplatnit, aby došlo k úhradě tohoto nákladu. Lze tak činit buď paušálním poplatkem přičteným k nájmu, nebo na základě měření skutečného množství dodaného tepla do pronajaté jednotky. Varianta paušálního poplatku představuje riziko nevhodného zacházení s teplem a skutečná částka za spotřebovaný plyn by mohla výrazně převýšit hodnotu předem domluveného paušálu. Objektivním způsobem zúčtování bude tedy měření skutečného dodaného tepla pomocí kalorimetru a nájemník pak bude platit předem stanovený poplatek za jednotku dodané tepelné energie.

2.1 Spotřeba elektrické energie

Vyvedení elektrického výkonu generátoru KJ bude připojeno do sítě 1. bytové jednotky. Případná úspora, resp. náhrada, elektrické energie při provozu KJ se tedy bude týkat výhradně této jednotky. Ohřev TUV pro 2. bytovou jednotku je zajištěn elektrickým ohříváčem vody se zásobníkem TUV o objemu 120 l. Počet osob v této jednotce je dvojnásobný. Množství spotřebované energie na ohřev TUV bude tedy pravděpodobně přibližně dvojnásobné. Spotřeba plynu na ohřev TUV 1. bytové jednotky je cca 4,23 kWh/den (viz tab. č. 4). Tepelné ztráty zásobníku elektrického ohříváče TUV činí 1,2 kWh/den (viz. kap. 4.4).

Tab. č. 1: Cena elektrické energie a její spotřeba v souvislosti s provozem KJ

	Kč/kWh
Silová elektřina	1,402
Distribuce	1,70553
Systémové služby	0,13219
Podpora OZE	0,583
Činnost OTE	0,00756
Daň z elektřiny	0,0283
Celkem	3,85858 Kč/kWh
Průměrná spotřeba 1. byt celkem	8,6 kWh/den
Průměrná spotřeba 2. byt na TUV	9,66 kWh/den

2.2 Spotřeba plynu

Tab. č. 2: Spotřeba a cena plynu pro obě bytové jednotky

	Byt 1	Byt 2	
Komoditní složka	856,36	910	kč/MWh
Služby distribuce	160,47	155,81	kč/MWh
Otep za činnost zúčtování	2,16	2,16	kč/MWh
Celkem	1 018,99	1 067,97	kč/MWh
Průměrná spotřeba	12,6	20	MWh/rok

Vzhledem k uváděným technickým parametrům KJ a veliké pravděpodobnosti různých hodnot účinností KJ a stávajících plynových kotlů bude pro výpočet parametrů a stanovení ekonomických parametrů investice vhodné stanovit skutečné množství dodané tepelné energie do obou objektů. Kotel JUNKERS ZWE 24 4 MFA 23, používaný v současnosti v 1. jednotce, ani GASEX-28 v 2. jednotce není kondenzační. Účtovaná dodávka plynu v MWh je stanovena jako součin spalného tepla a objemu dodaného plynu [16]. Pokud kotle nejsou kondenzační, je maximální možná hodnota tepelné energie získaného spalováním CNG, při 100% účinnosti kotlů, rovna výhřevnosti paliva. Poměr mezi spalným teplem a výhřevností paliva je přibližně 0,9. Dále je potřeba zahrnout účinnost kotlů. Skutečné množství tepla spotřebovaného v jednotlivých jednotkách je pak dáno následujícím výpočtem.

$$Q_{s,i} = Q_{dod,i} * \frac{Q_v}{Q_{spal}} * \eta_i \quad (2.2.1)$$

$Q_{s,i}$ - Množství tepla skutečně spotřebované i-tou jednotkou [MWh]

$Q_{dod,i}$ - Množství tepla dodaného v podobě vnitřní energie paliva [MWh]

Q_v - Výhřevnost paliva [MWh/m³]

Q_{spal} - Spalné teplo paliva [MWh/m³]

η_i - Účinnost kotle i-té jednotky [-]

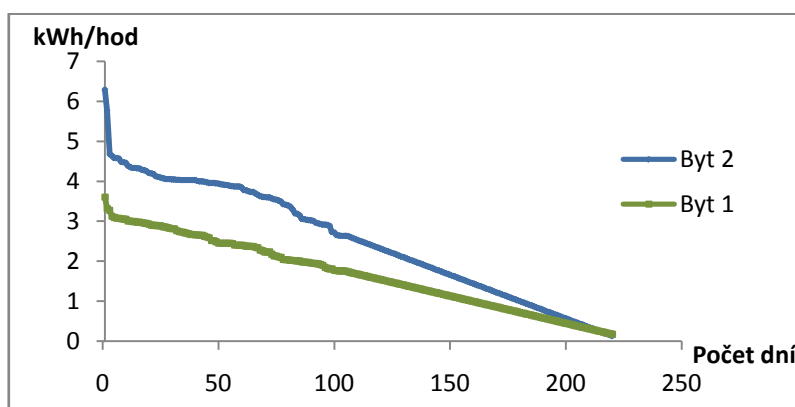
Tab.č. 3: Spotřeba tepla pro obě domácnosti

$\eta_1 = 0,9$ $\eta_2 = 0,88$ $Q_v / Q_{spal} = 0,9$		
	Jednotka 1	Jednotka 2
Q_s [MWh/rok]	10,206	15,84

2.2.1 Časový průběh spotřeby plynu

Pro určení optimálních parametrů KJ bude zapotřebí určit spotřebu plynu v časovém měřítku a definovat špičkové a základní zatížení v průběhu topné sezóny. Měření bylo započato 30. 11. 2013, s prvním údajem o průměrné hodinové spotřebě plynu v daném dni 1. 12. 2013. Hodnoty průměrné hodinové spotřeby jsou použity vzhledem k nemožnosti odečetů pro každý den ve stejnou hodinu. Stává se tedy, že časový interval mezi jednotlivými odečty je různý a nebylo by správné tvrdit, že spotřeba za daný den (24 hodin) byla taková, když interval mezi danými odečty byl např. 27, nebo 22 hodin. V podstatě se pak jedná o průměrný příkon plynové soustavy v daném časovém intervalu. Měření nezachytilo celou topnou sezónu, zbývající údaje o spotřebě byly odhadnuty jako postupně lineárně klesající k nule. Pokud seřadíme hodnoty chronologicky od největších, získáme následující graf.

Graf č. 3: Tepelný příkon domácností v závislosti na počtu dní

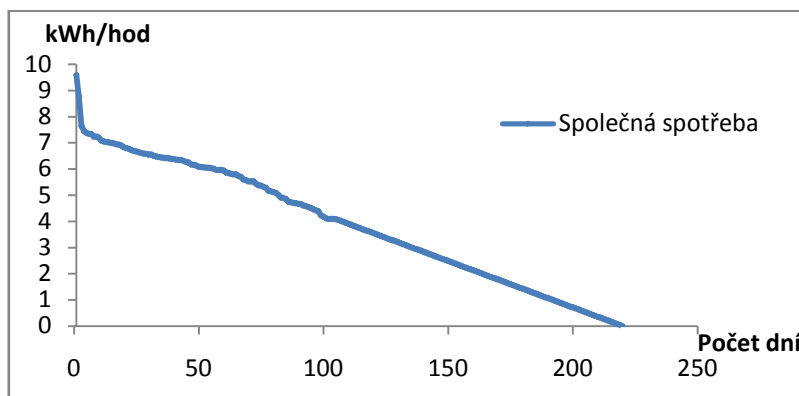


Tab. č. 4: Parametry spotřeby plynu

	Jednotka 1	Jednotka 2
Špičková spotřeba Pšp [kWh/h]	3,6	6,3
Průměrná spotřeba plynu na ohřev TUV [kWh/den]		4,23
Průměrná spotřeba plynu na vaření [kWh/den]		3,12

Po odečtení spotřeby bytových jednotek na ohřev TUV a na vaření získáváme společnou spotřebu plynu na vytápění znázorněnou na následujícím grafu.

Graf č. 4: Společná spotřeba tepla obou bytových jednotek



Pro výpočty některých parametrů KJ je nevhodná diskrétní množina bodů získaných odečty. Získané body lze proložit polynomem n-tého řádu tak, abychom získali spojitou funkci spotřeby a zároveň se co nejvíce blížili naměřeným bodům. Za použití matematického softwaru Wolfram Mathematica byly stanoveny regresní parametry funkce spotřeby za pomoci polynomu devátého řádu.

$$f(t) = a_0 + a_1t + a_2t^2 + \dots + a_9t^9 [kW] \quad (2.2.1.1)$$

a_i - i-tý koeficient polynomu nezávisle proměnné i-tého řádu

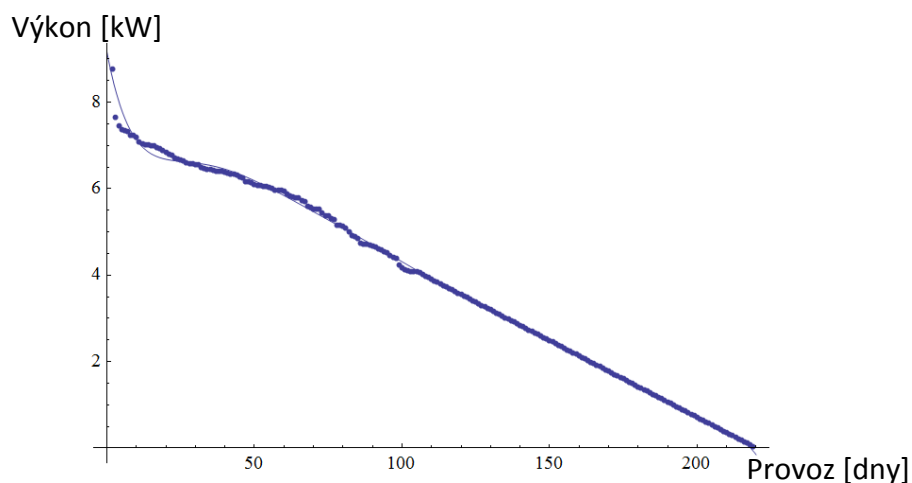
t^i - nezávisle proměnná i-tého řádu (čas)

Tab. č. 5: Koeficienty polynomu funkce spotřeby plynu

a_0	a_1	a_2	a_3	a_4
9.163	-0.357	0.0207	$-0,634 \times 10^{-3}$	$0,11 \times 10^{-4}$
a_5	a_6	a_7	a_8	a_9
-1.19×10^{-7}	$7,95 \times 10^{-10}$	$-3,23 \times 10^{-12}$	$7,286 \times 10^{-15}$	-6.986×10^{-18}

Proložení naměřených bodů pak vypadá následovně:

Graf č. 5: Množina naměřených bodů proložená polynomem



3 Legislativa spojená s provozem KVET

Provoz kombinované výroby tepla a elektřiny je státem podporovanou formou výroby elektrické energie. Pokud investor žádá o podporu, musí splnit několik podmínek, které upravují příslušné zákony. Tyto zákony chrání jednak stát před zneužitím těchto příspěvků, ale i distribuční (popř. přenosovou) síť, ke které je zařízení připojeno z hlediska zachování kvalitativních i kvantitativních parametrů energetické soustavy. Pokud investor nebude žádat o dotace a zařízení nebude připojeno do elektrizační soustavy, nejsou pro něj tyto zákony směrodatné a může zařízení provozovat dle vlastního uvážení, pokud však tímto provozem neporušuje zákony jiné. Jedná se především o ostrovní proozy objektů, kde je zhoršená či neekonomická možnost připojení k elektrizační soustavě. Takovéto případy však nejsou běžné. Ve všech ostatních případech je výhodné připojit se k elektrizační soustavě, či zůstat připojen, a provozovat zařízení v souladu s příslušnými zákony.

3.1 Potřebné formality k provozu KVET

- **Připojení výroby k distribuční síti:**

K připojení je potřeba získat povolení od územně příslušného provozovatele distribuční soustavy (ČEZ, EON, PRE). Na základě podání žádosti, společně s dalšími dokumenty specifikované v této žádosti (situační plánec umístění, způsob a místo připojení, technické parametry), dojde k posouzení možnosti připojení. Provozovatel sítě může připojení výroby odmítnout z technických důvodů nebo její připojení podmínit. V případě vydání kladného stanoviska k této žádosti dojde k uzavření smlouvy o připojení výroby k distribuční soustavě. Náležitosti této smlouvy upravuje zákon č. 458/2000 Sb. a vyhláška ERU č. 51/2006 Sb. [14].

- **Autorizace k výstavbě výroby elektřiny:**

K výstavbě zařízení, jehož elektrický výkon přesahuje 100 kW je zapotřebí udělení státní autorizace na výstavbu výroby elektřiny. Autorizaci vydává Ministerstvo průmyslu a obchodu na základě písemné žádosti. Součástí žádosti je, kromě technických a ekonomických parametrů výroby, také vyjádření operátora trhu s elektřinou a provozovatele přenosové nebo distribuční soustavy o zajištění služeb a bezpečnosti soustavy spojené s připojením nové výroby [14]. Předpokládaný elektrický výkon kogenerační jednotky pro výše definovaný objekt je v řádu jednotek kW. V našem případě tedy nebude zapotřebí žádat o tuto autorizaci.

- **Stavební povolení:**

Stavební povolení není potřeba v případě zachování plynové přípojky, nebo nedochází-li ke změně topného média, nemění se odvod spalin a není zapotřebí stavebních úprav. Jedná-li se o malou kogenerační jednotku v prostorách kotelny jako náhrada za stávající kotel, nemusí investor žádat o stavební povolení. V případě tohoto konkrétního objektu se jedná právě o takovouto rekonstrukci a vyhovuje tedy předpokladům pro vyloučení z povinnosti žádat o stavební povolení.

V jiném případě je potřeba vyhovět požadavkům stavebního zákona č. 183/2006 Sb. K žádosti o stavební povolení je zapotřebí projekt k instalaci jednotky a vyvedení elektrického výkonu. Na základě tohoto projektu pak žadatel získá stanoviska orgánů státní správy (hygiena, požární bezpečnost,...) a správců sítí (distribučních, plynových, vodovodních,...).

Dále je zapotřebí vyjádření odboru životního prostředí o posouzení vlivu na životní prostředí dle zákona č. 100/2001 Sb. Pokud je příkon jednotky vyšší než 300 kW (odpovídá přibližně 100 kW elektrického výkonu), je dle zákona o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb. vyžadováno vydání kladného stanoviska Krajského úřadu [14].

- **Zkušební provoz a kolaudace:**

Po instalaci zařízení je zapotřebí požádat o zkušební provoz nebo kolaudaci v případě nutnosti a obdržení stavebního povolení. Povolení zkušebního provozu vydává stavební odbor. Pro získání tohoto povolení a kolaudace je zapotřebí doložit provedení revize elektroinstalace, plynového zařízení a splnění všech podmínek stavebního povolení [14].

- **Udělení licence:**

Licence na výrobu elektřiny je vydávána Energetickým regulačním úřadem. Pokud je součástí projektu i záměr obchodování s teplem, je zapotřebí i licence na výrobu tepla.

K získání licence je zapotřebí doložit:

- Existenci právnické osoby, či registraci osoby v obchodním rejstříku, jež je žadatelem o licenci.
- Doklady prokazující odbornou způsobilost fyzické osoby a odpovědného zástupce dle zákona č. 458/2000 Sb.
- Doklady prokazující vlastnické právo k zařízení a finanční a technické předpoklady k provozu zařízení, přičemž finanční předpoklady nemusí žadatel dokazovat, pokud elektrický výkon zařízení nepřesahuje 200 kW pro licenci na výrobu elektřiny a 1 000 kW tepelného výkonu pro licenci na výrobu tepla.
- Doklady o umístění provozovny.

Součástí žádosti udělení licence by také mělo být prohlášení odpovědného zástupce, že souhlasí s ustanovením do funkce a že nezastává tuto funkci u jiného držitele licence [14].

Dle rozhodnutí ERÚ, se na výrobu a distribuci tepla nevyžaduje licence pro „*dodávku konečným spotřebitelům jedním odběrným tepelným zařízením ze zdroje tepelné energie umístěného v témže objektu nebo mimo objekt v případě, že slouží ke stejnému účelu. Dále se licence neuděluje na činnost, kdy zákazník či odběratel poskytuje odebranou tepelnou energii jiné fyzické či právnické osobě prostřednictvím vlastního nebo jím provozovaného odběrného tepelného zařízení, přičemž náklady na nákup tepelné energie na tyto osoby pouze rozúčtuje dohodnutým nebo určeným způsobem a nejedná se o podnikání.*“ (ERÚ,2014, [21]), což odpovídá právě našemu případu.

- **Osvědčení o původu elektřiny:**

Toto osvědčení je stěžejním dokumentem pro stanovení podpory kombinované výroby tepla a elektřiny. Osvědčení vydává Ministerstvo průmyslu a obchodu a je jedním z dokumentů, na jehož základě dochází k vyplácení podpory Operátorem trhu s elektřinou. Prokazování původu elektřiny nařizuje a upravuje zákon č. 165/2012 Sb.

- **Registrace u operátora trhu s elektřinou:**

Operátor trhu s elektřinou organizuje, spravuje a zajišťuje vyúčtování mezi jednotlivými subjekty/účastníky trhu s elektřinou. Každý výrobce, obchodník, či jiný subjekt zasahující do trhu s elektřinou, musí tedy být registrován u Operátora trhu. Registrace probíhá elektronicky, na stránkách www.ote-cz.cz je k nalezení podrobný postup pro registraci.

- **Měření:**

Pro měření množství vyrobené elektrické energie a tepla je vyžadováno použití ověřených přístrojů, přičemž jejich vhodnost je posuzována dle vyhlášky č.82/2011 Sb. V případě malé kogenerační jednotky je potřeba měřit:

- množství dodané elektrické energie generátorem pro stanovení podpory KVET
- množství dodané elektrické energie do distribuční sítě pro stanovení platby za dodanou elektřinu
- množství dodaného tepla a spotřebovaného paliva k určení účinnosti zařízení

K měření množství elektrické energie do distribuční sítě je zapotřebí instalace více kvadrantového elektroměru, schopného měřit odděleně množství elektřiny spotřebované

a dodané do distribuční sítě, umístěného v místě připojení domovního rozvodu k distribuční síti. O tento elektroměr lze zažádat u místně příslušného provozovatele distribuční soustavy.

- **Smlouva o výkupu silové elektřiny:**

Na základě této smlouvy lze přebytečnou elektrickou energii dodávat do distribuční sítě. V případě absence této smlouvy se provozovatel kogenerační jednotky dopouští neoprávněné dodávky a je pak finančně postižitelný. Smlouva se uzavírá s obchodníkem s elektrickou energií, přičemž výše výkupní ceny není regulována.

- **Podpora elektřiny z KVET:**

Podpora KVET je vyplácena formou zelených bonusů v Kč/MWh elektrické práce dodané generátorem. Zahrnuje tedy i vlastní spotřebu objektu. Vykazování a zúčtování bonusu za vyrobenou elektrickou energii se děje přes informační systém Operátora trhu s elektřinou. Zúčtování se děje ve čtvrtletních intervalech při výkonu jednotky do 10 kW, nad 10 kW pak v měsíčních intervalech či jejich násobku. Výši zeleného bonusu stanovuje ERÚ cenovým rozhodnutím s platností na jeden rok. Tento bonus je podmíněn tvorbou úspory primárních zdrojů při výkonu jednotky do 1 MW, při výkonu nad 1 MW je podmínkou úspora minimálně 10%, oproti oddělené výrobě tepla a elektřiny.

Při dodávce přebytku elektřiny do distribuční sítě lze čerpat také podporu za decentralní výrobu v Kč/MWh elektrické práce dodané do distribuční sítě. Vyúčtování a vykazování pak probíhá podobně jako u zeleného bonusu, prostřednictvím informačního systému, přičemž podpora je vyplácena Operátorem trhu. Pokud výkon generátoru přesahuje 30 kW a veškerá elektrická energie jím dodaná slouží výhradně ke krytí vlastní spotřeby, lze účtovat provozovateli místní distribuční soustavy poplatek za sníženou potřebu systémových služeb dle cenového rozhodnutí ERÚ.

- **Výkaznictví:**

Požadavky na výkaznictví jsou stanoveny v příloze č. 3 a 4 vyhlášky č. 487/2012 Sb. [14]. Provozovatel jednotky je povinen předkládat následující výkazy pro

- Energetický regulační úřad – výkaz o výrobě elektřiny
- Ministerstvo průmyslu a obchodu – výkaz o spotřebě a výrobě energie
- Český statistický úřad – sběr dat
- Integrovaný systém plnění ohlašovacích povinností – pro účely institucí veřejné správy v oblasti životního prostředí. Ohlašovací povinnosti a jejich náležitosti při provozu

zařízení stanovuje příloha č. 2 zákona č. 201/2012 Sb [15]. Na kogenerační jednotky do výkonu 300 kW tepelného výkonu se tato povinnost nevztahuje.

- **Kontrola:**

Kontrolu dodržování legislativy provádí Česká energetická inspekce. Důležitým parametrem pro čerpání zeleného bonusu je výkaz úspory energií na základě měření spotřeby paliva, výroby tepla a elektrické energie [14].

3.2 Zákony a vyhlášky spojené s provozem KVET

- **Zákon č. 458/2000 Sb.** - o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů.
- **Zákon č. 165/2012 Sb.** - o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů.
- **Zákon č. 406/2006 Sb.** - o hospodaření energií.
- **Vyhláška č. 453/2012 Sb.** - o elektřině z vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla a elektřině z druhotných zdrojů.
- **Vyhláška č. 441/2012 Sb.** - o stanovení minimální účinnosti užití energie při výrobě elektřiny a tepelné energie.
- **Vyhláška č. 478/2012 Sb.** - o vykazování a evidenci elektřiny a tepla z podporovaných zdrojů a biometanu, množství a kvality skutečně nabytých a využitých zdrojů a k provedení některých dalších ustanovení zákona o podporovaných zdrojích energie.
- **Vyhláška č. 140/2009 Sb.** - o způsobu regulace cen v energetických odvětvích a postupech pro regulaci cen.
- **Vyhláška č. 82/2011 Sb.** - o měření elektřiny a o způsobu stanovení náhrady škody při neoprávněném odběru, neoprávněné dodávce, neoprávněném přenosu nebo neoprávněné distribuci elektřiny.
- **Vyhláška č. 51/2006 Sb.** - o podmínkách připojení k elektrizační soustavě

4 Návrh parametrů kogenerační jednotky

Možností provozu kogenerační jednotky je, díky možnosti volby výkupního tarifu elektrické energie dodané do DS a možnosti volby tzv. teplotního součinitele, více. Různé režimy provozu pak budou představovat různé parametry kogenerační jednotky. V této kapitole budou uvedeny všechny přípustné provozní režimy, parametry jednotky pro daný režim a definovány jejich nezbytné komponenty. Selekci optimální varianty se bude věnovat další kapitola.

Základním komponentem kogenerační jednotky, shodným pro všechny varianty, je vlastní agregát pohonné jednotky a elektrického generátoru. Výkon tohoto agregátu však může být pro různé provozní režimy odlišný. Volbou výkupního tarifu lze volit mezi několika cenovými hladinami elektrické energie dodané do DS. Výkupní ceny elektřiny jsou pak striktně časově závislé, přičemž potřeba tepla na vytápění je více rozprostřena do celého dne. Při volbě tarifu nabízejícího vyšší výkupní cenu v určitém časovém úseku (vysoký tarif) je výhodné provoz KJ koncentrovat do této doby. Pokrytí potřeby tepla mimo vysoký tarif je pak potřeba zajistit akumulací tepla při provozu ve vysokém tarifu. K tomuto účelu slouží akumulární nádoby

s výměnou tepelné energie zprostředkované ohřevem/chlazením určitého objemu vody v tepelně izolované nádrži. Kogenerační jednotka provozovaná v režimu závislém na výkupním tarifu pak tedy bude opatřena takovýmto zásobníkem. Nevýhodou tohoto režimu je investice navýšena o cenu akumulární nádoby a navýšení nákladů na provoz způsobených potřebou krytí tepelných ztrát akumulátoru. Tyto ztráty činí přibližně 10 Wh/litr/24h [17]. Akumulační schopnost nádrže by měla pokrýt potřebu tepla domácností mezi jednotlivými provozními jednotkami. Maximální doba mezi koncem a začátkem vysokého tarifu je 12 hodin. Maximální zaznamenaná denní spotřeba domácností byla 228 kWh. Akumulační nádrž by tedy měla být schopna dodat množství tepelné energie odpovídající 114 kWh = 410 MJ. Potřebný objem akumulátoru pak lze spočítat následujícím způsobem:

$$m_{max} = \frac{Q_{max}}{C_v \cdot \Delta T} \quad (4.1)$$

$$m_{max} = \frac{410 \cdot 10^6}{4180 \cdot 60} = 1635 \text{ kg} \quad (4.2)$$

m_{max} - Maximální potřebná hmotnost vody v akumulární nádobě v kg, resp. v litrech.

Q_{max} - Maximální potřebné množství akumulovaného tepla [J].

C_v - Měrná tepelná kapacita vody [$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]

ΔT - Tepelný spád mezi nabitým a vybitým akumulátorem [K]

Maximální potřebný objem akumulční nádrže je cca 1 600 litrů. Tento objem může být výrazně nižší, pokud do otopného systému bude zařazen špičkový zdroj tepla. Jedná se především o klasický plynový kotel, který se v případě neschopnosti kogenerační jednotky dodat potřebné množství tepla spustí a pokryje tuto špičkovou potřebu. Kogenerační jednotka pak může být dimenzována na nižší výkon, než představuje špičková spotřeba domácnosti. To má za následek snížení výkonu celého agregátu KJ, možnosti zmenšení akumulční nádoby a tím i snížení ztrát akumulované tepelné energie a prodloužení doby využití maximálního výkonu KJ.

Podíl mezi instalovaným tepelným výkonem KJ a maximálním tepelným příkonem domácnosti se nazývá teplotní součinitel (Ts) [18]. Zařazení špičkového zdroje je možné i pro systémy bez akumulční nádrže, kdy provoz KJ není časově závislý a ani jiným způsobem omezený. Výhodou zařazení zdroje tepla pro pokrytí špičkové spotřeby je zvýšení doby využití maximálního výkonu KJ (tím pádem vyšší krytí vlastní spotřeby elektřiny domácností) a možnost udržení dodávky tepla při poruše KJ. Obecně se zařazení nezávislého špičkového zdroje do otopného systému doporučuje.

4.1 Ohřev TUV

Případná přestavba otopného systému objektu umožňuje využít kogenerační jednotku nově k ohřevu teplé užitkové vody pro obě bytové jednotky. Tuto příležitost je tedy vhodné přezkoumat a určit, zdali je ohřev TUV ekonomicky efektivní, či nikoli.

Systém ohřevu TUV vyžaduje přítomnost akumulátoru teplé vody, což představuje další investiční náklady. Aby byla tato možnost ekonomicky výhodná, musí být užitek z tohoto ohřevu vyšší, než hodnota zásobníku TUV. Užitek zde představuje výroba elektrické energie, kterou buď dodáme do distribuční sítě, nebo spotřebujeme v 1. bytové jednotce a za kterou obdržíme dotaci formou zelených bonusů.

Tab. č. 6: Výše zelených bonusů pro rok 2014 [19]

Provoz [h/rok]	Výše zeleného bonusu [Kč/kWh]
Do 3 000	2,065
Do 4 400	1,605
Do 8 400	0,675

Tab. č. 7: Cenová nabídka na výkup elektrické energie společnosti ČEZ

Varianta A – 1 tarif	0,85 Kč/kWh	
Varianta B – VT 12 hod v pracovní dny (8-20)	I. a IV. čtvrtletí	II. a III. čtvrtletí
VT	1,17 Kč/kWh	1,031 Kč/kWh
NT	0,7 Kč/kWh	0,5 Kč/kWh
Varianta C – VT 8 hod v pracovní dny	I. a IV. čtvrtletí	II. a III. čtvrtletí
	VT 8-16 hod	VT 6-10, 18-22 hod
VT	1,17 Kč/kWh	1,031 Kč/kWh
NT	0,7 Kč/kWh	0,5 Kč/kWh
Úspora při spotřebě elektřiny ve vlastním objektu	3,86 Kč/kWh	

Ohřev TUV se bude v topné sezóně dít současně s ohřevem otopné soustavy, mimo topnou sezónu samostatně. Díky zásobníku teplé vody lze provoz KJ pro ohřev TUV koncentrovat do času vysokého tarifu.

Pro tento účel by měl pro definovaný objekt dostačovat tepelný zásobník s nepřímým ohřevem o objemu 200 l [17]. Konkrétní přípustný zásobník TUV Tatramat VTI 200 s bezfreonovou polyuretanovou izolací, dosahující hodnoty koeficientu tepelných ztrát cca 10 Wh/litr/24h [17]. Množství tepelné energie ztracené přestupem tepla přes izolaci lze určit pomocí následujícího vztahu.

$$E_{tz} = k_{tz} * V * 10^{-3} = 10 * 200 * 10^{-3} = 2 \text{ kWh/den} \quad (4.1.1)$$

E_{tz} - Energie ztracená přestupem tepla TUV izolací zásobníku [kWh/den].

k_{tz} - Koeficient měrných tepelných ztrát [Wh/l/den].

V - Objem akumulární nádrže [l].

Tab. č. 8: Výpočet NPV ohřevu TUV:

Navýšení výroby tepla na ohřev TUV 2. jednotky	8,46 kWh/den
Navýšení spotřeby plynu na ohřev TUV 2. jednotky	10,4 kWh/den = 11,5 Kč/den
Tepelné ztráty zásobníku	2 kWh/den
Spotřeba plynu na krytí ztrát zásobníku	2,45 kWh/den = 2,5 Kč/den
Výroba el. energie	6 kWh/den
Průměrná výkupní cena DS	1,1 Kč/kWh
Spotřeba plynu na el. en.	6 kWh/den = cca 6,6 Kč/den
Příjem z prodeje el. en.	2 148 Kč/rok
Zelený bonus	3 515 Kč/rok
Prodej TUV 2. jednotce	1,63 Kč/kWh = 13,8 Kč/den (viz. kap.5)
Náklady na údržbu	0,5 Kč/kWh _e =3 Kč/den
Krytí vlastní spotřeby el.en.	237 kWh/rok = 912 Kč/rok
Celková bilance provozu	2 998 Kč/rok
Cena zásobníku TUV vč. stavebních úprav	cca 20 000 Kč
NPV (parametry viz kap. 6.2)	- 760 Kč

Uvažujeme tedy oddělený provoz KJ pouze pro ohřev TUV. Spotřebu na krytí ztrát je potřeba zvýšit o účinnost kotle (0,9) a již zmíněný poměr výhřevnosti a spalného tepla (0,9). Elektrická účinnost jednotky cca 25% [W4]. Navýšení spotřeby plynu je dáno jednak převzetím nákladů na ohřev TUV 2. bytové jednotky, dále pak spotřebou části spotřebovaného plynu na výrobu elektrické energie a krytí ztrát zásobníku TUV. Část navýšení nákladů vzniklá převzetím nákladů na ohřev TUV 2. jednotky bude vyúčtována za cenu podle kap. 5. Nárůst spotřeby plynu na výrobu elektrické energie bude přibližně jen ve velikosti odpovídající množství vyrobené elektřiny při provozu KJ pro ohřev TUV. Jelikož výkupní cena elektřiny je přibližně stejná jako cena plynu, bude kladný výsledek ve velikosti odpovídající zelenému bonusu za vyrobenou elektrickou energii.

Cena elektrické energie dodané jednotkou do DS je průměrnou roční hodnotou vysokého tarifu v jednotlivých semestrech, kdy výkupní cena elektřiny je v letních měsících nižší než v zimních. Uvažujeme výkupní tarif B, jelikož zcela dominuje zbylé varianty, tzn. průměrná výkupní cena je vyšší než cena v případě jednotarifní varianty A. Varianta C sice dosahuje stejných výkupních cen, avšak doba trvání vysokého tarifu je kratší.

Krytí vlastní spotřeby elektrické energie domácnosti vychází z předpokladu doby provozu 4 400 hodin ročně, přičemž podíl ohřevu TUV na krytí vlastní spotřeby, oproti podílu ohřevu otopné soustavy, je dán poměrem celkového vyrobeného tepla pro účely ohřevu TUV a celkového dodaného tepla kogenerační jednotkou (cca 15%).

NPV, dle parametrů specifikovaných v kapitole 6, je menší než 0. Investice do ohřevu TUV pomocí kogenerační jednotky tedy nespĺňuje požadavky definované investorem pro tento projekt. Navíc záměna současného ohřevu pro 1. bytovou jednotku, umístěného v těsné blízkosti koupelny, za systém vyžadující vzdálený akumulátor TUV je spojena s jistým snížením komfortu. Tuto možnost tedy zavrhuje a případný provoz KJ bude sloužit pouze k vytápění objektu.

4.2 Tepelný výkon kogenerační jednotky

Tepelný výkon kogenerační jednotky je odvozen od počtu provozních hodin za rok. Výše zeleného bonusu je dána počtem provozních hodin do 3 000, do 4 400 a do 8 400. V našem případě připadá v úvahu provoz do 3 000 h/rok, nebo 4 400 h/rok (bez ohřevu TUV je délka topné sezony 220 dní, tj. 5 280 h a výše zeleného bonusu nad 4 400 h/rok příliš nízká).

Máme tedy nalézt výkon, při kterém je doba využití maxima 3 000, resp. 4 400 hodin/rok. Předpokládáme přítomnost špičkového zdroje tepla. Jak bylo řečeno na začátku kapitoly, volba vhodného teplotního součinitele a přítomnost špičkového zdroje se obecně doporučuje. Přičemž v našem případě teplotní koeficient nevolíme, ten nám vyjde z přijaté podmínky provozu 3 000/4 400 hodin ročně.

Graf spotřeby (graf č. 6 a 7 na následující straně) máme tedy omezen na x-ové souřadnici dobou provozu. Hledáme výkon, který bude splňovat podmínku doby využití maxima 3 000/4 400 h ročně, přičemž potřebný tepelný výkon nad touto hodnotou je pokryt špičkovým zdrojem tepla. Sestrojíme tedy obdélník o hraně námi hledaného výkonu KJ a roční doby provozu tak, aby plocha vně křivky spotřeby a zároveň uvnitř obdélníku (S_1) byla rovna ploše pod křivkou spotřeby za hranicí 3 000, resp. 4 400 h ročně (S_2). Situace je znázorněna v grafu č. 6 pro provoz 3 000 h/rok (125 dní) a v grafu č. 7 pro provoz 4 400 h/rok (183,3 dní). Musí tedy platit následující:

$$S_2 = \int_{T_p}^{T_m} f(t) d\tau \quad (4.2.1)$$

$$S_1 = P_{KJ} * T_p - S_3 - \int_{T_{tp}}^{T_p} f(t) d\tau \quad (4.2.2)$$

$$S_1 = P_{KJ} * T_p - P_{KJ} * T_{tp} - \int_{T_{tp}}^{T_p} f(t) d\tau \quad (4.2.3)$$

Z rovnosti ploch pak vychází:

$$\int_{T_p}^{T_m} f(t) d\tau = P_{KJ} * T_p - P_{KJ} * T_{tp} - \int_{T_{tp}}^{T_p} f(t) d\tau \quad (4.2.4)$$

$$\int_{T_p}^{T_m} f(t) d\tau + \int_{T_{tp}}^{T_p} f(t) d\tau = P_{KJ} * (T_p - T_{tp}) \quad (4.2.5)$$

$$P_{KJ} = \frac{\int_{T_{tp}}^{T_m} f(t) d\tau}{(T_p - T_{tp})} \quad (4.2.6)$$

V této rovnici se však nachází dvě neznámé, P_{KJ} a T_{tp} . Přidáme tedy další fakt vyplývající z grafu:

$$f(T_{tp}) = P_{KJ} \quad (4.2.7)$$

P_{KJ} - Optimální tepelný výkon kogenerační jednotky pro danou dobu provozu [kW]

T_p - Doba provozu dle zvoleného režimu (3 000/4 400 h) [24h]

T_{tp} - Doba trvalého provozu jednotky s asistencí špičkového zdroje [24h]

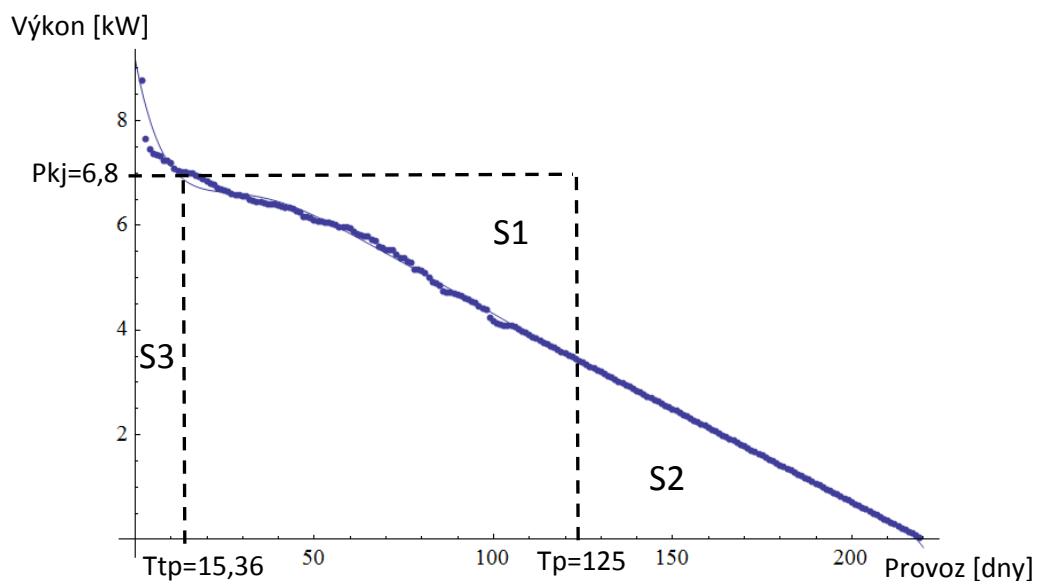
T_m - Maximální doba provozu, resp. doba trvání topné sezony [24h]

$f(t)$ - Funkce charakterizující spotřebu plynu na vytápění objektu [kW]

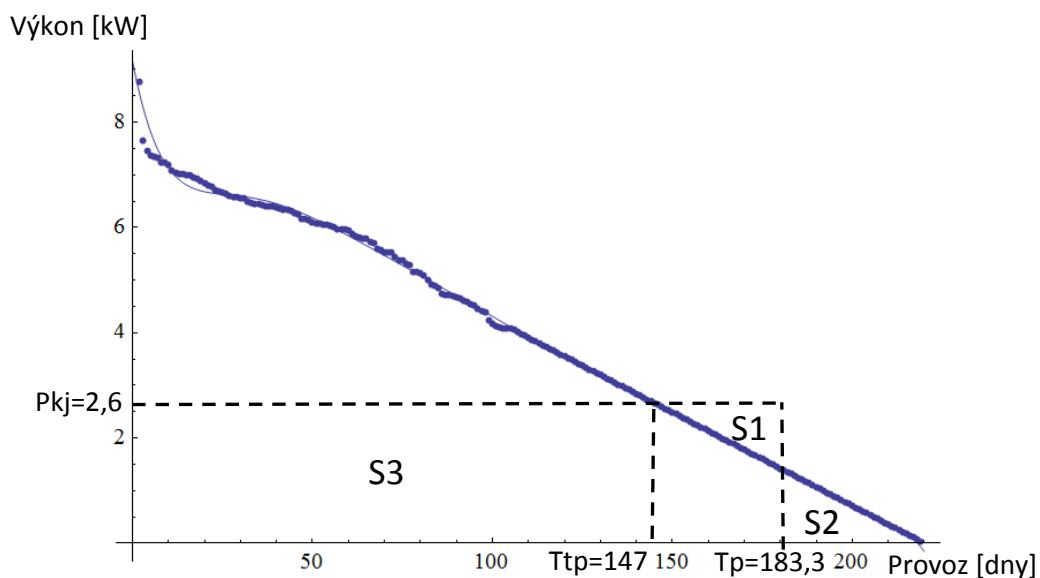
Tab. č. 9: Vypočtené hodnoty výkonu KJ a teplotního součinitele

Provoz [h/rok]	Tepelný výkon KJ [kW]	Teplotní součinitel [-]
3 000	6,8	0,7
4 400	2,6	0,27

Graf č. 6: Optimální výkon s ročním provozem do 3 000 h



Graf č. 7: Optimální výkon s ročním provozem do 4 400 h



4.3 Dostupná komerční řešení

V okolí výše stanovených výkonů jsou na trhu dostupné dvě varianty kogeneračních jednotek. První variantou je KJ společnosti TEDOM, model Micro T7 s pístovým spalovacím motorem. Další variantou je kogenerační jednotka se stirlingovým motorem společnosti VIESSMANN, model Vitotwin 300-W.

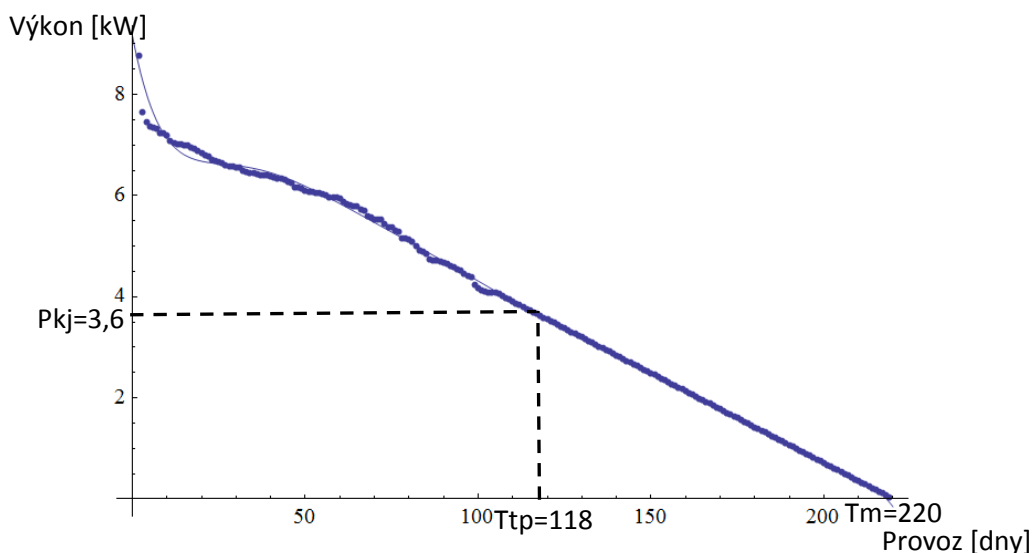
Tab. č. 10: Parametry dostupných kogeneračních jednotek

	Micro T7	Vitotwin 300-W
Elektrický výkon [kW]	7	1
Tepelný výkon [kW]	18	3,6 - 26
Cena [kč]	Cca 400 000	478 191

Kogenerační jednotka Micro T7 disponuje dostatečným výkonem pro pokrytí špičkové spotřeby celého objektu. Její tepelný výkon dokonce téměř umožňuje akumulaci tepla během trvání vysokého tarifu pro pokrytí dvanácti hodinové doby trvání nízkého tarifu při špičkovém zatížení. Tato jednotka tedy bude v kombinaci s tepelným zásobníkem pracovat pouze ve vysokém tarifu.

Kogenerační jednotka Vitotwin 300-W dosahuje maximálního elektrického výkonu při tepelném výkonu 3,6 kW. S rostoucím tepelným výkonem pak již elektrický výkon neroste. Budeme tedy k tomuto chování jednotky přistupovat jako k pomyslně oddělenému soustrojí kogenerační jednotky o elektrickém výkonu 1 kW, tepelném výkonu 3,6 kW a paralelně pracujícím špičkovým zdrojem tepla. Nejvýhodnější bude pochopitelně provoz KJ Vitotwin 300-W při tepelném výkonu 3,6 kW, čímž zajistíme nejdelší dobu provozu jednotky a tím největší pokrytí vlastní spotřeby domácnosti. Provozní režim kogenerační jednotky Vitotwin 300-W v souvislosti s charakterem spotřeby domácností je znázorněn na následujícím grafu.

Graf č. 8: Provoz Vitotwin 300-W



Na základě získaných parametrů těchto kogeneračních jednotek a znalosti charakteru spotřeby tepelné energie lze pak stanovit předpokládaný roční provoz obou zařízení. V případě jednotky Micro T7 se jedná jen o dobu využití jejího maximálního výkonu, v případě jednotky Vitotwin 300-W o součet doby trvalého provozu T_{tp} a doby využití jejího maximálního výkonu části funkce spotřeby od T_{tp} do T_m .

Tab. č. 11: Vypočtené hodnoty ročního provozu KJ a teplotního součinitele

	Micro T7	Vitotwin 300-W
Roční provoz [h]	1 150	4 060
Teplotní součinitel [-]	>1	0,38

4.4 Provoz s akumulací nádrží

Při provozu s akumulací nádrží lze koncentrovat provoz KJ do času vysokého tarifu. Využití tepelného zásobníku je omezeno nepřetržitým ročním provozem jednotky, což je, při teplotenském součiniteli jednotky o výkonu 2,6 kW, $T_s = 0,273 \cdot 600 \text{ h}$ a při $T_s = 0,7370 \text{ h}$ pro jednotku s výkonem 6,8 kW. Přesouvat výrobu tepla lze jen v období, kdy tepelný výkon jednotky je vyšší, než průměrná hodinová spotřeba obou domácností a zbývá tedy výkon k nabití akumulátoru. Maximální využití akumulací nádrže je v okamžiku, kdy dvanáctihodinový provoz KJ pokryje celodenní spotřebu tepla obou domácností a ztráty akumulací nádrže. Z této situace pak vychází minimální potřebná velikost akumulátoru. Ztráty akumulátoru činí přibližně 10 Wh/litr/24h [17]. Při takovémto stavu platí následující rovnice:

$$Q_A = Q_{VT} + Q_Z \quad (4.4.1)$$

$$Q_Z = m_{VA} \cdot k_Z \quad (4.4.2)$$

$$m_{VA} = \frac{Q_A}{C_V \cdot \Delta T} \quad (4.4.3)$$

$$Q_A = Q_{VT} + \frac{Q_A}{C_V \cdot \Delta T} \cdot k_Z \quad (4.4.4)$$

$$Q_{VT} = Q_A \cdot \left(1 - \frac{k_Z}{C_V \cdot \Delta T}\right) \quad (4.4.5)$$

$$Q_{12} = Q_{VT} + Q_A \rightarrow Q_{VT} = Q_{12} - Q_A \quad (4.4.6)$$

$$Q_{12} - Q_A = Q_A \cdot \left(1 - \frac{k_Z}{C_V \cdot \Delta T}\right) \quad (4.4.7)$$

$$Q_{12} = Q_A \cdot \left(2 - \frac{k_Z}{C_V \cdot \Delta T}\right) \quad (4.4.8)$$

$$Q_A = \frac{Q_{12}}{\left(2 - \frac{k_Z}{C_V \cdot \Delta T}\right)} \quad (4.4.9)$$

$$m_{VA} = \frac{\frac{Q_{12}}{\left(2 - \frac{k_Z}{C_V \cdot \Delta T}\right)}}{C_V \cdot \Delta T} \quad (4.4.10)$$

Q_A - Množství tepla v nabitém akumulátoru [J]

m_{VA} - Potřebná velikost (množství vody) akumulací nádrže [kg]

Q_{VT} - Spotřeba tepla obou domácností během vysokého tarifu [J]

Q_{12} - Množství tepla vyrobené kogenerační jednotkou při nepřetržitém 12 ti hodinovém provozu [J]

Q_Z - Ztrátové teplo [J]

C_V - Měrná tepelná kapacita vody [$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]

ΔT - Tepelný spád mezi nabitým a vybitým akumulátorem [K]

k_Z - Ztráty akumulátoru [Wh/litr/24h]

Tab. č. 12: Velikost akumulční nádrže v závislosti na tepelném výkonu KJ

Výkon jednotky [kW]	Velikost akumulční nádrže [L]
2,6	224
6,8	586
18 [*]	1 635
3,6-26 ^{**}	500

* Objem akumulční nádrže odpovídající schopnosti akumulace dostatečného množství tepla na pokrytí 12ti hodinové potřeby při špičkovém zatížení.

** Objem akumulční nádrže doporučený dodavatelem v cenové kalkulaci.

5 Stanovení ceny tepla pro přilehlou bytovou jednotku

Rozhodnutí energetického regulačního úřadu umožňuje vypořádání nákladů na dodávku tepla mezi nájemníkem a pronajímatelem bez nutnosti licence na výrobu a distribuci tepla a tento úkon ani nespadá do podnikatelské činnosti [21]. Cena za dodanou tepelnou energii je tedy závislá pouze na dohodě mezi pronajímatelem a nájemníkem, přičemž cenový strop je regulován energetickým regulačním úřadem v cenovém rozhodnutí. Nejedná se však o konkrétní částku. Dle tohoto rozhodnutí lze do ceny tepla zahrnout náklady na výrobu a distribuci tepla, přiměřený zisk a DPH.

V našem případě budeme vycházet z předpokladu, že výše ceny tepla neovlivní celkové náklady 2. jednotky na energie. Jednoduše by se pak dala stanovit cena tepla na vytápění jako cena plynu navýšená o účinnost současného kotle a cena tepla dodaná ve formě TUV jako cena za kWh elektrické energie navýšená o ztráty současného ohříváče vody.

V případě využití KJ k ohřevu TUV by však nebylo morální stanovit dvojnásobnou cenu tepla z jednoho zařízení (a přeci jenom měrné náklady na ohřev 1 litru TUV elektřinou jsou několikanásobně vyšší než ohřev 1 litru otopné vody plynem, přitom se jedná o tentýž litr). Abychom však dosáhli požadovaného výsledku, tedy nulové difference nákladů na vytápění a ohřev TUV, můžeme tuto hodnotu zprůměrovat. Bude se tedy jednat o vážený průměr současných nákladů na ohřev TUV a otopné vody, kde vahou bude množství spotřebované energie k danému účelu.

Tab. č. 13: Náklady druhé bytové jednotky na ohřev TUV

Měrné náklady na ohřev TUV	3,85 Kč/kWh
Množství tepla spotřebované TUV	3 526 kWh
Měrné náklady na topení	1,4 Kč/kWh
Množství tepla spotřebované na topení	14 700 kWh
Vážený průměr ceny tepla	1,63 Kč/kWh
Cena tepla bez ohřevu TUV	1,4 Kč/kWh

6 Ekonomické hodnocení

Vzhledem k dynamicky se měnícímu trhu v oblasti energetiky nebudou vybírány nyní dostupné varianty kogeneračních jednotek a z nich vybírána optimální varianta pro daný objekt. Na druhou stranu parametry daného objektu lze považovat i do budoucna za přibližně konstantní. Vhodnější tedy bude určit přijatelný rozpočet pro pořízení kogenerační jednotky. Při výběru ze současných možností bychom totiž mohli dospět k závěru, který by za nedlouho nemusel být pravdivý. Na ekonomické hodnocení mají významný vliv zejména velikost zeleného bonusu a pořizovací cena jednotky. Tyto dva základní parametry jsou dynamicky se měnící, a to bez uspokojivě predikovatelného mechanismu.

6.1 Roční CF jednotlivých variant

Peněžní toky z provozu kogenerační jednotky v daném objektu jsou dány výnosově-nákladovou bilancí. Náklady tvoří zvýšení spotřeby plynu způsobené konverzí vnitřní energie plynu na elektrickou energii. Výnosy pak vyplývají z úspory elektrické energie, kterou kogenerační jednotka dodá do domácnosti, prodejem elektřiny a její dodávkou do distribuční sítě a z podpory vysokoúčinné kombinované výroby tepla a elektřiny formou zelených bonusů. K následujícím krokům přidáme bilanci současného způsobu vytápění, abychom mohli nakonec porovnat jednotlivé možnosti. Současný systém vytápění označíme jako nulovou variantu, tedy variantu setrvání při nulové investici.

6.1.1 Náklady na provoz

Ztráty akumulátoru:

$$Q_Z = m_{VA} * k_Z * T_S \quad (6.1.1.1)$$

$$k_Z \cong 10$$

Q_Z - Tepelné ztráty akumulátoru [kWh]

T_S - Délka topné sezony (220 dní)

m_{VA} - Potřebná velikost (množství vody) akumulační nádrže [l]

k_Z - Ztráty akumulátoru [Wh/litr/24h]

Plyn na výrobu elektřiny:

$$Q_e = P_{KJ} * T_P \quad (6.1.1.2)$$

Q_e - Množství plynu spotřebovaného na výrobu elektrické energie [kWh]

P_{KJ} - Výkon kogenerační jednotky [kWh]

T_P - Doba provozu kogenerační jednotky [h]

Plyn na krytí ztrát akumulátoru:

$$Q_{Qz} = \frac{Q_z}{\frac{Q_v}{Q_s} \cdot \eta_c} \quad (6.1.1.3)$$

$$\frac{Q_v}{Q_s} = 0,9; \quad \eta_c = 0,85$$

Q_{Qz} - Množství plynu spotřebovaného na pokrytí ztrát akumulátoru[kWh]

Q_v - Výhřevnost paliva [kWh/kg]

Q_s - Spalné teplo paliva [kWh/kg]

η_c - Celková účinnost KJ [-]

Náklady na údržbu

$$N_{\dot{u}} = Edod_{celk} * C_{\dot{u}} \quad (6.1.1.4)$$

$N_{\dot{u}}$ -Náklady na údržbu [kč]

$Edod_{celk}$ - Celkové množství dodané elektrické energie [kWh]

$C_{\dot{u}}$ - Měrné náklady na údržbu (0,5 Kč/kWh_e) [20]

Tab. č. 14: Náklady na provoz KJ

Roční provoz [h]	3 000		4 400		Micro T7		Vitolwin 300-W		Nul. var
Akumulátor	Ano	Ne	Ano	Ne	Ano	Ne	Ano	Ne	-
Ztráty aku [kWh]	1289	-	493	-	3597	-	1100	-	-
Plyn - výr. el. [kWh]	8303	8303	4656	4656	8050	8050	4060	4060	-
Plyn - ztráty aku [kWh]	1592		608,4		4441		1358		-
Plyn - výr. tepla [kWh]	29917	29917	29917	29917	29917	29917	29917	29917	11000
Plyn celkem [kWh]	39812	38220	35182	34573	42408	37967	35335	33977	11000
Náklady na údržbu [kč]	4151	4151	2328	2328	4025	4025	1015	1015	-
Náklady celkem [kč]	44719	43097	38178	37558	47238	42713	37021	35637	12100

6.1.2 Výnosy z provozu

Vlastní spotřeba elektřiny:

$$E_{vs} = T_P * P_d \quad (6.1.2.1)$$

E_{vs} - Množství elektrické energie spotřebované v 1. byt. jednotce [kWh]

P_d - Průměrný příkon bytové jednotky (358,3 W)

T_P - Doba provozu kogenerační jednotky[h]

Celková produkce elektřiny:

$$E_c = P_{KJ} * T_P \quad (6.1.2.2)$$

E_c - Celkové množství elektrické energie dodané generátorem KJ [kWh]

P_{KJ} - Výkon kogenerační jednotky[kW]

T_P - Doba provozu kogenerační jednotky[h]

Zelený bonus:

$$CF_{ZB} = E_c * ZB \quad (6.1.2.3)$$

CF_{Zb} - Příjem ve formě zelených bonusů [kč]

E_c - Celkové množství elektrické energie dodané generátorem KJ [kWh]

ZB - Výše zeleného bonusu [kč/kWh]

Prodej elektřiny VT:

- **Při provozu bez akumulární nádrže:**

Při provozu bez akumulární nádrže lze vzhledem ke 12ti hodinovému vysokému tarifu předpokládat stejnou produkci ve VT a NT. Tzn. 1/2 množství dodané elektrické energie do distribuční sítě bude ve VT a 1/2 v NT. To však platí jen v pracovní dny, o víkendech přetrvává nízký tarif. Tato hodnota bude ve velikosti 5/7 (5 pracovních dní v týdnu).

$$Edod_{VT} = \frac{5}{7} * \frac{E_c - E_{vs}}{2} \quad (6.1.2.4)$$

$Edod_{VT}$ - Elektrická energie dodaná do DS ve vysokém tarifu [kWh]

E_c - Celkové množství elektrické energie dodané generátorem KJ [kWh]

E_{vs} - Množství elektrické energie spotřebované v 1. byt. jednotce [kWh]

Množství dodané elektrické energie v nízkém tarifu lze pak jednoduše stanovit jako rozdíl celkové dodané elektrické energie a energie dodané ve vysokém tarifu.

$$Edod_{NT} = Edod_{NT+VT} - Edod_{VT} \quad (6.1.2.5)$$

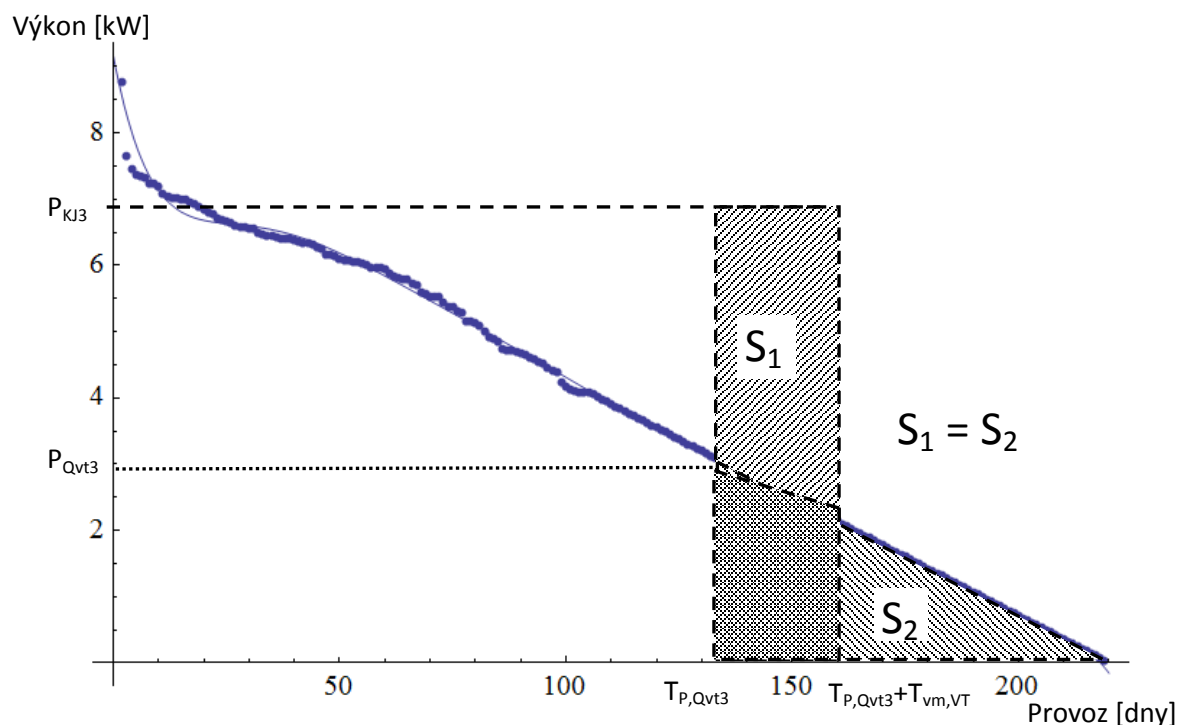
$Edod_{NT+VT}$ - Celková elektrická energie dodaná do DS [kWh]

$Edod_{NT}$ - Elektrická energie dodaná do DS ve nízkém tarifu [kWh]

- **Při provozu s akumulární nádrží:**

Provoz s akumulární nádrží umožňuje koncentrovat provoz do času vysokého tarifu. Provoz v nízkém tarifu v pracovní dny lze zcela eliminovat pouze tehdy, pokud je KJ schopna pokrýt celodenní dodávku tepla během dvanáctihodinového provozu. Při větší poptávce tepla se pak provoz KJ děje i v době trvání nízkého výkupního tarifu. Pro určení dodávky elektřiny ve VT bude zapotřebí určit dobu provozu KJ ve vysokém tarifu, kdy není schopna pokrýt celkovou spotřebu domácnosti během dvanáctihodinového provozu. Dále pak dobu využití maxima provozu pouze ve VT, kdy k uspokojení dodávky tepla postačí 12ti a méně hodinový provoz denně (viz. graf č. 9 na následující straně).

Graf č. 9: Doba využití maxima výkonu při méně než dvanáctihodinovém provozu KJ denně



P_{Qvt3} - Průměrný tepelný příkon objektu, při kterém provoz jednotky ve VT nahromadí dostatečné množství tepelné energie pro pokrytí spotřeby tepla mimo VT [kW]

$T_{P,Qvt3}$ - Počet dní provozu jednotky, po kterou pracuje ve VT a NT zároveň

$T_{vm,VT}$ - Počet dní využití maxima provozu jednotky v období, kdy pracuje jen ve VT

Pro body P_{Qvt} , $T_{P,Qvt}$ platí následující:

$$Q_{12} = Q_{VT} + Q_{NT} + Q_Z \quad (6.1.2.6)$$

$$Q_{VT} = Q_{NT}, \quad Q_Z = m_{VA} * k_Z \quad (6.1.2.7)$$

$$Q_{12} = 2 * Q_{VT} + m_{VA} * k_Z \quad (6.1.2.8)$$

$$Q_{VT} = \frac{Q_{12} - m_{VA} * k_Z}{2} \quad (6.1.2.9)$$

$$Q_{VT} = P_{Qvt} * 12; \quad Q_{12} = P_{KJ} * 12 \quad (6.1.2.10)$$

$$P_{Qvt} = \frac{Q_{12} - m_{VA} * k_Z}{24} \quad (6.1.2.11)$$

Q_{NT} - Množství tepla potřebné v době nízkého tarifu [kWh]

Q_Z - Množství tepla ztracené vlivem přítomnosti tepelného zásobníku [kWh]

m_{VA} - Potřebná velikost akumulární nádrže [l]

Q_{VT} - Spotřeba tepla obou domácností během vysokého tarifu [kWh]

Q_{12} - Množství tepla vyrobené kogenerační jednotkou při nepřetržitém 12 ti hodinovém provozu [kWh]

Q_Z - Ztrátové teplo [kWh]

k_Z - Ztráty akumulátoru [kWh/l]

$$P_{el,KJ3} = k_{et} * P_{T,KJ3} = 0,407 * 6,8 = 2,77 \text{ kW} \quad (6.1.2.12)$$

$$Edod_{VT3} = P_{el,KJ3} * (T_{P,Qvt3} + T_{vm,VT}) * 12 * k_{PD} \quad (6.1.2.13)$$

$$T_{vm,VT3} = \frac{\int_{T_{P,Qvt3}}^{T_m} f(t) dt}{P_{KJ3}} \quad (6.1.2.14)$$

$$T_{P,Qvt3} = f(P_{Qvt3}) \quad (6.1.2.15)$$

$P_{el,KJ3}$ - Elektrický výkon KJ při provozu 3000 h/rok [kW]

k_{et} - Konstanta udávající poměr mezi elektrickým a tepelným výkonem [-]

k_{PD} - Poměr mezi počtem pracovních dní a počtem dní v týdnu (5/7)

$Edod_{VT3}$ - Elektrická energie dodaná do DS ve vysokém tarifu při provozu KJ 3000 h/rok [kWh]

$T_{vm,VT3}$ - Počet dní využití maxima provozu jednotky v období, kdy pracuje jen ve VT při provozu KJ 3000 h/rok [dny]

P_{KJ3} - Tepelný výkon KJ při provozu KJ 3000 h/rok [kW]

$f(t)$ - Funkce charakterizující spotřebu plynu na vytápění objektu [kW]

Tab. č. 15: Vypočítané hodnoty P_{Qvt} a k nim odpovídající hodnoty $T_{P,Qvt}$

P_{Qvt3} [kW]	3,16	P_{Qvt4} [kW]	1,2	$P_{Qvtw300}$ [kW]	1,55
$T_{P,Qvt3}$ [dny]	130	$T_{P,Qvt4}$ [dny]	185	$T_{P,Qvtw300}$ [dny]	175

Tab. č. 16: Elektrický výkon KJ, doba využití maxima a dodávka el. en. ve VT

$P_{el,KJ3}$ [kW]	2,77	$P_{el,KJ4}$ [kW]	1,06	$P_{el,KJw300}$ [kW]	1
$T_{vm,VT3}$ [dny]	21,1	$T_{vm,VT4}$ [dny]	8,2	$T_{vm,VTw300}$ [dny]	9,87
$Edod_{VT3}$ [kWh]	3 556	$Edod_{VT4}$ [kWh]	1 208	$Edod_{VTw300}$ [kWh]	1 071

Tab. č. 17: Jednotlivé složky výnosů

Roční provoz [h]	3 000		4 400		Micro T7		Vitolwin 300-W		Nul. var
	Ano	Ne	Ano	Ne	Ano	Ne	Ano	Ne	
Akumulátor									
Vl. sp. el. en. [kWh]	1075	1075	1577	1577	412	412	1455	1455	-
Celk. výr. el. [kWh]	8303	8303	4656	4656	8050	8050	4060	4060	-
Prodej el. VT [kWh]	3556	2581	1208	1100	8050	2728	1071	930,4	-
Prodej el. NT [kWh]	3672	4646	1871	1980	0	4910	1534	1675	-
Zelený bonus [kč]	17145	17145	7473	7473	16623	16623	6516	6516	-
Prodej celkem [kč]	6731	6273	2723	2672	9419	6629	2327	2261	-
Úspora vl. el. [kč]	4139	4139	6070	6070	1587	1587	5601	5601	-
Dod. Q 2. byt [kWh]	15278	15278	15278	15278	15278	15278	15278	15278	-
Dod. Q 2. byt [kč]	21389	21389	21389	21389	21389	21389	21389	21389	-
Výnosy celkem [kč]	49403	48945	37655	37604	49017	46227	35833	35767	0

Tab. č. 18: Výsledná bilance provozu

Roční provoz [h]	3 000		4 400		Micro T7		Vítotwin 300-W		Nul. var
Akumulátor	Ano	Ne	Ano	Ne	Ano	Ne	Ano	Ne	
Výnosy - náklady [kč]	4684	5848	-523	46	1779	3514	-1188	129	-11266
Prodej el. + ZB [kč]	23876	23418	10196	10145	26042	23252	8843	8777	0
N_{ei} [kč]	13934	13377	12314	12101	14843	13289	12367	11892	
N_{ui} [kč]	968	968	341,2	341,2	917	917	132	132	
Daňový základ [kč]	8974	9073	-2458	-2296	10282	9046	-3656	-3247	-
Daň [kč]	1346	1361	0	0	1542	1357	0	0	-
Čistý zisk [kč]	3338	4487	-523	46	236	2 157	-1 188	129	-11266

Základ pro výpočet daně:

Základ pro výpočet daně z příjmu je tvořen rozdílem příjmů (za prodej elektrické energie a zeleného bonusu) a daňově uznatelných nákladů. Daňově uznatelné náklady tvoří náklady na údržbu a palivové náklady příslušící pouze výrobě elektrické energie. Způsob oddělení společných palivových nákladů na náklady spojené s využitím tepla a na náklady spojené s výrobou elektrické energie stanovuje vyhláška č. 436/2013 Sb. o způsobu regulace cen a postupech pro regulaci cen v elektroenergetice a teplárenství a o změně vyhlášky č. 140/2009 Sb., o způsobu regulace cen v energetických odvětvích a postupech pro regulaci cen, ve znění pozdějších předpisů, konkrétně v příloze č. 12 - Postup pro dělení společných nákladů při kombinované výrobě elektřiny a tepla.

Podle této vyhlášky jsou palivové náklady na elektrickou energii dány následujícím vztahem:

$$N_{ei} = N_{ec} * \beta_{ei} \quad (6.1.2.16)$$

N_{ei} - Palivové náklady příslušící výrobě elektrické energie [kč]

N_{ec} - Celkové palivové náklady [kč]

β_{ei} - Rozdělovací koeficient pro dělení položky na elektřinu [-]

Pro jednotky s elektrickým výkonem do 300 kW lze podle této vyhlášky použít koeficient $\beta_{ei} = 0,35$, pokud nelze stanovit množství tepla dodané KJ a špičkovými kotli zvlášť. Pokud tyto dodávky lze rozdělit, použije se pro výpočet β_{ei} následující vztah:

$$\beta_{ei} = \frac{E_{dod}}{Q_d^{kj} + E_{dod}} \quad (6.1.2.17)$$

E_{dod} - Vyrobená elektrická energie (měřeno na svorkách generátoru) [kWh]

Q_d^{kj} - Teplo dodané kogenerační jednotkou [kWh]

Tab. č. 19: Vypočtené hodnoty rozdělovacích β_{ei} koeficientů

Roční provoz [h]	3 000		4 400	
Akumulátor	Ano	Ne	Ano	Ne
β_{ei}	0,277	0,289	0,281	0,289

Je tedy zřejmé, že pokud bude topný systém KJ postaven tak, že bude možné oddělit měření teplo dodané KJ a špičkovým kotlem, bude část plynu na výrobu elektrické energie vyšší a tím pro nás méně výhodné. Kalorimetr měřící dodanou tepelnou energii tedy bude umístěn na výstupu celého soustrojí a použit bude rozdělovací koeficient $\beta_{ei} = 0,35$.

Pro oddělení nákladů na údržbu se využije rozdělovacího koeficientu β_e^0 .

$$\beta_e^0 + \beta_t^0 = 1 \quad (6.1.2.18)$$

$$\beta_t^0 = 0,95 * \beta_t^r \quad (6.1.2.19)$$

$$\beta_t^r = \frac{Q_{tep}}{Q_{tep} + E_{dod}} \rightarrow \beta_e^0 = 1 - \frac{Q_{tep}}{Q_{tep} + E_{dod}} \quad (6.1.2.20)$$

β_e^0 - Rozdělovací koeficient pro dělení položky údržby na elektrinu [-]

β_t^0 - Rozdělovací koeficient pro dělení položky údržby na teplo [-]

Q_{tep} - Teplo dodané kogenerační jednotkou [kWh]

Tab. č. 20: Vypočtené hodnoty rozdělovacích β_e^0 koeficientů

β_e^0 3 000 h/rok	β_e^0 4 400 h/rok	β_e^0 Micro T7	β_e^0 Vitotwin 300-W
0,233	0,147	0,228	0,130

Daň z příjmu fyzických osob je pak dána zákonem č. 586/1992 Sb. ČR, o daních z příjmů ve znění pozdějších předpisů (15%). Tento samý zákon stanovuje také velikost úlevy na dani z příjmu fyzických osob. Předpokládejme však, a v našem případě je tato situace skutečná, že osoba, potenciálně evidovaná jako provozovatel tohoto zařízení, má jiný finanční příjem (ze zaměstnání), který zcela tuto slevu na dani vyčerpá.

Dále je pak možné, v souladu s §5 a §34 zákona č. 586/1992 Sb. ČR, o daních z příjmů ve znění pozdějších předpisů, od základu daně odečíst ztrátu vzniklou v roce pořízení zařízení v následujících pěti zdaňovacích obdobích. V prvních pěti letech provozu bude tedy, vzhledem k výši investice a velikosti daňového základu, daň nulová.

6.2 Rozpočet pro jednotlivé varianty

Rozpočet, tedy maximální přijatelná pořizovací cena, jednotlivých variant vychází jednak z předpokládaného ročního výnosu a dále pak z požadovaných ekonomických ukazatelů rentability. Po diskuzi s majiteli objektu jsme dospěli k závěru, že pokud se má investice do kombinované výroby tepla a elektřiny vyplatit, musí tato investice splnit následující podmínky:

Tab. č. 21: Požadované hodnoty ukazatelů rentability

IRR	9 %
Diskontovaná doba návratnosti	10 let

$$\sum_{t=1}^{15} \frac{CF_{i,t}}{(1+IRR)^t} - INV_i = 0 \quad (6.2.1)$$

$$INV_i = \sum_{t=1}^{15} \frac{CF_{i,t}}{(1,09)^t} \quad (6.2.2)$$

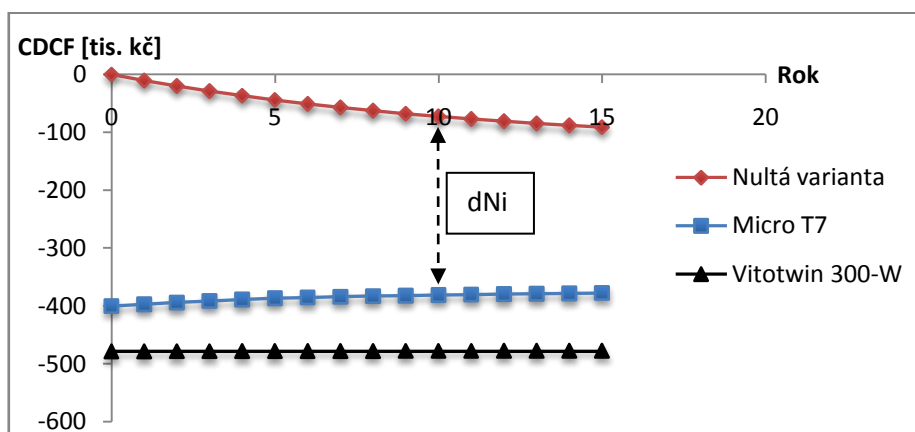
$CF_{i,t}$ - Peněžní toky v jednotlivých letech [kč]

INV_i - Investiční náklady i-tého zařízení [kč]

IRR- Vnitřní výnosové procento projektu [-]

Z výpočtu zisku z provozu KJ je evidentní, že vzhledem k tepelným ztrátám akumulční nádrže je provoz s touto nádrží méně rentabilní, než provoz bez akumulční nádrže (viz. tab. č. 20). Varianty s tepelným zásobníkem můžeme tedy vyloučit a zůstávají tedy dvě komerční varianty dostupné na trhu a dvě námi vypočtené optimální varianty s rozdílným výkonem a počtem provozních hodin za rok. Zobrazíme-li pak kumulované diskontované peněžní toky, lze určit optimální variantu. Nejlépe v hodnocení zůstává nultá varianta, tedy nechat současný stav beze změny. Ze zbylých dvou variant vychází lépe kogenerační jednotka TEDOM Micro T7 i přes poloviční servisní náklady jednotky Vitotwin 300-W se stirlingovým motorem. Situaci znázorňuje následující graf.

Graf č. 10: Kumulované diskontované peněžní toky jednotlivých variant



Ačkoli provozní bilance je u současného otopného systému výrazně záporná oproti provozu KJ, dosahuje lepšího výsledku v ekonomickém hodnocení. Je to dáno vysokými investičními náklady na pořízení KJ. Z vypočítaných hodnot můžeme stanovit, o kolik by musela být jednotka levnější, abychom dosáhli stejného ekonomického výsledku jako v případě nulté varianty, resp. jaká by musela být maximální pořizovací cena KJ, aby vyhověla našim parametrům.

Tab. č. 22: Vypočtené hodnoty cenové diference a maximální přípustné ceny

	Micro T7	Vitotwin 300-W
dNi [kč]	308 579,1	405 058,9
Max. cena [kč]	91 420,9	73 132,1

Pokud bychom nevyužili dostupných variant na trhu a objednali si kogenerační jednotku na míru s parametry odpovídajícími námi vypočteným hodnotám, byla by pro nás limitní cena následující:

Tab. č. 23: Výsledný rozpočet pro jednotlivé varianty

Varianta	Maximální cena
3 000 h/r	99 738 Kč
4 400 h/r	72 600 Kč
Micro T7	91 420 Kč
Vitotwin 300-W	73 132 Kč

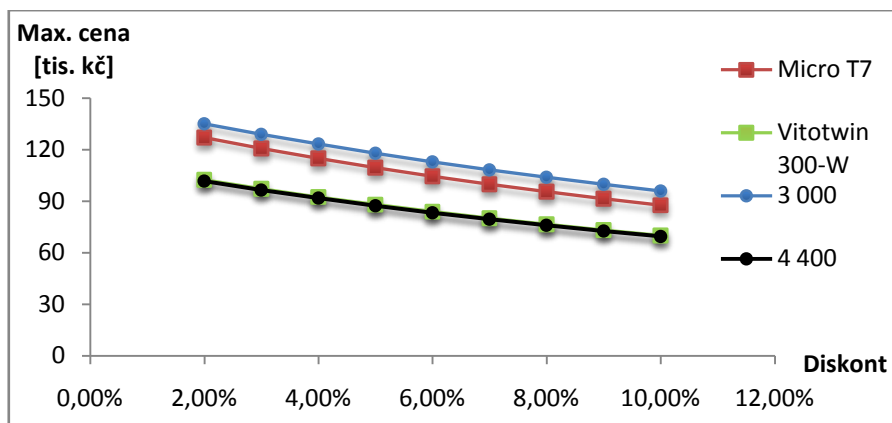
6.3 Citlivostní analýza

Citlivostní analýza vyjadřuje změnu rozpočtu jednotlivých variant v závislosti na změně daného parametru. Mezi základní parametry určující velikost rozpočtu patří diskont, velikost spotřeby energií, výše zeleného bonusu a cena plynu. Tato kapitola tedy bude zkoumat a graficky znázorňovat závislost rozpočtu na jmenovaných parametrech.

- **Závislost na diskontu**

Z následujícího grafu (graf č. 11 na následující straně) je evidentní, že varianty dostupné na trhu nedosahují své prodejní ceny ani při volbě diskontu přibližně odpovídající velikosti meziroční inflace. Pro optimální varianty se zvyšuje rozpočet s klesajícím diskontem.

Graf č. 11: Maximální cena jednotlivých variant v závislosti na diskontu



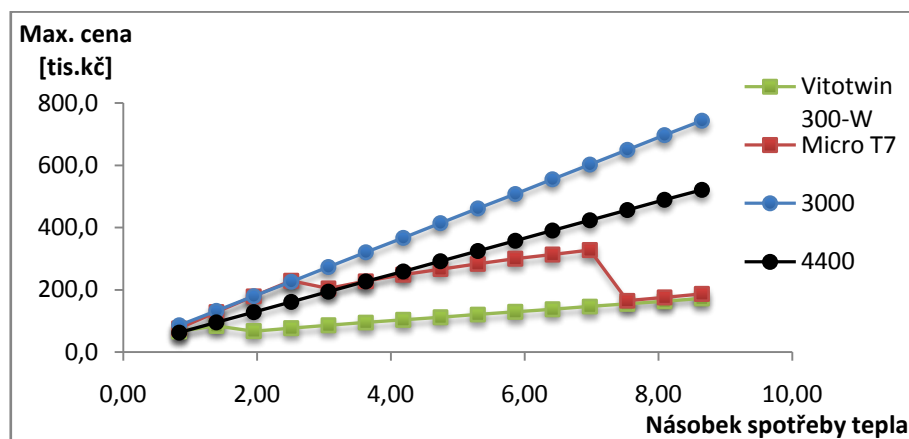
- **Závislost na spotřebě tepla**

Pro objekty s několikanásobnou spotřebou tepla se maximální přípustná cena přibližuje své tržní ceně. Zejména u jednotky Micro T7, kdy s rostoucí spotřebou tepla se zvyšuje doba provozu této jednotky. Náhlé poklesy maximální ceny při rostoucí spotřebě tepla jsou dány provozem překračujícím časovou hranici pro danou výši zeleného bonusu.

U variant s daným ročním provozem (3 000/4 400) se s rostoucí spotřebou tepla mění výkon KJ. Nedochozí tedy ke změně velikosti ZB a maximální cena roste lineárně a spojitě s velikostí spotřeby tepla. Z grafu je pak evidentní, že KJ Micro T7 dosahuje optimálních parametrů výkonů pro roční provoz 3 000 h při cca 2,5 násobku spotřeby tepla. Pro roční provoz 4 400 h má tato jednotka optimální parametry při cca 3,6 násobku spotřeby tepla.

Tato analýza také potvrzuje tvrzení, na jehož základě byla v kapitole 4.2 vyloučena možnost provozu KJ nad 4 400 h/rok. Výše zeleného bonusu při ročním provozu jednotky nad tuto hodnotu prudce klesá a rozpočet se razantně snižuje, viz. jednotka Micro T7 nad přibližně sedminásobkem spotřeby tepla.

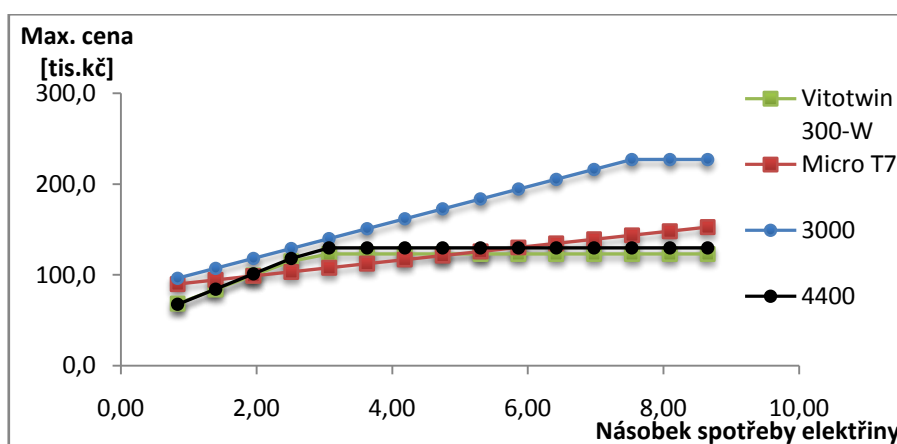
Graf č. 12: Maximální cena jednotlivých variant v závislosti na velikosti spotřeby tepla



- **Závislost na vlastní spotřebě elektřiny**

Obecně, s rostoucí vlastní spotřebou elektrické energie roste i maximální přípustná cena variant. Růst je pak omezen ve chvíli, kdy vlastní spotřeba dosáhne velikosti elektrického výkonu jednotky a veškerá vyrobená elektrická energie je spotřebována ve vlastním objektu. Porovnáme-li vliv velikosti spotřeby tepla a velikosti vlastní spotřeby elektrické energie, je provoz "citlivější" na velikost tepelné spotřeby objektů. Je to dáno především rostoucí dobou provozu KJ a tím i větším množstvím vyrobené elektrické energie a větším množstvím elektrické energie spotřebované ve vlastním objektu. Pokud tedy zdvojnásobíme spotřebu tepla, zdvojnásobíme i dobu provozu KJ a tím i zdvojnásobíme množství elektrické energie spotřebované ve vlastním objektu. Situaci znázorňuje graf č. 13.

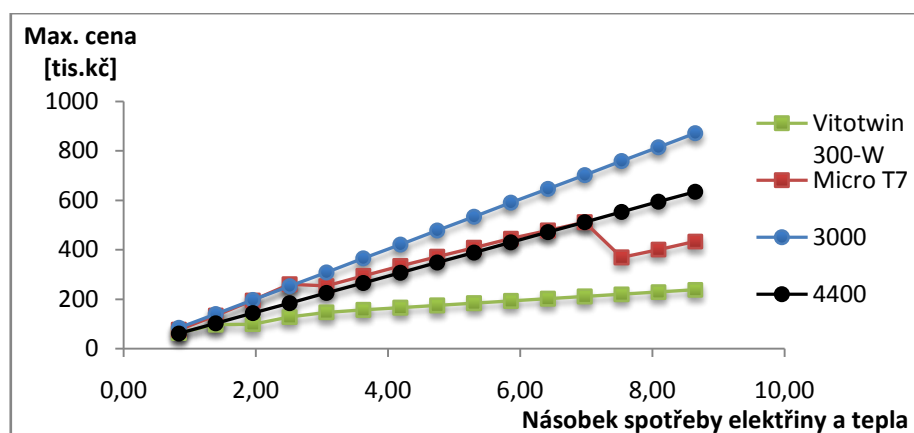
Graf č. 13: Maximální cena jednotlivých variant v závislosti na velikosti vlastní spotřeby



- **Závislost na celkové spotřebě energií**

Z této analýzy lze předpokládat, že provoz KJ pro kombinovanou výrobu tepla a elektřiny je vhodný pro objekty se spotřebou energií od cca pětinašobku velikosti spotřeby tepelné a elektrické energie námi uvažovaného objektu. Z výsledků je dále evidentní, že je výhodnější uvažovat (z hlediska velikosti rozpočtu) provoz KJ do 3 000 h ročně a to především kvůli velikosti ZB.

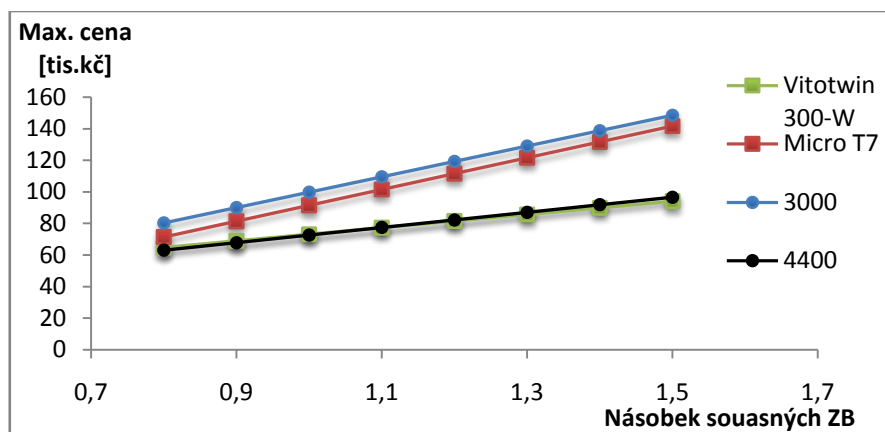
Graf č. 14: Maximální cena jednotlivých variant v závislosti na velikosti celkové spotřeby energií



- **Závislost na výši zelených bonusů**

Závislost maximální ceny na výši zelených bonusů znázorňuje následující graf č. 15. Pochopitelně s rostoucí výší ZB roste i maximální přípustná cena jednotlivých variant. Jak vyplývá ze zákona č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, konkrétně z § 12 odst. 5 tohoto zákona, je změna výše zeleného bonusu přímo vázána na změnu cen elektřiny na trhu. Není tedy pravděpodobné, že by změna výše ZB dosáhla takové hodnoty, aby i dané komerční varianty dosáhly, svou maximální přípustnou cenou pro tento objekt, vlastní tržní hodnoty. Výše zeleného bonusu by musela totiž být přibližně čtyřnásobná.

Graf č. 15: Maximální cena jednotlivých variant v závislosti velikosti zeleného bonusu

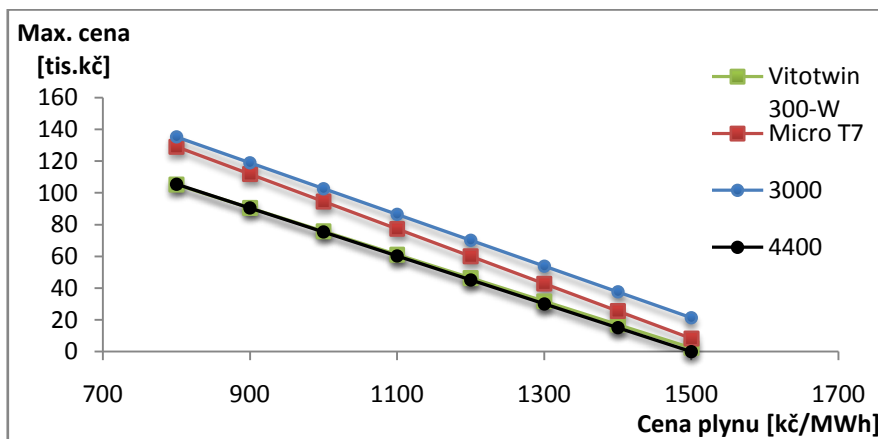


- **Závislost na ceně plynu**

Závislost maximální ceny na ceně plynu je klesající s rostoucí cenou plynu (viz. graf č. 16). Vyšší cena sice prohloubí záporné finanční toky nulté varianty a "propast" mezi

současným způsobem vytápění a variantami s využitím kogeneračních jednotek by se mohla zmenšovat, avšak s rostoucí cenou plynu rostou i náklady na výrobu elektrické energie, která je hlavním zdrojem příjmů. Cenová diference mezi náklady na výrobu a příjmy plynoucí z prodeje, či úspory, elektrické energie se pak snižuje. Klesající charakter této závislosti pak naznačuje, že právě tento negativní vliv dominuje nad změnou hodnocení nulté varianty.

Graf č. 16: Maximální cena jednotlivých variant v závislosti na ceně plynu



Situace na trhu s plynem, zejména ve spojitosti s expanzí těžby břidlicového plynu a zvyšováním její efektivity, však nenaznačuje, že by cena plynu v následujících letech dramaticky rostla. Naopak by se dalo spekulovat o jejím snižování. O tomto předpokladu svědčí i výhodné (v současnosti) nabídky obchodníků s plynem na dlouhodobé kontrakty s fixní cenou plynu i pro maloodběratele. Pokud by zde byl předpoklad růstu ceny plynu, obchodníci by zřejmě tyto kontrakty nenabízeli.

ZÁVĚR

Provoz kogeneračních jednotek s sebou přináší dvě základní pozitiva. Jedním z nich je snižování zátěže životního prostředí, tím druhým je možná úspora finančních prostředků vynaložených za spotřebu energií v domácnosti. Každého investora jistě zajímá především to druhé pozitivum, snižování nákladů domácnosti.

V tomto konkrétním případě byly posuzovány různé možnosti využití kombinované výroby tepla a elektřiny. Postupem byly vybrány pouze dvě optimální varianty provozu, a to bez ohřevu teplé užitkové vody a bez použití akumulární nádrže pro koncentraci provozu do času vysokého výkupního tarifu DS. Nevhodnost těchto možností akumulace je dána především velikostí tepelných ztrát nabitého zásobníku v poměru k vlastní spotřebě tepelné energie. První varianta počítá s ročním provozem do 3 000 h, čemuž odpovídá potřebný výkon jednotky cca 6,8 kW_t. Druhá varianta provozu, s ročním provozem 4 400 h, vyžaduje výkon cca 2,6 kW_t. Obě varianty s sebou přinášejí svá pozitiva i negativa. Rozhodujícím parametrem pro výběr optimální doby provozu jsou pak finanční náklady na pořízení kogenerační jednotky potřebného výkonu.

V průběhu výpočtu bylo počítáno i s přípustnými komerčními, běžně dostupnými variantami kogeneračních jednotek. Jedná se o kogenerační jednotku Tedom Micro T7 a VIESSMANN, model Vitotwin 300-W se stirlingovým motorem. Vzhledem k jejich pořizovacím cenám a příjmům plynoucím z jejich provozu není pro tento objekt vhodná ani jedna z těchto variant. Rentabilita projektu je jediným rozhodujícím parametrem pro investora. Limitní parametry projektu, projednány s potenciálními investory, jsou vnitřní výnosové procento IRR 9% a doba trvání projektu 10 let, odpovídající přibližně životnosti kogeneračních jednotek. Těmto požadavkům a předpokládaným výnosům z provozu kogenerační jednotky pak odpovídá maximální přípustná hodnota investice pro jednotlivé varianty. Pro jednotku s provozem 3 000 h/rok a výkonem cca 6,8 kW_t je to 99 738 Kč a pro jednotku s provozem 4 400 h/rok a výkonem cca 2,6 kW_t pak tato hodnota činí 72 600 Kč.

Za výše uvedených okolností neexistuje žádné komerční řešení v této cenové kategorii. Obdržené cenové kalkulace se pohybovaly okolo 500 000 Kč, byly tedy několikanásobně vyšší než námi stanovené limitní hodnoty. V současné době a za daných podmínek by tedy přechod ze současného otopného systému na kombinovanou výrobu tepla a elektřiny nebyl rentabilní.

Z výpočtů a citlivostní analýzy je pak zřejmé, že možnost využití kombinované výroby tepla a elektřiny je vhodná pro objekty s vyšší spotřebou tepelné a elektrické energie. Pro přibližně pětikrát energeticky náročnější objekty jsou pak již přípustná dostupná komerční řešení. V porovnání s námi uvažovaným objektem se tedy jedná o domy s deseti a více bytovými jednotkami. Možnost využití této technologie se tedy omezuje na panelové domy a jiné energeticky náročné objekty, jako například nákupní centra, bazény, lázeňské a nemocniční objekty apod.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. *Zpráva o pokroku v oblasti kombinované výroby elektřiny a tepla v České republice*. 2012.
- [2] ŠKORPÍK, Jiří. Pístový parní motor (Parní stroj). [online]. [cit. 2013-12-09]. Dostupné z: <http://www.transformacni-technologie.cz/pistovy-parni-motor-parni-stroj.html>
- [3] Parní motory: Parní energetická jednotka PEJ-1. *Tenza a.s.* [online]. [cit. 2013-12-09]. Dostupné z: <http://www.tenza.cz/cz/aktivity/energetika/technologie/parni-motory/>
- [4] POLYCOMP. *Parní motor*. Poděbrady, 2010. Dostupné z: <http://www.polycomp.cz/web/download/cz/pmvs.pdf>
- [5] KRBEK, Jaroslav a Bohumil POLESNÝ. GAS, s.r.o. *Kogenerační jednotky: Zřizování a provoz*. Praha: GAS, 2007. ISBN 978-80-7328-151-9.
- [6] TEDOM. *Přehled výrobků: Kogenerační jednotky*. Výčapy, 2013.
- [7] ŠKORPÍK, Jiří. Stirlingův motor. [online]. [cit. 2013-12-09]. Dostupné z: <http://www.transformacni-technologie.cz/stirlinguv-motor.html>
- [8] Energetika bez emisí do roku 2030?. [online]. [cit. 2013-12-04]. Dostupné z: <http://zmeny-klima.ic.cz/energetika-2030/index-energetika-do-2030.html>
- [9] OZÓNOVÁ VRSTVA A SKLENÍKOVÝ EFEKT: seminární práce. *Katedra fyziky Přf OU: Informace studentům* [online]. [cit. 2013-12-12]. Dostupné z: http://artemis.osu.cz/Student/OVSE_tex.pdf
- [10] Rámcová úmluva OSN o změně klimatu. In: *Ministerstvo životního prostředí* [online]. [cit. 2013-12-12]. Dostupné z: http://www.mzp.cz/cz/ramcova_umluva_osn_zmena_klimatu
- [11] Kjótský protokol k Rámcové úmluvě OSN o změně klimatu. In: *Ministerstvo životního prostředí* [online]. [cit. 2013-12-12]. Dostupné z: http://www.mzp.cz/cz/kjotsky_protokol
- [12] Our Finite World: Human population overshoot–what went wrong?. [online]. 2012 [cit. 2013-12-04]. Dostupné z: <http://ourfiniteworld.com/2012/02/15/human-population-overshoot-what-went-wrong/>
- [13] MADDISON, Angus. DEVELOPMENT CENTRE STUDIES. *THE WORLD ECONOMY: A MILLENNIAL PERSPECTIVE*[pdf]. France, 2001 [cit. 2013-12-16]. ISBN 92-64-18608-5.

- [14] COGEN CZECH. *RUKOVĚŤ ZÁJEMCE O KOGENERAČNÍ JEDNOTKU* [online]. 2013 [cit. 2013-12-16]. Dostupné z: <http://www.cogen.cz/download/356.pdf>
- [15] Hlášení - O vzduší: Aktuální informace o plnění ohlašovacích povinností v oblasti ovzduší v roce 2014 (údaje za rok 2013). *ISPOP* [online]. [cit. 2013-12-17]. Dostupné z: <https://www.ispop.cz/magnoliaPublic/cenia-project/uvod/oispop.html>
- [16] Vyhláška č. 108/2011 Sb. o měření plynu a o způsobu stanovení náhrady škody při neoprávněném odběru, neoprávněné dodávce, neoprávněném uskladňování, neoprávněné přepravě nebo neoprávněné distribuci plynu. In: *2011*. 2011.
- [17] STIEBEL ELTRON SPOL. S R. O. *Elektrický ohřev vody - Výběr ohříváče* [online]. [cit. 2014-03-18]. Dostupné z: <http://www.tatramat.cz/?page=vyber-ohrivace>
- [18] GAS S.R.O. *Kogenerační jednotky: Zřizování a provoz*. Praha: PRATR a.s., Trutnov, 2007. ISBN 978-80-7328-151-9.
- [19] ERÚ. *Energetický regulační věstník* [PDF]. Jihlava, 2013 [cit. 2.4.2014]. Dostupné z: http://www.eru.cz/user_data/files/cenova%20rozhodnuti/CR%20elektro/2013/ERV7_2013titul_konec_fi.pdf
- [20] TEDOM. *Technická ošetření: KJ TEDOM řady Micro*. 2011.
- [21] ERÚ. *Často kladené dotazy: 1. Jaké podmínky je nutné splňovat pro podnikání v oblasti výroby nebo rozvodu tepelné energie?*. 2014. Dostupné z: <http://www.eru.cz/cs/teplo/casto-kladene-dotazy#1>

Seznam použitých internetových zdrojů

- [W1] <http://www.cityofart.net/bship/engine.html>
- [W2] Kogenerace: Mikroturbíny. *PowerEngineering* [online]. 2009 [cit. 2013-12-09]. Dostupné z: <http://www.pwr.cz/prumysl/kogenerace/>
- [W3] <http://stirlingmotor.cz/>
- [W4] TEDOM. *Kogenerační jednotky: zemní plyn* [online]. [cit. 2014-03-24]. Dostupné z: <http://kogenerace.tedom.com/tedom-kogeneracni-jednotky-zemni-plyn.html>

SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ

Seznam obrázků

Obr. č. 1: Podíl jednotlivých primárních zdrojů energie na krytí světové spotřeby [8]	11
Obr. č. 2: Zjednodušený řez třístupňovým parním pístovým motorem [W1].....	15
Obr. č. 3: Schéma kogenerační jednotky s plynovou turbínou s rekuperací [W2].....	16
Obr. č. 4: Základní modifikace Stirlingova motoru.....	17
Obr. č. 5: Zkušební solární jednotka EuroDish se Stirlingovým motorem [W3].....	18

Seznam grafů

Graf č. 1: Roční spotřeba energie na obyvatele v letech 1820 – 2004 [12]	13
Graf č. 2: Světová úroveň populace měřená jako hrubý domácí produkt na osobu [13]	13
Graf č. 3: Tepelný příkon domácností v závislosti na počtu dní.....	23
Graf č. 4: Společná spotřeba tepla obou bytových jednotek	24
Graf č. 5: Množina naměřených bodů proložená polynomem	24
Graf č. 6: Optimální výkon s ročním provozem do 3 000 h.....	35
Graf č. 7: Optimální výkon s ročním provozem do 4 400 h.....	35
Graf č. 8: Provoz Vitotwin 300-W.....	36
Graf č. 9: Doba využití maxima výkonu při méně než dvanáctihodinovém provozu KJ denně.....	43
Graf č. 10: Kumulované diskontované peněžní toky jednotlivých variant.....	47
Graf č. 11: Maximální cena jednotlivých variant v závislosti na diskontu.....	49
Graf č. 12: Maximální cena jednotlivých variant v závislosti na velikosti spotřeby tepla	49
Graf č. 14: Maximální cena jednotlivých variant v závislosti na velikosti celkové spotřeby energií.....	51
Graf č. 15: Maximální cena jednotlivých variant v závislosti velikosti zeleného bonusu.....	51
Graf č. 16: Maximální cena jednotlivých variant v závislosti na ceně plynu	52

Seznam tabulek

Tab. č. 1: Cena elektrické energie a její spotřeba v souvislosti s provozem KJ	22
Tab. č. 2: Spotřeba a cena plynu pro obě bytové jednotky.....	22
Tab. č. 3: Spotřeba tepla pro obě domácnosti.....	23
Tab. č. 4: Parametry spotřeby plynu	23
Tab. č. 5: Koeficienty polynomu funkce spotřeby plynu	24
Tab. č. 6: Výše zelených bonusů pro rok 2014 [19].....	31
Tab. č. 7: Cenová nabídka na výkup elektrické energie společnosti ČEZ	32
Tab. č. 8: Výpočet NPV ohřevu TUV:	32
Tab. č. 9: Vypočtené hodnoty výkonu KJ a teplotního součinitele	34
Tab. č. 10: Parametry dostupných kogeneračních jednotek.....	35
Tab. č. 11: Vypočtené hodnoty ročního provozu KJ a teplotního součinitele	36
Tab. č. 12: Velikost akumulární nádrže v závislosti na tepelném výkonu KJ	38
Tab. č. 13: Náklady druhé bytové jednotky na ohřev TUV.....	39
Tab. č. 14: Náklady na provoz KJ	41
Tab. č. 15: Vypočítané hodnoty $PQvt$ a k nim odpovídající hodnoty TP, Qvt	44

Tab. č. 16: Elektrický výkon KJ, doba využití maxima a dodávka el. en. ve VT.....	44
Tab. č. 17: Jednotlivé složky výnosů.....	44
Tab. č. 18: Výsledná bilance provozu	45
Tab. č. 19: Vypočtené hodnoty rozdělovacích β_{ei} koeficientů	46
Tab. č. 20: Vypočtené hodnoty rozdělovacích β_{e0} koeficientů.....	46
Tab. č. 21: Požadované hodnoty ukazatelů rentability	47
Tab. č. 22: Vypočtené hodnoty cenové diference a maximální přípustné ceny	48
Tab. č. 23: Výsledný rozpočet pro jednotlivé varianty	48

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A - Vzor žádosti o vydání osvědčení o původu elektřiny z vysokoúčinné kombinované výroby	58
Příloha B - Žádost o připojení k distribuční síti PRE.....	62
Příloha C - Měsíční výkaz o provozu KJ.....	64
Příloha D - Žádost o udělení licence na výrobu elektřiny FO	65
Příloha E - Žádost o udělení licence na výrobu elektřiny PO.....	66
Příloha F - Žádost o registraci účastníka trhu u OTE	67
Příloha G - Schéma jednotky Tedom Micro T7.....	71
Příloha H - Cenová nabídka Viessmann.....	72

Příloha A - Vzor žádosti o vydání osvědčení o původu elektřiny z vysokoúčinné kombinované výroby

VZOR ŽÁDOSTI O VYDÁNÍ OSVĚDČENÍ O PŮVODU ELEKTŘINY Z VYSOKOÚČINNÉ KOMBINOVANÉ VÝROBY

Identifikační číslo zadatele (dle bodu 01, příp. 02, 03)	
<input type="text"/>	
01 Identifikační číslo (bylo-li přiděleno)	02 Číslo žádosti
<input type="text"/>	<input type="text"/>
03 Datum a místo narození	04 Č. j. zadatele
<input type="text"/>	<input type="text"/>
05 Daňové identifikační číslo (bylo-li přiděleno)	
<input type="text"/>	
Počet příloh	
<input type="text"/>	
Počet listů příloh	
<input type="text"/>	
MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU	
Na Františku 32	
110 15 PRAHA 1	

ŽÁDOST

o vydání osvědčení o původu elektřiny z vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla

Niže podepsaná osoba žádá podle § 47 zákona č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů, o vydání osvědčení o původu elektřiny z kombinované výroby elektřiny a tepla.

Část A – IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE ŽADATELE

06 Obchodní firma¹⁾

07 Podnikatelská forma

ostatní:

A – fyzická osoba, B – akciová společnost, C – společnost s ručením omezeným, D – státní podnik, E – družstvo,
F – veřejná obchodní společnost, G – komanditní společnost, H – sdružení s právní subjektivitou, I – ostatní, vyplíše se typ podnikatelské formy

08 Licence na podnikání v energetických odvětvích (žadatel uvede čísla všech licencí, jejichž je držitelem)

09 Kontaktní údaje

i) e-mail

j) telefon k) fax l) mobilní telefon

10 Žadatel nebo osoby oprávněné jednat za žadatele

a) titul před jménem b) příjmení c) jméno

d) titul za jménem e) datum a místo narození f) funkce

a) titul před jménem b) příjmení c) jméno

d) titul za jménem e) datum a místo narození f) funkce

1) právnické osoby nezapsované do obchodního rejstříku uvedou svůj název, fyzické osoby nezapsované do obchodního rejstříku uvedou své jméno a příjmení.

11 Adresa pro doručování písemností do vlastních rukou (není-li doručováno prostřednictvím datové schránky)

a) titul před jménem b) příjmení

c) jméno d) titul za jménem

e) obchodní firma

Identifikační číslo zadatele (dle bodu 01, příp. 02, 03)

f) ulice (nebo část obce) g) č. popisné h) č. orientační
i) obec j) PSČ
k) okres l) kraj
m) e-mail n) fax
o) telefon p) mobilní telefon

Část B – IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE KOGENERAČNÍ JEDNOTKY

12 Umístění výroby

a) ulice (nebo část obce) b) č. popisné c) č. orientační
d) obec e) PSČ
f) okres g) kraj

13 Místo připojení výroby k přenosové nebo distribuční soustavě (napěťová hladina, rozvodna):

14 Požadovaná platnost osvědčení od

den měsíc rok

15 Termín uvedení do provozu

den měsíc rok

16 Základní údaje o výrobě

Popis a schéma výrobního zařízení kogenerační jednotky je Přílohou č. 1 této žádosti.

17 Kogenerační jednotka

A – paroplynové zařízení s dodávkou tepla, B – parní protitlaká turbína, C – kondenzační odběrová turbína, D – plynová turbína, E – spalovací motor, F – mikroturbína, G – Stirlingův motor, H – palivový článěk, I – parní stroj, J – organický Rankinův cyklus,

18 Instalovaný výkon elektrický

MW_e

19 Instalovaný výkon tepelný

MW_t

20 Výroba elektřiny celkem

MWh / rok

21 Výroba elektřiny z kombinované výroby

MWh / rok

22 Dodávka elektřiny celkem

MWh / rok

23 Výroba tepla celkem

MWh / rok

24 Dodávka užitečného tepla

MWh / rok

25 Úspora primární energie

%

26a Energie paliva použitého k výrobě užitečného tepla a elektřiny z kombinované výroby

MWh / rok

26b Elektřina z vysokoučinné kombinované výroby

MWh / rok

27 Palivo pro kombinovanou výrobu / použité množství [t, m³]

28 Výhřevnost paliva pro kombinovanou výrobu

	MWh/t, MWh /m ³
	MWh /t, MWh/m ³
	MWh /t, MWh/m ³
	MWh /t, MWh/m ³

Identifikační číslo zadatele (dle bodu 01, příp. 02, 03)

29 Celková účinnost

%

30 Referenční hodnota účinnosti (vytopenská výroba)

31 Referenční hodnota účinnosti (kondenzační výroba)

32 Nedílnou součástí této žádosti jsou přílohy:

Příloha č. 1 - Popis kogenerační jednotky včetně blokového schéma.

Příloha č. 2 - Výpočet množství elektřiny z kombinované výroby elektřiny a tepla včetně výpočtu úspory primární energie.

Příloha č. 3 - Ověřený výpis z obchodního rejstříku nebo ověřená kopie smlouvy nebo listiny o zřízení nebo založení právnické osoby ne starší 3 měsíců v případě, že žadatelem je právnická osoba. V případě, že žadatelem je osoba, která je zastoupena jinou právnickou nebo fyzickou osobou, je přílohou této žádosti i úředně ověřená plná moc udělená zástupci.

Prohlašuji, že všechny údaje v části A a B této žádosti, jakož i všechny přílohy k této žádosti jsou správné a pravdivé.

Žadatel nebo osoba oprávněná jednat za zadatele:

Titul před jménem

Příjmení

Jméno

Titul za jménem

Datum

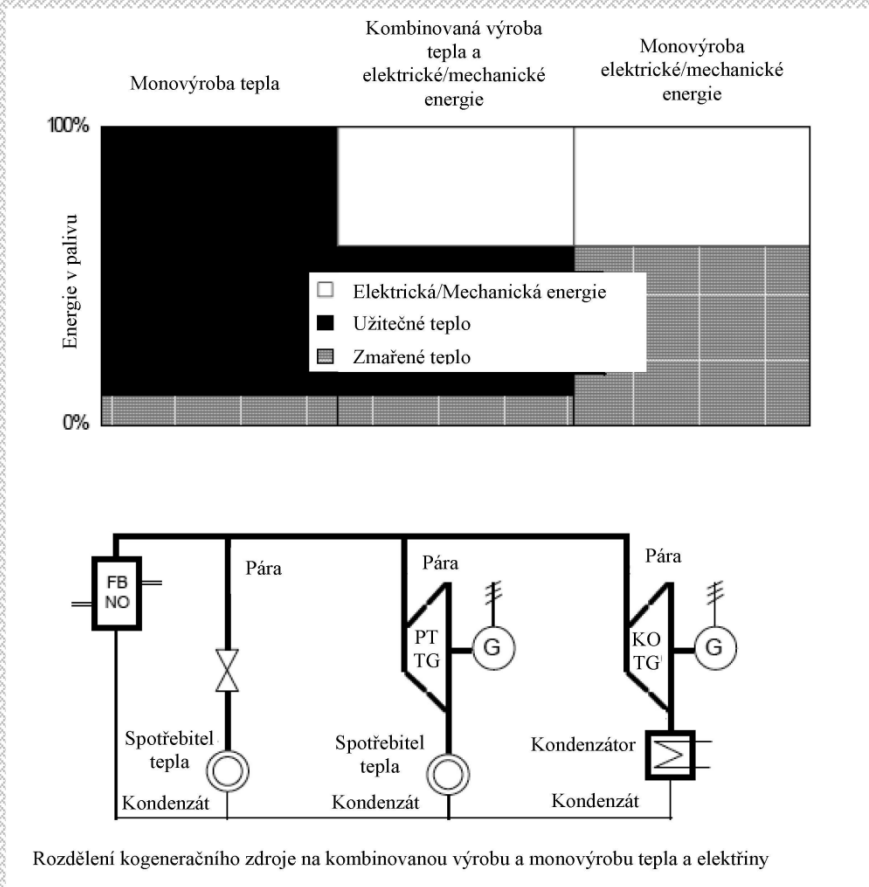
Otisk razítka žadatele

Podpis žadatele

ČÁST C – POKYNY


1. Žádost se vyplňuje VELKÝM TISKACÍM PÍSMEM.
2. Řádně vyplněná žádost se předkládá Ministerstvu průmyslu a obchodu ve dvou originálních vyhotoveních.
3. Žádost podepisuje osoba oprávněná k podpisu podle obchodního rejstříku.
4. Pro stanovení množství elektřiny z vysoce účinné kombinované výroby elektřiny a tepla se provede pro první kalendářní rok provozu podle předpokládané výroby a způsobu provozu.

5 Metodika určování účinnosti procesu kombinované výroby elektřiny a tepla:



Část D – ÚŘEDNÍ ZÁZNAMY MPO (ŽADATEL NEVYPLŇUJE)

Příloha B - Žádost o připojení k distribuční síti PRE

 Žádost – připojení výroby k distribuční síti	na hladině <input type="checkbox"/> NN <input type="checkbox"/> VN	Evidenční číslo žádosti <input type="text"/>
		Číslo stávajícího odběrného místa 8 1 <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
Specifikace požadavků <small>Volbu vždy vyznačte křížkem</small>		
<input type="checkbox"/> připojení přímo do distribuční sítě <input type="checkbox"/> nová výroba <input type="checkbox"/> připojení do vnitřní instalace <input type="checkbox"/> rozšíření stávající výroby předpokládaný termín připojení od		
Žadatel <small>Nevyplňujte, pokud žadatel bude zároveň výrobcem</small> titul jméno příjmení titul datum narození obchodní firma identifikační číslo IČ <input type="text"/> daňové identifikační číslo DIČ <input type="text"/> telefon fax e-mail oprávněný zástupce (jméno, funkce) telefon		
Provozovatel - výrobce titul jméno příjmení titul datum narození obchodní firma identifikační číslo IČ <input type="text"/> telefon fax e-mail daňové identifikační číslo DIČ <input type="text"/> oprávněný zástupce (jméno, funkce) telefon číslo stávající TS adresa odběrného místa výroby ulice č. orientační č. popisné č. parcely katastr obvod obec PSČ typ <input type="checkbox"/> rodinný dům <input type="checkbox"/> bytový dům <input type="checkbox"/> rekreační objekt <input type="checkbox"/> garáž, zahrádka <input type="checkbox"/> provozovna, kanceláře <input type="checkbox"/> jiný		
Adresa pro zaslání odpovědi <small>(není-li shodná s adresou odběrného místa)</small> jméno a příjmení nebo název firmy ulice č. orientační č. popisné obvod obec PSČ		
Rezervovaný příkon na hladině NN Stávající jmenovitá proudová hodnota hl. jističe (před elektroměrem) <input type="text"/> A Požadovaná jmenovitá proudová hodnota hl. jističe (před elektroměrem) <input type="text"/> A		
Rezervovaný příkon na hladině VN Stávající rezervovaný příkon: <input type="text"/> kW Požadovaný rezervovaný příkon: <input type="text"/> kW		

PREdistribuce, a. s., Svornosti 3199/19a, 150 00 Praha 5, tel.: 267 051 111, fax: 267 310 817, www.pre.cz
 Zapsaná v obchodním rejstříku vedeném Městským soudem v Praze, oddíl B, vložka 10158
 Bankovní spojení: ČSOB, č. účtu: 17494043/0300, IČ 27376516, DIČ CZ27376516

Pokračování na druhé straně

Dotazník pro vlastní výrobu**Typ výroby – fotovoltaika****Technické parametry zařízení**

celkový instalovaný výkon FS kWp orientace FV panelů na světové strany 

typ střídače

výrobce střídače

počet stejných střídačů

Technické parametry střídače

jmenovité střídavé napětí V

jmenovitý výstupní výkon kW

jmenovitý výstupní proud A

maximální výstupní výkon kW

maximální výstupní proud A

fázové zapojení (1f a 2f zapojení max. do 20 A celkového fázového proudu, nad 20 A symetrické 3f zapojení)

elektromagnetická kompatibilita – použité normy pro posouzení produktu

sklon FV panelů, např. sklon střechy (úhel ve stupních mezi panely a vodorovnou osou)

Ostatní výroby

- teplárna bioplynová dřevoplynová biomasa
- kogenerační naftová parní paroplynová
- vodní větrná spalovna zemní plyn
- jiný typ výroby (upřesněte)

Technické parametry zařízení

celkový instalovaný výkon kW počet stejných zařízení

typ, výrobce

druh generátoru

Technické parametry generátoru (data jednoho zařízení)

činný výkon P kW zdánlivý výkon S kVA

jmenovité napětí U V proud I A

přechodná reaktance generátoru (%) rázová reaktance generátoru (%)

provozovaný účinník na předávacím místě u obchodního měření

Přílohy

- situační pláněk kopie katalogových listů střídačů (u fotovoltaických výroben)

Upozornění pro žadatele

- Zřízení el. připojení vzniká provozovateli DS podle zákona č. 458/2000 Sb., § 25, odst. 4 právo vstupovat a vjíždět na cizí nemovitosti v souvislosti se zřizováním a provozováním zařízení distribuční soustavy.
- Žadatel bere na vědomí, že podmínky připojení budou řešeny v souladu se zákonem č. 458/2000 Sb., prováděcími vyhláškami a Pravidly provozování distribuční soustavy.

Prohlášení žadatele

Žadatel prohlašuje, že údaje uvedené v žádosti jsou správné a pravdivé a že existují příslušná majetková oprávnění k odběrnému místu výroby specifikovanému v této žádosti.

V dne podpis

Zákaznické e-centrum PRE

www.pre.cz/e-centrum

www.pre.cz

Zákaznická linka PRE

Tel.: 840 550 055
Fax: 267 055 505
E-mail: pre@pre.cz
Provozní doba: Po–Pá 7.00–19.00
Záznamník: 19.00–7.00

Zákaznické centrum PRE

Praha 1, Jungmannova 31 (palác Adria)
Praha 4, Vladimírova 18
Provozní doba: Po–Čt 9.00–18.00
Pá 9.00–12.00

Centrum energetického poradenství PRE

Jungmannova 28 (Palác TeTa), Praha 1
Provozní doba: Po–Pá 10.00–18.00
Tel.: 840 550 055
E-mail: poradce@pre.cz
www.energetickyporadce.cz

Příloha č. 6 k vyhlášce č. 344/2009 Sb.

**MĚSÍČNÍ VÝKAZ O VÝROBĚ ELEKTŘINY
ZE ZDROJŮ S KOMBINOVANOU VÝROBOU ELEKTŘINY A TEPLA**

za měsíc / rok

--	--

název výroby (podle licence na výrobu)	
adresa výroby (podle licence na výrobu)	
název výrobce (podle licence na výrobu)	
adresa výrobce (podle licence na výrobu)	
identifikační číslo	

označení předávacího místa	
napětí v předávacím místě	kV
druh výroby	
druh paliva	
směrné číslo y	

primární palivo pro kombinovanou výrobu	výhřevnost [MJ/t, MJ/m ³]

pořadí	položka název	fyzikální jednotka	celkem	
			měsíčně	ročně
1	množství užitečné tepelné energie	MWh		
2	vypočtené/skutečně dodané množství elektrické energie E	MWh		
3	úspora primárních paliv ÚPE (příloha č.)	%		
4	příspěvek k ceně elektřiny	Kč/MWh		
5	celková nárokovaná částka	Kč		

Prohlašuji, že všechny údaje v tomto výkaze jsou správné a pravdivé.

Oprávněná osoba :

Titul před jménem

Příjmení

Jméno

Titul za jménem

.....
datum.....
otisk razítka předkladatele.....
podpis

Příloha D - Žádost o udělení licence na výrobu elektřiny FO

Příloha č. 1 k vyhlášce č. 426/2005 Sb.

01 Identifikační číslo (bylo-li přiděleno)

03 Číslo žádosti (vyplní ERÚ)

02 Rodné číslo/datum narození (nebylo-li přiděleno RČ)

kolek
podle zákona
č. 634/2004 Sb.
(do maximální výše
poplatku 5 000 Kč)

ŽÁDOST O UDĚLENÍ licence pro podnikání v energetických odvětvích pro fyzické osoby

A1

Niže podepsaná osoba žádá podle § 7 zákona č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon), ve znění pozdějších předpisů, o udělení licence pro podnikání v energetických odvětvích:

04 Titul před jménem

05 Příjmení

06 Jméno

07 Titul za jménem

08 Státní občanství

09 Jméno, příjmení a případný dodatek, popřípadě obchodní firma, je-li žadatel zapsán v obchodním/živnostenském/jiném rejstříku

10 Místo trvalého pobytu fyzické osoby

a) ulice

b) č. popisné

c) č. orientační

d) část obce

e) obec

f) PSČ

g) okres

h) kraj

11 Místo podnikání (v souladu se zápisem v obchodním/živnostenském/jiném rejstříku, je-li žadatel zapsán)

a) ulice

b) č. popisné

c) č. orientační

d) část obce

e) obec

f) PSČ

g) okres

h) kraj

i) stát

12 Předmět podnikání (druh licence)

13 Datum zahájení licencované činnosti (nejdříve den vzniku oprávnění k licencované činnosti nebo den pozdější)

 den měsíc rok

14 Doba, na kterou je o licenci žádáno (nejdéle 25 let nebo 5 let na obchod s elektřinou, na obchod s plynem)

Žadatelka/žadatel

Jméno

Příjmení

Datum

Podpis

Tento formulář byl vytvořen pomocí aplikace na portálu BusinessInfo.cz – Jednotné kontaktní místo.

Příloha E - Žádost o udělení licence na výrobu elektřiny PO

Příloha č. 3 k vyhlášce č. 426/2005 Sb.

01 Identifikační číslo (bylo-li přiděleno)

02 Číslo žádosti (vyplní ERÚ)

kolek
podle zákona
č. 934/2004 Sb.
(do maximální výše
poplatku 5.000 Kč)

ŽÁDOST O UDĚLENÍ licence pro podnikání v energetických odvětvích pro právnické osoby

A2

Níže podepsaná osoba žádá podle § 7 zákona č. 458/2000 Sb. o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon), ve znění pozdějších předpisů, o udělení licence pro podnikání v energetických odvětvích:

03 Obchodní firma nebo název (podle výpisu z obchodního/živnostenského/jiného rejstříku nebo základní listiny)

04 Právní forma

B - akciová společnost C - spol. s ruč. omezeným D - státní podnik E - družstvo
 F - veřejná obch. společnost G - komanditní společnost H - sdružení s právní subjektivitou
I - ostatní, uveďte

05 Sídlo právnické osoby

a) ulice b) č. popisné c) č. orientační
d) část obce
e) obec f) PSČ
g) okres h) kraj
i) stát
j) telefon k) fax l) mobilní telefon
m) e-mail

06 Osoba, která je jejím statutárním orgánem nebo jeho členem (pokud je osob více, uveďte je na samostatné příloze k tomuto formuláři)

a) titul před jménem b) příjmení
c) jméno d) titul za jménem e) rodné číslo (bylo-li přiděleno)
f) ulice g) č. popisné h) č. orientační
i) část obce
j) obec k) PSČ
l) okres m) kraj
n) stát

07 Způsob jednání jménem právnické osoby

08 Předmět podnikání (druh licence)

09 Datum zahájení licencované činnosti (nejdříve den vzniku oprávnění k licencované činnosti nebo den pozdější)

den měsíc rok

10 Doba, na kterou je o licenci žádáno (nejdéle 25 let nebo 5 let u licence na obchod s elektřinou, na obchod s plynem, činnosti operátora trhu)

Osoba oprávněná podepisovat jménem právnické osoby

Jméno Příjmení

Datum

Podpis

Číslo žádosti (vyplní OTE)

Přidělené registrační číslo účastníka
(vyplní OTE)

ŽÁDOST o registraci účastníka trhu (RÚT)

Pole s šedým podkladem jsou povinná.

01 Identifikace účastníka trhu s elektřinou

a) Jméno firmy

b) Právní forma

A - fyzická osoba

B - akciová společnost

C - spol. s ruč. omezeným

D - státní podnik

E - družstvo

F - veřejná obch. společnost

G - komanditní společnost

H - sdružení s právní subjektivitou

I - ostatní, uveďte

d) IČ

e) DIČ

f) WWW adresa (nepovinně)

02 Právnícká osoba

Adresa sídla

a) ulice (nebo část obce)

b) č. popisné

c) č. orientační

d) obec

e) PSČ

f) okres

g) vyšší územně správní celek

h) stát

i) Vedená v obchodním rejstříku (kde)

03 Fyzická osoba

a) Titul před jménem b) Příjmení

c) Jméno d) Titul za jménem

e) Datum narození den měsíc rok f) Iniciály pro rychlé vyhledávání

Adresa trvalého bydliště (není-li shodná se sídlem firmy)

g) ulice (nebo část obce) h) č. popisné i) č. orientační

j) obec k) PSČ

l) okres m) vyšší územně správní celek

n) stát

04 Statutární zástupci účastníka

Statutární zástupce 1

a) Titul před jménem b) Příjmení

c) Jméno d) Titul za jménem

e) telefon f) fax g) mobilní telefon

h) e-mail i) iniciály pro rychlé vyhledávání

Statutární zástupce 2 (pokud existuje)

e) Titul před jménem f) Příjmení

g) Jméno h) Titul za jménem

e) telefon f) fax g) mobilní telefon

h) e-mail i) iniciály pro rychlé vyhledávání

Statutární zástupce 3 (pokud existuje)

i) Titul před jménem	j) Příjmení	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	
k) Jméno	l) Titul za jménem	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	
e) telefon	f) fax	g) mobilní telefon
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
h) e-mail	i) iniciály pro rychlé vyhledávání	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	

05 Adresa pro doručování písemností (není-li shodná se sídlem firmy)

a) ulice (nebo část obce)	b) č. popisné	c) č. orientační
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
d) obec	e) PSČ	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	
f) okres	g) vyšší územně správní celek	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	
h) stát		
<input type="text"/>		

06 Osoba oprávněná pro komunikaci s OTE

a) Titul	b) Příjmení	c) Jméno	d) Titul za jménem
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
e) telefon	f) fax	g) mobilní telefon	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
h) e-mail	i) iniciály pro rychlé vyhledávání		
<input type="text"/>	<input type="text"/>		

Pozn. V případě požadavku na více osob uveďte tyto v příloze vč. Všech údajů 06 a) – i).

07 Bankovní spojení

a) banka	b) směrový kód banky
<input type="text"/>	<input type="text"/>
b) předčíslí účtu	c) číslo účtu
<input type="text"/>	<input type="text"/>

08 Spojení pro elektronickou datovou komunikaci

a) adresa elektronické pošty (e-mail adresa pro příjem datových zpráv automaticky zasílaných Centrem datových služeb)
<input type="text"/>

Příloha G - Schéma jednotky Tedom Micro T7

